



## کتابچه مجموعه مقالات

# دومین کنفرانس ملی تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند

The Second National Conference on Digital Transformation & Intelligent Systems

مجمع آموزش عالی لارستان

[dtis2.lar.ac.ir](http://dtis2.lar.ac.ir)

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳



رسالة الروح من الروح



I .....	پیام رئیس کنفرانس
II .....	پیام دبیر علمی کنفرانس
III .....	پیام دبیر اجرایی کنفرانس
IV .....	کمیته علمی کنفرانس
V .....	کمیته اجرایی کنفرانس
VI .....	حامیان معنوی کنفرانس
VII .....	سخنرانان کلیدی کنفرانس
XI .....	پنل های تخصصی کنفرانس
XIII .....	کارگاه های تخصصی کنفرانس
XVI .....	برنامه زمانبندی کنفرانس
XIX .....	مقالات پذیرفته شده در کنفرانس



## دکتر عبدالکریم افروزه



□ رئیس کنفرانس تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند

□ عضو هیات علمی و رئیس مجتمع آموزش عالی لارستان

بدون شک تعامل پیوسته و موثر مدیران و تصمیم گیرندگان کلان در سطوح ملی و استانی با اندیشمندان و پژوهشگران دانشگاهی و صنعتی راهکار اصلی و زمینه ساز واقعی توسعه پایدار در جهان امروز می باشد. به همین جهت، دومین کنفرانس ملی تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند که در اردیبهشت ماه ۱۴۰۳ در مجتمع آموزش عالی لارستان برگزار می گردد، فرصتی است مغتنم به منظور تبادل نظر و ارائه دستاوردهای پژوهشی اخیر اساتید محترم دانشگاه و متخصصین ارجمند صنعتی در زمینه های متنوع علمی و فناوری، به ویژه در خصوص محورهای علمی اعلام شده در سایت کنفرانس. بدیهی است که ماحصل و خروجی این کنفرانس می تواند مرجع ارزشمندی برای هدایت بهینه تصمیم گیری های مدیریتی در سطوح مختلف صنعتی، آموزشی و کاربردی باشد.

اینجانب به نیابت از جامعه دانشگاهی لارستان برای کمیته های محترم علمی و اجرایی کنفرانس آرزوی بهروزی و موفقیت داشته و امیدوارم با استقبال شایسته اساتید محترم دانشگاهی، متخصصین زنده صنعتی و دانشجویان ارجمند تحصیلات تکمیلی دانشگاه ها و پژوهشگاه های سرتاسر میهن عزیز اسلامی، کنفرانسی فاخر، پرشور و اثرگذار برگزار گردد.

دکتر عبدالکریم افروزه

رئیس کنفرانس- اردیبهشت ماه ۱۴۰۳



**The Second**

**National Conference on Digital Transformation and  
Intelligent Systems**

24-25 April 2024



مجتمع آموزش عالی لارستان

دومین کنفرانس ملی

**تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند**

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجتمع آموزش عالی لارستان



## دکتر محمد جواد رشتی



□ دبیر علمی کنفرانس تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند

□ عضو هیات علمی دانشگاه شهید چمران اهواز

با بکارگیری فناوری های دیجیتال در فرآیند های سازمانی، تحول دیجیتال (DX) انقلابی در تولید و ارائه خدمات ایجاد کرده و کلید توسعه بهره وری و رفاه، و کاهش مخاطرات و آسیب ها در جوامع محسوب می شود. مدل های هوشمند مشاهده، تحلیل و تصمیم، بعنوان محور اصلی تحول دیجیتال، فاز جدیدی از انقلاب سازمانی و صنعتی را رقم زده اند بگونه ای که بازار سالیانه فناوری های پیشرفته DX به حدود ۲۰۰۰ میلیارد دلار رسیده است و سالیانه بیش از ۱۰ درصد نیز به آن افزوده میشود. جامعه صنعتی و انسانی در کشور عزیز ما نیز نمی تواند از این انقلاب عظیم و پرسرعت عقب بماند و هم اکنون تحول دیجیتال بعنوان کلید توسعه در بسیاری از حوزه ها در کشور دنبال می شود.

هوش مصنوعی و اینترنت اشیا حوزه های نوین فناوری هستند که صفحه جدیدی در تحول دیجیتال گشوده اند. با وجود این فناوری ها، خودکار سازی و هوشمند سازی داده محور، جریان اصلی و پیش رو حوزه DX را تشکیل می دهد. با تولید حجم عظیم داده های متنوع در صنایع و فرآیند های خودکار، روش های هوشمند تنها راه پیش رو برای تحلیل این حجم از کلان داده ها و استخراج دانش و تصمیمات بهینه از آنها است. بنابراین پیوند ناگسستنی بین هوش مصنوعی و تحول دیجیتال به وجود آمده است که خروجی آن انقلاب صنعتی چهارم و پنجم است.

استان پهناور فارس، و خصوصا شهرستان لارستان بعنوان بزرگترین شهرستان این استان، همواره نقش مهمی در صنعت، تجارت (داخلی و بین المللی) و کشاورزی کشور داشته اند. مجتمع آموزش عالی لارستان بعنوان قطب علمی و مرکز گسترش آموزش و پژوهش های کاربردی در پهنه جنوبی فارس محور توسعه فناوری های نوین این منطقه است و وظیفه پرورش نیروی انسانی متخصص و ماهر در این حوزه را بر عهده دارد. در راستای همین رسالت، اولین کنفرانس ملی تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند در آذرماه ۱۴۰۰ توسط مجتمع آموزش عالی لارستان برگزار گردید که با استقبال بالای پژوهشگران موفقیت بالایی بدست آورد. با استعانت از پروردگار بزرگ و حمایت حامیان متعدد کشوری، دومین دوره این کنفرانس ملی با هدف ارایه فعالیتهای نوین پژوهشی حوزه تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند، در اردیبهشت ماه سال آینده در مجتمع آموزش عالی لارستان برگزار خواهد شد. به منظور تسهیل توسعه علم و فناوری های هوشمند برای حل مشکلات جامعه، تمرکز این دوره از کنفرانس بر اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، و کاربردهای متنوع سیستم های هوشمند در صنعت و جامعه است. بطور خاص، رویکردهای هوشمند و داده پایه در حوزه فناوری های هسته ای، نفت، گاز، پتروشیمی، رباتیک، پزشکی، و نیز در علوم انسانی، اجتماعی و شناختی مورد توجه برگزارکنندگان این دوره از کنفرانس هستند.

به نمایندگی از کمیته علمی و اجرایی کنفرانس، از کلیه دانشجویان، پژوهشگران، و فناوران حوزه تحول دیجیتال و هوشمند سازی، و همچنین فعالان این حوزه در صنعت و جامعه دعوت می نمایم با شرکت در کنفرانس و ارسال آخرین یافته های پژوهشی خود، ضمن ارتقای غنای علمی و فنی کنفرانس، آن را به بستر موثری برای توسعه هوشمند استان و کشور تبدیل نمایند.

دکتر محمد جواد رشتی

دبیر علمی کنفرانس-اردیبهشت ماه ۱۴۰۳



دومین کنفرانس ملی

تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجتمع آموزش عالی لارستان

The Second

National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems  
24-25 April 2024



## دکتر سجاد خوشه چین



□ دبیر اجرایی کنفرانس تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند

□ عضو هیات علمی مجتمع آموزش عالی لارستان

تحول دیجیتال یا انقلاب صنعتی چهارم کلیدواژه ایست که این روزها درمورد آن بسیار می شنویم و تاثیر آن تقریباً در تمامی عرصه های بازار و صنعت غیر قابل انکار می باشد. به عبارت دیگر امروزه سازمان ها در معرض یک سونامی دیجیتال می باشند و آنهایی در این عصر نجات خواهند یافت که آمادگی بازآفرینی ساختار و تطبیق با الزامات فناورانه روز را داشته باشند.

امروزه شرکت های بزرگ نفتی، گاز و پتروشیمی، نیروگاه های هسته ای، تولید فولاد و حتی استخراج معادن در دنیا با همکاری شرکت های بزرگ فناوری اطلاعات پروژه های متعددی را در حوزه تحول دیجیتال اجرایی نموده اند و موفق به افزایش بهره وری، سودآوری و از همه مهمتر ایمنی شده اند و در مقابل آلاینده های مرتبط با تعمیر و نگهداری را کاهش داده اند. همه این دستاوردها در راستای به کارگیری سیستم های هوشمند و پیش بینی رفتار تجهیزات و فرایندها حاصل شده است. هوشمندسازی کنترل نیروگاه های هسته ای و افزایش ایمنی آنها، پس از فاجعه نیروگاه هسته ای چرنوبیل روسیه یکی از تجربه های موفق بشریت در این حوزه طی سال های گذشته می باشد. بنابراین اینگونه انتظار داریم که با گسترش و ورود سیستم های هوشمند به حوزه کنترلی فرایندهای صنعتی، احتمالاً در سال های نه چندان دور آینده دیگر سخنی از خطای انسانی نخواهیم شنید یا حداقل به عنوان دلیلی بر توجیه خطا پذیرفته نیست.

در استان فارس و به ویژه شهرستان لار به واسطه بهره مندی از صنایع مختلف و همچنین همجواری با استان های بوشهر و هرمزگان به عنوان قلب صنعتی نفت و گاز و پتروشیمی و همچنین وجود نیروگاه هسته ای، پیاده سازی سیستم های هوشمند و یادگیری ماشین می تواند نقش بسیار مهمی در بهره وری از منابع طبیعی و بهبود اقتصاد استان و همچنین کشور عزیزمان ایران ایفا نماید.

اکنون در شرف برگزاری دومین کنفرانس ملی تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند هستیم و بیش از ۲۰ عضو هیات علمی از دانشگاه های معتبر همچون صنعتی شریف، تهران، شیراز، شهید چمران اهواز، شهید باهنر کرمان، یزد، تفرش و صنعتی شیراز در کنار همکاران بنده در مجتمع آموزش عالی لارستان حلقه کمیته علمی این کنفرانس را تشکیل داده اند و از این حیث انشالله یکی از پربارترین کنفرانس های ملی را تجربه خواهیم کرد. تجربه موفق برگزاری اولین دوره کنفرانس و رزومه پربار اعضای تشکیل دهنده کمیته علمی سبب شده است سازمان انرژی اتمی ایران و شرکت پتروشیمی نوری که یکی از بزرگترین واحدهای تولید آروماتیک در جهان است، در کنار سایر حامیان از این کنفرانس حمایت همه جانبه نمایند و به باشکوه تر برگزار شدن هرچه بیشتر و بهتر این رویداد علمی کمک نمایند. حمایت این دو نهاد صنعتی به عنوان صنایع پیشرو در تحول دیجیتال بسیار حائز اهمیت بوده و خود گواهی است روشن، بر مثمر ثمر بودن کنفرانس.

دکتر سجاد خوشه چین

دبیر اجرایی کنفرانس - اردیبهشت ماه ۱۴۰۳



The Second

National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems  
24-25 April 2024



مجتمع آموزش عالی لارستان

دومین کنفرانس ملی

تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجتمع آموزش عالی لارستان



دکتر محمد جواد رشتی  
دانشگاه شهید چمران  
دبیر علمی کنفرانس  
استادیار



دکتر علیرضا طاهری  
دانشگاه صنعتی شریف  
استادیار



دکتر حجت اله رخ گیره  
مجمع آموزش عالی لارستان  
دانشیار



دکتر علی اکبر صفوی  
دانشگاه شیراز  
استاد تمام



دکتر عنایت اله علوی  
دانشگاه شهید چمران  
دانشیار



دکتر فاطمه مؤیدی  
مجمع آموزش عالی لارستان  
استادیار



دکتر محمد رستگار  
دانشگاه شیراز  
دانشیار



دکتر منصوره شریف زاده  
دانشگاه هرمزگان  
استادیار



دکتر سمیه غلامی  
مجمع آموزش عالی لارستان  
استادیار



دکتر محمدهادی رضایی  
دانشگاه یزد  
استادیار



دکتر اربا عقیلی اشستانی  
دانشگاه تفرش  
استادیار



دکتر هدی نخبه الفقهایی  
مجمع آموزش عالی لارستان  
استادیار



دکتر هومان تحیری  
دانشگاه شیراز  
دانشیار



دکتر اقبال منصوری  
دانشگاه شیراز  
دانشیار



دکتر لادن صادقی خرمی  
مجمع آموزش عالی لارستان  
استادیار



دکتر امین رمضانی  
دانشگاه تربیت مدرس  
استاد یار



دکتر عبدالرضا کاشانی نیا  
دانشگاه مالک اشتر  
استادیار



دکتر سپیده یزدی  
مجمع آموزش عالی لارستان  
استادیار



دکتر مرجان نادران  
دانشگاه شهید چمران  
دانشیار





دکتر سجاد خوشه چین  
دبیر اجرایی



رقیه آریان



دکتر مجتبی فروزش



دکتر علی طالع زاده



احسان کامیاب



حسین داوری



محمد حسین سرویان







# حامیان معنوی کنفرانس ●●●



معاونت فناوری های پیشرفته  
سازمان انرژی اتمی ایران



دانشگاه شهید چمران اهواز



پارک علم و فناوری فارس  
برج علم و فناوری لارستان



آپتده آموزش آنکا



پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران  
(ایرانداک)



**The Second**

**National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems**  
24-25 April 2024



مجمع آموزش عالی لارستان

دومین کنفرانس ملی

**تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند**

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجمع آموزش عالی لارستان



●●● سخنرانان کلیدی کنفرانس



# سخنرانی کلیدی



*The Second*

*National Conference on Digital Transformation and  
Intelligent Systems*

24-25 April 2024



دومین کنفرانس ملی

**تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند**

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجمع آموزش عالی لارستان






سخنرانی



دکتر عبدالکریم افروزه  
(رئیس دانشگاه لارستان)

زمان:

چهارشنبه ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
۰۸:۲۰ الی ۰۸:۱۰

دومین کنفرانس ملی  
تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند  
The Second National Conference on Digital  
Transformation and Intelligent Systems

۶ و ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
24-25 April 2024

سخنرانی



دکتر محمدجواد رشتی  
(دبیر علمی کنفرانس)

زمان:

چهارشنبه ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
۰۸:۳۵ الی ۰۸:۲۵






دومین کنفرانس ملی  
تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند  
The Second National Conference on Digital  
Transformation and Intelligent Systems

۶ و ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
24-25 April 2024



The Second

National Conference on Digital Transformation and  
Intelligent Systems

24-25 April 2024

دومین کنفرانس ملی

تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند

۶ و ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجتمع آموزش عالی لارستان



### سخنرانی



دکتر علی نوروزی  
(معاون سازمان انرژی اتمی ایران)

#### زمان:

چهارشنبه ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
۰۸:۴۰ الی ۰۹:۱۰



ISC  
۰۲۲۲۱-۶۷۴۹۱

انجمن تخصصی ایران

دومین کنفرانس ملی  
تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند  
The Second National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
24-25 April 2024

### سخنرانی



دکتر محمد حسن زاده  
(رئیس پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران)

#### زمان:

چهارشنبه ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
۰۹:۱۰ الی ۰۹:۴۰



ISC  
۰۲۲۲۱-۶۷۴۹۱

انجمن تخصصی ایران

دومین کنفرانس ملی  
تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند  
The Second National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
24-25 April 2024



**The Second**  
National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems  
24-25 April 2024

دومین کنفرانس ملی  
**تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند**  
۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
مجتمع آموزش عالی لارستان



سخنرانی



دکتر آرش خجسته

(رئیس دانشگاه علوم پزشکی هوشمند و استاد جراحی فک و صورت)

زمان:

چهارشنبه ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
۱۰:۴۰ الی ۱۰:۰۰



ISC  
۲۲۲۱-۶۷۶۱

دومین کنفرانس ملی  
تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند  
The Second National Conference on Digital  
Transformation and Intelligent Systems

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
24-25 April 2024



The Second

National Conference on Digital Transformation and  
Intelligent Systems  
24-25 April 2024



مجمع آموزش عالی لارستان

دومین کنفرانس ملی

تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجمع آموزش عالی لارستان



پنل های تخصصی کنفرانس ●●●



# پنل های تخصصی



*The Second*

*National Conference on Digital Transformation and  
Intelligent Systems*

24-25 April 2024



دومین کنفرانس ملی

**تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند**

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجمع آموزش عالی لارستان



## پنل تخصصی

### عنوان پنل:

«سفر تحول دیجیتال شرکتهای ایرانی:  
چالش ها، فرصت ها و تجربه ها»

رئیس پنل: دکتر سجاد خوشه چین (عضو هیأت علمی دانشگاه لارستان)

### اعضای پنل:

- دکتر علی نوروزی (معاون سازمان انرژی اتمی ایران)
- دکتر حمید رجایی (مدیر توسعه، فناوری و نوآوری شرکت پتروشیمی نوری)
- دکتر مجید وقاری (رئیس کارگروه هوش مصنوعی و فناوری های نوین)
- دکتر افشین ارژنگ مهر (پژوهشگر حوزه فناوری های نوین هسته ای)
- مهندس حمید رعیتی (برنامه نویس ارشد شرکت زمین مجازی (فعال در حوزه سکویهای اجتماعی))

### زمان:

چهارشنبه ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
۱۰:۳۰ الی ۱۲:۳۰






**دومین کنفرانس ملی  
تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند**  
The Second National Conference on Digital  
Transformation and Intelligent Systems

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
24-25 April 2024

## پنل تخصصی

### عنوان پنل:

«هوش مصنوعی و تحول در آموزش»

### رئیس پنل:

پروفسور محمد حسن زاده  
(رئیس پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران)



### دبیر پنل:

پروفسور جواد حاتمی  
(عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس)



### زمان:

پنجشنبه ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
۱۰:۴۵ الی ۱۲:۳۰






**دومین کنفرانس ملی  
تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند**  
The Second National Conference on Digital  
Transformation and Intelligent Systems

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
24-25 April 2024



دومین کنفرانس ملی

تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجمع آموزش عالی لارستان

The Second

National Conference on Digital Transformation and  
Intelligent Systems

24-25 April 2024



کارگاه های تخصصی کنفرانس



# کارگاه های تخصصی



*The Second*

*National Conference on Digital Transformation and  
Intelligent Systems*

24-25 April 2024



مجمع آموزش عالی لارستان

دومین کنفرانس ملی

**تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند**

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجمع آموزش عالی لارستان





### ارائه کارگاه





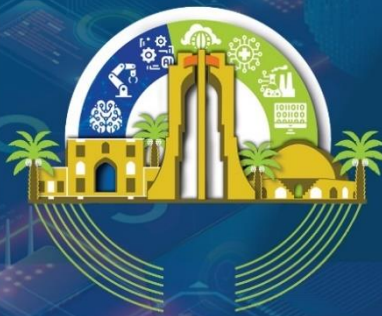
**دکتر علی میزانی اسکویی**  
(بنیانگذار و مدیر ارشد سرمایه گذاری FICAS AG) (یوتیک برجسته)  
مدیریت سرمایه گذاری ارزشهای دیجیتال مستقر در سوئیس))

### عنوان سخنرانی:

بلاکچین، هوش مصنوعی و مهاجرت انسان به جهان مجازی

### زمان:

چهارشنبه ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
۱۴:۰۰ الی ۱۴:۴۵

**دومین کنفرانس ملی**  
**تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند**  
**The Second National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems**

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
24-25 April 2024

### ارائه سخنرانی



**دکتر منصور عطایی**  
(متخصص حوزه وسایل نقلیه هوشمند و پژوهشگر مطالعات  
اجتماعی علم و تکنولوژی در کشور کانادا)

### عنوان سخنرانی:

پژوهش و نوآوری مسئولانه در حوزه هوش مصنوعی

### زمان:

چهارشنبه ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
۱۷:۳۰ الی ۱۸:۱۵






**دومین کنفرانس ملی**  
**تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند**  
**The Second National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems**

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
24-25 April 2024



### The Second

**National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems**  
24-25 April 2024

### دومین کنفرانس ملی

### تحول دیجیتال و سیستم‌های هوشمند

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجتمع آموزش عالی لارستان



### ارائه کارگاه



**دکتر فاضل کریم زاده**  
(متخصص پروتزهای دندان، ایمپلنت و زیبایی به روش دیجیتال)

### عنوان سخنرانی:

پیشرفت های دیجیتال در علم دندانپزشکی: رویکردهای نوین و اثرگذار

### زمان:

پنجشنبه ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
۱۰:۱۵ الی ۱۰:۴۵






**دومین کنفرانس ملی**  
**تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند**  
**The Second National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems**

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳  
24-25 April 2024



### The Second

National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems  
24-25 April 2024



مجمع آموزش عالی لارستان

### دومین کنفرانس ملی

### تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجمع آموزش عالی لارستان



# برنامه زمانبندی



*The Second*

*National Conference on Digital Transformation and  
Intelligent Systems*

24-25 April 2024



مجمع آموزش عالی لارستان

دومین کنفرانس ملی

**تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند**

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجمع آموزش عالی لارستان



## برنامه زمانبندی روز اول (چهارشنبه ۵ اردیبهشت)

8:00 - 10:00	8:00 - 8:10	آغاز مراسم و پخش سرود ملی				مراسم افتتاحیه
	8:10 - 8:20	دکتر عبدالکریم افروزه (رئیس دانشگاه لارستان)				
	8:20 - 8:25	پخش کلیپ معرفی دانشگاه لارستان				
	8:25 - 8:35	دکتر محمد جواد رشتی (دبیر علمی کنفرانس)				
	8:40 - 9:10	دکتر علی نوروزی (معاون سازمان انرژی اتمی ایران)				
	9:10 - 9:40	دکتر محمد حسن زاده (رئیس پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران)				
	9:40 - 10:00	دکتر آرش خجسته (رئیس دانشگاه علوم پزشکی هوشمند و استاد جراحی فک و صورت)				
Link: <a href="https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/dtis2">https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/dtis2</a>						
10:00-10:30 استراحت و پذیرایی						
10:30-12:30	<b>عنوان پنل: «سفر تحول دیجیتال شرکتهای ایرانی: چالش‌ها، فرصت‌ها و تجربه‌ها»</b> رئیس پنل: دکتر سجاد خوشه چین (عضو هیات علمی دانشگاه لارستان) اعضای پنل: • دکتر علی نوروزی (معاون سازمان انرژی اتمی ایران) • دکتر حمید رجایی (مدیر توسعه، فناوری و نوآوری شرکت پتروشیمی نوری) • دکتر مجید وفاری (رئیس کارگروه هوش مصنوعی و فناوری های نوین) • دکتر افشین ارژنگ مهر (پژوهشگر حوزه فناوری های نوین هسته ای) • دکتر حمید رعیتی (برنامه نویس ارشد شرکت زمین مجازی (فعال در حوزه سکوها های اجتماعی))					برگزاری پنل تخصصی
	12:30-14:00 نماز و ناهار					
14:00-14:45	سخنرانی مجازی دکتر علی میزانی اسکویی (بنیانگذار و مدیر ارشد سرمایه گذاری FiCAS AG (بوتیک برجسته مدیریت سرمایه گذاری ارزشهای دیجیتال مستقر در سوئیس)) <b>عنوان: بلاکچین، هوش مصنوعی و مهاجرت انسان به جهان مجازی</b> Link: <a href="https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/dtis2">https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/dtis2</a>					
14:45-15:00 استراحت کوتاه						
5:00-16:40	ارائه مقالات سخنرانی به صورت مجازی (کلاس ۱) رئیس جلسه: دکتر فاطمه موبدی (عضو هیات علمی دانشگاه لارستان) Link: <a href="https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/class1">https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/class1</a>					
	Section 1 15:00-15:20	Section 2 15:20-15:40	Section 3 15:40-16:00	Section 4 16:00-16:20	Section 5 16:20-16:40	Section 6 16:40-17:00
	dtis2-00780040	dtis2-00180028	dtis2-00190044	dtis2-00550021	dtis2-00580054	dtis2-01080057
15:00-17:00	ارائه مقالات سخنرانی به صورت مجازی (کلاس ۲) رئیس جلسه: دکتر سپیده یزدی (عضو هیات علمی دانشگاه لارستان) Link: <a href="https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/class2">https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/class2</a>					
	Section 1 15:00-15:20	Section 2 15:20-15:40	Section 3 15:40-16:00	Section 4 16:00-16:20	Section 5 16:20-16:40	
	dtis2-00620025	dtis2-00860055	dtis2-01360094	dtis2-00730061	dtis2-00730062	



The Second

National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems  
24-25 April 2024



مجمع آموزش عالی لارستان

دومین کنفرانس ملی

تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجمع آموزش عالی لارستان



17:00-17:30	استراحت کوتاه
-------------	---------------

### ادامه برنامه زمانبندی روز اول (چهارشنبه ۵ اردیبهشت)

17:30-18:15	سخنرانی مجازی دکتر منصور عطایی (متخصص حوزه وسایل نقلیه هوشمند و پژوهشگر مطالعات اجتماعی علم و تکنولوژی در کشور کانادا) <b>عنوان: پژوهش و نوآوری مسئولانه در حوزه هوش مصنوعی</b> <i>Link: <a href="https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/dtis2">https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/dtis2</a></i>		

### برنامه زمانبندی روز دوم (پنجشنبه ۶ اردیبهشت)

8:00-9:40	ارائه مقالات سخنرانی به صورت <u>حضوری</u> (کلاس ۱) رئیس جلسه: دکتر هدی نخبه الفقهای (عضو هیات علمی دانشگاه لارستان)				
	Section 1 8:00-8:20	Section 2 8:20-8:40	Section 3 8:40-9:00	Section 4 9:00-9:20	Section 5 9:20-9:40
	dtis2-00850051	dtis2-01320087	dtis2-00050050	dtis2-01340090	dtis2-01150081

8:00-9:40	ارائه مقالات سخنرانی به صورت <u>حضوری</u> (کلاس ۲) رئیس جلسه: دکتر لادن صادقی خرمی (عضو هیات علمی دانشگاه لارستان)				
	Section 1 8:00-8:20	Section 2 8:20-8:40	Section 3 8:40-9:00	Section 4 9:00-9:20	Section 5 16:40-17:00
	dtis2-01170063	dtis2-00980089	dtis2-00960080	dtis2-00960085	dtis2-00960070

9:40-10:15	استراحت و پذیرایی
------------	-------------------

10:15-10:45	سخنرانی حضوری دکتر فاضل کریم زاده (متخصص پروتزهای دندانی، ایمپلنت و زیبایی به روش دیجیتال) <b>عنوان: پیشرفت‌های دیجیتال در علم دندانپزشکی: رویکردهای نوین و اثرگذار</b> <i>Link: <a href="https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/dtis2">https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/dtis2</a></i>		

10:45-12:30	<b>عنوان پنل: «هوش مصنوعی و تحول در آموزش»</b> رئیس پنل: پروفسور محمد حسن زاده (رئیس پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران) دبیر پنل: پروفسور جواد حاتمی (عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس) <i>Link: <a href="https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/dtis2">https://www.skyroom.online/ch/laruniversity/dtis2</a></i>	برگزاری پنل تخصصی
-------------	--	-------------------

12:30-13:00	مراسم اختتامیه
-------------	----------------



The Second

National Conference on Digital Transformation and Intelligent Systems  
24-25 April 2024



دومین کنفرانس ملی

تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجمع آموزش عالی لارستان



●●● مقالات پذیرفته شده در کنفرانس



# مقالات



*The Second*

*National Conference on Digital Transformation and  
Intelligent Systems*

24-25 April 2024



مجمع آموزش عالی لارستان

دومین کنفرانس ملی

**تحول دیجیتال و سیستم های هوشمند**

۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مجمع آموزش عالی لارستان



- بررسی تاثیر اندازه قطرات فاز پراکنده بر ضریب انتقال جرم ستون‌های استخراج ضربه‌ای، با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند ..... ۱۰۰
- بهینه‌سازی فرازآوری با گاز با محدودیت حجم گاز تزریقی با استفاده از الگوریتم ژنتیک ..... ۱۰
- شمارش خودکار حشرات کامل کرم سیب *CYDIA POMONELLA L.* در تله فرمونی با استفاده از یادگیری عمیق ..... ۲۰
- آنالیز تکنیک هاو فرایندهای رایج در کنترل وضعیت سیستم‌های ماهواره‌ای ..... ۲۹
- یک بررسی دقیق از چالش‌ها و مزایا برای تکامل و تداخل در اینترنت اشیا ..... ۳۹
- سیستم های حمل و نقل هوشمند (ITS) ..... ۴۸
- فرصت ها و چالش های هوش مصنوعی در گسترش ارتباطات میان فرهنگی ..... ۵۸
- توسعه و بهبود عملکرد منابع انسانی با به کارگیری هوش مصنوعی در فرایند سازمانی ..... ۶۷
- ارایه روش ترکیبی پرتکل‌های امنیتی و بلاکچین به منظور بالا بردن امنیت داده های اینترنت اشیا در خانه های هوشمند ..... ۷۳
- تحول دیجیتال مبتنی بر هوش مصنوعی: ساخت شهرهای هوشمندتر برای آینده ..... ۷۸
- کاربرد هوش مصنوعی در صنایع نفت و گاز: کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات پیشبینانه از طریق هوشمندسازی پایش وضعیت تجهیزات دوار ..... ۸۷
- ۹۷ ..... **ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MUSIC PRODUCTION WITH AN EMOTIVE APPROACH**
- پیش‌بینی فروش سوپرمارکت با استفاده از رگرسیون ..... ۱۳۲
- تشخیص کووید-۱۹ در تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه با استفاده از یادگیری عمیق ..... ۱۴۳
- مروری بر معماری و پروتکل های ارتباطی اینترنت اشیا ..... ۱۵۱
- سیستم های پیشنهاد دهنده ترکیبی: مروری بر روش های مبتنی بر یادگیری ماشین و هوش مصنوعی ..... ۱۶۲
- ارایه ساختار جدید اینورتر کلیدزنی خازنی ترکیبی ۱۳ سطحی با تعداد ادوات کم ..... ۱۷۵
- ارایه و تحلیل یک اینورتر ۱۷ سطحی جدید مبتنی بر کلیدزنی خازنی با بهره ۸ برابری و تعداد ادوات کم ..... ۱۸۵
- ارائه و تحلیل یک اینورتر هفت سطحی مبتنی بر کلیدزنی خازنی ترکیبی بهبود یافته سه فاز ..... ۱۹۶
- تشخیص چهره با استفاده از شبکه عصبی مبتنی بر روش های ترکیبی LDA, PCA و گابور ..... ۲۰۷
- ارزیابی الگوریتم مبتنی بر تلفیق داده در کشف و مکان‌یابی چشمه رادیواکتیو خارج از کنترل از طریق شبیه‌سازی مونت کارلو و اندازه‌گیری تجربی ..... ۲۱۲
- تکنیک‌های پیشرفته جهت ردیابی چشمه های رادیواکتیو خارج از کنترل: چشم انداز بینایی ماشین مبتنی بر روش KLT ..... ۲۲۱
- پیش‌بینی تولید نفت با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی ..... ۲۳۲
- تخصیص منابع و زمان‌بندی کارها در رایانش مه و اینترنت اشیا ..... ۲۳۹
- بررسی استفاده از بلاک‌چین در اینترنت اشیا و هوش مصنوعی ..... ۲۵۰
- انتخاب ویژگی با استفاده از الگوریتم های فرا ابتکاری در بهینه سازی مقادیر SVM در تشخیص سرطان سینه ..... ۲۵۸
- بررسی نقش حسگر اینترنت اشیا در مدیریت ایمن ساختمانهای هوشمند ..... ۲۷۹
- تعیین راهبردهای اولویت بندی شده در راستای طراحی شهرهای هوشمند ..... ۲۹۵



- تأثیر رهبری کاریزماتیک و وابستگی متقابل وظایف بر رفتار نوآورانه تیم کاری با نقش میانجی توانمندی تیمی ..... ۳۰۲
- THE IMPACT OF USING CHATGPT ON THE FUTURE OF INSURANCE INDUSTRY IN IRAN ..... ۳۱۴
- مقابله با عدم تعادل طبقاتی داده‌ها در یادگیری ماشین: ارزیابی و مقایسه تکنیک‌های متعادل‌سازی مجموعه داده‌های نامتعادل ..... ۳۳۷
- پیش بینی قیمت طلا بر اساس یادگیری عمیق بازگشتی بلند مدت ..... ۳۴۸
- پیش بینی بیماری افسردگی و بررسی عوامل موثر بر آن بر مبنای روش‌های داده کاوی ..... ۳۵۸
- ارائه یک روش مبتنی بر یادگیری عمیق جهت قطعه بندی تصاویر رادیولوژی جهت مراکز آموزشی درمانی ..... ۳۶۷
- استفاده از هوش مصنوعی برای شناسایی منبع بوی نامطبوع تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب و تشخیص آبی بهترین عملکرد در خنثی سازی بوی نامطبوع ..... ۳۷۶
- بررسی و تشخیص اتوماتیک چهار نوع خرابی سطحی ورق فولاد با استفاده از الگوریتم LVQ ..... ۳۸۹
- ارزیابی روش تبدیل انتگرالی با هسته‌های مختلف در سنتز الگوی تشعشعی آنتن‌های آرایه فازی خطی با فواصل برابر ..... ۳۹۴
- فناوری سیال حفاری هوشمند ..... ۴۰۰
- EVALUATING SEMANTIC AND SYNTACTIC SIMILARITY FOR PLAGIARISM DETECTION IN ENGLISH USING NLP .... ۴۰۸
- ارزیابی دوز جذبی موثر ممانه در تصویر برداری با دستگاه CT-SCAN با شبیه سازی به روش مونت کارلو ..... ۴۱۹
- یک روش جدید مسیریابی بر اساس الگوریتم بهینه‌سازی خفاش در شبکه‌های بی سیم خودروبی ..... ۴۲۶
- اثربخشی نرم‌افزار ریه‌اکام بر افزایش توجه انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی کودکان دارای اختلال یادگیری خاص دوره ابتدایی ..... ۴۳۶
- کاربرد هوش مصنوعی در توسعه و ازدیاد برداشت از میادین نفت و گاز ..... ۴۴۶
- طراحی یک سنتز کننده فرکانسی تقسیم جزئی با تکیه بر تقسیم کننده سیگما دلتا در تکنولوژی 0/18 UM ..... ۴۵۳
- طراحی ضرب کننده ۳۲ بیتی با روش کاراتسوبای بازگشتی برای اعداد صحیح با علامت و بدون علامت ..... ۴۶۲
- CHATGPT و نقش آن در آموزش ..... ۴۷۳
- بررسی کاربرد هوش مصنوعی در بهبود کیفیت مراقبت پرستاری مبتنی بر شواهد ..... ۴۸۶
- کاربرد هوش مصنوعی در تصفیه آب ..... ۴۹۴
- کاربرد واقعیت مجازی در درمان اضطراب اجتماعی ..... ۵۰۴
- سیستم ضد تقلب مبتنی بر دوربین چندنمای‌شگر و کاربردهای آن ..... ۵۱۰
- کاربردهای هوش مصنوعی در پروژه های نفت و گاز به سمت توسعه پایدار ..... ۵۲۵
- پیش‌بینی رفتارهای توپولوژیکی مدل آیزینگ در شبکه مربع بر اساس الگوریتم های یادگیری عمیق ..... ۵۳۵
- امکان‌سنجی شخصی سازی مبتنی بر تخصص در رشته مطالعات برنامه درسی با استفاده از هوش مصنوعی ..... ۵۴۴
- امکان سنجی ارزیابی شایستگی‌های ارائه شفاهی دانشجو معلمان از طریق طراحی آزمایشگاه مجازی تدریس ..... ۵۵۴
- هوش مصنوعی در آموزش و یادگیری: چگونه به دانش آموزان با استفاده از هوش مصنوعی آموزش دهیم ..... ۵۶۱





# بررسی تاثیر اندازه قطرات فاز پراکنده بر ضریب انتقال جرم ستون‌های استخراج ضربه‌ای، با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند

سجاد خوشه چین<sup>۱\*</sup>، سید محمد علی موسویان<sup>۲</sup>

۱ گروه مهندسی شیمی، مجتمع آموزش عالی لارستان، لار  
۲ دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تهران، تهران

\* Corresponding author: [skhooshechin@lar.ac.ir](mailto:skhooshechin@lar.ac.ir)

## چکیده

در این پژوهش تاثیر توزیع اندازه قطرات فاز پراکنده بر ضریب انتقال جرم ستون‌های استخراج مایع-مایع از نوع ضربه‌ای با استفاده از مدل اختلاط پیشرو و به کمک الگوریتم بهینه‌سازی هوشمند مورد بررسی قرار گرفته است. همه مدل‌های جریان فازی برای سادگی از یک اندازه میانگین قطره برای فاز پراکنده استفاده می‌کنند و به طبع یک ضریب انتقال جرم متوسط حاصل می‌شود. با توجه به اینکه در ستون‌های ضربه‌ای از موج‌های ضربه برای پراکنده کردن قطرات در فاز پیوسته استفاده می‌شود لذا با توزیع اندازه قطرات در فاز پراکنده مواجه می‌شویم که فرض اندازه متوسط می‌تواند از خطای قابل توجهی برخوردار باشد. بنابراین در این پژوهش مدل اختلاط پیشرو به نحوی توسعه داده شده است که بتوان توزیع اندازه قطرات فاز پراکنده و تاثیر آن بر ضریب انتقال جرم را مورد بررسی قرار داد که در این حالت به تعداد اندازه قطرات فاز پراکنده، ضریب انتقال جرم وجود دارد که پیش‌بینی رفتار آنها به دلیل تعداد بالای پارامترهای مجهول، جز با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند امکانپذیر نیست. سپس با استفاده از مدل فوق تاثیر اندازه قطرات فاز پراکنده برای سیستم آب-استون-تولوئن در یک ستون ضربه‌ای از نوع افقی-عمودی مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که ضریب انتقال جرم مربوط به قطرات بزرگتر از مقدار بیشتری نسبت به قطرات کوچکتر برخوردار است اما فاز پراکنده‌ای که فراوانی قطرات کوچکتر آن بیشتر است از ضریب کلی حجمی انتقال جرم بالاتری برخوردارند. بنابراین اینگونه استنباط می‌شود هر عاملی که منجر به کاهش اندازه قطرات شود در مجموع منجر به بهبود عملکرد و راندمان ستون خواهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** استخراج مایع - مایع، اندازه قطره، ضریب انتقال جرم، مدل اختلاط پیشرو، الگوریتم بهینه‌سازی، شبکه عصبی هوش مصنوعی

## ۱. مقدمه

استخراج مایع - مایع به دلیل رشد تقاضا برای محصولات حساس به دما، نیاز به مواد خالص‌تر، تجهیزات مؤثرتر آن و نیز وجود حلال‌هایی با گزینشگری بالاتر، اهمیت فزاینده‌ای یافته است. بیشترین کاربرد استخراج مایع - مایع در صنایع نفتی است زیرا در این صنایع، باید بیشتر خوراک‌های مایع را بر اساس گونه‌های شیمیایی آن (برای نمونه آلیفاتیک، آروماتیک، نفتی) جدا کرد و کاربرد آن قابل مقایسه با جداسازی بر اساس وزن مولکولی یا فشار بخار می‌باشد. علاوه بر این استخراج مایع - مایع در دیگر صنایع نیز از اهمیت و کاربردهای فراوانی برخوردار است. از جمله صنایع پرکاربرد می‌توان به صنعت هسته‌ای اشاره نمود که در بخش‌های مختلفی نظیر استخراج فلزات سنگین (نظیر اورانیوم و توریم)، حذف آلاینده‌ها، بازفرآوری سوخت‌های تابش دیده، تصفیه پساب‌های رادیواکتیو و ... در چرخه سوخت هسته‌ای کاربرد دارد. استخراج اورانیوم از محلول سولفات با استفاده از حلال آلی تری بوتیل فسفات، به وسیله میکسر - ستلرهای افقی در کارخانه اردکان یزد و نیز خالص سازی محلول اورانیل نیترات به وسیله ستون‌های ضربه‌ای در کارخانه (UCF) اصفهان، از جمله کاربردهای فرآیند استخراج مایع - مایع در چرخه سوخت هسته‌ای ایران می‌باشد.

استخراج مایع - مایع وقتی به کار می‌رود که جداسازی به روش تقطیر امکان پذیر نباشد یا بسیار گران تمام شود. این فرآیند مزایایی نظیر: قدرت انتخاب پذیری بالا، خلوص بالای محصول، توانایی بازیابی بالا، مصرف کم مواد اولیه، سادگی عملیات، کنترل پذیری مطلوب فرآیند، و ظرفیت تولید بالا، را دارا می‌باشد [۱].

از آنجا که انتقال جرم در سامانه‌های مایع - مایع بسیار کمتر از سامانه‌های گاز - مایع می‌باشد، به منظور افزایش بازده ستون‌های استخراج مایع - مایع، استفاده از انرژی مکانیکی به طرق مختلف توصیه می‌گردد. معمولاً انرژی مکانیکی به صورت هم‌زدن اضافی و یا ایجاد ضربه اضافه شود تا باعث آشفتگی بیشتر در سطح مشترک و ایجاد قطره‌هایی با اندازه کوچکتر شود که این خود منجر به افزایش انتقال جرم و بهبود عملکرد دستگاه می‌شود.

ستون‌های استخراج ضربه‌ای یکی از استخراج‌کننده‌های دیفرانسیلی بوده که انرژی مکانیکی ورودی به آن از طریق ضربه ورودی به ستون تامین می‌شود. ضربه ورودی نقش هم‌زدن مکانیکی را ایفا نموده و ضمناً قطرات با قطرهای کوچکتر تولید می‌نماید. ظرفیت و بازده بالا در جداسازی، عدم حساسیت به آلودگی سطحی مشترک دو فاز، طراحی نسبتاً ساده، عملیات مطمئن و پایدار، نداشتن قسمت متحرک، عملیات مناسب با محلول‌های رادیواکتیو و خورنده به واسطه کنترل پذیری از راه دور، از ویژگی‌های برجسته ستون‌های استخراج ضربه‌ای می‌باشند. موارد فوق سبب شده است استفاده از ستون‌های ضربه‌ای به عنوان انتخاب اول در صنعت هسته‌ای به منظور خالص سازی ترکیبات اورانیوم و بازفرآوری سوخت‌های هسته‌ای، مدنظر قرار گیرد، زیرا خواص خوردگی و پرتو‌زایی بالای محلول‌های مورد استفاده در این فرآیند چالش‌های جدی برای طراحی تجهیزات مورد نیاز ایجاد کرده است؛ به صورتیکه برای کاهش هزینه‌های عملیاتی، حفاظ گذاری و اثرات پرتو‌زایی ضمن آنکه لازم است تجهیزات از کمترین تعداد قطعات متحرک تشکیل شده باشند، می‌بایست قابلیت کنترل از راه دور را نیز داشته باشند که این موارد با استفاده از یک ستون ضربه‌ای میسر می‌گردد [۲].

در همه ستون‌های استخراج، قطر قطره از اهمیت زیادی در رفتار هیدرودینامیکی و عملکرد انتقال جرم ستون برخوردار است. موجودی فاز پراکنده به قطر قطره بستگی دارد و به همین دلیل رفتار طغیان استخراج‌کننده نیز تحت تاثیر قطر قطره قرار می‌گیرد. علاوه بر این، قطر قطرات، سطح بین فازی موجود برای انتقال جرم را تحت تاثیر قرار می‌دهد و سرعت انتقال جرم را از طریق ضریب انتقال جرم که بستگی به قطر قطره دارد تحت تاثیر قرار می‌دهد [۳]. بنابراین قطر قطره را می‌توان اصلی‌ترین پارامتر هیدرودینامیک در ستون‌های استخراج نامید و دیگر پارامترهای هیدرودینامیکی و انتقال جرم به نوعی با اندازه قطره مرتبط هستند. در ستون‌های ضربه‌ای توزیع اندازه قطره در طول ستون یکنواخت نیست و مقاطع مختلف ستون از قطره‌هایی با اندازه‌های متفاوت تشکیل شده‌اند که همین عامل می‌تواند بر رفتار سایر پارامترها تاثیر گذار باشد. اما بررسی یک ستون با قطرات با اندازه‌های مختلف کار بسیار دشواری است بنابراین قطر متوسط سائر به عنوان قطر مشخصه متوسط قطره در نظر گرفته می‌شود [۴].

در همه مدل‌هایی که برای بررسی جریان فازی در ستون‌های استخراج وجود دارد از یک قطر متوسط برای اندازه قطره استفاده می‌شود و این در حالی است که قطر متوسط می‌تواند نشأت گرفته از قطرات با پراکندگی با اندازه‌های مختلف باشد. ضریب انتقال جرم قطرات کوچکتر به دلیل طول مشخصه کمتر افزایش می‌یابد و در مقابل افزایش اندازه قطره با دلیل افزایش چرخش درونی منجر به تقویت ضریب انتقال جرم می‌شود. بنابراین در این پژوهش مدل اختلاط پیشرو به گونه‌ای بسط داده شده است که بتوان تاثیر اندازه قطرات در ضریب انتقال جرم یک ستون ضربه‌ای را مورد بررسی قرار داد.

## ۲. شرح کار و مدل‌سازی

### ۲-۱. مدل اختلاط پیشرو

علیرغم توسعه مدل‌های مختلف جهت بررسی ستون‌های استخراج، همچنان اطمینان کافی به منظور طراحی ستون‌های استخراج صنعتی وجود ندارد. شاید بتوان مهمترین ضعف مدل‌های موجود را عدم لحاظ نمودن رفتار فاز پراکنده دانست که توزیع اندازه قطرات آن را نادیده انگاشته و یک قطر متوسط برای قطرات در نظر می‌گیرد [۵]. توزیع اندازه قطرات منجر به توزیع سرعت حرکت قطرات و توزیع سطح در دسترس برای انتقال جرم می‌گردد. بدین منظور استفاده از مدلی که علاوه بر لحاظ نمودن عوامل انحراف جریان از حالت آرمانی توانایی لحاظ نمودن رفتار فاز پراکنده را نیز دارا باشد، لازم و ضروری است. مدل اختلاط پیشرو یکی از این مدل‌ها است که ضمن مدل‌سازی جریان‌های فازی رفتار فاز پراکنده را نیز به دقت مورد بررسی قرار می‌دهد.

هدف اصلی مدل اختلاط پیشرو در نظر گرفتن اثر تفاوت اندازه قطرات در هنگام حرکت از درون برج است. اندازه متفاوت قطرات باعث تفاوت در سطح در دسترس برای انتقال جرم قطرات می‌شود. همچنین سرعت حرکت قطره در طول ستون به طور مستقیم با اندازه قطره در ارتباط است بطوریکه در ستون‌های عمودی قطرات با قطر بزرگتر دارای سرعت بیشتر و به دنبال آن زمان ماند کمتر در ستون می‌باشند، و از طرف دیگر قطرات کوچک دارای سرعت کم و در نتیجه زمان ماند طولانی تری نسبت به قطرات بزرگتر می‌باشند. ضریب انتقال جرم تحت تاثیر مستقیم اندازه قطره نیز می‌باشد. چرخش درونی قطرات بزرگ به مراتب بیشتر از قطرات کوچک بوده و به تناسب ضریب انتقال جرم آنها نیز نسبت به قطرات کوچک بیشتر است. همه عوامل گفته شده، سبب می‌شود تا میزان کل انتقال جرم ناشی از فاز پراکنده با یک اندازه قطره متفاوت از فاز پراکنده‌ای باشد که از توزیع اندازه قطره برخوردار است.

به منظور مدل‌سازی یک ستون استخراج به روش اختلاط پیشرو پیش از هرچیز لازم است توزیع اندازه قطرات فاز پراکنده مشخص باشد که با توجه به بررسی‌های صورت گرفته تابع توزیع لگاریتمی - نرمال بهترین نتایج را در این پژوهش حاصل می‌نماید.

$$P_{lg}(di) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma di} \exp\left(-\frac{(\ln(di) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

$P_{lg}(di)$  نسبت فراوانی قطره‌هایی به قطر  $di$  است. به منظور استفاده از تابع فوق لازم است مقادیر  $\sigma$  و  $\mu$  مشخص باشند. همانطور که پیش از این نیز بیان گردید قطرات با اندازه متفاوت دارای سرعت‌های متفاوت،  $u(di)$ ، می‌باشند که به شکل معادله (۲) با سرعت فاز پراکنده،  $V_D$ ، ارتباط دارند:

$$\int_0^{\infty} u(di)f(di)\delta d = \frac{Q_D}{\varepsilon\phi S} = \frac{V_D}{\varepsilon\phi} \quad (2)$$

در رابطه فوق  $f(di)$  توزیع حجمی استاتیک قطراتی به قطر  $di$  است که به صورت رابطه (۳) قابل محاسبه خواهد بود. همچنین قطرات با اندازه‌های متفاوت دارای سرعت‌های لغزشی متفاوت،  $u_s(di)$ ، نیز خواهند بود که می‌توان به صورت رابطه (۴) محاسبه نمود:

$$f(di) = \frac{P_{lg}(di) \times d_i^3}{\sum P_{lg}(di) \times d_i^3} \quad (3)$$

$$u_s(di) = u(di) + \frac{V_c}{\varepsilon(1 - \varphi)} \quad (4)$$

$u(di)$  سرعت قطراتی به قطر  $d_i$  می‌باشد که طبق اثبات ارائه شده توسط کیان [۶] به صورت معادله (۵) قابل بیان خواهد بود.

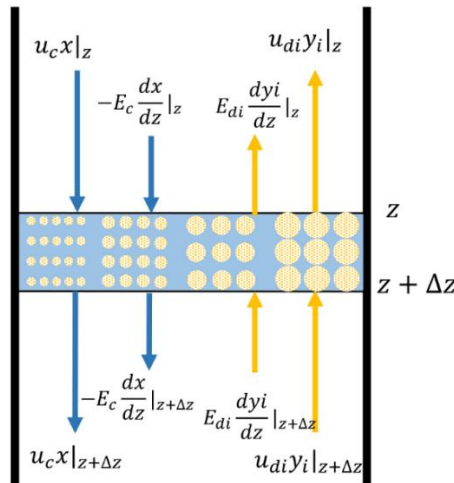
$$u(di) = \frac{di}{d_{43}} V_{stip} - \frac{V_c}{\varepsilon(1 - \varphi)} \quad (5)$$

$d_{43}$  قطر میانگین حجمی است که چنین تعریف می‌گردد:

$$d_{43} = \int_0^{\infty} di \cdot f(di) \cdot \delta di \quad (6)$$

با توجه به رابطه (۵) سرعت قطرات با قطرهای کمتر از یک مقدار مشخص منفی خواهد شد و این همان قطراتی هستند که در دام فاز پیوسته قرار گرفته‌اند. اگر تعداد این قطرات افزایش یابد ستون در معرض طغیان قرار خواهد گرفت. این همان چیزی است که رژیم امولسیون بسیار با آن مواجه است. بنابراین به منظور اطمینان از عدم قرار گیری در این ناحیه لازم است پارامترهای عملیاتی به گونه‌ای تنظیم گردند که حداقل قطر قطرات بیشتر از مقدار ارائه شده در این رابطه بیشتر باشد.

شکل (۱) موازنه جرم را برای یک ستون طبق مدل اختلاط پیشرو نشان می‌دهد. طبق فرضیات فوق برای فاز پیوسته یک جریان ورودی و خروجی ناشی از جریان فاز پیوسته در نظر گرفته می‌شود و ورودی و خروجی دیگر ناشی از نفوذ گردابه‌ای است. برای فاز پراکنده نیز  $N$  جریان ورودی و خروجی ناشی از جریان فاز پراکنده با کلاس قطرات مختلف در نظر گرفته می‌شود و  $N$  جریان ورودی و خروجی دیگر نیز ناشی از نفوذ گردابه‌ای فاز پراکنده با اندازه قطرات متفاوت است. برای جهت انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده، موازنه جرم برای جز منتقل شونده در فاز پیوسته و پراکنده در یک ارتفاع دیفرانسیلی از ستون به طول  $\Delta Z$ ، بر مبنای مدل اختلاط پیشرو به صورت زیر نوشته می‌شود. به صورت قرارداد فاز پراکنده در  $Z=H$  (پایین ستون) به ستون وارد می‌شود.



شکل ۱. بیان موازنه جرم جزء منتقل شونده بر اساس مدل اختلاط پیشرو در یک حجم دیفرانسیلی از ستون استخراج

با نوشتن موازنه جرم برای روی سیستم فوق و استفاده از اعداد بدون بعد به صورت  $Pe_a(i) = Hu_a(i)/E_a(i)$ ,  $Pe_c = Hu_c/E_c$ ,  $Z = h/H$ ,  $\Omega(i) = \rho_a \varepsilon u_a(i) \varphi(i) / \rho_c u_c$ ,  $NTU_{oc}(i) = K_{oc} a(i) H / u_c$  منجر به  $N+1$  معادله دیفرانسیل جزئی از درجه دوم به صورت معادلات (۷) و (۸) می‌شود.

$$\frac{1}{Pe_d(i)} \frac{d^2 y(i)}{dZ^2} - \frac{dy(i)}{dZ} + \frac{NTU_{oc}(i)}{\Omega(i)} (x - x^*(i)) = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (7)$$

$$\frac{1}{Pe_c} \frac{d^2 x}{dZ^2} + \frac{dx}{dZ} - \sum_{i=1}^N NTU_{oc}(i) (x - x^*(i)) = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (8)$$

به منظور حل دستگاه معادلات فوق تعداد  $2(N+1)$  شرط مرزی مورد نیاز می‌باشد که می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

$$\frac{dy(i)}{dZ} = 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N) , \quad x = x_{in} \quad @ \quad Z = 0 \quad (9)$$

$$y(i) = y_{in} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N) , \quad \left(\frac{dx}{dZ}\right) = 0 \quad @ \quad Z = 1 \quad (10)$$

## ۲-۲. روش کار و پیش‌بینی ضرایب انتقال جرم

به منظور انجام آزمایش‌های مورد نیاز در این پروژه از یک ستون استخراج ضربه‌ای افقی-عمودی از نوع پرشده استفاده شده است. ستون مورد استفاده از جنس شیشه بوده که ناحیه فعال آن در هر دو بخش افقی و عمودی به طول  $1/3$  متر با استفاده از آکنه‌های سرامیکی نامنظم از نوع راشیگ رینگ به قطر  $0/63$  سانتیمتر پر شده است. آکنه‌های سرامیکی نیز با توجه به سامانه‌های مورد استفاده و جنس ستون انتخاب شده اند. همچنین با توجه به اینکه امکان مجراسازی جریان در آکنه‌های منظم به مراتب بیشتر از آکنه‌های نامنظم است لذا به منظور جلوگیری از این پدیده که بیشتر در بخش افقی ستون حائز اهمیت است، از آکنه‌های سرامیکی به صورت نامنظم جهت پر کردن ناحیه فعال ستون استفاده شده است.

سیستم شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش آب-استون-تولون است که توسط فدراسیون مهندسی شیمی اروپا برای آزمایش سیستم‌های مایع-مایع پیشنهاد شده است. مشخصات فیزیکی این سیستم به شرح زیر است:

جدول ۱. خواص فیزیکی سامانه مورد استفاده [۷]

Physical property	Toluene-acetone-water
$\rho_c (kg/m^3)$	994.5-995.7
$\rho_d (kg/m^3)$	864.4-865.2
$\mu_c (mPa.s)$	1.059-1.075
$\mu_d (mPa.s)$	0.574-0.584
$\sigma_{L_1L_2} (mN/m)$	27.5-30.1
$m (y = mx^*)$	1.26

پس از آماده سازی محلول  $3.5\%$  حجمی ز استون در فاز پیوسته و پر نمودن ستون با آن، شدت ضربه، دبی فاز پیوسته و پراکنده تنظیم شد و پس از برقراری شرایط پایدار از  $10$  شیر که بر روی ستون تعبیه شده است جهت نمونه گیری استفاده شد تا غلظت استون در فاز پیوسته و پراکنده در طول ستون بدست آید. سپس فاز پیوسته هر نمونه با استفاده از دستگاه UV-Vis آنالیز شده و میزان غلظت جزء منتقل شونده در آن تعیین می‌گردد. غلظت جزء منتقل شونده در فاز پراکنده نیز به کمک موازنه جرم و با استفاده از رابطه (۱۱) تعیین می‌گردد:

$$\left[ \frac{y_n}{1 - y_n} - \frac{y_{in}}{1 - y_{in}} \right] = \left[ \frac{Q_{c,out} \rho_{c,out} (1 - x_{out})}{Q_{a,in} \rho_{a,in} (1 - y_{in})} \right] \times \left[ \frac{x_n}{1 - x_n} - \frac{x_{out}}{1 - x_{out}} \right] \quad (11)$$

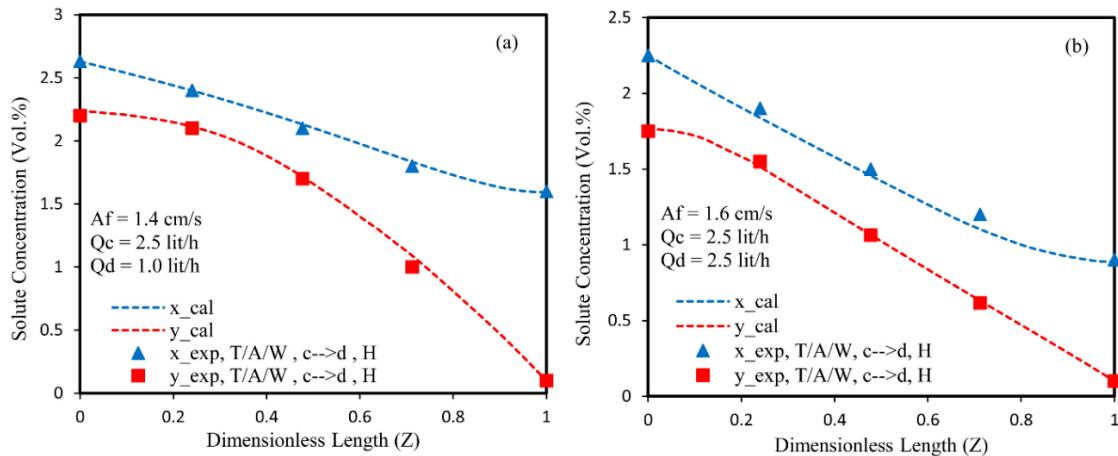
با داشتن توزیع غلظت تجربی در طول ستون می‌توان با استفاده از معادلات (۷) و (۸) سه پارامتر ضریب انتقال جرم به ازای هر دسته از قطرات با اندازه برابر (Koca)، ضریب پراکندگی محوری از پیوسته (Ec) و ضریب پراکندگی فاز پراکنده (Ed) را با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی هوشمند مثل شبکه عصبی هوش مصنوعی، الگوریتم بهینه‌سازی هوشمند ازدحام ذرات و ... محاسبه نمود.

جهت حل معادلات دیفرانسیل به دست آمده از هر یک از مدل‌های ذکر شده، از توابع `bvp4c` و `bvpinit` که به منظور حل معادلات دیفرانسیل مرزی در نرم افزار متلب تعریف شده است، استفاده می‌گردد. در صورتیکه هدف محاسبه ضرایب انتقال جرم و پراکندگی محوری باشد می‌توان با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی توزیع غلظت جزء منتقل شونده در فاز پیوسته و پراکنده و استفاده از یک الگوریتم بهینه‌سازی هوشمند ضریب کلی انتقال جرم و ضرایب پراکندگی محوری را به گونه‌ای تعیین نمود که منحنی تغییرات غلظت جزء منتقل شونده به دست آمده از شبیه‌سازی کمترین اختلاف را نسبت به نتایج آزمایشگاهی داشته باشد. به هر نسبتی که توزیع غلظت جزء منتقل شونده پیش‌بینی شده توسط یک مدل، با نتایج آزمایشگاهی اختلاف کمتری داشته باشد، مدل دارای دقت بیشتر و ضرایب پیش‌بینی شده به وسیله آن به مقادیر واقعی نزدیک‌تر است. با توجه به اینکه در مدل اختلاط پیشرو به تعداد اندازه‌های قطره متفاوت، ضریب انتقال جرم خواهیم داشت لذا الگوریتم‌های بهینه‌سازی معمولی نظیر الگوریتم ژنتیک توانایی حل همزمان این معادلات را نخواهند داشت بنابراین لازم است از شبکه عصبی هوش مصنوعی یا الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند استفاده نمود که بتوان این تعداد پارامتر را به صورت همزمان بهینه نمود. لازم به ذکر است به عنوان مثال اگر ۱۰ دسته قطره با اندازه برابر در نظر گرفته شود تعداد ۲۱ پارامتر مجهول وجود خواهد داشت (۱۰ ضریب انتقال جرم، ۱۰ ضریب پراکندگی محوری فاز پراکنده و یک ضریب پراکندگی محوری فاز پیوسته) که پیش‌بینی آنها جز با استفاده از روش‌های هوشمند امکانپذیر نیست [۸].

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳-۱. پیش‌بینی توزیع غلظت با استفاده از مدل اختلاط پیشرو

مهمترین ضعف مدل‌های فازی ستون‌های استخراج عدم توجه به رفتار فاز پراکنده و یکسان فرض نمودن اندازه قطرات این فاز می‌باشد. حال آنکه فاز پراکنده از توزیع اندازه قطره برخوردار است که سبب می‌شود قطرات از سرعت‌های حرکت متفاوت، ضریب انتقال جرم متفاوت، سطح انتقال جرم متفاوت و ... برخوردار باشند. بدین منظور داده‌های تجربی توزیع غلظت توسط مدل اختلاط پیشرو مدلسازی شده‌اند که نتایج حاصل شده توسط مدل اختلاط پیشرو نشان از توانایی بالای این مدل در پیش‌بینی توزیع غلظت در طول ستون و انطباق آن با نتایج تجربی دارد. در شکل (۲) نتایج حاصل از مدلسازی به روش اختلاط پیشرو برای یک نمونه از تست تجربی را نشان می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌گردد نتایج تقریباً منطبق بر مقادیر تجربی بوده و به درستی توزیع غلظت درون ستون را پیش‌بینی نموده است.



شکل ۲. مقایسه نتایج حاصل از مدل اختلاط پیشرو با نتایج آزمایشگاهی

### ۲-۳. تاثیر اندازه قطره بر ضریب حجمی انتقال جرم

یکی از چالش‌های جدی که در بهره برداری از ستون‌های استخراج پیش روی متخصصین قرار دارد این است که چه شرایط عملیاتی منجر به بهینه‌ترین استخراج ممکن می‌گردد. پاسخ به این سوال را می‌توان در اندازه قطرات فاز پراکنده که مهمترین و تاثیرگذارترین پارامتر هیدرودینامیکی ستون ضربه‌ای می‌باشد جستجو نمود. همانگونه که پیش از این بیان گردید فاز پراکنده از یک توزیع اندازه قطره در ستون ضربه‌ای برخوردار است که سبب می‌شود قطرات از سرعت‌های حرکت متفاوت، ضریب انتقال جرم متفاوت، سطح انتقال جرم متفاوت و ... برخوردار باشند. با توجه به اینکه هر شرایط عملیاتی منجر به یک توزیع اندازه قطره در ستون می‌گردد، بنابراین در صورتیکه بتوان آرمانی‌ترین توزیع اندازه قطره ممکن را یافت به نوعی بهینه‌ترین شرایط عملیاتی مشخص شده است.

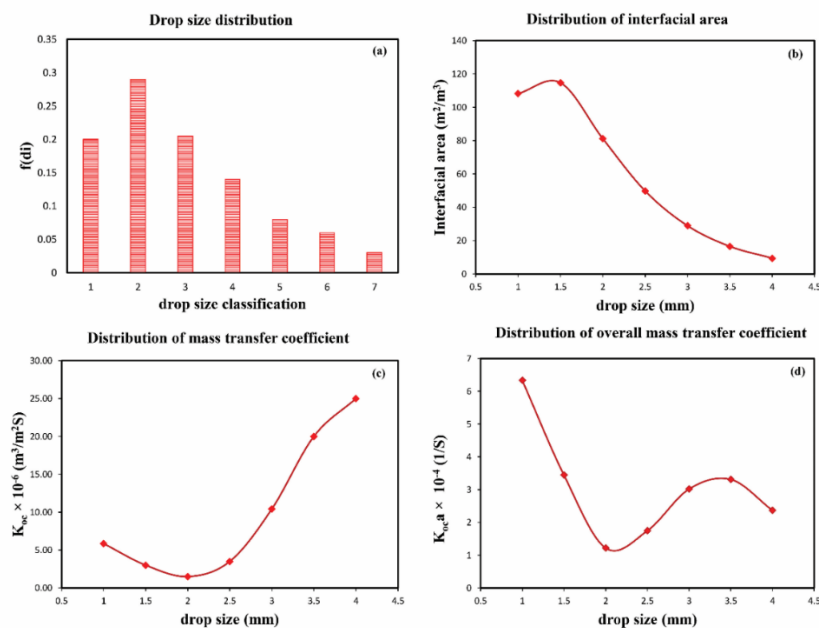
علیرغم فعالیت‌های پژوهشی بیشماری که در حوزه استخراج مایع - مایع و ستون‌های ضربه‌ای صورت پذیرفته است اما تعیین بهینه‌ترین اندازه قطره همچنان با شک و تردید روبرو است. همانگونه که پیش از این بیان شده است اندازه قطره تقریباً بر همه پارامترهای هیدرودینامیکی و انتقال جرمی ستون موثر می‌باشد که به صورت خلاصه برخی از مهمترین آنها ارائه می‌گردد:

- در اکثر موارد کاهش اندازه قطره منجر به افزایش موجودی فاز پراکنده می‌گردد.
- کاهش اندازه قطره منجر به افزایش سطح در دسترس برای انتقال جرم می‌شود.
- در اکثر موارد کاهش اندازه قطره منجر به کاهش سرعت قطرات و افزایش زمان ماند یا تماس می‌شود.
- در اکثر موارد افزایش اندازه قطره منجر به افزایش سرعت قطرات و افزایش میزان اغتشاش در ناحیه فضای اطراف قطره می‌شود.
- افزایش اندازه قطره منجر به افزایش جریان چرخشی درونی قطرات می‌شود که تاثیر قابل توجهی بر شدت انتقال جرم می‌گذارد.
- کاهش اندازه قطرات منجر به نزدیک شدن به حالت طغیان می‌گردد.

همانگونه که ملاحظه می‌گردد برخی پارامترهای موثر در بهبود فرایند استخراج (موجودی فاز پراکنده، سطح در دسترس برای انتقال جرم، زمان ماند قطرات) متناسب با کاهش اندازه قطره است در حالیکه بهبود سایرین (میزان اغتشاش در ناحیه اطراف قطره، چرخش درونی قطرات) در گرو افزایش اندازه قطره قرار دارد. بنابراین لازم است رفتار ضریب انتقال جرم با توجه به تغییر اندازه قطرات مورد بررسی دقیق قرار گیرد. همانگونه که پیش از این ارائه گردید یکی از مدل‌هایی که به صورت دقیق تاثیر اندازه قطرات فاز پراکنده را در مدلسازی جریان‌های فازی لحاظ می‌کند مدل اختلاط پیشرو است. این مدل با طبقه‌بندی قطرات به تعدادی دسته با اندازه مشخص عملکرد هر دسته را به صورت مجزا مورد بررسی قرار می‌دهد. بنابراین از نتایج حاصل از این مدل می‌توان پاسخ سوال «**کدام اندازه قطره**» را مشخص نمود.

به صورت نمونه نتایج حاصل از مدل اختلاط پیشرو برای پارامترهایی که وابسته به اندازه قطره است در شکل (۳) نشان داده شده است. نتایج فوق مربوط به آزمایش صورت گرفته برای سامانه آب / استون / تولوئن در شدت ضربه  $1/4 \text{ cm/s}$  و شدت جریان فاز پیوسته و پراکنده برابر با  $2/5 \text{ L/h}$  در جهت انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده می‌باشد. قطرات موجود در این آزمایش به ۷ دسته طبقه بندی شده اند که درصد فراوانی آنها در هر یک از این دسته‌ها در شکل (۳-a) نشان داده شده است. سطح در دسترس برای انتقال جرم متناظر با هر یک از این دسته‌ها نیز در شکل (۳-b) نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد با افزایش اندازه قطرات سهم آنها در تامین سطح در دسترس برای انتقال جرم نیز کاهش می‌یابد. بنابراین از این منظر انتظار می‌رود که کاهش اندازه قطره مفیدتر خواهد بود. دیگر پارامتری که به اندازه قطره وابسته می‌باشد ضریب انتقال جرم است که نحوه تغییرات آن با قطر قطره در شکل (۳-c) نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد ضریب انتقال جرم از دو رفتار متفاوت نسبت به تغییر اندازه قطره برخوردار است به صورتیکه با افزایش اندازه قطره ابتدا کاهش می‌یابد و سپس یک رفتار افزایشی قابل توجه را از خود نشان می‌دهد. زمانیکه اندازه قطره کاهش می‌یابد جریان چرخشی درون قطره کاهش یافته تا به صفر برسد، در این صورت قطره همانند یک کره صلب رفتار می‌کند و انتقال جرم درون آن صرفاً از طریق نفوذ مولکولی صورت می‌پذیرد. در این حالت ضریب انتقال جرم به صورت معکوس وابسته به اندازه قطره است. در این آزمایش مشاهده می‌گردد که قطرات با اندازه حدود  $2 \text{ mm}$  و کمتر همانند یه قطره صلب رفتار می‌کنند. از طرف دیگر افزایش اندازه قطره منجر به افزایش جریان چرخشی درون قطرات می‌شود که به صورت قابل توجهی شدت انتقال جرم را افزایش می‌دهد، [۹] بنابراین مشاهده می‌گردد که ضریب انتقال جرم برای قطرات بزرگتر از  $2 \text{ mm}$  با افزایش اندازه قطره افزایش یافته است.

علیرغم افزایش قابل توجه ضریب انتقال جرم با افزایش اندازه قطره اما طبق شکل (۳-d) مشاهده می‌گردد که رفتار ضریب کلی حجمی انتقال جرم با اندازه قطره کاملاً متفاوت است. به طوریکه برآیند ضریب انتقال جرم و سطح مشترک که مجموعاً بر میزان انتقال جرم تاثیر می‌گذارد، برای قطرات با اندازه کوچکتر به مراتب بیشتر از همین مقدار برای قطرات بزرگتر است. بنابراین به نظر می‌رسد کارایی فرایند استخراج با کاهش اندازه قطره افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است کاهش بیش از حد اندازه قطره طبق موارد ارائه شده در ذیل رابطه (۵) منجر به نزدیک شدن شرایط عملیاتی ستون به حالت طغیان می‌شود که لازم است در طراحی شرایط عملیاتی ستون مدنظر قرار گیرد.



**شکل ۲.** تاثیر توزیع اندازه قطره بر شدت انتقال جرم برای سامانه آب / استون / تولوئن در شدت ضربه  $1.4 \text{ cm/s}$  و شدت جریان فاز پیوسته و پراکنده برابر با  $2.5 \text{ l/h}$  در جهت انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده، (a) توزیع اندازه قطره، (b) توزیع سطح مشترک، (c) توزیع ضریب انتقال جرم، (d) توزیع ضریب کلی حجمی انتقال جرم





#### ۴. نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، تاثیر اندازه قطرات فاز پراکنده بر عملکرد انتقال جرم یک ستون استخراج ضربه‌ای افقی-عمودی از نوع پرشده توسط مدل اختلاط پیشرو و با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند مورد مطالعه قرار گرفته است. مدل مبتنی بر مکانیسم جریان و توزیع اندازه قطره است و بر خلاف مدل‌های دیگر که از میانگین قطر قطرات فاز پراکنده استفاده می‌کنند، این مدل به دقت تأثیر توزیع اندازه قطره را بر بازده انتقال جرم در نظر گرفته است. آزمایش‌ها برای سیستم شیمیایی تولوئن / استون / آب در جهت انتقال جرم  $c \rightarrow d$  انجام شد و پس از تعیین توزیع غلظت با کمک الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند و مدل اختلاط پیشرو ضرایب انتقال جرم، ضرایب پراکندگی محوری فاز پیوسته و پراکنده مربوط به هر اندازه قطره پیش‌بینی شد. نتایج حاصل شده نشان داد که مدل اختلاط پیشرو به خوبی قابلیت پیش‌بینی توزیع غلظت در طول ستون را دارا می‌باشد. همچنین مشخص شد که اگرچه ضریب انتقال جرم مربوط به قطرات بزرگ بزرگتر است، اما ضریب انتقال جرم کلی حجمی مربوط به قطرات کوچک بیشتر از ضریب انتقال جرم مربوط به قطرات بزرگ است. بنابراین، هر عاملی که اندازه قطره را کاهش دهد، می‌تواند کارایی انتقال جرم را بهبود بخشد. اما کاهش اندازه قطره به کمتر از مقدار مشخصی منجر به کاهش عملکرد ستون و همچنین قرار گرفتن ستون در معرض طغیان خواهد شد که این مقدار حدی اندازه قطره توسط مدل اختلاط پیشرو قابلیت محاسبه دارد.

#### منابع

- [1] R. H. Perry and D. W. Green, *Perry's chemical engineers' handbook*: McGraw-Hill Professional, 1999.
- [2] S. Khooshechin, J. Safdari, M. A. Moosavian, and M. H. Mallah, "Prediction of pressure drop in liquid-liquid pulsed packed extraction countercurrent columns," *International Journal of Heat and Fluid Flow*, vol. 44, pp. 684-691, 2013
- [3] W. A. Chantry, R. V. Berg, and H. Wiegandt, "Application of pulsation to liquid-liquid extraction," *Industrial & Engineering Chemistry*, vol. 47, pp. 1153-1159, 1955.
- [4] J. C. Godfrey and M. J. Slater, *Liquid-liquid extraction equipment*: Wiley Chichester, UK, 1994.
- [5] W. J. Korchinsky and C. H. Young, "Computational techniques for liquid-liquid extraction column model parameter estimation, using the forward mixing model," *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, vol. 35, pp. 347-357, 1985.
- [6] Y. Qian and J. Wang, "Modelling of mass transfer in extraction columns with drop forward-mixing and coalescence-redispersion," *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, vol. 70, pp. 88-96, 1992
- [7] T. Mišek, R. Berger, and J. Schröter, "Standard test systems for liquid extraction studies," *EFCE Publ. Ser.*, vol. 46, 1985
- [8] Hemmati, A., Ghaemi, A., Asadollahzadeh, M., RSM and ANN modeling of hold up, slip, and characteristic velocities in standard systems using pulsed disc-and-doughnut contactor column. *Separation Science and Technology* 56, 2734-2749, 2021.
- [9] F. Panahinia, M. Ghannadi-Maragheh, J. Safdari, P. Amani, and M.-H. Mallah, "Experimental investigation concerning the effect of mass transfer direction on mean drop size and holdup in a horizontal pulsed plate extraction column," *RSC Advances*, vol. 7, pp. 8908-8921, 2017.

## بهینه‌سازی فرازآوری با گاز با محدودیت حجم گاز تزریقی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

ابوالفضل قدیمی<sup>۱</sup>، میلاد اصغری<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup>انستیتو مهندسی نفت، دانشگاه تهران، تهران

<sup>۲</sup>انستیتو مهندسی نفت، دانشگاه تهران، تهران

*Milad.asghari@ut.ac.ir*

### چکیده

تکنیک فرازآوری با گاز نقش مهمی در حفظ تولید نفت، به ویژه از یک میدان بالغ، زمانی که انرژی طبیعی مخازن ناکافی می‌شود، ایفا می‌کند. با این حال، تخصیص بهینه نرخ تزریق گاز در یک میدان بزرگ از طریق سیستم شبکه فرازآوری با گاز برای به حداکثر رساندن نرخ تولید نفت یک کار چالش برانگیز است. مسائل متداول بهینه‌سازی فرازآوری با گاز ممکن است در یک سیستم شبکه بزرگ با مشکلات مرتبط با نرخ تزریق گاز چند هدفه، ناکارآمد باشند. هدف اصلی این مقاله ارزیابی امکان‌سنجی استفاده از تکنیک الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی تخصیص نرخ تزریق پیوسته گاز فرازآور در شرایطی که برای تأمین حجم گاز تزریقی محدودیت وجود داشته باشد، است. در این تحقیق ابتدا مطالعه حساسیت سنجی روی پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد فرآیند فرازآوری با گاز انجام شد و سه پارامتر اندازه چوک، اندازه تیوبینگ و نرخ تزریق گاز به عنوان پارامترهای ورودی الگوریتم انتخاب شدند و نرخ تولید تجمعی نفت از دو چاه به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شد و مطالعه تأثیر این پارامترها بر عملکرد دو چاه تولیدی صورت گرفت. علاوه بر این، در حالی که استفاده از الگوریتم ژنتیک ایده جدیدی نیست، این مطالعه تکنیک‌های بهینه‌سازی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک را برای بهبود نرخ تولید نفت با اجرای فرازآوری با گاز در یک میدان نفتی توضیح می‌دهد. مدل بهینه‌سازی به صورت گام به گام توضیح داده می‌شود، بنابراین می‌توان آن را به راحتی دنبال کرد و به عنوان راهنما، به‌ویژه توسط مهندسين بهره‌بردار که در طراحی و توسعه سیستم فرازآوری با گاز درگیر هستند، به‌منظور تخصیص بهینه نرخ تزریق گاز به چاه‌ها در حضور محدودیت حجم گاز تزریقی استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** بهینه‌سازی، فرازآوری با گاز، نرخ تزریق، اندازه چوک، اندازه تیوبینگ، الگوریتم ژنتیک، مهندسی بهره‌برداری

## ۱. مقدمه

فرازآوری مصنوعی تکنیکی است که معمولاً برای افزایش نرخ تولید نفت یک چاه استفاده می‌شود، زمانی که فشار مخزن در آن برای فراهم کردن نرخ تولید نفت پایدار کافی نیست. تکنیک‌های فرازآوری مصنوعی به دلیل افزایش تقاضای انرژی و کاهش فشار میداین بالغ نفتی اهمیت فزاینده‌ای پیدا کرده‌اند [۱]. فرازآوری با گاز یکی از روش‌های فرازآوری مصنوعی است که شامل فرآیند تزریق گاز از طریق فضای حلقوی چاه<sup>۱</sup> عمدتاً به داخل لوله تولید از طریق دریچه‌ها<sup>۲</sup> برای کاهش چگالی سیال و در نتیجه کاهش فشار زیرین مورد نیاز و در نتیجه افزایش نرخ تولید جریان نفت است [۲]. فرازآوری با گاز به طور کلی به عنوان مقرون به صرفه‌ترین تکنیک فرازآوری مصنوعی از نظر اقتصادی به ویژه برای یک میدان بزرگ برای بهبود بهره‌وری میدان در نظر گرفته می‌شود [۳].

محدودیت‌های متعددی در ارتباط با عملیات فرازآوری با گاز وجود دارد، مانند نرخ تزریق گاز، فشار تزریق، در دسترس بودن گاز فرازآور، قابلیت‌های کمپرسور و تأسیسات حمل آب و غیره. این محدودیت‌ها باید در طول فرآیند بهینه‌سازی در نظر گرفته شوند. با توجه به این محدودیت‌ها، یافتن تخصیص بهینه نرخ تزریق گاز فرازآور برای هر چاه در یک سیستم شبکه‌ای یک کار بسیار چالش برانگیز است. چندین تکنیک بهینه‌سازی فرازآوری با گاز برای توزیع بهینه نرخ تزریق گاز فرازآور برای هر چاه متناسب با محدودیت‌های خاص تأسیسات توسعه یافته‌اند [۴]. با این حال، روش‌های متداول بهینه‌سازی فرازآوری با گاز عمدتاً قادر به مدل‌سازی طرح‌های بهینه‌سازی چند متغیره برای بهینه‌سازی سیستم فرازآوری با گاز به صورت پیوسته، شامل چاه‌های چندگانه در یک شبکه نیستند.

چندین تکنیک بهینه‌سازی در مقالات برای بهینه‌سازی سیستم‌های فرازآوری با گاز به صورت پیوسته توضیح داده شده است. به عنوان مثال، تکنیک تجزیه و تحلیل تک چاه، از مفهوم تحلیل گرهی برای تولید منحنی عملکرد فرازآوری با گاز یک چاه منفرد بر اساس بررسی‌های فشار و دمای واقعی همراه با همبستگی جریان چند فازی مناسب استفاده می‌کند [۵]. محدودیت اصلی در نظر گرفته شده در این تکنیک، محدودیت سرعت تزریق گاز است. این روش محدودیت‌های تأسیسات را یکپارچه نمی‌کند [۶].

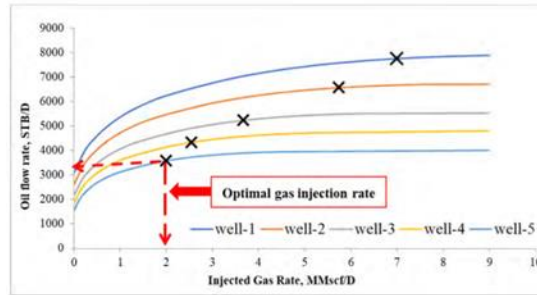
رشید و همکاران [۴] برخی از رویکردهای بهینه‌سازی را که از منحنی عملکرد فرازآوری با گاز (GLPC<sup>۳</sup>) به عنوان پایه راه‌حل‌های خود استفاده می‌کردند، ارائه کردند. هدف این راه‌حل‌ها استفاده از منحنی عملکرد فرازآوری با گاز به گونه‌ای بود که تولید نفت را با حداقل کردن هزینه تزریق همزمان به حداکثر برسانند. ملاحظات اقتصادی مانند سود خالص پس از حذف هزینه تزریق و فشرده‌سازی توسط چندین تکنیک بهینه‌سازی اتخاذ شده است. فانگ و لو [۷] از رویکرد برنامه‌ریزی خطی برای تخصیص بهینه نرخ تزریق گاز با انواع محدودیت‌های سرعت جریان استفاده کردند. برگرون و همکاران [۸] بهینه‌سازی فرازآوری با گاز در یک چاه دریایی را به طور عملی با استفاده از تزریق مرحله‌ای برای ایجاد منحنی عملکرد چاه برای سرعت تزریق گاز بهینه ارزیابی کردند در حالی که انسداد جریان به دلیل انجماد و نظارت بر پایداری چاه را کاهش دادند. دوتا-روی و کلتاپورام [۹] یک مدل غیرخطی را با استفاده از برنامه‌نویسی درجه دوم متوالی (SQP<sup>۴</sup>) همراه با راه‌حل‌های تمام شبکه توسعه دادند. وانگ و لیتاک [۱۰] رویکردی تکراری را برای حل توزیع فرازآوری با گاز تا به دست آوردن حداقل راندمان فرازآوری برای شبکه کامل در نظر گرفتند. آنها تکنیک بهینه‌سازی غیرخطی را برای شبیه‌سازی یک شبکه کامل در یک میدان دریایی برای ادغام سیستم تولید میدان پیچیده با جداکننده سطح و فشرده‌سازی برای حدود ۲۰۰ چاه با فشار سر چاه متفاوت (P<sub>w</sub>) استفاده کردند. مزیت این بهینه‌سازی غیرخطی این است که محدودیت‌های مدیریت سیستم و سیستم تولید پیچیده را همزمان با نتیجه بهینه ترکیب می‌کند [۱۱]. برای توضیح بیشتر در مورد بهینه‌سازی فرازآوری با گاز در یک سیستم شبکه، شکل (۱) نمونه‌ای از توزیع نرخ تزریق فرازآوری با گاز را برای پنج چاه بر اساس ابزار بهینه‌سازی فرازآوری با گاز نشان می‌دهد [۱۲].

<sup>1</sup> Annulus

<sup>2</sup> Valve

<sup>3</sup> Gas Lift Performance Curve

<sup>4</sup> Sequential Quadratic Programming



شکل ۱. نرخ تزریق بهینه گاز برای هر کدام از چاه‌ها با علامت X نشان داده شده است.

کامپونوگارا و ناکاشیما [۱۳] از یک روش الگوریتم برنامه‌ریزی پویا برای تخصیص بهینه نرخ تزریق گاز استفاده کردند. به طور کلی، با توجه به راه‌حل‌های محاسباتی تمام شبکه، هزینه برای این نوع در مقایسه با راه‌حل تک چاه بسیار بالا است. الگوریتم ازدحام ذرات (PSA<sup>۱</sup>) که توسط ابره‌ارت و کندی [۱۴] توسعه یافته است، به همراه تابع جریمه برای تخصیص بهینه گاز در برخی از چاه‌ها برای به دست آوردن یک نتیجه سریع و مدل دقیق مورد استفاده قرار گرفت. با این حال، اجرای این رویکرد در یک محیط صنعتی معمول می‌تواند بسیار چالش برانگیز باشد.

رویکردهای بهینه‌سازی همانطور که قبلاً بحث شد ممکن است با ظرفیت محدود، عمدتاً برای محدودیت‌های بسیار کمی کارایی داشته باشند. این رویکردهای مرسوم به دلیل مشکل در ادغام محدودیت‌های تاسیسات و تولید، قادر به مدیریت چاه‌هایی نیستند که سیستم شبکه مشابهی دارند. مدل‌سازی و شبیه‌سازی دقیق یک سیستم شبکه بزرگ با استفاده از این رویکردها کاملاً چالش برانگیز است زیرا به زمان محاسبات زیادی نیاز دارد و اغلب منجر به نتایج گمراه‌کننده‌ای می‌شود. علاوه بر این، یافتن راه‌حل محلی برای مشکل، بخشی از راه‌حل‌های غیربهینه است. بنابراین، استفاده از الگوریتم‌های جهانی پویا ممکن است برای مقابله با این مسائل ضروری باشد که بوئیتراگو و همکاران [۱۵] نیز با ارائه یک الگوریتم بدون مشتق با اجرای یک روش اکتشافی برای توزیع فراآوری با گاز و حل دو مسئله مهم جریان غیر آبی (NIF<sup>۲</sup>) و منحنی ناهموار برای تعداد قابل توجهی از چاه‌ها، این موضوع را تأیید کردند. این مطالعه بر روی بهینه‌سازی فراآوری با گاز با استفاده از الگوریتم ژنتیک (GA<sup>۳</sup>) برای توانایی آن در ادغام مؤثر تمام این محدودیت‌های مشکلات فراآوری با گاز، اعم از مشکل محدودیت حجم گاز تزریقی به شیوه‌ای کارآمد تمرکز دارد.

## ۲. فراآوری با گاز با محدودیت حجم گاز تزریقی

فراآوری با گاز شکلی از فراآوری مصنوعی است که در آن گاز ابتدا فشرده شده و سپس از طریق لوله جداری چاه<sup>۴</sup> به لوله تولید تزریق می‌شود و هنگامی که این گاز وارد لوله تولید می‌شود، در اثر انبساط، نفت را به سمت بالا می‌راند و در نتیجه فشار ته چاه به دلیل کاهش چگالی (در اثر مخلوط شدن اجزای سبکتر گاز با نفت سنگین)، کاهش می‌یابد [۱۶].

<sup>1</sup> Particle Swarm Algorithm

<sup>2</sup> Non-Instantaneous Flow

<sup>3</sup> Genetic Algorithm

<sup>4</sup> Casing annulus

در بیشتر میادین نفتی، فناوری فراآوری با گاز به کار گرفته می‌شود، زیرا برای چاه‌های انحرافی دارای مسیر چاه کج، چاه‌های نفتی همراه با تولید ماسه و چاه‌های نفتی گازدار به شدت توصیه می‌شود. مزیت مهم دیگر سیستم فراآور گازی این است که هزینه عملیاتی برای فراآوری تعداد نسبتاً زیاد چاه کم است، مشروط بر اینکه عرضه گاز فراآور در مجاورت میدان نفتی باشد [۱۷].

در صورتی که در تأمین حجم گاز تزریقی محدودیتی وجود نداشته باشد، برای هر کدام از چاه‌ها می‌توان نرخ تزریق بهینه را یافت و تولید چاه را با آن نرخ تزریق به مقدار بیشینه خود رساند. ولی با وجود محدودیت در میزان گاز تزریقی، اینکه به هر کدام از چاه‌ها چه نرخ تزریقی باید در نظر گرفته شود تا تولید تجمعی از همه چاه‌های مورد نظر به مقدار بیشینه خود برسد، نیاز به بهینه‌سازی دارد.

### ۳. الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک (GA) نوعی تکنیک بهینه‌سازی است که مسائل بهینه‌سازی محدود<sup>۱</sup> و نامحدود را از طریق فرآیند انتخاب طبیعی بر اساس مفهوم زیست‌شناسی تکاملی شامل فرآیندهای اساسی انتخاب، آمیزش یا ترکیب<sup>۲</sup> و جهش<sup>۳</sup> حل می‌کند. به جای در نظر گرفتن یک نقطه یا راه‌حل، جمعیتی از راه‌حل‌ها طراحی می‌شود. الگوریتم جمعیت راه‌حل‌های فردی را به طور مکرر تغییر می‌دهد. افراد را به طور تصادفی از جمعیت فعلی به عنوان والدین انتخاب می‌کند، و از این والدین برای تولید فرزندان برای نسل بعدی استفاده می‌کند. جمعیت در طول نسل‌های متوالی به سمت یک راه‌حل بهینه تکامل می‌یابد. فرآیند حل الگوریتم ژنتیک در مقایسه با رویکردهای مرسوم از اصول متفاوتی پیروی می‌کند. تفاوت‌های اساسی به شرح زیر است:

۱. الگوریتم ژنتیک در رویه خود از مشتق استفاده نمی‌کند، در عوض از تابع هدف<sup>۴</sup> استفاده می‌شود.
  ۲. به جای استفاده از نقطه واحد، از جمعیتی از نقاط طراحی یا متغیرها استفاده می‌کند که منجر به اجتناب از راه‌حل بهینه محلی (به دست آوردن راه حل بهینه جهانی) می‌شود.
  ۳. رشته‌های اعداد باینری نشان دهنده متغیرهای طراحی هستند که در ژنتیک مشابه کروموزوم‌ها هستند، بنابراین مسائل گسسته که به طور طبیعی قابل اجرا هستند، توسط الگوریتم ژنتیک حل می‌شوند.
- تکنیک‌های الگوریتم ژنتیک شامل پنج مرحله اساسی است که عبارتند از: جمعیت اولیه؛ تابع تناسب؛ انتخاب؛ ترکیب و جهش. این فرآیند با جمعیت اولیه شروع می‌شود، که شامل مجموعه‌ای از افراد (یعنی راه‌حل‌ها) در یک فضای جستجو می‌شود. یک فرد با طیف وسیعی از ترکیبات متغیرهای طراحی (یا پارامترها) که به عنوان "ژن" نامیده می‌شوند و به یک رشته برای تشکیل یک کروموزوم (یا راه‌حل) متصل می‌شوند، مشخص می‌شود. برای هر راه‌حل، تابع هدف ارزیابی می‌شود که نشان دهنده سطح تناسب آن است. هر راه‌حل با دیگری جفت می‌شود تا یک جفت برای جفت‌گیری تشکیل دهد که برای تولید مثل جمعیت‌های بعدی استفاده می‌شود. جفت‌های جفت‌گیری راه‌حل‌های جدیدی را به عنوان فرزندان تولید می‌کنند که دارای مقادیر متغیرهای طراحی هستند که توسط تلاقی مقادیر والدین ایجاد می‌شوند. علاوه بر این، جهش تصادفی به برخی از مقادیر راه‌حل جدید معرفی می‌شود. جهش‌ها برای ارزیابی طیف وسیعی از متغیرها مفید هستند، که می‌تواند به کاهش همگرایی اولیه کمک کند. فرآیند تکنیک الگوریتم ژنتیک تصادفی است، حتی اگر بهینه‌سازی آن به یک راه‌حل برای ایجاد سطح کنترل اجازه دهد.

در سال ۲۰۰۹ الخلید و همکارانش این روش را برای بهینه‌سازی فراآوری با گاز در میدان خفج استفاده کردند [۱۸]. تا پراستا در سال ۲۰۰۷ برای حداقل‌سازی گاز تزریقی و حداکثرسازی نفت تولیدی در میدان به وسیله تابع هدف دومنظوره، برای بهینه‌سازی فراآوری با گاز از الگوریتم ژنتیک استفاده کرد. او محدودیت‌های موجود در مسئله را نیز در قالب فرمول‌ها و کدهایی به الگوریتم ژنتیک

<sup>1</sup> Constrained

<sup>2</sup> Cross over

<sup>3</sup> Mutation

<sup>4</sup> Objective function

داد تا پاسخ‌های بهینه و عملی برای مسئله، پیدا شود. الگوریتم ژنتیک به خوبی می‌تواند مسائل بهینه‌سازی بسیار پیچیده را کنترل کند و محدودیت‌های مسئله، الگوریتم را از کار باز نمی‌دارد. تاپاراتا اندازه رشته هر کروموزوم را برابر با تعداد چاه‌های تحت عملیات فراآوری با گاز گرفت [۱۹].

#### ۴. مدل‌سازی و بررسی نتایج

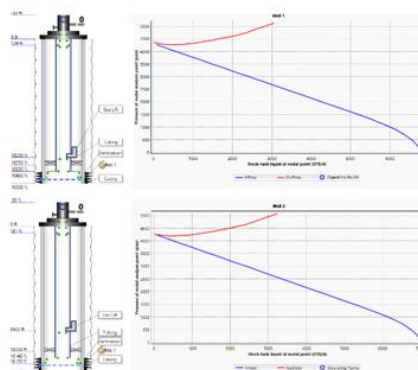
##### ۴-۱. مدل چاه

به منظور بهینه‌سازی فرآیند تزریق گاز، دو چاه نفتی موجود در میدان نفتی ایران که در حالت عادی قابلیت تولید ندارند، انتخاب شده‌اند. خواص مخزن و چاه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. خواص مخزن و چاه‌های شماره ۱ و ۲

پارامتر	چاه ۱	چاه ۲
عمق چاه (ft)	۱۰۵۰۰	۱۰۳۴۰
فشار مخزن (psia)	۴۳۰۰	۴۲۶۰
دمای مخزن (°F)	۱۰۳	۱۰۲
ضریب عملکرد مخزن (STB/d/psia)	۱/۸۵	۱/۹
API نفت تولیدی	۲۶/۲	۲۶/۱
فشار سطحی تزریق گاز (psia)	۱۵۰۰	۱۵۰۰
برش آب (%)	۳۰	۳۰
نسبت گاز به نفت تولیدی (scf/STB)	۲۸۰	۲۵۰
فشار سرچاهی (psia)	۳۱۷	۳۱۷

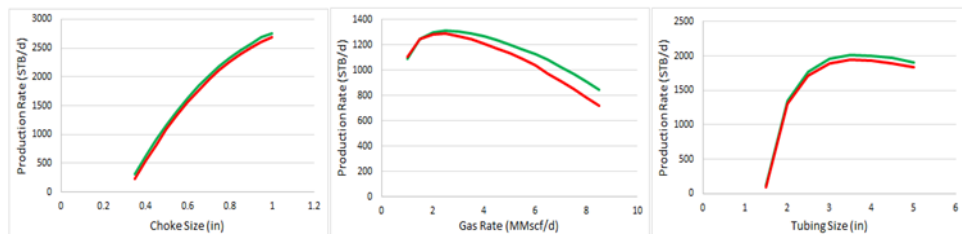
با توجه به اطلاعات موجود، مدل دو چاه در نرم‌افزار PIPESIM ساخته شد و پس از انجام تطبیق با داده‌های واقعی، به عنوان ورودی الگوریتم مورد استفاده قرار گرفت. شماتیکی از مدل چاه‌ها در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲. مدل و نمودارهای IPR و TPR دو چاه مورد مطالعه

### ۳-۴. بررسی حساسیت‌سنجی پارامترهای تأثیرگذار

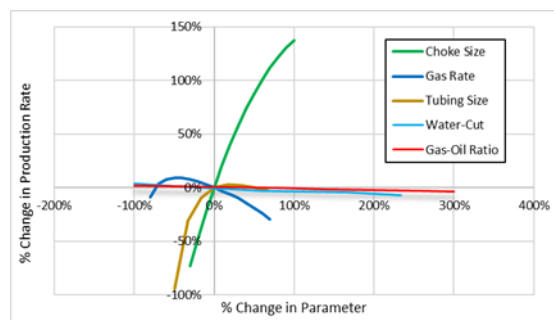
به طور کلی، قطر چوک و نرخ تزریق گاز بیشترین تأثیر را بر بهینه‌سازی فرآیند فراآوری با گاز در چاه دارند. برای اثبات این ادعا، تأثیر پارامترهای مورد استفاده در این مطالعه به صورت تکی (دو پارامتر دیگر ثابت فرض می‌شوند) بررسی شدند که نتایج آن در شکل ۳ ارائه گردیده است.



شکل ۳. تأثیر قطر چوک، نرخ تزریق گاز و قطر تیوبینگ بر نرخ تولید (نمودار سبز: چاه شماره ۱؛ نمودار قرمز: چاه شماره ۲)

پارامترهای ثابت در هر نمودار عبارتند از: نرخ تزریق ۳ میلیون فوت مکعب در روز، قطر چوک ۰/۵ اینچ، قطر تیوبینگ ۳ اینچ، برش آب ۳۰ درصد و نسبت گاز به نفت ۲۵۰ فوت مکعب در هر بشکه.

همچنین، جهت حساسیت‌سنجی پارامترها در این مطالعه، درصد تغییرات نرخ تولید برحسب درصد تغییرات نرخ تزریق گاز، قطر چوک، قطر تیوبینگ، برش آب و نسبت گاز به نفت در شکل ۴ رسم شده است. این شکل نشان می‌دهد که قطر چوک و نرخ تزریق گاز بیشترین اثر را بر نرخ تولیدی دارند.



شکل ۴. نمودار عنکبوتی درصد تغییرات نرخ تولید میدان برحسب درصد تغییرات پارامترهای تولیدی

### ۴-۴. بهینه‌سازی

پس از ساخت مدل چاه‌ها، نمودارهای  $IPR^1$  و  $TPR^2$  برای دو مدل ساخته شد و مطابق شکل ۲ هستند. با توجه به اینکه در شرایط عادی تلاقی بین نمودارها وجود ندارد، لذا هر دو چاه نیاز به فراآوری با گاز دارند.

جریان در چاه زمانی مجدداً برقرار خواهد شد که بتوان با تغییر پارامترهای مخزن و چاه، نقطه تلاقی دو نمودار  $IPR$  و  $TPR$  را به نرخ تولید قابل قبولی رساند. با توجه به اینکه تغییر خواص مخزنی و بهبود نمودار  $IPR$  نیازمند پروژه‌های ازدیاد برداشت طولانی مدت و

<sup>1</sup> Inflow Performance Relation

<sup>2</sup> Tubing Performance Relation

پرهزینه هست، لذا در این مطالعه بر روی تغییر پارامترهای تأثیرگذار بر نمودار TPR تمرکز شده و الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است.

برای هر چاه، ۳ پارامتر به عنوان ورودی الگوریتم ژنتیک انتخاب شده است که عبارتند از:

- نرخ تزریق گاز: با توجه به اینکه برای تزریق گاز دارای محدودیت هستیم، نرخ تزریق به گونه‌ای تنظیم شده است که مجموع تزریق در دو چاه معادل ۵ میلیون فوت مکعب در روز باشد.
  - قطر چوک: قطر چوک در الگوریتم به گونه‌ای تنظیم شده است که مقادیری بین ۰/۱ و ۰/۸ اینچ را داشته باشد.
  - قطر داخلی توپینگ: قطر توپینگ نیز به گونه‌ای تنظیم شده است که مقادیری بین ۱ تا ۴ اینچ را داشته باشد.
- با توجه به فرضیات فوق، الگوریتم ژنتیک با ۱۰ جمعیت در هر نسل ساخته شد. هر کروموزوم ۶ ورودی دارد که نرخ تزریق گاز، قطر چوک و قطر توپینگ برای هر چاه را شامل می‌شود. توابع هدف نیز نرخ تولید نفت در هر چاه هستند.

جدول ۲. ورودی و نتایج نسل اول الگوریتم ژنتیک

رتبه	تولید کل	چاه شماره ۲				چاه شماره ۱			
		نرخ تولید STB/d	نرخ تزریق گاز MMscf/d	سایز توپینگ in	سایز چوک in	نرخ تولید STB/d	نرخ تزریق گاز MMscf/d	سایز توپینگ in	سایز چوک In
۱	۳۴۹۱/۰۱۵	۱۴۰۱/۱۰۶	۱	۲/۰۹۱	۰/۸۷	۲۰۸۹/۹۰۹	۴/۰۰	۳	۰/۸۰
۲	۲۸۷۱/۴۸۸	۱۳۷۳	۲/۵	۲/۰۹۱	۰/۶۴	۱۴۹۸/۴۸۸	۲/۵۰	۲/۰۹۱	۰/۷۳
۳	۲۴۶۸/۵۶۴۳	۱۵۸۷/۳۹۶	۲	۳	۰/۵۸	۸۸۱/۱۶۸۳	۳/۰۰	۱/۵	۰/۶۷
۴	۲۱۹۱/۵۳۵۴	۱۳۱۲/۴۵۷	۱/۷۵	۲/۲۵۹	۰/۵۴	۸۷۹/۰۷۸۴	۳/۲۵	۱/۷۰۳	۰/۵۰
۵	۲۱۲۷/۰۸۲۵	۱۶۵۹/۷۲۲	۲/۳	۳	۰/۶۰	۴۶۷/۳۶۰۵	۲/۷۰	۱/۳۸	۰/۵۰
۶	۱۹۱۵/۲۳۹۵	۱۰۱۸/۵۱۸	۱/۵	۱/۷۰۳	۰/۵۶	۸۹۶/۷۲۱۵	۳/۵۰	۲/۲۵۹	۰/۴۳
۷	۱۸۸۰/۴۵۶۹	۶۶۷/۹۴۵۹	۲/۲	۱/۵	۰/۴۴	۱۲۱۲/۵۱۱	۲/۸۰	۱/۸۱۵	۰/۸۵
۸	۱۷۶۷/۵۹۶۹	۱۸۳/۴۰۹۹	۴	۲/۵۴۸	۰/۳۱	۱۵۸۴/۱۸۷	۱/۰۰	۲/۵۴۸	۰/۹۳
۹	۱۲۱۱/۰۹۱۸	۳۹۱/۰۴۷۲	۲	۱/۵	۰/۳۰	۸۲۰/۰۴۴۶	۳/۰۰	۱/۶۱	۰/۵۱
۱۰	۹۲۵/۹۲۲۱	۴۸۵/۰۴۸۴	۳	۳	۰/۳۴	۴۴۰/۸۷۳۷	۲/۰۰	۳	۰/۳۰

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، پس از مدلسازی و استخراج نتایج، اعضای جمعیت رتبه‌بندی شده و والدین برای نسل بعدی انتخاب می‌شوند. نسل جدید با استفاده از ترکیب و جهش ساخته شده و مجدداً مدلسازی صورت می‌گیرد. در هر نسل ۶ کروموزوم از طریق ترکیب (استفاده از رتبه‌های ۱ تا ۴ در نسل قبلی) و ۴ کروموزوم از طریق تابع تصادفی ساخته می‌شوند. همچنین بر روی ۳ کروموزوم به صورت تصادفی جهش صورت می‌گیرد.

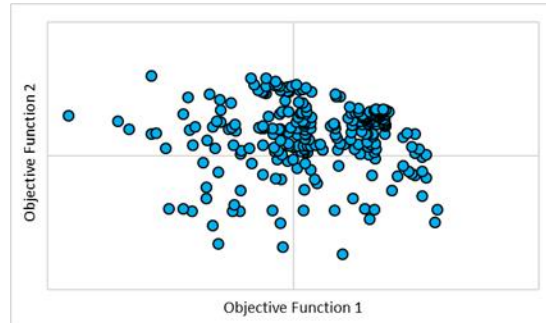
دو تابع هدف برای الگوریتم ژنتیک تعریف شده است که برابر با تابع نرمال نرخ تولید هر چاه می‌باشند. توابع هدف طبق رابطه زیر تعریف می‌شوند.

$$\text{Objective Function} = \frac{Q_p - Q_{p,\min}}{Q_{p,\max} - Q_{p,\min}} \quad (1)$$

در فرمول بالا،  $Q_p$ ،  $Q_{p,\min}$  و  $Q_{p,\max}$  به ترتیب نرخ تولید، کمترین و بیشترین نرخ تولید برای هر چاه هستند. انتظار داریم، نقطه بهینه جایی باشد که علاوه بر حداکثر بودن این توابع، تولید کل حاصل از این ۲ چاه بیشینه باشد.



پس از بررسی ۴۳ نسل، توابع هدف به نقطه بهینه رسیده و الگوریتم ژنتیک، علاوه بر در نظر گرفتن ورودی‌های تصادفی در فضای نمونه (با استفاده از تابع تصادفی<sup>۱</sup>)، قابلیت ساخت کروموزوم ایده‌آل را ندارد. جبهه پارتو<sup>۲</sup> مربوط به توابع هدف مطابق شکل ۵ می‌باشد.



شکل ۵. جبهه پارتو مربوط به توابع هدف

با توجه به نتایج نهایی الگوریتم ژنتیک، نقطه بهینه برای فرازآوری گاز در این میدان مطابق جدول ۳ به دست آمده است.

جدول ۳. نتایج نهایی حاصل از الگوریتم ژنتیک

پارامتر	چاه ۱	چاه ۲
قطر چوک (in)	۰/۸	۰/۸
قطر داخلی توبینگ (in)	۳/۱۴	۳/۰۶۸
نرخ تزریق گاز (MMscf/d)	۲/۷۸	۲/۲۲
نرخ تولید نفت (STB/d)	۲۵۶۴	۲۳۳۳
نرخ تولید کل (STB/d)	۴۸۹۷/۲۲	

## ۵. نتایج

نتایج این مطالعه به طور خلاصه به شرح زیر می‌باشد:

- در چاه‌هایی که فشار هیدرواستاتیک بالاست، فشار مخزن توانایی لازم برای تولید نفت را ندارد و نیاز هست که با تزریق گاز، فشار هیدرواستاتیک در چاه تولیدی کاهش یابد و شرایط برای جریان سیال به سطح فراهم شود.
- از بین پارامترهای بررسی شده، قطر چوک و نرخ گاز تزریقی بیشترین تأثیر را بر فرازآوری با گاز دارد.
- در شرایطی که در حجم گاز تزریقی برای فرازآوری با گاز محدودیت وجود دارد، اینکه به هر کدام از چاه‌ها چه نرخ تزریقی اختصاص داده شود باید بهینه‌سازی شود.

<sup>1</sup> Random

<sup>2</sup> Pareto front



- با افزایش قطر توبینگ، نرخ تولید افزایش می‌یابد. این روند نیز دارای نقطه بهینه بوده و افزایش بیش از حد قطر توبینگ، افت فشار را در چاه زیاد کرده و مجدداً تولید را کاهش می‌دهد.
- الگوریتم ژنتیک، با توجه به اینکه سعی می‌کند تمام فضای نمونه را جهت یافتن پاسخ بهینه جستجو کند، در مسائلی که چندین پارامتر برای بهینه‌سازی داریم، یکی از مناسب‌ترین روش‌ها است.

## منابع

- [1] Al-Fatlawi, O. F., Al-Jawad, M., Alwan, K. A., Essa, A. A., Sadeq, D., & Mousa, A. J. (2015, September). *Feasibility of Gas Lift to Increase Oil Production in an Iraqi Giant Oil Field*. In SPE North Africa Technical Conference and Exhibition. OnePetro.
- [2] Beggs, H. D. (2003). *Production Optimization Using Nodal (TM) Analysis*. OGCI.
- [3] Dzibur, L., & Langvik, A. S. (2012). *Optimization of Oil Production-Applied to the Marlim Field*. Retrieved from.
- [4] Rashid, K., Bailey, W., & Couët, B. (2012). *A survey of methods for gas-lift optimization*. Modelling and Simulation in Engineering, 2012.
- [5] Lu, Q., & Fleming, G. C. (2012). *Gas lift optimization using proxy functions in reservoir simulation*. SPE Reservoir Evaluation & Engineering, 15(01), 109-119.
- [6] Kanu, E. P., Mach, J., & Brown, K. E. (1981). *Economic approach to oil production and gas allocation in continuous gas lift* (includes associated papers 10858 and 10865). Journal of Petroleum Technology, 33(10), 1887-1892.
- [7] Fang, W. Y., & Lo, K. K. (1996). *A generalized well-management scheme for reservoir simulation*. SPE Reservoir Engineering, 11(02), 116-120.
- [8] Bergeron, T., Cooksey, A., & Reppel, J. S. (1999, March). *New automated continuous gas-lift control system improves operational efficiency*. In SPE Mid-Continent Operations Symposium. OnePetro.
- [9] Dutta-Roy, K., & Kattapuram, J. (1997, June). *A new approach to gas-lift allocation optimization*. In SPE western regional meeting. OnePetro.
- [10] Wang, P., & Litvak, M. (2008). *Gas lift optimization for long-term reservoir simulations*. SPE Reservoir Evaluation & Engineering, 11(01), 147-153.
- [11] Nadar, M. S., Schneider, T. S., Jackson, K. L., McKie, C. J., & Hamid, J. (2006, September). *Implementation of a total system production optimization model in a complex gas-lifted offshore operation*. In SPE Annual Technical Conference and Exhibition. OnePetro.
- [12] AlJuboori, M., Hossain, M., Al-Fatlawi, O., Kabir, A., & Radhi, A. (2020, January). *Numerical simulation of gas lift optimization using genetic algorithm for a Middle East oil field: feasibility study*. In International Petroleum Technology Conference. OnePetro.
- [13] Camponogara, E., & Nakashima, P. H. (2006). *Solving a gas-lift optimization problem by dynamic programming*. European journal of operational research, 174(2), 1220-1246.



- [14] Eberhart, R. C., & Kennedy, J. (1995). *A new optimizer using particle swarm theory*, paper presented at Sixth International Symposium on Micromachine and Human Science, Inst. of Electr. and Electron. Eng., Nagoya, Japan.
- [15] Buitrago, S., Rodriguez, E., & Espin, D. (1996, April). Global optimization techniques in gas allocation for continuous flow gas lift systems. In *SPE gas technology symposium*. OnePetro.
- [16] Brown, K. E. (1977). *Technology of artificial lift methods*. Volume 1. Inflow performance, multiphase flow in pipes, the flowing well.
- [17] Guo, B., Lyons, W. C., & Ghalambor, A. (2007). *Petroleum Production Engineering A Computer-Assisted Approach*, Gulf Professional Publishing.
- [18] Al-Khaldi, M. A., Ghoniem, E. S. O., & Jama, A. A. (2009, March). *Production Enhancement for Khaffi Field Using Advanced Optimization Techniques*. In *SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference*. OnePetro.
- [19] Ray, T., & Sarker, R. (2007). *Genetic algorithm for solving a gas lift optimization problem*. *Journal of petroleum science and engineering*, 59(1-2), 84-96.



## شمارش خودکار حشرات کامل کرم سیب *Cydia pomonella* L. در تله فرمونی با استفاده از یادگیری عمیق

اسماعیل آهنگری

گروه فنی و مهندسی / دانشکده برق و کامپیوتر / دانشگاه هرمزگان  
*Esmailhangari4@gmail.com*

### چکیده

نظارت بر حشرات آفت یک امر حیاتی در مدیریت آفات بر پایه‌ی سیستم‌های فرمون است. با توجه به اینکه سیب یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی کشور است، آگاهی از جمعیت آفات موجود در باغ‌های سیب از مهم‌ترین اقدامات بحث مدیریت این محصول می‌باشد. بدون شناخت گونه‌های حشرات و انبوهی آنها نمی‌توان تصمیم صحیحی درباره مدیریت آفات اتخاذ کرد. از طرف دیگر، شمارش این حشرات، از روی تصاویری که از تله‌های فرمونی بدست می‌آید به صورت دستی انجام می‌شود و این کار خیلی کند، گران و زمان‌بر است و نیازمند وجود متخصص خبره می‌باشد. در این تحقیق، روشی خودکار برای شمارش حشرات کامل کرم سیب ارائه خواهد شد. از آنجایی که در سال‌های اخیر، استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNN) در زمینه بینایی ماشین و پردازش تصویر، بالاترین دقت‌ها را در حل مسائل مختلف داشته است، روش پیشنهادی این پژوهش نیز، مبتنی بر شبکه‌های عصبی کانولوشن خواهد بود. شبکه‌های عصبی کانولوشن، یکی از محبوب‌ترین تکنیک‌های یادگیری عمیق در بحث بینایی ماشین هستند. این تکنیک، با بهره‌گیری از یادگیری سلسله‌مراتبی، می‌تواند به صورت خودکار، ویژگی‌های موجود در تصویر را استخراج کند. با استفاده از روش افزایش داده‌ها، ۳۴۰۳ تصویر از کرم سیب بدست آمد. از طریق الگوریتم YOLOv5s به مقدار mAP، ۹۳/۲۰ رسیدیم. نتیجه حاکی از دقت بسیار بالای سیستم طراحی شده در حشرات کامل این آفت بود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت آفت، تله فرمونی، شبکه‌ی عصبی کانولوشن، فرمون، کرم‌سیب

## ۱. مقدمه

سیب یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی کشور است. بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیرکشت این محصول در سال ۱۳۹۴ در کشور بالغ بر ۲۰۸ هزار هکتار بود، که میزان تولید سیب در همان سال بیش از ۳/۵ میلیون تن بود، که در مجموع بیش از ۱۸ درصد کل محصولات باغی کشور را شامل می‌شود [۱].

عوامل زنده متعددی اجزاء مختلف درخت و میوه این گیاه را تحت تاثیر قرار داده و به آن صدمه می‌زند [۲]. کرم سیب<sup>۱</sup> مخرب‌ترین و کلیدی‌ترین آفت باغ‌های سیب در سراسر جهان معرفی شده است. در تمام نقاط ایران که کشت درختان میوه سردسیری رواج دارد، این آفت نیز به عنوان یکی از رایج‌ترین حشره زیان‌آور درختان میوه سردسیری حضور دارد. در صورت کنترل نکردن این آفت، میزان خسارت آن به شدت بالا می‌رود، به طوری که ممکن است در برخی نقاط تا ۹۰ درصد یا به نقلی، نزدیک به ۱۰۰ درصد نیز برسد [۳].

یکی از روش‌های با اهمیت که در ردیابی جمعیت و مبارزه با آفات استفاده می‌شود کاربرد فرمون‌ها<sup>۲</sup> می‌باشد [۴]. در حال حاضر تله‌های فرمونی بخوبی جای خود را در مدیریت تلفیقی آفات<sup>۳</sup> باز کرده، و در بسیاری موارد توانسته‌اند میزان کاربرد سموم را با کاهش دفعات سمپاشی تا اندازه قابل توجهی کاهش دهند [۵]. از تله‌های فرمونی با هدف اصلی پایش تخصصی یک گونه آفت استفاده می‌شود و به دلیل ماهیت اختصاصی گونه‌ای آن نقش بسیار موثری در پایش و در مواردی شکار انبوه و کاهش جمعیت آفت دارد.

نظارت و پایش جمعیت آفات یک جزء مهم در سیستم‌های کنترلی آفات بر پایه فرمون است. در نظارت آفات بر پایه تله، تصاویر دیجیتالی تهیه شده و یا با شمارش مستقیم از روی تله توسط کارشناسان حفظ نباتات وضعیت جمعیت به صورت روزانه پایش می‌شود. تغییرات جمعیت در زمان به صورت نموداری ثبت شده و پیک فعالیت آفات مشخص می‌شود. در تله‌های فرمونی پیک شکار حشرات نشان دهنده اوج فعالیت جفت‌یابی بوده و با استفاده از آن می‌توان اوج فعالیت تخم‌ریزی و بهترین زمان مبارزه با آفت را مشخص کرد. این امر در کاهش تعداد دفعات سمپاشی، حمایت از دشمنان طبیعی، رسیدن به موثرترین کنترل ممکن بر اساس سطح زیان اقتصادی موثر خواهد بود. آگاهی از وضعیت جمعیت حشرات و نوسانات فصلی و دوره‌ای آن در راستای استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک نیز تاثیر بسزایی دارد. با توجه به تعداد زیاد تله‌ها و موقعیت جغرافیایی تله‌های نصب شده که معمولاً باید سطح منطقه مورد بررسی را پوشش دهد، شمارش مستقیم توسط کارشناس در محل نصب تله با توجه به زمانگیر بودن و عدم دقت کافی می‌تواند منجر به خطاهای آماری گردد [۶-۱۲].

هدف این تحقیق این است که از تکنیک‌های جدید یادگیری عمیق برای شمارش آفات استفاده شود. برای رسیدن به یک سیستم کاملاً خودکار و نظارت بر جمعیت و یا تراکم آفات در زمان واقعی و کاهش نیاز به نیروی انسانی محقق گردد. از طرف دیگر، شمارش این حشرات، از تصاویری که از تله‌های فرمونی گرفته می‌شود به صورت دستی انجام می‌شود و این کار خیلی کند، گران و زمان‌بر است و نیازمند وجود متخصص خبره می‌باشد.

الگوریتم‌های تشخیص اشیاء نه تنها تصاویر را طبقه‌بندی می‌کنند، بلکه نمونه‌هایی از کلاس‌های شیء از پیش تعریف شده را نیز در داخل تصاویر قرار می‌دهند. مدل‌های تشخیص شیء مختصات جعبه‌های محدودکننده<sup>۴</sup> حاوی اشیاء را به همراه احتمال اینکه هر جعبه متعلق به چه کلاسی است را، تولید می‌کنند [۱۳].

در [۱۴] از روش یولو<sup>۵</sup> برای تشخیص و شمارش حشرات درشت و همچنین از روش SVM برای طبقه‌بندی و شمارش حشرات ریز با استفاده از ویژگی‌های عمومی استفاده شده است. شش گونه از حشرات پرنده برای ارزیابی اثربخشی سیستم انتخاب شده است. در مقایسه با روش‌های مرسوم، نتایج آزمون عملکرد امیدوارکننده‌ای را نشان می‌دهد و میانگین دقت شمارش ۹۲/۵۰ بدست آمده است.

در [۱۵] روشی خودکار برای شناسایی حشرات تکی و چندتایی از تصاویر تله ارائه شده است. این روش با استفاده از یک تخمین کانتور که نسبت به تغییرات روشنایی مقاوم است، حشرات را با جزئیاتش به طور دقیق تشخیص می‌دهد. همچنین می‌تواند انواع مختلفی از نوپ‌ها را از تصاویر تله از بین ببرد، زیرا بر اساس گزاره‌ای از خوشه سازگار K-means کار می‌کند. این روش در مقایسه با روش‌های دیگر می‌تواند حشرات را با دقت بالاتری تشخیص دهد.

<sup>1</sup> *Cydia pomonella*

<sup>2</sup> Pheromones

<sup>3</sup> Integrated Pest Management

<sup>4</sup> Bounding Box

<sup>5</sup> You Only Look Once

در [۱۶] هفت روش تشخیص دهنده‌ی شیء برای ایجاد مدل‌های تشخیصی، برای سه گونه پروانه جمع‌آوری شده از تله فرمون استفاده شده است. سرعت و دقت این هفت روش با یکدیگر مقایسه شد و روش Faster R-CNN ResNet 101 بالاترین دقت را نسبت به بقیه مدل‌ها با مقدار mAP، ۹۰/۲۵ بدست آورد.

## ۲. شرح کار و نتایج

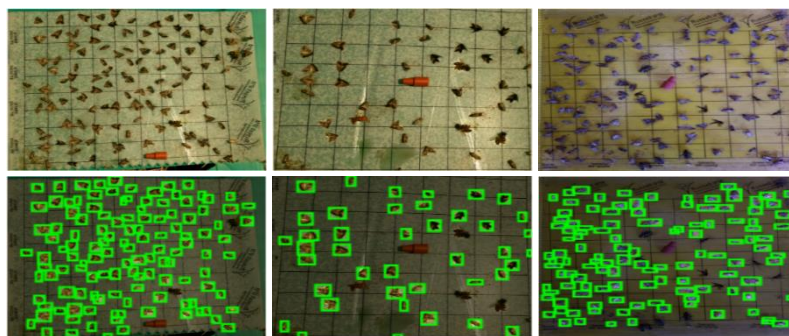
در این بخش در مورد مجموعه‌ی داده‌ها، روش پیشنهادی و معماری آن توضیحاتی داده شده است. همچنین نتایج و آزمایشات تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است و معیارهای ارزیابی بر روی نمودار نمایش داده شده است و روش پیشنهادی با دیگر روش‌ها مقایسه گردیده است.

### ۱-۲. مجموعه داده‌ها

ما در این بخش به چگونگی جمع‌آوری داده‌ها و ساخت مجموعه داده‌ها بر روی تصاویر می‌پردازیم.

#### ۱-۱-۲. جمع‌آوری داده‌ها

تصاویر رنگی حشرات کامل کرم سیب، از تله‌های فرمونی که در نقاط مختلف باغات سیب نصب شده بود، جمع‌آوری شد. تله شامل یک جلب‌کننده و چسب است. فرمون‌ها آفت را به خود جذب می‌کنند و به سطح چسبناک تله می‌چسبند. تصاویر دیجیتالی با فرمت JPEG و با رزولوشن‌های مختلف ذخیره شدند. کرم‌های سیب کامل با استفاده از سایت [www.makesense.ai](http://www.makesense.ai) به صورت دستی لیبل گذاری شدند و با فرمت YOLO و با پسوند txt. ذخیره شدند. در شکل ۱ نمونه‌هایی از تصاویر اصلی و لیبل گذاری شده را مشاهده می‌نمایید.



شکل ۱. تصاویر اصلی و لیبل گذاری شده کرم سیب

#### ۲-۱-۲. دیتاست ساخته شده

آموزش پارامترهای متعدد شبکه‌های عصبی عمیق به مقدار زیاد و متنوع از داده‌ها نیاز دارد. به همین دلیل، از روش‌های افزایش داده برای افزایش مقدار داده‌ها و مقاوم بودن در برابر داده‌های تست استفاده کردیم و با استفاده از این تکنیک تعداد داده‌ها را افزایش دادیم.

تصاویر افزایش داده شده به شکل تصادفی به سه بخش داده‌های آموزش، اعتبارسنجی و تست تقسیم بندی شدند، که داده‌های آموزش تقریباً ۷۰ درصد، اعتبارسنجی ۲۰ درصد و تست ۱۰ درصد را تشکیل داده‌اند که آمار تعداد کل مجموعه‌ی داده‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. مجموعه‌ی داده‌های افزایش داده شده‌ی حشرات کامل کرم سیب

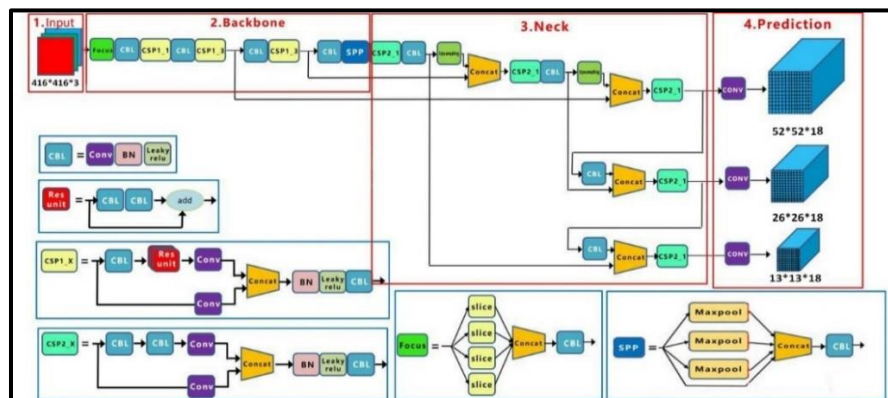
تعداد کل تصویر	مجموعه‌ی داده‌ها
۳۴۰۳	کل
۲۴۰۳	آموزش
۷۰۱	اعتبارسنجی
۲۹۹	تست

تصاویری که از تله‌های فرمونی گرفته شد هر کدام دارای اندازه‌های مختلفی هستند و تمام تصاویر مجموعه‌ی داده‌ها به اندازه  $416 \times 416$  تغییر پیدا کرد.

## ۲-۲. معرفی روش پیشنهادی

به طور خلاصه، مدل YOLO یک مدل تشخیص شیء با سرعت است که نسبت به اندازه آن عملکرد خوبی دارد و به‌طور پیوسته در حال بهبود می‌باشد. نسخه YOLOv5 توسط گلن جوچر [۱۷] از Ultralytics LLC منتشر شده است. گلن جوچر به دلیل ایجاد PyTorch در اجرای YOLOv3 مشهور است. از معماری YOLOv5 برای استخراج شیء از تصویر در این تحقیق استفاده شده است. همچنین این الگوریتم به چهار نسخه تقسیم می‌شود که این چهار نسخه شامل YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5x و YOLOv5l است. معماری ما دارای ۲۸۳ لایه است و همچنین در Upsample از روش Nearest استفاده شده است، معماری کلی این روش در تصویر ۲ آمده است.

از آنجایی که YOLOv5 بیشتر پیشرفت‌های عملکردی خود را از رویه‌های آموزش PyTorch به دلیل سادگی کار با آن استخراج می‌کند، ولی معماری آن نزدیک به معماری YOLOv4 است، یعنی همانند نسخه‌ی قبلی از سه بخش Backbone, Neck و Head تشکیل شده است و با عمیق‌تر کردن شبکه در YOLOv5، شبکه‌ی CSPNet بهبود پیدا کرد.



شکل ۲. معماری کلی YOLOv5s

<sup>1</sup> <https://www.ultralytics.com>

خروجی شبکه با استفاده از فرمول ۱ بدست آمده است.

$$O = S \times S \times B \times (5 + C) \quad (1)$$

به طوری که  $S \times S$  تعداد سطرها و ستون‌های سلول‌بندی شده بر روی هر عکس است،  $B$  حداکثر تعداد Bounding Box‌های پیش‌بینی شده برای هر سلول و  $C$  تعداد کلاس‌ها می‌باشد.

فرآیند آموزش شبکه‌ی YOLOv5s بدین شکل است که بعد از گذشت از قسمت Backbone و Neck شبکه، مقادیر هر Bounding Box بدست می‌آید و مقادیر خطای آن محاسبه می‌شود و این شبکه در یک فرآیند رفت و برگشتی ادامه پیدا می‌کند و وزن‌های شبکه بروز رسانی می‌شوند تا زمانی که مقدار خطا به حداقل برسد.

## ۲-۳. نتایج

کد مورد نظر بر روی سرویس ابری گوگل کولب بر روی کتابخانه‌ی Pytorch نوشته و اجرا شده است و با GPU رایگان Tesla T4 و حافظه‌ی ۱۶GB که گوگل در اختیار محققین قرار می‌دهد کدمان را اجرا کردیم و مدل ما با استفاده از YOLOv5s آموزش داده شد. ابر پارامترها در یادگیری ماشین جنبه‌های مختلف آموزش را کنترل می‌کنند و پیدا کردن مقادیر بهینه برای آنها می‌تواند یک چالش باشد، از ۲۵ ابر پارامتر برای آموزش استفاده شده است و نرخ یادگیری استفاده شده برای این آموزش در ابتدا ۰/۰۱ تنظیم شده است. برای آشکارسازی و تشخیص حشرات کامل کرم سیب از معیارهای مختلفی استفاده کرده‌ایم. برای دسته‌بندی داده‌ها و تشخیص داده‌های درست و نادرست چهار معیار FN، TN، FP، TP استفاده شده است که در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. معیارهای FN، FP، TN، TP

		برچسب پیش‌بینی شده	
		مثبت	منفی
برچسب شناخته شده	مثبت	TP	FN
	منفی	FP	TN

با استفاده از این چهار تعریف معیارهای دیگر برای تشخیص شیء تعریف می‌شود، که در فرمول ۲، ۳ و ۴ آمده است.

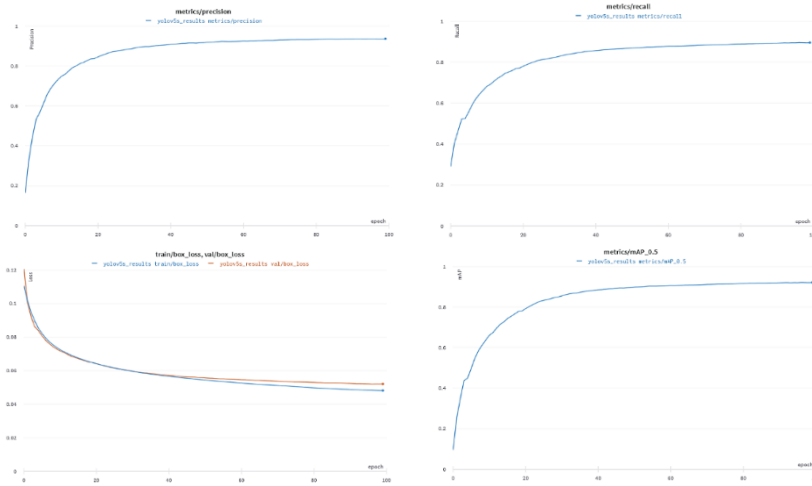
$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$mAP = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N AP_i \quad (4)$$

مدل YOLOv5s را با epoch=۱۰۰ آموزش دادیم و به نتایج پایین دست پیدا کردیم و مدت زمان اجرا به مدت ۱ ساعت و ۱۰ دقیقه به طول انجامید.

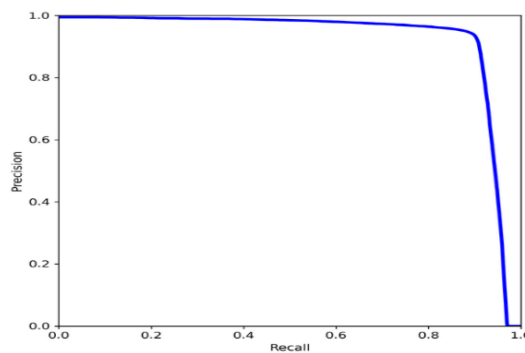




شکل ۳. نمودار بر حسب تعداد epoch و معیارهای ارزیابی و خطای CIOW

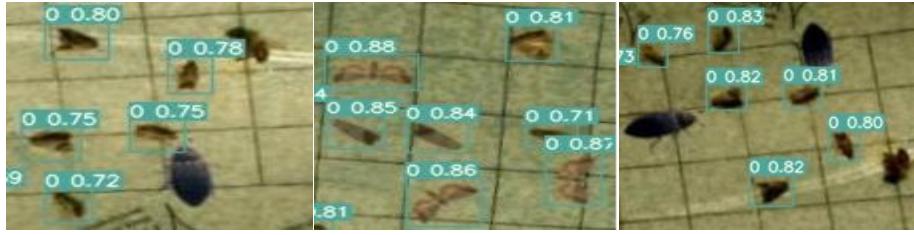
در شکل ۳ آموزش شبکه بر اساس معیارهای مختلف به تعداد epochها را نشان دادیم. بر اساس این نمودار هر چقدر که تعداد epochها افزایش پیدا کرد نسبت تعداد TPها به تعداد حشرات کامل کرم سیب تشخیص داده شده افزایش پیدا کرد و همچنین پیش‌بینی درست حشرات کامل کرم سیب به نسبت همه‌ی حشرات کامل کرم سیب موجود در تصویر افزایش پیدا کرد. میزان خطای CIOW [۱۸] برای مجموعه داده‌های train و Validation را با یکدیگر مقایسه کردیم. بر اساس این نمودار میزان خطای آموزش و اعتبارسنجی تقریباً به صورت برابر، روند نزولی را طی کردند که می‌توانیم دریابیم مدل ما مدلی خوبی است و دارای تناسب مناسبی است و تعمیم‌پذیری خوبی دارد. همچنین آموزش شبکه بر اساس میزان mAP@0.5 را بدست آوردیم. یکی از معیارهایی که برای آشکارسازی چندین شیء در تصویر استفاده می‌شود mean Average Precision می‌باشد. این معیار برابر مقدار AP تقسیم بر تعداد کل کلاس‌ها است. به دلیل اینکه در این تحقیق فقط قصد تشخیص یک شیء را داریم بنابراین فقط یک کلاس داریم لذا مقدار mAP همان برابر AP می‌شود. بر اساس این نمودار هر چقدر تعداد epochها افزایش داده شد، میزان دقت افزایش پیدا کرد که به میزان دقت ۹۳/۲۰ دست پیدا کردیم.

در شکل ۴ منحنی Precision-Recall بدست آورده شد. هر چقدر منحنی به سمت نقطه‌ی (۱،۱) کشیده شود نتیجه‌ی خوب حاصل می‌شود که منحنی بدست آمده تقریباً نزدیک به این مقدار است و زیر منحنی نشان‌دهنده‌ی میزان mAP است که مقدار ۹۳/۲۰ را بدست آوردیم.



شکل ۴. منحنی Precision-Recall

در نهایت برای تشخیص تصاویر حشرات کامل کرم سیب از  $\text{Confidence Score Threshold} = 0.4$  و  $\text{IoU Threshold} = 0.45$  استفاده کردیم. میزان زمان کلی برای تشخیص داده‌های تست ۶/۲۳۸ ثانیه بدست آمد که با  $\text{FPS} = 140$  این کار انجام شد، که کمترین زمان برای پردازش هر عکس ۹ میلی‌ثانیه و بیشترین مقدار آن ۱۱ میلی‌ثانیه بدست آمد. برخی از نمونه تصاویری که به خوبی تشخیص داده شدند را در شکل ۵ مشاهده می‌نمایید.



(الف) حشرات کوچک (ب) حشرات با بال‌های باز شده (ج) حشرات با تیرگی بالا



(د) حشرات با درخشندگی بالا (ه) حشرات با همپوشانی بالا



(و) حشرات با تعداد بالا

شکل ۵. تصاویر تشخیص داده شده حشرات کامل کرم سیب

در شکل ۶ مقایسه‌ای که دارای تشخیص خوبی نبودند را مشاهده می‌نمایید. در قسمت (الف) حشره‌ای که له شده بود تشخیص داده نشد و در قسمت (ب) حشره به اشتباه به عنوان حشره‌ی کامل کرم سیب تشخیص داده شد.



(الف) حشرات له شده (FN) (ب) False Positive

شکل ۶. تشخیص حشرات کامل کرم سیب به صورت نادرست

## ۲-۴. مقایسه با روش‌های دیگر

در این بخش ما چهار روش YOLOv3 [۱۹]، Scaled-YOLOv4، YOLOv5l، YOLOv5m و YOLOv3 را با روش استفاده شده در این تحقیق مقایسه کردیم و مجموعه‌ی داده‌هایمان را با استفاده از این چهار روش آموزش دادیم که به نتایج جدول ۳ دست پیدا کردیم. با توجه به اینکه مجموعه داده‌ای که در تحقیقات گذشته استفاده شده است با مجموعه داده‌های ما متفاوت بود قابل مقایسه نبود. چون بر روی کلاس‌های مختلفی این کار انجام شده یا اینکه مجموعه داده‌ها در محیط آزمایشگاهی تهیه شده بودند.

جدول ۳. مقایسه‌ی روش YOLOv5s با روش‌های آموزش داده شده

Model	Inference Time (s)	Precision	Recall	Image Size	mAP	Model Size
YOLOv5m	0.012	0.95	0.92	416×416	93.60	40MB
YOLOv5l	0.014	0.96	0.93	416×416	94.39	90MB
Scaled-YOLOv4-CSP	0.017	0.83	0.92	416×416	91.40	202MB
YOLOv3-SPP	0.025	0.94	0.49	416×416	86.20	120MB
<b>Our system (YOLOv5s)</b>	<b>0.009</b>	<b>0.94</b>	0.91	416×416	<b>93.20</b>	<b>15MB</b>

با مقایسه‌ی روش‌های YOLOv5l و YOLOv5m، YOLOv5s می‌بینیم که هر چقدر مدل عمیق‌تر می‌شود و تعداد لایه‌ها افزایش پیدا می‌کند مقادیر mAP، Recall و Precision افزایش پیدا می‌کند و همچنین با افزایش این مقادیر اندازه‌ی مدل هم افزایش پیدا می‌کند و زمان آموزش و Inference Time هم به همان نسبت افزایش پیدا می‌کند. همچنین مدل Scaled-YOLOv4 دارای Precision و Recall مناسبی است. مدل YOLOv3 دارای Precision خوبی است ولی Recall آن خیلی مناسب نیست و همچنین مدت زمان زیادی نیاز است تا آموزش از طریق YOLOv3 انجام شود.

با مقایسه‌ی این روش‌ها می‌بینیم که مدل ما دارای mAP مناسبی است و تعمیم‌پذیری بالایی دارد و همچنین مدت زمان اجرای این مدل و اندازه‌ی مدل نسبت به بقیه‌ی روش‌ها بسیار پایین‌تر است و دارای Inference Time کمتری نسبت به بقیه‌ی روش‌ها است و همچنین دارای Precision و Recall خوبی است. این مدل در شرایط مختلف نوری و زاویه‌ای از تصویربرداری، تقریباً می‌تواند دقت بالایی را به ما بدهد. در نتیجه مدل YOLOv5s می‌تواند مدل خوبی برای تشخیص حشرات کامل کرم سیب به دلیل سرعت بالای آن در نظر گرفته شود.

## ۳. نتیجه‌گیری

تشخیص شیء یکی از روش‌های کاربردی یادگیری عمیق است که با استفاده از آن می‌توان مکان شیء مورد نظر را در تصویر پیدا کرد. بعد از آن روشی را که در این تحقیق استفاده کردیم را مورد بحث و بررسی قرار دادیم که روش مورد استفاده ما در این تحقیق YOLOv5s است، که یکی از روش‌های تشخیص شیء است که بسیار سرعت بالایی دارد. با استفاده از فرمون‌ها و تله‌های فرمونی، تصاویری از کرم سیب را که به تله افتادند را تهیه کردیم و یک مجموعه داده‌ی ۳۴۰۳ تایی از تصاویر کرم سیب را با استفاده از افزایش بدست آوردیم. همچنین نتایج را بر اساس معیارهای مختلف محاسبه کردیم و نتایج و آزمایشات مختلف را مطرح کردیم. همان طور که آزمایشات ما نشان می‌دهد، الگوریتم YOLOv5s تقریباً نسبت به روش‌های دیگر نتیجه‌ی خوبی را به ما داده است و توانستیم مقدار mAP، ۹۳/۲۰ را بدست آوریم و همچنین نتیجه گرفتیم که سرعت این مدل در برابر مدل‌های دیگر خیلی بهتر است و می‌توانیم در مدت زمان کمی آموزش خود را انجام دهیم. بنابراین نتیجه می‌گیریم که الگوریتم‌های یادگیری عمیق و روش‌های CNN دارای سرعت و دقت بالایی هستند.



## منابع

- [1] بی نام، ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۴، جلد سوم: محصولات باغبانی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. ۲۴۰ صفحه.
- [2] کمالی، هاشم و همکاران، ۲۰۱۶. مهار آفت کرم سیب (*Cydia pomonella* (Lep.: Tortricidae) (L.) با استفاده از روش اخلاص در جفت گیری با فرمون‌های مصنوعی در استان خراسان رضوی. مطالعات حفاظت گیاهان ۳۰(۴): ۶۴۶-۶۵۳.
- [3] رنجبراقدم، حسین و عطاران، محمدرضا، ۲۰۱۴. کنترل بیولوژیک کرم سیب با استفاده از زنبور پارازیتوئید *Trichogramma embryophagum* بر مبنای مدل پیش‌آگاهی ساعت - درجه. کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی ۳(۲): ۸۷-۹۶.
- [4] ورشوی، فهیمه و همکاران، ۱۳۹۲. شناسایی فرمون شب پره کرم گلوگاه انار با استفاده از روش SPME در ایران، دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم، همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا.
- [5] عطاپور، مریم، ۱۳۹۲. استفاده از فرمون حشرات در مدیریت تلفیقی آفات و فواید زیست محیطی آن، اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست.
- [6] علی سراج، ۱۳۸۷. اصول کنترل آفات گیاهی (مدیریت مبارزه با آفات). انتشارات دانشگاه شهید چمران. ۵۴۰ صفحه.
- [7] محمد خانجانی و جعفر خلقالی، ۱۳۸۷. اصول کنترل آفات (حشرات و کنه‌ها). وزارت جهاد کشاورزی، سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی. ۳۶۰ صفحه.
- [8] مرتضی اسماعیلی، ۱۳۹۰. آفات مهم درختان میوه. مرکز نشر سپهر. ۸۷۸ صفحه.
- [9] Hossein Ranjbar Aghdam, 2015. Are pheromone traps applicable to forecast an insect pest phenology? A case study on codling moth. J. Crop Prot. 2015, 4 (1):121-130.
- [10] Siti Nurulhidayah Ahmad\* and Norman Kamarudin, 2011. Pheromone Trapping in Controlling Key Insect Pests: Progress and Prospects. Oil Palm Bulletin 62: 12 – 24.
- [11] Saljoqi HZA-U-R., 2015. Field study of pheromone trap catches of codling moth *Cydia pomonella* (L)(Lepidoptera; Tortricidae) in relation to weather parameters at Madyan Swat Pakistan.
- [12] Ding, W. and G. Taylor, 2016. "Automatic moth detection from trap images for pest management." Computers and Electronics in Agriculture 123: 17-28.
- [13] Norouzzadeh, M. S., et al. 2019. A deep active learning system for species identification and counting in camera trap images. arXiv preprint arXiv:1910.09716.
- [14] Zhong, Y., et al. 2018. A vision-based counting and recognition system for flying insects in intelligent agriculture. Sensors, 18(5), 1489.
- [15] Bakkay, M. C., et al. 2017. Automatic detection of individual and touching moths from trap images by combining contour-based and region-based segmentation. IET Computer Vision, 12(2), 138-145.
- [16] Hong, S. J., et al. 2020. Moth Detection from Pheromone Trap Images Using Deep Learning Object Detectors. Agriculture, 10(5), 170.
- [17] Jocher, G., et al. 2020. "ultralytics/yolov5: v3. 0," Aug.
- [18] Zheng, Z., Wang, P., Liu, W., Li, J., Ye, R., & Ren, D. 2020. Distance-IoU loss: Faster and better learning for bounding box regression. In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence (Vol. 34, No. 07, 12993-13000).
- [19] Wang, C. Y., et al. 2020. Scaled-YOLOv4: Scaling Cross Stage Partial Network. arXiv preprint arXiv:2011.08036.



# آنالیز تکنیک‌ها و فرایندهای رایج در کنترل وضعیت سیستم‌های ماهورهای

مرید عیسوند نظری

کارشناسی ارشد رشته برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دورود

Email: M.isvand90@gmail.com

## چکیده

با گسترش و توسعه علوم و فناوری‌های فضایی، مقوله‌ی ماهواره دارای اهمیت تاکتیکی و استراتژیکی روزافزون می‌گردد. یک ماهواره، جهت دستیابی به مأموریت تعریف‌شده، دارای زیرسیستم‌های گوناگون نظیر زیرسیستم کنترل وضعیت است که وظیفه‌ی جهت‌دهی و نیل به پایداری و دستیابی به شرایط و عملکرد مطلوب ماهواره را برعهده دارد. در واقع، سیستم کنترل وضعیت ماهواره به کمک عملگرها و قوانین کنترل، جهت ماهواره را کنترل و آنرا پایداری نماید. در بررسی کنترل وضعیت، نیاز به شناخت دینامیک ماهواره، امری ضروری اجتناب ناپذیرمی‌باشد. این پژوهش در تلاش است تا به بررسی و تحلیل ساختار و عملکرد مقوله‌های کنترل، (عملگرها و...) موثر در وضعیت ماهواره و نقد آنها بپردازد. در این راستا به منظور کاهش مصرف سوخت ماهواره انتخاب چیدمانی از تراسترها که ضمن برآوردن تمامی نیازهای سیستم کنترلی و به حداقل رساندن مصرف سوخت تراسترها در مدت زمان روشن بودن موتور، امری ضروری است. در این نوشتار، پس از مدل‌سازی دینامیکی ماهواره در فضا و نیز به کمک قوانین مختلف کنترلی، شبیه‌سازی کنترل ماهواره صورت گرفته است. همچنین کنترل به کمک تراسترها، به دلیل برخی ویژگی‌های ذاتی تراسترها\_ نظیر وجود کم‌ترین طول ضربه‌ی تراسترها، وجود تأخیر ذاتی در زمان روشن و خاموش شدن، توانایی تولید نیرو فقط در یک راستا و عدم قطعیت در نیروی تراست نامی\_ با کنترل خطی متفاوت است. سرانجام، ضمن معرفی الزامات چیدمان‌های قابل قبول، طی شبیه‌سازی رایانه‌ای، مصرف سوخت چند چیدمان متفاوت محاسبه‌شده تا امکان مقایسه‌ی چیدمان‌های پیشنهادی فراهم شود. نتایج این تحقیق در تعیین چیدمان بهینه‌ی یک ماهواره قابل استفاده است.

**کلمات کلیدی :** ساختار ماهواره‌ها، تکنیک‌های کنترل وضعیت ماهواره، تراسترها، شبیه‌سازی، عملگرهای ماهواره

## ۱. مقدمه

کنترل وضعیت، فرآیند دستیابی و تداوم یک جهت‌گیری در فضا است. مانور وضعیت فرایند، تغییر از یک وضعیت به وضعیت دیگری است. پایدارسازی وضعیت، فرایند باقی ماندن در وضعیت فعلی نسبت به برخی چارچوب‌های نسبی است. یک ماهواره ممکن است هر یک از این فرایندها را در مدهای کاری مختلف با دقت از پیش تعیین شده انجام دهد. با توجه به دینامیک غیرخطی ماهواره، به‌علاوه نامعینی‌ها در پارامترها و اغتشاشات، مسئله‌ی کنترل وضعیت ماهواره، تبدیل به یک موضوع جذاب و چالش‌برانگیز شده است. سیستم کنترل وضعیت به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که جوابگوی نیازمندی‌های مأموریتی ماهواره باشد و بتواند علی‌رغم محدودیت‌های موجود، انجام وظیفه نماید. سنسورهای مربوطه، خطای وضعیت ماهواره را به سیستم پردازشگر مرکزی ماهواره، انتقال می‌دهند. پردازشگر مرکزی، پس از اجرای الگوریتم کنترلی و تولید قانون کنترلی لازمه، سیگنال‌هایی را به عملگرها ارسال می‌کند. عملگرها، گشتاورهای موردنیاز برای کنترل وضعیت ماهواره را تولید می‌نمایند. این عملگرها معمولاً چرخ‌های عکس‌العملی، گشتاور دهنده‌های مغناطیسی، ژاپروهای کنترل ممان و یا تراسترها هستند.

## چستی ماهواره

واژه‌ی انگلیسی Satellite از کلمه‌ی لاتین Satelles به معنی همراه، دنباله‌رو یا محافظ شخصی گرفته شده است. ماهواره، محفظه‌ای فلزی به شکل کره، استوانه، مخروط، مکعب و ... است. پوشش فلزی ماهواره‌ها باید بسیار مقاوم باشد، زیرا این وسیله، نوسانات حرارتی و مکانیکی شدیدی را باید تحمل کند. اگر ماهواره در سایه‌ی زمین قرار گیرد، چنان سرد می‌شود که قطعاتش به صدا درمی‌آیند و برعکس، در برابر خورشید، بدنه‌ی فلزی آن به شدت گرم می‌شود؛ بنابراین، همیشه این خطر وجود دارد که ابزارهای موجود در ماهواره، بیش از حد گرم یا چنان سرد شوند که از کار بیفتند. چون در فضا، هوا وجود ندارد، تنظیم دما به شیوه‌ی تبادل حرارتی با محیط ممکن نیست، اما به شیوه‌ی تابشی می‌توان مقدار دما را تغییر داد. به همین دلیل، ماهواره‌ها را با موادی می‌پوشانند که عایق حرارتی باشند و پرتوهای رسیده را منعکس کنند. [1] هر چه ارتفاع مدار حرکت ماهواره از زمین بیشتر باشد، ماهواره تا مدت طولانی‌تری در مدار باقی می‌ماند اما عوامل گوناگونی سبب می‌شوند که ماهواره به تدریج متوقف شود و سرانجام، بر اثر عبور از لایه‌های ضخیم تر جو و اصطکاک با آن‌ها، کاملاً بسوزد و از بین برود. برای آنکه بتوان ماهواره را در مدار ثابتی نگه داشت و در صورت لزوم، محل آن را تغییر داد، تجهیزات ویژه‌ی اصلاح جهت و مکان‌یابی ماهواره‌ها ساخته و لحاظ شده است. به‌علاوه، در ماهواره‌های جدید، یک دستگاه تأمین‌کننده‌ی انرژی وجود دارد که به وسیله‌ی یک فرستنده‌ی رادیویی از روی زمین کنترل می‌شود و همیشه فعال است. بخش اعظم این دستگاه از باتری‌ها و مولدهای خورشیدی تشکیل شده است که انرژی لازم را از نور خورشیدی می‌گیرند. سلول‌های خورشیدی روی بال‌هایی قرار می‌گیرند که در طرفین ماهواره نصب شده‌اند. به این بال‌ها، پنل‌های خورشیدی می‌گویند. هر چه این پنل‌ها بزرگ‌تر باشند، انرژی الکتریکی بیشتری فراهم می‌شود. برای بعضی از مأموریت‌های درازمدت که محل انجام آن‌ها از زمین بسیار دور است، باتری‌های کوچک اتمی نیز در نظر گرفته می‌شود. سرعت حرکت ماهواره‌ها به فاصله‌ی آن‌ها از زمین بستگی دارد. هر چه ارتفاع مداری که ماهواره بر آن حرکت می‌کند بیشتر باشد، سرعت آن نیز بیشتر است. سریع‌ترین ماهواره تقریباً هر ۹۰ دقیقه یک‌بار زمین را دور می‌زند. سرعت این ماهواره حدود ۷/۹ کیلومتر بر ثانیه است. این نمونه‌ی فوق‌العاده، روی مداری در ارتفاع حدود ۳۶۰۰۰ کیلومتری و بر فراز استوا حرکت می‌کند. ما به ماهواره‌هایی نیز نیاز داریم که هر ۲۴ ساعت یک‌بار زمین را دور بزنند؛ یعنی همان زمانی که زمین نیز یک‌بار به دور خود می‌گردد. کسی که از زمین به آسمان نگاه می‌کند، این‌گونه ماهواره‌ها را همیشه در جای ثابتی می‌بیند. [1]

## کنترل وضعیت ماهواره

طبق تعریف، وضعیت ماهواره اشاره به جهت‌گیری زاویه‌ی محور مختصات بدنی ماهواره نسبت به یک دستگاه خارجی تعریف شده دارد. دستگاه مختصات مرجع می‌تواند اینرسی یا غیر اینرسی باشد. از جمله دستگاه‌های مرجع اینرسی می‌توان به دستگاهی که مبدأ آن مرکز

زمین<sup>۱</sup> (GIS) بوده و در زمین ثابت می‌باشد، اشاره کرد. در چنین سیستمی از سرعت زاویه‌ای زمین حول خورشید صرف نظر می‌شود. سیستمی که مبدأ آن خورشید<sup>۲</sup> (HIS) است نیز از دستگاه‌های اینرسی به شمار می‌رود. از جمله دستگاه‌های غیر اینرسی می‌توان به دستگاه عمود محلی، افق محلی (LVLH) که برای تعریف زاویه‌ی مسیر پرواز به کار می‌رود، اشاره کرد. تعیین وضعیت ماهواره اشاره به فرایند اندازه‌گیری جهت ماهواره دارد. همچنین کنترل وضعیت ماهواره نیز فرایند بازگشت ماهواره به یک جهت مطلوب می‌باشد. به‌طور کلی کنترل وضعیت ماهواره می‌تواند تک‌محوره، دو محوره، سه محوره و مدل خود ماهواره نیز صلب یا الاستیک باشد. بسته به مدل ماهواره و تعداد محورهایی که کنترل وضعیت در آن صورت می‌گیرد، روش‌های مختلفی برای کنترل انتخاب می‌شود. زیرسیستم ADCS، وضعیت ماهواره را حس کرده و فرامین کنترلی را به منظور حفظ جهت مطلوب به عملگرهای کنترلی صادر می‌کند. برای تغییر وضعیت ماهواره با توجه به مقدار تغییر و نوع آن، می‌توان از عملگرهای متفاوتی استفاده کرد. این عملگرها با به‌کارگیری اصل عمل و عکس‌العمل (قانون دوم نیوتن) قادرند در فضا بدون تکیه بر هیچ تکیه‌گاهی، به ماهواره در جهت لازم نیرو وارد کنند. یکی از مهم‌ترین این عملگرها، تراسترها می‌باشند که در آن‌ها با خروج گاز از یک نازل، مومنتوم لازم برای دوران ماهواره تأمین می‌شود. در اغلب ماهواره‌ها از تراسترها به‌عنوان عملگر استفاده می‌شود. این تراسترها به‌مجرد دریافت سیگنال فرمان از کنترل‌گر، گشتاوری در جهت مطلوب تولید می‌کنند؛ این کار با خروج جرم با سرعت بالا از میان نازل صورت می‌پذیرد. ماهیت این قبیل تراسترها خاموش/ روشن است؛ ولی سیگنال گشتاور مطلوب تولیدی یک سیگنال پیوسته است؛ بنابراین ضروری است که این سیگنال به یک سیگنال خاموش/ روشن تبدیل شود. تراسترها به علت توان تولیدی نیروی بیشتر نسبت به ابزارهای کنترلی دیگر، اطمینان بالا در کارکرد و عمر زیاد، همواره مورد توجه بوده‌اند. تراسترها می‌توانند حول یک محور گشتاورهای مثبت یا منفی تولید کرده و ماهواره را جهت رسیدن به زاویه و سرعت زاویه‌ای مطلوب کنترل کنند [2].

. از آنجایی که در چرخه‌ی حیات یک ماهواره، سوخت و در نتیجه هزینه یک عامل تعیین‌کننده می‌باشد، اکثر روش‌های کنترل وضعیت، مصرف سوخت را به‌عنوان یک فاکتور مهم در نحوه‌ی کنترل به شمار می‌آورند. مقدار سوخت به علت محدودیت‌های موجود در وزن سیستم و بروز مشکلات تلاطم و همچنین عامل ایمنی در ماهواره، فاکتور مهمی در طراحی ماهواره محسوب می‌شود. [2]

### عوامل برهم زدن تعادل ماهواره

در مدار ماهواره‌های نزدیک سطح زمین نیروهای جاذبه‌ای زمین تأثیر دارند. از جمله اثر ضرایب ژئوپتانسیلی زمین، جزرومد جسم زمین و اقیانوس‌ها، پتانسیل تغییر شکل زمین در اثر دوران، اثر جاذبه سایر سیاره‌ها و نسبیت عام را می‌توان نام برد. در مورد نیروهای غیر جاذبه‌ای می‌توان اصطکاک هوا، تاثیر تابش خورشید، تاثیر انعکاس‌های زمینی و اثرات گرمایی را ذکر کرد. از این دسته نیروهای غیر جاذبه‌ای می‌توان اصطکاک هوا را از همه مؤثرتر دانست. اثرات غیر جاذبه‌ای را می‌توان جزو پیچیده‌ترین نیروها تلقی کرد چراکه میزان اثرات کاملاً وابسته به خصوصیات فیزیکی خود ماهواره است و مدل‌سازی آن‌ها در هر ماهواره متفاوت است.

### نیروهای اغتشاشی (Perturbing Forces)

نیروهای مغشوش‌کننده‌ی مسیر حرکت ماهواره از مدار کپلری همگی نیروهای غیر مرکزی‌اند. این نیروها یا دارای منشأ جاذبی و یا غیر جاذبه‌ای هستند. نیروهای دارای غیر جاذبه‌ای عبارتند از: نیروهای حاصل از ضرایب هارمونیک ژئوپتانسیلی درجه ۲ (بیضویت زمین)، ضرایب ژئوپتانسیلی با درجه بالاتر از ۲،

(Body Tide) پتانسیل کشندی جسم زمین، کشندی اقیانوسی، پتانسیل ناشی از تغییر شکل دورانی زمین (Rotational Deformation) و نسبیت عام (Relativity General). از نیروهای دارای منشأ غیر جاذبه‌ای می‌توان به اصطکاک جو (Air Drag)، اثر تابشی خورشید (Solar Radiation Pressur)، اثر بازتاب نسبی (آلبدو) زمین و همچنین اثر حرارتی (Thermal Effect).

<sup>1</sup> Geocentric Inertial System

<sup>2</sup> Heliocentric Inertial System

## اثر جاذبه‌ی سیارات

سیارات موجود در اطراف زمین به دلیل وارد ساختن جاذبه، ماهواره رابه سمت خود می‌کشند رابطه‌ی (۲-۱) میزان تغییر شتاب ناشی از این اثر را نشان می‌دهد. [3]

### نسبیت عام

از آنجاکه ماهواره‌های مورد نظر نزدیک سطح زمین اند بنابراین نسبیت عام روی آن‌ها مؤثر است. رابطه‌ی (۲-۲) تغییر شتاب ماهواره را در ارتباط با نسبیت عام بیان می‌کند. [3]

$$\vec{a}_{rel} = \frac{GM_e}{c^2 r^3} \{ [(2\beta + 2\gamma) \frac{GM_e}{r} - \gamma(\vec{r} \cdot \dot{\vec{r}})] + (2 + 2r)(\vec{r} \cdot \dot{\vec{r}})\dot{\vec{r}} \} \quad (2-2)$$

در این رابطه  $C$  سرعت نور،  $\dot{\vec{r}}$  بردارهای موقعیت و سرعت ماهواره،  $GM_e$  حاصل ضرب ثابت جاذبه در جرم زمین و  $\beta, \gamma$  ضرایب میدان‌اند. مطابق نظریه‌ی نسبیت، جاذبه‌ی زمین در صفحه فضا-زمان ایجاد فرورفتگی می‌کند که انحنا‌ی این فرورفتگی فضا-زمان در قسمت‌های نزدیک جسم جاذب یا زمین بیشتر است این فرورفتگی باعث می‌شود که راستای انتشار نیرو در دستگاه فضا-زمان، کاملاً مستقیم نباشد، بلکه مسیر منحنی شکل را طی می‌کند.

### تجزیه و تحلیل سیستم کنترل وضعیت ماهواره

وضعیت یک ماهواره به معنای جهت آن در فضا می‌باشد. بررسی وضعیت یک ماهواره می‌تواند شامل نحوه‌ی تعیین وضعیت، کنترل وضعیت و پیش‌بینی حرکت بعدی آن باشد. به‌طور کلی حرکت یک ماهواره‌ی صلب توسط موقعیت، سرعت، وضعیت و حرکت وضعی آن تعریف می‌شود. موقعیت و سرعت دو کمیت مربوط به حرکت مرکز جرم ماهواره است که توسط مکانیزم مداری تعریف می‌شوند. وضعیت و حرکت وضعی دو کمیت مربوط به حرکت چرخشی بدنه ماهواره حول مرکز جرم خود می‌باشد. به‌طور کلی تحلیل وضعیت را می‌توان به سه موضوع تعیین، پیش‌بینی و کنترل وضعیت تقسیم نمود. تعیین وضعیت عبارت از محاسبه جهت ماهواره در فضا نسبت به یک مرجع و یا برخی از اجرام مانند زمین می‌باشد. در این پروسه به‌کارگیری چند نوع حس گر بر روی ماهواره و همچنین استفاده از روش‌های مختلف پردازش داده‌ها، اجتناب‌ناپذیر است. پیش‌بینی وضعیت عبارت از برآورد جهت ماهواره در آینده با استفاده از مدل‌های دینامیکی و اطلاعات موجود وضعیت در گذشته می‌باشد کنترل وضعیت، به مفهوم جهت‌دهی ماهواره به یک جهت مشخص و از پیش تعیین‌شده است. کنترل وضعیت شامل دو موضوع پایدارسازی وضعیت (پروسه نگهداشت جهت موجود) و کنترل مانور وضعیت است. به‌طور کلی هر ماهواره‌ای که در فضا قرار می‌گیرد نیاز به کنترل وضعیت و پایدارکننده دارد تا بتواند مفید فایده بوده و استفاده از آن بهینه گردد. وضعیت دلخواه توسط چرخ‌های مومنتوم، گشتاورهای مغناطیسی، رانشگرها و غیره تولید می‌شود. حرکت وضعیت یک ماهواره اغلب بر اساس سیستم مختصات سه محوری پیچ، یاو، رل توصیف می‌شود. [5]

## معرفی اجمالی بلوک‌های دیاگرام سیستم کنترل وضعیت

### الف- دینامیک وضعیت ماهواره

جهت طراحی یک سیستم کنترل و بررسی پایداری آن سیستم، محاسبه مدل ریاضی سیستم می‌تواند یک گام اولیه باشد؛ زیرا این مدل توصیف‌کننده حرکت بدنه ماهواره در اثر اعمال گشتاورهای کنترل و گشتاورهای اختلال می‌باشد. علاوه بر این، بررسی حرکت چرخش بدنه ماهواره حول مرکز آن نیز با وجود این مدل میسر می‌گردد. دینامیک وضعیت یک ماهواره به‌طور اولیه بر اساس معادله‌های دینامیکی پیکره



طلب نباشده است؛ اما در ادامه بایستی این معادله‌ها را برای ماهواره‌های انعطاف‌پذیر که نیازمند دقت بالا در وضعیت هستند، تصمیم داده و اصلاح نمود. در این راستا در این بخش، یک ماهواره‌ی ساده که فقط تحت تأثیر نیروی جاذبه زمین قرار داشته باشد مدنظر قرار می‌گیرد، جهت استخراج معادلات حرکت مربوط به این ماهواره، ابتدا برخی از قوانین فیزیکی به صورت مقدماتی مطرح می‌شود. سپس تعدادی مفاهیم پایه‌ای مانند ممان اینرسی، اندازه حرکت و انرژی بیان شده و سرانجام با استفاده از این مقدمات، معادلات حرکت استخراج می‌گردد. [4] قوانین و اصول فیزیکی: ۱ = قوانین نیوتن: نیوتن دارای سه قانون مکانیکی و یک قانون در مورد جاذبه است. این قوانین ذیلاً خاطر نشان می‌شوند.

الف: اگر بر جسمی نیرو وارد نشود، آن هم به حالت سکون یا حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت خود ادامه می‌دهد.

$$\vec{F} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) \quad (2-6) \quad \text{ب: نرخ تغییرات اندازه حرکت خطی یک جسم برابر نیروی اعمال شده به آن جسم می‌باشد به عبارت دیگر:}$$

که  $m$  جرم جسم و  $\vec{v}$  بردار سرعت است. اگر جرم ثابت باشد، در این صورت، به صورت رابطه‌ی (۷-۲) می‌شود. [4]

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} \quad (7-2)$$

ج: شتاب‌ها فقط می‌توانند به صورت زوج ظاهر شوند. به این ترتیب اگر شیبی به همان شتاب وارد کند، بایستی با شتابی در خلاف جهت در ارتباط باشد، به عبارت دیگر، اگر نیروی  $\vec{F}$  از ذره ۲ به ذره ۱ وجود داشته باشد، آنگاه بایستی نیروی دوم  $\vec{F}_{21}$  از ذره ۱ به ذره ۲ وجود داشته باشد که از لحاظ اندازه با هم مساوی و مختلف‌الجهت می‌باشند.

قانون جاذبه نئون: هر دو ذره‌ای همدیگر را با نیرویی با اندازه رابطه (۸-۲) جذب می‌کنند.

که  $m_2, m_1$  جرم ذرات،  $r$  فاصله بین آن‌ها و  $G$  ثابت جهانی جاذبه و برابر  $6/6695 \times 10^{11} \frac{m^3}{kgs^2}$  است. [4] (۸-۲)

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

۲= قوانین کپلر: کپلر مجموعه‌ای از قوانین تجربی را فراهم نمود که حرکت سیارات را توصیف می‌نماید. این قوانین بر اساس مشاهدات تیکوبراهه استخراج گردیده و عبارت‌اند از:

الف: مدار هر سیاره یک بیضی است که خورشید در یکی از کانون‌های آن واقع است.

ب: بردار شعاعی و اصل بین خورشید و سیاره در هر بازه زمانی، مساحتی مساوی را جارو می‌کند.

ج: پریود حرکت سیارات متناسب به  $a^{\frac{3}{2}}$  است که  $a$  میانگین فاصله تا خورشید است.

۳= کار و انرژی: کار یک کمیت اسکالر است و به صورت یک انتگرال خطی در طول مسیر بین موقعیت‌های  $r_1, r_2$  به صورت رابطه‌ی (۹-۲) تعریف می‌شود: [4]

$$w_{1,2} = \int_{r_1}^{r_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (9-2)$$

توجه شود  $\vec{F}$  نیرویی است که به ذره  $m$  اعمال می‌گردد.

با به‌کارگیری قانون نیوتن و توجه به اینکه  $d\vec{r} = \vec{v} dt$  است، می‌توان نوشت

$$w_{12} = \int_{t_1}^{t_2} m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} dt = \frac{1}{2} \int_{t_1}^{t_2} m_1 \frac{d}{dt} \vec{v} \cdot \vec{v} dt \quad (10-2)$$

$$= \frac{1}{2} \int_{t_1}^{t_2} m \cdot \frac{d}{dt} v^2 dt = \frac{1}{2} m v^2 \Big|_{v_1}^{v_2}$$

به‌این ترتیب کار انجام‌شده بر روی ذره  $m$  دقیقاً برابر تغییر انرژی جنبشی است، به عبارت دیگر  $w_{12} = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$  اگر انتگرال

$\vec{F} \cdot d\vec{r}$  روی یک مسیر بسته برابر صفر گردد، به  $\vec{F}$  کنسرواتيو گفته می‌شود.

اکنون مفهوم انرژی پتانسیل  $V$  می‌تواند به صورت کار انجام‌شده به وسیله یک نیروی کنسرواتيو در رفتن از نقطه  $\vec{r}_1$  به نقطه مرجع،

$V$  به صورت رابطه‌ی (۱۱-۲) مطرح گردد:

$$V(\vec{r}_1) = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_0} \vec{F} \cdot d\vec{r} + V(\vec{r}_0) \quad (11-2)$$

چون نقطه‌ی مرجع دلخواه است بنابراین  $V(\vec{r}_0) = 0$  برابر صفر انتخاب می‌شود. یک پتانسیل اسکالر می‌تواند به هر نقطه از فضا مربوط گردد.

اگر نیروهای عمل‌کننده، کنسرواتيو باشند. در نتیجه کار انجام‌شده از  $\vec{r}_1$  به  $\vec{r}_2$  می‌تواند بر حسب ترم‌های پتانسیل به صورت رابطه‌ی (۱۲-۱) بیان گردد: [4]

$$w_{12} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_0} \vec{F} \cdot d\vec{r} + \int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} = V(\vec{r}_1) - V(\vec{r}_2) \quad (12-2)$$

تلویحاً می‌توان نوشت:

$$\vec{F} \cdot d\vec{r} = -dv \quad \text{یا} \quad \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} = -\int_{v_1}^{v_2} dv \quad (13-2)$$

خاصیت دیگر یک نیروی کنسرواتيو این است که انرژی کل ثابت، تضمین شده است. این موضوع به صورت رابطه (۱۴-۲) قابل نمایش است. [4]

$$\int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} = T_2 - T_1 = -(V_2 - V_1) \quad (14-2)$$

یا  $T_2 + V_2 = T_1 + V_1$

که  $T_i, V_i$  به ترتیب انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل نقطه  $i$  می‌باشند.

## ب- حسگر کنترل وضعیت

اطلاعات لازم در خصوص وضعیت ماهواره توسط حسگرها فراهم می‌گردد. خروجی‌های این بلوک جهت تعیین گشتاورهای کنترلی لازم، توسط قوانین و استراتژی کنترل به کار گرفته می‌شود.

**حسگرهای اندازه‌گیری On-board وضعیت:** وضعیت یک ماهواره توسط حسگرها در ماهواره اندازه‌گیری شده و از محرک هاجهت اصلاح وضعیت به‌نحوی که ماهواره به عقب کشانده شده و یا جهت آن، به سمت دلخواه تغییر پیدا می‌کند، استفاده می‌شود.

**حسگر آنالوگ خورشیدی:** حسگرهای آنالوگ اغلب آشکارساز کسینوسی نامیده می‌شوند زیرا که انواع معمول آن‌ها بر پایه تغییرات سینوسی جریان خروجی از یک سلول سیلیکونی خورشیدی با زاویه‌ی خورشید بناشده‌اند.

**حسگرهای یک محوره:** یک سلول خورشیدی منفرد، به‌تنهایی زیاد مفید نمی‌باشد زیرا که زاویه‌ی برخورد پرتوهای خورشید را بدون مشخص کردن جهت‌های آن‌ها اندازه می‌گیرد.

**حسگرهای دو محوره:** برای تعیین سه جزء بردار خورشید در یک جسم، فقط دو زاویه باید اندازه‌گیری شود و از این‌رو دو محور برای حسگرهای خورشیدی لازم است. حسگر دوم با زاویه ۹۰ درجه نسبت به اولی قرار می‌گیرد.

**حسگر دیجیتال خورشیدی:** حسگرهای آنالوگ به‌طور عمومی به علت ارتباط ساده و اسباب‌جانی کمشان مورد استفاده قرار می‌گیرند. هنوز هم این حسگرها رفتار محدودی دارند و بخصوص برای انحراف‌های زیاد مسیر خورشید از محور اپتیکی حسگر خورشیدی از دقت کافی برخوردار نیستند. در یک چنین حالتی فقط به‌وسیله حسگرهای دیجیتالی خورشید که از دقت در حد ۰.۰۱۷ درجه در یک میدان دید بزرگ برخوردارند می‌توان مشکل را حل نمود.

**حسگرهای زمین:** حسگرهای زمین جهت نظاره دقیق به اطراف زمین بوده و برای اندازه‌گیری زوایای چرخش جهت تعریف وضعیت ماهواره نسبت به زمین می‌باشد. [5]

### ژایروی کنترل ممان تک جیمبال<sup>۱</sup>

به دلیل خاصیت‌های برتر مانند دامنه گشتاور بالا، ذخیره مومنتوم و هزینه کمتر، ژایروهای کنترل ممان به‌منظور تحقق مانورهای سریع استفاده می‌شوند. موارد کاربردهای علمی و فنی ذیل نیازمند مانورهای سریع و بسیار سریع ماهواره هستند.

۱. اهداف نقطه‌ای که ماهواره نیاز دارد تا روی یک هدف ایستا قفل کند و تصاویر پایدار فراهم کند. نمونه‌ای از این موارد مشاهده ستاره‌ها هستند.

۲. ردیابی هدف که ماهواره نیاز دارد یک هدف متحرک را دنبال کند. نمونه‌ای از این موارد ردیابی شهاب‌سنگ‌ها و مشاهده تخلیه الکتریکی بالای اتمسفر هستند.

این نوع از عملگرها، کمترین پیچیدگی مکانیکی نسبت به سایر عملگرها دارند. این عملگرها از یک محور تک جیمبال برای تولید گشتاور ژيروسکوپی با استفاده از چرخش رو تور چرخان حول محور جیمبال بهره می‌برند. حداقل سه SGCMGs برای به دست آوردن کنترل وضعیت سه محوره با این عملگرها مورد نیاز است. با این حال یک سیستم کنترل وضعیت با استفاده از SGCMGs نیازمند ۴ عدد از این عملگرها برای دوری از عملکرد غیرکاراست که با عنوان تکینگی داخلی شناخته می‌شود. از دلایل انتخاب ژایروی کنترل ممان تک جیمبال نسبت به سایر عملگرهای گشتاور ساز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

<sup>1</sup> Single Gimbal Control Moment Gyro (SGCMG)

(۱) قابلیت تولید گشتاور و مومنتوم زاویه‌ای بیشتر که منجر به یک پایداری زیاد پلنفرم می‌شود (۲) مصرف توان، جرم و ابعاد مناسب با توجه به میزان گشتاور تولیدی (۳) ساختار مکانیکی ساده و (۴) امکان ایجاد نرخ‌های چرخش بالاتر برای ماهواره و ردیابی دقیق‌تر [6].

### د- گشتاورهای اختلال

پایدارسازی سه محوره: گشتاورهای کنترل در امتداد محورهای پایداری سه محوره به وسیله ترکیب‌های مختلفی از چرخ‌های مومنتوم، چرخ‌های واکنشی و رانشگرها ایجاد می‌شوند. عموماً دو نوع سیستم پایداری سه محوره وجود دارد:

۱- سیستم بایاس شده مومنتوم با چرخ مومنتوم در امتداد محور پیچ

۲- سیستم مومنتوم صفر با چرخ‌های واکنشی در امتداد هر محور

**سیستم کنترل WHECON (Wheel Control):** در این روش کنترل گشتاور بکار برده شده در جهت محور رل به وسیله جت‌های کنترل می‌باشد که متناسب با خطای رل،  $\phi$  و تغییرات خطای رول،  $\dot{\phi}$  می‌باشد، به جت‌های کنترلی فقط فرمان خاموش Off و با روشن ON داده می‌شود بنابراین به یک مدولاتور برای تبدیل سیگنال کنترلی به سیگنال on/off برای کنترل جت‌ها نیاز می‌باشد. روش عملی بکار بردن یک مدولاتور شبه مشتق گیر می‌باشد. یک اشمیت‌تریگر با هیستریزس و یک قطاری از پالس‌ها را که میانگین آن‌ها متناسب با خطا و مشتق خطا می‌باشد تولید می‌کند.

**گشتاور دهنده مغناطیسی:** گشتاور کنترل برای محورهای رل — یاو نیز می‌توانند به وسیله میدان مغناطیسی زمین فراهم شود؛ مانند یک سیستم که شامل یک سیم‌پیچ (های) ساده می‌باشد که یک دوقطبی مغناطیسی را در اثر عبور جریان در مدارش تولید می‌کند. دوقطبی مغناطیسی  $\vec{M}$  متناسب با آمپر دور، مساحت بسته‌شده به وسیله سیم‌پیچ است و جهت آن عمود بر صفحه سیم‌پیچ می‌باشد. [4]

گشتاور  $T_c$  که به فضاپیما اعمال می‌شود عبارت است از:

$$\vec{T}_c = \vec{M} \times \vec{B} \quad (17-2)$$

### کنترل وضعیت و تغییر مدار

#### کنترل وضعیت تک‌محوره

برای چرخش ماهواره حول هر محوری، باید گشتاوری به ماهواره اعمال شود. معادله‌ی حرکت دورانی تک‌محوره‌ی ماهواره، به صورت معادله (۲-۱۸) است. سیگنال  $e(t)$  در شکل (۲-۲) سیگنال خطا است که به شکل رابطه (۲-۱۸) نوشته می‌شود. [2] کنترل‌گرهای غیرخطی با توجه به علامت این خطا اقدام به صدور فرامین روشن/خاموش به عملگر می‌کند. انواع کنترل‌گر عبارتند از: کنترل‌گرهای بنگ بنگ، بنگ با ناحیه مرده، اشمیت‌تریگر و مدولاتور PWPF. این کنترل‌گرها همه ماهیت غیرخطی دارند و دستور خاموش/روشن را به تراستر صادر می‌کنند. نمودار این کنترل‌گرها را می‌توان در شکل (۲-۲) مشاهده کرد. در ادامه به معرفی این کنترل‌گرها پرداخته می‌شود.

#### روش‌های کنترل توسط تراستر

سه نوع اصلی از کنترل‌گر بنگ بنگ وجود دارد. کنترل‌گر بنگ بنگ ساده، کنترل‌گر بنگ بنگ ساده با ناحیه مرده و کنترل‌گر بنگ بنگ زمان بهینه. کنترل‌گر اشمیت‌تریگر و مدولاتور PWPF دو رویکرد دیگر برای کنترل وضعیت ماهواره با تراستر بشمار می‌آیند. [2]

### کنترل گر بنگ بنگ ساده

این نوع کنترل گر، ساده‌ترین نوع سیستم کنترل بنگ بنگ است (شکل ۳-۲). این کنترل گر تنها از یک سویچ خاموش / روشن تشکیل شده است. این کنترل گر یک جفت جت گازی است که یکی کاملاً باز و دیگری کاملاً بسته می‌باشد و لذا تولید دو مود عملکردی از گشتاور ثابت مثبت (مود P) و گشتاور ثابت منفی (مود N) می‌کند. بیان ریاضی این کنترل گر به صورت رابطه (۱۹-۲) است: [2]

U بزرگی سیگنال روشن تراستر،  $u(t)$  سیگنال خروجی کنترل گر بنگ بنگ و  $i(t)$  سیگنال مرجع است. این کنترل گر به شدت تحت تأثیر نویز قرار می‌گیرد و به خاطر مصرف مداوم سوخت، از نظر سوخت خیلی ناکارآمد می‌باشد. رفتار صفحه فازی برای این کنترل گر به صورت شکل (۳-۲) می‌باشد. خطی که علامت گشتاور را تغییر می‌دهد خط سویچ نامیده می‌شود. هنگامی که مقدار خطابه صفر نزدیک می‌شود، تقابل بین دو حالت گشتاور مثبت و منفی باعث پرش‌های سریع و ناخواسته‌ای می‌شود که از لحاظ سازه‌ای و مصرف سوخت، اثر سوئی بر سیستم برجای می‌گذارد. [7]

### نتیجه گیری

به منظور بررسی نتایج حاصله و انتخاب چیدمان بهینه، نخست باید توجه کنید که چون پارامتر مقدار مصرف سوخت تا رسیدن به ۲ درجه به شدت تحت تأثیر شرایط گذاری اولیه است، و چون در نهایت ماهواره مدت بسیار بیشتری در حالت پایا قرار خواهد گرفت (نسبت به حالت گذرا)، بنابراین بهتر است به جای سنجش مقدار مصرف سوخت تا رسیدن به ۲ درجه پارامتر نرخ مصرف سوخت پایا برای بهینه‌سازی مصرف سوخت ملاک ارزشیابی قرار گیرد. همچنین پارامتر زمان رسیدن مقدار خطابه ۲ درجه در عموم چیدمان‌ها (به جز چیدمان نوع ۲) تقریباً برابر است و در تحلیل برای یافتن چیدمان بهینه پارامتر چندان مهمی نیست. در مورد پارامتر زمان رسیدن به حالت پایدار که معیاری از سرعت چیدمان در رفع شرایط گذاری اولیه است باید به این نکته توجه کرد که هر چند این پارامتر پراهمیت است. باید همواره در کنار پارامتر خطای ماندگار لحاظ شود؛ چراکه اگر چیدمانی در پاسخ گذرای خود سریع باشد، ولی خطای ماندگار زیادی داشته باشد چیدمان مناسبی نخواهد بود. مثلاً در چیدمان نوع ۱۲ مقدار خطای ماندگار زیاد است و بنابراین، طبیعی است که رسیدن پاسخ زمانی به محدوده‌ی خطای ماندگار و نوسان در آن محدوده به زمان زیادی نیاز ندارد و در نتیجه زمان رسیدن به خطای ماندگار در آن بسیار کم است؛ اما با توجه به مباحث ذکر شده نباید این چیدمان را جزو چیدمان‌های مطلوب لحاظ کرد. اگر گشتاور اغتشاشی موازی محور X باشد چیدمان‌هایی که در آن کنترل حول محور X توسط یک تراستر مستقل صورت می‌گیرد (نسبت به چیدمان‌های مشابهی که در آن تراستری که کنترل در راستای X را انجام می‌دهد وظایف دیگری نیز دارد) نرخ مصرف سوخت و مصرف سوخت کم‌تری دارند. مثلاً در چیدمان نوع ۱، تراسترهای ۵ و ۶ تنها موظف به کنترل در راستای X هستند، اما در چیدمان نوع ۲ گشتاور اعمالی آن‌ها در راستای محور Z نیز خواهد بود. همین‌طور چیدمان ۳ در برابر ۴ دارای این مزیت نسبی است. این امر در راستای محور Y نیز برای حالت گشتاور اغتشاشی در راستای Y صادق است. با توجه به این نکته در چیدمان‌های ۶ تایی در صفحه‌ای که دو تراستر واقع شده است، نباید دو تراستر در گوشه‌ها و به صورت قطری قرار گرفته باشند (چراکه مصرف سوخت را به شدت بالا می‌برد)، بلکه باید در وسط اضلاع واقع شده باشند.



## منابع

- [۱] شمسی لاهیجانی، «کنترل وضعیت ماهواره با استفاده از تراستر گاز سرد (مدولاتور PWPF) و کنترل بهینه وضعیت با کنترلر LQR» پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۰.
- [2] خلیلی ن، «آنالیز حساسیت کنترل وضعیت سه محوره یک ماهواره صلب با اعمال دینامیک تراستر»، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۹۴.
- [۳] باقری ج، «مجموعه سخنرانی‌ها در دانشگاه‌های مختلف»، ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۶.
- [۴] بلندی ح، همکاران، مقدمه‌ای بر اصول طراحی ماهواره، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، شرکت صنایع الکترونیک ایران، ۱۳۷۸.
- [5]Grewal MS, Andrews AP, Bartone CG. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. John Wiley & Sons; 2020 Jan 22.
- [6]Grewal MS, Andrews AP, Bartone CG. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. John Wiley & Sons; 2020 Jan 22.
- [7]Xie J, Wang H, Li P, Meng Y. Satellite navigation systems and technologies. Singapore: Springer; 2021.

## افشای طبیعت دوگانه شبکه‌های نرم‌افزاری تعریف‌شده (SDN) : یک بررسی دقیق از چالش‌ها و مزایا برای تکامل و تداخل در اینترنت اشیا

امید نوری، ریحانه شیخ ربیعی

### چکیده :

این مقاله یک بررسی جامع از مزایا و چالش‌های مرتبط با شبکه‌های تعریف شده با نرم افزار (SDN) را در محیط‌های شبکه مدرن بعمل می‌آورد. مزایای اصلی شبکه‌های تعریف شده با نرم افزار شامل: کنترل مرکزی و برنامه‌پذیری، انعطاف‌پذیری و قابلیت تطبیق، مدیریت بهینه شبکه، بهبود عملکرد شبکه، مقیاس‌پذیری، صرفه‌جویی در هزینه، استانداردهای باز و تداخل‌پذیری، اتوماسیون شبکه، سازگاری با مجازی‌سازی و رایانش ابری، و امنیت بالاتر می‌باشد. این مزایا به جذابیت SDN در کاربرد‌های مختلف شبکه از جمله مراکز داده، شبکه‌های شرکتی، و شبکه‌های ارائه‌دهنده خدمات کمک می‌کنند. این مقاله همچنین به بررسی چالش‌هایی که SDN مانند مسائل امنیتی مرتبط با آسیب‌پذیری کنترل‌کننده‌های SDN، مشکلات مقیاس‌پذیری در شبکه‌های بزرگ و پیچیده، نگرانی‌ها در خصوص قابلیت اعتماد و در دسترس بودن، چالش‌های تعامل‌پذیری ناشی از عدم وجود پروتکل‌های استاندارد، پیچیدگی مهاجرت از شبکه‌های سنتی به SDN، مشکلات نگهداری کیفیت خدمات (QoS)، عدم وجود استانداردهای صنعتی، مسائل مالی و بازگشت سرمایه (ROI)، کمبود مهارت‌ها در فناوری‌های SDN، و چالش‌های رفع مطابقت با مقررات، می‌پردازد. برطرف کردن این چالش‌ها نیازمند تحقیقات مداوم، همکاری صنعتی و توسعه دستورالعمل‌های استاندارد است تا کارایی SDN بهبود یابد. نتایج ارائه‌شده در این مقاله کمک می‌کند تا مخاطب به درک جامعی از مزایا و چالش‌های SDN آگاه شود و به متخصصان شبکه، پژوهشگران و سازمان‌ها در اتخاذ تصمیمات آگاهانه در مورد انتخاب و پیاده‌سازی SDN کمک کند.

واژه‌های کلیدی : Software-Defined Networking (SDN), Advantages and Challenges, Centralized Control, Scalability Issues, Industry Standards

## ۱ مقدمه

در فناوری‌های شبکه، شبکه‌های تعریف‌شده با نرم‌افزار (SDN) به عنوان یک الگوی تحول‌آفرین ظاهر شده‌اند و انقلابی در راهی برای مدیریت، پیکربندی و بهینه‌سازی شبکه‌ها به وجود آورده است. این مقاله با آغاز یک بررسی دقیق، بازکردن راز طبیعت دوگانه SDN را آغاز می‌کند، از طریق بررسی جامع مزایا و مقابله با چالش‌های پیچیده راهکاری را برای تکامل شبکه‌ها را ایجاد می‌کند. مزایای چندوجهی SDN به صورت سازمان‌مند تجزیه و تحلیل می‌شوند که شامل کنترل مرکزی و برنامه‌پذیری تا انعطاف‌پذیری، قابلیت تطبیق، مدیریت بهتر شبکه، بهبود عملکرد شبکه، مقیاس‌پذیری، صرفه‌جویی در هزینه، استانداردهای باز و تداخل‌پذیری، اتوماسیون شبکه، سازگاری با مجازی‌سازی و رایانش ابری، و امنیتی امکان‌پذیر می‌باشد. هر یک از این مزایا از نظر مطالعاتی و تحقیقاتی واقعی، تحت نظر قرار گرفته شده است و یک درک دقیق از نقش‌های SDN در زمینه‌های مختلف شبکه از جمله مراکز داده، شبکه‌های شرکتی، و شبکه‌های ارائه‌دهنده خدمات را ارائه می‌کند. با این حال، این بررسی محدود شده به حوزه خوب‌خواهانه‌ی مزایا نیست؛ و به چالش‌هایی که SDN با آنها مواجه است، نیز پرداخته شده است. نگرانی‌های امنیتی، مقیاس‌پذیری در شبکه‌های بزرگ، ملاحظات قابلیت اطمینان و در دسترس بودن، چالش‌های تداخل، پیچیدگی‌های مهاجرت، مشکلات حفظ کیفیت خدمات (QoS)، عدم وجود استانداردهای صنعتی، هزینه‌ها و ملاحظات بازده سرمایه‌گذاری (ROI)، کمبود مهارت‌ها در فناوری‌های SDN، و چالش‌هایی از رفتار تطابق با مقررات به صورت سامان‌مند تجزیه و تحلیل می‌شوند. مقاله هر چالش را با استناد به نتایج تحقیقات معاصر روشن می‌کند و یک مرور جامع از موانعی که سازمان‌ها ممکن است در مسیر انتخاب SDN خود با آن مواجه شوند، را ارائه می‌دهد. برخورداری از این چالش‌ها نیاز به تلاش مشترکی از طریق تحقیقات مستمر، همکاری صنعتی و توسعه دستورالعمل‌های استاندارد را دارد. بینش‌های ارائه‌شده در این مقاله در هدف دارند تا افراد حرفه‌ای در شبکه، پژوهشگران و سازمان‌ها را با یک درک جامع از مزایا و چالش‌های SDN مجهز کرده و در تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در مورد انتخاب و پیاده‌سازی SDN به آنها کمک کنند. در حالی که تحول در شبکه ادامه می‌یابد، SDN به عنوان یک نیروی مهم به عنوان یک میانجی ایستاده است که تعادل دقیقی بین بهره‌برداری از مزایا و پیش‌روی و موانعی که برای تکامل آینده‌ی شبکه ایجاد می‌شود، قرار گیرد.

## ۲. بررسی جامع مزایای چندوجهی در محیط‌های شبکه مدرن

### ۲-۱. کنترل مرکزی و برنامه‌پذیری:

کنترل مرکزی و برنامه‌پذیری SDN، مدیریت و پیکربندی در شبکه را ساده‌تر می‌کند [۱]. با این حال، این ممکن است منجر به محدودیت‌های عملکردی در شبکه‌های WAN شود که نیاز به استفاده از چندین کنترل‌کننده را دارند را ایجاد می‌کند [۱]. جداسازی صفات داده و کنترل در SDN نیز توسعه تجهیزات و خدمات در شبکه را بهبود می‌بخشد. Prajapati بیشتر بر انعطاف‌پذیری و برنامه‌پذیری SDN تأکید می‌کند که ویژگی‌های کمترین سطح شبکه را انتزاع کرده و از پروتکل Open Flow برای ارتباط‌گیری استفاده می‌کند [۲]. کنترل مرکزی در SDN همچنین امکان برنامه‌پذیری و کنترل خودکار در شبکه را فراهم می‌کند [1]. SDN کنترل شبکه را مرکزی کرده و یک رابط برنامه‌پذیر را فراهم می‌کند که امکان مدیریت در کل شبکه را از یک مکان واحد فراهم می‌سازد که این امر مدیریت و پیکربندی در شبکه را ساده‌تر می‌کند.

### ۲-۲. مدیریت بهبود یافته شبکه:

معرفی شبکه‌های تعریف‌شده نرم‌افزاری (SDN) به طور قابل توجهی مدیریت شبکه را بهبود بخشیده است و با جداسازی صفات کنترل و داده، امکان عملیات کارآمد و یکپارچه‌تری را فراهم می‌کند. این جداسازی وظایف مدیریتی مثل مهاجرت زنده از توپولوژی‌های مجازی و نگهداری برنامه‌ریزی شده را ساده‌تر کرده است. SDN همچنین اجرای مجموعه گسترده‌ای از برنامه‌های شبکه را به زبان سطح بالا ممکن می‌سازد، که این عامل باعث بهبود در پیکربندی و مدیریت شبکه می‌شود. علاوه بر این، استفاده از سامانه‌های مبتنی بر کامپیوترهای دارای کنترل‌های دستی و نظارت بر عملکرد شبکه به صورت همزمان نیز ارتقاء یافته است. با جداسازی صفات کنترل و داده، SDN مدیریت





شبکه را بهبود بخشیده و به شکل کارآمدتری این خدمات مدیریتی را ارائه می‌دهد. این کار پیکربندی و بهینه‌سازی شبکه را آسان‌تر می‌کند و دیدگاه جامعی از شبکه را ارائه می‌دهد.

#### ۲-۳. عملکرد بهبود یافته شبکه:

SDN به طرق مختلفی بهبود عملکرد در شبکه را ارتقاء می‌دهد. بهبود بهره‌وری پهنای باند اتصالات، ظرفیت انتقال داده و کاهش تاخیر رفت و برگشت در شبکه‌های مراکز داده، پتانسیل SDN در افزایش عملکرد شبکه‌های بی‌سیم را بیان کرده است و در حالی که الگوریتم مسیریابی و تقسیم جریانی برای SDN را ارائه کرده است که به حداقل رساندن بهره‌وری و حداکثر اتصال کمک کند. به افزایش مزیت‌های صرفه‌جویی انرژی SDN در شبکه‌های مراکز داده تأکید می‌شود و بهبودهای قابل توجهی در صرفه‌جویی انرژی، تاخیر رفت و برگشت و بهره‌وری پهنای باند را حاصل می‌کند. این تحقیقات به طور جمعی نقش تحول‌آفرین SDN در عملکرد شبکه را بیان می‌کنند. SDN می‌تواند جریان ترافیک را بهینه‌کند و منابع را به صورت موثرتری تخصیص دهد، که منجر به بهبود عملکرد در شبکه می‌شود. همچنین این اجازه را می‌دهد که از پهنای باند بهتری استفاده شود و تاخیر به وجود آمده را کاهش می‌دهد.

#### ۲-۴. مقیاس پذیری:

مقیاس‌پذیری ساختارهای SDN یک عامل کلیدی در کارایی آنها است. Wijeratne یک ساختار سوئیچ SDN را با عملکرد بالا برای شبکه‌های مغزهای با FPGA ارائه می‌دهد که می‌تواند به سرعتی تا ۴۰۰ Gbps بدست یابد [۳]. تأثیر رویکردهای مسیریابی مختلف بر مقیاس‌پذیری ساختارهای SDN توزیع شده و مسطح را بررسی می‌کند و نیاز به مکانیسم‌های مسیریابی کارآمد را و رویکردهای مختلف مسیریابی را بر مقیاس‌پذیری ساختارهای SDN توزیع شده و مسطح بررسی می‌کند. و بر نیاز به مکانیسم‌های مسیریابی کارآمد تأکید دارد. همچنین به مقیاس‌پذیری مدیریت ترافیک SDN می‌پردازد و نشان می‌دهد که TC کامل در SDN می‌تواند به طور خاص طراحی شده برای مقیاس‌پذیری باشد. یک ساختار و چارچوب ارکستراسیون SDN اتوماتیک و نوآورانه برای شبکه‌های بزرگ و مقیاس‌پذیر را معرفی می‌کند که بر روی محاسبه و استقرار مسیرهای مؤثر تمرکز دارد. این تحقیقات به طور جمعی به اهمیت مقیاس‌پذیری در ساختارهای SDN را تأکید می‌کنند و راهکارهای مختلفی را برای حل این جنبه اساسی ارائه می‌دهند. ساختارهای SDN برای مقیاس‌پذیری آسان هستند. افزودن یا حذف منابع شبکه می‌تواند به شکلی بیشتری و به سرعت صورت گیرد که آن را برای نیازهای شبکه‌ی در حال رشد یا در حال تغییر مناسب می‌کند.

#### ۲-۵. صرفه‌جویی در هزینه:

SDN با استفاده از بهبود بهره‌وری منابع، کاهش تلاش‌های پیکربندی دستی، و امکان استفاده از سخت‌افزارهای ارزان‌تر، صرفه‌جویی قابل توجهی را ارائه می‌دهد. این امر از طریق جداسازی صفات کنترل و داده انجام می‌شود که امکان انعطاف بیشتر را دارا است و قابلیت‌های سرویس جدید را فراهم می‌کند. انتقال به SDN همچنین می‌تواند به ظرفیت شبکه مبتنی بر نرم‌افزار و قابل تنظیم تری منجر شود، که به احتمال بالاتر به راهکارها و ابتکارهای ارزان‌تر در زمینه شبکه‌سازی منتهی می‌شود. علاوه بر این، کنترل‌کننده مرکزی و لایه‌ی انتزاع بین برنامه‌ها و شبکه در SDN، به کاهش هزینه‌های پردازش مؤلفه‌های سخت‌افزاری شبکه کمک بیشتری می‌کند که در مجموع به صرفه‌جویی در هزینه‌ها منجر می‌شود. SDN می‌تواند با بهبود بهره‌وری در منابع، کاهش تلاش‌های پیکربندی دستی، و امکان استفاده از سخت‌افزارهای ارزان‌تر، به صرفه‌جویی قابل توجهی منجر می‌شود.

## ۲-۶. استانداردهای باز و تداخل پذیری:

استفاده از استانداردهای باز و منبع باز نقش حیاتی در فعال‌سازی و تداخل‌پذیری در SDN دارد، زیرا این استانداردها نوآوری را ترویج می‌دهند. با این حال، فرآیند استانداردسازی می‌تواند پیچیده باشد و تعاملات در انواع مختلفی از نهادهای استاندارد وجود داشته باشد. امکان‌پذیری اندازه‌گیری شبکه (Extensibility Working Group) و انجمن Open Networking Foundation در حال تلاش برای استانداردسازی Open Flow، اصلی‌ترین پروتکل SDN، به صورت پویا و باز است. برای پرداختن به چالش‌های استقرار SDN و NFV با سرعت و نوآوری، نیاز به تعامل موثر بین جوامع نرم‌افزاری منبع باز، سازمان‌های توسعه استانداردها، و انجمن‌های صنعتی وجود دارد. SDN به طور معمول بر استانداردهای باز تکیه دارد که تداخل‌پذیری بین تجهیزات مختلف تأمین‌کنندگان را ترویج می‌دهد که باعث تنوع و رقابت بیشتر در اکوسیستم نیز می‌شود.

## ۲-۷. اتوماسیون شبکه:

SDN به عنوان یک عامل امکان‌پذیر مهم برای اتوماسیون شبکه، پتانسیل بهبود مدیریت و کنترل شبکه را دارد [۴]. با این حال، رویکرد مرکزی آن نیز ریسک‌های امنیتی را معرفی می‌کند، که مدیریت امنیتی سیاست‌ها را به یک نگاه انتقالی اجباری تبدیل می‌کند [۵]. شبیه‌سازی شبکه‌های اتوماسیونی که از SDN پشتیبانی می‌کنند، می‌تواند در اکتشاف گزینه‌های طراحی و حل مشکلات سازگاری، کمک کند. علاوه بر این، SDN، هنگام ترکیب با محاسبات و ذخیره‌سازی تعریف‌شده توسط نرم‌افزار، پایه یک محیط تعریف‌شده توسط نرم‌افزار را فراهم می‌کند که امکان اتوماسیون و بهینه‌سازی شبکه را فراهم می‌کند. SDN امکان اتوماسیون شبکه را فراهم می‌کند و اجرای سیاست‌ها و تغییرات را از طریق نرم‌افزار به جای پیکربندی دستی را نیز ممکن می‌سازد. که این کار باعث کاهش احتمال خطاهای انسانی و شتاب بخشیدن به استقرار سرویس‌های جدید می‌شود.

## ۲-۸. تطبیق به مجازی‌سازی و ابرمحاسبات:

تحقیقات نشان داده‌اند که شبکه تعریف‌شده نرم‌افزاری (SDN) مناسب برای محیط‌های مجازی و ابرمحاسبات است، زیرا امکان ادغام شدن بهتر با ماشین‌های مجازی و خدمات ابر را فراهم می‌کند. این موضوع توسط Li and Peng که یک معماری مدیریت انطباقی برای منابع مجازی در ابرمحاسبات پیشنهاد داده است و از تئوری کنترل بازخورد برای تنظیم پویای بهره‌وری منابع استفاده می‌کند [۶]. همچنین، با توسعه یک مکانیزم انطباقی برای مهاجرت ماشین مجازی در محیط ابر، به کاهش مهاجرت و کاهش زمان اجرایی می‌پردازد. در آخر، نقش مجازی‌سازی در ابرهای محاسباتی به عنوان یک وسیله برای دستیابی به محاسبات سبز با کاهش تجهیزات مورد نیاز و تسهیل استفاده از انرژی و دارایی‌ها را برجسته کرده است [7]. SDN برای محیط‌های مجازی و ابرمحاسبات مناسب است زیرا امکان ادغام بهتر با ماشین‌های مجازی و خدمات ابر را فراهم می‌کند.

## ۲-۹. امنیت:

SDN چالش‌ها و فرصت‌های جدیدی در زمینه امنیت ارائه می‌دهد. کنترل مرکزی که می‌تواند امنیت شبکه را بهبود بخشد را ارائه می‌کند، به خصوص در سناریوهای ابری و با نگهداری یک پایگاه داده از اطلاعات امنیتی و بازپیکربندی در شبکه برای تطابق با نیازهای امنیتی می‌باشد. در محیط‌های مرکز داده، SDN برای ادغام ابزارهای امنیتی و ایجاد یک شبکه خودمحافظ مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، این مزایا با آسیب‌پذیری‌های امنیتی همراه است که نیاز به در نظر گرفتن دقیق و اجرای راه‌حل‌های مناسب دارد.

در حالی که SDN چالش‌های امنیتی جدیدی معرفی می‌کند، امکان بهبود امنیت از طریق کنترل مرکزی و قابلیت اجرای سیاست‌های امنیتی به صورت یکپارچه در سراسر شبکه را نیز فراهم می‌کند. ایجاد جلوه‌های جذابیت برای SDN در محیط‌های شبکه ای مختلف، مانند مراکز داده، شبکه‌های شرکتی و شبکه‌های ارائه‌دهنده‌های خدمات، نیز وجود دارند.

### ۳. رهبری چالش‌های شبکه‌سازی مبتنی بر نرم‌افزار (SDN)

#### ۳-۱. نگرانی‌های امنیتی:

امنیت کنترل‌کننده‌های SDN یک نگرانی حیاتی است زیرا آسیب‌پذیری‌ها و سناریوهای حمله ممکن را شناسایی کرده است. برای پرداختن به این موارد، یک رویکرد چندلایه شامل دفاع در عمق، امنیت پروتکل، و کاهش سطح حمله توصیه می‌شود. صفحه داده SDN به عنوان یک حوزه کلیدی برای ایمن کردن شبکه مورد تأکید قرار می‌گیرد. راه‌حل‌های پیشنهادی شامل محاسبات معتبر، تشخیص نفوذ مبتنی بر تفکیک، و یک برنامه امنیتی برای کنترل‌کننده است. این اقدامات هدف حفظ امنیت ارتباطات بین کنترل‌کننده و دستگاه‌های شبکه را دارند که جنبه حیاتی از امنیت SDN است.

- کنترل مرکزی در SDN می‌تواند هدف حملات باشد. ایمن کردن کنترل‌کننده SDN و اطمینان از اصالت ارتباطات بین کنترل‌کننده و دستگاه‌های شبکه چالش‌های حیاتی هستند.

#### ۳-۲. مقیاس‌پذیری:

چالش‌های مقیاس‌پذیری SDN در شبکه‌های بزرگ و پیچیده به خوبی اثبات شده است. هر دو مسئله افزایش هزینه کنترل و احتمال شکل‌دهی در SDN مرکزی را برجسته کرده‌اند و یک ساختار سلسله‌مراتبی را برای حل این مشکلات را پیشنهاد داده‌اند. که در آن به بررسی غیرمتمرکز سازی صفحه کنترل می‌پردازد و استراتژی‌هایی برای قرار دادن کنترل‌کننده‌های SDN به منظور بهبود عملکرد و قابلیت اعتماد ارائه می‌دهد. و به تحلیل ترافیک کنترل در یک شبکه ISP بزرگ می‌پردازد و بینش‌های عملی در مورد مقیاس‌پذیری SDN در سناریوهای واقعی را فراهم می‌کند. این تحقیقات به طور جمعی نیاز به راهکارهای قابل مقیاس و قابل اعتماد در SDN را مورد تأکید قرار می‌دهند، به ویژه هنگامی که شبکه‌ها به اندازه و با پیچیدگی رشد می‌کنند.

- مقیاس‌پذیر کردن SDN در شبکه‌های بزرگ و پیچیده چالش‌ها را ایجاد می‌کند. با افزایش اندازه شبکه، کنترل‌کننده SDN ممکن است مشکلاتی در مدیریت حجم افزوده ترافیک و دستگاه‌ها را داشته باشد.

#### ۳-۳. قابلیت اعتماد و دسترسی:

قابلیت اعتماد و دسترسی در شبکه‌های مبتنی بر کنترل‌کننده مرکزی نظیر شبکه‌سازی مبتنی بر نرم‌افزار (SDN)، ملاحظات حیاتی هستند. دانشمندان به بررسی تأثیر استقرار کنترل‌کننده SDN بر دسترسی شبکه می‌پردازند، با تأکید بر نیاز به دسترسی بالا و پیشنهاد الگوریتم قرارگیری مقاوم در مقابل خطا تأکید می‌شود که قابلیت اعتماد شبکه را با در نظر گرفتن پیکربندی‌های جایگزین بهینه‌سازی می‌شود، در حالی که یک ابزار تحلیل قابلیت اعتماد و دسترسی برای سیستم‌های شبکه بزرگ مبتنی بر IP توسعه داده شده است که می‌تواند برای شبکه‌های مبتنی بر کنترل‌کننده مرکزی مورد استفاده قرار گیرد. این تحقیقات به طور جمعی اهمیت قابلیت اعتماد و دسترسی در شبکه‌های مبتنی بر کنترل‌کننده مرکزی را برجسته می‌کنند و استراتژی‌های مختلفی برای دستیابی به این موارد را ارائه می‌دهند.

- وابستگی به یک کنترل‌کننده مرکزی به طور کلی نگرانی‌ها را در مورد قابلیت اعتماد سیستم افزایش می‌دهد. اگر کنترل‌کننده خراب شود یا با مشکلاتی مواجه شود، ممکن است بر کل شبکه تأثیر بگذارد به همین علت اطمینان از دسترسی بالا بسیار حیاتی می‌باشد.

#### ۳-۴. تداخل پذیری:

دستیابی به تداخل پذیری در راهکارهای SDN به دلیل نبود پروتکل‌ها و رابط‌های استاندارد یک وظیفه پیچیده است [۸]. این چالش توسط تنوع تأمین‌کنندگان، فناوری‌ها، و مدل‌های کسب و کار در بازار، به شدت تشدید می‌شود. برای پرداختن به این موضوع، یک سرویس هایپروایزر شبکه ارائه شده است که به سادگی ایجاد خدمات شبکه پیچیده SDN و اینترنت ورک ارائه‌دهندگان مختلف SDN را ساده می‌کند [۸]. به این ترتیب، در زمینه اینترنت اشیاء (IoT)، نیاز به تداخل پذیری بین پلتفرم‌های مختلف تأمین‌کنندگان، با تمرکز بر چالش‌ها و راهکارهای ممکن مورد تأکید قرار گرفته است. در زمینه خاص SDN، یک راه‌حل معماری از تأمین‌کننده ارائه شده است که هدف حذف وابستگی به تأمین‌کننده و اطمینان از تداخل پذیری را دارد.

-دستیابی به تداخل پذیری بین راهکارهای مختلف SDN ممکن است چالش برانگیز باشد. نبود پروتکل‌ها و رابط‌های استاندارد ممکن است ادغام ناپذیر بودن بین اجزای SDN از تأمین‌کنندگان مختلف را محدود کند.

#### ۳-۵. پیچیدگی مهاجرت:

انتقال از شبکه‌سازی سنتی به زیرساخت شبکه مبتنی بر نرم‌افزار (SDN) یک فرآیند پیچیده و زمان‌بر است. یکی از چالش‌های قابل توجه، یکپارچگی SDN در شبکه‌های موجود بدون اختلال در عملیات جاری می‌باشد. این مسئله با نیاز به همزیستی با شبکه‌های میراثی، همچون شبکه‌هایی که از پروتکل Spanning Tree (STP) استفاده می‌کنند، به مراتب دشوارتر می‌افتد. مزایای SDN در محیط‌های مختلف از جمله مراکز داده و ارائه‌دهندگان شبکه به عنوان خدمت (NaaS) مطرح شده است. با این حال، چالش‌های مقیاس پذیری، قابلیت اعتماد و امنیت باید مورد توجه قرار گیرند. پتانسیل SDN برای حل مشکلات شبکه‌های سنتی، مانند غیر قابل کنترل بودن، امنیت و مقیاس پذیری، نیز مورد بحث قرار گرفته است. چالش‌ها و جهت‌های آینده مهاجرت SDN هیبرید در شبکه‌های ارائه‌دهنده خدمات اینترنت (ISP) با تأکید بر محدودیت‌های مالی و عملیاتی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

-انتقال از شبکه‌سازی سنتی به زیرساخت SDN ممکن است پیچیده و زمان‌بر باشد. یکپارچگی SDN در شبکه‌های موجود بدون اختلال در عملیات جاری چالش قابل توجهی است.

#### ۳-۶. کیفیت خدمات (QoS):

چالش حفظ کیفیت خدمات (QoS) مداوم و قابل پیش‌بینی در SDN، به خصوص در محیط‌های پویا، تمرکز اصلی تحقیقات است. این مسئله توسط مسأله قرارگیری کنترل‌کننده (CPP) که NP-hard است و نیاز به مدیریت دقیق دارد، زیرا تشدید می‌شود. برای پرداختن به این چالش‌ها، یک چارچوب مدیریت فعال‌سازی شده QoS پیشنهاد شده است که به صورت پویا منابع شبکه را تخصیص می‌دهد و جریان‌هایی با اولویت بالا را برای حفظ QoS مسیره می‌کند [۹]. در یک بررسی ادبیات متحرک برای شبکه‌های SDN با قابلیت Open Flow نیز انجام شده است، که مطالعات را بر اساس مزایای QoS دسته‌بندی کرده و چالش‌های ممکن را بررسی می‌کند. این تحقیقات نیاز به راهکارهای نوآورانه برای حفظ QoS در SDN را برجسته می‌کند.

-حفظ کیفیت خدمات به صورت مداوم و قابل پیش‌بینی در SDN، به خصوص در محیط‌های پویا، چالش برانگیز است. سازگاری با شرایط متغیر شبکه در حالی که استانداردهای QoS حفظ می‌شود، نیازمند مدیریت دقیق تری است.

#### ۳-۷. کمبود استانداردهای صنعت:

عدم وجود استانداردهای عموماً پذیرفته شده در SDN، می‌تواند به مشکلات سازگاری منجر شود و مانعی برای گسترده‌تر شدن این فناوری شود. این مسئله تنها یک مشکل در SDN نیست، زیرا در حوزه پردازش ابر، اتوماسیون طراحی و صنعت ۴.۰ نیز مشاهده شده است. نیاز به استفاده از استانداردهای باز است، که در حل این چالش‌ها و اطمینان از یک اکوسیستم هماهنگ اساسی است.

عدم وجود استانداردهای عموماً پذیرفته شده برای SDN ممکن است منجر به مشکلات سازگاری شود و از درگیری گسترده‌تر در این فناوری جلوگیری کند. ایجاد و رعایت استانداردهای صنعت برای یک اکوسیستم هماهنگ بسیار ضروری است.

### ۸-۳. هزینه‌ها و بازگشت سرمایه (ROI) :

هزینه‌های اولیه پیاده‌سازی SDN ممکن است قابل ملاحظه باشد، که برای سازمان‌ها حیاتی است و به این علت هزینه‌ها را توجیه کرده و بازگشت واقعی سرمایه (ROI) را تعیین می‌نماید. به طور میانگین، سرمایه‌گذاری شرکت‌ها سودده است، که نشان‌دهنده این است که مزایای بلندمدت SDN ممکن است ارزش هزینه‌های اولیه را داشته باشد. روش‌هایی برای ارزیابی ROI سرمایه‌گذاری ارائه شده است، که بر توجه به سه پایه اصلی و ابزار محاسباتی عملی را فراهم کرده است. این رویکردها می‌توانند برای ارزیابی ROI و پیاده‌سازی SDN مورد استفاده قرار گیرند.

در حالی که SDN مزایای بلندمدتی ارائه می‌دهد، هزینه‌های اولیه پیاده‌سازی و مهاجرت ممکن است قابل ملاحظه باشد. سازمان‌ها ممکن است با چالش‌ها در توجیه این هزینه‌ها و تعیین بازگشت واقعی سرمایه مواجه شوند.

### ۹-۳. کمبود مهارت:

پیاده‌سازی موفق و مدیریت فناوری‌های SDN چالش‌های قابل ملاحظه‌ای مانند نیاز به مهارت‌های تخصصی دارد. این چالش‌ها به ویژه توسط نیازهای زیاد از نظر تغییرات در منظر شبکه، مانند عملکرد شبکه، مقیاس‌پذیری، امنیت و تعامل‌پذیری تشدید می‌شوند [۱۰]. پتانسیل SDN برای پرداختن به این چالش‌ها در ارائه پیکربندی مؤثر، بهبود عملکرد و انعطاف‌پذیری در مدیریت طراحی‌های شبکه بزرگ واضح است [۴]. با این حال، کمبود افراد حرفه‌ای و با تجربه در فناوری‌های SDN ممکن است جلوه گسترده از SDN را مختل کند و نیازمندی به ارتقاء بهره‌وری از طریق آموزش و استفاده از مشاوران تخصصی را ایجاد می‌کند.

پیاده‌سازی موفق و مدیریت SDN نیازمند مهارت‌های تخصصی است. ممکن است کمبود افراد حرفه‌ای با تجربه در فناوری‌های SDN، برای سازمان‌ها چالش‌آفرین باشد تا محیط‌های SDN را ایجاد و حفظ نمایند.

### ۱۰-۳. تطابق با مقررات:

نیازها و چالش‌های مدیریت شبکه به وسیله نرم‌افزار (SDN) با تأکید بر نیاز به مدیریت موثر شبکه تعریف شده است. این موضوع به ویژه در زمینه تطابق با مقررات مهم است و به کار گرفته شود در جایی که مدل فرآیند تطابق متمرکز ممکن است [۱۱]. چالش‌های تطابق با مقررات، مانند سرعت تغییرات مقررات و کمبود منابع همچنان پابرجا است. این موضوع با تأکید بر چالش‌های خاص حفاظت از اطلاعات و حریم خصوصی، که در یک محیط SDN با داده‌های حساس مرتبط است، افزایش یافته است.

- پیروی از مقررات و اطمینان از تطابق آن ممکن است در محیط SDN چالش برانگیز باشد، به خصوص زمانی که به داده‌های حساس و صنایع با مقررات سخت، مورد نظر پرداخته می‌شود. حل این چالش‌ها نیازمند تحقیقات مداوم، همکاری صنعتی و توسعه روش‌های استاندارد جهت بهبود پذیرش و اثربخشی SDN می‌باشد.

#### ۴. نتیجه‌گیری:

در نتیجه، در این مقاله، طبیعت دوگانه شبکه‌سازی مبتنی بر نرم‌افزار (SDN) به دقت بررسی شده است و یک درک جامع از مزایا و چالش‌های چند رویه‌ای آن ارائه شده است. مزایا از کنترل متمرکز و قابل برنامه‌ریزی تا انعطاف‌پذیری، تطابق‌پذیری، و بهبود عملکرد شبکه، SDN را به عنوان یک الگوی جذاب در متنوع‌ترین سیاق‌های شبکه معرفی می‌کنند. با این حال، چالش‌های ایجاد شده توسط SDN، از جمله مسائل امنیتی، مشکلات مقیاس‌پذیری و چالش‌های تعامل‌پذیری، نیاز به مطالعات و دقت دقیق تری دارند. مقاله بر روی اهمیت تحقیقات مداوم، همکاری صنعتی، و توسعه روش‌های استاندارد را برای برطرف کردن مؤثر این چالش‌ها تأکید می‌کند. در حالی که SDN در حوزه‌های مانند صرفه‌جویی در هزینه، اتوماسیون شبکه، و سازگاری با مجازی‌سازی و ابرمحاسبه را ارائه می‌دهد پتانسیل تحول‌آفرینی را داراست، هدایت از پیچیدگی‌های آن نیاز به تلاشی هماهنگ دارد. ابزار ارائه شده هدف دارد تا متخصصان شبکه، محققان و سازمان‌ها را با دانش لازم برای تصمیمات اطلاع‌رسانی در مورد پذیرش و پیاده‌سازی SDN مجهز کند. همانطور که شبکه به مرور زمان متحول می‌شود، SDN به عنوان معماری انقلابی نیاز به رویکردی متعادل دارد که مزایا را بهره‌مند سازد. با اراده به پیشبرد چالش‌ها از طریق تلاش‌های هماهنگ، SDN توانمندی این را دارد تا آینده تکامل شبکه را شکل دهد، به شرطی که صنعت به بهبود اجرای آن و اطمینان از یکپارچگی بی‌درز آن در محیط‌های مختلف شبکه اختصاص داشته باشد.

#### منابع:

- [۱] N. Ahmed et al., "Network Threat Detection Using Machine/Deep Learning in SDN-Based Platforms: A Comprehensive Analysis of State-of-the-Art Solutions, Discussion, Challenges, and Future Research Direction," *Sensors*, vol. 22, no. 20, p. 7896, Oct. 2022, doi: 10.3390/s22207896.
- [۲] A. Prajapati, A. Sakadasariya, and J. Patel, "Software defined network: Future of networking," in 2018 2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC), Coimbatore: IEEE, Jan. 2018, pp. 1351–1354. doi: 10.1109/ICISC.2018.8399028.
- [۳] S. Wijeratne, A. Ekanayake, S. Jayaweera, D. Ravishan, and A. Pasqual, "Scalable High Performance SDN Switch Architecture on FPGA for Core Networks," in Proceedings of the 2019 ACM/SIGDA International Symposium on Field-Programmable Gate Arrays, Seaside CA USA: ACM, Feb. 2019, pp. 117–117. doi: 10.1145/3289602.3293933.
- [۴] S. R. Ali, "Software Defined Networking (SDN)," in Next Generation and Advanced Network Reliability Analysis, in Signals and Communication Technology. , Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 105–130. doi: 10.1007/978-3-030-01647-0\_4.
- [۵] N. Paladi, "Towards Secure SDN Policy Management," in 2015 IEEE/ACM 8th International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC), Limassol, Cyprus: IEEE, Dec. 2015, pp. 607–611. doi: 10.1109/UCC.2015.106.



- [۶] Z. Li and E. Peng, “Software-Defined Optimal Computation Task Scheduling in Vehicular Edge Networking,” *Sensors*, vol. 21, no. 3, p. 955, Feb. 2021, doi: 10.3390/s21030955.
- [۷] W. Z. Khan, M. H. Rehman, H. M. Zangoti, M. K. Afzal, N. Armi, and K. Salah, “Industrial internet of things: Recent advances, enabling technologies and open challenges,” *Comput. Electr. Eng.*, vol. 81, p. 106522, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.compeleceng.2019.106522.
- [۸] V. Huang, G. Chen, and Q. Fu, “Multi-Agent Deep Reinforcement Learning for Request Dispatching in Distributed-Controller Software-Defined Networking,” *IEEE Trans. Cybern.*, pp. 1–14, 2023, doi: 10.1109/TCYB.2023.3266448.
- [۹] X. Xu, W.-K. Jia, Y. Wu, and X. Wang, “On the Optimal Lawful Intercept Access Points Placement Problem in Hybrid Software-Defined Networks,” *Sensors*, vol. 21, no. 2, p. 428, Jan. 2021, doi: 10.3390/s21020428.
- [۱۰] S. Scott-Hayward, S. Natarajan, and S. Sezer, “A Survey of Security in Software Defined Networks,” *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, vol. 18, no. 1, pp. 623–654, 2016, doi: 10.1109/COMST.2015.2453114.
- [۱۱] J. Chen et al., “A Routing Optimization Method for Software-Defined Optical Transport Networks Based on Ensembles and Reinforcement Learning,” *Sensors*, vol. 22, no. 21, p. 8139, Oct. 2022, doi: 10.3390/s22218139.



## سیستم های حمل و نقل هوشمند (ITS)

محمد عبادت کار\*<sup>۱</sup>، اسماعیل نادر بیگی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی مقطع دکتری مهندسی حمل و نقل / دانشکده مهندسی / دانشگاه آزاد اسلامی واحد بین الملل، کیش  
<sup>۲</sup> دانشجوی مقطع دکتری مهندسی حمل و نقل / دانشکده مهندسی / دانشگاه آزاد اسلامی واحد بین الملل، کیش

MENGINEER1416@YAHOO.COM

### چکیده

سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند بمنظور بهبود مدیریت، ارتقاء تصمیم‌گیری کنترل‌کنندگان، ایمنی و امنیت کاربران، افزایش کارایی کل سیستم حمل‌ونقل می‌باشد. طراحی این سامانه، چارچوبی ساختاری را طوری در کنار هم قرار می‌دهد که بتواند به نحو کارا و موثری الزامات عملکردی و وظایف اجزای سیستم را به صورت انفرادی تعیین کند، همچنین باید بطور قطع بر مبنای تجزیه و تحلیل عملکردهای سامانه و توانایی‌های آن در مورد خدمات کاربر باشد. به طور کلی این خدمات در یک زنجیره فعالیت‌ها شامل: جمع‌آوری داده‌ها (از سیستم حمل‌ونقل)، پردازش داده‌ها، ارتباطات، توزیع اطلاعات و بهره‌برداری از آنها برای تصمیم‌گیری بهتر و حمایت از کاربران این حوضه می‌باشد. اطلاعات ترافیکی می‌تواند از چند راه و منبع در یک زمان تهیه و در مرکز مدیریت حمل‌ونقل و ترافیک، پردازش و به‌منظور تأیید آنها در اشکال و قالب‌های هماهنگ و سازگار قرار داد و با داده‌های دریافتی از سازمان‌های دیگر ترکیب نمود. ارتباطات، تبادل و توزیع داده‌ها در سطوح و روش‌های مختلف بمنظور بکارگیری اطلاعات مورد ارزیابی و بهره‌برداری قرار می‌گیرند. سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در دو سطح: ۱- تصمیم‌گیری کنترل ترافیک و ۲- وسیله نقلیه ارائه و در هر سطح از تکنولوژی و امکانات خاص بهره‌مند گردید. در حقیقت با بهره‌گیری از سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل؛ سلامتی، ایمنی، راحتی، کارایی سیستم، کاهش هزینه و حفظ محیط زیست را فراهم نمود.

واژه‌های کلیدی: حمل‌ونقل، سیستم، هوشمند، ITS، ترافیک، فن‌آوری



## ۱. مقدمه

با توجه به پیشرفت تکنولوژی، توسعه ارتباطات، گسترش شهرها و افزایش مالکیت وسیله نقلیه شخصی که موجب تراکم ترافیکی، انواع آلودگی‌های زیست‌محیطی، افزایش تعداد تصادفات، مصرف سوخت‌های فسیلی و ... شده است، متخصصان حمل‌ونقل و ترافیک معتقدند راهکار اصلی حل این مشکلات افزایش عرضه حمل‌ونقل (ساخت شبکه معابر و تقاطعات غیرهمسطح و ...) نیست، راهکارهای مناسب مدیریت تقاضای سفر و افزایش کارایی سیستم‌های حمل‌ونقل است. یکی از راهکارها این مهم، استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و هوشمندسازی آن است.

سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند، اصطلاحی است کلی که برای کاربرد ترکیبی فناوری‌های ارتباطی، کنترل و پردازش اطلاعات برای سیستم حمل‌ونقل است. به عبارت ساده، سیستم حمل‌ونقل هوشمند کاربرد فن‌آوری، اطلاعات و تکنولوژی نو در حمل‌ونقل است. وظیفه کلی سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند بهبود مدیریت و تصمیم‌گیری برای کنترل‌کنندگان و کاربران سیستم حمل‌ونقل، در نتیجه بهبود کارایی کل سیستم حمل‌ونقل خواهد بود. این تعریف دامنه وسیعی از فنون و تدابیر را در بر می‌گیرد که می‌تواند با کاربرد یک فناوری یا بهبود مجموعه‌ای از فناوری‌های حمل‌ونقلی بدست آید.

مزایای سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل که مهمترین دلیل سرمایه‌گذاری فراوان در این عرصه است شامل:

- بهبود بهره‌برداری سیستم حمل‌ونقل در افزایش کارایی و بهره‌وری (همانگ سازی چراغ‌های ترافیکی، حق تقدم به سیستم حمل‌ونقل همگانی، نظارت تصویری نقاط ازدحام ترافیکی و ... )،
  - نجات جان انسان‌ها (بهبود ایمنی، کنترل هوشمند سرعت خودرو، سامانه تعاملی بین وسایل نقلیه، رادار تابلو خوان و ... )
  - جلوگیری از اتلاف زمان (مدیریت و کاهش تراکم ترافیکی، پرداخت‌های الکترونیکی، کنترل دسترسی و سامانه اجرا)،
  - صرفه‌جویی در هزینه‌ها (کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و ... )،
  - صرفه‌جویی در انرژی (کاهش مصرف سوخت )
- گروه‌های اصلی ذینفع سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل عبارتند از:
- دولت‌های ملی، منطقه‌ای، شهرداری‌ها و سازمان‌ها.
  - مالکان و گردانندگان شبکه‌های حمل‌ونقل (دولتی و خصوصی).
  - خودروسازها و صنایع مرتبط.
  - دست اندرکاران ناوگان حمل‌ونقل همگانی.
  - صنعت و تجارت.
  - مسافران و کاربران سیستم حمل‌ونقل.
  - لازم به ذکر است که بسیاری از منافع سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل برای مصرف‌کننده نهایی آن نامعلوم و نامحسوس است.



شکل ۱. ارسال و انتقال داده‌ها در سیستم حمل‌ونقل هوشمند.



## ۲. لزوم هوشمندسازی سیستم‌های حمل و نقل

با توجه به پیشرفت تکنولوژی در تمامی امور، لازمست ارتباطات، لجستیک و حمل‌ونقل که موثرترین شاخص هوشمندسازی و ارتباط مناسب صنایع تولیدی و جامعه بهره‌بردار هستند کارآمد گردند. لازمست حمل و نقل خود را با این موضوع در چرخه توزیع و زنجیره تامین هماهنگ نمود تا گردش این چرخ با بهترین نحو انجام پذیرد. لذا در ادامه به جزئیات سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند می‌پردازیم.

### ۲-۱. مفاهیم اصلی

#### الف) ارتباطات:

- ارتباطات برد کوتاه: ارتباطات موج کوتاه اختصاصی بر مبنای مادون قرمز (DSRC) که برای دریافت الکترونیکی عوارض و بهره‌برداری وسیله نقلیه تجاری استفاده می‌شود.

- ارتباطات موبایل (از راه دور): برای اطلاعات به هنگام سفر، مدیریت ناوگان و واکنش اضطراری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- اینترنت: کسب اطلاعات سفر، برنامه‌ریزی سفر با حمل‌ونقل همگانی، وضعیت ترافیکی و پرداخت قبل از سفر استفاده می‌شود.

#### ب) موقعیت جغرافیایی:

- فناوری ناوبری جهانی: برای مکان‌یابی ماهواره‌ای و موقعیت‌یابی خودکار وسیله نقلیه (AVL)، ردیابی و تعقیب، دریافت عوارض و مالیات بصورت برخط بر مبنای فاصله طی شده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ج) سامانه اطلاعاتی و جغرافیایی (GPS):

- برای پایگاه مبتنی بر موقعیت شبکه‌های حمل‌ونقل، خدمات مبتنی بر موقعیت و امور دیگر استفاده می‌شود.

#### د) جمع‌آوری داده‌ها و مبادله اطلاعات:

- برای اطلاعات و مدیریت به هنگام ترافیک استفاده می‌شود.

#### و) سامانه دوربینی و دید مصنوعی:

- برای اجرای قانون و امنیت (کنترل سرعت، کنترل محدوده ترافیکی، کنترل تخلفات ترافیکی، HOV و ...) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ه) تشخیص و طبقه‌بندی:

- برای مدیریت ترافیک، مدیریت حادثه، ایمنی و امنیت (عبور از خط اضطرار، HOV و ...) استفاده می‌شود.

#### ی) سامانه‌های درون وسیله نقلیه:

- برای اطلاعات سفر، سامانه‌های کنترلی وسیله نقلیه و اجتناب از حادثه (کمربند ایمنی، کیسه‌های هوا، نویگیشن، رادیو، رادارهای داخل خودرو و ...) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### س) نقشه دیجیتال:



- این نقشه‌ها، پایگاه اطلاعاتی راه و شبکه‌های حمل‌ونقل هستند که در وسایل دیجیتال (لوح‌های فشرده و ...) ذخیره می‌شوند. برای مواردی چون مدیریت ترافیک، اطلاعات ترافیک، راهنمای مسیر، مدیریت پارکینگ، مسیریابی، کنترل مسیر وسایل نقلیه باری، مسیر تسهیلات تفریحی، توریستی و اقامتی و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند.

## ۲-۲. رویکرد سیستماتیک

یک رویکرد سیستماتیک جامع برای هوشمندسازی در حمل و نقل کالا و مسافر، یعنی توجه به مفاهیم فنی و معیارهای سازمانی که برای یکپارچه‌سازی فناوری‌های اصلی جهت ارائه خدمات موثر استفاده کننده ضروری است. کاربرد اطلاعات برای سامانه‌های حمل‌ونقل در هسته اصلی قرار دارد. ترکیب فن‌آوری‌ها برای اجرای کارهای هوشمندسازی بر مبنای اصول مهندسی سیستم‌ها می‌باشد.

## ۲-۳. هماهنگی

در هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل باید هماهنگی بین کارگزارها و سازمان‌ها مسئول ایجاد گردد. یعنی اینکه بین تأمین‌کنندگان خدمات ترافیکی و متولیان شبکه حمل‌ونقل در شیوه‌های مختلف حمل بار یا مسافر، پلیس، نیروهای امداد و نجات، اورژانس، مراکز کنترل ترافیک و حوادث، تولیدکنندگان خودرو، شرکت‌ها و موسسات حمل‌ونقل کالا و مسافر، مبادی ورودی و خروجی مرزها، گمرکات داخلی و مرزی، مراکز تأمین سوخت و انرژی، سایت‌های اینترنتی، کاربران خدمات و ... هماهنگی بوجود آید.

## ۲-۴. طراحی و مهندسی ITS

طراحی این سامانه، چارچوبی ساختاری را شرح می‌دهد که در آن اجزا را طوری در کنار هم قرار داده می‌شوند تا همگی بتوانند به نحو کارا و موثری عمل کنند. این طراحی الزامات عملکردی است و وظایف اجزای سیستم را به صورت انفرادی تعیین می‌کند. تحلیل مهندسی سیستم، نحوه تأثیر متقابل سیستم‌ها را تعیین نموده و وظایف تک‌تک اجزاء در فرآیند اجرایی را مشخص می‌کند. سیستم باید بطور قطع بر مبنای تجزیه و تحلیل عملکردهای سامانه و توانایی‌های آن در مورد خدمات کاربر باشد. خروجی سیستم به توسعه‌دهندگان سامانه آزادی کافی برای طراحی آنچه را که بهینه‌ترین راه حل می‌دانند، می‌دهد.

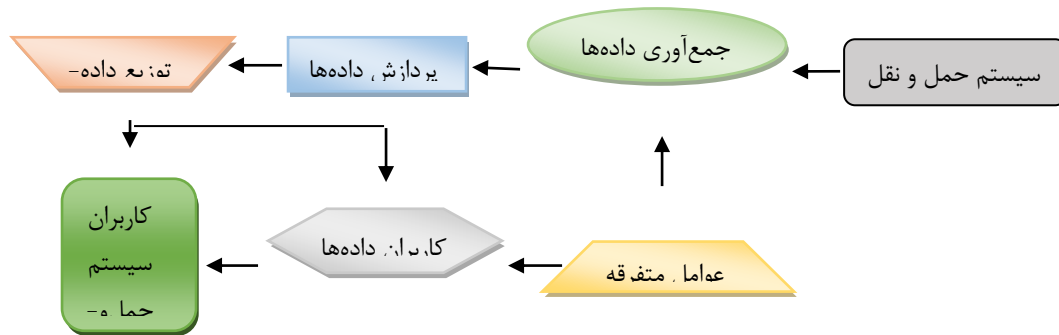
## ۲-۵. خدمات کاربر

خدمات کاربر در سیستم حمل‌ونقل هوشمند را به می‌توان به هفت گروه اصلی زیر تقسیم نمود:

- سامانه‌های پیشرفته مدیریت ترافیک (ATMS)،
- سامانه‌های پیشرفته اطلاعات مسافر (ATIS)،
- سامانه‌های کنترل پیشرفته وسیله نقلیه (AVCS)،
- عملکرد وسایله نقلیه تجاری (CVO)،
- سامانه‌های پیشرفته حمل‌ونقل عمومی (APTS)،
- سامانه‌های پرداخت الکترونیکی (EPS)، (جمع‌آوری عوارض، جمع‌آوری ورودیه الکترونیکی و جمع‌آوری خودکار ورودیه)
- سامانه‌های ایمنی و امنیت (SSS).

### ۳. عملکرد سیستم حمل و نقل هوشمند

سیستم حمل و نقل هوشمند می‌تواند بخشی از یک زنجیره اطلاعات و فعالیت‌ها باشند. زنجیره فعالیت‌ها شامل: تامین داده‌ها (از سیستم حمل و نقل)، پردازش داده‌ها، ارتباطات، توزیع اطلاعات، بهره‌برداری از آنها برای تصمیم‌گیری و حمایت از کاربران این حوضه می‌باشد.



نمودار ۱: فرایند عملکرد سیستم حمل و نقل هوشمند

#### ۳-۱. منابع و جمع‌آوری داده‌های ترافیکی

داده‌های ترافیکی در سه طبقه قرار می‌گیرند:

۱- داده‌های نقطه‌ای جریان ترافیکی (مثل سرعت میانگین)،

۲- داده‌های خودروی شخصی (مثل نوع خودرو) و

۳- داده‌های مسیرهای ترافیکی (مثل میانگین زمان سفر).

شناسایی خودکار وسایل نقلیه مستلزم تجهیزاتی است که در زیرساخت‌ها نصب می‌شوند:

۱- جستجوی وسایل نقلیه بر اساس AVI به نصب تجهیزات مناسب در زیرساخت‌ها؛ ایستگاه رادیویی کنار جاده‌ای در محلی که وسایل نقلیه مجهز به برچسب الکترونیکی یا فرستنده‌های خودکار عبور می‌کنند.

۲- قرائت‌گرهای دوربینی پلاک وسیله نقلیه که بر پایه روش‌های پردازش تصویر کار می‌کنند.

۳- سامانه موقعیت‌یاب جغرافیایی؛ فناوری جستجوی وسیله نقلیه (بدون تجهیزات کنار جاده‌ای) با استفاده از مکان‌یابی خودکار وسایل نقلیه (AVL) بر اساس سیستم جهانی ناوبری ماهواره‌ای (GNSS) انجام شود که در این حالت در سراسر جهان قابل استفاده است.

#### ۳-۲. پردازش داده‌ها

اطلاعات ترافیکی می‌تواند از چند راه و چندین منبع در یک زمان حاصل شود. بنابراین در مرکز مدیریت حمل و نقل و ترافیک نیاز به پردازش داده‌ها به منظور تأیید آنها است، آنها را در اشکال و قالب‌های هماهنگ و سازگار قرار دهد و با داده‌های دریافتی از سازمان‌های دیگر؛ مانند مرکز مدیریت حمل و نقل همگانی، تعمیر و نگهداری راه، اداره پلیس و ... ترکیب کند. که این مرحله به «ترکیب داده‌ها» مشهور

می‌باشد. یکی از مهم‌ترین کاربردهای پردازش داده‌ها، ارائه خدمات اطلاعات ترافیکی جاری و زمان‌های سفر قابل پیش‌بینی به کاربر است. برای پردازش داده‌ها، انجام چهار مرحله زیر الزامی است.

- اطلاعات ترافیکی سفر
- تشخیص خودکار موضوع (حادثه)
- مکان‌یابی و ناوبری وسیله نقلیه
- انجام خدمات مبتنی بر موقعیت

در سیستم حمل‌ونقل هوشمند برای مباحث فوق نیازمند تکنولوژی و تجهیزات گسترده‌ای چون رادارها، دوربین‌ها، پردازنده‌ها، تاسیسات و حتی امکانات خودرویی و راهداری خاص است.

مهمترین پیشرفت در فناوری موقعیت و ناوبری سیستم جهانی (GPS) است، توسط وزارت دفاع ایالات متحده تهیه و نگهداری می‌شود. سیستم ناوبری رادیویی ماهواره‌ای، از اوایل دهه ۱۹۹۰ بهره‌برداری شد و شامل مجموعه‌ای از ۲۴ ماهواره‌ای است که در ارتفاع ۱۲/۶ مایل به دور زمین می‌چرخند. پردازش داده‌های درون خودرویی برای تعیین مختصات سه بعدی گیرنده (طول، عرض و ارتفاع جغرافیایی) هنگامی که چهار ماهواره یا بیشتر در خط دید گیرنده هستند، انجام می‌شود. اطلاعات مکانی وسیله نقلیه مورد نظر در صورت نیاز به مرکز ترافیک، مرکز اعزام یا ایستگاه اتوبوس فرستاده می‌شود. انحصار خدمات سیستم‌های ناوبری ماهواره‌ای در اختیار ایالات متحده نیست. (GLONASS) همتای روسی (GPS) و سیستم ماهواره‌ای (GALILEO) نیز در اروپا طراحی و بهره‌برداری می‌شود.

سیستم‌های جهانی ناوبری ماهواره‌ای (GNSS) شامل هر سه سیستم فوق و انواع مشابه آنها در آینده می‌باشد. از آنجایی که کلیه سیستم‌های ناوبری ماهواره‌ای برای کار کردن به مشاهده حداقل چهار ماهواره نیاز دارند، مکان‌یابی وسایل نقلیه نیازمند سیستم‌های تکمیلی است تا بتواند حتی در حالیکه وسیله نقلیه در یک تونل، زیر درختان یا در نقاط کور شهری محصور در بین ساختمان‌های بلند قرار دارد، کار کند. این نقاط را می‌توان با انطباق نقشه پوشش داد. این موضوع بر اساس این حقیقت است که مکان وسیله نقلیه اغلب به شبکه جاده‌ای محدود می‌شود؛ به جز در هنگام انحراف موقت؛ یعنی زمانی که خودرو در پارکینگ است.

نقشه‌های دیجیتالی برای تعدادی از سیستم‌های پیشرفته اطلاعات مسافر و سیستم‌های راهنمای مسیر شرط لازم است. روش‌های دیگری برای تعیین موقعیت وسیله نقلیه به ویژه با استفاده از تلفن‌های همراه وجود دارد. چنین روش‌هایی می‌توانند برای تماس‌های اضطراری از تلفن‌های همراه با نمایشگر خودکار برای تیم نجات در جایی که موقعیت تماس گیرنده تعیین می‌شود، با ارزش باشند تا به وسیله آن جزیی از خدمات مختص مکان‌یابی سیستم حمل‌ونقل هوشمند میسر گردد.



شکل ۲. انواع داده‌ها در سیستم حمل‌ونقل هوشمند (ITS)

### ۳-۳. ارتباطات و تبادل داده‌ها

۳-۳-۱. **ارتباطات زیرساختی:** معمولاً هزینه ارتباطات سیستم حمل‌ونقل، بخش مهمی از کل هزینه‌های سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و حدود ۱۵ تا ۵۰ درصد می‌باشد. ارتباطات ثابت ایستگاهی و خطوط کابلی به خاطر حجم زیاد کار، دارای هزینه‌های نصب نسبتاً بالایی است، در حالی که ارتباطات بیسیم یا موبایل در یک محدوده وسیع به خاطر طیف محدود فرکانس، هزینه‌های بهره‌برداری (پخش) نسبتاً بالایی دارد. ارتباطات اختصاصی کوتاه‌برد هزینه بهره‌برداری (پخش) ندارند؛ اما هزینه نصب تجهیزات آنها (ایستگاه‌های رادیویی کنار جاده‌ها) نسبتاً بالا است.

۳-۳-۲. **ارتباطات سیار:** در بخش وسیله نقلیه، ارتباطات بی‌سیم نقشی اساسی در عملکردهای مختلف سیستم حمل‌ونقل هوشمند دارند، برای مثال رانندگان حوادث ترافیکی را به طور مستقیم از طریق تلفن همراه گزارش می‌دهند. همه ارتباطات بی‌سیم برای ارتباطات در محدوده‌ای وسیع هستند که در آن گیرنده و فرستنده دور از هم (در فواصل کیلومتری) قرار دارند. ارتباطات اختصاصی کوتاه‌برد (DSRC) برای سیستم حمل‌ونقل هوشمند برعکس سیار است؛ زیرا این برد (معمولاً زیر ۱۰۰ متر) به حدی کوتاه است که تنها برای برخی اهداف اختصاصی مفید است. خدمات سیستم حمل‌ونقل هوشمند که اساساً بر پایه ارتباطات اختصاصی برد کوتاه هستند، شامل اخذ الکترونیکی عوارض، بهره‌برداری از وسایل نقلیه تجاری، مدیریت پارکینگ، اولویت‌بندی در تقاطعات چراغدار، اطلاع‌رسانی به مسافر از طریق تجهیزات درون‌خودرویی، سامانه موقعیت‌یاب وسیله نقلیه، سیستم‌های راهنمای مسیرو ... است.

۳-۳-۳. **توزیع داده‌ها:** اطلاعات ترافیک و سایر اطلاعات مربوطه (شرایط جاده، وجود فضای پارکینگ، پارک‌سوار و ...) می‌تواند در جهت اصلاح و بهبود کارایی حمل‌ونقل، ایمنی و کیفیت محیط زیست ارائه شود. دو روش اصلی توزیع اطلاعات ترافیکی و موارد مربوط به آن، تجهیزات ثابت و پایانه‌های سیار است. تجهیزات ثابت مورد استفاده در بخش زیرساخت شامل تلفن‌های معمولی، گیرنده‌های رادیویی، تلویزیون‌ها، رایانه‌های شخصی، ماشین‌های نامبر، باجه‌های اطلاعات و تابلوهای پیام متغیر است. پایانه‌های سیار شامل رادیوهای وسایل نقلیه، رادیوهای متحرک، تلفن‌های همراه، رایانه‌های همراه (لپ‌تاپ) و ابزارهای چندرسانه‌ای قابل جابجایی (پرتابل) است.

### ۳-۴. بکارگیری اطلاعات

اطلاعات در سیستم‌های حمل و نقل هوشمند در دو بخش کلی؛ ۱- پشتیبانی تصمیم‌گیری و کنترل ترافیک، ۲- کنترل وسیله نقلیه، مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، در ادامه هر کدام از بخشها بصورت خلاصه توضیح داده می‌شود.

۳-۴-۱. **پشتیبانی تصمیم‌گیری و کنترل ترافیک:** در این بخش از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند مربوط به خدمات هوشمند عمومی است که می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود؛

الف) رمپ مترینگ: در بخش زیرساخت، سیستم کنترل رمپ جریان وسایل نقلیه ورودی به بزرگراه را به وسیله یک چراغ راهنمایی که در محل ورودی رمپ نصب شده و برای دوره زمانی کوتاهی سبز و اجازه عبور تعداد محدودی از وسایل نقلیه در یک زمان را فراهم می‌کند، کنترل می‌شود. هدف این سیستم حفظ ظرفیت وسایل نقلیه زیر حد اشباع و ایجاد فاصله بین وسایل نقلیه برای حفظ روانی ترکیب خودروهای ورودی از رمپ و جریان ترافیک بزرگراه است. از طریق الگوریتم‌های کامپیوتری، فاز سبز چراغ می‌تواند به عنوان تابعی از یک یا چند شاخص (مثل جریان ترافیک در بالادست و پایین‌دست، فاصله خالی ترافیکی در باند کندرو و طول صف در رمپ و خیابان‌های فرعی است) تعیین شود.

ب) کنترل هماهنگ ترافیک: کنترل هماهنگ ترافیک در درون یک محدوده شهری یا منطقه‌ای بزرگ توسط مرکز کنترل ترافیک انجام می‌شود که در آن اطلاعات ترافیکی معمولاً در یک تابلوی نمایشی بزرگ نشان داده خواهد شد. کد رنگی می‌تواند در تابلوی نمایشی ترافیک برای نشان دادن درجه ازدحام یا وقوع حوادث به کار رود. اپراتورها کلیه این اطلاعات را مشاهده نموده و می‌توانند تابلوهای پیام متغیر، چراغ‌های راهنمایی و غیره را از طریق رابط‌های کاربری گرافیکی فعال کنند.

ج) اعزام ناوگان برای جابجایی مسافر: اپراتورها با رانندگان وسایل نقلیه شخصی ارتباط صوتی یا داده‌ای برقرار کرده و برای انتخاب مسیرهای معینی جهت افزایش سوار و پیاده کردن مسافر، جهات حرکتی و توصیه‌های دیگری ارائه می‌دهند. تمامی این فعالیت‌ها با کمک نرم‌افزار مخصوص پشتیبانی حمل‌ونقل برای بهینه‌سازی کارایی و به حداقل رساندن هزینه انجام می‌شود.

د) هدایت مسیر و ناوبری: جدیدترین پایانه‌های راهنمای مسیر و ناوبری، نه تنها موقعیت وسایل نقلیه را نشان می‌دهند؛ بلکه داده‌هایی را درباره شرایط ترافیکی فعلی (به دست آمده از مرکز کنترل) نمایان می‌سازند که این داده‌ها به صورت نمادها و علامت‌هایی بر روی نقشه دیجیتالی نمایش داده می‌شود، با تعیین هر مبداء و مقصدی، نرم‌افزار بر مبنای اصول برنامه‌ریزی پویا مسیر بهینه را محاسبه می‌کند.

**۲-۴-۳. کنترل وسیله نقلیه:** در این بخش از سیستم‌های حمل و نقل هوشمند که مربوط به وسیله نقلیه شخصی و خدمات اختصاصی است می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود؛

الف) کنترل طولی: معمول‌ترین شناسگری که امروزه برای کنترل طولی خودروها به کار گرفته می‌شود، ابزارهای راداری و لیزری است که فاصله نسبی خودرو را با اندازه‌گیری فاصله از خودروی جلویی، فاصله میان وسایل نقلیه و موانع موجود در جاده، معین می‌کند. همچنین شناسگرهای صوتی و فراصوتی برای نقاط کور و هشدار مکمل به کار می‌روند. با بکارگیری این سیستم‌ها سرعت وسیله نقلیه به طور خودکار کاهش داده می‌شود تا سرفاصله ایمن را از خودروی جلویی حفظ کند و همچنین هنگامی که فاصله تا خودروی جلویی به میزان کافی افزایش یافت، دوباره سرعت را افزایش و تنظیم کند.

ب) کنترل جانبی: اصلی‌ترین نیاز برای کنترل جانبی خودرو حفظ مسیر است؛ حفظ مسیر حرکت خودرو در بین خطوط، معمول‌ترین روش برای تشخیص خط و حفظ مسیر از طریق پردازش تصویر خط‌کشی‌های خطوط یا لبه‌های جاده است. کنترل‌های تمام خودکار جانبی و طولی وسیله نقلیه در نهایت ممکن است تا حدی منجر به سیستم‌های راه خودکار گردد که با عنوان رانندگی بدون دخالت دست و پا تعریف می‌شود.

ج) محدودیت سرعت متغیر: محدودیت سرعت متغیر برای هر مسیر توسط مرکز کنترل ترافیک، با توجه به سطح ازدحام ترافیک نمایش داده می‌شود و اعمال قانون توسط دوربین‌هایی که می‌تواند شماره پلاک متخلفین را ثبت کند، صورت می‌گیرد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که این طرح در آرام‌سازی ترافیک، کاهش ازدحام، کاهش تصادفات، کاهش مصرف سوخت، کاهش آلودگی هوا و کاهش اضطراب راننده بسیار موفقیت آمیز بوده است.

### ۳-۵. پرداخت الکترونیکی

گسترش تکنولوژی هوشمند در زندگی انسان، اساس سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند است، انواع خدمات پرداخت الکترونیکی حمل‌ونقل، حذف توقف جهت پرداخت عوارض در مسیر، حذف پرداخت نقدی و پرداخت عوارض بر اساس میزان پیمایش مسیر با استفاده از انواع سیستم‌ها و تجهیزات در دسترس می‌باشد. در پرداخت الکترونیکی سیستم حمل‌ونقل موضوعاتی نظیر عملکردها، فن‌آوری‌ها، عوامل مکانی و زمانی پرداخت الکترونیکی حائز اهمیت هستند که بطور خلاصه هر کدام توضیح داده می‌شوند.

#### ۱-۵-۳. عملکردهای پرداخت الکترونیکی

این سیستم‌های پرداخت، امکان پرداخت هزینه خدمات حمل‌ونقل را به صورت الکترونیکی برای مسافران فراهم می‌کند، خدمات اصلی اخذ الکترونیکی کرایه، اخذ الکترونیکی عوارض، پرداخت الکترونیکی هزینه پارکینگ و ... را ارائه می‌دهد. اهداف اصلی EPS عبارتند از: کاهش هزینه، افزایش درآمد و افزایش رضایت کاربر است. کاهش هزینه و افزایش درآمد نه تنها از کاهش هزینه‌های کارگر در جمع‌آوری پول نقد و کنترل بدست می‌آید؛ بلکه از کاهش دزدی و تخلف، کاهش هزینه‌های واسط (کاغذ بلیت، برگه عبور و ...)، افزایش کارایی عملیاتی؛ به

علت کاهش زمان صرف شده در جمع‌آوری و محاسبه درآمد، افزایش توان عملیاتی و جمع‌آوری بهتر داده‌ها برای برنامه‌ریزی عملیاتی نیز به دست می‌آید. بسته به تمهیدات سازمانی، افزایش درآمد ممکن است از طریق تولید سود حاصل از پیش‌پرداخت (شناور) کاربران یا از درج نام تجاری بر روی کارت هوشمند برای پرداخت الکترونیکی نیز بدست آید.

منافع کاربر، تنها منحصر به کاهش زمان انتظار در هنگام پرداخت نمی‌شود، راحتی بیشتر در مقایسه با روشهای دیگر پرداخت (پول نقد، ارائه بلیت و ...)، کاهش هزینه‌های سوخت، کاهش آلودگی در محل عوارضی، افزایش مطلوبیت و محبوبیت، ساختار مناسب پرداخت عوارض برای مسافران روزانه و کم‌توان، اجرای آسان‌تر ارائه یارانه پارکینگ یا عوارض و ... از منافع دیگر سیستم پرداخت الکترونیکی برای کاربر است. از دید مشتریان، پس از ایجاد یک روش پرداخت الکترونیکی گسترده چون کارت هوشمند، بهتر است از آن برای سایر خدمات مربوط به حمل‌ونقل چون پرداخت هزینه سوخت در ایستگاه‌های خدماتی و حتی خدمات غیرحمل‌ونقلی نیز استفاده کنند.

## ۲-۵-۳. فناوری‌های پرداخت الکترونیکی

معمول‌ترین گزینه‌های سخت‌افزاری برای سامانه پرداخت الکترونیکی در بخش ارتباط با کاربران؛ کارت هوشمند، فرستنده خودکار و تلفن همراه می‌باشند.

الف) کارت هوشمند: برای پرداخت در معاملاتی ایده‌آل است که اغلب به صورت نقدی انجام می‌شود و برخی از آنها عبارتند از: تماس‌های تلفنی، کرایه‌های پارکینگ، کرایه حمل‌ونقل همگانی، خریدهای کوچک و عوارض جاده‌ای. این کارت تقریباً در اندازه و شکلی شبیه کارت‌های اعتباری مرسوم است و یک تراشه مدار یکپارچه درون آن نصب شده است که صدها بار بیشتر نسبت به کارت‌های مغناطیسی توانایی انتقال داده را دارد. دو نوع مجزا و متفاوت از کارت‌های هوشمند به شرح ذیل وجود دارد:

۱) کارت هوشمند تماسی؛ که به تماس فیزیکی با قرائت‌گر نیاز دارد تا یک تراکنش را بررسی و از انتقال مطمئن داده‌ها میان کارت قرائت‌گر مطمئن شود.

۲) کارت هوشمند غیرتماسی؛ که تنها نیاز دارند در محدوده‌ای معین نزدیک به قرائت‌گر قرار گیرند تا فرآیند تراکنش صورت پذیرد. کارت‌های غیرتماسی به علت افزایش ظرفیت پذیرش، مورد توجه متولیان و کاربران حمل‌ونقل همگانی قرار گرفته است.

ب) فرستنده خودکار (تگ): که به نام برچسب الکترونیکی (tag) نیز شناخته می‌شود به عنوان بخشی از سیستم پرداخت الکترونیکی دارای سه بخش اصلی: فرستنده خودکار، قرائت‌گر و سیستم رایانه‌ای برای پردازش و ذخیره داده‌ها است.

فرستنده خودکار که کمی بزرگتر از اندازه سطح کارت‌هاست معمولاً در اخذ عوارض نیز به وسیله نقلیه متصل می‌شود که به فناوری RFID (شناسایی فرکانس رادیویی) مبتنی است هنگامی که فرستنده خودکار از منطقه قرائت می‌گذرد (منطقه‌ای که حاوی سیگنال قرائت‌گر است)، سیگنال را شناسایی کرده و اطلاعات شناسایی (خودرو) را به قرائت‌گر ارسال می‌کند. قرائت‌گر اطلاعات را برای پردازش به سیستم رایانه‌ای ارسال می‌کند. فرستنده‌های خودکار فعال دارای باتری جهت تأمین نیروی مدار داخلی و ارسال اطلاعات هستند. بیشتر فرستنده‌های خودکار، برای ارسال داده به اداره پشتیبانی و برای تسویه حساب به قرائت‌گرها متکی هستند. البته بعضی از فرستنده‌های جدید در درون خود شیارهایی برای کارت‌های هوشمند داشته که پرداخت الکترونیکی فوری را از طریق کارت هوشمند ممکن می‌سازد.

ج) تلفن‌های همراه: پتانسیل تبدیل شدن به بخش اصلی سامانه پرداخت الکترونیکی را دارند که تاکنون به طور گسترده‌ای در محیط اینترنت برای کاربران در رایانه‌های شخصی‌شان اجرا شده است. این مطلب بدین علت است که تلفن‌های همراه نیز حاوی یک تراشه مدار یکپارچه مانند کارت‌های هوشمند هستند و بر این اساس می‌توانند عملکرد یکسانی را داشته باشد. بعضی از تلفن‌های همراه از کارت هوشمند به عنوان یک ابزار ذاتی و اصلی برای خود استفاده می‌کنند. این تراشه (chip) یا کارت هوشمند که درون تلفن قرار می‌گیرد حاوی اطلاعات مربوط به کاربر مانند اطلاعات شناسایی، دفترچه تلفن، اطلاعات درباره صورت حساب و ... خواهد بود. بنابراین تلفن‌های





همراه می‌توانند به عنوان یک وسیله پرداخت الکترونیکی به کار روند. همچنین می‌توان به عنوان ابزاری واسط برای دسترسی به اینترنت جهت خرید کالا و خدمات استفاده کرد.

### ۳-۵-۳. عوامل مکانی در پرداخت

به‌منظور کاهش هزینه‌ها و ارتقاء فناوری، گزینه‌های جدید برای سامانه پرداخت الکترونیکی بر اساس زمان و مکان ظهور یافته است. امکان تعیین کرایه‌هایی که باید از یک وسیله‌نقلیه (و به طور تئوریک افراد) اخذ شود در صورتی ممکن است که زمان و مکان وسیله‌نقلیه یا شخص بتواند به درستی تعیین و کنترل شود. در ترکیب با فناوری توزین در حال حرکت (WIM) جمع‌آوری عوارض از وسایل نقلیه سنگین متناسب با مسافت طی شده یا مسافت - وزن، می‌تواند به طور خودکار صورت گیرد.

### ۴. نتیجه‌گیری

بهره‌گیری از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند علاوه بر افزایش ایمنی راننده، سرنشینان، وسیله نقلیه، کالا و مسافر باعث افزایش بهره‌وری از خدمات خواهد شد، همچنین کاهش هزینه‌های سوخت، ماشین‌آلات، نگهداری و تجهیزات می‌گردد. داده‌های جمع‌آوری شده از صنعت حمل‌ونقل به کمک فن‌آوری‌ها و تکنولوژی، چارچوب اصلی سیستم حمل‌ونقل هوشمند را تشکیل می‌دهند که در دو سطح مدیریت کنترل ترافیک و راهبری مناسب‌تر وسیله نقلیه موجب تغییرات اساسی در حمل‌ونقل ایمن و کارا خواهد شد. برنامه‌ریزی سازمان‌های مرتبط حمل‌ونقل و شهرداری‌ها در تحلیل و مدل‌سازی، مدیریت شرکت‌های حمل‌ونقل کالا و مسافر بر ناوگان تحت پوشش خود، کنترل و نظارت پلیس بر راه‌ها و جاده‌ها، افزایش امکانات امداد و نجات، بهینه‌سازی خدمات محاسبه و اخذ عوارض حمل‌ونقل، کاهش اثرات مخرب زیست محیطی، کاهش خطرات ناشی از تصادفات و ده‌ها مزایای دیگر باعث خواهد شد که در مسیر حمل‌ونقل هوشمند گام‌های موثرتر و سرعت بیشتر حرکت نمود.

زندگی آینده بر مبنای بهره‌وری حداکثری از تکنولوژی خواهد بود، کشورهایی که بیشترین هماهنگی با فن‌آوری روز دنیا را دارند علاوه بر آرامش و امنیت برای شهروندان در راستای کاهش هزینه‌ها و حفظ محیط زیست گام‌های موثرتری برمی‌دارند، همچنین سهم به‌سزایی در تبادل داده‌ها و اطلاعات در تمام عرصه‌ها مخصوصاً حمل‌ونقل خواهند داشت.

### منابع

- [1] امیری خدابخش، ۱۳۹۹. ساماندهی و مدیریت ترافیک شهری با کمک سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، نشریه معماری شناسی، ۱۷، ۳
- [2] رضا پویا، مهرنوش بسته نگار و آرزو مکرمی. ۱۴۰۱. تکنولوژی حمل و نقل هوشمند؛ راهبرد مواجهه با چالش‌های اساسی این بخش. فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، ۲۰، ۹۴
- [3] شهریار افندی‌زاده و سید ابراهیم عبدالمنافی، ۱۳۹۹. تحلیل سیستم حمل‌ونقل و مدل‌های اقتصادی-اجتماعی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران
- [4] Juan Guerrero-Ibáñez, Sherali Zeadally and Juan Contreras-Castillo., 2018, Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems
- [5] Ehsan Moradi-Pari, Danyang Tian, Mojtaba Bahramgiri, Samer Rajab and Sue Bai., 2021. Empirical Performance Analysis of Direct Vehicular Communication Technologies



## فرصت‌ها و چالش‌های هوش مصنوعی در گسترش ارتباطات میان فرهنگی

سید محمد علی مرتضوی شاهرودی

دانشجوی کارشناسی ارشد علوم ارتباطات اجتماعی، دانشکده دین و رسانه، دانشگاه صداوسیما، قم، ایران. طلبه سطح سه، هنر و رسانه، حوزه علمیه قم

### چکیده

هوش مصنوعی در زمان فعلی درگیر چالش‌های جدیدی می‌باشد و صحبت از فرصت‌ها و چالش‌های آن از مسائل مهم است؛ اما مساله‌ای که همه در آن توافق دارند این است که اثرگذاری هوش مصنوعی سریع و قدرتمند است. ارتباطات میان فرهنگی فرصتی هست که هوش مصنوعی میتواند نقش بسزایی در آن داشته باشد؛ در ابتدا باید دانست که ارتباطات میان فرهنگی هر نوع اطلاعات مبادله شده میان شخص گیرنده پیام و منبع انتقال دهنده پیام است، که ویژگی‌های متفاوتی از فرهنگ دریافت کننده پیام دارد، به عبارت دیگر ارتباطات میان فرهنگی یک فرایند نمادین است که در آن مردم با فرهنگ‌های مختلف معانی مورد نظر خود را به اشتراک می‌گذارند، البته لازم به ذکر است که مقصود ما از ارتباطات میان فرهنگی فراتر از دیپلماسی فرهنگی است، دیپلماسی فرهنگی بیشتر شامل فعالیت‌های فرهنگی رسمی میان دولت‌ها است که در آن فرهنگ خود را در قالب‌های رسمی ارائه می‌کنند، یا اجازه چنین فعالیتی را به طرف مقابل می‌دهند، در حالی که ارتباطات میان فرهنگی علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی رسمی دولت‌ها، شامل فعالیت‌های فرهنگی موسسات و نهادهای خصوصی و غیر دولتی نیز میشود. پس با توجه به پیشرفت روزافزون فناوری، هوش مصنوعی در گسترش ارتباطات دینی میان فرهنگ‌ها نقش بسزایی داشته است، با این حال، استفاده نامناسب و نادرست از هوش مصنوعی یا گزندهایی که برخی از این طریق می‌خواهند به ارتباطات میان فرهنگی که در راستای دین برسانند، می‌تواند تأثیرات منفی بر ارتباطات میان فرهنگی داشته باشد، مانند ساخت و پخش محتوایی که باعث اختلاف فرهنگی و دینی مردم و ملت‌ها بشود. در این میان باید ذکر شود که داشتن هوش مصنوعی بومی در این راستا میتواند بسیار مثرم ثمر باشد. در این پژوهش با روش کیفی کتابخانه‌ای و تحلیل مضمون می‌خواهیم فرصت‌ها و چالش‌های هوش مصنوعی را بررسی کرده و ببینیم چه تأثیری بر گسترش ارتباطات میان فرهنگی در راستای اهداف دینی خواهد گذاشت که با دانستن این موارد میتوان با مدیریت بهتر هوش مصنوعی، در ابتدا باعث بهبود این روابط شده و بعد از آن بتوانیم بهترین استفاده را از این ارتباطات داشته و مانع از تهدیدهای موجود در مسیر دین بشویم.

کلمات کلیدی: فرصت‌ها، چالش‌ها، هوش مصنوعی، ارتباطات میان فرهنگی، دین



## ۱. مقدمه

برای ارتباط موثر در مناسک دینی باید با فرهنگ‌های مختلف آشنا بود و بدون در نظر گرفتن آداب و رسوم، عقاید و فرهنگ‌ها ارتباط کامل صورت نمی‌گیرد، هوش مصنوعی به عنوان یک بستر مناسب برای گسترش ارتباطات میان فرهنگی این قدرت را دارا می‌باشد که بتواند با فرهنگ‌های مختلف را با هم آشنا کند و ارتباطات میان فرهنگی را در مسیر مناسب خود قرار دهد. اما نکته مهم این است که باید دانست هوش مصنوعی در این مسیر دارای فرصت‌ها و چالش‌های بسیاری است که بدون توجه به آنها نمیتوان استفاده درست را از ارتباطات میان فرهنگی داشت و در این مسیر حتماً درگیر اختلال‌هایی خواهد شد، پس این پژوهش علاوه بر بیان ضرورت استفاده از هوش مصنوعی در گسترش ارتباطات میان فرهنگی در بیان آن است که با فرصت‌ها و چالش‌های آن آشنا شده و بتوان بهترین استفاده را از این ارتباطات در فضای محتوای دینی داشت. شناخت فرصت‌ها و چالش‌های هوش مصنوعی بر گسترش ارتباطات میان فرهنگی یکی از اقدامات مهم در رویکردهای دینی است که ابتدا باید این فرصت‌ها و چالش‌ها را شناخت و بعد از آن دست به اقدام زد. ارتباطات میان فرهنگی به عنوان مبادله اندیشه‌ها، معانی و کالاهای فرهنگی میان مردمانی از فرهنگ‌های مختلف، بین آن دسته از مردم جریان می‌یابد که ادراکات فرهنگی و نظام‌های نمادی‌شان به اندازه کافی مجزا باشند. در این گونه از ارتباط، اساساً یا بین دو طرف، هیچ گونه علقه فرهنگی وجود ندارد و یا طرفین دارای پیوندهای فرهنگی ضعیفی هستند. همچنین ارتباطات میان فرهنگی دارای ابعاد و مؤلفه‌هایی است که عبارت‌اند از: ادراک، فرایندهای کلامی، فرایندهای غیرکلامی و فرهنگ (مجاور شیخان، ۱۴۰۰: ۱۹۱). این پژوهش می‌تواند در شناخت بهتر نقش هوش مصنوعی بر گسترش ارتباطات میان فرهنگی کمک کند. این پژوهش به دنبال بر شمردن فرصت‌ها و چالش‌های هوش مصنوعی بر گسترش ارتباطات میان فرهنگی حاصل از تماس فرهنگی و دینی مردم است، بنابراین در ابتدا با مطالعه کتب مربوطه به صورت کتابخانه‌ای، چارچوب نظری مورد نظر برای پژوهش ایجاد شده و به صورت کیفی با روش تحلیل مضمون به بررسی مطالب پرداخته خواهد شد.

## پیشینه تحقیق

مرور بر پژوهش‌های پیشین و بررسی ادبیات موضوع از ضروریات اصول تحقیق است، همچنین پژوهشگر را در مسیر تحقیق یاری میرساند و موجب آشنایی وی با مشکلات چگونگی انجام کار می‌نماید، همچنین کمک کار محققانی که در آینده قصد تحقیق در زمینه موضوع مربوطه را دارند می‌گردد.

مجاور شیخان (۱۴۰۰) در مقاله «رسانه ملی و توسعه ارتباطات میان فرهنگی: بررسی مؤلفه‌های مؤثر بر هم‌افزایی رسانه‌ای» در زمینه نقش رسانه ملی در توسعه ارتباطات میان فرهنگی از روش تحقیق کاربردی-توسعه‌ای و روش مطالعه توصیفی-تحلیلی استفاده کرده و داده‌های خود را از طریق مصاحبه عمیق و تکنیک دلفی جمع‌آوری کرده است. پژوهشگر به این نتیجه رسیده است که رسانه ملی باید باز تعریف مفهوم قوم‌گرایی، افزایش سرمایه اجتماعی و فرهنگی، ارائه مشترکات فرهنگی و نمایش ندادن تعارضات میان فرهنگی را به عنوان کارکردهای خود در نظر بگیرد.

عبدالله تبار (۱۳۹۶) در مقاله «بررسی تأثیر شبکه‌های مجازی بر تحول ارتباطات میان فرهنگی» در زمینه تأثیر شبکه‌های مجازی بر تحول ارتباطات میان از روش تحقیق کاربردی-توسعه‌ای و توصیفی-تحلیلی استفاده کرده و داده‌های خود را از طریق پرسشنامه جمع‌آوری کرده است. پژوهشگر به این نتیجه رسیده است که شبکه‌های مجازی بر تحول عقاید، آداب و رسوم و هویت اجتماعی افراد تأثیر مثبت دارند و آداب و رسوم بیشترین تحول را پذیرفته‌اند.

در مقاله دیگر خروشی و دیگران (۱۳۹۵) به بررسی معیارهای اخلاق اسلامی در فرآیند پژوهش‌های علوم انسانی از مرحله طراحی و اجرا تا مرحله نتیجه‌گیری و انتشار یافته‌های پژوهش می‌پردازد و با استناد به اسناد و مدارک مکتوب دینی و پژوهشی، هشت محور شامل تعیین موضوع، پژوهشگر، بیان مسأله پژوهش، آزمودنی‌ها، فرآیند پژوهش، داده‌ها و اطلاعات پژوهش، یافته‌های تحقیق و تدوین و انتشار آنها را



ارائه می‌دهد. آن‌ها نشان می‌دهند که پژوهش‌های آموزشی باید زیر نظر کمیته‌های اخلاق پژوهش انجام شوند و پژوهشگران آموزشی ملزم به رعایت دستورالعمل‌های حرفه‌ای باشند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که دین اسلام به رعایت اصول اخلاقی در تمامی مراحل پژوهش از طراحی تا انتشار توجه ویژه داشته است و معیارهای اخلاقی متناسب با هر مرحله را مشخص می‌کند.

## ارتباطات میان فرهنگی

ارتباطات میان فرهنگی یک مفهوم علمی است که به بررسی ارتباطات میان افراد و گروه‌هایی که دارای فرهنگ‌ها، زبان‌ها، ارزش‌ها، باورها و الگوهای رفتاری متفاوت هستند می‌پردازد. این مفهوم اهمیت زیادی در عصر جهانی شدن و تعاملات بین‌المللی دارد و می‌تواند به افزایش درک متقابل، حل منازعات، همکاری و توسعه کمک کند.

ارتباطات میان فرهنگی دارای چندین کارکرد است که عبارتند از:

تبادل و ترجمه کتاب، نمایش فیلم، تولید برنامه‌های رادیویی و تلویزیونی به زبان مقصد، موسیقی، رسانه‌های اجتماعی، اعزام تیم‌های ورزشی، جذب توریست، اعطای بورسیه‌های تحصیلی آموزش و ترویج زبان ملی شرکت در کنفرانس‌های علمی، تبادل استاد و دانشجو میان دانشگاه‌ها و موسسات علمی و تحقیقاتی و برگزاری نمایشگاه‌های مختلف فرهنگی از جمله در زمینه آداب و رسوم مردم یک کشور در کشور میزبان اشاره کرد (جمشیدی و سلطانی نژاد و بیات، ۱۳۹۵: ۴۶).

ارتباطات میان فرهنگی به مطالعه و تحلیل ارتباطات میان افراد و گروه‌های دارای فرهنگ‌های متفاوت می‌پردازد. این مفهوم به بررسی چگونگی تأثیر فرهنگ بر ارتباطات و چگونگی برقراری ارتباط مؤثر میان فرهنگی می‌انجامد. ارتباطات میان فرهنگی یک مفهوم میان رشته‌ای است که به بررسی تعاملات میان افراد و گروه‌های دارای فرهنگ‌های متفاوت می‌پردازد. این مفهوم از دیدگاه‌ها و روش‌های مختلفی مانند انسان‌شناسی، مطالعات فرهنگی، زبان‌شناسی، روان‌شناسی و ارتباطات استفاده می‌کند. این مفهوم همچنین اهمیت زیادی در زمینه‌هایی مانند تجارت بین‌الملل، روابط بین‌الملل، آموزش، سلامت، مهاجرت و غیره دارد. ارتباطات میان فرهنگی می‌تواند موجب افزایش درک متقابل، احترام، همکاری و صلح میان فرهنگ‌ها شود. مثلاً ارتباط بین فرهنگ عرب و ایرانی چنان است که در عین تأثیرگذاری زبان عرب در فرهنگ ایرانی، اعراب نیز بسیاری از آیین‌های پارسیان را (همچون عید نوروز). به جا می‌آوردند (مرادیان، ۱۳۵۴: ۶۶۱)، به همین ترتیب در رمان‌های یگانه برنده عرب زبان نوبل ادبیات، نجیب محفوظ، آثار و نشانه‌هایی از ادب صوفیان شاعران بزرگ ایرانی مانند حافظ، عطار و مولوی دیده می‌شود. البته با همه قربت‌ها و اشتراکات فرهنگی شناخت فرهنگی در خوری بین تمدن ایرانی و عربی - اسلامی شکل نگرفته است. به طوری که در بین ایرانیان در استانهای جنوبی آیین‌ها و رسوم عربی متداول است و در بین کشورهای حاشیه خلیج فارس رنگ و بوی رسوم ایرانی را به وضوح می‌توان دید (فرقانی، ۱۳۹۶: ۱۹۷).

ارتباطات میان فرهنگی مؤثر دارای عناصری است که برای یک ارتباط مؤثر باید به آنها را شناخت، این عناصر ارتباط بین فرهنگی عبارتند از: ۱- ادراک ۲- فرایندهای کلامی ۳- فرایندهای غیرکلامی ۴- فرهنگ: این عنصر، موقعیت رویداد ارتباطی را تحت تأثیر قرار میدهد (لو و همکاران، ۱۳۸۶: ۸۱). همچنین ارتباطات میان فرهنگی دارای اشکال مختلفی است، و هر ارتباط میتواند زیر مجموعه یکی از این مسائل قرار بگیرد، شکل‌های ارتباط بین فرهنگی عبارتند از:

۱- ارتباط بین نژادی: ارتباط بین نژادی زمانی رخ میدهد که منبع و دریافت کننده از نژادهای متفاوت بوده و به تبادل پیام بپردازند.

۲- ارتباط بین قومی: معمولاً گروه‌های قومی، جوامع خود را در یک کشور یا فرهنگ شکل میدهند. این گروه‌ها دارای منشأ و میراث مشترکی هستند که برای تحت تأثیر قرار دادن اسامی خانوادگی، زبان، مذهب، ارزشها و مشابه این‌ها مناسب اند. زمانی که فرهنگ قومی این اقوام که از یک نژاد هستند، اما اصالت‌های قومی مختلف دارند، به همدیگر منتقل شوند، ارتباط بین قومی شکل میگیرد (فیاض و نادری، ۱۳۹۷: ۴۰). در این پژوهش از نظریات مختلفی استفاده شده است:

نظریه ی توانش ارتباطاتی کیم (۱۹۸۶)، که بر اساس آن شبکه‌های اجتماعی مجازی با ایجاد فرصت برای ارتباط با اعضای گروه غیر خودی در شبکه‌های اجتماعی فردی، بر توانش ارتباطاتی افراد با گروه غیر خودی تاثیر می‌گذارند.

نظریه هم فرهنگی، یک نظریه اجتماعی است که به بررسی روابط بین فرهنگ‌های مختلف در جامعه می‌پردازد. این نظریه بر این اصل تأکید دارد که فرهنگ‌های مختلف در جامعه، با یکدیگر در تعامل هستند و هم‌زمان تأثیر متقابلی بر یکدیگر دارند. بر اساس این نظریه، فرهنگ‌ها در جامعه، به صورت هم‌زیستی و در تعامل با یکدیگر، شکل می‌گیرند و هم‌زمان تأثیر متقابلی بر یکدیگر دارند.

نظریه کنش ارتباطی هابرماس، بر اساس این نظریه هر جا که از به کارگیری زبان قصدی جز برقراری ارتباط و فهم داشته باشیم، باکنش غیرارتباطی یا کنش استراتژیک روبه رو ایم، کنشی که در آن دعوی قدرت یا دعوی کارایی جای دعوی اعتبار را گرفته و ارتباط را تحریف کرده است (نوری، ۱۳۹۹: ۲۴۸).

باید توجه داشت که ارتباطات میان فرهنگی و ارتباطات بین فرهنگی دو زیرشاخه از مطالعات ارتباطات فرهنگی هستند که به بررسی چگونگی تعامل و ارتباط افراد از فرهنگ‌های مختلف می‌پردازند. این دو مفهوم از نظر تعریف، هدف، رویکرد و نتایج با یکدیگر تفاوت دارند. ارتباطات میان فرهنگی به تعامل، ارتباط و روابط بین افراد از فرهنگ‌های مختلف اشاره می‌کند. این نوع ارتباط به تبادل ایده‌ها، نرم‌های فرهنگی و توسعه روابط عمیق می‌پردازد. ارتباطات بین فرهنگی به مقایسه سبک‌های ارتباطی در فرهنگ‌های متفاوت اشاره می‌کند. این نوع ارتباط به بررسی تفاوت‌ها، شباهت‌ها، تاثیرات و تطابقات میان فرهنگ‌ها می‌پردازد. ارتباطات میان فرهنگی به دنبال ایجاد درک، اعتماد، همدلی و همکاری بین افراد از فرهنگ‌های مختلف است. این نوع ارتباط به تغییر فردی و گروهی منجر می‌شود. ارتباطات بین فرهنگی به دنبال شناخت، تحلیل، تفسیر و ارزیابی سبک‌های ارتباطی در فرهنگ‌های مختلف است. این نوع ارتباط به تولید دانش و نظریه منجر می‌شود ارتباطات میان فرهنگی از یک رویکرد تعاملی و تجربی استفاده می‌کند. این نوع ارتباط بر اساس اصول و ارزش‌های فرهنگی مشترک و یا متقاطع ساخته می‌شود. ارتباطات بین فرهنگی از یک رویکرد توصیفی و تحلیلی استفاده می‌کند. این نوع ارتباط بر اساس مفاهیم و مدل‌های نظری و یا تجربی ساخته می‌شود. ارتباطات میان فرهنگی به افزایش توانایی‌های ارتباطی، تنظیم خود، مذاکره هویت، توسعه شبکه‌های ارتباطی و تطبیق با فرهنگ ناشناخته منجر می‌شود. ارتباطات بین فرهنگی به ارائه راهکارها، راهنمایی‌ها، استراتژی‌ها و اصول برای ارتباط موثر با فرهنگ‌های مختلف منجر می‌شود (Gudykunst, 2003).

## هوش مصنوعی و ابعاد آن

هوش مصنوعی، عبارت است از توانایی ماشین برای اینکه بتواند رفتاری معادل با رفتار انسان را در مسائل خاص از خودش نشان بدهد. هوش مصنوعی موفق، کاربست تکنیک‌هایی است که شخص ناظر متوجه نشود که این خروجی را از سوی انسان دریافت می‌کند یا از جانب ماشین. اگر چنین چیزی محقق شود، می‌توانیم بگوییم هوش مصنوعی، کار خودش را به درستی انجام داده است (ریبئی زاده، ۱۴۰۰: ۲۹). هدف هوش مصنوعی نه تنها درک عملکرد هوشمندانه انسان و شبیه‌سازی آن است، بلکه در برخی موارد همچنین در بهبود و ارتقای عملکرد برخی از مهارت‌ها و قابلیت‌های انسانی در حوزه‌هایی مانند تصمیم‌گیری، تفکر استنتاجی و حل مسئله تلاش میکند (لطفی، ۱۴۰۲: ۵). هوش مصنوعی به شکل چشم‌گیری در طی چند دهه گذشته پیشرفت کرده است و بسیاری از دستاوردهای مهم را به دنیای ما ارائه داده است. برخی از پیشرفت‌های کلیدی در این زمینه عبارتند از: ۱. یادگیری عمیق ۲. شبکه‌های عصبی پیچشی ۳. یادگیری تقویتی ۴. هوش مصنوعی توسعه یافته ۵. الگوریتم‌های جدید هوش مصنوعی تحقیقات در زمینه هوش مصنوعی به ایجاد الگوریتم‌های جدید و مبتنی بر رویکردهای نوین منجر شده است. این الگوریتم‌ها ممکن است برای حل مسائل خاص با بهبود کارایی مدل‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی مورد استفاده قرار گیرند. این تکنیک‌ها و مفاهیم به صورت جمعی به پیشرفت‌های اخیر در زمینه هوش مصنوعی کمک کرده‌اند و نقش مهمی در توسعه کاربردهای متنوع این حوزه داشته‌اند. توجه به این پیشرفت‌ها و بروزرسانی‌های تازه در دنیای هوش مصنوعی بسیار مهم است (محمودزاده مجاوری، ۱۴۰۲: ۳).

## پیامدهای هوش مصنوعی

هوش مصنوعی با ارائه راهکارهای نوین و خلاقانه در زمینه‌های مختلف مانند یادگیری عمیق، یادگیری تقویتی، شبکه‌های عصبی و هوش مصنوعی توزیع شده، قابلیت‌های جدیدی را برای تشخیص الگوها، پردازش زبان طبیعی، تصمیم‌گیری هوشمند و پیش‌بینی فراهم می‌کند. این فناوری می‌تواند به افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها، ارتقاء سطح آموزش و بهبود سلامت مردم کمک کند. هوش مصنوعی با قابلیت‌های جدید خود زندگی اجتماعی را دچار چالش‌هایی کرده است از جمله:

۱. آثار اجتماعی مسائل اخلاق هوش مصنوعی ۲. دسترسی پذیری ۳. دموکراسی و حقوق شهروندی. هوش مصنوعی غیر اخلاقی می‌تواند منجر به چند پارگی حقایق و از بین رفتن اعتماد اجتماعی به این فناوری گردد. آسیب رساندن از این طریق به مجامع آگاه و و گروه‌های دارای اعتماد، قدرت دموکراسی را از بین می‌برد و تحقق حقوق شهروندی را با مشکلاتی مواجه خواهد کرد (منتصری، ۱۳۹۹:۶۴۵).
- همچنین خود هوش مصنوعی هم درگیر چالش‌هایی شده است از جمله: هوش مصنوعی یکی از حوزه‌های پیشرفته علم کامپیوتر است که در سال‌های اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. با پیشرفت تکنولوژی و افزایش قدرت محاسباتی هوش مصنوعی توانسته است در زمینه‌های مختلف پیشرفت‌های قابل توجهی را ایجاد کند اما همچنان چالش‌های بزرگی نیز در پیش رو دارد. برخی از این چالش‌ها عبارتند از ۱. کمبود داده‌های کیفی و متنوع: بسیاری از روش‌های هوش مصنوعی به داده‌های آموزشی کیفی و متنوع نیاز دارند تا بتوانند به درستی عمل کنند. ۲. تفسیر پذیری مدل‌ها: بسیاری از مدل‌های هوش مصنوعی به خصوص در یادگیری عمیق به صورت یک جعبه سیاه عمل می‌کنند و تصمیمات آنها برای انسان‌ها قابل تفسیر نیستند. ۳. ارتباطات بین دانشمندان دامنه‌های مختلف: هوش مصنوعی در بسیاری از موارد نیاز به ترکیب دانش‌های مختلف دارد. اما ارتباطات میان دانشمندان دامنه‌های مختلف همچنان محدود است که می‌تواند توسعه را کاهش دهد. ۴. عدم توانایی در تفکیک علت و معلولیت: بسیاری از مدل‌های هوش مصنوعی می‌توانند الگوهای پیدا کنند و پیش‌بینی‌های خوبی ارائه دهند، اما اغلب نمی‌توانند به دلیل عدم درک علت و معلولیت تفسیر دقیقی از اینکه چرا یک رخداد رخ داده است ارائه دهند. ۵. کنترل و تاثیر بر تصمیم‌گیری‌های مدل‌ها: مدل‌های هوش مصنوعی در برخی موارد ممکن است تصمیم‌هایی اتخاذ کنند که با ارزش‌ها و مقاصد انسانی مغایرت داشته باشند. به عبارت دیگر چگونگی کنترل و تنظیم تصمیم‌گیری‌های این مدل‌ها یک چالش مهم است. ۶. اخلاقیات و تاثیرات اجتماعی: استفاده از هوش مصنوعی در بسیاری از زمینه‌ها می‌تواند تاثیرات اجتماعی و اخلاقی جدیدی را به دنبال داشته باشد. مسائلی مانند حفظ حریم خصوصی، تبعیت از اصول اخلاقی و تأثیرات اقتصادی از جمله چالش‌های این حوزه هستند (محمودزاده مجاوری، ۱۴۰۲: ۴).

بعد از شناخت هوش مصنوعی، ابعاد و چالش‌ها این مساله دریافت شد که با توجه به قدرت هوش مصنوعی در تولید، تحلیل و انتشار متن، چه فرصت‌ها و چالش‌هایی در گسترش ارتباطات میان فرهنگی دارد.

## چالش‌های هوش مصنوعی

هوش مصنوعی با ارائه راهکارهای نوین و خلاقانه در زمینه‌های مختلف مانند یادگیری عمیق، یادگیری تقویتی، شبکه‌های عصبی و هوش مصنوعی توزیع شده، قابلیت‌های جدیدی را برای تشخیص الگوها، پردازش زبان طبیعی، تصمیم‌گیری هوشمند و پیش‌بینی فراهم می‌کند. این فناوری می‌تواند به افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها، ارتقاء سطح آموزش و بهبود سلامت مردم کمک کند. هوش مصنوعی با قابلیت‌های جدید خود زندگی اجتماعی را دچار چالش‌هایی کرده است از جمله: ۱. تغییر شغل و بی‌کاری. ۲. دسترسی پذیری. ۳. دموکراسی و حقوق شهروندی. هوش مصنوعی می‌تواند منجر به چند پارگی حقایق و از بین رفتن اعتماد اجتماعی به این فناوری گردد. آسیب رساندن از این طریق به مجامع آگاه و و گروه‌های دارای اعتماد، قدرت دموکراسی را از بین می‌برد و تحقق حقوق شهروندی را با مشکلاتی مواجه خواهد کرد (منتصری، ۱۳۹۹:۶۴۵).



همچنین خود هوش مصنوعی هم درگیر چالش‌هایی شده است از جمله

۱. کمبود داده‌های کیفی و متنو ۲. تفسیر پذیری مدل‌ها ۳. ارتباطات بین دانشمندان دامنه‌های مختلف ۴. عدم توانایی در تفکیک علت و معلولیت ۵. کنترل و تاثیر بر تصمیم‌گیری‌های مدل‌ها ۶. اخلاقیات و تاثیرات اجتماعی: استفاده از هوش مصنوعی در بسیاری از زمینه‌ها می‌تواند تاثیرات اجتماعی و اخلاقی جدیدی را به دنبال داشته باشد. مسائلی مانند حفظ حریم خصوصی، تبعیت از اصول اخلاقی و تأثیرات اقتصادی از جمله چالش‌های این حوزه هستند (محمودزاده مجاوری، ۱۴۰۲: ۴) بعد از شناخت هوش مصنوعی، ابعاد و چالش‌ها به این مساله میرسیم که با توجه به قدرت هوش مصنوعی در تولید، تحلیل و انتشار متن، هوش مصنوعی چه تأثیری بر تبلیغ دین می‌گذارد.

### الف - هوش مصنوعی و ارتباطات میان فرهنگی

هوش مصنوعی یکی از پیشرفت‌های بزرگ علم و فناوری در قرن بیست و یکم است که در بسیاری از زمینه‌ها از جمله ارتباطات میان فرهنگی تأثیرگذار است. ارتباطات میان فرهنگی به معنای تبادل اطلاعات و مفاهیم بین افراد و گروه‌هایی است که از فرهنگ‌های متفاوت هستند (سمون، ۲۰۱۳). با توجه به رشد جمعیت، گسترش رسانه‌ها و فناوری‌های ارتباطی، تعاملات میان فرهنگی در جهان امروز اهمیت بیشتری یافته‌اند. برای ارتباط مؤثر در محیط‌های چندفرهنگی، نیاز به مهارت‌ها و دانش‌هایی است که به آن هوش فرهنگی گفته می‌شود. هوش فرهنگی به توانایی افراد برای شناخت، تفسیر و عمل در موقعیت‌های چندفرهنگی اشاره دارد (انگ و ون دایک، ۲۰۰۸). هوش مصنوعی می‌تواند در افزایش هوش فرهنگی و بهبود ارتباطات میان فرهنگی نقش مهمی ایفا کند.

یکی از فرصت‌های هوش مصنوعی در ارتباطات میان فرهنگی، تسهیل یادگیری زبان‌های خارجی است. زبان یکی از عناصر اصلی فرهنگ است و دانستن زبان یک فرهنگ می‌تواند در درک بهتر آن فرهنگ و برقراری ارتباط با افراد آن کمک کند. هوش مصنوعی می‌تواند با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق و پردازش زبان طبیعی، ابزارهایی را برای آموزش و ترجمه زبان‌های خارجی ارائه دهد. برای مثال، برنامه‌هایی مانند دولینگو و گوگل ترنسلیت که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، می‌توانند به کاربران کمک کنند تا زبان‌های جدید را یاد بگیرند یا متون را از یک زبان به زبان دیگر ترجمه کنند (کریستال، ۲۰۱۹). هوش مصنوعی به تحلیل و تفسیر زبان طبیعی می‌پردازد. با استفاده از این روش، سیستم‌های هوشمند قادر به تحلیل متون، تولید خودکار متن، ترجمه ماشینی، پرسش و پاسخ زبانی و سیستم‌های گفتاری هستند. این روش‌ها در ارتباط با انسان‌ها به صورت طبیعی و قابل فهم عمل می‌کنند و در زمینه‌هایی مانند تحلیل متن، خلاصه سازی و استخراج اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرند (لطفی، ۱۴۰۲: ۹)

یک فرصت دیگر هوش مصنوعی در ارتباطات میان فرهنگی، ارائه محتوای شخصی‌سازی شده و متناسب با فرهنگ مخاطبان است. با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی و تحلیل داده‌ها، سازمان‌ها می‌توانند الگوهای رفتاری مخاطبان را تحلیل کنند و پیش‌بینی‌هایی دربارهٔ علاقه‌ها و نیازهای آن‌ها داشته باشند. هوش مصنوعی توسعه یافته می‌تواند الگوها و ارتباطاتی را که اغلب برای انسان‌ها سخت قابل تشخیص هستند در داده‌ها شناسایی کنند، این قابلیت به پیش‌بینی رفتار مخاطبان کمک می‌کند (محمودزاده مجاوری، ۱۴۰۲: ۶). این اطلاعات می‌تواند در طراحی استراتژی‌های بهینه‌تر برای ارتباط با مخاطبان و تولید محتوای مورد نیاز استفاده شود. برای مثال، نتفلیکس که یک سرویس پخش آنلاین فیلم و سریال است، از هوش مصنوعی برای پیشنهاد محتوای متناسب با سلیقه و رفتار کاربران خود استفاده می‌کند. این سرویس همچنین می‌تواند محتوای خود را بر اساس فرهنگ و زبان کاربران تطبیق دهد و به آن‌ها امکان دسترسی به محتوای محلی و بین‌المللی را بدهد (گومز اورتیز و آلوارز، ۲۰۱۹).

یک فرصت دیگر هوش مصنوعی در ارتباطات میان فرهنگی، ایجاد فضاهای مجازی و واقعیت افزوده برای تجربه فرهنگ‌های مختلف است. هوش مصنوعی می‌تواند با استفاده از تکنولوژی‌هایی مانند واقعیت مجازی، فضاهای مجازی و واقعیت افزوده را برای تجربه فرهنگ‌های مختلف ایجاد کند. واقعیت افزوده از مزایای اشیای مجازی که در کنار محیط واقعی قرار گرفته‌اند، استفاده می‌کند. این محیط، می‌تواند یک

محیط ترکیبی معنادار برای آموزش تولید کند. علاوه بر این، واقعیت افزوده یک تکنولوژی غوطه‌وری است که بررسی مزایا و تأثیرات آن روی آموزش قابل تامل است. واقعیت افزوده می‌تواند یک سناریو آموزش را تولید کند. از واقعیت افزوده برای افزایش اطلاعات استفاده می‌شود (اشتری ماهینی، کلارستاقی ۱۳۹۵: ۴). این تکنولوژی‌ها می‌توانند به کاربران امکان دهند تا به صورت شبیه‌سازی شده، به مکان‌ها و رویدادهای فرهنگی مختلف سفر کنند، با افراد و گروه‌های متنوعی ارتباط برقرار کنند و از آداب و رسوم و ارزش‌های آن‌ها آگاه شوند. برای مثال، برنامه‌هایی مانند گوگل ارث ور و موزه‌های مجازی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، می‌توانند به کاربران کمک کنند تا به صورت سه بعدی و واقع‌گرایانه، به مکان‌های تاریخی و فرهنگی مانند برج ایفل، تاج محل، مسجد الحرام و غیره سفر کنند و از زیبایی و اهمیت آن‌ها بیاموزند (کیم و آل، ۲۰۱۹).

هوش مصنوعی با تمام چالش‌های موجود، نقش مهمی در گسترش ارتباطات میان فرهنگی دارد. از آن جهت که مرزهای زبانی برداشته شده، هنر معنای دیگری پیدا کرده، ساخت تصاویر آسان شده و هر کس با تولید محتوا می‌تواند با فرهنگ‌های مختلف هم صحبت بشود، و این می‌تواند امر تبلیغ و گسترش مسائل دینی را سهولت ببخشد، و فرهنگ‌ها را با فرهنگ‌های اسلامی آشنا کرد.

### نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر ارتباطات میان فرهنگی، فرصت‌ها و چالش‌های زیادی را در بر دارند. از یک سو، هوش مصنوعی می‌تواند به عنوان یک ابزار موثر برای انتقال و تبادل اطلاعات، ارزش‌ها، باورها و معانی میان افراد و گروه‌هایی با فرهنگ‌های مختلف، به تقویت و توسعه ارتباطات میان فرهنگی کمک کند. از طرف دیگر، هوش مصنوعی می‌تواند به عنوان یک عامل ناهمگون ساز و تفرقه‌انداز بر ارتباطات میان فرهنگی، باعث ایجاد تعارضات، سوء تفاهم‌ها، تنش‌ها و برهم خوردن هویت‌های فرهنگی شود. بنابراین، مدیریت صحیح و مناسب هوش مصنوعی برای حفظ و ارتقای ارتباطات میان فرهنگی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش، فرصت‌ها و چالش‌های هوش مصنوعی برای ارتباطات میان فرهنگی در راستای اهداف دینی مورد بررسی قرار گرفته است که از جمله فرصت‌های آن می‌توان ترجمه زبان، تحلیل فرهنگ و تولید محتوای در جهت گسترش ارتباطات میان فرهنگی نام برد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند در گسترش ارتباطات میان فرهنگ‌ها نقش مثبتی داشته باشد، از آن جهت که استفاده از هوش مصنوعی در راستای فرهنگ، زبان و ارزش‌های ملی و دینی می‌تواند موثر باشد و می‌تواند به کمک آن حقیقت‌ها را بهتر منعکس کرد.

با توجه به اینکه هوش مصنوعی یکی از پیشرفت‌های بزرگ علم و فناوری در قرن بیست و یکم است که می‌تواند در ارتباطات میان فرهنگی نقش مثبتی داشته باشد و همچنین می‌تواند با ارائه ابزارها و فضاهایی برای یادگیری زبان‌های خارجی، تولید محتوای شخصی‌سازی شده و تجربه فرهنگ‌های مختلف، به افزایش هوش فرهنگی و بهبود ارتباطات میان فرهنگی کمک کند، پیشنهاد می‌شود که مسئولان و مدیران مربوطه، به این فرصت‌ها و تهدیدها توجه کنند و با برنامه‌ریزی و اجرای استراتژی‌های مناسب، هوش مصنوعی را به عنوان یک ابزار مفید و مؤثر برای توسعه ارتباطات میان فرهنگی در راستای اهداف دینی به کار بگیرند. البته هوش مصنوعی نمی‌تواند جایگزین تعاملات انسانی واقعی شود و همچنان نیاز به توجه و احترام به تنوع و تفاوت‌های فرهنگی وجود دارد. هوش مصنوعی فقط یک ابزار است که می‌تواند در ارتباطات میان فرهنگی مفید باشد، اما مسئولیت نهایی بر عهده افراد و سازمان‌هایی است که از آن استفاده می‌کنند.





## منابع

- جمشیدی، محمد حسین؛ سلطانی نژاد، احمد؛ بیات، جلیل (۱۳۹۵). نقش ارتباطات میان فرهنگی در تصمیم کشورها به تنش زدایی. فصلنامه پژوهش‌های روابط بین‌الملل، دوره ششم شماره ۴. ۵۷-۳۵
- خانیک، هادی؛ زندیه، زهره؛ کیا، علی اصغر (۱۳۹۸). طراحی و ارزیابی الگوی کارکردهای متنوع شبکه‌های اجتماعی مجازی در ارتباطات میان فرهنگی قومی (مورد مطالعه: دانشجویان دانشگاه‌های تهران). مجله جهانی رسانه- زبان فارسی. دوره دوم شماره ۲۸. ۱۰۵-۷۷
- عبدالله تبار، هادی (۱۳۹۶). بررسی تاثیر شبکه‌های مجازی بر تحول ارتباطات میان فرهنگی. نشریه مطالعات آینده پژوهی و سیاستگذاری. دوره سوم شماره ۹. ۳۸-۳۲
- فرقانی، محمدمهدی (۱۳۹۶). رسانه‌ها و ارتباطات میان فرهنگی بین جهان ایرانی و جهان عربی. نشریه مطالعات روابط فرهنگی بین‌الملل، سال دوم شماره ۵، ۲۱۶-۱۹۱
- فیاض، ابراهیم؛ نادی، زینب (۱۳۹۸). نقش ارتباطات میان فرهنگی در کاهش چالش اسلام هراسی در دنیا. فصلنامه انجمن ایرانی مطالعات فرهنگی و ارتباطات، سال پانزدهم شماره ۵۵، ۶۱-۳۳
- مجاور شیخان، محمد (۱۴۰۰). رسانه ملی و توسعه ارتباطات میان فرهنگی: بررسی مولفه‌های موثر بر هم افزایی رسانه ای. فصلنامه پژوهش‌های ارتباطی. دوره ۲۸ شماره ۱۰۷. ۱۸۷-۲۰۹
- مرادیان، خدامراد (۱۳۵۴). روابط ایران و عرب تأثیر ایرانیان در آداب و رفتار اعراب پس از اسلام. مجله گوهر، سال چهارم شماره ۳۲
- نوری، مرتضی (۱۳۹۹). نقدی بر مبانی نظریه کنش ارتباطی در اندیشه یورگن هابرماس. پژوهشنامه علوم انسانی، دوره ۱۳ شماره ۲. ۲۶۵-۲۴۵
- خروشی، پوران؛ نصر، احمدرضا؛ خروشی، فروغ (۱۳۹۵). معیارهای اخلاق اسلامی در فرآیند پژوهش‌های علوم انسانی، فصلنامه پویا در آموزش علوم تربیتی و مشاوره، دوره دوم، ۶۶-۷۵
- ربیعی زاده، احمد (۱۴۰۰). کاربرد هوش مصنوعی در پژوهش‌های علوم انسانی، فصلنامه اطلاع رسانی، آموزشی و مطالعات رایانه ای علوم اسلامی، دوره بیستم، ۲۸-۳۷
- لطفی، هادی (۱۴۰۲). روند تحولات و تأثیرات اجتماعی هوش مصنوعی در آینده، اولین کنفرانس بین‌المللی روانشناسی علوم اجتماعی، علوم تربیتی و فلسفه، مازندران-بابل
- محمودزاده مجاوری، شروین (۱۴۰۲). پیشرفت‌ها و چالش‌های اخیر هوش مصنوعی؛ یک نگاه جامع به روند تحولات فعلی، نخستین همایش بین‌المللی دستاوردهای نوین در فناوری اطلاعات، علوم کامپیوتر، امنیت، شبکه و هوش
- منتصری، محمد مهدی (۱۳۹۹). اخلاق هوش مصنوعی: چالشها، الزامات و پیشنهادها، نخستین همایش ملی هوش مصنوعی و علوم اسلامی، دوره اول، شماره ۴، ۶۳۳-۶۵۴
- اشتری ماهینی، مریم؛ کلارستاقی، منوچهر (۱۳۹۵). هوش مصنوعی در فرایند یاددهی - یادگیری. اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی. ۹-۱

Ang, S., & Van Dyne, L. (2008). Cultural intelligence: Theory, research, and applications. London: Routledge.



Crystal, D. (2019). Artificial intelligence and language: Challenges and opportunities. Oxford: Oxford University Press.

Gómez Ortiz, L., & Álvarez, M. (2019). Artificial intelligence and communication: Challenges and opportunities for change. New York: Palgrave Macmillan.

Kim, K., & et al. (2019). Virtual reality and intercultural communication: Theory, research, and application. London: Routledge.

Londo Gudykunst, W. B. (Ed.). (2003). Cross-cultural and intercultural communication. Sage Publications n: Sage.

Samovar, R. (2013). Intercultural communication: An interdisciplinary approach.



## توسعه و بهبود عملکرد منابع انسانی با به کارگیری هوش مصنوعی در فرایند سازمانی

محسن حاجیان<sup>۱\*</sup>، امیر حاجیان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

<sup>۲</sup> دانشکده صنعت و معدن، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

*Mohsenhajian.eco@gmail.com*

### چکیده

در طی دهه‌های اخیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و به دنبال آن هوش مصنوعی پیشرفت‌های قابل توجهی داشته است. به دنبال پیشرفت‌های صورت گرفته، زمینه برای حضور هوش مصنوعی در فرایند سازمانی فراهم شده است. نفوذ هوش مصنوعی در فرایند سازمانی موجب کاهش هزینه و زمان شده و برنامه‌ریزی سازمانی را بهبود خواهد بخشید. در این پژوهش برای مطالعه کارکرد هوش مصنوعی در فرایند سازمانی و عملکرد منابع انسانی پرسشنامه‌ای توسط ۱۰۴ نفر از شاغلین و مدیران سازمان‌ها و شرکت‌های خصوصی شهر تهران تکمیل شده که نرخ آلفای کرونباخ ۰/۸۱۶ بوده است. میانگین سنی شرکت‌کنندگان ۲۹/۱ سال بوده که ۶۱/۱ درصد با هوش مصنوعی و کارکرد آن آشنایی داشته و ۷۵/۹ درصد نیز هوش مصنوعی را عامل بهبود کیفیت و کمیت فرایندسازمانی دانسته‌اند. نتایج پژوهش نشان داد که آگاهی و آشنایی با هوش مصنوعی با افزایش تحصیلات و سن به ترتیب افزایش و کاهش پیدا خواهد کرد. همچنین مشخص شد که هوش مصنوعی فرصتی برای بهبود عملکرد سازمان بوده و برای توسعه نیازمند زیرساخت و منابع فناوری اطلاعات و ارتباطات خواهد بود.

**واژه‌های کلیدی:** فناوری اطلاعات و ارتباطات، هوش مصنوعی، نیروی انسانی، فرایند سازمانی

## ۱. مقدمه

در طی پیشرفت‌های متعدد و سریع فناوری اطلاعات و ارتباطات در طی دهه‌های اخیر زمینه‌هایی با پیچیدگی و کارایی بالا فراهم شد. یکی از این دستاوردها و پیشرفت‌ها، هوش مصنوعی است که در طی چند سال اخیر توجه بسیاری را به خود جلب نموده است [۱، ۲]. هوش مصنوعی به سیستم و مجموعه فرایندهایی گفته می‌شود که فعالیت‌های شناختی وابسته به ذهن انسان را انجام می‌دهد. عملکرد هوش مصنوعی اخیراً نشان داده است که در بیشتر مواقع از ذهن انسان عملکرد بهتری دارد و حتی می‌تواند در بسیاری از مشاغل جهت بهبود عملکرد به کار گرفته شود [۳-۵]. هوش مصنوعی به صورت کلی به دو دسته قابل تقسیم خواهد بود:

الف) هوش مصنوعی قوی<sup>۱</sup>: به سیستم‌هایی گفته می‌شود که تا بیش از حد توان انسان توانایی درک، استدلال و تصمیم‌گیری‌های عقلانی بر اساس اطلاعات در دسترس را دارند [۶، ۷].

ب) هوش مصنوعی ضعیف<sup>۲</sup>: به سیستم‌هایی گفته می‌شود که برای یک کار مشخص و ثابت طراحی شده و محدوده عملکرد آنها در همان حیطه تعریف و تعیین گشته است [۸، ۹].

تاریخچه هوش مصنوعی به دهه ۱۹۵۰ میلادی بازمی‌گردد و به طور کلی می‌توان گفت که در مسیر پیشرفت فناوری‌های مرتبط با هوش مصنوعی، چندین مرحله پیشرفت قابل توجه وجود داشته است. در دهه ۱۹۴۰، آلن تورینگ (ریاضیدان و فیزیکدان بریتانیایی) به مفهوم ماشین‌های تورینگ پرداخت. او مفهوم ماشینی را که قادر به تکرار و اجرای الگوریتم‌های مشخص بود، مورد بررسی قرار داد. این مفهوم بعدها به عنوان اساس برای هوش مصنوعی استفاده شد [۱۰]. در دهه ۱۹۵۰، جان مک‌کارتی و ماروین منسکی پروژه شبکه عصبی اولیه را آغاز کردند. آنها به تحقیق در مورد ساخت مدل‌های ریاضی برای شبکه‌های عصبی و ارتباط آنها با یادگیری انسانی پرداختند. این تحقیقات اولین تلاش‌های جدی برای مدل‌سازی ریاضی فرآیندهای هوشمند بود. در دهه ۱۹۵۶، جان مک‌کارتی و ماروین منسکی به همراه هربرت سایمون تیمی را تشکیل دادند تا به مطالعه هوش مصنوعی بپردازند. آنها کنفرانسی را در دارتموث برگزار کردند که می‌توان آن را به عنوان آغاز رسمی علم هوش مصنوعی در نظر گرفت [۱۱-۱۳]. در دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، دو استاد دانشگاه کورنل به نام‌های فرنک روزنبلات و جان هوفیلد به بررسی مسائلی مانند توجیه منطقی و پردازش زبان طبیعی پرداختند. آنها به تحقیقاتی درباره سیستم‌های قادر به تصمیم‌گیری و استدلال مبتنی بر قوانین پرداختند و مفاهیم مربوطه را گسترش دادند [۱۴، ۱۵]. در دهه ۱۹۶۰، برنامه‌ای به نام "ELIZA" توسط جوزف وایزنبوم (دانشجوی دانشگاه MIT) ساخته شد. ELIZA یک برنامه ساده بود که قادر بود با کاربر به طور محدودی در مورد مشکلات روانشناسی صحبت کند و به نوعی تعاملات انسانی را شبیه‌سازی کند. این برنامه بسیار محبوب شد و نشان داد که با استفاده از الگوریتم‌های ساده می‌توان تعاملات انسانی را تا حدودی شبیه‌سازی کرد [۱۶، ۱۷]. در دهه ۱۹۷۰، تحقیقات در حوزه هوش مصنوعی به دلیل محدودیت منابع مالی و قدرت پردازشی محدود کاهش یافت. با این حال در این دوران الگوریتم‌های جدیدی مانند شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های ژنتیک در زمینه یادگیری ماشین و تکامل مصنوعی مورد بررسی و توسعه قرار گرفتند. در دهه ۱۹۸۰، با پیشرفت تکنولوژی و افزایش قدرت محاسباتی تمرکز بر روی هوش مصنوعی افزایش یافت. الگوریتم‌های پیشرفته‌تری مانند شبکه‌های عصبی عمیق و الگوریتم‌های یادگیری ماشین توسعه یافتند و کاربردهای گسترده‌تری را در زمینه‌هایی مانند پردازش زبان طبیعی، تشخیص تصویر و بازیابی اطلاعات داشتند. در دهه ۱۹۹۰، با ظهور اینترنت و افزایش دسترسی به داده‌های بزرگ تمرکز بر روی یادگیری ماشین و هوش مصنوعی افزایش یافت. الگوریتم‌های پیشرفته‌تری مانند شبکه‌های عصبی کانولوشنال و شبکه‌های عصبی بازگشتی رونق یافتند و در حوزه‌هایی مانند تشخیص الگو، ترجمه ماشینی و خودران‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. در طی چند سال اخیر نیز پیشرفت‌های چشمگیری صورت گرفته و دانش و زمینه‌های هوش مصنوعی با شتاب بیشتری نسبت به دهه‌های گذشته در حال رشد است [۱۸-۲۰].

<sup>1</sup> Artificial General Intelligence

<sup>2</sup> Artificial Narrow Intelligence

فرایند سازمانی، روندی از سلسله عملکردهای ساختار یافته در درون یک سازمان یا مجموعه هستند که سبب ایجاد محصولات یا خدمات می‌شوند [۲۱]. در طی سال‌های اخیر با پیشرفت در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات زمینه برای تولید کالا و خدمات با کیفیت و کمیت بیشتر فراهم شده است. سیستم‌های هوشمند و بر پایه فناوری سبب شده‌اند که بهره‌وری منابع انسانی رشد پیدا کند و نسبت به گذشته بهبود پیدا کند [۲۲، ۲۳]. امروزه شکل جدید فناوری به نام هوش مصنوعی در حال گسترش است که می‌تواند به مشابه سایر سطوح فناوری اطلاعات و ارتباطات سبب توسعه و بهبود عملکرد سازمان‌ها و شرکت‌ها شود. پیشرفت‌های اخیر هوش مصنوعی باعث شده که این دانش و روش در صنایع مختلف نفوذ پیدا کند و به کار گرفته شود. بدون شک یکی از زمینه‌هایی که هوش مصنوعی می‌تواند در آن نفوذ پیدا کرده و سبب بهبود بهره‌وری و عملکرد شود، فرایند سازمانی است؛ به همین علت در این پژوهش تلاش شده است که کاربرد و کارکرد هوش مصنوعی در فرایند سازمانی و عملکرد منابع انسانی مورد بررسی قرار بگیرد [۲۴، ۲۵].

## ۲. مبانی نظری

به کارگیری هوش مصنوعی در فرایند سازمانی به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم امکان‌پذیر خواهد بود [۲۶]. در شرایط و موقعیت‌هایی که سازمان‌ها نیازمند تصمیم‌گیری سریع و دقیق هستند از روش مستقیم استفاده می‌شود اما روش غیرمستقیم به مدیران سازمان در مراحل تحلیل و بررسی اطلاعات و تحلیل داده‌ها کمک می‌کند [۲۶، ۲۷]. به کارگیری مستقیم و غیرمستقیم هوش مصنوعی در فرایند سازمانی سبب افزایش بهره‌وری منابع انسانی خواهد شد؛ به عبارتی دیگر وظایف و برنامه‌ها در یک سازمان با استفاده از هوش مصنوعی در بازه زمانی کوتاه‌تر و با خطای کمتری محقق خواهند شد. به دنبال کاهش زمان و خطا، هزینه‌های سازمان کاهش پیدا خواهد کرد و در ادامه کاهش هزینه فرصتی برای سرمایه‌گذاری‌های بیشتر و توسعه خواهد بود. همچنین برنامه‌ریزی سازمانی با نفوذ هر چه بیشتر هوش مصنوعی تسهیل خواهد شد و امکان تحقق برنامه و اهداف امکان‌پذیری بیشتری خواهد داشت [۲۷-۲۹].

## ۳. روش تحقیق

در این پژوهش در زمینه کاربرد هوش مصنوعی در فرایند سازمانی و عملکرد منابع انسانی دیدگاه مدیران و کارکنان منابع انسانی حاضر در سازمان‌ها و شرکت‌های خصوصی شهر تهران به وسیله پرسشنامه مورد بررسی قرار گرفته است که ۱۰۴ نفر به آن پاسخ داده‌اند. برای بررسی پایایی از آلفای کرونباخ استفاده شده که میزان آن در جدول ۱ مشخص است:

جدول ۱. پایایی پرسشنامه

تعداد گویه‌ها	آلفای کرونباخ (استاندارد شده)	آلفای کرونباخ
۱۲	۰/۸۲۳	۰/۸۱۶

فرضیات پژوهش به شرح ذیل می‌باشد:

- با افزایش تحصیلات، آگاهی و آشنایی منابع انسانی با هوش مصنوعی افزایش پیدا می‌کند.
- با افزایش سن، آگاهی و آشنایی منابع انسانی با هوش مصنوعی کاهش پیدا می‌کند.
- با افزایش آگاهی و آشنایی منابع انسانی با هوش مصنوعی، باور به مفید بودن هوش مصنوعی در سازمان افزایش پیدا می‌کند.
- سازمان‌های برخوردار از زیرساخت و منابع فناوری اطلاعات و ارتباطات، در فرایند سازمانی از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند.
- افرادی که از هوش مصنوعی در فرایند سازمانی استفاده می‌کنند، هوش مصنوعی را فرصتی برای نسل بشر می‌دانند.
- افرادی که از هوش مصنوعی در فرایند سازمانی استفاده می‌کنند، هوش مصنوعی را فرصتی برای جایگاه شغلی خود می‌دانند.

#### ۴. یافته‌ها

در این پژوهش ۱۰۴ نفر با تکمیل پرسشنامه حضور داشته‌اند که از لحاظ تحصیلات ۱۷ نفر دیپلم، ۸ نفر فوق دیپلم، ۴۹ نفر لیسانس، ۱۴ نفر فوق لیسانس و ۱۶ نفر دکترا تخصصی بوده‌اند. همچنین میانگین سنی شرکت‌کنندگان ۲۹/۴ سال است و ۶۱/۱ درصد از شرکت‌کنندگان با هوش مصنوعی و کارکرد آن آشنایی داشته‌اند. همچنین ۷۵/۹ درصد از شرکت‌کنندگان هوش مصنوعی را عاملی برای بهبود کارایی و کیفیت در فرایند سازمانی دانسته‌اند. نتیجه فرضیات پژوهش به شرح ذیل می‌باشد:

جدول ۲. نتیجه آزمون فرضیه‌ها

فرضیه	ضریب همبستگی	سطح معناداری	نتیجه
تحصیلات * آشنایی با هوش مصنوعی	۰/۵۳۶	۰/۰۰۰	تأیید فرضیه
سن * آشنایی با هوش مصنوعی	۰/۳۹۴	۰/۰۰۲	تأیید فرضیه
آشنایی با هوش مصنوعی * باور به مفید بودن هوش مصنوعی	۰/۳۰۶	۰/۰۰۷	تأیید فرضیه
زیرساخت فناوری اطلاعات و ارتباطات * به کارگیری هوش مصنوعی	۰/۶۱۲	۰/۰۰۰	تأیید فرضیه
استفاده از هوش مصنوعی * دیدگاه فرصتی برای نسل بشر	۰/۲۴۱	۰/۱۹۴	عدم تأیید فرضیه
استفاده از هوش مصنوعی * دیدگاه فرصتی برای جایگاه شغلی	۰/۳۲۲	۰/۱۱۴	عدم تأیید فرضیه

بر اساس نتیجه آزمون فرضیه‌ها مشخص شد که منابع انسانی دارای تحصیلات سطح بالاتر از آشنایی بیشتری با هوش مصنوعی برخوردار خواهد بود. همچنین با افزایش سن میزان آشنایی با هوش مصنوعی کاهش پیدا می‌کند؛ بر این اساس منابع انسانی جوان ظرفیت بیشتری برای به کارگیری هوش مصنوعی در فرایند سازمانی خواهند داشت. فرضیه تأیید شده دیگر نشان می‌دهد که با افزایش آگاهی نسبت به هوش مصنوعی، دیدگاه مثبت نسبت به کارگیری هوش مصنوعی در سازمان افزایش پیدا می‌کند. همچنین این فرضیه تأیید شده است که با بهبود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، استفاده از هوش مصنوعی در سازمان افزایش پیدا می‌کند؛ بر این اساس سازمان‌ها برای مجهز نمودن منابع انسانی به ابزار هوش مصنوعی ابتدا باید زیرساخت‌ها و منابع فناوری اطلاعات و ارتباطات را تقویت کنند. دو فرضیه دیگر تأیید نشده‌اند که این امر می‌تواند نشان‌دهنده وجود دیدگاه منفی نسبت به هوش مصنوعی در میان افراد مشارکت‌کننده باشد.

#### ۵. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که به کارگیری هوش مصنوعی در فرایند سازمانی می‌تواند مفید واقع شود. بر این اساس لازم است به کارگیری هوش مصنوعی در برنامه‌های سازمانی لحاظ گردد و از فرصت کاهش هزینه و بهبود کارایی استفاده کرد. برای این امر لازم است که در ابتدا سیاست‌ها و برنامه‌های سازمان تغییراتی در راستای پذیرش هوش مصنوعی پیدا کنند و سپس زیرساخت‌ها و منابع فناوری اطلاعات و ارتباطات را توسعه دهند. برخی از زیرساخت‌ها و منابع نیز بر عهده بخش عمومی بوده که با حمایت بخش عمومی قابل توسعه و پیشرفت خواهند بود. همچنین آموزش منابع انسانی از موارد دیگری است که باید توسط سازمان‌ها در نظر گرفته شود؛ همانطور که در پژوهش اثبات شد، نیروی انسانی با تحصیلات بالاتر و سن کمتر توانایی و ظرفیت بیشتری در جهت به کارگیری هوش مصنوعی در فرایند سازمانی خواهد داشت. باید توجه داشت که از دیدگاه شرکت‌کنندگان در پژوهش، هوش مصنوعی تهدیداتی نیز خواهد داشت که باید در سیاست‌ها و برنامه‌ها این تهدیدات در نظر گرفته شوند.



## منابع

- [1] Elliott, A. (2019). *The culture of AI: Everyday life and the digital revolution*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315387185>
- [2] Jaakkola, H., Henno, J., Mäkelä, J., & Thalheim, B. (2019, May). Artificial intelligence yesterday, today and tomorrow. In *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 860-867). IEEE. <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2019.8756913>
- [3] Schuett, J. (2019). A legal definition of AI. arXiv preprint arXiv:1909.01095. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3453632>
- [4] Schuett, J. (2023). Defining the scope of AI regulations. *Law, Innovation and Technology*, 15(1), 60-82. <https://doi.org/10.1080/17579961.2023.2184135>
- [5] Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, K. W. S., & Qiao, M. S. (2021). AI literacy: Definition, teaching, evaluation and ethical issues. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 58(1), 504-509. <https://doi.org/10.1002/prai.2.487>
- [6] Goertzel, B. (2014). Artificial general intelligence: concept, state of the art, and future prospects. *Journal of Artificial General Intelligence*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.2478/jagi-2014-0001>
- [7] Goertzel, B. (2007). *Artificial general intelligence* (Vol. 2, p. 1). C. Pennachin (Ed.). New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-68677-4>
- [8] Gautam, P. K. (2022). Artificial Intelligence, from Narrow to Broad to Artificial Consciousness: Some Issues and Concerns. *Liberal Stud.*, 7, 87.
- [9] Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). *Artificial intelligence a modern approach*. London.
- [10] Cooper, S. B., & Van Leeuwen, J. (2013). *Alan Turing: His work and impact*. Elsevier.
- [11] McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI magazine*, 27(4), 12-12.
- [12] Sabanovic, S., Milojevic, S., & Kaur, J. (2012). John McCarthy [History]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(4), 99-106. <https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2221259>
- [13] Hub, A. I., Channels, B. Y., & Guides, A. I. John McCarthy: The Father of Artificial Intelligence.
- [14] Zhang, Y. (2022). A Historical Interaction between Artificial Intelligence and Philosophy. arXiv preprint arXiv:2208.04148.
- [15] Jayabharathi, S., & Ilango, V. (2021, August). A Brief Revolution of Evolution and Resurgence on Machine Learning. In *2021 Asian Conference on Innovation in Technology (ASIANCON)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ASIANCON51346.2021.9544706>
- [16] Berry, D. M. (2023). The Limits of Computation: Joseph Weizenbaum and the ELIZA Chatbot. *Weizenbaum Journal of the Digital Society*, 3(3).
- [17] O'Regan, G., & O'Regan, G. (2013). Joseph Weizenbaum. *Giants of Computing: A Compendium of Select, Pivotal Pioneers*, 263-266. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5340-5\\_56](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5340-5_56)



- [18] Wooldridge, M. (2018). Artificial Intelligence: Everything you need to know about the coming AI. A Ladybird Expert Book (Vol. 27). Penguin UK.
- [19] Karim, R., Galar, D., & Kumar, U. (2023). AI Factory: Theories, Applications and Case Studies. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003208686>
- [20] Grzybowski, A., Pawlikowska-Łagód, K., & Lambert, W. C. (2024). A history of artificial intelligence. Clinics in Dermatology. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2023.12.016>
- [21] Burnes, B., & Hughes, M. (Eds.). (2023). Organizational change, leadership and ethics. Taylor & Francis.
- [22] Jani, A., Muduli, A., & Kishore, K. (2023). Human resource transformation in India: examining the role digital human resource technology and human resource role. International Journal of Organizational Analysis, 31(4), 959-972. <https://doi.org/10.1108/IJOA-08-2021-2886>
- [23] Rikaltra, B. T. P., & Soesilowati, E. (2023). The Effect of Human Resource Quality and Technological and Market Accesses on Creative Economy Development in Indonesia. Saudi J Econ Fin, 7(3), 174-183. <https://doi.org/10.36348/sjef.2023.v07i03.007>
- [24] Khang, A., Abdullayev, V., Hahanov, V., & Shah, V. (Eds.). (2024). Advanced IoT Technologies and Applications in the Industry 4.0 Digital Economy. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003434269>
- [25] Prentice, C. (2023). Leveraging Emotional and Artificial Intelligence for Organisational Performance. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-981-99-1865-2>
- [26] Paesano, A. (2023). Artificial intelligence and creative activities inside organizational behavior. International Journal of Organizational Analysis, 31(5), 1694-1723. <https://doi.org/10.1108/IJOA-09-2020-2421>
- [27] Pagani, M., & Champion, R. (Eds.). (2023). Artificial Intelligence for Business Creativity. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9781003287582>
- [28] Papagiannidis, E., Enholm, I. M., Dremel, C., Mikalef, P., & Krogstie, J. (2023). Toward AI governance: Identifying best practices and potential barriers and outcomes. Information Systems Frontiers, 25(1), 123-141. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10251-y>
- [29] Dell'Acqua, F., McFowland, E., Mollick, E. R., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K., Rajendran, S., ... & Lakhani, K. R. (2023). Navigating the jagged technological frontier: Field experimental evidence of the effects of AI on knowledge worker productivity and quality. Harvard Business School Technology & Operations Mgt. Unit Working Paper, (24-013). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4573321>



## ارایه روش ترکیبی پرتکلهای امنیتی و بلاکچین به منظور بالا بردن امنیت داده های اینترنت اشیا در خانه های هوشمند

سید محمد رضا پورهایمی<sup>۱</sup>، سید ابراهیم دشتی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> برق و کامپیوتر / اینترنت اشیا / دانشگاه آزاد اسلامی / شیراز

<sup>۲</sup> برق و کامپیوتر / اینترنت اشیا / دانشگاه آزاد اسلامی / شیراز

*emadrst1010@gmail.com*

### چکیده:

استفاده از دستگاه های اینترنت اشیا در سال های اخیر بشدت در حال گسترش است و توجه بسیاری را به خود جلب نموده است، بدلیل ضعیف بودن و گستردگی این دستگاهها حملات مختلفی مثل DOS های توزیع شده از طریق آنها گسترش یافته است [ ۵ ]، یکی از نقاط ضعف این دستگاهها استخراج کلید SSL از طریق تجزیه و تحلیل لایه نرم افزاری firmware این دستگاهها می باشد. در نتیجه می توانند مورد نفوذ هکر ها در حملات مرد میانی قرار گیرد و داده های حساس این دستگاهها برداشته شود. [۱] در این مقاله روش ترکیبی استفاده از پرتکل امنیتی و بلاک چین در اینترنت اشیا پیشنهاد شده است. در زمان ارتباط میان دستگاه های اینترنت اشیا با استفاده از پرتکل coap یک پرتکل oscore قرار داده شده است تا این ارتباط را امن سازی نماید. این مورد می تواند از حملات مرد میانی جلوگیری نماید اما در صورتی که رمز مشترک و یا رمز ssl برای ارتباطات بیرونی دستگاه های در فضای اینترنت برای برقراری ارتباط به اشتراک گذاشته شود، می تواند با تجزیه و تحلیل توسط هکرها کشف شود و عملا وجود این پرتکل ها نمیتواند از نشت اطلاعات جلوگیری نماید که برای حل این مشکل نیز پیشنهاد شده است از بلاکچین استفاده شود، با وجود بلاکچین و ایجاد یک سرور مشترک میان دستگاه های iot میتوان کلید ها را به صورت دوره ای میان دستگاه های iot (بلاک ها) به اشتراک گذاشت لذا از آن جا که این کلید به صورت دوره ای تغییر میکند هر کدام از این کلید ها که به هر روش مورد نفوذ قرار گرفته باشند به دلیل تغییر دوره ای از دسترسی هکرها و حملاتی مثل DOS جلوگیری می شود.

واژه های کلیدی: اینترنت اشیا، firmware، oscore، بلاکچین، DOS.

## ۱- مقدمه:

در سال‌های اخیر به دلیل سهولت و کارایی، استفاده از دستگاه‌های اینترنت اشیا بسیار رشد داشته است به گونه‌ای که گفته شده است تا سال ۲۰۳۰ تعداد ۱۲۵ میلیارد دستگاه در جهان به یکدیگر متصل خواهند شد. پیش‌بینی‌های نشان می‌دهد که در آینده‌ای نزدیک داد‌های جهانی جمع‌آوری شده توسط دستگاه‌های اینترنت اشیا به یک میلیون ترابایت می‌رسد. [۳]

با این حال با وجود رشد چشم‌گیر این دستگاه‌ها و همچنین جمع‌آوری داده‌ها توسط این موارد، مهاجمان سایبری با استفاده از روش‌های ضد امنیتی از اطلاعات آن‌ها سوء استفاده می‌کنند این موارد شامل استفاده از بانته‌ها همچون mirai (از جمله بانته‌های معروف در اینترنت اشیا)، حملات DDOS، استفاده از ویروس‌ها و ... می‌باشد. [3]

از جمله موارد با اهمیت در امنیت اینترنت اشیا استفاده از پرتکل SSL می‌باشد این پرتکل دیتای رد و بدل بین این دستگاه‌ها و سرور و یا کلاینت‌های کنترلی دیگر را رمزنگاری می‌کند. همچنین استفاده از پرتکل OSCORE موجب امنیت اطلاعات رد و بدل شده بین دستگاه‌های مختلف موجود در یک شبکه لوکال می‌شود بهره‌گیری از هر کدام از این پرتکل‌ها از حملاتی همچون حمله مرد میانی و از sniff شبکه جلوگیری می‌نماید. برخی هکرها با استفاده از تجزیه و تحلیل firmware های این دستگاه‌ها کلید مربوط به هر کدام از این پرتکل‌ها را برداشته و این مهم موجب رمزگشایی اطلاعات و دیتاهای موجود در شبکه شامل دستگاه‌های IoT شده و این دیتاها نشت می‌یابند. [۱]

## ۲- شرح کار و نتایج:

دستگاه‌های IoT به دلیل لزوم ارتباط با بیرون از شبکه محلی می‌بایست با استفاده از پرتکل‌هایی همچون SSL و OSCORE امنیت دیتاهای رد و بدل شده را برقرار کند. اما گاهی برخی از این دستگاه‌های از firmware های استفاده می‌کنند که در تجزیه و تحلیل آن‌ها، اطلاعات کلید SSL و پرتکل‌های امنیتی منتشر می‌شود این امر موجب نشت اطلاعات خواهد شد. لو رفتن کلید SSL با استفاده از تجزیه و تحلیل firmware های موجود در IoT با استفاده از ابزار فارنزیک و کلیدی موجود در توزیع کالی لینوکس یا عنوان binwalk با فلگ‌های مختلف استخراج می‌گردد. [۱] با توجه به مشکل موجود در این خصوص، راه حل پیشنهادی استفاده از کلیدهای داینامیک در SSL برای ارتباط با خارج از شبکه محلی و استفاده از کلید داینامیک در OSCORE به عنوان ارتباط امن داخل شبکه IoT می‌باشد. [4] همچنین دیتای موجود ما بین شبکه داخلی دستگاه‌های IoT به صورت بلاک بلاک قرار می‌گیرند (بلاک چین) در یکی از این بلاک‌ها کلیدها به صورت رندم تولید شده و در اختیار دیگر بلاک‌ها قرار می‌گیرد.

الگوریتم روش پیشنهادی به صورت الگوریتم یک می‌باشد:

الگوریتم ۱:

Start

Get ssl from valid sites

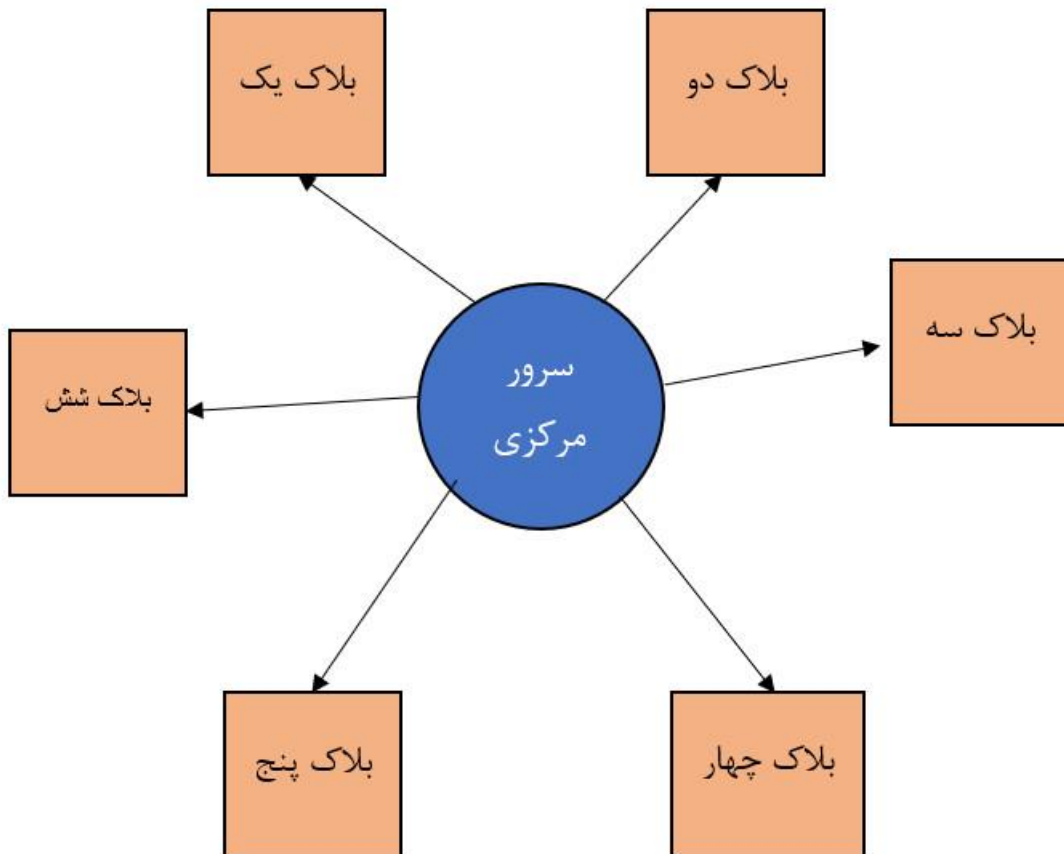
Time=0 //the start of time (day)

For(i=0, i<30;i++){

```

Time++
If(time ==30)
use ssl for out of network //use ssl for every month
}
TimeOscore=0 //the start of time (day)
For(i=0, i<=2:i++){
TimeOscore++
If(TimeOscore ==2)
use oscore key for local network //use ssl for every month
- }

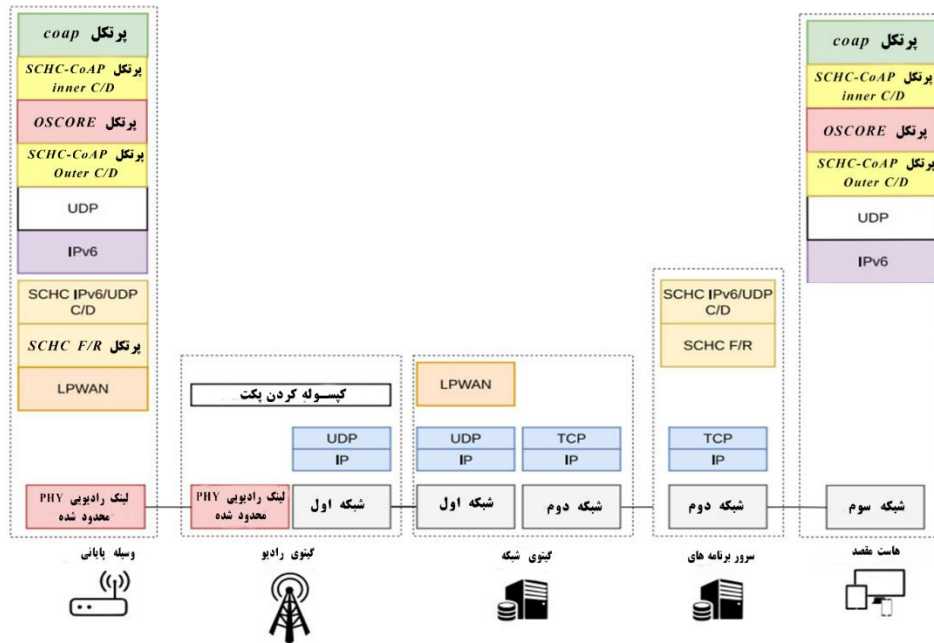
```



شکل ۱: استفاده از بلاک چین در روش پیشنهادی (هر نود یک بلاک می باشد)

با توجه به شکل ۱ سرور مرکزی در میان بلاک ها کلید oscore را به اشتراک می گذارد و با استفاده از این کلید ارتباطات به صورت رمز شده در شبکه لوکال صورت می گیرد.

ارتباطات در شبکه لوکال با استفاده از پروتکل های *oscore* و *coap* به صورت دیاگرام ۲ می باشد:



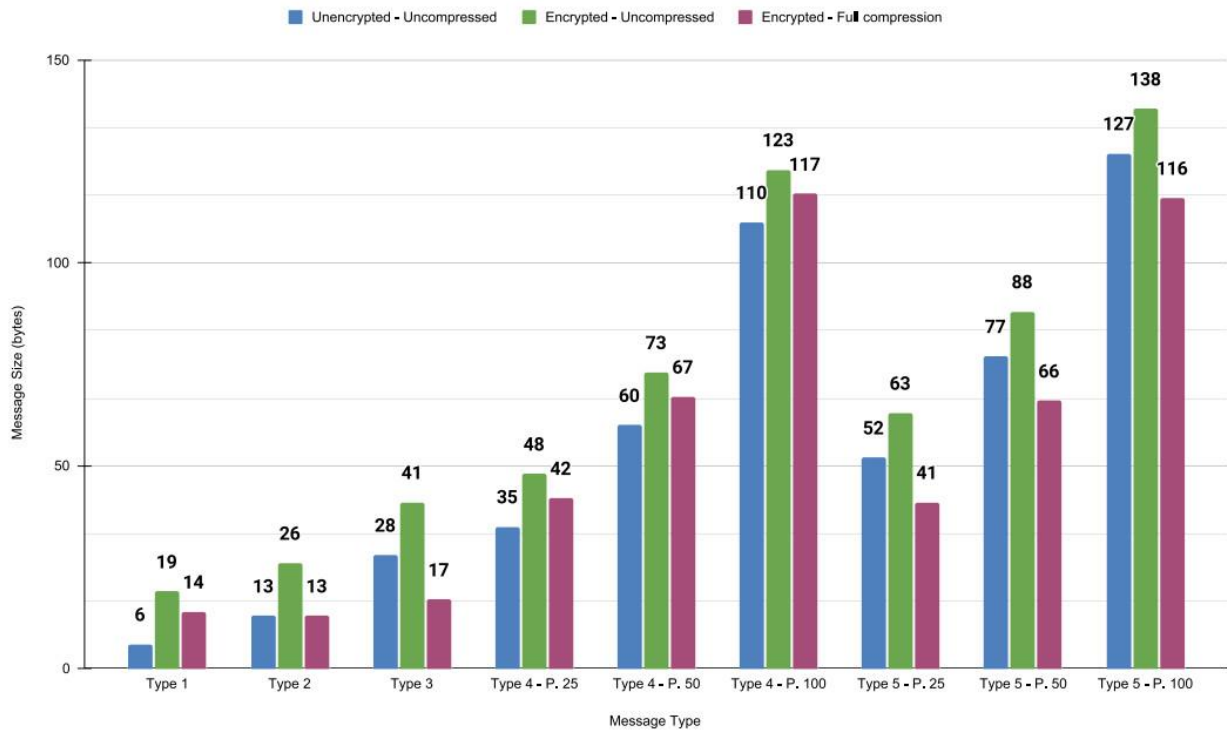
شکل ۲: معماری *oscore* و *coap*

این معماری دستورالعمل‌های گروه کاری LPWAN IETF را دنبال می‌کند و بر پشته پروتکلی استوار است که از *LoRaWAN*, *SCHC*, *IPv6*, *OSCORE*, *CoAP\_SCHC* و پروتکل‌های *CoAP* استفاده می‌کند. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، این معماری یک ادغام ساده از پروتکل امنیتی *OSCORE* برای *CoAP* روی پشته پروتکلی *LPWAN IPv6-adapted* را فراهم می‌کند. [۴،۲]

### نتیجه گیری:

با توجه به استفاده از روش داینامیک تغییر کلید های *ssl* و *oscore* در شبکه ارتباطی بین دستگاه های *iot* در شبکه داخلی و خارجی، احتمال حملات مرد میانی بسیار کاهش می یابد، همچنین در صورت لو رفتن کلید های *ssl* و *oscore* به دلیل داینامیک بودن آن ها این موارد به صورت دوره ای تغییر می کنند.

در نمودار یک بررسی میزان طول پیام های ارسالی در پروتکل های رمزگذاری مختلف در IoT بررسی شده است:



نمودار ۱: بررسی میزان طول پیام های ارسالی در پروتکل های رمزگذاری شده.

با اعمال بلاک چین در این پروتکل می توان میزان دقت در خصوص نفوذ ها و تخریب های مختلف دیتا در هر گونه هک را گرفت با اعمال بلاکچین در این خصوص جلوگیری از این امر به میزان ۶ درصد افزایش خواهد داشت علاوه بر اینکه طول پیام هم تغییر چندانی نخواهد داشت و در نتیجه امنیت بیشتر شبکه IoT موثر خواهد بود.

مراجع:

- [1] Bhardwaj, A., Kaushik, K., Bharany, S., & Kim, S. (2023). Forensic analysis and security assessment of IoT camera firmware for smart homes. *Egyptian Informatics Journal*, 24(4), 100409.
- [2] Feijoo-Añazco, A., Garcia-Carrillo, D., Sanchez-Gomez, J., & Marin-Perez, R. (2023). Innovative security and compression for constrained IoT networks. *Internet of Things*, 24, 100899.
- [3] Zakariyya, I., Kalutarage, H., & Al-Kadri, M. O. (2023). Towards a robust, effective and resource efficient machine learning technique for IoT security monitoring. *Computers & Security*, 133, 103388.
- [4] Höglund, J., Furuheid, M., & Raza, S. (2023). Lightweight certificate revocation for low-power IoT with end-to-end security. *Journal of Information Security and Applications*, 73, 103424.
- [5] Rudrakar, S., & Rughani, P. (2023). IoT based agriculture (Ag-IoT): A detailed study on architecture, security and forensics. *Information Processing in Agriculture*.



## تحول دیجیتال مبتنی بر هوش مصنوعی: ساخت شهرهای هوشمندتر برای آینده

بهرام پروین<sup>۱</sup>، مهناز اسدی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد علوم و تحقیقات. نویسنده مسئول

<sup>۲</sup> مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد علوم و تحقیقات

*bahram.parvin@srbiau.ac.ir*

### چکیده:

همانطور که شهرهای سراسر جهان سفر تحول دیجیتال را آغاز می‌کنند، هوش مصنوعی (AI) به عنوان یک نیروی دگرگون کننده ظاهر می‌شود که توسعه شهرهای هوشمند را هدایت می‌کند. این مقاله به بررسی این موضوع می‌پردازد که چگونه فناوری‌های هوش مصنوعی در قالب تحول دیجیتال، مناظر شهری را تغییر می‌دهند، حاکمیت را متحول می‌کنند، خدمات شهروندان را بهبود می‌بخشند و مدیریت منابع را بهینه می‌کنند. با استفاده از قدرت هوش مصنوعی، شهرها می‌توانند فرصت‌های جدیدی را برای بهره‌وری، پایداری و فراگیری باز کنند و راه را برای آینده‌ای متصل‌تر و انعطاف‌پذیرتر هموار کنند.

**کلمات کلیدی:** تحول دیجیتال، هوش مصنوعی، شهر هوشمند

## ۱. مقدمه :

تحول دیجیتال در شهرهای هوشمند به طور قابل توجهی توسط هوش مصنوعی (AI) هدایت می‌شود، که حاکمیت شهری، زیرساخت‌ها و خدمات را متحول می‌کند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی مقادیر زیادی از داده‌های شهری جمع‌آوری شده از طریق حسگرها و دستگاه‌های اینترنت‌اشیا را برای به دست آوردن بینش‌های عملی برای تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی تحلیل می‌کنند (Bibri & Krogstie, 2017). تکنیک‌های یادگیری ماشین، تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده را برای سیستم‌های شهری، پیش‌بینی تقاضا، بهینه‌سازی تخصیص منابع و بهبود کارایی امکان‌پذیر می‌سازد (Yuan et al., 2020). راه‌حل‌های تحرک هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی، شبکه‌های حمل‌ونقل را بهینه می‌کنند، ازدحام را کاهش می‌دهند و سیستم‌های حمل و نقل عمومی را از طریق بهینه‌سازی مسیر و خدمات پاسخگو به تقاضا بهبود می‌بخشند (Zhang et al., 2021). پردازش زبان طبیعی (NLP) مشارکت شهروندان و ارائه خدمات را از طریق ربات‌های گفتگو و دستیاران مجازی تسهیل می‌کند و دسترسی و پاسخگویی را افزایش می‌دهد (Chourabi et al., 2012). سیستم‌های نگهداری پیش‌بینی‌کننده مبتنی بر هوش مصنوعی، دارایی‌های زیرساخت را نظارت می‌کنند، ناهنجاری‌ها را شناسایی می‌کنند و برای بهبود قابلیت اطمینان و ایمنی، تعمیر و نگهداری پیشگیرانه را برنامه‌ریزی می‌کنند (Cugurullo, 2018). به طور کلی، هوش مصنوعی به شهرهای هوشمند قدرت می‌دهد تا از بینش‌های مبتنی بر داده استفاده کنند، فرآیندها را خودکار کنند و خدمات نوآورانه ارائه دهند، که در نهایت کیفیت زندگی ساکنان را بهبود می‌بخشد و توسعه شهری پایدار را هدایت می‌کند.

## ۲. مرور ادبیات و پیشینه تحقیق:

### ۱-۲ تحول دیجیتال :

تحول دیجیتال در حال تغییر شکل استراتژی‌های شرکت، مدل‌های کسب‌وکار، سیاست‌های نوآوری و استراتژی‌های بازاریابی است و جامعه دیجیتال را بر روی موج فناوری اطلاعات سوق می‌دهد (Skare et al., 2023). تحول دیجیتال به ادغام فناوری‌های دیجیتال در تمام جنبه‌های یک سازمان یا جامعه اشاره دارد که اساساً نحوه عملکرد آنها و ارائه ارزش به ذینفعان را تغییر می‌دهد. این مفهوم فراتر از پذیرش فناوری‌های جدید است. این شامل یک تغییر فرهنگی، تغییر سازمانی و تنظیم مجدد استراتژیک برای استفاده از پتانسیل کامل ابزارهای دیجیتال برای نوآوری و رشد است (westerman et al., 2014). تحول دیجیتال به پذیرش استراتژیک و ادغام فناوری‌های دیجیتال برای تغییر اساسی فرآیندهای تجاری، فعالیت‌ها و تعاملات با مشتری اشاره دارد. این شامل استفاده از ابزارهای دیجیتالی مانند هوش مصنوعی، تجزیه و تحلیل داده‌ها، محاسبات ابری و اینترنت اشیا برای هدایت نوآوری، بهبود کارایی و ایجاد ارزش‌های پیشنهادی جدید است. تحول دیجیتال طیف وسیعی از ابتکارات را در بر می‌گیرد، از دیجیتالی کردن عملیات موجود تا بازبینی کل مدل‌های کسب و کار در پاسخ به پویایی بازار در حال تحول و انتظارات مشتری (Vial G., 2021).

### ۲-۲ محرک‌های تحول دیجیتال :

محرک‌های تحول دیجیتال توسط هوش مصنوعی در شهرهای هوشمند چند وجهی هستند و شامل پیشرفت‌های تکنولوژیکی، الزامات اقتصادی و خواسته‌های اجتماعی می‌شوند. اولاً، پیشرفت‌های سریع در فناوری‌های هوش مصنوعی (AI)، مانند یادگیری ماشین و تجزیه و تحلیل پیش‌بینی، پذیرش راه‌حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در شهرهای هوشمند را هدایت می‌کند و مدیریت منابع کارآمدتر و ارائه خدمات را بهبود می‌بخشد (Manyika, et al., 2017). ثانیاً، انگیزه‌های اقتصادی نقش مهمی ایفا می‌کنند زیرا کسب‌وکارها و دولت‌ها پتانسیل صرفه‌جویی در هزینه، تولید درآمد و رشد اقتصادی را از طریق اجرای سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در محیط‌های شهری تشخیص می‌دهند (Brynjolfsson & McAfee, 2014). علاوه بر این، افزایش شهرنشینی و تراکم جمعیت بر زیرساخت‌ها و خدمات موجود فشار وارد می‌کند و استفاده از هوش مصنوعی را برای بهینه‌سازی عملیات شهر و افزایش کیفیت زندگی ساکنان ضروری می‌کند (Caragliu et al., 2011).

## ۲-۳ چالش‌ها و موانع تحول دیجیتال:

طرح‌های تحول دیجیتال با چالش‌ها و موانع مختلفی مواجه می‌شوند که سازمان‌ها برای موفقیت در تلاش‌های دیجیتالی‌سازی‌شان باید بر آن‌ها غلبه کنند. تحقیقات دانشگاهی و گزارش‌های صنعتی چندین چالش رایج در این زمینه را برجسته می‌کند. در اینجا چند چالش و موانع کلیدی تحول دیجیتال آورده شده است: مقاومت در برابر تغییر و فرهنگ سازمانی ریشه‌دار موانع مهمی برای تحول دیجیتال هستند. کارکنان ممکن است در برابر پذیرش فناوری‌های جدید یا تغییر فرآیندهای ایجاد شده مقاومت نشان دهند که مانع پیشرفت می‌شود. (Ross et al., 2013) سیستم‌های قدیمی فناوری اطلاعات و زیرساخت‌های قدیمی چالش‌هایی را در ادغام فناوری‌های دیجیتال جدید ایجاد می‌کنند. سیستم‌های قدیمی ممکن است با پلتفرم‌های مدرن سازگاری نداشته باشند یا برای پشتیبانی از ابتکارات دیجیتال نیاز به ارتقاء قابل توجهی داشته باشند. (Westerman et al., 2014). مقررات حفظ حریم خصوصی داده‌ها، تهدیدات امنیت سایبری و نگرانی‌ها در مورد نقض داده‌ها، چالش‌های مهمی را برای سازمان‌هایی که طرح‌های تحول دیجیتال را اجرا می‌کنند، ایجاد می‌کند. اطمینان از رعایت قوانین حفاظت از داده‌ها و حفاظت از اطلاعات حساس ملاحظات حیاتی است. (Campbel & Arcy, 2019). شکاف استعدادها و مهارت‌ها: کمبود متخصصان ماهر با تخصص در فناوری‌های دیجیتال مانند تجزیه و تحلیل داده‌ها، هوش مصنوعی و امنیت سایبری چالش‌هایی را برای سازمان‌هایی که به دنبال اجرای استراتژی‌های تحول دیجیتال هستند ایجاد می‌کند. (Lee & Kim, 2018). ابتکارات تحول دیجیتال اغلب نیاز به سرمایه‌گذاری قابل توجهی در زیرساخت‌های فناوری، جذب استعداد و برنامه‌های آموزشی دارد. محدودیت‌های هزینه و منابع محدود ممکن است توانایی سازمان‌ها را برای اجرای پروژه‌های دیجیتال در مقیاس بزرگ مختل کند. (El & Pereira, 2013). فقدان استراتژی دیجیتال، چشم‌انداز و پشتیبانی رهبری روشن می‌تواند تلاش‌های تحول دیجیتال را تضعیف کند. رهبری مؤثر و هدایت استراتژیک برای هدایت تغییرات سازمانی و غلبه بر مقاومت در برابر ابتکارات دیجیتال ضروری است. (Galliers & Leidner, 2014)

## ۲-۴ هوش مصنوعی:

هوش مصنوعی (AI) به توسعه سیستم‌های رایانه‌ای اشاره دارد که قادر به انجام وظایفی هستند که معمولاً به هوش انسانی نیاز دارند. این شامل وظایفی مانند یادگیری از داده‌ها، شناخت الگوها، تصمیم‌گیری و حل مشکلات است. هوش مصنوعی شامل تکنیک‌های مختلفی از جمله یادگیری ماشینی، پردازش زبان طبیعی و بینایی کامپیوتری است. تحقیقات آکادمیک در این زمینه کاربردهای بالقوه، مزایا و پیامدهای اجتماعی هوش مصنوعی را بررسی می‌کند. (Russell & Norvig, 2016). هوش مصنوعی (AI) نقش مهمی در ایجاد تحول دیجیتال در سراسر صنایع ایفا می‌کند و سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا از بینش‌های مبتنی بر داده‌ها، خودکارسازی فرآیندها و ارائه تجربیات شخصی‌سازی شده استفاده کنند. تحقیقات آکادمیک بینش‌های ارزشمندی را در مورد استفاده از هوش مصنوعی برای تحول دیجیتال ارائه می‌دهد. (Manyika et al., 2017)

## ۲-۵ شهر هوشمند:

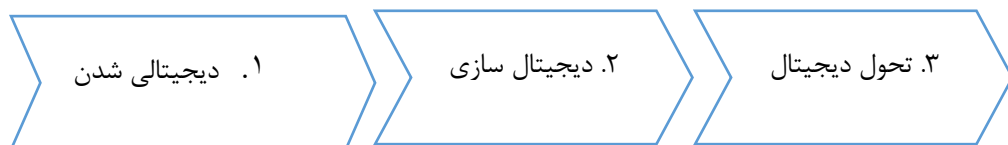
شهرهای هوشمند فناوری‌های پیشرفته را برای ارتقای کیفیت زندگی ساکنان، بهینه‌سازی استفاده از منابع و تقویت توسعه پایدار ادغام می‌کنند. این شهرها از حسگرها و دستگاه‌های اینترنت اشیا (IoT) برای جمع‌آوری داده‌های بلادرنگ در سیستم‌های مختلف شهری، از جمله حمل‌ونقل، انرژی و محیط زیست استفاده می‌کنند (Albino et al., 2015). تجزیه و تحلیل داده‌ها، داده‌های جمع‌آوری شده را پردازش می‌کند تا بینش‌های عملی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری شهری، بهبود کارایی و پاسخ‌دهی به دست آورد (Caragliu, et al., 2011). راه‌حل‌های تحرک هوشمند، مانند سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و پلتفرم‌های اشتراک‌گذاری سواری، ازدحام را کاهش می‌دهند، جریان ترافیک را بهبود می‌بخشند و حالت‌های حمل‌ونقل جایگزین را ترویج می‌کنند (Ahvenniemi et al., 2017). فن‌آوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، همراه با شبکه‌های هوشمند و سیستم‌های مدیریت انرژی، کارایی انرژی را افزایش داده و استفاده از منابع انرژی پاک را ترویج می‌کنند (Giffinger et al., 2007). پلتفرم‌های مشارکت شهروندی از فناوری‌های دیجیتال برای فعال کردن حکومت مشارکتی، افزایش شفافیت و توانمندسازی ساکنان برای مشارکت در برنامه‌ریزی و مدیریت شهر استفاده می‌کنند (Komninos et al., 2013). به طور کلی، شهرهای هوشمند از نوآوری و فناوری برای ایجاد محیط‌های شهری پایدار، انعطاف‌پذیر و فراگیر استفاده می‌کنند که نیازهای نسل‌های حال و آینده را برآورده می‌کند.



## ۲-۶ نقش هوش مصنوعی در تحول دیجیتال شهرهای هوشمند :

هوش مصنوعی (AI) با امکان تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، بهینه‌سازی تخصیص منابع و افزایش خدمات شهروندان، نقشی محوری در تحول دیجیتال شهرهای هوشمند ایفا می‌کند. تجزیه و تحلیل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، مقادیر زیادی از داده‌های شهری، از جمله داده‌های حسگر، فید رسانه‌های اجتماعی و سوابق عمومی را پردازش می‌کند تا بینش‌های عملی برای برنامه‌ریزی و مدیریت شهری به دست آورد (Sakr, 2020). الگوریتم‌های یادگیری ماشین الگوهای ترافیک، مصرف انرژی و داده‌های محیطی را برای بهینه‌سازی استفاده از زیرساخت و بهبود پایداری تجزیه و تحلیل می‌کنند (Bibri & Krogstie, 2017). تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده مبتنی بر هوش مصنوعی تقاضا برای خدمات عمومی مانند حمل‌ونقل و مراقبت‌های بهداشتی را پیش‌بینی می‌کند و به شهرها این امکان را می‌دهد تا منابع را به طور مؤثر تخصیص دهند و ارائه خدمات را بهبود بخشند (Yuan et al., 2020). پردازش زبان طبیعی (NLP) مشارکت شهروندان را از طریق ربات‌های چت و دستیاران مجازی تسهیل می‌کند و اطلاعات شخصی و کمک به ساکنان ارائه می‌کند (Zhang et al., 2018). سیستم‌های مجهز به هوش مصنوعی امنیت عمومی را از طریق نظارت تصویری، تشخیص چهره، و پلیس پیش‌بینی افزایش می‌دهند و به پیشگیری از جرم و واکنش اضطراری کمک می‌کنند (Liu et al., 2021). به طور کلی، هوش مصنوعی به شهرهای هوشمند قدرت می‌دهد تا از پتانسیل فناوری‌های دیجیتال برای ایجاد محیط‌های شهری کارآمد، پایدار و قابل زندگی استفاده کنند.

پیامدهای اخلاقی، قانونی و اجتماعی تحول دیجیتال در محیط‌های شهری چالش‌های پیچیده‌ای را ایجاد می‌کند که باید برای تضمین توسعه مسئولانه و عادلانه مورد توجه قرار گیرد. ملاحظات اخلاقی در مورد نقض حریم خصوصی و سوء استفاده از داده‌ها مطرح می‌شود و نگرانی‌هایی را در مورد نظارت و استقلال فردی ایجاد می‌کند (Finn et al., 2013). چارچوب‌های قانونی باید برای تنظیم فناوری‌های نوظهور، محافظت از حقوق شهروندان، و تضمین پاسخگویی و شفافیت در حاکمیت داده‌ها تکامل یابد (Van den hooven, 2013). پیامدهای اجتماعی شامل شکاف‌ها و نابرابری‌های دیجیتال است، زیرا جوامع به حاشیه رانده شده ممکن است دسترسی به فناوری نداشته باشند و در تصمیم‌گیری الگوریتمی با تبعیض مواجه شوند (Shin & Lee, 2019). دوراهی‌های اخلاقی پیرامون تصمیم‌گیری مبتنی بر هوش مصنوعی، مانند تعصب الگوریتمی و انصاف، که می‌تواند بی‌عدالتی‌های اجتماعی را تداوم بخشد و تعصبات موجود را تقویت کند، پدیدار می‌شود (Barocas & Selbst, 2016). چالش‌های قانونی شامل حقوق مالکیت معنوی، مالکیت داده‌ها و مسائل مربوط به مسئولیت در موارد حوادث یا خطاهای مرتبط با هوش مصنوعی است (Calo, 2015).



شکل ۱. فازهای تحول دیجیتال در شهرهای هوشمند (Anthony, 2021)

جدول ۱. مراحل تغییرات دیجیتال به سمت تحول دیجیتال در شهرهای هوشمند (Anthony, 2021)

فاز	حالت‌ها	منابع دیجیتال	ساختار سازمانی	ابتکارات رشد دیجیتال
دیجیتالی شدن	وظایف و روال‌های خودکار. تبدیل اطلاعات آنالوگ به اطلاعات دیجیتال	دارایی‌های دیجیتال	سیستم استاندارد از بالا به پایین	نفوذ IS، توسعه خدمات و توسعه IS.
دیجیتالی شدن	استفاده از هوش مصنوعی برای خدمات شهری هوشمند گنجانیدن اجزای دیجیتال در ارائه خدمات یا محصول.	دارایی‌های دیجیتال، چابکی دیجیتال و توانایی شبکه‌های دیجیتال.	اجزای پراکنده و چابک.	نفوذ IS، توسعه IS، توسعه خدمات، نفوذ محصولات مبتنی بر IS، و ایجاد مشترک سیستم‌ها
تحول دیجیتال	استقرار رسانه‌های انتشار دیجیتال و ارتباطات.	دارایی‌های دیجیتال، چابکی دیجیتال، توانایی شبکه‌های دیجیتال و ادغام تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ.	پذیرش مدل‌های کسب‌وکار جدید مانند پلتفرم‌های دیجیتال، محصول به‌عنوان سرویس، و عمدتاً مدل‌های کسب‌وکار مبتنی بر داده	واحد‌های مجزا با فرم‌های مدیریتی انعطاف پذیر، درونی سازی IS و واحد‌های عملکردی تحلیلی

## ۲-۷ چارچوب نظری تحول دیجیتال در شهر هوشمند

چارچوب نظری تحول دیجیتال در شهرهای هوشمند می‌تواند از چندین مفهوم و تئوری در حوزه‌های مختلف مانند فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، علوم شهری، و مدیریت شهری تشکیل شود. در ادامه، چندین مفهوم و تئوری کلیدی که می‌تواند به عنوان چارچوب نظری برای تحول دیجیتال در شهرهای هوشمند مورد استفاده قرار گیرد، آورده شده است:

۱. نظریه شهر هوشمند: این نظریه بر تجربه و ارتباطات میان مردم، فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات و حکومت تمرکز دارد و تأکید دارد که این سه عامل می‌تواند شهرهای پایدار و هوشمند را شکل دهد. (Caragliu et al., 2011)
۲. نظریه نوآوری باز: این نظریه بر توسعه همکاری‌های میان دولت، صنعت و جامعه مدنی در طراحی و استقرار فناوری‌های نوآورانه برای حل مسائل شهری تأکید دارد. (Chesbrough & Bogers, 2014)
۳. نظریه مدیریت داده‌ها و داده‌کاوی: این نظریه بر استفاده از داده‌های شهری برای تحلیل و پیش‌بینی الگوها و روندهای شهری با استفاده از روش‌های داده‌کاوی و تحلیل داده‌ها تمرکز دارد. (Davenport & Harris, 2007)
۴. نظریه سرمایه‌های دیجیتال: این نظریه بر تأثیر سرمایه‌گذاری در فناوری‌های دیجیتال بر توسعه شهری، نوآوری و ایجاد ارزش برای شهروندان تأکید دارد. (Manyika et al., 2017)

## ۲-۸ فرایند‌های اصلی تحول دیجیتال توسط هوش مصنوعی

تحول دیجیتال، که توسط هوش مصنوعی (AI) هدایت می‌شود، با استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای نوآوری و کارایی، صنایع را متحول می‌کند. (Manyika & Bisson, 2016). ادغام هوش مصنوعی شامل تعبیه الگوریتم‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی در فرآیندهای موجود برای افزایش تصمیم‌گیری و خودکارسازی وظایف است. (Brynjolfsson & McAfee, 2014). هوش مصنوعی سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا بینش‌های عملی را از حجم وسیعی از داده‌ها بدست آورند و تصمیم‌گیری آگاهانه و تجزیه و تحلیل‌های پیش‌بینی را تسهیل کنند. (Provost & Fawcett, 2013)

## ۲-۹ چشم‌انداز شهرهای فردا با هوش مصنوعی

با ادامه پیشرفت هوش مصنوعی (AI)، ادغام آن در محیط‌های شهری فراگیرتر می‌شود و شهرهای فردا را شکل می‌دهد. (Manyika & Bisson, 2017). زیرساخت هوشمند: هوش مصنوعی زیرساخت‌های شهری را متحول می‌کند، انرژی، حمل و نقل و مدیریت منابع را برای پایداری و کارایی بهینه می‌کند. (Komminos, 2009). سیستم‌های مجهز به هوش مصنوعی مشارکت شهروندان را افزایش می‌دهد.

دهند، حکومت مشارکتی و خدمات شهری شخصی سازی شده را قادر می سازند. (Anthopoulos,2017). شهرهای آینده با هوش مصنوعی باید به چالش های اخلاقی مرتبط با حریم خصوصی، تعصب و شفافیت رسیدگی کنند تا توسعه شهری عادلانه و مسئولانه تضمین شود. (Taddeo & Floridi, 2018). همکاری بین المللی و اشتراک دانش برای اجرای موفقیت آمیز ابتکارات شهری مبتنی بر هوش مصنوعی ضروری خواهد بود. (Albino et al.,2015)

## ۲-۱۰ غلبه بر چالش ها و ملاحظات اخلاقی در تحول دیجیتال توسط هوش مصنوعی در شهرهای هوشمند

غلبه بر چالش ها در تحول دیجیتال توسط هوش مصنوعی منجر به بهبود کارایی در ارائه خدمات شهری، مدیریت منابع و نگهداری زیرساخت می شود. (Zhang et al.,2021). پرداختن به ملاحظات اخلاقی دسترسی عادلانه به خدمات مبتنی بر هوش مصنوعی را تضمین می کند، از شکاف های دیجیتالی جلوگیری می کند و باعث فراگیری در میان جمعیت های مختلف شهری می شود. (Shin & Lee,2019). استفاده اخلاقی از هوش مصنوعی اعتماد و مشارکت شهروندان را تقویت می کند و ساکنان را برای مشارکت در فرآیندهای تصمیم گیری و شکل دادن به آینده شهرهای خود توانمند می کند. (Anthopoulos, 2017). اجرای تدابیر قوی حفظ حریم خصوصی از داده های شخصی شهروندان در برابر سوء استفاده و دسترسی غیرمجاز محافظت می کند و تضمین می کند که حقوق آنها در محیط های شهری مبتنی بر هوش مصنوعی رعایت می شود. (Taddeo & Floridi, 2018). چارچوب های حاکمیت اخلاقی، توسعه و استقرار مسئولانه فناوری های هوش مصنوعی، کاهش خطرات و به حداکثر رساندن منافع برای جامعه را هدایت می کند. (Floridi & Cows, ) (2019)

## ۲-۱۱ بهبود خدمات شهروندان و کیفیت زندگی در تحول دیجیتال شهرهای هوشمند

تحول دیجیتالی شهرهای هوشمند، ارائه خدمات شهروندان شخصی سازی شده را تسهیل می کند، اولویت ها و نیازهای فردی را برآورده می کند، در نتیجه رضایت و کیفیت کلی زندگی را افزایش می دهد (Anthopoulos,2017). با بهره گیری از اتوماسیون مبتنی بر هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل داده ها، شهرهای هوشمند فرآیندهای ارائه خدمات را بهینه می کنند، زمان انتظار را کاهش می دهند و دسترسی را برای همه ساکنان افزایش می دهند (Caragliu et al.,2011). سیستم های حمل و نقل هوشمند در شهرهای دیجیتالی، مسیرهای رفت و آمد را ساده می کند، ازدحام ترافیک را کاهش می دهد و اطلاعات سفر را در زمان واقعی ارائه می دهد، که منجر به تجربه سفر روان تر و کیفیت زندگی بالا برای شهروندان می شود (Zhang et al.,2021).

## ۲-۱۲ تقویت حکمرانی شهری و تصمیم گیری از طریق تحول دیجیتال ناشی از هوش مصنوعی

با استفاده از تجزیه و تحلیل داده ها و هوش مصنوعی، حکمرانی شهری با اتخاذ تصمیمات آگاهانه بر اساس بینش های زمان واقعی و پیش بینی کننده بهبود می یابد و منجر به تخصیص منابع کارآمدتر می شود (Anthopoulos, 2017). سیستم های مبتنی بر هوش مصنوعی شفافیت را در فرآیندهای تصمیم گیری ارتقا می دهند و امکان پاسخگویی بیشتر و اعتماد عمومی را به حاکمیت شهری فراهم می کنند (Floridi & Cowl, 2019). افزایش مشارکت شهروندان از طریق پلتفرم های مبتنی بر هوش مصنوعی تسهیل می شود، حکومت مشارکتی را قادر می سازد و ساکنان را برای مشارکت در فرآیندهای تصمیم گیری توانمند می سازد (Silva et al.,2018).

## ۲-۱۳ پرداختن به چالش های شهری در مسیر تحول دیجیتال از طریق نوآوری هوش مصنوعی

نوآوری هوش مصنوعی تخصیص و استفاده کارآمد از منابع در محیط های شهری، بهینه سازی انرژی، آب و سیستم های حمل و نقل را امکان پذیر می کند (Caragliu et al.,2011). هوش مصنوعی فرآیندهای تصمیم گیری مبتنی بر داده را تسهیل می کند و به شهرها این امکان را می دهد تا حجم وسیعی از اطلاعات را تجزیه و تحلیل کنند و بینش های عملی برای تدوین سیاست و ارائه خدمات به دست آورند (Manyika et al.,2017). فناوری های مبتنی بر هوش مصنوعی امنیت عمومی را از طریق تجزیه و تحلیل پیش بینی افزایش می دهند و امکان تشخیص زودهنگام الگوهای جرم و پاسخ اضطراری کارآمد را فراهم می کنند (Zhang et al.,2021).

## ۳- متدولوژی و روش تحقیق :



این تحقیق از رویکرد بررسی ادبیات برای تجزیه و تحلیل کاربردهای هوش مصنوعی در بافت‌های شهری، با تمرکز بر جنبه‌های تحول دیجیتال استفاده می‌کند. روش تحقیق مروری یا پیمایشی یک روش سیستماتیک برای جمع‌آوری، تلخیص، و تحلیل مطالعات و منابع مربوط به یک موضوع خاص است. (Petticrew & Roberts, 2008) در این روش، پژوهشگر ابتدا سوالات تحقیقی را مشخص می‌کند و پروتکل جستجو را تدوین می‌کند. سپس با استفاده از پایگاه‌های داده، کتابخانه‌ها، مقالات علمی، و دیگر منابع معتبر، مطالعات مرتبط با موضوع مورد بررسی جمع‌آوری می‌شود. سپس منابع جمع‌آوری شده بر اساس معیارهای انتخاب و اختلاف مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌گیرند. در نهایت، اطلاعات مهم و یافته‌های کلیدی از مطالعات مختلف به دقت خلاصه و مورد بررسی قرار می‌گیرند تا به نتیجه‌گیری‌های مفید و قابل اعتماد برای موضوع مورد بررسی برسیم. این روش به عنوان یک ابزار قدرتمند برای گردآوری اطلاعات، معرفی موضوعات جدید، و ارائه تجزیه و تحلیل جامع از وضعیت فعلی دانش در یک حوزه مورد استفاده قرار می‌گیرد. (Cooper, 2019)

#### ۴- بحث و نتیجه گیری:

با پذیرش هوش مصنوعی به عنوان کاتالیزوری برای تحول دیجیتال، شهرها می‌توانند فرصت‌های بی‌سابقه‌ای را برای افزایش کارایی، پایداری و زیست‌پذیری برای ساکنان خود باز کنند. همانطور که پیچیدگی‌های شهرنشینی و چالش‌های اجتماعی را بررسی می‌کنیم، هوش مصنوعی آماده است تا منظر شهری را تغییر دهد و راه را برای شهرهای هوشمندتر و انعطاف‌پذیرتر در آینده هموار کند. تحول دیجیتال شهرهای هوشمند که مبتنی بر هوش مصنوعی باشد می‌تواند به پایداری و تاب‌آوری اقتصاد شهرها کمک نموده و در بجران‌های مختلف اجتماعی و اقتصادی؛ آنها را منعطف و سازگار نماید. هدف این مقاله این است که درک جامعی از پتانسیل تحول آفرین هوش مصنوعی در هدایت تکامل شهرهای هوشمند به خوانندگان ارائه دهد، در حالی که اهمیت استقرار هوش مصنوعی مسئولانه و استراتژی‌های توسعه شهری فراگیر را برجسته می‌کند.

#### ۵- منابع:

- Adner, R. (2017). Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. *Journal of Management*, 43(1), 39-58.
- Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2017). What are the differences between sustainable and smart cities?. *Cities*, 60, 234-245.
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3-21.
- Anthony Jnr, B. (2021). Managing digital transformation of smart cities through enterprise architecture—a review and research agenda. *Enterprise Information Systems*, 15(3), 299-331.
- Anthopoulos, L. G. (2017). Understanding Smart Cities: A Tool for Smart Government or an Industrial Trick?. *Information Polity*, 22(1), 21-38.
- Arner, D. W., Barberis, J., & Buckley, R. P. (2015). The Evolution of Fintech: A New Post-Crisis Paradigm?. *University of Hong Kong Faculty of Law Research Paper*, (2015/034).
- Barocas, S., & Selbst, A. D. (2016). Big data's disparate impact. *California Law Review*, 104(3), 671-732.
- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, 31, 183-212.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company.
- Brynjolfsson, E., Hu, Y. J., & Rahman, M. S. (2013). Competing in the age of omnichannel retailing. *MIT Sloan Management Review*, 54(4), 23-29.
- Bumann, J., & Peter, M. (2019). Action fields of digital transformation—a review and comparative analysis of digital transformation maturity models and frameworks. *Digitalisierung und andere Innovationsformen im Management. Innovation und Unternehmertum*, 2, 13-40.
- Calo, R. (2015). *The case for a federal robotics commission*. Brookings Institution.



- Campbell, D., & D'Arcy, J. (2019). The Relationship Between Privacy Concerns and Sharing Personal Information Online: An Integrative Literature Review and Research Agenda. *Data and Society*, 3(3), 1-13.
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65-82.
- Chesbrough, H., & Bogers, M. (2014). Explicating Open Innovation: Clarifying an Emerging Paradigm for Understanding Innovation. In *New Frontiers in Open Innovation* (pp. 3-28). Oxford University Press.
- Cooper, H., Hedges, L. V., & Valentine, J. C. (Eds.). (2019). *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. Russell Sage Foundation.
- Davenport, T. H., & Harris, J. (2007). *Competing on Analytics: The New Science of Winning*. Harvard Business Press.
- El Sawy, O. A., & Pereira, F. (2013). Research Commentary—Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights. *Information Systems Research*, 24(3), 559-562.
- Finn, R. L., Wright, D., & Friedewald, M. (2013). Seven types of privacy. In *Computers, privacy and data protection: An element of choice* (pp. 3-15). Springer.
- Floridi, L., & Cowsls, J. (2019). A Unified Framework of Five Principles for AI in Society. *Harvard Data Science Review*, 1(1).
- Galliers, R. D., & Leidner, D. E. (2014). *Strategic Information Management: Challenges and Strategies in Managing Information Systems*. Routledge.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E. (2007). *Smart cities: Ranking of European medium-sized cities*. Centre of Regional Science, Vienna UT, Vienna.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. acatech - National Academy of Science and Engineering.
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, not technology, drives digital transformation. *MIT Sloan Management Review*, 14(1), 1-26.
- Komninos, N. (2009). Intelligent cities: towards interactive and global innovation environments. *International Journal of Innovation and Regional Development*, 1(4), 337-355.
- Komninos, N., Pallot, M., & Schaffers, H. (2013). Special issue on smart cities and the future internet in Europe. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2), 119-134.
- Lee, H. K., & Kim, J. (2018). The Role of HRM Practices in Digital Transformation: Evidence from South Korean Firms. *Sustainability*, 10(5), 1341.
- Luo, J., Han, Y., & Chen, L. (2021). A Survey on AI Applications in Smart Cities. *IEEE Access*, 9, 14234-14252.
- Manyika, J., Chui, M., & Bisson, P. (2016). *Digital America: A tale of the haves and have-mores*. McKinsey Global Institute.
- Manyika, J., Chui, M., & Bisson, P. (2017). *Artificial Intelligence: The Next Digital Frontier?* McKinsey Global Institute.
- Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P., & Marrs, A. (2017). *Artificial Intelligence: The Next Digital Frontier?* McKinsey Global Institute.
- McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2012). *Big Data: The Management Revolution*. Harvard Business Review, 90(10), 60-68.
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2008). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking*. O'Reilly Media, Inc.



- Ross, J. W., Beath, C. M., & Quaadgras, A. (2013). You May Not Need Big Data After All. *Harvard Business Review*, 91(12), 92-100.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson Education.
- Sakr, S. (2020). Real-Time Data Analytics for Large Smart Cities: A Comprehensive Review. *IEEE Access*, 8, 28571-28602.
- Shin, J., Lee, J., & Lee, J. (2019). Smart City Technology and Social Inequality: A Critical Review. In *International Conference on Human Interface and the Management of Information*.
- Skare, M., de Obesso, M. D. L. M., & Ribeiro-Navarrete, S. (2023). Digital transformation and European small and medium enterprises (SMEs): A comparative study using digital economy and society index data. *International Journal of Information Management*, 68, 102594.
- Taddeo, M., & Floridi, L. (2018). How AI can be a force for good. *Science*, 361(6404), 751-752.
- Topol, E. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Hachette UK.
- Van den Hoven, J. (2013). Value sensitive design and responsible innovation. *Responsible Innovation* 1, 75-83.
- Verhoef, P. C., Lemon, K. N., Parasuraman, A., Roggeveen, A., Tsiros, M., & Schlesinger, L. A. (2009). Customer Experience Creation: Determinants, Dynamics and Management Strategies. *Journal of Retailing*, 85(1), 31-41.
- Vial, G. (2021). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *Managing digital transformation*, 13-66.
- Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading Digital: Turning Technology Into Business Transformation*. Harvard Business Review Press.
- Yuan, Z., Zhang, C., & Zha, J. (2020). A Survey on Smart City: Advances in Scalable Computing, Data Management, and Machine Learning. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 8(2), 382-393.
- Zhang, L., Liu, S., & Zhang, C. (2021). Urban Mobility Management in Smart Cities: From Traffic Forecasting to Smart Logistics. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
- Zheng, Y., Ma, Y., Liu, J., & Zheng, D. (2018). Smart city and AI: From concept to practice. *IEEE Access*, 6, 6469-6478.



## کاربرد هوش مصنوعی در صنایع نفت و گاز: کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه از طریق هوشمندسازی پایش وضعیت تجهیزات دوار

سعید حیاتی جعفریگی<sup>۱\*</sup>، سعید نوری<sup>۲</sup>، بهرام پاییده<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> واحد برنامه ریزی، کنترل و روش های نگهداری و تعمیرات/ واحد کنترل، نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه / شرکت نفت ستاره خلیج فارس / بندرعباس  
<sup>۲</sup> مدیریت نگهداری و تعمیرات / شرکت نفت ستاره خلیج فارس / بندرعباس

*saeedhayati90@gmail.com*

### چکیده

امروزه استفاده از سیستم‌های هوشمند در نگهداری و تعمیرات رو به افزایش بوده و تقاضا برای سنسورهای اینترنت اشیا در این زمینه به جهت سهولت در نصب، دقت بالا در اندازه‌گیری و کاهش زمان تشخیص و اقدام، فزاینده است. در مقاله حاضر مراحل راه اندازی یک سیستم هوشمند نگهداری تجهیزات دوار و چالش‌های مربوط به آن بررسی شده است. در یک مقایسه کاربردی، نتایج استفاده از سیستم هوشمند به جای روش سنتی در پایش ارتعاشات تجهیزات حیاتی پالایشگاه بررسی و نتایج ارائه شده است. در نهایت نشان داده می‌شود، استفاده از سیستم هوشمند باعث کاهش نفرت درگیر در برنامه پایش وضعیت، کاهش زمان ارزیابی و افزایش دقت در تحلیل داده‌ها خواهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه، تجهیزات دوار، آنالیز ارتعاشات، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا

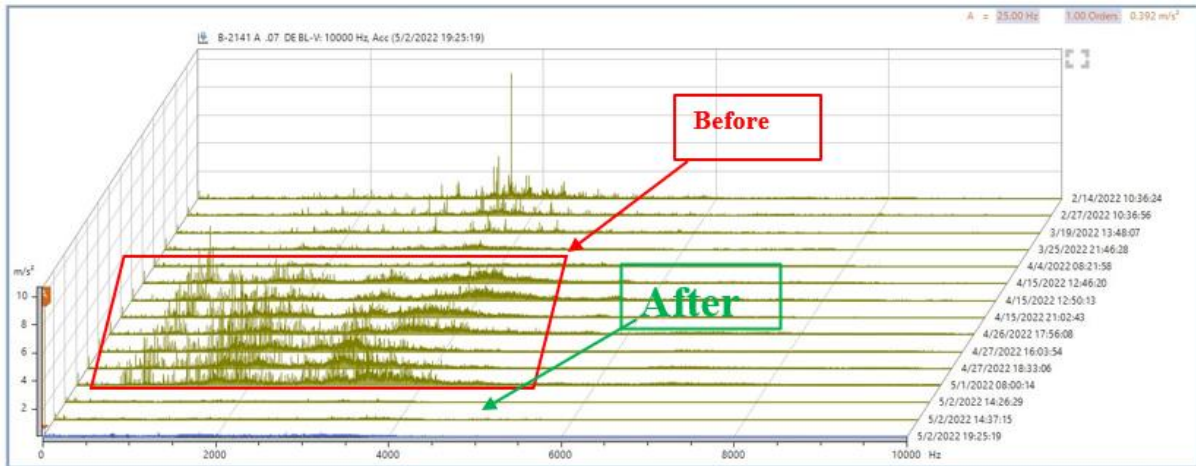
## ۱. مقدمه

در واحدهای صنعتی و تولیدی که تجهیزات دوار فراوانی دارند، اساسی‌ترین چالش‌ها در نگهداری و تعمیرات این نوع تجهیزات، تشخیص به موقع خرابی، تعمیر به هنگام آن‌ها در حداقل زمان ممکن و کاهش زمان خاموشی تجهیزات است. با توجه به وجود قطعات متحرک در تجهیزات دوار نیاز به سرویس و تعمیر این ماشین‌آلات با گذشت زمان ضروری و ناگزیر است. در نگاهداشت این تجهیزات، یک رویکرد صرفاً برنامه‌ریزی‌فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در فواصل زمانی ثابت، بدون توجه به وضعیت واقعی تجهیزات است. در این رویکرد برنامه‌ریزی و اجرا ساده است اما چالش‌هایی دارد. ممکن است نگهداری و تعمیرات به موقع و در زمان لازم انجام نشود تا از آسیب جدی به تجهیزات و ایجاد مشکلات ایمنی خطرناک جلوگیری شود، از طرفی ممکن است بدون نیاز واقعی به تعمیرات و زودتر از موعد انجام شود. در این صورت باز شدن بی‌مورد تجهیزات، می‌تواند به دلیل وجود خطاهای انسانی، آسیب جدی به تجهیزات را افزایش دهد.

یک جایگزین کارا تر، تعمیرات مبتنی بر شرایط است که اقدامات نگهداری و تعمیرات را بر اساس شرایط مشاهده شده ماشین انجام می‌دهد. بنابراین نگهداری و تعمیرات قبل از خرابی و فقط در صورت لزوم انجام می‌شود. چالش عمده این رویکرد این است که اجرایی نکردن نگهداری و تعمیرات تا زمانی که ماشین علائم خرابی را نشان ندهد خطرناک است و ممکن است در زمان‌های بسیار نامناسب تولید را مختل کند.

یک رویکرد جدیدتر و بهینه‌تر، نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه است که نیازها و فعالیت‌های لازم نگهداری و تعمیرات را از قبل پیش‌بینی نموده و شدت خرابی را دنبال می‌کند تا در زمان لازم اقدام اصلاحی انجام شود. نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه، پایش وضعیت را با یک مدل پیش‌بینی پویا برای حالت‌های خرابی ترکیب می‌کند. رویکرد پیش‌بینانه حداکثر حفاظت از تجهیزات دوار را بدون افزایش پیچیدگی کلی سیستم، ارائه می‌کند. نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه سلامت تجهیزات را از طریق اندازه‌گیری، ثبت، تجزیه و تحلیل ویژگی‌های فیزیکی مانند ارتعاشات، صدا، نتایج بازرسی چشمی در محل و دما پایش می‌کند. طبق مطالعه دیلدا و همکاران [۱]، استفاده از روش‌های نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه در صنایع می‌تواند تا ۵۰ درصد زمان خرابی را کاهش دهد و بین ۱۰ تا ۴۰ درصد در هزینه‌های نگهداری تجهیزات صرفه‌جویی کند. با توجه به اینکه عیوب متدوال در تجهیزات دوار نظیر نامیزانی جرمی، ناهمراستایی، خرابی یاتاقان و سایر عیوب به صورت بروز علائم ارتعاشی نمایان می‌شوند، نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه اغلب بر اساس تحلیل ارتعاشات ماشین‌های دوار مانند موتورها، پمپ‌ها، نوار نقاله‌ها، کمپرسورها و فن‌ها به عنوان روش اصلی و کارآمد مورد استفاده قرار می‌گیرد. تغییر در شرایط کارکرد نرمال تجهیز با گذشت زمان، به صورت تغییر تدریجی مقادیر اندازه‌گیری شده منعکس می‌شود. شکل ۱ تغییر در طیف فرکانسی برداشت شده از تجهیز قبل و بعد از تعمیرات را نشان می‌دهد. در نتیجه هر چه بتوان سریع‌تر یک عیب را تشخیص داد، هزینه تعمیر و توقف تولید کمتر و فعالیت‌های مورد نیاز قابل برنامه‌ریزی خواهد بود. جهت کشف عیب تجهیزات از طریق صدا و ارتعاش از آنالیزرها و سنسورهای قابل حمل و داده برداری گسسته به صورت گسترده از گذشته تاکنون استفاده شده است. اما تجهیزات تشخیصی و نرم افزارهای مبتنی بر آن دارای فناوری‌های نسبتاً پیچیده و گران قیمت هستند و محدودیت‌هایی در مورد تکرارپذیری، مدیریت داده‌ها و تجزیه و تحلیل ایجاد می‌کنند.





شکل ۱. تغییر در طیف فرکانسی یک تجهیز به عنوان معیار تغییر در وضعیت سلامت تجهیز

پیشرفت تکنولوژی و پیدایش الگوریتم‌های پیشرفته هوش مصنوعی، رویکرد جدیدی در نگهداری و تعمیرات تجهیزات دوار امکان پذیر می‌کند. در حال حاضر سنسورهای کوچک و کم‌مصرف را مستقیماً و بصورت دائمی می‌توان روی ماشین‌ها نصب کرد و چندین متغیر را به صورت همزمان پایش کرد [۲]. تمامی فعالیت‌های پردازش اولیه سیگنال برداشت شده، ارسال داده‌ها به مراکز تحلیل و کنترل محلی، راه دور یا فضای ابری از طریق سنسور انجام می‌شود. این مجموعه سنسورهای هوشمند، مزایای زیر را نسبت به تجهیزات سنتی پایش وضعیت ارائه می‌دهند [۳]:

- هزینه کمتر: سنسورهای هوشمند با عملکرد مستقل هزینه بسیار کمتری نسبت به استفاده از سنسورهای شتاب سنج پیزوالکتریک قابل حمل و مهندسی‌ن ماهر مورد نیاز برای کار با تجهیزات قابل حمل ارتعاش سنجی دارند.
- تکرارپذیری<sup>۱</sup> و قابلیت اطمینان بالای داده‌ها: اندازه‌گیری و تحلیل به‌طور مداوم در طول کارکرد تجهیز دوار انجام می‌شود، و نه بر اساس برنامه‌های معین تعمیر و نگهداری در فواصل زمانی مختلف که ممکن است علائم اولیه خرابی یا وضعیت بحرانی تجهیز را از دست بدهد.
- توانایی اعلام هشدار فوری در محل: الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند داده‌ها را به سرعت تجزیه و تحلیل کنند و اقدامات لازم را هم زمان با وقوع خرابی، برای محافظت از تجهیزات و اطمینان از ایمنی توصیه یا حتی اقدام لازم را اتخاذ کنند.
- متغیرهای پایش قابل تنظیم در طول زمان: گره‌های سنسور<sup>۲</sup> را می‌توان به گونه ای پیکربندی کرد که افزایش سن تجهیزات را نیز در نظر بگیرند.

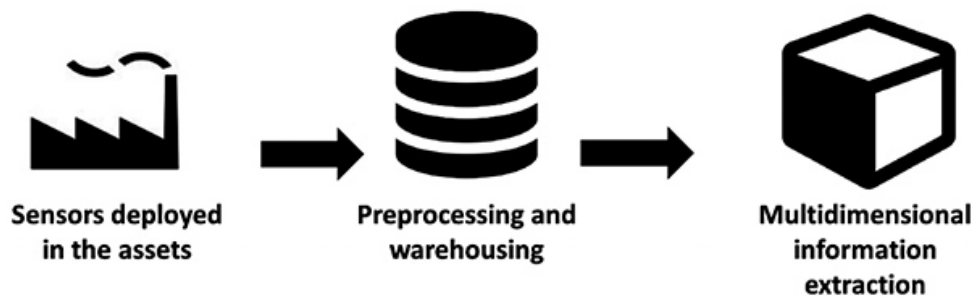
علاوه بر مزایایی که گره‌های سنسور هوشمند به صورت محلی ارائه می‌کنند، با توجه به امکان انتقال داده‌های ثبت شده، می‌توان حجم زیادی از اطلاعات را شبکه‌های ابری ذخیره کرد و در ادامه‌ی روند یادگیری ماشین در هوش مصنوعی استفاده کرد. در این صورت تحلیل‌های بعدی نت پیش‌بینانه عمیق‌تر خواهد بود.

سیستم‌های پایش وضعیت پیش‌بینانه شامل تعدادی سنسور هوشمند است که در یک شبکه به مراکز داده یا فضای ابری متصل می‌شوند (شکل ۲). بسته به تنظیمات در نظر گرفته شده در مدیریت داده‌های سازمان، با استفاده از امکان تجزیه و تحلیل تعبیه شده محلی، داده‌ها را می‌توان بلافاصله بر روی شبکه سنسورها تحلیل کرد یا در مراکز داده دور و زیرساخت فضای ابری پردازش کرد، که می‌تواند حجم بالای داده‌ها را در طول زمان پردازش و جهت آموزش الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده کرد. امروزه سیستم‌های هوشمند نت پیش‌بینانه به بخش انبار و تدارکات سازمان متصل می‌شوند تا در برنامه ریزی سفارشات قطعات یدکی و مدیریت مصرف تأثیرگذار باشند.

<sup>1</sup> Repeatable  
<sup>2</sup> sensor node

در این سیستم‌ها، توزیع تجزیه و تحلیل بین فضای ابری، سرورهای لبه<sup>۱</sup> و گره‌های سنسور برای حداکثر کارایی و اثربخشی بسیار مهم است. توانایی تشخیص خرابی ماشین در سطح گره اجازه می‌دهد تا اقدامات اصلاحی فوری روی ماشین برای جلوگیری از آسیب و خرابی بیشتر انجام شود. از طرفی ذخیره داده‌ها در فضای ابری این امکان را فراهم می‌کند تا فعالیت‌ها و تجزیه و تحلیل‌های با رویکرد درازمدت مدیریت شده و از داده‌های ذخیره شده جهت ادامه یادگیری ماشین و امکان تحلیل‌های پیچیده‌تر (در حجم زیادی از داده‌های از پیش پردازش شده) فراهم شود، در نتیجه می‌توان برای تعیین روندها و بهینه‌سازی مدل‌های تحلیلی محلی مفید باشد.

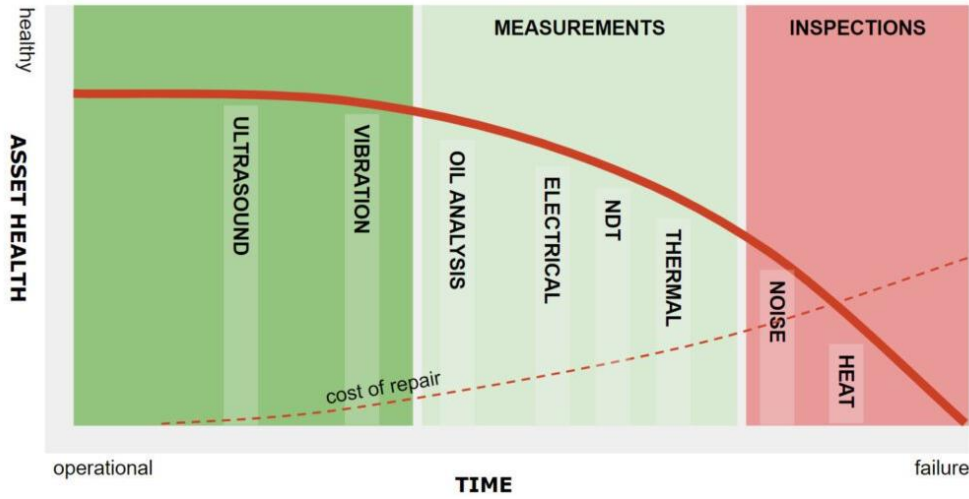
انواع سنسورهایی که ممکن است مورد استفاده قرار گیرند عبارتند از سنسورهای دما، فشار و رطوبت برای داده‌های محیطی، شتاب سنج برای اندازه‌گیری ارتعاشات و سنسورهای اولتراسونیک. بررسی عملکرد مناسب سنسور به صورت دوره‌ای در سیستم‌های هوشمند نت پیش‌بینانه ضروری است. در سیستم‌های هوشمند ویژگی خودآزمایی سنسورها می‌تواند عملکرد هر سنسور را بدون در نظر گرفتن موقعیت آن، بدون جابجایی آن تأیید کند. شتاب سنج‌ها به ویژه برای تشخیص خرابی در تجهیزات دوار مناسب هستند، بدلیل اینکه شتاب، سرعت و دامنه ارتعاشات می‌تواند علائم هشدار دهنده‌ای از یک خرابی یا خرابی‌های در شرف وقوع ارائه دهند [۳]. متغیر هشداردهنده دیگر انتشار موج‌های فراصوت<sup>۲</sup> است که می‌تواند قبل از تغییرات محسوس ارتعاشات به عیب‌یابی کمک کند. در شکل ۳ روش‌های مورد استفاده در عیب‌یابی تجهیزات دوار به ترتیب اولویت زمان تشخیص خرابی نشان داده شده است.



شکل ۲. برداشت داده‌ها، پیش پردازش و انتقال به مراکز داده [۴]

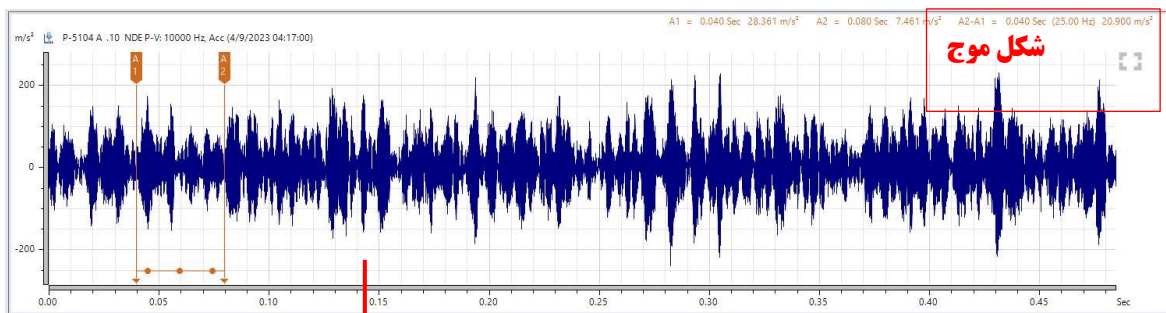
<sup>1</sup> edge servers

<sup>2</sup> Ultrasound



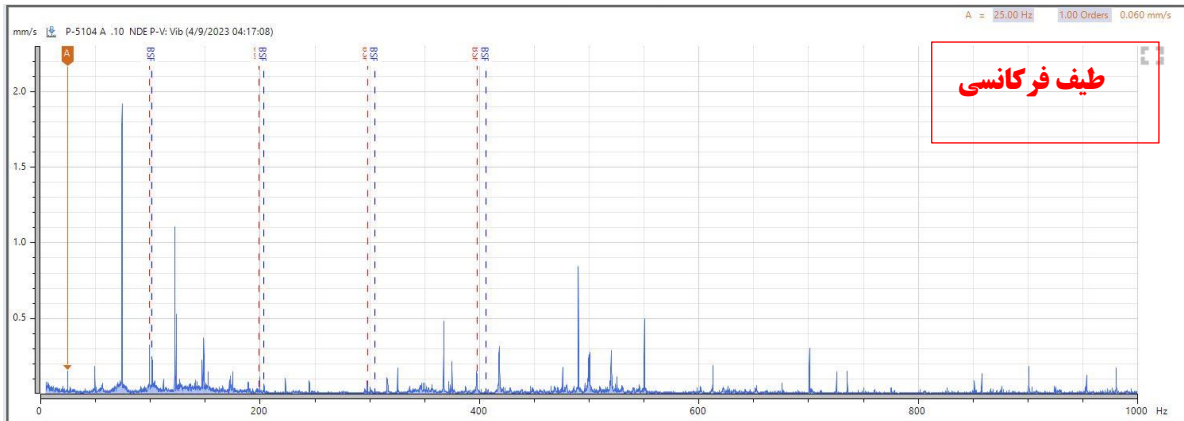
شکل ۳. روش‌های مورد استفاده در عیب‌یابی تجهیزات دوار به ترتیب اولویت زمانی استفاده از آنها [۵]

در تجزیه تحلیل ارتعاشات و آنالیز فراصوت علاوه بر سیگنال برداشت شده توسط سنسور، پردازش آن و تغییر فضای دامنه - زمان به دامنه-فرکانس از طریق روش تبدیل فوریه سریع<sup>۱</sup>، کاربرد فراوان دارد. در فرآیند یادگیری هوش مصنوعی و آموزش مدل‌ها، می‌توان از این نمودار جهت تشخیص وجود ناهنجاری در تجهیز دوار استفاده نمود. در شکل ۴ تبدیل یک سیگنال پیچیده به طیف فرکانسی از طریق تبدیل فوریه سریع نشان داده شده است. در شکل ۵ نحوه تنظیم آستانه‌های هشدار در طیف فرکانسی جهت استفاده در سیستم‌های هوشمند نشان داده شده است.

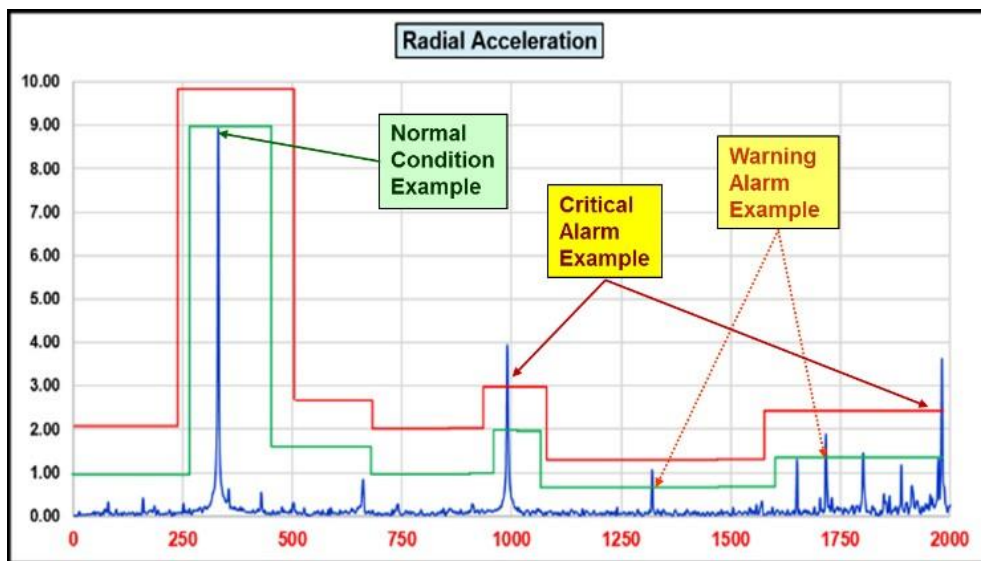


تبدیل فوریه سریع

<sup>1</sup> Fast Fourier transform (FFT)



شکل ۴. تبدیل یک سیگنال پیچیده از فضای دامنه - زمان به فضای فرکانسی جهت سهولت در تحلیل آن



شکل ۵. نحوه تنظیم آستانه های هشدار در طیف فرکانسی جهت استفاده در سیستم های هوشمند [۶]

بنابراین هوش مصنوعی در قالب یادگیری ماشین و یادگیری عمیق مقادیر بسیار زیاد داده‌های موجود در مورد سلامت تجهیزات دوار را که برای یادگیری ماشین ضروری است، با استفاده از تکنیک‌های برنامه نویسی مدرن شبکه‌های عصبی، استخراج و استفاده می‌کند. هوش مصنوعی را می‌توان به عنوان توانایی ماشین برای انجام تجزیه و تحلیل منطقی، کسب دانش و انطباق با محیطی که در طول زمان یا در یک زمینه خاص متفاوت است، تعریف کرد. این تعریف دقیقاً مطابق با کاری است که صنایع به دنبال انجام آن بر روی داده‌های گرفته شده از سنسورهای تعبیه شده در تجهیزات دوار خود هستند [۳]. در این مقاله به بررسی تاثیر استفاده از مجموعه سنسورهای هوشمند جهت پایش وضعیت تجهیزات دوار یک مجتمع صنعتی پرداخته می‌شود. سنسورهای شرکت شافلر به عنوان ملاک ارزیابی و بررسی اقتصادی در نظر گرفته شده‌اند. فرصت‌ها و چالش‌های استفاده از هوش مصنوعی در یک مجموعه داخلی بررسی و با روش سنتی پایش وضعیت تجهیزات دوار مقایسه شده است.

## ۲. بررسی تاثیر استفاده از سیستم مبتنی بر هوش مصنوعی و اینترنت اشیا در تجهیزات حیاتی پالایشگاه

در این قسمت به بررسی تاثیر استفاده از یک سیستم هوشمند مبتنی بر سنسورهای اینترنت اشیا در تجهیزات حیاتی پالایشگاه پرداخته می‌شود. در ابتدا مراحل پیشروی سازمان در راه اندازی سیستم نگهداری و تعمیرات مبتنی بر هوش مصنوعی و اینترنت اشیا بررسی می‌شود. سپس تاثیرات استفاده از سنسورهای هوشمند در یک واحد پالایشگاهی بررسی خواهد شد.

### ۲-۱. مراحل راه اندازی نگهداری و تعمیرات هوشمند در پالایشگاه

قبل از شروع پیاده سازی یک سیستم هوشمند نگهداری و تعمیرات، لازم است چهار مرحله زیر را برای اطمینان از اجرای موفقیت آمیز طرح در نظر گرفته شود.

- ۱- شروع مذاکرات درون سازمانی: اجرای یک تغییر عمیق در سازمان به اندازه راه اندازی سیستم نگهداری هوشمند از طریق یک شخص انجام نمی‌شود. بلکه نیازمند همکاری و همراهی گروه‌های مختلفی از سازمان است. بهینه سازی هزینه‌ها و صرفه جویی در زمان، در حالی که به دنبال نتایج معنادار باشد، نیاز به کار تیمی و برقراری یک بحث سازمانی حول مسئله هوشمند سازی است. جلسات بین واحدی با هدف شناسایی شکاف‌های موجود در بین کارکنان، سطح دانش در سازمان، زیرساخت‌ها و سرورها و گلوگاه‌های شبکه داخلی باید برگزار شود [۷].
- ۲- داشتن فرهنگ سازمانی نگهداری و تعمیرات پیشبینانه: بدون داشتن یک سازمان با فرهنگ نگهداری و تعمیرات پیشبینانه امکان راه اندازی سیستم هوشمند در سازمان وجود نخواهد داشت. تغییر ذهنیت کارکنان و مدیران به رویکرد پیشبینانه در نگهداری تجهیزات چالش اساسی در راه اندازی سیستم هوشمند است. بنابراین چالش کلیدی، عملیاتی کردن نگهداری و تعمیرات پیشبینانه است، و این بسیار مهمتر از اتصال دارایی‌ها به یک پلتفرم هوش مصنوعی، توزیع داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن داده‌ها است.
- ۳- انتخاب متخصصین و مشاورین خارج از سازمان: بعید است که تمامی تخصص‌های لازم در داخل سازمان وجود داشته باشد، بنابراین برای اجرای راه حل هوشمند انتخابی، به کمک شرکت‌ها و متخصصین بیرون سازمان نیاز است. فناوری با سرعت زیادی در حال پیشرفت است و باید مطمئن بود که سیستم هوشمند پیاده شده به سرعت جزیره ای و قدیمی نمی‌شود، مقیاس پذیر است و با فناوری‌های قدیمی و جدید ادغام می‌شود. مشاورین و متخصصین باید اطمینان دهند سیستم به همراه سازمان رشد خواهد کرد.
- ۴- شناسایی دارایی‌های حیاتی سازمان: پیاده‌سازی سیستم هوشمند در برنامه نگهداری و تعمیرات نیاز به سرمایه گذاری و صرف زمان دارد. بنابراین، سیستم باید به گونه‌ای طراحی شود که فقط دارایی‌های حیاتی را پشتیبانی کند تا قابلیت اطمینان این دسته از تجهیزات افزایش یافته و سرمایه‌گذاری سازمان را با افزایش زمان در اختیار بودن دارایی و در عین حال کاهش هزینه‌های نگهداری، جبران کند. در واقع سیستم هوشمند، جایگزین برنامه نگهداری و تعمیرات فعلی نمی‌شود، بلکه آن را تقویت می‌کند. به همین دلیل، باید در پیاده‌سازی سیستم هوشمند، انتخابی عمل نمود و فقط دارایی‌های با درجه اهمیت بحرانی<sup>۱</sup> را انتخاب کرد. اجرای کامل یک فناوری صرفاً به خاطر خودش و بدون استراتژی مشخص، باعث هدر رفتن پول، غرق شدن سازمان در داده‌ها، سود مالی کم و ایجاد یک سیستم هوشمند بدون بهره‌وری می‌شود.
- ۵- بررسی مسائل امنیت داده و رعایت الزامات پدافند غیرعامل: با توجه به اینکه در حال حاضر بسترهای نگهداری و تعمیرات هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در اختیار شرکت‌های خارجی است، لازم است در زمینه امنیت تبادل اطلاعات و رعایت الزامات پدافند غیرعامل، سازمان با بخش‌های مربوطه در تعامل باشد.

<sup>1</sup> Critical Asset

## ۲-۲. تاثیر استفاده از سنسورهای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

جهت بررسی تاثیرات سیستم هوشمند، صرفاً تجهیزات دوار گریز از مرکز با بیرینگ‌های غلتشی مورد بررسی قرار گرفته است. ملاک محاسبات هزینه‌ای، سنسورهای موجود در بازار جهانی نظیر سنسور Uptime3 شرکت شافلر<sup>۱</sup> آلمان است. دلیل این انتخاب مشخص بودن قیمت سنسور و کاربردی بودن آن برای بیرینگ‌های غلتشی در تمامی تجهیزات است. در شکل ۶ نصب این نوع سنسور بر روی یک تجهیز نشان داده شده است.



شکل ۶. سنسور Uptime3 نصب شده بر روی یک الکتروموتور [۸]

تعداد ۱۲ عدد از تجهیزات دوار پالایشگاه که جزء تجهیزات حیاتی در تولید هستند در نظر گرفته شده است. نحوه انجام پایش وضعیت سنتی این تجهیزات به روش آنالیز ارتعاشات در جدول ۱ ارائه شده است. در سه گروه تجهیزات مهم ارائه شده در جدول یک در الکتروپمپ‌های عمودی امکان داده برداری از موتور تجهیز به صورت ایمن میسر نیست. در پایش وضعیت سنتی حداقل زمان بین داده برداری منظم از تجهیزات دو هفته است. در طی دو هفته ابه دلیل گستردگی برنامه پایش وضعیت سنتی تجهیزات وضعیت سلامت تجهیزات حیاتی رصد نخواهد شد. در این صورت نیاز به برنامه پایش آنلاین و هوشمند در این تجهیزات جهت افزایش قابلیت اطمینان آنها مورد نیاز است.

### جدول ۱. پایش وضعیت سنتی تجهیزات حساس پالایشگاه

مدت زمان مورد نیاز جهت ارزیابی داده‌ها	بازه داده برداری	تعداد نقاط داده برداری قابل دسترس	تعداد تجهیزات	گروه تجهیزات
دو روز کاری	دو هفته	۴ نقطه (هر نقطه سه جهت داده برداری=۱۲)	۵	تجهیزات گروه ۱ الکتروپمپ‌ها
یک روز کاری	دو هفته	۴ نقطه (هر نقطه سه جهت داده برداری=۱۲)	۳	تجهیزات گروه ۲ موتور بلوئر‌ها
یک روز کاری	دو هفته	یک نقطه (هر نقطه سه جهت داده برداری=۳)	۴	تجهیزات گروه ۳ الکتروپمپ‌های عمودی

<sup>1</sup> Schaeffler

در صورت استفاده از فناوری هوشمند پایش وضعیت تجهیزات دوار از طریق سنسورهای اینترنت اشیا همانطور که در جدول ۲ ارائه شده است، داده‌ها به صورت آنی برداشت و ذخیره می‌شوند. تصمیم‌گیری سیستم آنی و بدون تاخیر انجام می‌شود و در صورت بروز ناهنجاری بدون نیاز به متخصص هشدار لازم اعلام خواهد شد. در این صورت ریسک خرابی تجهیز کاهش یافته و می‌توان در مواردی که نیازمند روان‌کاری تجهیز است با سرعت عمل بالا و بدون افزایش شدت خرابی اقدام نمود.

**جدول ۲. پایش وضعیت هوشمند تجهیزات حساس پالایشگاه با استفاده از سنسورهای اینترنت اشیا**

مدت زمان مورد نیاز جهت ارزیابی داده‌ها	بازه داده برداری	تعداد نقاط داده برداری قابل دسترس	تعداد تجهیزات	گروه تجهیزات
آنی به همراه هشدار	آنی	۳ نقطه (داده برداری سه جهته فقط از یک نقطه)	۵	تجهیزات گروه ۱ الکتروپمپ‌ها
آنی به همراه هشدار	آنی	۳ نقطه (داده برداری سه جهته فقط از یک نقطه)	۳	تجهیزات گروه ۲ موتور بلوئرهای
آنی به همراه هشدار	آنی	۳ نقطه (داده برداری سه جهته فقط از یک نقطه)	۴	تجهیزات گروه ۳ الکتروپمپ‌های عمومی

استفاده از سیستم هوشمند پایش وضعیت در مقایسه با حالت سنتی آن نتایج ذیل را در پی دارد:

- ۱- کاهش پرسنل درگیر با داده برداری و آنالیز از ۶ نفر به ۲ نفر
- ۲- کاهش زمان تصمیم‌گیری و اقدام پیشگیرانه از بیش از یک روز به آنی
- ۳- افزایش دقت دلیل حذف عامل انسانی و استفاده از هوش مصنوعی یادگیرنده
- ۴- کاهش زمان توقف‌های برنامه ریزی نشده و به تبع آن کاهش هزینه‌های عملیاتی
- ۵- ذخیره داده‌های ارزشمند تجهیزات جهت به روز رسانی مدل‌های هوش مصنوعی

### ۳. نتیجه‌گیری

در این مقاله مراحل مورد نیاز جهت استقرار نگهداری و تعمیرات هوشمند از جمله ایجاد ارتباط درون سازمانی، انتخاب مشاور و متخصص برون سازمانی و شناسایی تجهیزات حیاتی پالایشگاه اشاره گردید. چالش‌های موجود نظیر ایجاد فرهنگ سازمانی با رویکرد پیشبینانه در نگهداشت تجهیزات و رعایت مسائل امنیتی و الزامات پدافند غیرعامل به عنوان چالش در سازمان‌های داخلی تاکید شد. سیستم سنتی پایش وضعیت ۱۲ تجهیز حیاتی پالایشگاه با اجرای یک سیستم مبتنی بر هوش مصنوعی برای تجهیزات یاد شده مقایسه شد. از جمله نتایج مهم، کاهش زمان ارزیابی از بیش از ۲۴ ساعت به آنی و کاهش پرسنل درگیر در داده برداری و تحلیل ارتعاشات تجهیزات از ۶ نفر به ۲ نفر است. همچنین ذخیره داده‌های ارزشمند تجهیزات جهت به روز رسانی مدل‌های هوش مصنوعی استفاده شده، به عنوان مزیت این نوع سیستم خواهد بود.



## منابع

- [1] Dilda, V., Mori, L., Noterdaeme, O., & Schmitz, C. (2017). Manufacturing: Analytics unleashes productivity and profitability. *Report, McKinsey & Company.*
- [2] M. Behzad , A. Davoodabadi, H. A. Arghand, Prognostics of rolling element bearings using shock pulse method and vibration method records and employing feedforward neural-network, *AmirKabir J. Mech. Eng.*, 53(Special Issue 4) (2021) 2557-2576.
- [3] Giuseppina Tomarchio, Alessandro Faulisi, Werner Neumann, and Vladimir Janousek, *STMicroelectronics*
- [4] Galar, Diego, Pasquale Daponte, and Uday Kumar. *Handbook of Industry 4.0 and SMART Systems.* CRC Press, 2019
- [5] Galar, Diego. *Artificial intelligence tools: decision support systems in condition monitoring and diagnosis.* Crc Press, 2015.
- [6] Galar, Diego, Uday Kumar, and Dammika Seneviratne. *Robots, Drones, UAVs and UGVs for Operation and Maintenance.* CRC Press, 2020.
- [7] Bryan Christiansen, *IIoT Technology Applications for Maintenance and Asset Management*, <https://limblecmms.com/>
- [8] *Schaeffler Optime manual- Schaeffler.COM*





# Artificial intelligence and music production with an emotive approach

Hamed Dehghani Nasrabad

Hamex Records, Founder, Tehran, Iran.

[iamhamex@gmail.com](mailto:iamhamex@gmail.com)

**Abstract:** This article delves into the dynamic synergy between artificial intelligence (AI) and music production, with a unique emphasis on the emotive aspects of musical creation. As AI continues to redefine the landscape of various industries, its profound influence on the realm of music is undeniable. In the context of advancing global economic and scientific standards, information technology has become ubiquitous in various aspects of daily life. The contemporary emphasis on promoting educational modernization facilitates the integration of intelligent music teaching, driven by the profound application of artificial intelligence (AI) technology in education. Intelligent instructional design, underpinned by AI technology, represents a seamless fusion of information technology with music pedagogy. This amalgamation leverages AI's intelligent perception, learning analysis, and emotional computing technologies to formulate a sophisticated model for intelligent music instruction. The establishment of an online learning and education platform grounded in big data intelligence further enhances the educational landscape. This platform not only offers educators a diverse array of teaching methodologies but also furnishes students with personalized assessment and adaptive learning services. Such advancements contribute to the enhancement of the efficiency of music teaching. While artificial intelligence has exhibited remarkable success in strategic games by defeating world champions, it is imperative to recognize that employing identical programming tactics may not be a judicious approach for creative and ostensibly emotional artistic pursuits such as music composition. This study navigates the evolving intersection of technology and artistic expression, shedding light on how AI algorithms are reshaping the creative process. The research adopts an emotive approach, aiming to unravel the emotional impact of AI-generated music on listeners. Through a combination of literature review, case studies, and critical analysis, we explore the capabilities of AI in generating music that transcends mere algorithmic precision, resonating with human emotions. This article contributes to the ongoing discourse surrounding AI in the arts, offering insights into the transformative potential of technology in shaping the future of music production and consumption.

**Keywords:** Artificial intelligence, music production, emotional approach, music cognition, emotion, creativity, aesthetics.



## 1. Introduction

Artificial intelligence (AI) refers to the capacity of a computer program or a machine to emulate human cognitive processes, enabling it to learn and think in a manner akin to humans. Demonstrating a certain level of human-like intelligence, AI is adept at executing various tasks and solving complex problems. Coined during the Dartmouth Conference in 1956, the term "artificial intelligence" has gained substantial prominence and efficacy in contemporary times, owing to increased data volumes, sophisticated algorithms, and advancements in computing power and storage. The ongoing research in artificial intelligence has already exerted a considerable influence on numerous major industries, with the music industry standing out as a noteworthy example of such impact.

Music encompasses organized sounds created by humans, serving as a medium for social interaction, expression, diversion, or the elicitation of emotion. Throughout history, individuals have composed music as a means of articulating their thoughts. Simultaneously, music has captivated audiences by its ability to evoke emotions. The recent significant progress in artificial intelligence (AI) introduces novel avenues for the creation and comprehension of music [1].

The evolution of technology significantly impacts life, and innovation plays a pivotal role in shaping the future. With the ongoing advancements in technology and culture, traditional methods of music teaching and learning prove insufficient. Consequently, there is a pressing need to reconstruct educational approaches, ushering in a new era characterized by intelligent teaching models empowered by artificial intelligence (AI) technology. This paradigm shift represents the seamless integration of high technology with educational science, marking a key goal in contemporary educational research. In order to align with the rapid pace of the present era, embracing intelligent teaching becomes paramount. Undertaking this historical task requires prioritizing teaching reform in education. The transformation from conventional music education to intelligent music education is imperative, utilizing technologies like artificial intelligence to foster the development of intelligent individuals and constructing a scientifically informed educational framework. The intelligent teaching design model emerges as a transformative approach, guiding the implementation of intelligent teaching and steering students towards interdisciplinary, deep, and boundless learning [2].

The application of artificial intelligence technology becomes a driving force behind smart teaching. As cybernetics pioneer Wiener aptly stated, "We have transformed our environment so thoroughly that we must now transform ourselves in order to survive in this new environment." Education, in this context, is not merely the transmission of external knowledge but the realization of wisdom from within. Breaking away from traditional uniform educational forms becomes imperative, necessitating the establishment of a smart education system compatible with the artificial intelligence era. The integration of AI technology systematically upgrades the learning environment, content, teaching methods, and management models, offering students a plethora of rich choices and a more personalized and precise approach to acquiring wisdom. The realization of modern education is challenging without the incorporation of intelligent education. Utilizing artificial intelligence (AI) technology transcends being a mere showcase of teaching tools; it establishes a novel teaching ecosystem characterized by a people-centric, symbiotic, mutually constructive, and shared approach. Intelligent education strives for equity, extending education to all, tailoring it to individual personalities, and fostering a more open and flexible educational landscape. By leveraging modern information technologies, such as artificial intelligence, in smart teaching, the conventional teacher-textbook-student-book teaching model evolves into a high-tech paradigm. This transformation employs elements like big data analysis, cloud desktops, cloud classrooms, and human-computer interaction, offering diverse content and innovative methods to actively engage students in learning activities [2].

The intelligent teaching environment is shaped by the rapid mobile 5G network, various big data resources, and emerging artificial intelligence technologies. Intelligent teaching, as facilitated by the new generation of information technology, fundamentally alters the utilization of teaching materials. Informatization assists teachers in intelligently preparing lessons, analyzing and mastering their subjects, ultimately presenting teacher-student interactions through tablets and computer devices. The teaching philosophy of "student-oriented, learning-based teaching" permeates the entire learning process, with



artificial intelligence technology and equipment serving students' educational needs. Through the feedback and analysis of extensive learning data, teachers gain prompt and precise insights into challenging knowledge points for students in a given class. This allows for targeted teaching based on individual aptitudes and the effective addressing of learning disparities. The primary transformative impact of the integration of artificial intelligence technology is the empowerment of teaching processes. The implementation of electronic teaching plans eliminates the need for teachers to engage in repetitive copying tasks. Teachers gain the flexibility to reorganize high-quality resources as needed, alleviating their workload and allowing them to invest additional time and resources into offering personalized, micro-tutoring for students, thereby enhancing teaching efficiency. Students are actively involved in selecting preferred subjects and chapters for self-directed learning through computers or mobile devices. They can conduct targeted analyses and engage in additional exercises to address incorrect answers, fostering a heightened sense of enthusiasm and initiative in the learning process. The conventional practice of teachers individually posing questions is replaced by students using tablets to respond, with real-time feedback visible to teachers through electronic whiteboards. This approach ensures efficient and targeted teaching, fostering high student interest, automatic participation, and robust interaction, thereby rendering the teaching process more dynamic and scientifically informed. Additionally, the system can automatically calculate answer correctness rates, aiding teachers in analyzing the teaching situation. The incorporation of various intelligent tools significantly reduces the repetitive tasks for teachers and markedly enhances classroom efficiency [2].

Numerous information platforms on the Internet serve as repositories for educators who generously share their meticulously crafted courseware and teaching resources. This altruistic contribution establishes a rich repository of cloud-based classrooms, course materials, and resources, fostering a collaborative and mutually beneficial environment for shared learning and educational cooperation. Notably, the traditional classroom model has undergone substantial transformations, with certain platforms enabling synchronous classes across various global locations. The original altruistic intention of imparting boundless knowledge exemplifies a profound respect for knowledge, affirming that knowledge transcends boundaries and learning is limitless.

The manner in which students practice has also evolved, as mobile phones or tablets facilitate online practice, allowing teachers to receive timely feedback. Teacher evaluations have undergone significant changes, with software capable of seamlessly assessing and providing feedback on student performance. Similarly, examination methods have been revolutionized, employing answering software to automatically compile statistics on student responses, thereby offering swift and accurate data for teachers to analyze test papers and assess examination quality. The incorporation of artificial intelligence technology into smart teaching designs represents not only an advancement in teaching methods and technology but also an enrichment of knowledge and a paradigm shift in teaching concepts. Smart teaching's development, encompassing the dimensions of time, space, and equitable education, caters to both high-achieving students, providing a broader scope for advancement, and intelligent support. This approach ensures that the most efficient and rational methods are employed throughout various stages of talent development, adapting to diverse situations. The seamless integration of artificial intelligence technology and smart teaching design effectively addresses the deficiencies of traditional education, prioritizing the cultivation of students' abilities, enhancing their information literacy, catering to individualized learning needs, and realizing the objectives of smart education [2].

The machine learning mechanism is adept at extracting features from data, facilitating informed decision-making. It typically falls into categories such as supervised learning, unsupervised learning, and reinforcement learning. Supervised learning involves labeled data, whereas unsupervised learning deals with unlabeled data. Reinforcement learning (RL) incorporates evaluative feedback. Deep learning, a subset of machine learning, is integrated with RL in what is known as Deep RL. In the context of RL, an agent engages with the environment, refining an optimal policy through trial and error. At each time step, the agent receives a scalar reward and transitions to the next state based on environmental dynamics. Additionally, a discount factor gauges the impact of future rewards. RL formulations for state and action spaces can be discrete or continuous, and RL problems may be deterministic, stochastic, dynamic, or adversarial, as seen in certain games [3].



The Fuzzy Markup Language (FML) stands out as the inaugural standard introduced by the IEEE Computational Intelligence Society (CIS). It serves as a robust AI tool, empowering domain experts to seamlessly craft real-world applications by incorporating their personal experience and existing knowledge into the rule base and knowledge base of FML. Furthermore, the development of intelligent agents constitutes a crucial aspect within the AI landscape. Recent proposals have showcased numerous real-world applications grounded in FML and intelligent agents, spanning domains such as diet management, healthcare, e-learning, university assessment, Go game, and others [3].

While the impact of consciously controlled thought on the modulation and regulation of emotions is well-established, the reciprocal influence of emotions on thought remains a less explored and understood area. Consequently, there has been a recent initiation of research into the effects of music-evoked emotions on cognition. Given that music possesses the capacity to evoke powerful emotions, and individuals typically exhibit diverse music tastes and preferences, studies such as Balasubramanian et al.'s examination of participants' dynamic emotional responses to self-selected music through Electroencephalography (EEG), and Deng et al.'s extraction of users' emotions from microblogs for music recommendation, have emerged. The integration of biosensor technology and mobile EEG interfaces has further expanded the possibilities for cognitive monitoring. The field of Brain-Computer Interface (BCI) has introduced a non-muscular channel for transmitting messages and commands to the external world. While historically focused on developing communication and control technology for individuals with severe neuromuscular disorders, contemporary BCI applications now extend to areas such as the real-time detection of a driver's cognitive state, necessitating immediate attention [3].

## 2. History of artificial intelligence in music

The concept of sentience finds its roots in the Latin term "sentire," denoting the ability to sense or feel. Sentience, as per Merriam-Webster, is the quality of being "responsive to or conscious of sense impressions." In simpler terms, it entails the capability to perceive one's surroundings. However, mere sensing, as demonstrated by a thermometer detecting temperature or a light switch discerning its on/off status, does not confer sentience. The distinctive aspect that may render humans sentient lies not merely in the capacity to feel but rather in the ability to empathize, as suggested by Keltner et al. Despite variations in definitions, it is commonly accepted that humans possess sentience, while the prevailing consensus asserts that computers lack this attribute. Nevertheless, if Artificial Intelligence (AI) can interpret human creations expressing emotions, and machine learning empowers AI to generate original compositions based on such interpretations, then creations of artificial intelligence may indeed convey emotions as well [4].

Humans convey their emotions through various mediums, including facial expression, speech, literature, music, and art. While AI can algorithmically replicate these forms of expression, the fundamental question arises as to whether the emotions elicited are genuinely its own, given that the AI is essentially choosing emotions based on an algorithm. It is noteworthy, however, that humans also derive their emotions from internal algorithms, albeit highly intricate ones. This acknowledgment does not diminish the value of human emotions or the concept of sentience. On the contrary, it underscores the remarkable nature of emotions like love and happiness emerging from a complex algorithm rather than spontaneously emerging. If the human mind is viewed as a sophisticated algorithm, then emotional expression in humans can also be perceived as algorithmic. It raises the possibility that the masterpieces of Mozart, Michelangelo, Shakespeare, and Van Gogh might not be spontaneous acts of creativity but potentially algorithmically generated by the minds of their creators. The perceived distinction between AI and humans may ultimately rest on the complexity of their respective algorithms [4].

In 1951, the British mathematician Alan Turing achieved a historic milestone by creating computer-generated music. Turing, renowned for his roles as a computer scientist, philosopher, and cryptologist in breaking the Nazis' Enigma code, accomplished this feat at the Computing Machine Laboratory in Manchester, England. The recording, dating back 69 years, was captured by a BBC outside-broadcast unit. Turing himself constructed the machine responsible for generating melodies, which occupied a significant portion of the laboratory's ground floor. Various tunes, including "God Save the King" and



"Baa, Baa Black Sheep," were produced. Although Turing initiated the programming of the initial musical notes on the computer, the task of arranging them into melodies was carried out by a school teacher named Christopher Strachey. Subsequently, in 1957, composer Lejaren Hiller and mathematician Leonard Isaacson, affiliated with the University of Illinois at Urbana-Champaign, utilized the ILLIAC I (Illinois Automatic Computer). This marked the first instance of a computer entirely owned and built by a United States educational institution, to generate compositional material. The outcome was the musical work titled "Illiac Suite for String Quartet," representing a pioneering example of a composition entirely authored by artificial intelligence. In 1960, Russian researcher R. Kh. Zaripov made a groundbreaking contribution by publishing the world's first paper on algorithmic music composition using the URAL-1 computer, titled "An algorithmic description of a process of musical composition." In 1965, American inventor Ray Kurzweil showcased a computer-generated piano piece during the premiere, demonstrating the machine's capability in pattern recognition across various musical compositions. The computer, equipped with this feature, could analyze and utilize these patterns to generate novel melodies. The debut occurred on the "I've Got a Secret" program hosted by Steve Allen, and it posed a challenge to the hosts until film star Henry Morgan successfully guessed Ray's secret. In 1973, the MIT Experimental Music Studio (EMS) was established by Professor Barry Vercoe, marking the world's first facility dedicated to digital computers for continuous research and production of computer music. The EMS played a pivotal role in the development and exploration of significant computer music technologies, encompassing real-time digital synthesis, live keyboard input, graphical score editing, and programming languages tailored for music composition and synthesis. In 1974, the inaugural International Computer Music Conference took place at Michigan State University in East Lansing, USA [5].

The International Computer Music Conference (ICMC) has since evolved into an annual gathering for computer music researchers and composers, overseen by the International Computer Music Association (ICMA). In 1975, N. Rowe, a researcher from the MIT Experimental Music Studio, authored a paper titled "Machine perception of musical rhythm." This work introduced a system for intelligent music perception, enabling musicians to fluently play on an acoustic keyboard while the machine deduces and records aspects such as meter, tempo, and note duration. By 1980, David Cope, an American composer and scientist from the University of California, Santa Cruz, developed the Experiments in Musical Intelligence (EMI) system. EMI, founded on generative models, analyzed existing music to generate new compositions. Representing a significant breakthrough, EMI has produced over a thousand distinct works based on compositions from more than 30 composers across various musical styles. The establishment of the Sony Computer Science Laboratories (Sony CSL) was a pivotal development, dedicated to conducting research in computer science and subsequently recognized as a milestone in the field of Artificial Intelligence music research. In 1995, musician David Bowie collaborated with programmer Ty Roberts to create the "Verbatizer" app, designed to randomly rearrange words from literary source material, generating novel combinations suitable for use as lyrics. The outcomes of this collaboration found their way into several David Bowie albums subsequently. Established in 1997, the Music Research Team project at the Sony Computer Science Laboratory Paris was initiated by French composer and scientist François Pachet. Pachet led research endeavors in the intersection of music and artificial intelligence, resulting in the development of various technologies, encompassing over 30 patents, focusing on electronic music distribution, audio feature extraction, and music interaction [5].

In 2002, researcher François Pachet, situated at the Sony Computer Science Laboratory, introduced a novel algorithm named the "Continuator." This innovative creation demonstrated the capability to learn and engage in interactive sessions with live musicians. Notably, the Continuator could seamlessly continue composing a musical piece from the point where the live musician ceased their performance. In 2009, a computer program named Emily Howell, designed by David Cope, a music professor at the University of California, Santa Cruz, generated an entire music album titled "From Darkness, Light." Emily Howell functions as an interactive interface that not only records but also incorporates feedback from listeners, autonomously constructing musical compositions sourced from a designated database. The year 2010 witnessed the creation of the first fragment of a musical composition known as "Iamus' Opus One." This fragment marked the inaugural instance of a professional contemporary classical music piece composed entirely by a computer AI in its distinctive style. Iamus, a computer cluster located at the



Universidad de Malaga, utilizes Melomics' technology. Remarkably, the composing module of Iamus is capable of generating a complete composition in various musical formats within approximately 8 minutes. In 2012, the computer program Emily Howell produced her second music album titled "Breathless." In 2016, researchers from the Sony Computer Science Laboratories introduced a novel AI-generated track titled "Daddy's Car." Sony had been actively engaged in AI-generated music for an extended period, having previously achieved success in creating impressive jazz compositions using AI. However, this marked the first instance where Sony CSL Research Laboratory released pop music composed entirely by AI, and the outcomes were notably commendable. The AI software, known as "Flow Machines," crafted the song by drawing from an extensive database of songs to create new compositions, integrating small elements from numerous tracks. While the initial inspiration was drawn mainly from The Beatles' original pieces, the subsequent arrangement was carried out by live musicians. Also in 2016, the IBM Watson computer system, in collaboration with musician and producer Alex Da Kid, collaborated to compose a melancholic emo song titled "Not Easy." Utilizing vast amounts of data from articles, blogs, and social media, IBM Watson analyzed prevalent topics and assessed the overall emotional mood at the time. Combining artificial intelligence with sophisticated analytical software, IBM Watson operates as a "question-answering" machine and was named after IBM's founder, Thomas J. Watson. In 2017, American Idol alum Taryn Southern launched her album titled "I AM AI," entirely composed by an artificial intelligence. Southern utilized the AI music composer tool developed by Amper Music for this project. Essentially, Amper's software employs internal algorithms to generate sets of melodies aligned with a specified music genre and mood. Amper played a foundational role in creating the basic music structures, while the remaining components, including lyrics, were the creative work of Taryn Southern. The initial song produced under this collaboration was titled "Break Free." [5].

In 2019, the company Dadabots established a continuous 24/7 YouTube live stream featuring heavy death metal music entirely generated by AI algorithms. It is noteworthy that the company had previously produced several AI music albums before the introduction of this live stream. Also in 2019, Icelandic singer and songwriter Björk partnered with Microsoft to craft AI-generated music named "Kórsafn," influenced by changing weather patterns and the sun's position. The composition plays continuously in the lobby of "Sister City," a hotel in New York's lower east side. Kórsafn utilizes sounds from Björk's musical archives compiled over the last 17 years to generate new arrangements. Employing Microsoft's AI, the music adapts to sunrises, sunsets, and fluctuations in barometric pressure using a live feed camera from the hotel building roof. This continuous adaptation produces an endless array of variations, creating a weather-associated mood for hotel guests. Additionally, the project aims to train Microsoft's AI to better recognize various weather elements, including clouds, snow, rain, clear sky, and birds, under different lighting and seasonal conditions [5].

As the 21st century progresses, the demarcation between human capabilities and artificial intelligence (AI) is steadily diminishing. Advances in neuroscience suggest that human cognitive processes may possess a more algorithmic character than previously conceived. Moreover, the integration of machine learning is drawing AI closer to humanity than ever before. This evolution prompts a need for research that explores the unexplored realm existing between human capabilities and AI, seeking a deeper understanding of the authentic nature of sentience and the fundamental essence of human existence [4].

### 3. Development and Importance of Music Technology

The evolution and significance of music technology have profoundly transformed the landscape of music education and production. Contemporary online technologies have introduced new opportunities for students to acquire musical knowledge, yet the role of the instructor remains pivotal in modern music education. This article aims to explore the potential for individuals to acquire and apply musical expertise through online and app-based technologies within the current musical environment. The advancement of music technology has given rise to various non-acoustic methods for music production, such as electronic synthesis and techno. This development has significantly altered the processes of composing, performing, producing, and consuming music. As rightly stated by General Secretary Xi Jinping, "Fine arts, art, science, and technology complement and promote each other". The integration of technology



into music education has the potential to enhance learning experiences, engaging students in more interactive and enjoyable ways. Digital educational technologies are gaining increasing prominence in musical-instrumental education, offering unprecedented opportunities for future music teachers to improve teaching methods and create a digital artistic environment in the classroom. Through the incorporation of scientific computing visualization and computer music technology, music education can become more dynamic and engaging, fostering a deeper connection between students and music. The influence of artificial intelligence (AI) technology on music education has been substantial, introducing innovative elements to the processes of composing, performing, producing, and consuming music. However, achieving a harmonious balance between technological advancements and human interaction is crucial in the realm of music education. Music educators are encouraged to adapt, acquire new skills, and reassess their methodologies in light of extensive technological shifts. The integration of technology should enhance the educational experience, preserving the human element and fostering creativity within music education [6].

The STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) approach has explored the integration of technology in music education, suggesting that the combination of arts education with other disciplines can render music education more effective and enduring. The evolution of technology necessitates adjustments in teaching methods and strategies to actively engage students in the digital era. The utilization of technology in music education has expanded to encompass music creation and management. The development of intelligent music management systems utilizing deep convolutional neural networks has yielded positive outcomes, notably enhancing students' interest and understanding of music. Additionally, employing blockchain network settings to construct music emotion models stands as a promising strategy to enhance multimedia networks and human-computer interaction. The evolution and significance of music technology have brought about a revolution in music education and production. Modern online technologies, deep learning, artificial intelligence, and digital educational technologies have ushered in new opportunities for learning, creating, and experiencing music. While technology plays a crucial role in augmenting the learning experience, it is imperative to acknowledge the significance of teachers and human creativity in music education. The integration of technology should strive to enhance the learning process while preserving the essence and emotional connection inherent in music. The ongoing advancement and exploration of music technology are poised to profoundly influence the future landscape of music education and production [6].

In recent decades, substantial strides have been made in artificial intelligence and machine learning, giving rise to intelligent music applications. These applications leverage methodologies like deep neural networks to analyze and generate music in novel ways. Research has indicated that music can have beneficial effects on cardiac function and inflammatory responses. Intelligent applications in music therapy aim to personalize music selection and interventions based on an individual's physiological state and response. For instance, applications monitoring heart rate and inflammatory biomarkers could dynamically adjust music selection to optimize therapeutic benefits. Intelligent systems for recommending music constitute a prominent research area. Collaborative filtering, a widely employed recommendation technique, relies on the connections between users and items, incorporating a scoring function that considers the similarity of users and music. This approach has proven effective in providing recommendations based on the preferences of comparable users. Additionally, AI-powered music generation applications have surfaced, aiming to produce original music in the style of a specific artist or genre. These systems analyze extensive datasets of musical scores to comprehend patterns and structures distinctive to various styles, enabling them to create novel compositions aligned with these learned styles. Ongoing research by Zhao (2022), Shang & Shao (2022), and Xu (2020) explores how AI and machine learning can offer fresh insights into the biology and neuroscience of music and auditory perception, with an emphasis on objectivity and clarity in conveying technical terms and causal connections between statements. The focus is on modeling how the ear and brain process music to enhance understanding of music perception and cognition. The adherence to conventional structure, formal register, precise language, and grammatical accuracy aims to elevate the quality of academic writing. The utilization of AI in music applications has the potential to transform our encounters with, creation of, and therapeutic experiences with music. The emergence of these applications marks an exciting new phase in the intersection of music and technology [6].



Previous investigations in this domain have explored the realm of artificial intelligence (AI)-driven composition, specifically focusing on music generation through various algorithms. An illustrative instance, exemplifying the integration of three established AI-based composition approaches, is the MAGMA system. This system functions by generating musical notes based on three researched algorithms. Numerous compositional systems have followed a similar trajectory, with considerable research attention directed towards areas such as diverse methods for initiating compositions and the behavior of different algorithmic types. A common attribute among these systems is the distinct point at which user interaction concludes, and all subsequent work is executed by the AI system. This contrasts with systems involving the compositional process between two or more human beings, where the process is likely to be iterative. An examination of current technology revealed several companies claiming to have developed collaborative AI for songwriting purposes. However, in most instances, AI was employed to initiate the musical groundwork upon which human participants built. Three instances of systems purportedly involving collaboration between humans and AI or algorithmic processes were scrutinized: 'Generative Music', 'Amper', and 'Flow Machines'. Brian Eno coined the term 'generative music,' defining it as music created by a system in constant evolution. It involves establishing conditions and allowing the system to autonomously evolve the music. Eno's album 'Generative Music 1' from 1996 was produced using SSEYO Koan, a music production program functioning similarly to MIDI sequencing and developed by Tim and Peter Cole. This program collaborated with various other SSEYO Koan products, among which was the SSEYO Koan Music Engine (SKME). SKME, operating in real-time, served as a generative music engine within the Koan system. Functioning as a plugin, SKME had the capability to generate unpredictable and unique pieces of music [7].

Amper, originally designed as a music composition tool for crafting film soundtracks, operated on an algorithm utilizing attributes like 'mood,' 'length,' and 'style' to compose music. Essentially, Amper represented a rule-based composition system, with users establishing the rules, and the software subsequently executing them. The user's interaction with the software involved making creative decisions based on the ideas generated by the software. In this context, Amper functioned more as a generative music tool than a collaborative one. Flow Machines, initiated by Sony Computer Science Laboratories, was a collaborative compositional venture inspired by Mihalyi Csikszentmihalyi's concept of 'Flow States,' representing a psychological state achieved during certain activities, particularly creative work. Csikszentmihalyi observed that a 'flow' state occurred when individuals with high skill levels faced challenges at an elevated difficulty level in their chosen activity. Absence of a flow state was noted when practitioners lacked sufficient skill or the chosen activity lacked challenge. If practitioners had excessive or insufficient skill relative to the presented challenge, a flow state was not experienced. Flow States were commonly reported by artists who had honed their practice to a level where they possessed a distinctive "style" in their art. Flow Machines, as an algorithmic collaborative songwriting system, was grounded in the concept of Flow States. It operated on the premise that users could enhance their own "style" by experimenting with the "styles" of renowned artists. Utilizing a database of information derived from these practitioners and an algorithm incorporating Markov constraints, the system generated music or literature. This approach allowed users to engage in collaborative writing with the renowned practitioner, expediting the development of a unique style compared to the natural progression of stylistic evolution [7].

#### **4. Music Production and Composition Applications**

The significance of music production and composition applications has grown within the music industry, employing diverse technologies and methodologies to enhance creative and production processes. This segment investigates several aspects of these applications, encompassing augmented reality, sensor technologies, virtual reality, and artificial intelligence (AI) techniques. Augmented reality (AR) has proven its capability to enhance customer experiences across various sectors, including the music industry. For example, in an upscale restaurant, AR can elevate the dining experience by providing multiple sensory stimuli such as textured tableware, pleasant fragrances, and soothing music. This has the potential to generate heightened customer interest and intention, thereby increasing the perceived value of the overall experience or product. Artificial intelligence (AI) has brought about transformative





changes in the music industry, particularly in composition, production, and performance domains. AI is employed in diverse ways within music, ranging from composing music based on input expressions, images, and humming to providing music recommendations through big data analysis to predict the potential success of musical compositions. Furthermore, AI is utilized in music streaming services for tasks such as information retrieval and music recommendation. In the domain of music production, there has been notable progress in virtual reality (VR) technology. VR offers a unique and captivating experience for musicians and composers, providing them with the ability to engage with virtual instruments and create music within a virtual environment. This technological advancement empowers musicians to explore diverse sounds and effects, enhancing their creative capabilities and expanding their musical horizons. Music production and composition applications extend beyond professional musicians and composers, finding practical utility in music education to enhance students' musical skills and creativity. These applications encompass music production software, virtual instruments, note input programs, and other composition tools. By integrating technology into music education, students gain the opportunity to develop and express their musical ideas in innovative and unprecedented ways. The landscape of music production and composition applications has profoundly reshaped the music industry. The incorporation of augmented reality, sensor technologies, artificial intelligence, and virtual reality has introduced new dimensions for musicians and composers. These applications enhance the music creation and production processes, fostering greater creativity and innovation. Additionally, they have been integrated into music education to nurture students' musical abilities and ignite their creative spark. With ongoing technological advancements, further strides in music production and composition software are anticipated.

## 5. Method

The exploration into the transformative impact of Artificial Intelligence (AI) on music production and its emotional dimensions is facilitated by a meticulous library research methodology. This method involves an exhaustive review of scholarly articles, books, and relevant publications, providing a comprehensive foundation for understanding the evolution and implications of AI in the music domain. By synthesizing information from a diverse array of sources, ranging from historical analyses to contemporary scholarly perspectives, our approach aims to construct a nuanced narrative that captures the essence of AI's role in shaping musical creation and eliciting emotional responses. This library-based investigation allows for a panoramic view of the subject, drawing upon the collective insights of experts and scholars to illuminate the intricate interplay between AI, music production, and the emotional resonance embedded within this evolving intersection of technology and art.

### 5.1. AI music today

Despite more than six decades passing since the inception of experiments with algorithmic AI music composition, many music experts and researchers view this technology as being in its early stages. Nevertheless, artificial intelligence has already started to reshape the global music industry and business landscape, impacting various significant aspects of the field. AI is undeniably altering the perspectives of businesses regarding work, day-to-day operations, and overall business models. Presently, a rapidly growing industry has emerged, offering diverse AI services worldwide for music creation, processing, and analysis. Numerous services and applications have arisen, with one notable example being Flow Machines by Sony CSL. This project, funded by the European Research Council and coordinated by François Pachet, focuses on achieving augmented creativity for artists in music. Flow Machines aims to research and develop artificial intelligence systems capable of autonomously generating music or collaborating with human artists. Amper Music offers a cloud-based platform designed to streamline the creation of soundtracks for movies and video games. The platform utilizes AI-generated algorithms to assist users in generating music across various genres. Amper's service provides an AI music tool that performs, composes, and produces customized music for media content. The web application allows creators to select composition style, mood, and length, tailoring it to suit their content without requiring additional musical knowledge or skills [5].



Google Magenta, a research project initiated by Google, stands at the forefront of the AI and Machine Learning field. Magenta explores the role of machine learning in the artistic and musical creation process. Although initially started by researchers and engineers from the Google Brain team, the project has seen significant contributions from numerous others. The project has led to the development of new deep learning and reinforcement learning algorithms aimed at generating songs, images, drawings, and various other creative materials. AIVA Technologies, the creator of a soundtrack-producing artificial intelligence music engine platform called Aiva, empowers composers and creators to generate original compositions or upload existing work for the creation of new variations. The AIVA Technologies team is actively engaged in developing an AI script capable of composing emotionally charged soundtracks suitable for advertisements, video games, or movies. Beyond facilitating the creation of music from the ground up, AIVA can also generate diverse variations of pre-existing songs [5].

IBM Watson Beat is a project by IBM that employs creatively mathematical methods to mimic the principles of music theory, utilizing them to compose rhythms and melodies. Its open-source code is accessible on GitHub, and it employs two machine learning methods in its composition process: reinforcement learning, which utilizes modern Western music theory principles to create reward functions, and a Deep Belief Network (DBN) trained on a simple input melody to generate a complex and layered melody. Melodrive stands out as a real-time adaptive music generator tailored for interactive media, including applications in interactive experiences, video games, and music branding. The generator produces music that dynamically adjusts to its media environment, seamlessly transitioning through emotions, speeding up, slowing down, and adapting to provide users with an optimal experience. As one of the pioneering artificial intelligence systems capable of composing emotional and distinctive music in real time, Melodrive utilizes AI to generate music that aligns with the mood and overall style of the accompanying video. Brain FM is a web and mobile application designed to deliver ambient music to enhance rest, relaxation, and focus. Crafted by a collaborative team of engineers, entrepreneurs, musicians, and scientists, the company's music engine leverages AI to structure musical compositions and incorporate acoustic elements, facilitating listeners in achieving specific mental states during brief 15-minute sessions. The underlying concept is that music can enhance brain productivity. The application utilizes artificial intelligence to generate music explicitly crafted to enhance productivity and concentration, catering to individuals spending extended periods at work who may struggle to maintain focus during essential tasks [5].

Spotify, a widely used music streaming service, boasts a vast listening library encompassing millions of songs, albums, and podcasts. This music provider enhances user experience through intelligent playlists such as "Discover Weekly," a personalized selection of music tailored to users' listening habits. Leveraging AI and machine learning, Spotify employs collaborative filtering, analyzing extensive data on a user's listening behavior. Through comparative analysis with data from users globally, the platform refines recommendations and introduces new music for an enhanced listening experience. ORB Composer emerges as a creative music composition software solution designed to inspire and expedite the song creation process. While utilizing this software, users are expected to have a foundational understanding of music composition principles. The AI music composer includes a diverse collection of chord progressions, featuring chords commonly used in popular music. Targeted at artists keen on exploring AI's potential in music creation and uncovering new musical styles, ORB Composer provides a platform for experimentation and artistic discovery. Shazam, one of the earliest AI services adopted by consumers, has been an official part of Apple since 2018. Utilizing intelligent technology, Shazam swiftly identifies songs within seconds by capturing a "digital fingerprint" of the audio. This fingerprint is then matched against an extensive library of previously fingerprinted music. In scenarios where individuals wish to identify music at public events without directly asking others, Shazam's app allows users to create a digital fingerprint of the playing audio, which is rapidly matched against a vast database of tracks and TV shows. Through its AI algorithm, the app provides users with details such as the track name, artist, lyrics, video, artist biography, concert tickets, and recommended tracks. Additionally, users can purchase or listen to the identified song through the app's partner services, leveraging its substantial repository of millions of tracks [5].



MuseNet, a deep neural network developed by the Artificial Intelligence research laboratory OpenAI in San Francisco, California, can generate 4-minute musical compositions featuring 10 different instruments and blend styles ranging from country to Mozart to the Beatles. Users can provide a brief musical segment to initiate the generation process or start from scratch. The system, designed to pay attention to played music over extended durations, gains an understanding of a song's broad context. By accumulating this data, the system predicts the next note in a sequence, forming the basis of its music generation process [5].

AWS DeepComposer, crafted by Amazon, is the world's first musical keyboard integrated with a generative AI service. Set to be available for purchase at \$99 in Q1 2020, AWS DeepComposer features a 32-key, 2-octave keyboard tailored for developers to engage with AI-generated music. This keyboard facilitates hands-on learning about machine learning, enabling the creation of melodies transformable into entirely original songs within seconds, all powered by AI and without necessitating any code-writing [5].

## 6. Artificial Intelligence and Emotional Response to Sound

### 6.1. Sound generation

Digital generation of individual sounds was accomplished through algorithms in max/msp. These sounds needed to organically transform, striking a suitable balance within the listening space to avoid complications with complex pre-recorded music. Additionally, the sounds aimed to avoid an overly "electronic" quality to prevent biases against synthetic tones. Traditional synthesizer approaches, such as additive or subtractive synthesis, were dismissed. Frequency Modulation (FM) synthesis was selected for its simplicity in initial sound generation and the intricate possibilities that could arise with minor adjustments to the integer parameters governing the system. In the FM synthesis process, a carrier oscillator, when frequency-modulated by a modulating oscillator, generates a series of harmonic overtones or sideband frequencies alongside a fundamental tone, resulting in a sufficiently intricate and harmonically rich output. When finely tuned, the output from FM synthesis is intricate enough to imitate instruments like a grand piano, showcasing its capacity to replicate the complexities found in various acoustic instruments and voices. Although not flawless, it exhibits the required complexity for the conducted tests. The sound generation configuration involves the carrier and modulator oscillators, both influenced by integers provided by a generative control system. An ADSR envelope function manages the modulation index and amplitude. This design not only imparts complex harmonic characteristics to the sound but also introduces intricacies in its shape. For instance, a sound with a sharp attack and short decay can resemble a click or snap, allowing the space to respond distinctly and decay in an aesthetically pleasing manner, akin to clapping in a cathedral and savoring the ensuing echo. Conversely, the ADSR function permits a sound to gradually build and then fade. If there are sufficient breakpoints in the envelope, this can yield detailed rhythmic effects such as tremolo and vibrato. The test software comprises four independent FM 'voices,' each representing a distinct sound source upon initial setup [8].

### 6.2. Generative systems

The field of artificial intelligence (A.I.) provides a diverse toolkit with both positive and negative aspects for various approaches. Among these, Machine Learning (ML) has gained popularity for solving intricate problems but depends on extensive datasets accumulated over time. In a 1993 study by S., Horner, A., Beauchamp, J., & Haken, A.I. was employed to align FM synthesis algorithms with musical instrument spectra. However, this approach aims to enhance and generate existing information rather than exploring new typologies. Given that the process outlined in this paper involves a 'search' mechanism, a different and more evolutionary algorithm (E.A.) becomes necessary. The test involves an iterative procedure where four voices or sounds are introduced into the convolved space. Successful sounds from each iteration become the basis for generating the next set, resulting in a series of sounds that represent a harmonious relationship between the space and the listener after multiple iterations or



'epochs.' Employing a genetic algorithm (G.A.), a type of evolutionary algorithm, offspring are produced from an initial dataset of randomly assigned integers, which then modulate various aspects of the synthesizer engine. The G.A. initiates the process by seeding the initial integers that define the voices and outputs the corresponding voices sequentially, each with a 9000ms pause between them. This enables the sounds to naturally decay in the room, allowing the listener to perceive their impact on the space. If a sound triggers an emotional response, the next generation is based on the parent sound's DNA, leading to an evolutionary progression of sound in the space. In case none of the presented sounds elicits a successful response, the system resets with random integers and repeats the process until sufficient diversity is achieved to generate a response [8].

### 7. Role of Deep Learning Technology in Music Production Industry

Humans possess the ability to create art as a means of expressing life, thoughts, and emotions. Among various forms of art, music stands out, using the sense of hearing to liberate souls, convey emotions, and propagate cultures. The music production industry, distinct from the audience-focused music market, prioritizes the artistic creation and performance of music.

The historical presence of music across different eras and regions underscores its significance in human life. Recent years have witnessed a substantial impact on our daily lives due to technological advancements and innovations. Technology plays a pivotal role in industrial development, where enterprises utilize it to enhance production efficiency, reduce costs, and create greater value. The music production industry, too, has embraced digital technology. Since the introduction of the Musical Instrument Digital Interface (MIDI) standard in 1983, artificial intelligence (AI) has been envisioned as a key technology with profound implications for the music production industry [9].

To sustain growth, the music industry has undergone structural changes influenced by technology, leading to corporate restructuring, modifications in the industrial chain, adjustments to copyright mechanisms, transformations in distribution channels, and disputes over revenue sharing. These impacts have notably shaped the model of the music production industry, particularly in terms of revenue generation and consumer perceptions. Deep learning, a prominent aspect of artificial intelligence, is actively employed across various projects, encompassing the automatic processing and recognition of texts, languages, voices, images, and more. In the realm of music production, certain deep learning initiatives focus on tasks like identifying music scores, automatic composition, and style recognition. Noteworthy projects, such as Google Magenta, facilitate spontaneous interaction between computers and pianists. The collective efforts of global scholars and professionals have enabled deep learning to proficiently grasp diverse features and styles from historical music pieces, autonomously creating music that caters to audience preferences. Recognized as an innovative field, deep learning is poised to contribute to transformative changes in the future of the music production industry.

Nevertheless, there are concerns about whether deep learning might eventually replace human involvement in music creation, leading to shifts in production methods, job losses, and broader impacts on the sustainable development of the entire industry. This has prompted apprehension among music production professionals. To address these forthcoming challenges, the industry must devise new sustainability strategies [9].

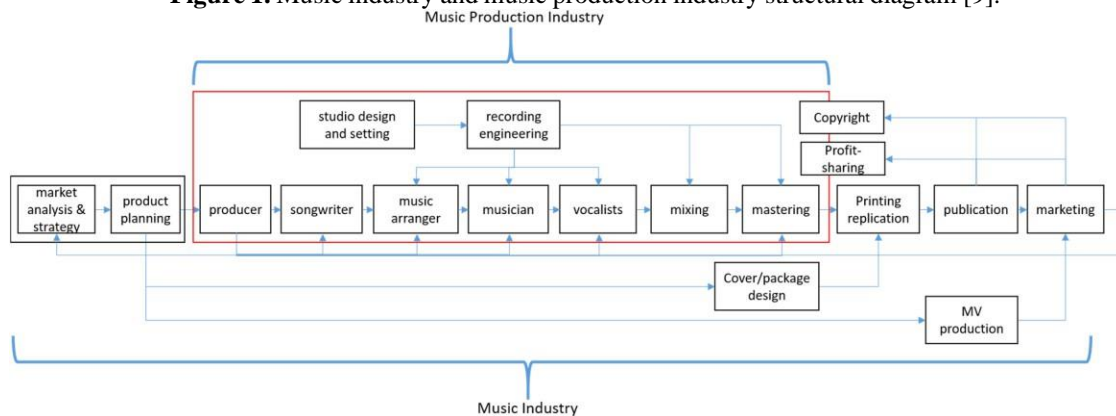
Amidst the growing awareness of consumers in the digital economy and their inclination towards hedonic products and services, it is evident that consumer taste significantly influences judgment and decision-making. Beyond technological considerations, the music production industry should take into account external factors such as the artistic values of music and the influence of kitsch culture. In summary, the value chain ideology embraced by the music production industry and the evolving dynamics of the consumer market play crucial roles in shaping the final music products. Scholars like Stefan emphasize the importance of stakeholders striking the right balance between artistic endeavors and business considerations, often referred to as the "sweet spot." It is imperative to discover an optimal coexistence model for art and business to generate corporate value [9].

### 7.1. Music Production Industry

Music production constitutes a segment of the broader music industry, encompassing music creation, production, agencies, copyright, distribution, marketing, and retail or online channels. This industry serves as the bridge connecting performers with consumers. The advent of MP3, MPEG 1 Layer 3, a digital audio encoding technology, and peer-to-peer networks (P2P) around 1998-1999 has led to piracy and copyright challenges within the music industry. The legal framework struggled to keep pace with the rapid advancements in technology. The progression of digital technology has given rise to online audio streaming and cloud digital locker technologies, offering enhanced convenience to consumers. Nevertheless, the music industry must adapt to these technological shifts, particularly in the realms of copyright protection, business viability, and profit considerations, as these factors directly impact the sustainable development models of enterprises within the industry chain [9].

The music production industry, distinct from the broader music industry, places a heightened emphasis on the artistic facets of music, encompassing instrumental performance, sound recording, and music editing. Its chain involves music creation, composition, arrangement, instrumental performance, recording, mixing, and editing, with the final works distributed through various mediums. In the past, music production relied on analog technologies, evolving from tape players to digital tools. The advent of digital technology has democratized access to music production, enhancing the quality of arrangement, recording, and mixing. While digital tools contribute to balanced performances, the evolving landscape, including the integration of artificial intelligence (AI) technology, poses challenges to human emotional expression. A senior musician in Taiwan acknowledges the industry's increasing reliance on technology while recognizing its potential for convenience and transformation. Despite the improved production capacity, it is acknowledged that AI deep learning cannot entirely replace human creativity and unique ideas. The coexistence of technology, music presentation, consumer perception, market dynamics, and industrial value chain remains a pivotal aspect for exploration in the sustainable development of the music production industry. The interrelationship between the music industry and the music production industry is illustrated in Figure 1 [9].

**Figure 1.** Music industry and music production industry structural diagram [9].



### 7.2. Music as Artistic Expression

Art constitutes an intricate expression of human knowledge, emotions, ideals, experiences, and concepts. Music, distinguished as a temporal art, engages with the beauty of sound through external acoustic stimulation and internal auditory experiences. Unlike other art forms, music not only influences thoughts but also fulfills spiritual needs, using the sense of hearing to liberate souls, convey emotions, and propagate cultures. The emotional and spiritual nature of art, challenging quantification, invites appreciation by comprehending its constituent elements.

Musical creativity manifests through melody, rhythm, timbre, and sound quality, delineating the contours of music. Harmony imparts color and space, while texture, strength, and speed articulate the structural aspects of music. Form represents the execution of music, portraying a dynamic interplay of elements and factors evoking diverse emotions in the audience. The perceptual process of musical



communication involves performance and external coordinators, wherein listeners' self-cultivation levels and tastes influence their artistic experiences even within the same concert [9].

The interactions among diverse audiences and performers significantly impact performance, production, and listening experiences. The aesthetics of music are influenced by various external factors, including post- capitalism, profit-driven economies, and kitsch culture. Secular culture, commercialization, technology, media interactions, and live concert performances are pivotal topics in discussions on postmodern popular music. Even innovative music pieces may undergo transformation from kitsch formulas, fostering originality, particularly when postmodernism or futurism challenges traditional music models through electronic sounds, dance music, rock, mixed mashups, and new century music. Futurism empowers composers to transcend traditional materials, manipulating natural sounds and noises, thereby establishing a connection between new technologies and the manifestation of musical material [9].

### 7.3. Satisfaction of Music Products

Music products elicit varying degrees of customer satisfaction, given the distinctive sensory experiences and emotions of each customer. Music is intrinsically linked to culture, embodying five key cultural goods characteristics: abstractness, subjectivity, non-utilitarianism, uniqueness, and entirety. Some studies establish a connection between customer satisfaction and cognition. Consequently, demonstrating the appropriateness of music within the framework of these cultural goods characteristics significantly influences customer satisfaction. Furthermore, artists employ aesthetic viewpoints to convey the perception and experience of artistic goods.

Aesthetic experience, defined as the process of encountering beauty that induces self-directed and self-centered pleasure, adds value to tangible products or services. This value reflects an invisible experiential dimension of consumption, wherein the pleasure derived exceeds the invested time and money. Mathwick et al. argue that experiential value, playing a crucial role in shaping customer preferences and attitudes toward product purchases, prompts companies to leverage the experiential value model for marketing purposes. Drawing from Holbrook's experiential aspect of consumption, Mathwick et al. devised an experiential value scale encompassing playfulness, aesthetics, customers' "return on investment," and service excellence [9].

### 7.4. Methods of Algorithmic Composition

At its essence, algorithmic composition is fundamentally a mathematical pursuit. The computational strength of a computer resides in its capability to rapidly execute the extensive calculations necessary for music production. Various computer algorithms are available for this purpose, and nearly all of them, if not all, employ one or more of the following approaches: replicating non-algorithmic methods, adapting algorithms from other disciplines, or creating models for new procedures [4].

Lejaren Hiller initially ventured into Computer-Aided Algorithmic Composition (CAAC) by attributing probabilities to pre-determined musical events and allowing the computer to choose one, akin to the decision-making process of a human composer. This method typifies the modeling of non-algorithmic approaches to music composition. Other instances, such as d'Arezzo's chant conversion and Mozart's dice game, involve the application of specific rules based on probability. In the d'Arezzo system, a direct correspondence between notes and pitches eliminates the role of probability. Even in Mozart's system, using two 6-sided dice, there is one set of rules, with a maximum of 11 possibilities per decision. In contrast, Hiller's early compositions employ 16 distinct rules, each modeling a different facet of music. Leveraging the computational capabilities, Hiller's compositions exhibit a level of complexity surpassing even the works of Mozart, renowned as one of the greatest composers in history [4].

As previously mentioned, composition algorithms are rooted in mathematics. However, simulating natural processes through mathematical models is a challenging task. Striking a balance is necessary,



ensuring that the algorithm is both structured to produce musically pleasing results and random enough to yield diverse outcomes. Similar algorithmic principles find applications in computational biology. For instance, the L-system, developed by biologist Astrid Lindenmeyer, is used to simulate plant growth. These algorithms exhibit self-similarity, wherein the minute details of a structure generated by an L-system mirror the characteristics of the overall structure. Applied to music, this implies that a single measure of a composition will display patterns similar to those seen throughout the entire piece. Implementing an L-system on small musical motifs involving pitch and duration results in self-similar music that effectively balances structure and randomness. However, the degree of self-similarity can sometimes be too pronounced, making it discernible to a listener that the music was not naturally created. While many early algorithmic compositions employ the methods described earlier, such as adapting algorithms from other domains or simulating traditional composition, alternative approaches aim to go beyond mere recombination of motifs in creating compositions. A key objective of these compositions is to harness computational inspiration, where non-musical cues are translated into music. Some instances focus on creating music that aligns with an input audio file, be it the sound of a bird chirping or Barack Obama's 2004 DNC speech. However, computational inspiration can also involve capturing the emotional state conveyed by an input file. In this context, the input is not restricted to audio and could theoretically encompass any format expressing emotion, including another music file [4].

#### 7.5. Emotion-based AI Music Generation System

Contemporary music, known for its intricate elements, involves significant contributions from various experts, leading to prolonged production timelines and substantial expenses related to intellectual property issues and collaborations. In response to these challenges, computer-automated composition has garnered increasing attention as a viable solution. This method employs pre-calculated mathematical models or machine learning systems to generate music, utilizing algorithmic standardization based on fundamental music theories such as pitch, rhythm, and chords. Among these models, the Hidden Markov Model (HMM) is a notable example. With the rapid advancements in science and technology, the artificial neural network (ANN), a form of neural network, has emerged, leveraging substantial hardware computing power. Unlike the HMM, the neural network integrates additional model features, significantly streamlining the preparatory work involved in music generation. This article explores the use of a neural network-like computer automation system to compose music, enabling individuals to create music aligned with their current emotions through straightforward operations. Recognizing the complexity of human emotions, particularly in the context of music, this approach seeks to simplify the music generation process [10].

Various researchers have provided diverse definitions for the fundamental types of emotions over the years. In 1972, Ekman identified six basic emotions by scrutinizing facial expressions. Russell's emotional circle model in 1980 employed a two-dimensional plane, using the horizontal axis for emotional positivity and negativity on the vertical axis, to categorize common emotions and explore correlations. This two-dimensional model has been extensively applied across different fields to investigate emotional relationships. In 2007, Gomez et al. delved into the connection between two-dimensional emotional planes and musical attributes. Following experiments, they proposed formulas associating various musical characteristics with emotions. Subsequently, research on the interplay between emotion and music has expanded, enhancing our understanding of their relationship [10].

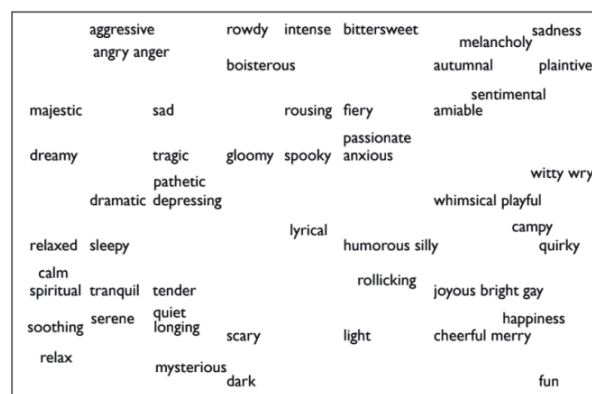
The advent of neural networks, including DNN, CNN, RNN, and GAN, has paved the way for models combining machine learning and music, exemplified by Yang Yixuan's MidiNet and MuseGAN. These innovations have significantly expedited automated composition processes, enabling non-experts to delve into composition research by streamlining tasks like music theory analysis and MIR (music information retrieval) that were previously integral to simplified HMM. However, these novel approaches often overlook key factors considered in early automated composition, particularly emotions [10].

In the current landscape, researchers tend to focus on two out of the three fields – emotion, music, and machine learning – when exploring their interconnections. Our investigation centers on incorporating emotion as conditional information in neural network-like automated music composition.

By generating music corresponding to emotions, we streamline the song conversion process, presenting a preliminary prototype for interdisciplinary research.

### 7.6. Emotion Classification

Research focused on emotions has its foundation in Russell's emotional circle model, which has subsequently undergone expansion into various aspects and fields. A notable instance is Laurier et al.'s work in 2009, where a two-dimensional emotional plane served as the foundation. Employing self-organized mapping (SOM) techniques, they devised a novel emotional distribution plan, as illustrated in Figure 2. In this figure, the proximity of two or more similar emotional words is visually represented by a shorter distance between them [10].



**Figure 2.** Self-organized mapping establishes a novel arrangement for emotional distribution [10].

### 7.7. Emotion Theories

Quantifying human emotions poses a significant challenge, leading to the existence of diverse classification schemes. These approaches generally align with two contrasting viewpoints: dimensional and categorical theories. In the dimensional theory, emotions are depicted as infinite states, each represented by a point in an N-dimensional space, where N denotes the number of defining axes for an emotion. For instance, one version suggests axes such as Gaiety-Gloom, Tension-Relaxation, and Solemnity-Triviality, requiring three values to classify any emotional state. Conversely, the categorical theory categorizes emotional states into distinct labels, illustrated by Plutchik's wheel of emotions, which divides emotions into pairs like anger-fear, disgust-trust, sadness-joy, and surprise-anticipation, with varying magnitudes within each category. Some theories attempt a blended approach, suggesting that emotions exist in an N-dimensional space, partitioned into sectors corresponding to different emotion categories. As an example, high levels of gloom, tension, and solemnity might be equated with sadness in this mixed theory [4].

While these three approaches differ significantly, each holds its own value, and the choice of the best theory can sometimes be arbitrary. For instance, expression marks in music are more closely aligned with categorical representations of emotion, where terms like "dolce" denote tenderness and "furioso" convey anger. However, there is no established correlation between expression marks and various dimensions of emotion [4].

### 7.8. Emotion in Music

Given the diverse theories on emotions, it is unsurprising that multiple perspectives exist on how music conveys emotions. A significant area of exploration involves identifying the emotions most prominently expressed through music. This research operates under a categorical theory of emotion,





leading to outcomes constrained within a finite set of labels rather than an infinite range of points. Various studies yield different outcomes, yet happiness and sadness frequently emerge as the primary and secondary emotions, respectively. As mentioned earlier, each emotional category encompasses varying intensities. To reiterate the previous example, anger includes subcategories such as annoyance, anger, and rage. Music tends to evoke less intense emotions like annoyance instead of anger, serenity rather than joy, and pensiveness in lieu of sadness [4].

The emotional encoding in music can be categorized into three types: iconic, intrinsic, and associative. Iconic coding involves the resemblance between music and another signal, such as voice or movement. For instance, a slide whistle may evoke the idea of jumping, associating it with surprise. Iconic coding is generally understood similarly across diverse backgrounds, contributing to the perception of music as a "universal language" [4]. Intrinsic coding pertains to emotions elicited by the inherent qualities of the music itself. An example is the emotional impact of the relationships between the notes played; for instance, a minor chord may evoke sadness, while a major chord may evoke joy. However, cultural variations exist, as demonstrated by the Tsimane people of Bolivia, who did not share this association. Associative coding relies on personal connections to the music. For instance, the Star Spangled Banner may evoke feelings of patriotism, and the sound of a church organ may signify solemnity or spirituality based on the semantic or episodic knowledge tied to it. However, associative coding depends on the listener possessing specific knowledge; for instance, a South African boy unfamiliar with the Star Spangled Banner is unlikely to feel a strong sense of patriotism through associative coding when listening to it [4].

#### 7.9. Affective Computing

In contemporary times, there is a growing demand for artificial intelligence (AI) that can effectively convey and comprehend emotions. This has given rise to affective computing, a field dedicated to designing computer systems capable of interpreting human emotions as input and potentially expressing emotions as output. Affective computing enhances AI's capacity to engage with users emotionally, fostering trust and potentially improving task performance. In specific applications, such as military training simulations, affective computing might elicit empathy or fear in trainees. Moreover, it can address issues related to biased psychological evaluations by providing a private environment for individuals to share sensitive information, as patients may feel more comfortable sharing personal details with an AI than with a human doctor. However, for users to trust AI in such tasks, the system must demonstrate an understanding of their emotional states and exhibit empathy, mirroring the qualities expected from a human doctor [4].

The inaugural affective agents, denoting AIs endowed with the ability to comprehend emotions, primarily manifested as dialogue systems. However, historically, these dialogue systems were confined to text-based interactions, limiting the spectrum of emotions they could convey strictly to words. Recent advancements, exemplified by systems like XiaoIced, incorporate text-to-speech functionalities to express a broader range of emotions through voice prosody. Some, such as Leonardo, even possess the capability to generate facial expressions, albeit on a screen. Affective computing has ushered in a fresh perspective on emotions, departing from dimensional or categorical models. Cognitive-appraisal models now emphasize the impact of emotions on decision-making. Nevertheless, when presented with the same stimulus, individuals may experience the same emotion but respond differently based on personal experiences and context. This underscores the notion that the optimal emotional model for affective agents is a blended dimensional-appraisal system. Such a system would be structured enough to reliably measure emotions while retaining flexibility for personalization.

#### 7.10. Emotion and Interoception

Various perspectives exist on the definition of "emotion," but all agree on the significance of interoceptive, physiological states of the body. If emotional experiences result from gathering evidence from the body's state, coupled with subsequent or simultaneous cognitive appraisal, then the rule-



following and simulation-based success observed in strategy game AIs might extend to emotional and creative processes such as music creation. Certain musical sounds have consistent cross-cultural associations with specific (potentially emotional) functions, exemplified by the downward melodic passages and slow rhythms of soothing lullabies. Musicians commonly employ standardized motifs within their musical traditions to evoke specific emotions in an audience. In theory, an AI could establish a reliable mapping between statistical regularities of music and emotion across cultures, even without a physical body to instantiate those interoceptive processes itself [11].

Creating music that effectively elicits or provokes a specific emotion goes beyond selecting sound sequences from a library coded for emotional content. Emotional experiences are rooted in expectations about how interoceptive states of the body will unfold concerning the external and social context of the experience. Therefore, crafting emotional music relies on expectations regarding how the body's interoceptive states will respond to both listening to and creating music. Notably, individuals, whether musicians or dancers, develop heightened interoceptive awareness through their experiences with the bodily movements involved in creating and interacting with music. Leveraging information from relevant interoceptive states, whether firsthand or secondhand, can enhance the ability of artificial music generation systems to produce compelling music [11].

The experience of emotion in both music listening and music production is grounded not only in the expectancy of the structural information of music, for which our AIs are proficient, but also in a more deeply embodied expectancy related to the internal physiological state expressed or signaled in music listening or creation, respectively. Music listening serves as a common tool through which individuals monitor and regulate their emotional states and the supporting neurochemistry. For instance, the practice of listening to calming music before sleep cues the brain to minimize cortisol and adrenaline levels in the body. Conversely, listening to upbeat and energetic music during a morning run induces heightened general arousal and enhances the enjoyment of physical exertion, with the exercise itself potentially amplifying the pleasure derived from the music. Composers or improvisers similarly leverage these processes when creating music to elicit or modulate their audience's emotional and, consequently, physiological states.

The structural organization of pitch and rhythm in music, as its exteroceptive information, is intricately connected with the deeply embodied interoceptive information used in the generation of the music itself. The fusion of these two types of information during the creative process of music composition forms the basis for the pre-theoretical intuition often described as the "heart and soul" of a musical work. It is commonly asserted that music-making AIs, and the music they generate, lack this emotional quality due to their absence of proper embodied interoceptive states and homeostatic physiological drives, which are proposed to constitute emotions. This justification suggests that music-making AIs struggle to compose authentic music because they lack the interoceptive and emotional processes essential for such endeavors [11].

Thus far, it has been observed that the most musically impressive AI programs often require a higher degree of human intervention to achieve a satisfactory musical structure. Criticisms of AI's musical output are substantiated by demonstrating that the pre-theoretical notion suggesting computer-composed music lacks the "heart and soul" of authentic, human-composed music can be grounded in fundamental interoceptive processes associated with physiological homeostasis. By incorporating this more deeply embodied process, AIs may potentially overcome their limitations and anchor their musical output in terms of their own interoceptive states, moving closer to approximating states reminiscent of human emotions [11].

#### 7.11. Music-Making AI and Emotional Awareness

In the pursuit of developing progressively autonomous, and potentially conscious, machines, there is a growing emphasis on machine learning and machine intelligence. The triumphs of AI in strategic games like chess and Go have predominantly relied on computational processes occurring within the cognitive realm of game-playing agents. However, cognitive approaches, denoted as 4E (embodied, embedded, enactive, and extended), are gaining prominence by highlighting cognitive processes that extend beyond



mere rule-based symbol manipulation, encompassing the bodies and external surroundings of cognitive agents. The forefront of the next challenge for autonomous intelligent systems lies in the realm of human creativity and art, particularly in an art form that aligns with the principles of 4E cognition and underscores the interaction of agents with their social environment, as well as their external and internal contexts. Music emerges as a significant domain, where numerous AI systems dedicated to music-making, employing artificial neural networks such as Google's Magenta, Cambridge University's BachBot, or Sony CSL's Flow Composer, have been developed in attempts to simulate, understand, or replicate the intricacies of human creativity in musical composition.

There are practical obstacles that impede computers from excelling in creative tasks compared to strategic ones, stemming from both mathematical intricacies and a profound association with the emotional aspects of human music creation. These emotional facets are deeply rooted in bodily, physiological, and autonomic conditions within both the performer and the listener. Drawing upon theories accentuating thoroughly embodied, interoceptive processes linked to the prediction and regulation of internal physiological mechanisms as integral to human emotion, we extend these concepts to the realms of musical perception and production. If these bodily processes are deemed pivotal for creative musical accomplishments, it becomes imperative for AIs to possess similar mechanisms or analogues to authentically generate music. We contend that generative music AIs must undergo or effectively simulate processes resembling the interoceptive mechanisms that underpin emotional states [11].

## 8. Artificial Intelligence Technology and Intelligent Teaching

Artificial Intelligence (AI) is an interdisciplinary field that encompasses various domains, including mathematics, linguistics, psychology, brain science, and philosophy. Positioned as a core technology within the information technology landscape of the new era, AI seeks to emulate human capabilities and intelligent behaviors. Its applications involve utilizing computers to replicate human cognitive functions such as search, reasoning, memory, speech recognition, knowledge representation, and processing fuzzy information. This emulation enables AI systems to exhibit behaviors akin to humans, showcasing advanced intelligence and thinking to achieve sophisticated computer applications. Serving as an extension of human abilities, AI represents a realm of highly intelligent technology surpassing human capacity. The twenty-first century has witnessed substantial advancements in AI technology, particularly in big data processing, algorithms, and deep learning. Significant breakthroughs have been achieved in addressing challenging problems such as reasoning, speech recognition, image recognition, natural language processing, perception, and object manipulation. Current AI technologies encompass machine learning, deep learning, natural language processing, AI algorithms, inference engines, learning calculations, image recognition, and other related domains. Fueled by the strength of our nation and the continuous progress in science and technology, AI has experienced rapid development. Currently, artificial intelligence (AI) has found widespread applications in critical sectors such as transportation, logistics, finance, communication, healthcare, education, and even in households and individual lives. It has become integral to the daily experiences of ordinary individuals, seen in mobile phone voice recognition, iris and face recognition, and fingerprint recognition. This technology has given rise to diverse industrial fields, introducing new forms and models. Education is no exception, experiencing a revolutionary impact and serving as an intrinsic driving force for society. Facilitated by the internet and the significant advancements in science and technology, artificial intelligence boasts advantages such as repeatability, digitization, stylization, accuracy, and stability, surpassing human capabilities. The unique aspects of human consciousness and high-level thinking activities involving search, reasoning, induction, and association remain distinct. Integrating artificial intelligence technology with mobile 5G in the realm of education empowers educational development and classroom reform, playing a crucial role in addressing existing technical challenges and promoting educational transformation [2]. Intelligent Music Teaching is currently understood in diverse ways within the academic community. Renowned Chinese scientist Qian Xuesen, adopting a systems science perspective, advocates Dacheng wisdom teaching to foster highly innovative talents. This approach aims to bridge gaps between various scientific fields, integrate science and art, and merge natural science



with philosophy and social science, fostering broad analogies and comprehensive innovation. Professor Zhu Zhiting posits that intelligent teaching involves leveraging various intelligent technologies to optimize the learning environment, enabling collaborative and innovative teaching methods between teachers and students. This approach provides students with novel and straightforward learning techniques, yielding efficient learning outcomes and cultivating quick-thinking, astute individuals. Pang Jingwen, a domestic researcher, defines intelligent teaching as employing an intelligent teaching design model to achieve the goal of cultivating students' wisdom through enjoyable and personalized classroom teaching within the environment of artificial intelligence technology. It represents an education rooted in intelligence to nurture students into intelligent talents. Some scholars contend that intelligent teaching encompasses establishing all facets of intelligent learning and teaching, supported by the latest information technology such as artificial intelligence. The overarching objective is to facilitate students' intelligent learning and development. In an intelligent environment like artificial intelligence, educators utilize various cutting-edge information technologies and diverse teaching resources to conduct instructional activities. The primary objectives include stimulating teachers' teaching ingenuity, enhancing their professional expertise, and fostering intelligent talents. This approach is characterized by activity, efficiency, sharing, and interaction, aiming to address issues like student apathy and negative behaviors prevalent in traditional classroom teaching. Intelligent teaching encompasses not only the informatization and intellectualization of educational infrastructure but also a shift and enhancement of educational concepts and methodologies. The focus transitions from the construction of "things" to catering to the diversified needs and services of individuals. By prioritizing students, uncovering their potential, fostering their self-worth, and nurturing their intelligence, educators can adeptly navigate the challenges posed by the era of artificial intelligence technology [2].

In the 1950s and 1960s, the systematic approach of system science, encompassing system theory, information theory, and cybernetics (collectively referred to as the "old three theories"), was introduced to educational technology. This marked the inception of the novel concept of "instructional design," and the far-reaching influence of the "old three theories" on instructional design became evident. Presently, instructional design is generally understood as the analysis and planning of teaching objectives, challenges, the teaching process, student exercises, summary, and evaluation. This involves aligning with curriculum standards and students' characteristics, creating a comprehensive and detailed class plan, designing coherent teaching components, and systematically executing a detailed and actionable teaching plan to fulfill the teaching task. Based on different elements within the teaching process, classroom teaching can be categorized into three types: classroom teaching where "teacher teaching" takes precedence, classroom teaching emphasizing "student learning," and classroom teaching centered around "resources." [2].

In the contemporary landscape of intelligent education, there is a notable surge in students' access to information. However, traditional music classroom teaching designs are struggling to meet students' evolving developmental needs. Students often lack enthusiasm for outdated and monotonous teaching methods, leading to diminished learning interest. Consequently, there is an urgent and significant emphasis on researching and promoting intelligent teaching design models.

"Intelligent teaching design" represents a sophisticated and efficient instructional guidance scheme applied throughout the entire teaching process, encompassing pre-class, in-class, and post-class activities. Rooted in the constructivist theory and centered around a student-oriented approach, this design is supported by the integration of cutting-edge information technologies, including mobile Internet, Internet of Things, big data, cloud computing, and artificial intelligence. Intelligent instructional design involves a profound fusion of artificial intelligence technology and teaching, highlighting the interplay between "teaching" and "learning." It strategically plans classroom elements such as teaching resources, problem tasks, teaching links, and instructional techniques, resulting in specific teaching scenarios. Within the intelligent instructional design model, there should be a well-thought-out application of intelligent technology and thorough resource preparation to facilitate personalized and open learning for students. Additionally, it is crucial to anticipate learning situations and students' psychological development through big data, allowing for the design of various contingency plans for



real-time adjustments during the teaching process. When crafting intelligent teaching approaches, teachers must meticulously design teaching scenarios, considering students' individual backgrounds, social environments, and cognitive development characteristics. This approach aims to cultivate students' intellectual acumen and ignite their enthusiasm for learning, fostering a mindset of "I want to learn, and I love learning." [2].

### 9. AI-Aided Intelligent Music Teaching Design

Creating conditions for intelligent teaching entails a heightened focus on fostering students' intellectual development and practical skills within the traditional three-dimensional educational objectives. The concept of a "smart classroom" involves seamlessly integrating information technology and network technology into the classroom setting. This integration aims to empower both students and teachers, enabling them to harness enthusiasm and initiative in a comprehensive and systematic educational approach. Tailoring the design to the unique characteristics of each class, teachers must delineate specific learning objectives, craft engaging teaching scenarios that capture students' interest, provide a vibrant and captivating virtual environment, encourage active student participation, and seamlessly integrate teaching objectives into every facet of intelligent teaching. The ultimate aspiration of an intelligent classroom is to stimulate the emergence of students' intellectual capacities. This intellectual development is envisioned as a holistic and multidimensional goal encompassing knowledge, skills, emotions, and willpower. In the contemporary era marked by "Internet+," the crucial mission of education is to cultivate intelligent talents capable of navigating the complexities of the digital landscape. The conventional classroom setup typically involves teachers, students, blackboards, and chalk. The concept of a "wisdom classroom" involves the integration of information technology and network technology into the teaching environment. This research focuses on leveraging tools like Shivo whiteboard, Shivo easy classroom, and Shivo class optimization masters to establish a robust interactive teaching platform. The core application is multimedia interactive whiteboard tools, supported by the internet, providing extensive resources and diverse teaching tools. Utilizing infrared sensing technology and multitouch capabilities, the system intelligently recognizes gestures, allowing teachers to seamlessly interact with students, enhancing classroom engagement [2].

The Shivo easy classroom facilitates the intelligent distribution of learning materials, fostering efficient teacher- student interaction. It compiles individual evaluation data for various teaching activities, such as real-time and selective answers. Teachers can strategically group students based on their learning progress, enabling tiered instruction. The class optimization master streamlines class management, offering comprehensive evaluations and real-time feedback, providing a clear overview of classroom performance and boosting student competitiveness. Students benefit from a paperless learning experience through terminal tablets, significantly enhancing learning efficiency. The inclusion of multimedia elements and multiscreen displays adds an engaging dimension to the smart classroom. The intelligent learning environment creates more conducive conditions for students, offering effective support for their independent learning and knowledge construction. The implementation of wireless network coverage, teacher-student interaction systems, and other equipment ensures easy access to teaching resources, enhancing the efficiency of educational achievements. Design Elements. The term "teaching framework" pertains to the systematic analysis by music educators of prior learning experiences, current intelligent teaching approaches, and the elements constituting the teaching process, which encompasses the intelligent classroom environment, teaching objectives, teaching methods, and teaching evaluation. This process aids teachers in conducting well-organized teaching designs. Consequently, the teaching framework serves as the mental groundwork for teachers engaging in intelligent teaching designs within the intelligent teaching environment. It acts as the initial groundwork for the seamless execution of intelligent teaching, offering comprehensive planning for the entire intelligent teaching process before, during, and after class. The teaching framework comprises six essential design elements: becoming acquainted with the intelligent environment, formulating teaching objectives, acquiring teaching resources, conceptualizing teaching methods, anticipating teaching scenarios, and forecasting learning outcomes. These elements are sequentially implemented to encompass the entirety of the teaching process [2].

## 10. Measuring Emotional Response

The most straightforward approach to assess an individual's emotional reaction to a stimulus involves asking them directly, known formally as self-reporting. This method encompasses various surveying or questioning techniques where participants articulate their own emotional experiences. When seeking information about a participant's present emotional state, self-reporting tends to yield more accurate results compared to inquiries about overall emotional personality traits. However, it's worth noting that a condition called alexithymia, affecting around 10% of the population, can diminish individuals' awareness of their emotional state, potentially impacting the accuracy of their self-reports [4].

The Discrete Emotions Questionnaire (DEQ) represents a self-report-based measure for gauging emotional responses, emphasizing a categorical model of emotions. This survey is specifically designed to inquire about participants' immediate emotional states rather than overarching personality traits. While self-reporting is generally considered more effective when aligned with a dimensional model (Mauss and Robinson, 2009), the DEQ aims to address limitations identified in the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS), a dimension- based survey that was, until recently, widely accepted as an industry standard [4].

An alternative approach to gauging emotions involves utilizing autonomic measures. The autonomic nervous system (ANS) oversees bodily functions predominantly on a subconscious level. Consequently, autonomic measures can detect subtle variations in the body's state that may go unnoticed in self-reported assessments. Indicators of ANS responses, including heart rate, blood pressure, and skin conductance level, effectively reflect the activity of the sympathetic and parasympathetic nervous systems. These measurements can gauge the arousal level of an emotional response, indicating its intensity, although they are not precise indicators of emotional categories. It's essential to note that ANS responses can be influenced by non-emotional factors such as external temperature and movement [4].

Closely associated with autonomic nervous system (ANS) responses are measures of brain states, such as EEG and fMRI. Studies using EEG have linked frontal lobe asymmetry to approach-avoidance tendencies. Increased activation of the left frontal lobe is associated with approach-related emotions like anger and worry, where anger often leads to confrontation, and worry involves problem-solving—an approach tendency. Conversely, greater activation of the right frontal lobe is associated with avoidance tendencies, such as fear. fMRI, which measures blood flow in different brain regions, often provides higher resolution than EEG. It focuses on investigating whether the activation of specific brain circuits can be linked to emotions. While some findings, like the connection between negative emotions (e.g., disgust) and activation in the insular cortex, have been identified, more research is needed to establish a solid link between brain circuits and specific emotions [4].

The oldest method of assessing emotions, dating back to Charles Darwin in the 1800s, involves observation. Darwin posited that, as higher forms of communication, emotions should be expressed through body language and speech. Behavioral measures encompass vocal characteristics, facial expressions, and body language. Traditionally, the quantification of these measures relies on observer ratings, which may introduce bias into the evaluation [4].

## 11. Music Composition and Music Emotion Analysis via AI

The foundation of this thesis stems from the fundamental interactive connection between humans and music (refer to Figure 3). Our interest revolves around two primary aspects. Firstly, we delve into the process of how humans create music, with a specific emphasis on algorithmic composition. This involves designing computational models that mimic the music generation capabilities of human composers. Secondly, we explore how humans comprehend music, concentrating specifically on the analysis of music emotion through computational models [1].

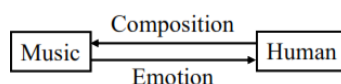




Figure 3. The fundamental interaction between humans and music [1].

### 11.1. Algorithmic composition

Composition, defined as the skill of creating music, has been a human pursuit dating back to the prehistoric era, over 4000 years ago. In recent times, the progression of artificial intelligence (AI), characterized as the study of agents that perceive their environment and take actions, has captured the attention of researchers, leading to investigations into the application of computational algorithms for music composition. This research area is commonly known as algorithmic composition [1].

Algorithmic composition entails the use of a formal process to create music with minimal human involvement. It is also sometimes termed "automated composition." Although not a novel concept, the history of algorithmic composition reaches back to ancient times, with figures such as Pythagoras emphasizing a direct connection between the laws of nature and the harmony of musical sounds. Even renowned composers like Mozart employed algorithmic composition techniques, as seen in his work *Musikalisches Würfelspiel* ("Dice Music"), where he assembled small musical fragments and randomly combined them to create a new piece. Since the mid-20th century, the advent of computers has provided new avenues for advancing the automation of music composition. Over the past six decades, researchers have delved into various algorithmic composition techniques, with an early prominent method being the rule-based approach. This method involves encoding rules derived from music theory or experimentation into a computer, guiding it to generate music in accordance with these rules. For instance, Rader at the University of Pennsylvania introduced a rule-based artificial intelligence program for melody and harmony generation. Additionally, other researchers explored methods rooted in probability, such as the application of Markov models. A noteworthy early work in modern algorithmic composition is the string quartet *Illiad Suite* composed by Hiller and Isaacson at the University of Illinois in 1957. This composition utilized a high-speed digital computer and the computational model of a Markov chain, which represents the probability transitions between different musical notes. Subsequent to this influential work, numerous compositions have focused on Markov-based composition methods [1].

Recently, the progress in deep learning techniques has garnered significant attention, with efforts underway to explore its potential in algorithmic composition. A noteworthy initiative in this domain is the Magenta project launched by Google. Utilizing deep learning models, specifically recurrent neural networks (RNNs), the composition machine can learn from extensive musical datasets. In contrast to earlier methods like rule-based approaches, these deep learning composition models can autonomously generate music without the need for encoded human rules or additional knowledge. Furthermore, Magenta incorporates these composition models into various human-computer interaction scenarios, enhancing the fun and interest in algorithmic composition. Despite encouraging advancements in recent years, challenges persist in algorithmic composition. In comparison to many real-world AI applications, such as face detection and speech recognition, algorithmic composition is still in its early stages. Two fundamental challenges in this field are the issues of novelty and evaluation. Concerning novelty, existing efforts in algorithmic composition primarily focus on optimizing machine-composed music to align with patterns found in established music training sets. However, this approach lacks innovation, as it tends to produce compositions that closely resemble existing works. Given that music composition is inherently a form of artistic creation, replicating an existing piece does not qualify as a noteworthy accomplishment. Regarding evaluation, despite centuries of study in algorithmic composition, there is no widely accepted set of criteria to assess the quality of machine-composed music. Many current assessments rely on subjective questionnaire-based evaluations, making it challenging to obtain objective observations, quantitative information, and timely responses. This subjective approach hinders the ability to comprehensively evaluate the machine-composed music [1].

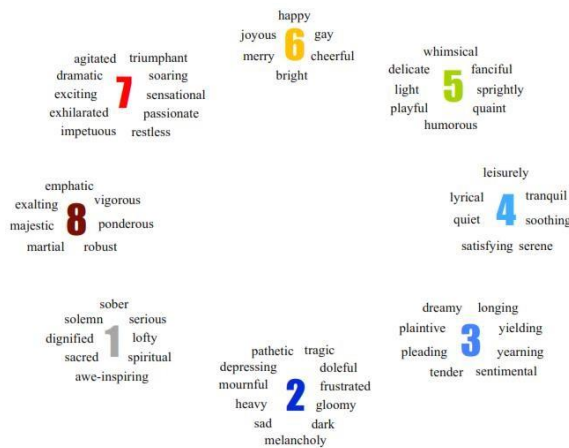
### 11.2. Music emotion analysis

Irrespective of one's musical preferences, the capacity to evoke intense emotions serves as a crucial factor in the widespread appeal of music. This remarkable ability of music has captivated not only the general public but also researchers across diverse fields over the years. Emotion, as defined in Drever's psychology dictionary, refers to a mental state characterized by excitement or disturbance, marked by strong feelings, and typically accompanied by an impulse towards a specific form of behavior. Ekman introduced a categorical model of emotions based on human facial expressions, categorizing emotions into six primary classes: happiness, surprise, fear, sadness, disgust, and anger. The facial expressions representing these six emotion classes can be observed in illustrations provided by Chen [1].



**Figure 4.** The facial displays representing the six fundamental emotion categories [1].

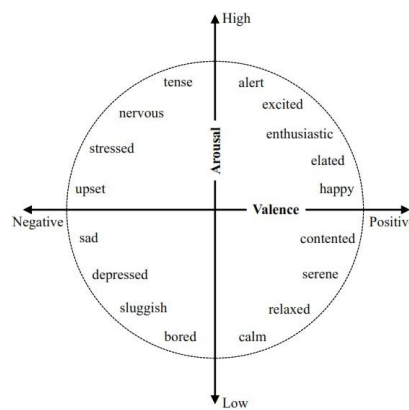
Hevner presented a classical categorical emotion model known as the adjective checklist. In this model, affective adjectives are categorized into eight clusters, where adjectives within the same cluster share similarities. Furthermore, these eight clusters are arranged in a circular fashion, as depicted in Figure 5. The adjacent clusters in the circle exhibit a cumulative shift in meaning until a clear contrast is established at the opposite position [1].



**Figure 5.** Representation of Hevner's eight adjective clusters, arranged in a circular layout with distinct colors marking the IDs of various emotion clusters [1].



In addition to the categorical model, researchers employ dimensional models to depict emotions. Unlike categorical emotion models that classify emotions into distinct classes or clusters, dimensional models aim to position various emotions in a space defined by several affective dimensions. One prominent dimensional model is the 2D valence-arousal (V-A) emotion space introduced by Russell. Figure 6 illustrates the V-A space, also known as two-dimensional emotion space (2DES) or the circumplex model. Within the V-A space, emotions are situated along a circular structure within the dimensions of valence and arousal. The advantage of this V-A emotion space lies in its provision of a simple yet effective means to describe complex emotional concepts through a low-dimensional representation. The V-A representation facilitates various affective computing tasks, including emotion regression and ranking [1].



**Figure 6.** The two-dimensional valence-arousal (V-A) space, where valence is depicted on the horizontal axis and arousal on the vertical axis. Various emotions are positioned within a circular structure in this spatial representation [1].

Building upon these models of emotion, researchers have applied various artificial intelligence techniques to analyze the emotional aspects of music. Two primary tasks in this domain are music emotion classification and music emotion regression. In music emotion classification, categorical emotion models are commonly used to assign emotional labels to music pieces or segments. Some studies utilize the four quadrants of the valence-arousal (V-A) space for labeling emotion classes, categorizing genres like popular, classical, or jazz. Professional musicians or regular individuals participate in offline or online labeling processes to assign emotions. Subsequently, classification models are trained under either supervised or unsupervised conditions. In the case of music emotion regression, emotions are typically represented using dimensional emotion models. For instance, Yang et al. conducted emotion regression in the V-A space, employing the learned regressor to capture the temporal variation of emotion within a song. These music emotion regression tasks hold significant value in numerous applications within the field of music information retrieval. Despite notable advancements in artificial intelligence techniques for music emotion analysis, particularly in commercial applications like music recommendation and music video generation, accurately recognizing music emotions remains a highly challenging task. One significant hurdle is that music pieces or segments often convey multiple and intricate emotions, whereas many prior methods represent music emotion through a single label or a single point in dimensional emotion spaces [1].

To address these challenges, some researchers have explored the use of brain imaging techniques to uncover mental activity associated with music emotions. Electroencephalography (EEG) has shown feasibility and effectiveness in music emotion analysis in these studies, leading to intriguing observations. However, the issue of inter-trial effect impacts the quality of EEG data, resulting in a loss of performance in emotion recognition. In this thesis, we tackle the aforementioned challenges of multiple



emotions and the inter-trial effect through two works, wherein we explore improved emotion recognition methods based on both audio signals and brain imaging data [1].

### 11.3. Generative Adversarial Networks for Novelty in Algorithmic Music Composition

Music composition, being inherently a form of artistic creation, seeks to produce harmonious and innovative musical pieces. This study introduces the concept of musicality-novelty generative adversarial nets (MNGANs) for algorithmic composition, aiming to achieve both musicality and novelty in machine-generated music. The proposed framework employs a shared generator, and two adversarial networks iteratively optimize the musicality and novelty aspects of the machine-composed music. A novelty game model is introduced to enhance the minimal distance between the machine-generated music sample and any human-composed music sample in the novelty space, where well-known human compositions exhibit significant separation. The framework utilizes three supervised convolutional neural networks (CNNs) – one for the generator, one for evaluating musicality, and one for evaluating novelty – all operating in the time-pitch feature space. Notably, the novelty critic is implemented through Siamese neural networks with temporal alignment facilitated by dynamic time warping. The proposed approach is empirically validated through the generation of music samples under diverse scenarios [1].

### 11.4. Assessment of Musicality in Algorithmic Composition Using Electroencephalography

Assessing the creative output of artificial intelligence, particularly in algorithmic composition, presents significant challenges. Traditional criteria used for music analysis, like data similarity, are not directly applicable to measure the quality of newly generated computer-composed music due to the subjective nature of creativity. Subjective evaluations through questionnaires lack quantitative rigor and solid evidence. In response to these challenges, we present an innovative computational model integrated with a novel psychological paradigm. Leveraging brain imaging techniques, this evaluation method offers a dependable musicality score for machine-generated music [1].

## 12. Music Emotion Multilabeling using Quantum Convolutional Neural Network

Music has the profound ability to express and elicit strong emotions, yet accurately recognizing these emotions through computational models poses a significant challenge. The complexity of the task is magnified when dealing with music segments that convey multiple and intricate emotions. This study introduces a novel approach called Quantum Convolutional Neural Network (QCNN) for learning music emotions. Leveraging the powerful abstraction capabilities inherent in deep learning, QCNN autonomously extracts music features beneficial for emotion classification. A key contribution of this work is the use of measurement postulates to simulate human emotion awareness during music appreciation. Statistical experiments conducted on standard datasets reveal that QCNN surpasses classical algorithms and current state-of-the-art methods in music emotion classification. Furthermore, a demonstration experiment is provided to elucidate the efficacy of the proposed technique, offering insights from the perspectives of physics and psychology [1].

### 13. Classifying music emotions on a single-trial basis using Electroencephalography (EEG)

Electroencephalography (EEG) serves as a valuable tool for music emotion analysis. In the realm of EEG-based music emotion analysis, multi-trial music listening has been commonly employed. However, the emotional influence from previous trials can impact the mental state during the current trial, introducing what is known as the inter-trial effect. This phenomenon poses challenges, leading to compromised data quality and unreliable emotion labeling, ultimately affecting the precision of recognizing emotions triggered by specific musical excerpts. To tackle this issue, we propose a novel single-trial psychological paradigm utilizing EEG, supported by an innovative computational model. While a single-trial design helps avoid inter-trial contamination, the limited training data



with substantial inter-subject variance remains a significant challenge. Our solution involves introducing a pioneering algorithm known as "resting-state alignment," which projects the training data into a new space with the objective of minimizing the variance of resting-state data across different subjects. Through the joint optimization of intra-class variance and inter-class distance, the resting-state alignment algorithm produces a low-dimensional feature space, showcasing notable accuracy enhancements for various classifiers [1].

#### **14. AI Works in Music Progress**

AI systems designed for music generation primarily function by assimilating patterns within the structural elements of music—pitch, rhythm, harmony, etc.—from a designated set of musical training data. Once trained, the AI is equipped with a set of rules and an initial cue, leveraging these to generate a musical piece. Various methodologies exist for constructing such music-generating AIs, extensively explored in Carnovalini and Rodà (2020). In this context, we will delve into three instances of generative AIs that glean insights from musical training input to probabilistically produce musical compositions.

##### **14.1. Magenta**

Magenta, a comprehensive Google initiative, aims to explore the potential of machine learning in creating captivating art and music. In its initial forays into music composition, Magenta utilized Recurrent Neural Networks (RNNs), which operate by learning a probability distribution for potential inputs based on previous data, enabling them to predict subsequent inputs. Through extensive training on thousands of monophonic melodies (single notes played sequentially), Magenta acquires knowledge about the rules and styles inherent in those melodies. Subsequently, it develops probabilistic models that empower it to independently generate new monophonic melodies. Magenta's inaugural composition in June 2016, although relatively impressive, presents a rather straightforward piece reminiscent of a standard theme and variations. The composition, lasting just under one and a half minutes, introduces a simple yet distinct motif with a recurring eighth-note and quarter-note rhythm. This motif repeats verbatim and later with some rudimentary ornamentation before delving into a "creative" development section featuring novel rhythms. The piece returns to the original motif and concludes abruptly mid-phrase, lacking a clear resolution.

The sudden conclusion of the composition arises from the fact that, unlike human composers, many existing music-generating AIs lack an understanding of a musical "narrative arc" with conclusive resolutions. Instead, they often meander through their music-making process unless explicitly instructed by a human programmer to stop at a specific point. Magenta has primarily focused on monophonic compositions, where a single note is generated at a time. This stands in contrast to the upcoming examples, which involve the use of multiple streams of notes.

##### **14.2. Cybraphon**

Conceived in 2009 by the FOUND artist collective in collaboration with Simon Kirby from the University of Edinburgh, Cybraphon stands as a "moody, autonomous robot band in a box," currently housed at the National Museum of Scotland. The instrument takes the form of a literal wardrobe containing various musical elements, lights, an "emotion meter," and a computer that orchestrates the activation of these components. In contrast to previously discussed AIs, Cybraphon doesn't operate as a fully generative system. Instead, it performs by selecting from a precomposed repertoire of musical fragments based on its current "emotional" state. This emotional state is not derived from resolving the challenge of providing a robot with a homeostatic body; rather, it stems from its deep integration with social media.

Functioning somewhat like a diva, Cybraphon continuously searches itself on Google every fifteen seconds and monitors its popularity across news sites, Twitter, and Facebook. The instrument responds to online activity, particularly positive interactions, by "cheering up" and possibly playing a cheerful



tune. In the absence of online engagement, Cybraphon remains in a perpetual state of indifference, refusing to produce any music. Cybraphon exhibits a form of extended interoceptive processing, intricately tied to the activity of the online community. Although resembling AI Duet's reliance on human interoceptive processes in creating a musical event, Cybraphon doesn't depend on the interoceptive processes of a specific individual or group. Instead, it translates social media activity into loosely embodied "emotional" states based on deviations from normal levels of online activity. While this mirrors the embodied process proposed for interoceptive emotions, the instrument lacks a predictive component that could probabilistically seek a homeostatic set point for these extended interoceptive states.

#### 14.3. BachBot

Upon initial examination, the compositions generated by BachBot surpass the introductory single-note melody produced by the Magenta Project. BachBot employs Long-Short Term Memory (LSTM) Recurrent Neural Networks (RNNs) and is specifically trained on Bach chorales. Differing from Magenta, BachBot's training input is homophonic, involving simultaneous pitches (chords) organized as melody plus harmony, all attributed to J.S. Bach. Similar to Magenta, BachBot utilizes its probabilistic models to independently generate new pieces, adopting the style of Bach chorales. The music crafted by this AI exhibits a higher level of sophistication than the melodic play generated by Magenta and is nearly indistinguishable from compositions by Bach himself to an untrained ear.

In contrast to Magenta's approximate theme and variations, BachBot's chorales adhere to a cadential structure with well-organized phrases. Instead of awkwardly placed ornaments, BachBot's chorales incorporate purposeful passing tones within a stable rhythmic framework. Despite its impressive qualities, BachBot shares some challenges with Magenta. Without at least one line of a chorale (or a melody) to harmonize, it tends to experience the same "wandering" fate observed in Magenta's compositions. BachBot maintains a semblance of structure because a human inputs a prescribed line of notes, which then constrains its output and guides BachBot through a structured compositional journey.

#### 14.4. Flow Composer

The remarkably advanced Flow Composer was designed to generate pop songs, departing from LSTM's use in favor of Markov constraints. This addresses the "wandering" issue encountered by both Magenta and BachBot by producing finite-length sequences. Similar to BachBot, Flow Composer generates these sequences in adherence to a specified composer-style or music genre. Input for model generation is provided in the form of lead sheets, comprising a basic chord structure and a melody line. Employing its probabilistic memory, Flow Composer independently creates a new lead sheet for a new song.

Flow Composer achieved a groundbreaking feat by creating the first-ever full-length pop song composed by an AI, the Beatles-inspired track "Daddy's Car." This composition includes lyrics, multiple voices, guitar, drums, and a full orchestration. Despite this impressive accomplishment and apparent solutions to issues encountered by Magenta and BachBot related to wandering and improper ornamentation or rhythm, Flow Composer only generates a lead sheet. The remaining aspects of the music composition process, such as harmonies, instrumentation, and lyric writing, are undertaken by human collaborators.

### 15. Artificial Intelligence & Popular Music

There exists a more extended history of artificial intelligence (AI) music in the realm of art music, as documented in various studies. However, the current predominant role of AI in popular music is largely associated with novelty, experimentation, and serves as a collaborative tool. Despite the nascent nature of artificial intelligence pop music (AIPM), there is limited research on this subject, a gap that this article aims to address [12].



By drawing on the foundation laid by the AI in music (AIM) tradition, AIPM signifies not only a departure in technique and audience reception/engagement but also in concept. While AIM has traditionally focused on pushing the boundaries of composition possibilities, AIPM is presently more geared towards expediting the production process, challenging expectations of creative expression, and is anticipated to represent a significant shift in music production eras: analog, electric, digital, and AI. In many respects, these distinctions align with other dichotomies that arguably persist between the worlds of art and popular music, such as academic/mainstream and art/commerce. The incorporation of these technologies establishes common ground in the discourse surrounding them but also highlights differences in approaches to the creative process [12].

AIPM has not experienced a defining "breakthrough" moment, and it is probable that such a moment will not occur in a manner similar to Auto-Tune's transformation into a voice modulation instrument in Cher's "Believe" (1996). Auto-Tune's subsequent integration into hip hop via T-Pain and its validation by artists like Kanye West and Bon Iver have been mythologized as pivotal moments in popular music history. These events not only signaled a shift in production methods but also influenced our perception and understanding of the human voice as an expressive tool, sparking early discussions about posthumanistic music production and cyborg theory in musicology.

In 2019, Auto-Tune has become commonplace, following the typical trajectory of new technologies like synthesizers, digital audio workstations (DAWs), and electronic/digital drum machines, experiencing a disruptive phase before becoming a standard practice. The evolution of AIPM and how it assimilates unintended uses within the music industry remains to be seen. Similar to previous technologies, it is through these instances of unintentional application that the industry progresses. While Auto-Tune's widespread use as a vocal manipulator is a well-cited case, the birth of hip hop through unintended uses of turntables is another example. Documenting these initial moments of AIPM is crucial before it advances into unforeseen applications in its inevitable development [12].

### 15.1. Situating Artificial Intelligence Popular Music

The history of AIPM is rooted in the broader history of AIM, with comprehensive overviews of that history available elsewhere. While SKYGGE's Hello World is recognized as the first complete album representing a genuine collaboration between AI and human production techniques, there are preceding instances in popular music history that foreshadowed such collaborations, such as David Bowie's utilization of the Verbasizer on Outside (1995). Although not designed for music production, the Verbasizer is a text randomizer program that automates the literary cut-up technique to modify the meaning of pre-written text through random juxtapositions of materials [12].

Additionally, since 2014, Logic has included the option to automatically generate drum tracks for users, enhancing this feature more recently by incorporating quantization that mimics a more "human" sense of timing based on subtle variations rather than strict adherence to tempo. Notably, Amper, touted as the "world's first AI music composer," introduced its beta software in 2014, functioning through collaboration between humans and AI to create new music based on mood and style. As of the present, the beta platform has been taken offline, and the enterprise version, Amper Score, is slated for release. However, the primary market for Amper Score caters to companies or individuals in need of royalty-free music for branded content like podcasts, promotional videos, and other materials typically accompanied by copyrighted stock music. Similar capabilities are found in Jukedeck, also founded in 2012. Present applications of Amper and Jukedeck primarily focus on expediting the creation of royalty-free stock music or Muzak, without significantly impacting the production of mainstream popular music. They are commonly employed to produce music intended to accompany other audio-visual content, often not requiring high emotional engagement or, arguably, considerable musical complexity.

Schedl, Yang, and Herrera-Boyer categorize the collection of music systems and applications employed to automate specific processes in music production or selection for online stores and streaming services as intelligent technologies. They acknowledge the inherent challenges in precisely defining intelligence, emphasizing that the term is frequently employed more as a marketing strategy than a



functional descriptor of a product, software, or platform's capabilities. The authors highlight the multifaceted nature of musical intelligence, suggesting that it may involve creating interconnections among various layers of musical compositions, generating sequences recognized as 'music' by other systems, and anticipating musical features or events during a performance. In response to this complexity, they establish a typology of intelligent music systems, encompassing automatic music composition systems like CHORAL, Iamus, Coninator, and OMax; music listening prediction systems such as Just-For-Me and Mobile Music Genius; music discovery systems exemplified by Musicream; and algorithms for curating music based on mood or emotions. Additionally, they identify several contemporary tools utilized in AI-assisted popular music production, including IBM Watson, Magenta, NSynth, AIVA, and Sony Flow Machines [12].

AI-based music production manifests in diverse forms, ranging from algorithmic approaches to the utilization of neural networks and machine learning. This article centers on the proprietary generative constraints-based Markov methods that underpin Flow Machines. Although statistical analysis, involving a framework of rules and probabilities derived from previous creations, is fundamental to all these methods, the focus here lies specifically on the Markov-based approach. While algorithmic music has a well-established history in Western art music, its relevance to the discourse on AI-driven music production (AIPM) is somewhat diminished. Nevertheless, it is noteworthy that a longstanding interconnection exists between music and algorithms, given that numerous musical formats are inherently tied to specific sets of rules or algorithms. Compositions governed by rules, such as theme and variations or the 12-bar blues, can be classified as algorithmic music due to their reliance on specific compositional principles. It is essential to acknowledge that while algorithmic production is often associated with aleatoric or chance music, which involves an element of randomness, the broader context of AIPM encompasses a wider range of techniques and methodologies [12].

Markov chains and other machine learning composition techniques rely on an existing corpus of music, including scores or audio, to serve as the foundation for generating novel compositions. A distinction exists between algorithmic compositions and machine learning compositions: algorithmic music follows predefined algorithms to achieve specific goals, whereas generative modeling is not necessarily bound by a predetermined algorithm. Although these terms share common elements, their objectives differ. For instance, algorithmic music is created through specific algorithms, while Markov chains generate randomly distributed musical elements based on stochastic models derived from the analysis of a designated corpus, often using a smaller dataset compared to machine learning processes.

Charles Ames describes a Markov chain as modeling the behavior of a sequence of events, each capable of assuming a fixed range of states, with transitions between consecutive events referred to as changes in state. Notably, despite the creative output facilitated by AI software, this creation remains contingent on human-origin music serving as the basis for analysis. Google DeepMind's exploration of AI iterations for visual content raises the possibility of entirely AI-driven audiovisual content, prompting speculation on how these processes might be applied in music production. There is a question regarding whether iterations on an AI-collaborated musical corpus might fall short of engaging human tastes meaningfully or fail to stimulate human creativity and listening practices in novel directions. The potential impact of these developments on music production warrants careful observation [12].

Curtis Roads attributes the application of Markov chains for generative music modeling to the 1950s-1960s, with notable examples such as Hiller's fourth movement of the Illiac Suite in 1956. The early incorporation of computers in music composition, building on indeterminacy principles from avant-garde music, was seen as a means to expedite decision-making through rapid random choices, acting as a tool for this purpose. The Illiac Suite's first three movements were algorithmically composed based on traditional tonal harmony rules, while the fourth movement employed probability tables and Markov chains. The ILLIAC computer was used to generate intervals for each instrument, adhering to tonal harmony expectations.

Upon the suite's debut in 1956, news reports criticized the piece, asserting that the audience was resentful of engaging with an "electronic brain," and one listener even cautioned that it foreshadowed a future lacking in human creativity. Hiller responded by emphasizing the conceptual nature of the



composition, acknowledging the complexities that may surpass the perceptual capacities of the human ear and mind. He noted that if the structure of a composition exceeds a certain level of complexity, it might surpass human perceptual abilities, highlighting the interplay between creative potential, socialized constraints of human tastes, and perception.

The discomfort experienced by audiences encountering works produced by an "electronic brain" or "intellectual machine" likely stems from apprehensions surrounding the role of humans in creative endeavors. These reactions resonate with fears and myths associated with other AI discourses during the emergence of algorithmic and AI discussions in the mainstream consciousness. Simone Natale and Andrea Ballatore's discursive analysis of AI in scientific trade magazines reveals that these myths and fears, consolidated during the 1950s–1970s AI boom, continue to shape public opinions and perceptions regarding the role and potential of AI technologies. Such concerns, depicting new computing processes as "thinking machines," tend to fuel skepticism and criticism of AI capabilities, perpetuated through narrative tropes. Commonly, AI technology myths anthropomorphize the technology, often linking AI to notions of superhuman or supernatural powers. Terms like "thinking" and "intelligence" imply a universal human definition of consciousness, leading to the perception that AI technologies possess similar forms of intelligence and rational thought [12].

The awareness that music was not exclusively created by human minds appears to evoke a sense of unease, reminiscent of the response observed in the uncanny valley of robotics and computer-generated human images. Coined by Masahiro Mori, the term "uncanny valley" describes the discomfort arising from nearly human images, where slight disparities between reality and expectation provoke unease. In Natale and Ballatore's research, the unease arises from the understanding that a computer can generate music. In both instances, the uncanny results from assumptions about what is deemed human and the presumed exceptionalism of human capabilities. Although the Illiac Suite is not classified as AIPM (Artificial Intelligence in Music Production), the references to the uncanny, the unfamiliar, and occasional resentment toward computer-assisted composition remain applicable across genre distinctions [12].

Some critics have observed that the Illiac Suite lacks a "journey" essential for emotional involvement, as it lacks a melodic progression toward a climax or an overarching sense of purpose. It remains challenging to ascertain whether these critiques are influenced by the awareness of computer involvement or if similar comments could be made about other human-created atonal or aleatoric musical works. The functioning of Markov chains, which make predictions from instance to instance or transition to transition without requiring extensive knowledge of preceding data, suggests that the music produced in the Illiac Suite may be considered a reflection of this form of creation, lacking a cohesive "story" and resembling a series of independent variables. The fourth movement, characterized by a succession of abstract thoughts, raises questions about the presence of a sonic narrative. Additionally, the significance of such a narrative in engaging the audience is debated. Avant-garde music continually challenges conventional aesthetics, and the incorporation of a computer in this context is no exception. It is intriguing to observe how these technologies are embraced in popular styles, as seen in Hello World, where repetition holds greater value than extended "narrative" content. In pop music, novelty and the uncanny are often appreciated, and repetition plays a crucial role in enhancing audience engagement, both aesthetically and through market exposure.

Presently, the capabilities of AI and generative modeling techniques in popular music are confined to collaborative tools assisting in the exploration and production of new sounds, melodies, and harmonizations. These technologies have not yet evolved to the stage of comprehensive music composition where an entire, cohesive, and engaging popular music piece can be created without human input. However, the problem-solving approach in Artificially Intelligent Music (AIM) has progressed to a stage that more closely resembles genuine collaboration between humans and computers. AI software is not engaged in holistic creation, nor is it merely replicating existing works. The term "synthesizing" aptly characterizes current forms of Artificial Intelligence in Music Production (AIPM), representing a mode of incremental creativity. Functioning as a technological aid, most existing AIPM software can propose melodies, orchestrations, and instrumentations based on provided constraints; it operates as a tool for music production, serving as a collaborator rather than an independent creator. As pointed out by



Benoît Carré, it is akin to having another person in the studio to exchange ideas with, and some of these ideas have the capacity to push our auditory experience into unfamiliar sonic territories [12].

## 16. Discussion

Algorithmic composition is not a recent phenomenon, as Western music composition inherently involves algorithmic processes governed by specific rules and structures. This survey focuses on research initiatives related to algorithmic music composition that utilize Artificial Intelligence (AI) as the foundation for decision-making processes [13].

AI has attained industrial proficiency in classification processes, but challenges emerge when generating new data using generative models, with music composition being a notable area of interest in generative models research. The application of these generative models to music composition offers potential benefits to individuals at various skill levels, including beginners, experienced composers, students, and amateurs. Such utilization could yield financial and time-related advantages in the music production process [13].

However, a computational challenge lies in the absence of an objective and universally accepted automatic evaluation method that serves as a benchmark for assessing the quality of the generated musical pieces. While there are existing methods for evaluating human emotion and expression in music composition, such as those discussed by Livingstone, Muhlberger, Brown, and Thompson, and studies focusing on the topology to guide automatic systems and interpretation of musical pieces, these areas are not considered in the present research [13].

An even more embodied, embedded, and environmentally interactive form of AI could potentially excel in producing additional aesthetic properties beyond emotional impact and pleasantness in music. Evaluation criteria might encompass qualities such as innovativeness, subversiveness, and homage to other works. To master these properties, an AI should possess an awareness of musico-historical context extending beyond probability distributions over notes, rhythms, and musical features within a specific song or style. Jerrold Levinson outlines musico-historical context, encompassing personal components (a composer's style, repertoire, oeuvre, and influences) and general components (history of musical development, prevalent styles, influences at the time of composition, and activities of contemporary composers). Achieving mastery in these aesthetic properties may necessitate the social embedding of a musical AI within a musico-historical context. For instance, Cybraphon, if equipped not only to monitor social media reactions but also to process positive and negative critiques, could understand precisely which aspects of its compositions listeners find appealing or displeasing. A more robust system, wherein an AI composer engages with and learns from an artistic community, might develop the ability to create beyond its teachers or training data, adding aesthetic depth by drawing on the works of others. Achieving this may require active engagement and participation in a musical community rather than a mere processing of data.

Holly Herndon has developed a system named "Spawn," an AI designed for singing. This AI was trained on various voices, including Herndon's own, those of her musical collaborators, and even voices from her audience. Unlike AIs such as Bachbot, which create music in a specific style, Herndon's objective was to create an AI with the capability to "understand the logic of a sound sample," thus enhancing its adaptability. The project places a significant emphasis on the collaborative "raising" of the AI by a community. Herndon is careful to transparently acknowledge the technology's limitations and estimates the AI's contribution to each musical composition at approximately twenty percent [11].

In conclusion, while AI in music creation has advanced with the development of generative music machines, there is still a notable deficiency. Music-making AIs cannot achieve success solely through brute-force rule memorization and future state simulation, as seen in competitive strategy game AIs. Current compositions by music-making AIs, despite appearing generative, often require substantial human intervention and lack genuine emotion, feeling, and a coherent narrative structure. Our demonstration underscores that human music production and perception extend beyond mental processes, involving influence from homeostatic interoceptive processes rooted in human emotion





processing. This essential interoceptive processing is notably absent in computer programs creating musical compositions.

Although some music machines, such as AI Duet and Cybraphon, seem to minimally incorporate a form of interoceptive processing, the former relies on input from a human collaborator, and the latter is not generative. Current music-making robots like Shimon may excel at mimicking actions rooted in emotional and interoceptive processes, facilitating rich musical interactions within an ensemble. Spawn, as an emerging musical AI, serves as an example of a system nurtured and embedded in a community, learning and evolving through interactions with humans rather than relying solely on pre-composed datasets.

To achieve success, a music-making AI must build upon existing generative achievements and more comprehensively integrate embodied interoceptive processing. This integration should ground the machine's musical output in its internal, potentially conscious, states [11].

Advancements in the field of Artificial Intelligence (AI) in music have witnessed rapid acceleration in recent years, bringing about significant changes in music technology. The trajectory of AI suggests a promising future for music technology, poised to transform the music industry. However, akin to many revolutionary technologies, AI instills apprehensions about potential disruptions, given its anticipated widespread influence that will likely reshape the way we perceive music in the coming years. It is, therefore, reasonable to acknowledge that independent composers and producers, engaged in creating original music, find the prospect of a technology capable of replicating their work with comparable quality, in less time and at a reduced cost, to be a daunting and unsettling prospect.

The integration of AI into the creative domain of music is anticipated to augment the roles of music producers and songwriters. According to a recent report by the World Economic Forum, AI machines and algorithms are predicted to generate 133 million new job opportunities while displacing 75 million related jobs by 2022. Another report by McKinsey suggests that 70% of companies will adopt at least one AI technology by 2030, offering insights into the prospective landscape of the music industry.

AI possesses the capability to achieve widespread personalization by leveraging extensive data from various sources, discerning patterns in customer behavior and personality. Through the analysis of interaction history, AI creates specific profiles for each customer, facilitating high levels of personalization in customer engagement, services, and products. Machine learning empowers companies to introduce numerous product variations for personalized customer experiences. Unlike being confined by predetermined variables, the machine can utilize learned traits, making a significant impact on individual customer preferences. This advanced personalization, fueled by machine learning algorithms and applications, opens avenues for more intricate customization.

AI stands out as a transformative technology, presenting new opportunities for both consumers and companies. The unparalleled potential of artificial intelligence allows music listeners to evolve into co-creators, engaging at a massive scale on a whole new level.

## 17. Conclusion

This paper explores the design framework for intelligent music teaching within the context of music classroom instruction supported by artificial intelligence technology. It delves into the current research background of intelligent music teaching design, scrutinizes the research status of artificial intelligence technology in conjunction with intelligent music teaching design, identifies research challenges and complexities, and aligns research ideas and methodologies to establish the significance and value of the paper. The document defines relevant concepts related to artificial intelligence technology and intelligent music teaching design, elucidates cognitive and learning theories, establishing a theoretical groundwork for the design of intelligent music teaching. Additionally, the paper examines six characteristics of intelligent music teaching design facilitated by artificial intelligence technology, creating the conditions necessary for the implementation of intelligent music teaching design.



In conclusion, recent technological advancements have demonstrated the efficacy of affective agents, which are AI systems capable of expressing and understanding emotions. While algorithmically generated music has been present since the 1960s and has evolved over time, further investigation is necessary to ascertain the potential impact of this music on human emotions. As posited in the introduction, if AI can indeed influence emotions, it signifies a step towards sentience, as reflected in the alternative term for affective agents: emotionally sentient agents. Utilizing the Differential Emotions Scale (DEQ), the human response to algorithmic music can be accurately documented, enabling a thorough examination of whether AI possesses the capacity not only to communicate with humans by emulating their speech and language but also through its distinct musical creations. Presently, the landscape of music production has shifted from reliance on expensive commercial recording studios to a trend of producing music 'in the box' using computers, eliminating the need for extensive outboard equipment and large studio spaces in many instances. This shift aligns with broader developments in the music industry, where the ease of copying and sharing high-quality recorded music, facilitated by the Internet, has made a diverse range of music readily accessible to consumers.

The available technology for creating records without professional studio facilities has reached an advanced stage, enabling the creation of commercial-quality recordings at home that are virtually indistinguishable from those produced in professional studios. This capability empowers artists to transform a musical concept into a finalized product swiftly and at a relatively low cost, often without external input.

However, the evolving expectations of consumers necessitate a continuous flow of musical output from artists to maintain relevance and commercial viability. Consequently, artists should explore methods to enhance productivity. Historically, collaborative songwriting partnerships have been a common practice in popular music to meet this demand. Nevertheless, identifying a suitable collaborator poses challenges. Currently, there are no computer systems capable of collaborating with users, essentially emulating a human collaborator.

## References

- [1] Chen, G., 2019. Artificial intelligence in music: composition and emotion, PhD thesis, Hong Kong Polytechnic University.
- [2] Dai, D.D., 2021. Artificial intelligence technology assisted music teaching design, *Sci. Program.*, 2021, 1-10.
- [3] Lee, C.-S., Tsai, Y.-L., Wang, M.-H., Sekino, H., Huang, T.-X., Hsieh, W.-F., Sato-Shimokawara, E., Yamaguchi, T., 2019. FML-based machine learning tool for human emotional agent with BCI on music application, in 2019 International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI), IEEE, pp. 1-6.
- [4] Kale, N., 2019. Emotional Sentience in AI-Created Music, Project Brief.
- [5] Verma, S., 2021. Artificial intelligence and music: History and the future perceptive, *Int. J. Appl. Res.*, 7, 272-275.
- [6] Tabak, C., 2023. Intelligent music applications: innovative solutions for musicians and listeners, *Int. Anatolian J. Soc. Sci.*, 7, 752-773.
- [7] Nicholls, S., Cunningham, S., Picking, R., 2018. Collaborative artificial intelligence in music production, in Proceedings of the Audio Mostly 2018 on Sound in Immersion and Emotion.
- [8] Bavister, P., 2018. Artificial intelligence and the generation of emotional response to sound and space, in Proceedings of the Institute of Acoustics, Institute of Acoustics (IOA), pp. 427-434.
- [9] Weng, S.-S., Chen, H.-C., 2020. Exploring the role of deep learning technology in the sustainable development of the music production industry, *Sustainability*, 12, 625.



- [10] Huang, C.-F., Huang, C.-Y., 2020. Emotion-based AI music generation system with CVAE- GAN, in 2020 IEEE Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE), IEEE, pp. 220-222.
- [11] Novelli, N., Proksch, S., 2022. Am I (Deep) Blue? Music-Making AI and Emotional Awareness, *Front. Neurobot.*, 16, 897110.
- [12] Avdeeff, M., 2019. Artificial intelligence & popular music: SKYGGGE, flow machines, and the audio uncanny valley, *Arts*, 8(4), 130.
- [13] Lopez-Rincon, O., Starostenko, O., Ayala-San Martín, G., 2018. Algorithmic music composition based on artificial intelligence: A survey, in 2018 International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP), IEEE, pp. 187-193.



## پیش‌بینی فروش سوپرمارکت با استفاده از رگرسیون

مهدی طالبی<sup>۱\*</sup>، قاسم علی‌زاده<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران  
<sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران

*mehdi\_talebi@iau.ac.ir*

### چکیده

بسیاری از سوپرمارکت‌ها پیش‌بینی خوبی از فروش سالانه خود ندارند که بیشتر به دلیل کمبود مهارت، منابع و دانش برای تخمین فروش است. امروزه در عصر کلان‌داده همراه با دسترسی به توان محاسباتی عظیم، یادگیری ماشین تبدیل به ابزاری برای پیش‌بینی فروش شده است. رگرسیون یک ابزار قدرتمند در یادگیری ماشین و تحلیل داده‌ها است که به تجزیه و تحلیل روابط و پیش‌بینی مقادیر عددی بسیار کمک می‌کند. در این تحقیق، از مجموعه داده فروش یک سوپرمارکت با ۱۰۰۰ رکورد و ۱۷ فیلد استفاده می‌شود و در فرآیند ساخت یک مدل پیش‌بینی فروش، چندین الگوریتم یادگیری ماشین ارزیابی می‌شوند که هر کدام سطوح متفاوتی از عملکرد را ارائه می‌دهند. این تحقیق، با زبان برنامه‌نویسی پایتون پیاده‌سازی می‌شود و الگوریتم‌های مورد استفاده عبارت هستند از XGBoost، شبکه عصبی (پرسپترون چندلایه)، CatBoost، LightGBM، رگرسیون لاسو، رگرسیون ستیغی، کی-نزدیک‌ترین همسایه، جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان. در خروجی انواع نمودارهای نقطه‌ای و هیستوگرام باقیمانده تجزیه و تحلیل می‌شوند و سپس با استفاده از معیارهای ارزیابی و تجزیه و تحلیل داده‌ها، بهترین مدل آموزشی انتخاب می‌گردد. نتایج نشان می‌دهند که مدل رگرسیون ستیغی برای سادگی، دقت و ثبات آن، بهترین مدل است؛ هر چند مدل‌های دیگر مانند جنگل تصادفی و رگرسیون لاسو نیز در ارزیابی، عملکرد خوبی داشته‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** یادگیری ماشین، رگرسیون، پیش‌بینی فروش، مجموعه داده سوپرمارکت

## ۱. مقدمه

در علم یادگیری ماشین<sup>۱</sup>، به موضوع طراحی ماشین‌هایی پرداخته می‌شود که با استفاده از مثال‌های داده‌شده به آن‌ها و تجربیات خودشان، بیاموزند. در واقع در این علم تلاش می‌شود تا با بهره‌گیری از الگوریتم‌ها، یک ماشین به شکلی طراحی شود که بدون آن‌که صراحتاً برنامه‌ریزی و تک‌تک اقدامات به آن دیکته شود بتواند بیاموزد و عمل کند. رگرسیون<sup>۲</sup> یک ابزار قدرتمند در یادگیری ماشین و یک روش آماری برای سنجش تاثیرات متغیرها با در نظر گرفتن روابط همزمان آن‌ها بر یکدیگر است. معنای لغوی رگرسیون، بازگشت به گذشته است و وجه تسمیه این روش نیز استفاده از داده‌های گذشته برای پیش‌بینی آینده است.

اکثر فروشگاه‌های زنجیره‌ای سوپرمارکت از ابزارها و فرآیندهای موقتی برای تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی فروش برای سال آینده استفاده می‌کنند. استفاده از روش‌های آماری سنتی برای پیش‌بینی فروش سوپرمارکت‌ها، چالش‌های زیادی را نادیده گرفته و عمدتاً منجر به ایجاد مدل‌های پیش‌بینی‌کننده با عملکرد ضعیف می‌شود. امروزه یادگیری ماشین به یک حوزه مهم از علم داده تبدیل شده است که به دلیل قدرت پیش‌بینی بالا، به عنوان ابزاری برای پیش‌بینی فروش بسیار دقیق، جایگاه خود را به دست آورده است. در [۱] پیش‌بینی فروش برای مجموعه داده سوپرمارکت با استفاده از سه الگوریتم یادگیری ماشین XGBoost<sup>۳</sup>، رگرسیون لاسو<sup>۴</sup> و رگرسیون ستیغی<sup>۵</sup> انجام شده است. نتایج نشان می‌دهند که مدل XGBoost بهتر از دو مدل دیگر عمل می‌کند.

در [۲] پیش‌بینی فروش برای مجموعه داده سوپرمارکت Big Mart در سال ۲۰۱۳ انجام می‌شود. مراحل مختلف کار شامل موارد کاوش در داده‌ها، پیش‌پردازش داده‌ها، مهندسی ویژگی، ایجاد مدل و ارزیابی هستند. الگوریتم‌های مورد استفاده عبارت هستند از رگرسیون خطی، رگرسیون خطی چندگانه، رگرسیون درخت تصمیم، رگرسیون XGBoost و رگرسیون جنگل تصادفی<sup>۶</sup>. نتایج نشان می‌دهند که مدل XGBoost عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های دیگر دارد.

این تحقیق، یکی از کاربردهای مبتنی بر یادگیری ماشین است که فروش سوپرمارکت را پیش‌بینی می‌کند و از ویژگی‌های مختلف سوپرمارکت مانند شعبه، شهر، نوع مشتری، جنسیت، نوع محصول، قیمت واحد، تعداد، مالیات، هزینه کالاهای فروخته‌شده، درآمد ناخالص و رتبه مشتری استفاده می‌کند [۳]. مدل‌های رگرسیون مورد استفاده عبارت هستند از XGBoost [۴]، شبکه عصبی (پرسپترون چندلایه)<sup>۷</sup>، CatBoost [۵]، LightGBM<sup>۸</sup>، رگرسیون لاسو [۷]، رگرسیون ستیغی [۸]، کی-نزدیک‌ترین همسایه<sup>۹</sup>، جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان<sup>۱۰</sup>. در این تحقیق، از زبان برنامه‌نویسی پایتون<sup>۱۱</sup> استفاده می‌شود و سپس بر اساس معیارهای ارزیابی، بهترین مدل در بین گزینه‌ها تعیین می‌شود. این مقاله به این صورت سازماندهی شده است: در بخش دوم، روش کار شرح داده می‌شود و سپس در بخش سوم، نتایج برنامه بررسی می‌شوند. بخش چهارم هم به نتیجه‌گیری می‌پردازد.

## ۲. روش کار

در این تحقیق، از مجموعه داده سوپرمارکت با ۱۰۰۰ رکورد و ۱۷ فیلد استفاده می‌شود و در فرآیند ساخت یک مدل پیش‌بینی فروش، چندین الگوریتم یادگیری ماشین با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون ارزیابی می‌شوند. مراحل انجام کار در شکل ۱ آمده است. در مرحله

<sup>1</sup> Machine learning

<sup>2</sup> Regression

<sup>3</sup> Extreme gradient boosting (XGBoost)

<sup>4</sup> Least absolute shrinkage and selection operator (Lasso)

<sup>5</sup> Ridge

<sup>6</sup> Random forest

<sup>7</sup> Multilayer perceptron (MLP)

<sup>8</sup> Light gradient-boosting machine (LightGBM)

<sup>9</sup> K-nearest neighbors (KNN)

<sup>10</sup> Support vector machine (SVM)

<sup>11</sup> Python

اول کتابخانه‌های مورد نیاز وارد می‌شوند. در مرحله دوم مجموعه داده سوپرمارکت استفاده می‌شود و سپس در مرحله سوم پیش‌پردازش داده‌ها انجام می‌شود. در مرحله چهارم، آموزش الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین انجام می‌گیرد. در مرحله پنجم، نمودارها رسم می‌شوند و در مرحله بعد معیارهای ارزیابی محاسبه می‌شوند. در مرحله آخر، الگوریتم‌ها با هم مقایسه می‌شوند و بهترین مدل پیش‌بینی فروش انتخاب می‌شود. در ادامه، در بخش‌های بعدی هر یک از مراحل شرح داده می‌شود.

## ۲-۱. ورود کتابخانه‌های مورد نیاز

در فرآیند توسعه نرم‌افزار، استفاده از کتابخانه‌ها امری حیاتی و اساسی است که توسعه‌دهندگان را قادر می‌سازد که با کمترین زمان و هزینه، پروژه‌های پیچیده را اجرا و بهبود دهند. وارد کردن کتابخانه‌های ضروری یکی از اقدامات اصلی در این زمینه است.

## ۲-۲. مجموعه داده

در این تحقیق، از یک مجموعه داده فروش سوپرمارکت استفاده می‌شود که حاوی اطلاعاتی در مورد معاملات فروش در یک سوپرمارکت است. این مجموعه داده شامل ۱۰۰۰ رکورد و ۱۷ فیلد است که در ادامه، دقیق‌تر به ۱۷ فیلد مجموعه داده پرداخته می‌شود.

- شناسه فاکتور: این یک شناسه منحصر به فرد برای هر معامله فروش است که توسط سیستم کامپیوتری ایجاد می‌شود.



شکل ۱. مراحل روش کار

- شعبه: نشان‌دهنده شعبه سوپرمارکتی است که معامله در آن انجام می‌شود. سه شعبه به نام‌های A، B و C وجود دارند.

- شهر: این فیلد نشان‌دهنده شهر یا محل شعبه سوپرمارکت است.

- نوع مشتری: مشتریان به دو دسته مشتریان معمولی و مشتریان عضو که از کارت عضویت استفاده می‌کنند دسته‌بندی می‌شوند.

- جنسیت: این فیلد جنسیت مشتری خریدار را نشان می‌دهد که به صورت مذکر یا مونث ثبت می‌شود.

- نوع محصول: محصول‌ها به گروه‌هایی مانند «لوازم جانبی الکترونیکی»، «لوازم مد»، «غذا و نوشیدنی»، «سلامت و زیبایی»، «خانه و سبک زندگی» و «ورزش و سفر» دسته‌بندی می‌شوند.



- قیمت واحد: قیمت هر محصول به دلار است.
- تعداد: تعداد محصولات خریداری شده توسط مشتری را نشان می‌دهد.
- مالیات ۵ درصد: این قسمت شامل ۵ درصد هزینه مالیاتی است که برای خرید مشتری اعمال می‌شود.
- مجموع: کل قیمت فروش با احتساب مالیات ۵ درصدی است.
- تاریخ: تاریخ خرید، بین ژانویه ۲۰۱۹ و مارس ۲۰۱۹ ثبت شده است.
- زمان: این قسمت نشان‌دهنده زمان خرید است که بین ساعت ۱۰ صبح تا ۹ شب ثبت شده است.
- پرداخت: روش پرداختی را که مشتری برای خرید استفاده می‌کند که با سه گزینه «نقد»، «کارت اعتباری» و «کیف پول الکترونیکی» نشان می‌دهد.
- هزینه کالاهای فروخته شده: هزینه تمام شده کالاهای فروخته شده برای محصولات به دلار است.
- درصد حاشیه ناخالص: این ستون حاوی درصد حاشیه ناخالص است که مقدار ثابت ۴/۷۶ درصد برای همه رکوردها است.
- درآمد ناخالص: درآمد ناخالص حاصل از خرید.
- رتبه‌بندی: میزان رضایت مشتری از تجربه خرید کلی آن‌ها، که در مقیاس ۱ تا ۱۰ ثبت می‌شود.

## ۲-۳. پیش‌پردازش داده‌ها

- جهت پیش‌پردازش داده‌ها مراحل زیر انجام می‌گیرند:
- حذف فیله‌های غیر ضروری: حذف فیله‌های غیر ضروری مانند «شناسه فاکتور»، «تاریخ»، «زمان» و «درصد حاشیه ناخالص» به جهت اهداف و الزامات خاص پیش‌بینی فروش انجام می‌شود.
- تقسیم فیله‌ها به ویژگی‌ها و هدف: در این مجموعه داده از فیله‌های مجموع که کل قیمت فروش با احتساب مالیات ۵ درصدی است، به عنوان متغیر هدف و از بقیه فیله‌ها به جز آن‌هایی که حذف شده‌اند به عنوان ویژگی‌های ورودی استفاده می‌شوند.
- تقسیم داده‌ها به مجموعه‌های آموزش و آزمون: در این مجموعه داده از ۸۰ درصد رکوردها برای آموزش و ۲۰ درصد برای آزمون استفاده می‌شود.

## ۲-۴. آموزش الگوریتم‌های مختلف

- در این مرحله، آموزش داده‌ها با الگوریتم‌های مختلف انجام می‌شوند که عبارت هستند از XGBoost، شبکه عصبی (پرسترون چندلایه)، LightGBM، CatBoost، رگرسیون لاسو، رگرسیون ستیغی، کی-زدیک‌ترین همسایه، جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان.

## ۲-۵. نمودارها

پس از آن که مدل آموزش الگوریتم‌های ذکر شده ایجاد شد، نمودار نقطه‌ای<sup>۱</sup> مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده و هیستوگرام باقیمانده<sup>۲</sup> برای هر یک از مدل‌های آموزش ترسیم می‌شوند. نمودار نقطه‌ای نموداری است که از نمایش یک نقطه به ازای هر جفت متغیر در دستگاه مختصات دکارتی به دست می‌آید. این نمودار معمولاً برای نمایش نحوه پاسخ یک متغیر به تغییرات متغیر دیگر به کار می‌رود. هیستوگرام باقیمانده نیز توزیع خطاهای باقیمانده را مشخص می‌کند. منظور از باقیمانده، تفاوت بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده است. در بخش نتایج، این نمودارهای نقطه‌ای و هیستوگرام باقیمانده برای ۹ مدل مختلف ترسیم و بررسی می‌شوند.

## ۲-۶. محاسبه معیارهای ارزیابی

برای هر یک از الگوریتم‌های استفاده شده، معیارهای ارزیابی زیر محاسبه می‌شوند که  $y$  مقدار واقعی،  $x$  مقدار پیش‌بینی شده و  $n$  تعداد داده‌ها است.

- میانگین قدرمطلق خطا<sup>۳</sup> (MAE): میانگین قدرمطلق خطا، قدرمطلق تفاوت بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی را اندازه می‌گیرد و به صورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - x_i| \quad (1)$$

- میانگین مربع خطا<sup>۴</sup> (MSE): میانگین مربع خطا اغلب زمانی استفاده می‌شود که هدف، تاکید داشتن بر خطاهای بزرگ‌تر است چرا که تفاوت مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده به توان دو می‌رسد. میانگین مربع خطا طبق رابطه ۲ به دست می‌آید.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2 \quad (2)$$

- متوسط ریشه مربع خطا<sup>۵</sup> (RMSE): متوسط ریشه مربع خطا مانند میانگین مربع خطا یک معیار معروف برای زمانی است که هدف، جریمه خطای بزرگ‌تر نسبت به خطای کوچک‌تر است و طبق رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad (3)$$

- مربع R (R-squared): معیار مربع R نشان می‌دهد که چقدر یک مدل رگرسیون با داده مطابقت دارد. بازه این معیار از ۰ تا ۱ است و هر چه بزرگ‌تر باشد مدل با داده، مطابقت بیشتری دارد. مربع R به صورت رابطه ۴ محاسبه می‌شود که  $y_m$  مقدار متوسط نمونه است.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - x_i)^2}{\sum_i (y_i - y_m)^2} \quad (4)$$

<sup>1</sup> Scatter plot

<sup>2</sup> Residual histogram

<sup>3</sup> Mean absolute error (MAE)

<sup>4</sup> Mean squared error (MSE)

<sup>5</sup> Root mean squared error (RMSE)



- میانگین درصد خطای مطلق<sup>۱</sup> (MAPE): میانگین درصد خطای مطلق، مطابق رابطه ۵، تفاوت میان مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده را اندازه می‌گیرد. خروجی MAPE غیر منفی است و مقدار صفر بهترین مقدار ممکن است و نشان می‌دهد که مدل، بهترین پیش‌بینی را بدون هیچ خطایی انجام می‌دهد.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - x_i}{y_i} \right| \quad (5)$$

## ۷-۲. مقایسه و انتخاب بهترین مدل

در این مرحله، با استفاده از معیارهای ارزیابی، هر یک از مدل‌ها با هم مقایسه می‌شوند و بهترین مدل انتخاب می‌شود.

## ۳. نتایج

در این قسمت، انواع خروجی‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. ابتدا نمودارهای نقطه‌ای و هیستوگرام باقیمانده برای هر یک از ۹ مدل آموزش‌داده‌شده بررسی می‌شوند و سپس با استفاده از معیارهای ارزیابی، این مدل‌ها مقایسه شده و بهترین مدل انتخاب می‌شود. ۹ مدل آموزشی استفاده‌شده عبارت هستند از XGBoost، شبکه عصبی (پرسترون چندلایه: MLP)، CatBoost، LightGBM، رگرسیون لاسو، رگرسیون ستیغی، کی-نزدیک‌ترین همسایه (KNN)، جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان (SVM).

### ۳-۱. نمودار نقطه‌ای

نمودارهای نقطه‌ای مطابق شکل ۲ توزیع مقدارهای پیش‌بینی شده در مقابل مقدارهای واقعی را برای هر یک از ۹ مدل آموزشی نشان می‌دهند. تعداد داده‌های آزمون ۲۰ درصد مجموعه داده ورودی یعنی ۲۰۰ است و اعداد روی محورهای افقی و عمودی کل قیمت فروش با احتساب مالیات ۵ درصدی برای هر یک از مشتری‌ها است. هر نقطه در روی نمودار به عنوان یک مشتری از ۲۰۰ مشتری مجموعه آزمون است که در محور افقی مقدار فروش واقعی در مجموعه داده ورودی برای آن مشتری و در محور عمودی مقدار فروش پیش‌بینی شده توسط هر یک از مدل‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای شکل ۲ در مدل‌های کی-نزدیک‌ترین همسایه و ماشین بردار پشتیبان تفاوت اعداد مقدارهای واقعی و پیش‌بینی شده زیاد است و مدل‌های مناسبی نیستند اما در بقیه مدل‌ها مخصوصاً مدل رگرسیون ستیغی، رگرسیون لاسو و جنگل تصادفی نمودارها خطی هستند و مقدارهای واقعی و پیش‌بینی شده به هم نزدیک‌تر هستند.

### ۳-۲. هیستوگرام باقیمانده

شکل ۳ هیستوگرام باقیمانده‌ها برای مدل‌های مختلف را نشان می‌دهد که توزیع خطاهای باقیمانده را مشخص می‌کند. در نمودار هیستوگرام باقیمانده، محور افقی باقیمانده، تفاوت بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده است و محور عمودی تعداد تکرار هر یک از داده‌های باقیمانده است. هر چه اندازه میله‌ها یعنی تعداد تکرارها در اطراف عدد صفر محور باقیمانده بیشتر باشد یعنی مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده

<sup>1</sup> Mean absolute percentage error (MAPE)

به هم نزدیک هستند و مدل آموزشی از دقت بالایی برخوردار است. با توجه به شکل ۳، بهترین مدل رگرسیون ستیغی و بدترین مدل، ماشین بردار پشتیبان هستند.

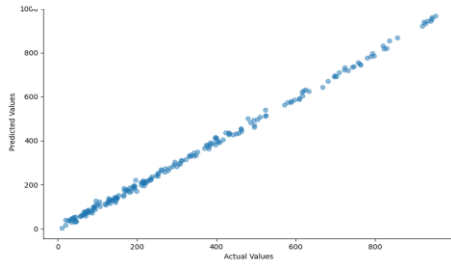
### ۳-۳. معیارهای ارزیابی

برای تشخیص دقت هر یک از الگوریتم‌های استفاده‌شده، از معیارهای ارزیابی میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، میانگین مربع خطا (MSE)، متوسط ریشه مربع خطا (RMSE)، مربع R (R-squared) و میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) استفاده می‌شوند. در جدول ۱ برای هر یک از ۹ مدل آموزشی، مقادیر این معیارها نوشته شده است. معیار مربع R بین ۰ تا ۱ است و هر چه بزرگ‌تر باشد مدل با داده مطابقت بیشتری دارد. سه مدل رگرسیون لاسو، ستیغی و جنگل تصادفی با مقدار مربع R برابر ۰/۹۹۹۹ بهترین مقادیر را دارند. برای بقیه معیارها، هر چقدر مقدار خطا کمتر باشد مدل آموزش بهتری است. مدل رگرسیون ستیغی با خطای بسیار کم در هر یک از چهار معیار، بهترین مدل است. اما مدل کی-نزدیک‌ترین همسایه (KNN) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) با خطای بسیار زیاد، بدترین مدل هستند.

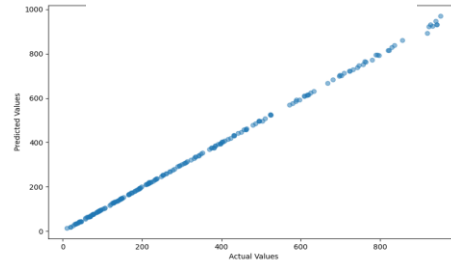
جدول ۱. مقادیر معیارهای ارزیابی برای ۹ مدل مختلف

Models	MAE	MSE	RMSE	R-squared	MAPE
XGBoost	1.7564	11.4676	3.1540	0.9998	0.0087
Neural Network (MLP)	9.8280	121.2015	12.6750	0.9981	0.0597
CatBoost	3.6555	25.8033	6.1920	0.9996	0.0162
LightGBM	2.8321	32.4118	5.7020	0.9995	0.0163
Lasso Regression	0.8710	1.1285	1.0623	0.9999	0.0066
Ridge Regression	0.2210	0.0884	0.2973	0.9999	0.0023
K-Nearest Neighbors (KNN)	60.9863	9179.2185	76.3730	0.8589	0.5909
Random Forest	0.7200	1.8401	1.2064	0.9999	0.0046
Support Vector Machine (SVM)	178.0531	59053.1340	236.0230	0.9231	1.1173

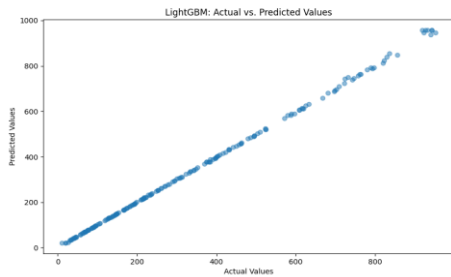
Neural Network (MLP): Actual vs. Predicted Values



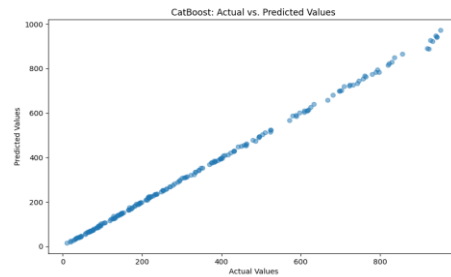
XGBoost: Actual vs. Predicted Values



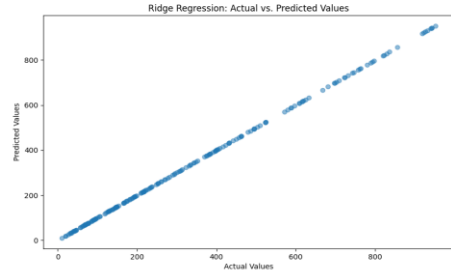
LightGBM: Actual vs. Predicted Values



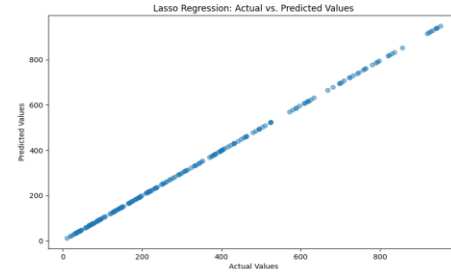
CatBoost: Actual vs. Predicted Values



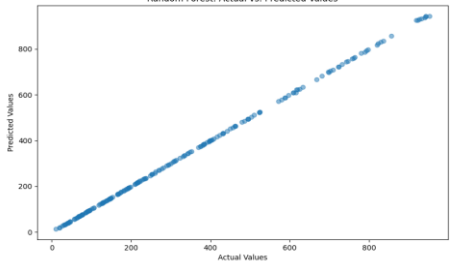
Ridge Regression: Actual vs. Predicted Values



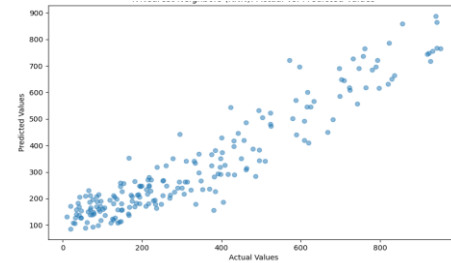
Lasso Regression: Actual vs. Predicted Values



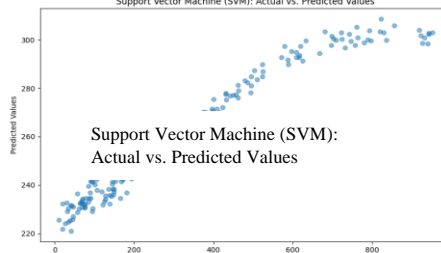
Random Forest: Actual vs. Predicted Values



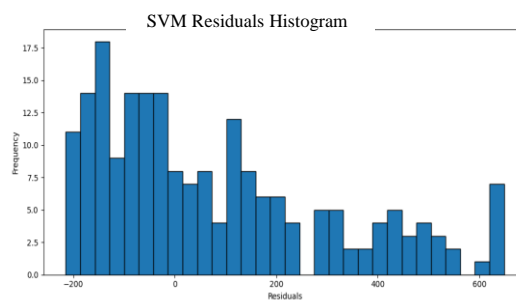
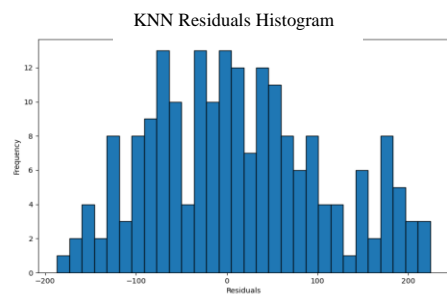
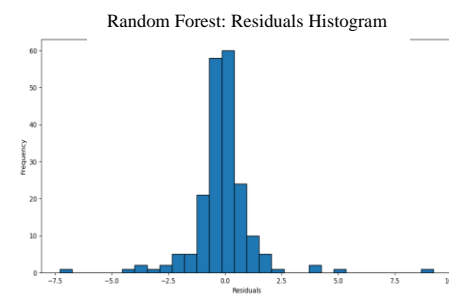
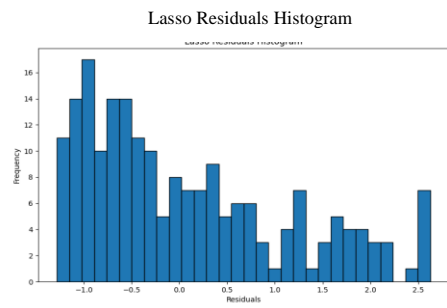
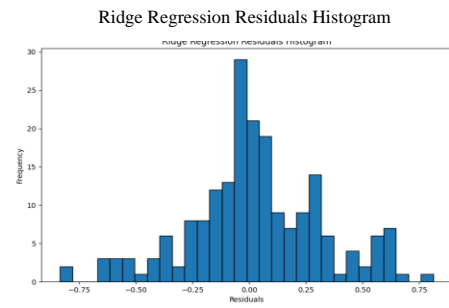
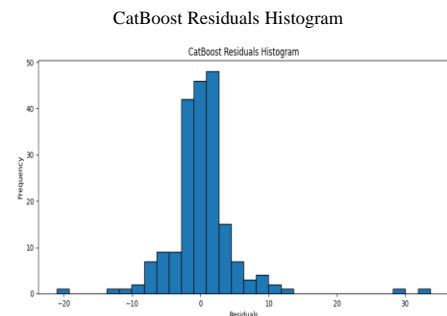
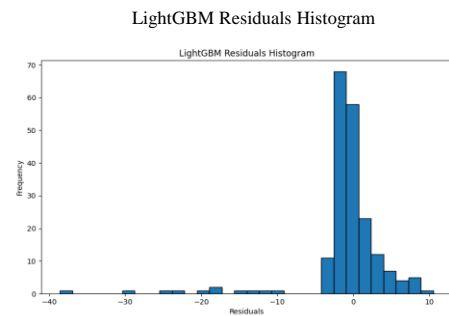
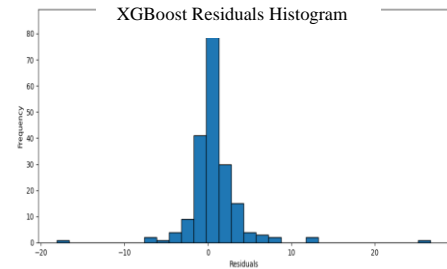
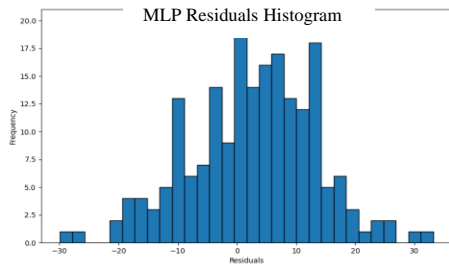
K-Nearest Neighbors (KNN): Actual vs. Predicted Values



Support Vector Machine (SVM): Actual vs. Predicted Values



شکل ۲. نمودارهای نقطه‌ای برای هر یک از ۹ مدل آموزشی مختلف



شکل ۳. هیستوگرام باقیمانده برای هر یک از ۹ مدل آموزشی مختلف

### ۳-۴. مقایسه مدل‌های مختلف

در این قسمت، مدل‌های مختلف با استفاده از معیارهای RMSE و MAE با هم مقایسه می‌شوند. در جدول ۲ مدل‌های مختلف بر اساس معیار RMSE مقایسه شده‌اند و مدل‌ها از مقدار کمتر به بیشتر مرتب شده‌اند که مدل رگرسیون ستیغی بهترین و مدل ماشین بردار پشتیبان بدترین مقدار را دارند. در جدول ۳ مدل‌های مختلف بر اساس معیار MAE مقایسه شده‌اند و مدل‌ها از مقدار MAE کمتر به بیشتر مرتب شده‌اند که مدل رگرسیون ستیغی بهترین و مدل ماشین بردار پشتیبان بدترین مقدار را دارند. بنابراین با توجه به نتایج، بهترین مدل جهت پیش‌بینی فروش مدل رگرسیون ستیغی انتخاب می‌شود.

جدول ۳. مرتب‌سازی مدل‌ها بر اساس معیار

MAE		
Rank	Model	MAE
1	Ridge Regression	0.2210
2	Random Forest	0.7200
3	Lasso Regression	0.8710
4	XGBoost	1.7564
5	LightGBM	2.8321
6	CatBoost	3.6555
7	Neural Network (MLP)	9.8280
8	K-Nearest Neighbors (KNN)	60.9863
9	Support Vector Machine (SVM)	178.0531

جدول ۲. مرتب‌سازی مدل‌ها بر اساس معیار RMSE

Rank	Model	RMSE
1	Ridge Regression	0.2973
2	Lasso Regression	1.0623
3	Random Forest	1.2064
4	XGBoost	3.1540
5	LightGBM	5.7020
6	CatBoost	6.1920
7	Neural Network (MLP)	12.6750
8	K-Nearest Neighbors (KNN)	76.3730
9	Support Vector Machine (SVM)	236.0230

### ۴. نتیجه‌گیری

در این تحقیق، از مجموعه داده سوپرمارکت استفاده شده است و در فرآیند ساخت یک مدل پیش‌بینی فروش، چندین الگوریتم یادگیری ماشین ارزیابی شده‌اند که شامل XGBoost، شبکه عصبی (پرسپترون چندلایه)، CatBoost، LightGBM، رگرسیون لاسو، رگرسیون ستیغی، کی-نزدیک‌ترین همسایه، جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان هستند. نتایج نشان داده است که مدل رگرسیون ستیغی برای سادگی، دقت و ثبات آن، بهترین مدل است، هر چند مدل‌های دیگر مانند جنگل تصادفی و رگرسیون لاسو نیز عملکرد خوبی داشته‌اند. با توجه به نمودارهای ترسیم‌شده و پنج معیار ارزیابی، مدل‌های ماشین بردار پشتیبان و کی-نزدیک‌ترین همسایه بدترین عملکرد را در پیش‌بینی فروش داشته‌اند.



## منابع

- [1] Abhinaya, C. S. D., Lahari, B., Priya, C. D., Anjali, D., Navya B. S., Jyothi, B. S., 2023. Supermarket sales prediction using machine learning, EPRA International Journal of Research and Development, 8(11).
- [2] Tom, M., Raju, N., Issac, A., James, J., Saritha, R., 2021. Supermarket sales prediction using regression, International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 10(2), 1153-1157.
- [3] <https://www.kaggle.com/datasets/aungpyaeap/supermarket-sales>, accessed 22 March 2024.
- [4] Chen, T., Guestrin, C., 2016. XGBoost: A scalable tree boosting system, Proceedings of the 22<sup>nd</sup> ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, San Francisco, USA.
- [5] Dorogush, A.V., Ershov, V., Gulin, A., 2018. CatBoost: gradient boosting with categorical features support, *ArXiv, abs/1810.11363*.
- [6] Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q., Liu, T., 2017. LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree, *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 3149-3157.
- [7] Tibshirani, R. 1996. Regression shrinkage and selection via the lasso. *Journal of the Royal Statistical Society (Series B)*, 58, 267-288.
- [8] Saleh, A. K. M. E., Arashi, M., Kibria, B. M. G., 2019. Theory of ridge regression estimation with applications, John Wiley, USA.



# تشخیص کووید-۱۹ در تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه با استفاده از یادگیری عمیق

مهدی طالبی<sup>۱\*</sup>، شکراله امینی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران  
<sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران

*mehdi\_talebi@iau.ac.ir*

## چکیده

ویروس کووید-۱۹ که باعث عفونت در دستگاه تنفسی فوقانی و ریه‌ها می‌شود، میلیون‌ها نفر را به کام مرگ کشانده است. یکی از رایج‌ترین راه‌های تشخیص بیماری کرونا، از طریق نمونه‌های گرفته‌شده از سواب‌های بینی و حلق، تحت آزمایشی با عنوان واکنش زنجیره‌ای پلیمرز ترانس کریپتاز معکوس است که زمان نتایج و هزینه این آزمایش‌ها بالا است؛ بنابراین ابزارهای تشخیص سریع و قابل دسترس دیگری مورد نیاز است. با الهام از تحقیقات اخیر که وجود کووید-۱۹ را با یافته‌های موجود در تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه مرتبط می‌کند، رویکرد این مقاله از مدل یادگیری عمیق موجود برای پردازش این تصاویر و دسته‌بندی آن‌ها به موارد مثبت و منفی کووید-۱۹ استفاده می‌کند. در این مقاله، از مجموعه تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه شامل ۱۲۸۰۲ تصویر مثبت با مشکل کووید-۱۹ و ۴۶۱۰ تصویر منفی که مشکل کووید-۱۹ ندارند، استفاده می‌شود. پیش‌پردازش برای یکسان کردن اندازه تصاویر انجام می‌شود و جهت آموزش و یادگیری از معماری‌های VGG16 و VGG19 استفاده می‌شوند. در نتایج تشخیص کووید-۱۹، مقدار صحت برای تصاویر آزمون مدل VGG16 مقدار ۰/۸۲۷۴ و برای تصاویر آزمون مدل VGG19 مقدار ۰/۸۹۹۶ به دست آمده‌اند که برتری مدل VGG19 را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: کووید-۱۹، یادگیری عمیق، اشعه ایکس قفسه سینه، VGGNet

## ۱. مقدمه

بیماری کرونا ویروس ۲۰۱۹ یا کووید-۱۹<sup>۱</sup>، بیماری عفونی است که بر اثر کرونا ویروس سندرم حاد تنفسی ۲ ایجاد می‌شود. علائم معمول آن تب، سرفه، تنگی نفس و نایبایی هستند. این بیماری اساساً از طریق قطرات ریز تنفسی افراد مبتلا، وقتی سرفه یا عطسه می‌کنند، به سایر افراد سرایت می‌کند. طبق آخرین آمار تا ماه مارس<sup>۲</sup> سال ۲۰۲۴ تعداد حدود هفت میلیون نفر در اثر این ویروس از بین رفته‌اند [۱]. از آنجایی که بیماری کووید-۱۹ هزینه‌های سنگینی را بر دولت‌ها تحمیل کرده است در [۲] به بررسی اقدامات مؤثر دولت‌ها بر روند شیوع و کنترل این بیماری پرداخته شده است و تأثیر سیاست‌های بکاربرده شده دولت‌ها مانند سیاست‌های سخت‌گیرانه، محدودیت رفت و آمدهای داخلی، لغو رویدادهای عمومی، محدودیت تجمعات عمومی، محدودیت حمل و نقل عمومی و بستن مدارس در آمار مبتلایان و مرگ و میر افراد بررسی شده است. نتایج نشان داده است که در کشور ایران، مؤثرترین سیاست جهت کنترل بیماری، محدودیت حمل و نقل عمومی و کم‌اثرگذارترین سیاست، محدودیت تجمعات عمومی بوده است.

یادگیری عمیق<sup>۳</sup> تکنیکی مبتنی بر شبکه‌های عصبی است و به عنوان زیرمجموعه‌ای از یادگیری ماشینی به شمار می‌رود. یادگیری عمیق با لایه‌های بیشتر، باعث ظرفیت یادگیری بیشتر و حل مسائل پیچیده‌تر می‌شود. یادگیری عمیق بر خلاف روش‌های سنتی یادگیری ماشینی نیازی به استخراج ویژگی‌های مناسب از داده ندارد. هر چه حجم داده بیشتر و زمان بیشتری در اختیار الگوریتم‌های یادگیری عمیق قرار گیرد، نتیجه نهایی بهتر خواهد بود. روش‌های یادگیری عمیق متنوعی وجود دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به شبکه‌های عصبی کانولوشنی<sup>۴</sup> اشاره کرد. شبکه‌های عصبی کانولوشنی تا حد بسیار زیادی تکامل یافته شبکه‌های عصبی مصنوعی هستند که به عنوان روش مبتنی بر یادگیری شناخته می‌شوند. آن‌ها شامل یک سلسله مراتب از لایه‌ها هستند، به گونه‌ای که هر لایه، داده‌های ورودی را به یک بازنمایی انتزاعی‌تر تبدیل می‌کند و لایه خروجی از این ویژگی‌ها برای پیش‌بینی استفاده می‌کند. لایه کانولوشن یک تشخیص‌دهنده ویژگی است که با استفاده از هسته‌های<sup>۵</sup> به کاررفته یاد می‌گیرد که اطلاعات غیر ضروری را از تصویر فیلتر کند.

از جمله معماری‌های مفید در حوزه پردازش و استخراج ویژگی از تصاویر، معماری VGGNet<sup>۱</sup> است که شبکه عصبی کانولوشنی بسیار عمیقی است که توسط سیمونیان و زیسرمن<sup>۷</sup> توسعه داده شده است [۳]. این معماری توانست نرخ بهتری در دسته‌بندی و مکان‌یابی اشیاء در رقابت ImageNet سال ۲۰۱۴ به دست آورد [۴]. این شبکه با تصاویر به ابعاد ۲۲۴×۲۲۴ پیکسل از مجموعه داده ImageNet برای ۱۰۰۰ دسته از اشیاء آموزش داده شده است. این معماری دارای چندین پیکربندی می‌باشد که تنها تفاوت آن‌ها در عمق شبکه است. مدل VGG16 دارای ۱۶ لایه با ۱۳ لایه کانولوشن و سه لایه تمام متصل و مدل VGG19 دارای ۱۹ لایه با ۱۶ لایه کانولوشن و سه لایه تمام متصل هستند.

تحقیقات اخیر در زمینه هوش مصنوعی به ویژه در رویکردهای یادگیری عمیق، نشان می‌دهد که چگونه این تکنیک‌های اعمال شده در تصاویر پزشکی به خوبی عمل می‌کنند. در [۵] برای تشخیص کووید-۱۹ در تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه<sup>۸</sup> از مدل‌های شبکه‌های عصبی کانولوشنی U-Net و VGG19 استفاده می‌کند. مرحله پیش‌پردازش شامل جداکردن تصاویر جلویی از تصاویر جانبی قفسه سینه و یکسان کردن اندازه تصاویر هستند. سپس از مدل قطعه‌بندی U-Net برای استخراج ناحیه ریه که حاوی اطلاعات مرتبط است، استفاده می‌کند و اطلاعات اطراف که می‌تواند نتایج گمراه‌کننده‌ای ایجاد کند را حذف می‌کند. در انتها از مدل VGG19 جهت آموزش و تشخیص کووید-۱۹ بهره می‌برد و نتایج صحت<sup>۹</sup> تشخیص حدود ۹۷ درصد به دست می‌آید.

در [۶] جهت تشخیص کووید-۱۹ از روی تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه، نخست عملیات پیش‌پردازش با هدف نرمال‌سازی روی داده‌ها صورت گرفته است. در گام دوم، عملیات استخراج ویژگی بر اساس شبکه‌های یادگیری عمیق انجام گرفته است. سپس از الگوریتم‌های

<sup>1</sup> COVID-19

<sup>2</sup> March

<sup>3</sup> Deep learning

<sup>4</sup> Convolutional neural networks (CNN)

<sup>5</sup> Kernels

<sup>6</sup> Visual geometry group network (VGGNet)

<sup>7</sup> Simonyan and Zisserman

<sup>8</sup> Chest X-ray

<sup>9</sup> Accuracy



یادگیری ماشینی شامل ماشین بردار پشتیبان، کی-نزدیک‌ترین همسایه و درخت تصمیم جهت دسته‌بندی تصاویر بهره گرفته شده است و نتایج این دسته‌بندها بر اساس رای اکثریت ترکیب گردیده‌اند. نتایج این تحقیق شامل پارامترهای صحت، دقت<sup>۱</sup>، بازخوانی<sup>۲</sup> و معیار F1 به ترتیب با مقادیر ۹۶/۵، ۹۲/۲۵، ۹۴ و ۹۳ درصد به دست آمده‌اند.

در [۷] یک روش خودکار با کمک یادگیری عمیق با استفاده از تصاویر اشعه ایکس برای تشخیص زودهنگام عفونت کووید-۱۹ پیشنهاد شده است. اثربخشی مدل‌های مختلف شبکه‌های عصبی کانولوشنی از پیش‌آموزش‌دیده برای دسته‌بندی موارد مثبت و منفی کووید-۱۹ ارزیابی شده است و بهترین عملکرد توسط ResNet-34 با دقت ۹۸/۳۳ درصد به دست آمده است.

در بعضی تحقیق‌ها مانند [۸-۹] از تصاویر سی‌تی‌اسکن<sup>۳</sup> قفسه سینه و یادگیری عمیق جهت تشخیص کووید-۱۹ استفاده می‌شود. سی‌تی‌اسکن قفسه سینه نوع دقیق‌تری از اشعه ایکس قفسه سینه است که قدرت اشعه ایکس و کامپیوترها را برای ارائه نمای سه‌بعدی از قفسه سینه ترکیب می‌کند. سی‌تی‌اسکن تعدادی برش دقیق تصاویر ایجاد می‌کند که سپس در یک طرح ادغام می‌شوند. این تصاویر، یک نمای واضح ایجاد می‌کنند که موقعیت، شکل و اندازه اندام‌های سینه را نشان می‌دهد. سی‌تی‌اسکن در مقایسه با اشعه ایکس قفسه سینه امکان مشاهده جزئیات بیشتری را فراهم می‌کند و می‌تواند نمای سه‌بعدی از اندام را ایجاد کند، اما تجهیزات اشعه ایکس بسیار کوچک‌تر از سی‌تی‌اسکن هستند و اشعه ایکس یک معاینه کم‌هزینه و با ظاهر اول خوب است.

این تحقیق از مجموعه تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه<sup>۴</sup> BIMCV-COVID19 [۱۰] استفاده می‌کند که شامل ۱۲۸۰۲ تصویر مثبت با مشکل کووید-۱۹ و ۴۶۱۰ تصویر منفی که مشکل کووید-۱۹ ندارند، است. در این تحقیق، از زبان برنامه‌نویسی پایتون<sup>۵</sup> استفاده می‌شود و تشخیص کووید-۱۹ با استفاده از یادگیری عمیق انجام می‌شود. پیش‌پردازش برای یکسان کردن اندازه تصاویر انجام می‌شود و جهت آموزش و یادگیری از معماری‌های VGG16 و VGG19 استفاده می‌شوند. سپس، دسته‌بندی موارد مثبت و منفی کووید-۱۹ انجام می‌شود که نتایج، برتری معماری VGG19 را نشان می‌دهد. این مقاله به این صورت سازماندهی شده است: در بخش دوم، روش کار شرح داده می‌شود و سپس در بخش سوم، نتایج برنامه بررسی می‌شوند. بخش چهارم هم به نتیجه‌گیری می‌پردازد.

## ۲. روش کار

در این تحقیق، جهت تشخیص بیماری کووید-۱۹ از روی تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه از یک فرآیند چند مرحله‌ای بهره گرفته می‌شود که این مراحل در شکل ۱ بیان گردیده‌اند. از مجموعه تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه استفاده می‌شود و پس از پیش‌پردازش اولیه و آموزش با معماری‌های VGG16 و VGG19، تشخیص موارد مثبت و منفی کووید-۱۹ انجام می‌شود. در ادامه، در بخش‌های بعدی هر یک از مراحل شرح داده می‌شوند.

### ۲-۱. مجموعه داده تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه

در این تحقیق از مجموعه داده اشعه ایکس قفسه سینه BIMCV-COVID19 [۱۰] استفاده می‌شود که شامل ۱۲۸۰۲ تصویر مثبت با مشکل کووید-۱۹ و ۴۶۱۰ تصویر منفی که مشکل کووید-۱۹ ندارند، است. سپس از تصاویر مثبت کووید-۱۹ تعداد ۶۴۷۵ تصویر برای آموزش، ۲۸۷۳ تصویر برای اعتبارسنجی و ۳۴۵۴ تصویر برای آزمون در نظر گرفته می‌شوند. به همین صورت برای تصاویر منفی کووید-۱۹، تعداد ۲۳۴۲، ۱۰۴۰ و ۱۲۲۸ تصویر به ترتیب برای آموزش، اعتبارسنجی و آزمون استفاده می‌شوند.

### ۲-۲. پیش‌پردازش

<sup>1</sup> Precision

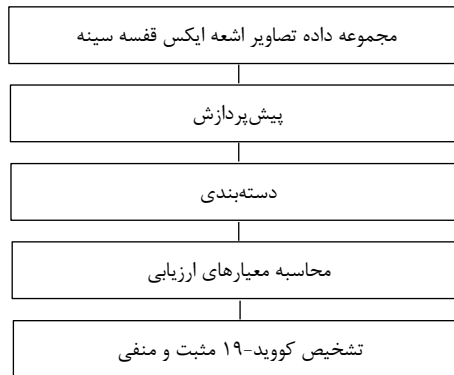
<sup>2</sup> Recall

<sup>3</sup> CT scan (Computerized Tomography)

<sup>4</sup> Medical imaging databank of the Valencia region (BIMCV)

<sup>5</sup> Python

در این قسمت، برای جلوگیری از رفع خطا و مشکل در کارکرد شبکه‌های یادگیری عمیق، ابعاد همه تصاویر یکسان می‌گردند. از آنجایی که تصاویر مجموعه داده دارای اندازه‌های متفاوتی می‌باشند، عملیات یکسان‌سازی تصاویر به ابعاد  $224 \times 224$  پیکسل انجام می‌شوند. همچنین برای پردازش راحت‌تر و سریع‌تر، همه تصاویر به یک کانال با مقیاس خاکستری تبدیل می‌شوند.



شکل ۱. مراحل روش کار

## ۲-۳. دسته‌بندی

در این قسمت، جهت آموزش و یادگیری از معماری‌های VGG16 و VGG19 استفاده می‌شوند و دسته‌بندی موارد مثبت و منفی کووید-۱۹ انجام می‌شود. این مدل‌ها برای ۳۰ دوره<sup>۱</sup> با اندازه دسته‌ای<sup>۲</sup> ۶۴ آموزش داده می‌شوند. مدل VGG16 دارای ۱۶ لایه با ۱۳ لایه کانولوشن و سه لایه تمام متصل و مدل VGG19 دارای ۱۹ لایه با ۱۶ لایه کانولوشن و سه لایه تمام متصل هستند. این مدل‌ها با تصاویر به ابعاد  $224 \times 224$  پیکسل از مجموعه داده ImageNet برای ۱۰۰۰ دسته از اشیاء آموزش داده شده‌اند. یادگیری انتقال<sup>۳</sup> از این مدل‌ها برای تشخیص دو دسته موارد مثبت و منفی کووید-۱۹ انجام می‌شود.

در شکل ۲ معماری شبکه VGG19 نشان داده شده است [۳]. این شبکه به ترتیب شامل دو لایه کانولوشنی با ۶۴ فیلتر، دو لایه کانولوشنی با ۱۲۸ فیلتر، چهار لایه کانولوشنی با ۲۵۶ فیلتر، چهار لایه کانولوشنی با ۵۱۲ فیلتر، چهار لایه کانولوشنی با ۵۱۲ فیلتر، سه لایه تمام متصل (دو لایه تمام متصل به ابعاد ۴۰۹۶ و یک لایه تمام متصل به ابعاد ۱۰۰۰ متناظر با تعداد دسته‌ها) است. آخرین لایه شبکه، لایه بیشینه هموار<sup>۴</sup> است که دسته‌بندی تصاویر در ۱۰۰۰ دسته معرفی شده را نشان می‌دهد. در این شبکه از میدان دریافتی<sup>۵</sup> با فیلتر به اندازه  $3 \times 3$  در تمام لایه‌ها استفاده می‌شود و یک لایه ادغام بیشینه<sup>۶</sup>  $2 \times 2$  با گام<sup>۷</sup> به اندازه دو، پس از هر گروه لایه کانولوشنی قرار می‌گیرد. این لایه ادغام بیشینه علاوه بر نمونه‌برداری، وظیفه کاهش بعد ویژگی‌ها و کاهش حجم محاسبات را هم دارد. گام، تعداد پیکسلی است که پنجره لغزان در هنگام عمل کانولوشن جابجا می‌شود. در تمامی لایه‌ها از تابع فعالیت<sup>۸</sup> به نام ReLU<sup>۹</sup> استفاده شده است که برای همه ورودی‌های بزرگ‌تر از صفر، یک مشتق ثابت دارد که به یادگیری شبکه سرعت می‌بخشد.

<sup>1</sup> Epoch

<sup>2</sup> Batch size

<sup>3</sup> Transfer learning

<sup>4</sup> Softmax

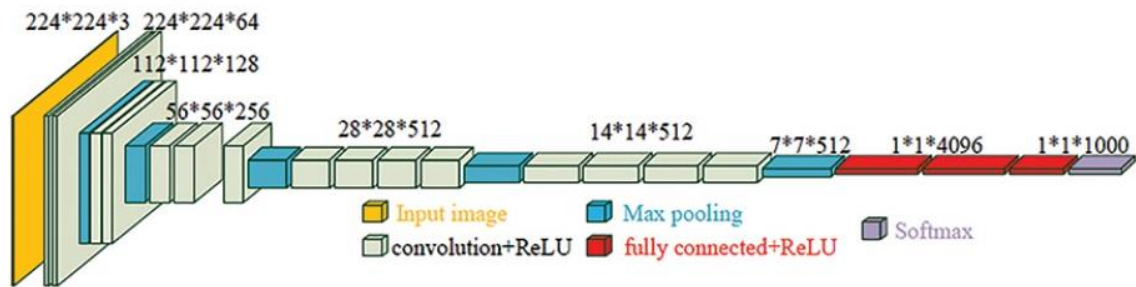
<sup>5</sup> Receptive field

<sup>6</sup> Max pooling

<sup>7</sup> Stride

<sup>8</sup> Activation function

<sup>9</sup> Rectified linear unit (ReLU)



شکل ۲. معماری شبکه کانولوشنی VGG19 [۳]

## ۴-۲. محاسبه معیارهای ارزیابی

- برای ارزیابی عملکرد روش کار، از یک مجموعه پارامترهای ارزیابی استفاده می‌شوند که در زیر معرفی می‌گردند:
- مثبت صحیح<sup>۱</sup> (TP): بیانگر این است که روش پیشنهادی، کووید-۱۹ مثبت تشخیص داده است و نتیجه واقعی نیز کووید-۱۹ مثبت بوده است.
  - مثبت کاذب<sup>۲</sup> (FP): بیانگر این است که روش پیشنهادی، کووید-۱۹ مثبت تشخیص داده است ولی نتیجه واقعی کووید-۱۹ منفی بوده است.
  - منفی صحیح<sup>۳</sup> (TN): بیانگر این است که روش پیشنهادی، کووید-۱۹ منفی تشخیص داده است و نتیجه واقعی نیز کووید-۱۹ منفی بوده است.
  - منفی کاذب<sup>۴</sup> (FN): بیانگر این است که روش پیشنهادی، کووید-۱۹ منفی تشخیص داده است ولی نتیجه واقعی کووید-۱۹ مثبت بوده است.
  - صحت: این معیار نشان می‌دهد که چه درصدی از نمونه‌های تشخیص داده شده به درستی به دسته‌بندی صحیح تعلق دارند و طبق رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

- بازخوانی یا حساسیت<sup>۵</sup>: به معنی نسبتی از موارد مثبت است که آزمایش، آن‌ها را به درستی به عنوان مثبت علامت‌گذاری می‌کند و طبق رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$Sensitivity = Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

- ویژگی<sup>۶</sup>: به معنی نسبتی از موارد منفی است که آزمایش، آن‌ها را به درستی به عنوان منفی علامت‌گذاری می‌کند و طبق رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP} \quad (3)$$

- دقت: نسبت نمونه‌های مثبت صحیح به تمامی نمونه‌های مثبت پیش‌بینی شده است و طبق رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (4)$$

<sup>1</sup> True positive (TP)

<sup>2</sup> False positive (FP)

<sup>3</sup> True negative (TN)

<sup>4</sup> False negative (FN)

<sup>5</sup> Sensitivity

<sup>6</sup> Specificity

- معیار F1: ترکیبی از دو معیار دقت و بازخوانی است و طبق رابطه ۵ محاسبه می‌شود. از آنجایی که هر دو معیار دقت و بازخوانی در محاسبه معیار F1 نقش دارند، معیار F1 بالاتر نشان‌دهنده عملکرد بهتر است.

$$F1 = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (5)$$

## ۲-۵. تشخیص کووید-۱۹ مثبت و منفی

پس از آموزش و یادگیری با مدل‌های دسته‌بندی VGG16 و VGG19، برای هر یک از تصاویر آزمون پیش‌بینی می‌گردد که تصویر اشعه ایکس قفسه سینه، مشکل کووید-۱۹ دارد یا خیر.

## ۳. نتایج

در این قسمت، انواع خروجی‌ها و معیارهای ارزیابی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. این تحقیق به زبان برنامه‌نویسی پایتون پیاده‌سازی شده است و از مجموعه تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه BIMCV-COVID19 [۱۰] استفاده می‌کند که شامل ۱۲۸۰۲ تصویر مثبت با مشکل کووید-۱۹ و ۴۶۱۰ تصویر منفی که مشکل کووید-۱۹ ندارند، است. شکل ۳ پیش‌بینی‌های صحیح برای موارد مثبت و منفی کووید-۱۹ را با استفاده از مدل VGG19 نشان می‌دهد. در سه تصویر بالایی، قفسه سینه‌ها دارای مشکل کووید-۱۹ پیش‌بینی شده‌اند و سه تصویر پایینی بدون مشکل کووید-۱۹ تشخیص داده شده‌اند.

جدول ۱، مقادیر صحت برای دسته‌بندی موارد مثبت و منفی کووید-۱۹ با مدل‌های آموزشی VGG16 و VGG19 برای تصاویر آموزش، اعتبارسنجی و آزمون را نشان می‌دهد. از تصاویر مثبت کووید-۱۹ تعداد ۶۴۷۵ تصویر برای آموزش، ۲۸۷۳ تصویر برای اعتبارسنجی و ۳۴۵۴ تصویر برای آزمون در نظر گرفته شده‌اند. به همین صورت برای تصاویر منفی کووید-۱۹، تعداد ۲۳۴۲، ۱۰۴۰ و ۱۲۲۸ تصویر به ترتیب برای آموزش، اعتبارسنجی و آزمون استفاده شده‌اند. مقدار صحت برای تصاویر آزمون مدل VGG16 برابر ۰/۸۲۷۴ و برای تصاویر آزمون مدل VGG19 برابر ۰/۸۹۹۶ به دست آمده‌اند که برتری مدل VGG19 را نشان می‌دهد.

جدول ۲، معیارهای عملکرد صحت، حساسیت، ویژگی و معیار F1 جهت تشخیص کووید-۱۹ با مدل‌های آموزشی VGG16 و VGG19 برای تصاویر آزمون را نشان می‌دهد که در همه چهار معیار، مدل VGG19 بهتر عمل می‌کند. معیار حساسیت یا بازخوانی، با مقدار ۰/۹۷۲۰ برای مدل VGG19 یکی از معیارهای مهم برای بیماری کووید-۱۹ است. تمرکز اصلی معیار حساسیت، برای نمونه‌هایی است که واقعا مشکل کووید-۱۹ داشته‌اند و به دنبال پوشش حداکثری بیماران است به گونه‌ای که هیچ بیماری به اشتباه سالم تشخیص داده نشود. بنابراین اگر الگوریتم یک شخصی را که واقعا بیمار نیست به اشتباه بیمار تشخیص دهد می‌توان به صورت محتاطانه، این شخص را قرنطینه



COVID

شکل ۳. موارد مثبت و منفی کووید-۱۹ که به درستی توسط مدل VGG19 پیش‌بینی شده‌اند

جدول ۱. مقادیر صحت برای تشخیص کووید-۱۹

مدل	آموزش	اعتبارسنجی	آزمون
VGG16	۰/۹۸۸۳	۰/۸۸۹۸	۰/۸۲۷۴
VGG19	۰/۹۸۶۳	۰/۹۴۷۸	۰/۸۹۹۶

جدول ۲. معیارهای عملکرد جهت تشخیص کووید-۱۹ برای تصاویر آزمون

مدل	صحت	حساسیت	ویژگی	معیار F1
VGG16	۰/۸۲۷۴	۰/۹۴۱۲	۰/۸۵۴۱	۰/۹۳۷۳
VGG19	۰/۸۹۹۶	۰/۹۷۲۰	۰/۸۸۳۰	۰/۹۶۵۰

کرد و این مورد، برای بیماری کووید-۱۹ بسیار مطلوب است. معیار F1 با مقدار ۰/۹۶۵۰ برای مدل VGG19 ترکیب متعادلی بین معیارهای دقت و بازخوانی است و هر چقدر مقدار بیشتر داشته باشد، نشان‌دهنده عملکرد بهتر مدل است.

#### ۴. نتیجه‌گیری

در حال حاضر، پیشرفت‌های اخیر در یادگیری ماشین، به ویژه روش‌های یادگیری عمیق مبتنی بر داده با استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشنی، عملکرد امیدوارکننده‌ای در تشخیص، دسته‌بندی و کمی‌سازی الگوهای بیماری در تصاویر پزشکی به ویژه در تشخیص بیماری کرونا داشته‌اند. در این مقاله، از مجموعه تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه استفاده شده است و تشخیص کووید-۱۹ با استفاده از یادگیری عمیق انجام شده است. جهت پیش‌پردازش، اندازه تصاویر یکسان شده است و برای آموزش و یادگیری از معماری VGG16 و VGG19 استفاده شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان‌دهنده کارایی قابل قبول روش کار می‌باشد و برتری VGG19 را نشان می‌دهد. در کارهای آینده می‌توان، از مجموعه داده اشعه ایکس قفسه سینه با تصاویر بیشتر، مدل‌های یادگیری عمیق دیگر و قطعه‌بندی ناحیه ریه جهت افزایش دقت نتایج استفاده نمود.

#### منابع

- [1] <https://www.worldometers.info/coronavirus/>, accessed 27 March 2024.
- [2] مهدی طالبی، رقیه آریان، ۱۴۰۲. بررسی تأثیر اقدامات و محدودیت‌های اعمال شده کشورها بر روند گسترش و شیوع بیماری کووید-۱۹ با استفاده از روش‌های داده‌کاوی، اولین کنفرانس ملی پژوهش و نوآوری در هوش مصنوعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران.
- [3] Simonyan, K., Zisserman, A., 2015. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition, International Conference on Learning Representations, San Diego, USA.
- [4] Russakovsky, O., Deng, J., Su, H., Krause, J., Satheesh, S., Ma, S., et al., 2015. Imagenet large scale visual recognition challenge, International Journal of Computer Vision, 115(3), 211-252.
- [5] Arias-Garzón, D., Alzate-Grisales, J. A., Orozco-Arias, S., Arteaga-Arteaga, H. B., Bravo-Ortiz, M. A., Mora-Rubio, A., Saborit-Torres, J. M., Serrano, J. Á. M., de la Iglesia Vayá, M., Cardona-Morales, O., Tabares-Soto, R., 2021. COVID-19 detection in X-ray images using convolutional neural networks, Machine Learning with Applications, 6.
- [6] محمد روستائی، داور گیوکی، ۱۴۰۲. تشخیص بیماری کووید-۱۹ در تصاویر پرتو X مبتنی بر روش‌های یادگیری عمیق و ترکیب دسته‌بندها، مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی، ۱۰(۲)، ۱۱۱-۱۲۴.
- [7] محمود زارع، ۱۴۰۰. استفاده از تکنیک‌های یادگیری عمیق برای تشخیص موارد کووید-۱۹ با استفاده از تصاویر اشعه ایکس قفسه سینه، مجله علوم رایانشی، ۶(۳)، ۵۶-۶۹.
- [8] نادره تبریزی، سامان ناوخاصی، ۱۴۰۰. تشخیص خودکار و دقیق کووید-۱۹ از تصاویر سی‌تی‌اسکن قفسه سینه با استفاده از روش یادگیری عمیق، مجله طب دریا، ۴۱-۴۸.
- [9] علی کارساز، رقیه اکبریان، علی خرمی، ۱۴۰۰. یادگیری عمیق در پردازش تصاویر سی‌تی‌اسکن ریه بیماران مبتلا به کرونا، فصل‌نامه علمی انجمن مهندسين برق و الکترونیک-شاخه خراسان، ۸(۱۶)، ۴۳-۵۵.
- [10] Medical imaging databank of the Valencia region BIMCV, 2020. BIMCV-Covid19-BIMCV, <https://bimcv.cipf.es/bimcv-projects/bimcv-covid19/{#}1590859488150-148be708-c3f3>, accessed 10 March 2024.



## مروری بر معماری و پروتکل های ارتباطی اینترنت اشیا

مهديه یزدانی

موسسه آموزش عالی وحدت، تربت جام، ایران

*Mahi.moon2023@gmail.com*

### چکیده

در طول چند دهه گذشته، اینترنت اشیا (IoT) به سرعت در حال رشد است و فناوری متفاوتی را برای ارتباطات مورد استفاده قرار می دهد. هدف این شبکه توسعه تعداد زیادی از دستگاه های هوشمند است که از برنامه ها و خدمات مختلفی پشتیبانی می کنند. اینترنت اشیا به طور فزاینده ای در صنایع از جمله پزشکی، مهندسی، ایمنی و حمل و نقل استفاده می شود. برای تعریف این چشم انداز، باید بر چالش های مختلفی غلبه کرد، از جمله مسائل مربوط به قابلیت همکاری، محرمانه بودن، امنیت داده ها، پیاده سازی زیر ساخت ارتباطی و توسعه سیستم های مدیریت کارآمد انرژی. در این مقاله ما تمرکز خود را بر بررسی پروتکل های ارتباطی استفاده شده در شبکه اینترنت اشیا قرار داده ایم. همچنین در بخشی از مقاله چالش های امنیتی که اینترنت اشیا با آن مواجه هست را مورد بحث قرار داده ایم.

**واژه های کلیدی:** اینترنت اشیا، پروتکل های ارتباطی اینترنت اشیا، زیرساخت ارتباطی اینترنت اشیا، امنیت اینترنت اشیا

---

<sup>1</sup> [internet of thing](#)

## ۱. مقدمه

در دیجیتال امروزی که نوآوری‌ها در مقایسه با دهه گذشته بسیار خودکار شده‌اند، زندگی روزمره ساده‌تر و هوشمندتر شده است، با سیستم ارتباطی مناسب و اتصال و کمک مجازی، این روزها هیچ چیز سخت به نظر نمی‌رسد و نوآوری تغییرات موثری را در هر یک از آنها ایجاد کرده است. حوزه‌ای از جمله کشاورزی، بهداشت و درمان، آموزش، ایمنی و امنیت، دستگاه‌های نگهداری خانگی و بدیهی است که اتصال به اینترنت باعث شده تبدیل به بخشی جدایی ناپذیر از ملزومات زندگی انسان و همچنین برای انواع چارچوب‌هایی که قرار است در همه ماشین‌آلاتی که برای شرکت یا شخصی استفاده می‌کنیم پیاده سازی شوند [1]. اینترنت اشیا از دو عنصر کلیدی: «اینترنت» و «شی» تشکیل شده است. ارتباط به اشیا اجازه می‌دهد تا اقدامات خود را هماهنگ کنند و با هم به تصمیم‌گیری بپردازند و به آنها امکان می‌دهد بشنوند، ببینند، فکر کنند، محاسبه کنند و عمل کنند. این فناوری به اینترنت اشیا اجازه می‌دهد تا با استفاده از هوش و اجماع، تصمیمات معتبری بگیرند که به نفع برنامه‌های مختلف باشد. علاوه بر دستگاه‌های متصل، اینترنت اشیا از تعداد زیادی مؤلفه تشکیل شده است که امکان انتقال داده‌ها را بدون نیاز به تعامل انسان یا رایانه فراهم می‌کند. سه دسته شی در اینترنت اشیا وجود دارد: حسگرهایی که داده‌ها را جمع‌آوری کرده و به سرور ارسال می‌کنند، رایانه‌ای که اطلاعات را دریافت می‌کند و سپس بر روی آن عمل می‌کند و شی‌هایی که هر دو عملکرد را انجام می‌دهند. اینترنت اشیا حس و کنترل اشیاء را از راه دور در زیرساخت‌های شبکه موجود امکان‌پذیر می‌کند و به آنها اجازه می‌دهد با سیستم‌های مبتنی بر رایانه در نقطه پایین تر یکپارچه سازی شوند و مداخلات انسانی را کاهش می‌دهد و در عین حال کارایی، دقت و سود اقتصادی را بهبود می‌بخشد. شکل زیر انواع مختلفی از اتصالات اینترنت اشیا را نشان می‌دهد، از جمله اتصالات بین دستگاه‌ها، دروازه‌ها و سیستم‌های داده. هنگامی که دستگاه‌ها در تماس مستقیم هستند، می‌توان اطلاعات را بلافاصله و بدون واسطه بین آنها رد و بدل کرد. حسگرها و گره‌های دروازه از طریق اتصال دستگاه به دروازه با هم ارتباط برقرار می‌کنند. داده‌ها از طریق یک اتصال سیستم دروازه به داده از یک دروازه به یک سیستم داده مناسب منتقل می‌شود. علاوه بر سیستم اتصال، سیستم دیگری نیز برای انتقال اطلاعات بین مراکز داده یا سرورهای ابری وجود دارد. تقریباً هر جنبه‌ای از زندگی تحت تأثیر اینترنت اشیا قرار می‌گیرد. اینترنت اشیا می‌تواند برای ساخت شهرهای هوشمند، خانه‌های هوشمند و اشیاء هوشمند با امنیت بیشتر مورد استفاده قرار گیرد. برخی از کاربردها عبارتند از: پوشیدنی‌ها، نظارت بر سلامت، نظارت بر ترافیک، مدیریت ناوگان، کشاورزی، مهمان‌نوازی، تامین آب، مدیریت نگهداری، اتوماسیون صنعتی، شبکه هوشمند و صرفه‌جویی در انرژی می‌باشد. فن‌آوری‌ها و پروتکل‌ها برای اینترنت اشیا به منظور پشتیبانی از اینترنت اشیا، انواع فناوری‌های هیجان‌انگیز در دسترس هستند. فناوری‌های اینترنت اشیا در شکل 2 ارائه شده‌اند.



اشیاء

شکل 2: فناوری‌های اینترنت



## ۲-۱. معماری عمومی و پروتکل‌های اینترنت اشیا

پشته پروتکل TCP<sup>1</sup>/IP نقش کلیدی در دیجیتال دارد. با این وجود، اینترنت اشیا ممکن است تعداد زیادی از اشیاء را به هم متصل کند که ترافیک عظیمی ایجاد می‌کند و حجم عظیمی از داده‌های مورد نیاز است. علاوه بر این، اینترنت اشیا با چالش‌های متعددی به‌ویژه مسائل مربوط به حریم خصوصی و امنیتی مواجه خواهد شد [2]. بنابراین، معماری استاندارد و پروتکل‌های جدید برای اینترنت اشیا باید به بسیاری از عوامل اساسی (مانند پایداری، قابلیت اطمینان، کیفیت خدمات، محرمانه بودن، یکپارچگی و غیره) رسیدگی کند. با توجه به رویه‌های اینترنت اشیا عمدتاً ارتباط بین همه چیز و همه برای تبادل اطلاعات با یکدیگر است که نه تنها به طور تصاعدی ترافیک شبکه را افزایش می‌دهد بلکه ظرفیت ذخیره سازی را نیز افزایش می‌دهد. بنابراین، بهبود اینترنت اشیا به پیشرفت‌های فناوری متکی است و برای انواع مختلف برنامه‌ها کاربردی می‌باشد. معماری اساسی و پروتکل‌های اینترنت اشیا به ترتیب [۳] و [۴] پیشنهاد شده است. معماری معمولی اینترنت اشیا همانطور که در شکل 2.۲ نشان داده شده است را می‌توان به پنج لایه تقسیم کرد.



شکل ۲-۲ معماری اینترنت اشیا

## ۲-۳. پروتکل‌های ارتباطی اینترنت اشیا

بسیاری از پروتکل‌ها به پیاده سازی اینترنت اشیا کمک می‌کنند، اما پروتکل‌های ارتباطی برای شبکه‌های اینترنت اشیا اجباری هستند. انتخاب بهترین پروتکل اینترنت اشیا به معنای سنجیدن دقیق معیارهای محدوده برنامه مورد نظر، آستانه مصرف انرژی، پهنای باند اطلاعات، تاخیر و کیفیت خدمات است که همگی از منظر امنیت مشاهده می‌شوند. همانطور که قبلاً ذکر شد، دستگاه‌های اینترنت اشیا از استانداردها و پروتکل‌های شبکه برای فعال کردن ارتباط بین اشیاء فیزیکی متصل از طریق ابر استفاده می‌کنند [5]. پروتکل‌ها و استانداردهای شبکه خط مشی‌هایی هستند که شامل قوانین خاصی هستند که زبان ارتباطی بین دستگاه‌های مختلف شبکه را تعریف می‌کنند.

معمولاً هر دستگاهی با استفاده از پروتکل اینترنت (IP) به اینترنت متصل می‌شود، اما می‌تواند به صورت محلی از طریق Blacktooth، NFC (ارتباطات میدان نزدیک) و موارد دیگر متصل شود. برخی از تفاوت‌های بین هر دو نوع اتصال، قدرت، برد و توان پردازنده مورد استفاده است. اتصالات IP پیچیده هستند و نیاز به افزایش قدرت و حافظه دارند، اما محدودیتی در محدوده وجود ندارد. از سوی دیگر، اتصالات Blacktooth ساده هستند و به قدرت و حافظه کمتری نیاز دارند، اما دستگاه‌های منفرد مانند تلفن‌های هوشمند و رایانه‌های

<sup>1</sup> Transmission Control Protocol

<sup>2</sup> Internet Protocol

<sup>3</sup> near field communication

شخصی از پروتکل‌های شبکه برای ارتباط استفاده می‌کنند، با این حال، پروتکل‌های عمومی مورد استفاده توسط این دستگاه‌ها ممکن است الزامات خاصی مانند پهنای باند، تأخیر و فاصله پوشش، راه‌حل‌های مبتنی بر اینترنت اشیا را برآورده نکنند. اگرچه دستگاه‌های اینترنت اشیا به راحتی قابل استقرار هستند، پروتکل‌های ارتباطی آن‌ها پروتکل‌هایی هستند که باید کمبود قدرت پردازش، برد و قابلیت اطمینان را با زیرساخت‌های اینترنتی موجود برطرف کنند [6]. از آنجایی که پروتکل‌های موجود معیارهای پیاده‌سازی اینترنت اشیا (Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac و غیره) را ندارند، برخی از پروتکل‌های جدید اینترنت اشیا ایجاد شده برای الزامات برنامه IoT را بررسی می‌کنیم. از آنجایی که مصرف انرژی عامل مهمی در طراحی شبکه‌های اینترنت اشیا هستند، فناوری‌های شبکه بی سیم کم مصرف ترجیح داده می‌شوند [7]. این فناوری‌ها به طور کلی به دو گروه تقسیم می‌شوند:

- شبکه گسترده کم مصرف (LPWAN): برد گسترده‌ای را تا چندین کیلومتر فراهم می‌کند، اما با نرخ داده محدود برای اکثر افراد به عنوان مثال، (Wi-Fi HaLow<sup>TM</sup>, NB<sup>2</sup>-IoT, Sigfox, LoRaWAN, LoWPAN<sup>۶</sup>).
- فناوری‌های شبکه‌های شخصی بی‌سیم (W<sup>3</sup>PAN): برد تا ۱۰۰ متر و سرعت داده تا ۲۵۰ کیلوبیت در ثانیه برای Zigbee و تا ۳ مگابیت بر ثانیه برای blacktooth کم انرژی.

#### ۲-۴. LPWAN

LPWANها: دسته‌ای از پروتکل‌های توسعه یافته برای ارتباطات کوتاه برد هستند. اگرچه شبکه‌های سلولی سنتی قادر به پشتیبانی از شبکه‌های ارتباطی وسیع هستند، اما معایب آن‌ها مانند زیرساخت‌های پیچیده (آنتن‌ها، تقویت‌کننده‌ها و غیره) می‌باشد و نیازمندی‌های مصرف انرژی بالای، آن‌ها را در هنگام بررسی برنامه‌های IoT به یک راه‌حل کمتر مورد علاقه تبدیل می‌کند. از سوی دیگر، پروتکل‌های LPWAN باید با قابلیت‌های C<sup>4</sup>PU ساده، کم مصرف مورد استفاده قرار گیرند، که امکان استقرار سنسورها را بدون سرمایه‌گذاری در دروازه‌ها فراهم می‌کند، که مبتنی بر باتری‌های ارزان قیمت هستند که بادوام هستند و آن را به گزینه‌ای مطلوب‌تر در مقایسه با شبکه‌های سلولی با در نظر گرفتن قابلیت سخت افزاری کم نیاز، فناوری LPWAN می‌تواند در فاصله بیش از ۱۰ کیلومتر بسته به اطراف و موانع و نرخ انتقال داده از ۰.۳ کیلوبیت بر ثانیه تا ۵۰ کیلو بیت بر ثانیه در هر کانال عمل کند. علاوه بر این، در حالی که مصرف انرژی و نرخ داده چالش‌های بزرگی برای LPWANها هستند، کیفیت خدمات (QoS<sup>۵</sup>) و مقیاس پذیری هنگام انتخاب پروتکل LPWAN فاکتورهای مهمی هستند. پروتکل ۶ LoWPAN یک نمونه پروتکل LPWAN است که فناوری‌های IPv6 و LoWPAN را ترکیب می‌کند و مزایای زیادی مانند اتصال استثنایی، سازگاری با معماری‌های قبلی، مصرف کم انرژی و خودسازماندهی موقت دارد.

#### ۲-۵. WPAN

WPAN یک شبکه محلی از دستگاه‌ها است که یک شبکه توپولوژی سازماندهی شده‌اند که در آن، هر دستگاه مستقیماً (بدون دروازه) با سایر دستگاه‌های شبکه متصل می‌شود و داده‌ها را بین یکدیگر منتقل می‌کند تا زمانی که به گیرنده نهایی در داخل این شبکه برسد. این ساختار انعطاف‌پذیری شبکه را ارتقا می‌دهد، پیاده‌سازی آن ساده است و هزینه کمتری برای راه‌اندازی آن نسبت به شبکه‌های دیگر، به ویژه در مناطق بزرگ به دلیل عدم وجود تجهیزات اضافی (به عنوان مثال، دروازه‌ها) دارد. ZigBee محبوب‌ترین پروتکل مش مورد استفاده در اینترنت اشیا در نظر گرفته می‌شود. برد کوتاهی دارد اما حداقل انرژی را مصرف می‌کند که می‌تواند ارتباطات را در چندین دستگاه

<sup>1</sup> Low Power Wide Area Network

<sup>2</sup> Narrow Band-Internet of Things

<sup>3</sup> Wireless Personal Area Network

<sup>4</sup> Central processing unit

<sup>5</sup> quality Of Service

اینترنت اشیا گسترش دهد. در مقایسه با پروتکل‌های LPWAN، ZigBee می‌تواند نرخ‌های انتقال داده بالایی را در یک نمونه ارائه دهد، اما با توجه به توپولوژی شبکه‌ای که دارد، بازده انرژی بیشتری دارد. با این حال، به دلیل برد فیزیکی کوتاه، ZigBee و هر پروتکل مش دیگری برای پیاده‌سازی‌های کوچک تا متوسط، مانند شبکه‌های خانگی هوشمند، مناسب‌تر هستند. ارتباطات در فناوری‌های IoT هم اتصالات سیمی و هم بی‌سیم را پوشش می‌دهد. بسته به نوع اتصال، پروتکل‌های ارتباطی در یک شبکه ۴ لایه، در ادامه توضیح داده می‌شوند [8].

## ۲-۶. سطح کاربردی

پنج پروتکل مختلف در زیر برای لایه برنامه توضیح داده شده است.<sup>1</sup>MQTT،<sup>۲</sup>CoAP،<sup>۳</sup>XMPP،<sup>۴</sup>AMQP و ویژگی‌ها و مشکلات ذاتی مرتبط با امنیت نیز مورد بحث قرار می‌گیرد.

## ۲-۷. MQTT

پروتکل انتقال تله متری صف پیام (MQTT) یک پروتکل پیام رسانی برای انتشار و اشتراک است که بر روی مدل بسیار ساده کلاینت سرور کار می‌کند و روی TCP/IP یا پروتکل‌های دیگر اجرا می‌شود. برای محیط‌های محدود، مانند اینترنت اشیا، مناسب‌تر است، زیرا باز، سبک و به راحتی قابل اجرا است. الزامات امنیتی که باید در پیاده‌سازی‌های MQTT برآورده شوند، احراز هویت، مجوز و ارتباطات ایمن هستند. در زیرساخت‌های حیاتی و برنامه‌های کاربردی با اطلاعات حساس، MQTT می‌تواند کار کند و خدمات امنیتی پیشرفته را با استفاده از ویژگی‌های پیشنهادی خاص ارائه دهد.

## ۲-۸. CoAP

پروتکل برنامه محدود (CoAP) به عنوان یک پروتکل تخصصی انتقال وب در RFC 7252<sup>5</sup> تعریف شده است. این یک پروتکل سبک وزن، با نرخ انتقال کم است که برای استفاده با گره‌های محدود و شبکه‌های محدود پیشنهاد شده است و نام آن با این مشخص شده است. این طراحی برای کاربردهای ماشین به ماشین (M2M)<sup>6</sup> مانند مدیریت زنجیره تامین و کنترل‌های هوشمند برای ردیابی مصرف انرژی مناسب است. این می‌تواند به خوبی با HTTP<sup>7</sup> ارتباط برقرار کند، که ادغام با وب را تسهیل می‌کند. اما CoAP یک پروتکل امن نیست و این یک نقطه ضعف جدی است. امنیت لایه انتقال داده‌گرام (DTLS)<sup>8</sup> متاسفانه کاربرد گسترده‌ای در اینترنت اشیا ندارد [9].

## ۲-۹. XMPP

<sup>1</sup> [Message Queuing Telemetry Transport](#)

<sup>2</sup> [Constrained Application Protocol](#)

<sup>3</sup> [Extensible Messaging and Presence Protocol](#)

<sup>4</sup> [Advanced Message Queuing Protocol](#)

<sup>5</sup> [Request For Comments](#)

<sup>6</sup> [Machine to machine](#)

<sup>7</sup> [Hyper Text Transfer Protocol](#)

<sup>8</sup> [Datagram Transport Layer Security](#)

پروتکل پیام رسانی و حضور توسعه پذیر (XMPP) یک فناوری XML<sup>1</sup> باز برای ارتباطات بلادرنگ است. برای پیام رسانی فوری، حضور و همکاری استفاده می شود. Presence مشخص می کند که یک موجودیت برای ارسال پیام آماده است. پیام رسانی از یک مکانیسم فشار کارآمد استفاده می کند که قابلیت بلادرنگ را تضمین می کند. طراحی باز XMPP تغییرات را تسهیل می کند و به ویژگی توسعه پذیر آن اجازه می دهد که با پیاده سازی IoT مطابقت دارد. تعداد قابل توجهی از کدهای CVE<sup>2</sup> اخیراً در پایگاه داده های NVD که توسط NIST<sup>3</sup> نگهداری می شوند، اضافه شده اند که مربوط به آسیب پذیری های شناخته شده XMPP است که امکان انجام یک سری حملات را فراهم می کند.

### AMQP. 3

پروتکل صف پیام پیشرفته (AMQP) یک استاندارد باز مناسب برای پیام رسانی تجاری بین برنامه ها است که به صورت ناهمگام در سازمان ها و پلتفرم های مختلف عمل می کند. این یک پروتکل در سطح سیم است که امکان ارسال پیام های تجاری قابل اعتماد را فراهم می کند. هدف برخی از ویژگی های اصلی موجود در طراحی AMQP تضمین امنیت، قابلیت اطمینان و قابلیت همکاری است. این استاندارد برای انتشار به عنوان استاندارد بین المللی ISO<sup>4</sup> و IEC<sup>5</sup> در سال ۲۰۱۴ تأیید شد و از چندین لایه تشکیل شده است. پایین ترین سطح برای انتقال پیام ها بین دو فرآیند است و لایه پیام رسانی فرمت کدگذاری استاندارد را که هر پیام باید داشته باشد، تعریف می کند.

#### 3-1. لایه حمل و نقل

تعداد قابل توجهی از پروتکل ها معمولاً در لایه انتقال استفاده می شوند .

#### UDP<sup>6</sup> و TCP. 3-2

پروتکل کنترل انتقال (TCP) یک پروتکل قابل اعتماد اتصال گرا است که در سه فاز عمل می کند. این به مجموعه پروتکل اینترنت تعلق دارد و به طور گسترده برای اتصال بین دستگاه ها استفاده می شود. سربار بسته بزرگ تولید شده، آن را در رده پروتکل های سنگین وزن با مصرف انرژی زیاد قرار می دهد. پروتکل دیتاگرام کاربر (UDP) یک پروتکل سبک وزن بدون اتصال است که می تواند در مواقعی که از دست دادن بسته در طول داده قابل قبول است استفاده شود. انتقال برای ارتباط در شبکه های حسگر بی سیم ترجیح داده می شود، اما قابل اعتماد نیست. قبل از انتقال داده ها نیازی به برقراری ارتباط نیست.

#### SCTP<sup>7</sup> و DCCP. 3-3

پروتکل کنترل تراکم دیتاگرام (DCCP) یک پروتکل انتقال برای اتصالات تک بخشی دو طرفه است. این برای برنامه هایی مانند پخش رسانه و VoIP<sup>8</sup> استفاده می شود، جایی که TCP قادر به کنترل تأخیرهای زمانی و انجام تحویل سفارشی قابل اطمینان نیست. از سوی

<sup>1</sup> [Extensible Markup Language](#)

<sup>2</sup> [Common Vulnerabilities and Exposures](#)

<sup>3</sup> [National Institute of Standards and Technology](#)

<sup>4</sup> [Organisation internationale de normalisation](#)

<sup>5</sup> [International Electrotechnical Commission](#)

<sup>6</sup> [User Datagram Protocol](#)

<sup>7</sup> [Stream Control Transmission Protocol](#)

<sup>8</sup> [Voice Over Internet Protocol](#)

دیگر، برنامه های کاربردی UDP قادر به کنترل تاخیرها هستند، اما DCCP یک مکانیسم کنترل تراکم تعبیه شده برای جلوگیری از آنها دارد. پروتکل انتقال کنترل جریان (SCTP<sup>1</sup>) یک پروتکل انتقال قابل اعتماد برای سیگنال دهی PSTN<sup>2</sup> پیام های ارسال شده از طریق IP است. برای مقاومت در برابر حملات بالماسکه و جلوگیری از حملات سیل طراحی شده است.

### RPL . 3-4

RPL یک پروتکل مسیریابی IPv6 است که برای شبکه های کم مصرف و تلفات (LLN) طراحی شده است، دسته ای از شبکه ها با محدودیت های حافظه، قدرت پردازش و انرژی برای مسیریابی داده ها از گراف غیرمحلّی جهت دار مقصد (DODAG<sup>3</sup>) استفاده می کند و به دلیل اینکه مبتنی بر استاندارد IPv6 است، برای برنامه های IoT ترجیح داده می شود.

### E-CARP و CARP. 3-5

پروتکل مسیریابی آگاه از کانال (CARP) یکی دیگر از پروتکل های مسیریابی است که بر اساس شبکه های توزیع شده و برای ارتباطات زیر آب طراحی شده است. این یک پروتکل حمل و نقل بسته سبک وزن است و از این رو، می تواند در سیستم های اینترنت اشیا اعمال شود. برای انتخاب مسیر ارسال، اندازه گیری های کیفیت پیوند تاریخی را در نظر می گیرد. مقداردهی اولیه شبکه و ارسال داده ها دو سناریو هستند که باید در این موارد در نظر گرفته شوند. پروتکل ها در مقداردهی اولیه شبکه، یک بسته HELLO از سینک به تمام گره های دیگر در شبکه ها پخش می شود. در ارسال داده، بسته به روش هاپ به هاپ از حسگر به سینک هدایت می شود. هر پرش بعدی به طور مستقل تعیین می شود. مشکل اصلی CARP این است که قابلیت استفاده مجدد از داده های جمع آوری شده قبلی را پشتیبانی نمی کند. به عبارت دیگر، اگر برنامه تنها زمانی به داده های حسگر نیاز داشته باشد که به طور قابل توجهی تغییر کند، ارسال داده های CARP برای آن برنامه خاص مفید نیست. افزایش CARP در E-CARP با اجازه دادن به گره سینک برای ذخیره داده های حسی دریافتی قبلی انجام شده است. هنگامی که داده جدید مورد نیاز است، E-CARP یک بسته پینگ ارسال می کند که با داده های جدید از گره های حسگر پاسخ داده می شود. بنابراین، E-CARP هزینه های ارتباطی را به شدت کاهش می دهد.

### CORPL. 3-6

Cognitive RPL (CORPL Cognitive RPL)، پروتکلی است که RPL را گسترش می دهد و از همان فناوری DODAG استفاده می کند، اما با چند تغییر در RPL. اول، ارسال فرصت طلبی را معرفی می کند که به بسته امکان می دهد چندین ارسال کننده داشته باشد، اما فقط بهترین هاپ بعدی برای ارسال بسته انتخاب می شود. سپس، هر گره فقط به جای والد خود، یک لیست ارسال را حفظ می کند و همسایه خود را با تغییرات خود با استفاده از پیام های DIO به روز می کند. بر اساس اطلاعات به روز شده، هر گره به صورت پویا اولویت های همسایه خود را به روز می کند تا مجموعه ارسال کننده ها را بسازد.

### 3-7 . لایه شبکه

پنج پروتکل شبکه برای لایه برنامه ارائه شده است. WiFi، Blacktooth، ZigBee، Z-Wave و LoRaWAN، ویژگی ها و مشکلات مربوط به امنیت نیز مورد بحث قرار گرفته است.

<sup>1</sup> Stream Control Transmission Protocol

<sup>2</sup> Public Switched Telephone Network

<sup>3</sup> Destination Oriented Directed Acyclic Graph



## ۸-۳. وای فای

WiFi رایج ترین و شناخته شده ترین فناوری ارتباطی است که بر اساس استاندارد ارتباط بی سیم 802.11 موسسه مهندسی برق و الکترونیک (IEEE)<sup>1</sup> است. بسته به نسل WiFi، امنیت برای برآورده کردن الزامات مربوط به حریم خصوصی داده‌های احراز هویت، و در دسترس بودن، و ایمن کردن اتصالات WiFi افزایش می‌یابد. دستگاه‌ها به صورت بی سیم با ارسال سیگنال در محدوده ۱۰۰ متری متصل می‌شوند، اما در واقعیت، این بسیار کوتاه تر است.

## Blacktooth. 3-9

رادیو Blacktooth Low Energy (LE) برای پیاده سازی اینترنت اشیا ترجیح داده می‌شود زیرا برای کارکرد با توان بسیار کم طراحی شده است. این می‌تواند داده‌ها را در تعداد زیادی از کانال‌ها انتقال دهد، و فضای باز لازم را برای پیاده سازی در چندین ارتباط مختلف به توپولوژی، از نقطه به نقطه به پخش و به توپولوژی‌های مش، و در کنار شبکه‌های دستگاه‌های بی سیم در مقیاس بزرگ. علاوه بر این، خدمات موقعیت یابی دستگاه را با دقت بالایی ارائه می‌دهد. به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا برای مدرن ترین دستگاه‌های تلفن همراه مانند پوشیدنی‌ها و تلفن‌های هوشمند که در سراسر جهان پخش شده‌اند، عالی است.

## Z-wave و ZigBee. 4

ZigBee پروتکلی با کاربرد قابل توجه مشابه به عنوان blacktooth در زیرساخت‌های IoT است [8]. نیازهای امنیتی پیشرفته را پوشش می‌دهد، با مصرف انرژی کم، برد داده کم، و برد ارتباطی تا ۲۰۰ متر، که در مقایسه با blacktooth مربوطه دو برابر طول دارد. مناسب برای سنسورها و دستگاه‌هایی با محدودیت‌های متعدد، ساخت مدل‌های بزرگ اینترنت اشیا با گره‌های متعدد را تسهیل می‌کند.

Z-Wave یک پروتکل بی سیم است که برای اتوماسیون خانگی طراحی شده است. این در محدوده فرکانس رادیویی خود عمل می‌کند که مشکلات تداخل را کاهش می‌دهد.

## LoRaWAN. 4-1

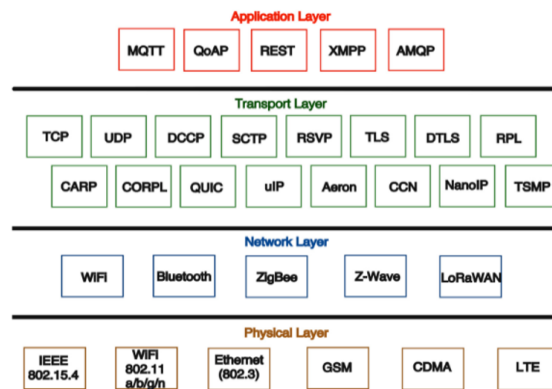
LoRaWAN یک پروتکل شبکه کم مصرف و گسترده (LPWA) است که برای اتصال بی‌سیم دستگاه‌های مبتنی بر باتری در پیاده‌سازی IoT استفاده می‌شود. الزامات قابل توجهی از ارتباطات دو طرفه و امنیت سرتاسر را برآورده می‌کند.

## 4-2. لایه فیزیکی

IEEE 802.15.4 پروتکلی است که برای لایه فیزیکی و لایه MAC طراحی شده است که ارتباط بین دستگاه‌های دارای محدودیت قدرت و الزامات خاص را برای ارائه خدمات از طریق حسگرها امکان‌پذیر می‌سازد. ارتباطات کم هزینه و برد کوتاه پشتیبانی می‌شود و دستگاه‌ها برای تسهیل مسیریابی چند هاپ و دستیابی به گسترش دامنه همکاری می‌کنند. این شامل توضیحاتی برای شبکه‌های منطقه

<sup>1</sup> Institute of Electrical and Electronics Engineers

شخصی بی‌سیم با نرخ پایین (LR-WPAN) است. شکل 3-4 پروتکل‌های ارتباطی را نشان می‌دهد که بیشتر در پیاده‌سازی IoT در معماری 4 لایه ایزو استفاده می‌شوند.



شکل 3-4 پروتکل‌های ارتباطی اینترنت اشیا

#### 4-4. نگرانی‌های امنیتی و حریم خصوصی

اینترنت اشیا به طور یکپارچه دو دنیای متفاوت را در یک جهان ترکیب می‌کند. در مرحله اولیه اینترنت اشیا، بیشتر جستجوگران بر روی توسعه پروتکل ارتباطی M2M (ماشین به ماشین) متمرکز هستند که از ارتباطات عمومی شبکه در مورد ویژگی‌ها و محیط‌های استقرار متمایز است. اگرچه به طور چشمگیری در اینترنت اشیا بهبود یافته است، اما مشکلات نگران‌کننده‌ای ایجاد می‌کند که بر امنیت و حریم خصوصی اطلاعات تأثیر می‌گذارد [9]. سنسورها و تجهیزات جلویی: سنسورها و تجهیزات جلویی وظیفه دریافت داده‌ها از طریق سنسورهای هوشمند را بر عهده دارند و سپس با استفاده از دستگاه ماژول‌های M2M داده‌ها را به سیستم پردازش مرکزی منتقل می‌کنند. از طریق معماری معمولی اینترنت اشیا، برخی از حسگرها یا دستگاه‌های ادراک عمدتاً در غیاب سیستم نظارتی مستقر می‌شوند که آسیب‌پذیری‌هایی را برای حمله از سوی افراد خارجی ایجاد می‌کنند [10]. مانند مهاجم می‌تواند به راحتی دسترسی داشته باشد و به طور مداوم برنامه‌ریزی مجدد کند تا زمانی که این دستگاه‌ها بتوانند داده‌ها را نه تنها به ثبت‌شده ارسال کنند. سرور بلکه برای بسیاری از گروه‌های مهاجم. بنابراین، تهدیدات احتمالی برای سنسورها و تجهیزات جلویی را می‌توان به سه گروه دسته‌بندی کرد: استراق سمع، دسترسی غیرمجاز به داده‌ها و حمله انکار سرویس. کیفیت خدمات قابل قبول (QoS) از آنجایی که حجم عظیمی از ارسال داده به شبکه با ترافیک بالا، تعداد زیادی از دستگاه‌ها در حال حاضر به شبکه متصل هستند ممکن است ناشی از حملات انکار سرویس باشد.

**Back-end: Backend** مهم‌ترین بخش سیستم اینترنت اشیا است که دارای الزامات امنیتی بالا و واحد تجزیه و تحلیل و مدیریت داده‌های حسگر کارآمد برای فعال کردن است. پردازش داده‌ها در زمان واقعی امنیت معمولی سیستم اینترنت اشیا را می‌توان به هفت حوزه اصلی به شرح زیر طبقه‌بندی کرد: حفاظت از حریم خصوصی، کنترل دسترسی، احراز هویت کاربر، امنیت ارتباطات، یکپارچگی داده‌ها، محرمانه بودن داده‌ها و در دسترس بودن در هر زمان. مسائل مربوط به حریم خصوصی باید در کل فرآیند ارتباطات بی‌سیم مورد توجه قرار گیرد زیرا در دستگاه، در ذخیره‌سازی، در حین ارتباط و حتی در طول فرآیند پردازش که به پنهان کردن اطلاعات حساس کمک می‌کند. بنابراین، حفظ حریم خصوصی کاربران و اطلاعات شخصی یکی از موارد کلیدی است. چالش‌های موجود در اینترنت اشیا که باید با آن‌ها کنار بیایند. حریم خصوصی در دستگاه: دستگاه‌های ناامن همیشه حداقل یک یا چند آسیب‌پذیری دارند که احتمالاً در صورت طراحی



سخت‌افزار و نرم‌افزار نامناسب باعث درز اطلاعات محرمانه می‌شوند [11]. به عنوان مثال، مهاجمان می‌توانند مستقیماً از راه دور به دستگاه قربانی دسترسی داشته باشند، سپس نام و شماره حساب مقصد را هنگام انجام تراکنش آنلاین تغییر دهند. از این رو، قابلیت اطمینان و استحکام ویژگی‌های ضروری برای دستگاه‌هایی است که داده‌های حساس را جمع‌آوری می‌کنند. امروزه مشکلات متعددی در خصوص حفظ حریم خصوصی در دستگاه وجود دارد که باید به آنها رسیدگی شود، مانند مخفی کردن پوشه حاوی اطلاعات شخصی (مانند نام و رمز ورود، شماره تلفن ثبت شده، شماره شناسه شهروندی و غیره) هنگام سرقت یا سرقت دستگاه. از دست دادن، پنهان کردن اطلاعات مکان فعلی یا ثبت شده دارنده دستگاه، رمزگذاری پیوندهای ارتباطی هم به صورت سیمی و هم بدون سیم به منظور جلوگیری از استراق سمع افراد ثالث ناخواسته در مکالمات شما. محرمانه بودن در طول فرآیند انتقال داده رمزگذاری است. با این حال، برخی از الگوریتم‌های رمزگذاری ممکن است راه آسان‌تری برای ردیابی داده‌ها و تجزیه و تحلیل بسته‌های پیوندی برای مهاجمان فراهم کنند. از این رو، پروتکل‌های ارتباطی امن باید رویکرد مناسبی برای رسیدگی به این موضوع باشد.

#### 4-5. نتیجه گیری

زندگی بشر مدرن با اینترنت اشیا ادغام شده است. با خودکارسازی، اتصال دستگاه‌ها و برنامه‌ها و در دسترس قرار دادن اطلاعات سریع‌تر، به نظر می‌رسد کیفیت زندگی بهبود یابد. برخی از فناوری‌های استاندارد که به‌طور خاص برای دستگاه‌ها و محیط‌های تعبیه‌شده با محدودیت‌های سخت طراحی شده‌اند را مورد بحث قرار می‌دهد. با پیشرفت محاسبات کم‌هزینه، خدمات ابری، فناوری‌های کلان داده، تجزیه و تحلیل و فن‌آوری‌های تلفن همراه، دستگاه‌های فیزیکی کوچکی که یک شبکه را تشکیل می‌دهند، می‌توانند داده‌ها را بدون دخالت انسان جمع‌آوری و مبادله کنند. در این محیط بیش از حد متصل، هر گره می‌تواند هر تعامل بین چیزهای متصل را ضبط، نظارت و تنظیم کند. این فناوری امیدوارکننده حریم خصوصی و امنیت کاربران را در محیط‌های مختلفی که تحت آن مستقر شده است، تهدید می‌کند. به همین دلیل، راه‌حلی برای شناسایی تهدید، نفوذ، سازش یا سوء استفاده در حوزه اینترنت اشیا باید ایجاد شود و استانداردها و مقررات امنیتی مورد توافق عمومی برای پیشرفت صنعت ضروری هستند. از آنجایی که مزایای این فناوری قابل تردید نیست، دولت‌ها و مهندسان باید قدرت‌های خود را متحد کرده و بر چالش‌ها غلبه کنند تا شبکه‌های IOT به عنوان شبکه‌های سنتی در نظر گرفته شوند که اصطلاح اینترنت همه چیز را معتبر می‌کنند.

#### منابع

[1] Mahbub, Mobasshir. "An Overview of IoT Infrastructure Architecture, Enabling Technologies, Issues, Integration of Cloud, and Simulation Tools." *Emerging Trends in IoT and Integration with Data Science, Cloud Computing, and Big Data Analytics* (2022): 20-38.





- [2] Shirvani, Mirsaied Hosseini, and Mohammad Masdari. "A survey study on trust-based security in Internet of Things: Challenges and issues." *Internet of Things* 21 (2023): 100640.
- [3] Karmakar, Kallol Krishna, Vijay Varadharajan, and Uday Tupakula. "Internet of Things (IoT) Infrastructure." *Internet of Things Security and Privacy: Practical and Management Perspectives* (2023).
- [4] Murthy, Mantripragada Yaswanth Bhanu, and Anne Koteswararao. "Applications, merits and demerits of WSN with IoT: a detailed review." *International Journal of Autonomous and Adaptive Communications Systems* 17, no. 1 (2024): 68-88.
- [5] Bang, Ankur O., Udai Pratap Rao, Andrea Visconti, Alessandro Brighente, and Mauro Conti. "An iot inventory before deployment: a survey on iot protocols, communication technologies, vulnerabilities, attacks, and future research directions." *Computers & Security* 123 (2022): 102914.
- [6] Umashankar, M. L., S. Mallikarjunaswamy, N. Sharmila, D. Mahesh Kumar, and K. R. Nataraj. "A survey on IoT protocol in real-time applications and its architectures." In *ICDSMLA 2021: Proceedings of the 3rd International Conference on Data Science, Machine Learning and Applications*, pp. 119-130. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023.
- [7] Abuashour, Ahmad. "An efficient Clustered IoT (CIoT) routing protocol and control overhead minimization in IoT network." *Internet of Things* 23 (2023): 100839.
- [8] Zohourian, Alireza, Sajjad Dadkhah, Euclides Carlos Pinto Neto, Hassan Mahdikhani, Priscilla Kyei Danso, Heather Molyneaux, and Ali A. Ghorbani. "IoT Zigbee device security: A comprehensive review." *Internet of Things* (2023): 100791.
- [9] Cook, Jonathan, Sabih Ur Rehman, and M. Arif Khan. "Security and privacy for low power iot devices on 5g and beyond networks: Challenges and future directions." *IEEE Access* (2023).
- [10] Dargaoui, Souhayla, Mourade Azrou, Ahmed El Allaoui, Fatima Amounas, Azidine Guezzaz, Hanaa Attou, Chaimae Hazman, Said Benkirane, and Sara Haddou Bouazza. "An overview of the security challenges in IoT environment." *Advanced Technology for Smart Environment and Energy* (2023): 151-160.
- [11] Sarker, Iqbal H., Asif Irshad Khan, Yoosef B. Abushark, and Fawaz Alsolami. "Internet of things (iot) security intelligence: a comprehensive overview, machine learning solutions and research directions." *Mobile Networks and Applications* 28, no. 1 (2023): 296-312.



## سیستم های پیشنهاد دهنده ترکیبی: مروری بر روش های مبتنی بر یادگیری ماشین و هوش مصنوعی

شایان میرزائی<sup>۱</sup>، مرضیه فریدی ماسوله<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، گرایش افزار، موسسه آموزش عالی احرار رشت

shayan.mirzaie1998@gmail.com

<sup>۲</sup> استادیار، هیئت علمی موسسه آموزش عالی احرار رشت

m.faridi@ahrar.ac.ir

### چکیده

با توسعه فضای اینترنت، تعدا آیتم هایی که در فضای وب و وب سایت ها منتشر می شوند روز به روز افزایش می یابد که این امر منجر به سرریز اطلاعات می شود. این حجم بالای محتوا (آیتم یا محصول) منجر به سردرگمی کاربران می شود که ممکن است از فرصت های موجود بی بهره بمانند و یا در تصمیم گیری دچار مشکل شوند و حتی تصمیم درستی نگیرند. موتور جستجوی گوگل یا سایر موتورهای جستجوی تا حد زیادی این مشکل را مرتفع ساخته اند اما وجود یک سیستم که توانایی اتوماتیک کردن پیشنهادات به کاربران را داشته باشد، بیش از پیش ضروری می باشد. بدین ترتیب سیستم های پیشنهاد دهنده با هدف انتخاب محتوای (آیتم یا فیلم) مورد نیاز کاربران فضای وب ارائه شدند. سیستم های توصیه گر ابزارهایی هوشمندی هستند که به صورت خودکار پیشنهاداتی را برای کاربران در یک بستر آنلاین ارائه می کنند. این پیشنهادات می توانند محصولات در وبسایت های فروشگاه، فیلم و سریال در پلت فرم های پخش آنلاین، موسیقی، مقالات خبری یا هرگونه آیتم دیگری باشند. هدف این سیستم ها کمک به کاربران برای کشف گزینه های جذاب و کاهش بار انتخاب از میان دریایی از اطلاعات است. این سیستم ها باید متناسب با علایق یا سلیق کاربران توصیه را ارائه کنند. تاکنون پژوهش های زیادی در زمینه سیستم های پیشنهاد دهنده ارائه شده است که نشان دهنده نقش مهم و انکار ناپذیر این سیستم ها در تجارت الکترونیک امروزی است. از این رو در این پژوهش مروری بر روش های مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین صورت خواهد گرفت.

**واژه های کلیدی:** سیستم پیشنهاد دهنده، تجارت الکترونیک، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین

## ۱. مقدمه

امروزه شبکه جهانی اینترنت تأثیر گسترده‌ای در فرهنگ و تجارت پیدا کرده است. این تأثیر نتیجه ظهور کاربردهای گسترده‌ای نظیر پست الکترونیک پروتکل انتقال صدا از طریق اینترنت تالارهای گفتگو شبکه‌های اجتماعی و خرید آنلاین است. امروزه خدمات متعددی که از طریق اینترنت عرضه می‌شود آن را به جزئی جدائی ناپذیر در زندگی افراد تبدیل کرده است. به دلیل فراوانی انتخاب‌ها در بسیاری از سیستم‌های آنلاین امروزه سیستم‌های توصیه‌گر نقش بسیار پررنگ‌تر و مهم‌تر از گذشته ایفا می‌کنند. برای افراد، استفاده از این سیستم‌ها به معنی استفاده بهتر و کارآمدتر از اطلاعات خواهد بود. به علاوه کمپانی‌ها و شرکتهای بزرگ نیز این سیستم‌ها را به کار گرفته تا ترجیحات مشتریانشان را به بهترین شکل هدف بگیرند و مناسب‌ترین آیت‌ها را به آنها پیشنهاد دهند. سیستم‌های توصیه‌گر یکی از انواع سیستم‌های هوشمند می‌باشند که این وظیفه را به عهده دارند. یکی از مهمترین کاربردهایی که در طی دهه اخیر مورد توجه بسیاری قرار گرفته است، خریدهای اینترنتی است [۱].

در خرید از طریق اینترنت افراد میتوانند به راحتی و با صرف زمانی اندک اجناس مورد نیاز خود را انتخاب و خریداری کنند در کنار مزایای بیشماری که میتوان برای این کاربرد ذکر کرد، گستردگی و حجم عظیم اطلاعاتی که در فضای وب وجود دارد و پیوسته در حال رشد است، باعث به وجود آمدن چالش‌هایی در این زمینه شده است. هنگامی که افراد به دنبال محصولی مطابق با نیازها و علایق خود هستند، با عظیمی از اطلاعات مواجه میشوند. علاوه بر این آیت‌های بسیاری وجود دارند که کاربران از محتوای آنها اطلاعی ندارند [۲]. در نتیجه فرآیند تصمیم‌گیری و انتخاب برای آنها بسیار دشوار و حتی در بعضی موارد غیر ممکن میشود. سیستم‌های توصیه‌گر راه حلی برای پالایش اطلاعات در حجم‌های زیاد و ارائه پیشنهادهای متناسب با شخصیت و علاقه‌ی کاربر است. برای تعریف ملموس‌تری از سیستم‌های توصیه‌گر میتوان فردی را تصور کرد که چندین بار به فروشگاه‌های برای خرید اجناس مورد نیازش مراجعه می‌کند. فروشنده پس از مدتی با سلیق و نیازهای مشتری آشنا شده و می‌تواند راهنمای بهتری برای او باشد. حتی میتواند پیش‌بینی کند که کدام اجناس با احتمال بیشتری مورد پسند مشتری قرار خواهند گرفت و با پیشنهاد آنها به مشتری میزان فروش خود را افزایش دهد. سیستم‌های توصیه‌گر در فضای مجازی نقش مشابه‌ای را ایفا می‌کنند. آن‌ها میتوانند با یادگیری رفتار، سلیق و نیازهای مشتریان در ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری و صرفه‌جویی در زمان آنها تأثیر قابل توجهی داشته باشند [۳].

## ۲. سیستم توصیه‌گیر

سیستم‌های توصیه‌گر ابزاری هستند که با به کارگیری روش‌های مختلف، میزان علاقه کاربر مورد نظر که اصطلاحاً "کاربر هدف" نامیده می‌شود را به آیت‌می که تاکنون ندیده است تخمین زده و با توجه به امتیاز به دست آمده برای هر آیت‌م تصمیم می‌گیرند چه آیت‌م و یا خدماتی را به کاربر پیشنهاد کنند. این سیستم‌ها در اواسط ۱۹۹۰ و از زمانی که اولین مقالات در زمینه پالایش گروهی مطرح شد به یکی از بحث‌های مهم تحقیقاتی تبدیل شدند؛ به گونه‌ای که در صنعت و محیط‌های آکادمیک کارهای زیادی برای توسعه روش‌های جدید در این زمینه انجام گرفت. به کارگیری این سیستم‌ها در تجارت الکترونیک بسیار رایج شده است. به طوری که تعداد زیادی از فروشگاه‌های مجازی و وب‌سایت‌ها با استفاده از این سیستم‌ها خدمات مختلفی را به کاربران عرضه می‌کنند [۴].

چالش اصلی برای مطرح کردن و به وجود آمدن سیستم‌های توصیه‌گر در سال‌های اولیه حل کشف مشکل سربار اطلاعاتی و همچنین و بررسی اطلاعات در بستر اینترنت و وب بوده است. تپستری اولین سیستم توصیه‌گر بود که بر اساس این ایده که با شرکت دادن کاربران در فرآیند کشف و بررسی و فیلترینگ اطلاعات کارائی این اعمال انجام شده بالاتر خواهد بود در مرکز تحقیقات زیراکس پارک انجام گرفت.

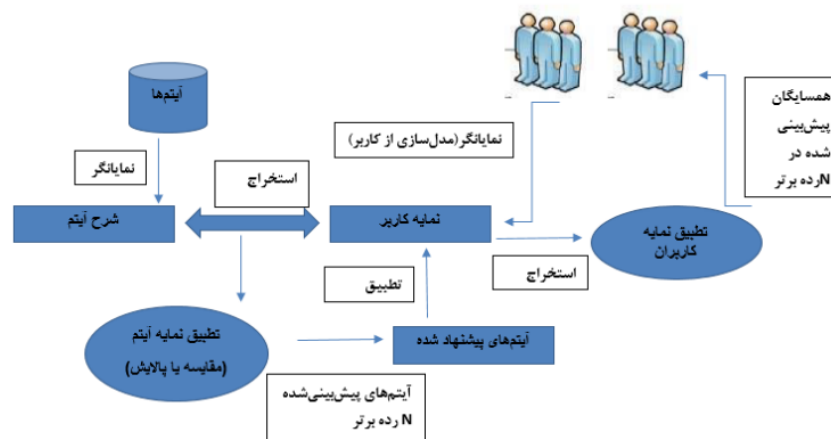
برای نمونه در جدول ۱ فهرستی از مهمترین وب سایت هایی که از سیستم های توصیه گر میکنند آورده شده است که در بین آنها آمازون با بیش از صد میلیون کاربر یکی از معروف ترین وب سایت هایی است که از این سیستم ها بهره میبرد. همچنین مووی لنز یکی دیگر از وب سایت هایی است که توانسته با به کارگیری سیستم های توصیه گر کاربران زیادی را به خود اختصاص دهد [۵].

جدول ۱: لیست پربازدیدترین وب سایت هایی که از سیستم توصیه گر استفاده می کنند

نام وب سایت	آیتم هایی که توصیه میکنند
دیجی کالا	کالا
آمازون	کتاب/ سایر محصولات
نتفلیکس	فیلم
ياهو	اخبار
پاندورا	موسیقی

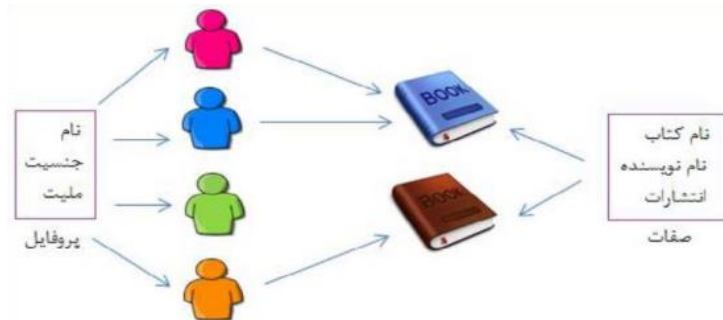
سیستم های توصیه گر اطلاعات مربوط به کاربر را با استفاده از روش ها و منابع مختلف برای پیش بینی اینکه کدام کاربر نیاز به توصیه دارد، پس از تجزیه و تحلیل این فرآیند کسب می کند. شکل یک مفهوم کلی سیستم های توصیه گر را با تطبیق نمایه کاربر با نمایه کاربران دیگر برای آیتم های رایج بین آنها توصیه می کند. نرم افزار موتور توصیه گر بر اساس اینکه کاربران به چه چیزهایی علاقه دارند گوش میدهند و با نگاه می کنند توسط سه تکنیک پالایش گروهی، مبتنی بر محتوا و ترکیبی، توصیه را انجام میدهد [۶].

سیستم های توصیه گر در فرآیند توصیه به دو صورت عمل می کنند. دسته ای از آنها سعی می کنند با پیش بینی امتیاز آیتم های مختلف و نمایش آنها به کاربر هدف، او را در تصمیم گیری یاری کنند. اما در دسته ی دیگری از این سیستم ها امتیازها به کاربران نمایش داده نمی شود؛ بلکه این سیستم ها سعی میکنند با نمایش فهرستی از  $N$  آیتمی که امتیاز بالاتری برای آنها تخمین زده شده است کاربر هدف را راهنمایی کنند. به این دسته از سیستم های توصیه گر  $N$  برتر گفته می شود.



شکل ۱: مدل کلی فرآیند توصیه

به عنوان نمونه شکل زیر نمایش ساده ای از یک سیستم توصیه گر را نشان میدهد که از پنج کاربر و کتاب تشکیل شده است. کاربران و آیتم‌ها اطلاعات پایه ای هستند که در هر سیستم توصیه گر وجود دارند. هر کاربر پروفایلی دارد که اطلاعات شخصی مانند سن، ملیت، جنسیت و شغل در آن ذخیره میگردد همچنین برای آیتم‌های پیشنهادی که در اینجا کتاب است نیز ویژگی‌هایی نظیر فهرست نام نویسنده و سال انتشار نگهداری می‌شود. هر کاربر قادر است به آیتم امتیاز دهد که این امتیاز نشان دهنده ی میزان علاقه ی کاربر به آیتم میباشد.



شکل ۲: مثالی ساده از سیستم توصیه گر

تمامی روشهای مورد استفاده در سیستم‌های توصیه گر برای پیش بینی آیتم مناسب، از ماتریسی به نام ماتریس امتیاز یا رتبه بندی استفاده می‌کنند [۷].

## ۱-۲. بیان مساله

سیستم‌های توصیه گر به عنوان زیر مجموعه ای از سیستم‌های فیلترساز اطلاعات شناخته می‌شوند که به پیش بینی رتبه کاربران برای مجموعه ای از آیتم‌ها (کتابها، فیلم‌ها، اخبار، آهنگ‌ها ...) می‌پردازند سیستم‌های توصیه گر به کاربران کمک می‌کنند که آیتم‌های مورد علاقه خود را از میان هزاران آیتم در وب سایت‌های مختلف بیابند. یکی از مهمترین مسائل در حوزه سیستم‌های توصیه گر مشکل شروع سرد است. مشکل شروع سرد به دلیل تعداد کم آیتم‌های رتبه دهی شده توسط کاربران رخ میدهد. مسئله شروع سرد خود به دو دسته مسئله کاربر جدید و آیتم جدید تقسیم میشود. تمرکز اصلی ما در این تحقیق بر روی کاربر جدید است. مسئله کاربر جدید هنگامی رخ میدهد که کاربر به تازگی وارد سیستم شده و هیچ آیتمی را رتبه بندی نکرده است و یا از قبل در سیستم حضور داشته، ولی کمتر فعال بوده و آیتم‌های کمی را رتبه بندی کرده است [۸].

تاکنون راه حل‌های مختلفی برای حل این مشکل بیان شده است. از جمله روش‌هایی که برای تشخیص اولیه ی علاقه ی کاربر و رفع مشکل شروع سرد مورد استفاده قرار می‌گیرد، درخواست از کاربر برای در اختیار گذاشتن اطلاعاتی نظیر سن شغل، جنسیت کاربر و غیره است. روش دیگری که توسط برخی از سایت‌ها نظیر مووی لنز استفاده می‌شود به این صورت است که سایت مورد نظر با نمایش فهرستی از آیتم‌ها از کاربر تقاضا می‌کند به تعدادی از آنها امتیاز دهد؛ سپس با توجه به امتیازهای داده شده قادر خواهد بود با تشخیص اولیه ای از سلیقه ی کاربر لیست پیشنهادی از آیتم‌ها را به کاربر ارائه دهد. برخی دیگر از سیستم‌ها نیز سعی میکنند با به کارگیری اطلاعات شبکه ی اجتماعی و یافتن دوستان کاربر از علایق دوستان او برای پیشنهاد به کاربر بهره گیرند. اما هر یک از این روش‌ها با مشکلاتی مواجه اند.

برای مثال برخی از کاربران ممکن است تمایلی به در اختیار گذاشتن اطلاعات شخصی خود نداشته باشند. همچنین نمایش فهرست های طولانی از آیتم ها که ممکن است بسیاری از آنها برای کاربر جدید باشند و تقاضا از او برای امتیاز دادن به آنها، برای کاربران خسته کننده خواهد بود اطلاعات شبکه ی اجتماعی نیز ممکن است در لحظه فراهم نباشد و یا کاربرانی وجود دارند که عضو هیچ شبکه ی اجتماعی نیستند. در نتیجه استفاده از شبکه ی اجتماعی ممکن است در همه موارد میسر نباشد [۹].

عموما برای بهبود مشکل شروع سرد سیستم های توصیه گر از الگوریتم های خوشه بندی استفاده می شود. اساس کار در این الگوریتم ها به این صورت است که شباهت بین کاربران با کاربر هدف سنجیده میشود و بر اساس آن شبیه ترین آیتم به آیتم مورد نظر کاربر به او پیشنهاد شود. دسته بندی های متعددی در حوزه ی روش های مورد استفاده ی سیستم توصیه گر برای ارائه مناسب صورت گرفته است که یکی از رایج ترین این روش ها سیستم های توصیه گر ترکیبی می باشد. در واقع این سیستم ترکیبی از سیستم توصیه گر مبتنی بر محتوا و سیستم توصیه گر پالایش گروهی است به این صورت که هم از پروفایل و سلیق کاربر و هم از امتیاز کاربران برای ارائه توصیه استفاده شده است [۱۰].

### ۳. دسته بندی سیستم های توصیه گر

سیستم توصیه گر در زیر دسته ای از سیستم های پالایش اطلاعات قرار می گیرند که هدف آنها پیش بینی ترجیحات و یا امتیازدهی آیتم ها توسط کاربر است. امروزه با توجه به فراگیر شدن تکنولوژی، سیستم های توصیه گر بخش جدایی ناپذیر سایت های تجارت الکترونیک میباشند که به توصیه آیتم ها یا محصولات مورد علاقه به کاربران در سراسر جهان کمک می کنند. مزایای عمده وجود سیستم های توصیه گر، حفظ مشتری بازاریابی اطلاعات، شخصی سازی و بسیاری از موارد دیگر است. این سیستم ها میتوانند برای توصیه های محصولاتی مانند موسیقی کتاب ها تصاویر و فیلم ها نیز استفاده شوند [۱۱]. اساساً سیستم های توصیه گر نمایه کاربر را با یک مشخصات پایه مقایسه می کنند و سعی می کنند امتیازهایی را که توسط کاربران به آیتم داده شده اند را تولید کنند. عمدتاً دو نوع از گروه ها یا رتبه بندی های داده وجود دارند که پروفایل های کاربر میتواند تحت آنها طبقه بندی شوند [۱۲]:

۱- داده آشکار ارزیابی پنهان کاربر را ملزم به امتیازدهی یک آیتم فرضی در مقیاس ۱ تا ۵ میکند و سپس بر این اساس آنها را گروه بندی خواهد کرد. بنابراین از کاربر درخواست کرده که بهترین آیتم را از میان دو مورد داده شده انتخاب کند و سپس فهرستی از آیتم های انتخاب شده مورد تمایل او را شکل داده و در نهایت آیتمهای جمع آوری شده را از مورد علاقه ترین آیتم تا آیتمهایی با کمترین تمایل رتبه بندی می کند.

۲- داده پنهان ارزیابی: آشکار با دریافت آیتم هایی که کاربر مبینند و تجزیه و تحلیل روند خرید و زمان های خرید کاربر کار میکند در کنار آن، این رویکرد سوابق را حفظ کرده و در نهایت تمایلات و عدم تمایلات مشابه را برای کاربران شناسایی می کند.

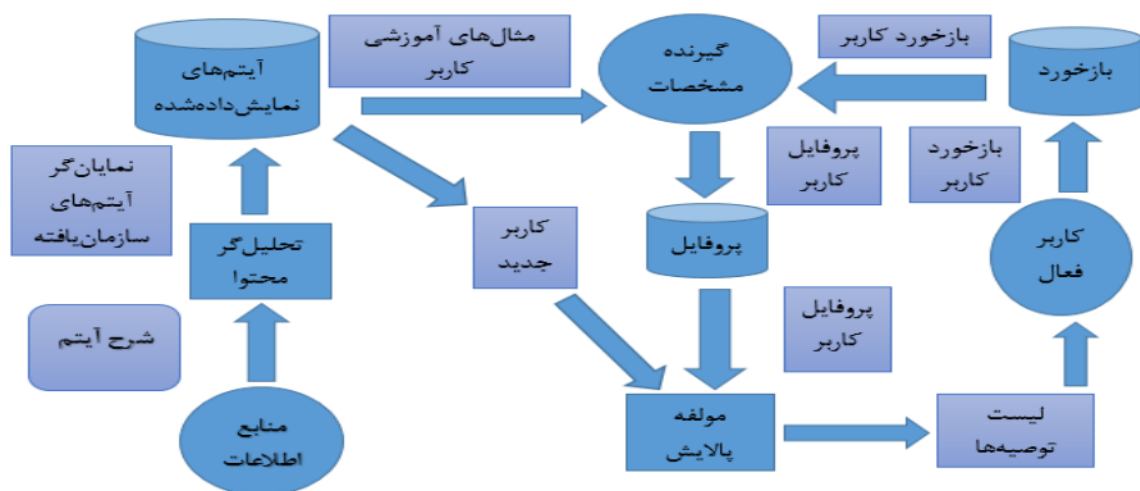
سیستم های توصیه گر به دو گروه شخصی و غیر شخصی تقسیم می شوند.

۱- در سیستم های توصیه گر غیر شخصی رفتارهای عمومی کاربران همچون امتیازهای داده شده به آیتم ها و یا تاریخچه ی خرید آنها ثبت می شود اما اطلاعات کاربری همچون شماره شناسایی ثبت نمیگردد لذا این سیستمها قادر به ارائه پیشنهاد برای شخصی خاص و مطابق با علایق و مشخصات او نیستند و تنها قادرند محبوب ترین یا پرفروش ترین آیتم ها را با استفاده از امتیازی که کاربران مختلف به آیتم ها داده اند، شناسایی و توصیه کنند.

۲- در سیستم های توصیه گر شخصی با در نظر گرفتن اطلاعات نمایه کاربران آیتم های معقول و مناسبی را پیشنهاد میدهند. در این گونه سیستمها برخلاف سیستم های توصیه گر غیر شخصی علاوه بر تاریخچه خرید کاربران اطلاعات فردی آنها نیز ثبت میگردد بنابراین امکان ارائه‌ی متناسب با سلیقه و نیازهای هر کاربر وجود دارد. سیستم های توصیه گر شخصی به سه دسته مبتنی بر محتوا، "پالایش گروهی" و ترکیبی" تقسیم می شوند.

### ۳-۱. سیستم های توصیه گر مبتنی بر محتوا

یک سیستم توصیه گر مبتنی بر محتوا، آن دسته از آیتمی را پیشنهاد میدهد که از نظر ویژگی مشابه اقلامی هستند که کاربر در گذشته این اقلام را پسندیده و به آنها علاقه نشان داده است. سیستم توصیه گر مبتنی بر محتوا در ابتدا نمایه کاربر و رفتارهای او در گذشته را با ویژگیهای آیتم مقایسه می کند، سپس آیتمی که مطابق با رفتار کاربر است را پیشنهاد می دهد. در شکل زیر معماری سیستم توصیه گر مبتنی بر محتوا را مشاهده می کنید.



شکل ۳: فرآیند توصیه در سیستم های توصیه گر مبتنی بر محتوا

طبق شکل مراحل فرآیند توصیه در سیستم های توصیه گر مبتنی بر محتوا به شرح زیر است:

- تحلیل گر محتوا: هنگامی که اطلاعات هیچ ساختار مشابه ای ندارند، بعضی از انواع مراحل پیش پردازش نیازمند این است که استخراج اطلاعات مرتبط، ساختاریافته باشد. آیتم های داده از طریق تکنیک های استخراج ویژگی به منظور تغییر نمایش آیتم اطلاعات اصلی به هدف مورد تجزیه و تحلیل قرار میگیرند تحلیل گر محتوا به عنوان ورودی گیرنده مشخصات "و" مؤلفه پالایش" است.
- گیرنده مشخصات: این مدل از طریق جمع آوری داده های ترجیحات کاربر، نمایه کاربر را می سازد و سعی میکند این داده ها را تعمیم دهد. به طور معمول استراتژی تعمیم از طریق تکنیک های یادگیری ماشین که قادر به درک یک مثال خوب از علایق کاربر و شروع از آیتمهای پسندیده در گذشته هستند، تحقق می یابد.
- مؤلفه پالایش: این مدل از اطلاعات نمایه کاربر برای یافتن تطبیق موارد مرتبط به فهرست آیتم استفاده می کند.

یک نمونه از سیستم توصیه گر مبتنی بر محتوا سیستم توصیه گر کتاب لایبرا است. این سیستم کتاب‌ها را با استخراج شرح کتاب‌ها در سایت آمازون توصیه می‌کند. لایبرا نمایه‌ی کاربر را مطالعه کرده و کتاب‌ها را با استفاده از رتبه‌بندیهای کاربر و همچنین ویژگی‌های استخراج شده از صفحات وب سایت پیشنهاد میدهد. در سیستم توصیه گر مبتنی بر محتوا اطلاعات مربوط به آیتم و کاربر ورودی سیستم را تشکیل میدهند. در این روش معمولاً از تکنیکهای بازیابی اطلاعات استفاده میشود و برای پیشنهاد آیتم‌هایی که دارای اطلاعات متنی هستند نظیر مستندات وب سایت‌ها و پیام‌های خبری به کار میرود. روش معیار فرکانس کلمه تقسیم بر معکوس فرکانس سند، از جمله مهم‌ترین روشهایی است که در یک سیستم توصیه گر مبتنی بر محتوا به کار گرفته می‌شود.

از جمله مزایای این روش این است که برای ارائه یک پیشنهاد به کاربر هدف، به امتیاز سایر کاربران نیاز ندارد و سیستم قادر است با وجود تنها یک کاربر نیز پیشنهادها مناسبی را به او ارائه نماید. اما این سیستم‌ها با محدودیت‌هایی نیز مواجه هستند. به عنوان نمونه برای استخراج ویژگیهای هر آیتم، اطلاعات آیتم باید در قالبی باشد که کامپیوتر بتواند به صورت خودکار آن را تجزیه و تحلیل کند. در غیر این صورت ویژگی‌ها باید به صورت دستی وارد شود که از کارایی لازم برخوردار نیست و حتی در بعضی موارد عملاً غیر ممکن خواهد بود. برای مثال استخراج ویژگی‌های داده‌های چندرسانه‌ای، نظیر تصاویر گرافیکی جریان‌های صوتی و جریان‌های تصویری بسیار دشوار است و نیاز به تکنیک‌های پیشرفته جهت شناسایی این اسناد دارد. [۵]

### ۳-۱. سیستم‌های مبتنی بر پالایش گروهی

این تکنیک توصیه، تحت عنوان پالایش اجتماعی نیز شناخته می‌شود همان‌طور که در شکل نشان داده شده است اطلاعات با استفاده از توصیه‌های افراد مختلف پالایش می‌شود. این تکنیک بر اساس این ایده کار میکند که افرادی با ارزیابی آیتم‌های خاص یا علائق و ترجیحات مشابه در گذشته موافق بودند در آینده نیز موافق خواهند بود. بنابراین یک گروه یا یک همسایگی ایجاد میکنند در این سیستم‌ها بیشتر تمرکز بر روی شباهت بین کاربران است. شکل یک نمونه پالایش همکارانه برای توصیه مقاله را نشان میدهد. [۶]



شکل ۴: پالایش همکارانه برای توصیه کتاب

بنابراین توصیه‌های آیتم‌هایی که از قبل توسط کاربر امتیازدهی نشده‌اند، به او داده می‌شود، اما کاربرانی که در همسایگی او هستند، از قبل آن را به طور مثبت امتیازدهی کرده‌اند. بنابراین در این روش امتیاز آیتمی که هنوز توسط کاربر هدف دیده نشده است، بر اساس امتیاز سایر کاربران مشابه با او به دست می‌آید. برای تخمین امتیاز از ماتریسی تحت عنوان ماتریس کاربر - آیتم استفاده میشود که معمولاً ستون‌ها نشان‌دهنده‌ی آیتم‌ها و سطرها نشان‌دهنده‌ی کاربران است. درایه‌های این ماتریس امتیازی است که کاربران به آیتم‌ها داده



اند. برای مثال اگر کاربران را با مجموعه، آیتمها را با مجموعه ۱ و امتیازها را با R نمایش دهیم، Tut نشان دهنده امتیازی است که شخص uام به آیتم داده است. در زیر نمونه ای از این ماتریس داده شده است [۵،۶].

جدول (۲-۱) نمونه ای از ماتریس کاربر-آیتم در سیستم های پالایش گروهی

	I1	I2	I3	I4
U1	4	?	5	5
U2	4	2	1	?
U3	3	?	2	4
U4	4	4	?	5
U5	2	1	3	

سیستم ها توصیه گر گروهی لنز و رینگو جزء اولین سیستم های توصیه گر مبتنی بر فیلترینگ مشارکتی بودند. اساس کار سیستم گروهی لنز توصیه مقالات یوزنت بر اساس امتیاز کاربران بود که از ارتباطات بین کاربران به عنوان معیار شباهت استفاده کرده است. سیستم گروهی لنز توصیه مقاله در زمینه ی اخبار برای فروم های الکترونیکی یوزنت بود و این وظیفه را با به کارگیری دو سرویس رایگان برای یوزنت انجام میداد. اولین سرویس، به این صورت که در ابتدا کاربر با مطالعه و بررسی مقاله، امتیازدهی انجام میدهد و نظر این کاربر با نظرات کاربران سایر گروه مقایسه میشود و در نتیجه کاربر با نظرات موافق و مخالف با خود مطابقت داده میشود. [۷]

در ادامه سیستم توصیه گر اولویت کاربر هدف را بر اساس نظرات کاربران موافق تشخیص می دهد. سرویس دوم پیدا کردن میانگین پیش بینی است. با توجه به محدودیت مقایسه ی نظر کاربر برای هر فروم در محیط، یوزنت سیستم توصیه گر رینگو برای حل این مشکل ارائه شد. تکنیک پالایش گروهی به دو دسته طبقه بندی می شوند:

- مبتنی بر کاربر
- مبتنی بر آیتم

### ۳-۳. پالایش گروهی مبتنی بر کاربر

در این روش کاربران هدایت کنندگان اصلی برای انجام وظیفه مربوطه میباشند. اگر اکثریت خاصی (معینی از افراد) علائق مشابهی را به اشتراک بگذارند، پس آنها در یک گروه تکین خوشه بندی میشوند. بنابراین توصیه ها به کاربر بر اساس ارزیابی آیتم ها توسط کاربران دیگر از دسته مشابه که او با آنها علائق یا ترجیحات را به اشتراک گذاشته، شکل می گیرد. بر این اساس، آیتم هایی که از قبل توسط کاربر امتیازدهی شده اند یک نقش حیاتی در رویکرد مبتنی بر کاربر در تعیین محل گروه ای که علائق را با او به اشتراک گذاشته دارد. [۸]

به عنوان مثال در جدول ۲۳ کاربر ۱ با کاربر ۳ مرتبط است به دلیل این که رده بندی ارائه شده توسط کاربر ۳ شبیه کاربر ۱ میباشد به همین دلیل است که آیتم ۳ به کاربر ۱ توصیه می شود.

جدول (۲-۲) پالایش گروهی مبتنی بر کاربر

	I1	I2	I3	I4
U1	پسندیدن	نپسندیدن	؟	نپسندیدن
U2	نپسندیدن	نپسندیدن	پسندیدن	پسندیدن
U3	پسندیدن	پسندیدن	پسندیدن	نپسندیدن

بنابراین این رویکرد مبتنی بر یافتن همسایه های یک کاربر فعال و یا یک کاربر جدید برای پیش بینی ترجیحات او در مورد یک آیتم جدید است در اینجا تکنیک پالایش گروهی مبتنی بر نزدیکترین همسایه برای پیش بینی ترجیحات برای کاربر فعال می باشد. تکنیک های مختلفی مانند فاصله هندسی، فاصله میکوفسکی، همبستگی پیرسون و معیار شباهت کسینوسی، برای یافتن شباهت یا فاصله بین کاربران یا آیتم ها وجود دارند [۹].

### ۳-۴. پالایش گروهی مبتنی بر آیتم

در پالایش گروهی مبتنی بر آیتم سعی میشود با توجه به امتیازی که کاربران به آیتم های مختلف داده اند، شباهت بین کالاها محاسبه شود. در این سیستم ها آیتم هایی که کاربر به آنها امتیاز مشابه داده است به عنوان آیتم های شبیه به هم در نظر گرفته می شوند و هنگام تخمین امتیاز برای آیتمی که کاربر هدف آن را مشاهده نکرده است از امتیاز کاربر هدف به سایر آیتم های مشابه با آیتم مورد نظر استفاده میشود [۱۰]. به عنوان مثال در جدول ۴-۲، آیتم ۳ مرتب است. به دلیل اینکه آنها امتیازدهی نسبتاً مشابهی دارند. بنابراین کاربری که آیتم را دوست داشته باشد، ممکن است به آیتم ۳ نیز علاقه مند باشد. در همین راستا آیتم به کاربر ۱ توصیه می شود [۱۱].

جدول (۳-۲) پالایش گروهی مبتنی بر آیتم

	I1	I2	I3	I4
U1	پسندیدن	نپسندیدن	؟	نپسندیدن
U2	نپسندیدن	نپسندیدن	نپسندیدن	پسندیدن
U3	پسندیدن	پسندیدن	پسندیدن	نپسندیدن
U4	پسندیدن	نپسندیدن	پسندیدن	پسندیدن

### ۳-۵. سیستم های توصیه گر ترکیبی

این سیستم ها از ترکیب دو تکنیک ذکر شده یعنی تکنیک مبتنی بر محتوا به همراه پالایش گروهی استفاده میکنند که میتواند در برخی مواقع مؤثرتر عمل کند. بنابراین، هیچ سیستم توصیه گر تنهایی یافت نمیشود که برای تولید ترجیحات توصیه مرتبط و دقیق، به اندازه کافی کارآمد باشد [۱۲].

#### ۴. چالش‌ها و مسائل سیستم‌های توصیه‌گر

سیستم‌های توصیه‌گر به طور گسترده‌ای برای تولید توصیه‌ها با استفاده از تکنیک‌های توصیه‌مختلف در حوزه‌های کاربردی مختلف استفاده می‌شوند و این چالش‌های زیادی را مورد توجه قرار می‌دهد. حوزه‌های تحقیقاتی بر روی حل مشکلات ذکر شده در پایین تأکید میکنند.

#### ۴-۱. مسئله شروع سرد

مسئله شروع سرد که تحت عنوان مسئله کاربر جدید و یا مسئله آیتم جدید شناخته می‌شود، که نوع خاصی از مشکل پراکندگی است. این مشکل در صورتی که یک کاربر یا آیتم جدید هیچ امتیازی نداشته باشد، رخ میدهد [۱۳].

به دلیل عدم حضور سابقه خرید یا اطلاعات امتیاز بندی یک کاربر یا آیتم جدید، این مسئله تبدیل به یک وظیفه چالش برانگیز برای موتورهای توصیه‌گر به منظور ارائه توصیه‌های مناسب برای کاربران جدید و همچنین آیتم جدید میشود. همان طور که گفته شد یکی از مهمترین مشکلاتی که سیستم‌های پیشنهاددهنده مبتنی بر CF با آن مواجه هستند، مسئله شروع سرد است. شروع سرد کاربران جدید به کاربرانی گفته می‌شود که برای سیستم جدید هستند و نمایه‌شان خالی است و رتبه‌های خیلی کمی از آنها در سیستم ثبت شده است.

برای کاربرانی که شروع سرد دارند و در سیستم سوابق نرخ دهی زیادی از آنها در دسترس نیست از تکنیک مبتنی بر محتوا و یا تکنیک ترکیبی استفاده می‌شود. اما برای کاربرانی که سوابق نرخ دهی آنها در سیستم در دسترس است از تکنیک پالایش مشارکتی استفاده می‌شود.

مشکل شروع سرد زمانی ایجاد میشود که به منظور ارائه پیشنهاد، اطلاعات لازم و کافی در سیستم وجود نداشته باشد. این حالت ممکن است به یکی از دلایل زیر رخ دهد [۱۴]:

- شروع کار سیستم پیشنهاددهنده راهکاری که در چنین حالتی پیشنهاد میشود این است سیستم که با استفاده از روش‌های مناسب کاربران را تشویق به دادن رأی به آیتم‌ها نماید و زمانی اقدام به پیشنهاد به کاربر کند که به اندازه کافی اطلاعات جمع‌آوری شده باشد.
- ورود کاربر جدید به سیستم مهمترین مشکل برای سیستم‌های پیشنهاددهنده مبتنی بر پالایش گروهی زمانی است که کاربر جدید وارد سیستم می‌شود. در این صورت اطلاعات کافی در مورد آیتم‌ها وجود دارد اما از آنجا که کاربر جدیدالورود هنوز به آیتمی رأی نداده است نمیتوان از روش‌های معمول مورد استفاده در پالایش گروهی استفاده نمود [۱۵].
- ورود آیتم جدید به سیستم: زمانی که آیتم جدید وارد سیستم می‌شود هیچ گونه امتیازدهی برای آن در نظر گرفته نشده است.

برای حل چنین مشکلی در سیستم پالایش گروهی عموماً پالایش گروهی را با دیگر روش‌های رایج در سیستم‌های پیشنهاددهنده ترکیب میکنند و یک سیستم ترکیبی را می‌سازند.

عموماً آیتم‌های جدید دارای هیچ امتیازی نمیباشند. بر همین اساس در لیست پیشنهادها هرگز آورده نمی‌شود و از دیدگاه کاربران نیز پنهان میمانند این مسئله باعث میشود که در آینده نیز به آنها هیچ امتیازی داده نشود. البته این مسئله در سیستم‌های توصیه‌گر از اهمیت بالایی برخوردار نیست و میتوان بر اساس روش‌ها و ابزارهای دیگری این آیتم‌ها را به کاربران نشان داد تا به آنها رأی دهند.

به دلیل مشکلات سرد و پراکندگی داده‌ها عموماً سیستم‌های مبتنی بر پالایش گروهی را به صورت ترکیبی با سایر راه‌کارها به کار می‌برند تا از مزایای آنها بهره‌مند شده و در عین حال معایب آن را نیز برطرف نمایند به عنوان مثال یکی از راه‌کارهایی که پیشنهاد شده است پیاده‌سازی استفاده از برجسب زدن در یک سیستم مبتنی بر پالایش گروهی است تا بتوان سلاقی کاربران را شناخت و آیت‌ها را بر اساس تمایلات کاربران دسته‌بندی نمود. یکی دیگر از راه‌های مقابله با مشکلات ذکر شده استفاده از تکنیک‌های خوشه‌بندی می‌باشد که عموماً برای حل مشکل سرد به کار گرفته می‌شود. در این روش میتوان آیت‌ها یا کاربران یا هر دوی آنها را خوشه‌بندی کرد این تکنیک‌ها علاوه بر برطرف کردن مشکل ذکر شده باعث بهبود کارایی سیستم پیشنهاددهنده نیز می‌گردند [۱۴].

#### ۴-۲. مقیاس پذیری

با افزایش تعداد کاربران و آیت‌ها چندین مشکل مقیاس‌پذیری در الگوریتم‌های پالایش گروهی سنتی به وجود خواهد آمد. پردازش مقیاس‌بزرگی از داده‌ها برای یک سیستم توصیه‌گر معمولی بسیار کار دشواری است. به عنوان مثال آمازون بیش از ۲۰ میلیون آیت‌م را به بیش از ۲۲ میلیون کاربر پیشنهاد می‌دهد روش‌های مختلفی از جمله خوشه‌بندی، کاهش ابعاد و شبکه‌ی بیزین برای بهبود مشکل مقیاس‌پذیری ارائه شده است [۱۳].

#### ۴-۳. تنگ بودن داده‌ها

وجود حجم عظیمی از داده‌ها در مورد اقلام موجود در دسته‌ها و همچنین عدم تمایل کاربران به رتبه‌بندی اقلام باعث به وجود آمدن پراکندگی در ماتریس می‌شود، که این امر به ارائه‌ی پیشنهاداتی با دقت کمتر و نامناسب منجر می‌گردد.

این مشکل به این دلیل رخ می‌دهد که اطلاعات کافی برای جستجوی کاربران به طریقی مشابه با کاربر جدید وجود ندارد یک کاربر جدید یک سابقه‌ی اخیر از امتیازها و خریدها ندارد. بنابراین توصیه‌ی آیت‌م جدید به او دشوار می‌شود اگر امتیازدهی توسط کاربران در مقایسه با تعداد آیت‌م‌ها خیلی کوچک باشد این امر منجر به کاهش در مسئله‌ی واگرایی شده که این نیز منجر به دشوار شدن ایجاد توصیه‌ها می‌شود.

برای مقابله با این مشکل رویکردهای متعددی از جمله مدل توصیه‌ی چند بعدی، روش‌های SVD و الگوریتم‌های CF تقویت شده با محتوا می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

#### ۴-۴. حملات شیلینگ

در سیستم‌های توصیه‌گر این امکان نیز وجود دارد که کاربران توصیه‌های متعصبانه‌ای به خاطر دارایی‌های خود بدهند و همچنین توصیه‌های منفی برای آیت‌م‌های رقبای خود بدهند. چنین حملاتی می‌توانند باعث ایجاد عدم اعتماد به سیستم توصیه‌گر شوند و همچنین عملکرد و کیفیت پیشنهادها را نیز کاهش دهند. این تنوع حملات در روش‌های پالایش گروهی بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد، اما تهدید کمتری را برای سیستم‌های پالایش گروهی مبتنی بر آیت‌م ایجاد می‌کند.

#### ۴-۵. مسئله گوسفند خاکستری

گوسفند خاکستری به آن دسته از کاربرانی اشاره دارد که دیدگاه آنها به صورت مداوم با هر خوشه افراد، موافق یا مخالف نیستند و هیچ منفعتی از سیستم پالایش گروهی نمی‌برند. سیستم‌های مبتنی بر محتوا می‌توانند این مسئله را با استخراج نمایه کاربر و محتوای آیت‌م برطرف کنند.

#### ۴-۶. تخصصی سازی بیش از حد

تحلیل محتوای محدود منجر به تخصصی سازی بیش از حد در سیستم های توصیه گر می شود. این سیستم ها آیتم هایی را توصیه می کنند که به نمایه کاربر بسیار نزدیک هستند اما اقلام جدید و غیر منتظره را توصیه نمی کنند.

#### ۴-۷. حریم خصوصی

یکی دیگر از چالش های سیستم های توصیه گر مسئله حریم خصوصی است. سیستم های توصیه گر برای ارائه توصیه آیتم های مطابق با سلیق کاربران باید اطلاعات بیشتری را در مورد کاربر بدانند، اما ممکن است مسائل مربوط به حریم خصوصی و امنیت داده ها را به وجود آورد. کاربران تمایلی ندارند که اطلاعات شخصی خود را در اختیار سیستم های توصیه گر بگذارند. بنابراین یک سیستم توصیه گر باید اعتماد کاربران خود را به دست آورد؛ با این حال سیستم های توصیه گر پالایش گروهی بیشتر از دیگر سیستم های توصیه گر با چنین مسائلی روبرو هستند.

#### ۵. مزایا و کاربردهای سیستم های توصیه گر

برخی از مهم ترین مزایای استفاده از سیستم های توصیه گر به شرح زیر می باشد:

- ✓ مبتنی بودن بر اطلاعات زنده و واقعی: مهمترین مزیت سیستم های توصیه گر این است که اساس فعالیت کاربران و گردآوری رفتار و سلیق آنها عمل می کند. به این ترتیب پیشنهاد آنها بر اساس حدس و گمان نمی باشد.
- ✓ عالی برای اکتشاف: فضای جدید کاربران با استفاده از سیستم های توصیه گر می توانند به فیلم ها، تصاویر و هر نوع مطلبی دست بیابند که در حالت عادی شاید هرگز به نداشتند. به این ترتیب افق کاربری کاربران در وب گسترش می یابد و آنها دسترسی به جای اتلاف وقت و انرژی برای جستجوی کور و تصادفی در جستجوگرهای وب وقتشان را صرف استفاده از مطالب جدید خواهند کرد.
- ✓ تنظیم شده با خصوصیت های فردی کاربر: کاربران توصیه دوستان نزدیک و اعضای خانواده شان را به دلیل شناخت عمیقی که دارند جدی میگیرند. زیرا نظر آنها مبتنی بر شناختی است که از کاربران دارند به همین ترتیب کاربران میتوانند به پیشنهاد سیستم هایی که از خلق و خوی آنها آگاهی نسبی بیشتری دارند اطمینان بیشتری داشته باشند.
- ✓ به روز بودن: کاربران با استفاده از این نوع سیستم ها میتوانند از جدیدترین و به روزترین اخبار در زمینه های مورد علاقه شان باخبر شوند.
- ✓ کاهش نگهداری سازمانی در سیستم های پیشنهاد دهنده با توجه به این که کاربران اطلاعات را بر اساس سلیق خود شکل می دهند دست کاری و مدیریت اطلاعات و به روزرسانی آن توسط خود کاربران انجام میشود به این ترتیب هزینه نگهداری سازمان دهی وب گاه در مقایسه با وب گاه های سنتی بسیار کمتر است.

#### ۶. کاربردهای سیستم های توصیه گر

سیستم های توصیه گر کاربردهای فراوانی دارند که برخی از زمینه های کاربردی آن به شرح زیر است:

- تجارت الکترونیک برای توصیه محصولات و خدمات مختلف.
- اینترنت بنگاهی برای پیدا کردن افراد خبره در یک زمینه خاص یا افرادی که در رویارویی با شرایط مشابه تجاری کسب کرده و راه حلهایی یافته اند. درون سازمانی)



- کتابخانه دیجیتال برای پیدا کردن کتاب مقاله و اقلام دیجیتالی دیگر.
- کاربردهای پزشکی برای انتخاب پزشک متناسب با شرایط (مکان، نوع بیماری و (زمان) بیمار انتخاب دارو
- مدیریت ارتباط با مشتری برای ارائه راهکارهایی جهت حل مشکلات تولید کننده و مصرف کننده در زنجیره تأمین.

#### منابع

- [1] J. Latrech, Z. Kodia, and N. Ben Azzouna, "CoDFi-DL: a hybrid recommender system combining enhanced collaborative and demographic filtering based on deep learning," *The Journal of Supercomputing*, pp. 1-23, 2023.
- [2] S. G. K. Patro, B. K. Mishra, S. K. Panda, R. Kumar, H. V. Long, and D. Taniar, "Cold start aware hybrid recommender system approach for E-commerce users," *Soft Computing*, vol. 27, no. 4, pp. 2071-2091, 2023.
- [3] Y. Mu and Y. Wu, "Multimodal movie recommendation system using deep learning," *Mathematics*, vol. 11, no. 4, p. 895, 2023.
- [4] M. Vahidi Farashah, A. Etebarian, R. Azmi, and R. Ebrahimzadeh Dastjerdi, "A hybrid recommender system based-on link prediction for movie baskets analysis," *Journal of Big Data*, vol. 8, pp. 1-24, 2021.
- [5] Z. Movafegh and A. Rezapour, "Improving collaborative recommender system using hybrid clustering and optimized singular value decomposition," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 126, p. 107109, 2023.
- [6] Y. Afoudi, M. Lazaar, and M. Al Achhab, "Hybrid recommendation system combined content-based filtering and collaborative prediction using artificial neural network," *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 113, p. 102375, 2021.
- [7] R. Kiran, P. Kumar, and B. Bhasker, "DNNRec: A novel deep learning based hybrid recommender system," *Expert Systems with Applications*, vol. 144, p. 113054, 2020.
- [8] M. Li, Y. Li, W. Lou, and L. Chen, "A hybrid recommendation system for Q&A documents," *Expert systems with applications*, vol. 144, p. 113088, 2020.
- [9] A. Yassine, L. Mohamed, and M. Al Achhab, "Intelligent recommender system based on unsupervised machine learning and demographic attributes," *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 107, p. 102198, 2021.
- [10] S. Solorio-Fernández, J. A. Carrasco-Ochoa, and J. F. Martínez-Trinidad, "A review of unsupervised feature selection methods," *Artificial Intelligence Review*, vol. 53, no. 2, pp. 907-948, 2020.
- [11] H. Das, S. Prajapati, M. K. Gourisaria, R. M. Pattanayak, A. Alameen, and M. Kolhar, "Feature Selection Using Golden Jackal Optimization for Software Fault Prediction," *Mathematics*, vol. 11, no. 11, p. 2438, 2023.
- [12] J. Linja, J. Hämmäläinen, P. Nieminen, and T. Kärkkäinen, "Feature selection for distance-based regression: An umbrella review and a one-shot wrapper," *Neurocomputing*, vol. 518, pp. 344-359, 2023.
- [13] A. L. Suárez-Cetrulo, D. Quintana, and A. Cervantes, "A survey on machine learning for recurring concept drifting data streams," *Expert Systems with Applications*, vol. 213, p. 118934, 2023.
- [14] Z. Huang, C. Yu, J. Ni, H. Liu, C. Zeng, and Y. Tang, "An efficient hybrid recommendation model with deep neural networks," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 137900-137912, 2019.
- [15] M. Gridach, "Hybrid deep neural networks for recommender systems," *Neurocomputing*, vol. 413, pp. 23-30, 2020.

## ارایه ساختار جدید اینورتر کلیدزنی خازنی ترکیبی ۱۳ سطحی با تعداد ادوات کم

حسین منصوریزاده<sup>۱</sup>، مجید حسین پور<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق-قدرت، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

<sup>۲</sup>دانشیار مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

[h.mansourizadeh@student.uma.ac.ir](mailto:h.mansourizadeh@student.uma.ac.ir)

### چکیده

در این مقاله یک اینورتر کلیدزنی خازنی ترکیبی با هدف کاهش تعداد اجزا و تحقق تعادل خودکار خازن‌ها پیشنهاد شده است. ساختار پیشنهادی ترکیبی از یک واحد کلیدزنی خازنی<sup>۱</sup> (SC) و ساختار خازن شناور<sup>۲</sup> (FC) است. مزایای قابل توجه ساختار پیشنهادی شامل کاهش تعداد ادوات، کنترل ساده و قابلیت افزایش ولتاژ است. برای تولید ۱۳ سطح از ده سویچ، یک دیود و تنها سه خازن استفاده می‌شود. ساختار پیشنهادی با داشتن ادوات کمتر در مقایسه با اینورترهای ۱۳ سطحی دیگر، نیاز به خازن با بیشینه ولتاژ کمتر و ادوات هدایتی کمتر دارد. خازن شناور استفاده شده در ساختار پیشنهادی به طور طبیعی می‌تواند در نصف ولتاژ DC ورودی (0.5Vdc) تعادل داشته باشد و عملکرد بدون حسگر را امکان‌پذیر می‌کند. بنابراین، به دنبال کنترل ساده در تعادل ولتاژ ذاتی خازن‌ها، این ساختار تنها به هفت سیگنال کلیدزنی نیاز دارد که منجر به کاهش هزینه کلی سیستم می‌شود. برای تحلیل عملکرد مدار، تعادل خودکار خازن‌ها و فرآیند شارژ و دشارژ آن‌ها معرفی شده است. پس از آن، مقایسه عددی با اینورترهای ۱۳ سطحی ارائه شده اخیر انجام شده است که مزایای کاهش ادوات فعال، کنترل ساده، مقرون‌به‌صرفه بودن و تلفات کم توان را نشان می‌دهد. در نهایت، برای تایید صحت عملکرد ساختار پیشنهادی، نتایج شبیه‌سازی ارائه شده است.

**واژه‌های کلیدی:** اینورتر چندسطحی، کلیدزنی خازنی، تقویت ولتاژ، تعادل خودکار، ادوات کم

<sup>۱</sup> Flying capacitor

<sup>۲</sup> Switched capacitor

<sup>۳</sup> Multi level inverter

<sup>۴</sup> Total harmonic distortion

## ۱. مقدمه

اخیراً، ظهور اینورترهای چندسطحی<sup>۳</sup> (MLIs) راه‌حل‌های گسترده‌ای را برای سیستم‌های تبدیل انرژی الکتریکی dc/ac ارائه کرده است [۱]. اینورترهای چندسطحی تغییراتی در سیستم قدرت ac ایجاد می‌کنند که شامل مزایای خروجی بهبود یافته با اعوجاج هارمونیک کل کم (THD)، کاهش تنش ولتاژ روی کلیدها، نیاز کمتر به فیلترها، تنش  $dv/dt$  کم و مدولاریته بالا است. این ویژگی‌ها این نوع اینورترها را برای کاربردهایی نظیر اتصال منابع انرژی تجدیدپذیر به شبکه، وسایل نقلیه الکتریکی و سایر تولیدات توزیع شده ac مناسب می‌سازد [۲].

اینورترهای متداول به سه دسته کلی شامل پل H آشاری (CHB)، نقطه خنثی مهارشده (NPC) و خازن‌های شناور (FCs) تقسیم می‌شوند. اینورترهای سنتی ذکر شده در برخی از تولیدات صنعتی کاربرد دارند. با این حال، ایراداتی برای این اینورترها وجود دارد. ساختار NPC و FC به دلیل عدم تعادل ولتاژ خازن به یک روش یا مدار کنترل کمکی نیاز دارد. در ضمن، چندین منبع ورودی برای ساختار CHB مورد نیاز است. همچنین ولتاژ خروجی اینورترهای متداول برابر یا کمتر از ولتاژ ورودی است. با این حال، ولتاژ منابع انرژی تجدیدپذیر، مانند آرایه‌های فتوولتائیک و پیل‌های سوختی، عمده‌تاً دارای سطح ولتاژ پایین است که باید به ولتاژ ac بالاتر تبدیل شود [۳].

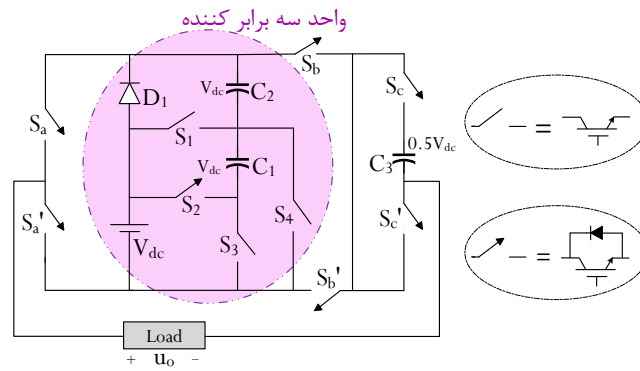
برای رفع ایرادات ساختارهای چندسطحی متداول، تحقیقات متنوعی انجام شده است. ساختار چندسطحی که نمی‌توان آنها را به اینورترهای سنتی نسبت داد، در مرجع [۴] گزارش شده است. در مقایسه با اینورترهای سنتی، این ساختارها می‌توانند سطوح ولتاژ بیشتری را با تعداد سوئیچ کمتر تولید کنند. حالت‌های سوئیچینگ اضافی برای متعادل کردن ولتاژ خازن‌ها بر اساس طرح تعادل کمکی انتخاب می‌شوند. با این حال، ناگزیر به حسگرهایی برای تشخیص ولتاژ/جریان نیاز دارد که هزینه سیستم و دشواری کنترل را افزایش می‌دهد. ساختار ۱۱ سطحی ارائه شده در مرجع [۵] دارای تعادل خودکار است و به ۱۲ سوئیچ و چهار خازن نیاز دارد. اینورترهای چندسطحی کلیدزنی خازنی (SCMLIs) ساختارهای غیرمغناطیسی هستند. وضعیت کار خازن توسط سوئیچ‌ها کنترل می‌شود تا تبدیل و انتقال انرژی الکتریکی انجام شود. در برخی از ساختارها تبدیل dc-ac با استفاده از مدار پل H انجام می‌شود، در حالی که سوئیچ‌ها در پل H باید حداکثر ولتاژ خروجی را تحمل کنند [۶]. ساختار مرجع [۷] دارای توانایی ذاتی تغییر قطبیت ولتاژ خروجی بدون نیاز به مازول پل H و کاهش تنش ولتاژ است. اینورتر ۱۳ سطحی کلیدزنی خازنی مورد بررسی در مرجع [۸] بیشینه تنش ولتاژ خازن مناسب و برابر یک سوم بیشینه ولتاژ خروجی داشته و ضریب افزایشی بالایی دارد. با این حال دارای تعداد ادوات زیاد است. در ساختار ۱۳ سطحی مرجع [۹] بیشینه ولتاژ خازن یک ششم بیشینه ولتاژ خروجی است، با این حال ادوات زیادی دارد. در ساختار مرجع [۱۰]، حداکثر تنش ولتاژ برابر با نصف بیشینه ولتاژ خروجی و ضریب افزایشی زیاد است اما تعداد ادوات و نیز حداکثر تنش ولتاژ خازن زیاد بوده و نیاز به خازن ولتاژ بالا دارد. همچنین با وجود تنش ولتاژ نصف بیشینه ولتاژ خروجی، این وضعیت برای ۸ سوئیچ وجود دارد که تعداد بالایی محسوب می‌شود. ساختار ۱۳ سطحی ارائه شده در مرجع [۱۲] حداکثر ولتاژ خازن یک ششم بیشینه ولتاژ خروجی بوده و به نه سیگنال کلیدزنی نیاز دارد. با این حال این ساختار به دو منبع ورودی نیاز داشته و همچنین تعداد ادوات آن زیاد است. در این مقاله ساختاری پیشنهاد شده است که تنها با ۱۰ سوئیچ و یک دیود و با ۳ خازن، ولتاژ ۱۳ سطحی در خروجی ایجاد می‌کند. ساختار پیشنهادی به سیگنال کنترلی کمی برای سوئیچ‌ها نیاز داشته و همچنین به خازن ولتاژ بالا نیاز ندارد. همچنین میانگین ادوات فعال در هر سطح ۴/۷ تجهیز است که از این حیث نیز مقدار بسیار پایینی بوده و تلفات هدایتی ادوات کلیدزنی مقدار کمی حاصل می‌شود.

## ۲. ساختار پیشنهادی

ساختار پیشنهادی مطابق شکل (۱) ارائه شده است که شامل ۱۰ سوئیچ ( $S_a, S_b, S_c, S_1-S_4$ )، دیود  $D_1$  و همچنین ۳ خازن ( $C_1-C_3$ ) می‌باشد که حداکثر ولتاژ خازن‌ها برابر یک سوم بیشینه ولتاژ خروجی است. این ساختار از یک بخش سه برابر کننده به همراه شاخه خازن



شناور تشکیل شده است که دارای ضریب بهره ۳ می‌باشد. خازن‌های  $C_1$  و  $C_2$  در ولتاژ منبع DC ورودی ( $V_{dc}$ ) شارژ می‌شوند و ولتاژ خازن  $C_3$  برابر با نصف ولتاژ منبع ورودی ( $0.5V_{dc}$ ) است.



شکل (۱). ساختار اینورتر ۱۳ سطحی پیشنهادی

در ساختار پیشنهادی برای کلیدزنی به ۷ سیگنال گیت نیاز است. کمترین تغییرات حالت سویچ مربوط به  $S'_b$  و  $S_b$  می‌باشد. بقیه سویچ‌ها نیز دارای تغییر حالت کمی هستند. مطابق حالات کلیدزنی فهرست شده در جدول (۱)، مقادیر "۱" و "۰" به ترتیب مربوط به حالت روشن و خاموش است. جدول (۲) تعداد ادواتی که به ازای هر سطح هدایت می‌کنند را نشان می‌دهد. مطابق جدول (۲) در ۳ سطح، چهار نیمه‌هادی و در ۱۰ سطح ۵ سویچ و دیود هدایت می‌کنند که در مقایسه با ساختارهای مشابه مقدار مناسبی است. تعداد ادوات روشن در هر سطح در میزان تلفات هدایتی تاثیر مستقیم دارد. جدول (۳) تعداد تغییر حالت کلیدها برای ایجاد سطح بعدی را نشان می‌دهد. این پارامتر در تلفات هدایتی تاثیر مستقیم می‌گذارد.

جدول (۱). منطق کلیدزنی برای تولید سطح مختلف در ساختار پیشنهادی

$S_4$	$S_3$	$S_2$	$S_1$	$S_c$	$S_b$	$S_a$	سطح
0	0	1	0	0	0	1	+3
0	0	1	0	1	0	1	+2.5
0	1	0	1	0	0	1	+2
0	1	0	1	1	0	1	+1.5
1	0	0	0	0	0	1	+1
1	0	0	0	1	0	1	+0.5
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	-0.5
1	0	0	0	0	1	0	-1
1	0	0	0	1	1	0	-1.5
0	1	0	1	0	1	0	-2
0	1	0	1	1	1	0	-2.5
0	0	1	0	0	1	0	-3

جدول (۲). ادوات هدایتی فعال در طول ایجاد سطوح

حالت	ادوات فعال	سطح
1	$S_c', S_b', S_2, S_a$	$+3V_{dc}$
2	$S_c, S_b', S_2, S_a$	$+2.5V_{dc}$
3	$S_c', S_b', S_1, S_3, S_a$	$+2V_{dc}$
4	$S_c, S_b', S_1, S_3, S_a$	$+1.5V_{dc}$
5	$S_c', S_b', S_4, D_1, S_a$	$+V_{dc}$
6	$S_c, S_b', S_4, D_1, S_a$	$+0.5V_{dc}$
7	$S_c', S_b', D_1, S_4, S_a'$	0
8	$S_a, S_b, S_c, D_1, S_4$	$-0.5V_{dc}$
9	$S_a', S_b, S_c', S_4, D_1$	$-V_{dc}$
10	$S_a', S_b, S_c, S_4, D_1$	$-1.5V_{dc}$
11	$S_c', S_b, S_1, S_3, S_a'$	$-2V_{dc}$
12	$S_c, S_b, S_1, S_3, S_a'$	$-2.5V_{dc}$
13	$S_c', S_b, S_2, S_a'$	$-3V_{dc}$
Ave	4.3S 0.4D	

جدول (۳). تعداد تغییر حالات کلیدها برای تغییر سطح

تغییر سطح											
-3	-2.5	-2	-1.5	-1	-0.5	0	0.5	1	1.5	2	2.5
-2.5	-2	-1.5	-1	-0.5	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
4	1	3	1	2	3	2	1	3	1	4	1
تعداد تغییر حالت سویچ‌ها											

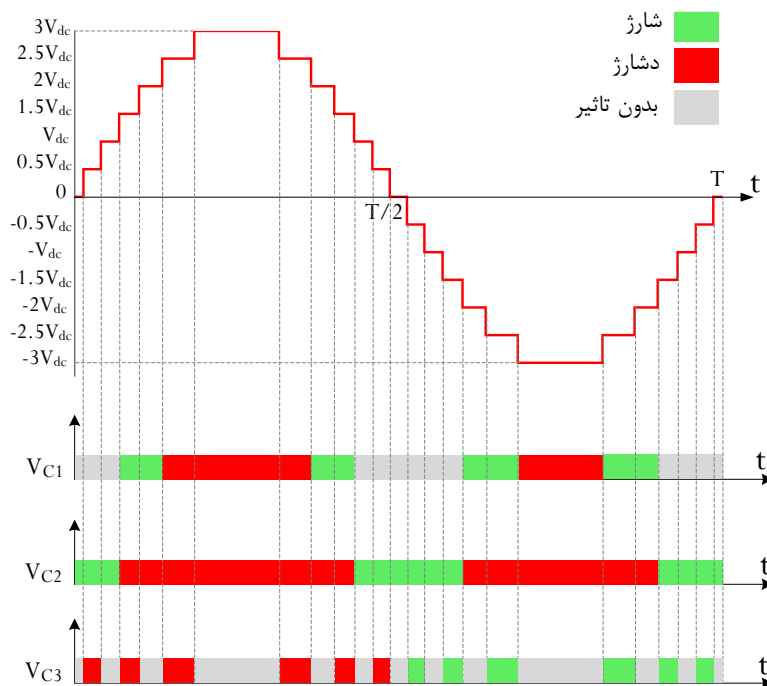
## ۲-۱. تعادل خازن‌ها

شکل (۲) و جدول (۴) الگوی شارژ و دشارژ خازن‌ها را نشان می‌دهد. تعادل خازن‌ها مطابق دوره شارژ و دشارژها به طور خودکار تضمین می‌شود. خازن  $C_3$  طی نیم‌تناوب مثبت شارژ می‌شود و در نیم‌تناوب منفی دشارژ می‌شود که مدت شارژ و دشارژ آن با هم برابر می‌باشد. این خازن ابتدا به مدار پیش شارژ متصل شده و تا در ولتاژ لازم شارژ شود. سپس می‌توان به سادگی از آن استفاده کرد.

جدول (۴). الگوی شارژ و دشارژ خازن‌ها

$C_3$	$C_2$	$C_1$	ادوات روشن برای شارژ خازن‌ها	سطح
N	D	D	-	+3
C	D	D	-	+2.5
N	D	C	$S_1, S_3$	+2
C	D	C	$S_1, S_3$	+1.5
N	C	N	$S_4, D_1$	+1
C	C	N	$S_4, D_1$	+0.5
N	C	N	$S_4, D_1$	0
D	C	N	$S_4, D_1$	-0.5
N	C	N	$S_4, D_1$	-1
D	C	N	$S_4, D_1$	-1.5
N	D	C	$S_1, S_3$	-2
D	D	C	$S_1, S_3$	-2.5
N	D	D	-	-3
			1S 0.5D	Ave

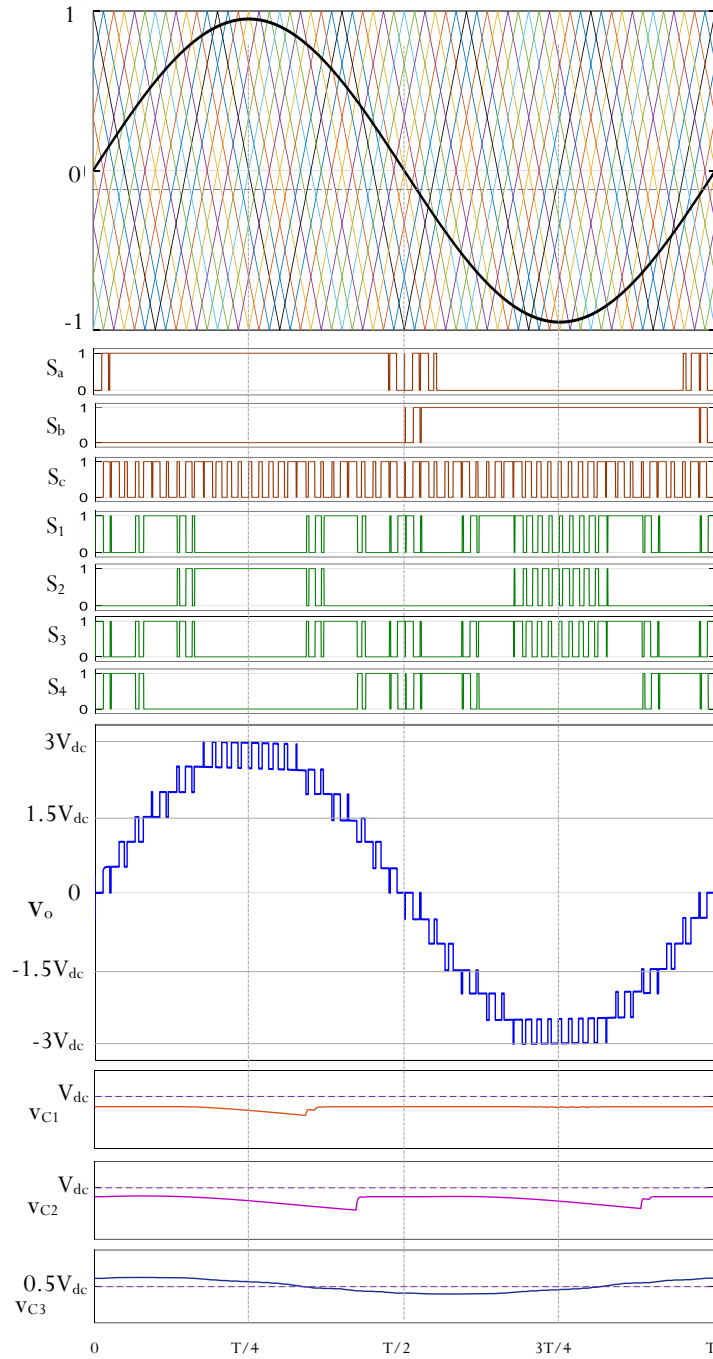
برای خازن‌های  $C_3$  و  $C_2$  با شارژ و دشارژ‌های برابر در هر دوره زمانی تعادل خودکار برقرار می‌شود. خازن  $C_3$  در سطوح  $+V_{dc}/2$ ،  $+3V_{dc}/2$  و  $+5V_{dc}/2$  شارژ می‌شود. برعکس، خازن  $C_2$  برای بارگذاری در سطوح  $-V_{dc}/2$ ،  $-3V_{dc}/2$  و  $-5V_{dc}/2$  دشارژ می‌شود. یعنی خازن شناور  $C_2$  در سیکل مثبت و سیکل منفی حالت‌های مخالف دارد. شکل (۲) نواحی شارژ و دشارژ خازن‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۲). الگوی شارژ و دشارژ خازن‌ها

## ۲-۲. مدلاسیون

برای ایجاد الگوی کلیدزنی برای اینورتر ۱۳ سطحی پیشنهادی، از تکنیک مدولاسیون عرض پالس سینوسی استفاده شده است. در اینورتر چندسطحی پیشنهادی، یک موج مرجع سینوسی با مقدار بیشینه واحد و ۱۲ حامل با روش ترکیبی شیفت فاز و شیفت سطح به طور مساوی بین سطوح +۶ و -۶ مطابق شکل (۳) استفاده شده است.



شکل (۳). مدلاسیون ساختار پیشنهادی

بر اساس طرح مدولاسیون پهنای پالس اصلاح شده، نحوه کلیدزنی و روشن و خاموش شدن ۷ سیگنال کنترلی سوئیچ‌های ۱۰ گانه اینورتر پیشنهادی در شکل (۳) نشان داده شده است. سیگنال‌های کنترل برای ایجاد حالت‌های دلخواه به دست می‌آیند. مطابق این شکل، سوئیچ  $S_a$  و  $S'_a$  و نیز  $S_b$  و  $S'_b$  کمترین تنش و همچنین سوئیچ  $S_c$  و  $S'_c$  در تنش کلیدزنی بیشتری نسبت به سایر سوئیچ‌ها قرار دارند.

### ۳. ارزیابی مقایسه‌ای

در این بخش، ساختار پیشنهادی با دیگر ساختارهای ارائه شده اخیر مقایسه شده است که نتایج مقایسه در جدول (۵) ارائه شده است. ساختارهای مراجع [۹] و [۱۱] دارای خازن با بیشینه ولتاژ یک ششم حداکثر ولتاژ خروجی هستند. با این حال نیازمند ۲ منبع DC هستند و همچنین تعداد ادوات زیادی دارند. ساختار مرجع [۸] نیازمند ۴ خازن بوده و همچنین تعداد سیگنال‌های کنترلی ادوات زیاد بوده و نیازمند فرآیند کنترلی سخت‌تر است. ساختارهای مراجع [۱۰] و [۱۴] دارای ضریب بهره ۶ بوده و تنش ولتاژ روی سوئیچ‌ها مناسب است؛ با این حال تعداد ادوات فعال در هر سطح نسبت به سایر ساختارها زیاد بوده و همچنین تعداد سوئیچ‌ها با بیشینه تنش ولتاژ برای ۸ یا ۹ سوئیچ است که تعداد زیادی می‌باشد. همچنین بیشینه ولتاژ خازن در ساختار مرجع [۱۴] برابر یک دوم حداکثر ولتاژ خروجی است. ساختار پیشنهادی دارای مزایای کمترین تعداد ادوات (سوئیچ، دیود، خازن) بوده و همچنین تعداد سیگنال کنترلی مجزا کمتر بوده و لذا اجرای کنترل ساده‌تر است. علاوه بر این دارای کمترین ادوات فعال در هر سطح می‌باشد که منجر به تلفات هدایتی کم می‌شود. حداکثر ولتاژ دو سر خازن‌ها نیز یک سوم بیشینه ولتاژ خروجی است و نیاز به خازن ولتاژ بالا ندارد. در جدول مقایسه شماره (۵) از یک تابع هزینه برای مقایسه ساختارها استفاده شده است که تابع هزینه مطابق رابطه (۱) تعریف می‌شود:

$$CF = (N_{SW} + N_{Dr} + N_{DD} + N_C + (\alpha TSV/B)) \times N_{DC}/N_{Level} \quad (1)$$

جدول (۵). ارزیابی مقایسه‌ای ساختار پیشنهادی با ساختارهای مشابه

CF $\alpha=0.5$	TCD <sub>av</sub>	V <sub>Cmax</sub> /V <sub>max</sub>	N <sub>MBV</sub>	TSV <sub>pu</sub>	MBV <sub>pu</sub>	B	N <sub>Co</sub>	N <sub>DC</sub>	N <sub>C</sub>	N <sub>Dr</sub>	N <sub>DD</sub>	N <sub>SW</sub>	ساختار
2.6	7.1	1/3	2	5.67	0.67	6	10	1	4	11	4	12	[8]
5.74	6.4	1/6	4	6.67	1	3	11	2	4	14	2	14	[9]
2.61	7.4	1/2	8	5.84	0.5	6	8	1	3	12	4	12	[10]
6.31	7.5	1/6	4	6	1	6	9	2	4	16	2	16	[11]
2.45	7.1	1/3	2	5.67	0.67	3	10	1	3	12	1	12	[12]
2.70	7.3	1/3	4	6.17	0.5	3	10	1	3	13	3	13	[13]
2.60	7.9	1/2	9	5.83	0.5	6	9	1	3	13	2	13	[14]
2.32	4.7	1/3	4	6.34	1	3	7	1	3	10	1	10	پیشنهادی

تعداد سوئیچ‌ها ( $N_{SW}$ ) - تعداد درایور ( $N_{Dr}$ ) - تعداد دیودها ( $N_{DD}$ ) - تعداد خازن‌ها ( $N_C$ ) - تعداد منابع ولتاژ ( $N_{DC}$ ) - تعداد سیگنال کنترل ( $N_{Co}$ ) - ضریب بهره ( $B$ ) - بیشینه تنش ولتاژ سوئیچ‌ها بر حسب پریونیت ( $MBV_{pu}$ ) - ولتاژ مسدودکنندگی کل بر حسب پریونیت ( $TSV_{pu}$ ) - تابع هزینه ( $CF$ )

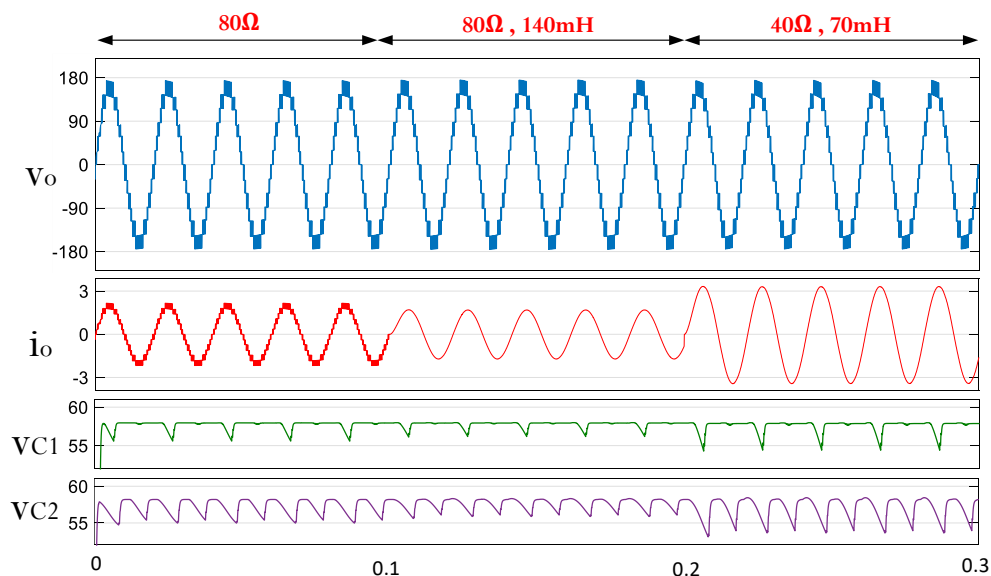
### ۴. نتایج شبیه‌سازی

به منظور بررسی صحت عملکرد اینورتر کلیدزنی خازنی ۱۳ سطحی پیشنهادی، شبیه‌سازی در شرایط عملکردی مختلف انجام شده است. مقادیر اینورتر تحت بررسی استفاده شده در شبیه‌سازی در جدول (۶) ارائه شده است.

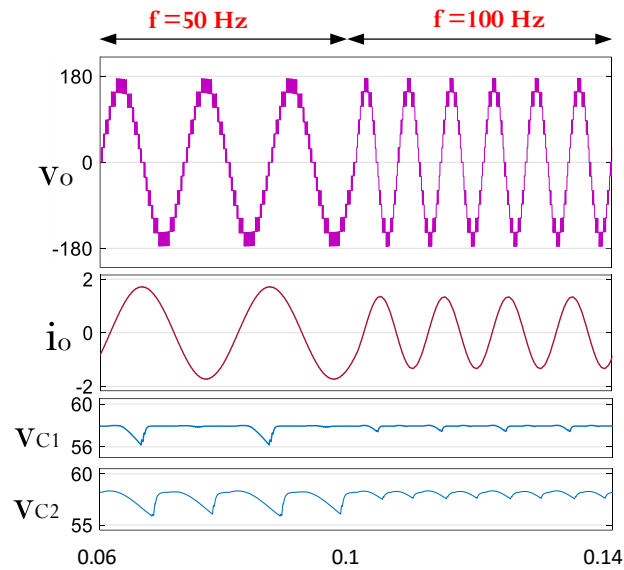
جدول (۶). پارامترهای ساختار

پارامترها	مقادیر
فرکانس اصلی	50 Hz
فرکانس سویچینگ	3 kHz
ولتاژ ورودی	60 V
اندیس مدلاسیون	0.9
خازن $C_2$ و $C_3$	2500 uF
خازن $C_3$	3300 uF
بار	80 $\Omega$ , 140 mH

شکل (۴) ولتاژ و جریان بار را برای حالت‌های مختلف امپدانس بار بررسی می‌کند. مطابق این شکل، اینورتر پیشنهادی ولتاژ ۱۳ سطحی با گام یکنواخت ۳۰ ولت تولید می‌کند که بیشینه ولتاژ خروجی به ۱۸۰ ولت می‌رسد. این امر، توانایی تقویت ولتاژ سه برابری اینورتر پیشنهادی را تأیید می‌کند. با تغییر پله‌ای بار اهمی-سلفی از مقدار  $80\Omega + 140mH$  به مقدار  $40\Omega + 70mH$ ، جریان بار متناسب با اندازه بار تغییر یافته است. شکل موج ولتاژ تولیدی با تغییر دینامیکی بار تغییر خاصی نکرده است. این امر نشان می‌دهد که قابلیت حفظ تعادل خودکار ولتاژ خازن‌ها در این ساختار وجود داشته و ولتاژ ۱۳ سطحی مطلوب همچنان تولید می‌شود. همچنین توانایی بارگذاری مقاومتی به اهمی-سلفی در اینورتر پیشنهادی در شکل (۴) با اعمال یک بار اهمی با مقدار  $80\Omega$  به بار اهمی-سلفی با اندازه  $80\Omega + 140mH$  نشان داده شده است. با توجه به نتایج ارائه شده در شکل (۴)، توانایی تقویت سه برابری، بارگذاری القایی، تعادل خودکار ولتاژ خازن‌ها و قابلیت تولید ولتاژ ۱۳ سطحی توسط اینورتر پیشنهادی تأیید می‌شود. مشاهده می‌شود که ریپل ولتاژ خازن‌ها نیز متناسب با معکوس مقدار امپدانس بار است و با افزایش آن ریپل کمتر می‌شود. شکل (۵) ولتاژ و جریان بار را برای فرکانس‌های مختلف بررسی می‌کند. همانطور که مشاهده می‌شود، با افزایش فرکانس مولفه اصلی ریپل ولتاژ خازن‌ها کاهش می‌یابد. همچنین مطابق این شکل، ساختار پیشنهادی قابلیت تغذیه بار با فرکانس‌های مختلف را دارا بوده و با تغییر دینامیکی فرکانس خروجی، عملکرد اینورتر دچار اختلال نمی‌شود.



شکل (۴). خروجی ولتاژ و جریان بار به همراه ولتاژ خازن‌ها با تغییر دینامیکی بارها



شکل (۵). خروجی ولتاژ و جریان بار به همراه ولتاژ خازن‌ها با تغییر دینامیکی فرکانس

#### ۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله یک اینورتر تک منبعی ۱۳ سطحی مبتنی بر کلیدزنی خازنی با بهره‌وری ولتاژ سه برابری ارائه شده است. این مبدل قادر است تعادل در ولتاژ خازن‌ها را در طول نیم سیکل مثبت و منفی ولتاژ خروجی حفظ کند. ساختار پیشنهادی دارای ادوات کمتر در مقایسه با اینورترهای ۱۳ سطحی دیگر بوده و همچنین به سیگنال کنترلی کمی برای سویچ‌ها نیاز داشته و به خازن ولتاژ بالا نیاز ندارد. تابع هزینه برای ساختار پیشنهادی مقدار کمتری حاصل شده و همچنین به تعداد سیگنال کنترلی کمتری نیاز دارد. کاهش تعداد ادوات هادی جریان در هر سطح، بیانگر تلفات کمتر و بهبود عملکرد ساختار پیشنهادی می‌باشد. در نهایت، استراتژی مدولاسیون و عملکرد ساختار پیشنهادی در محیط Matlab/Simulink مورد ارزیابی و شبیه‌سازی قرار گرفته است. نتایج به‌دست آمده کیفیت مناسب شکل موج‌های خروجی مبدل پیشنهادی را نشان می‌دهد که برای هر دو حالت پایدار و پویا، تحلیل نظری را تأیید کرده است.

#### منابع

- [1] Siddique, M.D., Mekhilef, S., Shah, N.M., Ali, J.S.M. and Blaabjerg, F., 2019. A new switched capacitor 7L inverter with triple voltage gain and low voltage stress. IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, 67(7), pp.1294-1298.
- [2] Kouro, S., Malinowski, M., Gopakumar, K., Pou, J., Franquelo, L.G., Wu, B., Rodriguez, J., Pérez, M.A. and Leon, J.I., 2010. Recent advances and industrial applications of multilevel converters. IEEE Transactions on industrial electronics, 57(8), pp.2553-2580.
- [3] Padmanaban, S., Blaabjerg, F., Wheeler, P., Ojo, J.O. and Ertas, A.H., 2017. High-voltage dc-dc converter topology for pv energy utilization—Investigation and implementation. Electric Power Components and Systems, 45(3), pp.221-232.
- [4] Sheng, W. and Ge, Q., 2017. A novel seven-level ANPC converter topology and its commutating strategies. IEEE Transactions on Power Electronics, 33(9), pp.7496-7509.
- [5] Lee, S.S., Lim, C.S. and Lee, K.B., 2019. Novel active-neutral-point-clamped inverters with improved voltage-boosting capability. IEEE Transactions on Power Electronics, 35(6), pp.5978-5986.



- [6] Liu, J., Wu, J., Zeng, J. and Guo, H., 2016. A novel nine-level inverter employing one voltage source and reduced components as high-frequency AC power source. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 32(4), pp.2939-2947.
- [7] Lee, S.S., 2018. Single-stage switched-capacitor module (S 3 CM) topology for cascaded multilevel inverter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33(10), pp.8204-8207.
- [8] Panda, K.P., Bana, P.R. and Panda, G., 2020. A reduced device count single DC hybrid switched-capacitor self-balanced inverter. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 68(3), pp.978-982.
- [9] Roy, T. and Sadhu, P.K., 2020. A step-up multilevel inverter topology using novel switched capacitor converters with reduced components. *IEEE Transactions on industrial electronics*, 68(1), pp.236-247.
- [10] Ye, Y., Zhang, G., Wang, X., Yi, Y. and Cheng, K.W.E., 2021. Self-balanced switched-capacitor thirteen-level inverters with reduced capacitors count. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 69(1), pp.1070-1076
- [11] Roy, T., Sadhu, P.K. and Dasgupta, A., 2019. Cross-switched multilevel inverter using novel switched capacitor converters. *IEEE transactions on industrial electronics*, 66(11), pp.8521-8532.
- [12] Bhatnagar, P., Singh, A.K., Gupta, K.K. and Siwakoti, Y.P., 2021. A switched-capacitors-based 13-level inverter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 37(1), pp.644-658.
- [13] Islam, S., Siddique, M.D., Iqbal, A. and Mekhilef, S., 2022. A 9-and 13-Level Switched-Capacitor-Based Multilevel Inverter With Enhanced Self-Balanced Capacitor Voltage Capability. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 10(6), pp.7225-7237.
- [14] Sandeep, N., 2020. A 13-level switched-capacitor-based boosting inverter. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 68(3), pp.998-1002.



## ارایه و تحلیل یک اینورتر ۱۷ سطحی جدید مبتنی بر کلیدزنی خازنی با بهره ۸ برابری و تعداد ادوات کم

حسین منصوری‌زاده<sup>۱</sup>، مجید حسین پور<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق-قدرت، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

<sup>۲</sup>دانشیار مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

[h.mansourizadeh@student.uma.ac.ir](mailto:h.mansourizadeh@student.uma.ac.ir)

### چکیده

به دلیل نیاز روزافزون به استفاده از انرژی سازگار با محیط زیست اینورترهای چندسطحی توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. اینورترهای چندسطحی در نتیجه پیشرفت سریع فناوری در زمینه کاربردهای ولتاژ بالا و توان بالا رایج و کارآمد شده‌اند. در این مقاله، طراحی و تحلیل یک اینورتر کلیدزنی خازنی ۱۷ سطحی تک‌فاز با بهره ۸ با قابلیت کاهش تعداد سوئیچ‌های الکترونیک قدرت ارائه شده است. اینورتر پیشنهادی از یک منبع ولتاژ dc، یک دیود، ۱۴ سویچ و سه خازن استفاده می‌کند. حالت‌های مختلف عملکرد ساختار پیشنهادی از جمله مدلاسیون با قابلیت تعادل خودکار ولتاژ خازن‌ها توضیح داده شده است. در مقایسه با اینورترهای چندسطحی تک ورودی قبلی، اینورتر پیشنهادی دارای تعداد ادوات نیمه‌هادی کمتر و مقدار کمتر بیشینه تنش ولتاژ بر سویچ‌ها و همچنین مقدار تابع هزینه کمتر است که ویژگی متمایز آن است. صحت عملکرد ساختار پیشنهادی از طریق شبیه‌سازی در شرایط مختلف پایدار و دینامیکی در محیط MATLAB/Simulink تأیید می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بیشینه ولتاژ معکوس (PIV)<sup>۱</sup>، کلیدزنی خازنی (SC)<sup>۲</sup>، اینورتر چندسطحی کلیدزنی خازنی (SC-MLI)، ساختار تک مرحله‌ای.

<sup>۱</sup> Peak inverse voltage

<sup>۲</sup> Switched capacitor

## ۱. مقدمه

اخیراً، اینورترهای چندسطحی (MLIs) به عنوان محبوب‌ترین و بالغ‌ترین فناوری برای سیستم تبدیل انرژی الکتریکی dc به ac شناخته شده‌اند که برای کاربردهای فتوولتائیک و درایو موتورهای الکتریکی، توربین‌های بادی، منابع تغذیه بدون وقفه (سیستم‌های UPS)، پیل‌های سوختی و غیره مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱]. با توجه به ویژگی‌های جذاب اینورترهای چندسطحی مانند اعوجاج هامونیک کل (THD) کم، کاهش تنش ولتاژ (dv/dt) و کاهش تلفات توان، این مبدل‌ها را نسبت به سایر مبدل‌های الکترونیک قدرت برتری می‌دهد. ساختارهای کلاسیک اینورتر چندسطحی عمدتاً شامل اینورترهای خازن شناور (FC)، نقطه خنثی مهارشده (NPC) و پل H آبشاری (CHB) [۲] هستند. برای تولید شکل موج ولتاژ خروجی با کیفیت بالا، تعداد سطوح ولتاژ باید افزایش یابد. افزایش تعداد سطوح ولتاژ با افزایش تعداد خازن‌ها در اینورترهای چندسطحی خازن شناور و استفاده از تعداد بیشتری از دیودها در NPC‌ها است. برای کاربردهای سطح ولتاژ بالا، اینورترهای چندسطحی نیاز به استفاده از تعداد بیشتر کلیدهای نیمه‌هادی قدرت و منبع ولتاژ dc دارند؛ در نتیجه پیچیدگی کنترل سیستم اینورتر افزایش می‌یابد. افزایش تنش ولتاژ در سویچ‌ها، بهینه بودن و به صرفه بودن سیستم را کاهش می‌دهد.

بسیاری از ساختارهای اینورتر چندسطحی مختلف مانند ساختار مرجع [۳] با هدف کاهش تعداد سوئیچ قدرت ارائه شده‌اند. یکی از روش‌های پرکاربرد برای ایجاد تعداد سطوح ولتاژ بیشتر با در نظر گرفتن کاهش تعداد سوئیچ‌های نیمه‌هادی، اینورترهای چندسطحی مبتنی بر کلیدزنی خازنی (SC) است [۴]. اینورترهای چندسطحی با قابلیت افزایش ذاتی ولتاژ خروجی برای کاربردهای با ولتاژ ورودی کم، مانند سلول فتوولتائیک، سلول‌های سوختی، یا باتری‌های وسایل نقلیه الکتریکی بسیار جذاب هستند [۵].

اخیراً تحقیقات متعددی جهت ارائه اینورتر چندسطحی کلیدزنی خازنی با تعداد سطوح ولتاژ بالاتر انجام شده است. در مرجع [۶] یک ساختار اینورتر نامتقارن ۱۳ سطحی با ده سوئیچ قدرت و چهار منبع dc ارائه شده است. اینورترهای چندسطحی نامتقارن دیگری که در مرجع [۷] بررسی شده است، ۱۳ سطح ولتاژ را با ۱۴ نیمه‌هادی و دو خازن تعادل خودکار بدون مدار اضافی و ۲ منبع ورودی dc نامتقارن با قابلیت ذاتی در تولید ولتاژ با قطبیت منفی بدون نیاز به مازول پل H تولید می‌کند. علیرغم استفاده مناسب از خازن‌ها در مرجع [۸]، تعداد سوئیچ‌های قدرت نیمه‌هادی در این ساختار زیاد است و بیشینه تنش ولتاژ برخی سویچ‌ها برابر بیشینه ولتاژ خروجی است که کاربرد آنها را برای کاربرد سطح ولتاژ بالا محدود می‌کند. به منظور حل این ایرادات، اخیراً یک اینورتر کلیدزنی خازنی ۱۳ سطحی با کاهش تعداد سویچ‌ها در مرجع [۹] با ضریب افزایشی ۶ در حالی که بیشینه ولتاژ معکوس در کلیدهای در سه برابر منبع dc ورودی محدود می‌شود، ارائه شده است. این مقاله یک اینورتر ۱۷ سطحی کلیدزنی خازنی را با ضریب افزایشی هشت برابری ارائه می‌کند. برخی از ویژگی‌های متمایز آن به شرح زیر است. (۱) تعداد مورد نیاز سویچ و دیود به ترتیب ۱۴ و ۱ عدد می‌باشد. (۲) فقط سه خازن مورد نیاز است که ذاتاً بدون استفاده از سنسورها یا تکنیک‌های کنترل پیچیده متعادل هستند. (۳) دو سوئیچ از ۱۴ سوئیچ فقط یک بار در هر نیم تناوب کلیدزنی می‌شوند که منجر به تلفات سوئیچینگ کمتر می‌شود. (۴) هیچ کدام از ادوات، بیشینه ولتاژ خروجی را تحمل نمی‌کنند و حداکثر تنش ولتاژ بر سویچ‌ها برابر نصف بیشینه ولتاژ خروجی است که قابلیت بهره‌برداری در ولتاژهای بالاتر و با عمر بیشتر سویچ‌ها را تضمین می‌کند.

ساختار پیشنهادی با اعمال مدلاسیون پهنای پالس ترکیبی در شرایط گذرا و حالت پایدار شبیه‌سازی شده است. یک تحلیل مقایسه‌ای کامل برای نشان دادن برتری ساختار پیشنهادی نسبت به سایر ساختارهای مشابه ارائه شده است.

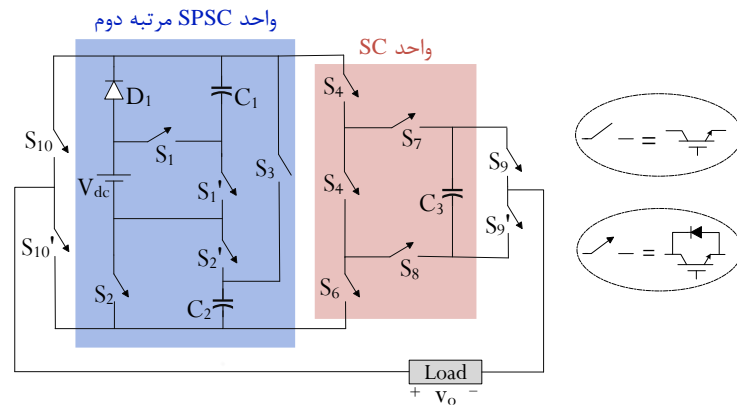
<sup>1</sup> Flying capacitor

<sup>2</sup> Neutral point clamped

<sup>3</sup> Cascad half bridge

## ۲. ساختار پیشنهادی

شکل (۱)، یک اینورتر ۱۷ سطحی کلیدزنی خازنی پیشنهادی را نشان می‌دهد که شامل ۱۴ سوئیچ قدرت  $S_1-S_{10}$ ،  $S_1'$ ،  $S_2'$ ،  $S_9'$  و  $S_{10}'$ ، با یک دیود  $D_1$  است. ولتاژ ورودی dc اینورتر برابر  $V_{dc} = V$  است، در حالی که ولتاژ خروجی اینورتر با بار  $V_o$  نشان داده شده است. بدون نیاز به سیستم کنترل اضافی، ولتاژ در  $C_1-C_3$  به ترتیب در ۱، ۲ و ۴ برابر ولتاژ ورودی نگه داشته می‌شود. همچنین با استفاده از روش اتصال سری/موازی، تعادل خودکار ولتاژ خازن‌ها به دست می‌آید. این ویژگی ساخت اینورتر پیشنهادی را آسان‌تر و هزینه کمتری دارد. سوئیچ‌های فعال و حالت‌های عملیاتی برای سطوح ولتاژ خروجی و حالت‌های کلیدزنی مختلف که فعال هستند و اثرات خازن در جدول (۱) فهرست شده‌اند. ورودی‌های "۱" و "۰" در جدول (۱) نشان‌دهنده روشن و خاموش بودن است.



شکل (۱). ساختار پیشنهادی

به دلیل ماهیت مکمل ۴ کلید از ۱۴ کلید، تنها ده سیگنال گیت باید ایجاد شود، که پیچیدگی کنترل مدار را کاهش می‌دهد.  $S_9$ ،  $S_9'$  و  $S_{10}'$  فقط باید یک بار در هر نیم تناوب مانند جدول (۱) تغییر وضعیت دهند. از این رو، تلفات توان حاصل حداقل بوده و تلفات توان کل به حداقل می‌رسد. علاوه بر این، سوئیچ‌های  $Q_7$  و  $Q_8$  کمترین تعداد انتقال سوئیچینگ را دارند.

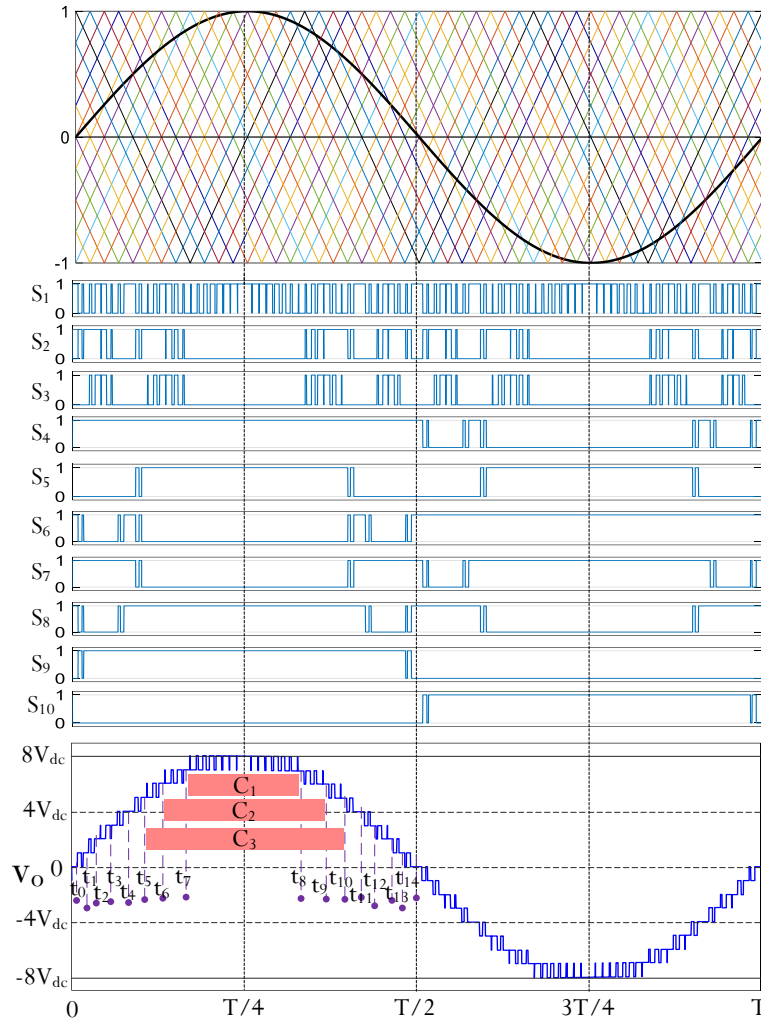
جدول (۱). حالات مختلف سوییچ‌ها و ادوات فعال در هر سطح

ادوات مسیر شارژ	کل ادوات فعال در هر سطح	C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	S <sub>10</sub>	S <sub>9</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	سطح
-	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , S <sub>4</sub> , S <sub>5</sub> , S <sub>8</sub> , S <sub>9</sub> , S <sub>10</sub> <sup>'</sup>	D	D	D	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	+8V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub> , S <sub>4</sub> , S <sub>5</sub> , S <sub>8</sub> , S <sub>9</sub> , S <sub>10</sub> <sup>'</sup>	D	D	C	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	+7V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> , S <sub>4</sub> , S <sub>5</sub> , S <sub>8</sub> , S <sub>9</sub> , S <sub>10</sub> <sup>'</sup>	D	C	D	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	+6V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , S <sub>2</sub> , D <sub>1</sub> , S <sub>4</sub> , S <sub>5</sub> , S <sub>8</sub> , S <sub>9</sub> , S <sub>10</sub> <sup>'</sup>	D	N	C	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	+5V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , S <sub>4</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>8</sub>	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , S <sub>4</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>8</sub> , S <sub>9</sub> , S <sub>10</sub> <sup>'</sup>	C	D	D	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	+4V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub> , S <sub>4</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>9</sub> , S <sub>10</sub> <sup>'</sup>	N	D	C	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	+3V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> , S <sub>4</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>9</sub> , S <sub>10</sub> <sup>'</sup>	N	C	D	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	+2V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , S <sub>2</sub> , D <sub>1</sub> , S <sub>4</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>9</sub> , S <sub>10</sub> <sup>'</sup>	N	N	C	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	+V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , S <sub>4</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>8</sub>	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , S <sub>4</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>9</sub> <sup>'</sup> , S <sub>10</sub> <sup>'</sup>	C	D	D	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , S <sub>2</sub> , D <sub>1</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>8</sub> , S <sub>9</sub> <sup>'</sup> , S <sub>10</sub>	N	N	C	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	-V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>8</sub> , S <sub>9</sub> <sup>'</sup> , S <sub>10</sub>	N	C	D	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	-2V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>8</sub> , S <sub>9</sub> <sup>'</sup> , S <sub>10</sub>	N	D	C	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	-3V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , S <sub>4</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>8</sub>	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , S <sub>6</sub> , S <sub>8</sub> , S <sub>9</sub> <sup>'</sup> , S <sub>10</sub>	C	D	D	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	-4V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , S <sub>2</sub> , D <sub>1</sub> , S <sub>5</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>9</sub> <sup>'</sup> , S <sub>10</sub>	D	N	C	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	-5V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> , S <sub>5</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>9</sub> <sup>'</sup> , S <sub>10</sub>	D	C	D	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	-6V <sub>dc</sub>
S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> <sup>'</sup> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , D <sub>1</sub> , S <sub>5</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>9</sub> <sup>'</sup> , S <sub>10</sub>	D	D	C	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	-7V <sub>dc</sub>
-	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> <sup>'</sup> , S <sub>5</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>7</sub> , S <sub>9</sub> <sup>'</sup> , S <sub>10</sub>	D	D	D	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	-8V <sub>dc</sub>

متعادل کردن ولتاژ خازن‌ها در اینوترهای چندسطحی معمولی یک چالش جدی است. در یک ساختار که از کلیدزنی خازنی استفاده می‌کند، می‌توان خازن‌ها را موازی با منبع ولتاژ dc شارژ کرد و همزمان خازن‌ها را به صورت سری با منبع ولتاژ dc یکسان دشارژ کرد. خازن‌ها به صورت متقارن در طول کل دوره عملیات کار می‌کنند که توسط ساختار مورد استفاده برای کار با این خازن‌ها تضمین می‌شود. عملکرد متقارن خازن اجازه می‌دهد تا ولتاژ خازن خودکار متعادل شود. خازن C<sub>3</sub> به صورت موازی وصل شده و در سطوح ولتاژ  $4V_{dc} \pm 0$  و ولتاژ  $4V_{dc}$  شارژ می‌شود. در طول  $\pm 2$ ،  $\pm 3$  و  $\pm 6$  برابر  $V_{dc}$ ، C<sub>1</sub> یا C<sub>2</sub> یا در حال دشارژ یا شارژ است، یعنی خازن به صورت سری یا موازی با منبع dc است، درحالی که C<sub>3</sub> در حالت غیرفعال است. دشارژ مداوم باعث ایجاد ریپل ولتاژ بیشتر در خازن C<sub>1</sub> می‌شود. با توجه به مرجع [۱۰]، ظرفیت خازن‌ها با حداکثر جریان و طولانی‌ترین زمان دشارژ تعیین می‌شود.

### ۳. مدلاسیون شیفت فاز اصلاح‌شده

سیگنال گیت با استفاده از مدلاسیون اصلاح‌شده ایجاد می‌شود. شازنده حامل فرکانس بالا موج مثلثی با مقدار موج مرجع سینوسی نشان داده شده در شکل ۳ مقایسه شده است. خروجی‌های این مقایسه‌کننده‌ها تحت منطق مناسبی قرار می‌گیرند که منجر به ایجاد سطح برای ولتاژ خروجی می‌شود. برای چنین حالتی، شاخص مدلاسیون به صورت  $M_I = V_{ref}/V_{cr}$  تعریف می‌شود، که در آن  $V_{ref}$  و  $V_{cr}$  به ترتیب دامنه سیگنال‌های حامل و مرجع هستند. نشانگرهای سطح حالت، سیگنال‌های گیت را پس از اعمال منطق مناسب تولید می‌کنند. به منظور دریافت سیگنال‌های گیت برای بقیه سوییچ‌ها، از یک روش مشابه استفاده می‌شود. بیشترین تغییر وضعیت مربوط به سوییچ‌های S<sub>1</sub><sup>'</sup> و S<sub>1</sub><sup>'</sup> و کمترین تغییر وضعیت برای ۴ سوییچ S<sub>9</sub><sup>'</sup>، S<sub>10</sub><sup>'</sup>، S<sub>9</sub><sup>'</sup> و S<sub>10</sub><sup>'</sup> می‌باشد. خروجی ولتاژ شامل ۱۷ سطح می‌باشد که بهره ۸ برابر ولتاژ ورودی  $V_{dc}$  را ارائه می‌کند. همچنین مدت زمان دشارژ پیوسته برای سه خازن ساختار با رنگ قرمز بر روی ولتاژ خروجی در شکل (۳) نشان داده شده است که جهت طراحی خازن یکی مولفه‌ی مهم است.



شکل (۳). مدلاسیون ساختار پیشنهادی

#### ۴. تعیین مقدار خازن

مطابق جدول (۱) می‌توان نتیجه گرفت که وقتی جریان بار  $I_L > 0$  یا  $I_L < 0$  باشد، خازن در هر تناوب دو بار شارژ می‌شود. این طراحی اینورتر پیشنهادی تضمین می‌کند که خازن در کوتاه‌ترین زمان شارژ می‌شود. زمان دشارژ ولتاژ خازن برای تولید سطوح مختلف ولتاژ استفاده می‌شود. اندازه خازن به عوامل زیادی از جمله حداکثر فاصله زمانی دشارژ، ریپل ولتاژ، فرکانس کاری و کاربرد اینورتر بستگی دارد. تنظیم ولتاژ باید به حداقل برسد تا نوسانات ولتاژ در طول شارژ-دشارژ خازن کاهش یابد. با این وجود، ۵ تا ۱۰ درصد برای ریپل ولتاژ خازن مجاز است. کاهش ریپل ولتاژ به منظور داشتن ولتاژ با کیفیت و ثابت در سرتاسر بار و کاهش تلفات توان، در نتیجه بهبود بازده مبدل قدرت طراحی شده بسیار مهم است. شارژ ذخیره شده در خازن را می‌توان به صورت (۱) بیان کرد:

$$Q_c = \int_{t_x}^{t_y} I_{o,max} \sin(2\pi f_o t) dt \quad (1)$$

که مقدار بار ذخیره شده در خازن را نشان می‌دهد، مطابق شکل (۳) زمان‌های  $t_x$  و  $t_y$  نشان دهنده بازه زمانی دشارژ خازن است،  $I_{o,max}$  حداکثر مقدار جریان بار است و  $f_o$  نشان دهنده فرکانس اصلی بار است. معادلات (۲)–(۴) بیشینه دوره دشارژ (MDP) یک خازن را برای یک بار مقاومتی خالص ( $R$ ) بیان می‌کند. معادله (۵) مقدار زمان را برای سطوح مختلف نشان می‌دهد تا ظرفیت خازنی را محاسبه کند:

$$Q_{c1} = \int_{t_7}^{t_8} I_{o,max} \sin(2\pi f_o t) dt \quad (۲)$$

$$Q_{c2} = \int_{t_6}^{t_9} I_{o,max} \sin(2\pi f_o t) dt \quad (۳)$$

$$Q_{c3} = \int_{t_4}^{t_{11}} I_{o,max} \sin(2\pi f_o t) dt \quad (۴)$$

$$t_0 = \frac{\sin^{-1} \frac{1}{16}}{2\pi f} \quad ; \quad t_1 = \frac{\sin^{-1} \frac{3}{16}}{2\pi f} \quad ; \quad t_2 = \frac{\sin^{-1} \frac{5}{16}}{2\pi f}$$

$$t_3 = \frac{\sin^{-1} \frac{7}{16}}{2\pi f} \quad ; \quad t_4 = \frac{\sin^{-1} \frac{9}{16}}{2\pi f} \quad ; \quad t_5 = \frac{\sin^{-1} \frac{11}{16}}{2\pi f} \quad (۵)$$

$$t_6 = \frac{\sin^{-1} \frac{13}{16}}{2\pi f} \quad ; \quad t_7 = \frac{\sin^{-1} \frac{15}{16}}{2\pi f} \quad ; \quad t_8 = \left(\frac{T}{2} - t_7\right)$$

$$t_9 = \left(\frac{T}{2} - t_6\right) \quad ; \quad t_{10} = \left(\frac{T}{2} - t_5\right) \quad ; \quad t_{11} = \left(\frac{T}{2} - t_4\right)$$

$T$  نشان دهنده کل دوره زمانی شکل موج ولتاژ خروجی و  $f$  نشان دهنده فرکانس سوئیچینگ است. طولانی‌ترین زمان دشارژ یک خازن در روابط (۶)–(۸) برای بارهای القایی برای  $C_1$ – $C_3$ ، به ترتیب آمده است. جایی که  $\alpha$  ضریب توان بار است، داده شده است. مقدار خازن توسط ریپل ولتاژ مجاز تعیین می‌شود که مطابق (۹) بیان می‌شود. همچنین  $\alpha$  برای سلول‌های پل  $H$  ایده‌آل و یکسان است.

$$Q_{c1} = \int_{t_7}^{t_8} I_{o,max} \sin(2\pi f_o t) dt \quad (۶)$$

$$Q_{c2} = \int_{t_6}^{t_9} I_{o,max} \sin(2\pi f_o t) dt \quad (۷)$$

$$Q_{c3} = \int_{t_4}^{t_{11}} I_{o,max} \sin(2\pi f_o t) dt \quad (۸)$$

$$C_{opt} \geq \frac{Q_c}{(\%V_{ripple}) \times V_{dc}} \quad (۹)$$

۵. ارزیابی مقایسه‌ای

جدول (۲) تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای بین ساختار پیشنهادی و ساختارهای اخیر است. دو طرح از ساختارهایی که در مورد بررسی قرار می‌گیرند، قادر به تولید ولتاژ ۱۷ سطحی و ۱۳ سطحی هستند. طبق جدول (۲)، ادوات مورد نیاز برای ارائه خروجی ۱۷ سطحی کمتر از مقدار مورد نیاز برای ساختارهای دیگر است. توابع هزینه به صورت (۱۰) و (۱۱) در مراجع بیان می‌شوند.

$$CF_1 = (N_{SW} + N_{Dr} + N_{DD} + N_C + (\alpha TSV/B)) \times N_{DC}/N_{Level} \quad (10)$$

$$CF_2 = (N_{SW} + N_{Dr} + N_{DD} + N_C + (\alpha TSV)) \times N_{DC}/N_{Level} \quad (11)$$

ساختارهای [۱۲] و [۱۴] و [۱۷] ضریب افزایشی بالایی دارند. ساختار [۱۲] دارای ۱۳ سطح خروجی می‌باشد و همچنین بیشینه تنش ولتاژ سوئیچ برابر بیشینه ولتاژ خروجی است که کاربرد برای ولتاژهای بالا را محدود می‌کند. همچنین ساختار [۱۴] ایراد تعداد ادوات زیاد را دارد. ساختار [۱۷] مجموع سطح ولتاژ خازن‌ها و تعداد خازن با بیشینه سطح ولتاژ بیشتری لازم دارد. ساختارهای [۱۱] و [۱۳] نیز بیشینه تنش ولتاژ سوئیچ بالاتری از ساختار پیشنهادی دارند. همچنین بهره پایین‌تر و خازن بیشتری نیاز دارند. ساختار [۱۵] و [۱۶] بهره ۲ برابری دارند که مقداری پایین است. ساختار [۱۵] تعداد خازن با سطح ولتاژ بالای زیادی لازم دارد و ساختار [۱۶] بیشینه ولتاژ سوئیچ بالایی دارد. ساختار پیشنهادی با ادوات کم و بهره ۸ برابری و همچنین بیشینه ولتاژ ادوات برابر نصف حداکثر ولتاژ خروجی و مجموع ولتاژ خازن‌های کمینه و تابع هزینه مناسب نشان‌دهنده مزایای این ساختار می‌باشد.

جدول (۲). ارزیابی مقایسه‌ای

CF <sub>2</sub> /B (α=0.5)	CF <sub>1</sub> (α=1.5)	CF <sub>1</sub> (α=0.5)	TSV <sub>pu</sub>	N <sub>Cmax</sub>	TCV <sub>pu</sub>	MBV <sub>pu</sub>	B	N <sub>DC</sub>	N <sub>C</sub>	N <sub>D</sub>	N <sub>S</sub>	N <sub>L</sub>	ساختار
1.121	3.36	2.96	5.17	2	1	0.66	3	1	4	0	16	13	[11]
0.647	3.13	2.63	6.5	1	0.833	1	6	1	3	2	13	13	[12]
0.985	2.95	2.62	4.3	2	1	0.66	3	1	4	4	12	13	[13]
0.534	3.77	3.57	3.43	7	0.875	0.5	8	1	7	0	26	17	[14]
1.242	2.68	2.30	6.25	2	0.75	0.5	2	1	4	6	13	17	[15]
1.050	2.21	1.88	5.75	2	1.75	1	2	1	6	4	10	17	[16]
0.423	2.48	2.12	6.13	2	1.125	0.5	8	1	4	5	12	17	[17]
0.397	2.36	2.04	5.5	1	0.875	0.5	8	1	3	1	14	17	پیشنهادی

تعداد سطوح (N<sub>L</sub>) - تعداد سوئیچ‌ها (N<sub>S</sub>) - تعداد دیودها (N<sub>D</sub>) - تعداد خازن‌ها (N<sub>C</sub>) - تعداد منابع ولتاژ (N<sub>DC</sub>) - ضریب بهره (B) - بیشینه تنش ولتاژ سوئیچ‌ها بر حسب پریونیت (MBV<sub>pu</sub>) - مجموع ولتاژ خازن‌های ساختار بر حسب پریونیت (TCV<sub>pu</sub>) - تعداد خازن‌ها با تنش ولتاژ بالا (N<sub>Cmax</sub>) - ولتاژ مسدودکنندگی کل بر حسب پریونیت (TSV<sub>pu</sub>) - تابع هزینه (CF)

## ۶. نتایج شبیه‌سازی

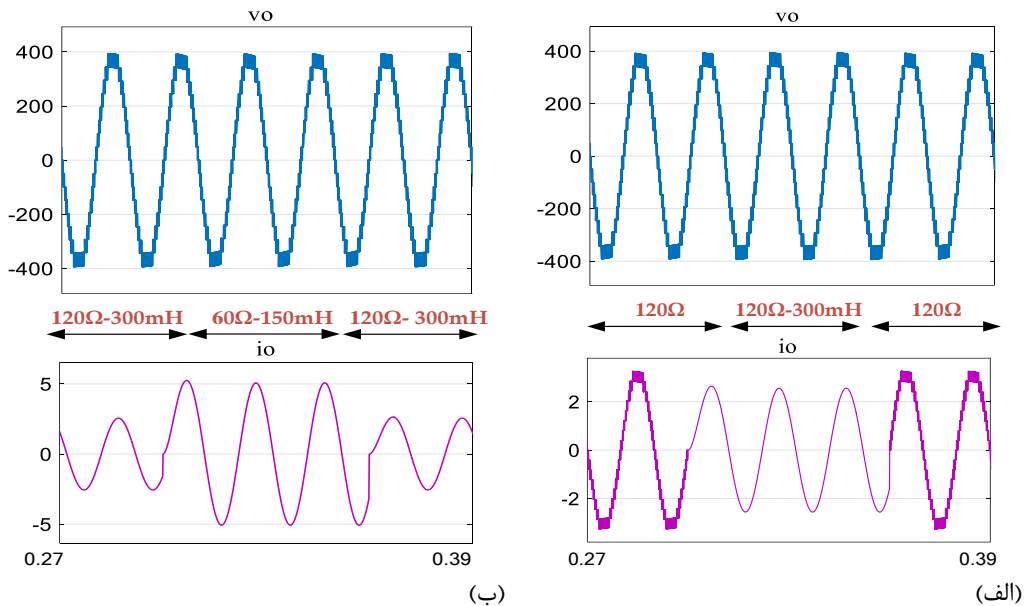
برای ارزیابی عملکرد ساختار پیشنهادی، در معرض موقعیت‌های مختلفی قرار می‌گیرد. شبیه‌سازی ساختار پیشنهادی در محیط MATLAB/Simulink انجام شده است. جدول (۳) مشخصات اجزای مورد استفاده در شبیه‌سازی را فهرست می‌کند.

جدول (۳). پارامترهای ساختار

مقادیر	پارامترها
50 Hz	فرکانس اصلی
12 kHz	فرکانس سویچینگ
50 V	ولتاژ ورودی
0.6 , 1	اندیس مدلاسیون
1600 uF	خازن $C_1$
2500 uF	خازن $C_1$
3300 uF	خازن $C_1$
120 $\Omega$ , 300 mH	بار

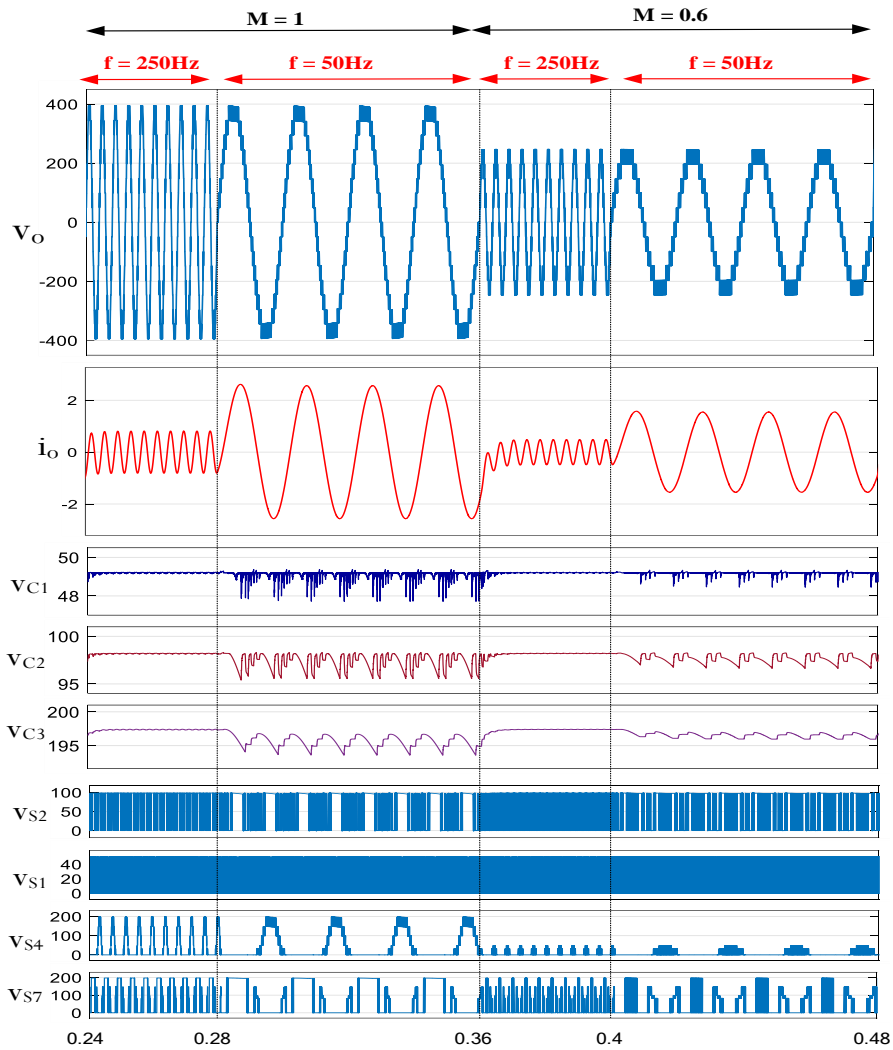
شکل (۴) ولتاژ و جریان خروجی برای بارهای دینامیکی را نشان می‌دهد. بیشینه ولتاژ خروجی ۴۰۰ ولت بوده و بهره ۸ برابری و همچنین ۱۷ سطح ولتاژ خروجی موید عملکرد صحیح ساختار می‌باشد. برای (۴)-الف بار از اهمی به اهمی-سلفی و سپس دوباره اهمی می‌شود و برای (۴)-ب تغییر بار با نصف کردن امپدانس و سپس دو برابر کردن آن عملکرد صحیح ساختار تایید می‌شود.

شکل (۵) ولتاژ و جریان خروجی و ولتاژ خازن‌ها و همچنین تنش ولتاژ سویچ‌ها را برای فرکانس‌های مختلف و دو مقدار شاخص مدلاسیون را نشان می‌دهد. مطابق شکل (۵) مشاهده می‌شود که با افزایش فرکانس اصلی ریپل ولتاژ خازن‌ها کاهش می‌یابد همچنین با تغییر اندیس مدلاسیون از ۱ به ۰.۶ تعداد سطوح از ۱۷ به ۱۱ کاهش می‌یابد و ریپل ولتاژ خازن‌ها نیز کمتر می‌شود. همچنین در این شکل بیشینه تنش ولتاژ سویچ‌ها نصف ولتاژ خروجی می‌باشد. در نتیجه برای ولتاژهای بالا نیز می‌تواند انتخاب مناسبی باشد ساختار برای فرکانس و شاخص مدلاسیون مختلف و همچنین بارهای مختلف به درستی کار می‌کند.



شکل (۴). ولتاژ و جریان خروجی برای بارهای دینامیکی. (الف) اهمی به اهمی-سلفی (ب) تغییر اهمی-سلفی با ضریب ثابت





شکل (۵). ولتاژ و جریان خروجی و ولتاژ خازن‌ها و سویچ‌ها برای تغییر فرکانس و شاخص مدولاسیون

## ۷. نتیجه‌گیری

این مقاله یک اینورتر ۱۷ سطحی مبتنی بر کلیدزنی خازنی با ضریب بهره ۸ برابری را ارائه می‌کند. ۱۴ سویچ، یک دیود و سه خازن ساختار پیشنهادی را تشکیل می‌دهند. ولتاژ واحدهای کلیدزنی خازنی به دلیل قابلیت تعادل خودکار ساختار پیشنهادی به طور خودکار متعادل می‌شوند. یک روش سری موازی ساده بدون استفاده از سنسورهای ولتاژ/جریان برای حفظ ولتاژهای خازن‌ها استفاده شده است. تئوری عملکرد و اصول مدولاسیون ساختار پیشنهادی با جزئیات شرح داده شده است. مزایای ساختار پیشنهادی از طریق مقایسه کامل با ساختارهای دیگر از نظر کاهش تعداد مولفه‌ها نشان داده شده است. همچنین بیشینه تنش ولتاژ بر روی سویچ‌ها نصف بیشینه تنش ولتاژ خروجی است که سبب تنش ولتاژ کمتر روی ادوات نیمه‌هادی در ساختار پیشنهادی شده است. در نهایت، صحت عملکرد ساختار پیشنهادی از طریق شبیه‌سازی و در شرایط دینامیکی مانند تغییر بار و شاخص مدولاسیون و فرکانس‌های مختلف در خروجی تأیید شده است.



## منابع

- [1] Barzegarkhoo, R., Moradzadeh, M., Zamiri, E., Kojabadi, H.M. and Blaabjerg, F., 2017. A new boost switched-capacitor multilevel converter with reduced circuit devices. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33(8), pp.6738-6754.
- [2] Kouro, S., Malinowski, M., Gopakumar, K., Pou, J., Franquelo, L.G., Wu, B., Rodriguez, J., Pérez, M.A. and Leon, J.I., 2010. Recent advances and industrial applications of multilevel converters. *IEEE Transactions on industrial electronics*, 57(8), pp.2553-2580.
- [3] Gupta, K.K., Ranjan, A., Bhatnagar, P., Sahu, L.K. and Jain, S., 2015. Multilevel inverter topologies with reduced device count: A review. *IEEE transactions on Power Electronics*, 31(1), pp.135-151.
- [4] Sandeep, N. and Yaragatti, U.R., 2017. Design and implementation of a sensorless multilevel inverter with reduced part count. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 32(9), pp.6677-6683.
- [5] Forouzesh, M., Siwakoti, Y.P., Gorji, S.A., Blaabjerg, F. and Lehman, B., 2017. Step-up DC–DC converters: a comprehensive review of voltage-boosting techniques, topologies, and applications. *IEEE transactions on power electronics*, 32(12), pp.9143-9178.
- [6] Samadaei, E., Gholamian, S.A., Sheikholeslami, A. and Adabi, J., 2016. An envelope type (E-Type) module: asymmetric multilevel inverters with reduced components. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 63(11), pp.7148-7156.
- [7] Samadaei, E., Kaviani, M. and Bertilsson, K., 2018. A 13-levels module (K-type) with two DC sources for multilevel inverters. *IEEE Transactions on industrial electronics*, 66(7), pp.5186-5196.
- [8] Ghodsi, M. and Barakati, S.M., 2020. New generalized topologies of asymmetric modular multilevel inverter based on six-switch H-bridge. *International Journal of Circuit Theory and Applications*, 48(5), pp.789-808.
- [9] Sandeep, N., 2020. A 13-level switched-capacitor-based boosting inverter. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 68(3), pp.998-1002.
- [10] Sandeep, N., Ali, J.S.M., Yaragatti, U.R. and Vijayakumar, K., 2019. Switched-capacitor-based quadruple-boost nine-level inverter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 34(8), pp.7147-7150.
- [11] Lin, W., Zeng, J., Liu, J., Yan, Z. and Hu, R., 2019. Generalized symmetrical step-up multilevel inverter using crisscross capacitor units. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(9), pp.7439-7450.
- [12] Panda, K.P., Bana, P.R. and Panda, G., 2020. A switched-capacitor self-balanced high-gain multilevel inverter employing a single DC source. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 67(12), pp.3192-3196.
- [13] Panda, K.P., Bana, P.R. and Panda, G., 2020. A reduced device count single DC hybrid switched-capacitor self-balanced inverter. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 68(3), pp.978-982.
- [14] Siddique, M.D., Mekhilef, S., Padmanaban, S., Memon, M.A. and Kumar, C., 2020. Single-phase step-up switched-capacitor-based multilevel inverter topology with SHEPWM. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 57(3), pp.3107-3119.



- [15] Majumdar, S., Jana, K.C., Pal, P.K., Sangwongwanich, A. and Blaabjerg, F., 2021. Design and implementation of a single-source 17-level inverter for a single-phase transformer-less grid-connected photovoltaic systems. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 10(4), pp.4469-4485.
- [16] Ye, Y., Chen, S., Hua, T., Lin, M. and Wang, X., 2021. Self-balanced multilevel inverter with hybrid double-and half-mode switched capacitor. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 69(6), pp.5735-5744.
- [17] Anand, V., Singh, V., Guo, X., Sathik, M.A.J., Siwakoti, Y.P., Mekhilef, S. and Blaabjerg, F., 2023. Seventeen level switched capacitor inverters with the capability of high voltage gain and low inrush current. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Industrial Electronics*.

# ارائه و تحلیل یک اینورتر هفت سطحی مبتنی بر کلیدزنی خازنی ترکیبی بهبود یافته سه فاز

حسین منصوریزاده<sup>۱</sup>، مجید حسین پور<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق-قدرت، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

<sup>۲</sup> دانشیار مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

[h.mansourizadeh@student.uma.ac.ir](mailto:h.mansourizadeh@student.uma.ac.ir)

## چکیده

پس از چندین دهه تکامل تکنولوژیکی، کاربردهای الکترونیک قدرت برای سیستم‌های پیش‌رانه الکتریکی/هیبریدی، شبکه‌های هوشمند، سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر، صرفه‌جویی در انرژی و ذخیره‌سازی انرژی، علاوه بر کاربردهای معمول در اتوماسیون صنعتی و انرژی با راندمان بالا بسیار مهم شده‌اند. در تمام این کاربردها، یک سیستم تبدیل توان با راندمان و چگالی توان بالا بدون به خطر انداختن کیفیت توان سیستم مورد نیاز است. این مقاله ویژگی‌های خاص و استراتژی مدولاسیون یک توپولوژی اینورتر چندسطحی جدید را برای کاربردهای AC ولتاژ متوسط توصیف می‌کند. ساختار مبدل پیشنهادی برای کاربردهای توان بالا با هدف کاهش ولتاژ نامی و همچنین تلفات ادوات الکترونیک قدرت از طریق کاهش فرکانس کلیدزنی کلیدهای قدرت در نظر گرفته شده است. کموتاسیون نیمه‌هادی‌های قدرت زیرساختار NPC در مبدل ترکیبی هفت سطحی بهبود یافته سه فاز پیشنهادی می‌تواند در جریان صفر رخ دهد و بنابراین تلفات سوئیچینگ به شدت کاهش می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی ارائه شده صحت عملکرد مبدل پیشنهادی و تحلیل‌های ریاضیاتی را تایید می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: مبدل چندسطحی، مبدل ترکیبی، اینورتر سه فاز

## ۱. مقدمه

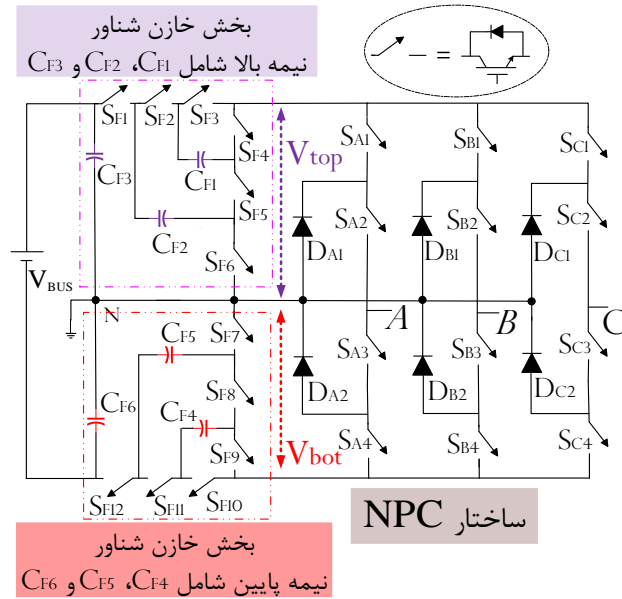
در طول سال‌ها، چندین ساختار چندسطحی، از ساده‌ترین تا پیچیده‌ترین، در مقالات معرفی شده است [۱]. ویژگی‌های اساسی مبدل‌های چندسطحی مانند متعادل‌سازی ولتاژ نقطه خنثی باس DC و کنترل ولتاژ خازن‌های شناور که سهولت استفاده و کارایی آن‌ها را تایید می‌کنند، در مرجع [۲] بررسی شده است.

ساختارهای جدید برای مبدل‌های چندسطحی در [۳] معرفی شده‌اند که ویژگی‌های خاصی را برای کاربردهای ولتاژ متوسط ارائه می‌دهد. بررسی مبدل‌های چندسطحی مدولار (MMC) و کاربرد چنین مبدل‌هایی در درایوهای الکتریکی ولتاژ متوسط در مرجع [۴] نشان داده شده است. شارژ خازن‌های شناور مسئله‌ای است که با اتخاذ راه حل‌های مقرون به صرفه همانند مرجع [۵] و توجه به ساختارهای مبدل مدنظر حل شده است. مبدل‌های قدرت مبتنی بر ساختار چندسطحی برای کاربردهای DC-DC در مراجع مختلف مانند مرجع [۶] بررسی شده است. انتخاب ساختار صحیح و فناوری مناسب برای بهبود ویژگی‌های مبدل‌های چندسطحی مانند کارایی، چگالی توان و کیفیت جریان‌های ورودی و ولتاژ خروجی ضروری است. در مورد انتخاب ساختار مبدل، اندازه و وزن سیستم، هزینه آن، بازده انرژی، راندمان حرارتی، پیچیدگی کنترل و تداخل الکترومغناطیسی، همه عواملی هستند که یک طراح برای دستیابی به یک طراحی بهینه باید در نظر بگیرد [۷]. طبیعتاً باید توجه داشت که این عوامل به یکدیگر وابسته هستند. برای مثال، یک ساختار پیچیده ممکن است اثرات تداخل الکترومغناطیسی بارزتری نسبت به یک ساختار ساده‌تر نشان دهد. فراتر از انتخاب ساختار، عنصر اساسی دیگر در پیاده‌سازی سخت‌افزاری یک سیستم تبدیل توان پیشرفت در تجهیزات قدرت و یا استفاده از فناوری‌های جدید می‌باشد [۸]. امروزه بسیاری از طراحان مبدل‌های قدرت بر استفاده از نیمه‌هادی‌های قدرت جدید مبتنی بر نیمه‌هادی‌های بلند گپ گسترده (WBS) مانند کاربید سیلیکون (SiC) یا نیتريد گالیم (GaN) در مرجع [۹] تاکید می‌کنند که کموتاسیون بسیار سریع‌تری را نسبت به تجهیزات سیلیکونی پشتیبانی می‌کنند و می‌توانند در دماهای بالاتر کار کنند [۱۰].

این مقاله مبدل ترکیبی ۷ سطحی سه‌فاز را ارائه و تحلیل می‌کند. اصول عملکرد و استراتژی مدولاسیون مبدل پیشنهادی با ارائه یک رویکرد مدولاسیون مبتنی بر حامل مورد بحث قرار می‌گیرد. زیرساختار خازن شناور مبدل پیشنهادی به یک مدار پیش شارژ اضافی در طول فرایند راه‌اندازی و کنترل تعادل ولتاژ در طول عملیات حالت پایدار نیاز دارد. تعادل ولتاژ خازن شناور در حالت پایدار را می‌توان با شارژ و دشارژ خازن‌ها با استفاده از حالت‌های اضافی حل کرد. تجزیه و تحلیل عملکرد مبدل پیشنهادی توسط نتایج شبیه‌سازی تایید شده است.

## ۲. ساختار مبدل ترکیبی هفت سطحی بهبودیافته سه‌فاز

ساختار مبدل پیشنهادی در شکل (۱) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، ساختار مبدل ترکیبی هفت سطحی بهبودیافته سه‌فاز شامل ۲۴ سوئیچ است و ترکیبی از دو ساختار مختلف شامل زیرساختار خازن شناور (FC) و زیرساختار نقطه خنثی مهار شده (NPC) است.

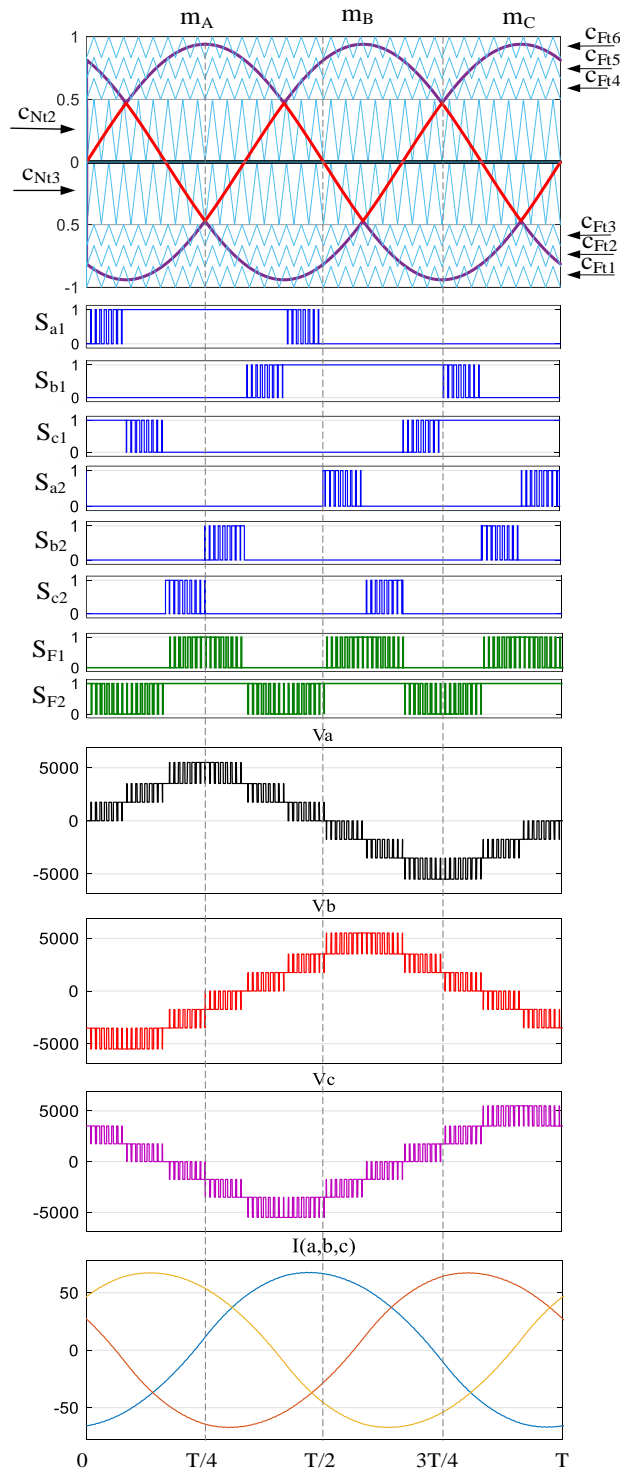


شکل (۱). ساختار مبدل ترکیبی هفت سطحی بهبود یافته سه فاز

واحد خازن شناور اول در قسمت بالایی زیرساختار خازن شناور، مسئول مدیریت ولتاژ قسمت بالایی باس DC را بر عهده دارد و واحد خازن شناور دوم ولتاژ قسمت پایینی باس DC را مدیریت می‌کند. بنابراین، واحدهای خازن شناور سمت بالا و پایین به عنوان مبدل DC-DC کار می‌کنند و می‌توان به آن‌ها مبدل چندسطحی چندگانه اطلاق نمود. واحدهای خازن شناور بخش بالایی و پایینی چهارسطح ولتاژ شامل سطوح  $0, 1/2V_{BUS}, 1/3V_{BUS}, 1/6V_{BUS}$  در سمت بالا و سطوح  $0, -1/2V_{BUS}, -1/3V_{BUS}, -1/6V_{BUS}$  را در سمت پایین تامین می‌کنند. در نتیجه، یک فاز زیرساختار NPC می‌تواند هفت سطح ولتاژ شامل  $0, \pm 1/2V_{BUS}, \pm 1/3V_{BUS}, \pm 1/6V_{BUS}$  را ارائه دهد. مزیت اصلی این پیکربندی این است که هیچ فیلتری بین زیرساختارهای FC و NPC استفاده نمی‌شود. یکی دیگر از مزایای ساختار پیشنهادی، تنش ولتاژ پایین در دو سر نیمه‌هادی‌های قدرت است که استفاده از ادوات کم‌هزینه را میسر می‌سازد یا به عنوان جایگزین، ادوات SiC را می‌توان برای بهبود بازده و افزایش چگالی توان استفاده کرد.

## ۱-۲. مدلاسیون

برای کلیدزنی ساختار پیشنهادی، طرح مدلاسیون عرض پالس با برخی اصلاحات، معرفی شده که برای کنترل نیمه‌هادی‌های قدرت ساختار پیشنهادی استفاده شده است. شکل (۲) طرح مدلاسیون اجرا شده را نشان می‌دهد. در حالت  $M_0 > 0.5$ ، مطابق شکل (۲) قسمت بالا و پایین سیگنال‌های مدلاسیون (خط بنفش) برای کنترل سوئیچ‌های بخش خازن شناور استفاده می‌شوند و همچنین کنترل سوئیچ‌های زیرساختار NPC توسط سیگنال‌های مدلاسیون قسمت میانی (خط قرمز) انجام می‌شود.



شکل (۲). طرح مدولاسیون مبتنی بر عرض پالس سینوسی برای ساختار پیشنهادی

سیگنال‌های کنترلی سوئیچ‌های واقع در پایین زیرساختار FC با مقایسه بین سیگنال‌های مدولاسیون قسمت پایین و سه سیگنال حامل  $C_{F1}$ ،  $C_{F2}$  و  $C_{F3}$  تولید می‌شوند. سیگنال‌های کنترل نیمه‌هادی‌های قدرت واقع در بالای زیرساختار FC از طریق مقایسه بین سیگنال‌های مدولاسیون قسمت بالا و سه سیگنال حامل  $C_{F4}$ ،  $C_{F5}$ ،  $C_{F6}$  فراهم می‌شود. مقایسه بین سیگنال‌های مدولاسیون میانی که با رنگ قرمز و

دو سیگنال حامل  $C_{N12}$  و  $C_{N13}$  مشخص شده‌اند، سیگنال‌های کنترل نیمه‌هادی قدرت زیرساختار NPC را تولید می‌کند. بنابراین، ولتاژ تولیدشده توسط مبدل پیشنهادی، هفت سطح ولتاژ را تولید می‌کند.

## ۲-۲. تعادل خازن‌ها

خازن‌های شناور را می‌توان با طرح کنترل مدولاسیون پیشنهادی متعادل کرد. سیگنال‌های کنترلی مطابق رابطه (۱) هستند که در آن  $m_0$  آفست،  $M_0$  شاخص مدولاسیون و  $\zeta = 0, 1, 2$  است.

$$m_{A,B,C}(t) = m_0 + \frac{1}{2} \left[ 1 + M_0 \sin \left( \omega_0 t - \zeta \frac{2\pi}{3} \right) \right] \quad (1)$$

می‌توان ثابت کرد که جریان متوسط به نقطه نقطه خنثی  $N$  به مقدار آفست  $m_0$  بستگی دارد. بنابراین، با کنترل آفست شاخص مدولاسیون  $m_0$ ، می‌توان به توزیع ولتاژ برابر بین خازن‌های  $C_{F3}$  و  $C_{F6}$  دست یافت. در مورد خازن‌های شناور  $C_{F1}$ ،  $C_{F2}$ ،  $C_{F4}$  و  $C_{F5}$ ، وضعیت متفاوت است. ایده اصلی این است که از چند لحظه کموتاسیون برای شارژ خازن‌ها مطابق جدول (۱) در هر بخش استفاده شود.

جدول (۱). مسیر شارژ برای خازن FC

مقدار بیشینه ولتاژ	کلیدهای روشن در مسیر شارژ	کلیدزنی خازن شناور
$\frac{1}{6} V_{BUS}$	$S_{F1}, S_{F2}, S_{F4}$	خازن $C_{F1}$
$\frac{1}{3} V_{BUS}$	$S_{F1}, S_{F4}, S_{F5}$	خازن $C_{F2}$
$\frac{1}{6} V_{BUS}$	$S_{F9}, S_{F11}, S_{F12}$	خازن $C_{F4}$
$\frac{1}{3} V_{BUS}$	$S_{F9}, S_{F8}, S_{F12}$	خازن $C_{F5}$

هنگامی که خازن  $C_{F1}$  شارژ می‌شود، زیرساختار FC بالای  $1/3 V_{BUS}$  را فراهم می‌کند و موقع شارژ خازن  $C_{F2}$ ، خازن شناور بالایی  $1/6 V_{BUS}$  را فراهم می‌کند. همین اتفاق برای خازن‌های شناور  $C_{F4}$  و  $C_{F5}$  می‌افتد که به ترتیب در جدول (۱) نشان داده شده است. اگر خازن  $C_{F5}$  شارژ شود، خازن شناور پایینی  $1/3 V_{BUS}$  را فراهم می‌کند. همانطور که مشاهده می‌شود، ولتاژ خازن‌ها شناور بدون مدارهای متعادل‌کننده اضافی با تعادل خودکار هستند. برای شارژ اولیه خازن شناور، می‌توان مقاومت‌های محدودساز جریان به صورت موازی بست.

انتخاب خازن‌های شناور برای استفاده می‌تواند بر اساس دو معیار انجام شود: (۱) تنش جریان و (۲) به حداقل رساندن مقدار پیک ریپل ولتاژ خروجی. به طور کلی، ریپل ولتاژ بر اساس رابطه (۲) به ظرفیت خازن و جریان خازن بستگی دارد، که در آن  $I_{FC}$  جریان عبوری از خازن شناور و  $d_{FC}$  دوره کاری جریان خازن شناور است. بیشینه ریپل ولتاژ خازن ( $\Delta V_{FC_{max}}$ ) در یک دوره تناوب کلیدزنی در شرایطی هست که مقدار  $d_{FC} \cdot I_{FC}$  بیشینه باشد.

$$\Delta V_{FC_{max}} |_{(wors\ case)} = \frac{\max(d_{FC}) \max(I_{FC})}{2f_{sw} C_{FC}} = \frac{I_{BUS}^{pk}}{2f_{sw} C_{FC}} \quad (2)$$

برای ساده‌سازی طراحی، برای یک ضریب توان معین، بدترین سناریو برای حداکثر ریپل ولتاژ در نظر گرفته می‌شود، یعنی:



$$\Delta V(FC_{max}) = \frac{\max(d_{FC} I_{FC})}{2f_{sw} C_{FC}} \quad (3)$$

در نتیجه، حداقل مقدار خازن شناور مطابق (۴) محاسبه می‌شود.

$$C_{FC} \geq \frac{I_{BUS}^{pk}}{2f_{sw} \Delta V_{FC\_max} | (wors\ case) |} \quad (4)$$

### ۳. ارزیابی مقایسه ای

مقایسه ساختار مبدل‌های سه‌فاز هفت سطحی در جدول (۲) آمده است. ساختار نقطه خنثی مهار شده فعال هفت سطحی (ANPC) [۱۲]، ساختار تلفیقی خازن شناور و NPC هفت سطحی (FC-NPC) [۱۳]، و ساختار پیشنهادی، نیمه‌هادی‌های کمتری را در مقایسه با سایر مراجع نیاز دارند. ساختارهای NPC هفت سطحی [۱۱]، ANPC هیبریدی (H-ANPC) [۱۴]، و همچنین مبدل چندسطحی مدولار (MMC) هفت سطحی [۱۵] به تعداد بیشتری از نیمه‌هادی قدرت نیاز دارند. کموتاسیون نیمه‌هادی‌های قدرت زیرساختار NPC در مبدل ترکیبی هفت سطحی بهبود یافته سه‌فاز پیشنهادی می‌تواند در جریان صفر رخ دهد و بنابراین تلفات سوئیچینگ به شدت کاهش می‌یابد. بنابراین یکی از مزایای ساختار و مدلاسیون تلفات بسیار پایین سوئیچینگ است.

جدول (۲). تعداد ادوات در ساختارهای مبدل ۷ سطحی ۳ فاز

تعداد ادوات با $1/6V_{BUS}$	بیشینه ولتاژ ادوات	تعداد خازن شناور	تعداد خازن باس DC	تعداد ادوات	ساختار مبدل سه فاز
66	$\frac{1}{6}V_{BUS}$	-	6	66	7L NPC
36	$\frac{1}{6}V_{BUS}$	15	2	36	7L FC
12	$\frac{1}{2}V_{BUS}$	6	2	30	7L ANPC
12	$\frac{1}{3}V_{BUS}$	6	3	36	7L HC
12	$\frac{1}{2}V_{BUS}$	12	-	24	7L FC-NPC
6	$\frac{1}{2}V_{BUS}$	15	2	57	7L H-ANPC
12	$\frac{2}{3}V_{BUS}$	-	6	36	7L E-Type
6	$\frac{1}{3}V_{BUS}$	12	3	36	7L Generalized
72	$\frac{1}{6}V_{BUS}$	36	-	72	7L MMC
36	$\frac{1}{6}V_{BUS}$	-	6	36	7L Cascade
12	$\frac{1}{2}V_{BUS}$	6	-	30	7L $M_L M_X C$

### ۴. نتایج شبیه‌سازی

اصول عملکرد و طرح مدولاسیون مبدل ترکیبی هفت سطحی بهبود یافته سه‌فاز پیشنهادی در محیط Matlab/Simulink با یک مدل

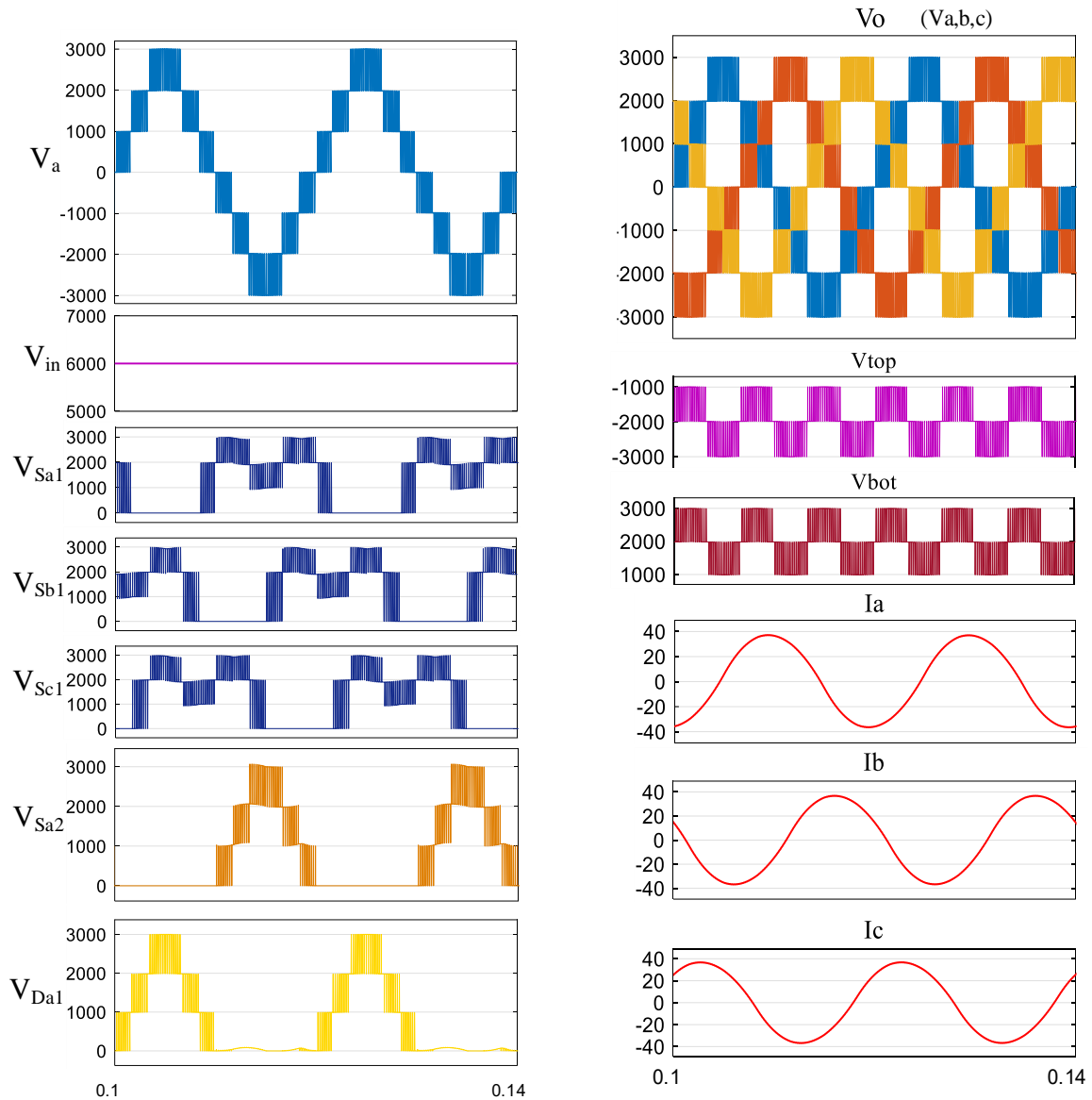


مطابق مقادیر جدول (۳) شبیه‌سازی شده است.

جدول (۳). پارامترهای شبیه‌سازی ساختار

مقدار	پارامتر
6 kV	ولتاژ لینک DC, $V_{BUS}$
5 kHz	فرکانس کلیدزنی $f_{sw}$
50 Hz	فرکانس اصلی $f_0$
10 $\Omega$ , 50mH	بار
3300uF	خازن‌ها

شکل موج ولتاژ خروجی ساختار پیشنهادی در شکل (۶) با بار اهمی-سلفی ارایه شده است. به ازای  $M_0=0.94$ ، ولتاژهای سوئیچینگ فاز به خنثی  $V_{\chi N}(SW)$  هفت سطح ولتاژ را نشان می‌دهند و ولتاژهای زیرساختار FC ( $V_{bot}$  و  $V_{top}$ ) ولتاژ سه سطحی می‌باشد. ولتاژ دو سر نیمه‌هادی‌های قدرت بخش بالایی فازها از سویچ‌های زیرساختار NPC ( $D_{a1}$ ,  $S_{a2}$ ) در شکل (۷) نشان داده شده است. برای فاز اول دو سویچ و نیز یک دیود بالایی بررسی شده است و برای دو فاز دیگر یکی از سویچ‌ها به عنوان نمونه ارایه شده است.

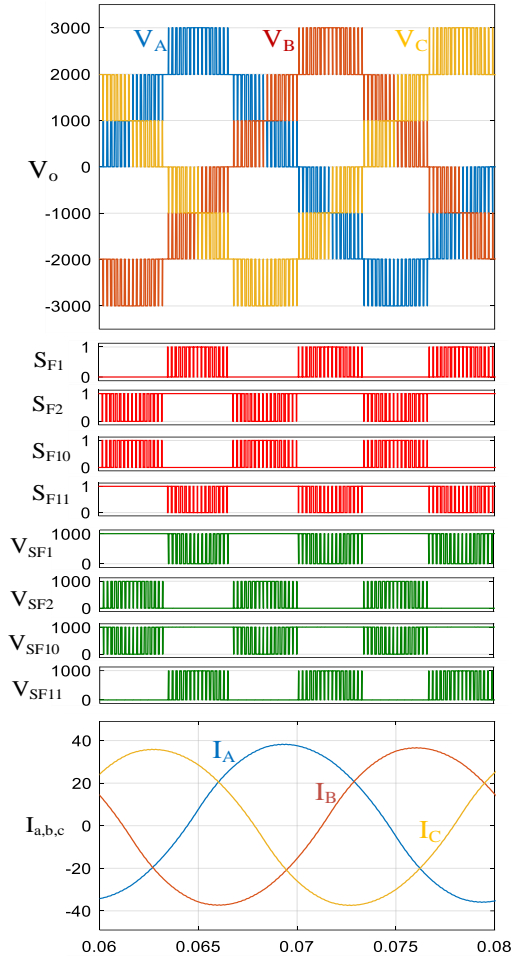


شکل (۷). خروجی ولتاژ فاز a، تنش ولتاژ دو سر ادوات NPC

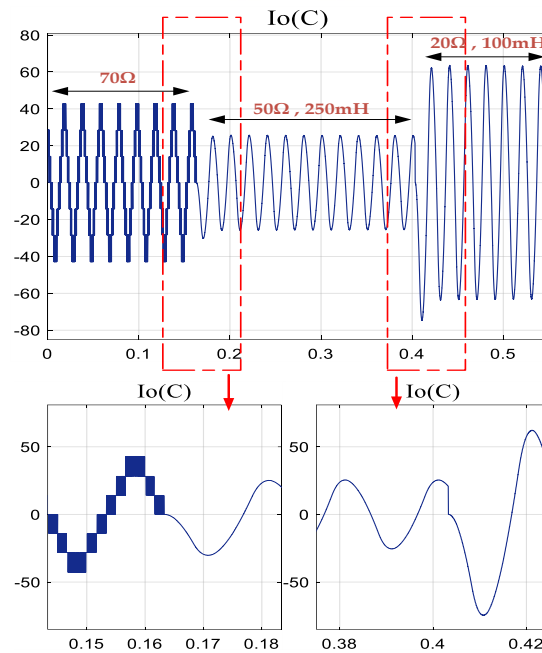
شکل (۶). ولتاژ فاز به خنثی و ولتاژهای باس DC بالا و پایین

$$M_0 = 0.94 \cdot (V_{\text{bot}}(\text{SW}) + V_{\text{top}}(\text{SW}))$$

شکل (۸) تنش ولتاژ نیمه‌هادی‌های قدرت بخش بالای زیرساختار FC و بخش پایینی زیرساختار FC شامل سوئیچ‌های  $S_{F1}$ ،  $S_{F2}$ ،  $S_{F3}$ ،  $S_{F11}$ ،  $S_{F12}$  را نشان می‌دهد. از این تجزیه و تحلیل، می‌توان گفت که حداکثر تنش‌های ولتاژ نیمه‌هادی‌های قدرت زیرساختارهای NPC و FC به ترتیب  $1/2V_{\text{BUS}}$  و  $1/6V_{\text{BUS}}$  است. در شکل (۹) جریان خروجی یکی از فازها برای مقادیر مختلف امپدانس بار مقایسه شده است. ابتدا بار مقاومتی خالص در نظر گرفته شده سپس بار بصورت دینامیکی به اهمی-سلفی تغییر یافته است. در نهایت مقدار بار اهمی-سلفی کاهش می‌یابد. از این مقایسه صحت عملکرد ساختار برای بارهای مختلف بررسی شده است. همچنین می‌توان مشاهده کرد با افزایش مقدار امپدانس بار، جریان بار کاهش می‌یابد و همچنین برعکس این مورد نیز صادق است.



شکل (۸). ولتاژ سه‌فاز، سیگنال کنترلی سویچ‌های FC، تنش ولتاژ دو سر ادوات  $S_{F1}$ ،  $S_{F2}$  واقع در بخش بالایی زیرساختار FC.  $S_{F10}$ ،  $S_{F11}$  واقع در بخش پایینی زیرساختار FC به همراه جریان سه‌فاز



شکل (۹). جریان بار فاز C برای بارهای دینامیکی

## ۵. نتیجه گیری

یک مبدل ترکیبی هفت سطحی بهبودیافته سه‌فاز برای کاربرد ولتاژ متوسط در این مقاله مورد بحث قرار گرفته است. استراتژی مدولاسیون و اصول عملکردی ساختار پیشنهادی توضیح داده شده است. تنش ولتاژ ادوات نیمه‌رسانای ساختار پیشنهادی محاسبه شده و بر اساس نتایج به دست آمده، ساختار پیشنهادی برای کاربردهای ولتاژ متوسط گزینه بسیار مناسبی تشخیص داده شد. کموتاسیون نیمه‌هادی‌های قدرت زیرساختار NPC در مبدل ترکیبی هفت سطحی بهبودیافته سه‌فاز پیشنهادی می‌تواند در جریان صفر رخ دهد و بنابراین تلفات سوئیچینگ به شدت کاهش می‌یابد. برای استراتژی مدولاسیون و عملکرد ساختار پیشنهادی در محیط Matlab/Simulink مورد ارزیابی و شبیه‌سازی قرار گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده کیفیت مناسب شکل موج‌های خروجی مبدل پیشنهادی نشان می‌دهد.

## منابع

- [1] Gontijo, G.F., Wang, S., Kerekes, T. and Teodorescu, R., 2021. Novel converter topology with reduced cost, size and weight for high-power medium-voltage machine drives: 3x3 modular multilevel series converter. *IEEE Access*, 9, pp.49082-49097.
- [2] Yuan, X., 2016. Derivation of voltage source multilevel converter topologies. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 64(2), pp.966-976.
- [3] Sun, P., Tian, Y., Pou, J. and Konstantinou, G., 2022. Beyond the MMC: Extended modular multilevel converter topologies and applications. *IEEE Open Journal of Power Electronics*, 3, pp.317-333. Inproceedings, A., 1991. "Article title". In Proceedings Title, A. Editor and B. Editor, eds., Vol. 1 of Series name, Organization Name, Publisher Name, pp. 1–3. Paper number 1234.
- [4] Du, S., Wu, B., Tian, K., Zargari, N.R. and Cheng, Z., 2016. An active cross-connected modular multilevel converter (AC-MMC) for a medium-voltage motor drive. *IEEE Transactions on industrial electronics*, 63(8), pp.4707-4717.



- [5] Tian, K., Wu, B., Du, S., Xu, D., Cheng, Z. and Zargari, N.R., 2015. A simple and cost-effective precharge method for modular multilevel converters by using a low-voltage DC source. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 31(7), pp.5321-5329.
- [6] Soares, M.V. and de Novaes, Y.R., 2022. MMC based hybrid switched capacitor dc-dc converter. *IEEE Open Journal of Power Electronics*, 3, pp.142-152.
- [7] Zapata, J.W., Postiglione, G., Falchi, D., Borghetti, G., Meynard, T.A. and Gateau, G., 2020. Multilevel converter for 4.16-and 6.6-kV variable speed drives. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 36(3), pp.3172-3180.
- [8] Liao, Z., Lei, Y. and Pilawa-Podgurski, R.C., 2018. Analysis and design of a high power density flying-capacitor multilevel boost converter for high step-up conversion. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 34(5), pp.4087-4099.
- [9] Belkhode, S., Rao, P., Shukla, A. and Doolla, S., 2021. Comparative evaluation of silicon and silicon-carbide device-based MMC and NPC converter for medium-voltage applications. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 10(1), pp.856-867.
- [10] Ding, X., Zhou, Y. and Cheng, J., 2019. A review of gallium nitride power device and its applications in motor drive. *CES Transactions on Electrical Machines and Systems*, 3(1), pp.54-64.
- [11] Islam, M.R., Guo, Y., Zhu, J., Islam, M.R., Guo, Y. and Zhu, J., 2014. Power converter topologies for grid-integrated medium-voltage applications. *Power converters for medium voltage networks*, pp.51-107.
- [12] Siwakoti, Y.P., Liese, S., Mahajan, A., Palanisamy, A., Rogers, D. and Blaabjerg, F., 2018, September. A new seven-level active boost neutral point clamped (7L-ABNPC) inverter. In *2018 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)* (pp. 5636-5642). IEEE.
- [13] Chen, G., Bahrami, A. and Narimani, M., 2020. A new seven-level topology for high-power medium-voltage application. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 68(1), pp.37-46.
- [14] Sheng, W. and Ge, Q., 2017. A novel seven-level ANPC converter topology and its commutating strategies. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33(9), pp.7496-7509.
- [15] Akagi, H., 2017. Multilevel converters: Fundamental circuits and systems. *Proceedings of the IEEE*, 105(11), pp.2048-2065.



## تشخیص چهره با استفاده از شبکه عصبی مبتنی بر روش های ترکیبی LDA, PCA و گابور

محمد مهدی ابراهیم محمدی

هدینگ راه و شهر سازی - موسسه ریل گستر

m.mehdi.e.mohammadi@gmail.com

### چکیده

امروزه تصاویر دیجیتال به طور گسترده در تشخیص چهره، اثر انگشت، امنیت سیستم ها و سایر زمینه ها استفاده می شود. ارائه یک الگوریتم دقیق برای جستجو و بازیابی تصاویر از اهمیت بالایی برخوردار است. تصاویر چهره با حالت های مختلف چهره یکی از چالش های سیستم تشخیص چهره گستردگی تغییرات چهره است که تفاوت های زیادی را در یک پالس ایجاد می کند. در این مقاله با استفاده از ترکیب روش های LDA, PCA و گابور برای بازیابی تصاویر ارائه شده است. روش پیشنهادی در سیستم های ورود و خروج و ثبت ساعات ورود و خروج پرسنل کارایی، سرعت و امنیت بالایی دارد به عنوان مثال اثر انگشت یک کلید اصلی هویت هر شخص می باشد که به دلیل حفاظتی بودن این موضوع و فاش اطلاعات پرسنل و بانک اطلاعاتی آن می تواند فرد و یا مجموعه ای را به خطر بندازد در حالی که استفاده از تشخیص چهره به جای اثر انگشت می تواند این موضوع و حساسیت بالای حفاظت اطلاعات و اسناد درک و بهبود ببخشد. همچنین در این روش با توجه به بار محاسباتی زیاد پس از اعمال PCA و LDA از تصاویر به دست آمده میان گیری می شود و سپس فیلتر گابور اعمال می گردد.

واژه های کلیدی: شبکه عصبی، تشخیص چهره، تحلیل مولفه های اصلی، آنالیز تشخیص خطی، گابور، کنترل ورود و خروج

## ۱. مقدمه

در میان بسیاری از فناوری‌های بیومتریک، تشخیص چهره به کانون اصلی تحقیقات بیومتریک تبدیل شده است، زیرا به طور گسترده در بسیاری از زمینه‌ها، به عنوان مثال، سیستم‌های کامپیوتری، هوش مصنوعی، کنترل ورود و خروج، کنترل دسترسی برای امکانات امنیتی، خودروها، تجزیه و تحلیل تصویر، و فرآیندهای احراز هویت استفاده می‌شود. دلیل گسترده بودن آن این است که تصاویر چهره را می‌توان به راحتی جمع‌آوری و همچنین بدون زحمت از راه دور به دست آورد [1] در این مقاله هدف ارائه الگوریتمی با سرعت و امنیت بالا نسبت به الگوریتم‌های موجود و ارائه یک سیستم کنترل ورود و خروج با اهراز هویت چهره‌خ می‌باشد. تشخیص چهره به دلیل چالش‌های متعددی که سیستم‌های تشخیص با آن مواجه می‌شوند، هنوز به طور مداوم در حال توسعه است [2،3]. این چالش‌ها عبارتند از: تغییر در نور، موه‌های صورت (مانند ابرو، ریش، مدل موی سر و سبیل)، حالت‌ها (مانند غم، عصبانیت، تعجب، ترس و شادی) و استفاده از لوازم جانبی (مانند کلاه، ماسک، روسری و عینک)، به دلیل این تفاوت‌ها در کیفیت تصویر، ممکن است احتمال واریانس کم بین نمونه‌های تصویر از همان فرد وجود داشته باشد. این شباهت در تصاویر درون کلاسی می‌تواند به طور قابل توجهی کارایی سیستم تشخیص را بدتر کند [4]. بنابراین، بسیاری از محققین برای غلبه بر مشکلات ذکر شده در بالا، الگوریتم‌های جدیدی را ابداع کرده‌اند یا الگوریتم‌های الکترونیکی را توسعه داده‌اند. به طور کلی، سیستم تشخیص چهره شامل چهار مرحله است: شناسایی چهره<sup>۱</sup>، هم‌ترازی چهره<sup>۲</sup>، استخراج ویژگی<sup>۳</sup>، و تشخیص چهره<sup>۴</sup>.

## ۲. شرح کار و نتایج

این بخش به بررسی تکنیک‌های استخراج ویژگی چهره مورد استفاده در روش پیشنهادی می‌پردازد.

### ۱-۲ استخراج ویژگی براساس فیلتر گابور

فیلتر گابور در زمینه‌های پردازش تصویر و بینایی کامپیوتری نقش گسترده‌ای را ایفا می‌کند [6]. این فیلترها دو ویژگی جالب دارند: گزینش پذیری جهت‌گیری و فرکانس مکان، که مشابه سیستم بینایی انسان است [7].

### ۲-۲ تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)<sup>۵</sup>

تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی یا PCA، یک روش کاهش ابعاد است که اغلب برای کاهش ابعاد مجموعه داده‌های بزرگ به یک مجموعه کوچکتر استفاده می‌شود. چهار مرحله اصلی کاهش ابعاد در PCA عبارت‌اند از: استاندارد سازی، محاسبه ماتریس کوواریانس، بردار ویژگی و بازنویسی داده‌ها [10]. مرحله استاندارد سازی به این معناست که تمامی دامنه متغیرها بصورت مساوی مشارکت داشته باشند، که از نظر ریاضی، این کار را می‌توان با کم کردن میانگین و تقسیم بر انحراف استاندارد برای هر مقدار از هر متغیر انجام داد. در مرحله ی

<sup>1</sup> Face detection

<sup>2</sup> Face alignment

<sup>3</sup> Feature Extraction

<sup>4</sup> Face recognition

<sup>5</sup> Principal component analysis



بعد هدف از محاسبه ماتریس کوواریانس این است که بفهمیم متغیرهای مجموعه داده ورودی چگونه با یکدیگر متفاوت هستند یا به عبارت دیگر، بینیم آیا رابطه ای بین آنها وجود دارد یا خیر. زیرا گاهی اوقات متغیرها به نحوی همبستگی بالایی دارند که حاوی اطلاعات اضافی هستند. بنابراین، برای شناسایی این همبستگی ها، ماتریس کوواریانس را محاسبه می کنیم. در مرحله ی بعد، کاری که انجام می دهیم این است که انتخاب کنیم آیا همه این مؤلفه‌ها را حفظ کنیم یا آنهایی را که اهمیت کمتری دارند (مقادیر ویژه کم) را کنار بگذاریم و با بقیه ماتریس ها بردارهایی تشکیل دهیم که به آن بردار ویژگی می گوئیم. و در آخرین مرحله، هدف استفاده از بردار ویژگی تشکیل شده با استفاده از بردارهای ویژه ماتریس کوواریانس، برای تغییر جهت داده ها از محورهای اصلی به محورهایی است که توسط مؤلفه های اصلی نشان داده شده اند (از این رو به آن تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی می گویند).

## ۲-۳ تجزیه و تحلیل تشخیص خطی (LDA)<sup>۱</sup>

تحلیل یا آنالیز تشخیصی خطی یک روش آماری برای کاهش ابعاد یک مسئله و تشخیص دسته‌ها بوسیله بیشینه‌سازی نسبت (پراکندگی بین گروه‌ها<sup>۲</sup>) به (درون گروه‌ها<sup>۳</sup>) است. رویکرد آنالیز تشخیصی خطی در واقع مشابه روشی است که رونالد فیشر<sup>۴</sup> برای تعیین میزان افتراق بین گروه‌ها به کار برد و مبنایی برای تحلیل واریانس گردید. به همین دلیل گاهی به این تحلیل، «آنالیز افتراقی خطی» نیز می‌گویند. تکنیک تحلیل تشخیص خطی را به مانند روش تحلیل مولفه‌های اصلی در نظر گرفت با این تفاوت که هدف از انجام تحلیل تشخیص خطی پیدا کردن تبدیلی است که بیشترین تمایز را بین گروه‌ها ایجاد کند در حالیکه هدف از تحلیل مولفه‌های اصلی فقط کاهش بعد مسئله و ایجاد استقلال بین مولفه‌ها است [11,6].

## ۲-۴ روش پیشنهادی تشخیص چهره

در این بخش، ما رویکرد پیشنهادی خود را برای تشخیص چهره بر اساس ادغام ویژگی‌های Gabor، PCA و LDA ارائه می‌کنیم. شکل ۴ بلوک دیاگرام روش پیشنهادی را نشان می‌دهد که در آن از دو مرحله اصلی تشکیل شده است: مرحله آموزش و مرحله تشخیص (آزمایش).

در مرحله آموزش، هر تصویر چهره تحت مرحله تراز چهره قرار گرفت، جایی که تصاویر چهره به مقیاس خاکستری تبدیل شدند پس از آن، ما از الگوریتم PCA برای کاهش ابعاد استفاده کردیم. و ویژگی های مورد نظر را استخراج کردیم. سپس از الگوریتم LDA برای استخراج متمایزترین ویژگی های استخراج شده از PCA برای جداسازی کلاس های مختلف به شرح زیر استفاده کردیم. پس از آن، SB پراکندگی بین طبقاتی و SW پراکندگی درون طبقاتی محاسبه شد سپس مقادیر ویژه و بردارهای ویژه مربوط به آنها از ماتریس به دست آمده توسط SW و SB محاسبه شدند. و در پایان استخراج ویژگی مبتنی بر گابور برای استخراج ویژگی‌ها از تصاویر چهره استفاده شد. در اینجا نحوه استفاده از استخراج ویژگی مبتنی بر گابور در روش پیشنهادی آمده است. شکل ۵ نتایج یک تصویر چهره از مجموعه داده های چهره Yale را پس از ترکیب با چهل فیلتر نشان داده شده در شکل ۲ نشان می‌دهد. [9]. از آنجایی که استخراج ویژگی مبتنی بر گابور منجر به مجموعه عظیمی از ویژگی‌های صورت می‌شود، سپس نمونه های آموزشی در زیرفضای جدید، به همراه برچسب آنها ذخیره شدند تا برای تشخیص چهره استفاده شوند.

<sup>1</sup> Linear Discriminant Analysis

<sup>2</sup> Scatters between groups

<sup>3</sup> Scatters within groups

<sup>4</sup> Ronald Fisher

### ۳. نتیجه‌گیری

سیستم تشخیص چهره یک تکنولوژی توانا در شناسایی یک فرد از یک عکس دیجیتالی یا ویدئو می‌باشد. همانطور که در بخش نتایج ذکر شده است با کمک این متدولوژی میتوان از طریق دستگاه چهره نگار در محل کار، اگر پرسنل دارای ماسک، عینک و یا هر ابزاری که باعث تکمیل نبودن چهره آن‌ها گردد باشند مطابق الگوهای ذکر شده نسبت به تکمیل چهره اقدام و فرد را شناسایی می‌کند.

تصاویر با حالت‌های مختلف بیشترین تاثیر را در الگوریتم PCA و LDA داشت که بعد از ترکیب با فیلتر گابور به نحو چشمگیری تاثیرات کاهش پیدا کردند. ما ابتدا آزمایشات را برای هر حالت بر روی ۳۰ تصویر انجام دادیم، سپس فیلتر گابور را اعمال کردیم و به وسیله ی PCA و LDA کاهش بعد را انجام دادیم و به نتایج ذکر شده رسیدیم، معایب مشاهده شده این روش سرعت بسیار بالای آن بود. سرعت پردازش گابور ۲۵ ثانیه و سرعت پردازش الگوریتم حدود ۲۷ ثانیه بود که پس از بررسی‌ها و تغییر جزئی در الگوریتم، آزمایشات را بر روی تصاویر بیشتر و ابتدا PCA و LDA را اعمال و در آخر فیلتر گابور را اضافه کردیم. در نهایت تغییر خاصی در نتایج مشاهده نشد ولی سرعت پردازش گابور تا ۵ ثانیه کاهش پیدا کرد و سرعت پردازش الگوریتم به ۲۱ ثانیه رسید و تا حد امکان الگوریتم خود را بهبود بخشیدیم. در واقع انگیزه ما از ترکیب الگوریتم‌های ذکر شده حذف ویژگی‌های غیرمهم صورت و بهبود الگوریتم‌های LDA.PCA و گابور بوده است که طبق جدول ۱۲ تا حدودی این امر موفقیت آمیز بوده است. امیدواریم در ادامه بتوانیم سرعت گابور را بیشتر کاهش داده و خطاهای تشخیص را کاهش دهیم. برای آزمایش این روش، الگوریتم پیشنهادی بر روی پایگاه داده‌های YALE و ORL اجرا گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که روش ارائه شده نسبت به سیستم‌های مرسوم بازشناسی چهره مانند PCA بهتر عمل کرده است. در آینده ما قصد داریم سرعت پردازش الگوریتم بیشتر کاهش دهیم و همچنین الگوریتم را بهبود بخشیم و درصد بهبود را افزایش دهیم.

### منابع

- [1] S. Biswas and J. Sil, "An efficient face recognition method using contourlet and curvelet transform," Journal of King Saud University—Computer and Information Sciences, vol. 32, no. 6, pp. 718–729, 2020
- [2] H. Zhi and S. Liu, "Face recognition based on genetic algorithm," Journal of Visual Communication and Image Representation, vol. 58, no. 8, pp. 495–502, 2019.
- [3] B. Lahasan, S. L. Lutfi and R. San-Segundo, "A survey on techniques to handle face recognition challenges: Occlusion, single sample per subject and expression," Artificial Intelligence Review, 2019.
- [4] S. Umer, B. C. Dhara and B. Chanda, "Face recognition using fusion of feature learning techniques," Measurement, vol. 146, no. 4, pp. 43–54, 2019.
- [5] R. Neha and S. Nithin, "Comparative analysis of image processing algorithms for face recognition," in Proc. of the Int. Conf. on Inventive Research in Computing Applications, Coimbatore, pp. 683–688, 2018.
- [6] S. Khan, M. Hussain, H. Aboalsamh and G. Bebis, "A comparison of different Gabor feature extraction approaches for mass classification in mammography," Multimedia Tools and Applications, vol. 76, no. 1, pp. 33–57, 2017..
- [7] B. Ameer, S. Masmoudi, A. G. Derbel and A. Ben Hamida, "Fusing Gabor and LBP feature sets for KNN and SRC-based face recognition," in 2nd Int. Conf. on Advanced Technologies for Signal and Image Processing, Monastir, Tunisia, pp. 453–458, 2016.



[8] Z. Xia, R. Lv and X. Sun, “Rotation-invariant Weber pattern and Gabor feature for fingerprint liveness detection,” *Multimedia Tools and Applications*, vol. 77, no. 14, pp. 18187–18200, 2018.

[9] M. Haghghat, S. Zonouz and M. Abdel-Mottaleb, “CloudID: Trustworthy cloud-based and cross-enterprise biometric identification,” *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 21, pp. 7905–7916, 2015

[10] Steven M. Holland, Univ. of Georgia]: *Principal Components Analysis*, 2019

[11] H. Cho and S. Moon, “Comparison of PCA and LDA based face recognition algorithms under illumination variations,” in *The Society of Instrument and Control Engineers, ICCAS-SICE, Fukuoka, Japan*, pp. 4025–4030, 2009.

[12] “Yale Face Dataset,” [Online]. Available: <http://vision.ucsd.edu/content/yale-face-database> (Accessed 14 January 2020)

[13] “ORL Face Dataset,” [Online]. Available :<https://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attachive/facedatabase.html> (Accessed 14 January 2020).

[14] “LDA-Primer-Gutierrez-Osuna: [https://www.researchgate.net/profile/Umar-Yusuf-Madaki/post/What\\_are\\_the\\_disadvantages\\_of\\_LDA\\_linear\\_discriminant\\_analysis](https://www.researchgate.net/profile/Umar-Yusuf-Madaki/post/What_are_the_disadvantages_of_LDA_linear_discriminant_analysis)



# ارزیابی الگوریتم مبتنی بر تلفیق داده در کشف و مکان‌یابی چشمه رادیواکتیو خارج از کنترل از طریق شبیه‌سازی مونت کارلو و اندازه‌گیری تجربی

هادی اردینی<sup>۱</sup>، امیرمحمد بیگزاده<sup>۲\*</sup>

۱- پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران،  
۲- پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران،

abeigzadeh@aoei.org.ir

## چکیده

با استفاده از ترکیب سنسورهای مختلف و روش‌های همجوشی داده، می‌توان با استخراج اطلاعات بیشتر از سامانه‌های داده برداری مختلف مختلف، تشخیص تهدیدات هسته‌ای بالقوه را به طور قابل توجهی افزایش داد. در این تحقیق، یک رویکرد تجربی و مدل‌سازی برای ردیابی و کشف یک چشمه رادیواکتیو با ترکیب یک دوربین نظارتی و یک آشکارساز پرتوی (NaI) استفاده شد. برای اجرای این آزمایش از سه روبات متحرک استفاده گردید که در یکی از آنها چشمه رادیواکتیو قرار داشت. الگوریتمی برای شناسایی ربات آلوده از طریق ارتباط بین تصاویر دوربین و داده‌های آشکارساز توسعه داده شد. روش بینایی کامپیوتری حرکات همه ربات‌ها را در سیستم مختصات صفحه XY استخراج می‌کند و سیستم آشکارساز شار پرتوهای گاما را ثبت می‌کند. موقعیت روبات‌ها و تعداد متناظر چشمه متحرک با استفاده از کد شبیه‌سازی MCNPX مطابق با هندسه آزمایشگاهی، مدل‌سازی شد. نتایج نشان‌دهنده دقت بالا در بهره‌گیری از الگوریتم مبتنی بر تلفیق داده‌های مکانی و شمارش در کشف و مکان‌یابی هدف در مدل شبیه‌سازی و اندازه‌گیری تجربی است. تکنیک‌های مدل‌سازی در طراحی سناریوهای مختلف پرتوی و سیستم‌های هوشمند، قبل از شروع هر آزمایش ارزشمند هستند.

**واژه‌های کلیدی:** تهدیدات هسته‌ای، آشکارسازهای پرتوی، شبیه‌سازی MCNPX، رهیافت مدل‌سازی، سیستم‌های هوشمند

## ۱. مقدمه

با گسترش جهانی و استفاده روزافزون از فناوری های هسته ای، تهدیدات بالقوه مرتبط با مواد رادیواکتیو ناشی از تروریسم، سهل انگاری در استفاده و جابجایی آنها و موارد دیگر می تواند تهدیدات بسیاری را برای جوامع بشری ایجاد کند [۱]. شناسایی و ردیابی منابع رادیواکتیو یک جنبه مهم برای تضمین ایمنی و امنیت جوامع است. جابجایی و حمل و نقل منابع رادیواکتیو، پسمانداری مناسب، از کار انداختن و بازسازی تاسیسات هسته ای از جمله عواملی هستند که در آلودگی پرتوی محیطی نقش دارند [۲]. استفاده از سیستم‌های مانیتورینگ مبتنی بر فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی و بینایی ماشین نقش مهمی در ارتقای ایمنی و سلامت جامعه خواهد داشت [۳]. هدف از این تحقیق ارتقای تکنیک های تشخیص و استخراج اطلاعات قابل اعتماد و با کیفیت از محیط های حاوی مواد رادیواکتیو است. این امر از طریق استفاده از یک آشکارساز رادیواکتیو، مانند یک شمارنده پرتوهای گاما، که در کنار یک دوربین نظارت شهری به صورت یک سیستم تشخیص و ردیابی هوشمند و واحد قرار می گیرد، به دست می آید. با کاهش هزینه ماژول های آشکارساز و انتقال داده، امکان گسترش پوشش به مناطق بزرگتر مانند یک شهر وجود خواهد داشت. علاوه بر این، افزایش تعداد گره‌های مولد داده های اندازه گیری و آشکارسازی، دقت سیستم را افزایش می‌دهد و آن را به منبعی ارزشمند برای نظارت و شناسایی تهدیدات هسته‌ای بالقوه تبدیل می‌کند. برای بهینه سازی زمان و هزینه در راه اندازی چنین سیستم هایی، می توان از مدل سازی و شبیه سازی قبل از آزمایش‌های اولیه و نهایی استفاده کرد. راه اندازی و آزمایش اولیه یک شبکه هوشمند همانند این معمولاً نیاز به آماده سازی ابزارهای مختلف دارد. بنابراین، قبل از سرمایه گذاری در زمان و هزینه، می توان سناریوهای مختلف را با استفاده از منابع و آشکارسازهای مختلف رادیواکتیو توسط کدهای ترابرد پرتوی بررسی نمود. به همین دلیل، این مطالعه در دو فاز مدل‌سازی و آزمایشی سازماندهی شده است. کد MCNPX مونت کارلو برای فاز مدل سازی استفاده شد. برای اعتبارسنجی مدل، آزمایش‌هایی با استفاده از سه ربات انجام شد. یکی از ربات‌ها حامل یک چشمه رادیواکتیو با فعالیت پایین بود در حالی که اطلاعات مکانی و پرتوی از طریق یک گره شامل یک دوربین شهری و یک آشکارساز سوسوزن NaI دو اینچی ثبت شد. از تکنیک های پردازش تصویر برای استخراج موقعیت دو بعدی هر ربات استفاده گردید. علاوه بر این، آشکارساز شمارش حاصل از پرتوهای گسیل شده از چشمه را ثبت کرد. برای تجزیه و تحلیل داده های مکانی و شمارش پرتوی از روش ریاضی مبتنی بر همبستگی داده ها استفاده شد. برای شبیه سازی سیستم آزمایشی، کد نیاز به ورودی پارامترهای مکانی مربوط به سه ربات، اطلاعات مربوط به نوع چشمه رادیواکتیو مورد استفاده در آزمایش، موقعیت آشکارساز و نوع آشکارساز سوسوزن داشت. جدول ۱ فعالیت های مختلف مربوط به ردیابی مواد رادیواکتیو با استفاده از سیستم های بینایی ماشین و تجزیه و تحلیل داده ها با روش های همبستگی را خلاصه می کند. به طور کلی، استفاده از MCNPX و اعتبارسنجی آن با اندازه‌گیری‌های تجربی، ابزاری با قیمت مناسب و قابل اعتماد ارائه می‌کند که امکان اجرای سناریوهای مختلف و بهینه‌سازی سیستم‌های تشخیص را فراهم می‌کند.

## ۲. شرح کار و نتایج

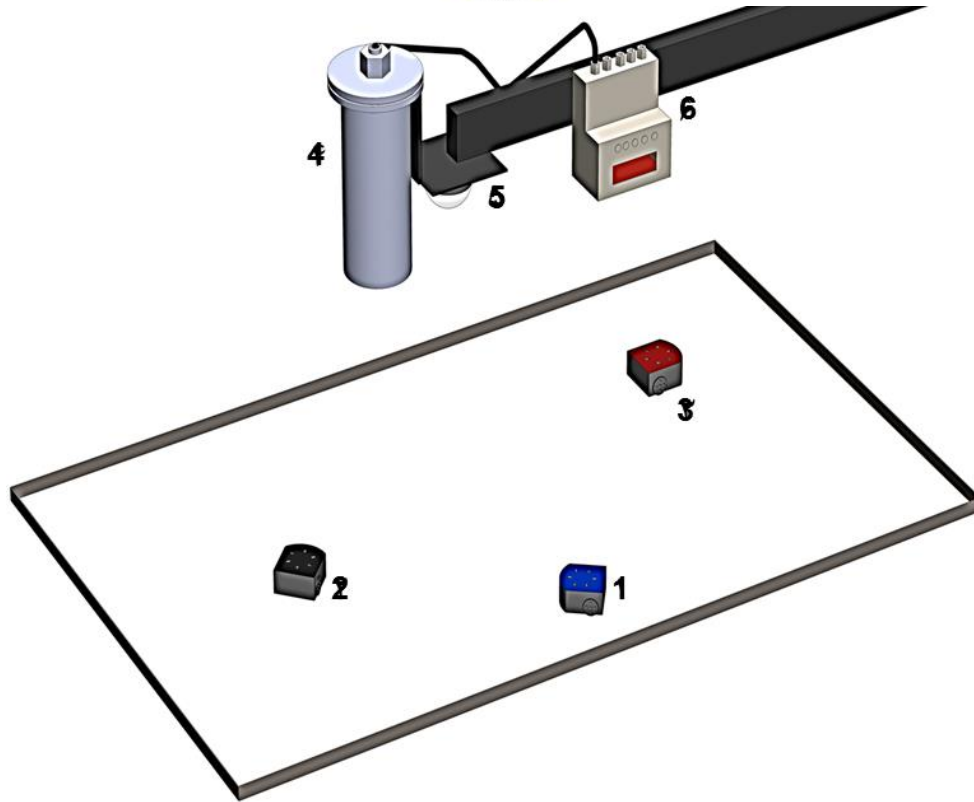
### ۲-۱. تجربی

طرحی از هندسه آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. برای ثبت موقعیت هر ربات با استفاده از روش های پردازش تصویر، کاغذهای قرمز، آبی و مشکی به آنها چسبانده شد. چشمه رادیواکتیو با فعالیت پایین سزیم-۱۳۷ روی ربات با رنگ قرمز قرار داده شد. ربات‌ها به مدت ۱۰۰۰ ثانیه به‌طور تصادفی حرکت کردند و سیستم اکتساب داده، داده‌ها را در هر ثانیه ثبت می‌کرد.



### جدول ۱. کارهای مرتبط

پژوهش	ابزار	الگوریتم	نتایج
ادغام داده‌ها برای یک سیستم تشخیص رادیولوژیکی بینایی ماشین: عملکرد یک الگوریتم کالیبراسیون [۴].	دو آشکارساز سوسوزن مایع EJ-309 حساس به نوترون و گاما، دوربین کینکت، دوربین لیدار	همبستگی	با اعمال فیلترها برای افزایش سیگنال به نویز، حداقل ۸۰٪ از اندازه‌گیری‌ها برای حالت آماری تعداد کمتر (با استفاده از داده‌های دو آشکارساز) مکان منبع را به درستی شناسایی کردند.
ادغام داده‌ها برای یک سیستم تشخیص رادیولوژیکی به کمک بینایی: روش‌های همبستگی برای ردیابی تک منبع [۵].	منبع Cf-252 در یک کوله پشتی در اتاقی با ۴ نفر، لیدار، ۵ آشکارساز سوسوزن مایع EJ-309	همبستگی	نتایج اولیه نشان‌دهنده اثربخشی ترکیب بینایی ماشین سه بعدی در سیستم‌های تشخیص رادیولوژیکی با دقت ۸۰ درصد است..
تشخیص منابع رادیواکتیو در یک شهر با استفاده از تجمع بیزی داده‌های طیف‌سنج متحرک با هدف طیف‌سنجی گاما [۶].	طیف‌سنج مجهز به پدید سدید ۴*۱۶ اینچ با سیستم انتقال داده	تجمع بیزی	تجمع بیزی داده‌ها می‌تواند تشخیص منابع رادیواکتیو را بهبود بخشد و همچنین به تعیین ویژگی‌های آنها مانند مکان، شدت و نوع منبع کمک کند.
ادغام داده‌های فیوژن: تصویربرداری حجمی اشعه گاما در زمان واقعی [۷].	پلت فرم تصویربرداری Compton متشکل از دو آشکارساز ژرمانیوم با خلوص بالا حساس به موقعیت سه بعدی	ردیابی و بازسازی در زمان واقعی	این کار بر روی یک رویکرد خاص مبتنی بر تصویربرداری کامپتون تمرکز می‌کند، که به‌ویژه برای جستجوی منبع و برنامه‌های نگاشت پرتو گاما به دلیل میدان دید وسیع ذاتی و حساسیت آن در طیف وسیعی از انرژی‌های پرتو گاما مناسب است

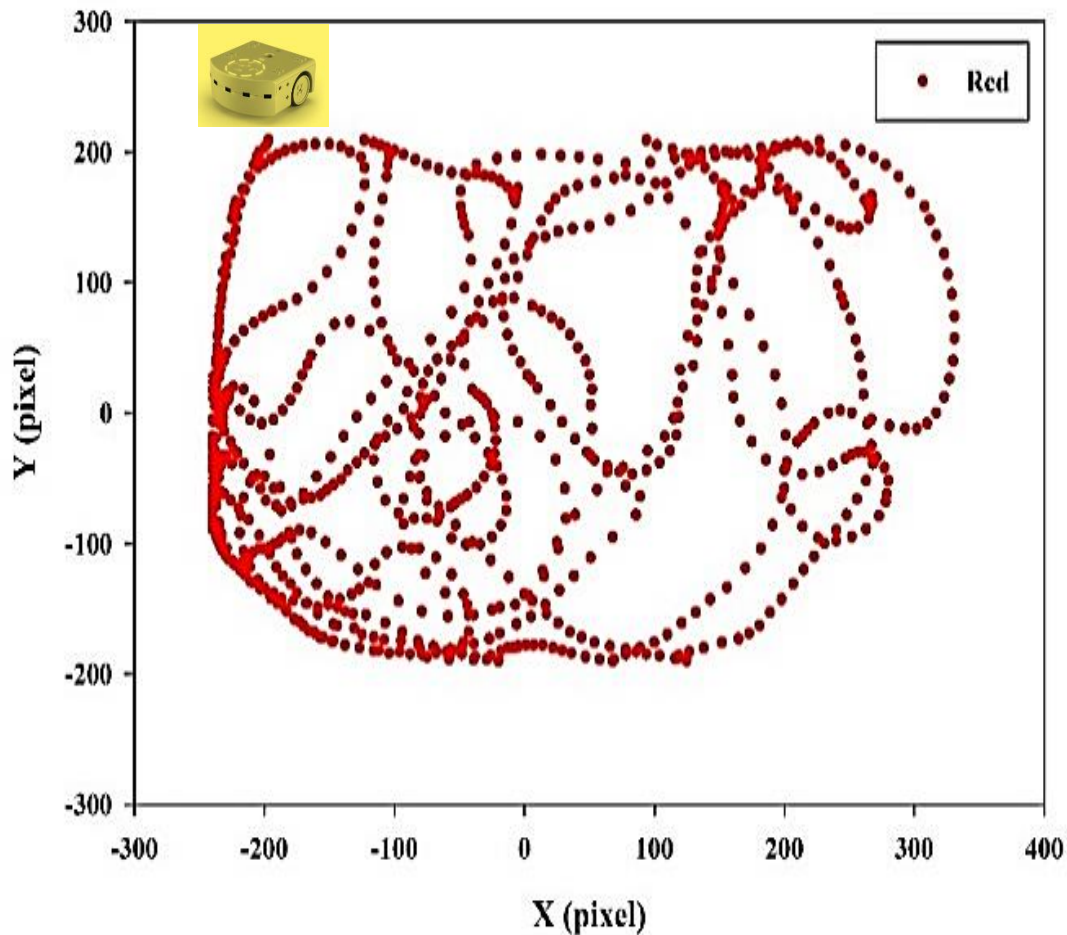


شکل ۱. چیدمان اندازه‌گیری مورد استفاده: ۱، ۲ و ۳ ربات Thymio، ۴ آشکارساز، ۵ دوربین، ۶ واحد جمع‌آوری داده

عملکرد سیستم ارائه شده بر اساس ضریب همبستگی است که یک پارامتر آماری نشان‌دهنده رابطه و وابستگی بین دو متغیر کمی است [۸]. این ضریب هم‌قدرت و هم‌نوع رابطه را اندازه‌گیری می‌کند و از -۱ تا ۱ متغیر است. همبستگی بین دو متغیر تصادفی  $X$  و  $Y$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{corr}(X, Y) = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (1)$$

که در آن COIT ضریب همبستگی، COV کوواریانس و  $\sigma$  انحراف استاندارد داده‌ها است. از آنجایی که نرخ شمارش در آشکارساز با فاصله از آشکارساز نسبت معکوس دارد، انتظار داریم ضریب همبستگی برای منبع پرتو به یک منفی نزدیک‌تر باشد. اما اگر جسم متحرک منبع نداشته باشد، این مقدار نزدیک به صفر خواهد بود.



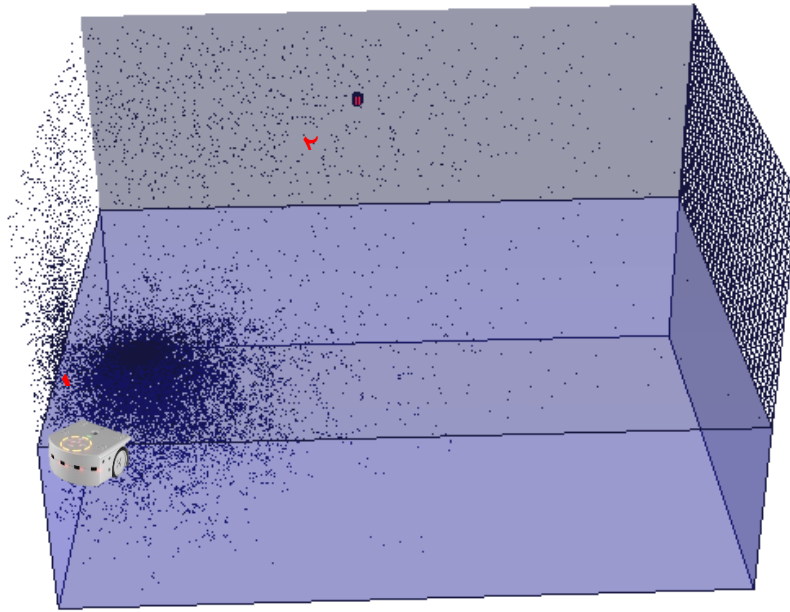
شکل ۲. مسیر حرکت ربات قرمز در دو بعد [۹]

شکل ۲ مسیر حرکت یکی از ربات‌ها را نشان می‌دهد که منبع رادیواکتیو را حمل می‌کند. ربات‌ها به طور تصادفی حرکت می‌کنند و آشکارساز در مرکز مختصات آنها قرار می‌گیرد. نتایج ۱۰۰۰ ثانیه حرکت ربات به طور همزمان با موقعیت هر ربات و میزان تابش شناسایی شده توسط آشکارساز ثبت شد.

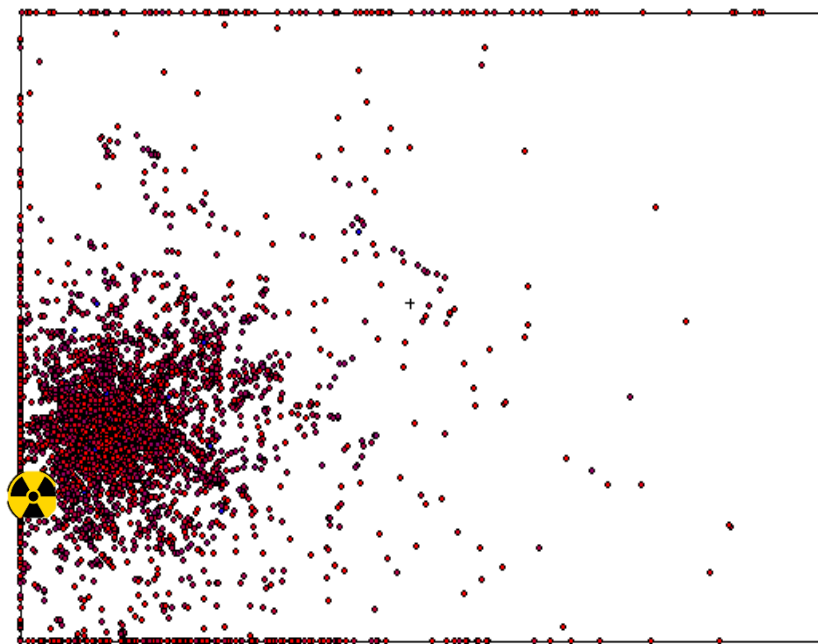
## ۲-۲. مدلسازی

از کد MCNPX برای مدل‌سازی استفاده شد و هندسه نشان داده شده در شکل ۱ شبیه‌سازی شد. MCNP یکی از قوی‌ترین کدهای محاسباتی مورد استفاده در مهندسی هسته‌ای است. این بر اساس متدولوژی مونت کارلو است و به زبان‌های برنامه‌نویسی فرترن و C نوشته شده است که آن را قادر می‌سازد تمام زمینه‌های مهندسی هسته‌ای را پوشش دهد [۱۰]. در مجموع ۱۰۰۰ کد برای پیاده‌سازی سیستم آزمایشی در مدل نوشته و اجرا شد. نرخ شمارش با استفاده از Tally F8 محاسبه شد که معیار آن تعداد کل زیر طیف بود. چشمه رادیواکتیو موجود در کد یک منبع گامای سزیم-۱۳۷ بود که پرتوهای گاما با انرژی ۰.۶۶۷ کیلو الکترون ولت گسیل می‌کند. در طول محاسبه، تعداد تاریخچه ۲ میلیارد ذره در نظر گرفته شد و خطای محاسبه نهایی ۲ درصد بود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، الگوریتمی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB توسعه و مورد استفاده قرار گرفت.





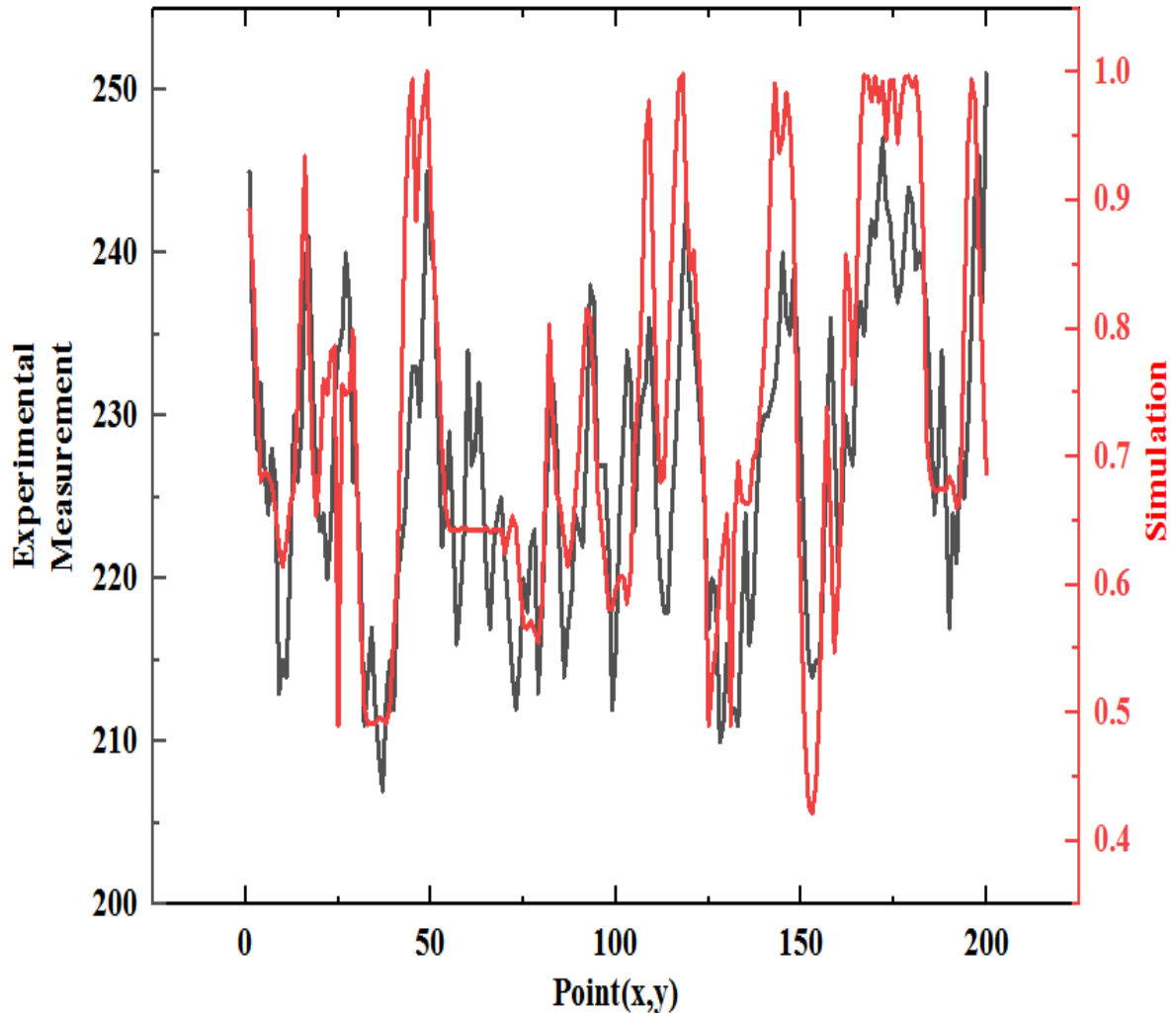
شکل ۳. نمایی از هندسه مدل شده (ا) نقطه داغ، (ب) آشکارساز



شکل ۴. گسیل پرتوهای یک چشمه رادیواکتیو در محیط شبیه‌سازی در یکی از نقاطی که ربات آلوده به مواد رادیواکتیو حضور داشت (دو بعد زاویه دید از بالا).

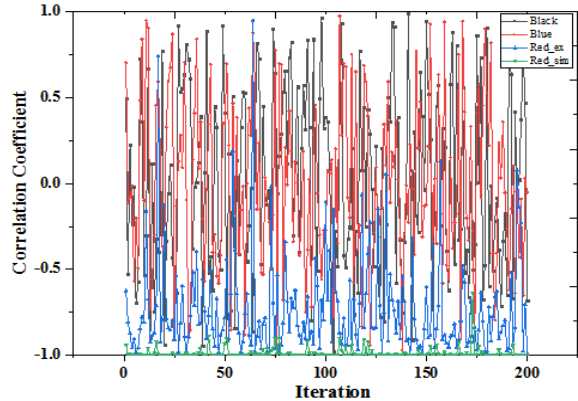
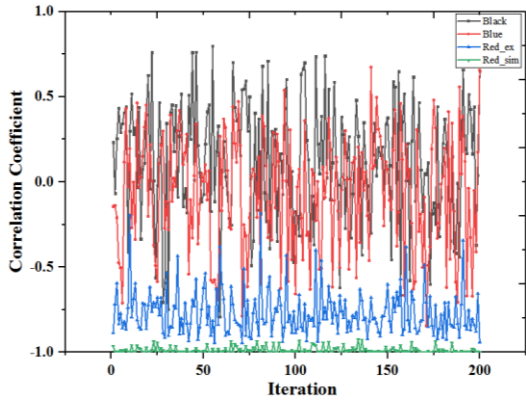
۲-۳. مقایسه

در شکل ۶، شمارش اشعه گاما در فاصله از سیستم تشخیص نشان داده شده است. محیط و سایر پارامترهای موثر برای شبیه سازی و آزمایش واقعی یکسان بود. مقایسه بین داده های آزمایش و شبیه سازی مطابقت بین آنها را تأیید می کند.



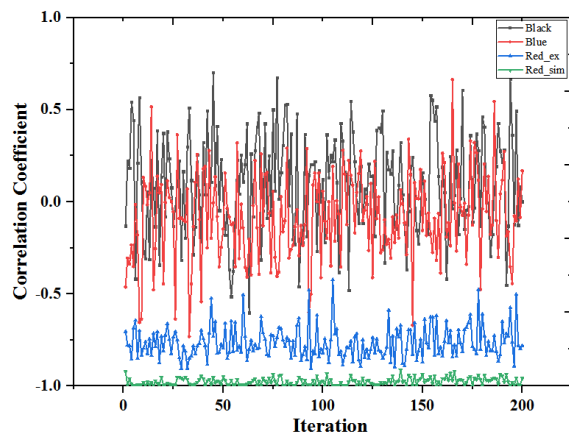
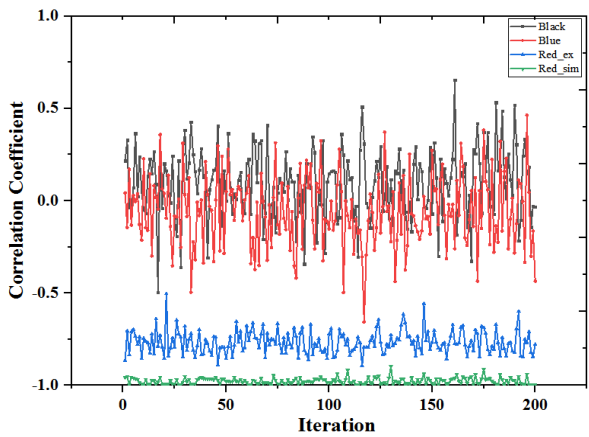
شکل ۵. میزان شدت ثبت شده در آشکارساز نسبت به تغییر موقعیت ربات در صفحه دو بعدی (مدل سازی و تجربی)

تفاوت در تعداد ثبت شده بین مدل سازی و آزمایش به دلیل نوسانات آماری رخ داده در آشکارساز سیستم آزمایشی است. برای بررسی بیشتر داده‌های به دست آمده از مراحل آزمایشی و شبیه‌سازی، از یک الگوریتم همبستگی داده‌ها برای تجزیه و تحلیل داده‌های موقعیت شمارش با نرخ‌های تکرار متفاوت و روش‌های جمع‌آوری داده‌ها استفاده شد. زمان شمارش ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۱۰۰ ثانیه در نظر گرفته شد، به این معنی که هر ۵ ثانیه، به عنوان مثال، داده‌های شمارش برداشت و محاسبه شد. نتایج برای ۲۰۰ تکرار و زمان‌های مختلف شمارش در زیر ارائه شده است.



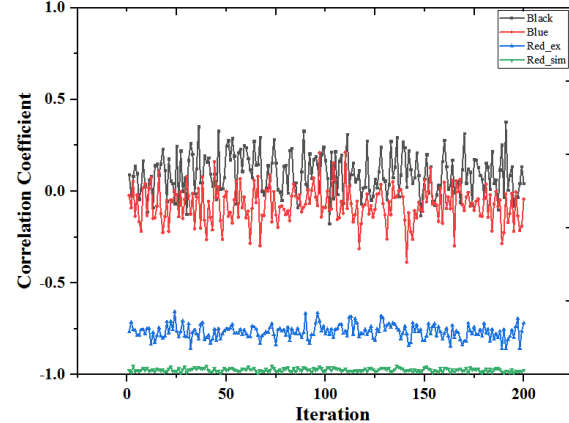
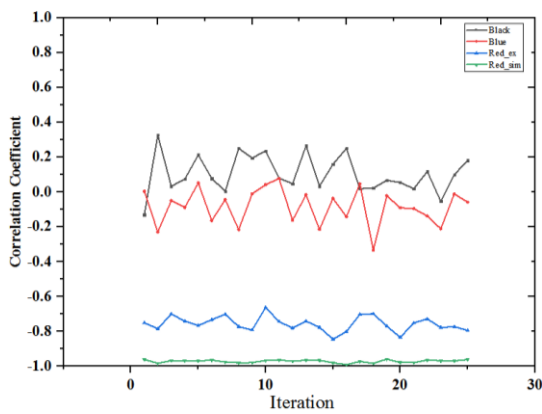
ب

الف



د

ج



ه

و

شکل ۶. ضریب همبستگی در انتخاب زمان (t دومین نمونه است) - نمودارهای سیاه و سبز نشان دهنده ربات های تمیز هستند و نمودارهای آبی و سبز ربات های آلوده در آزمایش واقعی و شبیه سازی (a)-(f) هستند (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ ثانیه)

در شبیه سازی، ضریب همبستگی برای انتخاب همه زمان ها نزدیک به ۱- است، اما هنگام مقایسه نتایج شبیه سازی با داده های واقعی، مشخص شد که ربات آلوده در زمان نمونه ۵ ثانیه به وضوح از سایر ربات ها قابل تشخیص نیست. این به نویزهای محیطی و اختلالاتی مانند



تشعشعات کیهانی نسبت داده شد که شناسایی هدف آلوده را چالش برانگیزتر می‌کرد. در نتیجه، یافتن هدف آلوده به زمان بیشتری در آزمایش‌های واقعی نیاز داشت.

### ۳. نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مطالعه شناسایی منابع رادیواکتیو متحرک با استفاده از یک سیستم تشخیص متشکل از یک آشکارساز و یک دوربین بود. یک کد مونت کارلو برای مدل‌سازی بستر آزمایشی ایجاد شد و سپس خروجی‌های مدل با داده‌های تجربی تأیید شدند. الگوریتم‌های مبتنی بر همبستگی در MATLAB برای تجزیه و تحلیل موقعیت و داده‌های شمارش پرتو گاما به‌دست‌آمده از مدل و آزمایش واقعی توسعه داده شدند. نتایج نشان داد که تشخیص مواد رادیواکتیو متحرک در مدل و سیستم‌های آزمایشی تطابق خوبی داشت. این مطالعه همچنین زمان‌های مختلف جمع‌آوری داده‌ها را بررسی کرد. نتایج نشان داد که فواصل زمانی طولانی‌تر برای جمع‌آوری داده‌ها در تشخیص مواد رادیواکتیو در میان اهداف متحرک مؤثرتر بود. علاوه بر این، مدل تأیید شده ابزاری کارآمد برای بررسی هندسه‌ها و سناریوهای مختلف قبل از شروع سیستم‌های آزمایشی است که به طور بالقوه می‌تواند در زمان صرفه‌جویی، هزینه را کاهش دهد و قرار گرفتن در معرض تابش را به حداقل برساند.

### منابع

- [1] Martin, P.G., Tomkinson, N.G. and Scott, T.B., 2017. The future of nuclear security: Commitments and actions—Power generation and stewardship in the 21st century. *Energy Policy*, 110, pp.325-330.
- [2] Vilim, R. and Klann, R., 2009. Radtrac: A system for detecting, localizing, and tracking radioactive sources in real time. *Nuclear technology*, 168(1), pp.61-73.
- [3] Eggers, S.L. and Sample, C., 2020. *Vulnerabilities in Artificial Intelligence and Machine Learning Applications and Data* (No. INL/RPT-22-66111-Rev000). Idaho National Lab.(INL), Idaho Falls, ID (United States).
- [4] Stadnikia, K., Henderson, K., Koppal, S. and Enqvist, A., 2020. Data fusion for a vision-aided radiological detection system: Correlation methods for single source tracking. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 954, p.161913.
- [5] Stadnikia, K., Henderson, K., Martin, A., Riley, P., Koppal, S. and Enqvist, A., 2018. Data fusion for a vision-aided radiological detection system: Calibration algorithm performance. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 890, pp.8-17.
- [6] Tandon, P., Huggins, P., Maclachlan, R., Dubrawski, A., Nelson, K. and Labov, S., 2016. Detection of radioactive sources in urban scenes using Bayesian Aggregation of data from mobile spectrometers. *Information Systems*, 57, pp.195-206.
- [7] Barnowski, R., Haefner, A., Mihailescu, L. and Vetter, K., 2015. Scene data fusion: Real-time standoff volumetric gamma-ray imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 800, pp.65-69.
- [8] Asuero, A.G., Sayago, A. and González, A.G., 2006. The correlation coefficient: An overview. *Critical reviews in analytical chemistry*, 36(1), pp.41-59.
- [9] Ardiny, H., Beigzadeh, A.M. and Askari, M., 2023. Tracking a moving source based on a computer vision system: Improving detection using data correlation. *Journal of Nuclear Science and Technology (JONSAT)*, 44(1), pp.67-77.
- [10] Waters, L.S., McKinney, G.W., Durkee, J.W., Fensin, M.L., Hendricks, J.S., James, M.R., Johns, R.C. and Pelowitz, D.B., 2007, March. The MCNPX Monte Carlo radiation transport code. In *AIP conference Proceedings* (Vol. 896, No. 1, pp. 81-90). American Institute of Physics.

# تکنیک‌های پیشرفته جهت ردیابی چشمه‌های رادیواکتیو خارج از کنترل: چشم انداز بینایی ماشین مبتنی بر روش KLT

امیرمحمد بیگزاده<sup>۱\*</sup>، هادی اردینی<sup>۲</sup>

۱- پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران،  
 ۲- پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران،

abeigzadeh@aoei.org.ir

## چکیده

این مطالعه تکنیک‌های پیشرفته‌ای را برای نظارت بر منابع رادیواکتیو متحرک از دیدگاه بینایی ماشین از نقطه نظر تئوری و مدلسازی ارائه می‌کند. روش‌های پیشنهادی با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته، قابلیت‌های پیشرفته‌تری برای ردیابی و کاوش منابع رادیواکتیو در محیط‌های پویا ارائه می‌دهند. این تحقیق با ادغام الگوریتم‌های بینایی ماشین با تکنیک‌های پیشرفته پردازش تصویر، چارچوبی موثر برای نظارت و تشخیص در زمان واقعی ارائه می‌کند. ادغام سیستم‌های بینایی ماشین، مکان‌یابی و شناسایی دقیق منابع رادیواکتیو را ممکن می‌سازد، در نتیجه اقدامات ایمنی و ایمنی کلی را بهبود می‌بخشد. از طریق تجزیه و تحلیل دقیق تکنیک‌های پیشنهادی، این مطالعه تأثیر بالقوه استفاده از بینایی ماشین را در نظارت بر چشمه‌های متحرک رادیواکتیو در سناریوهای پرتوی برجسته می‌کند و بر اهمیت آن در افزایش روش‌های تشخیص تشعشع تأکید می‌کند. معادلات روش ردیابی از روش KLT پیروی می‌کند. سامانه مدل شده به طور هم‌زمان تصاویر حرکتی را دریافت و پردازش کرده و مسیر حرکت اجسام را تشخیص می‌دهد و به طور هم‌زمان داده‌های پرتوی در آشکارساز ثبت می‌گردد. در نهایت با تلفیقی داده‌های مکانی و داده‌های پرتوی با دقت خوبی چشمه‌های رادیواکتیو خارج از کنترل در میان سایر اشیای متحرک کشف گردید. ادغام این الگوریتم‌ها در سامانه‌های تشخیص تشعشع موجود این پتانسیل را دارد که اقدامات ایمنی را به میزان قابل توجهی افزایش دهد و خطرات مرتبط با حوادث پرتوی را کاهش دهد.

**واژه‌های کلیدی:** کنترل چشمه‌های رادیواکتیو، فناوری بینایی ماشین، آشکارسازی، ردیابی، الگوریتم‌های پردازش تصویر، ایمنی هسته‌ای

## ۱. مقدمه

با رشد سریع فناوری هسته ای و گسترش جهانی آن، تکثیر مواد رادیواکتیو یک تهدید جدی ناشی از تروریسم، سوء استفاده و قاچاق غیرقانونی است. در نتیجه، یک ضرورت فوری برای پیشرفت سیستم‌های شناسایی و ردیابی منابع رادیواکتیو برای تقویت اقدامات امنیتی و خنثی کردن اقدامات تروریستی احتمالی وجود دارد. در حالی که جابجایی بی‌وقفه افراد، وسایل نقلیه و کالاها در سراسر مرزها برای عملکرد اجتماعی ضروری است، تشخیص و جلوگیری از قاچاق غیرقانونی مواد رادیواکتیو برای ایمنی و امنیت جامعه ضروری است. با این حال، کارایی سیستم‌های بازرسی فعال ممکن است توسط محدودیت‌های ایمنی، به‌ویژه در سناریوهای غربالگری شامل خطوط عابران پیاده یا مسافران، مختل شود، که بر اهمیت حیاتی فرآیندهای غربالگری سریع و کارآمد در تنظیمات با امنیت بالا مانند فرودگاه‌ها و گمرک تاکید می‌کند [۱]. به عنوان مثال، فرودگاه بین‌المللی هارتسفیلد-جکسون آتلانتا میانگین حجم ترافیک روزانه بیش از ۲۵۰۰۰۰ مسافر را تجربه می‌کند [۲]. مرز ایالات متحده و مکزیک به عنوان شلوغ ترین نقطه ورودی جهان است که سالانه شاهد بیش از ۳۰۰ میلیون نفر، ۹۰ میلیون وسیله نقلیه و ۴ میلیون تردد کامیون است [۳]. ادغام داده‌های حسگرهای رادیواکتیو به مخفی با فناوری‌های بازرسی غیرتجاری مکرر مانند دوربین‌ها، نویدبخش تقویت تدابیر امنیتی هسته‌ای در گذرگاه‌های مرزی، تأسیسات تجاری و مناطق پرجمعیت است و در نتیجه قاچاق غیرقانونی مواد رادیواکتیو را کاهش می‌دهد. هدف این مطالعه ابداع الگوریتم‌های مستقلی است که قادر به اسکن فعال محیط‌های پرخطر، از جمله تأسیسات هسته‌ای و مناطق مرزی شهری، برای شناسایی مواد غیرمجاز هستند، در نتیجه کارایی نظارتی سیستم‌های مبتنی بر بینایی ماشین مجهز به دوربین‌های نظارتی و سنسورها را افزایش می‌دهد. چنین پیشرفت‌هایی در روش‌های تشخیص رادیواکتیو فواید قابل توجهی را به همراه خواهد داشت.



شکل ۱. ردیابی اشیاء در بینایی کامپیوتر

این مطالعه داده‌های آشکارسازهای رادیواکتیو مقرون به صرفه، از جمله گایگر مولر و سوسوزن‌ها را در کنار دوربین‌های تصویربرداری برای افزایش دقت اطلاعات و تقویت قابلیت‌های تشخیص تهدید هسته‌ای ادغام می‌کند. این تحقیق با استفاده از الگوریتم بینایی ماشین (MV)، داده‌های حرکتی را پردازش می‌کند تا ویژگی‌های اشیاء (مانند افراد، وسایل نقلیه یا آیتم‌ها) را استخراج کند، برجسب‌هایی را به این اشیاء اختصاص دهد و متعاقباً آنها را بومی‌سازی و ردیابی کند. روش KLT برای ردیابی اشیاء استفاده می‌شود که به دلیل کارایی آن در استخراج اطلاعات معنی دار از تصاویر و اطمینان از ردیابی دقیق اشیاء مشهور است. این روش از الگوریتم‌های ریاضی برای تجزیه و تحلیل ویژگی‌های آماری تصویر، شناسایی الگوهای کلیدی در داده‌ها استفاده می‌کند. علاوه بر این، روش KLT داده‌های تصویر را به یک سیستم مختصات جدید تبدیل می‌کند و بر ویژگی‌های حیاتی از طریق محاسبات بردار ویژه و مقادیر ویژه در ماتریس کوواریانس تصویر تأکید می‌کند [۴]. با اجرای تکنیک‌های ردیابی اشیاء و ارتباط موقعیت اشیاء با داده‌های رادیواکتیو، هدف این مطالعه شناسایی اهداف آلوده به طور موثر است. این تحقیق در یک ناحیه تست آزمایشی به اندازه اتاق انجام شده است. الگوریتم MV اشیاء را بر اساس ویژگی‌های آنها شناسایی می‌کند و در ارتباط با داده‌های آشکارسازها، اهداف آلوده را در میان اجسام متحرک مشخص می‌کند. در زمینه‌هایی مانند بازرسی، کنترل کیفیت و آزمایش‌های غیر مخرب، سیستم‌های MV یک جایگزین مقرون به صرفه برای نیروی انسانی ارائه می‌دهند، برای کاربردهایی از تشخیص امضا تا تجزیه و تحلیل تصویر پزشکی. کارایی سیستم‌های MV به کیفیت داده‌های ورودی بستگی دارد [۵] [۶]، که نیازمند برنامه‌ریزی دقیق پروژه و راه‌حل‌های مناسب برای پیاده‌سازی است [۷-۱۴]. در بخش هسته‌ای، سیستم‌های MV نقشی اساسی در افزایش کیفیت تصویر برای بازرسی‌های راکتور، تشخیص خوردگی خط لوله و شناسایی منابع رادیواکتیو با استفاده از سکوه‌های روباتیک ایفا می‌کنند. هانسون و همکاران از یک نمونه اولیه ربات با دوربین Cognex یکپارچه برای بهینه‌سازی عملیات راکتور هسته‌ای از طریق کنترل بینایی روباتیک استفاده کرد [۱۵]. در حوزه کاربرد بینایی ماشین در ردیابی چشمه‌های مواد رادیواکتیو میتوان به کارهای بنسون و همکاران ادغام یک سیستم MV با یک سیستم آشکارسازی پرتوی گاما با مساحت بزرگ [۱۵]، هوو و همکاران که استراتژی به نام ACA متشکل از یک شبکه عصبی کانولوشن<sup>۱</sup> برای تقریب موقعیت یک چشمه رادیواکتیو و یک الگوریتم A\*<sup>۲</sup> برای ترسیم مسیر استفاده کردند اشاره نمود [۱۶]. توسعه یک بستر آزمایشی برای یک شبکه چند حسگر که قادر به شناسایی و مکان‌یابی چشمه‌های رادیواکتیو در محیط‌های شهری و همچنین روش‌های نوآورانه برای ردیابی بلادرنگ چشمه‌های پرتوی در کل شهر است، توسط کوپر و همکاران انجام شد [۱۷]. مطالعه دیگری [۱۸] به بررسی ادغام اطلاعات دوربین تصویربرداری و آشکارساز کامپتون<sup>۳</sup> می‌پردازد.

## ۲. مدل‌سازی و تئوری

در این مقاله از دو ابزار نرم‌افزاری مختلف کد مونت کارلوی ترابرد پرتوی MCNPX<sup>۳</sup> و کد متلب<sup>۴</sup> برای شبیه‌سازی حرکتی اشیاء، پردازش تصویر، ردیابی و ثبت موقعیت مکانی و در نهایت تعریف سناریوی پرتوی استفاده شد. MCNPX یک کد انتقال N ذره‌ای مونت کارلو است که به طور گسترده برای شبیه‌سازی انتقال ذرات در هندسه‌ها و مواد پیچیده استفاده می‌شود [۱۶].

<sup>1</sup> Convolutional neural network (CNN)

<sup>2</sup> Compton

<sup>3</sup> Finite-Element-Method

<sup>4</sup> MATRIX LAB

از نرم‌افزار متلب نیز برای پردازش تصویر و حل معادلات ردیابی و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی‌های MCNPX و آنالیز داده‌ها و ردیابی و کشف چشمه‌های رادیواکتیو استفاده شد.

## ۲-۱. مدلسازی محیط دینامیک با الگوبرداری از حرکت رباتهای کوچک چرخ دار

در این مرحله الگوریتم یک محیط دینامیک با حضور ۱۰ شی هم شکل متحرک توسعه داده شد. این کد شبیه‌سازی مربع‌های متحرک با رنگ‌های مختلف را تنظیم می‌کند و فایل ویدئوی آن را تولید می‌کند. در این مرحله موقعیت و سرعت اولیه مربع‌ها مقداردهی اولیه می‌شود، موقعیت آن‌ها در طول زمان به‌روز می‌شود، با تعریف معادلات در الگوریتم از برخورد مربع‌ها با یکدیگر جلوگیری به عمل می‌آید و در مرز تصویر زمانی که اشیای متحرک به لبه تصویر رسیدند دوباره در حرکتی پیوسته مسیر خورد را تغییر می‌دهند و در کادر قرار می‌گیرند. تمام الگوهای حرکتی در این الگوریتم از حرکت واقعی ربات‌های چرخ دار کوچک تیمیو الگوبرداری شده است که نمونه‌ای از آن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. تصویری از یک ربات تیمیو

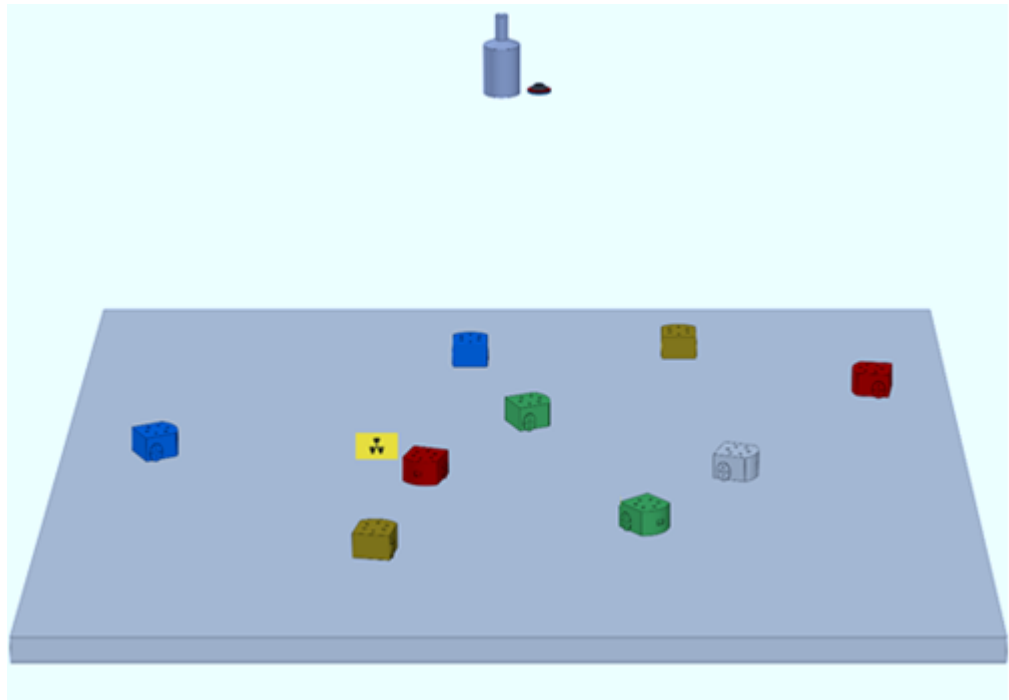
ربات تیمیو<sup>۱</sup> یک ربات آموزشی است که برای آموزش مفاهیم برنامه‌نویسی و رباتیک طراحی شده است. طراحی جمع‌وجور و رنگارنگ آن، به همراه طیف گسترده‌ای از حسگرها و محرک‌ها، آن را به یک پلت فرم ایدئال برای یادگیری و آزمایش عملی تبدیل می‌کند. این سری از ربات‌ها برنامه پذیر، مجهز به سنسورهای تشخیص لبه و سنسورهای جلوگیری از برخورد به مانع هستند.

## ۲-۲. شبیه‌سازی سناریوی پرتوی با کد مونت کارلو

کد: برای مدل‌سازی از کد مونت کارلوی MCNPX استفاده شد. این کد یک کد کامپیوتری پرکاربرد برای شبیه‌سازی انتقال ذراتی مانند نوترون، فوتون و الکترون از طریق مواد است. این ابزار قدرتمندی برای محققان و مهندسين شاغل در زمینه‌های مهندسی هسته‌ای، حفاظت در برابر پرتوها، فیزیک پزشکی و سایر رشته‌های مرتبط است [۱۸]. برای این منظور ۳۰۰۰ برنامه برای موقعیت‌های مختلف با گام پیوسته ربات قرمز در میان دیگر اشیای متحرک مدل‌سازی شد.

<sup>۱</sup> Thymio



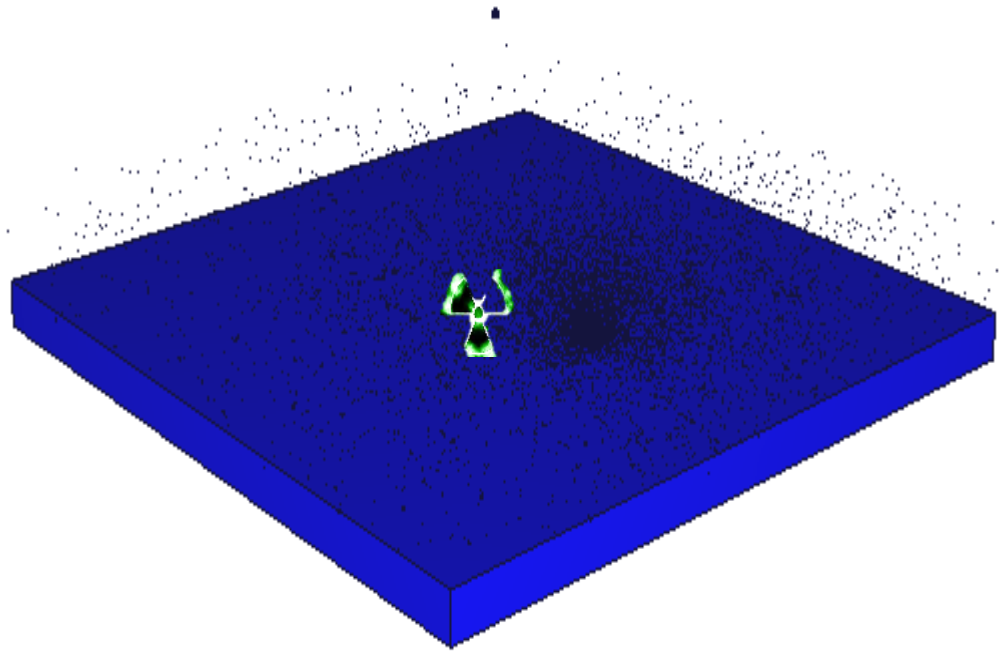


شکل ۳. نمایی از هندسه سه بعدی ترسیم شده در فضای مونت کارلو ۱- (رباتها)، ۲- دوربین چشم ماهی و ۳- آشکارساز و لامپ تقویت کننده نوری<sup>۱</sup>

**رادایوایزوتوپ:** در این شبیه‌سازی از چشمه گاما زای بسیار پر کاربرد صنعتی و پزشکی کبالت-۶۰ استفاده شد. چشمه کبالت-۶۰ ایزوتوپ رادیواکتیو کبالت با نیمه عمر حدود ۵/۲۷ سال است. عمدتاً در کاربردهای صنعتی و درمان‌های پزشکی استفاده می‌شود. کبالت-۶۰ تابش‌های گاما گسیل می‌کند که آن را برای اهداف مختلف ارزشمند می‌کند. از نظر انرژی، کبالت-۶۰ پرتوهای گاما را با حداکثر انرژی ۱/۳۳ مگا الکترون ولت گسیل می‌کند. این تابش پرانرژی به آن اجازه نفوذ در مواد را می‌دهد و در پرتونگاری صنعتی برای بازرسی جوش‌ها، تشخیص عیوب سازه‌های فلزی و انجام کنترل کیفیت در فرایندهای تولید استفاده می‌شود.

**آشکارساز:** در مدل‌سازی از آشکارساز یدور سدیم آلاینده با تالیوم استفاده شد.  $\text{NaI (TI)}$  مخفف سدیم یدید آلاینده با تالیوم است. این کریستال در آشکارسازی پرتوهای گاما و اشعه ایکس بسیار کارآمد است. آلاینش با تالیوم به بهبود خواص سوسوزنی کریستال کمک می‌کند و باعث می‌شود در هنگام اندرکنش با پرتوهای یونساز، نور در ناحیه مرئی گسیل کند.

<sup>۱</sup> Photo Multiplier Tube(PMT)



شکل ۴. فضای آزمایش الف) اتاق به ابعاد  $10 \times 10 \times 3$  مترمکعب، ب) نقطه داغ<sup>۱</sup> ناشی از چشمه کبالت  $60$

### ۲-۳. الگوریتم ردیابی اشیا

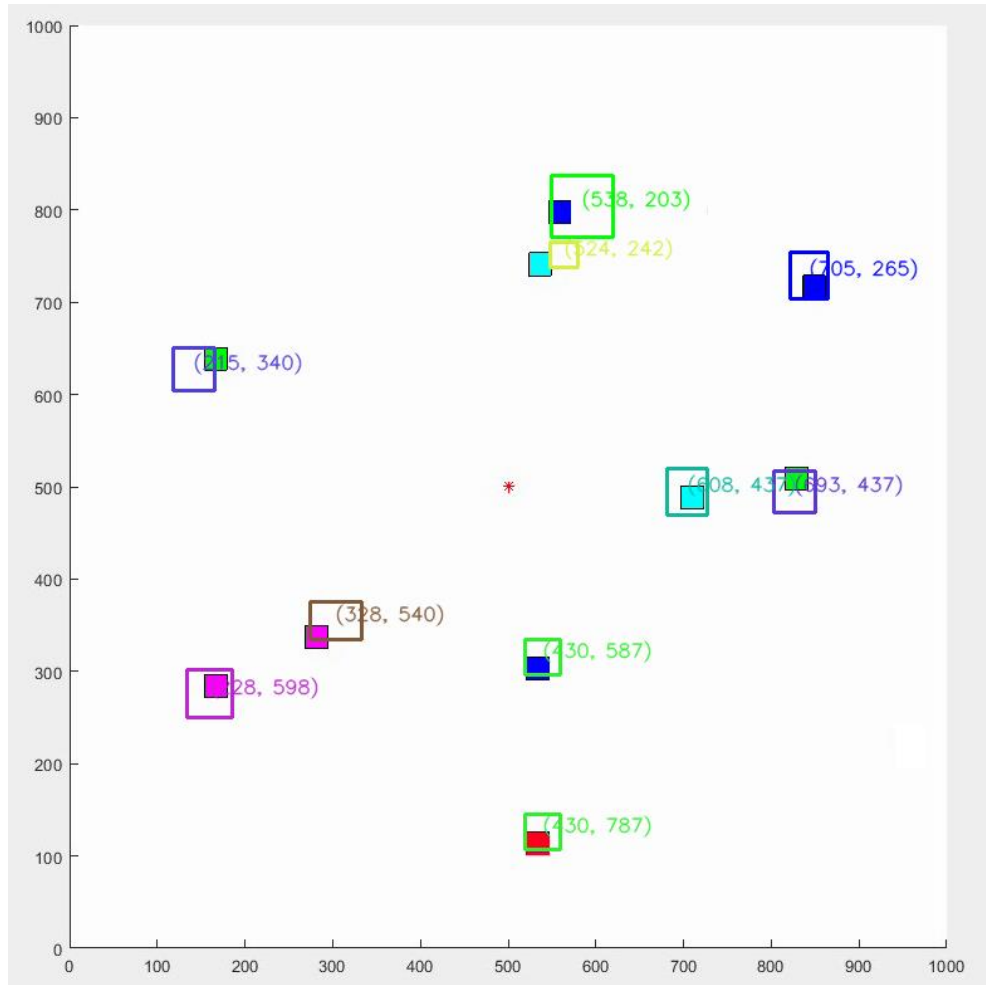
#### ۱-۳-۲. الگوریتم مبتنی بر روش KLT

$KLT^2$  یک الگوریتم بینایی کامپیوتری است که معمولاً برای ردیابی اشیا در فیلم‌ها استفاده می‌شود. این به ویژه برای ردیابی اشیا در شرایط چالش برانگیز مانند انسداد، تغییرات مقیاس، و پس‌زمینه‌های به هم ریخته مفید است. الگوریتم KLT با ترکیب دو جزء کلیدی کار می‌کند: قابلیت اطمینان کانال و قابلیت اطمینان فضایی. قابلیت اطمینان کانال به اطمینان در مدل ظاهری شی مورد ردیابی اشاره دارد. این امر با مدل‌سازی ظاهر شی در کانال‌های رنگی مختلف، مانند RGB یا HSV، و ردیابی قابلیت اطمینان هر کانال به طور جداگانه به دست می‌آید. از سوی دیگر، قابلیت اطمینان فضایی به اطمینان از موقعیت مکانی شی در داخل قاب اشاره دارد. این با استفاده از یک فیلتر همبستگی آگاه به فضایی به دست می‌آید که موقعیت شی را بر اساس ظاهر و زمینه آن در دنباله ویدیو به روز می‌کند. با ترکیب قابلیت اطمینان کانال و فضایی، KLT قادر است عملکرد ردیابی شیء قوی و دقیق را حتی در شرایط چالش برانگیز ارائه دهد. این امر آن را به گزینه‌ای محبوب برای برنامه‌هایی مانند نظارت، تعامل انسان و رایانه و رانندگی مستقل تبدیل می‌کند. به طور کلی، KLT یک

<sup>1</sup> Hot Spot

<sup>2</sup> (Channel and Spatial Reliability Tracking)

الگوریتم قدرتمند برای ردیابی اشیاء است که هم از اطلاعات ظاهری و هم از اطلاعات مکانی استفاده می‌کند تا نتایج ردیابی قابل اعتماد و دقیق را در سناریوهای مختلف ویدیویی ارائه دهد.



شکل ۵. ردیابی اشیاء و تعیین نقشه حرکتی آنها

## ۲-۳-۲. الگوریتم مبتنی بر معادلات همبستگی

الگوریتم همبستگی روشی است که در پردازش سیگنال، پردازش تصویر و بینایی کامپیوتری برای اندازه‌گیری شباهت بین دو سیگنال یا تصویر استفاده می‌شود. ضریب همبستگی را محاسبه می‌کند، که نشان می‌دهد با مقایسه الگوها یا ویژگی‌های یک سیگنال، چقدر شبیه سیگنال دیگری است. در زمینه ردیابی شیء، الگوریتم همبستگی اغلب برای ردیابی اشیاء با یافتن بهترین تطابق بین مدل ظاهری شیء و مناطق کاندید در فریم‌های بعدی یک دنباله ویدیو استفاده می‌شود. با محاسبه همبستگی بین الگوی شیء و وصله‌های تصویر در فریم‌های ویدیویی، الگوریتم می‌تواند محتمل‌ترین مکان شیء را در فریم فعلی تعیین کند. یکی از کاربردهای رایج الگوریتم همبستگی در سیستم‌های

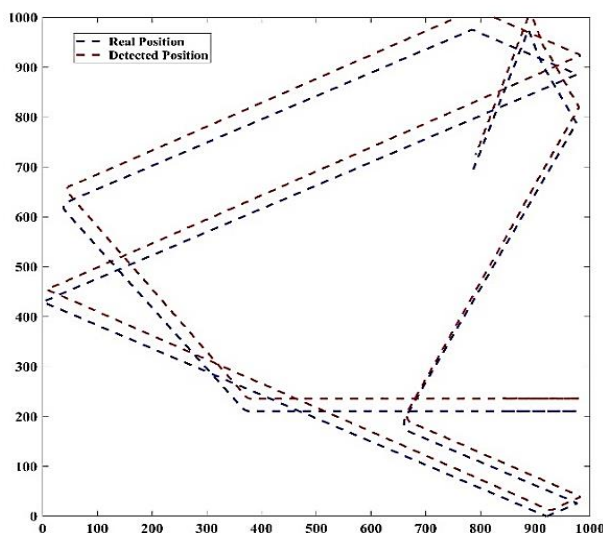
ردیابی بصری است، جایی که از آن برای ردیابی اشیاء در ویدیوها در زمان واقعی استفاده می‌شود. با به روز رسانی مداوم همبستگی بین الگوی شی و وصله های تصویر، الگوریتم می تواند حرکت شی را حتی در شرایط چالش برانگیز به دقت دنبال کند. یکی دیگر از کاربردهای الگوریتم همبستگی در ثبت تصویر است، که از آن برای تراز کردن دو تصویر با یافتن تبدیل فضایی که همبستگی بین آنها را به حداکثر می‌رساند استفاده می‌شود. این در تصویربرداری پزشکی، سنجش از راه دور، و برنامه های طراحی به کمک کامپیوتر مفید است. اثربخشی آشکارسازی و کشف با روش آنالیز مبتنی بر همبستگی بین مسیرهای اشیاء و شمارش گامای ثبت شده در آشکارساز شده تعیین می‌شود. ضریب همبستگی که از ۱- تا ۱ متغیر است، میزان همبستگی بین دو متغیر را نشان می‌دهد. مقدار صفر نشان دهنده عدم ارتباط بین متغیرها است، در حالی که ۱- یا ۱ یک همبستگی کامل و حالت ایدئال را نشان می‌دهد.

$$\text{correlation}(X, Y) = \frac{\text{covariance}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (2)$$

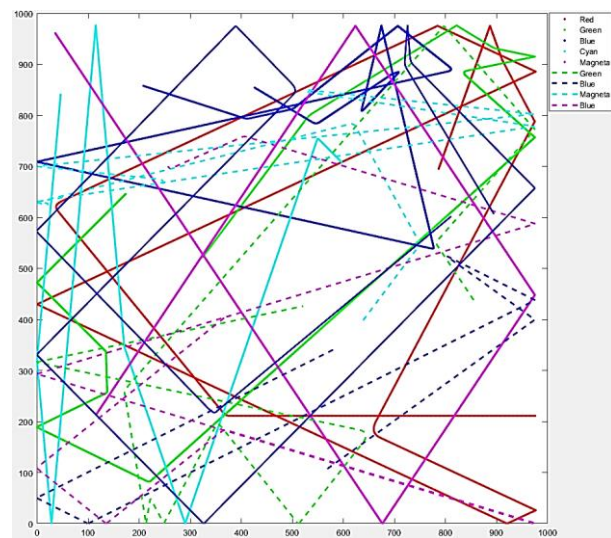
که  $\sigma$  انحراف استاندارد داده‌ها است. انتظار می‌رود که با افزایش فاصله بین آشکارساز و جسم آلوده به ماده رادیواکتیو متحرک، شمارش کاهش یابد و در نتیجه ضریب همبستگی نزدیک به ۱- باشد. برای به دست آوردن ضرایب همبستگی برای هر شی، الگوریتم ضریب در ثانیه را تا ۱۲۰ ثانیه محاسبه می‌کند.

### نتایج

پس از حرکت کاراکترها در مسیر دوبعدی به صورت کاملاً تصادفی، موقعیت دوبعدی آن‌ها پس از دو دقیقه ثبت گردید. نمودارهای مربوط به مسیر حرکت آن‌ها در شکل ۶ نشان داده شده است. برای هر کاراکتر نمودار مسیر حرکت آن مطابق با همان رنگ کاراکتر نشان داده شده است.

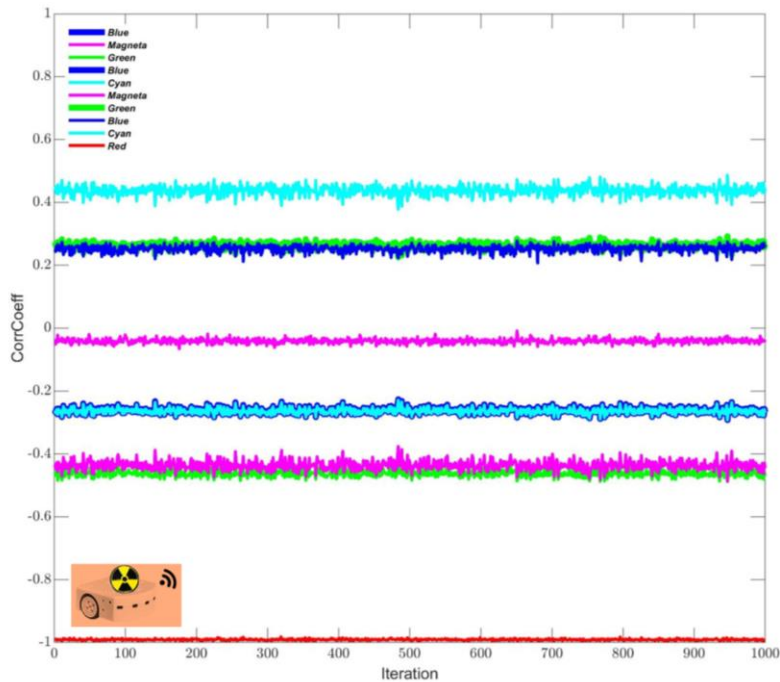


ب



الف

شکل ۶. الف) مسیر واقعی ایجاد شده برای ربات‌ها با استفاده از الگوریتم شبیه‌سازی حرکت تیمیو، ب) مقایسه مسیر واقعی و ردیابی شده برای کاراکتر آلوده به ماده رادیواکتیو، چشمه متحرک کبالت-۶۰



شکل ۷. روند تغییرات ضریب همبستگی برای ۹ کاراکتر

در شکل ۷ روند تغییرات ضریب همبستگی برای ۹ کاراکتر نشان داده شده است. از نمودارهای نشان داده شده در شکل ۷ می‌توان استنباط نمود که شیء آلوده کاراکتر قرمز رنگ رنگ می باشد که ضریب همبستگی آن مقداری در نزدیک به عدد ۱- را نشان می‌دهد.

### ۳. نتیجه‌گیری

تشخیص و پایش آلودگی رادیولوژیکی یک جنبه حیاتی برای تضمین امنیت عمومی و حفاظت از محیط‌زیست است. این مطالعه یک رویکرد تئوری محور جدید برای شناسایی آلودگی رادیولوژیکی در میان اجسام متحرک با شکل‌های یکسان با استفاده از همجوشی داده‌ها و روش‌های بینایی ماشین پیشنهاد می‌کند. الگوریتم پیشنهادی دقت بالایی را در تشخیص اشیای متحرک آلوده در یک بستر آزمایشی کوچک را نشان داد و راه‌حلی امیدوارکننده برای بهبود نظارت پرتوی و اقدامات واکنش اضطراری ارائه کرد. در این کار سناریوی پرتوی شامل چشمه کبالت-۶۰ نه کاراکتر مشابه که الگوی حرکتی آن‌ها از ربات‌های کوچک تیمیو الهام گرفته شده بود توسط الگوریتم توسعه داده شده با نرم‌افزار متلب مدل‌سازی شدند. برای ایجاد سناریوی پرتوی از کد مونت کارلوی MCNPX استفاده شد که بررسی اثر حضور چشمه کبالت-۶۰ در میان سایر اشیای متحرک بررسی شود. کاراکترهای مشابه به طور تصادفی در یک اتاق مدل‌سازی شده به ابعاد ۱۰۰ مترمربع حرکت می‌کردند. کل زمان حرکت تصادفی این کاراکترها ۱۲۰ ثانیه در نظر گرفته شد. با استفاده از الگوریتم ردیابی اشیای متحرک مسیر حرکت آن‌ها محاسبه و با مقدار اصلی مقایسه گردید که با دقت بالایی تطابق داشتند. در گام نهایی با استفاده از الگوریتم مبتنی بر معادله ریاضی همبستگی اشیای متحرک آلوده در میان اجسام متحرک شناسایی گردید. سامانه‌هایی که با ادغام دوربین‌های نظارتی و سامانه‌های تشخیص رادیولوژیکی، می‌توانند بر پایش پرتوی مؤثر باشند و منجر به ایمنی عمومی و حفاظت از محیط‌زیست شوند می‌توانند از این الگوریتم‌ها در طراحی و مدل‌سازی‌های اولیه به کار ببرند. تحقیقات آینده می‌تواند ادغام این الگوریتم‌ها را با سایر فناوری‌ها مانند هوش مصنوعی برای بهبود دقت و حتی قابلیت‌های تشخیص پیشرفته‌تر بررسی کند.



## منابع

- [1] H. Al Hamrashdi, S. D. Monk, and D. Cheneler, "Passive Gamma-Ray and Neutron Imaging Systems for National Security and Nuclear Non-Proliferation in Controlled and Uncontrolled Detection Areas: Review of Past and Current Status," *Sensors*, vol. 19, no. 11. 2019. doi: 10.3390/s19112638.
- [2] C. Fernandez, "These are the top 10 busiest airports in the world—5 of them are in the U.S." Accessed: Sep. 23, 2023. [Online]. Available: <https://www.cnbc.com/2023/04/10/world-busiest-airports-airports-council-international-ranking.html>
- [3] P. Andreas, "A tale of two borders: The US-Canada and US-Mexico lines after 9--11," in *The Rebordering of North America*, Routledge, 2014, pp. 1–23.
- [4] J. Shi and Tomasi, "Good features to track," in *1994 Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1994, pp. 593–600. doi: 10.1109/CVPR.1994.323794.
- [5] E. R. Davies, *Computer and machine vision: theory, algorithms, practicalities*. Academic Press, 2012.
- [6] C. Steger, M. Ulrich, and C. Wiedemann, *Machine vision algorithms and applications*. John Wiley & Sons, 2018.
- [7] C.-Y. Huang, J.-H. Hong, and E. Huang, "Developing a Machine Vision Inspection System for Electronics Failure Analysis," *IEEE Trans. Components, Packag. Manuf. Technol.*, vol. 9, no. 9, pp. 1912–1925, 2019, doi: 10.1109/TCPMT.2019.2924482.
- [8] K. D. Joshi, V. D. Chauhan, and B. W. Surgenor, "Real time recognition and counting of Indian currency coins using machine vision: a preliminary analysis," in *Proceedings of the Canadian Society for Mechanical Engineering International Congress (CSME)*, 2016, pp. 26–29.
- [9] A. K. Dubey, A. Kumar, S. R. Kumar, N. Gayathri, and P. Das, *AI and IoT-based Intelligent Automation in Robotics*. John Wiley & Sons, 2021.
- [10] Y. Shen and W. Zhu, "Medical image processing using a machine vision-based approach," *Int. J. signal Process. Image Process. Pattern Recognit.*, vol. 6, no. 3, pp. 139–146, 2013.
- [11] R. Jain, R. Kasturi, B. G. Schunck, and others, *Machine vision*, vol. 5. McGraw-hill New York, 1995.
- [12] B. L. Luk, A. A. Collie, D. S. Cooke, and S. Chen, "Walking and Climbing Service Robots for Safety Inspection of Nuclear Reactor Pressure Vessels," *Meas. Control*, vol. 39, no. 2, pp. 43–47, Mar. 2006, doi: 10.1177/002029400603900201.
- [13] S. J. Schmutz *et al.*, "Detection of cracks in nuclear power plant using spatial-temporal grouping of local patches," in *2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, 2016, pp. 1–7. doi: 10.1109/WACV.2016.7477601.
- [14] H. Ardiny, A. Beigzadeh, and H. Mahani, "MCNPX simulation and experimental validation of an unmanned aerial radiological system (UARS) for rapid qualitative identification of weak hotspots," *J. Environ. Radioact.*, vol. 258, p. 107105, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2022.107105>.



- [15] N. Marturi *et al.*, “Towards advanced robotic manipulation for nuclear decommissioning: A pilot study on tele-operation and autonomy,” in *2016 International Conference on Robotics and Automation for Humanitarian Applications (RAHA)*, 2016, pp. 1–8. doi: 10.1109/RAHA.2016.7931866.
- [16] J. Huo, X. Hu, J. Wang, and L. Hu, “ACA: Automatic search strategy for radioactive source,” *Nucl. Eng. Technol.*, vol. 55, no. 8, pp. 3030–3038, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.net.2023.05.017>.
- [17] R. J. Cooper *et al.*, “Networked Sensing for Radiation Detection, Localization, and Tracking,” *arXiv Prepr. arXiv2307.13811*, 2023.
- [18] K. Stadnikia, K. Henderson, S. Koppal, and A. Enqvist, “Data fusion for a vision-aided radiological detection system: Correlation methods for single source tracking,” *Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip.*, vol. 954, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.nima.2019.02.040.

## پیش‌بینی تولید نفت با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی

سجاد دولتی

گروه مهندسی نفت / دانشکده شیمی، دانشگاه تربیت مدرس / شهر تهران

*sajad.dolati@modares.ac.ir*

### چکیده

صنعت نفت به پیش‌بینی‌های دقیق تولید برای بهینه‌سازی عملیات و اتخاذ تصمیمات آگاهانه متکی است. در این مقاله، تجزیه و تحلیل دقیقی از پیش‌بینی تولید نفت با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین<sup>۱</sup> ارائه می‌کنیم. با ایجاد یک مجموعه داده حاوی پارامترهای مختلفی مانند زمان، تولید، تزریق آب، متوسط نسبت آب به هیدروکربن، میانگین دمای سر چاه، اندازه چوک، میانگین فشار پایین چاه و میانگین دمای چاه در لوله را بررسی می‌کنیم. با استفاده از قدرت الگوریتم رگرسیون جنگل تصادفی<sup>۲</sup>، ما یک مدل پیش‌بینی برای تخمین تولید نفت بر اساس این پارامترها ایجاد می‌کنیم که با یک راهنمای گام‌به‌گام در مورد پیش‌پردازش داده‌ها، آموزش مدل، ارزیابی و تجسم ارائه می‌دهیم. هدف تجزیه و تحلیل جامع، تجهیز متخصصان صنعت به دانش و ابزارهایی برای بهبود دقت پیش‌بینی تولید نفت از طریق هوش مصنوعی<sup>۳</sup> است. برای ایجاد شبکه پیش‌بینی تولید نفت، مجموعه داده‌ها به دسته‌های آموزشی، اعتبارسنجی و آزمایشی تقسیم می‌کنیم؛ این ویژگی‌ها با استفاده از استانداردسازی مقیاس‌بندی داده‌ها<sup>۴</sup> از کتابخانه‌ی مخصوص مقیاس‌بندی می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که همه ویژگی‌ها دارای مقیاس یکسان هستند که برای عملکرد الگوریتم جنگل تصادفی بسیار مهم است. این مطالعه نشان می‌دهد که این رویکرد می‌تواند برای شرکت‌های نفتی در برنامه‌ریزی و فرآیندهای تصمیم‌گیری مفید باشد و یک روش مبتنی بر داده برای پیش‌بینی سطح تولید ارائه دهد. در این مطالعه توانستیم با تغییر در پارامترها و هایپرپارامترهای مدل نتیجه مناسبی برای پیش‌بینی تولید نفت بدست آوریم.

واژه‌های کلیدی: داده‌های تولید، پیش‌بینی تولید نفت، هوش مصنوعی، الگوریتم جنگل تصادفی.

<sup>1</sup> Machine Learning

<sup>2</sup> Random Forest Algorithm

<sup>3</sup> Artificial Intelligence

<sup>4</sup> Standard Scaler



## ۱. مقدمه

پیش‌بینی عملکرد میدان نفتی نقش مهمی در مهندسی مخزن دارد. تصمیمات برای توسعه و مدیریت مخزن به این اطلاعات برای تولید مناسب بستگی دارد. خطرات مربوطه به کار و عدم قطعیت مناسب در طول یک پروژه بهره‌برداری در نتایج تولید نفت تاثیرگذار است. به همین ترتیب، مشخصه مخزن در پیش‌بینی عملکرد تولید نفت ضروری است و عدم قطعیت را مدیریت می‌کند. در نتیجه، ساخت یک مدل پیش‌بینی تولید نفت یک کار مهم است.

به‌طور کلی استفاده از روش‌های یادگیری ماشین می‌تواند پیش‌بینی و بهینه‌سازی پارامترهای حفاری و تولید نفت کمک‌کننده باشند. استفاده از دو مدل هوش مصنوعی به‌صورت ترکیبی برای پیش‌بینی تولید نفت، آب و گاز در یک میدان نفتی توسط ترکیب روش‌های منطق فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی<sup>۱</sup> به‌صورت یک روش داده‌کاوی جدید اجرا شده است. [۱] در این زمینه یک پیش‌بینی جدید مدلی برای تولید نفت ارائه شده است. این مدل یک شبکه عصبی بازگشتی<sup>۲</sup> متشکل از چندین لایه پنهان، که در آن هر لایه دارای تعدادی گره است. مدل پیشنهادی پیچیدگی کمی دارد معماری و ظرفیت ردیابی مجموعه داده‌های سری زمانی طولانی مدت برای ارزیابی مدل پیش‌بینی تولید نفت استفاده شده است. [۲] برنامه‌ریزی و مدیریت مخازن نفتی، به جهت پیش‌بینی تولید نفت یک مورد مهم است و ما به تمام خواص ژئوفیزیکی و پتروفیزیکی که ممکن است در کار ما اثرگذار باشد احتیاج داریم در این مطالعه از مدل جنگل تصادفی برای پیش‌بینی تولید روزانه نفت یک مخزن دریایی استفاده شده است. [۳] پیش‌بینی تولید نفت نقش بسزایی در طراحی برنامه‌های هیدروکربن دارد، توسعه مخزن، تنظیم عملیات تولید و بررسی دقت پیش‌بینی تولید نفت بر اساس روش‌های منفرد به دلیل غیرمتعارف‌تر شدن روزافزون محدود می‌کند، فناوری هوش مصنوعی و تجزیه داده‌ها به طور گسترده‌ای در استراتژی‌های پیش‌بینی چند مرحله‌ای اجرا می‌شود. در این مطالعه از روش تجزیه حالت متغیر<sup>۳</sup> و الگوریتم حافظه بلندمدت و کوتاه‌مدت<sup>۴</sup> به جهت پیش‌بینی ترکیبی استفاده شده است. [۴] متغیرها برای آموزش و بهینه‌سازی با داده‌های تولید ترکیب می‌شوند. الگوریتم حافظه بلندمدت و کوتاه‌مدت مدل پیش‌بینی برای تولید نفت ایجاد شد. از داده‌های میدان نفتی برای تأیید رویکرد پیشنهادی و انجام آن استفاده شد تجزیه و تحلیل نتایج نشان می‌دهد که مدل پیش‌بینی توسط شبکه الگوریتم حافظه بلندمدت و کوتاه‌مدت بسیار سازگار است. در این میان مطالعه‌ای از دو تکنیک تجزیه و تحلیل داده اتخاذ شده در یک سیستم پشتیبانی تصمیم که به پیش‌بینی تولید نفت کمک می‌کند. [۵-۶] شبکه‌های عصبی مصنوعی، ساختارهای محاسباتی پیچیده و درعین حال تقریب‌های معمولی دارند که می‌توانند پیش‌بینی خوبی را در میزان تولید نفت داشته باشند. [۷] تکنیک‌های مختلف یادگیری ماشین برای ساخت مدل‌هایی که تولید نفت یک چاه در میدان نفتی را پیش‌بینی می‌کنند، پیاده‌سازی شده‌اند. این تکنیک‌ها شامل رگرسیون بردار پشتیبان<sup>۵</sup>، شبکه عصبی پیش‌خور<sup>۶</sup> و شبکه عصبی بازگشتی هستند. شبکه بهینه‌سازی ازدحام ذرات<sup>۷</sup> نیز در آموزش رگرسیون بردار پشتیبان و شبکه عصبی پیش‌خور ادغام شده است. این مدل‌های توسعه‌یافته عملاً می‌توانند تولید نفت یک چاه در میدان نفتی را به‌عنوان تابعی از زمان و سایر پارامترها زمان جریان، فشار متوسط چاه، متوسط دمای پایین چاه، متوسط درصد اندازه چوک، فشار متوسط چاه، متوسط دمای سر چاه، تولید روزانه گاز و آب و تولید نفت با استفاده از مدل‌ها مقدار تولید نفت را پیش‌بینی کنند. [۸] برای پیش‌بینی عملکرد سیستم‌های تولید نفت با استفاده از روش‌های مختلف گزارش شده است. رویکردها، از جمله روش‌های تحلیلی و عددی، با این حال، خطاهای تخمینی شدید و قابل توجه انحرافات بین نتایج پیش‌بینی شده و داده‌های میدانی واقعی مشاهده شد. این می‌تواند به دلیل مفروضات مختلفی برای ساده کردن مسائل استفاده می‌شود. بنابراین جست‌وجوی مدل‌های سریع و دقیق برای ارزیابی سیستم تولید نفت و پیش‌بینی مشکلات تولید بسیار ضروری است. در این مطالعه کاربرد جدیدی از تکنیک‌های هوش مصنوعی را برای تعیین کارایی ارائه می‌کند و از چندین عملیات از جمله حفاری، تولید و عملکرد مخزن برای هر عملیات، رایج‌ترین شرایط برای توسعه و ارزیابی قابلیت اطمینان مدل اعمال شد. مدل‌های توسعه‌یافته

<sup>1</sup> Artificial Neural Networks

<sup>2</sup> Recurrent Neural Network

<sup>3</sup> Variational Mode Decomposition

<sup>4</sup> Long-Short Term Memory Algorithm

<sup>5</sup> Support Vector Machine Algorithm

<sup>6</sup> Feedforward Neural Network

<sup>7</sup> Particle Swarm Optimization

اهمیت پیکربندی‌های مختلف چاه و مخزن بر عملکرد سیستم را بررسی می‌کند. پارامترهایی مانند نفوذپذیری مخزن، تکمیل چاه، تولید هیدروکربن، سرعت حفاری و... مورد مطالعه قرار گرفت. [۹] ایجاد یک مدل شبکه عصبی پیش‌خور را به‌عنوان یک تکنیک جایگزین برای پیش‌بینی عملکرد مخزن برای تولید نفت طراحی شد. داده‌های واقعی تولید به‌دست‌آمده از یک میدان نفتی برای آموزش شبکه استفاده شده که این شبکه آموزشی می‌تواند به‌عنوان یک ابزار کاربردی مدیریت تولید مخزن عمل کند. [۱۰]

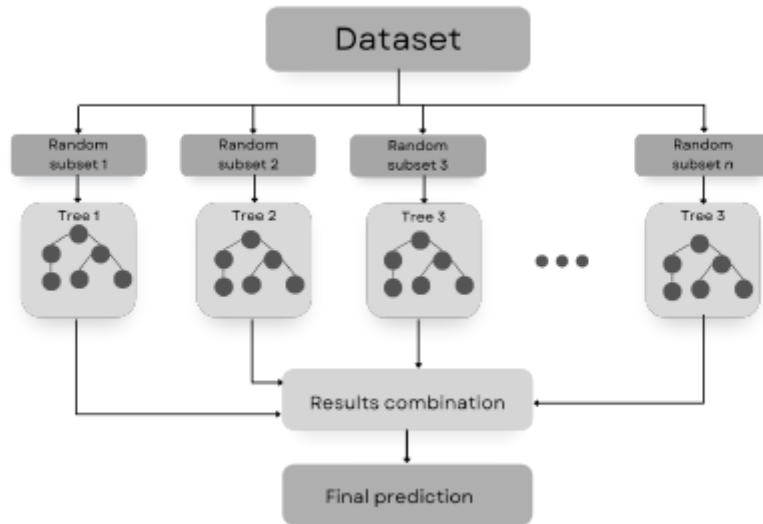
## ۲. شرح کار و نتایج

این مطالعه به دو بخش تقسیم شده است: ابتدا به بررسی الگوریتم جنگل تصادفی و ساختار آن می‌پردازیم و سپس در ادامه به بررسی مجموعه داده‌های ورودی به شبکه و همچنین شبکه‌ای که برای پیش‌بینی تولید نفت ایجاد کردیم را بررسی می‌کنیم. جنگل تصادفی یک الگوریتم یادگیری ماشین است که به روش‌های یادگیری گروهی تعلق دارد. این کار با ساخت تعداد زیادی از درختان تصمیم‌گیری در زمان آموزش و خروجی کلاس که حالت کلاس‌ها (طبقه‌بندی) یا پیش‌بینی متوسط (بازگشت) درختان فردی است، کار می‌کند. روش کار به این صورت است که ساختار جنگل تصادفی، در هسته جنگل تصادفی درخت تصمیم‌گیری است. درخت تصمیم یک ساختار شبیه نمودار جریان است که در آن هر گره داخلی یک "آزمایش" را بر روی یک ویژگی نشان می‌دهد. جنگل تصادفی مجموعه‌ای از درختان تصمیم را می‌سازد. هر درخت در مجموعه از نمونه‌ای ساخته شده است که با جایگزینی از مجموعه آموزش ایجاد شده است. این بدان معنی است که همان نقطه داده را می‌توان چندین بار برای درختان مختلف انتخاب کرد. برای طبقه‌بندی، کلاس خروجی حالت کلاس‌ها (طبقه‌بندی) درختان فردی است. برای رگرسیون، خروجی میانگین پیش‌بینی درختان فردی است. جنگل تصادفی با ایجاد یک نمونه تجمیع بوت استرپ<sup>۱</sup> از مجموعه داده‌ها شروع می‌شود. این بدان معنی است که به‌طور تصادفی نقاط داده را با جایگزینی انتخاب می‌کند. این روند برای هر درخت در جنگل تکرار می‌شود. برای هر درخت، یک زیرمجموعه تصادفی از ویژگی‌ها انتخاب می‌شود. این کار برای وارد کردن تصادفی به مدل و جلوگیری از تجمع بیش‌ازحد انجام می‌شود. یک درخت تصمیم‌گیری بر روی نمونه بوت استرپ ساخته شده است. برای هر یک نقطه داده جدید، هر درخت آن را در جنگل پیش‌بینی می‌کند. برای طبقه‌بندی، طبقه‌ای که بیشترین رأی را به دست می‌آورد انتخاب می‌شود. برای رگرسیون، میانگین پیش‌بینی‌ها گرفته می‌شود. جنگل تصادفی با دقت بالا شناخته شده است و این مورد می‌تواند تعداد زیادی از ویژگی‌ها را بررسی کند. جنگل تصادفی می‌تواند از نظر محاسباتی زمانبر باشد و آموزش آن کند باشد که این ویژگی پیچیدگی کار این الگوریتم حساب می‌شود. درحالی‌که جنگل تصادفی کمتر از یک درخت تصمیم‌گیری به برآزش بیش از حد<sup>۲</sup> مستعد است اگر تعداد درختان بیش‌ازحد بزرگ باشد هنوز هم می‌تواند برآزش شود.

به‌طور خلاصه، الگوریتم جنگل تصادفی یک الگوریتم قدرتمند است که درختان تصمیم‌گیری متعدد را برای پیش‌بینی ترکیب می‌کند؛ که برای دقت، استحکام و تفسیر آن شناخته شده است و آن را به یک انتخاب مهم برای بسیاری از وظایف یادگیری ماشین تبدیل می‌کند.

<sup>1</sup> Bootstrap Aggregation

<sup>2</sup> Overfitting



شکل 8. دیاگرام ساده از ساختار و نحوه کار الگوریتم جنگل تصادفی [3]

## ۲-۱ بررسی داده‌ها

داده‌های روزانه تولید نفت از یک چاه نفتی شامل ۲۲۷ روز به‌عنوان ورودی استفاده شد. در ایجاد مدل ما از ۱۳۷ روز اول به‌عنوان یک مجموعه داده آموزشی، ۴۵ روز بعدی به‌عنوان مجموعه داده اعتبارسنجی و از ۴۵ روز باقی‌مانده به‌عنوان یک مجموعه داده آزمایشی استفاده کردیم. پارامترهای ما شامل: ۱- زمان بر حسب روز که نشان‌دهنده زمانی است که داده‌ها در آن ثبت شده‌اند. برای بررسی تغییرات در طول زمان و تجزیه و تحلیل روندها در عملکرد درست مدل ضروری است. ۲- تولید به حجم نفت تولید شده از چاه، این یک معیار کلیدی برای ارزیابی بهره‌وری یک چاه است که واحد آن در حجم بشکه در روز BPD برای نفت اندازه‌گیری می‌شود. ۳- تزریق آب، مقدار آب تزریق شده به چاه برای حفظ فشار و جلوگیری از خروج نفت و گاز از چاه است؛ تزریق آب یک فرآیند حیاتی در تولید نفت و گاز است، به‌ویژه در مخازن غیرمتعارف که آب می‌تواند جزء مهمی از سیال مخزن باشد. ۴- متوسط نسبت آب به هیدروکربن، این نسبت متوسط آب به هیدروکربن‌ها (نفت و گاز) در سیال تولید شده از چاه نشان می‌دهد. مقدار بالا این نسبت می‌تواند نشان‌دهنده چاهی باشد که رو به اتمام است یا مقدار قابل توجهی آب تولید می‌کند. نظارت بر این نسبت برای بهینه‌سازی عملکرد چاه و مدیریت آن مهم است. ۵- اندازه چوک در داخل چاه اشاره دارد که وسیله‌ای برای کنترل جریان نفت و گاز از چاه است. تنظیم اندازه چوک می‌تواند به حفظ نرخ تولید بهینه و جلوگیری از آسیب به داخل چاه کمک کند. ۶- میانگین فشار پایین چاه این فشار متوسط اندازه‌گیری شده در پایین چاه است. این یک پارامتر حیاتی برای ارزیابی عملکرد چاه و برای تصمیم‌گیری در مورد نرخ تولید، تزریق آب و تنظیم عملکرد چاه است. ۷- متوسط دمای پایین چاه، این پارامتر برای درک خواص حرارتی مخزن و برای تصمیم‌گیری در مورد نرخ تولید و یکپارچگی چاه مهم است. ۸- میانگین فشار پایین چاه در لوله، این فشار متوسط اندازه‌گیری شده در لوله چاه است. این پارامتر معیاری برای افت فشار در سراسر لوله است که می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند تزریق آب و خواص سیال مخزن قرار گیرد. این پارامترها به‌عنوان ورودی به شبکه داده می‌شود که از این طریق بتوانیم میزان تولید نفت را پیش‌بینی کنیم.

## ۲-۲ ایجاد شبکه

ابتدا برای ایجاد شبکه و تنظیم پارامترهای بهینه از کتابخانه‌های مخصوص شبکه پیش‌بینی تولید نفت استفاده می‌کنیم که از روش مناسب و جامع برای جستجو با مجموعه‌های خاصی از مقادیر پارامتر شبکه انجام می‌شود. جستجو برای هر ترکیب پارامترها یک مدل ایجاد می‌کند

در مجموعه مشخص شده و هر مدل را ارزیابی می‌کند. برای اندازه‌گیری دقت الگوریتم جنگل تصادفی، ما از ریشه میانگین مربعات خطا<sup>۱</sup> (RMSE) برای بررسی خطای آموزش و از روش ضریب تعیین<sup>۲</sup> ( $R^2$ ) برای بدست آوردن نتیجه خطای آزمایش شبکه استفاده می‌کنیم که یکی از دو شاخص عملکرد اصلی برای مدل رگرسیونی است. ریشه میانگین مربعات خطا، میانگین تفاوت بین مقادیر پیش‌بینی شده توسط یک مدل و مقادیر واقعی را اندازه‌گیری می‌کند. تخمینی از این که مدل چقدر قادر به پیش‌بینی مقدار هدف (دقت) است را ارائه می‌دهد که به‌عنوان معادله ۱ نشان داده شده است. که در آن  $n$  تعداد مراحل زمانی در مجموعه آزمایش شده است،  $\hat{y}$  مقدار مشاهده شده در مرحله زمان است و  $y_i$  مقدار پیش‌بینی شده برای مرحله زمانی  $\hat{y}$  است.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}-y_i)^2}{n}} \quad (1)$$

ضریب تعیین  $R^2$  نسبت واریانس در متغیر پاسخ است که می‌تواند توسط متغیرهای پیش‌بینی در یک مدل رگرسیون خطی توضیح داده شود. مقدار R-squared می‌تواند از ۰ تا ۱ متغیر باشد که ۰ نشان می‌دهد که متغیر پاسخ، به‌هیچ‌وجه توسط متغیر پیش‌بینی کننده قابل توضیح نیست و هرچقدر به سمت ۱ باشد بهتر است و نتیجه مناسب و دقیق پیش‌بینی را نشان می‌دهد. به تعریفی دیگر در آمار، ضریب تعیین  $R^2$  خوانده می‌شود، نسبتی از واریانس برحسب متغیر وابسته است که از متغیرهای مستقل قابل پیش‌بینی باشد. فرمول ضریب تعیین در معادله ۲ نشان داده شده است که RSS مجموع مربعات باقی‌مانده و TSS مجموع مربعات مدل است.

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS} \quad (2)$$

### ۲-۳. بررسی نتایج

هدف این مقاله ارائه راهنمای گام‌به‌گام در مورد چگونگی پیش‌بینی تولید نفت با استفاده از یادگیری ماشین است. برای پیش‌بینی تولید نفت پارامترهای ذکر شده تاثیرگذار بر میزان تولید نفت را به عنوان ورودی به شبکه می‌دهیم که بتوانیم به این طریق میزان تولید نفت را پیش‌بینی کنیم. ما پیش‌پردازش مجموعه داده را انجام دادیم و آن را به مجموعه‌های آموزشی، اعتبارسنجی و آزمایش تقسیم کردیم، که از ۶۰ درصد داده‌ها برای آموزش مدل، ۲۰ درصد برای اعتبارسنجی و ۲۰ درصد دیگر برای آزمایش مدل استفاده کردیم. در مرحله بعد، ویژگی‌ها را با استفاده از استانداردهای داده‌ها مقیاس‌بندی می‌کنیم تا از عملکرد بهینه مدل اطمینان حاصل کنیم و همچنین از هایپرپارامترهای مناسب شبکه در مدل خود استفاده کردیم. سپس مدل جنگل تصادفی را با استفاده از مجموعه آموزشی، آموزش می‌دهیم و عملکرد آن را در مجموعه اعتبارسنجی ارزیابی می‌کنیم. در نهایت، دقت مدل را با استفاده از معیارهای مختلفی مانند ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب تعیین ارزیابی خواهیم کرد.

در این مطالعه ما حالت‌های مختلف شبکه با تغییرات در مقدار هایپر پارامترها، پارامترهای مدل و مقادیر نرخ آموزش، اعتبارسنجی و آزمایش به جهت رسیدن به نتیجه ایده‌آل در پیش‌بینی نرخ تولید نفت را بررسی کردیم، پیش‌بینی مدل با الگوریتم جنگل تصادفی با استفاده از کتابخانه‌های موردنیاز شامل برخی از پارامترهای ورودی به شبکه است. تعداد درختان در جنگل، معمولاً به‌عنوان  $n$  برآوردکننده شناخته می‌شود، که مقدار آن برابر ۱۰۰ است. تابع‌هایی برای اندازه‌گیری کیفیت شبکه برای نتیجه خطا نشان داده شده که در معادلات ۱ و ۲ بررسی شده است.

به‌طور پیش‌فرض، حداقل تعداد نمونه‌های مورد نیاز برای تقسیم یک گره داخلی دو است و تمام گره‌ها گسترش می‌یابند تا زمانی که همه برگ‌ها کمتر از دو نمونه کامل باشند. حداقل تعداد نمونه‌های مورد نیاز در یک گره برگ ۱ است. حداقل کسر وزن برگ از کل مجموع وزن

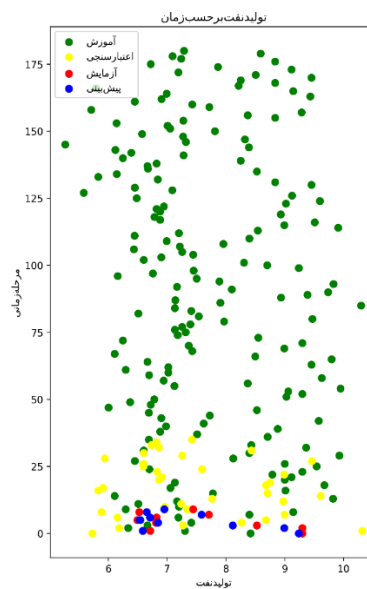
<sup>1</sup> Root-mean-square Deviation (RMSE)

<sup>2</sup> Coefficient of Determination ( $R^2$ )

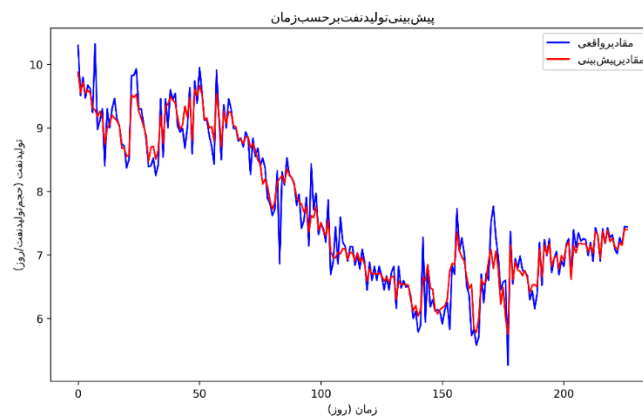
(از تمام نمونه‌های ورودی) مورد نیاز در یک گره برابر صفر است. تعداد گره‌های برگ را محدود نکردیم. یک گره تقسیم خواهد شد اگر این تقسیم باعث کاهش ناخالصی بیشتر از  $n$  می‌شود محاسبه می‌شود. نمونه‌های بوت استرپ زمانی استفاده می‌شوند که ساخت درختان و تعداد نمونه‌ها در یک زیرمجموعه، معمولاً به نام نمونه‌های ماکزیمم، برابر با تعداد نمونه‌ها در مجموعه داده‌های اصلی است. به نتایج شبکه پیش‌بینی تولید نفت با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی در جدول شماره ۱ و شکل‌های شماره ۲ و ۳ اشاره شده است:

جدول ۱. نتایج مدل پیش‌بینی تولید نفت الگوریتم جنگل تصادفی

$R^2$	RMSE	VALIDATION ERROR	نتایج مدل
۰/۹۴	۰/۲۳	۰/۳۷	



شکل 9. تفکیک نقاط داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، آزمایش و پیش‌بینی مدل الگوریتم جنگل تصادفی



مقایسه و نتیجه پیش‌بینی الگوریتم جنگل تصادفی با داده‌های واقعی تولید نفت 10 شکل

### ۳. نتیجه‌گیری

در نتیجه، کاربرد الگوریتم جنگل تصادفی برای پیش‌بینی تولید نفت نتایج امیدوارکننده‌ای را نشان داده است. این مدل بر روی یک مجموعه هدف داده‌های حاوی تولید نفت آموزش دیده است. داده‌ها از قبل پردازش شده‌اند، از جمله تبدیل ستون "زمان" به یک فرمت عددی و مقیاس‌بندی ویژگی‌ها برای اطمینان از اینکه همه متغیرها به‌طور مساوی به مدل کمک می‌کنند. الگوریتم جنگل تصادفی با مجموعه‌ای از هایپرپارامترها تنظیم شده بود که تعادل بین پیچیدگی مدل و تفسیر مدل را متعادل می‌کند.

به‌طور کلی، الگوریتم جنگل تصادفی اثربخشی خود را در پیش‌بینی تولید نفت نشان داد، با مدل دستیابی به سطح معقول دقت همان طور که توسط معیارهای خطا محاسبه شده، نشان داده شده است. این تجسم‌ها بینش ارزشمندی را در مورد عملکرد مدل ارائه می‌دهند و درک روشنی از قابلیت‌های پیش‌بینی آن را ارائه می‌دهد. این مطالعه پتانسیل الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند جنگل تصادفی را در رسیدگی به مشکلات پیش‌بینی پیچیده در صنعت نفت برجسته می‌کند. در این مطالعه توانستیم با تغییر در مقادیر پارامترهای مدل و هایپرپارامترهای شبکه، بهترین عملکرد مدل خود را بدست آورده و در مقایسه با پژوهش‌های پیشین نتیجه بهتری را بدست آوردیم و مقدار خطای  $R^2$  پیش‌بینی تولید نفت به عدد ۰/۹۴ رسید.

### منابع

- [۱] Ruiz, M., et al., Combined artificial intelligence modeling for production forecast in an oil field. CT&F-Ciencia, tecnología y futuro, 2019. 9(1): p. 27-35.
- [۲] Al-Shabandar, R., et al., A deep gated recurrent neural network for petroleum production forecasting. Machine Learning with Applications, 2021. 3: p. 100013.
- [۳] Gonçalves, I.F., et al. Predicting oil field production using the Random Forest algorithm. in Anais Estendidos do XXXV Conference on Graphics, Patterns and Images. 2022. SBC.
- [۴] Kong, X., et al., A Hybrid Oil Production Prediction Model Based on Artificial Intelligence Technology. Energies, 2023. 16(3): p. 1027.
- [۵] Liu, W., W.D. Liu, and J. Gu. Petroleum production forecasting based on machine learning. in Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Advances in Image Processing. 2019.
- [۶] Nguyen, H.H. and C.W. Chan, Applications of data analysis techniques for oil production prediction. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2005. 18(5): p. 549-558.
- [۷] Abdullah, S.N., Forecasting Iraqi oil production using artificial neural networks. Periodicals of Engineering and Natural Sciences, 2020. 8(1): p. 438-446.
- [۸] Ng, C.S.W., A.J. Ghahfarokhi, and M.N. Amar, Well production forecast in Volve field: Application of rigorous machine learning techniques and metaheuristic algorithm. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2022. 208: p. 109468.
- [۹] Hassan, A., et al. Improved predictions in oil operations using artificial intelligent techniques. in SPE middle east oil and gas show and conference. 2019. OnePetro.
- [۱۰] Elmabrouk, S., E. Shirif, and R. Mayorga, Artificial neural network modeling for the prediction of oil production. Petroleum science and technology, 2014. 32(9): p. 1123-1130.



## تخصیص منابع و زمان‌بندی کارها در رایانش مه و اینترنت اشیا

فاطمه بیات‌نیا<sup>۱</sup>، صابر اکبری<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان  
<sup>۲</sup>دانشجوی دکتری، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد بین‌الملل قشم، دانشگاه آزاد اسلامی، قشم

*Akbari.ITEng@yahoo.com*

### چکیده

اینترنت اشیا به سرعت در حال توسعه‌ی برنامه‌های کاربردی حوزه‌های مختلف مانند کشاورزی هوشمند، شهر هوشمند، جریان داده‌های بزرگ و ... است. این برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا از منابع رایانش ابری برای اجرا استفاده می‌کنند. رایانش مه که به عنوان توسعه‌ی محاسبات ابری پدیدار شده است، از تحرک، ناهمگونی، توزیع جغرافیایی، آگاهی از محتوا و خدمات مانند ذخیره‌سازی، پردازش، شبکه‌سازی و تجزیه و تحلیل در گره‌های مه نزدیک پشتیبانی می‌کند. محیط مه با منابع محدود، ناهمگن، پویا و نامشخص، زمان‌بندی کارها را به چالش بزرگی تبدیل کرده است که نیاز به بررسی دارد. این مقاله یک مطالعه در مورد الگوریتم‌های زمان‌بندی مختلف و ابزارهای ارزیابی در محیط‌های رایانش مه و اینترنت اشیا ارائه می‌دهد. ابتدا، الگوی رایانش مه و اینترنت اشیا را بررسی می‌کنیم. در بخش دوم، معیارهای بهینه‌سازی درگیر با رایانش مه و محیط اینترنت اشیا ارائه می‌شود. در بخش سوم، الگوریتم‌های زمان‌بندی که در محیط‌های رایانش مه و اینترنت اشیا کاربرد دارند را ارائه می‌دهیم. در نهایت این الگوریتم‌ها بررسی می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** رایانش ابری، رایانش مه، اینترنت اشیا، تخصیص منابع، زمان‌بندی کار.

## ۱. مقدمه

الگوی اینترنت اشیا (IoT) مبتنی بر تلاقی دنیای دیجیتال و فیزیکی برای ایجاد دنیایی باهوش، با شناخت بالا و متصل است. اینترنت اشیا سیستمی است که میلیاردها دستگاه فیزیکی ناهمگن، عناصر محاسباتی، اشیاء، حیوانات و انسان‌ها را به هم متصل می‌کند که می‌توانند منابع محدود خود را راه‌اندازی، به اشتراک‌گذاری و خود سازماندهی کنند تا به یک هدف در کل سیستم دست یابند. هدف اصلی شبکه‌های اینترنت اشیا ارتقای عملکرد زیرساخت‌های فیزیکی اینترنت اشیا با ارائه خدمات به انسان‌هاست [۱].

هدف اینترنت اشیا، هوشمند ساختن اشیاء بدون دخالت انسان، با توانایی ذخیره، ارسال داده از طریق شبکه و پاسخگویی بر اساس دستورات داده شده است. هر موجودیتی مانند حسگرها، محرک‌ها و دستگاه‌های شناسایی فرکانس رادیویی (RFID) با آدرس IP، توانایی ذخیره و انتقال داده‌ها از طریق شبکه را دارند. این اشیاء ستون اینترنت اشیا هستند، بنابراین همیشه ارتباط بین این عناصر و ماشین‌ها از طریق پروتکل‌های مختلف باید برقرار باشد. این دستگاه‌های اینترنت اشیا محدود به منابع و انرژی هستند و قادر به پردازش بهینه‌ی داده‌های تولید شده توسط برنامه‌های مختلف اینترنت اشیا در یک بازه‌ی زمانی ثابت نیستند. بنابراین برای میزبانی برنامه‌های اینترنت اشیا، رایانش ابری به دلیل قابلیت‌هایی مانند ظرفیت ذخیره‌سازی و پردازش نامحدود، معماری سرویس‌گرا، عملکرد بالا، قابلیت اطمینان و دسترسی بر اساس تقاضا به منابع مشترک قابل تنظیم، متداول‌ترین الگوی محاسباتی توزیع‌شده در سال‌های اخیر بوده است [۲].

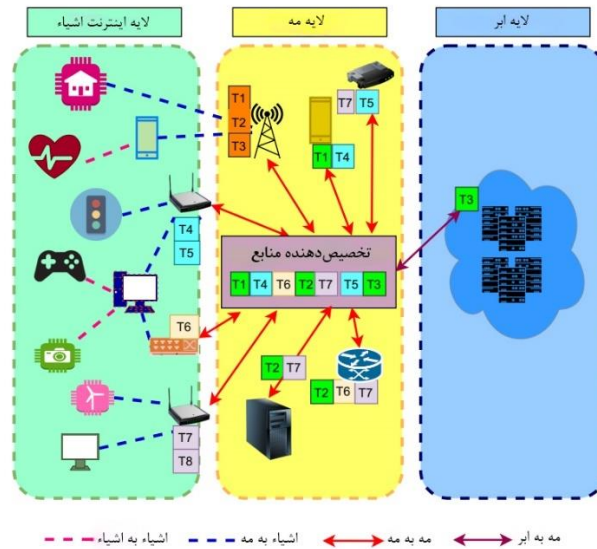
پیشرفت‌های اخیر در اینترنت اشیا و فناوری‌های محاسباتی، استفاده از محاسبات فراگیر و همیشه حاضر برای ارائه‌ی خدمات محاسباتی در هر زمان و مکان و سایر فناوری‌های ارتباطی توانمند مانند 4G، 5G و شبکه‌ی حسگر بی‌سیم (WSN)، منجر به افزایش سریع تعداد دستگاه‌ها و برنامه‌های اینترنت اشیا شده است. بر اساس یک برآورد، دستگاه‌های فعال اینترنت اشیا تا سال ۲۰۳۰ به ۱.۲ تریلیون خواهد رسید. این دستگاه‌های اینترنت اشیا حجم عظیمی از داده‌ها را با ماهیت متفاوت تولید می‌کنند که توسط برنامه‌های مختلف استفاده می‌شوند. مراکز داده ابری به تنهایی قادر به پردازش مؤثر این حجم عظیم از داده‌های تولید شده توسط این دستگاه‌ها نیستند. علاوه بر این، مراکز داده ابری چند سطح از کاربر نهایی فاصله دارند. بنابراین، انتقال داده‌ها از کاربر نهایی به فضای ابری با فاصله‌ی جغرافیایی منجر به تأخیر طولانی و تراکم شبکه می‌شود که برای برنامه‌های حساس به زمان مانند مراقبت‌های بهداشتی هوشمند، وسایل نقلیه هوشمند، نظارت از راه دور بیمار و ... مناسب نیست. بنابراین، در آینده‌ی نزدیک، معماری متمرکز اینترنت اشیا با چالش‌های پهنای باند، تأخیر طولانی، تراکم شبکه و امنیت مواجه خواهد شد [۳].

برای رسیدگی به این مشکلات، چندین رویکرد مانند محاسبات مه، محاسبات ابری سیار و محاسبات لبه با دسترسی چندگانه ارائه شده است. از میان این رویکردها، رایانش مه که توسط سیسکو معرفی شده است، به دلیل پشتیبانی بیشتر از پردازش برنامه، تحرک، مصرف انرژی کم، ناهمگونی و توزیع جغرافیایی، بیشترین توجه را به خود جلب کرده است، بنابراین باعث بهبود قابل توجه کیفیت خدمات شده است.

### ۱-۱. الگوی رایانش مه و مزایا

رایانش مه یک الگوی محاسباتی غیرمتمرکز جدید است که با استفاده از یک لایه اضافی از دستگاه‌های مه بین مراکز داده ابری و کاربران نهایی، رایانش ابری را تکمیل می‌کند تا محاسبات، ذخیره‌سازی، شبکه‌سازی، تجزیه و تحلیل و مدیریت داده‌ها را در مجاورت لبه‌ها فراهم کند. این امر منجر به استفاده از چارچوب غیرمتمرکز FIoT (Fog-IoT) برای مدل اینترنت اشیا شده است که از خدمات بلادرنگ، تحرک و توزیع جغرافیایی پشتیبانی می‌کند که باعث حداقل شدن تأخیر سرویس، مصرف انرژی، هزینه و ترافیک شبکه می‌شود. شکل ۱، معماری چند لایه، دو جهته و غیرمتمرکز FIoT را نشان می‌دهد که از سه لایه تشکیل شده است [۴].





**لایه ابر:** این لایه که بالاترین لایه است شامل یک ابر متمرکز راه دور می‌باشد که مسئول انجام تجزیه و تحلیل طولانی مدت و تصمیم‌گیری است.

**لایه مه:** این لایه، لایه میانی است که از سه لایه فرعی تشکیل شده است که گره‌های مه در آن به صورت زیر قرار گرفته‌اند:

- لایه داخلی: لایه لبه داخلی شامل شبکه گسترده (WAN) و مراکز داده شبکه شهری (MAN)، ارائه‌دهندگان خدمات اینترنت (ISP) و ... است که به اتصال شبکه‌های محلی به شبکه‌های جهانی کمک می‌کند.
- لایه میانی: لایه میانی از شبکه‌های محلی (LAN) و شبکه سلولی (cellular) تشکیل شده است.
- لایه بیرونی: لایه بیرونی انواع مختلفی از دستگاه‌ها را شامل می‌شود به عنوان مثال هاب‌ها، سوئیچ‌ها، نانو سرورها، تلفن‌های همراه، دکل‌های رادیویی و ... این دستگاه‌ها از طریق پیوند مه به مه (F2F) با استفاده از پروتکل‌های ZigBee یا Z-wave با دستگاه‌های مه سطح بالا ارتباط برقرار می‌کنند. این دستگاه‌های لبه بیرونی به دو لایه فرعی تقسیم می‌شوند:
  - دستگاه‌های یکپارچه: این دستگاه‌ها دارای حافظه، ذخیره‌سازی و توان پردازش کافی به همراه قابلیت‌های شبکه هستند، برای مثال گوشی‌های هوشمند و تبلت‌ها.
  - دستگاه‌های دروازه IP: دروازه‌های IP به عنوان دستگاه‌های میانی بین دستگاه‌های لایه‌ی انتهایی و لبه‌ی میانی استفاده می‌شود، مانند هاب‌ها یا دستگاه‌های دروازه IP.

**لایه دستگاه‌های پایانی:** این لایه از دستگاه‌های ناهمگن و محدود به منابع مانند حسگرها، محرک‌ها و کنترل‌کننده‌ها تشکیل شده است که می‌توانند از طریق اتصال IoT2IoT با استفاده از امواج برد کوتاه مانند RFID، بلوتوث و فرکانس رادیویی ارتباط برقرار کنند. حسگرها داده‌ها را از محیط فیزیکی دریافت می‌کنند، آن‌ها را به سیگنال تبدیل می‌کنند و سپس سیگنال‌ها را برای پردازش بیشتر به گره‌های مه نزدیک می‌فرستند. پس از پردازش، بازخورد به محرک‌ها ارسال می‌شود که بر اساس آن اقدامات مربوطه را انجام می‌دهند.

برخلاف گره‌های ابر و مه لبه داخلی، دستگاه‌های موجود در لبه بیرونی و لایه دستگاه انتهایی دارای منابع و انرژی محدود و ناهمگن هستند (دارای مشخصات سخت‌افزاری، پروتکل‌های ارتباطی و معماری‌های مختلف). این گره‌های مه ناهمگون با محدودیت منابع و ماهیت بسیار غیرقابل پیش‌بینی محیط رایانشی مه، مدیریت منابع را به یک مسئله چالش برانگیز تبدیل می‌کند. چالش‌ها شامل تخصیص خدمات، کشف منابع، انتقال سرویس، متعادل‌سازی بار، زمان‌بندی کارها، تخصیص منابع، کارایی انرژی و QoS است. در میان این مسائل مدیریت منابع، چالش‌های زمان‌بندی منابع و کارها به دلیل تأثیر آن‌ها بر افزایش عملکرد کلی سیستم قابل توجه است.

## ۱-۲. زمان‌بندی در رایانش مه

برنامه‌های IoT، تعداد زیادی کار با زمان‌های متغیر تولید می‌کنند که اغلب نیاز به اجرای مبتنی بر اولویت دارند، اما دستگاه‌های نهایی شبکه ناهمگن و محدود به منابع هستند. این کارها باید برای منابع محدود این دستگاه‌های ناهمگن در یک محیط ناهمگن رقابت کنند. بنابراین برای اجرای کارها با توجه به نیاز منابع، باید گره‌های مناسب با منابع کافی تخصیص داده شود. علاوه بر این، ترتیب کارآمد و راحت این کارها بر روی گره‌های مه ناهمگن با منابع موجود می‌تواند استفاده از پردازنده، حافظه و پهنای باند را به حداکثر برساند و تأخیر، هزینه و مصرف انرژی را افزایش دهد.

در رایانش مه، سه مسئله‌ی زمان‌بندی تخصیص منابع، زمان‌بندی کار و زمان‌بندی گردش کار بسیار مهم می‌باشد [۵]:

**تخصیص منابع:** هدف تخصیص منابع، اختصاص بهینه‌ی مجموعه‌ای از کار با الزامات QoS مختلف به مجموعه‌ای از گره‌های مه ناهمگن با توزیع متراکم برای پاسخ سریع‌تر، بهبود استفاده از منابع، کاهش مصرف انرژی و هزینه است.

**زمان‌بندی کارها:** دستگاه‌های مه، تعداد زیادی کار مختلف را برای پردازش از برنامه‌های مختلف مه (حساس به تأخیر یا تحمل تأخیر) دریافت می‌کنند که پویا و با زمان‌های متفاوت هستند و اغلب نیاز به اجرا بر اساس اولویت دارند. این کارها در یک صف آماده برای اجرا در گره‌های مه با محدودیت منابع منتظر می‌مانند. بنابراین، یک روش کارآمد، سریع و راحت برای ترتیب این کارها با توجه به اهمیت آن‌ها برای به حداکثر رساندن استفاده از منابع و به حداقل رساندن تأخیر، هزینه و انرژی از اهمیت بالایی برخوردار است.

**زمان‌بندی گردش کار:** دستگاه‌های IoT کاری را ایجاد می‌کنند که می‌توانند به یک سری کار تجزیه شوند. این کارها می‌توانند مستقل یا وابسته باشند. کار مستقل بر سایر کارها تأثیر نمی‌گذارد و تحت تأثیر آن‌ها نیز قرار نمی‌گیرد. بنابراین مستقل از ترتیب اجرا هستند. در حالی که کار وابسته تنها پس از تکمیل کار والد خود می‌تواند اجرا شود. زمان‌بندی کار وابسته که به عنوان زمان‌بندی گردش کار نیز شناخته می‌شود، توسط نمودار گراف جهت دار غیر مدور (DAG) یا گردش کار توصیف می‌شود. هدف از زمان‌بندی گردش کار، توزیع کار بر روی گره‌های مه ناهمگن و تصمیم‌گیری دنباله‌ای از اجرای همه کارها در یک گردش با توجه به وابستگی‌های آن‌ها همراه با به حداقل رساندن فاصله زمانی آن‌ها است. زمان‌بندی گردش کار در یک محیط پیچیده‌ی توزیع‌شده یک مسئله‌ی NP کامل است و به طور گسترده توسط محققان مورد مطالعه قرار گرفته است.

## ۱-۳. چالش‌ها در تخصیص منابع، زمان‌بندی و گردش کار

چالش‌های پیش روی تخصیص منابع، زمان‌بندی کار و تکنیک‌های گردش کار در محیط رایانش مه عبارتند از:

**گره‌های مه لبه بیرونی:** برخلاف گره‌های ابر و مه لبه داخلی، دستگاه‌های موجود در لبه بیرونی و لایه دستگاه انتهایی دارای:

- ناهمگونی: مشخصات سخت افزاری، پروتکل‌های ارتباطی و معماری‌های مختلف

- محدودیت منابع: قابلیت پردازش و ذخیره‌سازی محدود

- محدودیت انرژی: توان محدود

- طبیعت پراکنده: توزیع‌های ژئوفضایی متراکم

- بار کاری پویا: بارهای کاری مختلف

تخصیص بهینه‌ی مجموعه‌ای از کارها به تعداد زیادی گره‌های مه پراکنده یک مسئله‌ی چالش برانگیز است.

**برنامه‌های ناهمگون** مه: برنامه‌های مه ماهیت متفاوتی دارند زیرا برخی از برنامه‌ها بلادرنگ هستند در حالی که برخی دیگر تحمل تأخیر دارند. برنامه‌های بلادرنگ تحمل تأخیر ندارند، بنابراین باید بر اساس اولویت اجرا شوند. تخصیص تعداد زیادی از کار ناهمگن به یک گره مه مناسب، از مجموعه‌ای از گره‌های مه ناهمگن و با منابع محدود، تخصیص منابع را به یک مسئله‌ی NP-hard تبدیل کرده است.

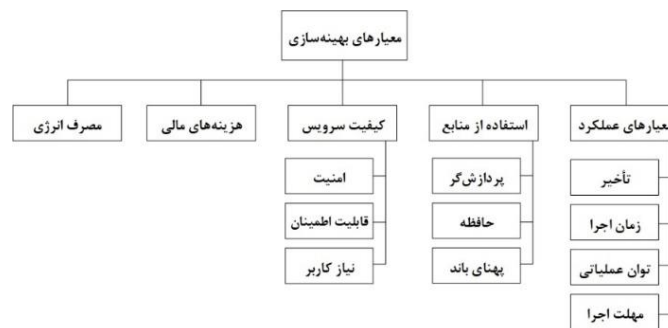
**محیط تصادفی:** محیط مه-ابر، محیطی تصادفی است. به عنوان مثال، نرخ رسیدن یک کار، مدت زمان و همچنین الزامات محاسباتی کاملاً متفاوت است و از قبل مشخص نیست. بنابراین، تخصیص منابع محدود گره‌های مه به این بارهای کاری تولید شده توسط IOT با توجه به نیازهای محاسباتی آن‌ها چالش دیگری است.

**تحرك:** تحرك بخش اساسی بسیاری از برنامه‌های مه برای بهبود تجربه کاربر است. تحرك باعث ایجاد چالش‌های متعددی مانند محدودیت‌های زمان و مکان می‌شود. بنابراین، تخصیص و زمان‌بندی در چنین محیط پویا برای انجام درخواست‌های کاربر با توجه به اولویت‌ها و الزامات QoS برای برنامه‌های بلادرنگ چالش‌برانگیزتر می‌شود.

محدودیت منابع، ناهمگونی، نرخ ورود غیرقابل پیش‌بینی و تعداد زیادی کارها که باید انجام شوند، زمان‌بندی منابع و کارها را به یک موضوع پیچیده تبدیل می‌کنند. برای غلبه بر این مشکل، تلاش‌های تحقیقاتی زیادی برای توسعه تکنیک‌های زمان‌بندی کارآمد برای بهینه‌سازی استفاده از منابع و معیارهای مختلف عملکرد انجام شده است. با این حال، نیاز به بررسی عمیق و به‌روز روش‌های تحقیق پیشنهادی برای یافتن پیشرفت‌های اخیر برنامه‌ریزی در محیط مه احساس می‌شود.

## ۲. معیارهای بهینه‌سازی

اهداف تخصیص منابع، زمان‌بندی و گردش کار و همچنین بهینه‌سازی فرآیند اجرای کارها برای استفاده‌ی حداکثری از منابع گره‌های مه است. برای این منظور، برای زمان‌بندی، توابع مختلف بهینه‌سازی مانند توابع تک‌هدفه، دوهدفه یا چند هدفه برای بهینه‌سازی معیارهای استفاده از منابع و عملکرد مانند زمان انتظار، تأخیر، زمان انجام، توان عملیاتی و درصد مهلت‌های از دست رفته کار تعریف می‌شوند. هدف بهینه‌سازی چند هدفه ارائه راه حل بهینه برای بیش از یک هدف است که می‌تواند متناقض باشد. شکل ۲ این معیارها را نشان می‌دهد.



شکل ۲. معیارهای بهینه‌سازی

### ۱-۲. معیارهای عملکرد

معیارهای عملکرد به اندازه‌گیری کیفیت و کارایی زمان‌بندی کار، زمان‌بندی گردش کار و فرآیند تخصیص منابع کمک می‌کنند. در این بخش، معیارهای عملکرد رایج را که در الگوریتم‌های مختلف زمان‌بندی مد نظر قرار گرفته‌اند، بررسی می‌کنیم [۶].

**تأخیر:** تأخیر یکی از مهم‌ترین معیارها برای اندازه‌گیری عملکرد هر الگوریتم زمان‌بندی است. تأخیر به عنوان زمان پاسخ نیز شناخته می‌شود. تأخیر کل مجموع تأخیر انتقال و تأخیر محاسباتی است. تأخیر انتقال، تأخیر ارتباطی برای انتقال داده‌ها بین منابع است و تأخیر محاسباتی، زمان پردازش کار است. تأخیر محاسباتی هر وظیفه با استفاده از رابطه‌ی ۱ محاسبه می‌شود.

$$Latency_i = TL_i + CL_i \quad (1)$$

در رابطه‌ی ۱،  $TL_i$  تأخیر انتقال کار  $i$  و  $CL_i$  تأخیر محاسباتی کار  $i$  است.

**زمان اجرا:** زمان صرف شده توسط سیستم برای اجرای کار به عنوان زمان اجرا شناخته می‌شود. زمان انتظار برای ورودی/خروجی و سایر کارهای اجرایی در CPU یا زمان اجرا محاسبه نمی‌شود. زمان اجرا با استفاده از رابطه‌ی ۲ به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$ExeTime_i = FT_i + ST_i \quad (2)$$

در رابطه‌ی ۲،  $ExeTime_i$  زمان اجرای کل،  $ST_i$  زمان پایان و  $FT_i$  زمان شروع کار  $i$  است.

**توان عملیاتی:** توان عملیاتی یک سیستم، تعداد کار تکمیل شده در واحد زمان است. از رابطه‌ی ۳ می‌توان برای محاسبه‌ی توان عملیاتی به صورت زیر استفاده کرد.

$$Throughput = \frac{Number\ of\ tasks}{Makespan} \quad (3)$$

در رابطه‌ی ۳،  $Number\ of\ tasks$  تعداد کارها و  $Makespan$  زمان کل مورد نیاز برای تکمیل یک گردش کار کامل است.

**مهلت اجرا:** مهلت اجرا مدت زمان ارسال کار تا زمان تکمیل شدن آن است. در برنامه‌های کاربردی بلادرنگ، تکمیل هر وظیفه در مهلت مشخص شده مهم است. به خصوص در سامانه‌های بلادرنگ سخت، پاسخ‌دهی به یک رویداد در یک بازه‌ی زمانی بسیار ضروری است. به عنوان مثال در کنترل ترافیک هوایی، از دست دادن مهلت کاری می‌تواند منجر به فاجعه شود.

## ۲-۲. استفاده از منابع

یکی از اهداف مهم برنامه‌ریزی کارها، افزایش استفاده از منابع گره‌های مه شامل پردازنده، حافظه، ذخیره‌سازی و پهنای باند شبکه است. از آنجایی که دستگاه‌های پایانی و لبه‌ای مانند مسیریاب‌ها، دروازه‌ها دارای محدودیت‌هایی مانند توان محاسباتی، ظرفیت حافظه، پهنای باند و عمر باتری دارند، بنابراین یک استراتژی خوب استفاده از منابع ضروری است. استفاده‌ی نادرست از منابع ممکن است منجر به عملکرد ضعیف و اجرای نادرست برنامه‌های کاربردی شود. یک الگوریتم زمان‌بندی کار باید منابع زیر را به طور مؤثر تخصیص دهد:

**پردازشگر:** یکی از مهم‌ترین منابع است و باید توسط یک زمان‌بندی مناسب، به دقت تخصیص داده شود. یک پردازشگر با سربرار زیاد، باعث تأخیر طولانی کار می‌شود که برای برنامه‌های کاربردی حساس مانند مراقبت‌های بهداشتی مناسب نیست.

**حافظه:** این منبع نیز حیاتی است زیرا حافظه‌ای که بیش از حد رزرو شده باشد، می‌تواند منجر به عدم کارکرد درست برنامه‌های کاربردی شود.

**پهنای باند شبکه:** با افزایش تعداد دستگاه‌های IOT، ترافیک شبکه نیز افزایش می‌یابد که منجر به ازدحام می‌شود. این ازدحام به شدت بر عملکرد برنامه‌های مه تأثیر می‌گذارد. رایانش مه استفاده از شبکه را با بارگذاری بار روی دستگاه‌های مه نزدیک که می‌توان از طریق رابطه زیر محاسبه کرد، کاهش می‌دهد:

$$Network Usage = \sum_{k=1}^K L \times T_{Nw\_Sz} \quad (4)$$

در رابطه‌ی فوق،  $K$  نشان‌دهنده‌ی تعداد کل تاپل‌ها،  $L$  نشان‌دهنده‌ی تأخیر و  $T_{Nw\_Sz}$  نشان‌دهنده‌ی اندازه شبکه تاپل است.

### ۲-۳. مصرف انرژی

انرژی یک منبع ضروری و کمیاب است. مصرف انرژی مقدار منبع انرژی است که برای تولید خروجی استفاده می‌شود. تمام دستگاه‌ها مانند سنسورها، دروازه‌ها، ابرها و ... حتی در حالت بیکار نیز انرژی مصرف می‌کنند و این مصرف در هنگام استفاده از دستگاه افزایش می‌یابد.

### ۲-۴. هزینه‌های مالی

هزینه‌های مالی شامل هزینه‌های پردازش و ارتباطات مانند هزینه‌ی استفاده از منابع ابری یا مه است. استفاده از شبکه برای انتقال داده‌ها و مصرف انرژی دستگاه‌ها نیز بر هزینه‌ی کلی تأثیر می‌گذارد.

### ۲-۵. کیفیت سرویس

تمام ویژگی‌های فوق قابل اندازه‌گیری هستند. با این حال، برخی از معیارهای دیگر غیرقابل اندازه‌گیری هستند، اما می‌توانند بر تجربه‌ی کاربر تأثیر بگذارند، به عنوان مثال، قابلیت اطمینان، امنیت و کیفیت تجربه (Quality of Experience). از طریق تخصیص بهینه منابع، می‌توان به طور همزمان به کاربران بیشتری خدمات ارائه کرد که در نتیجه کیفیت سرویس بهتری حاصل می‌شود.

### ۳. الگوریتم‌های زمان‌بندی

در این بخش، الگوریتم‌های زمان‌بندی با در نظر گرفتن معیارهای مختلف بهینه‌سازی در محیط رایانش مه ارائه شده است. اکثر این الگوریتم‌ها بر تخصیص کارها بر روی دستگاه‌های مه که از لحاظ جغرافیایی توزیع شده‌اند، تمرکز دارند. الگوریتم‌های تخصیص منابع و زمان‌بندی کار به دسته‌های سنتی، برنامه‌ریزی خطی، ابتکاری، فراابتکاری، ابتکاری ترکیبی، فازی، یادگیری تقویتی و یادگیری تقویتی عمیق تقسیم می‌شوند. درصد استفاده، مزایا و معایب تکنیک‌های مورد استفاده برای زمان‌بندی کار در رایانش مه به طور خلاصه در جدول ۱ آمده است.

**جدول ۱.** درصد استفاده، مزایا و معایب تکنیک‌های زمان‌بندی کار

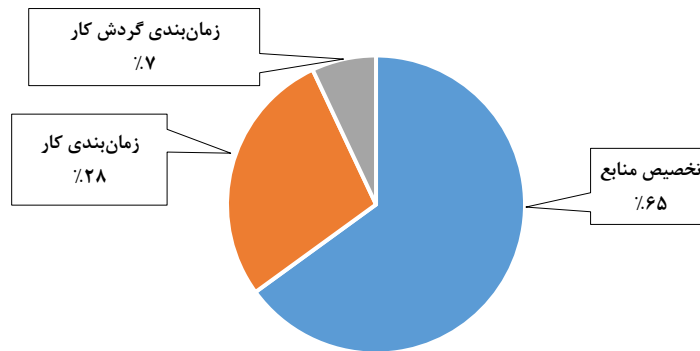
تکنولوژی	درصد استفاده	مزایا	معایب
سنتی	۱۴٪	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ساده، پیاده‌سازی راحت</li> <li>• سر بار کم</li> <li>• قطعی</li> <li>• انعطاف‌پذیر</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• برای محیط‌های مه نامشخص و پویا مناسب نیست</li> <li>• انعطاف‌پذیر نیست</li> </ul>
برنامه‌ریزی خطی - برنامه‌ریزی خطی ترکیبی	۱۷٪	<ul style="list-style-type: none"> <li>• گسترده</li> <li>• استفاده به طور گسترده برای زمان‌بندی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• برای محیط‌های مه پویا با ابعاد بالا مناسب نیست</li> <li>• نمی‌تواند اثرات غیر خطی را کنترل کند</li> </ul>
ابتکاری	۳۰٪	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ساده و کم هزینه برای پیاده‌سازی</li> <li>• یافتن راه حل در یک زمان معقول</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• انعطاف‌پذیری و مقیاس‌پذیری کم</li> </ul>
فرا ابتکاری	۶٪	<ul style="list-style-type: none"> <li>• یافتن راه حل در یک زمان معقول</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• زمان همگرایی طولانی</li> <li>• تحرک پشتیبانی نمی‌شود</li> </ul>
ابتکاری ترکیبی	۶٪	<ul style="list-style-type: none"> <li>• نتایج بهتر از الگوریتم‌های ابتکاری</li> <li>• ارائه راه حل در زمان کوتاه</li> <li>• انعطاف‌پذیر</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• شناسایی بهترین راه حل ترکیبی در میان همه راه حل‌ها دشوار است</li> <li>• سازگاری کم</li> </ul>
فازی	۱۴٪	<ul style="list-style-type: none"> <li>• مناسب برای محیط نامشخص</li> <li>• اولویت‌بندی کار امکان‌پذیر است</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• زمان توسعه طولانی</li> <li>• توضیحات ریاضی وجود ندارد</li> </ul>
یادگیری تقویتی	۳٪	<ul style="list-style-type: none"> <li>• پیاده‌سازی آسان</li> <li>• عملکرد بهتر در محیط‌های نامشخص</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تعمیم دشوار</li> <li>• برای محیط‌های پیچیده محاسباتی مه پویا مناسب نیست</li> </ul>
یادگیری تقویتی عمیق	۱۰٪	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عملکرد بهتری نسبت به یادگیری تقویتی ساده دارد</li> <li>• در محیط‌های پیچیده، نامطمئن و پویا به خوبی عمل می‌کند</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• در محیط‌های با ابعاد بالا، به طور کند همگرا می‌شود.</li> </ul>

#### ۴. بررسی روش‌ها

در این بخش، بررسی خود را از تکنیک‌های زمان‌بندی کار در رایانش مه ارائه می‌دهیم. بررسی تحلیلی بر اساس طبقه‌بندی این الگوریتم‌ها، محیط ارزیابی، ابزارهای مورد استفاده و معیارهای مورد استفاده در این مطالعات انجام شده است.

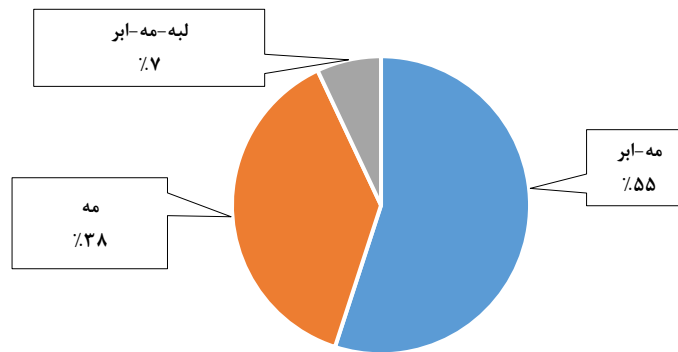
شکل ۷ درصد تکنیک‌های زمان‌بندی بررسی شده توسط محققان مختلف را نشان می‌دهد. این شکل بیان می‌کند که اکثر محققان، یعنی ۶۵ درصد بر حل مشکلات تخصیص منابع در محیط‌های رایانش مه پیچیده تمرکز دارند، در حالی که زمان‌بندی کار در دستگاه‌های مه در

۲۸ درصد مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است. تنها ۷ درصد از مطالعات به موضوع زمان‌بندی گردش کار در رایانش مه پرداخته شده است.



شکل ۲. تکنیک‌های زمان‌بندی بررسی شده

شکل ۸ محیط کاربری را نشان می‌دهد که توسط محققان برای حل مسائل زمان‌بندی استفاده می‌شود. در ۵۵ درصد مطالعات، محیط مه-ابر در نظر گرفته شده است، در حالی که محیط مه در ۳۸ درصد مطالعات در نظر گرفته شده است. لبه-مه-ابر در ۷ درصد مطالعات در نظر گرفته شده است.



شکل ۳. محیط‌های کاربری

نرم‌افزارها و درصد مورد استفاده در مطالعات مختلف و همچنین معرفی مختصر آن‌ها به طور خلاصه در جدول ۱ شرح داده شده است.

### جدول ۱. نرم‌افزارهای مورد استفاده در بررسی‌ها

نرم‌افزار	درصد استفاده	توضیح
CloudSim	٪۱۲	CloudSim متداول‌ترین ابزار مدل‌سازی و شبیه‌سازی رایگان زیرساخت ابری در مقیاس بزرگ است. این نرم‌افزار به محققان کمک می‌کند تا مراکز داده، ماشین‌های مجازی، ابر و کارگزاران مرکز داده را شبیه‌سازی کنند. همچنین به کاربران اجازه می‌دهد تا سیاست‌هایی را برای تخصیص میزبان‌ها و منابع آن‌ها مانند حافظه و ذخیره‌سازی تعریف کنند.
iFogSim	٪۵۵	iFogSim محبوب‌ترین ابزار شبیه‌سازی رایگان برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی تکنیک‌های مدیریت منابع در محیط‌های ابر، مه و اینترنت اشیاء است. این نرم‌افزار به کاربر اجازه می‌دهد زیرساخت مه را با میلیون‌ها گره مه، حسگرها و سرویس‌های اینترنت اشیاء برای ارزیابی سیاست‌های مدیریت منابع و زمان‌بندی، شبیه‌سازی کند. همچنین به محققان کمک می‌کند تا معیارهای مختلفی مانند تأخیر، مصرف انرژی، استفاده از شبکه و هزینه را ارزیابی کنند.
CloudAnalyst	٪۳	CloudAnalyst یک شبیه‌ساز متن‌باز است که بر روی CloudSim برای ارزیابی عملکرد برنامه‌های کاربردی توزیع‌شده در مقیاس بزرگ بر روی ابر ساخته شده است. رابط کاربری گرافیکی را برای پیکربندی یک سیستم توزیع‌شده جغرافیایی فراهم می‌کند. در این نرم‌افزار نتایج ارزیابی از طریق نمودارها و جداول ارائه می‌شود.
SimGrid	٪۳	SimGrid یک چارچوب عمومی برای شبیه‌سازی برنامه‌های کاربردی توزیع‌شده در محیط‌های توزیع‌شده در مقیاس بزرگ مانند خوشه‌ها، شبکه‌ها و ابر است.
Keras	٪۳	Keras یک کتابخانه پایتون است که محققان از آن برای توسعه و ارزیابی مدل‌های یادگیری عمیق استفاده می‌کنند.

### ۵. نتیجه‌گیری

الگوریتم‌های زمان‌بندی کارآمد می‌توانند عملکرد رایانش مه و IoT را به میزان قابل توجهی بهبود بخشند. در این مقاله، رویکردهای تخصیص منابع، زمان‌بندی و گردش کار در محیط‌های رایانش مه و IoT بررسی شد. این رویکردها به هشت دسته‌ی سنتی، برنامه‌ریزی خطی، ابتکاری، فراابتکاری، ابتکاری ترکیبی، فازی، یادگیری تقویتی و یادگیری تقویتی عمیق دسته‌بندی شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اکثر محققان از الگوریتم‌های ابتکاری، فراابتکاری و برنامه‌ریزی خطی برای حل مسئله‌ی زمان‌بندی استفاده کرده‌اند. با توجه به محیط ارزیابی، تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که ۸۶٪ از مطالعات مبتنی بر شبیه‌سازی هستند در حالی که تنها ۱۴٪ مطالعات تجربی هستند. این بررسی همچنین نشان داد که iFogSim رایج‌ترین شبیه‌ساز مورد استفاده است که در ۵۵٪ از مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است. علاوه بر این، ۲۱٪ مطالعات از Matlab و ۱۴٪ مطالعات از CloudSim برای ارزیابی استفاده کرده‌اند. علاوه بر این، تأخیر، متداول‌ترین معیار انتخابی برای ارزیابی بوده است که در ۲۶٪، مصرف انرژی در ۲۰٪ و QoS در ۱۲٪ مطالعات در نظر گرفته شده است. کارهای بعدی را می‌توان با در نظر گرفتن مکانیسم‌های مدیریت منابع آگاه از امنیت، زمان‌بندی مبتنی بر قابلیت اطمینان، حریم خصوصی و معماری‌های امنیتی در رایانش مه و IoT گسترش داد.





## منابع

- [1] A. Ayub Khan, A. A. Laghari, Z. A. Shaikh, Z. Dacko-Pikiewicz and S. Kot, 2022. Internet of Things (IoT) Security With Blockchain Technology: A State-of-the-Art Review, IEEE Access, vol. 10, pp. 122679-122695.
- [2] Atlam, Hany F., Muhammad Ajmal Azad, Ahmed G. Alzahrani, and Gary Wills, 2020. A Review of Blockchain in Internet of Things and AI, Big Data and Cognitive Computing 4, no. 4: 28.
- [3] A. A. Sadawi, M. S. Hassan and M. Ndiaye, 2021. A Survey on the Integration of Blockchain With IoT to Enhance Performance and Eliminate Challenges, IEEE Access, vol. 9, pp. 54478-54497.
- [4] El Khatib, M., Al Mulla, A. and Al Ketbi, W, 2022. The Role of Blockchain in E-Governance and Decision-Making in Project and Program Management, Advances in Internet of Things, 12, 88-109.
- [5] Redowan Mahmud, Kotagiri Ramamohanarao, and Rajkumar Buyya, 2020. Application Management in Fog Computing Environments: A Taxonomy, Review and Future Directions, Comput. Surveys 53, 4, 1–43.
- [6] Jamil, Bushra & Ijaz, Humaira & Shojafar, Mohammad & Munir, Kashif & Buyya, Rajkumar, 2022. Resource Allocation and Task Scheduling in Fog Computing and Internet of Everything Environments: A Taxonomy, Review, and Future Directions, ACM Computing Surveys. 1-35.



## بررسی استفاده از بلاک‌چین در اینترنت اشیا و هوش مصنوعی

فاطمه بیات‌نیا<sup>۱</sup>، صابر اکبری<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان  
<sup>۲</sup>دانشجوی دکتری، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد بین‌الملل قشم، دانشگاه آزاد اسلامی، قشم

*Akbari.ITEng@yahoo.com*

### چکیده

اینترنت اشیا یک فناوری جدید در عصر حاضر می‌باشد که باعث اتصال و ارتباط اشیا مجازی و فیزیکی شده است. این فناوری باعث ایجاد خدمات دیجیتالی جدیدی شده است که کیفیت زندگی ما را بهبود بخشیده است. اینترنت اشیا مزیت‌های زیادی دارد اما چالش‌هایی مانند امنیت، حریم خصوصی و شفافیت مانعی بر سر راه پیشرفت‌های آینده برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا هستند. یکی از انواع رایج و محبوب فناوری‌های دفتر کل توزیع شده، بلاک‌چین است. بلاک‌چین به عنوان یک سرویس برای اینترنت اشیا ارائه می‌شود تا نشان دهد چگونه ویژگی‌های بلاک‌چین می‌تواند به عنوان یک سرویس برای برنامه‌های مختلف اینترنت اشیا پیاده‌سازی شود. این مقاله یک بحث جامع در مورد ترکیب اینترنت اشیا و فناوری بلاک‌چین ارائه می‌دهد و سپس نگاهی به مزایا و معایب این ترکیب می‌اندازد. در ادامه درباره‌ی تأثیر هوش مصنوعی بر روی اینترنت اشیا و بلاک‌چین بحث می‌شود. در پایان، مطالعات آینده اینترنت اشیا و بلاک‌چین ارائه شده است.

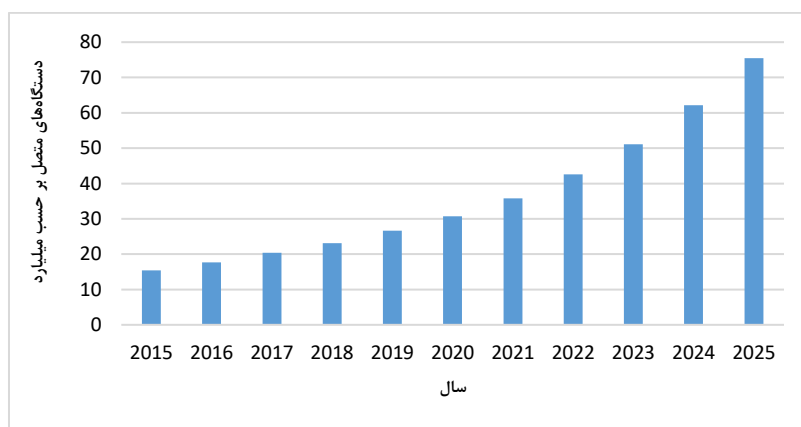
**واژه‌های کلیدی:** اینترنت اشیا، بلاک‌چین، هوش مصنوعی، ترکیب اینترنت اشیا و بلاک‌چین.

## ۱. مقدمه

اینترنت اشیاء (Internet of Things) یک فناوری مدرن است که با استفاده از آن دستگاه‌های فیزیکی و مجازی مختلف اغلب بدون دخالت انسان می‌توانند از طریق اینترنت به یکدیگر متصل شوند و ارتباط برقرار کنند. IoT عمدتاً برای جلوگیری از مشکلات روزمره و تسهیل زندگی ما استفاده می‌شود و برای این کار اطلاعات محیط اطراف را سنجش و جمع‌آوری می‌کند. همچنین IoT با میلیاردها دستگاه فروخته شده در بسیاری از بازارهای مصرف‌کننده به موفقیت بسیاری دست یافته است. علی‌رغم مزایای متعدد معرفی شده در حوزه‌های متعدد، معماری متمرکز اینترنت اشیاء به گونه‌ای است که تمام اینترنت اشیاء از طریق یک سرور مرکزی به هم مرتبط و با چالش‌های متعددی مواجه است. چالش‌ها به عنوان مانعی در مسیر پیشرفت‌های آتی برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیاء قرار دارند. در ادامه بلاک‌چین به عنوان یک سرویس برای اینترنت اشیاء ارائه می‌شود تا نشان دهد چگونه ویژگی‌های مختلف فناوری بلاک‌چین می‌تواند به عنوان یک سرویس برای برنامه‌های مختلف اینترنت اشیاء استفاده شود.

## ۲. اینترنت اشیاء

اصطلاح اینترنت اشیاء به دستگاه‌های مجهز به اینترنت با قابلیت محاسبات تعبیه‌شده اشاره دارد. از این اصطلاح می‌توان طیف وسیعی از فناوری‌ها را توصیف کرد، از دستگاه‌های نظارتی و تجهیزات صنعتی گرفته تا محصولات داخلی مانند یخچال‌ها و اتومبیل‌ها. IoT توسط چندین سازمان و محقق تعریف شده است. اتحادیه بین‌المللی مخابرات (International Telecommunication Union) در سال ۲۰۱۲ اینترنت اشیاء را به عنوان یک زیرساخت جهانی برای جامعه اطلاعاتی معرفی کرد که خدمات پیشرفته را از طریق اتصال اشیاء مبتنی بر فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطاتی موجود و در حال توسعه، امکان‌پذیر می‌سازد. تعداد اشیاء IoT در سال ۲۰۰۸ از جمعیت سراسر جهان عبور کرد. طبق آمار Statista، همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، انتظار می‌رود که این رقم تا پایان سال ۲۰۲۵ به طور قابل توجهی افزایش یابد و به حدود ۷۵ میلیارد دستگاه برسد.



شکل ۱. رشد اینترنت اشیاء از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵

IoT می‌تواند زندگی و اقتصاد جهان را تغییر دهد. همچنین خدمات و برنامه‌های دیجیتالی زیادی تولید می‌کند که این برنامه‌ها و سرویس‌ها ویژگی‌های مشترکی را به اشتراک می‌گذارند که عبارتند از:

**قابلیت شنود:** فناوری مهمی که باعث پیشرفت‌های عظیمی در حوزه‌های مختلف IoT شده است، شبکه حسگر بی‌سیم ( Wireless Sensor Network) می‌باشد. WSN، شبکه‌ای از حسگرها است که اطلاعات پیرامون را دریافت کرده و سپس این اطلاعات را از طریق یک رسانه ارتباطی برای پردازش ارسال می‌کند. حسگرها بلوک‌های سازنده اینترنت اشیاء هستند که امکان جمع‌آوری تمام اطلاعات در مورد محیط اطراف فراهم می‌کنند و به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهند تا تصمیمات خود را به موقع و صحیح اتخاذ نمایند.

**قابلیت اتصال:** این قابلیت یکی از ویژگی‌های کلیدی IoT است که میلیاردها دستگاه را قادر می‌سازد از راه دور قابل دسترس باشند. علاوه بر این به اشیاء مختلف اجازه می‌دهد تا از طریق اینترنت به یکدیگر متصل و ارتباط برقرار کنند که این کار امکان ایجاد برنامه‌ها و خدمات جدید را فراهم می‌کند.

**شبکه‌ای با مقیاس بزرگ:** همانطور که گفته شد، IoT شامل میلیاردها دستگاه است که انتظار می‌رود تا پایان سال ۲۰۲۵ به ۷۵ میلیارد دستگاه برسد. این تعداد زیاد دستگاه‌ها، شبکه‌ای در مقیاس بزرگ ایجاد می‌کند که با روش‌های سنتی و یا کلاسیک قابل مدیریت نیست.

**سیستم پویا:** IoT یک سیستم پویا در طبیعت است که توانایی اتصال انواع اشیاء در مکان‌های مختلف دارد. علاوه بر این، با حسگرهایی که اطلاعات مختلف را در مورد محیط اطراف جمع‌آوری می‌کنند، دستگاه‌های اینترنت اشیاء را می‌توان به صورت پویا و با توجه به شرایط متغیر تطبیق داد.

**قابلیت هوشمندی:** با کمک سخت‌افزار، نرم‌افزار و قابلیت‌های حسگری پیشرفته که امکان جمع‌آوری حجم وسیعی از داده‌ها را فراهم می‌کند، می‌توانند در شرایط مختلف تصمیمات هوشمندانه بگیرند و با سایر اشیاء مشارکت‌کننده همکاری کنند. IoT دستگاه‌های

**داده‌های حجیم:** میلیاردها دستگاه اینترنت اشیاء وجود دارد که حجم وسیعی از داده‌ها را ایجاد می‌کنند که با استفاده از روش‌های سنتی قابل تجزیه یکی از غنی‌ترین منابع داده‌های حجیم است که حجم وسیعی از داده‌ها را ایجاد می‌کند که برای استفاده از مزایای کامل IoT و تحلیل نیستند. داده‌های اینترنت اشیاء به روش‌های تحلیلی نوآورانه نیاز دارد.

**هویت منحصر به فرد:** IoT اشیاء مختلف را قادر می‌سازد تا از طریق اینترنت به یکدیگر متصل شوند. داشتن قابلیت اتصال به اینترنت تنها در صورتی قابل تضمین است که هر دستگاه بتواند یک هویت یا شناسه مانند آدرس IP داشته باشد. برای این کار، سازندگان به هر دستگاه یک شناسه می‌دهند که اجازه می‌دهد دستگاه‌ها در صورت وجود نقض امنیتی با کمک پلتفرم‌های مناسب به‌روزرسانی شوند. اگرچه میلیاردها دستگاه اینترنت اشیاء وجود دارد اما هر دستگاه هویت منحصر به فردی دارد.

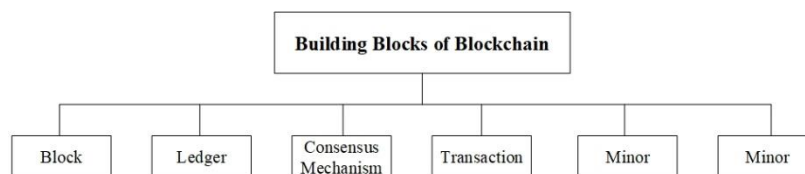
**تصمیم‌گیری مستقل:** حسگرهای زیادی در اینترنت اشیاء وجود دارد که امکان جمع‌آوری داده‌های عظیم را در مورد محیط اطراف فراهم می‌کند. این داده‌های پویا به دستگاه‌های اینترنت اشیاء اجازه می‌دهند تا تصمیمات آگاهانه و مستقلی بگیرند.

**ناهمگونی:** IoT به دستگاه‌ها و اشیاء مختلف اجازه آدرس‌دهی و ارتباط با یکدیگر را از طریق اینترنت می‌دهد. این دستگاه‌ها دارای ویژگی‌های ناهمگونی از جمله پروتکل‌های ارتباطی، سیستم‌عامل‌ها، پلتفرم‌ها و سایر اجزای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری هستند. با وجود این ویژگی‌های ناهمگون، اینترنت اشیاء به همه این دستگاه‌ها اجازه می‌دهد تا به طور کارآمد و مؤثر با یکدیگر ارتباط برقرار کنند [۱].

### ۳. بلاک‌چین

فناوری بلاک‌چین یکی از موضوعاتی است که توجه‌ها را به خود جلب کرده است. بلاک‌چین یک دفتر کل توزیع‌شده، غیرمتمرکز و غیرقابل تغییر است که اطلاعات تراکنش‌های مختلف را که در یک شبکه P2P خاص اتفاق افتاده است، نگهداری می‌کند. برای ذخیره تراکنش در دفتر کل توزیع شده لازم است گره‌ها توافق خود را ثبت کنند که این کار نیاز به یک مکانیسم اجماع دارد. رایج‌ترین و محبوب‌ترین

مکانیسم‌های اجماع عبارتند از: اثبات سهام (Proof of Stake) و اثبات کار (Proof of Work). گروهی از تراکنش‌ها جمع‌آوری می‌شوند و یک بلوک در دفتر کل به آن‌ها اختصاص می‌یابد. یک برچسب زمانی و تابع هش برای پیوند بلوک به بلوک قبلی استفاده می‌شود. بنابراین چندین بلوک به هم متصل شده و به نام بلاک‌چین شناخته می‌شوند. تابع هش عمدتاً برای اعتبارسنجی یکپارچگی محتوا یا داده‌های بلوک استفاده می‌شود. تکنولوژی بلاک‌چین به اشتراک‌گذاری اطلاعات را ارتقاء می‌دهد و در آن همه کاربران/گره‌های شرکت‌کننده در شبکه بلاک‌چین یک کپی از دفتر کل اصلی دارند، بنابراین همه گره‌ها به کمک تراکنش‌ها یا بلوک‌های جدید به‌روز می‌شوند. مجموعه‌ای از اجزای اصلی بلاک‌چین وجود دارد که شامل دفتر کل، بلوک، تابع هش، تراکنش، مکانیسم‌های جزئی و اجماع است. دفتر کل یک ساختار داده است که برای ذخیره انواع مختلف اطلاعات استفاده می‌شود. تفاوت‌های قابل توجهی بین پایگاه داده کلاسیک و دفتر کل وجود دارد. یک سیستم پایگاه داده، داده‌ها را در قالب جدولی با ستون و ردیف ذخیره می‌کند. علاوه بر این، از مدل رابطه‌ای برای پرس و جو و جمع‌آوری داده‌ها استفاده می‌شود.



شکل ۲. اجزای اصلی بلاک‌چین

بلوک یکی از اجزای اصلی بلاک‌چین است. بلوک‌ها با ذخیره یک مقدار هش منحصر به فرد بلوک قبلی در بلوک موجود، به هم زنجیر شده‌اند.

بلاک‌چین می‌تواند مزایای متعددی را برای زمینه‌ها و برنامه‌های مختلف ارائه دهد. بعضی از ویژگی‌های بلاک‌چین عبارتند از:

**عدم تمرکز:** بلاک‌چین به طور معمول یک محیط غیرمتمرکز و توزیع شده است که بر اساس ارتباط بین گره‌های ارتباطی ساخته شده است. ویژگی عدم تمرکز امکان استفاده از قدرت پردازش همه کاربران مشارکت‌کننده را فراهم می‌کند که تأخیر را کاهش می‌دهد.

**شفافیت:** برخلاف مدل متمرکز که فقط سرور مرکزی کنترل کامل و دسترسی به تمام داده‌ها را دارد، بلاک‌چین سطح خوبی از شفافیت را ارائه می‌دهد که در آن همه گره‌ها به جزئیات تراکنش‌هایی که تا به حال در شبکه رخ داده است دسترسی دارند. علاوه بر این، هر گره دارای یک کپی از دفتر کل توزیع شده است تا با توجه به تغییرات به‌روز شود و مهم‌تر از همه عدم حضور شخص ثالث، اعتماد را افزایش می‌دهد.

**تغییرناپذیری:** از جمله ویژگی‌های حیاتی بلاک‌چین قابلیت تضمین یکپارچگی تراکنش‌ها از طریق دفاتر تغییرناپذیر است. برخلاف مدل متمرکز که در آن یکپارچگی داده‌ها فقط از طریق مرجع مرکزی مدیریت می‌شود، بلاک‌چین از توابع هش استفاده می‌کند. بلوک‌های ذخیره‌شده در دفتر کل هرگز نمی‌توانند تغییر کنند، تنها در صورتی این تغییر انجام می‌شود که اکثر کاربران آن را تأیید کنند.

**امنیت بهتر:** از جمله مزایای بلاک‌چین فراهم کردن امنیت بهتر نسبت به راه‌حل‌های موجود است. با استفاده از زیرساخت کلید عمومی، بلاک‌چین یک محیط امن در برابر انواع مختلف حملات فراهم می‌کند. مکانیسم اجماع یک روش قابل اعتماد را ارائه می‌دهد که امنیت بلاک‌چین را بهبود می‌بخشد.

ناشناس بودن: علی‌رغم اینکه بلاک‌چین از یک دفتر کل استفاده می‌کند که بین همه کاربران توزیع شده است، یک هویت ناشناس برای محافظت از حریم خصوصی گره‌ها ارائه می‌دهد. از ویژگی ناشناس بودن می‌توان برای ارائه یک سیستم رأی‌گیری امن و خصوصی استفاده کرد.

**کاهش هزینه:** برخلاف معماری متمرکز که در آن سیستم سخت‌افزاری و نرم‌افزاری پیشرفته برای ساخت سرور متمرکز مورد نیاز است، فناوری بلاک‌چین با استفاده از قدرت پردازشی دستگاه‌های ارتباطی، هزینه‌های مربوط به نصب و نگهداری سرورهای متمرکز بزرگ را کاهش می‌دهد.

**خودمختاری:** توانایی تصمیم‌گیری مستقل از جمله ویژگی‌هایی است که فناوری بلاک‌چین می‌تواند ارائه دهد. خودمختار بودن این اجازه را می‌دهد تا دستگاه‌های جدیدی تولید شود که قادر به تصمیم‌گیری هوشمندانه و مستقل هستند. به عنوان مثال، ویژگی‌های بلاک‌چین از جمله تغییرناپذیری و امنیت بهتر را می‌توان برای ساخت وسایل نقلیه خودران بهتر و ایمن استفاده کرد [۲].

#### ۴. اینترنت اشیاء و بلاک‌چین

توسعه IoT فعالیت‌های نوآورانه را در زمینه‌های مختلف ایجاد کرده است اما با این حال هنوز دارای برخی مشکلات است. فناوری بلاک‌چین محیط غیرمتمرکز، مستقل، غیرقابل اعتماد و توزیع شده را ارائه می‌دهد. همچنین بلاک‌چین امنیت و یکپارچگی داده بهتری را از طریق ویژگی‌های تغییرناپذیری فراهم می‌کند. شباهت‌ها و تفاوت‌های زیادی بین اینترنت اشیاء و بلاک‌چین وجود دارد. جدول ۱ مقایسه‌ای بین اینترنت اشیاء و بلاک‌چین ارائه می‌دهد [۳].

جدول ۱. مقایسه ساده بین اینترنت اشیاء و بلاک‌چین

ویژگی	اینترنت اشیاء	بلاک‌چین
حریم خصوصی	فقدان حریم خصوصی	حریم خصوصی گره‌های شرکت‌کننده تضمین می‌شود
پهنای باند	دارای محدودیت است	استفاده از پهنای باند بالا
ساختار سیستم	متمرکز	غیر متمرکز
توسعه‌پذیری	حاوی تعداد زیادی دستگاه است	مقیاس ضعیفی دارد
منابع	منابع محدود شده دارد	منابع محدود نشده است
تأخیر	تأخیر کمی دارد	استخراج بلوک زمان‌بر است
امنیت	امنیت ضعیفی دارد	امنیت قابل قبول تری نیست به اینترنت اشیاء ارائه می‌دهد

#### ۵. بلاک‌چین به عنوان یک سرویس برای اینترنت اشیاء

بلاک‌چین توانایی ارائه لایه خدماتی را دارد که ترکیب با معماری اینترنت اشیاء آسان‌تر می‌کند. از آنجایی که رایانش ابری می‌تواند خدمات مختلفی مانند نرم‌افزار به عنوان سرویس (Software as a Service)، پلتفرم به عنوان سرویس (Platform as a Service) و زیرساخت به عنوان سرویس (Infrastructure as a Service) را به کاربران خود ارائه دهد، بلاک‌چین می‌تواند به عنوان یک سرویس برای برنامه‌های مختلف اینترنت اشیاء مورد استفاده قرار گیرد (Blockchain as a Service). این خدمات برای گره‌های (دستگاه‌های IoT) به دلیل بهره‌مندی از مزایای فناوری بلاک‌چین در زمینه اینترنت اشیاء مورد نیاز خواهد بود. BaaS می‌تواند برای دستگاه‌های اینترنت اشیاء به طور صریح به عنوان PaaS یا به طور ضمنی به عنوان SaaS پیاده‌سازی شود. BaaS در حال حاضر توسط پلتفرم‌هایی مانند Amazon، Microsoft Azure، Oracle و IBM Blockchain ارائه می‌شود [۴].

از BaaS می‌توان برای ارائه برنامه‌های مختلف اینترنت اشیا استفاده کرد. به عنوان مثال، با پلتفرم‌های ابری از پیش ساخته شده، BaaS می‌تواند آسان‌تر و ارزان‌تر از پیاده‌سازی در محل مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، از آنجایی که BaaS با سایر سرویس‌های ابری (SaaS, PaaS, IaaS) وجود دارد، این امکان به بلاک‌چین می‌دهد تا با برنامه‌های مختلف ابری و اینترنت اشیا مستقر شود و قابلیت همکاری فناوری بلاک‌چین با این برنامه‌های مختلف را افزایش دهد. علاوه بر این، از جمله مزایای دیگری که BaaS می‌تواند ارائه دهد، قابلیت استفاده است. به عبارت دیگر، پیاده‌سازی بلاک‌چین با استفاده از پلتفرم‌های بلاک‌چین به سطح خوبی از مهارت در رمزنگاری و فناوری‌های توزیع شده نیاز دارد. از طرف دیگر، BaaS می‌تواند به‌عنوان یک سرویس کامل توسط ارائه‌دهنده خدمات ارائه شود که به کاربر اجازه می‌دهد فناوری بلاک‌چین را بدون نیاز به مهارت‌های فنی، مستقر، کنترل و اجرا کند [۵].

#### ۶. به‌کارگیری اینترنت اشیا و بلاک‌چین در هوش مصنوعی

بدون شک هوش مصنوعی (Artificial Intelligence) یکی از موضوعاتی است که امروزه اثرات قابل توجهی در حوزه‌های مختلف دارد. هدف اصلی هوش مصنوعی تولید مدل‌ها و رویکردهای جدیدی است که توانایی انجام فعالیت‌های هوشمند را دارند. ترکیب اینترنت اشیا و هوش مصنوعی، توانایی تولید یک فناوری قوی دارد که می‌تواند چندین مشکل اینترنت اشیا را با حجم عظیم داده‌های تولید شده توسط میلیاردها دستگاه اینترنت اشیا حل کند. اگرچه رایانش مه‌لبه/زمان پاسخ را به حداقل می‌رساند و باعث رشد قابل توجه برنامه‌های اینترنت می‌شود، با توانایی‌های تحلیلی هوش مصنوعی بسیاری از سازمان‌های جهانی، روش‌های هوش مصنوعی را به عنوان راهی برای حجم عظیمی از داده‌ها در نظر گرفته‌اند [۶].

از سوی دیگر، ترکیب هوش مصنوعی و بلاک‌چین می‌تواند تأثیر خوبی بر هر دو فناوری داشته باشد. بلاک‌چین می‌تواند چندین مسئله‌ی هوش مصنوعی را حل کند، مثلاً شفافیت. هوش مصنوعی یک جعبه بلوک برای کاربرانی است که قابلیت توضیح ندارند. شفافیت بلاک‌چین توسط به اشتراک‌گذاری دفتر کل در تمام گره‌ها و مسیر حسابرسی که روشی واضح برای ردیابی داده‌ها به فرآیند تصمیم‌گیری ماشین ارائه می‌کند، قابلیت اطمینان داده‌ها و هوش مصنوعی بهینه می‌شود. علاوه بر این، پیاده‌سازی هوش مصنوعی با قراردادهای هوشمند می‌تواند ریسک را کاهش دهد.

برای بلاک‌چین، هوش مصنوعی می‌تواند برخی از محدودیت‌های فناوری بلاک‌چین را برطرف کند. به عنوان مثال، مکانیسم‌های اجماع با استفاده از هوش مصنوعی در اثبات کار یا اثبات سهام می‌تواند به گره‌ها اجازه دهد تا تراکنش‌ها را سریع‌تر تأیید کنند. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند مصرف انرژی در بلاک‌چین را بهبود بخشد، زیرا فرآیند استخراج به مقادیر زیادی انرژی نیاز دارد. با وجود اینکه ترکیب سه فناوری بلاک‌چین، هوش مصنوعی و اینترنت اشیا هنوز در مرحله توسعه است اما ترکیب این فناوری‌ها چشم‌انداز جدیدی از آینده را ارائه می‌کند و دنیایی ایجاد می‌کند که در آن داده‌های جهان از طریق دستگاه‌های اینترنت اشیا جمع‌آوری می‌شود و همچنین تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری‌ها توسط هوش مصنوعی انجام می‌شود. حتی قبل از اینکه روی بلاک‌چین ذخیره و به عنوان یک رکورد دائمی که به اشتراک گذاشته می‌شود، ثبت شود [۷].

#### ۷. مطالعات آینده بر روی اینترنت اشیا و بلاک‌چین

علی‌رغم اینکه ترکیب اینترنت اشیا و بلاک‌چین دارای مزیت‌هایی است اما همچنان مشکلات متعددی را به همراه دارد که برای به دست آوردن مزایای کامل هر دو فناوری باید حل شوند. در این بخش، نگاهی به مطالعات آینده اینترنت اشیا و بلاک‌چین شده است.

#### ۷-۱. امنیت

اینترنت اشیا شامل میلیاردها شیء ناهمگن است که امنیت کمی دارند. این دستگاه‌ها با رویه‌های امنیتی داخلی ضعیف یک طعمه ساده برای مهاجمان امنیتی مختلف به شمار می‌رود. اگرچه ترکیب IoT و بلاک‌چین می‌تواند امنیت اینترنت اشیا را با استفاده از رمزگذاری، تغییرناپذیری و امضای دیجیتال بهبود بخشد، اما امنیت هنوز یکی از چالش‌های پیاده‌سازی یک سیستم کارآمد و مؤثر است.

با افزایش پذیرش دستگاه‌ها و برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا، جهت‌گیری فزاینده‌ای به سمت گسترش استفاده از شبکه‌های بی‌سیم به ویژه در حوزه‌های صنعتی وجود دارد. ارتباطات بی‌سیم از آسیب‌پذیری‌های امنیتی متعددی مانند حملات مجدد، استراق سمع غیرفعال و پارازیت رنج می‌برد. به دلیل محدودیت منابع، نمی‌توان از الگوریتم‌های رمزنگاری پیچیده و پیشرفته در دستگاه‌های اینترنت اشیا استفاده کرد.

### ۲-۷. مقیاس پذیری

یکی از مسائل کلیدی ترکیب بلاک‌چین و IoT، توانایی بلاک‌چین در انجام کار مؤثر در شبکه‌ای با مقیاس بزرگ مانند اینترنت است. توان عملیاتی تراکنش‌ها در هر ثانیه می‌تواند برای اندازه‌گیری مقیاس‌پذیری بلاک‌چین در برابر اینترنت اشیا استفاده شود. پلتفرم‌های بلاک‌چین توان عملیاتی کمی را ارائه می‌دهند. به عنوان مثال، بیت‌کوین تنها می‌تواند هفت تراکنش در ثانیه را پردازش کند. علاوه بر این، اتریوم تنها می‌تواند ۲۰ تراکنش در ثانیه را پردازش کند. در مقابل، VISA می‌تواند نزدیک به ۲۰۰۰ تراکنش در ثانیه را پردازش کند و PayPal دارای ۱۷۰ تراکنش در ثانیه است. بنابراین این سرعت پردازش نمی‌تواند نیازهای IoT را برطرف کند و همچنین چندین برنامه اینترنت اشیا عمدتاً با داده‌های بلادرنگ کار می‌کنند. با داشتن توان عملیاتی محدود بلاک‌چین، برنامه‌ها برای کار مؤثر با مشکلاتی مواجه خواهند شد، اگرچه راه‌حل‌های پیشنهادی متعددی برای حل مسئله مقیاس‌پذیری فناوری بلاک‌چین مانند ایجاد الگوریتم‌های اجماع مقیاس‌پذیرتر و طراحی بلاک‌چین خصوصی برای اینترنت اشیا وجود دارد.

### ۳-۷. ذخیره‌سازی داده‌ها

بلاک‌چین برای ثبت حجم وسیع داده‌ها ساخته نشده است. در مقابل، اینترنت اشیا به عنوان یکی از منابع کلان داده است. ظرفیت ذخیره‌سازی، یکی از مسائل مهم بلاک‌چین است. اندازه کل بلاک‌چین بیت‌کوین حدود ۱۵۰ گیگابایت است، همچنین اندازه کل بلاک‌چین اتریوم حدود ۴۰۰ گیگابایت است. ذخیره‌سازی تمام بلوک‌های بلاک‌چین الزامی است. بدون داشتن تمامی بلوک‌های قبلی، دستگاه‌های اینترنت اشیا نمی‌توانند تراکنش‌های تولید شده توسط دستگاه‌های دیگر را تأیید کنند. علاوه بر این، داده‌های گذشته برای تولید معاملات جدید مورد نیاز است. همچنین، هزینه ذخیره‌سازی داده‌ها در بلاک‌چین بسیار گران است. به طور مثال، هزینه ذخیره یک گیگابایت داده در اتریوم حدود ۲۰۰۰۰ دلار است. این قیمت برای برنامه‌ها و خدمات مختلف اینترنت اشیا، کاربردی نیست، یعنی در واقع همگرایی اینترنت اشیا و بلاک‌چین، نیاز داشتن به یک سرور متمرکز برای نگهداری داده‌های اینترنت اشیا را از بین می‌برد. با این حال، ذخیره‌سازی داده‌ها در بلاک‌چین بسیار دشوار و گران است.

### ۴-۷. مسائل حقوقی

همه فناوری‌های جدید مانند اینترنت اشیا و بلاک‌چین تحت تأثیر مقررات و قوانین هر کشور است. از جمله مسائلی که مانع از ترکیب موفقیت‌آمیز اینترنت اشیا و بلاک‌چین می‌شود، نبود قوانین به ویژه در مورد بلاک‌چین است. از آنجایی که بلاک‌چین ویژگی‌های ناشناس بودن را فراهم می‌کند شناسایی هویت واقعی کاربران آن بسیار دشوار است و به محیطی مناسب برای مجرمان تبدیل می‌شود. به همین ترتیب، دستگاه‌های اینترنت اشیا حجم عظیمی از داده‌ها را در مورد صاحبان خود جمع‌آوری می‌کنند. این اطلاعات می‌تواند شامل داده‌های حساس و محرمانه باشد.





## ۸. نتیجه گیری

با چالش‌های ارائه شده در معماری متمرکز، انتقال اینترنت اشیا به یکی از فناوری‌های دفتر کل توزیع شده ممکن است انتخاب صحیحی باشد. بلاک‌چین امنیت و یکپارچگی داده‌های بهتری را از طریق ویژگی‌های تغییرناپذیری ارائه می‌دهد. ترکیب بلاک‌چین و اینترنت اشیا می‌تواند مشکلات سیستم متمرکز اینترنت اشیا را حل کند و راه‌حل‌های خوبی برای پیشرفت‌های آینده فراهم کند. هدف این مقاله ارائه یک بحث جامع در مورد ترکیب سیستم بلاک‌چین و اینترنت اشیا و مسائل مربوط به آن بود. بلاک‌چین به عنوان یک سرویس برای اینترنت اشیا مورد بحث قرار گرفت و سپس نگاهی به تأثیر هوش مصنوعی بر روی بلاک‌چین و اینترنت اشیا انداخته شد که برای این منظور، جهت‌های تحقیقاتی پیش روی اینترنت اشیا با بلاک‌چین مورد بحث قرار گرفت.

## منابع

- [1] Redowan Mahmud, Kotagiri Ramamohanarao, and Rajkumar Buyya, 2020. Application Management in Fog Computing Environments: A Taxonomy, Review and Future Directions, *Comput. Surveys* 53, 4, 1–43.
- [2] El Khatib, M., Al Mulla, A. and Al Ketbi, W, 2022. The Role of Blockchain in E-Governance and Decision-Making in Project and Program Management, *Advances in Internet of Things*, 12, 88-109.
- [3] Lao, L.; Li, Z.; Hou, S.; Xiao, B.; Guo, S.; Yang, Y, 2020. A Survey of IoT Applications in Blockchain Systems. *ACM Comput. Surv*, 53, 1–32.
- [4] Sengupta, J.; Ruj, S.; Das Bit, S, 2020. A Comprehensive Survey on Attacks, Security Issues and Blockchain Solutions for IoT and IIoT. *J. Netw. Comput. Appl*, 149, 102481.
- [5] A. A. Sadawi, M. S. Hassan and M. Ndiaye, 2021. A Survey on the Integration of Blockchain With IoT to Enhance Performance and Eliminate Challenges, *IEEE Access*, vol. 9, pp. 54478-54497.
- [6] Jamil, Bushra & Ijaz, Humaira & Shojafar, Mohammad & Munir, Kashif & Buyya, Rajkumar, 2022. Resource Allocation and Task Scheduling in Fog Computing and Internet of Everything Environments: A Taxonomy, Review, and Future Directions, *ACM Computing Surveys*. 1-35.
- [7] Atlam, H.F.; Azad, M.A.; Alzahrani, A.G.; Wills, G, 2020. A Review of Blockchain in Internet of Things and AI. *Big Data Cogn. Comput*, 4, 28.

# انتخاب ویژگی با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری در بهینه سازی مقادیر SVM در تشخیص سرطان سینه

مریم سلطان محمدی\*<sup>۱</sup>، مهدی خزاعی پور<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکترا، دانشکده فنی و مهندسی (گروه مهندسی کامپیوتر)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند، بیرجند، ایران.  
<sup>۲</sup> استادیار، دانشکده فنی و مهندسی (گروه مهندسی کامپیوتر)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند، بیرجند، ایران.

*maryam\_soltanmohammadi@yahoo.com*

## چکیده

سرطان پستان سالانه باعث مرگ میلیون‌ها زن در سراسر دنیا می‌شود. بیماری سرطان پستان اگر در مراحل اولیه تشخیص داده شود شانس بقای بیماران افزایش خواهد یافت. یکی از روشهای تشخیص بیماری سرطان پستان بکارگیری روش‌های یادگیری ماشین و تحلیل داده‌های گردآوری شده توسط مراکز درمانی است. ماشین بردار پشتیبان یک ابزار قدرتمند برای طبقه‌بندی نمونه‌های خوش خیم و بدخیم است. یکی از چالشهای تشخیص نمونه‌های بدخیم توسط ماشین بردار پشتیبان عدم بهینه بودن پارامترهای این روش یادگیری عمیق است. یک چالش دیگر برای تشخیص نمونه‌های بدخیم، عدم متعادل‌سازی مجموعه داده و حجم اندک نمونه‌ها است. چالش دیگر یادگیری روی همه ویژگی‌ها است که خطای تشخیص نمونه‌های بدخیم را افزایش می‌دهد. روش پیشنهادی در این مقاله از توانایی الگوریتم بهینه‌سازی شاهین و الگوریتم بهینه‌سازی کوسه سفید برای بهبود عملکرد ماشین بردار پشتیبان در تشخیص سرطان پستان استفاده می‌کند. در روش پیشنهادی در ابتدا توسط روش SMOTE تعداد نمونه‌ها افزایش و متعادل‌سازی می‌شود. در مرحله دوم با الگوریتم بهینه‌سازی کوسه سفید، فاز انتخاب ویژگی اجراء شده و بهینه‌ترین ویژگی‌ها برای یادگیری ماشین بردار پشتیبان استفاده می‌شود. در مرحله سوم الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس برای بهینه‌سازی پارامترهای ماشین بردار پشتیبان استفاده می‌شود. ارزیابی‌ها در محیط برنامه‌نویسی متلب و روی مجموعه داده ویسکانسین انجام شده است. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد روش پیشنهادی در تشخیص سرطان سینه دارای دقت، حساسیت و صحتی به ترتیب برابر ۹۹.۶۴٪، ۹۹.۵۲٪ و ۹۹.۴۹٪ است. روش پیشنهادی برای تشخیص سرطان پستان نسبت به ماشین بردار پشتیبان بدون انتخاب ویژگی و نسبت به حالتی که متعادل‌سازی مجموعه داده انجام نشده است دارای دقت بیشتری است.

**واژه‌های کلیدی:** سرطان سینه، ماشین بردار پشتیبان، الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس، الگوریتم بهینه‌سازی کوسه سفید، متعادل‌سازی مجموعه داده.

## ۱. مقدمه

سرطان سینه<sup>۱</sup> توسط بافت‌های در حال رشد در سلول‌های سینه شناسایی می‌شود و یکی از شایع‌ترین سرطان‌ها در زنان و در سراسر جهان پس از سرطان ریه در نظر گرفته می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد در آمریکا، هر ساله تقریباً ۳۰ درصد از موارد جدید زنان مبتلا به سرطان سینه تشخیص داده می‌شوند. میزان مرگ و میر سالانه ۱۹۰ نفر در هر ۱۰۰۰۰ زن است. دو نوع رایج سرطان سینه عبارتند از کارسینوم مجرای درجا<sup>۲</sup> و کارسینوم مجرای تهاجمی<sup>۳</sup> می‌باشند. موارد شناسایی شده کارسینوم مجرای درجا درصد کمی از بیماران و در حدود ۲ درصد را شامل می‌شود. علاوه بر این، کارسینوم مجرای تهاجمی بسیار شایع‌تر بوده و خطرناک‌تر است، زیرا سلول‌های سینه را در بر می‌گیرد و در این دسته میزان مرگ و میر ۱۰ نفر در هر ۱۰۰ است [۱]. علاوه بر این، کارسینوم مجرای تهاجمی در انواع مختلفی از سلول‌ها وجود دارد که تشخیص آن تقریباً غیرممکن است. سلول‌های غیرطبیعی که تومور نیز نامیده می‌شوند، دارای اشکال نامنظم و دلخواه هستند. علاوه بر این، این سلول‌های تومور به دو نوع اصلی بدخیم<sup>۴</sup> و خوش‌خیم<sup>۵</sup> طبقه‌بندی می‌شوند. در ابتدا، تومور بدخیم در سلول‌های بافت اطراف خود گسترش می‌یابد و برای سلول‌های بافت سالم مشکل ایجاد می‌کند. برخلاف اولی، دومی یک سلول بافتی غیر سرطانی است و به بافت‌های همسایه خود آسیب نمی‌رساند. حتی با تجربه‌ترین آسیب شناسان در تشخیص تفاوت در ساختار بافت‌های سینه از نظر نوع بدخیم و خوش‌خیم با چالش مواجه می‌باشند [۲]. مطالعات و داده‌های جهانی سرطان نشان می‌دهد که سرطان سینه پس از سرطان ریه، دومین شکل مرگبار سرطان در سراسر جهان است. در سال ۲۰۱۸، در حدود ۲ میلیون مورد جدید سرطان سینه در سراسر جهان گزارش شد که در آن ۶۲۷۰۰۰ نفر جان خود را از دست دادند. مطالعه‌ای در استرالیا نشان داد که بقای بیماران دارای سرطان سینه به شدت با اندازه تومور در زمان تشخیص مرتبط است، با اندازه کمتر از ۱۰ میلی‌متر، احتمال زنده ماندن بیمار ۹۸٪ است. یک مطالعه نشان داد که ۷۰ درصد موارد سرطان سینه زمانی شناسایی می‌شوند که اندازه تومور ۳۰ میلی‌متر باشد. سرطان سینه معمولاً زمانی که اندازه تومور حداقل ۲۰ میلی‌متر باشد در طول غربالگری قابل تشخیص است [۳]. بنابراین، تشخیص زودهنگام سرطان سینه برای تسهیل درمان زودهنگام بسیار مهم است. درمان اولیه ممکن است پس از شناسایی از طریق معاینات غربالگری مانند معاینه بالینی پستان<sup>۶</sup> [۴] و خودآزمایی پستان<sup>۷</sup> [۵] مفید باشد. معاینه بالینی پستان یک معاینه پزشکی منظم است که توسط متخصصان مراقبت‌های بهداشتی برای تشخیص ضایعات پستان انجام می‌شود، در حالی که خودآزمایی پستان توسط یک فرد برای مشاهده تغییرات فیزیکی و ظاهر سینه‌ها انجام می‌شود. عمل خودآزمایی پستان به زنان این امکان را می‌دهد که مسئولیت سلامت خود را بر عهده بگیرند و امروزه خودآزمایی پستان توسط سازمان بهداشت جهانی برای افزایش آگاهی زنان در معرض خطر توصیه می‌شود. روش‌های غربالگری، تصاویر پزشکی از سینه‌ها تولید می‌کنند. تفسیر این تصاویر معمولاً توسط متخصصان انسانی مانند رادیولوژیست‌ها و پزشکان انجام می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که دقت تشخیصی پایین، به دلیل ضعف فنی و تخصص در تفسیر چنین تصاویری است. ظهور بیماری‌های مختلف و نیروی انسانی محدود، محققان و پرسنل پزشکی را ترغیب کرده است تا از فناوری به کمک رایانه برای تسهیل تشخیص مبتنی بر ترموگرافی پستان و در نتیجه به حداقل رساندن خطاها استفاده کنند [۶]. بنابراین، یک سیستم کامپیوتری که بتواند به طور خودکار ترموگرام‌ها<sup>۸</sup> را به دو دسته عادی و غیرعادی طبقه‌بندی کند، مورد نیاز است. با توجه به این نیاز، تحقیقات در جهت یافتن راه حل‌های مبتنی بر کامپیوتر برای طبقه‌بندی تصاویر پزشکی یا اطلاعات مرتبط با بیماران به طور مداوم در حال رشد بوده است. بسیاری از روش‌های تشخیص سرطان سینه به کمک رایانه برای کمک به پزشکان در تفسیر تصاویر پزشکی یا اطلاعات بیماران ایجاد شده‌اند. در طول دهه گذشته، تلاش قابل توجهی بر توسعه مدل‌های یادگیری عمیق<sup>۹</sup> و یادگیری ماشین<sup>۱۰</sup> متمرکز شده است [۷]. از آنجایی که مدل‌های یادگیری عمیق و یادگیری ماشین به صورت عمومی در دسترس

<sup>1</sup>Breast cancer

<sup>2</sup> Ductal carcinoma in situ (DCIS)

<sup>3</sup> Invasive ductal carcinoma (IDC)

<sup>4</sup> Malignant

<sup>5</sup> Benign

<sup>6</sup> Clinical-breast examination (CBE)

<sup>7</sup> Breast self-examination (BSE)

<sup>8</sup> Thermograms

<sup>9</sup> Deep learning

<sup>10</sup> Machine learning

هستند، می‌توان آنها را به راحتی با استفاده از شبکه‌های از پیش آموزش دیده اعمال کرد. در تشخیص سرطان پستان، بسیاری از مطالعات بر اساس یادگیری ماشین و یادگیری عمیق توسعه پیدا نموده‌اند که از جمله این روش‌ها می‌توان شبکه عصبی مصنوعی [۸]، ماشین بردار پشتیبان [۹]، درخت تصمیم‌گیری [۱۰]، جنگل تصادفی [۱۱] و شبکه عصبی کانولوشن [۱۲] غیره اشاره نمود. امروزه برای تشخیص سرطان سینه از اطلاعات و پرونده بیماران برای تحلیل الگوهای سرطان سینه بخوبی استفاده می‌شود و می‌توان از این اطلاعات بارز برای آموزش مدل‌های یادگیری استفاده نمود. در بسیاری از پژوهش‌ها برای کاهش دادن خطای خروجی یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای تشخیص سرطان سینه از روش‌های بهینه‌سازی و الگوریتم‌های فراابتکاری<sup>۱</sup> استفاده شده است. به عنوان مثال، از الگوریتم ژنتیک<sup>۲</sup> [۱۳]، الگوریتم بهینه‌سازی ذرات<sup>۳</sup> [۱۴] و الگوریتم کرم شب‌تاب<sup>۴</sup> [۱۵] برای کاهش دادن خطای یادگیری ماشین در تشخیص سرطان سینه استفاده شده است. یکی از روش‌های مهم یادگیری ماشین برای تشخیص بیماری‌ها، ماشین بردار پشتیبان است اما این روش دارای چالش‌های ذیل برای تشخیص سرطان سینه است:

- ماشین بردار پشتیبان برای آنکه خطای خروجی را در تشخیص سرطان سینه کاهش دهد نیاز به بهینه‌سازی پارامترهای یادگیری دارد.
- ماشین بردار پشتیبان بر خلاف روش‌های یادگیری عمیق فاقد فاز انتخاب ویژگی است و از این جهت مستعد افزایش خطا در تشخیص نمونه‌های بدخیم از خوش خیم است.

برای رفع این چالش‌ها روش پیشنهادی در این مقاله برای کاهش دادن خطای تشخیص افراد بدخیم و خوش خیم ارائه می‌شود. نوآوری روش پیشنهادی در آن است پارامترهای ماشین بردار پشتیبان با الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس<sup>۵</sup> [۱۶] انتخاب می‌شود. نوآوری دیگر این پژوهش در آن است که ورودی‌های ماشین بردار پشتیبان نیز با الگوریتم بهینه‌سازی کوسه سفید<sup>۶</sup> [۱۷]، بهینه‌سازی می‌شود. در اینجا یک نسخه باینری از الگوریتم کوسه سفید برای انتخاب ویژگی‌های مهم نمونه‌ها ایجاد می‌شود. داده‌های بکار رفته برای تشخیص سرطان سینه یا پستان، در بیشتر موارد اندک و نامتعادل می‌باشند. برای ایجاد تعادل بین تعداد نمونه‌های خوش خیم و بدخیم در روش پیشنهادی از روش نمونه برداری بیش از حد اقلیت مصنوعی<sup>۷</sup> [۱۸]، استفاده می‌شود. مزیت این روش در آن است که می‌تواند نمونه‌های مصنوعی را بر اساس نمونه‌های واقعی ایجاد کند و تعداد نمونه‌ها در یک مجموعه داده را افزایش دهد. بکارگیری روش SMOTE باعث افزایش تعداد نمونه‌های آموزشی و افزایش دقت مدل پیشنهادی در تشخیص سرطان پستان می‌شود. هدف اصلی این مقاله ارائه یک رویکرد جدید و با خطای کمینه برای تشخیص افراد بدخیم و خوش خیم بر اساس رویکردهای بهبود یافته یادگیری ماشین و روش‌های هوش گروهی است. یک هدف دیگر مقاله تلفیق روش‌های مختلف هوش گروهی برای افزایش دقت مدل‌های یادگیری ماشین در تشخیص سرطان سینه است. هدف دیگر این مقاله تشخیص زود هنگام بیماری سرطان پستان در بیماران و نجات جان افراد است. سهم نویسندگان در این مقاله برای تشخیص سرطان سینه یا پستان به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

- ارائه یک نسخه باینری از الگوریتم کوسه سفید برای انتخاب ویژگی در تشخیص سرطان سینه
- بهینه‌سازی پارامترهای ماشین بردار پشتیبان با الگوریتم شاهین
- استفاده از نسخه بهبود یافته ماشین بردار پشتیبان برای تحلیل اطلاعات و پرونده بیماران برای تشخیص الگوهای پنهان سرطان سینه
- متعادل‌سازی مجموعه داده با روش SMOTE
- بهبود عملکرد ماشین بردار پشتیبان در تشخیص سرطان پستان با تلفیق روش‌های هوش گروهی کوسه و شاهین

<sup>1</sup> Meta-heuristic algorithms

<sup>2</sup>Genetic algorithm

<sup>3</sup> Particle swarm optimization (PSO) algorithm

<sup>4</sup> Firefly algorithm

<sup>5</sup> Harris Hawks Optimization (HHO)

<sup>6</sup> White Shark Optimizer (WSO)

<sup>7</sup> SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique)

این مقاله در چند بخش سازماندهی شده است. در بخش دوم موضوعات مرتبط با سرطان سینه و کارهای مرتبط در این زمینه مرور می‌شود و در بخش سوم روش پیشنهادی برای تشخیص سرطان سینه با ترکیب ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم شاهین هریس و الگوریتم بهینه‌سازی کوسه و همچنین متعادل‌سازی مجموعه داده با روش SMOTE معرفی می‌شود. در بخش چهارم روش پیشنهادی در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی شده و آزمایشات انجام شده با روشهای مشابه مقایسه می‌شود. در بخش پنجم نتیجه‌گیری تحقیق و پیشنهادات آتی ارائه می‌گردد.

## ۱-۱. مطالعات مرتبط

در پژوهش [۱۹]، یک روش ناحیه‌بندی کاملاً خودکار مبتنی بر آستانه بهبود یافته و قابل آموزش برای تشخیص نواحی سرطان سینه در تصاویر ماموگرافی ارائه دادند. هدف این مطالعه پیشنهاد یک مدل تقسیم‌بندی مبتنی بر آستانه و قابل آموزش برای استخراج ROI است. یک رویکرد ناحیه‌بندی ترکیبی برای مرز ناحیه سینه و عضله سینه در تصاویر ماموگرافی بر اساس تکنیک‌های آستانه‌گذاری و یادگیری ماشین ارائه شده است.

در پژوهش [۲۰]، یک روش ناحیه‌بندی سرطان پستان با استفاده از تصاویر حرارتی و مبتنی بر الگوریتم گروهی سالپ<sup>۱</sup> ارائه دادند. مطالعات آنها نشان می‌دهد الگوریتم سالپ برای حل مسائل بهینه‌سازی تک هدفه دارای دقت بالایی است، اما از نرخ همگرایی پایین و رکود بهینه محلی در مسائل پیچیده از چالش‌های این الگوریتم است. در روش پیشنهادی، یک الگوریتم ناحیه‌بندی با استفاده از روش جابجایی سریع برای استخراج پیکسل‌هایی که پارامترهای آن توسط الگوریتم سالپ بهینه‌سازی شده‌اند، فرمول‌بندی می‌شود.

در پژوهش [۲۱]، مروری بر پیشرفت‌های اخیر در روش‌های تصویربرداری حرارتی و یادگیری عمیق برای تشخیص سرطان سینه شده است. با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان گفت، توزیع حرارتی نامتقارن در ترموگرام پستان را می‌توان با استفاده از فناوری به کمک رایانه ارزیابی کرد. استفاده از این فناوری می‌تواند خطاها را به حداقل برساند.

در پژوهش [۲۲]، یک مدل جدید یادگیری ماشین ترکیبی K-Means و مدل گوسین ترکیبی<sup>۲</sup> برای تشخیص سرطان سینه ارائه دادند. در رویکرد ترکیبی پیشنهادی، ویژگی‌های برچسب‌گذاری شده هر دو GMM و k-means به طور موثر برای تقسیم ناحیه یا نقاط دانه به موارد فرعی مختلف استفاده می‌شوند. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که رویکرد ترکیبی دارای دقت ۹۵.۵٪، نرخ خطا ۱۸.۶۴٪ و نرخ سیگنال به نویز ۱۳.۰۵ است و در مقایسه با سایر تکنیک‌های موجود دقت بیشتری دارد. روش پیشنهادی آنها نرخ پیش‌بینی بالایی را برای تکنیک تقسیم‌بندی ترکیبی مورد استفاده در تشخیص سرطان سینه نشان می‌دهد.

در پژوهش [۲۳]، مقایسه شبکه‌های عصبی کانولوشن عمیق برای ناحیه‌بندی توده‌های پستان در ماموگرافی را بررسی نمودند. در این مطالعه معماریهای یادگیری عمیق نظیر UNet، Visual Geometry Group 19 (VGG19)، EfficientNet، InceptionResNetV2، SeResNeXt و SEResNet، DenseNet، linkNet-VGG19، MultiResUNet، ResNeXt، ResNet، MobileNetv2 برای تشخیص سرطان سینه با هم مقایسه شده است. ارزیابی‌ها نشان داد مدل‌های پیشنهادی به مقادیر Dice بالای ۹۰٪ دست یافت و بهترین معماری برای تشخیص سرطان سینه، معماری EfficientNet که دقت ۹۴.۷۵٪ و ۹۹٪ را در دو مجموعه داده مختلف به دست آورد.

در پژوهش [۲۴]، روشهای بهینه تشخیص زودرس سرطان پستان با ناحیه‌بندی محاسباتی را مرور نمودند. مطالعات آنها نشان می‌دهد سرطان سینه شایع‌ترین سرطان در زنان ۵۹ تا ۶۹ ساله است. مطالعات نشان داده‌اند که تشخیص زودهنگام و درمان سرطان سینه شانس بقا را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. آنها همچنین نشان دادند که تشخیص زودهنگام ضایعات کوچک، پیش‌بینی را بهبود می‌بخشد و منجر به کاهش قابل توجهی در موارد مرگ می‌شود. این مطالعه بر روی تشخیص سرطان سینه و همچنین شناسایی عوامل خطر و ارزیابی

<sup>1</sup> Salp Swarm Algorithm

<sup>2</sup> Gaussian mixture model (GMM)

آنها از سرطان پستان و همچنین تشخیص زودهنگام سرطان پستان با تجزیه و تحلیل روش‌های ماموگرافی MRI سه بعدی و تقسیم‌بندی تصاویر ماموگرافی با استفاده از یادگیری ماشین تمرکز دارد.

در پژوهش [۲۵]، تشخیص سرطان پستان با الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین در مجموعه داده ویسکانسین مورد بررسی قرار گرفته شده است. هدف این مقاله مقایسه هشت الگوریتم یادگیری ماشین برای تشخیص سرطان سینه است. مجموعه داده سرطان سینه ویسکانسین برای تأیید یافته‌های این مطالعه استفاده می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد روش رگرسیون خطی حداکثر دقت ۹۹.۱۲٪ را در بین هر هشت الگوریتم به دست آورد.

در پژوهش [۲۶]، یک مدل طبقه‌بندی ترکیبی برای پیش‌بینی بقای سرطان پستان ارائه دادند. در این مطالعه، یک مدل طبقه‌بندی ترکیبی برای پیش‌بینی بقای سرطان پستان ایجاد شده است. مدل طبقه‌بندی ترکیبی از سه مدل طبقه‌بندی منفرد به نام‌های شبکه بیزین، درخت تصمیم‌گیری و شبکه عصبی بازگشتی است و برای ترکیب این مدل‌ها از روش انباشتگی استفاده شده است. این مدل ترکیبی با استفاده از مجموعه داده سرطان پستان ویسکانسین آزمایش شده است که به دقت ۹۶.۱۴ درصد دست یافته است.

در پژوهش [۲۷]، یک سیستم کمک پزشکی بر اساس یک مدل مجموعه ای انباشته و تکنیک‌های یادگیری ماشین برای پیش‌آگهی سرطان پستان ارائه دادند. در این مقاله، یک مدل مجموعه پیشنهادی بر اساس تکنیک انباشتگی از رگرسیون لجستیک LR به عنوان یک مدل متا و چهار الگوریتم یادگیری ماشین درخت تصمیم‌گیری، جنگل تصادفی، تقویت گرادیان شدید XGboost و تقویت تطبیقی Adaboost به عنوان مدل‌های پایه استفاده می‌کند. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه مجموعه داده سرطان پستان ویسکانسین است. پس از پیش پردازش و انتخاب ویژگی‌ها، مدل‌ها آموزش داده شدند و سپس مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که تکنیک‌های انباشتگی می‌توانند عملکرد سیستم را افزایش دهند. مدل گروهی با دقت بیش از ۹۸٪ از مدل‌های پایه بهتر عمل کرد.

در پژوهش [۲۸]، اثربخشی به کارگیری تکنیک‌های آنتولوژی و یادگیری ماشین در تشخیص سرطان پستان را ارزیابی دادند. در کار ارائه شده، یک مدل هستی‌شناختی مبتنی بر الگوریتم درخت تصمیم‌گیری که قادر به پیش‌بینی قابل اعتماد سرطان پستان است، نشان داده شده است. این روش شامل استخراج قوانین از الگوریتم درخت تصمیم‌گیری است که بین بیماران بدخیم و خوش‌خیم سرطان پستان تمایز می‌دهد و سپس این قوانین را در استدلال هستی‌شناختی از طریق زبان قوانین وب معنایی پیاده‌سازی می‌کند. نتایج نشان داد که مدل هستی‌شناختی بالاترین دقت پیش‌بینی ۹۷.۱۰ درصد را به دست آورد.

در پژوهش [۲۹]، یک الگوریتم جدید الهام گرفته شده از طبیعت برای طبقه‌بندی داده‌های سرطان سینه ارائه دادند. روش آنها نسبت به الگوریتم‌های طبقه‌بندی کلاسیک یا الهام‌گرفته از زیستی عملکرد قابل توجهی بهتری را نشان داد. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که الگوریتم‌های پیشنهادی آنها در انجام طبقه‌بندی سرطان پستان به طور قابل توجهی از الگوریتم‌های نزدیکترین همسایه و درخت تصمیم‌گیری بهتر عمل کرد.

در پژوهش [۳۰]، یک روش ارزیابی الگوریتم‌های یادگیری ماشین مورد استفاده برای پیش‌بینی سرطان پستان را ارائه دادند. این مطالعه از مجموعه داده‌های به‌دست‌آمده از موسسه ملی سرطان، ایالات متحده آمریکا استفاده کرد که حاوی ۱.۷ میلیون رکورد داده است. روش‌های یادگیری عمیق و کلاسیک در ارزیابی دقت گنجانده شد. الگوریتم‌های درخت تصمیم کلاسیک، تشخیص خطی، رگرسیون لجستیک، ماشین بردار پشتیبان، و تکنیک‌های گروهی مورد استفاده قرار گرفتند. برای مقایسه از روش‌های شبکه عصبی احتمالی، شبکه عصبی عمیق و شبکه عصبی بازگشتی استفاده شد. انتخاب ویژگی و تأثیر آن بر دقت نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که درخت‌های تصمیم‌گیری و تکنیک‌های مجموعه بهتر از تکنیک‌های دیگر عمل می‌کنند، زیرا هر دو به دقت ۹۸.۷ درصد دست یافتند.

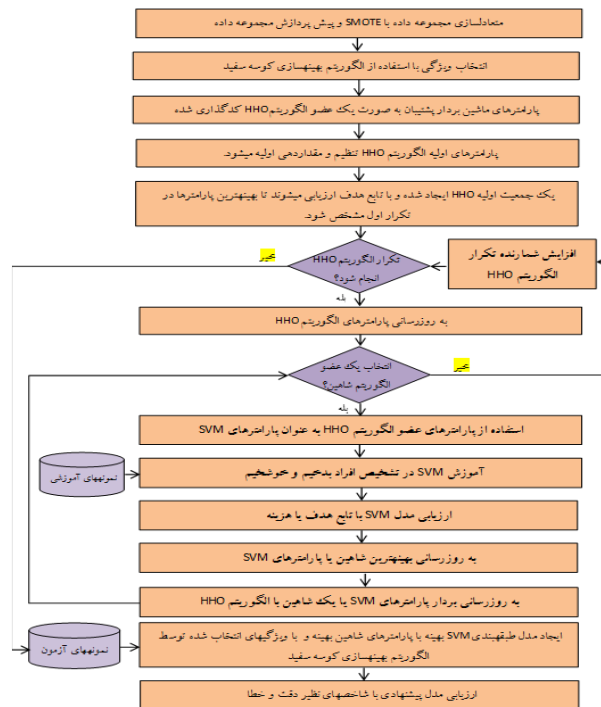
## ۲. شرح کار و نتایج

تشخیص بیماران بدخیم و خوش‌خیم در بیماری سرطان سینه یک مسئله از نوع طبقه‌بندی است لذا برای حل آن می‌توان از روش‌های یادگیری ماشین استفاده نمود. یکی از روش‌های کاربردی برای حل این مسئله بکارگیری روش ماشین بردار پشتیبان است. روش ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی دقیق نمونه‌های بدخیم و خوش‌خیم نیاز به بهینه‌سازی پارامترهای مانند ضریب جریمه و خطا دارد. برای بهبود عملکرد ماشین بردار پشتیبان دو استراتژی بهینه‌سازی بر اساس الگوریتم شاهین و الگوریتم کوسه سفید در نظر گرفته شده است. هدف از بکارگیری دو الگوریتم متفاوت الگوریتم شاهین و الگوریتم کوسه سفید، تلفیق توانایی آنها برای بهبود ورودی و پارامترهای ماشین بردار پشتیبان است. الگوریتم شاهین و الگوریتم کوسه سفید دارای مزایای ذیل در بهبود عملکرد ماشین بردار پشتیبان است:

- الگوریتم شاهین و الگوریتم کوسه سفید هر دو دارای توانایی جستجوی بهره‌بردار و اکتشافی است.
  - الگوریتم شاهین و الگوریتم کوسه سفید دارای معادلات پیچیده است که انواع مختلف استراتژی جستجو را در خود نهفته دارند.
  - الگوریتم شاهین و الگوریتم کوسه سفید نسبت به روش‌های فراابتکاری مانند ذرات و ژنتیک دقت بیشتری دارند.
- در این بخش روش پیشنهادی برای تشخیص افراد بدخیم و خوش‌خیم فرموله و ارائه می‌شود.

### ۲-۱. چارچوب پیشنهادی

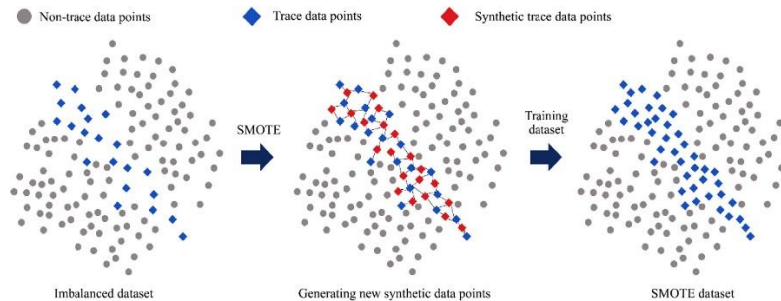
چارچوب پیشنهادی برای بهبود ماشین بردار پشتیبان با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی شاهین و الگوریتم بهینه‌سازی کوسه سفید برای تشخیص سرطان سینه در شکل (۴)، نمایش داده شده است که دارای مراحل ذیل است:



شکل ۴. چارچوب روش پیشنهادی برای تشخیص سرطان سینه.

## ۲-۲. متعادل‌سازی مجموعه داده

یک مشکل اصلی روش‌های طبقه‌بندی کننده این است که نمونه‌های بسیار کمی از طبقه اقلیت وجود دارد که یک مدل بتواند مرز تصمیم را به طور موثر یاد بگیرد. یکی از راه‌های حل این مشکل، نمونه برداری بیش از حد از نمونه‌های کلاس اقلیت<sup>۱</sup> است. در این روش مطابق شکل (۵)، می‌توان بر اساس اطلاعات همسایگی، تعدادی نمونه جدید را ایجاد نمود. به عبارت بهتر روش SMOTE تلاش دارد تا با عملیات درون‌یابی، نمونه‌های مصنوعی را از نمونه‌های عادی ایجاد نماید [۳۱].



شکل ۵. ایجاد نمونه‌های مصنوعی توسط روش SMOTE

الگوریتم SMOTE دارای چند مرحله است که به شرح ذیل است:

مرحله ۱: برای هر  $X_i$  نمونه در رده اقلیت، فاصله اقلیدسی به عنوان یک شاخص برای محاسبه از  $X_i$  به همه نمونه‌ها در مجموعه نمونه کلاس مشابه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین،  $k$ -نزدیک‌ترین همسایه مربوطه به دست می‌آید.

مرحله ۲: مطابق با نسبت عدم تعادل مجموعه داده اعمال شده، نسبت نمونه‌گیری  $M$  برای تعیین نسبت جدید نمونه‌های مختلف تنظیم می‌شود. برای  $X_i$ ، چند نمونه به‌طور تصادفی از  $k$  نزدیک‌ترین همسایه‌های آن انتخاب می‌شوند، با این فرض که نزدیک‌ترین همسایه انتخاب شده  $X_m$  است. برای هر همسایه  $X_m$  که به‌طور تصادفی انتخاب شده است، یک نمونه جدید از نمونه اصلی بر اساس معادله تولید می‌شود. در این روش برای تولید نمونه‌های جدید می‌توان از معادله (۱)، استفاده نمود:

$$x_{new} = x + rand(0,1) \cdot |x_i - x|, new \in 1, 2, \dots, M \quad (1)$$

که در آن  $rand(0,1)$  یک رقم تصادفی در محدوده ۰ تا ۱ را نشان می‌دهد.

مرحله ۳: مراحل بالا را برای  $M$  بار تکرار کنید تا  $M$  نمونه جدید تولید کنید. یعنی اگر دسته اقلیت دارای تعداد کل  $T$  باشد، نمونه‌های جدید  $M_T$  تولید می‌شوند. پس از ادغام نمونه‌های جدید با چند نمونه اصلی، یک مجموعه داده متعادل جدید تولید می‌شود.

## ۲-۳. پیش پردازش مجموعه داده

در بیشتر موارد مجموعه داده‌ها دارای ویژگی‌های متنوعی می‌باشند و در ویژگی دارای محدوده پایین و بالای خاص خود است. اگر محدود پایین و بالای ویژگی‌های یک مجموعه داده دارای اختلاف زیادی باشد این موضوع می‌تواند در یادگیری ماشین اختلال ایجاد نماید. برای رفع این مشکل و قرار داده محدوده همه ویژگی‌ها در بازه  $[a,b]$  از نرمال‌سازی استفاده می‌شود. فرض کنید مجموعه داده

<sup>1</sup> Synthetic Minority Over-sampling Technique



سرطان سینه در بازه  $[a, b]$  مورد نرمالسازی قرار گرفته شود. برای نرمالیزه نمودن یک ویژگی مجموعه داده سرطان سینه با مقدار  $f$  از رابطه (۲)، استفاده می‌شود و  $f'$  مقدار نرمال شده ویژگی  $f$  است.

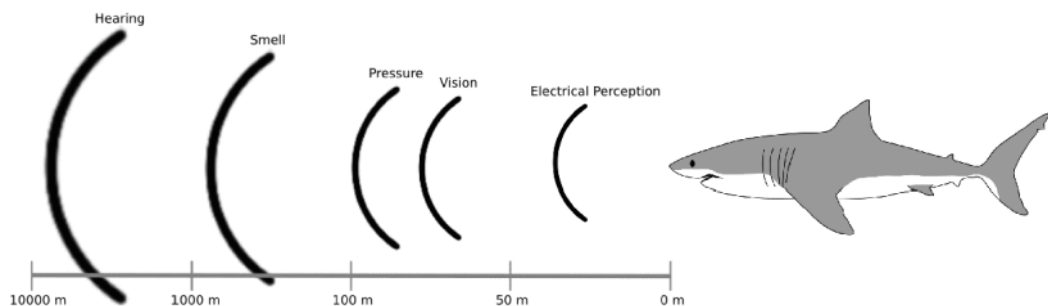
$$f' = \frac{f - \min}{\max - \min} (b - a) + a \quad (2)$$

در این معادله،  $\max, \min$ ، به ترتیب کمینه و بیشینه یک ویژگی نظیر  $f$  در ارتباط با سرطان سینه است. می‌توان بازه نرمالسازی برای سرطان سینه را بین صفر و یک در نظر گرفت و نرمالسازی مطابق رابطه (۳)، ساده‌تر می‌شود:

$$f' = \frac{f - \min}{\max - \min} \quad (3)$$

#### ۲-۴. بهینه‌سازی ورودی ماشین بردار پشتیبان

الگوریتم بهینه‌ساز کوسه سفید یک روش فراابتکاری برای حل مسائل بهینه‌سازی است که از رفتار شکار کوسه‌ها الگوبرداری شده است. در شکل (۶)، روشهای اکتشافی یک کوسه سفید برای شکار کردن طعمه بر اساس فواصل مختلف نمایش داده شده است.



شکل ۶. انواع روشهای اکتشافی کوسه سفید برای شکار طعمه [۳۲]

بر اساس فاصله، یک کوسه می‌تواند انواع مختلفی از روشهای اکتشافی را برای شکار بکار ببرد. در فاصله‌های کمتر از ۵۰ متر، بر اساس سیگنالهای الکتریکی موقعیت طعمه مشخص می‌شود. در فاصله بین ۵۰ تا ۱۰۰ متر، بر اساس فشار و در فاصله بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر بر اساس بویایی کوسه‌ها موقعیت طعمه را تخمین می‌زنند. در فاصله بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ نیز بر اساس صدای طعمه، کوسه‌ها مکان طعمه را تشخیص می‌دهند. الگوریتم بهینه‌ساز کوسه سفید WSO به گونه‌ای طراحی شده است تا تعادل مناسبی رفتار جستجوی اکتشافی و بهره‌وری ایجاد نماید. الگوریتم کوسه سفید دارای چند مرحله است که در ادامه توضیح و فرموله‌بندی می‌شوند. در روش پیشنهادی برای انتخاب ویژگی، یک بردار ویژگی از URL های صفحات وب به عنوان یک عضو الگوریتم بهینه‌ساز کوسه سفید کد گذاری می‌شود. هر بردار ویژگی یک آرایه صفر و یک است که به ترتیب عدم انتخاب ویژگی و انتخاب ویژگی را در تشخیص حملات نشان می‌دهد. یکی از رفتارهای الگوریتم WSO برای به روزرسانی بردارهای ویژگی حرکت با بردار سرعت به سمت یک طعمه مانند معادله (۴)، است.

$$v_i^{t+1} = \mu [v_i^t + p_1 (X_{gbest} - x_i^t) \times c_1 + p_2 (X_{pbest}^i - x_i^t) \times c_2] \quad (4)$$

در این معادله،  $v_i^t$  سرعت کوسه  $i$ -ام در تکرار  $t$  است و  $v_i^{t+1}$  سرعت جدید کوسه یا بردار ویژگی  $i$ -ام است.  $X_{gbest}$  بهترین بردار ویژگی یا موقعیت طعمه است و  $X_{pbest}^i$  بهترین موقعیتی است که کوسه  $i$ -ام تاکنون بدست آورده است. پارامترهای  $c_1$  و  $c_2$  دو عدد

تصادفی یکنواخت بین ۰ و ۱ می‌باشند. در این معادله،  $p_1$  و  $p_2$  دو ضریب برای حرکت به سمت طعمه می‌باشند و مطابق معادله (۵) و (۶) محاسبه می‌شوند:

$$p_1 = p_{max} + (p_{max} - p_{min}) \times e^{-(4t/Maxt)^2} \quad (۵)$$

$$p_2 = p_{min} + (p_{max} - p_{min}) \times e^{-(4t/Maxt)^2} \quad (۶)$$

مقادیر  $p_{min}$  و  $p_{max}$  به ترتیب ۰.۵ و ۱.۵ تنظیم می‌شوند.  $\mu$  ضریب انقباض برای ارزیابی رفتار همگرایی کوسه‌ها است و مطابق معادله (۷)، محاسبه می‌شود:

$$\mu = \frac{2}{|2 - \tau - \sqrt{\tau^2 - \tau}|} \quad (۷)$$

در این معادله،  $\tau$  مخفف ضریب شتاب حرکت کوسه به سمت غذا است و برابر با ۴.۱۲۵ است. در مرحله بعدی کوسه با سرعت محاسبه شده از موقعیت فعلی به سمت طعمه حرکت می‌کند و مطابق معادله (۸)، جایجا می‌شود:

$$x_i^{t+1} = \begin{cases} x_i^t \cdot -\oplus x_0 + u \cdot a + lb & rand < m_v \\ x_i^t + \frac{v_i^t}{f} & rand \geq m_v \end{cases} \quad (۸)$$

$a$  و  $b$  را به عنوان بردارهای دوتایی یک بعدی تعریف می‌شوند. در این مسئله، مرزهای بالایی و پایینی فضای جستجو به ترتیب با  $u$  و  $l$  نشان داده می‌شوند،  $x_0$  یک بردار منطقی است که در معادله (۱۱)، تعریف شده است و بر اساس معادله (۹) و (۱۰) محاسبه می‌گردد.

$$a = \text{sgn}(x_i^t - u) > 0 \quad (۹)$$

$$b = \text{sgn}(x_i^t - l) > 0 \quad (۱۰)$$

$$x_0 = \oplus(a, b) \quad (۱۱)$$

$f$  نشان‌دهنده بسامد حرکت موج‌دار کوسه است و مطابق معادله (۱۲)، فرموله می‌شود:

$$f = f_{min} + \frac{f_{max} - f_{min}}{f_{max} + f_{min}} \quad (۱۲)$$

$mv$  نماد نیروی حرکتی است که با تعداد دورهایی که کوسه سفید به طعمه می‌رسد مانند معادله (۱۳)، زیاد می‌شود:

$$m_v = \frac{1}{a_0 + e^{(\frac{Maxt}{2} - t)/a_1}} \quad (۱۳)$$

در این معادله،  $a_0$  و  $a_1$  ثابت‌های هستند که برای کنترل جستجوی اکتشافی و بهره برداری استفاده می‌شوند. کوسه‌ها می‌توانند به سمت موقعیتی در نزدیکی طعمه حرکت کنند و به عبارت ساده‌تر به سمت بهینه‌ترین کوسه جمعیت حرکت کنند. برای این منظور از معادله (۱۴)، استفاده می‌شود.

$$x_i'^{t+1} = x_{gbest} + r_1 \times \vec{D} \times \text{sgn}(r_2 - 0.5) \quad r_3 < S_s \quad (۱۴)$$

اعداد،  $r_1$ ،  $r_2$  و  $r_3$  اعداد تصادفی بین صفر تا یک هستند.  $\vec{D}$  فاصله بین طعمه و کوسه است که در معادله (۱۵)، فرموله شده است.  $x_i'^{t+1}$  موقعیت جدید یک کوسه در راستای جواب بهینه است.  $S_s$  ضریب پیشنهادی برای بیان قدرت حواس بینایی و بویایی کوسه‌ها پس از تعقیب کوسه‌های دیگر نزدیک به بهترین طعمه است و در معادله (۱۶)، فرموله شده است.

$$\vec{D} = |rand \times (x_{gbest} - x_i^t)| \quad (15)$$

$$S_s = |1 - e^{(-a_2 \times t / Maxt)}| \quad (16)$$

برای انجام جستجوی گله‌ای<sup>۱</sup> کوسه‌های سفید از معادله (۱۷)، استفاده می‌شود.

$$x_i^{t+1} = \frac{x_i^{t+1} + x_i^t}{2 \times rand} \quad (17)$$

با اجرای الگوریتم WSO، بردارهای ویژگی در هر تکرار به روزرسانی می‌شوند. برای باینری نمودن بردارهای ویژگی از توابع تبدیل یا نگاشت S و V استفاده می‌شود که ضابطه آنها در معادله (۱۸) و (۱۹) فرموله شده است.

$$T(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (18)$$

$$T(x) = \left| \frac{2}{\pi} \arctan \left( \frac{\pi}{2} x \right) \right| \quad (19)$$

با استفاده از توابع S و V بردارهای ویژگی مجدد بین صفر و یک نرمالیزه می‌شوند. اگر مطابق معادله (۲۰)، مقدار یک ویژگی بیشتر یا مساوی ۰.۵ باشد، ویژگی انتخاب می‌شود و در غیر اینصورت ویژگی انتخاب نمی‌شود.

$$x_i^t = \begin{cases} 1 & T(x_i^t) \geq 0.5 \\ 0 & T(x_i^t) < 0.5 \end{cases} \quad (20)$$

برای ارزیابی هر بردار ویژگی یک از شبکه عصبی MLP استفاده می‌شود. هر بردار ویژگی که خطای کمتری در خروجی MLP ارائه دهد و تعداد ویژگی کمتری ارائه دهد، بهینه‌تر است. در معادله (۲۱)، تابع هدف انتخاب ویژگی برای ارزیابی بردارهای ویژگی نمایش داده شده است.

$$Cost(x_i^t) = \alpha \cdot E + \beta \frac{\|x_i^t\|}{d} \quad (21)$$

$\|x_i^t\|$  تعداد ویژگی انتخاب شده در بردار ویژگی  $x_i^t$  است.  $d$  ابعاد بردار ویژگی است.  $E$  خطای تشخیص حملات فیشینگ توسط بردار ویژگی  $x_i^t$  است. هر بردار ویژگی که مقدار تابع هدف را کمینه‌تر نماید دارای شایستگی بیشتری در الگوریتم WSO است.

<sup>1</sup> Fish School Behavior



- 1: Setting parameters
- 2: Determine the WSO population size ( $n$ ) and maximum number of iterations ( $K$ )
- 3: Generate the initial solutions (Feature vectors) set of WSO
- 4: Calculate the initial objective function of Equation (22)
- 5: while ( $k < K$ ) do
- 6:     Update the WSO parameters
- 7:     for  $i = 1$  to  $n$  do
- 8:         Calculate the velocity using Equation (5).
- 9:     end for
- 10:    for  $i = 1$  to  $n$  do
- 11:       if  $\text{rand} < mv$
- 12:          Update the white shark's location using Equation (9) first line
- 13:       else
- 14:          Update the white shark's location using Equation (9) second line
- 15:       end if
- 16:     end for
- 17:    for  $i = 1$  to  $n$  do
- 18:       if  $\text{rand} \leq Ss$
- 19:          Calculate the distance between the white shark the prey using Equation (14)
- 20:          Update the white shark location using Equation (15) first line
- 21:       else
- 22:          Update the white shark location using Equation (15) second line
- 23:       end if
- 24:     end for
- 25:     Evaluate and update  $x_{g\text{best}}$
- 26:      $k = k + 1$
- 27: end while
- 28: Display the optimal Feature vectors for SVM



شکل ۷. شبه کد انتخاب ویژگی با الگوریتم کوسه سفید

## ۵-۲. بهینه سازی پارامترهای ماشین بردار پشتیبان

فرض کنید تعدادی از بردارهای ویژگی یا الگوهای آموزشی به صورت  $\{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N\}$  وجود دارد که هر کدام یک بردار ویژگی  $d$  بعدی بوده و دارای برچسب  $y_i$  است و  $y_i \in \{-1, +1\}$ . هدف حل یک مسئله دسته بندی دو کلاسه به صورت بهینه است. رویکرد ماشین بردار پشتیبان بدین صورت است که در مرحله آموزش، سعی دارد مرز تصمیم گیری را به گونه ای انتخاب نماید که حداقل فاصله آن با هر یک از دسته های مورد نظر را بیشینه نماید. این نوع انتخاب باعث می شود که تصمیم گیری در عمل، شرایط نویزی را به خوبی تحمل نموده و همچنین پاسخ دهی مناسبی داشته باشد. این نحوه انتخاب مرز بر اساس نقاطی به نام بردارهای پشتیبان انجام می شود. مبنای کاری ماشین بردار پشتیبان دست بندی نمونه ها است، به گونه ای که یک صفحه فرعی را به منظور جداسازی نمونه های متفاوت از یکدیگر در نظر می گیرد که حداکثر فاصله را از دسته داشته باشد. در واقع، ماشین بردار پشتیبان با در نظر گرفتن نمونه هایی که در حاشیه دسته ها قرار دارند، به ایجاد بردارهای پشتیبان برای تمام دسته ها پرداخته و به بقیه نمونه ها توجه ای ندارد. فرض کنید که یک مجموعه داده در یک فضای  $X$  وجود دارد که  $x \in X$  و یک نقطه از آن در نظر گرفته می شود به نحوی که با تغییراتی در فضای  $Z \in Z$  انتقال یابد. یک نقطه از  $x \in X$  با نگاشتی قابل تبدیل به فضای  $Z \in Z$  است که این نگاشت را با  $\phi(\cdot)$  نشان می دهند و به صورت  $\phi: X \rightarrow Z$  در نظر گرفته می شود. به عبارت دیگر یک  $Z$  ای وجود دارد که برابر  $\phi(x)$  است پس به جای اینکه در فضای  $X$  ماشین بردار پشتیبان فرموله بندی انجام شود در فضای  $Z$  ماشین بردار پشتیبان فرموله بندی می شود. در ماشین بردار پشتیبان، فکیک کننده به صورت رابطه (۲۲)، فرموله می شود:

$$w^T x + b = 0 \Rightarrow w^T z + b = 0 \Rightarrow w^T \phi(x) + b = 0 \quad (22)$$

در این رابطه،  $W$  شیب خط تفکیک کننده و  $b$  عرض از مبدا خط تفکیک کننده است و مقدار  $w$  و  $b$  به صورت رابطه (۲۳) و (۲۴) تعیین می شود:

$$w = \sum \alpha_i y_i x_i \quad (23)$$

$$b = \frac{1}{|S|} \sum_i \left( y_i - \sum_j \alpha_j y_j k(x_j, x) \right) \quad (24)$$

در این روابط،  $k$  می تواند یک تابع کرنل باشد که حالت طبقه بندی خطی را به غیر خطی تبدیل می کند. تابع هدف نهایی برای ماشین بردار پشتیبان را می توان مانند رابطه (۲۵)، فرموله نمود.

$$Max = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j k(x_i, x_j) \quad (25)$$

در این تابع هدف که از نوع بیشینه یابی است شرط مسئله در رابطه (۲۶)، ذکر شده است و نوع کرنل هم در رابطه (۲۷)، فرموله شده است.

$$Max = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i, 0 \leq \alpha_i \leq C \quad (26)$$

$$K(x, y) = \exp\left(-\frac{\|x-y\|^2}{\sigma^2}\right) \quad (27)$$

عملکرد ماشین بردار پشتیبان تا حد زیادی به دو پارامتر  $C$  و  $\sigma$  بستگی دارد و اگر این دو پارامتر بهینه انتخاب شوند آنگاه خطای SVM کاهش خواهد یافت. در روش پیشنهادی می‌توان هر عضو الگوریتم شاهین نظیر عضو  $i$  ام را به صورت رابطه (۲۸)، فرموله نمود:

$$X_i = \langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle \quad (28)$$

هدف آن است که یک  $X_i$  به گونه‌ای انتخاب شود که متوسط خطای طبقه‌بندی مانند رابطه (۲۹)، را کمینه نماید.

$$Error(X_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (o_i^{real} - o_i^{est})^2}{n} \quad (29)$$

در اینجا  $o_i^{real}$  شماره کلاس واقعی از نظر بدخیم یا خوش خیم برای نمونه  $i$  و  $o_i^{est}$  مقدار پیش بینی آن نمونه است. پارامتر  $n$  تعداد نمونه‌ها برای ارزیابی است و  $Error(X_i)$  خطای طبقه‌بندی نمونه‌های خوش خیم و بدخیم است. یک تابع هدف دیگر می‌تواند از نوع دقت طبقه‌بندی باشد که بر خلاف خطا، بیشینه آن مد نظر است.

## ۶-۲. بهینه سازی پارامترهای ماشین بردار پشتیبان

در الگوریتم‌های بهینه‌سازی شاهین، هر شاهین یا پارامترهای SVM، می‌تواند با توجه به مرکز تجمع سایر شاهین‌ها تصمیم‌گیری نماید و نقطه ثقل آنها را تعیین نماید. با تکرار متوالی الگوریتم بهینه‌سازی شاهین موقعیت شاهین‌ها و وش یا جواب بهینه فعلی مرتباً به روز شده و در نهایت و در تکرار آخر موقعیت طعمه به عنوان جواب بهینه استخراج می‌شود. در اینجا مجموعه‌ای از رفتار وجود دارد که شاهین‌ها یا راه‌حلهای مسئله انجام می‌دهند تا بتواند فضای مسئله را مورد جستجو قرار دهند و این رفتار در واقع جستجو پیرامون نقطه ثقل راه‌حلهای مسئله بهینه و سایر فضاهای تصادفی است. الگوریتم بهینه‌سازی شاهین دارای رفتار پیچیده و دارای مدلسازی دقیق است به گونه‌ای که در این الگوریتم تعداد زیادی رابطه وجود دارد و فضای مسئله به کمک روابط و معادله‌های مختلف مورد جستجو قرار گرفته می‌شود و از این جهت می‌توان انتظار داشت که الگوریتم مورد نظر همزمان دارای جستجوی اکتشافی (سراسری) و بهره‌ورسازی (محلی) است. در روش پیشنهادی هر بردار  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  نظیر  $i$  در تکرار  $t$  با  $X_i(t)$  نمایش داده می‌شود. در روش پیشنهادی تعداد بردار  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  یا جمعیت الگوریتم شاهین که  $N$  نمایش داده می‌شود در هر مرحله وجود دارد. هر بردار پارامترهای SVM یا  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  که متوسط خطای تشخیص افراد بدخیم و خوش خیم سرطان سین را کمینه‌تر نماید به عنوان بردار بهینه  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  در SVM در نظر گرفته می‌شود. بهینه‌ترین پارامترهای SVM با  $X_{rabbit}(t)$  نمایش داده می‌شود. برای به روزرسانی بردارهای  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  در بیشتر موارد نیاز است متوسط مقدار بردارهای  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  نیز محاسبه شود که از رابطه (۳۰)، استفاده می‌شود:

$$X_M(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i(t) \quad (30)$$

در این معادله،  $(t)$  نقطه ثقل جمعیت شاهین‌ها یا بردارهای پارامتریک SVM است و  $N$  تعداد بردارهای پارامتریک  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  است. برای به روزرسانی بردارهای پارامتریک  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  با استفاده از رفتار تصادفی می‌توان از رابطه (۳۱)، در الگوریتم بهینه‌سازی شاهین استفاده نمود:

$$X(t+1) = \begin{cases} X_{rand}(t) - r_1 |X_{rand}(t) - 2r_2 \cdot X(t)| & rand \geq 0.5 \\ (X_{rabbit}(t) - X_M(t)) - r_3(LB + r_4(UB - LB)) & rand < 0.5 \end{cases} \quad (31)$$

در این معادله،  $X(t)$  موقعیت فعلی یک شاهین یا یک بردار پارامتریک  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  در تکرار فعلی یا  $t$ ،  $X(t+1)$  موقعیت یک شاهین یا بردار پارامتریک  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  در تکرار جدید،  $X_{rabbit}(t)$  موقعیت بهینه‌ترین بردار پارامتریک ماشین بردار پشتیبان است.

$X_{rand}(t)$  یک موقعیت تصادفی از بردارهای پارامتریک SVM در فضای مسئله،  $X_M(t)$  نقطه ثقل جمعیت شاهین‌ها،  $r_1, r_2, r_3$  و  $r_4$  اعدادی تصادفی در بازه صفر و یک،  $LB$  و  $UB$  به ترتیب محدوده پایین و بالای راه‌حله‌ها در فضای مسئله است. در الگوریتم بهینه‌سازی شاهین، ضرب انرژی میزان حمله یا نزدیک شدن شاهین‌ها به جواب بهینه را نشان می‌دهد و مانند رابطه (۳۲)، فرموله شده و بر حسب تکرار الگوریتم مرتباً در حال کاهش است.

$$E = 2E_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (32)$$

در این معادله، مقدار پارامتر  $E$  مرتباً از دو به عدد صفر کاهش پیدا می‌نماید و در این معادله  $E_0$  مقدار انرژی اولیه،  $t$  شماره تکرار فعلی و  $T$  حداکثر تکرار الگوریتم شاهین می‌باشد. در الگوریتم‌های بهینه‌سازی شاهین، مکانیزم محاصره آرام یا نرم<sup>۱</sup> مطابق معادله (۳۳) و (۳۴)، بردارهای  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  را به روزرسانی می‌نماید:

$$X(t+1) = \Delta X(t) - E |J \cdot X_{rabbit}(t) - X(t)| \quad (33)$$

$$\Delta X(t) = X_{rabbit}(t) - X(t) \quad (34)$$

در این معادلات،  $J$  ضرب فرار است و یک مقدار تصادفی بین صفر و دو است. در الگوریتم‌های بهینه‌سازی شاهین، هر راه‌حل یا بردار پارامتر SVM، می‌تواند مستقیماً خود را تا نزدیکی بردار بهینه  $\langle\langle C_i, \sigma_i \rangle\rangle$  برساند و به سمت آن شیرجه رود که مدلسازی این رفتار را می‌توان در رابطه (۳۵)، آرایه نمود:

$$X(t+1) = X_{rabbit}(t) - E |\Delta X(t)| \quad (35)$$

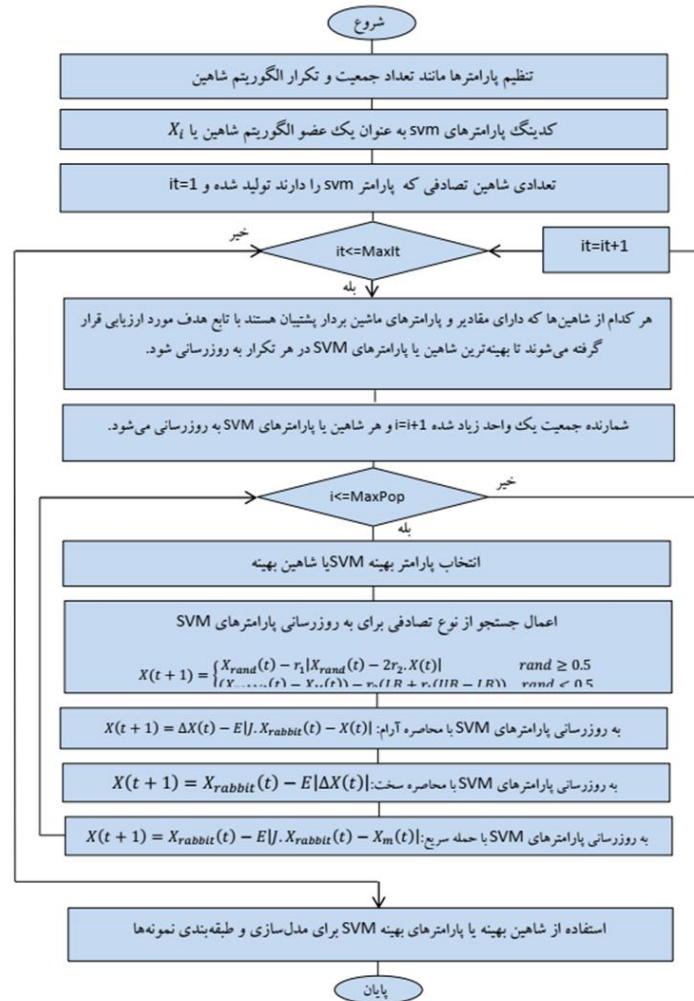
با رفتارهای متنوع الگوریتم شاهین می‌توان بهینه‌ترین بردار پارامترهای SVM را محاسبه نمود و از آن برای به روزرسانی پارامترهای ماشین بردار پشتیبان استفاده نمود تا در نهایت خطای طبقه‌بندی SVM را در تشخیص بیماران بدخیم و خوش‌خیم کمینه نمود.

## ۷-۲. فلوجارت روش پیشنهادی

ماشین بردار پشتیبان یک ابزار مناسب و کارآمد برای طبقه‌بندی نمونه‌های خوش‌خیم و بدخیم مرتبط با انواع بیماری‌ها است. عملکرد ماشین بردار پشتیبان در طبقه‌بندی کم خطای نمونه‌های بدخیم و خوش‌خیم تا حد زیادی به بهینه‌سازی ورودی‌ها با انتخاب ویژگی و بهینه‌سازی پارامترهای یادگیری بستگی دارد. در بخش پیش الگوریتم بهینه‌سازی کوسه برای بهینه‌سازی ورودی و انتخاب ویژگی ماشین بردار پشتیبان استفاده شد و در این بخش فلوجارت روش پیشنهادی برای بهینه‌سازی پارامترهای ماشین بردار پشتیبان با الگوریتم شاهین هریس آرایه می‌شود. فلوجارت روش پیشنهادی برای تشخیص افراد خوش‌خیم و بدخیم در ارتباط با سرطان سینه در شکل (۸)، نمایش داده شده است و با توجه به فلوجارت روش پیشنهادی دارای مراحل ذیل است:

- ایجاد یک جمعیت اولیه از پارامترهای SVM در قالب جمعیت الگوریتم شاهین
- ارزیابی جمعیت شاهین یا پارامترهای SVM با تابع هدف
- انتخاب بهینه‌ترین شاهین در هر تکرار که مقادیر بهینه پارامترهای SVM را دارد.
- تکرار مراحل الگوریتم شاهین مانند محاصره آرام، شیرجه سریع و رفتارهای تصادفی
- انتخاب پارامترهای بهینه‌ترین جواب برای ماشین بردار پشتیبان
- ارزیابی و طبقه‌بندی نمونه‌ها به دو دسته خوش‌خیم و بدخیم با ماشین بردار پشتیبان بهبود یافته با الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس

<sup>۱</sup>Soft besiege



شکل ۸. فلوجارت روش پیشنهادی برای بهینه‌سازی ماشین بردار پشتیبان

### ۳. تجزیه و تحلیل

روش پیشنهادی یا (WHS (WSO +HHO+SVM) برای طبقه‌بندی افراد بدخیم و خوش‌خیم از محیط نرم‌افزاری متلب استفاده می‌کند و برای ارزیابی روش پیشنهادی هر آزمایش به تعداد مشخص تکرار شده سپس توسط نتایج آن به عنوان خروجی نهایی در نظر گرفته می‌شود. در این بخش روش پیشنهادی روی شاخص‌های مختلف مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته و نتایج با روشهای مشابه مقایسه می‌شود.

#### ۳-۱. مجموعه داده

برای انجام شبیه‌سازی و تجزیه و تحلیل روش پیشنهادی در تشخیص سرطان سینه از مجموعه داده‌های ویسکانسین [۲۵]، استفاده می‌شود. پایگاه داده دارای مجموعه داده WDBC است که دارای ۳۱ ویژگی است و از طرفی تعداد نمونه‌های آن برابر ۴۶۹ است و هر نمونه می‌تواند در دو دسته بدخیم و خوش‌خیم قرار گرفته شود. در روش پیشنهادی تعداد بردارهای ویژگی و تعداد تکرار به ترتیب برابر ۱۰ و ۵۰ است. در آزمایشات اندازه جمعیت الگوریتم شاهین نیز برابر ۱۰ و ۵۰ است و تعداد آزمایشات نیز برابر ۳۰ است. ضریب فرار اولیه و انرژی اولیه در الگوریتم شاهین هر کدام برابر ۲ تنظیم می‌شود. محدوده نرمال‌سازی نیز بین صفر و یک است.

#### ۳-۲. معیارهای سنجش و ارزیابی



جهت ارزیابی روش پیشنهادی و مقایسه آن با روش‌های تشخیص بیماری معیار دقت، حساسیت، تشخیص و صحت بکار گرفته شده است. مقدار درصد دقت در بهترین و بدترین حالت به ترتیب ۰ و ۱۰۰ می‌باشد و نزدیکی به عدد ۱۰۰ نشان دهنده دقت مناسب الگوریتم پیشنهادی است. در رابطه (37)، (38)، (39) به ترتیب نحوه محاسبه دقت، حساسیت، تشخیص و صحت را نشان داده است:

$$Accuracy = \frac{(TP + TN)}{(TP + FP + TN + FN)} \quad (26)$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (27)$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP + FP)} \quad (28)$$

TP، افراد بیماری که به درستی بیمار تشخیص داده شده، TN، افراد سالم که به درستی سالم تشخیص داده شده، FP، افرادی که به غلط بیمار تشخیص داده شده و FN افرادی که به غلط سالم تشخیص داده شده است.

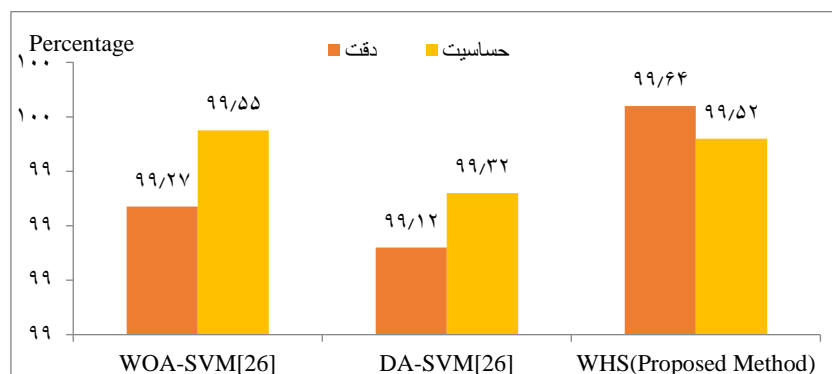
### ۲-۳. نتایج و مقایسه‌ها

پایه‌سازی روش پیشنهادی روی مجموعه داده WDBC نشان می‌دهد روش شاخص‌های دقت، حساسیت، تشخیص و صحت برای تشخیص سرطان سینه در حالت‌های مختلف در جدول (۱)، با هم مقایسه شده است:

#### جدول ۱. تجزیه و تحلیل حالت‌های مختلف روش پیشنهادی

روش	دقت	حساسیت	صحت
SVM+HHO	۹۸.۳۶	۹۸.۱۲	۹۷.۶۷
WSO+SVM	۹۸.۶۷	۹۸.۳۳	۹۸.۵۶
WSO +HHO +SVM(WHS)	۹۹.۶۴	۹۹.۵۲	۹۹.۴۹

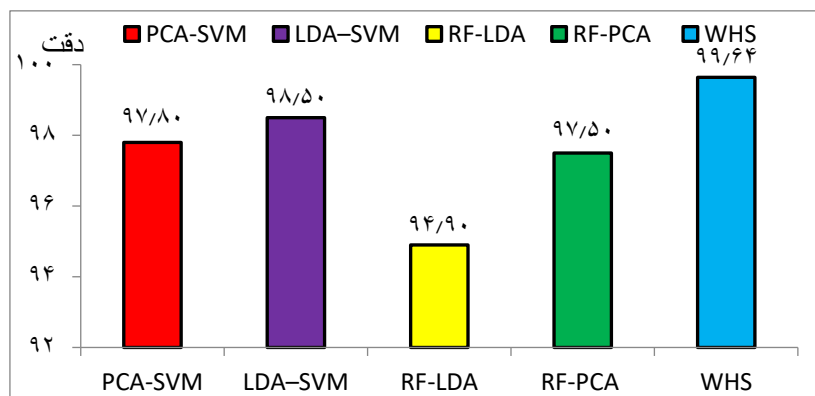
آزمایشات نشان می‌دهد اگر از الگوریتم بهینه‌سازی شاهین برای بهبود پارامترهای ماشین بردار پشتیبان استفاده شود آنگاه دقت، حساسیت و صحت تشخیص بیماران بدخیم به ترتیب برابر ۹۸.۳۶٪، ۹۸.۱۲٪ و ۹۷.۶۷٪ است. اگر از الگوریتم بهینه‌سازی کوسه برای انتخاب ویژگی ماشین بردار پشتیبان استفاده شود اما از الگوریتم شاهین استفاده نشود آنگاه دقت، حساسیت و صحت روش پیشنهادی برابر ۹۸.۶۷٪، ۹۸.۳۳٪ و ۹۸.۵۶٪ است. اگر همزمان از الگوریتم بهینه‌سازی کوسه سفید و الگوریتم شاهین استفاده شود آنگاه متوسط دقت، حساسیت و صحت روش پیشنهادی به ترتیب برابر ۹۹.۶۴٪، ۹۹.۵۲٪ و ۹۹.۴۹٪ است. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد استفاده همزمان از الگوریتم شاهین و الگوریتم بهینه‌سازی کوسه، تاثیر بیشتری برای بهبود عملکرد الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در تشخیص سرطان سینه دارد. برای مقایسه می‌توان نتایج روش پیشنهادی را با مقاله [۲۶]، آرایه شده است روی این مجموعه داده مقایسه انجام داد. در نمودار شکل (۹)، روش پیشنهادی با روش WOA-SVM و DA-SVM در شاخص دقت و حساسیت مورد مقایسه قرار گرفته شده است.



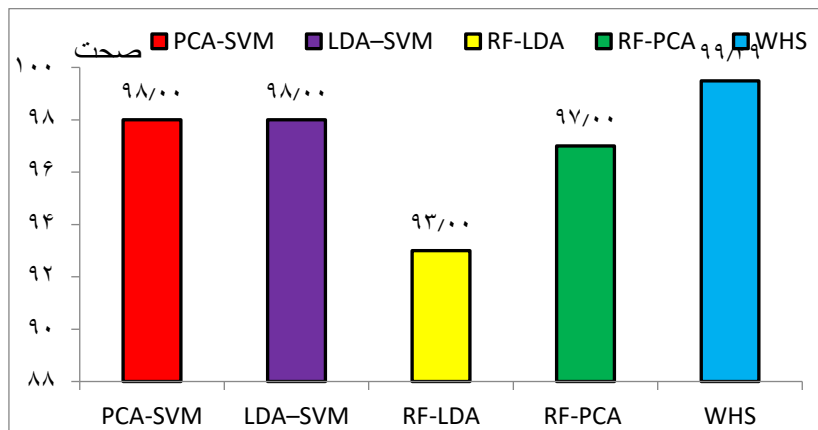
شکل ۹. مقایسه دقت، حساسیت، صحت روش پیشنهادی با روش‌های مبتنی بر SVM و بهینه‌سازی پارامتر

آزمایشات نشان می‌دهد دقت طبقه‌بندی روش WOA-SVM و DA-SVM به ترتیب برابر ۹۹.۲۷٪ و ۹۹.۱۲٪ است و این در حالی است که دقت روش پیشنهادی برابر ۹۹.۶۴٪ است. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد حساسیت روش WOA-SVM و DA-SVM به ترتیب برابر ۹۹.۵۵٪، ۹۹.۳۲٪ و حساسیت روش پیشنهادی برابر ۹۹.۵۲٪ است و حساسیت روش پیشنهادی از دو روش WOA-SVM و DA-SVM بیشتر است.

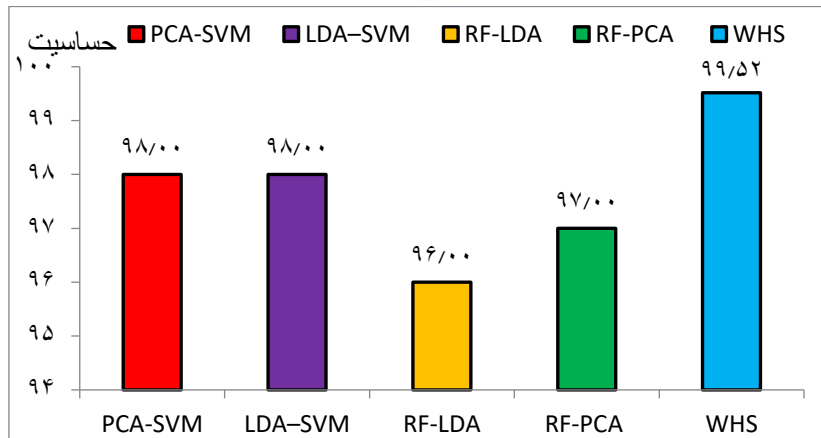
در پژوهش [۲۷]، برای تشخیص سرطان سینه از یک ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است و نتایج روش پیشنهادی نیز با آن مقایسه شده است. در نمودار شکل (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) شاخص دقت، صحت و حساسیت روش پیشنهادی در مجموعه داده WDBC با روشهای PCA-SVM، LDA-SVM، RF-LDA و RF-PCA مورد مقایسه قرار گرفته شده است.



شکل ۱۰. مقایسه دقت روش پیشنهادی با روشهای مبتنی بر SVM و انتخاب ویژگی



شکل ۱۱. مقایسه صحت روش پیشنهادی با روشهای مبتنی بر SVM و انتخاب ویژگی



شکل ۱۲: مقایسه حساسیت روش پیشنهادی با روشهای مبتنی بر SVM و انتخاب ویژگی

ارزیابی‌ها نشان می‌دهد دقت روشهای PCA-SVM، LDA-SVM، RF-LDA و RF-PCA به ترتیب ۹۷.۸۰٪، ۹۸.۵۰٪، ۹۴.۹۰٪، ۹۷.۵۰٪ و ۹۹.۶۴٪ است روش پیشنهادی دارای دقت بیشتری نسبت به روشهای PCA-SVM، LDA-SVM، RF-LDA و RF-PCA در تشخیص سرطان سینه است. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد شاخص صحت در روش PCA-SVM، LDA-SVM، RF-LDA و RF-PCA و روش پیشنهادی به ترتیب برابر ۹۸٪، ۹۸٪، ۹۳٪، ۹۷٪ و ۹۹.۴۹٪ است و روش پیشنهادی دارای شاخص حساسیت بیشتری است. در شاخص حساسیت نیز مشاهده می‌شود حساسیت روش پیشنهادی از روشهای PCA-SVM، LDA-SVM، RF-LDA و RF-PCA در تشخیص سرطان سینه بیشتر است. در جدول (۲)، روش پیشنهادی در سه شاخص دقت، حساسیت و صحت با چند طبقه‌بندی کننده پیشرفته در پژوهش [۳۴]، با هم مقایسه شده است.

جدول ۲. تجزیه و تحلیل حالت‌های مختلف روش پیشنهادی

روش	حساسیت	صحت	دقت
AdaBoostM1 [34]	۸۹	۸۸	۹۱.۲۲
Gradient Boosting [34]	۸۹	۸۸	۹۱.۲۲
Stochastic Gradient Boosting [34]	۹۲	۹۵	۹۵.۳۲
CatBoost Classifier [34]	۹۲	۹۵	۹۵.۳۲
XGBoost Classifier [34]	۹۴	۹۵	۹۵.۹۰
OSEL [34]	۹۸	۹۹	۹۹.۴۵
<b>WSO+SVM+HHO(WSH)</b>	<b>۹۹.۵۲</b>	<b>۹۹.۴۹</b>	<b>۹۹.۶۴</b>

مقایسه‌ها نشان می‌دهد روش پیشنهادی در شاخص دقت، حساسیت و صحت از روش‌های AdaBoostM1، Gradient Boosting، Stochastic Gradient Boosting، CatBoost Classifier، XGBoost Classifier و OSEL در تشخیص سرطان سینه دقیق‌تر است.

#### ۴. نتیجه‌گیری

مطالعات نشان می‌دهد سرطان سینه با تعداد زیادی مرگ جدید در سال ۲۰۲۴، پس از سرطان ریه، علت اصلی مرگ و میر زنان در جهان بوده است. سرطان سینه نوعی سرطان است که از بافت پستان منشأ می‌گیرد، به طور کلی از لایه داخلی مجرای شیر یا لوبول‌هایی که شیر را به مجرای شیر می‌رسانند. سلول‌های سرطانی از سلول‌های طبیعی به دلیل تغییر یا جهش سلول‌ها به وجود می‌آیند. این تغییرات یا جهش‌ها ممکن است به طور خود به خود در نتیجه افزایش آنتروپی رخ دهند یا ممکن است توسط عوامل دیگر ایجاد شوند. به عنوان مثال،

تابش الکترومغناطیسی (اشعه ایکس، مایکروویو، اشعه ماوراء بنفش، اشعه گاما، و غیره)، تابش هسته‌ای، باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، انگل‌ها، مواد شیمیایی موجود در هوا، گرما، غذا، آب، رادیکال‌های آزاد، مکانیکی آسیب در سطح سلول، تکامل و پیری در سرطان سینه نقش دارند. به طور کلی، خوش خیم و بدخیم دو دسته از تومورهای مرتبط با سرطان سینه هستند. اگرچه خوش خیم تهدید کننده زندگی و سرطانی نیست، اما ممکن است شانس ابتلا به سرطان سینه را افزایش دهد. در مقابل، تومورهای بدخیم هشدار دهنده تر و سرطانی تر هستند. نگرانی اصلی درمان سرطان سینه با پیش‌بینی دقیق محل سرطان و طبقه‌بندی نوع سرطان برای تعیین نحوه درمان سرطان آغاز می‌شود. با این حال، پیش‌بینی نوع سرطان سینه یکی از مشکلات کلاسیک در تحقیقات مرتبط با سلامت است. طبقه بندی دقیق سرطان سینه به تشخیص زودهنگام، تشخیص، درمان و در صورت امکان ریشه کن کردن کامل آن منجر می‌شود. علاوه بر این، طبقه بندی دقیق تومورهای خوش خیم می‌تواند از انجام درمان‌های غیر ضروری بیماران جلوگیری کند.

تشخیص زود هنگام بیماری سرطان سینه باعث نجات جان افراد می‌شود. یکی از روشهای تشخیص نمونه‌های بدخیم از نمونه‌های خوش خیم در تشخیص سرطان سینه بکارگیری روشهای یادگیری ماشین نظیر ماشین بردار پشتیبان است. ماشین بردار پشتیبان برای آنکه بتواند نمونه‌های بدخیم را با خطای کمینه از نمونه‌های خوش خیم تشخیص دهد نیاز دارد تا ورودی‌ها و پارامترهای یادگیری آن بهینه‌سازی شوند. در این مقاله برای طبقه‌بندی نمونه‌های خوش خیم و بدخیم از ماشین بردار پشتیبان بهبود یافته استفاده شده است. در روش پیشنهادی برای کاهش دادن خطای تشخیص بیماری سرطان سینه از الگوریتم بهینه‌سازی شاهین و الگوریتم بهینه‌سازی کوسه استفاده می‌شود. در روش پیشنهادی در فاز اول از الگوریتم SMOTE برای متعادل‌سازی مجموعه داده استفاده می‌شود. در فاز دوم از الگوریتم بهینه‌سازی کوسه سفید برای انتخاب ویژگی و بهینه‌سازی ورودی‌های ماشین بردار پشتیبان استفاده می‌شود. در فاز سوم از الگوریتم بهینه‌سازی شاهین جهت بهینه‌سازی پارامترهای ماشین بردار پشتیبان استفاده می‌شود.

آزمایشات نشان داد روش پیشنهادی اگر همزمان از الگوریتم بهینه‌سازی کوسه و الگوریتم بهینه‌سازی شاهین استفاده نماید دارای دقت بیشتری در تشخیص سرطان سینه است. روش پیشنهادی در تشخیص سرطان سینه دارای دقت، حساسیت و صحتی به ترتیب برابر ۹۹.۶۴٪، ۹۹.۵۲٪ و ۹۹.۴۹٪ است. بکارگیری انتخاب ویژگی با الگوریتم بهینه‌سازی کوسه سفید نسبت به بهینه‌سازی پارامترهای یادگیری ماشین بردار پشتیبان با الگوریتم شاهین در تشخیص سرطان سینه تاثیرگذاری بیشتری دارد. روش پیشنهادی نسبت به روش‌های بهینه‌سازی پارامتر ماشین بردار پشتیبان نظیر WOA-SVM و DA-SVM دقت بیشتری در تشخیص نمونه‌های بدخیم دارد. روش پیشنهادی همچنین از روش‌های انتخاب ویژگی در ترکیب با ماشین بردار پشتیبان در تشخیص سرطان سینه از جمله PCA-SVM، LDA-SVM، RF-LDA و RF-PCA دقیق‌تر است. مزیت مهم روش پیشنهادی دقت بالای آن در تشخیص سرطان سینه است. یک مزیت مهم روش پیشنهادی متعادل‌سازی مجموعه داده برای افزایش دقت مدل طبقه‌بندی و بکارگیری توانایی هوش گروهي کوسه سفید و شاهین هریس برای بهبود دقت ماشین بردار پشتیبان است.

چالش روش پیشنهادی زمان اجراء در فاز یادگیری و آموزش است که این چالش مختص روشهای یادگیری ماشین و یادگیری عمیق است. در پژوهش آتی از یادگیری عمیق در ترکیب با روش‌های هوش گروهي و همچنین بکارگیری فاز انتخاب ویژگی برای تشخیص سرطان سینه استفاده می‌شود. از جمله کارهای آتی ما تولید نمونه‌های مصنوعی و متعادل‌سازی مجموعه داده با یادگیری عمیق مبتنی بر تئوری بازی و شبکه‌های عصبی GAN است.

## منابع

- [1] Wang, X., Ahmad, I., Javeed, D., Zaidi, S. A., Alotaibi, F. M., Ghoneim, M. E., ... & Eldin, E. T. (2022). Intelligent Hybrid Deep Learning Model for Breast Cancer Detection. *Electronics*, 11(17), 2767.
- [2] Akbulut, S., Cicek, I. B., & Colak, C. (2022). Classification of Breast Cancer on the Strength of Potential Risk Factors with Boosting Models: A Public Health Informatics Application. *Medical Bulletin of Haseki/Haseki Tip Bulteni*, 60(3).



- [3] Roslidar, R., Rahman, A., Muharar, R., Syahputra, M. R., Arnia, F., Syukri, M., ... & Munadi, K. (2020). A review on recent progress in thermal imaging and deep learning approaches for breast cancer detection. *IEEE Access*, 8, 116176-116194.
- [4] Mango, V. L., Olasehinde, O., Omisore, A. D., Wuraola, F. O., Famurewa, O. C., Sevilimedu, V., ... & Kingham, T. P. (2022). The iBreastExam versus clinical breast examination for breast evaluation in high risk and symptomatic Nigerian women: a prospective study. *The Lancet Global Health*, 10(4), e555-e563.
- [5] Amegbedzi, R. A., Komesuor, J., Amu, H., & Tarkang, E. E. (2022). Factors Influencing the Practice of Breast Self-Examination among Female Tertiary Students in Ho, Ghana. *Advances in Public Health*, 2022.
- [6] Allugunti, V. R. (2022). Breast cancer detection based on thermographic images using machine learning and deep learning algorithms. *International Journal of Engineering in Computer Science*, 4(1), 49-56.
- [7] Yu, X., Zhou, Q., Wang, S., & Zhang, Y. D. (2022). A systematic survey of deep learning in breast cancer. *International Journal of Intelligent Systems*, 37(1), 152-216.
- [8] Bourouis, S., Band, S. S., Mosavi, A., Agrawal, S., & Hamdi, M. (2022). Meta-Heuristic Algorithm-Tuned Neural Network for Breast Cancer Diagnosis Using Ultrasound Images. *Frontiers in Oncology*, 12, 834028.
- [9] Alqudah, A., & Alqudah, A. M. (2022). Sliding window based support vector machine system for classification of breast cancer using histopathological microscopic images. *IETE Journal of Research*, 68(1), 59-67.
- [10] Abbas, S., Jalil, Z., Javed, A. R., Batool, I., Khan, M. Z., Noorwali, A., ... & Akbar, A. (2021). BCD-WERT: a novel approach for breast cancer detection using whale optimization based efficient features and extremely randomized tree algorithm. *PeerJ Computer Science*, 7, e390.
- [11] Huang, Z., & Chen, D. (2021). A breast cancer diagnosis method based on VIM feature selection and hierarchical clustering random forest algorithm. *IEEE Access*, 10, 3284-3293.
- [12] Gonçalves, C. B., Souza, J. R., & Fernandes, H. (2022). CNN architecture optimization using bio-inspired algorithms for breast cancer detection in infrared images. *Computers in Biology and Medicine*, 142, 105205.
- [13] Jijitha, S., & Amudha, T. (2021). Breast cancer prognosis using machine learning techniques and genetic algorithm: experiment on six different datasets. In *Evolutionary Computing and Mobile Sustainable Networks* (pp. 703-711). Springer, Singapore.
- [14] Pravesjit, S., Longpradit, P., Kantawong, K., Pengchata, R., & Oul, N. (2021, August). A Hybrid PSO with Rao Algorithm for Classification of Wisconsin Breast Cancer Dataset. In *2021 2nd International Conference on Big Data Analytics and Practices (IBDAP)* (pp. 68-71). IEEE.
- [15] Mazen, F., AbulSeoud, R. A., & Gody, A. M. (2016). Genetic algorithm and firefly algorithm in a hybrid approach for breast cancer diagnosis. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 32(2), 62-68.
- [16] Heidari, A. A., Mirjalili, S., Faris, H., Aljarah, I., Mafarja, M., & Chen, H. (2019). Harris hawks optimization: Algorithm and applications. *Future generation computer systems*, 97, 849-872.
- [17] Braik, M., Hammouri, A., Atwan, J., Al-Betar, M. A., & Awadallah, M. A. (2022). White Shark Optimizer: A novel bio-inspired meta-heuristic algorithm for global optimization problems. *Knowledge-Based Systems*, 243, 108457.
- [18] Muntasir Nishat, M., Faisal, F., Jahan Ratul, I., Al-Monsur, A., Ar-Rafi, A. M., Nasrullah, S. M., ... & Khan, M. R. H. (2022). A comprehensive investigation of the performances of different machine learning classifiers with SMOTE-ENN oversampling technique and hyperparameter optimization for imbalanced heart failure dataset. *Scientific Programming*, 2022, 1-17.



- [19] Zebari, D. A., Zeebaree, D. Q., Abdulazeez, A. M., Haron, H., & Hamed, H. N. A. (2020). Improved threshold based and trainable fully automated segmentation for breast cancer boundary and pectoral muscle in mammogram images. *Ieee Access*, 8, 203097-203116.
- [20] Ibrahim, A., Mohammed, S., Ali, H. A., & Hussein, S. E. (2020). Breast cancer segmentation from thermal images based on chaotic salp swarm algorithm. *IEEE Access*, 8, 122121-122134.
- [21] Roslidar, R., Rahman, A., Muharar, R., Syahputra, M. R., Arnia, F., Syukri, M., ... & Munadi, K. (2020). A review on recent progress in thermal imaging and deep learning approaches for breast cancer detection. *IEEE Access*, 8, 116176-116194.
- [22] Jebarani, P. E., Umadevi, N., Dang, H., & Pomplun, M. (2021). A Novel Hybrid K-Means and GMM Machine Learning Model for Breast Cancer Detection. *IEEE Access*, 9, 146153-146162.
- [23] Anaya-Isaza, A., Mera-Jiménez, L., Cabrera-Chavarro, J. M., Guachi-Guachi, L., Peluffo-Ordóñez, D., & Rios-Patiño, J. I. (2021). Comparison of Current Deep Convolutional Neural Networks for the Segmentation of Breast Masses in Mammograms. *IEEE Access*, 9, 152206-152225.
- [24] Saeed, S., Jhanjhi, N. Z., Naqvi, M., Humyun, M., Ahmad, M., & Gaur, L. (2022). Optimized Breast Cancer Premature Detection Method With Computational Segmentation: A Systematic Review Mapping. *Approaches and Applications of Deep Learning in Virtual Medical Care*, 24-51.
- [25] Hossin, M. M., Shamrat, F. J. M., Bhuiyan, M. R., Hira, R. A., Khan, T., & Molla, S. (2023). Breast cancer detection: an effective comparison of different machine learning algorithms on the Wisconsin dataset. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 12(4), 2446-2456.
- [26] Abd Rahim, N. H., Kadir, D. H., & Basri, M. S. H. (2023, March). A hybrid classification model for predicting breast cancer survivability using public dataset. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2484, No. 1). AIP Publishing.
- [27] Laghmati, S., Hicham, K., Hamida, S., Boutahar, K., Cherradi, B., & Tmiri, A. (2023, May). A CAD System Based On a Stacked Ensemble Model and ML Techniques for Breast Cancer Prognosis. In *2023 3rd International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET)* (pp. 1-7). IEEE.
- [28] El Massari, H., Gherabi, N., Mhammedi, S., Sabouri, Z., Ghandi, H., & Qanouni, F. (2023). Effectiveness of applying Machine Learning techniques and Ontologies in Breast Cancer detection. *Procedia Computer Science*, 218, 2392-2400.
- [29] González-Patiño, D., Villuendas-Rey, Y., Saldaña-Pérez, M., & Argüelles-Cruz, A. J. (2023). A Novel Bioinspired Algorithm for Mixed and Incomplete Breast Cancer Data Classification. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3240.
- [30] Ebrahim, M., Sedky, A. A. H., & Mesbah, S. (2023). Accuracy Assessment of Machine Learning Algorithms Used to Predict Breast Cancer. *Data*, 8(2), 35.
- [31] Chen, J., Huang, H., Cohn, A. G., Zhang, D., & Zhou, M. (2022). Machine learning-based classification of rock discontinuity trace: SMOTE oversampling integrated with GBT ensemble learning. *International Journal of Mining Science and Technology*, 32(2), 309-322.
- [32] Makhadmeh, S. N., Al-Betar, M. A., Assaleh, K., & Kassaymeh, S. (2022). A hybrid white shark equilibrium optimizer for power scheduling problem based IoT. *IEEE Access*, 10, 132212-132231.
- [33] Du, R., Chen, Y., Li, T., Shi, L., Fei, Z., & Li, Y. (2022). Discrimination of Breast Cancer Based on Ultrasound Images and Convolutional Neural Network. *Journal of oncology*, 2022.
- [34] Kumar, M., Singhal, S., Shekhar, S., Sharma, B., & Srivastava, G. (2022). Optimized stacking ensemble learning model for breast cancer detection and classification using machine learning. *Sustainability*, 14(21), 13998.

## بررسی نقش حسگر اینترنت اشیا در مدیریت ایمن ساختمان‌های هوشمند

حامد عظیمی<sup>۱</sup>، لیدا زارعیان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی مهندسی حرفه ای نرم افزار، موسسه آموزش عالی اندیشه چهرم

<sup>۲</sup> استادیار گروه کامپیوتر، موسسه آموزش عالی اندیشه چهرم

Lidazrn@gmail.com

### چکیده

در سال های اخیر، علاقه زیادی به استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا برای مقابله با خطرات آتش سوزی در ساختمان های هوشمند وجود داشته است. این پژوهش با هدف بررسی نقش بالقوه حسگرهای اینترنت اشیا نسبت به آتش سوزی های داخلی ساختمان انجام شده است. نتایج این بررسی نشان می دهد که جنبه های متعددی از خطرات آتش سوزی داخلی وجود دارد که می تواند جهت استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا بهره مند شود. در نتیجه این یافته ها، یک چارچوب مفهومی برای حسگرهای اینترنت اشیا در زمینه ساختمان های هوشمند پیشنهاد می شود. هدف اصلی هوش مصنوعی، توسعه سیستم هایی است که قادر به تفکر، یادگیری، استنتاج و اتخاذ تصمیمات مشابه به انسان باشند. آتش سوزی در ساختمان، ساکنان آن را در معرض قابل توجهی از نظر مالی و جانی قرار می دهد. رشد صنعت ساخت و پیچیده شدن ساختمان ها از لحاظ کاربرد، تعداد طبقات و همچنین آمار بالای تلفات مالی و جانی ناشی از آتش سوزی، بیانگر این مطلب است که رویکردهای دستورالعمل های سنتی دیگر کارایی گذشته را ندارد. بنابراین نیاز است که برای طراحی ساختمان ها در مقابل آتش سوزی به رویکردهای جدیدی بر پایه عملکرد روی آورد. مدل سازی اطلاعات ساختمان یکی از رویکردهای جدید است. در این مقاله قابلیت های مدل سازی اطلاعات ساختمان در زمینه مدیریت ایمن در مقابل آتش سوزی بررسی گردیده است در دنیایی که هر روزه بیشتر با فناوری پیشرفته در هم تنیده می شود، خانه های هوشمند و اینترنت اشیا نقش محوری در تحول سبک زندگی انسانها دارد. این مقاله به بررسی چگونگی استفاده از اینترنت اشیا برای ایجاد خانه هایی می پردازد که نه تنها راحت تر و امن تر هستند، بلکه بهینه سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه ها را نیز به دنبال دارند. با استفاده از دستگاه های هوشمند، از قفل های درب گرفته تا سیستم های تهویه مطبوع، خانه های هوشمند قادر به یادگیری از عادات و ترجیحات ساکنین خود و تطبیق با آن ها هستند. این مقاله همچنین به چالش ها و مسائل ایمنی مرتبط با خانه های هوشمند و اینترنت اشیا می پردازد و راهکارهایی برای حفظ حریم خصوصی و امنیت داده ها ارائه می دهد. اینترنت اشیا یک فناوری است که با ایجاد هزاران حسگر و محرک در اطراف ما انقلاب عظیمی به وجود آورده است. در پژوهش های علمی، حسگرها به عنوان یک زمینه ی آینده نگر در نظر گرفته می شوند. حسگر های اینترنت اشیا، به طور کارآمد در برنامه های مختلف برای ایجاد یک محیط هوشمند مورد استفاده قرار می گیرند.

واژه های کلیدی: اینترنت اشیا، حسگر اینترنت اشیا، ساختمان های هوشمند، خطر آتش سوزی داخلی

## ۱. مقدمه

آغاز مفهوم شهر هوشمند، همراه با فناوری های فعال کننده اصلی آن، از جمله هوش مصنوعی (AI)، یادگیری ماشین (ML<sup>2</sup>)، محاسبات ابری<sup>۳</sup> و شبکه های حسگر بی سیم (WSN<sup>4</sup>) مفهوم ساختمان سنتی را به ساختمان هوشمند ارتقا داده اند [1]. هدف اساسی ساختمان با ایده ی ساختمان هوشمند تقویت می شود که می تواند به جای واکنش [2] با اطلاعات زیست محیطی گسترده تر در مرکز، مانند نظارت بر آسایش ساکنان ساختمان و کارایی انرژی به طور همزمان [3] سازگار شود و به اندازه ی کافی برای مدیریت آب، سیستم های روشنایی و تشخیص حریق به صورت خودکار گردد [4]. کلید دستیابی به این هدف، استفاده ی کامل از پارامترهای زیست محیطی مربوط به فرد و زمان واقعی است. [5] برای بهره مندی کامل از مزایای یک ساختمان هوشمند، تکنولوژی مناسب و همچنین ابزارهای سنجش قابل اعتماد و سایر متغیرها مورد نیاز بود. ظهور فناوری های مبتنی بر اینترنت اشیا (IoT<sup>5</sup>) شکاف را در زمینه های مختلف پر می کند [6]. یک بررسی اخیر [7] بیان می کند که اینترنت اشیا بلوک ساختمانی ساختمان های هوشمند است که در آن اجزای حسگر و الکتریکی از طریق یک شبکه چندگانه نظارت و کنترل می شوند. با این حال، این بررسی، رویکردی گسترده برای بررسی خود داشت و تنها بر حسگرهای رایج نصب شده در ساختمان های هوشمند تاکید کرد و چشم انداز خطرات داخلی را نادیده گرفت. همچنین گزارش شده است که کاربردهای اینترنت اشیا به طور گسترده در صنعت، شهر هوشمند، کشاورزی، ساختمان و مدیریت برق به کار گرفته می شود و پیشرفته و پیشروترین آن شاخه ی صنعتی و شهر هوشمند است [6]. با ادغام فناوری های اینترنت اشیا، ابر و مه، یک نمونه ی اولیه ی مقرون به صرفه از یک ساختمان هوشمند توسط دو فرد به نام های «دوتا» و «روی» [8] برای کنترل موثر عملکردهای داخلی ساخته شد. با تعیبه اینترنت اشیا در ساختمان، کاربران می توانند ساختمان را نظارت کنند و به اطلاعات حسگر ثبت شده از راه دور دسترسی داشته باشند [9]. هدف اصلی یک ساختمان، ارائه امنیت و ایمنی به ساکنان آن است. با این حال، ایمنی ساختمان می تواند توسط بلایای طبیعی یا عوامل مصنوعی به خطر بیفتد [10]. مداخله زود هنگام برای برخی عوامل ساخت بشر، مانند آتش سوزی در ساختمان های داخلی می تواند با استفاده از حسگر داخلی برای به حداقل رساندن تلفات اجرا شود. در حال حاضر، حسگر پیشرفته تعیبه شده در ساختمان هوشمند، امکان مشاهده از راه دور توسط کاربران را فراهم می کند. هدف آن نظارت از راه دور و بهبود آگاهی از موقعیت است، مشروط بر اینکه هر حادثه ی خطرناک در داخل خانه رخ دهد. از نظر آماری، طی ۲۳ سال گذشته، تعداد آتش سوزی های گزارش شده به طور متوسط در ۴۰ کشور نسبتاً ثابت بوده است. با این حال، همانطور که توسط [۱۱] گزارش شده است، گذر از سال ۲۰۱۹ به ۲۰۲۰ روند صعودی آن را نشان می دهد. ضمناً، آمار آتش سوزی جهانی برای سال ۲۰۲۰ از ۳۴ کشور [۱۱] نشان می دهد که آتش سوزی های ساختاری به ویژه آتش سوزی های مسکونی، از جمله سایر تاسیسات بیشترین درصد را با ۳۲.۲ درصد داشته است. یک الگوی مشابه را می توان در داخل کشور در مالزی مشاهده کرد، همانطور که در [۱۲] نشان داده شد، جایی که آتش سوزی ساختمان در رتبه سوم تلفات، جراحات و خسارات مالی با ۱۲٪ قرار گرفته است. بر اساس [۱۳]، ۷۸ درصد از مرگ غیر نظامیان، ۸۶ درصد جراحات و ۱۲.۱ میلیارد دلار خسارت مالی در ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۲۰ رخ داده است. همچنین شایان ذکر است که سازمان آتش نشانی هر ۶۴ ثانیه به تماس آتش سوزی ساختمان پاسخ داده است، در حالی که جراحات آتش سوزی هر ۴۱ دقیقه اتفاق می افتد و از جمله شرایط منجر به مرگ ناشی از آتش سوزی به طور متوسط هر ۳ ساعت و نیم رخ می دهد. رشد روزافزون آتش سوزی های سازه ای و اثرات منفی آن نیازمند رویکردهای مناسب برای بهبود ایمنی ساکنان است. در بررسی ادبیات آنها در یک دوره خاص [۱۰]، راهکارهای مختلفی برای افزایش ایمنی آتش نشانی پیشنهاد شده است. این استراتژی و راهکارها شامل استفاده از تکنیک های تحلیل پیشرفته برای ایجاد شبیه سازی های بصری یا گرافیکی مربوط به خروجی های اضطراری و سازه های مقاوم در برابر آتش است. مطالعات پیشین [۷] به مخاطرات داخلی به طور دقیق رسیدگی نکرده است؛ در حالی که [۱۴] انتقال سیستم فیزیکی سایبری به سیستم های فیزیکی سایبری انسانی از دیدگاه ساختمان هوشمند را گزارش کرده اند. بنابراین، این بررسی به منظور کمک به مجموعه ی علوم با جمع آوری اطلاعات کافی مرتبط با موضوع است. اساساً این بررسی تلاش می کند تا نقش احتمالی استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا را برای احتمال خطر آتش سوزی های داخلی در زمینه ی ساختمان هوشمند بررسی کند. علاوه بر این، پژوهش های بالقوه ی مرتبط با زمینه فوق، به عنوان یک چارچوب مفهومی پیشنهاد خواهد شد. به طور خلاصه، ستون های پژوهشی ما بر

<sup>1</sup> Artificial Intelligence

<sup>2</sup> Machine Learning

<sup>3</sup> Cloud Computing

<sup>4</sup> Wireless Sensor Networks

<sup>5</sup> Internet Of Things





این بررسی حاکم است: «استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا چگونه می تواند در صورت خطر آتش سوزی داخلی در محدوده ی ساختمان های هوشمند کمک کند؟»

## ۲. اینترنت اشیا

اشیا با استفاده از رسانه های مختلف به یکدیگر متصل می شوند. هدف اصلی اینترنت اشیا، ایجاد پویایی و راحتی بیشتر است. دامنه اینترنت اشیا، تعداد اشیا و دستگاه های هوشمند را به طور قابل توجهی افزایش می دهد. فناوری اینترنت اشیا، مردم را به سوی خدمات هوشمند سوق داده است و اکنون به طور گسترده ای در برنامه های مختلف هوشمند به کار گرفته می شوند و طیف وسیعی از فرصت های تجاری را ایجاد می کنند [15]. اینترنت اشیا از مناطق مختلفی مانند ابر<sup>۱</sup>، دستگاه های موبایل<sup>۲</sup>، محیط های مجازی<sup>۳</sup>، حسگرها<sup>۴</sup>، دستگاه شناسایی فرکانس رادیویی (RFID<sup>۵</sup>) و هوش مصنوعی تشکیل شده است [16]. همچنین خدمات هوشمند مختلفی در شبکه های مبتنی بر اینترنت اشیا ارائه شده که منجر به ایجاد شبکه های اینترنت اشیا مبتنی بر برابر می شوند [17]. در این محیط هوشمند، دستگاه ها می توانند اطلاعات را رد و بدل کنند و خدمات بسیاری را ارائه نمایند. در هر برنامه ی هوشمند، حسگرها بسیار مهم هستند. اینترنت اشیا انواع مختلف حسگرها، دستگاه ها و نقطه اتصال هایی را که توانایی ارتباط با یکدیگر (بدون دخالت انسان) دارند، ادغام می کند [18]. در اینترنت اشیا دستگاه های محدود کننده منابع مختلف در شبکه با استفاده از RFID با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند که یک فناوری با رشد سریع است و امکان شناسایی خودکار موارد دارای برچسب RFID را فراهم می کند. یک خواننده RFID از طریق رابط رادیویی با این برچسب ها ارتباط برقرار می کند. نحوه کار اینترنت اشیا به این صورت بیان می شود که با استفاده از فناوری های مختلفی مانند RFID داده های اشیا شناسایی و ردیابی می شود، حسگرها نقش جمع آوری و پردازش داده را برای تشخیص تغییرات در اشیا فیزیکی بازی می کنند، فناوری هوشمند قدرت شبکه را توسط توسعه ی قابلیت های شبکه افزایش می دهد و فناوری نانو که به اشیا کوچکتر امکان اتصال و تعامل با اشیا دیگر در شبکه را می دهد [19]. ارتباط به چنین دستگاه هایی می تواند به صورت مستقیم، بدون دخالت دست، از راه دور و از طریق اینترنت انجام شود. این راه ارتباطی به عنوان یک سیستم ارتباطی هوشمند استفاده می شود. این سیستم می تواند در مناطق مختلف شبکه مانند شبکه ی خانگی (HAN<sup>۶</sup>)، شبکه ی شخصی (PAN<sup>۷</sup>) و شبکه ی شهری (MAN<sup>۸</sup>) استفاده شود و دستگاه ها نیز می توانند در ساختارهای ترکیبی به هم متصل شده و از انواع مختلف شبکه استفاده کنند.

## ۳. حسگرهای اینترنت اشیا

حسگرها به منظور تشخیص تغییرات در اشیا، با اندازه گیری و پردازش داده های جمع آوری شده، نقش مهمی در اجرای برنامه دارند. هرگاه تغییری در وضعیت اشیا ایجاد شود، پاسخی قابل اندازه گیری ایجاد خواهد شد.

### ۳.۱ حسگر مبتنی بر بینایی

در حال حاضر، تشخیص خطرات آتش سوزی در داخل ساختمان، تنها به سیستم های تشخیص حریق وابسته است که تغییرات در خوانش دما، دود یا علائم نشان دهنده حضور آتش را شناسایی می کنند. قابلیت های عملیاتی سیستم در درجه اول تحت تاثیر چند عنصر است - خود دستگاه و اجرای الگوریتم [20]. بنابراین، هرگونه عقب نشینی از این دو عامل و قرارگیری و توزیع نامناسب سیستم های تشخیص حریق در یک فضا یا منطقه ی بزرگ تر به سناریوی هشدار کاذب کمک می کند [20، 21]. بسیاری از پژوهشگران استفاده از یک حسگر

<sup>1</sup> Cloud

<sup>2</sup> Mobile Devices

<sup>3</sup> Virtual Environments

<sup>4</sup> Sensors

<sup>5</sup> Radio Frequency Identification

<sup>6</sup> Home Area Network

<sup>7</sup> Personal Area Network

<sup>8</sup> Metropolitan Area Network

مبتنی بر بینایی (VBS<sup>1</sup>) را برای غلبه بر این مشکل پیشنهاد کرده اند که به طور گسترده ای علاوه بر سیستم های حسگر سنتی، به عنوان یک اقدام احتیاطی اضافی برای تایید وضعیت آتش سوزی و در نتیجه کاهش نرخ هشدار کاذب استفاده می شود. چندین مطالعه در مورد روش های سنسور VBS در چند سال گذشته انجام شده که از سال ۲۰۱۸ آغاز گردیده است. این پیشنهاد، استفاده ی متنوع از روش های VBS را برای حوادث آتش سوزی نشان داده است. در بررسی روش هایی برای کمک به افراد دارای اختلالات بینایی [۲۱]، با پیشنهاد استفاده از عینک های هوشمند که قادر به تشخیص آتش های خطرناک و غیر خطرناک هستند، رویکردی جامع اتخاذ پیدا کرد. این مفهوم از هوش مصنوعی در ترکیب با یک شبکه ی عصبی پیچشی یا همگشتی عمیق (CNN<sup>2</sup>) به طور خاص از مدل یولو۴ (Yolo4)<sup>3</sup> به دلیل توانایی آن در سفارشی کردن وضوح تصویر استفاده می کند. در همین راستا، [۲۲] از هوش مصنوعی می توان به عنوان رویکردی برای ارائه ی حس بصری تشخیص آتش استفاده کرد. با این حال، به جای استفاده از عینک های هوشمند، یادگیری عمیق شامل مجموعه داده های تصویری از MIVIA، FIRESENSE و CAIR بود که در Raspberry Pi<sup>4</sup> 3B+ پردازش شدند. از سوی دیگر، [۲۳] موقعیت یابی داخلی را با استفاده از بینایی کامپیوتری به جای سامانه ی ماهواره ای ناپروبر جهانی (GNSS<sup>5</sup>) که معمولاً برای همان موقعیت یابی داخلی استفاده می شود، پیشنهاد کرده است. مانند پژوهشگران قبلی، [۲۳] تاکید کردند که استفاده از رایانه به عنوان VBS نیازمند یادگیری عمیق<sup>6</sup> است. در این مورد، AlexNet<sup>7</sup>، مداخله CNN و واحد اندازه گیری اینرسی یا لختی (IMU<sup>8</sup>) برای شناسایی افراد تخلیه شده و به دام افتاده است. در طول حوادث آتش سوزی، افراد تخلیه شده می توانند از تلفن همراه خود برای گرفتن تصویر اطراف استفاده کنند و مسیر نجات را فعال نمایند. روش پیشنهادی VBS علاوه بر کمک به تخلیه شدگان محبوس، نیازهای آتش نشانان را برآورده کرده است. در حال حاضر، بیشتر جستجو و نجات (Kواقعیت افزوده<sup>9</sup>) برای آتش سوزی های داخلی، کاملاً بر استراتژی های مبتنی بر حالت دو بعدی متکی است که حداقل اطلاعات را ارائه می کنند و کمتر موثر هستند. برای کمک به آتش نشانان در مأموریت های جستجو و نجات (S) توسط واقعیت افزوده [24] می توان چندین فناوری پیشرفته را با هم ترکیب کرد که یکی از آنها شامل راهنمایی های بصری در زمان واقعی برای آتش نشانان در طول عملیات نجات است. این سیستم فناوری های بلوتوث، مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و سرور SQL را ادغام می کند تا از طریق اپلیکیشن های تلفن همراه، راهنمایی های بصری و صوتی را از فرمانده ی حادثه به آتش نشان در داخل ساختمان ارائه دهد. فرمانده حادثه به اطلاعات بصری BIM اشاره می کند و این اطلاعات را به آتش نشان در حال انجام وظیفه می رساند و آنها را قادر می سازد تا راهنمایی ها و کمک های ضروری را در طول مأموریت دریافت کنند. پژوهشگران دیگری از تلفن همراه به عنوان وسیله ای برای روش VBS برای ارائه راهنمای مسیریابی هوشمند در هنگام اضطراری آتش سوزی استفاده کرده اند، [۲۵] توسعه یک برنامه ی کاربردی تلفن همراه را پیشنهاد می کند که قادر است افراد تخلیه شده را از یک وضعیت اضطراری آتش سوزی مطلع کند و راهنمایی های بصری و صوتی را برای آنها فراهم نماید. این برنامه از یک وب سرور<sup>10</sup> برای تعیین مسیریابی بهینه کاربر و انتقال عکس های محیطی و تابلوهای جهت یابی هدایت آن ها به سمت مکان ایمن استفاده می کند. علاوه بر این، پژوهشگران از فناوری شناسایی فرکانس رادیویی برای تعیین مکان تخلیه شدگان به دام افتاده استفاده می کند و به عملیات نجات کمک بیشتری می نماید. استفاده از روش VBS فاکتورهای مفید زیادی را نشان می دهد. با این حال، هنوز هم موانع و معایب خود را دارد. پژوهش در مورد VBS [۲۰] رویکردی برای حفظ حریم خصوصی ساکنان در حین تشخیص آتش با استفاده از روش VBS پیدا کرد. از آنجایی که VBS حول تجسم محیط اطراف می چرخد، مسائل مربوط به حریم خصوصی باید حل شود. این مفهوم، دوربین با تکنولوژی NIR<sup>11</sup> (اشعه نزدیک به مادون قرمز) را سفارشی کرده است و دوربین را با استفاده از یک سیستم تشخیص حریق آگاه از فضای SA-FDS [20]، که نوعی از شبکه عصبی پیچشی (CNN)

<sup>1</sup> Vision Based Sensors

<sup>2</sup> Convolutional Neural Network

<sup>3</sup> از سریع ترین و دقیق ترین مدل های بلادرنگ برای تشخیص اشیا

<sup>4</sup> رزبری پای، رایانه ای کوچک و قدرتمند است

<sup>5</sup> Global Navigation Satellite System

<sup>6</sup> Deep Learning

<sup>7</sup> نام یک شبکه ی عصبی پیچشی یا همگشتی است

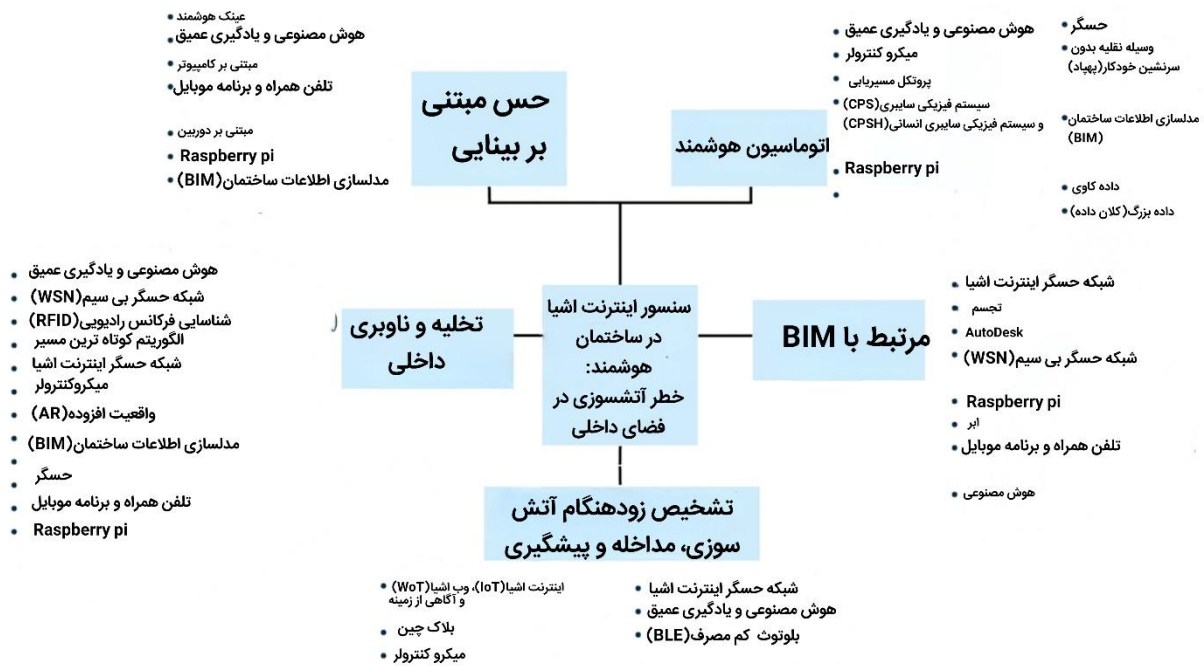
<sup>8</sup> Inertial Measurement Units

<sup>9</sup> Search and Rescue

<sup>10</sup> Web Server

<sup>11</sup> Near infrared

است، آموزش داده است. SA-FDS نسخه اصلاح شده SqueezeNet<sup>1</sup> است. این چارچوب ST-FDS نامیده می شود که فرمول SA-FDS و فاصله را ترکیب و سفارشی می کند تا موقعیت های آتش یا غیر آتش را تشخیص دهد. تلاش های بیشتری برای حفظ حریم خصوصی با ارزیابی سطح حریم خصوصی انجام شد و به این نتیجه رساند که سطح حریم خصوصی ۴ برای تشخیص حریق با استفاده از دوربین اختصاصی قابل قبول است.



شکل طبقه بندی ایمنی ساختمان های هوشمند در مقابل آتش سوزی داخلی

### ۳.۲ اتوماسیون هوشمند

با توجه به بررسی جامع نوشته شده توسط [۴]، اتوماسیون در یک ساختمان هوشمند در راستای پیشرفت تکنولوژی و در دسترس بودن ضروری است، زیرا اتوماسیون باعث تسریع اتصال پارامترهای زمان واقعی و بهبود تصمیم گیری در شرایط حاد می شود. این بررسی همچنین در مورد استفاده از حسگرهای ارزان قیمت و فناوری اینترنت اشیا برای جمع آوری داده ها و انتقال آن ایستگاه های کنترل مرکزی بحث می کند. شاخه ی اتوماسیون هوشمند گسترده است، اما یکی از حوزه هایی که توجه را جلب می کند، ادغام سیستم های تشخیص خودکار آتش در ساختمان ها، با استفاده از الگوریتم تخلیه و حسگرهای ارزان قیمت اینترنت اشیا برای تشخیص زود هنگام حریق است. این منطقه از نزدیک به اینترنت اشیا و سیستم های فیزیکی سایبری (CPS<sup>2</sup>) متصل است که شباهت های مشترکی دارند و با یکدیگر تلاقی می کنند. [26] اصطلاح CPS برای اولین بار در سال ۲۰۰۶ برای توصیف ادغام یکپارچه ی الگوریتم های محاسباتی با اجزای دنیای واقعی ابداع شد [۱۴]. این به وضوح در [۲۷] نشان داده شده است، جایی که سیستم هوشمند شامل یک شبکه ی حسگر، سرور ابری و موتور هوش مصنوعی با یک رابط کاربری برای تشخیص آتش و پیش بینی همزمان موقعیت و اندازه ی آتش است. در موتور هوش مصنوعی با استفاده از حافظه ی کوتاه مدت و بلند مدت (LSTM<sup>3</sup>)، یک شاخه ی شبکه عصبی بازگشتی (RNN<sup>4</sup>) و یک پایگاه داده ی محاسباتی آموزش دیده فرمول بندی می شود. به غیر از تشخیص آتش سوزی، تلاشی برای توسعه یک کپسول آتش نشانی هوشمند با استفاده از NodeMCU به عنوان میکروکنترلر، کدنویسی پایتون، حسگرها و دوربین برای تشخیص و متعاقباً تأیید آتش سوزی برای کاهش هشدارهای کاذب انجام

<sup>1</sup> یک شبکه ی عصبی پیچشی

<sup>2</sup> Cyber-Physical Systems

<sup>3</sup> Long Short Term Memory

<sup>4</sup> Recurrent Neural Network

گرفت [۲۸]. هنگامی که وضعیت آتش سوزی تایید شد، کنترل کننده یک سیگنال به موتور DC ارسال می کند و پمپ آب را برای خاموش کردن آتش فعال می کند. در مطالعه ی آن ها، [۲۹] مفهوم استفاده از ESP8266<sup>1</sup>، یک شبکه ی عصبی پس انتشار (BP<sup>2</sup>) و واقعیت افزوده duino UNO<sup>3</sup> را برای نظارت از راه دور و در زمان واقعی خانه های هوشمند مطرح کردند. روش پیشنهادی، راه حلی نوآورانه برای نظارت بر جنبه های مختلف خانه های هوشمند به شیوه ای یکپارچه و کارآمد ارائه می دهد. جنبه مهم اینترنت اشیا و حسگرها استفاده از پروتکل مسیریابی است. سرویس مسیریابی، ارتباطات کارآمد اطلاعاتی را بین اشیای هوشمند و نقطه اتصال های اینترنتی تضمین می کند. بنابراین، وظیفه گروه مهندسی اینترنت (IETF<sup>4</sup>)، ایجاد یک پروتکل مسیریابی به طور خاص برای استفاده از اینترنت اشیا است که پروتکل مسیریابی IPv6 برای شبکه های کم توان و پر اتلاف مصرف (RPL) نامیده می شود [۳۰]. با این حال، هیچ پروتکل مسیریابی خاصی برای پاسخگویی به حسگر آتش طراحی نشده است، زیرا شامل انتقال داده موثر در زمان واقعی است. به همین دلیل، [۳۰] تلاش کرد تا یک RPL اضطراری (EMRPL) با عملکردی برای پیش بینی مسیر آتش و انتقال اطلاعات حسگر در زمان واقعی ایجاد کند. عملکرد سیستم بر اساس نسبت تحویل بسته ارزیابی می شود. این شبیه سازی نشان می دهد که EMRPL از نظر نسبت تحویل بسته که یک عامل اساسی در حوادث آتش سوزی در زمان واقعی است، بهتر از RPL عمل می کند. بررسی علمی ساختمان های هوشمند، گذر از CPS سنتی به یک سیستم فیزیکی سایبری انسانی (HCPS<sup>5</sup>) را کشف کرده است که شامل تعامل انسانی، چه به طور مستقیم یا غیرمستقیم است [۱۴]. اگرچه بیشتر سیستم یا چارچوب پیشنهادی با استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا و هوش مصنوعی کاملاً خودکار است، اما همچنان نیازمند رویکرد انسانی است، به ویژه در زمینه ی خطر آتش سوزی؛ زیرا حول زندگی انسان می چرخد. مداخله انسانی شامل اختیار، قضاوت و اقداماتی است که شامل ورودی، بازخورد و دستکاری می شود و می تواند فرآیند اتوماسیون هوشمند را بهبود بخشد. مداخله انسانی بسیار مهم است، زیرا [۳۱] یک سیستم هشدار معروف به SB112 را پیشنهاد کرده است که شامل عوامل اجرایی شهر برای جمع آوری و عملیاتی کردن اطلاعات حیاتی از پلتفرم شهر هوشمند و نقطه پاسخگویی ایمنی عمومی (PSAP<sup>6</sup>) می شود. معماری کلی سیستم با یک حسگر کم هزینه اما کارآمد شروع می شود که آتش سوزی های اولیه و نشت گاز را براساس میکروکنترلر ESP32 و Raspberry Pi4 جمع آوری و شناسایی می کند که داده ها را به رایانش لبه ای DECIoT- برای فیلتر کردن و جمع آوری داده ها ارسال می کند. سپس، DECIoT- اطلاعات را به پلتفرم شهر هوشمند ساخته شده بر روی آپاچی کافکا<sup>۷</sup> ارسال می کند و یک تماس اضطراری NG112 را آغاز می کند. به همین ترتیب، [۳۲] به یک نقش انسانی در سیستم inLoc نیاز دارد که به دنبال کمک به کاربر مسن در هنگام خروج اضطراری است و نقش مدیریتی در اتصال و انتقال داده های سنجش بین ابزار و چراغ ها دارد. بسیاری از پژوهشگران بر روی تشخیص خودکار آتش با استفاده از سنسور های اشیا به عنوان پایه ی اولیه تمرکز کردند، اما با یک چارچوب اجرایی متفاوت برای ایجاد نوآوری خود. برای مثال، [۳۳] دمای واقعی، رطوبت و تشخیص دود همراه با حسگر مادون قرمز غیرفعال (PIR<sup>8</sup>) را برای تشخیص حرکت با توانایی تصویرسازی پیشنهاد کرد. همان مفهوم سنجش مشابه توسط [۳۴] به کار گرفته شد، اما با ظرفیت اضافی برای شناسایی شیوع اولیه ی آتش سوزی با استفاده از تاب خوردگی زمانی دینامیکی وزنی (WDTW<sup>9</sup>) به عنوان الگوریتم تشخیص آتش. یکی از اهداف وجود یک سیستم آتش نشانی هوشمند، تسریع اطلاع رسانی هشدار دهنده به ذی نفعان است و [۳۵] از یک سیستم جهانی برای ارتباطات سیار استفاده می کند (GSM<sup>10</sup>) تا زمانی که آستانه ی سنسور از حد مجاز فراتر رفت، ایمیل کند. مشابه VBS، اتوماسیون هوشمند همچنین می تواند پرسنل

<sup>1</sup> یک ریز تراشه ی وای فای ارزان قیمت با نرم افزار داخلی شبکه ی تی سی پی/آی پی و قابلیت میکروکنترلر است

<sup>2</sup> Back Propagation

<sup>3</sup> یکی از پرکاربردترین مدل های سخت افزار آردوینو است. در این برد از یک میکروکنترلر به عنوان پردازشگر و حافظه استفاده می

شود

<sup>4</sup> یک گروه جهانی از کارشناسان شبکه است که برای توسعه و اصلاح استانداردها و پروتکل های اینترنت همکاری می کنند. اعضای آن متعهد به تضمین عملکرد و تکامل بی نظیر اینترنت هستند و پروتکل های مهم را توسعه داده اند.

<sup>5</sup> Human-Cyber-Physical Systems

<sup>6</sup> Public Safety Answering Point

<sup>7</sup> یک سکوی پردازش جووباری متن باز

<sup>8</sup> Passive Infrared Sensor

<sup>9</sup> Weighted Dynamic Time Warping

<sup>10</sup> Global System for Mobile communication

آتش نشانی را در خود جای دهد و [۳۶-۳۸] سیستم تصمیم گیری هوشمند را برای هدایت و کمک به پرسنل آتش نشانی در طول عملیات نجات ارائه نماید. معماری سیستم مدل سه لایه توسط [۳۹] بر اساس چند عامل طراحی شده است: در دسترس بودن سیستم باید ۲۴ ساعت شبانه روز و ۷ روز هفته باشد، قادر به مدیریت حجم انبوهی از داده ها بوده و بسیار مقیاس پذیر باشد. از سوی دیگر، [37] پنج جزء را پیشنهاد کند: جعبه ی هوشمند<sup>۱</sup>، سرور پشت سر<sup>۲</sup>، میان افزار<sup>۳</sup>، نرم افزار نهایی<sup>۴</sup> و برنامه موبایل برای پیکر بندی سیستم<sup>۵</sup>. علاوه بر این، [۳۸] ماژول های مکان یابی/آتش را توسعه دادند که نقشه های ناوبری نجات را در تجسم سه بعدی BIM ارائه می کنند. در مورد [39]، این پژوهش، الگوریتمی را برای مکان یابی دقیق افراد تخلیه شده در داخل خانه و ارائه ی تجسم فضای داخلی به مقامات آتش نشانی ارائه می دهد. این الگوریتم بر اساس استقرار چراغ فرکانس رادیویی آگاه از محیط برای محلی سازی مبتنی بر توالی (EASBL<sup>6</sup>) ساخته شده است که الگوریتم جستجوی ممنوعه را به عنوان پارامتر فراابتکاری خود اعمال می کند. علاوه بر پایش داخلی، برخی از پژوهشگران، نظارت بر فضای داخلی و خارجی را تسهیل می کنند. به عنوان مثال، [۴۰] می توان از یکپارچه سازی و ادغام حسگر، پرنده هدایت پذیر بدون سرنشین یا پهپاد (UAV<sup>7</sup>)، پلتفرم IoT AllJoyn و چراغ های دریایی استفاده کرد. روش پیشنهادی، نظارت و پاسخ اضطراری به کمک پهپاد (UAV-EMOR) نامیده می شود و یک چشم انداز و مشاهده فعال را ارائه می دهد و در عین حال بر ارتباطات ایمن بین ماژول های خود با استفاده از تشخیص اثر انگشت تاکید می نماید. ضمناً، [۴۱] میتوان یک نمونه ی اولیه حسگر همه جانبه را توسعه داد که از پنج تابع تنها با استفاده از سه حسگر پشتیبانی می کند. با این حال، مقرون به صرفه است و در مقایسه با حسگر معمولی ارزان تر است. علاوه بر این، این سیستم تنها از یک ماژول بی سیم با حسگر های دما، نور و CO<sub>2</sub> استفاده می کند، اما قادر به تشخیص دما، دی اکسید کربن، فضای اشغال اتاق، روشنایی و تشخیص آتش است و ۳۳ درصد ارزان تر از راه حل های سنتی سنجش است. تعریف اتوماسیون هوشمند برای آتش سوزی داخلی به حسگرهای خودکار یا تشخیص زود هنگام حریق، محدود است و کل پایگاه داده مربوط به تشخیص آتش را در بر نمی گیرد. همانطور که در [۴۲] نشان داده شد، این تعریف می تواند طیف وسیعی از زیر مجموعه ها را در بر گیرد. پژوهشگران، رویکردی را برای ساده کردن فرآیند پیچیده یکپارچه سازی داده های حسگر با BIM ایجاد کرده اند تا راه های متنوعی را که از طریق آن ها اتوماسیون هوشمند می تواند برای تشخیص حریق اعمال شود، به نمایش بگذارد. این زبان که به عنوان زبان مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIMSL<sup>8</sup>) شناخته می شود، به دلیل علاقه ی وافر به ارتباط دادن حسگرها با BIM برای تصویرسازی بهتر، پیچیدگی فرآیند را مورد بررسی قرار می دهد. به جای روش معمول، زبان همه منظوره (GPL<sup>9</sup>) برای پیوند حسگرها و BIM، [۴۲] در حال توسعه BIMSL خود با استفاده از زبان دامنه خاص است. در مجموع این مطالعات قبلی، نقش حیاتی داده ها را، چه در زمان حاضر و چه در گذشته، ترسیم می کند که می تواند به اطمینان از موفقیت اتوماسیون هوشمند کمک کند. داده های بی درنگ می توانند حوادث لحظه ای را بهبود ببخشند و آن ها را در خود جای دهند، در حالی که داده های گذشته می توانند مدلی را برای پیش بینی هوشمندانه ی یک حادثه آموزش دهند. با این حساب، اصطلاحاتی که معمولاً با داده ها در اتوماسیون هوشمند مرتبط هستند، داده کلوی و داده های بزرگ هستند. به عنوان مثال، در لیسبون، [۴۳] از یک رویکرد داده کاوی برای شناسایی مناطق در معرض خطر بیشتر و پیش بینی حوادث آینده برای بهبود کیفیت زندگی ساکنان آن استفاده می کند. مجموعه داده های رویدادهای گذشته شامل آتش سوزی ساختمان ها و سایر حوادث از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۸ تحت فرآیند استاندارد بین صنعتی برای داده کاوی (CRISP-DM<sup>10</sup>) قرار گرفتند. انبوهی از منابع کلان داده، شامل داده های ساختار یافته، مانند گزارش های تلفات و آمار جمعیتی و داده های ساختار نیافته مانند جمع سپاری و رسانه های اجتماعی، ارزش قابل توجهی برای مدیریت سوانح دارند. با این حال، برای استفاده از پتانسیل کامل آنها، جمع آوری داده ها، جمع و پایش پردازش بیشتر ضروری است. در پاسخ، [۴۴] یک معماری جدید ارائه کرد که اکوسیستم هادوپ و موتور آپاچی اسپارک را برای تجزیه و تحلیل این

<sup>1</sup> Smart box

<sup>2</sup> Back-end Server

<sup>3</sup> Middleware

<sup>4</sup> Front-end Application

<sup>5</sup> Mobile Application To Configure The System

<sup>6</sup> environment-aware radio frequency beacon deployment algorithm for sequence-based localization

<sup>7</sup> Unmanned aerial vehicle

<sup>8</sup> Building Information Modeling Language

<sup>9</sup> General Purpose Language

<sup>10</sup> Cross-industry standard process for data mining

اطلاعات در حمایت از شهرهای هوشمند مقاوم در برابر حوادث و بلايا (DRSC<sup>1</sup>) یکپارچه می‌کند. این تحلیل منطقی به برنامه های کاربردی مدیریت سوانح کمک می کند و درک جامع تری از داده ها و پیامدهای آن ارائه می دهد.

### ۳.۳ تخلیه و نوبری داخلی

در هنگام خطرات آتش سوزی داخلی، تخلیه ایمن با درک کم از مسیر و دید محدود چالش برانگیز است. برای اطمینان از ایمنی، بسیاری از پژوهشگران موضوع تخلیه و نوبری ایمن را با حجم وسیعی از ادبیات و یافته های ارائه شده بررسی کرده اند. این موضوع از زمان های اولیه مورد توجه قرار گرفته است و همیشه سبز بوده است. با این حال، ترکیب قابلیت های مرتبط با فناوری اطلاعات و قابلیت های هوشمند حداقل به سال ۲۰۱۲ باز می گردد، زمانی که [۴۵] فناوری های اطلاعات و ارتباطات (ICT<sup>2</sup>) و برنامه های کاربردی تلفن همراه را برای ارائه ی مسیرهای تخلیه و راه حل های دیگر ترکیب کرد. مسیر تخلیه با توجه به کاربر، سفارشی سازی می شود و می تواند راه حل های مشاهده ی چندگانه مانند فرمت سه بعدی را ارائه دهد. شناسایی ساکنان گرفتار شده، چالش برانگیزترین کار برای آتش نشانان خط مقدم است. با این حال، پژوهش های اخیر [46] به طور مداوم روشی را برای بومی سازی ساکنان به دام افتاده با استفاده از حسگرهای اینرسی شناسایی کرده است. این مدل، یک هشدار شفاهی از ساکنان دریافت می کند که با استفاده از درک یادگیری طبیعی (NLU<sup>3</sup>) ترجمه می شود و حرکت را به صورت پویا با استفاده از چندین معادله ی همراه با سیستم مختصات و قدم های ساکنان ردیابی می کند. پیش از این، به دلیل محدودیت های تکنولوژیکی در آن زمان، مکان یابی افراد تخلیه شده ممکن بود زمان بر باشد. در [47]، تخمین زاویه ی رسیدن برای یک الگوریتم محلی سازی استفاده شد که نظارت مستمر را برای محیط های ساختمان ایمن فراهم می کند. ضمناً، [۴۸] از RFID برای مشخص کردن مکان های داخلی استفاده می کند، که امکان تخلیه ی ایمن را از طریق استفاده از WSN و برنامه های تلفن همراه که شامل علائم پیکان برای نوبری است، فراهم می سازد. این رویکردهای نوآورانه پتانسیل امیدوار کننده ای را برای افزایش ایمنی و امنیت محیط های داخلی در شرایط اضطراری نشان می دهد. در خلال تخلیه اضطراری داخل ساختمان، زمان برای تخلیه کنندگان و امدادگران، که اغلب کوتاه ترین مسیر برای ایمنی را اولویت بندی می کنند، ضروری است. به نظر می رسد که الگوریتم دایجسترا طور فزاینده ای به عنوان یک راه حل مناسب برای بهینه سازی مسیرهای تخلیه شناخته می شود. چندین مطالعه، از جمله [۴۹، ۴۶، ۳۸، ۲۴، ۵۱] الگوریتم دایجسترا را در تحقیقات خود با شخصی سازی برای تطبیق با اهداف پژوهش گنجانده اند.

در حالی که [۴۹] نگران ارائه نوبری کوتاه ترین مسیر ایمن (ECSSN) بدون انسداد برای ساکنان گرفتار شده بود، [۲۴] بیشتر نگران ارائه ی راهنمایی مسیر بهینه و در زمان واقعی برای آتش نشانان در طول جستجو و نجات بود. الگوریتم ECSSN با روش IoT-WSN بر اساس این مفهوم ساخته شده است که ساکنان به دام افتاده ی دور از منطقه ی خطر، واضح ترین و کوتاه ترین مسیر برای خروج خواهند داشت. برخلاف ساکنان محبوس شده در نزدیکی منطقه ی خطر، آنها مستعد ازدحام هستند و در جستجوی راهی برای خروج مشکل خواهند داشت [۴۹]. الگوریتم دایجسترا در [۲۴] برای محاسبه یک مسیر نوبری و به منظور ارائه یک مسیر نجات بهینه به آتش نشانان و در عین حال در نظر گرفتن همه ی عوامل، مانند حداقل سرعت الزام در امداد و نجات آتش سوزی یا شرایط ساختمان داخلی، استفاده می شود. بر خلاف [۵۰]، اکثر پژوهشگران به دلیل پیچیدگی شبکه در تعیین نقطه ی شروع یا پایان، به ویژه در مواقع اضطراری، بر روی یک منطقه ی کوچک برای اعتبار سنجی سیستم ها یا روش های مربوطه تمرکز می کنند. با این حال، به منظور اثبات اثربخشی علامت خروج هوشمند پیشنهادی برای حوادث آتش سوزی بلادرنگ، [۵۰] الگوریتم تنظیم جهت خودکار توسعه یافته (ADSA<sup>4</sup>) را که با الگوریتم های دیگر براساس سناریویی با ظرفیت های مختلف ساختمان و ADSA همسو شده است، تایید و ارزیابی کرد و توانست اطلاعات ضروری علائم خروج را در کمتر از سه ثانیه حتی با ۱۵۰۰ نقطه اتصال به عنوان ورودی ارائه دهد. ضمناً، [۵۱] با استفاده از الگوریتم سفارشی و پروتکل ارتباطی خود، بر ارائه امن ترین مسیر و نه لزوماً کوتاه ترین، تمرکز کرد. سیستم پیشنهادی با استفاده از شبیه ساز تخلیه ساختمان توزیع

<sup>1</sup> disaster-resilient smart cities

<sup>2</sup> Information and Communications Technology

<sup>3</sup> Natural-language understanding

<sup>4</sup> Automated Direction Settings Algorithm

شده (DBES<sup>1</sup>) با سناریوهای مختلف، اعتبارسنجی شد. نتیجه نشان می‌دهد که این سیستم می‌تواند به تخلیه کمک کند و به طور همزمان اطمینان حاصل کند که افراد تخلیه شده با وجود حادثه ی آتش سوزی، سلامت خود را حفظ می‌کنند. جالب توجه است، [۴۶] یک ماژول مسیریابی بین ساکنان گرفتار شده و آتش نشانان با استفاده از دستورات صوتی ایجاد کرده است. زمانی که ساکنان از اپلیکیشن موبایل برای وارد کردن فرمان صوتی خود با اطلاعات کافی (تعداد و سطح اتاق) استفاده می‌کنند، سیستم کوتاه ترین مسیر ناوبری بر اساس دایجسترا را در اختیار آتش نشان قرار می‌دهد. در نهایت، [۳۸] از الگوریتم دایجسترا برای هر دو ماژول خود استفاده می‌کند تا به تخلیه شدگان به دام افتاده کمک نموده که راه خود را به بیرون پیدا کنند و به آتش نشانان هم کمک کند تا ساکنان به دام افتاده را پیدا نمایند. تنها تفاوت این است که اولی از ضریب جریمه در محاسبه خود برای جلوگیری از نتایج ناوبری به سمت منطقه ی آتش سوزی استفاده می‌کند، در حالی که دومی از ضریب جریمه استفاده نمی‌کند. علاوه بر استفاده از الگوریتم دایجسترا، پژوهشگران همچنین پتانسیل شبکه های نقطه اتصال حسگر را برای افزایش ناوبری ایمن در فضای داخلی در شرایط اضطراری بررسی کرده اند. یک مطالعه، [۵۲] که بر WSN و اهمیت مدت زمان خروج در دسترس (AED<sup>2</sup>) در سناریوهای آتش های پویا متمرکز بود، یک الگوریتم سریع فرار از آتش (SEE) را پیشنهاد کرد و عملکرد آن را در برابر دو الگوریتم معیار (PRE و GLOBAL) ارزیابی نمود. در این مطالعه از TelosB برای اعتبارسنجی سیستم استفاده شده است و نتایج نشان داد که آن الگوریتم (SEE) نسبت به دو الگوریتم دیگر، حداکثر زمان خروج ایمن (MSET<sup>3</sup>) قابل اعتماد تری تولید می‌کند. به همین ترتیب، [53] یک شبکه ی حسگر با استفاده از TelosB برای ایجاد WSN خود می‌سازد و حسگر هر قرائتی را تشخیص دهد که از حد تعیین شده ی خود فراتر رود، نقطه اتصال ها جهت را تنظیم کرده و ناوبری خروج ایمن را فراهم می‌کنند. نمونه دیگری از پیاده سازی WSN در [۵۴] برجسته شده است، جایی که یک حسگر مقاومت نور، واقعیت افزوده duino-Uno و ماژول ارتباط بی سیم را ادغام می‌کند و یک سیستم علامت خروج هوشمند (SISES<sup>4</sup>) را ارائه می‌دهد [۵۴]. SISES بر برقراری ارتباط بین کنترل کننده ی بدون سرور مرکزی، اما با توجه به WSN متمرکز شد. در نتیجه پایداری و قابلیت اطمینان پروتکل ارتباطی برقرار شده با وجود وضعیت ساختمان (انسداد، چند سطحی) کمتر از چهار ثانیه گزارش شده است. به غیر از تاکید بر یافتن کوتاه ترین مسیر، چند پژوهشگر به ویژگی های مختلف مربوط به تخلیه ی ایمن آتش سوزی پرداخته اند. مفهومی مبتنی بر واقعیت افزوده (AR) برای تخلیه و نظارت در زمان واقعی با استفاده از حسگرهای مختلف اینترنت اشیا مانند آشکار سازهای شعله، دود و چند گاز توسط [۵۵] پیشنهاد شد که یک عنصر خاموش کننده آتش هوشمند را نیز در خود جای داده است. واقعیت افزوده با استفاده از موتور Unity توسعه داده شد و ساکنان و امدادگران می‌توانستند از طریق تلفن همراه به اطلاعات واقعیت افزوده دسترسی داشته باشند. یک مطالعه همچنین بر تعیین علائم خروج پویا با استفاده از BIM به عنوان ورودی به الگوریتم متمرکز است. به طور خاص، با استفاده از یک شبکه گراف ناوبری استخراج شده از BIM، این پژوهش سعی کرد یک مسیر بهینه برای علائم خروج ایجاد کند و جهت های منفی را کشف نماید [۵۶]. مشابه رویکرد اتخاذ شده در [۵۶،۵۷] شامل مولفه ی علائم خروج هوشمند در پژوهش های خود علاوه بر ارائه ی یک مسیر تخلیه برای ساکنان با استفاده از الگوریتم A\* بود. چراغ های بلوتوث کم مصرف (انرژی پایین) (BLE<sup>6</sup>) برای سنجش و مکان یابی و ESP32<sup>7</sup>/MQ-2<sup>8</sup> برای سنجش استفاده شد. برخلاف مطالعات قبلی که بر دیدگاه ساکنان ساختمان یا بر هر دو دیدگاه ساکنین و امدادگران متمرکز دارد، مطالعه دیگری به طور خاص، دیدگاه آتش نشانان را بررسی می‌کند. هدف این پژوهش، پشتیبانی از آتش نشانان در مواقع اضطراری با ایجاد یک نمودار وزنی متحرک زمانی (TMWG<sup>9</sup>) است که ماژول های ناوبری، پیش بینی خطر و ارتباط پایدار را ادغام می‌کند [۵۸]. برای دستیابی

<sup>1</sup> [Distributed Building Evacuation Simulator](#)

<sup>2</sup> [Available Egress Duration](#)

<sup>3</sup> [Maximum Safe Egress Time](#)

<sup>4</sup> [Smart Exit Sign System](#)

<sup>5</sup> [Augmented Reality](#)

<sup>6</sup> [Bluetooth Low Energy](#)

<sup>7</sup> [یک میکروکنترلر قوی و برنامه پذیر](#)

<sup>8</sup> [ماژول تشخیص گاز و دود](#)

<sup>9</sup> [Temporal Mobile Weighted Graph](#)

به این هدف، این مطالعه از یک شبکه حسگر بی سیم در ناحیه ای از بدن (WBAN<sup>1</sup>) که آتش نشان حمل می‌کند، استفاده می‌کند و به صورت پویا اطلاعاتی را در مورد وضعیت آتش نشان و وضعیت لحظه ای فعلی جمع آوری می‌نماید. یک رویکرد جالب با تمرکز بر همبستگی شاخص توده بدنی (BMI<sup>2</sup>) با سرعت تخلیه ی صعودی با استفاده از راه پله حول معادلات ریاضی و توسعه ی ابزارهای هوشمند می‌چرخد [۶۲]. این ایده با این فرضیه شروع میشود که سرعت و زمان تخلیه ی صعودی با BMI فرد تخلیه شده مطابقت دارد و آزمایشی برای اثبات این فرضیه انجام شد. آزمایش، این فرضیه را تایید کرد و برای بهبود کارایی تخلیه، یک طراحی ایمن هوشمند برای راه پله های آتش نشانی پیشنهاد شد که شامل حسگر وزن، آشکارساز اولتراسونیک ارتفاع، دستگاه پردازش مرکزی و دستگاه شناسایی عابر پیاده بدون نیاز به اصلاح ویژگی های معماری پله است. در نهایت، همانطور که توسط [۲۳،۲۵،۶۰] بحث شده است، استفاده از هوش مصنوعی برای اهداف تخلیه نیز در دسترس است [۲۶] و می‌توان از یک رویکرد متفاوت در تولید برنامه ریزی مسیر استفاده کرد که دارای یک شبکه عصبی پس انتشار (BP) و زمان خروج محلی موجود (ALET<sup>3</sup>) به عنوان ورودی برای عامل زمان در الگوریتم تعیین شده است. شبکه عصبی BP آموزش دیده برای تسریع روند برنامه ریزی مسیر اقتباس شده است. از سوی دیگر، اطلاعات حسگر (دما، سرعت رشد آتش، غلظت مونوکسید کربن) و عوامل فردی (فیزیکی و غیر فیزیکی) به عنوان اطلاعات ورودی برای یک شبکه عصبی مصنوعی (ANN<sup>4</sup>) و جهت ارائه ی مسیریابی و ناوبری پویای تخلیه کنندگان استفاده شد [۲۵]. مدل در Sm واقعیت افزوده tEscape ورودی را به عنوان یک امتیاز ریسک می‌خواند، تهدید احتمالی را حذف می‌کند و به طور هوشمند مسیریابی را مطابق با محیط ساختمان داخلی و ویژگی های فیزیکی افراد تخلیه شده در زمان واقعی ارائه می‌دهد [۲۵]. در نهایت، یک ماشین بردار پشتیبانی آموزش دیده (SVM<sup>5</sup>) برای بررسی و طبقه بندی اطلاعات سنسجش سوابق ثبت شده از طریق مدل Raspberry Pi 3 با دوربین به عنوان خطرناک یا غیر خطرناک استفاده می‌شود [۶۰]. همچنین، از محاسبات ابری استفاده می‌کند که از الگوریتم A\* برای عنصر تخلیه استفاده نماید.

#### ۳.۴ تشخیص زود هنگام حریق، مداخله و پیشگیری

پیشرفت های تکنولوژیکی، منجر به اختراعات نوآورانه بسیاری شده است، از جمله در زمینه ایمنی آتش سوزی های داخلی. پژوهشگران روش های مختلفی را برای تشخیص علائم اولیه ی آتش سوزی، مداخله و جلوگیری از گسترش بیشتر پیشنهاد کرده اند. علاوه بر این، در خلال شروع اولیه اینترنت اشیا (IoT) و وب اشیا (WoT<sup>6</sup>)، مطالعه ای بر ترکیب این فناوری ها با اشیا ی مجازی (ViO<sup>7</sup>) و آگاهی از این زمینه برای ایجاد یک سیستم مدیریت آتش جامع متمرکز شد. این سیستم شامل یک منبع گزارش بایگانی شده در قالب ViO معنایی است و می‌تواند آتش سوزی را تشخیص دهد و به تصمیم گیری در زمان واقعی بر اساس اطلاعات فعلی کمک نماید [۶۱]. یکی دیگر از پروژه های پژوهش هایی مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات به نام CAP-ONES است که بر روی کار قبلی دسترسی ایمن پیام برای همه ی هستی شناسی (SEMA4A) از پژوهش های دیگر ساخته شده است، یک هشدار اضطراری را در یک پروتکل هشدار مشترک (CAP<sup>8</sup>) به شکل توصیف سطح خطر در قالب ویدئو، تصویر و موارد دیگر ارسال می‌کند [۴۵]. هر دو مطالعه، فناوری های پیشرفته و مفاهیم منحصر به فرد آن دوران را برای توسعه یک سیستم واحد و همه جانبه ترکیب کردند. ادغام، قابلیت همکاری و هماهنگی هر مفهوم، پیچیده و زمان بر بود، اما نتیجه نهایی، یک سیستم جامع می‌شد. با گذشت زمان، پیشرفت های تکنولوژی، این فرآیند را ساده تر و قابل مدیریت تر کرده است. مفاهیم متنوعی مانند ادغام اینترنت اشیا و بلاک چین، نمونه ربات های اولیه ی آتش نشان خودکار برای جلوگیری از گسترش آتش [63] و «e-nose» (بینی الکترونیکی) هوشمند برای تشخیص گازهای خطرناک به طور مداوم معرفی شدند [۶۴]. ایده [۶۲] بر روی تشخیص آتش سوزی در آشپزخانه با توسعه یک دستگاه نصب شده در خروجی اجاق گاز متمرکز شده است که می‌تواند در

<sup>1</sup> [Wireless Body Area Network](#)

<sup>2</sup> [Body Mass Index](#)

<sup>3</sup> [Available Local Egress Time](#)

<sup>4</sup> [Artificial Neural Network](#)

<sup>5</sup> [Support Vector Machine](#)

<sup>6</sup> [Web of Things](#)

<sup>7</sup> [Virtual Objects](#)

<sup>8</sup> [Common Alerting Protocol](#)



حالت های آنلاین و آفلاین کار کند. این دستگاه با استفاده از ماژول ESP8266MOD ساخته شده است و اتریوم<sup>۱</sup> میزبانی شده توسط اینفیورا (Infura) و فایربیس (Firebase) را برای برقراری ارتباط از طریق برنامه های تلفن همراه یکپارچه می کند. همانطور که در مطالعه ای گزارش شده است، یک نمونه اولیه ربات آتش نشان خودکار با استفاده از ESP برای ارتباطات WiFi توسعه یافته است [۶۶]. این ربات با استفاده از یک برد آردوینو مگا و یک حسگر شعله ساخته شده است و ESP8266 آن را قادر می سازد تا آتش را به طور خودکار شناسایی و خاموش کند. همانطور که برای [۶۴]، آردوینو را با چندین حسگر گاز جفت کرد و آن را با هوش مصنوعی آموزش داد تا با استفاده از SVM، بالاترین حساسیت گاز را که TGS2600 است پیدا کند. به همین ترتیب، [۶۸] تحقیقات را بر روی تشخیص گازهای خطرناک مانند مونوکسید کربن، گاز مایع (LPG<sup>۲</sup>) و سولفید هیدروژن با استفاده از آردوینو اونو (واقعیت افزوده duino Uno)، چندین حسگر گاز و ویژگی متمایز آن با استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان منبع انرژی متمرکز می کند. در همین حال، برای بهبود قابلیت اطمینان بودن و دقت داده ها از حسگرهای مختلف نصب شده بر روی کنترل کننده Waspote، [۶۶] از منطق فازی برای ایجاد مقادیر احتمال آتش سوزی استفاده می کند. مشابه دیگر مفاهیم، حسگر می تواند نشانه های اولیه آتش سوزی را تشخیص دهد و با استفاده از روش منطق فازی، انتقال بسته های داده، بیش از حد معمول خواهد بود اگرچه هشدارهای کاذب با وجود انواع مختلف فناوری و مفاهیم پیشنهادی اجتناب ناپذیر هستند، اما راه هایی برای کاهش وقوع آنها وجود دارد. برخی از راه ها را می توان برای کاهش نرخ هشدار نادرست پیاده سازی کرد. استفاده از هوش مصنوعی در تشخیص زود هنگام حریق می تواند به میزان قابل توجهی پتانسیل هشدارهای کاذب را کاهش دهد. چندین پژوهشگر، پتانسیل استفاده از هوش مصنوعی تعبیه شده در سیستم های خود را مورد بحث قرار داده اند. به عنوان مثال، [۶۷] یک سیستم چند حسگری را پیشنهاد کرد که از آردوینو اونو به عنوان یک میکروکنترلر استفاده می کند و طبقه بندی را انجام داده تا به این نتیجه برسد که SVM می تواند عملکرد دقیق تشخیص آتش را تولید کند. از سوی دیگر، [۶۸] از LSTM، نوعی CNN، برای پیش بینی داده های زمانی استفاده کرد. این روش تنها نمی تواند کانون حریق را پیش بینی کند، بلکه مشخصاً کانون حریق را شناسایی می کند، زیرا با سناریوهای آتش سوزی ۱۰۰ تونلی با دقت پیش بینی ۹۴ درصد آموزش داده می شود. سیستمی که به عنوان Help Responder شناخته می شود از پروتکل IoT-BLE برای اهداف سنجش تشکیل شده است و دارای یک دوربین حرارتی تعبیه شده با الگوریتم بینایی مصنوعی برای پیش بینی علائم اولیه آتش است [۶۹]. برای اثبات کارایی این مفهوم، شبیه سازی انجام شد. نتایج نشان می دهد که با استفاده از این سیستم، یک آتش نشان می تواند شش دقیقه زودتر به محل آتش سوزی برسد. به جای استفاده از یک تصویر برای پیش بینی علائم اولیه آتش، [۳۴] از همان رویکرد [۶۵] بهره می برد که از اطلاعات بلادرنگ تغذیه شده توسط حسگرهای متعدد استفاده کرده و یک الگوریتم تشخیص حریق را بر اساس پیچیدگی زمانی دینامیکی وزنی (WDTW) سفارشی می کند. مطابقت شباهت بین ساختار سیگنال حسگر می تواند به عنوان معادله ای برای پیش بینی آتش استفاده شود [۳۴]. مطابق پژوهش ارائه شده در [۴۳] از یک الگوریتم هوش مصنوعی می توان برای تجزیه و تحلیل داده های حوادث گذشته ی مرتبط با خطرات در لیسبون، با هدف پیش بینی و رسیدگی به حوادث مکرر شهر استفاده کرد. در این پژوهش از دو مجموعه داده و چهار الگوریتم طبقه بندی (رگرسیون لجستیک<sup>۳</sup>، k-نزدیک ترین همسایه<sup>۴</sup>، SVM، الگوریتم بیز ساده<sup>۵</sup>، الگوریتم درخت تصمیم<sup>۶</sup> و جنگل تصادفی<sup>۷</sup>) استفاده شده است. یافته ها نشان می دهد که پیش بینی آتش سوزی و حوادث صنعت، تکنولوژی چالش برانگیزی است و به اطلاعات بیشتری نیاز دارد.

<sup>1</sup> [Ethereum](#)

<sup>2</sup> [Liquefied petroleum gas](#)

<sup>3</sup> [Logistic Regression](#)

<sup>4</sup> [K-Nearest Neighbours](#)

<sup>5</sup> [Naive Bayes](#)

<sup>6</sup> [Decision Tree](#)

<sup>7</sup> [Random Forest](#)

### ۳.۵ مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

با توجه به یافته‌های نهایی حاصل از جستجوی ادبیات، مشخص شد که استفاده از BIM در پژوهش‌های سال ۲۰۱۴ آغاز گردید. از آن زمان، تعداد فزاینده‌ای از پژوهشگران در مطالعات خود بر BIM تاکید کرده‌اند که جدیدترین مطالعه شامل BIM در سال ۲۰۲۲ است. انتقال در نقش BIM را می‌توان به عنوان تبدیل از یک عنصر حمایتی در پژوهش به تمرکز اصلی مطالعه خلاصه کرد. در سال ۲۰۱۴، [۳۹] الگوریتمی را توسعه داد که از اطلاعات هندسی استخراج شده از BIM ناحیه حسگر به عنوان مرجع بصری برای تعامل استفاده می‌کند. بین آتش‌نشان و فرمانده حادثه آتش‌نشانی استفاده از BIM در این پژوهش برای بهبود کیفیت تفکیک فضا است و می‌تواند تعیین موقعیت کاذب در سطح اتاق را کاهش دهد. با افزایش ادغام حسگرهای BIM و دیجیتال، ادغام حسگرهای BIM و بی‌درنگ به دلیل کمبود نرم‌افزارهای با قابلیت همکاری و دانش محدود BIM، دشوارتر می‌شود. بنابراین، [۴۲] در سال ۲۰۱۷ ابتکار عمل را برای ارائه یک رویکرد عمومی برای ادغام BIM و اطلاعات حسگر زمان واقعی با استفاده از زبان خاص دامنه، یک روش مهندسی نرم‌افزار پیشرفته، انجام داد. این زبان که به عنوان زبان مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIMSL) شناخته می‌شود، در پنج مرحله توسعه یافته و با استفاده از پروتکل ارتباط داده‌ی Modbus و استفاده عملی توسط مهندسان نرم‌افزار حرفه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از آن، اجرای BIM به عنوان یک کمک بصری در مطالعات توسط [۲۴، ۳۸، ۵۶، ۷۰] مورد تاکید قرار گرفت. در میان اینها، [۳۸] یک سیستم پیشگیری از آتش‌سوزی را برای ساختمان‌های هوشمند معرفی کرد، با استفاده از نرم‌افزار مدل سازی اطلاعات ساختمان (Autodesk Revit) برای ساخت یک مدل BIM که شامل پنج ماژول مجزا است. این ماژول‌ها به چندین پایگاه داده تقسیم شدند و با استفاده از Revit API یکپارچه گردیدند. علاوه بر این، مدل BIM پیاده‌سازی شبکه‌های حسگر بلوتوث را نشان می‌دهد، با قرائت‌هایی که با استفاده از Raspberry Pi3 منتقل می‌شوند. کار بر روی نرم‌افزار مبتنی بر BIM، [۵۶] به طور خودکار جهت علامت خروج را تعیین می‌کند، جهت خروج را بر اساس کوتاه‌ترین مسیر توصیه‌شده و مسیر تخلیه در دسترس و جهت‌های منفی مربوط به مناطق خطرناک را محاسبه می‌کند. این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار مدل سازی اطلاعات ساختمان (Autodesk Revit) برای ساخت مدل BIM خود، از یک شبکه گراف ناوبری به عنوان ورودی الگوریتم استفاده می‌کند که به ایجاد خطوط مسیر ناوبری طبقه و خطوط مسیر پله نیاز دارد. با استفاده از نظریه‌ها و مفاهیم مختلف، [۶۸] سعی شد اطلاعات حادثه آتش‌سوزی را با یک پلتفرم تجسم و مصور سازی با استفاده از ارتباطات سبک و صف آرایی (LCM<sup>1</sup>) با یک چارچوب محاسباتی پیوند دهد. در مطالعه آن‌ها، [70] یک شبیه‌ساز WSN را توسعه دادند که حسگرهای فردی را قادر می‌سازد تا بسته‌های داده LCM را در یک مرکز نظارت مرکزی منتشر کند، سپس با مدل تشخیص رویداد خود ارتباط برقرار می‌نماید. شناسایی رویداد حاصل متعاقباً در BIM با استفاده از یک سیستم نرم‌افزاری طراحی ساختمان به نام (ABD<sup>2</sup>) است که به عنوان یک ویژگی پس از پردازش به جای زمان واقعی، مصور سازی می‌شود. قابل ذکر است که هر رویداد بر اساس سطح تهدید طبقه بندی شده و با استفاده از رنگ‌های مختلف نمایش داده شده است. برعکس، [۲۴] روی مصور سازی حوادث بلادرنگ و ارائه مسیری پویا برای اولین پاسخ دهنده متمرکز شد. در مدل BIM، فرماندهی حادثه‌ی آتش‌سوزی می‌تواند تعداد حسگرهای بلوتوث مستقر در ساختمان را مشاهده کند، در حالی که برنامه ریزی مسیر نجات آتش‌نشانی از طریق یکپارچه‌سازی مدل BIM و سرور SQL قابلیت دسترسی دارد. در ضمن، با تمرکز بر مدل داده‌ی کلاس‌های بنیادین صنعت (IFC<sup>3</sup>) BIM- [۲۳] یک مسیر نجات ساخته شده با استفاده از مدل شبکه‌ی هندسی (GNM<sup>4</sup>) از طریق مدل‌های IFC فراهم شد. استخراج کلاس/روابط IFC با استفاده از جعبه ابزار IFC JAVA TOOLBOX اجرا شد و متعاقباً، رابطه بین عناصر برای ایجاد موارد اولیه‌ی توپولوژیکی اتخاذ گردید. در یک رویکرد منحصر به

<sup>1</sup> Lightweight Communications Marshalling

<sup>2</sup> AECOSim Building Designer

<sup>3</sup> IFC است که برای نرم‌افزارهای مختلف مورد استفاده در صنعت ساخت و ساز، امکان تبادل داده‌ها را آسان BIM یک فرمت فایل مورد استفاده در عمل می‌کند و امکان همکاری بهتر بین سیستم‌های مختلف را فراهم می‌کند. این به عنوان یک زبان بین‌المللی برای تبادل داده‌های آورد.

<sup>4</sup> Geometry Network Model

فرد، [۷۱] از یک رویکرد جدید برای استفاده از BIM در مطالعه ی خود با ارتقای سیستم های سنتی اعلام حریق موجود به یک سیستم مبتنی برابری استفاده کردند. سیستم حاصل که CloudFAS نام دارد، از BIM برای ارائه یک تجسم سه بعدی جامع از ساختمان و خدمات مربوط به آتش سوزی آن استفاده می کند. ساختمان انتخابی با استفاده از Autodesk Revit، با سیستم اعلام حریق موجود که با استفاده از پردازش زبان طبیعی به مدل BIM مرتبط است، مدل سازی می شود. علاوه بر این، پلتفرم تجسم و مصور سازی BIM اطلاعات دقیقی را در مورد حسگر موجود، از جمله تصاویر و ویژگی ها ارائه می دهد. این بررسی، به جای نصب حسگرهای دیجیتال جدید، وضعیت حسگرهای سنتی موجود را با استفاده از فناوری BIM و ابزار بهبود می بخشد. یکی دیگر از یافته های مهم در این بررسی، آن است که اکثر مطالعات انجام شده بر روی عملکرد اساسی حسگرها مانند تشخیص حضور دود و شعله و همچنین تغییرات در سطوح دما و رطوبت در ساختمان متمرکز شده اند. این پژوهش در شناسایی خطرات احتمالی آتش سوزی ناشی از منابع الکتریکی کوتاهی می کند. علاوه بر این، بیشتر مطالعات بر تعیین کوتاه ترین مسیر برای ایمنی در هنگام خطرات آتش سوزی اضطراری تاکید داشتند. برای اطمینان از تخلیه ایمن و کارآمد، توجه به هر دو دیدگاه ساکنان و امدادگران ضروری است. همچنین، این بررسی، روند رو به افزایشی را به سمت استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در سیستم های ساختمان هوشمند نشان می دهد، زیرا ابزار قدرتمندی برای تجسم طرح و ساختار ساختمان فراهم می نماید. در هنگام خطرات داخل ساختمان، دسترسی به BIM می تواند برای ساکنان و امدادگران مسیرهای واضحی را فراهم کند و در نتیجه ایمنی را در مواقع اضطراری افزایش دهد.

#### ۴. نتیجه گیری

پژوهش حاضر به طور سیستماتیک، کاربرد حسگرهای اینترنت اشیا را در صورت خطرات آتش سوزی در فضای داخلی در یک بافت ساختمان هوشمند را بررسی نمود. از بررسی و مرور، مشخص است که ادغام حسگرهای اینترنت اشیا با سایر فناوری های پیشرفته، مانند هوش مصنوعی، یادگیری عمیق و BIM، می تواند چندین مزیت را در بسیاری از جنبه های خطرات آتش سوزی داخل ساختمان ارائه دهد. مالکان ساختمان، مدیران ساختمان و نگهبانان، آتش نشانان و پژوهشگران می توانند بینش های ارزشمندی را در مورد فناوری پیچیده ای که می تواند به افزایش ایمنی ساختمان های هوشمند کمک کند، به دست آورند. این بررسی نشان می دهد که حسگرهای اینترنت اشیا می توانند اعلان حوادث آتش سوزی داخل ساختمان را قبل، حین و بعد از آن افزایش دهند. با تعبیه هوش مصنوعی و یادگیری عمیق در سیستم، می توان علائم آتش سوزی را زود تشخیص داد و مداخله زودهنگام می تواند خطر وقوع آتش سوزی گسترده تر را کاهش دهد. علاوه بر این، مسیرهای تخلیه و ناوبری مطمئن و دقیق به سمت خروجی در هنگام حوادث آتش سوزی می تواند به طور قابل توجهی به تخلیه کنندگان محبوس در خروج ایمن کمک کند. آتش نشانان همچنین می توانند از اطلاعات تکمیلی مانند ناوبری بلادرنگ، تجسم و کپسول های آتش نشانی هوشمند بهره مند شوند که می تواند به طور قابل توجهی روند جستجو و نجات را بهبود بخشد و معیار استاندارد زمان ایمن را کاهش دهد. اطلاعات حسگری ذخیره شده در پایگاه های داده همچنین می تواند برای انتقال یادگیری استفاده شود تا قابلیت های سنجش را افزایش دهد و فرآیند احراز هویت شناسایی آتش را با استفاده از اینترنت اشیا یا حسگرهای مبتنی بر بینایی، قابل اعتمادتر کند.

این پژوهش نشان می دهد که فرصت های تحقیقاتی متعددی برای سرمایه گذاری در تعبیه حسگرهای اینترنت اشیا برای ایجاد یک ساختمان هوشمند وجود دارد که می تواند به حوادث و خطرات آتش سوزی های داخلی کمک کند. در آینده، مطالعات بیشتر می تواند اثر بخشی ادغام حسگرهای اینترنت اشیا با سایر فناوری های نوظهور، مانند استفاده از حسگر صوتی، بلاک چین (زنجیره ی بلوکی) و هوش مصنوعی را بررسی کند. علاوه بر این، گسترش قابلیت های حسگرها برای تشخیص انواع آتش سوزی، مانند آتش سوزی های الکتریکی و شیمیایی، می تواند کارایی و ایمنی راه حل های مدیریت خطرات آتش سوزی را افزایش دهد. به طور کلی، ادغام حسگرهای اینترنت اشیا در ساختمان های هوشمند، رویکردی امیدوار کننده برای کاهش خطرات آتش سوزی داخلی و تضمین ایمنی ساکنان است.



## ۵. مراجع

- [1] M.A. Ahad, S. Paiva, G. Tripathi, N. Feroz, Enabling technologies and sustainable smart cities, *Sustain. Cities Soc.* 61 (2020), 102301, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102301>.
- [2] A.H. Buckman, M. Mayfield, S. BM Beck, What is a smart building? *Smart Sustain. Built Environ.* 3 (2014) 92–109, <https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2014-0003>.
- [3] A. Zaballos, A. Briones, A. Massa, P. Centelles, V. Caballero, A smart campus' digital twin for sustainable comfort monitoring, *Sustainability* 12 (2020) 9196, <https://doi.org/10.3390/su12219196>.
- [4] D.S. Vijayan, A.L. Rose, S. Arvindan, J. Revathy, C. Amuthadevi, Automation systems in smart buildings: a review, *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.* (2020), <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02666-9>.
- [5] R. Eini, L. Linkous, N. Zohrabi, S. Abdelwahed, Smart building management system: performance specifications and design requirements, *J. Build. Eng.* 39 (2021), 102222, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102222>.
- [6] S. Nižetić, P. Solić, D. Lopez-de-Ipiñana González-de-Artaza, L. Patrono, Internet of Things (IoT): opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future, *J Clean Prod* 274 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122877>.
- [7] A. Verma, S. Prakash, V. Srivastava, A. Kumar, S.C. Mukhopadhyay, Sensing, controlling, and IoT infrastructure in smart building: a review, *IEEE Sens. J.* 19 (2019) 9036–9046, <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2922409>.
- [8] J. Dutta, S. Roy, IoT-fog-cloud based architecture for smart city: prototype of a smart building, in: 2017 7th Int. Conf. Cloud Comput. Data Sci. Eng. - Conflu, IEEE, 2017, pp. 237–242, <https://doi.org/10.1109/CONFLUENCE.2017.7943156>.
- [9] A.P. Plageras, K.E. Psannis, C. Stergiou, H. Wang, B.B. Gupta, Efficient IoT-based sensor BIG Data collection–processing and analysis in smart buildings, *Futur. Gener. Comput. Syst.* 82 (2018) 349–357, <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.082>.
- [10] V. Kodur, P. Kumar, M.M. Rafi, Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety, *PSU Res. Rev.* 4 (2019) 1–23, <https://doi.org/10.1108/PRR-12-2018-0033>.
- [11] Internal Association of Fire and Rescue Services. Center for Fire Statistics World Fire Statistics. 2022.
- [12] Jenis Jenis Kebakaran. Portal Data Terbuka Malaysia 2022. [https://www.data.gov.my/data/ms\\_MY/dataset/jenis-jenis-kebakaran](https://www.data.gov.my/data/ms_MY/dataset/jenis-jenis-kebakaran).
- [13] Ahrens M., Evarts B. Fire Loss in the United States During 2020 (NFPA ®) Key Findings. 2021.
- [14] P. Li, Y. Lu, D. Yan, J. Xiao, H. Wu, Scientometric mapping of smart building research: towards a framework of human-cyber-physical system (HCPS), *Autom. Constr.* 129 (2021), 103776, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103776>.
- [15] B. C. Chifor, I. bica, V. V. Patriciu, and F. Pop, A Security authorization scheme for smart home Internet of Things devices, *Future Generation Computer Systems*, Vol. 86, 2018, pp. 740-749. Available Online: <http://doi.org/10.1016/j.future.2017.05.048>
- [16] O. Edewede, D. Jazani, and G. Epiphaniou, Internet Of Things Forensics: Challenges and approaches, In: proc. Of 9<sup>th</sup> International conference on collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing(collaborateCom), IEEE, 2013. Available Online In: DOI: 10.4108/icst.collaboratecom.2013.254159
- [17] V. Mai and I. Khalil, Design and implementation of a secure cloudbased billing model for smart meters as an Internet of Things using homomorphic cryptography, *Future Generation Computer Systems*, Vol. 72, 2017, pp. 327-338. Available Online: <http://doi.org/10.1016/j.future.2016.06.003>
- [18] M. Ambrosin, A. Anzanpour, M. Conti, T. Dargahi, S. R. Moosavi, A. M. Rahmani, and P. Liljeberg, On The Feasibility of attribute-Based Encryption On Internet of Things Devices, *IEEE Micro*, Vol. 36, No. 6, 2016, pp. 25-35. Available Online: <http://doi.org/10.1109/MM.2016.101>
- [19] J.E. Fischer, A. Crabtree, T. Rodden, J.A. colly, E. Costanza, M. O. Jewell and S.D. Ramchurn, Just Whack in on until it gets hot: Working With IoT Data In the Home. In: proc. Of the 2016 CHI Conference on human factors in computing Systems, pp. 5933 5944, ACM, 2016. Available Online: Doi:10.1145/2858036.2858518
- [20] A. Jain, A. Srivastava, Privacy-preserving efficient fire detection system for indoor surveillance, *IEEE Trans Ind. Inform.* 18 (2022) 3043–3054, <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3110576>.
- [21] M. Mukhiddinov, A.B. Abdusalomov, J. Cho, Automatic fire detection and notification system based on improved YOLOv4 for the blind and visually impaired, *Sensors* 22 (2022) 3307, <https://doi.org/10.3390/s22093307>.
- [22] A. Gaur, A. Singh, A. Verma, A. Kumar, Artificial intelligence and multi-sensor fusion based universal fire detection system for smart buildings using IoT techniques, *IETE J Res* (2022) 1–13, <https://doi.org/10.1080/03772063.2022.2088626>.
- [23] H. Deng, Z. Ou, G. Zhang, Y. Deng, M. Tian, BIM and computer vision-based framework for fire emergency evacuation considering local safety performance, *Sensors* 21 (2021) 3851, <https://doi.org/10.3390/s21113851>.



- [24] J.-S. Chou, M.-Y. Cheng, Y.-M. Hsieh, I.-T. Yang, H.-T. Hsu, Optimal path planning in real time for dynamic building fire rescue operations using wireless sensors and visual guidance, *Autom. Constr.* 99 (2019) 1–17, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.11.020>.
- [25] U. Atila, Y. Ortakci, K. Ozacar, E. Demiral, I. Karas, SmartEscape: a mobile smart individual fire evacuation system based on 3D spatial model, *ISPRS Int. J. Geo- Inform.* 7 (2018) 223, <https://doi.org/10.3390/ijgi7060223>.
- [26] C. Greer, M. Burns, D. Wollman, E. Griffor, *Cyber-physical Systems and Internet of Things*, IEEE, Gaithersburg, MD, 2019, <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1900-202>.
- [27] X. Wu, X. Zhang, Y. Jiang, X. Huang, G.G.Q. Huang, A. Usmani, An intelligent tunnel firefighting system and small-scale demonstration, *Tunn. Undergr. Sp. Technol.* 120 (2022), 104301, <https://doi.org/10.1016/j.tust.2021.104301>.
- [28] C. Bhuvanewari, M. Kavitha, W.A. Memala, M. Pushpavalli, Implementation of Intelligent Residential Fire Extinguisher System, in: 2022 4th Int. Conf. Smart Syst. Inven. Technol., IEEE, 2022, pp. 1364–1368, <https://doi.org/10.1109/ICSSIT53264.2022.9716294>.
- [29] C. Su, W. Chen, Design of remote real-time monitoring and control management system for smart home equipment based on wireless multihop sensor network, *J. Sensors* 2022 (2022) 1–10, <https://doi.org/10.1155/2022/6228440>.
- [30] R.-G. Tsai, P.-H. Tsai, G.-R. Shih, J. Tu, RPL based emergency routing protocol for smart buildings, *IEEE Access* 10 (2022) 18445–18455, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3150928>.
- [31] E. Maltezos, K. Petousakis, A. Dadoukis, L. Karagiannidis, E. Ouzouoglou, M. Krommyda, et al., A smart building fire and gas leakage alert system with edge computing and NG112 emergency call capabilities, *Information* 13 (2022) 164, <https://doi.org/10.3390/info13040164>.
- [32] K. Eksen, T. Serif, G. Ghinea, Gronli T-M. inLoc, Location-aware emergency evacuation assistant, in: 2016 IEEE Int. Conf. Comput. Inf. Technol., IEEE, 2016, pp. 50–56, <https://doi.org/10.1109/CIT.2016.72>.
- [33] S.K. Mekni, Design and implementation of a smart fire detection and monitoring system based on IoT, in: 2022 4th Int. Conf. Appl. Autom. Ind. Diagnostics, vol. 1, IEEE, 2022, pp. 1–5, <https://doi.org/10.1109/ICAID51067.2022.9799505>.
- [34] J. Baek, T.J. Alhindi, Y.-S. Jeong, M.K. Jeong, S. Seo, J. Kang, et al., Intelligent multi-sensor detection system for monitoring indoor building fires, *IEEE Sens. J.* 21 (2021) 27982–27992, <https://doi.org/10.1109/JSEN.2021.3124266>.
- [35] S. Basheer, A.S. AlLuhaidan, R.M. Mathew, A secured smart automation system for computer labs in engineering colleges using the internet of things, *Comput. Appl. Eng. Educ.* 29 (2021) 339–349, <https://doi.org/10.1002/cae.22226>.
- [36] G. Cavallera, R.C. Rosito, V. Lacasa, M. Mongiello, F. Nocera, L. Patrono, et al., An innovative smart system based on IoT technologies for fire and danger situations, in: 2019 4th Int. Conf. Smart Sustain. Technol., IEEE, 2019, pp. 1–6, <https://doi.org/10.23919/SpliTech.2019.8783059>.
- [37] M. Mongiello, F. Nocera, A. Parchitelli, L. Patrono, P. Rametta, L. Riccardi, et al., A smart IoT-aware system for crisis scenario management, *J. Commun. Softw. Syst.* 14 (2018) 91–98, <https://doi.org/10.24138/jcomss.v14i1.533>.
- [38] M.-Y. Cheng, K.-C. Chiu, Y.-M. Hsieh, I.-T. Yang, J.-S. Chou, Y.-W. Wu, BIM integrated smart monitoring technique for building fire prevention and disaster relief, *Autom. Constr.* 84 (2017) 14–30, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.027>.
- [39] N. Li, B. Becerik-Gerber, B. Krishnamachari, L. Soibelman, A BIM centered indoor localization algorithm to support building fire emergency response operations, *Autom. Constr.* 42 (2014) 78–89, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.02.019>.
- [40] S.-H. Seo, J.-I. Choi, J. Song, Secure utilization of beacons and UAVs in emergency response systems for building fire hazard, *Sensors* 17 (2017) 2200, <https://doi.org/10.3390/s17102200>.
- [41] Q. Huang, C. Mao, Y. Chen, A compact and versatile wireless sensor prototype for affordable intelligent sensing and monitoring in smart buildings, *Comput. Civ. Eng.* (2017) 155–161, <https://doi.org/10.1061/9780784480830.020>. Reston, VA: American Society of Civil Engineers; 2017.
- [42] M. Alves, P. Carreira, A.A. Costa, BIMSL: a generic approach to the integration of building information models with real-time sensor data, *Autom. Constr.* 84 (2017) 304–314, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.005>.
- [43] L.B. Elvas, C.F. Marreiros, J.M. Dinis, M.C. Pereira, A.L. Martins, J.C. Ferreira, Data-driven approach for incident management in a smart city, *Appl. Sci.* 10 (2020) 8281, <https://doi.org/10.3390/app10228281>.
- [44] S.A. Shah, D.Z. Seker, M.M. Rathore, S. Hameed, S. Ben Yahia, D. Draheim, Towards disaster resilient smart cities: can internet of things and big data analytics be the game changers? *IEEE Access* 7 (2019) 91885–91903, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2928233>.
- [45] I. Aedo, S. Yu, P. Díaz, P. Acuna, T. Onorati, Personalized alert notifications and evacuation routes in indoor environments, *Sensors* 12 (2012) 7804–7827, <https://doi.org/10.3390/s120607804>.
- [46] M.O. Wong, H. Zhou, H. Ying, S. Lee, A voice-driven IMU-enabled BIM-based multi-user system for indoor navigation in fire emergencies, *Autom. Constr.* 135 (2022), 104137, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104137>.
- [47] A. Kalis, M. Milis, A. Kounoudes, A.G. Constantinides, Bandwidth efficient localization for sustainable and safe building environments, in: 21st Eur. Signal Process. Conf. (EUSIPCO 2013), 2013, pp. 1–5.
- [48] C.-C. Wu, K.-M. Yu, S.-T. Chine, S.-T. Cheng, Y.-S. Huang, M.-Y. Lei, et al., An intelligent active alert application on handheld devices for emergency evacuation guidance, in: 2013 Fifth Int. Conf. Ubiquitous Futur. Networks, IEEE, 2013, pp. 7–11, <https://doi.org/10.1109/ICUFN.2013.6614766>.



- [49] A. Jindal, V. Agarwal, P. Chanak, Emergency evacuation system for clogging-free and shortest-safe path navigation with IoT-enabled WSNs, *IEEE Internet Things J* 9 (2022) 10424–10433, <https://doi.org/10.1109/IIOT.2021.3123189>.
- [50] J. Cho, G. Lee, S. Lee, An automated direction setting algorithm for a smart exit sign, *Autom. Constr.* 59 (2015) 139–148, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.05.004>.
- [51] A. Kokuti, Emergency support system with directional extensions, in: 2015 IEEE Int. Conf. Pervasive Comput. Commun. Work. (PerCom Work., IEEE, 2015, pp. 499–504, <https://doi.org/10.1109/PERCOMW.2015.7134088>.
- [52] Z. Li, J. Zhang, X. Shen, J. Fan, Prediction based indoor fire escaping routing with wireless sensor network, *Peer-to-Peer Netw. Appl.* 10 (2017) 697–707, <https://doi.org/10.1007/s12083-016-0520-x>.
- [53] A.A. Ahmed, M. Al-Shaboti, A Al-Zubairi, An indoor emergency guidance algorithm based on wireless sensor networks, in: 2015 Int. Conf. Cloud Comput., IEEE, 2015, pp. 1–5, <https://doi.org/10.1109/CLOUDCOMP.2015.7149628>.
- [54] H. Kim, G. Lee, J. Cho, Prototype development and test of a server-independent smart exit sign system: an algorithm, a hardware configuration, and its communication reliability, *Autom. Constr.* 90 (2018) 213–222, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.034>.
- [55] S. Park, S. Park, L. Park, S. Park, S. Lee, T. Lee, et al., Design and implementation of a smart IoT based building and town disaster management system in smart city infrastructure, *Appl. Sci.* 8 (2018) 2239, <https://doi.org/10.3390/app8112239>.
- [56] M. Fu, R. Liu, BIM-based automated determination of exit sign direction for intelligent building sign systems, *Autom. Constr.* 120 (2020), 103353, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103353>.
- [57] I.A. Zualkernan, F.A. Aloul, V. Sakkia, Noman H Al, S. Sowdagar, Hammadi O Al, An IoT-based emergency evacuation system, in: 2019 IEEE Int. Conf. Internet Things Intell. Syst., IEEE, 2019, pp. 62–66, <https://doi.org/10.1109/IoTIS47347.2019.8980381>.
- [58] S. Berrahal, N. Boudriga, M. Chammem, Wban-assisted navigation for firefighters in indoor environments, *AD HOC Sens. Wirel. Netw.* 33 (2016) 81–119.
- [59] R. Xie, Y. Pan, T. Zhou, W. Ye, Smart safety design for fire stairways in underground space based on the ascending evacuation speed and BMI, *Saf. Sci.* 125 (2020), 104619, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104619>.
- [60] K. Saini, S. Kalra, S.K. Sood, Disaster emergency response framework for smart buildings, *Futur. Gener. Comput. Syst.* 131 (2022) 106–120, <https://doi.org/10.1016/j.future.2022.01.015>.
- [61] Z. Shamszaman, S. Ara, I. Chong, Y. Jeong, Web-of-Objects (WoO)-based context aware emergency fire management systems for the Internet of Things, *Sensors* 14 (2014) 2944–2966, <https://doi.org/10.3390/s140202944>.
- [62] J. Y´opez, S.-B. Ko, IoT-based intelligent residential kitchen fire prevention system, *J. Electr. Eng. Technol.* 15 (2020) 2823–2832, <https://doi.org/10.1007/s42835-020-00529-z>.
- [63] I. Yahaya, G.D. Yeong, L.Y. Zhang, V. Raghavan, M.N. Mahyuddin, Autonomous safety mechanism for building: fire fighter robot with localized fire extinguisher, *Int. J. Integr. Eng.* 12 (2020) 304–314.
- [64] Y. Wu, T. Liu, S. Ling, J. Szymanski, W. Zhang, S. Su, Air quality monitoring for vulnerable groups in residential environments using a multiple hazard gas detector, *Sensors* 19 (2019) 362, <https://doi.org/10.3390/s19020362>.
- [65] A. Zaher, A. Al-Faqsh, H. Abdulredha, H. Al-Qudaihi, M. Toaube, A fire prevention/monitoring smart system, in: 2021 2nd Int. Conf. Smart Cities, Autom. Intell. Comput. Syst., IEEE, 2021, pp. 31–36, <https://doi.org/10.1109/ICON-SONICS53103.2021.9617198>.
- [66] M.U. Harun Al Rasyid, D. Enda, F.A Saputra, Smart Home System for Fire Detection Monitoring Based on Wireless Sensor Network, in: 2019 Int. Electron. Symp., IEEE, 2019, pp. 189–194, <https://doi.org/10.1109/ELECSYM.2019.8901528>.
- [67] S.Y. Chen, J.C. Ren, Y.J. Yan, M.J. Sun, F.Y. Hu, H.M. Zhao, Multi-sourced sensing and support vector machine classification for effective detection of fire hazard in early stage, *Comput. Electr. Eng.* 101 (2022), <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.108046>.
- [68] X. Wu, Y. Park, A. Li, X. Huang, F. Xiao, A. Usmani, Smart detection of fire source in tunnel based on the numerical database and artificial intelligence, *Fire Technol.* 57 (2021) 657–682, <https://doi.org/10.1007/s10694-020-00985-z>.
- [69] M.C. Rodriguez-Sanchez, L. Fernandez-Jim´enez, A.R. Jim´enez, J. Vaquero, S. Borrromeo, J.L. Lazaro-Galilea, HelpResponder—system for the security of first responder interventions, *Sensors* 21 (2021) 2614, <https://doi.org/10.3390/s21082614>.
- [70] P.A. Beata, A.E. Jeffers, V.R. Kamat, Real-time fire monitoring and visualization for the post-ignition fire state in a building, *Fire Technol.* 54 (2018) 995–1027, <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0723-1>.
- [71] X. Zhou, H. Li, J. Wang, J. Zhao, Q. Xie, L. Li, et al., CloudFAS: cloud-based building fire alarm system using building information modelling, *J. Build. Eng.* (2022), 104571, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104571>.

## تعیین راهبردهای اولویت بندی شده در راستای طراحی شهرهای هوشمند

امیرمحمد مولائی<sup>۱</sup>، ایمان سلطانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، تهران

<sup>۲</sup>دانشکده برق و الکترونیک، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران

*a.molaei@aut.ac.ir*

### چکیده

در سال‌های اخیر، افزایش جمعیت و تمایل بیشتر افراد به زندگی در شهرها باعث گسترش سریع جمعیت شهری شده است. این موضوع باعث ایجاد چالش‌های زیادی شده است که علاوه بر سیاست‌های شهرسازی، به جوانب مختلفی از زندگی شهروندان اثر می‌گذارد، از جمله مسائل فرهنگی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی. بنابراین، توسعه شهری، ایجاد شهرهای هوشمند و تعیین الگوهای مناسب برای رشد و توسعه شهرها به ویژه اهمیت بیشتری پیدا کرده است و نیازمند بهره‌گیری از راهبردهای نوین جهت طراحی و پیاده‌سازی شهرهای هوشمند، با رشد هوشمند خواهیم بود. از این رو، اینترنت اشیا نیز به عنوان یکی از مهمترین ابزارها و فناوری‌های مورد استفاده در این راستا مطرح می‌شود.

این پژوهش با استفاده از روش SWOT و از نوع تحلیلی-توصیفی است که با هدف شناسایی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها در زمینه‌های مختلف تحقق شهرهای هوشمند صورت گرفته است. پس از تحلیل این عوامل، راهبردهای مناسبی برای مدیریت شهری هوشمند و بهبود عملکرد شهرها پیشنهاد شده است. این راهبردها بر اساس عوامل محیطی و اهداف کلان (شامل ۵ بخش تسهیل مدیریت بحران، کاهش آسیب‌پذیری، ارتقا پایداری ملی، تداوم فعالیت‌های ضروری، افزایش بازدارندگی که محورهای پدافند غیرعامل محسوب می‌شوند) تدوین شده‌اند. این تحلیل پنج‌گانه، استخراج راهبرد و اولویت‌بندی آن‌ها، جنبه‌های نوآوری در این مقاله هستند. در پایان، با توجه به نظرات مصاحبه‌شوندگان، به هر راهبرد امتیازی از ۱ تا ۵ اختصاص داده خواهد شد و راهبردهای قوی، متوسط و ضعیف با استفاده از این پرسش‌نامه، معرفی و اولویت‌بندی خواهند شد.

**واژه‌های کلیدی:** شهر هوشمند، اینترنت اشیا، تحلیل راهبردی، پدافند غیرعامل، روش SWOT.

## ۱. مقدمه

شهر به عنوان یک پدیده پویا و پیچیده، همواره در طول زمان تحولات مختلفی را تجربه می‌کند. این تحولات عمدتاً شامل تغییرات در ساختار فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و حتی فرهنگی و سیاسی هستند. رشد جمعیت شهری از جمله عوامل مهمی است که بر این تحولات تأثیرگذار است؛ به طوری که پس از جنگ جهانی دوم، یکی از مشکلات اساسی کشورهای در حال توسعه، رشد ناگهانی و نامتوازن جمعیت شهری بوده است. این رشد ناگهانی جمعیت شهری منجر به افزایش گسترده فقر شهری شده است. بسیاری از این تغییرات به دلیل مهاجرت‌های گسترده از مناطق روستایی و حتی شهرهای کوچک و متوسط به شهرهای بزرگ اتفاق افتاده است. به همین دلیل، مدیریت شهری به دلیل کمبود منابع و زمان برای پاسخگویی به نیازهای رو به افزایش شهروندان، با مشکلاتی مواجه شده است که تنها با استفاده از راهکارهای هوشمند نوین می‌توان به آن‌ها پاسخ داد [1].

سه عامل اصلی که با ورود به قرن ۲۱ افزایش شهرنشینی را نشان می‌دهند عبارتند از: شهری شدن، صنعتی شدن و تحولات اقتصادی و اجتماعی جهانی. تقریباً هفتاد درصد از جمعیت جهان به زودی در شهرها ساکن خواهند بود. همچنین، شهرها مسئول تولید تقریباً هشتاد درصد تولید ناخالص داخلی (GDP) جهانی هستند که این میزان به سرعت در حال افزایش است. همچنین با توجه به مسائل مهمی مانند تغییرات آب و هوایی و حفظ محیط زیست، دولت‌ها در سرتاسر جهان برنامه‌هایی را جهت ایجاد و توسعه شهرهای هوشمندتر و سبزتر ارائه کرده‌اند [2].

در دوران فرهنگ جهانی شدن، اهمیت بهره‌گیری از اطلاعات و فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در توسعه شهری بسیار بالاست. پیش از این، توسعه شهرها بیشتر بر اساس دسترسی فیزیکی به زیرساخت‌ها، مواد معدنی و تجهیزات بزرگ متمرکز بود، اما اکنون، استفاده از اطلاعات و روندهای جدید در توسعه شهری تأثیرگذارتر است. الگوهای جدیدی برای توسعه شهری وجود دارد که شهر هوشمند یکی از آن‌هاست و بر اساس تعاملات بین شهروندان، نهادها و فعالیت‌های شهری با بهره‌گیری از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و سیستم‌های هوشمند دیجیتال شکل گرفته‌اند [3].

در شهر هوشمند، با افزایش مشارکت شهروندان در تصمیم‌گیری‌ها و استفاده از ساختارهای اطلاعاتی هوشمند و نظام کارآمد آموزش شهروندی، همچنین استفاده مؤثر از اینترنت اشیا مزایای زیر به وجود می‌آید:

- هزینه‌های تطبیق شهر با رویدادها به حداقل رسیده و شهر انعطاف‌پذیری و توانایی مقابله با حوادث غیرمنتظره را پیدا می‌کند.
- سرعت جمع‌آوری اطلاعات به حداکثر می‌رسد.
- بار مسئولیت و فشار کاری از دوش مدیران و دستگاه‌های دولتی کاهش یافته و به خود مردم منتقل می‌شود.
- دوباره کارها و تصمیم‌گیری‌های بر پایه آزمایش و خطا و هدررفتن زمان و منابع کاهش می‌یابد.
- شهر به طور یکپارچه در جهان بدون مرز قرار می‌گیرد و فرصت‌های اقتصادی و اجتماعی آن به میزان چشمگیری افزایش می‌یابد.
- شهر هوشمند بستری برای شکل‌گیری فرآیندهای پایدار توسعه شهری فراهم می‌کند [5].

به طور کلی، شهر هوشمند می‌تواند زندگی را برای ما راحت‌تر، پایدارتر و ایمن‌تر کند. از طریق راه حل‌های مقیاس‌پذیر و بهره‌گیری از فناوری‌های ارتباطی، می‌توان به افزایش راندمان، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت زندگی دست یافت. اما در این مسیر، لازم است که ملاحظات مربوط به پدافند غیرعامل را نیز در نظر بگیریم. حکمرانی خوب شهری به توسعه شهری پایدار کمک می‌کند و جامعه مدنی، بخش خصوصی و سایر فعالان را نیز وارد فرایند سیاسی می‌کند. راهبردهای توسعه شهری معمولاً بر چهار اصل استوار هستند حکمرانی خوب، قابل زندگی بودن، رقابت پذیری و سودآوری مالی [4].

شهر هوشمند به عنوان یک چارچوب گسترده، تمام جنبه‌های پروژه‌های هوشمند را دربرمی‌گیرد. این چارچوب به شهرها اجازه می‌دهد تا از زیرساخت شبکه‌ای خود بهره‌برند، قدرت اقتصادی خود را تقویت کنند و سیستم‌های کارآمدتری را ایجاد کنند. اینترنت اشیا به عنوان هسته‌ای برای یکپارچه‌سازی حسگرهای مختلف در اشیاء روزمره عمل می‌کند و این حسگرها را با اینترنت و از طریق پروتکل‌های خاص برای تبادل اطلاعات و ارتباطات که به ردیابی موقعیت، مدیریت، نظارت و شناسایی هوشمند منجر می‌شود، ارتباط می‌دهد. علاوه بر این، اینترنت اشیا به شهرها نه تنها در داخل، بلکه در ارتباط و اتصال با دیگر شهرهای هوشمند نیز پشتیبانی می‌کند [6].



در همین راستا شهر که به عنوان محل سکونت و فعالیت انسانی شناخته می‌شود، حضور انسان باعث می‌شود که ایمنی در تمامی جنبه‌های زندگی، از جمله فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی، و فرهنگی ضروری باشد. این ایمنی به معنای انجام هرگونه اقدامی است که به جامعه انسانی و محیط زیست طبیعی و مصنوعی آن، حمایت و پشتیبانی کند. به طور کلی، بحران‌هایی که ایمنی شهر را به خطر انداخته و به شهر تهدید می‌کنند، شامل عوامل طبیعی (مانند سیل و زلزله)، عوامل انسانی (مانند تهاجم‌های دشمنی)، عوامل اقتصادی و اجتماعی (مانند تحریم‌ها) و سایر عوامل می‌شوند. بنابراین، شناخت فضاها، ارائه راهبردها و راهکارهای مناسب، و شناخت عوامل تأثیرگذار در کاهش ایمنی، نیازمند پیشگیری، آماده‌سازی و محافظت از محیط انسانی در برابر بحران است. این مسائل باید در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری مدنظر قرار گیرند. همچنین، در شرایط فعلی که انواع بحران‌ها و آسیب‌ها در حال افزایش و تغییر هستند و ضرورت اقدامات تدافعی حتی قبل از وقوع حادثه مورد توجه قرار می‌گیرد، موضوع پدافند غیرعامل مطرح می‌شود [8].

در صورت عدم دستیابی به شهر هوشمند با ملاحظات پدافند غیرعامل، امکان وقوع مشکلات جدی و برخورد با تهدیدات مختلف وجود دارد. مشکلاتی که ممکن است به وجود آیند عبارتند از: ۱- عدم توانایی مقابله با تهدیدات نوظهور و نوین که ممکن است در شهر هوشمند بیشتر ظاهر شوند، ۲- افزایش تلفات جانی و مالی در هنگام حملات دشمن به دلیل ناتوانی در شناسایی و پیش‌گیری از اینگونه حملات و ۳- عدم امنیت در پدافند سایبری و داده‌های حساس و حیاتی که ممکن است به دلیل استفاده از نرم‌افزارهای بیگانه و ضعیف در شبکه‌های شهری به خطر بیفتد [7]. با توجه به این مشکلات و تهدیدات، دستیابی به شهر هوشمند با رعایت ملاحظات پدافند غیرعامل امری ضروری و اساسی است. در غیر این صورت، ممکن است خسارات مالی و تلفات جانی قابل توجهی رخ دهد که می‌تواند تأثیرات جدی و ناگواری بر جامعه داشته باشد.

## ۲. شرح کار و نتایج

پژوهش حاضر براساس تحقیق توسعه‌ای-کاربردی می‌باشد. روش تحقیق در این پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی است که در آن به دنبال تشخیص ماهیت پدیده مورد مطالعه بوده و با بررسی و تحلیل وضع موجود، ویژگی‌ها، صفات، و ماهیت فرآیندها و روندها به نتایج می‌رسد. همچنین از روش‌های کتابخانه‌ای برای پیگیری فرآیند تحقیق استفاده می‌شود و دانش بخش مهمی از مراحل تحقیق را تشکیل می‌دهد. جامعه آماری این پژوهش شامل افراد مرتبط با حوزه مهندسی کامپیوتر و شهرسازی مرتبط با آن است. از طرفی، نظرات خبرگان و افراد متخصص در دانشگاه‌ها و سازمان‌های مختلف کشور جهت بهبود فهم و شناخت بهتر موضوع مورد بحث مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه آماری شامل مدیران و متخصصین علوم کامپیوتر، شهرسازی، مدیریت بحران و پدافند غیرعامل است. جمع آوری اطلاعات مورد نیاز پژوهش از روش کتابخانه‌ای می‌باشد، بدین منظور باید از روش مشاهده و بررسی اطلاعات موجود (اسناد بالادستی) مطالب مورد نیاز را استخراج نمود. همچنین به منظور تحلیل مطالب پژوهش و استخراج راهبردهای مدنظر شهر هوشمند و دیجیتال براساس پدافند غیرعامل از روش پرسش‌نامه استفاده می‌شود.

تحلیل داده‌ها و اطلاعات (داده‌های کیفی، تلخیص داده‌ها، عرضه داده‌ها و نتیجه‌گیری) که به کمک آمار توصیفی و آمار استنباطی انجام می‌گیرد. در این طرح پژوهشی، روش اصلی تجزیه تحلیل داده‌های گردآوری شده روش SWOT است. به منظور بررسی میزان اعتبارسنجی پرسش‌نامه پژوهش از نرم افزار SPSS و روش آلفای کرونباخ استفاده شده است. فرآیند اجرای تحقیق نیز بدین شکل بوده است که ابتدا براساس اسناد بالادستی و مصاحبه‌های متخصصین امر تلاش شد تا نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید تعیین گردد. سپس با استفاده از پرسش‌نامه هر یک از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید اولویت‌بندی شدند. سپس بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده راهبردها مشخص گردیدند.

در این پرسش‌نامه با توجه به میزان ارتباط راهبرد با نقاط قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها از اعداد ۱ تا ۵ عدد قرار داده می‌شود، کاملاً مرتبط ۵، مرتبط ۴، ارتباط ضعیف ۳، ارتباط خیلی ضعیف ۲ و بی ارتباط، ۱ است. سپس میانگین اعداد گرفته شده، در صورتی که میانگین کل بیشتر از ۳.۵ باشد راهبرد پیشنهادی قوی، اگر بین ۳ تا ۳.۵ باشد راهبرد پیشنهادی عادی و اگر بین ۱ تا ۳ باشد راهبرد ضعیف است. با توجه به توضیح روش، حال به بیان دستاوردهای این پژوهش خواهیم پرداخت که در قالب سه جدول در ادامه، گزارش خواهند شد. در



جدول ۱ به نوع راهبرد، دسته‌بندی پدافندی و میانگین ارزش گذاری راهبردهای قوی پرداخته شده است.

**جدول ۱. نوع راهبرد، دسته‌بندی پدافندی و میانگین ارزش گذاری راهبردهای قوی.**

ردیف	عبارت راهبرد	میانگین	نوع راهبرد	دسته بندی پدافندی
۱	تدوین سند راهبردی مصوب و مورد اجماع و برنامه کلان روزآمد جهت هماهنگ- سازی و تعیین تکلیف امور مرتبط با شهر هوشمند نمونه کشور و مقابله با تهدیدات ضد آنها و تهدیدات ناشی از بکارگیری آنها.	۳.۶۵	راهبرد تدافعی	ارتقای پایداری ملی
۲	تهیه و تدوین طرح تفصیلی و جامع مدیریت بحران شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۶۰۸	راهبرد تدافعی	تسهیل مدیریت بحران
۳	ایجاد الزامات لازم برای تحقق سطح بهینه تاب‌آوری و مقاوم سازی در برابر انواع حوادث طبیعی و تهاجمات دشمن در شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۵۴۱	راهبرد تدافعی	کاهش آسیب پذیری
۴	برنامه‌ریزی جهت برآورد زیر ساخت‌ها و ظرفیت‌های سایبری و خدمات مربوط به فضای مجازی در شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۵۵۸	راهبرد قوت - ضعف	کاهش آسیب پذیری
۵	بکارگیری تمام ظرفیت‌های ملی (شرکت‌های دانش بنیان و مراکز پژوهشی دانشگاهی) در خصوص توسعه روش‌های نوین و فناوری‌های نوظهور در شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۵۵	راهبرد قوت - ضعف	ارتقای پایداری ملی
۶	شناسایی، دسته بندی و اولویت بندی مخاطرات و تهدیدات محتمل دشمن ضد شهر هوشمند نمونه کشور با هدف مقابله و پاسخگویی مناسب به آنها.	۳.۵۷۵	راهبرد رقابتی	کاهش آسیب پذیری

در جدول ۲، نوع راهبرد، دسته‌بندی پدافندی و میانگین ارزش گذاری راهبردهای عادی به تفصیل گزارش شده‌اند.

**جدول ۲. نوع راهبرد، دسته‌بندی پدافندی و میانگین ارزش گذاری راهبردهای عادی.**

ردیف	عبارت راهبرد	میانگین	نوع راهبرد	دسته بندی پدافندی
۱	ایجاد شبکه منسجم و ایمن زیرزمینی برای زیرساخت‌ها در شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۴۵	راهبرد تدافعی	کاهش آسیب پذیری
۲	ارتقای آموزش‌های تکنیکی و تاکتیکی در نیروهای مسلح جهت توسعه شهرهای هوشمند دفاعی- امنیتی تاب آور با سطح امنیتی بالا.	۳.۳۸	راهبرد تدافعی	افزایش بازدارندگی
۳	برنامه‌ریزی برای شناسایی نقاط امن شهر هوشمند نمونه کشور به منظور کاهش تلفات در مواقع هجوم نیروهای دشمن.	۳.۳۲۵	راهبرد تدافعی	کاهش آسیب پذیری
۴	به‌کارگیری رسانه ملی و دیگر رسانه‌های جمعی و شبکه‌های اجتماعی، جهت آگاه‌سازی شهروندان نسبت به مفهوم شهر هوشمند، الزامات و راه‌های مقابله با تهدیدات آن.	۳.۴۵	راهبرد تدافعی	ارتقای پایداری ملی
۵	برنامه‌ریزی برای مقابله با اقدامات دشمن جهت ایجاد آشوب، ناهنجاری و شورش‌های اجتماعی با استفاده از ابزارهای موجود شهر هوشمند.	۳.۱۵۸	راهبرد تدافعی	افزایش بازدارندگی
۶	بومی‌سازی مراحل تامین زیرساخت‌ها و ارائه خدمات مشاوره، طراحی، اجرا، نظارت و ارائه خدمات پشتیبانی و امنیتی مرتبط با شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۱۷۷	راهبرد تدافعی	تداوم فعالیت‌های ضروری
۷	برنامه‌ریزی برای شناسایی و اولویت بندی نقاط حادثه خیز در شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۳۸۳	راهبرد قوت - ضعف	افزایش بازدارندگی
۸	برنامه‌ریزی جهت تعیین اصول، قواعد و الزامات پدافند غیرعامل مورد نیاز شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۳۷۴	راهبرد قوت - ضعف	ارتقای پایداری ملی
۹	سرمایه‌گذاری در بخش بومی‌سازی محصولات و خدمات مرتبط با طراحی، پیاده‌سازی و پشتیبانی از شهر هوشمند نمونه کشور و فناوری‌های نو ظهور مرتبط با آن.	۳.۳۳۵	راهبرد قوت - ضعف	تداوم فعالیت‌های ضروری
۱۰	در نظر گرفتن ظرفیت ذخیره و جایگزین (رزرو) برای زیرساخت‌ها و اماکن حیاتی، حساس و مهم در شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۱۸۳	راهبرد قوت - ضعف	تداوم فعالیت‌های ضروری
۱۱	بهره‌برداری بهینه از فضاهای باز عمومی در مواقع وقوع بحران در شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۰۰۷	راهبرد قوت - ضعف	تسهیل مدیریت بحران
۱۲	تقویت آموزش‌ها و مهارت‌های شهروندان جهت تعامل بهینه در شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۱۱۶	راهبرد قوت - ضعف	ارتقای پایداری ملی
۱۳	تامین منابع مالی برای ایجاد زیرساخت‌های اولیه، فرهنگ سازی و راه اندازی شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۰۶۶	راهبرد قوت - ضعف	ارتقای پایداری ملی
۱۴	اعمال مشوق‌های مالی برای حمایت از شرکت‌های دانش بنیان در جهت بومی‌سازی زیرساخت‌ها، تجهیزات، محصولات، فناوری‌ها و خدمات مورد نیاز شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۴۷۴	راهبرد تهاجمی	تداوم فعالیت‌های ضروری
۱۵	اعمال سیاست‌های انگیزشی و تشویقی جهت جذب سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی در زمینه ایجاد و توسعه شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۱۹۱	راهبرد تهاجمی	ارتقای پایداری ملی
۱۶	ایجاد انطباق بیشتر بین مفهوم شهر هوشمند با ماموریت‌های متنوع دفاعی، امنیتی و انتظامی نیروهای مسلح.	۳.۳۷۵	راهبرد محافظه کارانه	افزایش بازدارندگی
۱۷	شناسایی، دسته بندی و اولویت بندی تجربیات مثبت و منفی دیگر کشورها در راستای طراحی شهر هوشمند نمونه کشور.	۳.۱۱۷	راهبرد محافظه کارانه	ارتقای پایداری ملی
۱۸	تاکید ویژه بر مقاوم سازی شهر هوشمند نمونه کشور در برابر تهدیدات ناشی از سلاح‌های سایبرالکترونیکی ، سلاح‌های القاگر حوادث طبیعی و دیگر سلاح‌های نوظهور که سبب کاهش جدی روند ارائه انواع خدمات و افزایش خسارات و تلفات در شهرها خواهد شد.	۳.۱۰۸	راهبرد فرصت - تهدید	افزایش بازدارندگی

در نهایت در اطلاعات جدول ۳، نوع راهبرد، دسته‌بندی پدافندی و میانگین ارزش‌گذاری راهبردهای ضعیف شناخته و معرفی شده توسط خبرگان و مصاحبه‌شوندگان آمده است.

جدول ۳. نوع راهبرد، دسته‌بندی پدافندی و میانگین ارزش‌گذاری راهبردهای ضعیف.

ردیف	عبارت راهبرد	میانگین	نوع راهبرد	دسته بندی پدافندی
۱	اصلاح قوانین ضعیف، دست و پاگیر، ناکارآمد یا مخرب در مسیر بومی‌سازی سریع و ارزان قیمت محصولات خدمات پر اهمیت مورد نیاز کشور.	۲.۴۲۵	راهبرد تدافعی	تداوم فعالیت‌های ضروری
۲	برنامه‌ریزی برای نظارت، کنترل نامحسوس و شناسایی تردد انواع وسایط نقلیه و افراد در شهر هوشمند.	۲.۹۴۱	راهبرد تدافعی	کاهش آسیب پذیری
۳	ترویج آموزش‌های همگانی و تخصصی در مواقع مواجهه با بحران در شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۶۱۷	راهبرد تدافعی	ارتقای پایداری ملی
۴	ارتقای آموزش و آگاهی عمومی پیرامون چگونگی پدافند غیرعامل و مقابله با تهدیدات احتمالی در شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۵۰۸	راهبرد تدافعی	ارتقای پایداری ملی
۵	برنامه‌ریزی برای استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر در شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۸۲۵	راهبرد تدافعی	ارتقای پایداری ملی
۶	شناسایی، اولویت بندی و ایجاد ظرفیت‌های ذخیره و جایگزین (رزرو) برای رده‌ها و مکان‌های ارائه دهنده خدمات عادی و خدمات امداد و نجات در زمان وقوع هرگونه حادثه یا بحران در شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۳۰۸	راهبرد قوت - ضعف	تداوم فعالیت‌های ضروری
۷	توسعه و طراحی شبکه‌های معیار شهری، اعم از بزرگراه‌ها و ایستگاه‌های مترو شهری جهت تخلیه پرسرعت و استفاده به عنوان پناه گاه در مواقع بحران.	۲.۵۷۵	راهبرد قوت - ضعف	تسهیل مدیریت بحران
۸	برنامه‌ریزی جهت تحقق سیستم مدیریت یکپارچه بین سازمان‌ها و نهادهای فعال در زمینه مدیریت بحران و پدافند غیر عامل در شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۶۴۱	راهبرد قوت - ضعف	ارتقای پایداری ملی
۹	ایجاد الزامات لازم برای تحقق بالاترین سطح ایمنی و سلامت افراد و حفاظت از محیط زیست و هماهنگی کامل با شرایط اقلیمی در شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۸۸۳	راهبرد قوت - ضعف	ارتقای پایداری ملی
۱۰	برنامه‌ریزی جهت برآورد سیستم‌های هوشمند هشدار و نظارت و مانیتورینگ مورد نیاز شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۲۵۸	راهبرد قوت - ضعف	کاهش آسیب پذیری
۱۱	تقویت فرایند نظر سنجی و مشارکت طلبی در فرایند تهیه و اجرای طرح‌های هوشمند سازی در شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۵۵	راهبرد قوت - ضعف	ارتقای پایداری ملی
۱۲	تقویت آزمایشگاه‌های مرجع برای کنترل کیفیت محصولات و فناوری‌های بکار رفته در شهر هوشمند.	۲.۸۵	راهبرد قوت - ضعف	تداوم فعالیت‌های ضروری
۱۳	برنامه‌ریزی برای افزایش تعداد افراد، مراکز دانشگاهی و شرکت‌های دانش بنیان فعال در زمینه‌های طراحی، ساخت و راه اندازی شهر هوشمند.	۲.۶۵	راهبرد قوت - ضعف	ارتقای پایداری ملی
۱۴	ایجاد الزامات لازم برای تحقق سطح بهینه تاب آوری اجتماعی شهری در شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۷۴۱	راهبرد رقابتی	ارتقای پایداری ملی
۱۵	ایجاد الزامات لازم برای تحقق سطح بهینه تسهیلات و امکانات رفاهی عمومی در شهر هوشمند نمونه کشور.	۱.۹۷	راهبرد تهاجمی	تداوم فعالیت‌های ضروری
۱۶	ایجاد الزامات لازم برای تحقق سطح امنیت بهینه در شهر هوشمند نمونه کشور.	۱.۷۵	راهبرد تهاجمی	تداوم فعالیت‌های ضروری
۱۷	برنامه‌ریزی برای صادرات خدمات، محصولات، تجهیزات و فناوری‌های بومی مرتبط با شهر هوشمند.	۲.۱۰۸	راهبرد تهاجمی	تداوم فعالیت‌های ضروری
۱۸	ارتقای سطح دانش مسئولان و متخصصان داخلی در حوزه‌های حکمرانی، مدیریتی و حقوقی در شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۷۶۷	راهبرد محافظه کارانه	ارتقای پایداری ملی
۱۹	تقویت و مؤثرسازی ارتباط نخبگان و اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها و متخصصان شرکت‌های دانش بنیان با متولیان شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۶۹۱	راهبرد محافظه کارانه	ارتقای پایداری ملی
۲۰	برنامه‌ریزی برای انجام رزمایش‌های متنوع با کشورهای هم پیمان و همسو جهت شناسایی راه‌های مقابله با انواع تهدیدات مرتبط با شهر هوشمند نمونه کشور.	۲.۷۵	راهبرد فرصت - تهدید	ارتقای پایداری ملی

### ۳. نتیجه‌گیری

در هزاره سوم، توسعه شهری و ایجاد شهرهای هوشمند اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است، بنابراین، نیازمند بهره‌گیری از راهبردهای نوین جهت طراحی و پیاده‌سازی شهرهای هوشمند، خواهیم بود. این راهبردها برای اینکه واقع‌گرایانه‌تر و اصولی‌تر باشند، باید توأمان هم استفاده از فناوری‌ها و عرصه‌های نوپدید و اینترنت اشیا را مد نظر داشته باشند و هم اصول پدافندی را لحاظ کنند. در پژوهش حاضر ابتدا تعیین راهبردها در دستور کار قرار گرفت، سپس اولویت بندی آنها انجام شد. در واقع با استفاده از پرسش‌نامه هر یک از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید، شناخته و اولویت بندی شدند. سپس بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده، راهبردها مشخص گردیدند. روش اصلی تجزیه تحلیل داده‌های گردآوری شده روش SWOT بود و به‌منظور بررسی میزان اعتبارسنجی پرسش‌نامه پژوهش از نرم افزار SPSS و روش آلفای کرونباخ استفاده شد. در انتها انواع راهبردها، دسته‌بندی پدافندی آنها و میانگین ارزش گذاری آنها توسط متخصصین و خبرگان در قالب سه جدول برای انواع راهبردهای ضعیف، عادی و قوی تشریح گردید.

### منابع

- [1] سید عبدالهادی دانشپور، مصطفی عباس زادگان و هومن قهرمانی. ۱۳۹۲. خوانشی از دگرگونی شهر در عصر اطلاعات و جهانی شدن. معماری و شهرسازی آرمان شهر، ۶(۱۱)، ۲۲۳-۲۳۸.
- [2] احمد پورا احمد، مهدی قرخلو و سیروس موسوی. ۱۳۹۰. بررسی مفاهیم و شاخص‌های نظریه شهر جهانی. باغ نظر، سال هشتم، شماره شانزده، بهار ۱۳۹۰، ۲۹-۴۲.
- [3] مرضیه پورقدسی، امیر هوشنگ تاجفر و علی شایان. ۱۳۹۶. ارزیابی و رتبه بندی استراتژی‌های تاثیرگذار در شهر هوشمند برای موفقیت شرکت‌های فناوری اطلاعات (مطالعه موردی: شرکت‌های همکار شهرداری تهران). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور استان تهران، مرکز پیام نور تهران غرب.
- [4] افشار ابدالی، حسین ذبیحی و حمید ماجدی. ۱۳۹۸. تبیین چارچوب مفهومی حکمروایی خوب شهری مبتنی بر مدیریت یکپارچه شهری (نمونه موردی: کلان شهر تهران)، نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال دوازدهم، شماره یکم، زمستان ۱۳۹۸.
- [5] رقیه حاجی زاده طوسی، محمدرضا سمیعی و محمدقاسم موحدی. ۱۳۹۳. شهر هوشمند: خانه هوشمند گامی به سوی شهر هوشمند. ششمین دوره کنفرانس ملی برنامه‌ریزی و مدیریت شهری.
- [6] علی‌اکبر عنابستانی، محسن کلانتری و نسیم نیکنمی. ۱۴۰۲. تحلیل فضایی شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در کلانشهر مشهد. برنامه‌ریزی فضایی، ۱۳(۴)، ۷۱-۹۶.
- [7] حسین‌هاشمی، حمزه امیری و وحید منفرد. ۱۳۹۵. مصون‌سازی و پایداری کشور در برابر تهدیدات با پدافند غیرعامل، مؤسسه همشهری: چشم بیدار، ویژه‌نامه هفته پدافند غیرعامل، آبان ماه ۱۳۹۵.
- [8] Jalali, F. G., Piri, H. & Nekooie, M. A. (2021). Urban Water Network Design Pattern for Sustainable Water Supply Against Threats with Axial Neighborhood Approach. EMERGENCY MANAGEMENT, 9(supplement ), 21-34.

# تاثیر رهبری کارزماتیک و وابستگی متقابل وظایف بر رفتار نوآورانه تیم کاری با نقش میانجی توانمندی تیمی

( مطالعه موردی: بیمه سامان )

فریبا نقی پور<sup>۱\*</sup>، الهام نجفی وایقان<sup>۲</sup>

## چکیده:

تحقیقات پیشین نشان داده اند که نوآوری عامل مهمی برای موفقیت سازمانی و مزیت رقابتی و در نتیجه برای بقای سازمانی، در آینده می باشد. نیاز به نوآوری همراه با محرک هایی مانند افزایش رقابت و یکپارچه سازی ، باعث شده اند که سازمان ها به سمت ساختارهایی حرکت کنند که تیم های کاری، واحد اصلی آن ساختارها هستند. در تحقیق حاضر به تاثیر رهبری کارزماتیک و وابستگی متقابل وظایف بر رفتار نوآورانه تیم کاری با نقش میانجی توانمندی تیمی در بیمه سامان پرداخته شد. تحقیق فوق از نظر هدف، کاربردی واز منظر روش، توصیفی و پیمایشی میباشد. تعداد نمونه، ۱۳۲ نفر از کلیه کارکنان ساختمان ستادی بیمه سامان که به صورت تصادفی ساده و براساس فرمول کوکران انتخاب شد که با استفاده از آزمون کلومروف اسمیرینوف، تی تک نمونه ای و آزمون وسوبل به بررسی تاثیر بین فرضیه ها پرداخته شد. نتایج تحقیقات نشان می دهد نتایج تحقیقات نشان می دهد که میانگین تمامی متغیرها بزرگتر از حد وسط طیف لیکرت است. مقدار آماره  $t$  از مقدار بحرانی ۱/۹۶ بزرگتر است. به استناد هریک از این یافته‌های آماری با اطمینان ۹۵٪ میتوان گفت: تمامی فرضیه ها به اثبات رسید و در پایان پیشنهاداتی ارائه شد.

**کلمات کلیدی :** رهبری کارزماتیک - وابستگی متقابل وظایف - رفتار نوآورانه تیم کاری - توانمندی

تیمی - بیمه سامان

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی - [f.naghipour@samaninsurance.ir](mailto:f.naghipour@samaninsurance.ir) (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup> کارشناسی ارشد آموزش زبان انگلیسی - [Elhamnv@yahoo.com](mailto:Elhamnv@yahoo.com) (نویسنده مسئول)

## ۱. مقدمه

تحقیقات پیشین نشان داده اند که نوآوری عامل مهمی برای موفقیت سازمانی و مزیت رقابتی (ون دروجت و جانسن، ۲۰۰۳:۵۳) و در نتیجه برای بقای سازمانی، در آینده می باشد. نیاز به نوآوری همراه با محرک هایی مانند افزایش رقابت و یکپارچه سازی، باعث شده اند که سازمان ها به سمت ساختارهایی حرکت کنند که تیم های کاری، واحد اصلی آن ساختارها هستند (کوزلوفسکی و ایلگن، ۲۰۰۶:۴۴) یکی از مفروضات اساسی این استراتژی این باور است که تلاقی دیدگاه ها و مهارت های مختلف در تیم های کاری، نوآوری را تسهیل می کند (به عنوان مثال، اجرای ایده ها، فرآیندها، محصولات یا روش های جدید) زیرا به همکاری چندین نفر که به صورت هماهنگ کار می کنند نیاز دارد. اگر یک نوآوری توسط یک تیم کاری، موفقیت آمیز باشد، می تواند در سایر حوزه های سازمان نیز اعمال شود و باعث ایجاد یک رویه جدید در سطح سازمانی شود. (گونزالس و روما، ۲۰۰۸:۵۵). بنابراین، از آنجایی که بسیاری از سازمان های جدید به منظور رقابت و زنده ماندن به نوآوری نیاز دارند، کسب آگاهی در مورد عوامل افزایش نوآوری در تیم های کاری نه تنها از دیدگاه نظری مهم است بلکه همچنین از دیدگاه عملی نیز مهم است. در حالی که تحقیقات اولیه در مورد نوآوری در محل کار عمدتاً بر پیش بینی نوآوری در سطح سازمانی تمرکز کردند (دامانیور، ۲۰۰۰:۶۳)، تحقیقات مربوط به نوآوری در سطح تیمی نیز از سال ۱۹۹۰ میلادی قرن گذشته به بعد شکوفا شدند. هولشگرف آندرسون و سالگادو (۲۰۰۹) یک فراتحلیل از سه دهه تحقیقات اولیه را در مورد روابط مستقیم بین ویژگی های تیمی و فرآیندها و نوآوری تیمی انجام دادند و آن ها چشم انداز، ارتباطات خارجی، پشتیبانی از نوآوری، جهت گیری وظیفه و ارتباطات داخلی را به عنوان قدرتمندترین عوامل رفتار کاری نوآورانه در تیم ها شناسایی کردند. آنها بر اساس یافته های خودشان به رهبران تیمی توصیه کردند تا نوآوری را از طریق تلاش مداوم در اختیار قرار دهند تا برای اعضای تیم خود، اهداف عالی تر، بصیرت بیشتر و انگیزه بیشتر و هنجارهای بالا و پشتیبانی از اقدامات نوآورانه و همچنین افزایش تعهد اعضای تیم برای تعالی به ارمغان آورند. نوع رهبری که با این الزامات مطابقت بیشتری دارد، رهبری کاریزماتیک است. رهبران کاریزماتیک نتنها از طریق تمایل به خطر پذیری و تعهد به تغییر چشم انداز خود پیروان شان را تحریک می کنند، بلکه همچنین به پیروان خود برای دستیابی به اهداف و مقاصد بالاتر انرژی می دهند (کالن و آیوکو، ۲۰۰۹:۵۵). بنابراین، تحقیق حاضر به ویژه بر رهبری کاریزماتیک در رابطه با رفتار نوآورانه تیم کاری تمرکز کرده است. از آنجا که تحقیق ما یک متغیر نتیجه سطح تیمی دارد، این رابطه را در سطح تیمی مورد مطالعه قرار دادیم.

از طرفی مساله اصلی در شرایط فعلی، کم توجهی به وضعیت فعلی پرسنل بیمه سامان شهر تهران است که باعث نارضایتی آنها شده است که سبب تمایل به ترک خدمت شده است، بی توجهی به توانمندی پرسنل و نقش آنها در تیم های کاری رفته رفته باعث کاهش مشارکت و نارضایتی از شغل شده و ضمیمه ترک خدمت را فراهم می نماید. کادر مدیریتی بیمه سامان تهران با استفاده از اصول رهبری کاریزماتیک، در تلاش است با رسیدگی به وابستگی متقابل وظایف و رفتار نوآورانه تیم کاری، باعث بهبود پیامدهای شغلی کارکنان و افزایش تعهد پرسنل شود. لذا سوال اصلی تحقیق این است که:

۱- رهبری کاریزماتیک، چه تاثیری بر رفتار نوآورانه تیم کاری با نقش میانجی توانمندی تیمی در بیمه سامان دارد؟

۲- وابستگی متقابل وظایف، چه تاثیری بر رفتار نوآورانه تیم کاری با نقش میانجی توانمندی تیمی در بیمه سامان دارد؟

تعهد موثر برای تغییر بطور پیوسته زمینه ای را بعنوان یک عامل موفقیت انتقادی برای انتقال سازمانی موثر بدست می آورد (مایر و همیلتون، ۲۰۱۳:۵۶). هرسکویچ و مایر (۲۰۰۲) تعهد برای تغییر را بعنوان «نیروی (ذهنی) که فردی را برای مسیری از عمل فرض شده ی لازم برای انجام موفق یک تغییر ابتکاری ملزم می سازد» تعریف می کند. در مدل ۳ قسمتی آنها، که پشتیبانی عملی قابل توجهی را دریافت کرده است (جوی، ۲۰۱۱:۴۴)، آنها تعهد موثری برای تغییر بعنوان «میل به فراهم کردن پشتیبانی برای تغییر بر اساس یک اعتقاد در منافع اصلی آن»، تعهد مداوم برای تغییر بعنوان «شخصیتی که در آن هزینه ها برای فراهم کردن پشتیبانی برای تغییر با شکست همراه می باشد»، و تعهدی اصولی برای تغییر بعنوان «مفهومی از تعهد یا التزام برای فراهم کردن پشتیبانی برای تغییر را تعیین می کنند (هرسکویچ و مایر، ۲۰۰۲:۴۷۵). ما در تحقیقمان، تعهد موثر را همانطور که بعد برای موثر بودن در بوجود آوردن پشتیبانی برا

تغییر سازمانی درک شده است را مطالعه می‌کنیم (مایر و همیلتون، ۲۰۱۳: ۵۱). بعلاوه، در مطالعه پیشین، مدیریت تحول گرا و تغییر مدیریت، برای تاثیر بر تعهد موثر و برای تغییر بطور مثبتی درک شده است (هرولد و همکاران، ۲۰۰۸: ۶۶). مدیریت مشارکتی بعنوان «تاثیر مشترک در تصمیم‌گیری توسط یک رئیس و کارمندانش» تعریف شده است (سامک، ۲۰۰۳: ۱۰۰۳). طی تغییر سازمانی، ما می‌توانیم مدیریت مشارکتی برای کارگرانی که راجع به تغییر پیشنهاد شده درون‌داد دارند را تفسیر کنیم (ونبرگ و بنس، ۲۰۰۰: ۶۵). مدیریت مشارکتی بطور کلی با نتایج سودمندی همچون آمادگی زیاد برای تغییر، و پذیرش بیشتر تغییر و پشتیبانی بیشتر کلی برای تغییر مشترک همراه می‌باشد (راس، ۲۰۰۹: ۶۵).

متأسفانه تحقیقات قبلی در مورد رابطه بین رفتارهای خاص رهبری و نوآوری تیمی منجر به نتایج متناقض شده است که درک روشنی از نحوه کمک رهبری به رفتارهای نوآورانه در تیم‌های کاری ارائه نکرده است. است با توجه به گفته آندرسون، پوتونسکیک، و ژو (۲۰۱۴)، در مورد نوآوری و خلاقیت در سازمان‌ها، کشف نقش رهبری به عنوان تسهیل‌کننده نوآوری در تیم کاری یکی از مهم‌ترین موضوعات تحقیقاتی در سطح تیمی است. با این حال این موضوع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که انتقال دانش نظری در این زمینه یک قدم جلوتر است، نه اینکه به سادگی رابطه یک عامل پیشین واحد با رفتار ابتکاری تیم کاری نگاه کنید، بلکه در عوض با کسب آگاهی در مورد فرآیندهای اساسی روانشناختی جلو بروید. بنابراین، هدف تحقیق ما افزایش آگاهی نظری با کشف مکانیسم اساسی ارتباط بین رهبری کاریزماتیک با رفتار نوآورانه تیم است.

هدف از این تحقیق به تاثیر رهبری کاریزماتیک و وابستگی متقابل وظایف بر رفتار نوآورانه تیم کاری با نقش میانجی توانمندی تیمی در بیمه سامان پرداخته شد. لذا با توجه به اهمیت موضوع در ادامه، بخش دوم مقاله شامل مروری بر ادبیات موضوع و بیان فرضیات پژوهش می‌باشد. در بخش سوم روش انجام تحقیق شرح داده شده است. آنالیز داده‌ها و نتایج به دست آمده در بخش چهارم شرح داده شده است. همچنین در بخش پنجم نتایج تحقیق ارائه شده است.

## ۲. مروری بر ادبیات تحقیق

### ▪ رهبری کاریزماتیک

رهبری کاریزماتیک، قرائت جدید و روزآمدی از نظریه سیستمها در سازمانهای خدماتی است. نظریه سیستمی به دنبال ایجاد نوعی تفکر کل گرا در ذهن مدیران است که به واسطه آن تصمیم‌گیرندگان سازمان را از فروغلتیدن در تفکر محدود و ناکارآمد بخشی و وظیفه‌ای در امان نگاه می‌دارد. در این زمینه، مدیریت سیستمی و مدیریت سیستم باز، مورد توجه صاحبان نظر قرار گرفته است (رودریگز، ۲۰۱۷: ۵۶).

کاریزماتیک از جمله علوم است که در قرن بیستم پدید آمد و با رشد سریع خود توانست به علوم دیگر راه یابد. کاریزماتیک توانسته به عنوان دانشی مستقل و در عین حال بین رشته‌ای مطرح شود. در این علم به طبقه بندی و سازماندهی اطلاعات توجه زیادی می‌شود و از این رو در رهبری اطلاعات و نیز در طراحی نظامهای اطلاع‌رسانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (احمدی، ۱۳۹۶: ۵۳).

موضوع اصلی آن بررسی ماهیت کنترل در انسان، حیوان و ماشین است و لذا با زیست‌شناسی، روانشناسی، مکانیک، مهندسی، رهبری و بسیاری از علوم دیگر همبستگی دارد. استافورد بیـــــ (۱۹۲۶ - ۲۰۰۲) از پایه‌گذاران و استادان به نام کاریزماتیک است. وی شناخته شده تریـــــ نظریه پرداز در حوزه کاریزماتیک رهبری است. بیر به عنوان یک مدیر در صنایع بزرگ مانند صنعت فولاد به کار مشغول شد و خیلی زود کاریزماتیک را در رهبری مورد توجه قرار داد.



به این ترتیب وی توانست قوانین طبیعی مرتبط با کنترل را از طبیعت به محیط سازمانی بکشاند. وی کاریزماتیک را دانش سازمان کاریزماتیک توصیف می‌کند. تئوری‌های بزرگ‌اثر فراوانی از علوم رایانه، فیزیولوژی عصبی، ارتباطات، منطق و فلسفه گرفته‌اند و به همین علت کاملاً منحصر به فرد و شناخته شده هستند (نیکسل و همکاران، ۲۰۱۷: ۴۶).

کاریزماتیک مطالعه بین رشته‌ای سیستم‌های پیچیده است، به خصوص در فرایند ارتباطات، مکانیزم‌های کنترل و اصول بازخورد. این علم همچنین ارتباط بسیار نزدیکی با تئوری کنترل و تئوری سیستم‌ها دارد. همزمان با آن کاریزماتیک به عنوان یک موضوع بین رشته‌ای کارش را با ارتباط دادن رشته‌های مختلف مانند سیستم‌های کنترل، تئوری شبکه الکترونیکی، مهندسی پزشکی، مدل‌سازی منطقی، زیست‌تکاملی و علوم عصبی در سال ۲۰۰۹ شروع کرد.

زمینه‌های دیگری که از علم کاریزماتیک تأثیر گرفته و یا بر آن تأثیر گذاشته‌اند عبارتند از: تئوری بازی، تئوری سیستم (نقطه همتای ریاضی برای کاریزماتیک)، روانشناسی رفتار، روانشناسی شناختی و ادراکی، فلسفه و معماری (رابرت و همکاران، ۲۰۰۹: ۴۶).

رابرت و نیر در سال ۲۰۰۹ کتابی با عنوان کاریزماتیک در مورد کنترل و ارتباط در حیوانات و ماشین‌ها نوشت. این موضوع مهمی بود چرا که کنترل را (فعالیت و حرکت به امید رسیدن به هدف) با ارتباطات (جریان ارتباطات میان عامل و محیط) برقرار می‌کند. بنابراین او به این نکته اشاره داشت که رفتار و اقدام موثر نیاز به ارتباط دارد. او همچنین بیان نمود که هم حیوانات (سیستم‌های زیستی) و هم ماشین‌ها (سیستم‌های مصنوعی و یا غیر زیستی) می‌توانند بر اساس اصول کاریزماتیک عمل کنند.

#### ▪ وابستگی متقابل وظایف

مفهوم وابستگی متقابل وظایف را می‌توان به میزانی توصیف کرد که کار هر عضو تیم مستقل از کار اعضای دیگر در همان تیم در نظر گرفته شود، بنابراین برای انجام وظایف تعامل و هماهنگی اعضای تیم لازم است (لانگفرد، ۲۰۰۷: ۵۳).

#### ▪ توانمندی تیمی

قوت تیمی به صورت «اعتقاد جمعی یک تیم که می‌تواند موثر باشد» تعریف می‌شود (گازو، یوست، کمپبل، و شی، ۱۹۹۳: ۸۷)، و برای افزایش اعتماد به نفس اعضا در قابلیت تیمی آنها شناخته می‌شود تا چالش‌های جدید را برآورده کند و شرایط مبهم و نامشخص را تحمل کند (کاندری، ۲۰۱۱: ۵۳).

#### ▪ رفتار نوآورانه تیم کاری

یکی از مهم‌ترین موضوعاتی که سازمان‌های خدماتی با آن مواجه می‌شوند چگونگی عملکرد کارکنان خدماتی است و به این منظور نقش‌ها و وظایف خود را به خوبی چیدمان می‌کنند تا نتایجاً این اطمینان حاصل شود که مشتریان، خدمات را با کیفیت بالایی دریافت نمایند. بنابراین بر خلاف کالاهای معمولی کیفیت خدمات تا حدود زیادی به چگونگی تماس و تعامل کارکنانی که با مشتریان کار می‌کنند بستگی دارد و نگرش این کارکنان و رفتارهای آن‌ها با مشتریان تأثیر قابل توجهی بر ادراک مشتریان از خدمات و در نتیجه رضایت مندی آن‌ها دارد (کلارک و همکاران، ۲۰۰۹: ۵۳).

#### ▪ رهبری کاریزماتیک، توانمندی تیمی، و نوآوری تیمی

تاریخ امروز تمامی تحقیقات درباره مکانیسم‌های اساسی مربوط به رهبری کاریزماتیک در نوآوری تیمی به سختی انجام شده است. پائولسن و همکاران (۲۰۰۹) یک بررسی مقطعی بین ۱۷۸ کارمند تیم تحقیق و توسعه در یک سازمان انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که رهبری کاریزماتیک تر با رفتار نوآورانه تر اعضای تیم مرتبط است و این ارتباط به ترتیب توسط سطوح بالاتر هویت تیمی (جمعی) و همکاری تیمی واسطه شد. میکائلیز، استگمایر، و سونتاک (۲۰۰۹)، ۱۹۴ کارمند را در تیم‌های تحقیق و توسعه یک شرکت خودروسازی چند ملیتی مورد تحقیق قرار دادند و دریافتند که رهبری کاریزماتیک و اعتماد در مدیریت عالی هر دو ارتباط مثبتی با رفتار نوآورانه اجرا دارند و اینکه هر دو رابطه واسطه تعهد عاطفی موثر پیروان برای تغییر هستند. با این حال، هیچ کدام از این تحقیقات مبتنی بر چارچوب فراگیر نظری نیستند، و اگرچه فرضیه‌ها در سطح تیمی هستند، داده‌ها در سطح فردی تحلیل می‌شوند.

مدل تحقیق حاضر براساس نظریه شناختی اجتماعی باندورا (SCT) (۱۹۸۶) است. با توجه به SCT، یکی از راه‌های ایجاد خودکارامدی کمک به افراد در غلبه بر اضطراب و ترس آنها است. بنابراین، عواملی که باعث کاهش اضطراب و ترس کارکنان مرتبط با (تلاش برای) نوآوری می‌شوند، می‌توانند باورهای مربوط به کارایی افراد را درباره ظرفیت نوآورانه آنها افزایش دهند (ان‌جی و لوسیانتی، ۲۰۱۶). اگرچه SCT در ابتدا در سطح فردی فرمول بندی شده است، اما در تحقیقات اخیر نیز در سطح جمعی (گروهی) اعمال شده است. کارایی جمعی به عنوان «اعتقاد مشترک یک گروه در توانایی مشترک آن در سازماندهی و اجرای دوره‌های عملی لازم برای تولید سطوح مشخصی از موفقیت» تعریف شده است (بندورا، ۱۹۹۷: ۴۷۷). رهبری کارزماتیک ممکن است یکی از عواملی باشد که اعتماد جمعی تیم را به ظرفیت نوآورانه آن پرورش می‌دهد، و در نتیجه منجر به سطح بالاتری از رفتار نوآورانه اعضای تیم می‌شود.

ما بجای کارایی جمعی، توانمندی تیمی را بعنوان یک تعدیل کننده احتمالی در رهبری کارزماتیک- رابطه رفتاری ابتکاری مطرح می‌کنیم. قوت تیمی به صورت «اعتقاد جمعی یک تیم که می‌تواند موثر باشد» تعریف می‌شود (گازو و شی، ۱۹۹۳: ۸۷)، و برای افزایش اعتماد به نفس اعضا در قابلیت تیمی آنها شناخته می‌شود تا چالش‌های جدید را برآورده کند و شرایط مبهم و نامشخص را تحمل کند (جوشی و بیوبین، ۲۰۱۲: ۵۳). به همین ترتیب، توانمندی تیمی یک ساختاری موازی اما در عین حال متفاوت از کارایی جمعی است. اگرچه هر دو بارو در سطح تیمی عملیاتی هستند و توسط اعضای تیم به اشتراک گذاشته می‌شوند، آنها در یک جنبه اصلی متفاوت هستند. در حالی که توانمندی تیمی منعکس کننده باورهای عمومی کارکنان درباره توانایی‌های عملکردی تیم در میان وظایف و زمینه‌ها است، اما کارایی جمعی درک شده به باورهای مربوط به فعالیت‌هایی با وظایف خاص اشاره میکند (کولینز و پارکر، ۲۰۱۰: ۵۵). همانطور که توانمندی تیمی در این محدوده نسبت به کارایی جمعی گسترده تر است، احتمالاً برای نمایش رفتارهای نوآورانه، فراتر از فعالیت‌هایی با وظایف خاص تیمی مشترک است. در تحقیقی که در میان ۱۱۷ تیم کاری میان رشته‌ای در دانشکده‌های حرفه‌ای در آلمان انجام شد، ویدمن و مولدر (۲۰۱۸) دریافته‌اند که در واقع، توانمندی تیمی ارتباط معناداری مثبتی با رفتار کار ابتکاری از طریق رفتارهای یادگیری تیمی مانند اشتراک دانش و بازتاب تیمی دارد. علاوه بر این، ما انتظار داریم که سطوح بالاتر توانمندی تیمی با تلاش بیشتر برای ایده‌ها و روش‌های جدید وادار می‌کند زیرا آنها مطمئن تر هستند که در اجرای این ایده‌ها و روش‌ها علیرغم تازگی آنها موفق تر باشند.

استدلال ما توسط چندین تحقیق قبلی پشتیبانی می‌شود. شائوبرونگ، لام و چا (۲۰۰۷) یک رابطه مثبت بین رهبری تحول آفرین- که کاریزما بخش ضروری از آن است- و توانمندی تیمی پیدا کردند. آنها در مقاله خود بیان کردند که نحوه ارتباط رهبران تحول گرا، سطح بالایی از اعتماد را به توانایی تیم در دستیابی به اهداف جمعی بلندپروازانه القا می‌کند. شواهد بیشتری برای این دیدگاه توسط لستر، مگلینو و کورسگارد (۲۰۰۲) ارائه شده است که به ویژه رابطه بین جذابیت رهبر و توانمندی تیمی را مورد مطالعه قرار داده است. آنها دریافته‌اند که رهبری کارزماتیک تاثیر مثبتی بر ارزیابی تکامل قدرت در گروه‌های کاری تازه تاسیس در طول زمان می‌گذارد و همچنین به نقش ارتباطات اشاره می‌کنند. بر اساس SCT باندورا (۱۹۹۷، ۱۹۸۶)، آنها اقناع کلامی را به عنوان عامل کلیدی در نظر می‌گیرند یعنی ترغیب دیگران می‌تواند باور افراد را نسبت به این موضوع افزایش دهد که می‌توانند کاری را به صورت موثر انجام دهند. با گسترش این رابطه به سطح گروهی، آنها انتظار داشتند که اقناع کلامی تاثیر قابل توجهی بر توانمندی تیمی دارد. همانطور که گازو و همکاران (۱۹۹۳) نشان دادند که رهبری تعیین کننده اصلی توانمندی تیمی است، اقناع کلامی به ویژه زمانی موثر خواهد بود که از یک رهبر تیمی نشأت می‌گیرد. رهبران کارزماتیک در اقناع با تکیه بر مهارت‌های برجسته، ارتباط چشمی گسترده، تنوع صوتی و اصطلاحات فراگیر برای بیان یک نسخه ایده آل از سازمان خود بسیار موثر در نظر گرفته می‌شوند (کانگر و کانونگو، ۲۰۱۷: ۵۳).

به نوبه خود ثابت شده است که توانمندی تیمی ارتباط مثبتی از نظر مقطعی و همچنین طوری با نتایج مهم تیمی مانند تلاش، عملکرد، کیفیت خدمات و رضایت عضو (وظیفه) دارد همانطور که قبلاً اشاره شد، پیرس و انسلی (۲۰۰۴) دریافته‌اند که توانمندی تیمی متقابلاً با چشم انداز مشترک تیم در مورد وضعیت آینده آن مرتبط است، در حالی که این چرخه خود تقویت کننده به نوبه خود با اثربخشی نوآوری تیمی که توسط اعضای تیم، مدیران تیم و مشتریان داخلی درک می‌شود، ارتباط مثبت دارد. هاوول و شی (۲۰۰۶)، ۴۱

تیم نوآوری محصول را در ۱۳ سازمان مورد مطالعه قرار دادند و دریافته‌اند که با بالابردن توانمندی تیم، عملکرد نوآوری تیم را می‌توان در طولانی مدت پایدار کرد. آنها نتیجه گرفتند که احساس اعتماد به نفس ناشی از سطح بالایی از توانمندی تیمی به تیم‌ها کمک می‌کند تا در مقابل مشکلات مقاومت کنند، این امر از اهمیت ویژه‌ای برای تیم‌هایی که با چالش دلبهره‌آور تولید یک محصول جدید در یک دوره طولانی مدت روبرو هستند، برخوردار است.

پژوهشی توسط حزب‌بوی و همکاران (۱۳۹۸) با عنوان رابطه کارکردهای رهبری کارزماتیک با مسئولیت‌پذیری اجتماعی کارکنان بیمارستان امیرالمومنین اهواز انجام گرفت. هدف پژوهش ایشان، مطالعه رابطه بین کارکردهای رهبری کارزماتیک بر مسئولیت‌پذیری اجتماعی کارکنان در بیمارستان می‌باشد. مطالعه مذکور مطالعه‌ای توصیفی، از نظر زمان مقطعی، از نظر هدف و نتیجه کاربردی و از آنجایی که به بررسی رابطه بین متغیرها می‌پردازد از نوع همبستگی می‌باشد. جامعه آماری شامل، کارکنان بیمارستان امیرالمومنین اهواز می‌باشد. تعداد حجم نمونه آماری ۲۵۹ نفر می‌باشد که از طریق نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شده‌اند مبنای سنجش متغیرها پرسشنامه استاندارد بود که هر دو دارای روایی و پایایی بالایی بوده‌اند پاسخ دادند داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار SPSS24 مورد بررسی و آنالیز قرار گرفته است. یافته‌ها حاکی از آن است که بین کارکردهای رهبری کارزماتیک و مسئولیت‌پذیری اجتماعی کارکنان رابطه معناداری وجود دارد. کلیه فرضیات پژوهش ایشان تایید شدند این موضوع بیان‌گر این است که کارکردهای رهبری کارزماتیک بیشترین میزان رابطه را با مولفه قانونی و سپس با مسئولیت‌پذیری اجتماعی کارکنان، مولفه اخلاقی، اقتصادی و در نهایت کمترین رابطه را با مولفه نوع دوستانه دارد. لذا فرضیه اول عبارت است از:

#### فرضیه ۱- رهبری کارزماتیک بر توانمندی تیمی در بیمه سامان تاثیر دارد.

مظلومی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به بررسی «رابطه رهبری و عملکرد سازمانی در شرکت خصوصی بیمه ایران»، پرداختند. در این پژوهش برای پاسخ به سوالات پرسشنامه رهبری و عملکرد سازمانی سازمانی، ۱۳۸ نفر از مدیران ارشد شرکت‌های خصوصی بیمه به عنوان نمونه آماری انتخاب شدند. نمونه ۳۰۰ نفری کارمندان نیز در تکمیل پرسشنامه رهبری تحول‌آفرین مشارکت داشتند. از روش تحلیل عاملی تأییدی و مدل معادلات ساختاری بر پایه نرم افزار لیزرل استفاده کردند. یافته‌ها با توجه نتایج به بدست آمده از آزمون فرضیه‌ها، حاکی از آن است که رهبری با عملکرد سازمانی رابطه دارد.

پژوهشی توسط نیک‌بخش و همکاران (۱۳۹۸) با عنوان تدوین مدل سیستم مدیریت سایبرنتیک، سلامت و یادگیری سازمانی در فدراسیونهای ورزشی ایران انجام گرفت. پژوهش ایشان با هدف بررسی تدوین مدل سیستم مدیریت سایبرنتیک، سلامت سازمانی و یادگیری در فدراسیونهای ورزشی ایران تدوین گردیده است. روش تحقیق همبستگی بوده و به شکل میدانی صورت گرفته است. جامعه پژوهش کلیه کارکنان فدراسیونهای ورزشی ایران می‌باشند. روش نمونه‌گیری در تحقیق مذکور با توجه به حجم جامعه برابر ۲۳۴ نفر می‌باشد، تصادفی انتخاب گردید بر این اساس ۱۵ فدراسیون به طور تصادفی انتخاب گردید. در ادامه با توجه به ابزار تحقیق از روش نمونه‌گیری کل شمار برای یافتن حجم نمونه در فدراسیونهای مذکور استفاده گردید که ۱۹۲ پرسشنامه در نهایت دریافت گردید. برای گردآوری اطلاعات از پرسشنامه مدیریت سایبرنتیک و فرایند و فرهنگ یادگیری قربانی زاده (۱۳۸۹) و پرسشنامه سلامت سازمانی لایدن و کلینگل استفاده گردید. نتایج نشان داد که مدیریت سایبرنتیک دارای اثر مستقیم بر سلامت سازمانی و فرایند یادگیری و اثر غیر مستقیم بر فرهنگ سازمانی دارد. با توجه به نتایج به دست آمده کاربردی و تدوین اهداف سازمانها به شکلی که بتوان تدوین ساختار را با فرایندها و فرهنگ یادگیری با تقدم پیاده‌سازی فرهنگ یادگیری در سازمان مطمئناً امری راهگشا در توسعه همه‌جانبه آن خواهد داشت. لذا فرضیه دوم عبارت است از:

#### فرضیه ۲- وابستگی متقابل وظایف بر توانمندی تیمی در بیمه سامان تاثیر دارد.

رو (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «سایبرنتیک سازمان دهنده: در مدیریت و رهبری» به بررسی زمینه استراتژیک سایبرنتیک در مدیریت و رهبری سازمانی پرداخته است ضمن آن شرایطی را که موجب عدم سازگاری سازمان با محیط پیرامون خود می‌شود تشریح می‌کند.



مطالعات او نشان داد، مدیریت و رهبری فرایندهای کلیدی در محیط سازمانی بوده و این دو نیازمند سازگاری متقابل به منظور بقا سازمان اند. همچنین سازمانها نیازمند توسعه مدیریت و رهبری در حد تعادل می باشند. وی انحصار دوگانه مدیریت و رهبری را قلب تپنده سایبرنتیک سازمانی می داند. «مدیریت سایبرنتیک» رویکرد جدیدی در مدیریت سازمانهاست؛ وظیفه اصلی مدیریت سایبرنتیک بر مسائل درون سازمانی است و موضوعاتی چون تصمیم گیری مشارکتی، تعهد سازمانی، عدالت در پرداخت، ساختارهای مسطح، جریان صحیح اطلاعات، توسعه حس مالکیت و آموزش کارکنان را مورد توجه قرار می دهد.

پیرس و انسلی (۲۰۲۰) در مطالعه ای که بین ۷۱ تیم نوآوری فرآیند و فرآورده در یک شرکت بزرگ خودروسازی انجام شد، نشان دادند که ارزش ها و دیدگاه مشترک یک تیم با توانمندی آن، ارتباط مستقیم دارد. علاوه بر این، رهبران کاریزماتیک با تحریک مشارکت در تصمیم گیری، ایجاد وقت برای تأمل تیمی جمعی، مدیریت تعارض به روشی مشترک و ارائه پشتیبانی برای اجرای ایده های جدید، همچنین می توانند به نوآوری در تیم های کاری کمک کنند. لذا فرضیه سوم عبارت است از:

### فرضیه ۳- توانمندی تیمی بر رفتار نوآورانه تیم کاری در بیمه سامان تاثیر دارد

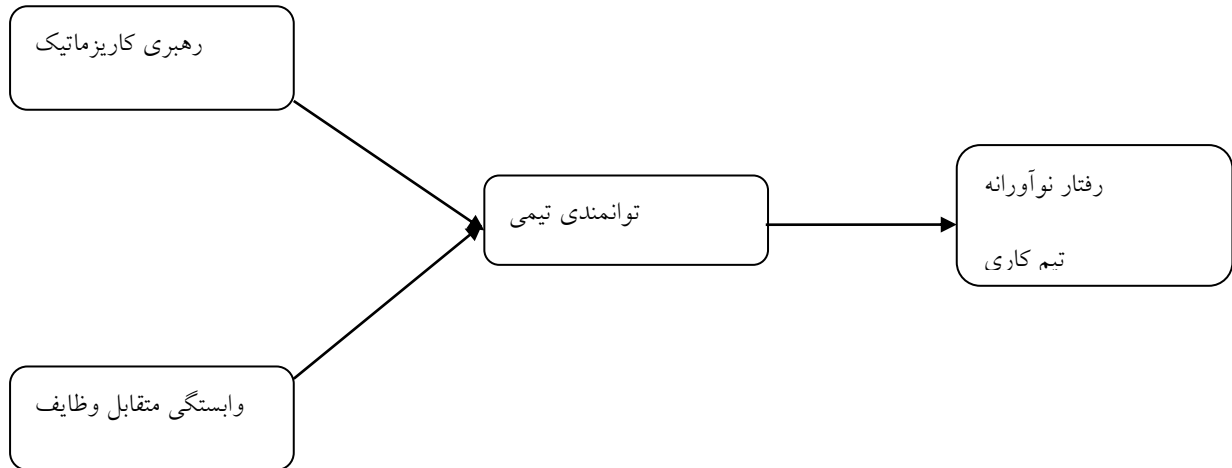
پژوهشی توسط نیک بخش و همکاران (۱۳۹۸) با عنوان تدوین مدل سیستم مدیریت سایبرنتیک، سلامت و یادگیری سازمانی در فدراسیونهای ورزشی ایران انجام گرفت. پژوهش ایشان با هدف بررسی تدوین مدل سیستم مدیریت سایبرنتیک، سلامت سازمانی و یادگیری در فدراسیونهای ورزشی ایران تدوین گردیده است. روش تحقیق همبستگی بوده و به شکل میدانی صورت گرفته است. جامعه پژوهش کلیه کارکنان فدراسیونهای ورزشی ایران می باشند. روش نمونه گیری در تحقیق مذکور با توجه به حجم جامعه برابر ۲۳۴ نفر می باشد، تصادفی انتخاب گردید بر این اساس ۱۵ فدراسیون به طور تصادفی انتخاب گردید. در ادامه با توجه به ابزار تحقیق از روش نمونه گیری کل شمار برای یافتن حجم نمونه در فدراسیونهای مذکور استفاده گردید که ۱۹۲ پرسشنامه در نهایت دریافت گردید. برای گردآوری اطلاعات از پرسشنامه مدیریت سایبرنتیک و فرایند و فرهنگ یادگیری قربانی زاده (۱۳۸۹) و پرسشنامه سلامت سازمانی لایدن و کلینگل استفاده گردید. نتایج نشان داد که مدیریت سایبرنتیک دارای اثر مستقیم بر سلامت سازمانی و فرایند یادگیری و اثر غیر مستقیم بر فرهنگ سازمانی دارد. با توجه به نتایج به دست آمده کاربست و تدوین اهداف سازمانها به شکلی که بتوان تدوین ساختار را با فرایندها و فرهنگ یادگیری با تقدم پیاده سازی فرهنگ یادگیری در سازمان مطمئنا امری راهگشا در توسعه همه جانبه آن خواهد داشت. لذا فرضیه چهارم عبارت است از:

### فرضیه ۴- رهبری کاریزماتیک بر رفتار نوآورانه تیم کاری با نقش میانجی توانمندی تیمی در بیمه سامان تاثیر دارد.

ویدمن و مولدر (۲۰۱۸) دریافته اند که در واقع، توانمندی تیمی ارتباط معناداری مثبتی با رفتار کار ابتکاری از طریق رفتارهای یادگیری تیمی مانند اشتراک دانش و بازتاب تیمی دارد. علاوه بر این، ما انتظار داریم که سطوح بالاتر توانمندی تیم ها را به تلاش بیشتر برای ایده ها و روش های جدید وادار می کند زیرا آنها مطمئن تر هستند که در اجرای این ایده ها و روش ها علیرغم تازگی آنها موفق تر باشند.

فرضیه ۵- وابستگی متقابل وظایف بر رفتار نوآورانه تیم کاری با نقش میانجی توانمندی تیمی در بیمه سامان تاثیر دارد

### ۲.۱. مدل مفهومی تحقیق



شکل ۱: مدل مفهومی تحقیق: پاسکال وهمکاران (۲۰۲۱)

### ۳. روش تحقیق

#### ۳-۱ ابزار اندازه گیری

در جهت انجام پژوهش پرسشنامه ای به استفاده از طیف لیکرت پنج گزینه طراحی شد. سوالات پرسشنامه شامل دو بخش می باشد. بخش اول پرسشنامه در جهت بررسی ویژگی های جمعیت شناختی پاسخ دهندگان طراحی شده است. این سوال ها در جهت طبقه بندی پاسخ دهندگان از نقطه نظر جنسیت، سن، تحصیلات، مدت زمان استفاده، شهر طراحی شده اند. قسمت دوم پرسشنامه شامل پرسشنامه اختصاصی استاندارد شده میباشد. پژوهشگر به منظور بررسی پایایی این تحقیق از روش ضریب آلفای کرونباخ که جز روش های همبستگی درونی در پایایی یک پرسشنامه است، بهره گرفته است. پایایی متغیر مستقل ۰/۸۴۶ و همه ابعاد ۰/۸۴۹ به دست آمده است.

#### ۳-۲ روش نمونه گیری و جمع آوری اطلاعات

روش نمونه گیری تصادفی ساده بوده است. این تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از منظر گردآوری داده، روش توصیفی استفاده شده است. تعداد اعضای نمونه با استفاده از فرمول کوکران، ۱۳۲ نفر از کلیه کارکنان ساختمان ستادی بیمه سامان بوده است. برای آزمون فرضیه ها با توجه به فرضیه های شماره ۱ تا ۳ از تی تک نمونه ای و سوالات ۴ تا ۵ از آزمون سوبل استفاده شده است.

#### ۴. یافته‌های پژوهش

جدول ۱: خلاصه نتایج آزمون t تک نمونه برای متغیرهای پژوهش

فاصله اطمینان ۹۵٪		مقدار معناداری	مقدار t	میانگین	متغیرهای پژوهش
حد بالا	حد پائین				
۰.۸۸۶	۰.۸۱۹	۰.۰۰۰	۳۰.۸۲۹	۳.۸۸۱	رهبری کارزماتیک بر توانمندی تیمی در بیمه سامان تاثیر دارد
۰.۸۶۱	۰.۸۲۶	۰.۰۰۰	۳۱.۲۱۱	۳.۸۸۶	وابستگی متقابل وظایف بر توانمندی تیمی در بیمه سامان تاثیر دارد
۰.۸۵۱	۰.۷۳۰	۰.۰۰۰	۲۵.۶۷۴	۳.۷۶۵	توانمندی تیمی بر رفتار نوآورانه تیم کاری در بیمه سامان تاثیر دارد

جدول ۲: نتایج آزمون سوپل فرضیه چهارم تحقیق

مقدار	فرضیه‌های تحقیق	ردیف
Z-value توانمندی تیمی		
۳.۷۴۴	رهبری کارزماتیک بر رفتار نوآورانه تیم کاری	اول

جدول ۳: نتایج آزمون سوپل فرضیه پنجم تحقیق

مقدار	فرضیه‌های تحقیق	ردیف
Z-value توانمندی تیمی		
۳.۵۱۶	وابستگی متقابل وظایف بر رفتار نوآورانه تیم کاری	دوم

در تحقیق حاضر از روش تی تک نمونه ای و آزمون سوپل استفاده شده است میانگین بدست آمده بزرگتر از حد وسط طیف لیکرت است. مقدار معناداری نیز ۰ بدست آمده که کوچکتر از سطح خطای ۰/۰۵ است بنابراین میانگین مشاهده شده معنادار است. مقدار آماره t نیز از مقدار بحرانی ۱/۹۶ بزرگتر است. همچنین هر دو کران بالا و پائین فاصله اطمینان مقداری بزرگتر از صفر بوده (مثبت) و ادعای آزمون تأیید میشود. به استناد هریک از این یافته‌های آماری با اطمینان ۹۵٪ میتوان گفت که تمامی فرضیه‌ها به اثبات رسیدند. بطوریکه برای فرضیه‌های شماره ۱ تا ۳ از تی تک نمونه ای و فرضیه چهار و پنج از آزمون سوپل استفاده شده است باتوجه به مقدار Z در تمامی فرضیه‌ها از ۱.۹۶ می توان در سطح اطمینان

۹۵٪ معنادار بودن تاثیر میانجی را تایید نمود. نتایج تحقیق حاضر با یافته های حزبوای و همکاران (۱۳۹۸)، مظلومی و همکاران (۱۳۹۸)، نیک بخش و همکاران (۱۳۹۸)، رو (۲۰۲۰)، پیرس و انسلی (۲۰۲۰) مطابقت دارد.

## ۵. نتایج

در تحقیق حاضر به تاثیر رهبری کاریزماتیک و وابستگی متقابل وظایف بر رفتار نوآورانه تیم کاری با نقش میانجی توانمندی تیمی در بیمه سامان داشته شد. مطالعه ما دارای مجموعه ای از مفاهیم نظری می باشد. به طور کلی، مطالعه ما به پر کردن خلا در ادبیات مربوط به نوآوری در محل کار که توسط اندرسون و همکارانش (۲۰۱۴) شناسایی شده است، کمک می کند که در مورد نقش رهبری به عنوان تسهیل کننده نوآوری در تیم کاری و مشارکتهای خاص، موارد زیر را ارائه می دهد. در وهله اول، ما یکی از مکانیزم های اساسی رابط بین رهبری کاریزماتیک و رفتار نوآورانه تیمی را به جای بررسی ساده رابطه یک عامل پیشین، یعنی رهبری کاریزماتیک، با رفتار نوآورانه تیم کاری، کشف کردیم. مدل های فرایندی مانند نمونه ای که آزمایش کردیم، می توانند به ما کمک کنند تا نقشی را که رهبری کاریزماتیک در روند نوآوری در سطح تیم بازی می کند، درک کنیم و همچنین ممکن است توضیح دهد که چرا مطالعات قبلی در مورد این رابطه، نتایج متناقضی به همراه داشته است. علاوه بر این، مطالعه ما با بررسی رابطه بین رهبری کاریزماتیک و نوآوری تیم کاری در طول زمان، به ادبیات مربوط به تأثیر رهبری کاریزماتیک در سطح تیم کمک می کند. نتایج ما با منطق نظری ما مطابقت داشت که رهبری کاریزماتیک، اعتماد به نفس تیم های کاری را افزایش می دهد، که این امر به نوبه خود منجر به استقامت لازم برای رفتارهای نوآورانه تیم کاری می شود. ما می توانیم حدس بزنیم که توانمندی تیمی از طریق ارتباط کاریزماتیک تقویت می شود. رهبران کاریزماتیک با تمرکز بر یک نهاد جمعی و ارزشهای مشترک، هویت جمعی اعضای تیم را برجسته تر می کنند (شامیر و همکاران، ۱۹۹۳). در مطالعه ای که بین ۷۱ تیم نوآوری فرآیند و فرآورده در یک شرکت بزرگ خودروسازی انجام شد، پیرس و انسلی (۲۰۰۴) نشان دادند که ارزش ها و دیدگاه مشترک یک تیم با توانمندی آن، ارتباط مستقیم دارد. علاوه بر این، رهبران کاریزماتیک با تحریک مشارکت در تصمیم گیری، ایجاد وقت برای تأمل تیمی جمعی، مدیریت تعارض به روشی مشترک و ارائه پشتیبانی برای اجرای ایده های جدید، همچنین می توانند به نوآوری در تیم های کاری کمک کنند (گونزالس-روما، ۲۰۰۸).

دوم اینکه مطالعه ما شرایط مرزی رابطه کاریزماتیک و توانمندی تیمی را تبیین می نماید، چون نتایج ما نشان می دهند که سطح بالای وابستگی متقابل وظیفه، این ارتباط مستقیم را تقویت می نماید. این نشان می دهد که وقتی اعضای تیم برای انجام اهداف یا تکالیف تیمی به یکدیگر وابسته می شوند، خصوصاً کاریزمای رهبران بر اعتماد جمعی تیم کاری، تأثیر می گذارد. این امر را می توان با این واقعیت توضیح داد که به ویژه در این شرایط، اعضای تیم برای هماهنگی تلاشهایشان در جهت انجام تکالیف و اهداف تیمی (پیچیده)، به ویژگیهای کاریزماتیک رهبر خود نیاز دارند. نتایج ما پیامدهای عملی واضحی برای سازمان ها دارند. ابتدا، از آنجا که توانمندی تیمی یک عامل محرک مهم در ایجاد رفتار نوآورانه تیم کاری است، باید در جستجوی روش هایی برای افزایش احساسات مشترک اعضای تیم درباره توانایی عملکرد تیمی آنها باشیم. به نظر می رسد که جستجوی رهبران تیمی با ویژگی های کاریزماتیک قوی به ویژه در این جنبه موثر باشد. رهبران کاریزماتیک می توانند از طریق ارتباط موثر با اعضای تیم خود، تاثیر خود را در میان افراد دیگر افزایش دهند. علاوه بر این، می توان در جستجوی تیم دیگر یا عوامل سازمانی دیگری بود که احتمالاً اثرات مثبت رهبری کاریزماتیک را افزایش می دهند (به عنوان مثال، جنبه های خاص جو تیمی/سازمانی). انتخاب دیگر می تواند آموزش به رهبران موجود برای رفتار کاریزمایی (بیشتر) باشد. در نهایت، سازمان ها باید از این موضوع آگاه باشند که رهبری کاریزماتیک ممکن است برای تیم هایی موثر باشد که وظایف اعضا به شدت به یکدیگر وابسته هستند.



## منابع

الوانی، سیدمهدی و حبیب اله پيله چي، (۱۳۹۴) تأثير رهبري تحول گرا و مديريت دانش بر نوآوری سازمانی در مناطق سه گانه شهرداری شهر قزوین، دومین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در علوم، مهندسی و تکنولوژی، ترکیه - استانبول، موسسه پندار همایش پارس.

اسماعیلی، علی شریعت نژاد، محمود (۱۳۹۵)، بررسی رابطه رهبري تحول گرا با سرمایه فکری و سرمایه روانشناختی با اثر میانجی مدیریت تحول گرا، فصلنامه علمی - پژوهشی مطالعات مدیریت (بهبود و تحول)، سال بیستوسوم شماره ۷۷، بهار و تابستان ۹ ص ۹۷-۷۷

حسن پور، اکبر. عباسی ی، طیبیه و نوروزی، مجتبی (۱۳۹۰). بررسی نقش رهبري تحول آفرین در توانمندسازی کارکنان، فصلنامه پژوهش‌های مدیریت در ایران، سال ۱۵ شماره ۱ ص ۱۵۹-۱۸۰

صحت، سعید، و یاراحمدی، محسن. (۱۳۹۴). بررسی تاثیر رهبري استراتژیک بر عملکرد شرکت (مورد مطالعه: شرکت های تکنولوژی محور پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار)، مدیریت فرهنگ سازمان، ۱۳(۴)، ۱۰۹۰-۱۰۶۵.

Albrecht, S.L., Bakker, A.B., Gruman, J.A., Macey, W.H., Saks, A.M., 2015. Employee engagement, human resource management practices and competitive advantage. *J. Organ. Eff. People Perform.* 2 (1), 7-35.

Andersen, J.A., 2018. Servant leadership and transformational leadership: from comparisons to farewells. *Leadersh. Organ. Dev. J.* 39 (6), 762-774.

Arnold, K.A., 2017. Transformational leadership and employee psychological well-being: a review and directions for future research. *J. Occup. Health Psychol.* 22 (3), 381-393. Arnold,

Bakker, A.B., Demerouti, E., 2017. Job demands-resources theory: taking stock and looking forward. *J. Occup. Health Psychol.* 22 (3), 273-285.

Chen, S., Peng, J., 2019. Determinants of frontline employee engagement and their influence on service performance.

Day, D., & Dragoni, L. (2015). Leadership development: An outcome-oriented review based on time and levels of analysis. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 2, 133-156

K.A., Walsh, M.M., (2015). Customer incivility and employee well-being: testing the moderating effects of meaning, perspective taking and transformational leadership. *Work Stress* 29 (4), 362-378.





Morgan, F., DeRue, S., & Karam, E. (2016). Leadership in teams: A functional approach to understanding leadership structures and processes. *Journal of Management*, 36,5–39.

Saif UR Rehman, Mohsin Shahzad, Muhammad Shoaib Farooq, Muhammad Umair **Javaid**, (2020), Impact of leadership behavior of a project manager on his/her subordinate's jobattitudes and job-outcomes, *Asia Pacific Management Review* 25 (2020) 38e47

Mahesh Subramony, Jesse Segers, Clint Chadwick, Aarti Shyamsunder,2019, Leadership development practice bundles and organizational performance: The mediating role of human capital and social capital, *Journal of Business Research* 83 (2018) 120–129

Madlock, P.E., H. Clubbs, B., 2019. The influence of supervisors' use of motivating language in organizations located in India. *Int. J. Bus. Commun.*, 232948841983559.

Hum. Resour. Manag. 1–24. Chon, K.K., Zoltan, J., (2019). Role of servant leadership in contemporary hospitality. *Int. J. Contemp. Hosp. Manage.*

Pascale M. Le Blanc & Vicente González-Romá & Haijiang Wang, (2021), Charismatic Leadership and Work Team Innovative Behavior: The Role of Team Task Interdependence and Team Potency.

Sofie Rogiesta,, Jesse Segersa, Arjen van Witteloostuijn,(2019), Matchmaking in organizational change: Does every employee value participatory leadership? An empirical study

Tang, G., Kwan, H.K., Zhang, D., Zhu, Z., 2016. Work–family effects of servant leadership: the roles of emotional exhaustion and personal learning. *J. Bus. Ethics* 137 (2), 285–297.



# The Impact of Using ChatGPT on the Future of Insurance Industry in Iran

E. Najafi Vayqan<sup>1</sup>, M. Heidarimanesh<sup>2</sup>

## Abstract

**Background and Purpose:** Insurance- the basis of financial security and economic development—is being reshaped by technological progress, societal shifts, and innovative business models. Technology is advancing at an unprecedented pace. this change and progress, artificial intelligence (AI), especially OpenAI's language model, ChatGPT revolutionize the World by digitally transforming every industry in the coming years. This study aimed to identify the transformative effect of ChatGPT on the future of insurance, highlighting its potential applications, considerations, and implications.

**Methodology:** In this paper we highlighted the main challenges and usefulness of using ChatGPT and utilized the data collected through questionnaire survey to the employees of Insurance companies as a case study. In qualitative section of the study, data collection instrument of the texts was based on content analysis technique. To estimate the number of sample population, the Cochran formula was used and Data collection instrument in quantitative section was the structured questionnaire which its validity and reliability was measured using content validity and retesting.

**Findings and Values:** As a result, ChatGPT as a public tool developed by OpenAI, and its underlying technology, Generative Pretrained Transformer can help insurance companies select appropriate strategies to get a sustainable growth and global development in international markets. The future of countries, business and individuals will depend more than ever on whether they embrace digital technologies.

**Keywords:** Insurance Industry, Artificial Intelligence, ChatGPT, Customers.

---

<sup>1</sup>. M.A. in TEFL, [Elhamnv@yahoo.com](mailto:Elhamnv@yahoo.com)

<sup>2</sup>. M.A. in Marketing Management, [mehranhm680@gmail.com](mailto:mehranhm680@gmail.com)



## 1. Introduction

The globalization of insurance offers many benefits for markets in developing countries. These advantages contain the development of new types of insurance, the application of best practices and experiences and the inflow of fresh capital (Njegomir & Marović 2012). Yoder, Rao, and Bajowala, (2012) posited that Insurance plays a significant part of everyday life. Society has various needs, priorities and expectations in interacting with insurance companies. Insurance companies will need to continue to adapt as quickly as society's needs are changing if they are going to meet societal needs. New and ongoing social trends will shake up traditional business patterns in the insurance industry. Mnykh (2017) expressed that the effective development and growth of the insurance market in modern conditions is determined by two factors - competition and competitiveness of insurance companies.

The entire economic and social development so far has been indicated by a certain type of technology. Modern technological changes, especially information and communication, but also biotechnology and nanotechnology, are gradually transforming the economy and the society, creating new ways of working and new types of jobs (Njegomir and Bojanić 2021).

Pearson (2002) claimed that the insurance industry currently finds itself in a revolutionary situation characterized, in part, by the impact of new direct marketing techniques, facilitated by new technologies; by corporate restructuring and the creation of international mega-corporations; and by the accelerating globalization of the industry.

'In the world of business, familiar themes continually surface. Globalization has created the world a global village, and new markets offer new challenges and opportunities. Technology has enhanced accessibility, visibility, and connection. The connected world is smaller, quickly changing, and transparent (Njegomir & Marović, 2012). Customers have become increasingly segmented, literate, and demanding Customers (consumers and businesses) are increasingly demanding simplicity, transparency and speed in their transactions with businesses, including insurance agents/advisers and carriers. The persistent and relentless development of online and mobile technology is continuing to provoke customer expectations in these changes (Yoder, et al. 2012).

Innovation represents the core of the business agility framework and is often influenced by IT (Tallon & Pinsonneault, 2011). Venkatraman (2017) expressed that in the digital era, the business world has required shorter response, times and more attention to the competitive landscapes, which can change more rapidly than ever before. Considering the competitive scenario of the business world and with high volumes of data, scarce resources and the need for speed in decision-making, many organizations are motivated to adopt AI technologies, mainly by their disruptive potential demonstrated by top digital corporations.

The banking, financial services, and insurance sectors have been at the forefront of adopting AI and machine learning technologies. AI has enabled these industries to automate processes, reduce costs, and improve the customer experience (Kumar Loganathan & Guha, 2023)

According to Verma, et al. (2021), the technology implementation led to investment in Artificial Intelligence (AI) for big data analytics to create market intelligence. Artificial



Intelligence applications are not limited to only marketing; rather, it is widely used in other sectors such as medical, e-commerce business, education, law, and manufacturing.

Artificial intelligence (AI) has provided great opportunities for companies to address challenges raised in today's rapidly changing marketplace (Borges, et al. 2021). Artificial intelligence (AI) is gaining increasing attention from business leaders today. In particular, the innovative use of chatbots plays an important role in creating business agility. Internal and external agility are positively related to customer service performance (Wang, et al. 2022). In late 2022, OpenAI released a new version of ChatGPT, a sophisticated natural language processing system capable of holding natural conversations while preserving and responding to the context of the discussion. ChatGPT has exceeded expectations in its abilities, leading to extensive considerations of its potential applications and misuse (Malinka, et al. 2023).

ChatGPT is a natural language processing (NLP) platform driven by Artificial Intelligence (AI). It is instructed on a large text dataset and can produce text based on input. ChatGPT can be applied for a variety of tasks, similar as language restatement, text summarization, content generation, and more. It can also be integrated into conversational interfaces such as chatbots or voice assistants to give a more natural and human-like interaction with users (Kumar Rout, 2023).

A powerful AI technology that utilizes natural language processing (NLP) is ChatGPT that recognizes patterns in conversations. By analyzing conversations among customers and agents, it can detect suspicious components and behaviors and alert insurers to potential fraud (Marcin Frąckiewicz, 2023). ChatGPT has the potential to disrupt traditional practices across multiple lines of business such as retail banking, wealth management, commercial banking, investment banking and insurance industry, etc. (Kumar Loganathan & Guha, 2023)

In the past two decades, a significant proportion of the insurance industry's market has been captured by Insurtech startups. Future growth of Insurtech platforms is anticipated in the report of Business Wire in 2020, which projects the global Insurtech market revenue to enhance at a compound annual growth rate of 10.8% from 2019 to 2025. The rapid growth of Insurtech has led many experts in the field to recognize the digitization of insurance as the next vital opportunity following FinTech (Chang, 2023). As a new competitor, Insurtech startups have significantly impacted traditional insurance companies and economic growth (Njegomir & Demko-Rihter, 2023). Liu et al. (2023) stated that Insurtech, an essential strategic deployment for insurance companies to deal with the unprecedented digital revolution, is rapidly becoming the primary driver of economic growth and will aid in increasing sustainable technological innovation by insurance companies.

This article intended to assess the crucial impact of ChatGPT on the future of insurance, and its potential applications, considerations, and implications that can set a foundation to enhance its efficiency as well as effectiveness.

## 1.1 Statement of the Research Questions

Does the use of artificial intelligence systems such as ChatGPT play a significant role on customer experience, operational efficiency and the Future of Insurance Market in Iran?



## 2. Literature Review

In this part, the researcher attempts to contribute to the following lines of research and provide the theories and researches underlie the basis of this study.

### 2.1. Insurance Industry

Across the Insurance industry, the organizations have made some vital and major changes to make their whole core process into modernize approach to make things easier and more efficient for both the customers and organization (Oza, et al. 2020). Sarkar (2020) posited that the insurance industry holds the potential for algorithmic capabilities to enhance each stage of the industry's value chain. The growth of AI, as an intelligent decision-making methodology, can perform complex computational tasks and is revolutionizing financial services, particularly within insurance industry (Owens. Et al. 2022).

The Insurance Value Chain (IVC) makes extensive use of AI methods at every stage of the value creation process, with AI particularly impactful in claims management and underwriting and pricing departments (Eling, et al. 2021).

All disruptive technologies, such as the Internet of things, big data analytics, blockchain, and artificial intelligence, artificial intelligence (AI) has the highest potential to transform marketing and shape the future of marketing (Verma, et al. 2021). Application of AI is required to analyze customer habits, purchases, likings, disliking, etc. (Chatterjee et al., 2019). ChatGPT is expected to become an essential tool for marketing, providing unprecedented opportunities for personalized, engaging, and effective marketing strategies and research (Brand, Israeli, & Ngwe, 2023).

Zhou, et al. (2020) highlighted the potential advantages of ChatGPT in marketing:

- automating tasks, providing more accurate insights, and improving customer engagement.
- the ethical and societal implications of using ChatGPT, including its potential to perpetuate bias, replace jobs, and create dependencies.
- mitigating these potential risks, including proper design and testing, protection of personal data, and responsible use of the technology.

### 2.2. Customer Experience

In the digital age, customer experience is a key differentiator for insurers. AI-powered technologies enable insurers to offer personalized and responsive services to their policyholders. Chatbots, ChatGPT and other virtual assistants can provide support, answering policy-related queries, guiding customers through the claims process, and offering policy recommendations based on individual needs (Griffiths & Armour, 2023). In the present-day global environment, understanding of customers is imperative in shaping future decisions and strategies. Also, to survive and grow by attracting new customers in today's fast-moving financial services sector, insurance firms must be able to engage their customers at all imaginable touch points to align their strategies with the customer needs (Agyei, et al. 2020).



## 2.3. Artificial Intelligence

Mathiassen and Pries-Heje (2006) have defined business agility as a company's ability to utilize its human resources, technology, processes, and knowledge to efficiently recognize and address opportunities and threats, such as market changes, customer demands, and new technologies. The term agility refers to the ability of a company or an organization to rapidly react to changes and uncertainties (Akhtar et al., 2018). Organizational agility can be conceptualized in four dimensions: culture, leadership, systems, and people (Nold, et al. 2018).

Recently, the development of the artificial intelligence is changing with each passing day. Artificial intelligence has more and more application scenarios in modern production and life, generating more value and sparking numerous discussions (Cui, L. 2023). Artificial intelligence (AI), a rapidly growing field of computer science, is a branch of computer science that concentrates on generating intelligent machines that can think and act like humans. AI has been applied in various applications, from medical diagnosis to autonomous vehicles. Moreover, it can even be used with another frontier technology, internet of things (IoT), and compose a new compound technology, AIoT (artificial intelligence of things) and another most successful AI technologies is ChatGPT, a natural language processing (NLP) system that can create human-like conversations (Deng, & Lin, 2022).

Davenport and Ronanki (2018) stated that Artificial Intelligence (AI) is a booming technology that has the potential to revolutionize the way we live and work. These technologies are already being applied in a variety of domains, having proved promising results. Among the AI technologies, ChatGPT has emerged as a leading tool that is being used to provide intelligent service and support for human being's lives (Deng & Lin, 2022).

According to Cascella, et al. (2023), Large Language Models (LLMs) are a type of Artificial Intelligence (AI) that are designed to mimic human language processing abilities and analyze patterns and connections within the data they were trained on and apply that knowledge to predict what words or phrases are likely to appear next in a specific context. This capability to comprehend and generate language is beneficial in various fields of natural language processing (NLP) such as machine translation and text generation. Generative pre-training transformer (GPT) is a type of LLM model released by OpenAI. AI is changing how we interact with technology and how we live our lives. Here are some types of Artificial Intelligence, including:

### 2.3.1. Machine Learning

Machine Learning, an extension of artificial intelligence, is the application of logic and situations that enables technology to increase in a particular job with capability, by learning from the data and detecting models of importance with nominal human interference (Paruchuri, 2020). This model utilizes a given task and a large data set to detect patterns and learn how to best achieve the desired outcome. This data-driven approach is often referred to as "data-driven predictions" and is also known as knowledge discovery from data (Deng & Lin, 2022). The



most significant benefit of machine learning (ML) in the insurance industry is to simplify data sets. So, ML can successfully simplify datasets in organized, unorganized, and semi-organized datasets (Jones et al., 2019).

### 2.3.2. Natural Language Processing

Neural networks are a type of machine learning system that are designed to mimic the structure of the human brain. They are organized into layers. The input layer receives data, which is then processed by the hidden layers before being outputted at the output layer. Each connection between nodes has a weight value, which determines the strength of the connection. Natural language processing is a subfield of machine learning useful for processing free text (Deng & Lin, 2022). NLP models' integration assists not only the insurance company to get a better insight on their claims but also allows to remove friction in the claim payment process for regular claims. With the apparition of more and more digital insurance during the past few years, NLP is definitely a key asset to better use free text and enhance the reactivity of insurers (Ly, Uthayasooriyar & Wang, 2020). In today's digital world, two big players are grabbing attention. One is the chatbot – an old hand at giving out planned answers, known for being simple and reliable. The other is ChatGPT – a newcomer that can chat like a human and understands what you're saying.

#### 2.3.2.1 Chatbots

Chatbots have become popular in recent years as a means of supporting a company's external communication with customers, but they are also increasingly being used for internal goals, especially to improve and accelerate workflows (Johannsen, et al. 2021). Chatbots, also known as conversational agents, are computer programs that are designed to simulate conversation with human users. The history of chatbots dates back to the 1960s when the concept of artificial intelligence (AI) first emerged. (Ali & Aysan, 2023). ChatGPT as a communication tool is created by utilizing the chatbot Artificial Intelligence (AI) language paradigm. This Generative Pretrained Transformer (GPT) human-like alerts are available for a variety of duties, involving responding to inquiries, troubleshooting ChatGPT network issues, and producing original content (Javaid, Haleem & Singh 2023).

#### 2.3.2.2. ChatGPT

Generative Pretrained Transformer, often known as GPT, is an innovative kind of Artificial Intelligence (AI) which can produce writing that seems to have been written by a person. OpenAI created this AI language model called ChatGPT (Javaid, Haleem, & Singh, 2023). Applying the chatbot Artificial Intelligence (AI) language paradigm, Open AI creates the ChatGPT communication tool. Rivas and Zhao (2023) expressed that ChatGPT is an AI-powered chatbot platform that enables human users to converse with machines. It utilizes



natural language processing and machine learning algorithms, transforming how people interact with AI technology. According to Mijwil, et al. (2023), ChatGPT is an AI-powered chatbot platform that utilizes natural language processing and machine learning algorithms to enable human users to converse with machines, thereby transforming how people interact with AI technology. ChatGPT gathers data from every source it can find, feeds it into a transformer model, maps the connections between the various pieces of data, and generates educated estimates about what text should be used in which circumstances (Biswas, 2023). ChatGPT is generating a lot of interest among insurers due to its capabilities in natural language processing (NLP), machine learning and Insurtech. ChatGPT can propose various benefits and some potential drawbacks for the insurance industry. Here are some benefits and drawbacks of using ChatGPT in the insurance industry (FECUND Software Services, 2023)

In the insurance industry context, "ChatGPT" refers to a chatbot that utilizes cutting-edge artificial intelligence and natural language processing techniques. Through virtual support and verbal exchanges, it is specifically created to meet the demands of insurance companies and policyholders. ChatGPT may communicate with users via text as a virtual assistant while providing information, responding to inquiries, and carrying out different insurance related duties (Rejolut, 2023). ChatGPT can be embedded in insurers' online and mobile applications via API (Kumar Loganathan & Guha, 2023). Kasneci, et al. (2023) have emphasized that ChatGPT can create incorrect, incomplete, misleading, biased, harmful information, instructions, or content. In addition, it sometimes generates fake outputs that are not real, which can erode the trust in citing science. Finally, it does not have a human oversight system to review and vet all its outputs, which can lead to ethical violations. Rengachary and Heaton (2023) have claimed that ChatGPT and other language models have some limitations. It only accesses written text at the time it was trained. It is not capable of applying tabular data, diagrams, or data sources generated after its last training. These models

- are instructed on a large amount of text from the internet, which may include biases and can result in the model reproducing biased language and stereotypes.
- lack common sense knowledge, which can lead to nonsensical or unrealistic responses
- may struggle with tasks that require knowledge of specific subjects or industries
- are not designed to perform tasks that require reasoning and logical thinking, such as deduction and induction
- lack empathy and cannot recognize and respond emotionally to the context
- depends on Data Quality: The output of ChatGPT is based on the data it is trained on, if the data is poor, inaccurate or outdated, the model will not be able to perform well.

ChatGPT offers numerous benefits over previous AI tools and holds crucial potential for application in different fields, involving customer service, education, health care, finance, entertainment, creative writing, digital marketing, e-commerce, and many others. (George, et al. 2023). Here is some Generative ChatGPT Use Cases in Insurance Industry:

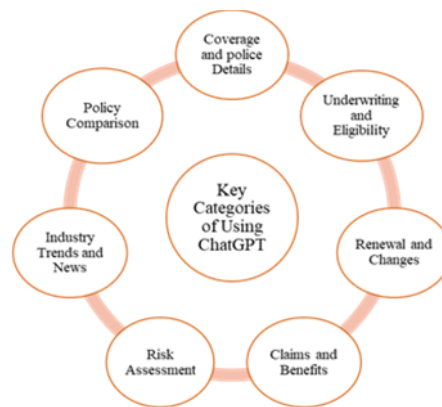
- **Customer Service and Engagement**

ChatGPT is a powerful tool for insurance companies to improve customer service and engagement and it is proficient in understanding and responding appropriately to complex



customer needs. Its vast capacity for multi-layer representation learning allows it to efficiently investigate large datasets, determining relevant content based on subtleties within user questions and learns from customer interactions and feedback, enabling it to provide better services with time which enhances customer satisfaction (Kumar Loganathan & Guha. 2023)

The benefit of applying ChatGPT in customer service is that it can handle a large volume of interactions simultaneously and also be easily integrated into various platforms, such as a website, mobile app, and social media, which allows customers to access information and assistance whenever they need it (Biswas, 2023).



*Figure 1.* Some Key Categories of Queries of Using ChatGPT

▪ **Underwriting & Risk Assessment**

Insurers can assess risks through ChatGPT to analyze large amounts of data and diagnosing patterns. This can be done by using natural language processing (NLP) techniques to extract information from unstructured data sources, such as customer interactions, social media posts, and news articles. This information can be utilized to create profiles of potential customers and evaluate their risk level and also detect potential fraudsters (Biswas, 2023).

Insurance agents attempt to evaluate problems accurately and set competitive premiums based on the risk, but sometimes they must catch up. That’s where ChatGPT comes in. Using a massive range of data points can give more precise and accurate assessments that assist everyone involved in customers get the proper coverage at the right price. For insurance agents, accurate risk valuations can help proficiently process claims and assist customer inquiries better (Kumar Rout. 2023). Loganathan and Guha (2023) expressed that ChatGPT can automate many of the tasks involved in underwriting, such as data entry, document classification, and risk assessment. This can free up underwriters to concentrate on more complex tasks, such as developing new products and services. By analyzing vast amounts of data, ChatGPT can rapidly and accurately evaluate the level of risk and provide insurers with insights on which to base their decisions, which results in tailored coverages, better premiums, and increased customer satisfaction and loyalty.



### ▪ **Fraud Detection**

Insurance fraud is a major problem for insurers, costing the industry billions of dollars every year. In an effort to combat this problem, insurers are increasingly turning to artificial intelligence (AI) technologies such as ChatGPT to help detect and prevent fraud (Marcin Frackiewicz, 2023). Analyzing large volumes of transaction data to identify suspicious patterns and potentially fraudulent activities can be done by ChatGPT. The result is increased security measures that minimize financial losses. Therefore, this A.I.-based language model can be offered as a valuable tool for fraud prevention due to its ability to process and analyze vast amounts of data quickly and efficiently outpaces. (ALEXA Translations, 2023).

Insurance companies can discover and prevent fraud by assaying vast quantities of transaction data and relating suspicious patterns within the data using ChatGPT. This aspect can benefit insurance companies to protect customers' financial assets and prevent losses from fraud. For illustration, it can examine the text of an insurance claim to determine if it is fraudulent, dissect the customer's description of the damage to see if it matches the physical authentication, and evaluate the customer's history of claims to govern if they have an account of making fraudulent claims. It can also dissect the text of social media posts and other online content to spot fraudulent behavior. (Kumar Rout, 2023). ChatGPT can assess large amounts of claims data to recognize fraudulent activity, such as claims submitted for the same damage or geographic location. It can assist getting a claim risk scoring, a statistical model that predicts the likelihood of a policyholder filing a claim and estimates the expected costs. It helps insurers optimize resources, prioritize customer service efforts, and minimize loss ratios (Kumar Loganathan & Guha. 2023)

### ▪ **Personalized Recommendations**

Insurance companies are always investigating innovative ways to personalize insurance based on customer needs and preferences. By integrating ChatGPT into insurance processes, insurers can better personalize insurance products to meet the unique needs (Kumar Loganathan & Guha, 2023). Therefore, Insurance companies can use this model to analyze customer data and provide personalized insurance coverage advice and propose techniques to condense premiums, customized policies and appropriate coverage recommendations based on the customer's risk profile, customer's occupation, financial condition, or lifestyle, previous insurance coverage, budget and preferred payment frequency (Kumar Rout. 2023).

### ▪ **Improved Efficiency and Cost Reduction:**

AI automation and optimization will streamline processes, reduce manual efforts, and increase operational efficiency. Insurers can leverage AI-powered robotic process automation (RPA) to automate repetitive tasks, resulting in cost savings, improved productivity, and faster turnaround times (TestingXperts, 2023).



- **Human Error Reduction:**

ChatGPT can reduce human errors in insurance companies by automating repetitive and time-consuming tasks and the need for manual data entry. It helps ensure that significant information is not missed or misinterpreted. In addition, this conversational Artificial Intelligence model can be applied to automate tasks such as underwriting and claims processing, which can assist reduce the risk of errors caused by human oversight (Biswas, S. 2023).

- **Claims Processing**

ChatGPT can be instructed on historical data to determine patterns that are commonly associated with valid claims and automatically mark claims for further research or to automatically approve valid claims (Park, Choi, & Byeon, 2021). A Critical aspect of the insurance industry is Claims Processing that often includes complex paperwork, manual data entry, and lengthy approval cycles. AI has the potential to streamline this process significantly, improving efficiency and customer experience (Griffiths & Armour, 2023).

- **Predictive Analytics and Pricing:**

Insurers can increasingly utilize AI to assess customer data, external factors, and market trends to predict future behavior and identify pricing strategies. Advanced predictive analytics will enable insurers to offer customized products, optimize pricing, and proactively manage risks. (TestingXperts, 2023).

- **Sales**

It is defined as a sophisticated distribution strategy which is a significant facet of boosting a business. Artificial intelligence models can open up new digital sales channels and strategies while simplifying the process for agents and brokers through integration with third-party sales applications (Mckinsey & Company, 2023)

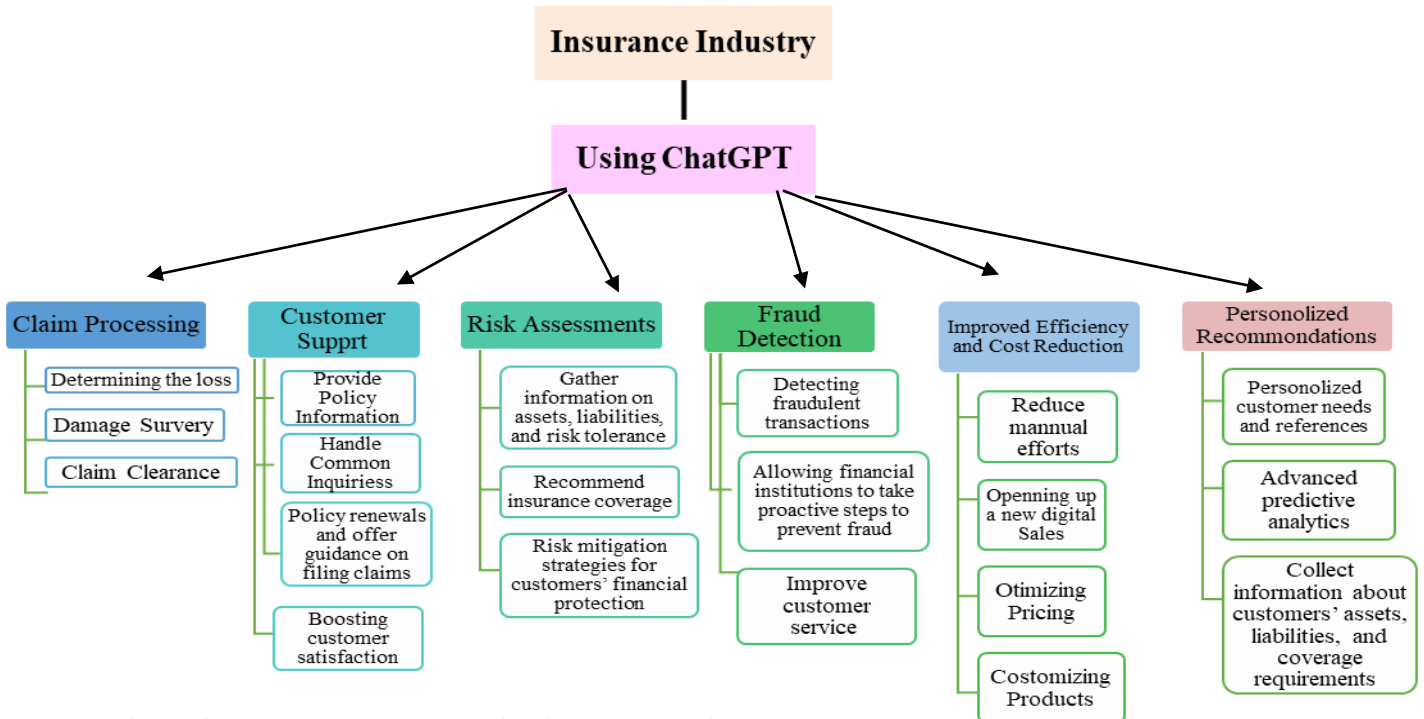


Figure 2. A Conceptual Model of Using ChatGPT in Insurance Industry

### 3. Methodology

The survey includes items that measure our constructs as well as open-ended questions to help to understand the potential impacts of ChatGPT use in Insurance Industries in Iran. Therefore, our study is mainly quantitative, intended to test the model as developed, complemented by answers from qualitative questions. Since the size of the population was unlimited, in order to identify the sample size, according to the unlimited population sampling formula (Cochran), the minimum number of participants contain 384 employees within the range of 20 and 60 years old who are familiar with the use of ChatGPT within organizations and who regularly interact with customers in a variety of insurance companies in Iran. These participants were randomly selected with various Education Degrees to answer the questionnaires about uses of ChatGPT. A structured questionnaires used in this paper was based on statistical primary data analysis procedure. The items on the scale were arranged on a 5-point Likert-type scale (ranging from strongly disagree to strongly agree): 1 = strongly disagree, 2 = disagree, 3 = neither agree nor disagree, 4 = agree, 5 = strongly agree.

Table (1) shows the demographic information of the 384 participants in the study.



**Table 1.** Participants' demographic information

Variable	Category	Frequency	Percent
<b>Gender</b>	Male	182	47.4
	Female	202	52.6
<b>Age</b>	20-30	124	32.3
	31-40	202	52.6
	41-50	48	12.5
	51-60	10	2.6
<b>Education degree</b>	Diploma/Under Diploma	18	4.7
	Bachelor	173	45.1
	Master	185	48.2
	PHD	8	2.1

## 4. Data Analysis and Results

### Construct Validity & Reliability

We entered the collected data from the 20 items of the ChatGPT on the Future of the Insurance Market in Iran scale into SPSS software to run the exploratory factor analysis (EFA) to establish the validity of the questionnaire. The purpose of exploratory factor analysis was to appropriately attribute questions to relevant variables based on the sample size. We used the Kaiser–Meyer–Olkin (KMO) measure to estimate the sampling adequacy for the analysis. The data showed that KMO was .83, higher than the proposed minimum value of .6 (Tabachnick & Fidell, 2013) and was sufficiently large to perform EFA (Table 2). In addition, the Bartlett test was employed to confirm that the data were appropriate and that the correlation matrix adopted in the analysis was not zero in the population. The results (Table 2) revealed that the Bartlett test significance level ( $\text{sig} < 0.05$ ) for the research variable which means the correlations between the data were satisfactory and that the sample was adequate to undertake analysis.

**Table 2.** KMO and Bartlett's Test

	<b>KMO</b>	<b>Bartlett</b>	
		Chi-Square	Sig.
<b>ChatGPT</b>	.826	7627.996	0.000

In examining the initial commonalities, the results of Table (3) comprise two columns,



namely initial and extraction, which reflect the degree of commonality between a variable (item) and the factors equal to the square of multiple correlations ( $R^2$ ). The second column of this Table (initial) includes the commonalities that exist before the extraction of the factor(s), and all initial commonalities are equal to one; the higher the extraction commonalities values (i.e., more than 0.5), the more accurately the factors are characterized. Therefore, Table (3) illustrates that all questions in the factor analysis approach are appropriate, as the number of commonalities exceeds 0.5.

**Table 3.** *The results of initial communalities*

<b>Indicators</b>	<b>Initial</b>	<b>Extraction</b>
Q1	1.000	.952
Q2	1.000	.940
Q3	1.000	.935
Q4	1.000	.917
Q5	1.000	.937
Q6	1.000	.667
Q7	1.000	.546
Q8	1.000	.534
Q9	1.000	.585
Q10	1.000	.597
Q11	1.000	.580
Q12	1.000	.532
Q13	1.000	.564
Q14	1.000	.586
Q15	1.000	.607
Q16	1.000	.943
Q17	1.000	.937
Q18	1.000	.935
Q19	1.000	.910
Q20	1.000	.941

Also, the results of the parallel analysis for the questionnaire showed six factors with eigenvalues exceeding the corresponding criterion values for a randomly generated data matrix



of the same size. The six-factor solution explained a total of 75.72% of the variance of competency (Table 4).

**Table 4. Total Variance Explained**

Components	Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	8.183	45.915	45.915
2	1.947	7.549	53.464
3	1.510	6.731	60.195
4	1.346	5.629	65.824
5	1.126	5.167	70.991
6	1.033	4.733	75.724

The factor's rotating matrix is shown in Table (5). This matrix establishes the relationship between the item (questions or variables) and the factor, which will be explained in terms of the correlation coefficient. Each variable in this matrix has a factor load (factor score) greater than 0.5 and is classified under the umbrella of the desired factor. The larger this coefficient's value, the greater the contribution of the relevant factor to the overall variance of the target variable. Table (5) illustrates questions belonging to six factors. Generally speaking, in this study the ChatGPT on the future of the insurance market in Iran questionnaire has six factors. These factors include (1) Claim Processing; (2) Customer Support; (3) Risk Assessments; (4) Fraud Detection; (5) Improved Efficiency and Cost Reduction; and (6) Personalized Recommendations.



**Table 5. Rotated Component Matrix**

ChatGPT	Components					
	1	2	3	4	5	6
1. In your opinion, do the use of ChatGPT and similar artificial intelligence systems recommend various insurance coverage to the customers?	.159	.604	.619	.013	.383	.174
2. In your opinion, do insurance companies need continuous learning in training and development to use ChatGPT and artificial intelligence systems effectively?	.723	.184	.471	.131	.134	.354
3. Do you think the use of ChatGPT help insurance companies improve service processes such as insurance policy, coverage and streamline claims processing and underwriting?	.749	.235	.208	.113	.256	.444
4. In your opinion, will the use of ChatGPT dramatically change the way companies interact with their clients and lead to more happy customers and quickly solved issues?	.154	.757	.199	.274	.453	.021
5. Do you think using ChatGPT will lead to an increase in the number of duplicate requests from their customers?	.350	.710	.188	.414	.257	.194
6. Do you think ChatGPT can help insurance companies identify potential risks by analyzing historical data, market trends, and macroeconomic factors?	.180	.218	.653	.219	.207	.264
7. Do you think using ChatGPT will lead insurance companies the development of more innovative and provide insurance services online?	.117	.229	.083	.410	.587	.012
8. Do you think insurance companies are familiar with the security risks of ChatGPT and artificial intelligence systems?	.205	.031	.670	.114	.164	.041
9. Do you think using ChatGPT help underwriters make more informed decisions about policy terms and pricing?	.032	.027	.244	.067	.690	.207
10. Do you think using ChatGPT is effective in predicting insurance risks and mitigate cyber risk?	.012	.007	.711	.280	.085	.073
11. Do you think the use of ChatGPT will help insurance companies improve security and detect and prevent fraud?	.361	.346	.207	.515	.105	.102
12. Do you think ChatGPT can help insurance companies to assess large amounts of data?	.270	.209	.274	.552	.182	.054
13. Do you think the use of ChatGPT in insurance companies can lead to an increase in demand with a rise in sales and income of companies?	.191	.232	.050	.070	.672	.123
14. Do you think using ChatGPT help insurance companies to provide quick and accurate responses to customer queries to raise	.117	.229	.083	.410	.587	.012





their satisfaction?

15. Do you think ChatGPT can help insurance companies to improve their customer experience?	.205	.340	.213	.427	.257	.700
16. Do you think using ChatGPT has the potential to reduce costs and improve profitability?	.141	.605	.385	.019	.611	.186
17. Do you think ChatGPT can assist insurance companies to proposed customized policies that meet the unique requirements of their customers?	.143	.184	.480	.098	.716	.360
18. Do you think ChatGPT and artificial intelligence systems have inability and limitations to understand complex contexts to its reliance on biased data?	.435	.237	.200	.134	.271	.748
19. Do you think insurance companies are able to continuously revolutionize ChatGPT to adapt to the new and necessary changes in the insurance industry?	.004	.156	.190	.289	.467	.740
20. Do you think insurance companies intend to develop the use of ChatGPT and artificial intelligence systems in the future?	.006	.698	.235	.042	.035	.038

Further, we estimated the overall internal consistency of the scale using Cronbach's alpha, which was .937 (Table 6). This test affirms the internal consistency of a measurement device used to assess various questionnaire characteristics. Cronbach's alpha coefficient is a numerical value between 0 and 1, representing the correlation coefficient of data collected over time. The closer Cronbach's alpha coefficient is to 1, the higher the reliability of the variable would be. Additionally, a Cronbach's alpha coefficient greater than 0.7 illustrates that the questionnaire is highly reliable.

**Table 6.** Results of the Cronbach's alpha coefficient.

	Items	Cronbach's Alpha
ChatGPT	20	.937

### Results of the Normality Test

The Kolmogorov-Smirnov test and Shapiro-Wilk test were used to see if the data in this study were normal. Table (7) shows that the value of Kolmogorov-Smirnov for research variable is ( $p=0.097$ ) which is greater than 0.05. The result of the Shapiro-Wilk test for the research variable also indicates that the significant value ( $p=0.487$ ) is greater than 0.05. It can therefore be concluded that the data collected from the research variable was distributed normally.

**Table 7. Results of Normality Test**

Variables	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
<b>ChatGPT</b>	.083	384	.097	.975	384	.487

### Analysis of the Research Question

In order to examine this question Does Use of artificial intelligence systems such as ChatGPT play a significant role on customer experience, operational efficiency and the Future of Insurance Market in Iran? A one-sample T-test was used. The statistical results are presented in Table (8).

**Table 8. Results of One-Sample t- test**

	Test Value = 3					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
<b>ChatGPT</b>	12.424	383	.000	.40195	.3383	.4656

According to the results of the one-sample t-test, according to Table (8), the value of the significance level is equal to (0.000), which is less than the standard value of 0.05, and the t-statistic is greater than 1.96 confirming this. Therefore, the null hypothesis that the weighted average of using ChatGPT scores is equal to 3 has not been confirmed and the mean is significantly different from the "Test Value = 3". To determine whether the mean is greater, smaller, or equal compared to the "Test Value = 3", we pay attention to the sign of the "confidence interval of the difference" state in the two columns of the lower limit and the upper limit, separately for the following three situations:

- (1) The positiveness of both limits indicates that the means value is greater than the "Test Value = 3".
- (2) The negativity of both limits indicates that the means value is lower than the "Test Value = 3".
- (3) The positiveness of one and the negativeness of the other indicate that the mean is close to the "Test Value = 3".

Meanwhile, the average results are shown in Table (9).



**Table 9.** Descriptive Statistics of One-Sample T-Test

Variable	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ChatGPT	384	3.4020	.63400	.03235

The results of Table (9) show that the average of using ChatGPT is higher than "Test Value = 3", this shows that the level of this variable is favorable among the subjects. Generally, the use of artificial intelligence systems such as ChatGPT plays a significant role in customer experience, operational efficiency, and the Future of the Insurance Market in Iran.

## 5. Conclusion

The findings suggested that using ChatGPT has the potential effects on the future of insurance firms to enhance customer service, streamline claims processing, and provide personalized policy recommendations and according to the results, the use of ChatGPT will be more effective and efficiency in insurance industry. Since insurance industry is one of the most traditional business sectors; in recent years, artificial intelligence has become a driving force behind its transformation. The rise of ChatGPT, a large language model developed by OpenAI, has revolutionized the way insurance companies interact with their customers and make decisions about underwriting and can analyze customer feedback and seek ways to improve its performance and thus provide better customer experiences. ChatGPT can provide real-time responses to customers. It's important to note that while ChatGPT can increase customer service and automate certain processes, human oversight and intervention should be maintained to ensure accuracy, compliance with regulations, and handle complex or sensitive customer issues. Technology is advancing at a rapid rate and this can help insurers to drive improvements in risk management. In particular, the unprecedented growth in data and our ability to analyze that data means that insurance companies are better able than ever to gain an accurate understanding of an individual's risk profile (Eskindarov, et al. 2020).

Nowadays digital technologies become a catalyst of subsequent stages of the evolution towards the transformation of current paradigms and solutions based on them. The digital revolution has reached a scale and have a crucial effect on every business, industry or government. The future countries, business and individuals will depend more than ever on whether they embrace digital technologies, which can break down geographic, cultural and personal barriers in amazing new ways (Lubian, Esteves, 2017). The role of digital technologies, especially the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI), increasingly become a key element of diverse interactions between brands and consumers (Kaczorowska-Spychalska, 2019). The integration of AI into the insurance industry holds immense potential for improving efficiency, accuracy, and customer experience. By leveraging AI's capabilities in data analysis, risk assessment, claims processing, fraud detection, and customer service, insurers can optimize their operations, make better-informed decisions, and offer more personalized products and services (Griffiths & Armour, 2023).



According to Rivas and Zhao (2023), ChatGPT has significant potential to transform marketing and shape its future if certain ethical considerations are taken into account. ChatGPT-based tools can help marketers make content faster and potentially with quality similar to human content creators. It can also assist marketers in conducting more efficient research and understanding customers better, automating customer service, and improving efficiency. ChatGPT is an effective tool for producing human-like text replies to questions. The goal of ChatGPT is to make our life simpler. ChatGPT has been a ground-breaking innovation that supports these conversations. With this AI chatbot's robust model and research-based learning capabilities provided by the ChatGPT, people can even converse with a bot and get a humanized response back (Javaid, et al. 2023). Deng and Lin (2022) concluded that ChatGPT as a powerful NLP system can generate human-like conversations. It has several benefits, and also some challenges. Despite its challenges, it is a promising AI technology that can be used to automate conversations and create more accurate responses. Rivas and Zhao (2023) posited that ChatGPT can assist marketers make content faster and potentially with quality as good as human content creators. It can also help marketers conduct more efficient and effective research and understand consumer vocabulary, perceptions, and attitudes toward products and campaigns. The integration of AI technologies like ChatGPT has the potential to revolutionize the insurance industry by enabling more personalized and dynamic risk assessments that can introduce new and more personalized products. Overall, the integration of ChatGPT in the insurance industry has the potential to improve efficiency, bring down costs and increase customer experience. (Kumar Rout, 2023). These communication tools can also translate between different languages and learn from prior discussions and recognizes the general context of a query or conversation and creates detailed replies relevant to the subject., so they have become a more effective chatbot over time (Casella, et al. 2023). Kumar Loganathan & Guha (2023) claimed that ChatGPT is instructed on a variety of conversational texts, allowing it to perform tasks more accurately than previous models' large language models and also has a wide range of language patterns and styles that can analyze vast amounts of data. While Training parameters significantly impact on identifying the effectiveness and accuracy of ChatGPT models, for understanding context, it creates responses that are human-like, coherent, and relevant to the conversation. Its ability to learn from context and patterns in data makes it an ideal tool for insurance applications.

## References

Agyei, J., Sun, S., Abrokwah, E., Penney, E. K., & Ofori-Boafo, R. (2020). Influence of Trust on Customer Engagement: Empirical Evidence from the Insurance Industry in Ghana. *SAGE Open*, 10(1). <https://doi.org/10.1177/2158244019899104>

Akhtar, P., Khan, Z., Tarba, S., & Jayawickrama, U. (2018). The Internet of Things, dynamic data and information processing capabilities, and operational agility. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 307-316.



ALEXA Translations, (2023). *The Impact of ChatGPT on the Banking, Finance and Insurance Sector*. <https://alexatranslations.com/the-impact-of-chatgpt-on-the-banking-finance-and-insurance-sector>

Ali, H., & Aysan, A. F. (2023). What will ChatGPT Revolutionize in Financial Industry? Available at SSRN 4403372.

Biswas, S. (2023). ChatGPT and the future of medical writing. *Radiology*, 307(2), e223312.

Biswas, S. (2023). Using ChatGPT for Insurance: Current and Prospective Roles. Available at SSRN 4405394.

Borges, A. F., Laurindo, F. J., Spínola, M. M., Gonçalves, R. F., & Mattos, C. A. (2021). The strategic use of artificial intelligence in the digital era: Systematic literature review and future research directions. *International Journal of Information Management*, 57, 102225.

Brand, J., Israeli, A., & Ngwe, D. (2023). Using GPT for market research. Available at SSRN 4395751.

Cascella, M., Montomoli, J., Bellini, V., & Bignami, E. (2023). Evaluating the feasibility of ChatGPT in healthcare: an analysis of multiple clinical and research scenarios. *Journal of Medical Systems*, 47(1), 33.

Chang, V. Y. (2023). Do Insurtech startups disrupt the insurance industry? *Finance Research Letters*, 57, 104220.

Chatterjee, S., Ghosh, S. K., Chaudhuri, R., & Nguyen, B. (2019). Are CRM systems ready for AI integration? A conceptual framework of organizational readiness for effective AI-CRM integration. *The Bottom Line*, 32(2), 144-157.

Cui, L. (2023). Exploring Growth Strategies of European Small and Medium-sized Enterprises in the Service Sector using ChatGPT. *European Integration Studies*, (17), 175-198.

Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard business review*, 96(1), 108-116.

Deng, J., & Lin, Y. (2022). The benefits and challenges of ChatGPT: An overview. *Frontiers in Computing and Intelligent Systems*, 2(2), 81-83.

Eling, Martin, Davide Nuessle, & Julian Staubli. (2021). The impact of artificial intelligence along the insurance value chain and on the insurability of risks. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice* 47: 205–41.

Eskindarov, M. A., Gruzina, Y. M., Firsova, I. A., & Melnichuk, M. V. (2020). Human capital competencies in high-tech and knowledge-intensive sectors of the economy. *Ekonomicheskie i Sotsialnye Peremeny*, 13(6), 199-214.

FECUND Software Services, (2023). *ChatGPT: Advantages and Disadvantages for the Insurance Industr*. <https://www.linkedin.com/pulse/chatgpt-advantages-disadvantages-insurance>

George, A. S., & George, A. H. (2023). A review of ChatGPT AI's impact on several business sectors. *Partners Universal International Innovation Journal*, 1(1), 9-23.

George, A.S.; George, A.H.; Martin, A.G. (2023). A Review of ChatGPT AI's Impact on Several



Business Sectors. Partners Univers. Int. Innov. J. 2023, 1, 1.

Griffiths & Armour, (2023). *The Transformative Power of AI: How Artificial Intelligence Will Revolutionize the Insurance Industry*. <https://www.griffithsandarmour.com/the-transformative-power-of-ai-how-artificial-intelligence-will-revolutionise-the-insurance-industry/>

Javaid, M., Haleem, A., & Singh, R. P. (2023). ChatGPT for healthcare services: An emerging stage for an innovative perspective. *BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations*, 3(1), 100105.

Johannsen, F., Schaller, D., & Klus, M. F. (2021). Value propositions of chatbots to support innovation management processes. *Information Systems and e-Business Management*, 19, 205-246.

Jones, S., Humphreys, B., & Woolnough, M. (2019). Considering the Impact of AI in insurance. *IBM Power Systems*, 1-25.

Kaczorowska-Spychalska, D. (2019). Chatbots in marketing. *Management*, 23(1).

Kasneeci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... & Kasneeci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and individual differences*, 103, 102274.

Kumar Loganathan. A & Guha, I. (2023). *Exploring the Potential of ChatGPT in Banking, Financial services & Insurance*. <https://www.happiestminds.com/wp-content/uploads/2023/07/Exploring-the-Potential-of-ChatGPT-in-Banking-Financial-Services-Insurance.pdf>

Kumar Rout. A (2023). *Top 7 ChatGPT Use Cases in the Insurance Industry*. <https://www.cigniti.com/blog/seven-chatgpt-use-cases-insurance/>

Lubián, F. J. L., & Esteves, J. (2017). *Value in a Digital World: How to assess business models and measure value in a digital world*. Springer.

Ly, A., Uthayasooryar, B., & Wang, T. (2020). A survey on natural language processing (nlp) and applications in insurance. *arXiv preprint arXiv:2010.00462*.

Malinka, K., Peresíni, M., Firc, A., Hujnak, O., & Janus, F. (2023, June). On the educational impact of ChatGPT: Is Artificial Intelligence ready to obtain a university degree? In *Proceedings of the 2023 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1* (pp. 47-53).

Marcin Frąckiewicz, (2023). *ChatGPT and the Potential of AI-Powered Fraud Detection for Insurance Claims*. <https://ts2.space/en/chatgpt-and-the-potential-of-ai-powered-fraud-detection-for-insurance-claims/>

Mathiassen, L., & Pries-Heje, J. (2006). Business agility and diffusion of information technology. *European Journal of Information Systems*, 15(2), 116-119.

Mckinsey & Company (2023). *How AI is transforming the insurance industry?* <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/insurance-2030-the-impact-of-ai-on-the-future-of-insurance>

Mijwil, M., Aljanabi, M., & Ali, A. H. (2023). ChatGPT: Exploring the role of cybersecurity in the protection of medical information. *Mesopotamian journal of cybersecurity*, 2023, 18-21.



Mnykh, M. V. (2017). Competition in the insurance market of Ukraine and the peculiarities of its control. Priority research areas, 79-94. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30768321>

Njegomir, V., & Marović, B. (2012). Contemporary trends in the global insurance industry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 44, 134-142.

Nold, H., Anzengruber, J., Wocfle, M., & Michel, L. (2018). Organizational Agility-Testing, Validity, and Reliability of a Diagnostic Instrument. *Journal of Organizational Psychology*, 18(3).

Owens, E, Barry. Sh, Martin. M, Cunneen. M, & Ressel. J. (2022). Explainable Artificial Intelligence (XAI) in Insurance: A Systematic Review. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4088029> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4088029>.

Oza, D., Padhiyar, D., Doshi, V., & Patil, S. (2020, April). Insurance claim processing using RPA along with chatbot. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST)*.

Park, S. H., Choi, J., & Byeon, J. S. (2021). Key principles of clinical validation, device approval, and insurance coverage decisions of artificial intelligence. *Korean journal of radiology*, 22(3), 442.

Paruchuri, H. (2020). The impact of machine learning on the future of insurance industry. *American Journal of Trade and Policy*, 7(3), 85-90.

Pearson, R. (2002). Growth, crisis and change in the insurance industry: a retrospect. *Accounting, Business & Financial History*, 12(3), 487-504.

Rejolut. (2023). Use of ChatGPT in Insurance Sector. <https://rejolut.com/blog/chatgpt-in-insurance>.

Rengachary, D & Heaton, J, (2023). ChatGPT: A conversation about underwriting and life insurance. <https://www.rgare.com/knowledge-center/article/chatgpt-a-conversation-about-underwriting-and-life-insurance>

Rivas, P., & Zhao, L. (2023). Marketing with ChatGPT: Navigating the ethical terrain of gpt-based chatbot technology. *AI*, 4(2), 375-384.

Sarkar, Abhineet. (2020). Disrupting the Insurance Value Chain. In *The AI Book: The Artificial Intelligence Handbook for Investors, Entrepreneurs and FinTech Visionaries*. New York: Wiley, pp. 89-91.

Tallon, P. P., & Pinsonneault, A. (2011). Competing perspectives on the link between strategic information technology alignment and organizational agility: insights from a mediation model. *MIS quarterly*, 463-486.

TestingXperts, (2023). *Empowering Insurance Industry with AI-Powered Tools*.

Ulrich, D., & Dulebohn, J. H. (2015). Are we there yet? What's next for HR? *Human Resource Management Review*, 25(2), 188-204.

Venkatraman, V. (2017). *The digital matrix: new rules for business transformation through technology*. LifeTree Media.

Verma, S., Sharma, R., Deb, S., & Maitra, D. (2021). Artificial intelligence in marketing: Systematic review and future research direction. *International Journal of Information Management Data Insights*, 1(1), 100002.



Wang, X., Lin, X., & Shao, B. (2022). How does artificial intelligence create business agility? Evidence from chatbots. *International journal of information management*, 66, 102535.

Yoder, J., Rao, A., & Bajowala, M. (2012). PwC Insurance 2020: Turning change into opportunity. *New York: PricewaterhouseCoopers International Limited (PwCIL)*. Retrieved from [http://www.pwc.com/en\\_GX/gx/insurance/pdf/insurance-2020-turning-change-into-opportunity.pdf](http://www.pwc.com/en_GX/gx/insurance/pdf/insurance-2020-turning-change-into-opportunity.pdf).

Zhou, J., Chen, F., Berry, A., Reed, M., Zhang, S., & Savage, S. (2020, December). A survey on ethical principles of AI and implementations. In *2020 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)* (pp. 3010-3017). IEEE.



## مقابله با عدم تعادل طبقاتی داده‌ها در یادگیری ماشین: ارزیابی و مقایسه تکنیک‌های متعادل‌سازی مجموعه داده‌های نامتعادل

ابوذر شجاعیان<sup>۱</sup>، فاطمه مویدی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>مجتمع آموزش عالی لارستان

<sup>۲</sup>گروه مهندسی کامپیوتر، مجتمع آموزش عالی لارستان، لار

ایمیل نویسنده مسئول ([fmoayyedi@gmail.com](mailto:fmoayyedi@gmail.com))

### چکیده

در عصر دیجیتال امروزی، یادگیری ماشین به یک فناوری ضروری برای سازمان‌ها و افراد تبدیل شده است. با رشد تصاعدی داده‌ها و اطلاعات دیجیتال، قابلیت‌های پردازش کارآمد داده یک نیاز ضروری است. با این حال، یادگیری ماشین با چالش‌های متعددی مواجه می‌شود، از جمله مسئله عدم تعادل کلاس، که اغلب با افزایش حجم داده‌ها به وجود می‌آید. عدم تعادل کلاس به حالتی گفته می‌شود که در آن تعداد نمونه‌های یک کلاس به طور قابل توجهی از کلاس دیگر بیشتر است و منجر به توزیع نامتوازن می‌شود. این عدم تعادل طبقاتی می‌تواند اثرات مضر بر عملکرد طبقه‌بندی داشته باشد که باعث می‌شود توسعه استراتژی‌های موثر برای مدیریت مجموعه داده‌های نامتعادل و بهبود نتایج طبقه‌بندی را ضروری می‌کند. پرداختن به این موضوع نیازمند روش‌های متعادل‌سازی مؤثر برای افزایش عملکرد مدل و کاهش حساسیت است. در این مقاله، ما یک بررسی کامل از تکنیک‌های متعادل‌سازی SMOTE، ADASYN، SMOTEBoost، RUSBoost و AdaBoost انجام داده‌ایم. ارزیابی بر روی مجموعه داده‌های نامتعادل مختلف به دست آمده از Kaggle با استفاده از ماتریس در هم‌ریختگی انجام شده است که دامنه‌های متنوع و نسبت‌های عدم تعادل طبقاتی را نشان می‌دهد و از نمایش گسترده چالش‌هایی که در عمل با آن مواجه می‌شوند اطمینان حاصل می‌کند. هر روش به طور سیستماتیک از نظر توانایی آن برای افزایش عملکرد پیش‌بینی، کاهش تأثیر عدم تعادل کلاس و بهبود استحکام کلی مدل ارزیابی شده است.

### واژه‌های کلیدی

متعادل‌سازی دیتاست، مدیریت داده‌های نامتعادل، دیتاست نامتعادل، نمونه‌گیری مصنوعی، imbalanced dataset handling

## ۱. مقدمه

در حوزه یادگیری ماشینی، کیفیت و کمیت داده‌ها نقش اساسی در تعیین کارایی مدل‌ها دارند. با این حال، از آنجایی که مجموعه داده‌ها به طور فزاینده‌ای فراوان و متنوع می‌شوند، یک چالش رایج ایجاد می‌شود: عدم تعادل طبقاتی. موازنه داده‌ها جنبه مهمی از یادگیری ماشینی است که نقشی اساسی در افزایش عملکرد و قابلیت اطمینان مدل‌های پیش‌بینی در زمینه‌های مختلف ایفا می‌کند. در حوزه یادگیری ماشینی، مجموعه داده‌ها اغلب عدم تعادل طبقاتی را نشان می‌دهند، شرایطی که در آن یک کلاس به طور قابل توجهی بر دیگری برتری دارد. این مسئله رایج، پیامدهای قابل توجهی برای وظایف طبقه‌بندی دارد زیرا مدل‌ها تمایل دارند به سمت طبقه اکثریت جهت‌گیری داشته باشند، که منجر به عملکرد غیربهبوده در طبقه اقلیت می‌شود. بنابراین، پرداختن به عدم تعادل طبقاتی برای اطمینان از پیش‌بینی‌های دقیق و منصفانه در کاربردهای متعدد، از جمله تشخیص تقلب، تشخیص پزشکی، تجزیه و تحلیل احساسات، و تشخیص ناهنجاری‌ها حیاتی است.

اهمیت تعادل داده در یادگیری ماشینی را نمی‌توان اغراق کرد. با اصلاح عدم تعادل کلاس، مدل‌ها می‌توانند از کلاس‌های اقلیت با دقت بیشتری یاد بگیرند، در نتیجه قابلیت‌های پیش‌بینی خود را در همه کلاس‌ها بهبود می‌بخشند. تمرکز این مقاله بررسی و ارزیابی روش‌های مختلف تعادل داده در زمینه یادگیری ماشین است. به طور خاص، ما پنج تکنیک محبوب را بررسی می‌کنیم: تکنیک نمونه‌برداری بیش از حد اقلیت مصنوعی (SMOTE)، نمونه‌گیری مصنوعی تطبیقی (ADASYN)، تقویت تصادفی زیر نمونه‌برداری (RUSBoost) و تقویت تطبیقی (AdaBoost). این روش‌ها به دلیل توانایی‌شان در رسیدگی مؤثر به عدم تعادل طبقاتی، در تحقیق و عمل مورد توجه قرار گرفته‌اند. هدف این تکنیک‌ها با نمونه‌برداری بیش از حد از کلاس اقلیت یا کاهش نمونه‌ها از کلاس اکثریت، متعادل کردن مجدد مجموعه داده‌ها و ارائه نمایش عادلانه‌تر برای هر دو کلاس است.

برای ارزیابی عملکرد این روش‌های متعادل‌سازی داده‌ها، ما یک فرآیند تحقیقاتی جامع شامل ارزیابی عملی این تکنیک‌ها بر روی چندین مجموعه داده نامتعادل که از Kaggle منشأ می‌شوند، انجام دادیم. این مجموعه داده‌ها با دقت انتخاب شدند تا دامنه‌های متنوع و درجات مختلفی از عدم تعادل طبقاتی را در بر گیرند. با قرار دادن مجموعه داده‌ها به این روش‌های متعادل‌سازی، هدف ما این بود که بینشی در مورد اثربخشی، نقاط قوت و محدودیت‌های آنها در سناریوهای دنیای واقعی به دست آوریم.

در بخش‌های بعدی، تجزیه و تحلیل دقیقی از ارزیابی عملی، معیارهای عملکرد، و نتایج مقایسه‌ای به دست آمده از به کارگیری این تکنیک‌های متعادل‌سازی داده‌ها در مجموعه داده‌های Kaggle ارائه می‌کنیم. با درک نقاط قوت و ضعف این روش‌ها، هدف ما ارائه بینش‌های ارزشمندی برای محققان و متخصصان در انتخاب مناسب‌ترین رویکرد برای مدیریت عدم تعادل کلاس در وظایف خاص یادگیری ماشینی است.

## ۲. کارهای مرتبط

در این مطالعه [1] از آنجایی که SMOTE مشاهدات مصنوعی را روی تمام داده‌های کلاس اقلیت ایجاد می‌کند و این بر توزیع داده‌های اصلی کلاس اقلیت تأثیر می‌گذارد. به عنوان جایگزینی برای کاهش این مشکل، ADASYN به عنوان یک راه حل پیشنهاد شده است. ADASYN مشاهدات مصنوعی را با تکنیک وزن کردن بر اساس نقاط داده پیچیده‌تر از کلاس اقلیت ایجاد می‌کند که طبقه‌بندی آن‌ها دشوارتر است.

در این مطالعه [2] برای کاهش مشکل عدم تعادل طبقاتی، محققان تکنیک‌های یادگیری عدم تعادل را برای پردازش و استخراج اطلاعات از داده‌ها با توزیع بسیار ناهنجار توسعه داده‌اند. یک مقایسه دقیق از تکنیک‌های یادگیری عدم تعادل (بیش‌نمونه‌سازی، کم‌نمونه‌سازی، ترکیبی) برای یک مجموعه داده آموزشی انجام شده و کاهش عدم تعادل کلاس را با نسبت‌های مختلف عدم تعادل نشان داده شده است.

چهار روش اصلی برای مقابله با مجموعه داده‌های نامتعادل وجود دارد که شامل روش هسته داده، روش هسته الگوریتم، روش حساس به هزینه و روش یکپارچه سازی است. در این مطالعه [3] از روش هسته داده برای حل مشکل داده‌های نامتعادل در تشخیص نفوذ شبکه استفاده شده است. این روش با افزودن یا کاهش مجموعه داده‌های دسته‌های مختلف در داده‌های نامتعادل تحقق می‌یابد.

در این مطالعه [4]، ابتدا یک تکنیک جدید برای نمونه‌برداری کم از کلاس اکثریت در مجموعه داده‌های نامتعادل پیشنهاد شده است. سپس یک الگوریتم مبتنی بر تقویت جدید را برای یادگیری از مجموعه داده‌های نامتعادل بر اساس ترکیبی از الگوریتم کم‌نمونه‌سازی و روش نمونه‌برداری بیش‌از‌حد (SMOTE) در روش تقویت، به نام OUBOOST، پیشنهاد کرده است و شرح جامعی از الگوریتم OUBOOST پیشنهادی ارائه شده و عملکرد آن با سایر الگوریتم‌های مبتنی بر تقویت، مانند SMOTEBoost، RUSBoost مقایسه شده است.

### ۳. روش شناسی

تکنیک‌های حل مشکل عدم تعادل کلاس به دو روش در سطح داده و سطح الگوریتم تقسیم می‌شوند. روش‌های سطح داده با دستکاری فضای داده توزیع کلاس را مجدداً متعادل می‌کنند. نمونه برداری بیش از حد از کلاس اقلیت و نمونه برداری کمتر از طبقه اکثریت از جمله روش‌های سطح داده است. نمونه‌گیری بیش از حد، توزیع کلاس را در مجموعه داده نامتعادل با افزودن نمونه‌هایی به کلاس اقلیت متعادل می‌کند، و نمونه‌برداری کم نیز سعی می‌کند با حذف نمونه‌ها از کلاس اکثریت، مجموعه داده را متعادل کند. روش‌های سطح الگوریتم سعی می‌کنند با اضافه کردن هزینه، الگوریتم‌ها را مجبور به یادگیری نمونه‌های کلاس اقلیت کنند. یادگیری حساس به هزینه و یادگیری بر اساس شناخت روش‌های سطح الگوریتم هستند.

نمونه‌برداری بیش از حد تصادفی، مجموعه داده‌های نامتعادل را با تکرار نمونه‌هایی از کلاس اقلیت تا زمانی که نسبت کلاس مورد نظر به دست آید، متعادل می‌کند. زیر نمونه‌گیری تصادفی نیز به طور تصادفی نمونه‌هایی از کلاس اکثریت را برای دستیابی به نسبت مورد نظر حذف می‌کند. معایب روش نمونه‌گیری کم به از دست دادن اطلاعاتی مربوط می‌شود که از داده‌های آموزشی حذف می‌شود. با این حال، با کاهش اندازه مجموعه داده‌های آموزشی، سرعت اجرا افزایش می‌یابد. از طرفی در نمونه برداری بیش از حد مشکلی با از دست دادن داده‌ها وجود ندارد، اما با افزایش حجم مجموعه داده‌های آموزشی اصلی، سرعت اجرا کاهش می‌یابد. علاوه بر مشکل افزایش زمان اجرا، مشکل دیگر در نمونه برداری بیش از حد، تکرار بیش از حد نمونه‌ها است که می‌تواند منجر به برازش بیش از حد شود.

تقویت روش دیگری است که به عنوان یک روش نمونه‌گیری پیشرفته داده، برای بهبود عملکرد طبقه‌بندی می‌توان در داده‌های متعادل و نامتعادل استفاده کرد. این الگوریتم به دو صورت استفاده می‌شود: وزن دهی مجدد یا نمونه‌گیری مجدد. در وزن دهی مجدد، وزن نمونه‌های اصلاح شده به طور مستقیم در طول هر تکرار به یادگیرنده پایه منتقل می‌شود. این روش وزن نمونه‌های طبقه‌بندی شده اشتباه را در طول هر تکرار افزایش می‌دهد، بنابراین در تکرارهای بعدی شانس بیشتری برای انتخاب و یادگیری بهتر دارند. اما در نمونه‌گیری مجدد، به جای انتقال وزن نمونه می‌توان داده‌های آموزشی را با توجه به وزن نمونه‌ها مجدداً، نمونه برداری کرد. در این روش یک مجموعه داده آموزشی جدید با نمونه‌گیری (جایگزینی یا نمونه‌جدید) ایجاد می‌شود. در مجموعه داده جدید، نمونه‌هایی که وزن بیشتری دارند چندین بار تکرار می‌شوند. در پایان تکرارها، همه طبقه‌بندی‌کننده‌ها در نظرسنجی برای طبقه‌بندی نمونه‌های دیده نشده شرکت می‌کنند. در ادامه به شرح روش‌های متداول برای متعادل سازی دیتاست‌های نامتعادل می‌پردازیم.

#### ۳-۱. الگوریتم SMOTE

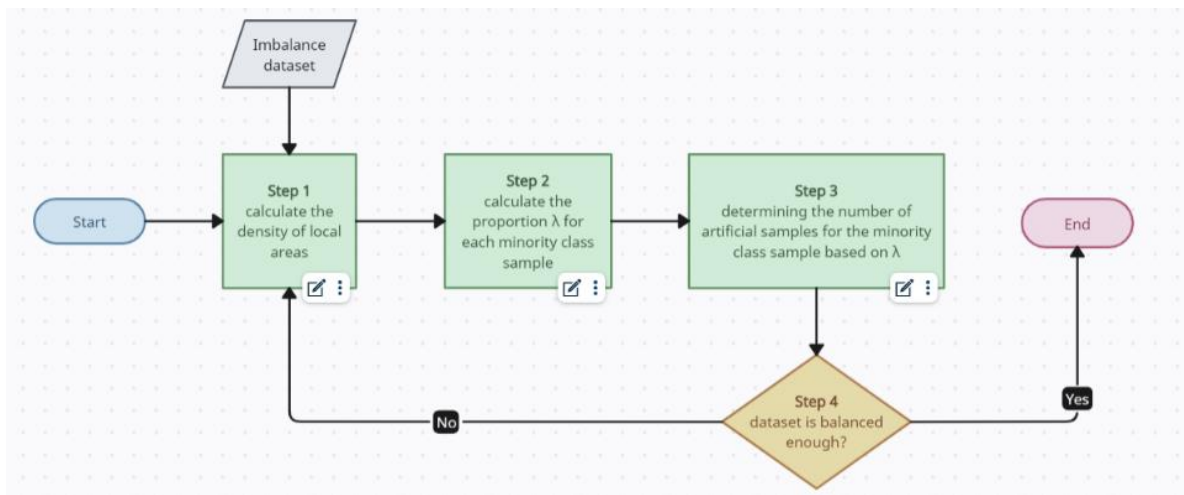
SMOTE نمونه‌های مصنوعی را با درونیایی بین نمونه‌های کلاس اقلیت تولید می‌کند. فرمول تولید یک نمونه مصنوعی  $S_i$  از یک نمونه کلاس اقلیت اصلی  $(X_i)$  و یکی از  $(k)$  نزدیکترین همسایه آن  $(X_{zi})$  به صورت زیر می‌باشد که در آن  $\delta$  یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱ است.

$$S_i = X_i + \delta * (X_{zi} - X_i) \quad (1)$$

توضیح مراحل الگوریتم SMOTE [5]:

- مرحله ۱: با استفاده از متریک فاصله مانند فاصله اقلیدسی،  $k$  نزدیکترین همسایه هر نمونه کلاس اقلیت ( $X_i$ ) را پیدا کنید. از این همسایه‌ها برای هدایت تولید نمونه‌های مصنوعی استفاده می‌شود.
- مرحله ۲: به طور تصادفی یکی از  $k$  نزدیکترین همسایه به  $X_i$  را برای ایجاد تنوع در نمونه‌های مصنوعی انتخاب کنید ( $X_{zi}$ ).
- مرحله ۳: بین  $X_i$  و  $X_{zi}$  درون یایی کنید تا یک نمونه مصنوعی جدید  $S_i$  تولید کنید. مقدار درونیایی با عدد تصادفی  $\delta$  کنترل می‌شود که موقعیت نمونه مصنوعی را نسبت به  $X_i$  و  $X_{zi}$  تعیین می‌کند.
- مرحله ۴: مراحل ۱ تا ۳ را تکرار کنید تا سطح تعادل مطلوب بین طبقات اقلیت و اکثریت به دست آید.

در شکل ۱۱ مراحل کار الگوریتم SMOTE به صورت نمودار جریان (فلوچارت) نشان داده شده است.



شکل ۱۱. فلوچارت الگوریتم SMOTE

## ۲-۳. الگوریتم ADASYN<sup>2</sup>

ADASYN نمونه‌های مصنوعی را با تنظیم تطبیقی توزیع چگالی نمونه‌های کلاس اقلیت تولید می‌کند. تولید یک نمونه مصنوعی  $S_i$  از یک نمونه کلاس اقلیت اصلی  $X_i$  توسط فرمول زیر بدست می‌آید که در آن  $\lambda$  نسبتی است که بر اساس توزیع چگالی محلی نمونه‌های کلاس اقلیت محاسبه می‌شود و  $X_{zi}$  یکی از  $k$  نزدیک‌ترین همسایگان  $X_i$  است [1]. مراحل کار این الگوریتم در شکل ۱۲ آورده شده است.

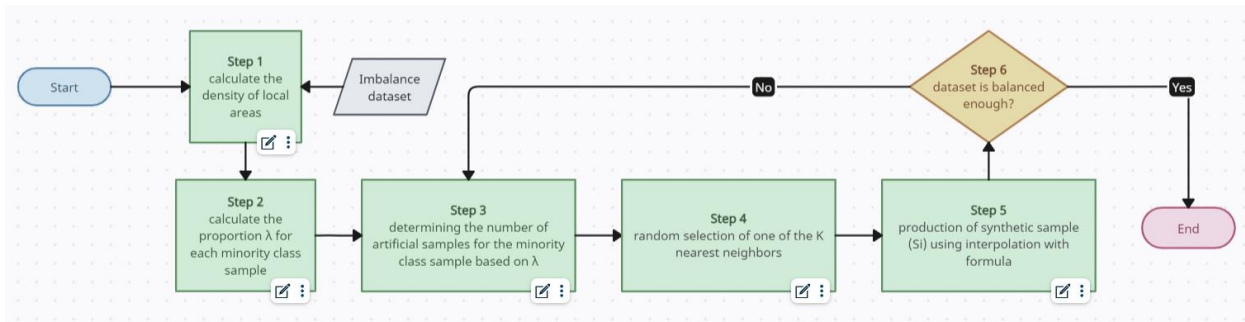
$$S_i = X_i + \lambda * (X_{zi} - X_i) \quad (2)$$

توضیح مراحل الگوریتم ADASYN:

<sup>1</sup> Synthetic Minority Over-sampling Technique

<sup>2</sup> Adaptive Synthetic Sampling

- مرحله ۱: تراکم محلی نمونه‌های کلاس اقلیت را با استفاده از یک متریک مبتنی بر فاصله مانند فاصله اقلیدسی برای شناسایی مناطقی که عدم تعادل کلاس در آنها بارزتر است، محاسبه کنید.
- مرحله ۲: نسبت  $\lambda$  را برای هر نمونه کلاس اقلیت محاسبه کنید، که نشان دهنده نسبت عدم تعادل در مجاورت آن است. نمونه‌ها در مناطق با نسبت عدم تعادل بالاتر مقادیر  $\lambda$  بزرگ‌تری دارند که نشان دهنده نیاز بیشتر به نمونه‌های مصنوعی است.
- مرحله ۳: تعیین تعداد نمونه‌های مصنوعی که باید برای هر نمونه کلاس اقلیت ( $X_i$ ) تولید شوند بر اساس مقادیر محاسبه شده  $\lambda$ .
- مرحله ۴: انتخاب تصادفی یکی از  $k$  نزدیکترین همسایه برای هر نمونه کلاس اقلیت ( $X_{zi}$ ). برای ایجاد تنوع در نمونه‌های مصنوعی.
- مرحله ۵: تولید نمونه‌های مصنوعی ( $S_i$ ) با درونیایی بین هر نمونه کلاس اقلیت و همسایه انتخابی آن با استفاده از فرمول بالا.
- مرحله ۶: فرآیند را با تکرار مراحل ۳ تا ۵ تا رسیدن به سطح مطلوب تعادل کلاس تکرار کنید.



شکل ۱۲. فلوجارت الگوریتم ADASYN

### ۳-۳. الگوریتم AdaBoost

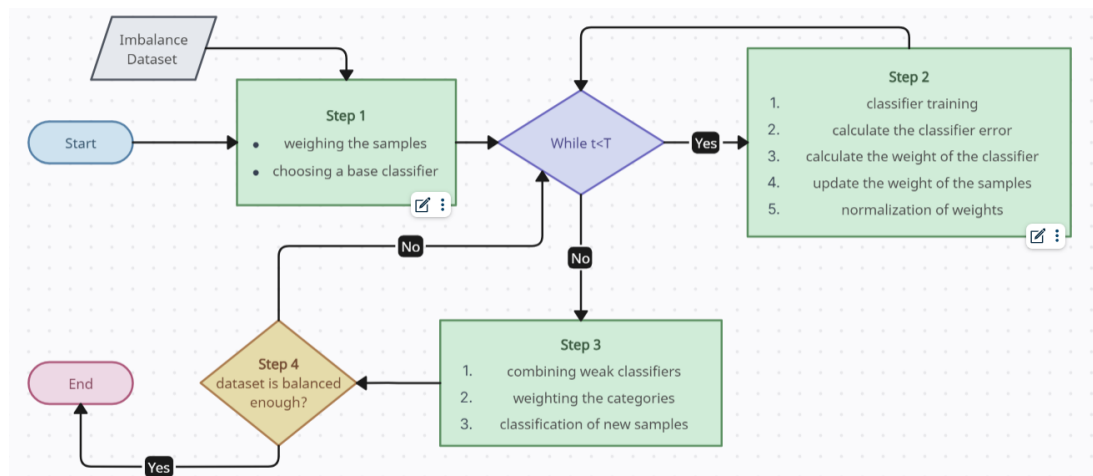
AdaBoost یک روش یادگیری است که بر آموزش متوالی زبان آموزان ضعیف برای تصحیح خطاهای مدل‌های قبلی تمرکز دارد. وزن‌های نمونه را در طول هر تکرار تمرین به روز می‌کند. فرمول به روز رسانی وزن نمونه در AdaBoost را می‌توان به صورت زیر بیان کرد [6]:

$$w_i^{(t+1)} = w_i^t + e^{-\alpha_t \gamma_i \cdot h_t(x_i)} \quad (3)$$

جایی که  $w_i^t$  وزن  $i$  امین نمونه در تکرار  $t$ ،  $\alpha$  وزن یادگیرنده ضعیف  $h_t$  در تکرار  $t$ ،  $\gamma_i$  برچسب کلاس واقعی نمونه  $i$ ،  $h_t(x_i)$  نتیجه طبقه بندی یادگیرنده ضعیف  $h_t$  در نمونه  $x_i$  و  $t$  نشان دهنده تکرار فعلی تقویت است. الگوریتم AdaBoost را می‌توان به صورت زیر بیان کرد که در شکل ۱۳ نمودار جریان مراحل این الگوریتم برای درک بهتر نشان داده شده است.

- مرحله ۱: مقداردهی اولیه
  - به تمام نمونه‌های تمرین وزن‌های مساوی اختصاص دهید ( $w_i$ ).
  - یک طبقه بندی کننده پایه (یادگیرنده ضعیف) مناسب برای مسئله انتخاب کنید ( $h$ ).
- مرحله ۲: آموزش تکراری
  - برای هر تکرار ( $t=1$  تا  $T$ ):

- طبقه بندی ضعیف را با استفاده از مجموعه تمرینی وزنی فعلی آموزش دهید.
  - خطای طبقه بندی وزنی  $\epsilon_t$  طبقه بندی کننده ضعیف را محاسبه کنید.
  - وزن طبقه بندی کننده  $\alpha_t$  را بر اساس  $\epsilon_t$  محاسبه کنید، جایی که  $\epsilon_t$  بیشتر منجر به  $\alpha_t$  کمتر می‌شود.
  - به روز رسانی وزن نمونه: افزایش وزن نمونه‌های طبقه بندی شده اشتباه و کاهش وزن نمونه‌هایی که به درستی طبقه بندی شده‌اند.
  - وزن‌ها را اصلاح (Normalize) کنید تا به یک جمع شوند.
- مرحله ۳: ساخت گروه
    - طبقه بندی کننده های ضعیف را با تعیین وزن بر اساس عملکرد آنها ترکیب کنید.
    - به دسته بندی کننده هایی که عملکرد بالاتری دارند، وزن های بالاتری تعلق می گیرد.
    - نمونه جدید را با در نظر گرفتن آرای وزنی همه طبقه بندی کننده های ضعیف طبقه بندی کنید.
  - مرحله ۴: تکرارهای تقویتی را تا زمان رسیدن به یک معیار توقف از پیش تعریف شده (مثل حداکثر تعداد تکرار) تکرار کنید.



شکل ۱۳. فلوچارت الگوریتم AdaBoost

### ۳-۴. الگوریتم SMOTEBoost

از الگوریتم AdaBoost به همراه SMOTE برای متعادل سازی دیتاست و آموزش مدل استفاده می کند. در طول فرآیند تقویت، نمونه‌های مصنوعی تولید می‌کند. الگوریتم AdaBoost وزن‌های بالاتری را به نمونه‌های طبقه‌بندی اشتباه اختصاص می‌دهد و در تکرارهای بعدی به آنها اهمیت بیشتری می‌دهد. در نتیجه عملکرد طبقه‌بندی کننده‌های ضعیف را افزایش می‌دهد.

توضیح مراحل الگوریتم SMOTEBoost:

تمام مراحل این الگوریتم همانند مراحل الگوریتم AdaBoost است با این تفاوت که در ابتدای مرحله دوم، الگوریتم SMOTEBoost در هر تکرار، نمونه‌های مصنوعی برای کلاس اقلیت با استفاده از SMOTE تولید می‌کند که با درونیابی بین نمونه‌های کلاس اقلیت موجود، نمونه‌های جدیدی ایجاد می‌کند. این نمونه‌های مصنوعی با نمونه‌های اصلی ترکیب می‌شوند تا یک مجموعه آموزشی متعادل ایجاد کنند. سپس طبقه بندی کننده ضعیف روی این مجموعه متعادل آموزش داده می‌شود [7].

• مرحله ۲: آموزش تکراری

○ برای هر تکرار ( $t = 1$  تا  $T$ ):

- تولید نمونه‌های مصنوعی برای کلاس اقلیت با استفاده از الگوریتم SMOTE.
- برای ایجاد یک مجموعه آموزشی متعادل، نمونه‌های اصلی و مصنوعی را با هم ترکیب کنید.
- طبقه بندی کننده ضعیف را با استفاده از مجموعه آموزشی متعادل آموزش دهید.
- ...

### ۵-۳. الگوریتم RUSBoost<sup>1</sup>

RUSBoost نمونه برداری تصادفی (under-sampling) را با الگوریتم AdaBoost ادغام می‌کند تا اثرات عدم تعادل کلاس را کاهش دهد. در هر مرحله از الگوریتم AdaBoost، نمونه‌های تصادفی از کلاس اکثریت حذف می‌شوند تا تعداد نمونه‌ها در هر دو کلاس برابر شود [8]. الگوریتم RUSBoost را می‌توان به صورت زیر تشریح کرد:

مراحل این الگوریتم نیز همانند مراحل الگوریتم AdaBoost است با این تفاوت که در ابتدای مرحله دوم در هر تکرار، زیرنمونه‌گیری تصادفی روی طبقه اکثریت انجام می‌شود که باعث کاهش تاثیر طبقه اکثریت می‌شود و یک مجموعه آموزشی متعادل ایجاد می‌کند. سپس طبقه بندی کننده ضعیف روی این مجموعه متعادل آموزش داده می‌شود. وزن نمونه‌های طبقه بندی شده اشتباه و طبقه بندی شده درست بر این اساس به‌روزرسانی می‌شود.

• مرحله ۲: آموزش تکراری

○ برای هر تکرار ( $t = 1$  تا  $T$ ):

- کم نمونه گیری تصادفی با حذف زیرمجموعه‌ای از نمونه‌های کلاس اکثریت (RUS).
- طبقه بندی کننده ضعیف را با استفاده از مجموعه آموزشی متعادل آموزش دهید.
- ...

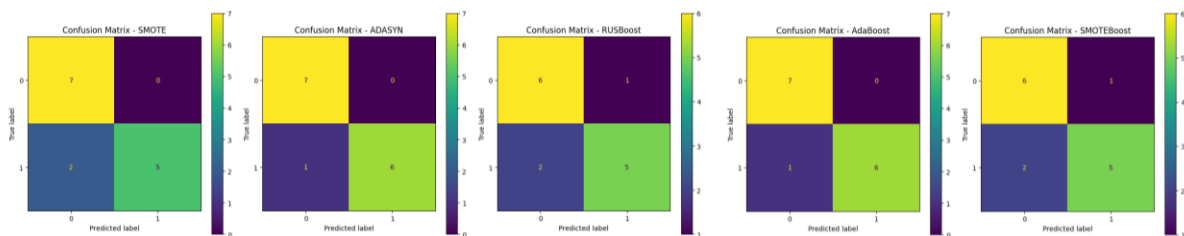
<sup>1</sup> Random Under-sampling Boosting

#### ۴. نتایج و ارزیابی

برای ارزیابی اثربخشی الگوریتم‌های متعادل‌سازی مختلف، ما پنج تکنیک نمونه‌برداری بیش از حد اقلیت مصنوعی (SMOTE)، نمونه‌گیری مصنوعی تطبیقی (ADASYN)، SMOTEBoost، تقویت تصادفی تحت نمونه‌برداری (RUSBoost)، و AdaBoost را مورد ارزیابی قرار دادیم. این الگوریتم‌ها بر روی مجموعه‌های متنوعی از مجموعه‌های داده به‌دست‌آمده از Kaggle، پیاده‌سازی شدند. ارزیابی عملکرد این الگوریتم‌ها با استفاده از ماتریس درهم‌ریختگی و نتایج قابل دستیابی از این ماتریس بر روی مجموعه داده‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. ماتریس درهم‌ریختگی، ابزاری قدرتمند برای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های طبقه‌بندی است. این ماتریس، اطلاعات مفیدی را در مورد تعداد نمونه‌های صحیح و غلط طبقه‌بندی شده توسط الگوریتم ارائه می‌دهد. از این ماتریس می‌توان پارامترهای Accuracy، Precision، Specificity و Sensitivity را بدست آورد.

Accuracy نسبت پیش‌بینی‌های صحیح مدل به کل پیش‌بینی‌ها را نشان می‌دهد. بدین معنا که مدل چقدر قادر به تشخیص صحیح موارد مثبت و منفی است. Precision نسبت پیش‌بینی‌های مثبت صحیح مدل به کل پیش‌بینی‌های مثبت مدل را نشان می‌دهد. بدین معنا چقدر از مواردی که مدل به عنوان مثبت پیش‌بینی کرده است، واقعاً مثبت هستند. Specificity نسبت پیش‌بینی‌های منفی صحیح مدل به کل پیش‌بینی‌های منفی مدل را نشان می‌دهد. بدین معنا که چقدر از مواردی که مدل به عنوان منفی پیش‌بینی کرده است، واقعاً منفی هستند. Sensitivity نسبت پیش‌بینی‌های مثبت صحیح مدل به کل موارد مثبت واقعی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر نشان می‌دهد که مدل چقدر قادر به تشخیص تمام موارد مثبت واقعی است.

#### ۴-۱. نتایج



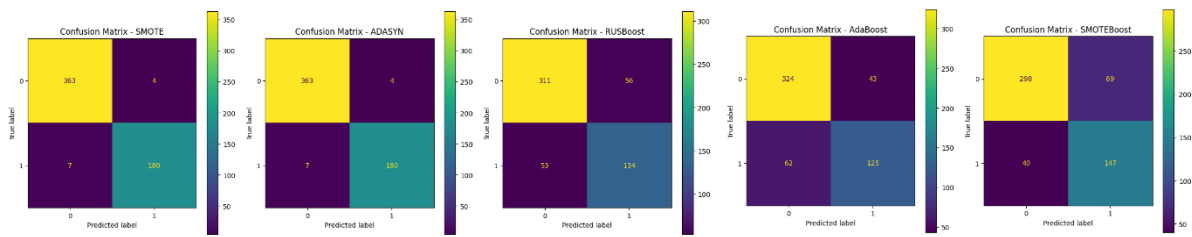
شکل ۱۴. خروجی ماتریس درهم‌ریختگی دیتاست سرطان رحم

جدول ۱. نتایج ارزیابی با دیتاست سرطان رحم

	Balance Label	Imbalance Label	Accuracy	Precision	Specificity	Sensitivity
SMOTE	41 / 14	41 / 41	0.86	1.0	1.0	0.71
ADASYN	41 / 14	42 / 41	0.93	1.0	1.0	0.86
RUSBoost	41 / 14	42 / 41	0.79	0.83	0.86	0.71
AdaBoost	41 / 14	42 / 41	0.93	1.0	1.0	0.86
SMOTEBoost	41 / 14	41 / 41	0.79	0.83	0.86	0.71

خروجی ماتریس درهم‌ریختگی در شکل ۱۴ و نتایج حاصل از استخراج اطلاعات آن در جدول ۱ از مجموعه داده‌های مربوط به سرطان رحم [9] نشان می‌دهد که روش‌های ADASYN، AdaBoost در مجموعه داده‌های با تعداد کم عملکرد بهتری نسبت به دو روش دیگر دارند. در این دیتاست با وجود ۲۰ ویژگی در داده‌ها، به دلیل عدم تعادل ۲۵٪ به ۷۵٪ در بین نمونه‌ها قبل از متعادل‌سازی، دو روش RUSBoost و SMOTEBoost نتوانستند متعادل‌سازی بین کلاس‌ها را با دقت زیادی انجام دهند.



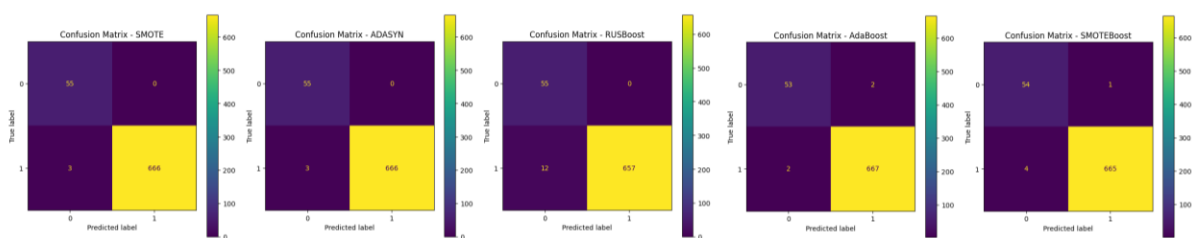


شکل ۱۵. خروجی ماتریس درهم ریختگی دیتاست دیابت

جدول ۲. نتایج ارزیابی با دیتاست دیابت

	Balance Label	Imbalance Label	Accuracy	Precision	Specificity	Sensitivity
SMOTE	1449 / 765	1449 / 1449	0.98	0.98	0.99	0.96
ADASYN	1449 / 765	1449 / 1411	0.98	0.98	0.99	0.96
RUSBoost	1449 / 765	1449 / 1411	0.80	0.71	0.85	0.72
AdaBoost	1449 / 765	1449 / 1411	0.81	0.74	0.88	0.67
SMOTEBoost	1449 / 765	1449 / 1449	0.80	0.68	0.81	0.79

در دیتاست مربوط به دیابت [10] از اطلاعات بدست آمده از شکل ۱۵ در جدول ۲ می‌توان دریافت که با افزایش تعداد داده‌ها عملکرد و دقت روش‌ها افزایش یافته است. در این دیتاست نسبت نمونه‌ها قبل از متعادل سازی به صورت ۳۵٪ به ۶۵٪ تقسیم شده است. روش‌های SMOTE و ADASYN توانستند با درون‌یابی و توزیع بالای چگالی نمونه‌های کلاس اقلیت، دقت بالایی در تولید نمونه‌های جدید بدست بیاورند. با وجود افزایش تعداد داده‌ها، اما به دلیل پایین بودن تعداد ویژگی‌ها در این دیتاست (۹ ویژگی) سایر روش‌ها نتوانستند به دقت دو روش SMOTE و ADASYN دست یابند.



شکل ۱۶. تصویر ماتریس درهم ریختگی دیتاست تیروئید

جدول ۳. نتایج ارزیابی با دیتاست تیروئید

	Balance Label	Imbalance Label	Accuracy	Precision	Specificity	Sensitivity
SMOTE	2671 / 225	2671 / 2671	1.0	1.0	1.0	1.0
ADASYN	2671 / 225	2671 / 2653	1.0	1.0	1.0	1.0
RUSBoost	2671 / 225	2671 / 2653	0.98	1.0	1.0	0.98
AdaBoost	2671 / 225	2671 / 2653	0.99	1.0	0.96	1.0
SMOTEBoost	2671 / 225	2671 / 2671	0.99	1.0	0.98	0.99

در دیتاست تیروئید [11] همانطور که از خروجی شکل ۱۶ و اطلاعات حاصل از آن در جدول ۳ مشهود است، با افزایش تعداد داده در کنار افزایش تعداد ویژگی‌ها (۲۹ ویژگی) نسبت به دیتاست‌های قبلی، دقت تمامی روش‌های نسبت به دیتاست قبل افزایش یافته است. در این دیتاست علاوه بر توزیع حدود ۸٪ به ۹۲٪ نمونه‌های دوکلاس قبل از متعادل سازی، تمامی تکنیک‌های متعادل سازی توانستند به دقت بالایی دست یابند.

## ۲-۴. ارزیابی

ارزیابی ما تغییرات قابل توجهی را در عملکرد الگوریتم‌های متعادل سازی در مجموعه داده‌های مختلف نشان داده است. به طور کلی می‌توان گفت که ۲ فاکتور تعداد داده، تعداد ویژگی و درصد توزیع داده در متعادل سازی دیتاست با تکنیک‌های مختلف تاثیر مهمی دارند. در دیتاست‌های با تعداد داده کم و تعداد ویژگی زیاد تکنیک‌های ADASYN, AdaBoost عملکرد و دقت بالاتری دارند. این درحالی است که با افزایش تعداد داده و کاهش تعداد ویژگی تکنیک‌های SMOTE, ADASYN توانسته‌اند عملکرد بهتری از خود نشان دهند. در شرایطی که دیتاست دارای تعداد داده و تعداد ویژگی بالایی باشد تکنیک‌های متعادل سازی می‌توانند صرف نظر از درصد توزیع نمونه‌ها در بین دو کلاس، به دقت بالایی در متعادل سازی دیتاست‌ها برسند.

با وجود اینکه شرایط متعادل سازی دیتاست نسبت به تعداد داده و تعداد ویژگی متفاوت است اما روش ADASYN نتایج بسیار خوبی در همه شرایط در بهبود عملکرد طبقه بندی کسب کرده است که نشان دهنده دقت و انعطاف پذیری این روش است. روش SMOTE عملکرد رقابتی را نشان داد اما در دیتاست‌هایی با تعداد داده کم، عملکرد ضعیف‌تری نسبت به ADASYN و AdaBoost دارد. روش‌های RUSBoost و SMOTEBoost در دیتاست‌های بزرگ عملکرد قوی تری از خود نشان می‌دهد که این نکته نشان دهنده این است در دیتاست‌های کوچک بهتر است از استفاده از این دو روش صرف نظر شود.

همانطور که از نتایج بالا مشخص است تمامی روش‌های متعادل سازی توانسته‌اند نمونه‌های دو کلاس را به تعادل تقریباً برابر (حدود ۵۰ درصد) برسانند اما در روش‌های SMOTE و SMOTEBoost که هر دو بر پایه تولید نمونه‌های مصنوعی با SMOTE هستند این متعادل سازی به صورت کاملاً برابر رسیده است. در این متعادل سازی درصد توزیع نمونه‌ها قبل از متعادل سازی تاثیری بر روی درصد توزیع نمونه‌ها بعد از متعادل سازی نگذاشته است که نشان دهنده عدم تاثیر پذیری این فاکتور بر روی نمونه‌های تولید شده است.

به طور کلی، تجزیه و تحلیل ما اهمیت انتخاب تکنیک‌های متعادل سازی مناسب بر اساس ویژگی‌های مجموعه داده و الزامات تعداد داده و مشکلات آن‌ها را برجسته می‌کند و بر نیاز به یک رویکرد مناسب در پرداختن به مجموعه داده‌های نامتعادل در برنامه‌های یادگیری ماشین تاکید دارد. انتخاب روش مناسب با توجه به شرایط دیتاست می‌تواند علاوه بر افزایش دقت در مدل‌های یادگیری ماشین به کاهش هزینه‌های تولید و جمع آوری داده کمک بسیاری کند.

## ۵. بحث

تکنیک SMOTE نمونه‌های مصنوعی را با درونیابی ویژگی‌ها بین نمونه انتخاب‌شده و نزدیک‌ترین همسایگانش ایجاد می‌کند که ممکن است نویز را به مجموعه داده وارد کند زیرا نمونه‌های مصنوعی بر اساس نمونه‌های کلاس اقلیت موجود و نزدیک‌ترین همسایگان آنها تولید می‌شوند. در سناریوهایی که طبقه اقلیت به شدت با طبقه اکثریت همپوشانی دارد، SMOTE ممکن است آنقدر موثر نباشد زیرا تنوع کمتری در نمونه‌های مصنوعی ایجاد می‌کند.

ADASYN توسعه یافته تکنیک SMOTE است که هدف آن تولید نمونه های مصنوعی مطابق با تراکم محلی نمونه‌های کلاس اقلیت است. برخلاف SMOTE که نمونه های مصنوعی را به طور یکنواخت در فضای ویژگی تولید می کند، ADASYN بر روی مناطقی از فضای ویژگی تمرکز می کند که عدم تعادل کلاس در آنها شدیدتر است. از نظر محاسباتی در مقایسه با SMOTE گران تر است زیرا شامل تخمین تراکم نمونه های کلاس اقلیت در مجاورت هر نمونه است.

یکی از مزیت‌های کلیدی AdaBoost توانایی آن در رسیدگی به مشکلات طبقه‌بندی باینری و چند کلاسه است. با این حال، اگر طبقه‌بندی‌کننده‌های ضعیف بیش از حد پیچیده باشند، ممکن است دچار بیش‌برازش شود که نشان دهنده متکی بودن زیاد به کیفیت طبقه‌بندی‌کننده‌های ضعیف است.

هدف SMOTEBoost ترکیب نقاط قوت هر دو تکنیک SMOTE و AdaBoost برای بهبود عملکرد طبقه بندی در مجموعه داده های نامتعادل است که می‌تواند تنوع بیشتری در نمونه های مصنوعی ایجاد کند. با این حال، ممکن است همچنان از تولید نمونه های غیر واقعی یا نامربوط با SMOTE رنج ببرد. عملکرد SMOTEBoost به شدت به کیفیت نمونه های مصنوعی تولید شده توسط SMOTE و استحکام یادگیرندگان ضعیف اساسی بستگی دارد.

RUSBoost می‌تواند به طور موثری زمان محاسبات و نیازهای ذخیره سازی را در مقایسه با سایر الگوریتم ها کاهش دهد. با این حال، ممکن است با حذف نمونه های کلاس اکثریت، اطلاعات مفید را دور بیندازد، که به طور بالقوه می تواند منجر به از دست دادن الگوهای مهم شود. این الگوریتم از نظر محاسباتی سنگین تر از SMOTE است.

## منابع

- [۱] M. D. P. F. N. Anthony Mas Halim, "Handling Imbalanced Data Sets Using SMOTE and ADASYN to " *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)* , p. 246–253, June 2023 .
- [۲] S. H. O. B. Tarid Wongvorachan, "A Comparison of Under sampling, Oversampling, and SMOTE Methods for Dealing with Imbalanced Classification in Educational Data Mining " *MDPI* , 2023 .
- [۳] X. W. M. H. L. J. Jiaming Song, "CSK-CNN: Network Intrusion Detection Model Based on Two-Layer Convolution Neural Network for Handling Imbalanced Dataset " *MDPI* , February 2023 .
- [۴] J. T. Sahar Hassanzadeh Mostafaei, "OUBoost: boosting based over and under sampling technique for handling imbalanced data " *Springer* ۱۷, April 2023 .
- [۵] Y. S. Z. W. Emmanuel Ileberi, "Performance Evaluation of Machine Learning Methods for Credit Card Fraud Detection Using SMOTE and AdaBoost " *IEEE* , December 2021 .
- [۶] E. Sevinç, "An empowered AdaBoost algorithm implementation: A COVID-19 dataset study " *Computers & Industrial Engineering (ELSEVIERE)* , January 2022 .
- [۷] A. L. L. O. H. K. W. B. Nitesh V. Chawla, "SMOTEBoost: Improving Prediction of the Minority Class in Boosting " *SpringerLink* , ۲۰۰۳ ,
- [۸] N. M. ., H. A. ., G. B. ., J. V. S. S. Nipun Bhanot, "Seizure detection and epileptogenic zone localisation on heavily skewed MEG data using RUSBoost machine learning technique " *International Journal of Neuroscience* , Dec 2020 .
- [۹] "https://www.kaggle.com/datasets/senapatirajesh/cervical-cancer."
- [۱۰] "https://www.kaggle.com/datasets/nanditapore/healthcare-diabetes."
- [۱۱] "https://www.kaggle.com/datasets/kapoorprakhar/thyroid-disease-patient-dataset."

## پیش بینی قیمت طلا بر اساس یادگیری عمیق بازگشتی بلند مدت

عرفان ابراهیمی\*، فاطمه مویدی\*\*، محسن قاسمی\*\*\*

\* مجتمع آموزش عالی لارستان

\*\* گروه مهندسی کامپیوتر، مجتمع آموزش عالی لارستان، لار

\*\*\* دانشگاه آزاد لارستان

نویسنده مسوول: فاطمه مویدی

[fmoayyedi@gmail.com](mailto:fmoayyedi@gmail.com)

### چکیده

قیمت طلا به عنوان یک فلز گرانبها، همواره مورد توجه سرمایه‌گذاران و فعالان اقتصادی بوده است. پیش‌بینی دقیق قیمت طلا می‌تواند به سرمایه‌گذاران در تصمیم‌گیری‌هایشان کمک کند. امروزه تکنیک‌های پیشرفته مانند الگوریتم‌های یادگیری ماشین و داده کاوی برای افزایش دقت پیش‌بینی استفاده می‌شود. در پژوهش پیش رو به بررسی مدل‌های مختلف یادگیری ماشین برای پیش‌بینی قیمت طلا پرداخته شده است. ابتدا روش‌های مختلف آنالیز سری‌های زمانی در دسته یادگیری سطحی<sup>1</sup> مانند الگوریتم ژنتیک، رگرسیون و Arima اعمال شده است و سپس به بررسی روش LSTM (Long Short-Term Memory) که نوعی شبکه عصبی بازگشتی (RNN) در دسته یادگیری عمیق<sup>2</sup> جهت مدلسازی سری‌های زمانی برای پیش‌بینی قیمت طلا پرداخته شده است. نتایج نشان دهنده برتری و پایداری LSTM و نیز روش رگرسیون است.

### واژه‌های کلیدی

پیش‌بینی قیمت طلا، مدل‌های سری زمانی، LSTM، رگرسیون، الگوریتم ژنتیک، Arima

<sup>1</sup> Shallow learning

<sup>2</sup> Deep learning

## ۱. مقدمه

پیش‌بینی قیمت طلا از دیرباز مورد توجه سرمایه‌گذاران، معامله‌گران و فعالان اقتصادی بوده است. طلا به عنوان یک پناهگاه امن در برابر تورم و نوسانات اقتصادی شناخته می‌شود و پیش‌بینی دقیق قیمت آن می‌تواند سود قابل توجهی را برای فعالان بازار به ارمغان آورد. پیش‌بینی قیمت طلا از جهات مختلف حائز اهمیت است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌کنیم:

### کاربرد در سرمایه‌گذاری و معاملات طلا:

سرمایه‌گذاران و معامله‌گران طلا برای تصمیم‌گیری در مورد خرید، فروش یا نگهداری طلا به پیش‌بینی قیمت آن نیاز دارند. پیش‌بینی دقیق قیمت طلا می‌تواند به سرمایه‌گذاران در کسب سود و معامله‌گران در مدیریت ریسک کمک کند.

### تحلیل روند بازار طلا:

پیش‌بینی قیمت طلا می‌تواند به تحلیلگران بازار در درک بهتر روندهای آتی بازار و شناسایی فرصت‌های سرمایه‌گذاری کمک کند. با پیش‌بینی قیمت طلا، می‌توان تحولات اقتصادی و سیاسی را که بر بازار طلا تأثیر می‌گذارد، بهتر تحلیل کرد.

### پیش‌بینی ریسک و بازده سرمایه‌گذاری:

پیش‌بینی قیمت طلا می‌تواند به سرمایه‌گذاران در پیش‌بینی ریسک و بازده سرمایه‌گذاری در طلا کمک کند. با پیش‌بینی قیمت طلا، می‌توان سبب سرمایه‌گذاری متنوع‌تر و متعادل‌تری ایجاد کرد.

### سایر کاربردها:

پیش‌بینی قیمت طلا در صنایع مختلف مانند جواهرسازی، دندانپزشکی و الکترونیک کاربرد دارد. همچنین، پیش‌بینی قیمت طلا می‌تواند در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی و پولی دولت‌ها نقش داشته باشد.

### مرووری بر پیش‌بینی قیمت طلا

پیش‌بینی قیمت اجناس شامل استفاده از مدل‌هایی برای پیش‌بینی قیمت‌های آینده دارایی‌هایی مانند املاک و مستغلات، سهام، ارز، طلا و .. است. امروزه تکنیک‌های پیشرفته مانند الگوریتم‌های یادگیری ماشین و پیش‌پردازش داده‌ها برای افزایش دقت پیش‌بینی استفاده می‌شود. به عنوان نمونه در تحلیل بازار سهام، از مدل‌های رگرسیون خطی برای پیش‌بینی روند سهام با دقت بالا استفاده شده است و همبستگی مثبت بین متغیرهای خاص و مقادیر پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد [۱]. علاوه بر این، استفاده از روش‌های یادگیری نیمه نظارتی، مانند خودآموزی با رگرسیون ریج، بهبود قابل توجهی در دقت پیش‌بینی قیمت سهام نشان داده است و از مدل‌های سنتی نظارت شده بهتر عمل می‌کند [1,5].

پیش‌بینی قیمت طلا با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین به دلیل ماهیت پیچیده بازار طلا توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده است. مدل‌های مختلف یادگیری ماشین مانند رگرسیون خطی، ARIMA، رگرسیون جنگل تصادفی، ماشین بردار پشتیبانی و رگرسیون ریج برای این منظور استفاده شده است [1,2,3]. این مدل‌ها بر اساس معیارهایی مانند خطای R مربع و خطای مربع میانگین ریشه ارزیابی می‌شوند. دقت پیش‌بینی در پیش‌بینی قیمت طلا در آینده بسیار مهم است که با استفاده از داده‌های تاریخی قیمت طلا و تکنیک‌های پیشرفته یادگیری ماشین، محققان قصد دارند دقت پیش‌بینی قیمت طلا را برای تصمیمات سرمایه‌گذاری افزایش دهند.

در پیش‌بینی قیمت طلا از چند دسته روش استفاده شده است. از دسته روش‌های مختلف می‌توان به روش‌های سنتی، تحلیل تکنیکال [1] مطالعه نمودارهای قیمت و حجم معاملات - شناسایی الگوهای رفتاری بازار - پیش‌بینی روندهای آینده قیمت، تحلیل



بنیادی [3] (بررسی عوامل اقتصادی و سیاسی، تحلیل عرضه و تقاضای طلا، پیش‌بینی قیمت طلا بر اساس عوامل کلان) و روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی (یادگیری الگوهای پیچیده از داده‌ها) اعم از شبکه‌های عصبی [4, 5]، مدل‌های سری زمانی مانند ARIMA، Exponential Smoothing [5] و یادگیری عمیق مانند مدل‌های LSTM، RNN، GRU [4]

## ۲. روش مورد استفاده

در این پروژه، به بررسی مدل‌های مختلف یادگیری ماشین برای پیش‌بینی قیمت طلا می‌پردازیم. ابتدا روشهای مختلف یادگیری سطحی مانند الگوریتم ژنتیک، روشهای آنالیز سری‌های زمانی مانند رگرسیون و Arima و نیز به طور خاص روش LSTM (Long Short-Term Memory) که نوعی شبکه عصبی بازگشتی (RNN) بر مبنای یادگیری عمیق است، برای پیش‌بینی قیمت طلا استفاده می‌کنیم. با توجه به اینکه تاکید مقاله در استفاده از یادگیری عمیق می‌باشد در ادامه به بررسی تئوری روش LSTM و معماری مورد استفاده در این مقاله پرداخته شده است.

LSTM مخفف Long Short-Term Memory است که نوعی شبکه عصبی بازگشتی (RNN) است. RNN ها برای پردازش داده‌های توالی مانند سری‌های زمانی، متن و گفتار طراحی شده‌اند.

مدل‌های LSTM به دلیل توانایی در یادگیری وابستگی‌های بلندمدت در داده‌ها، برای پیش‌بینی سری‌های زمانی مانند قیمت طلا مناسب هستند. این مدل‌ها می‌توانند الگوهای پیچیده در داده‌ها را شناسایی کرده و از آنها برای پیش‌بینی مقادیر آینده استفاده کنند. همچنین قابلیت انعطاف‌پذیری LSTM موجب می‌شود که بتوان با پارامترها و معماری‌های مختلف تنظیم نمود تا برای پیش‌بینی انواع مختلف سری‌های زمانی به کار رود.

بنابراین برای پیش‌بینی سری‌های زمانی با نوسانات زیاد مانند قیمت طلا ابزار مناسبی است. همچنین بنا بر پژوهش‌های انجام شده در دیگر مقالات و همچنین مقاله پیش رو LSTM در مقایسه با سایر روش‌های پیش‌بینی، مانند ARIMA، در پیش‌بینی سری‌های زمانی پیچیده عملکرد بهتری دارد.

## LSTM معماری

LSTM از سلول‌های حافظه بلندمدت تشکیل شده است که هر کدام شامل سه دروازه ورودی، خروجی و فراموشی هستند. این دروازه‌ها به LSTM اجازه می‌دهند تا اطلاعات را به طور موثر در طول زمان ذخیره و پردازش کند.

پارامترها: مدل LSTM دارای چندین پارامتر مهم است، مانند تعداد سلول‌های LSTM، نرخ یادگیری و تابع فعال‌سازی. تنظیم این پارامترها می‌تواند بر دقت پیش‌بینی مدل تأثیر بگذارد.

فرایند آموزش: مدل LSTM با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق مانند Adam آموزش داده می‌شود. در طول آموزش، مدل LSTM پارامترهای خود را تنظیم می‌کند تا خطای پیش‌بینی را به حداقل برساند.

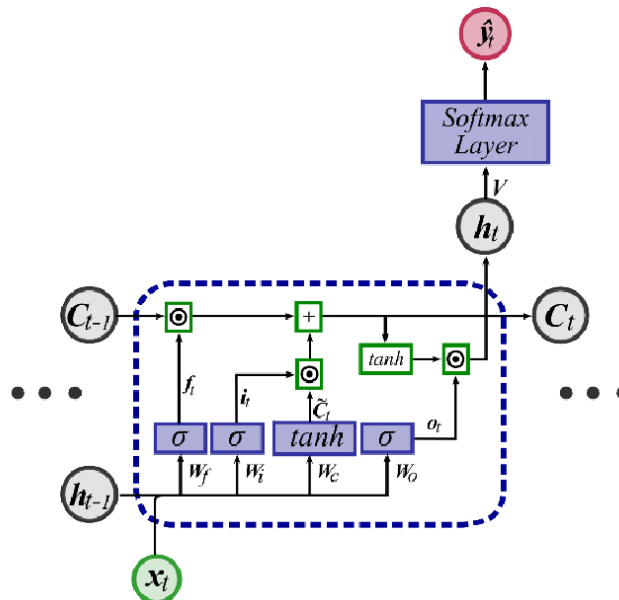
RNN های سنتی به دلیل مشکل حافظه کوتاه مدت، در یادگیری وابستگی‌های بلندمدت در توالی‌های طولانی مشکل دارند. به عبارت دیگر، آنها به راحتی اطلاعات گذشته را فراموش می‌کنند.

LSTM برای حل مشکل حافظه کوتاه مدت RNN ها، از ساختاری به نام سلول حافظه استفاده می‌کند. سلول حافظه اطلاعات را به صورت گزینشی ذخیره و بازیابی می‌کند.

اجزای سلول حافظه:

- دروازه ورودی: اطلاعات جدید را به سلول حافظه اضافه می‌کند.
- دروازه فراموشی: اطلاعات غیرضروری را از سلول حافظه حذف می‌کند.
- دروازه خروجی: اطلاعات را از سلول حافظه به لایه بعدی شبکه می‌فرستد.

دیاگرام مربوط به یک سلول LSTM در شکل زیر نشان داده شده است. [6]



شکل ۱: دیاگرام مربوط به یک سلول LSTM

قابلیت ذخیره سازی آموزش (Save)

در این پژوهش در پیاده سازی LSTM قابلیت ذخیره سازی و استفاده مجدد از آموزش مدل را فراهم نموده ایم. ذخیره سازی مدل آموزش داده شده مزایای متعددی دارد که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌کنیم:

۱. صرفه‌جویی در زمان و منابع: آموزش مدل‌های یادگیری ماشین می‌تواند فرآیندی زمان‌بر و پرهزینه باشد. ذخیره سازی مدل آموزش‌دیده این امکان را می‌دهد که بتوان از آن در پروژه‌های دیگر بدون نیاز به آموزش مجدد استفاده کرد. این امر می‌تواند به طور قابل توجهی در زمان و منابع صرفه‌جویی کند.

۲. بهبود قابلیت تکرار: ذخیره سازی مدل آموزش‌دیده موجب تکرار نتایج به طور دقیق می‌شود. این امر قابلیت اعتماد و اتکا به نتایج را افزایش می‌دهد.

3. مقایسه مدل‌ها: می‌توان مدل‌های مختلف را با ذخیره سازی و استفاده مجدد از آنها به طور عادلانه مقایسه نمود. این امر کمک می‌کند تا امکان انتخاب بهترین مدل برای نیازهای صورت مساله مورد نظر فراهم شود.

### 3. ارزیابی و نتایج

مجموعه داده مورد استفاده در این پروژه از investing.com به دست آمده است. این مجموعه داده شامل قیمت روزانه طلا از سال 2008 تا 2024 است. مجموعه داده شامل 4096 رکورد است که از 1 ژانویه 2008 تا 22 ژانویه 2024 را شامل می‌شود. [7,8]

جلوگیری از برازش بیش از حد: اگر از تمام داده‌ها برای آموزش مدل استفاده کنیم، ممکن است مدل به جای یادگیری الگوهای کلی در داده‌ها، فقط الگوهای موجود در مجموعه داده آموزشی را حفظ کند. این امر می‌تواند منجر به عملکرد ضعیف مدل در هنگام مواجهه با داده‌های جدید شود.

ارزیابی دقیق عملکرد مدل: برای ارزیابی دقیق عملکرد مدل، به داده‌هایی نیاز داریم که مدل در طول آموزش آنها ندیده باشد.

در روش تقسیم بندی بر اساس زمان، داده‌ها بر اساس زمان به دو مجموعه تقسیم می‌شوند. برای مثال، می‌توان از داده‌های سال‌های گذشته برای آموزش مدل، از داده‌های سال جاری برای اعتبارسنجی مدل استفاده کرد. از مزایای این روش می‌توان به جلوگیری از عدم تعادل در مجموعه داده‌ها اشاره نمود.

ما در اینجا داده‌های را به دو بخش مجموعه آموزش و مجموعه تست تقسیم بندی کرده ایم که جزئیات آن در شکل 2 قابل مشاهده است.

مجموعه آموزش	3568	87.10%
مجموعه تست	528	12.90%
کل	4096	100%

شکل 2: جزئیات تقسیم بندی داده‌های آموزش و تست مدل

معیارهای ارزیابی:

### Test Loss

**Test Loss** یا تابع ضرر تست، معیاری برای ارزیابی عملکرد مدل یادگیری ماشین بر روی داده‌های تست است. این تابع، میزان خطای مدل را در پیش‌بینی مقادیر هدف در داده‌های تست نشان می‌دهد. به طور ساده‌تر **Test Loss** به ما می‌گوید که مدل ما چقدر خوب یا بد عمل می‌کند. مقدار **Test Loss** کوچکتر، نشان‌دهنده عملکرد بهتر مدل است و مقدار **Test Loss** بزرگتر، نشان‌دهنده عملکرد ضعیف‌تر مدل است.

**Test Loss** با استفاده از توابع ضرر مختلفی مانند **MSE** (Mean Squared Error) یا **Cross-Entropy** محاسبه می‌شود. انتخاب تابع ضرر مناسب به نوع مدل و نوع داده‌ها بستگی دارد.

**Test Loss** برای مقایسه عملکرد مدل‌های مختلف با یکدیگر استفاده می‌شود. **Test Loss** برای تنظیم پارامترهای مدل و بهینه‌سازی عملکرد آن استفاده می‌شود. همچنین از **Test Loss** برای تشخیص **Overfitting** یا **Underfitting** استفاده می‌شود.



استفاده از داده‌های بیشتر برای آموزش مدل، تنظیم پارامترهای مدل و استفاده از تکنیک‌های مختلف Regularization راهکارهای کاهش **Test Loss** می باشد.

#### Test MAPE

**Test MAPE** یا میانگین خطای مطلق درصدی تست، معیاری برای ارزیابی عملکرد مدل یادگیری ماشین در پیش‌بینی مقادیر هدف در داده‌های تست است. این معیار، میانگین خطای مطلق را به عنوان درصد از میانگین مقادیر واقعی نشان می‌دهد. **Test MAPE** به ما می‌گوید که مدل ما چقدر دقیق مقادیر را در داده‌های تست پیش‌بینی می‌کند. مقدار **Test MAPE** کوچکتر، نشان‌دهنده دقت بیشتر مدل است.

$$\text{Test MAPE} = (1/n) * \sum |(Actual - Predicted) / Actual| * 100$$

در فرمول بالا،  $n$  تعداد نمونه‌ها در داده‌های تست، **Actual** مقادیر واقعی، **Predicted** مقادیر پیش‌بینی شده است.

از مزایای **Test MAPE**، قابل فهم و تفسیر، مناسب برای مقایسه مدل‌های مختلف، مناسب برای پیش‌بینی مقادیر غیرمنفی است. از معایب **Test MAPE** حساس به مقادیر پرت است.

#### Test Accuracy

**Test Accuracy** یا دقت تست، معیاری برای ارزیابی عملکرد مدل یادگیری ماشین در پیش‌بینی مقادیر درست در داده‌های تست است. این معیار، نسبت پیش‌بینی‌های درست به تعداد کل نمونه‌ها در داده‌های تست را نشان می‌دهد.

**Test Accuracy** به ما می‌گوید که مدل ما چقدر خوب یا بد مقادیر را در داده‌های تست پیش‌بینی می‌کند.

مقدار **Test Accuracy** بیشتر، نشان‌دهنده عملکرد بهتر مدل است.

$$\text{Test Accuracy} = (\text{Number of correct predictions}) / (\text{Total number of samples})$$

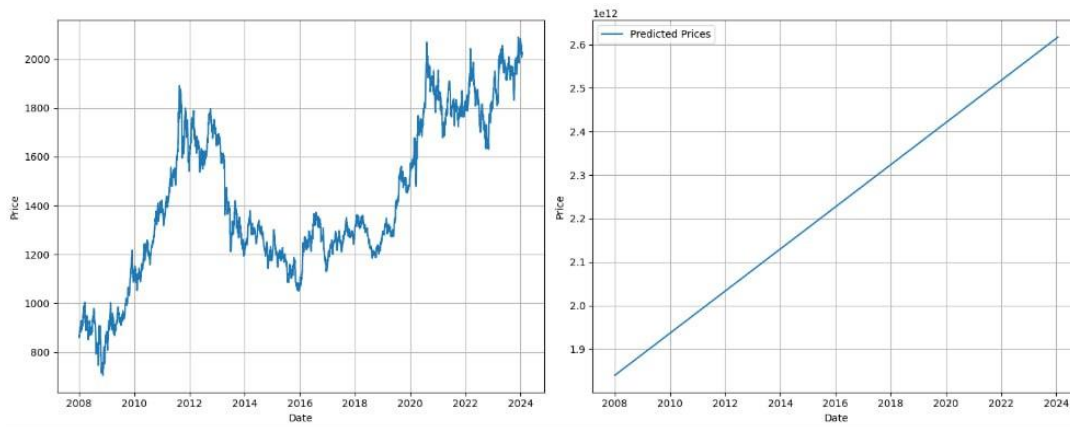
#### مقایسه روش‌ها

یکی از مدل‌هایی که جهت پیش‌بینی قیمت طلا بررسی نموده ایم روش **ARIMA** است. در جدول زیر مزایا و معایب این روش آورده شده است.

مزایا	معایب
سادگی: مدل <b>ARIMA</b> نسبتاً ساده است و به راحتی قابل درک و اجرا است.	ناتوانی در مدل‌سازی روابط غیرخطی <b>ARIMA</b> : فرض می‌کند که روابط بین متغیرها خطی است، که در همه موارد صحیح نیست.
کارآمدی: مدل <b>ARIMA</b> از نظر محاسباتی کارآمد است و می‌توان آن را به سرعت برای مجموعه داده‌های بزرگ اجرا کرد.	نیاز به داده‌های با کیفیت بالا <b>ARIMA</b> : به داده‌های با کیفیت بالا و بدون نویز برای عملکرد خوب نیاز دارد.
قابلیت تفسیر: پارامترهای مدل <b>ARIMA</b> به طور مستقیم با ویژگی‌های سری زمانی مرتبط هستند، که تفسیر نتایج را آسان می‌کند.	عدم انعطاف پذیری <b>ARIMA</b> : برای مدل‌سازی روابط پیچیده بین متغیرها انعطاف پذیر نیست.
وجود در نرم افزارهای آماری: مدل <b>ARIMA</b> در بسیاری از	ناتوانی در مدل‌سازی داده‌های غیر ثابت <b>ARIMA</b> : برای

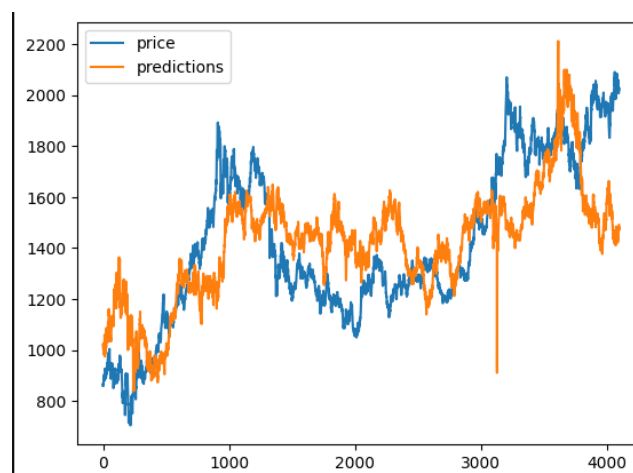
مدل سازی داده های غیر ثابت، مانند داده هایی که روند یا نوسانات در حال تغییر دارند، مناسب نیست.	نرم افزارهای آماری محبوب مانند R ، Python و SPSS موجود است.
عملکرد ضعیف در پیش بینی های بلندمدت: عملکرد ARIMA در پیش بینی های بلندمدت ممکن است به دلیل تغییرات ساختاری در داده ها ضعیف باشد.	قدرت پیش بینی خوب برای سری های زمانی کوتاه مدت : ARIMA می تواند پیش بینی های دقیقی را برای سری های زمانی کوتاه مدت ارائه دهد.

در شکل زیر نمودار پیش بینی طلا با روش ARIMA نشان داده شده است. همان طور که مشخص است دقت روش بسیار پایین بوده و نمی تواند وابستگی های طولانی مدت را مدل کند.



شکل ۳: نمودار سمت چپ قیمت واقعی طلا و نمودار سمت راست پیش بینی آن توسط روش ARIMA است.

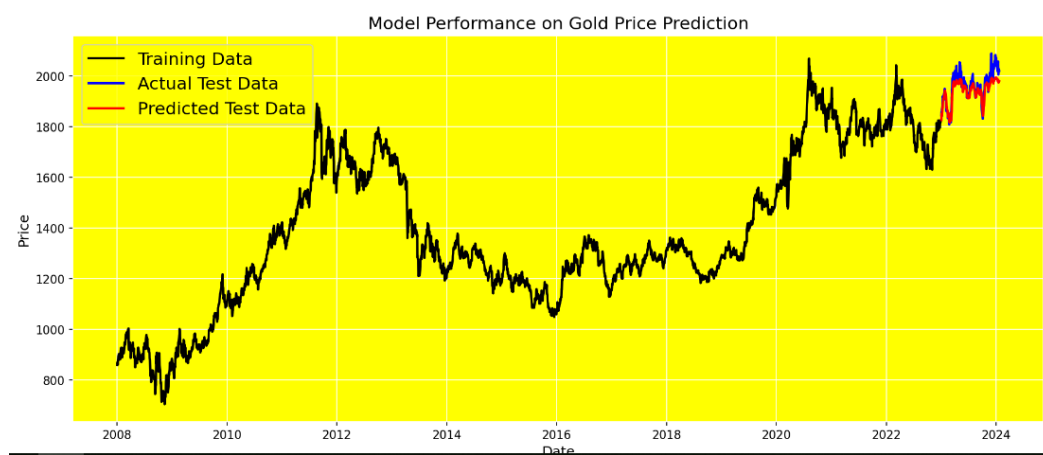
از دیگر روشهای مورد استفاده الگوریتم ژنتیک است. همان گونه که در شکل زیر قابل مشاهده است ژنتیک از ARIMA مدلسازی بهتری داشته و پیش بینی با خطای کمتری انجام داده است اما در مواردی روند صعودی با نزولی بودن را به اشتباه پیش بینی نموده است.



شکل ۴: خروجی قیمت واقعی و پیش بینی شده توسط الگوریتم ژنتیک

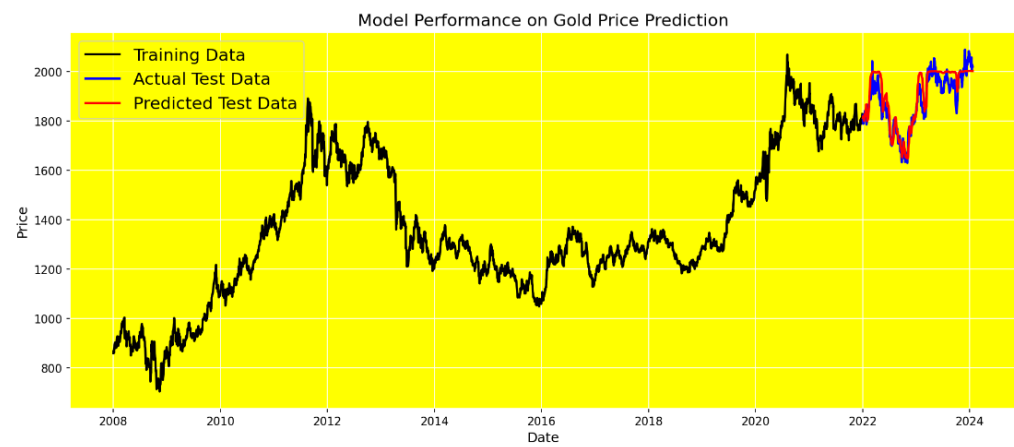
در روش LSTM مورد استفاده مشخصات مدل بدین صورت است: دو لایه LSTM با ۶۴ واحد پنهان در هر لایه، تابع فعالسازی: تابع فعالسازی واحد خطی تصحیح شده (ReLU)، لایه خروجی یک لایه کاملاً متصل با یک واحد خروجی که پیش بینی قیمت طلا می باشد. از الگوریتم بهینه سازی Adam جهت به روز رسانی وزن های شبکه عصبی استفاده می شود. از تابع افت Mean absolute Error برای اندازه گیری خطای بین قیمت های واقعی و پیش بینی شده استفاده شده است.

در نمودار نشان داده شده در شکل ۵ خروجی قیمت واقعی و پیش بینی شده توسط LSTM در بازه زمانی یک ساله نشان داده شده است. یعنی از داده های سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۳ برای آموزش استفاده شده است و داده های سال ۲۰۲۴ با استفاده از LSTM پیش بینی شده است.



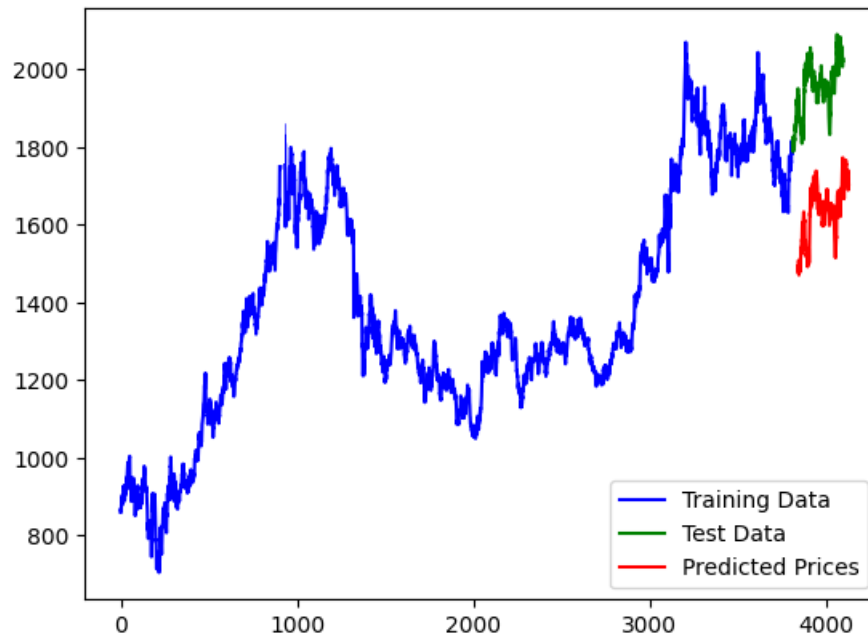
شکل ۵: خروجی قیمت واقعی و پیش بینی شده توسط LSTM در بازه زمانی یک ساله

در نمودار نشان داده شده در شکل ۶ خروجی قیمت واقعی و پیش بینی شده توسط LSTM در بازه زمانی دو ساله نشان داده شده است. یعنی از داده های سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ برای آموزش استفاده شده است و داده های سال ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴ با استفاده از LSTM پیش بینی شده است.



شکل ۶: خروجی قیمت واقعی و پیش بینی شده توسط LSTM در بازه زمانی دو ساله

خروجی قیمت واقعی و پیش بینی شده توسط الگوریتم رگرسیون در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷: خروجی قیمت واقعی و پیش بینی شده توسط الگوریتم رگرسیون. (به دلیل تطابق زیاد جهت وضوح نمودار قرمز رنگ کمی پایین تر نشان داده شده است.)

نتایج عددی ارزیابی روشهای LSTM و رگرسیون که نسبت به دو روش ARIMA و الگوریتم ژنتیک جواب بهتری داشته اند در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: ارزیابی عددی بر مبنای R-squared, MAE, RMSE

	Root Mean Squared Error (RMSE)	Mean Absolute Error (MAE)	R-squared (R2):
LSTM ( 1 year)	69.98789923823122	55.047030812509355	-387.4754
LSTM ( 2 year)	159.27502020793784	128.23780998106298	-890.287131405
Linear Regression (1 year)	1974.9214126797065	1974.2956240683109	0.90380114653

در واقع ما برای این نتایج هر کدام از مدل ها را ۲۰۰ بار آموزش داده ایم ، بدین صورت که بسته آموزش ما که شامل ۳۵۶۸ بوده است را به تعداد بسته های مختلف با ضریب ۴ تقسیم کرده ایم (۴،۸،۱۲،.....،۳۲،۳۶،۴۰) و سپس به مدل داده ایم که بتواند مدل بر اساس داده ها آموزش ببیند .

از نظر تعداد باری که این بسته ها به مدل آموزش داده شود ما از ضریب ۱۰ برای تعداد دور آموزش استفاده کرده ایم که برای آن از تعداد دور (۱۰،۲۰،۳۰،.....،۱۸۰،۱۹۰،۲۰۰) استفاده کرده ایم و این نتایج بدست آمده است.



مدل LSTM در مجموع از ۲۰۰ بار آموزش ۱۱۴ بار دقتی بالای ۹۰ درصد روند پیش بینی قیمت را پیش بینی کند که شامل ۵۷٪ مواقع میشود .

از روی نمودارهای نشان داده شده در شکل‌های ۳ تا ۷ می توان به نتایج زیر رسید:

- ۱- شیب نمودار و جهت افزایشی یا کاهششی بودن آن در LSTM و regression در همه موارد درست می باشد. مقدار پیش بینی شده در LSTM با خطای کمی همراه است.
- ۲- الگوریتم ژنتیک در برخی موارد جهت کاهششی یا افزایششی بودن را هم غلط پیش بینی نموده است.

#### ۴. منابع

- 1- A. Hatamlou, M. Deljavan, Forecasting Gold Price using Data Mining Techniques by Considering New Factors, journal of AI and data mining, vol.7, No.3, 2019.
- 2- Maria, Ulfah, Siregar., Pahlevi, Wahyu, Hardjita., Farhan, Armawan, Asdin., Dewi, Wulan, Setianingrum, Putri, Wardani., Ardhi, Wijayanto., Yessi, Yunitasari., Muhammad, Anshari. (2022). Housing Price Prediction Using a Hybrid Genetic Algorithm with Extreme Gradient Boosting.
- 3- Minal, Ghute., Mridula, S., Korde. (2023). Efficient Machine Learning Algorithm for Future Gold Price Prediction. 216-220.
- 4- Marko stankovic, Nebojs Bacanin, Nebojsa budimirovic, Miodrag Zivkovic, Bi-Directional Long Short-Term Memory Optimization by Improved Teaching-Learning Based Algorithm for Univariate Gold Price Forecasting. International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT), 2023
- 5- D., Nanthiya., S., B., Gopal., S, Balakumar. (2023). Gold Price Prediction using ARIMA model
- 6- B. Lindemann, T. Müller, H. Vietz, N. Jazdi, M. Weyrich, A survey on long short-term memory networks for time series prediction, Procedia CIRP, Elsevier, vol. 99, 2021, Pp. 650-655
- 7- <https://www.kaggle.com/datasets/farzadnekouei/gold-price-10-years-20132023?resource=download>
- 8- <https://www.investing.com/commodities/gold-historical-data>

## پیش بینی بیماری افسردگی و بررسی عوامل موثر بر آن بر مبنای روش‌های داده کاوی (مطالعه موردی داده های جمع آوری شده از استان فارس و هرمزگان)

سیده سلمی دانش<sup>\*</sup>، فاطمه مویدی<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> مجتمع آموزش عالی لارستان، [salmadanesh@yahoo.com](mailto:salmadanesh@yahoo.com)

<sup>\*\*</sup> گروه مهندسی کامپیوتر، مجتمع آموزش عالی لارستان، لار، [fmoavyedi@gmail.com](mailto:fmoavyedi@gmail.com)

### چکیده

این مقاله به بررسی روش‌های مختلف داده‌کاوی برای پیش‌بینی افسردگی با استفاده از یک دیتاست جمع‌آوری شده توسط پرسشنامه مربوط به فعالیتهای روزانه و افسردگی با جامعه هدف مردم فارس و هرمزگان می‌پردازد. در این تحقیق، روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی و پیش‌بینی افسردگی از الگوریتم‌های متداول داده‌کاوی، مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله ماشین بردار پشتیبان، K همسایه نزدیک، جنگل تصادفی، شبکه عصبی مصنوعی، درخت تصمیم و سایر الگوریتم‌ها برای ساخت مدل‌های پیش‌بینی استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مدل ترکیبی از ماشین بردار پشتیبان، K همسایه نزدیک و جنگل تصادفی عملکرد بهتری در پیش‌بینی افسردگی روی داده‌های موجود دارد. از عوامل موثر استخراج شده این است که هرچقدر یک فرد مدت زمان بیشتری از روز را از فضای مجازی استفاده کند، احتمال بیشتری وجود دارد که افسردگی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: داده کاوی، افسردگی، پیش بینی، ماشین بردار پشتیبان، عوامل موثر

## ۱. مقدمه

افسردگی یکی از شایع‌ترین اختلالات روانی است که تأثیر زیادی بر کیفیت زندگی افراد دارد. به گزارش سازمان بهداشت جهانی ۳۵۰ میلیون نفر که ۵ درصد جمعیت کل جهان را تشکیل می‌دهند از بیماری افسردگی رنج می‌برند. نرخ ابتلا به افسردگی نسبت به یک دهه گذشته نزدیک به ۲۰ درصد افزایش یافته است. بنا بر آمار و با توجه به آخرین نظرات کارشناسان، مسئولان و وزیر بهداشت در سال ۱۳۹۶، آمار افسردگی و بیماری‌های روحی در ایران را به طور میانگین باید مابین ۲۰ تا ۲۵ درصد دانست. اگر افسردگی درمان نشود، می‌تواند باعث افزایش احتمال وابستگی به مشروبات الکلی و مواد مخدر شود (هانگ، ۲۰۱۷) همچنین احتمال خودکشی در فرد بیمار بیشتر خواهد شد و می‌تواند منجر به بیماری‌های فیزیکی در بدن فرد بیمار شود. تشخیص و پیش‌بینی افسردگی با استفاده از روش‌های سنتی و مشاهده‌ای ممکن است محدودیت‌هایی داشته باشد. اما با پیشرفت تکنولوژی و روش‌های داده‌کاوی، می‌توان از داده‌های مرتبط با افسردگی استفاده کرده و با استفاده از الگوریتم‌های مناسب، پیش‌بینی افسردگی را بهبود بخشید. داده‌های فعالیت روزانه می‌توانند برای پیش‌بینی افسردگی استفاده شوند. این داده‌ها شامل اطلاعات مربوط به موقعیت مکانی، فعالیت‌های فیزیکی، تعاملات اجتماعی و استفاده از تلفن همراه و فضای مجازی، گوش دادن به موسیقی و... است. الگوهای پنهان در داده‌های فعالیت روزانه می‌توانند نشان‌دهنده افسردگی باشند.

برای تشخیص افسردگی، پرسشنامه‌های مختلفی وجود دارند که توسط متخصصان بهداشت روانی و روان‌شناسان استفاده می‌شوند. این پرسشنامه‌ها به کمک سوالاتی درباره علائم، درجه و شدت افسردگی، وضعیت روحی و روانی فرد و تأثیر آن بر زندگی روزمره او، به تشخیص افسردگی کمک می‌کنند. که معروف‌ترین آنها شامل موارد زیر می‌باشند:

۱. پرسشنامه افسردگی بک (Beck Depression Inventory - BDI): این پرسشنامه شامل ۲۱ سوال است که به بررسی علائم افسردگی از جمله احساس غم، افکار منفی، خستگی و دلسردی می‌پردازد. با امتیازدهی به هر سوال، میزان شدت افسردگی را می‌توان تعیین کرد.

۲. پرسشنامه افسردگی همیلتون (Hamilton Depression Rating Scale - HDRS): این پرسشنامه توسط پزشکان و متخصصان بهداشت روانی استفاده می‌شود. آن شامل ۱۷ سوال است که به بررسی علائم افسردگی از جمله خلق و خوی، اضطراب، خواب، اشتها، وزن، تغییرات جنسی و افکار خودکشی می‌پردازد.

۳. پرسشنامه افسردگی مردلینگ (MADRS - Montgomery-Åsberg Depression Rating Scale): این پرسشنامه شامل ۱۰ سوال است که به بررسی شدت علائم افسردگی و تأثیر آن بر زندگی روزمره فرد می‌پردازد.

۴. پرسشنامه افسردگی زیگموند (Zung Self-Rating Depression Scale): این پرسشنامه شامل ۲۰ سوال است که به بررسی شدت و شدت افسردگی، روحیه، عملکرد روزانه و علائم جسمی مربوط به افسردگی می‌پردازد.

۵. پرسشنامه افسردگی پراقام (Patient Health Questionnaire - PHQ-9): این پرسشنامه شامل ۹ سوال است که به بررسی علائم افسردگی از جمله احساس غم، از دست دادن علاقه‌مندی و انرژی، مشکلات خواب و اشتها، و افکار خودکشی می‌پردازد.

بیش از ۵۰ مقاله در حیطه داده‌کاوی و افسردگی و تشخیص و پیش‌بینی افسردگی مطالعه شد و سرانجام ۱۰ مقاله با ارتباط بیشتر با موضوع انتخاب شد که در ادامه آنها را مرور می‌کنیم.

با توجه به توسعه روش‌های داده‌کاوی و پیشرفت در حوزه هوش مصنوعی، الگوریتم‌های داده‌کاوی برای پیش‌بینی افسردگی همچنان در حال گسترش و بهبود هستند. در زیر به برخی از الگوریتم‌های متداول برای پیش‌بینی افسردگی اشاره می‌کنیم:

۱. شبکه‌های عصبی مصنوعی [2,3,6,7]: (Artificial Neural Networks) این الگوریتم‌ها بر اساس ساختار عصبی مغز انسان طراحی شده‌اند و قادر به یادگیری الگوها و تشخیص روابط پیچیده در داده‌ها هستند. با استفاده از شبکه‌های عصبی می‌توان الگوهای مرتبط با افسردگی را در داده‌های فعالیت روزانه شناسایی کرده و افراد را در گروه‌های مختلف تقسیم بندی کرد.

۲. درخت تصمیم [3,5,7,10]: (Decision Trees) این الگوریتم به صورت یک درخت سلسله مراتبی از تصمیم‌ها و شرایط ساخته می‌شود. با تحلیل داده‌های فعالیت روزانه، می‌توان این درخت را ساخته و با استفاده از آن، افراد را بر اساس ویژگی‌های مرتبط با افسردگی به دسته‌های مختلف تقسیم کرد.

۳. ماشین بردار پشتیبان [1-5][10]: (Support Vector Machines) این الگوریتم بر اساس تفکیک خطی یا غیرخطی بین داده‌ها، مدلی را برای پیش‌بینی افسردگی ایجاد می‌کند. با استفاده از داده‌های فعالیت روزانه، می‌توان ماشین بردار پشتیبان را آموزش داده و افراد را در دسته‌های مختلف تقسیم بندی کرد.

۴. الگوریتم‌های دسته‌بندی مبتنی بر آمار [2,3,9]: (Statistical Classification Algorithms) مانند نزدیک‌ترین همسایه-k (k-Nearest Neighbors یا KNN) و بیز ساده (Naive Bayes). این الگوریتم‌ها بر اساس احتمالات و توزیع داده‌ها، افراد را در دسته‌های مختلف تقسیم می‌کنند. با استفاده از داده‌های فعالیت روزانه و ویژگی‌های مرتبط، می‌توان از این الگوریتم‌ها برای پیش‌بینی افسردگی استفاده کرد.

۵. رگرسیون لجستیک [2,3,6,7,9]: (Logistic Regression) این الگوریتم از روش‌های تحلیل آماری برای پیش‌بینی احتمال وقوع یا عدم وقوع یک رویداد استفاده می‌کند. در پیش‌بینی افسردگی، می‌توان از رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی و پیش‌بینی احتمال افسردگی استفاده کرد. با استفاده از ویژگی‌های مرتبط با افسردگی و داده‌های فعالیت روزانه، می‌توان مدل رگرسیون لجستیک را آموزش داد و احتمال افسردگی را برای افراد جدید پیش‌بینی کرد.

۶. جنگل تصادفی [2,3,7]: (Random Forest) این الگوریتم یک مدل گروهی است که بر اساس ترکیب نتایج برخی از درخت‌های تصمیم ساخته می‌شود. در جنگل تصادفی، تعدادی درخت تصمیم با روش‌های تصادفی ساخته می‌شوند و در نهایت، نتیجه پیش‌بینی تمام درخت‌ها ترکیب می‌شود. با استفاده از داده‌های فعالیت روزانه و ویژگی‌های مرتبط، جنگل تصادفی می‌تواند پیش‌بینی افسردگی را برای افراد جدید انجام دهد.

الگوریتم‌های داده کاوی برای پیش‌بینی افسردگی همچنان در حال گسترش و بهبود هستند. تحقیقات در این حوزه به دنبال روش‌هایی هستند که بتوانند دقت و قدرت پیش‌بینی را افزایش دهند. بعضی از موضوعاتی که در تحقیقات اخیر مطرح شده‌اند عبارتند از:

۱. استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق: شبکه‌های عصبی عمیق با ساختار پیچیده‌تر و تعداد لایه‌های بیشتر نسبت به شبکه‌های عصبی سنتی، قادر به استخراج ویژگی‌های پیچیده‌تر از داده‌ها هستند. این الگوریتم‌ها می‌توانند اطلاعات عمیق‌تری از وضعیت افراد را استخراج کرده و در پیش‌بینی افسردگی موثرتر عمل کنند.

۲. استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی برای تشخیص افسردگی در داده‌های غیرساختاری: علاوه بر داده‌های ساختاری مانند فعالیت‌های روزانه، تحقیقات در حال بررسی استفاده از روش‌های داده کاوی در داده‌های غیرساختاری مانند پست‌ها و نظرات در شبکه‌های اجتماعی، ایمیل‌ها و سایر منابع برای تشخیص افسردگی هستند. این الگوریتم‌ها می‌توانند الگوها و الزامات افسردگی را در این نوع داده‌ها شناسایی کرده و پیش‌بینی کنند.

۳. استفاده از الگوریتم‌های ترکیبی: برخی تحقیقات بر روی استفاده از ترکیب چندین الگوریتم در کنار یکدیگر برای پیش‌بینی افسردگی تمرکز دارند. این الگوریتم‌ها می‌توانند قوی‌ترین جنبه‌های هر الگوریتم را ترکیب کرده و عملکرد پیش‌بینی را بهبود بخشند.





## ۲. شرح کار و نتایج

### ۲.۱. جمع آوری اطلاعات و پرسشنامه

پرسشنامه ای با ۴۱ سوال طراحی شد که ۲۱ سوال آن مربوط به تست افسردگی بک (BDI) و ۲۰ سوال دیگر سوالهایی مربوط به هویت، اجتماع و شخصیت و عملکرد میشد. سوال هایی که پرسیده شد شامل موارد زیر بود:

۱. جنسیت (زن-مرد)
۲. سن (۱۳ تا ۵۴ سال. بعدا به صورت بازه سنی در آمد)
۳. وضعیت تاهل (مجرد و متاهل)
۴. آخرین مدرک تحصیلی (دانش آموز-سیکل-دیپلم-کاردانی-کارشناسی-کارشناسی ارشد-دکترا)
۵. تعداد افرادی که فرد با آنها زندگی میکند (۰ تا ۲۰ نفر بود که به صورت بازه در آمد)
۶. شغل (در حال تحصیل-معلم-کارمند-پزشک-خانه دار-آرایشی-بی کار-اینفلوئنسر-فنی-آزاد-فریلنسر)
۷. محل اشتغال یا تحصیل یا زندگی (برای تشخیص موقعیت مکانی فرد)
۸. سطح ورزش کردن روزانه فرد (۱ تا ۵)
۹. سطح مذهبی بودن فرد (۰ تا ۳)
۱۰. سطح مسافرت رفتن در طول سال (۰ تا ۳)
۱۱. میزان فعالیت فرد خارج از خانه (۰ تا ۳)
۱۲. سطح گوش دادن به موسیقی (۱ تا ۵)
۱۳. فعالیت در شبکه های اجتماعی (فعالیت کردن یا نکردن)
۱۴. سطح زمان استفاده از فضای مجازی (۰ تا ۳)
۱۵. سطح دنبال کردن اخبار (۰ تا ۳)
۱۶. سطح کمالگرایی (۰ تا ۳)
۱۷. تعداد دوستان مطمئن (۰ تا ۳)
۱۸. سبک موسیقی (پاپ-رپ-تواشیح-متال-بیکلام-کلاسیک-غمگین-شاد-قدیمی-راک-آرام-همه موارد-آهنگ گوش نمیدهد)
۱۹. سبک محتوایی که در فضای مجازی دنبال میکند (تکنولوژی-خبری-بیزینس-روانشناسی-بلاگران-دینی-موسیقی-فروشگاهی-هنری-حقوقی-آشپزی-انگیزشی-آموزشی-ورزشی-سرگرمی-ادبی-طنز-همه)
۲۰. برنامه های شبکه های اجتماعی که هر شخص از آن استفاده میکند (اینستاگرام-واتساپ-تلگرام-پینترست-تویتر-یوتیوب-بله-روبوکا-شاد-آپارات-ایتا-تیک تاک-ایمو)



در بخش ۱۸ تا ۲۰ فرد می‌توانست چند گزینه انتخاب کند و یا خود موردی وارد کند.

سوال هایی که در بخش تست افسردگی پرسیده میشد شامل سوالهای زیر بود:

۱. سطح غمگین بودن شخص
۲. دیدگاه نسبت به آینده
۳. سطح حس شکست خوردگی
۴. لذت بردن از دنیای اطراف
۵. احساس گناه
۶. احساس مجازات شدن
۷. حس نسبت به خود
۸. انتقاد و سرزنش کردن خود
۹. آسیب زدن به خود
۱۰. گریه کردن
۱۱. سطح بیقراری یا آشفتگی
۱۲. سطح علاقمندی به مردم و چیزها نسبت به گذشته
۱۳. وضعیت تصمیم گیری
۱۴. سطح ارزشمند دانستن خود
۱۵. تغییر در الگوی خواب
۱۶. میزان انرژی نسبت به گذشته
۱۷. سطح تحریک پذیری
۱۸. تغییر در اشتها
۱۹. سطح تمرکز نسبت به گذشته
۲۰. احساس خستگی یا ناتوانی نسبت به گذشته
۲۱. تغییر در علاقه به امور جنسی

هر کدام از سوالهای تست افسردگی شامل ۴ گزینه و دارای امتیاز از ۰ تا ۳ هستند که در پایان تمامی امتیازات با یکدیگر جمع و سطح افسردگی تشخیص داده میشد (۱۳ تا ۲۰ = خیلی کم یا هیچ ۱۹ تا ۱۴ = افسردگی خفیف ۲۸ تا ۲۰ = افسردگی متوسط ۲۹ تا ۶۳ = افسردگی شدید)

پرسشنامه به صورت آنلاین منتشر شد و ۲۴۲ نمونه جمع آوری شد.

که ۳۳ نفر دارای افسردگی شدید ۴۰ نفر افسردگی متوسط ۴۶ نفر افسردگی خفیف ۱۲۳ نفر فاقد افسردگی تشخیص داده شد.

## ۲.۲. پیش پردازش و ساخت دیتاست

پس از جمع آوری اطلاعات، داده هایی که به صورت آرایه وجود داشتند هر کدام به یک ویژگی جدید تبدیل شدند و دیتاستی با ۶۴ ویژگی تولید شد.

برای دقت بیشتر، جامعه بر اساس منطقه ای که افراد در آن حضور دارند به دو بخش تقسیم شد. ۱. افرادی که در استان فارس و هرمزگان حضور دارند. ۲. افرادی که از سایر استان ها پرسشنامه را پر کرده اند.

تمرکز ما بر روی گروه اول قرار گرفت و سایر نمونه ها حذف شدند.

برای دقت بیشتر، افرادی که مجموع امتیازات آنها برابر با ۰ شده بود نیز حذف شدند. در نتیجه ۱۸۹ نمونه باقی ماند.

۱۵۵ زن و ۳۴ مرد ۹۹ متاهل و ۹۰ مجرد و الی آخر...

همه داده ها در دیتاست کاملا به صورت عدد دسته بندی شدند و دیتاست به شکل صحیح خود (CSV) در آمد.

ویژگی های جدید به وجود آمده همگی با یک یا صفر (نشانگر استفاده کردن یا نکردن) مشخص شده بودند. از آنجایی که اکثر ویژگی ها تاثیر زیادی در مدلسازی درست نداشتند، واریانس هر کدام از آنها محاسبه شد و یک سری از ویژگی ها حذف شد. و در پایان ۳۳ ویژگی باقی ماند.

## ۲.۳. معیارهای ارزیابی

معیارهای ارزیابی زیر در همه مدلها محاسبه شد [10]:

۱. ماتریس در هم ریختگی :

به ماتریسی گفته میشود که در آن عملکرد الگوریتمهای مربوطه را نشان میدهد. این ماتریس یک ماتریس مربعی  $N$  در  $N$  است. در این ماتریس، تعدادی نمونه وجود دارد که قرار است نمونه ها را در دسته نمونه های مثبت و یا منفی قرار گیرند و میزان درست و نادرست بودن دسته بندی را برای ما مشخص کند. این ماتریس ۲ قطر دارد و قطر اصلی ماتریس نشان دهنده تعداد داده هایی است که به درستی دسته بندی شده اند و قطر دیگر نشان دهنده داده هایی است که به اشتباه دسته بندی شده اند. زیاد بودن مقادیر قطر اصلی و کم بودن مقادیر قطر فرعی نشان دهنده این است که دسته بندی داده ها به درستی انجام شده است.



		برچسب پیش‌بینی شده	
		مثبت	منفی
برچسب شناخته شده	مثبت	TP	FN
	منفی	FP	TN

شکل ۱. شکل جدول ماتریس در هم ریختگی

## ۲. نمودارهای ROC و AUC :

ROC یک ابزار مدلسازی قوی است که در تصمیم‌گیری‌ها و در زمانی که ارزشهای آستانه‌ای مد نظر است، استفاده می‌شود. این منحنی یک نمودار پراگندگی از حساسیت برای یک سیستم طبقه‌بندی کننده دودویی است. از طریق این نمودار میتوان ۳ معیار اساسی در بررسی صحت یک مدل را بررسی کرد. این ۳ معیار شامل دقت، ویژگی و حساسیت است که به شرح زیر محاسبه میشوند:

الف) دقت: معیاری برای دسته‌بندی درست است. یا به عبارتی مشخص میکند که چه تعداد از نمونه‌های مثبت در کلاس مثبت و چه تعداد از نمونه‌های منفی در کلاس منفی دسته‌بندی شده‌اند.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{All\ Data}$$

ب) ویژگی: این معیار درصد نمونه‌های منفی که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند را نشان میدهد.

$$Specificity = \frac{TN}{FP + TN}$$

ج) حساسیت: این معیار درصد نمونه‌های مثبت که به درستی مثبت تشخیص داده شده‌اند را مشخص میکند.

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN}$$

## ۳. Cross Validation :

اعتبارسنجی متقابل یک روش است که برای ارزیابی عملکرد مدل استفاده می‌شود. هدف اصلی اعتبارسنجی متقابل این است که داده‌های موجود استفاده کند و به صورت جامع و قابل اعتماد عملکرد مدل را بررسی کند. این روش به صورت زیر عمل می‌کند:

۱. تقسیم داده‌ها: ابتدا داده‌ها به بخش‌های کوچکتر تقسیم می‌شوند. معمولاً این بخش‌ها را "برش‌ها" یا "فولدها" می‌نامند. تعداد برش‌ها معمولاً برابر با یک عدد ثابت است که به آن "k" می‌گویند.

۲. آموزش و ارزیابی: سپس به صورت مکرر، یکی از برش‌ها را به عنوان داده آزمایشی (validation set) انتخاب می‌کنیم و مدل را روی برش‌های دیگر آموزش می‌دهیم. سپس با استفاده از داده آزمایشی، عملکرد مدل را ارزیابی می‌کنیم. این عملیات به تعداد k مرحله تکرار می‌شود، به طوری که در هر مرحله یک برش دیگر به عنوان داده آزمایشی انتخاب شود.

۳. معیار عملکرد: در هر مرحله، معیاری برای ارزیابی عملکرد مدل (مثل دقت، خطا و غیره) محاسبه می‌شود. این معیارها برای هر برش ذخیره می‌شوند.

۴. میانگین عملکرد: پس از انجام تمام مراحل اعتبارسنجی متقابل، معیارهای عملکرد محاسبه شده برای هر برش با هم میانگین گرفته می‌شوند. این میانگین به عنوان معیار نهایی برای عملکرد مدل استفاده می‌شود.

با استفاده از اعتبارسنجی متقابل، می‌توان عملکرد مدل را به صورت دقیق‌تر و قابل اعتمادتر بررسی کرد. این روش به ما کمک می‌کند تا از بیش‌برازش یا ناکافی بودن مدل جلوگیری کنیم، زیرا مدل روی داده‌های مختلف آموزش داده می‌شود و به صورت مکرر ارزیابی می‌شود.

## ۲.۴. مدل‌سازی

از الگوریتم‌های مختلفی برای ساختن بهترین مدل پیش‌بینی استفاده شد که می‌توان به ماشین بردار پشتیبان، درخت تصمیم، جنگل تصادفی، الگوریتم رگرسیون لجستیک، K همسایه نزدیک، الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی و... اشاره کرد. توضیحات تمامی این الگوریتم‌ها در بخش مقدمه موجود می‌باشد.

با استفاده از زبان پایتون و کتابخانه‌های Numpy و Pandas و Scikit learn تحلیل و مدل‌سازی داده‌ها صورت گرفت.

ویژگی depression به عنوان برجسته انتخاب شد که نشان دهنده سطح افسردگی هر شخص است (۰.۰ خیلی کم یا هیچ ۱. افسردگی خفیف ۲. افسردگی متوسط ۳. افسردگی شدید)

داده‌ها به دو بخش آموزش و تست تقسیم بندی شدند که ۷۰ درصد داده‌ها به عنوان داده آموزش و ۳۰ درصد داده‌ها به عنوان داده تست در نظر گرفته شد. در مرحله بعد داده‌ها نرمال سازی شد. و مدل‌های مختلف ساخته شد.

بیش از ۱۶ مدل ایجاد شد که با استفاده از معیارهای ارزیابی بیان شده تمامی مدل‌ها را مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به شرح زیر بیان شده است:

حداکثر دقتی که به دست آمد در مدل ترکیبی بود که با الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی و K همسایه نزدیک ساخته شده بود و دقت آن در داده‌های آموزش ۷۷ درصد و در داده‌های تست به ۶۹ درصد رسید.

هرچند مدل‌های که مدل‌های ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی خود به تنهایی دقتی بالای ۵۰ درصد در داده تست داشتند.



با توجه به information gain های تک تک ویژگی ها، ویژگی که بیشتر مرتبط بود با داده برجسب، میزان استفاده از فضای مجازی یا همان SM-time بود. و قانونی که وجود داشت این بود که هرچقدر یک فرد مدت زمان بیشتری از روز را از فضای مجازی استفاده کند، احتمال بیشتری وجود دارد که افسردگی داشته باشد.

### ۳. نتیجه‌گیری

در طول این پروژه و تحقیقات از روش های متداولی برای مدلسازی بهتری برای پیشبینی افسردگی استفاده شد و سرانجام مدل ترکیبی از ماشین بردار پشتیبان و K همسایه نزدیک و جنگل تصادفی بهترین عملکرد را بر روی داده های موجود داشتند. مواردی که یافت شد نشان میداد که مردم منطقه استان فارس و هرمزگان هرچقدر بیشتر از فضای مجازی استفاده کنند، ممکن است بیشتر در معرض افسردگی باشند.

### منابع

- [1] Wijiasih, T.M.; Amriza, R.N.S.; Prabowo, D.A. The Classification of Anxiety, Depression, and Stress on Facebook Users Using the Support Vector Machine. *JISA Jurnal Inform. dan Sains* 2022, 5, 75–79.
- [2] Bochao Zou; Xiaolong Zhang; Le Xiao; Ran Bai; Xin Li; Hui Liang; Huimin Ma.; et al. Sequence Modeling of Passive Sensing Data for Treatment Response Prediction in Major Depressive Disorder. Publisher: IEEE 2023
- [3] Warawut Narkbunnum.; Kittipol Wisaeng. Prediction of Depression for Undergraduate Students Based on Imbalanced Data by Using Data Mining Techniques. November 2022
- [4] R. Vanlalawmpuia.; Mr Lalhmingliana. Prediction of Depression in Social Network Sites Using Data Mining. May 2020
- [5] Qu, D.; Guan, Q. Predictive Model and Analysis of Psychological Depression Based on College Students' Behavior Data Mining. *Wirel. Commun. Mob. Comput.* 2022, 2022, 1–10.
- [6] Aleem, S.; Huda, N.U.; Amin, R.; Khalid, S.; Alshamrani, S.S.; Alshehri, A. Machine Learning Algorithms for Depression: Diagnosis, Insights, and Research Directions. *Electronics* 2022, 11, 1111.
- [7] Kyu-Min Kim.; Jae-Hak Kim.; Hyun-Sill Rhee.; Bo-Young Youn. Development of a prediction model for the depression level of the elderly in low-income households: using decision trees, logistic regression, neural networks, and random forest. 2023
- [8] Alfredo Daza Vergaray.; Juan Carlos Herrera Miranda.; Juana Bobadilla Cornelio.; Atilio Rubén López Carranza.; Carlos Fidel Ponce Sánchez. Predicting the depression in university students using stacking ensemble techniques over oversampling method. 2023
- [9] فرشته پارساپور؛ جاوید پیمانی. استفاده از تکنیک های داده کاوی جهت تشخیص هوشمند شدت اختلال افسردگی. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی دوره هفتم شماره سوم. ص ۲۵۲-۲۶۲، ۱۳۹۹
- [10] زهره فرجی؛ مهتاب جمالی؛ محمد ربیعی. داده کاوی بیماران افسرده در جهت بهبود و بررسی ارتباط آن با موسیقی. مجله مهندسی سیستم و بهره وری، سال اول، شماره ۴، پاییز ۱۴۰۱، ص ۴۹-۷۳



## ارائه یک روش مبتنی بر یادگیری عمیق جهت قطعه بندی تصاویر رادیولوژی جهت مراکز آموزشی درمانی

محمد علی مصری

کارشناسی ارشد نرم افزار

فناوری اطلاعات دانشکده علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی لارستان

mesri@larums.ac.ir

### چکیده

تصویربرداری اشعه ایکس یکی از قدیمی‌ترین، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌های تشخیص پزشکی است که در بسیاری از کاربردها مانند تشخیص محل و نوع شکستگی استخوان، انتخاب روش درمان مناسب و نظارت بر مراحل بهبود مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تقسیم‌بندی خودکار بخش استخوانی در یک تصویر اشعه ایکس دیجیتال، به دلیل کنتراست پایین با بافت اطراف آن، یک مشکل چالش برانگیز است.

در این مقاله با استفاده از توانایی شبکه‌های عمیق در یادگیری و حل مسائل، به بررسی روش‌های بخش‌بندی تصاویر رادیولوژی (X-ray) می‌پردازیم و یک راه حل نهایی ارائه می‌کنیم که منجر به استنتاج قوی و کارآمد می‌شود.

از آنجا که اغلب موسسات پزشکی منابع لازم برای پردازش و برچسب مقدار زیادی از تصاویر X-Ray را معمولاً برای آموزش شبکه عصبی ندارند، روش‌های کنونی به شدت بر یک سیستم پیچیده از تکنیک‌های پردازش تصویر کلاسیک تکیه دارند، با این حال، استفاده از یادگیری ماشین مزایای متعددی نسبت به این روش‌های سنتی ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: Radiology Image, deep Learning, Image Segmentation, .

## ۱. مقدمه

در سال‌های اخیر در کشورمان روش‌های تصویربرداری دیجیتال توسعه زیادی پیدا کرده که این تصاویر در فرمت‌های پزشکی در مراکز درمانی عموماً در سامانه‌های آرشیو تصاویر پزشکی با فرمت دایکام ذخیره می‌گردد که این امر زمینه مساعدی را جهت استفاده از روش‌ها یادگیری ماشینی جهت تحلیل این تصاویر ایجاد کرده است.

در این میان الگوریتم‌های یادگیری عمیق، الگوریتم، بدلیل پاسخ دقیق، دقت بالا، سرعت بالای پردازش و یادگیری، عدم نیاز به مجموعه داده‌های بزرگ برای یادگیری و عدم نیاز به سخت‌افزارهای پیچیده و گران‌قیمت در چند سال اخیر به الگوریتم محبوب شناسایی اجزای تصویر و قطعه‌بندی کردن آنها در پردازش تصاویر پزشکی بدل شده است. در این پایان‌نامه به توضیح ساختار این الگوریتم و شبکه کانولوشنی آن و نیز مناسبترین تنظیم برای پارامترها و ابرپارامترهای این الگوریتم جهت بهینه‌سازی و رسیدن به حداکثر دقت در حل مسائل پردازش تصویر با این الگوریتم می‌پردازیم سپس به یک مطالعه موردی که با این الگوریتم در حوزه قطعه‌بندی تصاویر رادیولوژی -X-Ray می‌پردازیم

### 1.2 مروری بر کارهای مرتبط

قطعه‌بندی تصویر جداکردن بخش‌های مختلف تصویر از زمینه و از یکدیگر می‌باشد و هدف آن پیدا کردن بخش‌هایی از اشیاء یا قسمت‌های معنی‌داری از اشیاء می‌باشد.

روشهای قطعه‌بندی تصاویر را می‌توان به روش‌های کلاسیک مختلفی تقسیم بندی شوند طبق دیدگاه الگوریتمی بیان شده در [1] روش‌های قطعه‌بندی به سه طبقه اصلی زیر تقسیم میشوند:

- روش‌های ساختاری

در این روش اطلاعات ساختاری ناحیه مورد نظر برای قطعه‌بندی بکار برده می‌شود. در این روش از اطلاعات ساختاری تصویر از جمله لبه‌ها برای قطعه‌بندی استفاده می‌شود.

- روش‌های احتمالی

در این روش قطعه‌بندی بر اساس تحلیل آماری انجام می‌گیرد و اطلاعات ساختاری در این فرآیند دخیل نیستند. روش آستانه‌گذاری و خوشه‌بندی به عنوان دو روش پرکاربرد و مهم برای قطعه‌بندی تصاویر شناخته شده است.

- روش‌های ترکیبی

در این روش از روشهای قطعه‌بندی دیگری مانند شبکه‌های عصبی و یادگیری عمیق و روش‌های مرفولوژی ریاضی استفاده می‌گردد. در ادامه به مرور کارهای گذشته و استفاده از روش‌های مختلف در این زمینه می‌پردازیم

روش‌های جدا کردن تصاویر ایکس Ray به خاطر نقش آن در پردازش تصویر و سایر عملیات‌های مبتنی بر تحلیل، یک موضوع ثابت در مقالات بوده است [1]. کارهای قبلی بر روی استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر کلاسیک متمرکز هستند.



جدول ۱. کارهای مرتبط

روش کار	عنوان تحقیق	سال	نام
Use clustering as a component of their segmentation algorithm	Pixel clustering based on similarity in certain parameters is a commonly employed technique	2003	Kubilay Pakin [2]
spectral clustering methods[2]	Robust x-ray image segmentation by spectral clustering and active shape model," <i>Journal of Medical Imaging</i>	2016	Wu and Mahfouz [3]
Entropy-based approaches	Entropy-based automatic segmentation of bones in digital x-ray images,	2011	Bandyopadhyay ۵-۶.
analysis of line fluctuations, [4]	Bone extraction in x-ray images	2015	azeminia
	A computational approach to edge detection	1986	Sobel ۱۵ and Canny. [16]
atlas models	bone detection in chest x-rays[5]	2016	Candemir ۱۲.
Deep learning	diagnosing a variety of diseases based on chest X-Rays.	2017	Islam et ۲۱.۱
Deep learning	detecting anomalies in chest X-Rays [8]	2018	Qin, C., Yao, D., Shi
U-Net۲۷	Convolutional networks for biomedical image segmentation," in [ <i>Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention</i>	2016	Ronneberger, O., Fischer, P., and Brox
2d u-net	Use of 2d u-net convolutional neural networks for automated cartilage and meniscus segmentation of knee mr imaging data to determine relaxometry and morphometry,	2018	Norman, B., Pedoia [17]

۲. شرح کار و نتایج

مهمترین قسمت‌های روش پیشنهادی در این پژوهش در زیر بخش های مربوطه ارائه خواهد شد.



شکل ۱. گردش کار روش پیشنهادی

روش پیشنهادی شامل بخش‌هایی است که در قسمت زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:

#### ۴-۲ جمع آوری و پیش پردازش دیتاست

مجموعاً تعداد به تعداد 350 تصاویر از قسمت‌های مختلف بدن جمع آوری و پس تغییر فرمت از دایکام (Dicom) به JPEG به دلیل محدودیت‌های سخت افزاری در ابعاد  $200 \times 200$  پیکسل ذخیره شده‌اند. سپس با حذف نویزهای تصویری مربوط به آشکارساز تصاویر بصورت dark ذخیره شده‌اند.

تصاویر با استفاده از نرم‌افزار آزاد LABELME با اختصاص یک رنگ به هر یک از سه ناحیه متمایز با استفاده از تکنیک one-hot encoding برچسب می‌شوند

#### ۲-۲ افزایش تعداد داده‌ها (data augmentation)

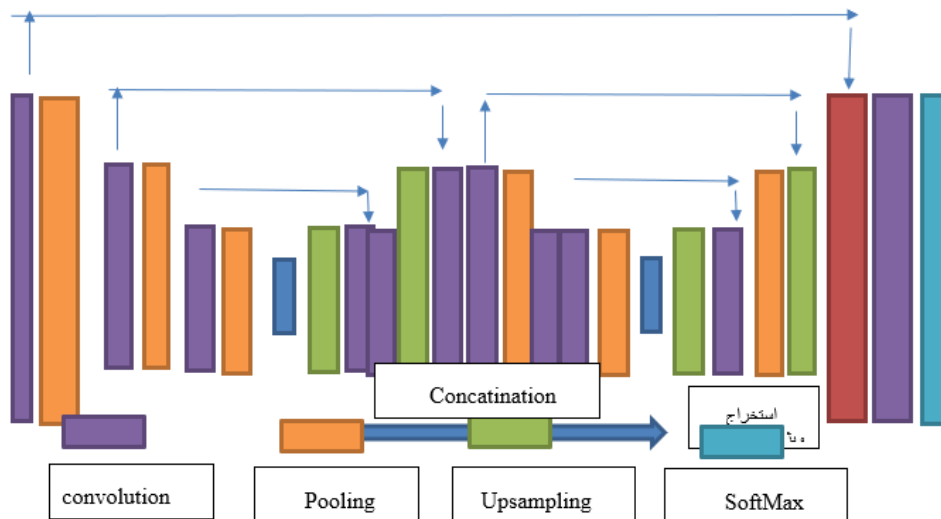
هدف از افزایش داده این است که عملکرد شبکه را با زیاد کردن داده‌های آموزش از روی داده اصلی بهبود دهیم. در این پایان‌نامه با توجه به مجموع کوچک دیتاست از روش‌های مختلفی برای افزایش داده‌های آموزش استفاده می‌شود که از انتقال‌های ساده مثل دوران، جابجایی، بزرگ و کوچک کردن و ... تصاویر دیگری به وجود می‌آورند، ما به طور ویژه تصاویر آموزش را با هدف دو برابر ایجاد مجموعه داده بزرگ‌تر تقویت می‌کنیم، تا over fitting مدل اجتناب کنیم. برای مجموعه داده‌ها، ما همچنین برای تولید 500 تصویر در هر کلاس بخش بدن، بالاترین صحت سنجی را ارزیابی می‌کنیم

جدول ۱. روش‌های اعمال شده داده افزایی

روش	مقدار
وارونگی افقی	حداکثر ۵۰٪
وارونگی عمودی	حداکثر ۵۰٪
چرخش	$20 \pm$ °
انتقال	۱۰٪ در هر دو جهت افقی و عمودی
برش	۲۰٪ در هر دو جهت افقی
زوم	$10 \pm$ ٪

#### ۴-۴ معماری پیشنهاد شده

معماری پیشنهادی از یک ساختار Encoder و Decoder تشکیل شده است، می باشد. بخش انکودر متشکل از لایه های کانولوشنال برای استخراج ویژگی های تصویر و Down sampling تصویر ورودی میباشد. شکستن down sampling به چندین مرحله باعث افزایش استخراج ویژگی های عمومی تر در هر بار POOLING می شود. شکل ۲



شکل ۲. معماری پیشنهادی

جهت ایجاد ماسک برای تولید تصویر در ابعاد تصویر ورودی و  $upsampling$  بخش دیکودر پس از استخراج ویژگی ها با انجام مراحل تقسیم بندی تصاویر بکار می رود.

هر لایه convolutional با یک تابع فعال سازی غیر خطی مرتبط است و رمزگشا تصویر را با استفاده از نزدیک ترین همسایه  $upsampling$  به تصویر می کشد.

نسبت به سایر معماری های مبتنی بر یاد  $down-sampling$  در معماری ارائه شده در این پایان نامه از تعداد بیشتری از لایه های گیری عمیق استفاده شده تا ویژگی های سطح بالای بیشتری استخراج گردد در ضمن می بایست از تفکیک بیش از حد در وضوح تصویر در ماژول انکودر و  $feature map$  اجتناب گردد. این موضوع با استفاده از دو ماژول انکودر - دیکودر بصورت متوالی جهت ایجاد استفاده شده و در ماژول  $RELU$  استفاده از آن در طول مسیر دیکودر حاصل شده. در هر لایه کانولوشنی از یک فانکشن فعال ساز اعمال شده  $nearest-neighbours upsampling$  دیکودر تصاویر با استفاده از

ذخیره سازی و استفاده از  $feature map$  های بدست آمده در ماژول انکودر از طریق کپی در لایه هم ارز معادل انجام می شود این موضوع بدان معناست که این مدل چیزی را که آموخته کمتر فراموش میکند و با این تکنیک احتمال از دست دادن جزئیات ریز دانه کمتر میشود. همچنین از تکنیک  $early stopping$  طی مرحله آموزش استفاده میگردد.

#### ۴-۵ پیاده سازی

پیاده سازی نرم افزاری با استفاده از زبان python و کتابخانه keras و استفاده از کارت گرافیک GTX ۳۰۸۰ انجام میشود که به حدود ۱۰۰ ساعت زمان جهت آموزش مدل نیاز دارد

## ۲-۵. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای اعتبار سنجی مدل ما دیتا ست ها باقیمانده را در کلاس های مختلفی به صورت دستی بر اساس معیار پیچیدگی ساختار استخوان و نويز و کنتراست تصاویر دسته بندی میکنیم . از *metric* های *accuracy* کتابخانه *keras* جهت محاسبه دقت مدل استفاده می شود با توجه به اینکه ناحیه پرتو باز رایج ترین نوع داده میباشد برای این دسته بالاترین دقت و طبقه بندی ساده تر را در مقایسه با دو گروه دیگر داشت ایم . بنا بر این دقت بالا در هر کدام از این گروه های قطعه بندی شده لزوماً به معنای کارایی کل مدل نمی باشد . با توجه به کاربرد و حیطة روش ما به دنبال تعادلی بین افزایش *true positive* و کاهش *false positive* هستیم. بنابراین از معیار *F1-score* جهت محاسبه *Performance* کل شبکه استفاده میگردد . مقایسه بین معیار *F1-score* و *accuracy* در جدول شماره دو انجام گردیده . با توجه به ارزیابی انجام شده مدل به دقت به ترتیب  $0.94$  و  $0.92$  و  $0.86$  جهت تشخیص ناحیه پرتو باز و بافت نرم و بافت استخوان دست یافته (جدول ۳)

جدول ۳. ارزیابی مدل

category	F1-score	AUC	Accuracy
Open Beam	0.96	0.99	94%
Soft Tissue	0.86	0.96	92%
Bone	0.90	0.96	86%

همچنین در جدول شماره ۲۶ جهت بنچمارک مدل با روش SegNet که یکی از روشهای مطرح در قطعه بندی تصاویر می باشد Performance شبکه با تصاویر ورودی به این دو مدل اعمال گردیده که دقت بالاتر مدل پیشنهادی را نتیجه می دهد (جدول ۴)

جدول ۴. مقایسه با مدل های موجود

NETWORK شبکه	AUC ROC
SegNet	0.89
مدل پیشنهادی	0.92

## ۳. نتیجه گیری

در این مقاله با استفاده از توانایی شبکه های عمیق در یادگیری و حل مسائل به بررسی روش های بخش بندی تصاویر رادیولوژی پرداخته شده و یک راه حل انتها به انتها ارائه گردیده که منجر با استتاج قوی و کارآمد شده است . روش های فعلی به شدت بر یک سیستم نسبتاً پیچیده با استفاده از روش های پردازش تصویر متکی هستند. با یا حال استفاده از روش یادگیری عمیق مزایای متعددی نسبت به روش های سنتی ارائه می دهد زیرا که :

- این روش به قسمت های مختلف بدن قابل تعمیم می باشد .
- به طور طبیعی نويز را نشان می دهد
- نواحی بخش بندی شده مرزهای پیوسته ای دارند .



## منابع

1. Kazeminiya, S., Karimi, N., Mirmahboub, B., Soroushmehr, S. M. R., Samavi, S., and Najarian, K., \Bone 2.extraction in x-ray images by analysis of line uctuations," in [2015 IEEE International Conference on 3. Image Processing (ICIP)], 882{886 (2015).
- ۴ Szegegy, C., et al. *Going deeper with convolutions*. in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2015.
- ۵ Mikolov, T., et al. *Strategies for training large scale neural network language models*. in *Automatic Speech Recognition and Understanding (ASRU), 2011 IEEE Workshop on*. 2011. IEEE.
- ۶ Hinton, G., et al., *Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition: The shared views of four research groups*. *IEEE Signal Processing Magazine*, 2012. 29(6):(p. 82-97.
- ۷ Sainath, T.N., et al. *Deep convolutional neural networks for LVCSR*. in *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. 2013. IEEE.
- ۸ Ma, J., et al., *Deep neural nets as a method for quantitative structure–activity relationships*. *Journal of chemical information and modeling*, 2015. 55(2): p. 263-274.
- ۹ Adam-Bourdarios, C., et al., *Learning to discover: the Higgs boson machine learning challenge*. URL <http://higgsml.lal.in2p3.fr/documentation>, 2014.
- ۱۰ Ciodaro, T., et al. *Online particle detection with neural networks based on topological calorimetry information*. in *Journal of Physics: Conference Series*. 2012. IOP Publishing.
- ۱۱ Helmstaedter, M., et al., *Connectomic reconstruction of the inner plexiform layer in the mouse retina*. *Nature*, 2013. 500(7461): p. 168-174.
- ۱۲ Leung, M.K., et al., *Deep learning of the tissue-regulated splicing code*. *Bioinformatics*, 2014. 30(12): p. i121-i129.
- ۱۳ Xiong, H.Y., et al., *The human splicing code reveals new insights into the genetic determinants of disease*. *Science*, 2015. 347(6218): p. 1254806.
- ۱۴ Bordes, A., S. Chopra, and J. Weston, *Question answering with subgraph embeddings*. arXiv preprint arXiv:1406.3676, 2014.
- ۱۵ Cho, S.J.K., R. Memisevic, and Y. Bengio, *On Using Very Large Target Vocabulary for Neural Machine Translation*. 2015.
- ۱۶ Sutskever, I., O. Vinyals, and Q.V. Le. *Sequence to sequence learning with neural networks*. in *Advances in neural information processing systems*. 2014.
- ۱۷ Bousquet, O. and L. Bottou. *The tradeoffs of large scale learning*. in *Advances in neural information processing systems*. 2008.
- ۱۸ Duda, R.O. and P.E. Hart, *Pattern classification and scene analysis*. Vol. 3. 1973: Wiley New York.
- ۱۹ Schölkopf, B. and A.J. Smola, *Learning with kernels: support vector machines, regularization, optimization, and beyond*. 2002: MIT press.
- ۲۰ Bengio, Y., O. Delalleau, and N.L. Roux. *The curse of highly variable functions for local kernel machines*. in *Advances in neural information processing systems*. ۲۰۰۵
- ۲۱ Hubel, D.H. and T.N. Wiesel, *Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex*. *The Journal of physiology*, 1962. 160(1): p. 106-154.
- ۲۲ Felleman, D.J. and D.C. Van Essen, *Distributed hierarchical processing in the primate cerebral cortex*. *Cerebral cortex*, 1991. 1(1): p. 1-47.
- ۲۳ Cadieu, C.F., et al., *Deep neural networks rival the representation of primate IT cortex for core visual object recognition*. *PLoS Comput Biol*, 2014. 10(12): p. e1003963.
- ۲۴ Fukushima, K. and S. Miyake, *Neocognitron: A new algorithm for pattern recognition tolerant of deformations and shifts in position*. *Pattern recognition*, 1982. 15(6): p. 455-469.



- .۲۵ Simard, P.Y., D. Steinkraus, and J.C. Platt. *Best practices for convolutional neural networks applied to visual document analysis*. in ICDAR. 2003.
- .۲۶ Nowlan, S.J. and J.C. Platt, *A convolutional neural network hand tracker*. Advances in Neural Information Processing Systems, 1995: p. 901-908.
- .۲۷ Lawrence, S., et al., *Face recognition: A convolutional neural-network approach*. IEEE transactions on neural networks, 1997. 8(1): p. 98-113.
- .۲۸ Selfridge, O.G., *Pandemonium: a paradigm for learning in mechanisation of thought processes*. 1958.
- .۲۹ Rosenblatt, F., *The perceptron, a perceiving and recognizing automaton Project Para*. 1957: Cornell Aeronautical Laboratory.
- .۳۰ Werbos, P., *Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences*. 1974.
- .۳۱ Parker, D.B., *Learning logic. Invention report S81-64 ,File 1, Office of Technology Licensing*. October, Stanford University, 1982.
- .۳۲ LeCun, Y., *Une procedure d'apprentissage pour reseau a seuil asymmetrique (a Learning Scheme for Asymmetric Threshold Networks)*. 1985.
- .۳۳ Rumelhart, D.E., G.E. Hinton, and R.J. Williams, *Learning representations by back-propagating errors*. Cognitive modeling, 1988. 5(3): p. 1.
- .۳۴ Glorot, X., A. Bordes, and Y. Bengio. *Deep Sparse Rectifier Neural Networks*. in Aistats. 2011.
- .۳۵ Dauphin, Y.N., et al. *Identifying and attacking the saddle point problem in high-dimensional non-convex optimization*. in *Advances in neural information processing systems*. 2014.
- .۳۶ Choromanska, A., et al. *The Loss Surfaces of Multilayer Networks*. in AISTATS. 2015.
- .۳۷ Hinton, G.E. *What kind of graphical model is the brain?* in IJCAI. 2005.
- .۳۸ Hinton, G.E., S. Osindero, and Y.-W. Teh, *A fast learning algorithm for deep belief nets*. Neural computation, 2006. 18(7): p. 1527-1554.
- .۳۹ Bengio, Y., et al., *Greedy layer-wise training of deep networks*. Advances in neural information processing systems, 2007. 19: p. 153.
- .۴۰ Poultney, C., S. Chopra, and Y.L. Cun. *Efficient learning of sparse representations with an energy-based model*. in *Advances in neural information processing systems*. 2006.
- .۴۲ Sermanet, P., et al. *Pedestrian detection with unsupervised multi-stage feature learning*. in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2013.
- .۴۳ Le Cun, B.B., et al. *Handwritten digit recognition with a back-propagation network*. in *Advances in neural information processing systems*. 1990. Citeseer.
- .۴۴ LeCun, Y., et al., *Gradient-based learning applied to document recognition*. Proceedings of the IEEE, 1998. 86(11): p. 2278-2324.
- .۴۵ Srivastava ,N., et al., *Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting*. Journal of Machine Learning Research, 2014. 15(1): p. 1929-1958.
- .۴۶ Tompson, J., et al. *Efficient object localization using convolutional networks*. in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2015.
- .۴۷ Taigman, Y., et al. *Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification*. in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2014.
- .۴۸ Sermanet, P., et al., *Overfeat: Integrated recognition, localization and detection using convolutional networks*. arXiv preprint arXiv:1312.6229, 2013.
- .۴۹ Wan, L., et al. *Regularization of neural networks using dropconnect*. in *Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning (ICML-13)*. 2013.
- .۵۰ Simonyan, K. and A. Zisserman, *Very deep convolutional networks for large-scale image recognition*. arXiv preprint arXiv:1409.1556, 2014.
- .۵۱ He, K., et al. *Deep residual learning for image recognition*. in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2016.



- .۵۲ LeCun, Y., Y. Bengio, and G. Hinton, *Deep learning*. nature, 2015. 521(7553): p. 436.
- .۵۳ Zhang, Z., *Artificial neural network*, in *Multivariate Time Series Analysis in Climate and Environmental Research*. 2018, Springer. p. 1-35.
- .۵۴ Weinberger, K.Q. and L.K. Saul, *Distance metric learning for large margin nearest neighbor classification*. Journal of Machine Learning Research, 2009. 10(Feb): p. 207-244.



# استفاده از هوش مصنوعی برای شناسایی منبع بوی نامطبوع تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب و تشخیص آنی بهترین عملکرد در خنثی سازی بوی نامطبوع

ایرج محمدصالحی\*<sup>۱</sup>

## چکیده

با افزایش جمعیت شهری و تشدید چالش‌های زیست‌محیطی، نیاز به رویکردهای نوین برای مدیریت پایدار محیط‌زیست بیش از پیش احساس می‌شود. در این مقاله، به بررسی کاربرد هوش مصنوعی (AI) در شناسایی و خنثی‌سازی منابع بوی نامطبوع در تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب پرداخته‌ایم. روش: با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده توسط سنسورهای مختلف و پردازش آن‌ها با الگوریتم‌های یادگیری ماشین، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده‌ای ساخته شده‌اند که قادر به تشخیص دقیق شرایط احتمالی تولید بو هستند. همچنین، روش‌های مختلف خنثی‌سازی بو، از جمله استفاده از فیلترهای کربن فعال و فناوری‌های نانو، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهند که (AI) می‌تواند به طور مؤثری در شناسایی منابع بوی نامطبوع و پیش‌بینی شرایط احتمالی تولید بو نقش ایفا کند. علاوه بر این، استفاده از (AI) در خنثی‌سازی بو می‌تواند به طور قابل توجهی به بهبود فرآیندهای تصفیه و کاهش هزینه‌ها کمک کند. نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های این مطالعه، (AI) به عنوان یک ابزار قدرتمند در مدیریت بوی نامطبوع تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب شناخته می‌شود. استفاده از (AI) می‌تواند به ارتقای کیفیت محیط زیست و افزایش پایداری سیستم‌های تصفیه فاضلاب کمک کند.

**واژگان کلیدی:** هوش مصنوعی، تصفیه فاضلاب، بوی نامطبوع، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده، خنثی‌سازی بو، بهبود فرآیند تصفیه، کاهش هزینه‌ها، کیفیت محیط زیست

---

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد hse  
[badesharab@gmail.com](mailto:badesharab@gmail.com)  
09190597393



## ۱. مقدمه

با افزایش جمعیت شهری و تشدید چالش‌های زیست‌محیطی، نیاز به رویکردهای نوین برای مدیریت پایدار محیط‌زیست بیش از پیش احساس می‌شود. یکی از چالش‌های اساسی در این زمینه، شناسایی و مدیریت منابع بوی نامطبوع در تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب است. تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب به عنوان بخش حیاتی و جدایی ناپذیر از زیرساخت‌های شهری، نقش مهمی در حفظ سلامت و بهداشت عمومی ایفا می‌کنند. اما، بوی نامطبوع ناشی از فرآیندهای تصفیه، یکی از چالش‌های اساسی و مزمن این سامانه‌ها بوده است.

بوی نامطبوع علاوه بر اینکه موجب نارضایتی شهروندان می‌شود، می‌تواند عوارض منفی بر سلامت افراد و محیط‌زیست داشته باشد. برای مثال، استنشام مداوم بوی نامطبوع می‌تواند عوارضی نظیر سردرد، تهوع، سرگیجه و حتی مشکلات عصبی، تنفسی را به همراه داشته باشد. علاوه بر این، بوی نامطبوع می‌تواند آسایش و آرامش شهروندان را مختل کرده و کیفیت زندگی آنها را به طور قابل توجهی تحت‌الشعاع قرار دهد. همچنین، انتشار گازهای متعفن ناشی از فرآیندهای تصفیه، به محیط‌زیست آسیب می‌رساند و این امر نیز نگرانی‌های بسیاری را درباره حفظ کیفیت محیط زیست برانگیزانده است.

به همین دلیل، شناسایی و خنثی‌سازی منابع بوی نامطبوع در تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این راستا، استفاده از هوش مصنوعی (AI)<sup>۱</sup> به عنوان یک رویکرد نوین و قدرتمند مورد توجه قرار گرفته است. هوش مصنوعی با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده توسط سنسورها و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، قادر است مدل‌های پیش‌بینی‌کننده‌ای برای شناسایی دقیق شرایط احتمالی تولید بو ارائه دهد. همچنین، روش‌های مربوط به هوش مصنوعی می‌توانند بهبود و بهینه‌سازی فرآیندهای تصفیه و کنترل بو در تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب را ممکن سازند.

مقالات و تحقیقات بسیاری در زمینه استفاده از هوش مصنوعی برای مدیریت بو در تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب انجام شده است. به عنوان مثال، در یک تحقیق انجام شده توسط (Edeballi, Serpil. Tümer, Abdullah Erdal 2015) از روش‌های یادگیری ماشینی برای شناسایی الگوهای بوی نامطبوع و پیش‌بینی تولید بو در یک تصفیه‌خانه فاضلاب استفاده شده است. نتایج نشان داده‌اند که این روش‌ها قادر به تشخیص دقیق ترکیبات بوی نامطبوع و پیش‌بینی زمان‌ها و میزان‌های تولید آنها هستند.

در مطالعه دیگری نیز که توسط (Cojbasic, Sanja, Pap, Sabolc, Sekulić, Turk Maja M, 2022) انجام شده است، استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای تشخیص بوی نامطبوع در کانال‌های فاضلاب مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان داده‌اند که این روش قادر است با دقت بالا بوی نامطبوع را تشخیص داده و مکان‌ها و زمان‌های تولید آن را پیش‌بینی کند.

بنابراین، استفاده از هوش مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌تواند به عنوان یک رویکرد نوین و کارآمد در مدیریت بو در تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب مورد استفاده قرار گیرد. این روش‌ها می‌توانند بهبود قابل توجهی در کاهش بوی نامطبوع، بهبود کیفیت محیط زیست و ارتقای رضایت شهروندان ایجاد کنند.

## ۲. روش شناسی

روش‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ، یادگیری ماشین، و الگوریتم‌های پیش‌بینی‌کننده است. این روش‌ها به ما امکان می‌دهند تا الگوهای مربوط به تولید بو را شناسایی کرده و راهکارهای مؤثر برای مقابله با آن‌ها را پیشنهاد دهیم برای جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا، داده‌های مربوط به ترکیبات شیمیایی و بیولوژیکی که ممکن است منجر به تولید بوی نامطبوع شوند، از طریق سنسورها و نمونه‌برداری‌های محیطی جمع‌آوری می‌شوند. این داده‌ها شامل اطلاعات مربوط به ترکیبات گازی، دما، رطوبت، و سایر شرایط محیطی هستند که می‌توانند در تولید بو دخیل باشند.

<sup>1</sup> Artificial intelligence

جدول ۱: ترکیبات فاضلاب: شیمیایی و بیولوژیکی

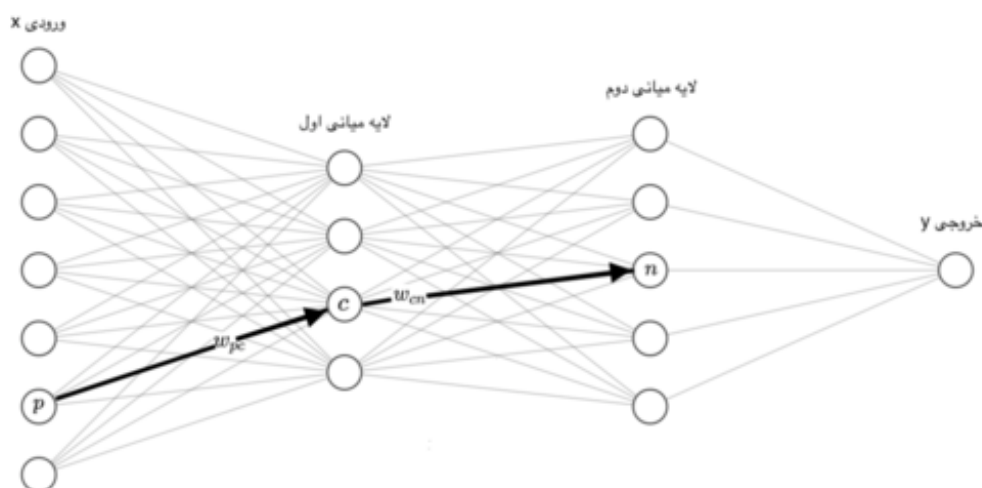
منابع	توضیحات	ترکیبات
	شامل ترکیبات کربن‌دار مانند چربی‌ها، روغن‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و مواد شوینده	ترکیبات شیمیایی (مواد آلی)
	شامل نیتروژن، فسفر، و پتاسیم که به صورت محلول یا ذرات معلق در آب هستند	مواد معدنی (مواد آلی)
	مانند جیوه، سرب، کادمیوم، و کروم که می‌توانند از فرآیندهای صنعتی وارد فاضلاب شوند	فلزات سنگین (مواد آلی)
	باکتری‌ها، ویروس‌ها، پروتوزواها و قارچ‌ها که در فاضلاب یافت شوند و در تصفیه بیولوژیکی نقش دارند	ترکیبات بیولوژیکی (میکروارگانیسم‌ها)
	حاوی ترکیبی از باکتری‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها که به تجزیه مواد آلی کمک می‌کنند	لجن فعال (میکروارگانیسم‌ها)

این ترکیبات می‌توانند بر اساس منبع فاضلاب (خانگی، صنعتی، کشاورزی) و شرایط محیطی متغیر باشند. تصفیه فاضلاب شامل حذف یا تبدیل این ترکیبات به مواد کم خطرتر برای محیط زیست است.

#### ۱-۲. الگوریتم‌های یادگیری ماشین

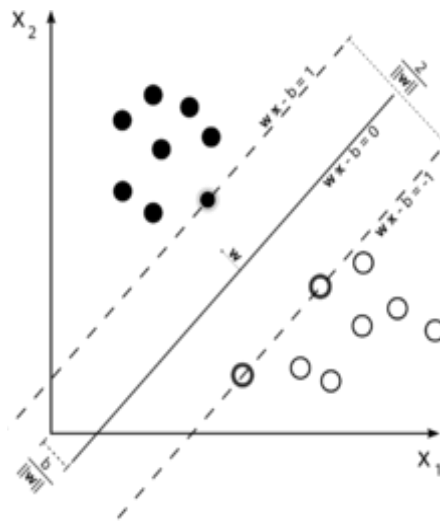
یادگیری ماشین شاخه‌ای از هوش مصنوعی است که به کامپیوترها اجازه می‌دهد تا بدون برنامه‌ریزی صریح، از داده‌ها یاد بگیرند. این الگوریتم‌ها می‌توانند الگوهای پنهان در داده‌ها را شناسایی کنند و پیش‌بینی‌هایی در مورد داده‌های جدید ارائه دهند. برخی از الگوریتم‌های رایج عبارتند از:

- شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs)<sup>۱</sup>: مدل‌هایی که الهام گرفته از عملکرد مغز انسان هستند و می‌توانند الگوهای پیچیده را شناسایی کنند.
- شناسایی الگو: ANNs می‌توانند الگوهای پیچیده‌ای را در داده‌ها شناسایی کنند، مانند ترکیبات خاصی که بوی نامطبوع ایجاد می‌کنند.
- پیش‌بینی: با تحلیل داده‌های تاریخی، ANNs می‌توانند پیش‌بینی کنند که چه زمانی و در چه شرایطی احتمال تولید بو بیشتر است.

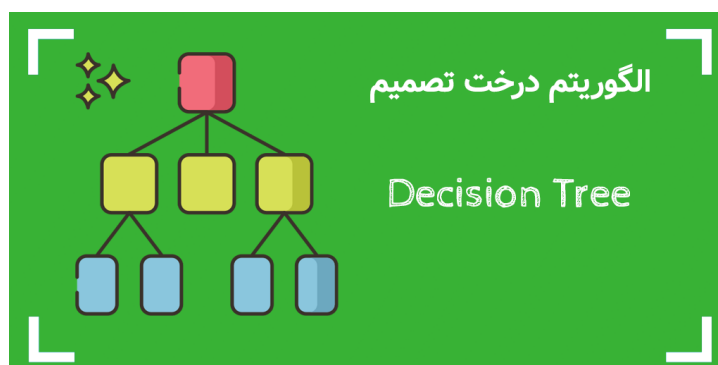


<sup>1</sup> Artificial Neural Networks

- ماشین‌های بردار پشتیبان (SVMs)<sup>1</sup>: الگوریتم‌هایی که با یافتن یک حاشیه جدایی بهینه بین دسته‌های مختلف، داده‌ها را طبقه‌بندی می‌کنند.
- طبقه‌بندی: SVMs می‌توانند داده‌ها را بر اساس ویژگی‌های مختلف طبقه‌بندی کنند، مانند تفکیک مناطق با بوی شدید از مناطق بدون بو.
- تشخیص: این الگوریتم‌ها می‌توانند در تشخیص سریع منابع بوی نامطبوع مؤثر باشند.



- درختان تصمیم‌گیری<sup>2</sup>: مدل‌هایی که با استفاده از ساختار شاخه‌ای، تصمیمات را بر اساس ویژگی‌های داده‌ها اتخاذ می‌کنند.
- تصمیم‌گیری: درختان تصمیم می‌توانند بر اساس داده‌های موجود تصمیماتی را اتخاذ کنند که به کاهش یا مدیریت بو کمک می‌کنند.
- قوانین: این الگوریتم‌ها می‌توانند قوانینی را برای اقدامات خنثی‌سازی بو ایجاد کنند، مانند زمان‌بندی اضافه کردن مواد شیمیایی خنثی‌کننده.



<sup>1</sup> Support vector machines

<sup>2</sup> Decision Tree

با استفاده از این الگوریتم‌ها، می‌توان سیستم‌هایی را طراحی کرد که به صورت خودکار شرایط را تحلیل کرده و اقدامات لازم را برای جلوگیری از تولید بو یا خنثی‌سازی بوهای موجود انجام دهند. این می‌تواند شامل تنظیم فرآیندهای تصفیه، اضافه کردن مواد خنثی‌کننده، یا تغییر در شرایط عملیاتی باشد تا از تولید بو جلوگیری شود.

**شبکه‌های عصبی مصنوعی، ماشین‌های بردار پشتیبان، و درختان تصمیم‌گیری** به طور مستقیم بوهای نامطبوع را از بین نمی‌برند، بلکه این الگوریتم‌های یادگیری ماشین به ما کمک می‌کنند تا الگوهای مرتبط با تولید بو را شناسایی کنیم و از این اطلاعات برای پیش‌بینی و مدیریت بهتر شرایطی که منجر به تولید بو می‌شوند، استفاده کنیم.

## ۲-۲. پردازش و تحلیل داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی پردازش می‌شوند. این الگوریتم‌ها می‌توانند شامل شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم‌های درخت تصمیم، یادگیری تقویتی و یا الگوریتم‌های دیگر باشند. هدف از پردازش داده‌ها، ساخت مدل‌های پیش‌بینی‌کننده‌ای است که قادر به تشخیص دقیق شرایط احتمالی تولید بو هستند.

پیش از تحلیل، داده‌ها باید پاک‌سازی شوند تا از دقت بالایی برخوردار باشند. این شامل حذف داده‌های ناقص، تصحیح خطاها، و نرمال‌سازی داده‌ها برای تحلیل است. این می‌تواند شامل:

**فیلترهای دیجیتال:** برای حذف نویز یا تأکید بر جنبه‌های خاصی از سیگنال.

**تبدیلات فوریه:** برای تجزیه سیگنال‌ها به اجزای فرکانسی و شناسایی الگوهای مرتبط با تولید بو.

**تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA):** برای کاهش بعد داده‌ها و تمرکز بر ویژگی‌هایی که بیشترین تغییرات را توضیح می‌دهند. با استفاده از این الگوریتم‌ها و تکنیک‌ها، می‌توانیم داده‌های مربوط به شرایط محیطی و تولید بو را تحلیل کنیم و روابط پیچیده بین آن‌ها را شناسایی کنیم. این امر به ما کمک می‌کند تا بتوانیم پیش‌بینی‌های دقیق‌تری در مورد زمان و مکان تولید بو داشته باشیم و راهکارهای مؤثرتری برای مدیریت و خنثی‌سازی آن‌ها ارائه دهیم.

## ۲-۳. الگوریتم‌های یادگیری

الگوریتم‌های یادگیری ماشین و پردازش سیگنال در شناسایی الگوها و روابط بین شرایط محیطی و تولید بو، به این صورت عمل می‌کنند که:

**داده‌کاوی:** ابتدا، داده‌های مربوط به شرایط محیطی و ترکیبات بوزا جمع‌آوری می‌شوند. این داده‌ها می‌توانند شامل اطلاعاتی از سنسورهای مختلف باشند که ترکیبات شیمیایی موجود در هوا یا فاضلاب را اندازه‌گیری می‌کنند.

**پردازش سیگنال:** سپس، این داده‌ها توسط تکنیک‌های پردازش سیگنال مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند تا نویزها حذف شوند و ویژگی‌های مهم برای تحلیل بعدی استخراج شوند.

**یادگیری ماشین:** با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، مدل‌هایی آموزش داده می‌شوند که قادر به شناسایی الگوهای مرتبط با تولید بو هستند. این مدل‌ها می‌توانند پیش‌بینی کنند که در چه شرایطی احتمال تولید بوی نامطبوع بیشتر است.

**اقدامات پیشگیرانه پیشگیرانه و خنثی‌سازی:** با استفاده از این پیش‌بینی‌ها، می‌توان اقدامات پیشگیرانه‌ای را اتخاذ کرد تا از تولید بو جلوگیری شود یا بوهای موجود را خنثی کرد. به عنوان مثال، می‌توان فرآیندهای تصفیه را تنظیم کرد یا مواد خنثی‌کننده‌ای را به فاضلاب اضافه کرد.

این فرآیندها به ما کمک می‌کنند تا بوهای نامطبوع را به طور مؤثرتری مدیریت کنیم و کیفیت محیط‌زیست را بهبود ببخشیم. سنسورها و نمونه‌برداری‌ها با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته، ترکیبات شیمیایی و بیولوژیکی را در محیط‌های مختلف مانند فاضلاب‌ها و کانال‌ها جمع‌آوری می‌کنند. در اینجا به توضیح فرآیند جمع‌آوری داده‌ها می‌پردازیم.

#### ۲-۴. سنسورها

##### سنسورهای شیمیایی

سنسورهای گاز: برای شناسایی و اندازه‌گیری گازهای خاص مانند آمونیاک یا هیدروژن سولفید که معمولاً در بوی نامطبوع نقش دارند. سنسورهای الکتروشیمیایی: این سنسورها با واکنش‌های الکتروشیمیایی به ترکیبات خاص، تغییرات ولتاژ یا جریان را اندازه‌گیری می‌کنند که می‌تواند نشان‌دهنده حضور ترکیبات شیمیایی باشد. کروماتوگرافی گازی: برای جداسازی و شناسایی ترکیبات مختلف موجود در نمونه‌های گازی یا بخار.

سنسورهای بیولوژیکی (هاشمیان، نظری، علوی، ۱۳۸۱).

سنسورهای بیوسنسور: این سنسورها با استفاده از آنزیم‌ها، آنتی‌بادی‌ها، یا سلول‌های زنده برای شناسایی ترکیبات بیولوژیکی مانند باکتری‌ها و ویروس‌ها استفاده می‌شوند.

PCR (واکنش زنجیره‌ای پلیمرز): برای تشخیص و کپی DNA یا RNA میکروارگانیسم‌ها، که می‌تواند برای شناسایی عوامل بیماری‌زا در فاضلاب استفاده شود.

#### ۲-۵. نمونه‌برداری

- نمونه‌برداری دستی: کارشناسان محیط‌زیست نمونه‌هایی از فاضلاب را برای آزمایش‌های بیشتر جمع‌آوری می‌کنند.
- نمونه‌برداری خودکار: دستگاه‌های نمونه‌برداری خودکار می‌توانند به صورت دوره‌ای یا مداوم نمونه‌هایی را از فاضلاب جمع‌آوری کنند. این داده‌ها سپس برای تحلیل بیشتر به آزمایشگاه‌ها فرستاده می‌شوند تا ترکیبات شیمیایی و بیولوژیکی موجود در آن‌ها شناسایی و اندازه‌گیری شوند. این اطلاعات می‌توانند برای شناسایی منابع بوی نامطبوع و اتخاذ تدابیر مناسب برای کنترل یا خنثی‌سازی آن‌ها استفاده شوند. اگر سوالات بیشتری دارید یا به جزئیات دقیق‌تری نیاز دارید، لطفاً اطلاع دهید.

جدول ۲: مراحل مدل‌سازی و پیش‌بینی بوی نامطبوع

مرحله	توضیحات
انتخاب مدل	در این مرحله، مدل‌های مختلف یادگیری ماشین از جمله شبکه‌های عصبی، ماشین‌های بردار پشتیبان، درختان تصمیم و الگوریتم‌های خوشه‌بندی برای ارزیابی مساله و داده‌های مورد نظر انتخاب می‌شود.
آموزش و تست مدل	در این مرحله، داده‌ها به دو بخش آموزش و تست تقسیم می‌شوند. مدل با استفاده از داده‌های آموزشی تربیت می‌شود و سپس با داده‌های تست ارزیابی می‌شود تا دقت و کارایی آن مشخص شود.
بهینه‌سازی مدل	بر اساس نتایج به دست آمده، مدل ممکن است نیاز به تنظیمات و بهینه‌سازی داشته باشد، از جمله تغییر پارامترها و استفاده از روش‌های کاهش بعد.
اعتبارسنجی مدل	مدل نهایی باید با استفاده از روش‌های اعتبارسنجی متقاطع یا داده‌های جدید مورد ارزیابی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که دارای تعمیم‌پذیری بالاست و بر روی داده‌های جدید نیز به خوبی عمل می‌کند.
پیاده‌سازی مدل	در این مرحله، مدل آموزش دیده و بهینه‌سازی شده برای شناسایی و پیش‌بینی بوی نامطبوع در محیط‌های واقعی پیاده‌سازی می‌شود.

جدول 3: مراحل شناسایی و خنثی‌سازی بوی نامطبوع

توضیحات	مرحله
در این مرحله، داده‌های مربوط به بوی نامطبوع تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب با استفاده از سنسورهای مختلف از جمله سنسورهای شیمیایی و الکترونیکی جمع‌آوری می‌شود.	جمع‌آوری داده‌ها
با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی، روش‌های شناسایی و خنثی‌سازی بو بهبود یافته و بهینه‌سازی می‌شوند، از جمله افزایش دقت و کارایی این روش‌ها.	بهینه‌سازی روش‌ها
در این مرحله، یک سیستم هوشمند برای شناسایی و خنثی‌سازی بوی نامطبوع توسعه داده می‌شود، شامل جمع‌آوری و پردازش داده‌ها و اعمال روش‌های مناسب برای کاهش بوی نامطبوع با استفاده از روش‌های هوشمند.	سیستم هوشمند
در این مرحله، برقراری ارتباط با سیستم‌های کنترل مرتبط برای اطلاع‌رسانی سریع و اتخاذ تدابیر لازم برای کاهش بوی نامطبوع و بهره‌وری بهتر از فرآیندهای تصفیه صورت می‌گیرد.	ارتباط با سیستم‌های کنترل

جدول 4: روش‌های خنثی‌سازی بو در تصفیه فاضلاب

توضیحات	روش‌های خنثی‌سازی بو
- استفاده از نیترات: افزودن نیترات به فاضلاب برای خنثی‌سازی سولفید هیدروژن و حذف بوهای نامطبوع. - ازن زنی: استفاده از ازن به عنوان اکسیدکننده برای حذف بوهای نامطبوع. - احتراق: احتراق گازهای بوزا به دمای بالا برای حذف مواد آلی و بو.	روش‌های شیمیایی
- فیلتراسیون: استفاده از فیلترها برای جداسازی ذرات معلق و کاهش بو. - ته‌نشینی: جداسازی مواد جامد از مایعات برای کمک به کاهش بو.	روش‌های فیزیکی
- بیوفیلتراسیون: استفاده از میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه بیولوژیکی مواد بوزا. - بیواسکرابرها: استفاده از محلول‌های آبی که میکروارگانیسم‌ها در آن‌ها زندگی می‌کنند برای تجزیه مواد بوزا.	روش‌های بیولوژیکی
اختلاط فاضلاب‌های اسیدی و قلیایی برای کمک به خنثی‌سازی بو. - استفاده از بسترهای سنگ آهک برای تصفیه فاضلاب‌های اسیدی و تنظیم pH	pH تنظیم
ترکیبی از روش‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی می‌تواند بوهای نامطبوع را بهبود بخشیده و در تصفیه فاضلاب‌ها مؤثر باشد.	سایر روش‌ها

#### ۶-۲. ارزیابی و بهبود مداوم

سیستم شناسایی و خنثی‌سازی بوی نامطبوع به صورت مداوم پایش می‌شود و در صورت لزوم، بهبود مستمری را تجربه می‌کند. با استفاده از بازخوردها و داده‌های جدید، مدل‌ها و روش‌های استفاده شده در سیستم بهبود یافته و به روزرسانی می‌شوند. با ترکیب هوش مصنوعی با فناوری‌های تصفیه و مدیریت فاضلاب، می‌توان بهبود قابل توجهی در شناسایی و خنثی‌سازی بوی نامطبوع داشت و به مدیران و عاملان



محیط زیست کمک کرد تا آلاینده‌های بوی نامطبوع را کاهش دهند و محیط زیست را بهبود بخشند. این روش‌ها و سیستم‌ها در صنایع مختلف مانند تصفیه‌خانه‌ها، کارخانجات، فضاهای عمومی و غیره قابل استفاده هستند. علاوه بر این، این تکنولوژی‌ها می‌توانند در تحقیقات

علمی و مطالعات محیط زیستی نیز مورد استفاده قرار بگیرند، به منظور بررسی و مدیریت بهتر تأثیرات بوی نامطبوع بر روی بهداشت عمومی و اکوسیستم‌ها.

با استفاده از روش‌ها و سیستم‌های هوشمند شناسایی و خنثی‌سازی بوی نامطبوع، می‌توان بهبود قابل ملاحظه‌ای در کیفیت هوای محیطی و رفاه عمومی جامعه داشت. همچنین، این فناوری‌ها می‌توانند به مدیران و نهادهای مربوطه کمک کنند تا به طور سریع و موثر به شناسایی و رفع مشکلات بوی نامطبوع واکنش نشان دهند. مطمئن باشید که توسعه و بهبود مستمر این روش‌ها و سیستم‌ها در آینده ادامه خواهد داشت و می‌تواند به حفظ محیط زیست و بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها کمک کند. روش شناسایی و خنثی‌سازی بوی نامطبوع تصفیه‌خانه‌ها و کانال‌های فاضلاب با استفاده از هوش مصنوعی (AI) به روشی کارآمد و دقیق می‌تواند بهبود قابل توجهی در مدیریت بوی نامطبوع و بهره‌وری فرآیندهای تصفیه ایجاد کند.

### ۳. یافته‌ها

یافته‌های ما نشان می‌دهند که با استفاده از هوش مصنوعی می‌توان دقت شناسایی منابع بوی نامطبوع را به طور قابل توجهی افزایش داد. همچنین، می‌توان با استفاده از فناوری‌های نوین، زمان لازم برای خنثی‌سازی بو را کاهش داد.

**کارایی الگوریتم‌های یادگیری ماشین:** نتایج نشان می‌دهند که الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، ماشین‌های بردار پشتیبان، و درختان تصمیم‌گیری می‌توانند با دقت بالایی الگوهای مرتبط با تولید بو را شناسایی کنند.

**پیش‌بینی تولید بو:** مدل‌های پیش‌بینی‌کننده ساخته شده توانسته‌اند با استفاده از داده‌های تاریخی، شرایطی را که احتمال تولید بوی نامطبوع در آن‌ها بالاست، با دقت قابل توجهی پیش‌بینی کنند.

**روش‌های خنثی‌سازی بو:** تحقیقات نشان داده‌اند که روش‌های مختلف شیمیایی، فیزیکی، و بیولوژیکی می‌توانند به طور مؤثری بوهای نامطبوع را خنثی کنند. به‌ویژه، فیلترهای کربن فعال و فناوری‌های نانو نتایج قابل توجهی در جذب و خنثی‌سازی بوها نشان داده‌اند.

**نقش فناوری‌های نوین:** استفاده از نانو تکنولوژی و بیوتکنولوژی به عنوان روش‌های نوآورانه در خنثی‌سازی بو مورد تأکید قرار گرفته است. نانومواد به‌خصوص در جذب مواد بوزا و تجزیه آن‌ها بسیار مؤثر بوده‌اند.

**بهبود فرآیندهای تصفیه:** هوش مصنوعی به بهبود فرآیندهای تصفیه کمک کرده است، به طوری که اقدامات خنثی‌سازی بو به صورت خودکار و به‌موقع انجام می‌شوند.

**کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی:** استفاده از AI در نظارت و کنترل فرآیندهای تصفیه منجر به کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی در خنثی‌سازی بو شده است.

#### ۳-۱. فیلترهای کربن فعال

این فیلترها از کربن فعال شده برای جذب آلاینده‌ها و بوها استفاده می‌کنند. کربن فعال دارای سطح بسیار زیادی است که می‌تواند مولکول‌های بوزا را به خود جذب کند. این فیلترها معمولاً در تصفیه‌کننده‌های هوا و برخی از دستگاه‌های تصفیه آب یافت می‌شوند (احتشامی، جیوار، صبور، ۱۳۹۵).

#### مواد جاذب

موادی مانند جوش شیرین و سرکه می‌توانند به عنوان جاذب‌های طبیعی بو عمل کنند. جوش شیرین می‌تواند بوهای نامطبوع را جذب کرده و خنثی کند، در حالی که سرکه می‌تواند به عنوان یک خنثی‌کننده طبیعی برای بوها عمل کند.



## فناوری‌های نانو

فناوری نانو در حال حاضر در بسیاری از صنایع و بخصوص در صنعت تصفیه فاضلاب و کانال‌ها استفاده می‌شود. این فناوری در تولید نانوذرات و نانومواد که از اندازه‌ی یک نانومتر (یک میلیونمتر) یا کمتر هستند، بهره می‌برد. یکی از کاربردهای مهم فناوری نانو در صنعت تصفیه فاضلاب، استفاده از نانوپوشش‌ها برای خنثی‌سازی بوهای نامطبوع است. این نانوپوشش‌ها با استفاده از نانوذرات و مواد جذب‌کننده، می‌توانند بوهای نامطبوع را از بین ببرند و هوای تصفیه شده را بدون بوی نامطبوع بازگردانند. این فناوری علاوه بر خنثی‌سازی بو، قادر به جذب آلاینده‌های هوا نیز است و در نتیجه باعث بهبود کیفیت هوا می‌شود. فناوری نانو در تصفیه فاضلاب و کانال‌ها به واسطه استفاده از نانوذرات و نانومواد قادر به جذب آلاینده‌های مختلف در فاضلاب است. این نانوذرات می‌توانند به عنوان کاتالیزورها عمل کرده و فرآیند تصفیه فاضلاب را بهبود بخشند. همچنین، نانومواد می‌توانند به عنوان جاذب آلاینده‌های حلقوی در فاضلاب عمل کنند و با جذب آلاینده‌ها، فرآیند تصفیه فاضلاب را بهبود دهند. علاوه بر استفاده از نانوذرات و نانومواد، فناوری نانو در تصفیه فاضلاب و کانال‌ها می‌تواند با استفاده از هوش مصنوعی (AI) نیز بهبود یابد. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، می‌توان به طور خودکار مشکلات موجود در فرآیند تصفیه را شناسایی کرد و بهبود فرآیند را در جهت کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت تصفیه فاضلاب ایجاد کرد. یکی دیگر از فناوری‌های نانو در تصفیه فاضلاب و کانال‌ها، استفاده از نانوفیلترها است. این فیلترها با استفاده از نانوذرات و نانومواد، می‌توانند آلاینده‌های مختلف را جذب کرده و فرآیند تصفیه فاضلاب را بهبود دهند. برای مثال، با استفاده از نانوفیلترها می‌توان به طور موثر از آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین و رنگ‌ها در فاضلاب جدا شد. در مجموع، فناوری نانو و هوش مصنوعی می‌توانند در تصفیه فاضلاب و کانال‌ها نقش مهمی را ایفا کنند. با استفاده از نانوذرات، نانومواد و هوش مصنوعی، می‌توان به طور موثری از آلاینده‌ها در فاضلاب و کانال‌ها جدا شد و فرآیند تصفیه را بهبود داد. همچنین، با استفاده از این فناوری‌ها می‌توان هزینه‌های تصفیه را کاهش داد و بهبود کیفیت هوا را نیز فراهم کرد. بنابراین، استفاده از فناوری نانو و هوش مصنوعی در تصفیه فاضلاب و کانال‌ها به عنوان یک راهکار موثر و مبتنی بر فناوری‌های پیشرفته، می‌تواند به بهبود وضعیت محیط زیست کمک کند. (میرشاه ولایتی، نظری زاده، ۱۳۸۷).

### ۲-۳. یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی

**یادگیری ماشین:** این الگوریتم‌ها می‌توانند داده‌های مربوط به فاضلاب را تجزیه و تحلیل کنند تا الگوهای مرتبط با تولید بو را شناسایی کنند.

**شبکه‌های عصبی:** مدل‌هایی که می‌توانند فرآیندهای پیچیده را شبیه‌سازی کنند و در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با تصفیه فاضلاب به کار گرفته شوند.

### ۳-۳. الگوریتم‌های بهینه‌سازی

**کنترل فرآیند:** AI می‌تواند برای تنظیم خودکار فرآیندهای تصفیه استفاده شود، مانند افزودن مواد شیمیایی برای خنثی‌سازی بو.

### ۳-۴. نظارت و تعمیرات پیشگیرانه

**تشخیص خطا:** AI می‌تواند به شناسایی خرابی‌ها و نیاز به تعمیرات در تجهیزات تصفیه کمک کند، که این امر به جلوگیری از تولید بو کمک می‌کند.

### ۳-۵. نانو تکنولوژی و بیوتکنولوژی

**پیشرفت‌های مبتنی بر نانو تکنولوژی:** استفاده از نانومواد برای جذب یا تجزیه مواد بوزا.

**بیوتکنولوژی:** استفاده از میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه بیولوژیکی مواد بوزا.





برای نمایش چگونگی عملکرد AI در این فرآیندها، می‌توان یک مدل ساده را ترسیم کرد که نشان دهنده جریان داده‌ها و تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر AI باشد. در این مدل، داده‌های ورودی از سنسورهای مختلف جمع‌آوری شده و به سیستم AI فرستاده می‌شوند. سپس، AI با تجزیه و تحلیل داده‌ها، الگوهای مرتبط با تولید بو را شناسایی کرده و اقدامات لازم برای خنثی‌سازی بو را پیشنهاد می‌دهد. این می‌تواند شامل تنظیم فرآیندهای تصفیه، اضافه کردن مواد خنثی‌کننده، یا تغییر در شرایط عملیاتی باشد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌دهنده اثربخشی هوش مصنوعی در بهبود فرآیندهای مدیریت بو است. این فناوری‌ها می‌توانند به عنوان ابزاری برای کمک به تصفیه‌خانه‌ها و مدیریت شهری در نظر گرفته شوند. در مقاله‌ای که به بررسی استفاده از هوش مصنوعی (AI) برای شناسایی و خنثی‌سازی بوی نامطبوع فاضلاب‌ها و کانال‌ها می‌پردازد، نتایج می‌توانند به شرح زیر باشند:

**کارایی بالای AI:** نتایج نشان دادند که الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند با دقت بالایی الگوهای مرتبط با تولید بو را شناسایی کنند و پیش‌بینی‌های مؤثری در مورد شرایط احتمالی تولید بو ارائه دهند.

**روش‌های خنثی‌سازی مؤثر:** تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از روش‌های شیمیایی، فیزیکی، و بیولوژیکی می‌تواند به طور مؤثری بوهای نامطبوع را خنثی کند. به‌ویژه، فیلترهای کربن فعال و فناوری‌های نانو نتایج قابل توجهی در جذب و خنثی‌سازی بوها نشان داده‌اند. **بهبود فرآیندهای تصفیه:** استفاده از AI در فرآیندهای تصفیه منجر به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها شده است، زیرا اقدامات خنثی‌سازی بو به‌صورت خودکار و به‌موقع انجام می‌شوند.

**نقش فناوری‌های نوین:** نانو تکنولوژی و بیوتکنولوژی به عنوان روش‌های نوآورانه در خنثی‌سازی بو مورد تأکید قرار گرفته‌اند، که نشان‌دهنده پتانسیل بالای این فناوری‌ها در این زمینه است.

**پیش‌بینی‌های دقیق‌تر:** مدل‌های AI ساخته شده توانسته‌اند با استفاده از داده‌های تاریخی، پیش‌بینی‌های دقیق‌تری در مورد زمان و مکان تولید بو ارائه دهند.

این نتایج نشان می‌دهند که استفاده از AI می‌تواند به طور قابل توجهی در شناسایی و مدیریت بوی نامطبوع فاضلاب‌ها و کانال‌ها مؤثر باشد و به بهبود کیفیت محیط‌زیست و سلامت عمومی کمک کند.

#### ۴. راهکار

راهکار پیشنهادی ما شامل توسعه سیستم‌های هوشمندی است که قادر به شناسایی و خنثی‌سازی بو در زمان واقعی هستند. این سیستم‌ها باید قابلیت ادغام با زیرساخت‌های موجود را داشته باشند و بتوانند به طور مداوم داده‌ها را تجزیه و تحلیل کنند.

هوش مصنوعی (AI) می‌تواند از طریق روش‌های مختلفی به شناسایی و خنثی‌سازی بوهای بد فاضلاب و کانال کمک کند. در اینجا چند راهکار که می‌توانند به این منظور استفاده شوند، ارائه می‌دهم:

**پیش‌بینی و شناسایی:** استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده توسط سنسورها و پیش‌بینی زمان‌ها و مکان‌هایی که احتمال بروز بوی نامطبوع بالاست.

**تنظیم خودکار فرآیندهای تصفیه:** به‌کارگیری AI برای تنظیم خودکار فرآیندهای تصفیه فاضلاب، مانند افزودن مواد شیمیایی لازم برای خنثی‌سازی بوها در زمان‌های مناسب.

**نظارت و تعمیرات پیشگیرانه:** استفاده از AI برای نظارت بر عملکرد تجهیزات تصفیه و انجام تعمیرات پیشگیرانه برای جلوگیری از خرابی‌هایی که ممکن است منجر به تولید بو شوند.

**بهینه‌سازی فرآیندهای تصفیه:** استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای حداکثر کردن کارایی و حداقل کردن هزینه‌های عملیاتی، به‌ویژه در زمینه تصفیه فاضلاب.

**پیشرفت‌های مبتنی بر نانو تکنولوژی و بیوتکنولوژی:** ترکیب AI با نانو تکنولوژی و بیوتکنولوژی برای توسعه روش‌های نوین در خنثی‌سازی بو، مانند استفاده از نانوذرات برای جذب و تجزیه مواد بوزا.



این راهکارها می‌توانند به طور قابل توجهی در کاهش بوهای نامطبوع ناشی از فاضلاب و کانال‌ها مؤثر باشند و به بهبود کیفیت محیط‌زیست و سلامت عمومی کمک کنند.

### میکسر رقیق سازی هوای آلوده به کمک هوای تازه

این روش یکی از پرکاربردترین روش‌های حذف آلودگی هوا می‌باشد. در این روش، هوای آلوده توسط هوای تازه از منابع طبیعی یا تأسیسات صنعتی مختلف، که دارای آلاینده‌های کمی هستند، رقیق می‌شود. سپس این مخلوط به صورت متوالی وارد یک میکسر میشود تا مصرف‌ها به صورت یکنواخت در آن پخش شوند. سپس هوای مخلوط شده به فیلترهای مختلف از جمله فیلترهای الکترونیکی، برای حذف‌ها ارسال می‌شود. در انتها، هوای تمیز خروجی از سیستم تولید می‌شود که می‌توان برای مصارف استفاده‌های مختلف قرار داد.

### اسکراپر دارنده هوا با مایعات

این روش نیز از روش‌های جلوگیری از حذف آلودگی هوا می‌باشد. در این روش، هوای آلوده از طریق یک صفحه سطحی با مایع تماس می‌کند. این مایع می‌تواند آب، محلول آبی اسیدی یا قلیایی باشد. مواد موجود در هوا به جذب مایع می‌شوند و پس از تماس با مایع، هوای تمیز می‌ماند. این روش از اسکراپ‌های تماسی می‌تواند به عنوان یکی از ابزارهای پزشکی در حذف بو و ها در سیستم‌های صنعتی و تأسیسات مورد استفاده قرار گیرد.

### فیلترهای هوای آلوده

استفاده از فیلترهای هوای آلوده یکی دیگر از روش‌های حذف بو و هوای آلوده است. در این روش، فیلترهای مختلف با اندازه و ساختارهای متفاوت برای حذف استفاده‌های مختلف می‌شوند. این فیلترها شامل فیلترهای سیلیسی، کربن فعال، فیلترهای الکترونیکی و ... باشند. با استفاده از این فیلترها، استفاده از هوا جذب و هوای حذف می‌شود و هوای تمیز به سیستم تولید می‌شود.

### تصفیه خانه هوای آلوده

استفاده از تصفیه خانه هوای آلوده نیز از جمله روش‌های درمانی برای طرح پایلوت و حذف بو و هوای در نظر گرفته شده است. در این روش، هوای آلوده توسط خانه‌های موجود در نزدیکی منابع آلاینده، شامل کارخانه، تأسیسات صنعتی و ... تصفیه می‌شود. این خرید خانه‌ها می‌تواند شامل فیلترهای مختلف، اسکراپ‌ها و مخازن تمیز کننده هوا باشند. با استفاده از این خانه‌ها، بو و هوای هوا به صورت برداشت می‌شود و هوای استفاده از آن بازگردانده می‌شود. در نهایت، باید گفت که هر کدام از روش‌های بالا می‌تواند به عنوان یکی از ابزارهای ابزار در حذف بو و هوا در سیستم‌های صنعتی و تأسیسات مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما برای رسیدن به نتایج مطلوب، لازم است این روش به طور کامل در نظر گرفته شود و اجرا شود. همچنین، برای جلوگیری از ایجاد هوای جدید، لازم است از منابع تولید آلاینده‌ها در نظر گرفته شده و برای کنترل و کاهش آن استفاده شود. منابع تمیز داشتن محیط زیست و حفظ آب و هوا از مسائل مهم است که همه باید به آن توجه کنند. با توجه به افزایش جمعیت و رشد صنعتی، تصفیه آب و هوا به یک تبدیل شده است. اما روش‌های سنتی آب و هوا از استفاده از فیلترهای مکانیکی و شیمیایی دارای مشکلاتی مانند هزینه بالا، جانبی مخرب برای محیط زیست و کارایی پایین هستند. به همین دلیل استفاده از فیلتر برای تصفیه آب و هوا به عنوان یک روش پیشنهاد شده است.

**بیوفیلتر**، یک فرآیند طبیعی برای تصفیه آب و هوا است که با استفاده از میکروارگانیسم‌ها، آلیاژهای پایه آلی و معدنی، تصفیه کننده‌های طبیعی و جاذبه‌های آلاینده‌های موجود در هوا را از بین می‌برد. این فرآیند از چند مرحله تشکیل شده است که شامل جذب، تجزیه و تحلیل، تبدیل و نشت می‌شود. به طور کلی، بیوفیلترها به دو نوع تقسیم می‌شوند: بیوفیلترهای مدیای جامد و بیوفیلترهای مدیای ثابت.

بیوفیلترهای ثابت، در واقع محفظه‌هایی هستند که در آن هوای آلوده از طریق بستری از مواد مخدر و تصفیه کننده‌های عبور طبیعی می‌کند. این بسترها شامل مواد معدنی مانند زئولیت، کربن فعال و مواد آلی مانند پیچیده‌های هومیک هستند. این مواد جذاب و تصفیه کننده‌های طبیعی، توسط میکروارگانیسم‌هایی که در بستر قرار دارند، فعال می‌شوند و آلاینده‌های موجود در را جذب و تجزیه می‌کنند.

با استفاده از بیوفیلترهای مدیای ثابت، می‌توان تا ۹۰ درصد آلاینده‌های موجود در هوا را تصفیه کرد. این روش از آلاینده‌های مخرب مانند تولید کننده‌های جانبی و کاهش محیط زیست جلوگیری می‌کند. همچنین، هزینه‌ها با استفاده از بیوفیلترهای مدیای ثابت، کمتر از روش‌های سنتی است و می‌توان آن را در مناطقی با منابع محدود و همچنین در محیط‌های صنعتی استفاده کرد.

در مورد مصرف آب با استفاده از بستر جذب، باید گفت که این روش از جذب‌های پایه آلی و معدنی استفاده می‌کند. این جذب‌ها، مواد آلی و معدنی را از آب جذب می‌کنند و باعث کاهش آلاینده‌ها در آب می‌شوند. علاوه بر آن جذب‌های پایه آلی و معدنی مانند زئولیت، سیلیکا ژل و پوسته‌های جوز هندی، عامل مسدود کننده برای ویروس‌ها و ویروس‌ها هستند و به عنوان محافظ برای آب عمل می‌کنند. استفاده از بستر جذب به دلیل کارایی بالا، هزینه کم و عدم تولید آلاینده‌های جانبی، یک روش مطمئن و مطمئن برای انتخاب آب مورد توجه قرار گرفته است. این روش می‌تواند آب‌های آشامیدنی، آب‌های زیر زمینی و حتی آب‌های صنعتی مورد استفاده قرار گیرد.

در نتیجه، بیوفیلترهای مدیای ثابت و بستر جذب عنوان روش‌های جدید و درمان برای تصفیه آب و هوا و آب ارائه شده‌اند. با استفاده از این روش‌ها می‌توان به حفظ محیط زیست و حفظ منابع آب و هوا کمک کرد. همچنین، با کاهش هزینه‌ها و هزینه جانبی مخ، می‌توان به بهبود کیفیت زندگی و سلامتی کمک کرد. بنابراین، از این روش‌ها به عنوان جایگزینی مناسب برای روش‌های تصفیه آب و هوا و آب قابل توصیه استفاده می‌شود.

#### ۵. پیشنهادات

پیشنهاد می‌شود که تحقیقات بیشتری در زمینه بهبود الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای شناسایی و خنثی‌سازی بو انجام شود. همچنین، باید بر روی توسعه مواد جدیدی که قادر به جذب و خنثی‌سازی بوهای نامطبوع هستند، تمرکز کرد.

#### ۶. نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند نقش مهمی در مدیریت محیط‌زیست و بهبود کیفیت زندگی شهری ایفا کند. با استفاده از این فناوری‌ها، می‌توانیم به سمت آینده‌ای پایدارتر حرکت کنیم. استفاده از AI در شناسایی و خنثی‌سازی بوی نامطبوع فاضلاب‌ها و کانال‌ها پتانسیل قابل توجهی برای بهبود کیفیت محیط‌زیست و سلامت عمومی دارد. الگوریتم‌های یادگیری ماشین نه تنها قادر به شناسایی دقیق شرایط تولید بو هستند، بلکه در پیش‌بینی و اتخاذ اقدامات پیشگیرانه نیز مؤثر واقع شده‌اند. علاوه بر این، روش‌های نوین خنثی‌سازی بو، مانند فناوری‌های نانو، امکانات جدیدی را برای مقابله با این چالش‌های زیست‌محیطی فراهم می‌آورند. در نهایت، این تحقیقات می‌توانند به عنوان پایه‌ای برای توسعه راهکارهای پیشرفته‌تر در زمینه تصفیه فاضلاب و مدیریت بو مورد استفاده قرار گیرند.

#### Abstract

With the increase of urban population and the aggravation of environmental challenges, the need for new approaches for sustainable environmental management is felt more and more. In this article, we have investigated the use of artificial intelligence (AI) in identifying and neutralizing the sources of unpleasant odors in treatment plants and sewage canals. Method: By using the data collected by different sensors and processing them with machine learning algorithms, predictive models have been built that are able to accurately detect the possible conditions of odor production. Also, different methods of odor neutralization, including the use of activated carbon filters and nano technologies, have been investigated. Findings: The results show that (AI) can effectively play a role in identifying the sources of unpleasant odors and predicting the possible conditions of odor production. In addition, the use of (AI) in odor neutralization can significantly help improve treatment processes and reduce costs. Conclusion: According to the findings of this study, (AI) is known as a powerful tool in the management of unpleasant odors in treatment plants and sewage canals. The use of (AI) can help improve the quality of the environment and increase the sustainability of wastewater treatment systems.

Keywords: artificial intelligence, wastewater treatment, unpleasant smell, predictive models, odor neutralization, improving the treatment process, reducing costs, environmental quality.



#### منابع

۱. احتشامی، مجید، جیوار، محمدعلی، صبور، محمدرضا (۱۳۹۵). "بررسی راندمان نانوفیلتراسیون در کاهش بار آلودگی منابع آبهای زیرزمینی از کروم". مجله شبک، شماره ۲/۱۱ و ۲/۱۲، تیر و مرداد، ISC، صفحه ۴۹-۵۸.
۲. هاشمیان، سید جمال الدین و نظری علوی، علی رضا (۱۳۸۱). "تصفیه پذیری بیولوژیکی فازآبدار امولسیون روغن - آب". مجله محیط شناسی، دوره بیست و هشتم، شماره ۳۰، صفحه ۷۹-۸۶. ISC.
۳. میرشاه ولایتی، فرزانه و نظری زاده، فرهاد (۱۳۸۷). "فناوری های نوظهور، عرصه ای بکر برای جهش علمی و اقتصادی (همگرایی فناوری های نانو، زیستی، اطلاعات، و علوم شناختی و تاثیرات آن ها بر آینده)". مجله نگرش راهبردی، دی و بهمن، سال نهم، شماره ۹۷ و ۹۸، صفحه ۱-۲۶.
4. Edebali, Serpil. Tümer, Abdullah Erdal.(December 2015). An Artificial Neural Network Model for Wastewater Treatment Plant of Konya. International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, 3(4), 131.
5. Cojbasic, Sanja, Pap, Sabolc, Sekulić, Turk Maja M. (November 2022). Machine learning as a support tool in wastewater treatment systems – a short review. 11th International Symposium on Graphic Engineering and Design.



## بررسی و تشخیص اتوماتیک چهار نوع خرابی سطحی ورق فولاد با استفاده از الگوریتم LVQ

منصوره شریف زاده لاری<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه مهندسی برق و کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

*sharifzadehmn@gmail.com*

### چکیده

در مراحل مختلف تولید فولاد از قسمتهای فولادسازی گرفته تا نورد گرم، نورد سرد و مراحل نهایی، خرابیهای متعددی به اشکال و رنگهای گوناگون بر سطح ورق فولاد ظاهر می‌شود که کیفیت محصول را پایین آورده و فولاد تولید شده را در طبقات نامرغوب قرار می‌دهد. صرف نظر از دلایل ایجاد این گونه خرابیها، تشخیص دقیق انواع تکرار شونده و نسبتاً بزرگ آنها به طبقه بندی صحیح ورق فولاد کمک کرده و صرفه جویی اقتصادی فراوانی را برای تولید کننده به همراه دارد. امروزه بسیاری از تولید کنندگان فولاد در جهان برای تشخیص و طبقه بندی عیوب سطح ورق فولاد در بخشهای مختلف تولید (بویژه نورد سرد) از روشهای مبتنی بر کامپیوتر استفاده می‌کنند. در این مقاله ضمن بررسی اجمالی روشها و تکنیک های استفاده شده جهت تشخیص و طبقه بندی خرابیهای سطح ورق، از الگوریتم LVQ جهت تشخیص چهار نوع خرابی معمول سطح ورق کمک گرفته شده است. نتایج حاصل، نشان دهنده قدرت نسبی الگوریتم بکار رفته در تشخیص و طبقه بندی خرابیها است، بنحوی که این الگوریتم قادر است خرابیهای ایجاد شده بر سطح ورق را با سرعت و دقت نسبتاً بالایی شناسایی نماید.

**واژه‌های کلیدی:** الگوریتم LVQ، بررسی اتوماتیک، خرابی سطحی و شبکه عصبی.

## ۱. مقدمه

بررسی سطح فلزات بطور اتوماتیک یک مسئله شناخته شده است و بیشتر از بیست سال است که در حال بررسی می‌باشد، ولی یک روش عمومی برای تشخیص خرابیها بطور اتوماتیک وجود ندارد [۱]. با اینکه امروزه بعضی از کارخانجات تجاری، از تکنیکهای بررسی و عیب یابی سطح فولاد استفاده می‌کنند، ولی بررسی، تشخیص و پیاده‌سازی خرابیهای سطحی، همزمان با تولید محصول هنوز هم بطور گسترده در سطح دنیا بررسی می‌شود [۲-۵]. اتوماتیک کردن بررسی سطح فلزات، یک مسئله بسیار اساسی است چون اپراتورهایی که کار بررسی سطح را بر عهده دارند اصلا قابل اطمینان نیستند و این کار بسیار خسته کننده است [۶]. چندین روش برای بررسی سطح محصولات تجاری (در اینجا بحث ما روی فولاد می‌باشد) وجود دارد. روش پیدا کردن لبه یکی از روشهای مهم است [۷ و ۸]. روش دیگر، آنالیز پروفایل تصاویر سطح فولاد می باشد [۹]. خرابیهایی بصورت فرورفتگی یا برآمدگی را می‌توان بصورت یک منحنی، مدل کرد [۲]. البته، مدل کردن با چند جمله ای درجه بالا، یک کار محاسباتی زمانبر و مشکل است و برای پیاده سازی الگوریتمهای بلادرنگ ممکن نیست.

## ۲. بررسی خرابیها

بر اساس نتایج این مطالعه و با در نظر گرفتن پارامترهایی از قبیل زیاد بودن تعداد دفعات اتفاق افتادن عیب (رایج بودن)، تنوع شکل عیوب و اهمیت تفکیک آنها، ۴ خرابی حفره ۱، خراش ۲، چین های عرضی ۳ و زنگ زدگی ۴، جهت بررسی در این کار انتخاب شده اند. برای انجام تحقیق به عکسهای متعددی از این چهار نوع عیب و عیبهای مختلف دیگر مورد نیاز است. عکسهای استفاده شده عبارت است از ۳۵۲ عکس از انواع خرابیها که ۵۹ عدد از این عکسها متعلق به دانشگاه کانپور هند [۱۰] و بقیه آنها عکسهایی است که از مجتمع فولاد مبارکه گرفته شده است. یک نمونه عکس از خرابی حفره، چینهای عرضی، خراش و زنگ زدگی، در شکلهای ۱ و ۲ نشان داده شده است. نکته بسیار مهم این است که در تمام مباحث زیر فرض بر آن است که تصاویر مورد پردازش تحت شرایط معین از لحاظ نورپردازی، دوربین، مشخصات اپتیکی و زاویه عکسبرداری تهیه شده‌اند.



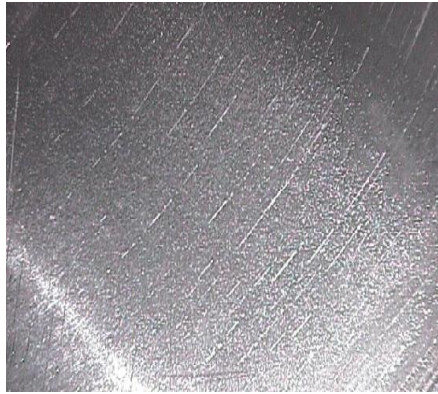
شکل ۱. به ترتیب از راست به چپ تصویر مربوط به خرابی چین های عرضی و زنگ زدگی.

<sup>1</sup> Hole

<sup>2</sup> scratch

<sup>3</sup> Coil break

<sup>4</sup> rust



شکل ۲. به ترتیب از راست به چپ تصویر مربوط به خرابی حفره و خراش

### ۳. تشخیص و طبقه بندی چهار نوع خرابی سطح ورق فولاد

در این مقاله هدف طبقه بندی و تشخیص چهار نوع خرابی سطحی ورق فولاد با استفاده از الگوریتم LVQ می باشد.

#### ۳-۱. یک مراحل آموزش شبکه

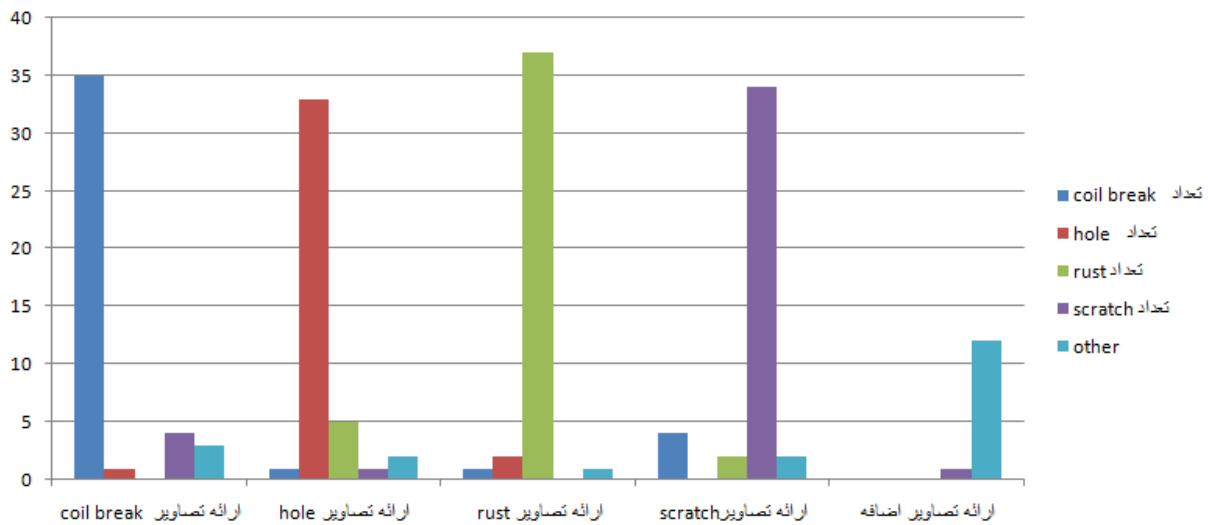
تعداد تصاویر استفاده شده جهت آموزش شبکه کلا ۱۷۲ تصویر می باشد که از بین آنها ۴۹ تصویر مربوط به خرابی چین های عرضی (coil break)، ۳۳ تصویر مربوط به خرابی حفره (hole)، ۳۶ تصویر مربوط به خرابی زنگ زدگی (rust) و ۵۴ تصویر مربوط به خرابی خراش (scratch) می باشد.

#### ۳-۲. دو مراحل تست الگوریتم

تعداد تصاویر استفاده شده جهت تست الگوریتم ۱۸۰ تصویر می باشد که در واقع از هر نوع خرابی ۴۰ تصویر انتخاب شده و ۲۰ تصویر دیگر در واقع خرابیهایی غیر از این چهار نوع خرابی بررسی شده در این مقاله ست. الگوریتم نوشته شده جهت تست شبکه بصورت زیر می باشد. در این الگوریتم، هر بار تصاویر یک دسته از خرابیها تست شده و تعداد تشخیص درست یا نادرست الگوریتم تعیین می شود. نتایج کامل اجرای این الگوریتم بر روی تصاویر مجموعه test (۱۸۰ تصویر) در جدول ۱ و شکل ۳ خلاصه شده است.

#### جدول ۱. نتایج اجرای الگوریتم تست بر روی تصاویر خرابی ورق فولاد

ردیف	نوع خرابی	کل تصاویر مربوط به خرابی خاص جهت تست الگوریتم	تعداد تشخیص coil break	تعداد تشخیص hole	تعداد تشخیص rust	تعداد تشخیص scratch	تعداد تشخیص اشتباه غیر از این چهار دسته	درصد موفقیت الگوریتم
۱	coil break	۴۰	۳۵	۱	۰	۴	۰	87.5%
۲	hole	۴۰	۱	۳۳	۵	۱	۱	82.5%
۳	rust	۴۰	۱	۲	۳۷	۰	۰	92.5%
۴	scratch	۴۰	۴	۰	۲	۳۴	۰	85%
۵	خرابیهای غیر از این چهار نوع خرابی	۲۰	۳	۲	۱	۲	۱۲	60%



شکل ۳. خلاصه نتایج مربوط به اجرای الگوریتم LVQ.

در این جدول، بعد از ستون ردیف، ستون اول نوع خرابی، ستون دوم تعداد کل داده های test مربوط به این خرابی خاص را نشان می دهد. ستونهای بعدی نتیجه اجرای الگوریتم test بر روی این مجموعه تصاویر است. مثلاً الگوریتم پیاده شده، از ۴۰ خرابی حفره فقط ۳۳ تصویر را درست تشخیص داده و یک تصویر را اشتباها چین های عرضی (coilbreak)، ۵ تصویر را زنگ زدگی (rust)، یک تصویر را خراش (scratch) و یک تصویر را غیر از این مجموعه تشخیص داده است. در مورد آخرین تشخیص در واقع الگوریتم مقدار  $a2 = [0; 0; 0]$  را بعنوان خروجی تعیین کرده است که جزء هیچ کدام از دسته های تعیین شده نمی باشد. ستون آخر نیز درصد موفقیت الگوریتم در تشخیص درست هر نوع خرابی را نشان می دهد. شکل ۳ در واقع همان نتایج جدول ۱ می باشد که بصورت نمودار میله ای نشان داده شده است.

#### ۴. نتیجه گیری و مقایسه

در این مقاله، خرابیهای سطحی ورق فولاد اجمالا بررسی شده و چهار خرابی معمول، با استفاده از الگوریتم LVQ، از بین بقیه تشخیص داده شده است. قابل ذکر است که در این مقاله فرض بر این است که الگوریتم بر روی تصاویر ثابت اجرا می شود و در هر تصویر فقط یک نوع خرابی وجود دارد. مقدار آلفا (learning rate) پس از چند مرحله سعی و خطا ۰.۴ بدست آمد که نتایج گزارش شده مربوط به این مقدار آلفا می باشد. قابل ذکر است با دادن داده های آموزش به الگوریتم تست، این الگوریتم صد در صد درست جواب میدهد. تعداد iteration این الگوریتم ۱۱ می باشد. یعنی یازده بار ورودیهای آموزش جهت تعیین وزن نهایی به الگوریتم آموزش شبکه داده شده اند که این مقدار نیز با سعی و خطا بدست آمده است. این روش در مقایسه با بعضی روشها در کارهای قبلی [۱۱] عملکرد بهتری را نشان میدهد. مثلاً این روش نسبت به روش PNN در مرجع ۸ عملکرد بسیار بهتری دارد. اما سرعت آموزش آن کمتر است که البته چون آموزش خارج از خط انجام می شود این سرعت کم مشکل خاصی را بوجود نمی آورد.





## منابع

- [1] Chalasani, S., Segmentation and performance evaluation of steel defect images, Department of Mechanical Engineering, Indian institute of Technology, Kanpur, Master's thesis, 2000.
- [2] Luo, Qiwu, Xiaoxin Fang, Li Liu, Chunhua Yang, and Yichuang Sun. "Automated visual defect detection for flat steel surface: A survey." IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 69, no. 3 ,2020
- [3] Zhao, Weidong, Feng Chen, Hancheng Huang, Dan Li, and Wei Cheng. "A new steel defect detection algorithm based on deep learning." Computational Intelligence and Neuroscience 2021.
- [4] Akhyar, Fityanul, Ying Liu, Chao-Yung Hsu, Timothy K. Shih, and Chih-Yang Lin. "FDD: A deep learning-based steel defect detectors." The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 126, no. 3 (2023): 1093-1107.
- [5] Guha, P., Automated visual inspection of steel surface, texture segmentation and development of a perceptual similarity measure, Department of Mechanical Engineering, Indian institute of Technology, Kanpur, Master's thesis, April 2001.
- [6] Jarvinen, J., "Real-time surface inspection of steel strips", Machine Vision News, Vol. 7, pp. 1-5 ,2002.
- [7] Jain, A., Fundamentals of digital image processing, Prentice Hall, 1989.
- [8] Lim, J., Two dimensional signal and image processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1989.
- [9] Brandin, D.M. and Saridis, G.n., An automatic surface inspection system for flat rolled steel, Purdue Laboratory for Applied Industrial Control Schools of Engineering Purdue University West Lafayette, Indiana, December 1976.
- [10] Gonzales, R. and Woods, R., Digital image processing, Rahul Graphics , India, 2003.

[11] منصوره نوید پناه. پایان نامه کارشناسی ارشد انجام شده در دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۹۸۴



## ارزیابی روش تبدیل انتگرالی با هسته‌های مختلف در سنتز الگوی تشعشی آنتن‌های آرایه فازی خطی با فواصل برابر

جواد عسکری<sup>۱</sup>، مریم حاجبی<sup>۱</sup>، منصوره شریف زاده<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه برق و کامپیوتر، دانشکده فنی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس  
ایمیل نویسنده مسئول ([m.hajebi@hormozgan.ac.ir](mailto:m.hajebi@hormozgan.ac.ir))

### چکیده

در این مقاله، روش‌های معرفی شده در سنتز الگوی تشعشی آنتن‌های آرایه فازی خطی با فواصل برابر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. از مهم‌ترین روش‌های بررسی شده می‌توان به استفاده از تبدیلات انتگرالی با توابع پایه مختلف شامل تابع نمایی، لژاندر و بسل اشاره نمود. انتگرال از الگوی تشعشی مطلوب در بازه‌های یکسان، ایده اصلی این روش‌ها می‌باشد. از آنجایی که مجهولات مساله، ضرایب تحریک عناصر آرایه هستند، در نتیجه به تعداد عناصر آرایه مجهول وجود دارد. به همین دلیل، به دستگاه معادلاتی نیاز است که حداقل تعداد معادلات آن برابر تعداد عناصر آرایه باشد. اگر تعداد مجهولات و تعداد معادلات دستگاه ایجاد شده برابر باشند، پاسخ نهایی از حل مستقیم دستگاه معادلات خطی نتیجه می‌شود. در غیر این صورت، از روش حداقل مربعات برای حل دستگاه معادلات خطی استفاده می‌گردد. در این مقاله، نتایج سنتز الگوی تشعشی چند پترن مطلوب گزارش شده است. دقت هر روش را می‌توان از مقایسه نتایج به دست آمده برای چند آرایه مختلف ارزیابی نمود.

**واژه‌های کلیدی:** آنتن‌های آرایه خطی، الگوی تشعشی آرایه، تبدیلات انتگرالی، روش حداقل مربعات

## ۱. مقدمه

به مجموعه‌ای از عناصر تشعشعی که در راستای یک خط و با فواصل برابر از یکدیگر قرار گرفته باشند، آنتن آرایه فازی خطی با فاصله برابر گفته می‌شود. آنتن‌های آرایه‌ای فازی خطی با فواصل برابر از مهم‌ترین اجزای تشکیل دهنده سیستم‌های مخابراتی است که در بخش‌های مختلفی مانند مخابرات سلولی، رادارها و مخابرات ماهواره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱]. سمت‌گرایی بالا و توانایی اسکن فضا از مهم‌ترین مزایای آنتن‌های آرایه‌ای فازی خطی هستند [۲]. شکل الگوی تشعشعی و یا پترن آرایه‌های خطی با فواصل برابر به عوامل مختلفی وابسته است. پترن تشعشعی عناصر آرایه، فاصله بین دو عنصر مجاور، تعداد عناصر آرایه و ضرایب تحریک هر عنصر از مهم‌ترین آن‌ها می‌باشند [۳].

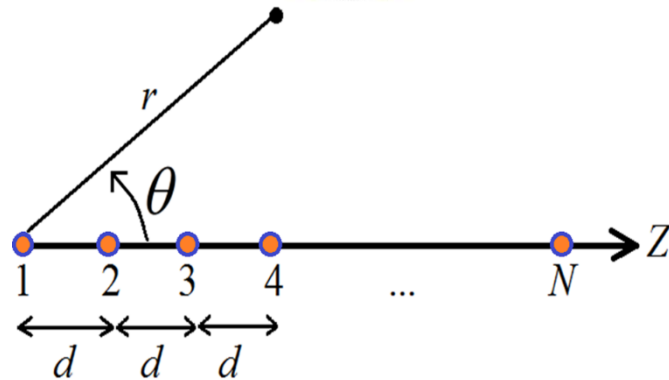
سنتز الگوی تشعشعی مطلوب آنتن‌های آرایه فازی خطی با فواصل برابر یکی از مهم‌ترین مسائل در زمینه طراحی آنتن‌های آرایه‌ای فازی بوده که با عنوان سنتز الگو شناخته می‌شود. در عمل، پترن‌هایی با ویژگی‌های مورد نظر، هدف مساله است. به عنوان نمونه، الگوی تشعشعی تفاضلی با یک صفر در راستای حداکثر تشعشع در سیستم‌های راداری مورد استفاده قرار می‌گیرد و یا الگوی تشعشعی با تابعیت کسکانت در ارتفاع سنجی کاربرد دارد [۴]. در مسئله‌ی سنتز پترن، الگوی تشعشعی مطلوب به عنوان ورودی مساله و اندازه و فاز تغذیه‌ی هر المان آنتن به عنوان خروجی مساله در نظر گرفته می‌شوند.

تاکنون روش‌های مختلفی برای سنتز پترن آنتن‌های آرایه فازی خطی با فواصل برابر معرفی شده‌اند. روش سری فوریه [۵]، روش حداقل مربعات [۶] و روش تبدیلات انتگرالی [۷-۹] از شناخته شده‌ترین روش‌های سنتز پترن آرایه‌های خطی با فواصل برابر است. هیچ یک از این روش‌ها جامع نبوده و هر یک از آن‌ها دارای مزایا و معایبی می‌باشند. به عنوان مثال برخی از این روش‌ها کنترلی بر مشخصات تشعشعی آرایه مانند بهره و پهنای پرتو نصف توان نداشته و برخی دیگر زمان‌بر هستند [۱۰]. همچنین دقت هر یک از آن‌ها به مشخصات پترن مطلوب وابسته است. به همین دلیل، مساله سنتز پترن آرایه همچنان به عنوان یک چالش در مهندسی آنتن می‌باشد.

در این مقاله، روش‌های سنتز پترن آنتن‌های آرایه فازی خطی با فواصل برابر، مبتنی بر تبدیلات انتگرالی مورد بررسی قرار می‌گیرند. دقت روش‌های سنتز پترن مبتنی بر تبدیلات انتگرالی به نوع هسته تبدیلات انتگرالی وابسته است. به همین دلیل در این پژوهش، تبدیلات انتگرالی با هسته نمایی، چندجمله‌ای لژاندر و تابع بسل نوع اول مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. از آنجایی که به تعداد عناصر آرایه، مجهول در مساله وجود دارد، بازه انتگرال‌گیری به زیربازه‌های کوچکتر تقسیم شده و از الگوی تشعشعی مطلوب در زیربازه‌ها، انتگرال گرفته می‌شود. تعداد معادلات به دست آمده با تعداد زیربازه‌ها برابر بوده و یک دستگاه معادلات خطی تشکیل می‌گردد. دستگاه معادلات خطی تشکیل شده با روش حداقل مربعات حل شده و ضرایب تحریک آرایه به دست می‌آیند. برای ارزیابی هر روش، چند نمونه الگوی تشعشعی با ویژگی‌های مختلف در نظر گرفته شده و دقت آن‌ها با یکدیگر مقایسه شده است.

## ۲. بیان مساله سنتز پترن

هندسه یک آنتن آرایه خطی  $N$  عنصری جهت‌گیری شده در راستای محور  $Z$  و با فواصل برابر  $d$  در شکل زیر نشان داده شده‌است. به همین دلیل الگوی تشعشعی آرایه تنها تابعی از زاویه فراز  $\theta$  در مختصات کروی است.



شکل ۱. هندسه یک آنتن آرایه خطی با فواصل برابر

با فرض یکسان بودن الگوی تشعشعی تمام عناصر آرایه و طبق تئوری اصل ضرب پرتوها  $[\Delta]$ ، میدان‌های تشعشعی کل، از حاصل ضرب الگوی تشعشعی هر عنصر در ضریب آرایه به دست می‌آید. ضریب آرایه  $F$  به صورت رابطه زیر مشخص می‌گردد.

$$F = \sum_{n=1}^N I_n e^{jnkdu} \quad (1)$$

$$u = \cos(\theta) \quad (2)$$

در رابطه فوق ضرایب تحریک، فاصله بین دو عنصر مجاور و عدد موج به ترتیب با  $d$ ،  $k$  و  $I_n$  نشان داده شده‌اند. با مشخص بودن ضریب آرایه مطلوب، تعداد عناصر و فاصله بین دو عنصر مجاور، هدف محاسبه ضرایب تحریک می‌باشد.

#### ۲-۱. تبدیل انتگرالی در سنتز پترن

برای تبدیل مساله سنتز به تبدیلات انتگرالی، ابتدا دو طرف رابطه (۱) را در هسته تبدیلات انتگرالی  $K_m$  از مرتبه  $m$  ضرب کرده و از دو طرف در بازه  $-1 < u < +1$  انتگرال می‌گیریم. در نتیجه معادله زیر به دست می‌آید.

$$\int_{-1}^{+1} F(u) K_m(u) du = \sum_{n=1}^N I_n \int_{-1}^{+1} K_m(u) e^{jnkdu} du \quad (3)$$

سمت چپ معادله فوق بیانگر تبدیل انتگرالی مرتبه  $m$  برای ضریب آرایه است. اگر به تعداد  $m=1, 2, \dots, M$  بار این مساله تکرار گردد، یک دستگاه معادلات خطی با  $M$  معادله و  $N$  مجهول به صورت زیر دست می‌آید.

$$\mathbf{AX} = \mathbf{B} \quad (4)$$

در معادله فوق ماتریس ضرایب  $\mathbf{A}$ ، بردار مجهولات  $\mathbf{X}$  و بردار حاوی داده‌های پترن مطلوب  $\mathbf{B}$  به صورت زیر مشخص می‌گردند.

$$\mathbf{A} = [A_{mn}]_{M \times N} \rightarrow A_{mn} = \int_{-1}^{+1} K_m(u) e^{jnkdu} du \quad (5)$$

$$\mathbf{B} = [B_m]_{M \times 1} \rightarrow B_m = \int_{-1}^{+1} F(u) K_m(u) du \quad (6)$$

$$\mathbf{X} = [I_1 \ I_2 \ \dots \ I_N]^T \quad (7)$$

از آن جایی که دستگاه معادلات تشکیل شده مربعی نیست از روش حداقل مربعات و به صورت رابطه زیر می‌توان مجهولات مساله، یعنی ضرایب تحریک آرایه را محاسبه نمود [۱۱].

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{B} \quad (8)$$

حدافل تعداد معادلات از رابطه زیر و از تئوری نایکوئیست قابل محاسبه است [۱۱].

$$M \geq \frac{4(N-1)d}{\lambda} \quad (9)$$

در رابطه فوق  $\lambda$  طول موج فضای آزاد است. برای استفاده از تبدیلات انتگرالی با هسته‌های نمایی، چندجمله‌ای لژاندر و تابع بسل نوع اول، به جای  $K_m$  در روابط بیان شده، باید به ترتیب از روابط زیر استفاده نمود [۷-۹].

$$K_m = e^{jmkdu} \quad (10)$$

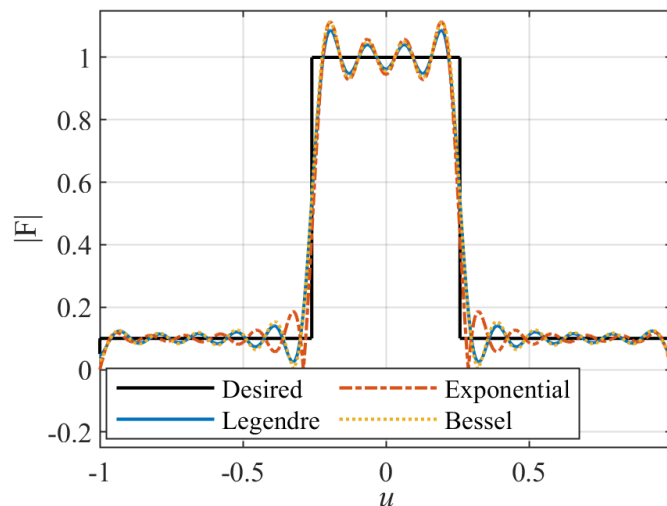
$$K_m = P_m(u) \quad (11)$$

$$K_m = J_0(mu) \quad (12)$$

## ۲-۶. نتایج و بحث

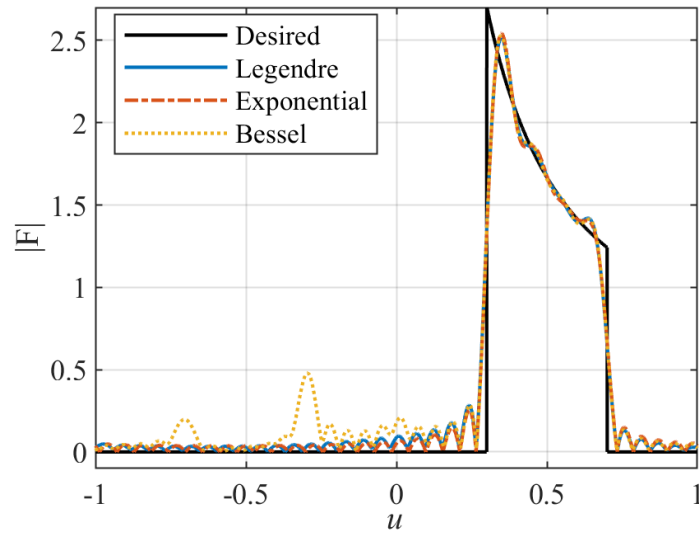
در این بخش و به منظور ارزیابی روش تبدیلات انتگرالی با استفاده از هسته‌های مختلف، دو الگوی تشعشی مطلوب مستطیلی و کسکانت مورد بررسی قرار می‌گیرند.

به عنوان مثال اول، الگوی تشعشی مستطیلی با مقادیر بیشینه در بازه  $|u| \leq 0.26$  در نظر گرفته می‌شود. همچنین تعداد عناصر آرایه برابر ۳۰ و فاصله بین عناصر نصف طول موج لحاظ می‌گردد. شکل زیر نتایج سنتز پترن را به ازای سه تبدیل انتگرالی نشان می‌دهد. مقدار خطای سنتز به ازای هسته لژاندر، نمایی و بسل به ترتیب برابر ۰.۰۰۵۴، ۰.۰۰۵۶ و ۰.۰۰۵۶ است. در نتیجه استفاده از تبدیل انتگرالی با هسته لژاندر برای الگوی تشعشی مستطیلی، خطای کوچکتری را به همراه داد. این در حالی است که دقت سنتز با هسته‌های نمایی و بسل با یکدیگر یکسان است.



شکل ۲. نتایج سنتز پترن مستطیلی با روش تبدیل انتگرالی به ازای سه هسته مختلف

الگوی تشعشی کسکانت با مقادیر غیر صفر در بازه  $0.3 \leq u \leq 0.7$  به عنوان مثال دوم در نظر گرفته شده است. تعداد عناصر آرایه برابر ۳۵ و فاصله بین عناصر نصف طول موج لحاظ می‌گردد. نتایج سنتز پترن به ازای سه هسته مختلف در شکل زیر نشان داده شده است. خطای سنتز به ازای هسته‌های لژاندر، نمایی و بسل به ترتیب برابر ۰.۰۲۶۲، ۰.۰۲۵۶ و ۰.۰۳۴۷ است. مشاهده می‌گردد که استفاده از تبدیل انتگرالی با هسته نمایی برای الگوی تشعشی کسکانت، کوچکترین خطا و به ازای هسته بسل بیشترین خطا را به همراه داد.



شکل ۳. نتایج سنتز پترن مستطیلی با روش تبدیل انتگرالی به ازای سه هسته مختلف

### ۳. نتیجه‌گیری

در این مقاله، روش تبدیل انتگرالی با سه هسته مختلف نمایی، لژاندر و تابع بسل نوع اول در سنتز الگوی تشعشی آنتن‌های آرایه فازی خطی با فواصل برابر معرفی گردید. مشاهده گردید که با استفاده از انتگرال‌گیری از الگوی تشعشی مطلوب در بازه‌های مختلف، می‌توان به یک دستگاه معادله خطی با تعداد مجهولات و معادلات نابرابر دست یافت، به گونه‌ای که با حل این دستگاه به روش حداقل مربعات، مجهولات مساله یعنی ضرایب تحریک عناصر آرایه قابل محاسبه است. برای بررسی عملکرد روش سنتز با استفاده از تبدیلات انتگرالی و به ازای هسته‌های مختلف، الگوی تشعشی مستطیلی و کسکانت مورد مطالعه قرار گرفتند. نشان داده شده‌است، با وجود آن‌که دقت پاسخ نهایی برای تمام هسته‌ها در محدوده قابل قبولی قرار دارد، اما تابعیت الگوی مطلوب تاثیر مستقیمی بر دقت نهایی دارد.



## منابع

- [1] Prado, D. R., The Generalized Intersection Approach for Electromagnetic Array Antenna Beam-Shaping Synthesis: A Review, *IEEE Access*, 10, 2022.
- [2] Jamunaa, D., Mahanti, G. K., Hasoon, F. N., Synthesis of phase-only position optimized reconfigurable uniformly excited linear antenna arrays with a single null placement, *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 32, 2020.
- [3] Zhou, Z., Zeng, C., Chen, B., Fast Low-Sidelobe Pattern Synthesis for Linear Array Thinning Utilizing a Modified Iterative Chirp-Z Transform Technique, *IEEE Sensors Journal*, 21, 2021.
- [4] Sallam, T., Attiya, A., Low Sidelobe Cosecant-Squared Pattern Synthesis for Large Planar Array Using Genetic Algorithm, *Progress in Electromagnetics Research M*, 93, 2020.
- [5] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*. Hoboken, Nj, USA: Wiley, 2016.
- [6] Alijani, M. G. H., Neshati, M. H., Development a New Technique Based on Least Square Method to Synthesize the Pattern of Equally Space Linear, *International Journal of Engineering*, 32, 2019.
- [7] Alijani, M. G. H., Neshati, M. H., Development of a New Method for Pattern Synthesizing of Linear and Planar Arrays Using Legendre Transform with Minimum Number of Elements, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 70, 2022.
- [8] Boozari, M., Khalaj-Amirhosseini, M., Pattern synthesis of linear and ring arrays with minimum number of elements using FFT and Bessel transformation, *Scientific Reports*, 12, 2022.
- [9] R. J. Mailloux, *Phased Array Antenna Handbook*. Artech House, 2018.
- [10] Yang, X., Chen, Y., Zhao, Y., Pan, J., Guo, J., Yang, D., Application of KNN for Linear Array Pattern Prediction Based on the Active Element Pattern Method, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 22, 2023.
- [11] Boozari, M., Khalaj-Amirhosseini, M., Synthesis of unequally-spaced arrays using the fractional Fourier series, *Scientific Reports*, 12, 2022.



## فناوری سیال حفاری هوشمند

سودابه نیک‌منش<sup>۱\*</sup>، مهدی چگینی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه مهندسی شیمی / دانشکده مهندسی نفت آبادان / دانشگاه صنعت نفت ، آبادان  
<sup>۲</sup>گروه مهندسی نفت / دانشکده مهندسی نفت آبادان / دانشگاه صنعت نفت ، آبادان

*soudabeh.nikmanesh@put.ac.ir*

### چکیده

صنعت نفت و گاز با ظهور فناوریهای صنعت ۴.۰ در حال تحول قابل توجهی است که منجر به افزایش دیجیتالیسازی و برنامه های هوشمند در بخش های مختلف این صنعت شده است. در این مقاله الگوریتمهای متنوع هوش مصنوعی و سناریوهای کاربردی برای مدیریت هوشمند میدان نفتی با بهبود عملکرد حفاری و نقاط قوت و ضعف این روشها بصورت اجمالی ارائه شده است. سپس با تاکید بر نقش کلیدی سیال حفاری در تضمین حفاری کامل و ایمن چاه نفت، شیوه اندازه گیری، دسته بندی و آنالیز ویژگیهای شیمیایی، فیزیکی و رئولوژیکی سیال و پیشنهاد فرمول ساخت سیال متناسب با شرایط حفاری توسط فناوری دوقلوی دیجیتال در حین حفاری مورد بحث قرار گرفته است. این مطالعه پتانسیل هوش مصنوعی در ایجاد تحول دیجیتال در حوزه حفاری نفت را برجسته میسازد.

**واژه‌های کلیدی:** صنعت نفت و گاز ۴.۰، فناوری سیال حفاری هوشمند، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، دوقلوی دیجیتال



## ۱. مقدمه

پس از عصر موتور بخار Industry 1.0، عصر الکترونیسته Industry 2.0 و عصر اطلاعات Industry 3.0، در سال ۲۰۱۳، در Hannover Messe در آلمان، مفهوم Industry 4.0 و عصر هوشمندسازی به طور رسمی پیشنهاد شد. هدف Industry 4.0 استفاده از فناوری اطلاعات در متحول سازی صنعت است. صنعت نفت و گاز نیز از این دگرگونی مستثنی نیست؛ افزون بر اینکه تنگناهای نوظهور در روند عرضه و تقاضا چاره‌ای جز هوشمندسازی صنعت نفت و گاز باقی نمی‌گذارد. نیاز به منابع جدید نفت و گاز، تغییر معادله ژئوپلیتیک، افزایش محبوبیت انرژی‌های تجدید پذیر و نیاز به تعریف فرآیندها و تولید محصولات جدید از عوامل اثرگذار بر قدرت تأمین صنایع نفت و گاز می‌باشد. از سوی دیگر تغییر الگوی تقاضا و کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی نفت و گاز، تولید خودروهای برقی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، ملاحظات زیست - محیطی و قوانین سختگیرانه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای بازار تقاضای صنعت نفت و گاز را با چالش جدی روبرو می‌کند. چهار ویژگی زیر صنعت ۴.۰ را از نسخه‌های قبلی متمایز می‌نماید:

دیجیتال سازی<sup>۱</sup>: به معنی ترجمه حجم وسیعی از اطلاعات پیچیده به کد باینری توسط کامپیوتر است که هم افزایی و تصمیم سازی در این زمینه‌ها را بهبود می‌بخشد: "مدیریت دیجیتال چرخه عمر دارایی<sup>۲</sup>"، ارتباط موثر با مشتری تحت مفهوم "فراتر از شبکه<sup>۳</sup>"، ایجاد پلتفرم هم افزایی "اکوسیستم مشارکتی حلقه‌ای<sup>۴</sup>" و نوآوری در بهینه سازی انرژی با "انرژی دادن به انرژی‌های جدید<sup>۵</sup>".

خودکارسازی<sup>۶</sup>: به صنعت نفت و گاز کمک می‌کند که علی‌رغم کمبود نیروی متخصص، کمیت و کیفیت تولید را متناسب با بازار تقاضا حفظ کند.

مدولار سازی<sup>۷</sup>: به ساخت ماژول‌های پیش ساخته و نصب در محل بویژه در صنایع گاز و فراساحل اشاره دارد. که صرف زمان کمتر، کیفیت بالاتر و ریسک کمتر در اجرا را تضمین می‌کند.

هوشمند سازی<sup>۸</sup>: به دیجیتالی کردن فرآیندهای خسته کننده، آنالیز شرایط، تصمیم سازی و هدایت فرآیند توسط ماشین می‌پردازد. هم افزایی انسان و کامپیوتر برای کاهش هزینه و افزایش کارایی از اهداف هوشمندسازی است.

صنایع نفت و گاز ۴.۰ با بهره جستن از فناوریهای کلیدی زیر تغییرات چشمگیری رقم می‌زند:

کلان داده<sup>۹</sup>: توسعه روشهای گرد آوری، دسته بندی و پردازش حجم زیادی از داده‌های بدون ساختار یا ساختاریافته از منابع مختلف تعریف کرد که با مفاهیمی از قبیل: هوش مصنوعی<sup>۱۰</sup>، یادگیری ماشین<sup>۱۱</sup>، شبکه عصبی<sup>۱۲</sup> و ... مرتبط می‌گردد.

اینترنت اشیا صنعتی<sup>۱۳</sup>: تجهیز دستگاه‌ها و محیط کار به حسگرها، اینترنت و امکانات ارسال و دریافت داده توسط فناوری "اینترنت اشیا" صورت می‌گیرد. بواسطه این فناوری نظارت بر عملیات و شرایط عملیاتی از جنبه فنی و حتی ملاحظات ایمنی و اعمال تصمیمات استراتژیک از راه دور محقق می‌شود.

<sup>1</sup> Digitization

<sup>2</sup> Asset life cycle digital management

<sup>3</sup> Beyond the barrel

<sup>4</sup> Circular collaborative ecosystem

<sup>5</sup> Energizing new energies

<sup>6</sup> Automation

<sup>7</sup> Modularization

<sup>8</sup> Intelligentization

<sup>9</sup> Big Data

<sup>10</sup> Artificial Intelligence

<sup>11</sup> Machine Learning

<sup>12</sup> neural network

<sup>13</sup> IIoT

دوقلوی دیجیتال<sup>۱</sup>: به طور خلاصه، این یک فرآیند شبیه سازی فوق پیشرفته و دقیق با استفاده از مدل های فیزیکی و حسگرها برای به دست آوردن داده ها و نقشه برداری کامل در فضای مجازی برای انعکاس کامل فرآیند در طول چرخه حیات است. در این فناوری از تلفیق و یکپارچه سازی طیف وسیعی از فناوری های دیگر برای درک دقیق مساله استفاده می شود .

فناوری های ارتباطی بی سیم<sup>۲</sup>: در مقایسه با فناوری ارتباطات سنتی، فناوری بی سیم راه ارتباطی مقرون به صرفه تری است و برای عملیات تجهیزات در فواصل طولانی مناسب تر است.

واقعیت افزوده<sup>۳</sup> و دستگاههای پوشیدنی<sup>۴</sup>: هدف این فناوری قرار دادن دنیای مجازی روی صفحه نمایش کامپیوتر و تعامل آن با دنیای واقعی است؛ واقعیت افزوده در تلفیق با فناوری پوشیدنی علاوه بر امکانات سخت افزاری با پشتیبانی نرم افزاری، تعامل داده ها و تعامل ابری، عملکرد قدرتمندی در شبیه سازی محیط و شرایط عملیاتی/فرآیندی پیدا کرده است. نصب و تنظیم دوربین ها با زوایای مناسب روی لباس و یا در محیط کار نمونه ای از این فناوری هیبریدی است که بویژه برای آموزش نیروی متخصص خارج از محیط واقعی کاربرد دارد.

یک سناریوی کاربردی در بخش بالادستی صنایع نفت و گاز، سناریوی " میدان نفتی هوشمند"<sup>۵</sup> و استفاده از فناوریهای " کلان داده"، " اینترنت اشیا و دوقلوی دیجیتال" و "فناوری ارتباط بی سیم" است. میدان های نفتی هوشمند توسعه هماهنگ میدان نفت و گاز، معدن، تولید، تصمیم گیری و کاربردهای فناوری اطلاعات مدرن را شامل می شود. بعنوان نمونه هایی از کاربرد هوش مصنوعی در میدان هوشمند می توان به این موارد اشاره کرد: پیش بینی هوشمند و بهینه سازی مسیر چاه، ارزیابی هوشمند و بهینه سازی کیفیت سیمان کاری، طراحی هوشمند و بهینه سازی فرآیند شکست، طراحی هوشمند و بهینه سازی تکمیل چاه برای به حداکثر رساندن تولید و بازیابی، بهینه سازی کلی و تصمیم گیری هوشمندانه فرآیند حفاری، پیش بینی هوشمند و افزایش نرخ حفاری<sup>۱</sup> و هشدار و کنترل هوشمند خطرات حفاری که خود شامل دستیابی به توصیف دقیق ویژگی های سازند، پیش بینی دینامیکی رفتار جریان چاه، هشدار اولیه، کنترل کارآمد ریسک حفاری می باشد. کنترل ریسک حفاری بر اساس منابع داده های مختلف صورت می گیرد؛ مانند: تشخیص زمین شناسی و ... و الگوریتم های هوش مصنوعی مانند: دوقلو دیجیتال، بینایی کامپیوتری و کنترل هوشمند. در این مقاله به مرور کاربرد هوش مصنوعی در فناوری سیال حفاری می پردازیم. [۱]

## ۲. کاربرد تکنیکهای هوش مصنوعی در زمینه های مختلف مرتبط با حفاری

سیال حفاری از مهم ترین مفاهیم حفر موفق چاه نفت است و ساخت یک سیال حفاری بهینه تضمینی برای رفع بسیاری از چالشهای حفاری می باشد. با این حال، بدلیل پیچیدگی شرایط حین فرمولاسیون سیال حفاری، تعیین ویژگی، عملکرد آن در چاه و ارتباط آن با سایر پارامترهای حفاری چاه، گل های حفاری خواص وابسته به زمان را از خود نشان می دهند. علاوه بر اینکه شرایط چاله مانند اثرات دما و فشار روی عملکرد و ویژگیهای مورد نیاز سیال و افزودنیهای مناسب اثر می گذارد. این افزودنی ها اغلب از نظر اندازه، فعالیت شیمیایی، چگالی و انرژی سطحی متفاوت هستند. ایجاد رابطه عملکردی بین این پارامترها کاری چالش برانگیز است که به تکنیک های مدل سازی پیشرفته و همچنین تجربه انسانی نیاز دارد. تکنیک های هوش مصنوعی برای کاهش این چالش توسعه یافته اند. جدول یک کاربرد تکنیک های هوش مصنوعی زیر را در مطالعات مهندسی حفاری است، ارائه می دهد. شبکه عصبی مصنوعی<sup>۶</sup> (ANN)، منطق فازی<sup>۸</sup>،

<sup>1</sup> Digital Twin

<sup>2</sup> Wireless communication technologies

<sup>3</sup> AR

<sup>4</sup> Wearable device

<sup>5</sup> intelligent oil field

<sup>6</sup> ROP

<sup>7</sup> Artificial neural network

<sup>8</sup> FUZZY LOGIC

سیستم های هوشمند هیبریدی<sup>۱</sup>، الگوریتم های ژنتیک<sup>۲</sup> (GA)، ماشین های بردار پشتیبانی<sup>۳</sup> (SVM)، الگوریتم ازدحام ذرات<sup>۴</sup>. همچنین جدول ۲ پاره ای از نقاط قوت و ضعف این تکنیکهای هوش مصنوعی را خلاصه می کند. [۲]

جدول ۱. طبقه بندی تکنیک های هوش مصنوعی [۲]

ردیف	تکنیک هوش مصنوعی	کاربردها
۱	شبکه عصبی مصنوعی (ANN)	پیش بینی گردش از دست رفته، پیش بینی چگالی گل، پیش بینی ویژگیهای رئولوژیکی گل، پیش بینی های تلفات فیلتراسیون و نفوذپذیری کیک گل، پیش بینی الگوی جریان گل در حلقه چاه، تمیز کردن سوراخ و راندمان انتقال قلمه ها گل، سرعت ته نشینی قلمه ها در پیش بینی گل، پیش بینی افت فشار اصطکاکی
۲	منطق فازی FUZZY LOGIC	گردش خون از دست رفته، پیش بینی لوله گیر کرده، پیش بینی چگالی گل و پیامدهای ضربه
۳	سیستم های هیبریدی هوشمند HYBRID INTELLIGENT SYSTEMS	ضربات، گردش خون از دست رفته و اثرات شرایط فشار بالا در دمای بالا (HTHP) بر چگالی گل
۴	الگوریتم ژنتیک GENETIC ALGORITHMS	تعیین خواص رئولوژیکی، سرعت ته نشینی ذرات در گل حفاری
۵	ماشین بردار پشتیبان SUPPORT VECTOR MACHINES (SVMs)	پیش بینی الگوی جریان سیال، پیش بینی لوله گیر، پیش بینی افت فشار اصطکاکی، پیش بینی چگالی و ویسکوزیته، گردش خون از دست رفته و تخمین رئولوژی گل
۶	الگوریتم ازدحام ذرات PARTICLE SWARM ALGORITHM	گردش از دست رفته، تمیز کردن، نشستی چاه

الگوریتم های فوق بسته به نوع و کارکرد الگوریتم، پارامترهای ورودی نظیر: عمق چاه از سطح زمین و از سطح دریا، عمق حفاری، زمان حفاری، طول بخش حفره باز، بالای سازند آسماری از سطح زمین، شمال، شرق چاه، اندازه بیت، متوسط خروجی پمپ، فشار متوسط پمپ، وزن گل، درصد جامد گل، از دست دادن مایع گل، مقدار گردش از دست رفته، مقدار از دست رفته گردش در دو روز را دریافت و پارامترهایی خروجی نظیر: مربع حجم تلفات گل، مقدار گردش از دست رفته، الگوی جریان، سرعت پایانی، ویسکوزیته پلاستیک، بازیابی قلمه ها از آزمایش شیل ریزش، سرعت جریان گل و دهها پارامتر دیگر را محاسبه/پیش بینی می کنند.

جدول ۲. خلاصه ای از نقاط قوت و ضعف تکنیک های مختلف هوش مصنوعی [۲]

معیار	ANN	FUZZY	SVM	GA
استحکام در برابر صدا	بالا	بالا	بالا	بالا
سرعت همگرایی	آهسته	سریع	-	آهسته
مستعد بیش از حد تناسب هستند؟	بله اما بستگی به نحوه انجام آموزش دارد	-	خیر	-
داده های مورد نیاز	داده های عظیم مورد نیاز است	-	داده های کوچک مورد نیاز است	-
خود سازماندهی	بله	-	-	خیر
توانایی تعمیم	بله	-	بله	-

<sup>1</sup> HYBRID INTELLIGENT SYSTEMS

<sup>2</sup> Genetic Algorithm

<sup>3</sup> Support Vector Machines

<sup>4</sup> PARTICLE SWARM ALGORITHM

برای ارزیابی و مقایسه عملکرد این روشها در کاربردهای مختلف از پارامترها و روشهای ارزیابی متنوعی مانند پارامتر  $R^2$  و ... استفاده می شود. از کاربردهای دیگر هوش مصنوعی ( کلاسیک و شبیه سازی عددی مهندس سیالات حفاری) می توان به مطالعات عددی گردش از دست رفته اشاره کرد. این مدل گردش دینامیکی گل و انتشار شکست القایی را در سازند ترکیب می کند. این مدل یک مقدار تقریبی برای فشار چاه، نرخ از دست دادن سیال و مشخصات شکست در حین حفاری چاه ارائه می دهد. شبیه سازی عددی تأثیر زبری شکست بر دینامیک گردش از دست رفته گل حفاری با رفتار شبه پلاستیک از مطالعات دیگر در این حوزه است.

از کاربردهای منتخب شبیه سازی (مولکولی) در مهندس سیالات حفاری می توان به دینامیک مولکولی (MD) برای مطالعه ریزساختارهای بین لایه ای در حوزه شیمی سیالات، شبیه سازی های مولکولی را برای کمک به درک مکانیسم های پنهان آسیب رس انجام در زمینه واکنشهای شیمیایی و دینامیک مولکولی برای شبیه سازی سیستم های بازدارنده تورم خاک رس در زمینه افزودنیهای سیال حفاری اشاره کرد. از دیگر کاربردهای الگوریتمهای هوش مصنوعی، پایش درجا برای مسیر جریان گل حفاری است.

تغییرات دما و فشار چاه سازندها، ناهمگونی سنگ، ورودی و خروجی چاه حفاری شده و تعداد زیادی از عوامل دیگر باعث می شود اندازه گیری پارامترهای سیال حفاری و حفاری چالش برانگیز باشد. بنابراین، برای اطمینان از موفقیت در حفاری، بر همه پرسنل حفاری است که اطمینان حاصل کنند که فرآیند حفاری به طور مداوم، دقیق و در زمان واقعی نظارت می شود [۳]

### ۳. سیال حفاری

سیال حفاری، که بخش اساسی فرآیند ساخت چاه است، سیستم پیچیده ای است که برای انجام بسیاری از عملکردها و برآوردن الزامات و مشخصات متعدد، اغلب متناقض، مهندسی شده است. در حالی که حفظ پایداری چاه و کنترل چاه مسلماً مهمترین کارکرد سیالات حفاری است، پاکسازی چاه و حذف قلمه ها از چاه، آب بندی سازندهای نفوذپذیر، انتقال انرژی هیدرولیک به ابزارهای پایین چاه و مته، خنک کردن و روانکاری مته، از جمله عملکردهای دیگر قابل ذکر است. از الزامات کلیدی، حداقل خطر برای پرسنل، محیط زیست و تجهیزات حفاری برجسته است. با این حال، راندمان عملیاتی، تعمیر و نگهداری کم و هزینه در رتبه های بعدی لیست طولانی مزایا قرار دارند. در نهایت، مشخصات سیال حفاری ده ها ویژگی فیزیکی و شیمیایی مانند چگالی، رئولوژی، نرخ فیلتراسیون، نسبت فاز، ترکیب شیمیایی و غیره را پوشش می دهد [۴، ۵، ۶]. حفاری در سازندهای سنگی زیرزمینی یک فرآیند پیچیده است که توسط صنایع مختلف برای دستیابی به اهداف مختلف استفاده می شود. این عملیات حفاری می تواند ابزاری برای استخراج منابع انرژی، مانند مورد در صنایع نفت/گاز و انرژی زمین گرمایی، یا کاهش آلودگی دی اکسید کربن از طریق جداسازی زیرزمینی باشد. وجه مشترک در اکثریت قاطع عملیات حفاری استفاده از سیالات حفاری است. سیالات حفاری با استفاده از پمپ های سطحی به عنوان بخشی از ساختار دکل حفاری در داخل و خارج از چاه های حفاری شده به گردش در می آیند [۷]. سیال حفاری (گل) اهداف مختلفی را در عملیات حفاری انجام می دهد که مهمترین آنها سد کنترل اولیه چاه برای جلوگیری از ضربه و فوران است. سایر وظایف شامل: حذف و انتقال قلمه های تشکیل به سطح، حفظ ثبات چاه، تعلیق برش های مته در طول اتصالات، آب بندی سازندهای نفوذپذیر، به حداقل رساندن آسیب مخزن، خنک کردن، انتقال انرژی هیدرولیک. بنابراین کیفیت گل به طور مستقیم یا غیرمستقیم با اکثر مشکلات در عملیات حفاری مرتبط است. عوامل مختلفی مانند آلودگی ناشی از برش های مته، هجوم از مخزن (آب، آب نمک، یا روغن)، یا تخریب برشی پلیمرها در حین گردش سیال از طریق نازل های بیتی یا سایر تجهیزات سوراخ، منجر به افت خواص سیال می شود. هنگامی که خواص سیال خراب می شود، مشکلات مختلفی ایجاد می شود؛ مانند: رویدادهای کنترل چاه، ناپایداری چاه، تمیز کردن سوراخ، رویدادهای بسته کردن، از دست دادن بیش از حد سیال، و آسیب احتمالی مخزن است [۶]. خواص فیزیکی و شیمیایی سیال حفاری، مانند چگالی و خواص رئولوژیکی آن، تأثیر بسزایی در پردازش و کنترل شرایط چاه دارد. اندازه گیری و بهینه سازی بی درنگ عملکرد سیال حفاری می تواند سرعت نفوذ ROP را افزایش دهد. اگر خواص سیال حفاری را نتوان در هنگام تغییر سازند به دست آورد، امنیت حفاری به شدت تهدید می شود. بنابراین، اندازه گیری بلادرنگ می تواند عملکرد

سیال حفاری را فوراً تشخیص داده و تنظیم کند. این در حالی است که فناوریهای فعلی اندازه‌گیری خواص سیال حفاری نمی‌تواند نیازهای اندازه‌گیری زمان واقعی را برآورده کند.

خواص رئولوژیکی سیال حفاری به ویژگی‌های جریان و تغییر شکل تحت تأثیر نیروی خارجی اشاره دارد. خواص رئولوژیکی سیال حفاری برای تعیین‌های این موارد ضروری است: تخمین راندمان تمیز کردن سوراخ‌ها، محاسبه تلفات فشار اصطکاکی در لوله‌ها و حلقه‌ها، تعیین چگالی گردشی معادل<sup>۱</sup> در شرایط پایین چاله، تعیین رژیم جریان غالب در لوله‌ها و حلقه‌ها، تخمین فشار سواب و موج، و بهینه‌سازی هیدرولیک برای بهبود راندمان حفاری.

اندازه‌گیری فعلی خواص رئولوژیکی از یک ویسکومتر چرخشی Couette با کنترل دستی معمولی استفاده می‌کند. فناوری اندازه‌گیری بی‌درنگ رئولوژی سیال حفاری عمدتاً شامل چهار روش زیر است: (۱) ویسکومتر Couette چرخشی آنلاین، (۲) ویسکومتر لوله، (۳) مدل ریاضی و فیزیکی یا مدل هوش مصنوعی بر اساس کیف مارش و (۴) فن آوری چنگال تنظیم روش‌های هوش مصنوعی برای تخمین دقیق‌تر خواص رئولوژیکی در زمان واقعی بر اساس پارامترهایی مانند ویسکوزیته کیف مارش، وزن گل و محتوای جامد استفاده می‌شوند [۸].

سیالات حفاری بر اساس خواصشان به دو گروه بزرگ تقسیم می‌شوند، به عنوان گل‌های مبتنی بر آب<sup>۲</sup> و مایعات غیرآبی<sup>۳</sup>، در گروه دوم، گل‌های مبتنی بر نفت<sup>۴</sup> و گل‌های مبتنی بر مصنوعی<sup>۵</sup> اغلب متمایز می‌شوند.

طراحی سیال حفاری اغلب یک هنر در نظر گرفته می‌شود. هنرمندان (مهندسان توسعه محصول) سیستم‌های پیچیده‌ای را با استفاده از افزودنی‌های شیمیایی مختلف که با دقت بین صدها نمونه انتخاب شده‌اند، فرموله می‌کنند. سیال باید خواص مورد نیاز و پیش‌بینی شده را در طیف وسیعی از شرایط نشان دهد و این خواص با افزودن مواد شیمیایی کاربردی قابل تنظیم است. افزون بر اینکه فرمولاسیون باید در طول گردش طولانی مدت در دما و فشار و در تماس با جامدات و سیالات مخزن پایدار بماند. سیالات حفاری معمولاً با الزامات خاص مربوط به نوع سازند، لجستیک، مکان و غیره طراحی می‌شوند. برای شرکت‌های خدماتی معمول است که ده‌ها سیستم سیال در کارنامه خود داشته باشند تا شرایط مختلف حفاری را پوشش دهند [۶، ۹، ۱۰].

#### ۴. دوقلوی دیجیتال رئولوژی سیالات حفاری<sup>۶</sup>

عملیات حفاری موفقیت آمیز به شدت به طراحی مناسب، نظارت و تنظیم سیالات حفاری (گل) بستگی دارد. اگرچه خواص رئولوژیکی سیال حفاری باید در شرایط استاندارد API اندازه‌گیری شود، این اندازه‌گیری‌ها معمولاً در دمای محیط با استفاده از روش‌ها و ابزار سنجش سطح زمان واقعی انجام می‌شوند. این ویژگی‌ها می‌توانند در شرایط استاندارد HPHT و API به طور قابل توجهی متفاوت باشند. هنگامی که ترکیب گل در سطح تنظیم می‌شود، خواص رئولوژیکی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. برآورد دقیق در زمان واقعی خواص رئولوژیکی در استاندارد API و شرایط HPHT پایین چاه برای کنترل مناسب چاه، پایداری چاه و تمیز کردن سوراخ ضروری است.

در حین عملیات حفاری، سیال حفاری (گل) با افزودن تخصیص مناسب روغن پایه، آب و مواد شیمیایی مختلف تصفیه می‌شود. هدف حفظ یا تغییر خواصی مانند چگالی (وزن گل)، خواص رئولوژیکی، شوری، خواص HTHP و غیره است. می‌توان با استفاده از مقدار قابل توجهی از داده‌های جمع‌آوری شده در طول سال‌ها، به‌ویژه داده‌های آزمایشگاهی سیالات حفاری هنگام طراحی گل برای عملیات میدانی و دسته‌بندی و آنالیز آن توسط الگوریتم‌ها و فناوری‌های تحلیل پیش‌بینی‌کننده، مدل‌های پیش‌بینی دقیق‌تری را برای خواص رئولوژیکی سیالات

<sup>1</sup> ECD

<sup>2</sup> WBM

<sup>3</sup> NAF

<sup>4</sup> OBM

<sup>5</sup> SBM

<sup>6</sup> Digital Twin of Drilling Fluids Rheology

حفاری ایجاد کرد. سپس این مدل‌ها در یک مدل تجزیه و تحلیل تجویزی جدید توسعه یافته گنجانده می‌شوند که تخصیص مناسب مواد شیمیایی مختلف را برای تصفیه خودکار گل توصیه می‌کند. دوقلوهای دیجیتالی که شبیه سازی مدرن تلفیقی با استفاده از ابزار متنوع هوش مصنوعیست، برای نظارت بر خواص رئولوژیکی HTHP سیال حفاری و قابلیت انتقال قلمه‌ها توسعه داده شدند.

دوقلوهای دیجیتال از طریق یک فرآیند حلقه بسته ساخته می‌شوند: (۱) طراحی مفهومی (دوباره) با در نظر گرفتن اهداف ارزش افزوده، داده‌های تاریخی و داده‌های زمان واقعی، (۲) پیاده‌سازی تجزیه و تحلیل و استقرار در یک محصول، و (۳) اجرا/بهره‌برداری برای یک دوره زمانی و تعمیر و نگهداری این فرآیند به صورت دوره‌ای برای بهینه‌سازی محصول بر اساس بازخورد از مرحله تکرار می‌شود. این مدل‌های پیش‌بینی سریع و دقیق را می‌توان در یک چارچوب تجزیه و تحلیل تجویزی برای برنامه‌ریزی سیستم حفاری سیال و برای تصمیم‌گیری در عملیات‌های زمان واقعی دکل مستقر کرد [۱۱، ۱۲]

سیستم مشاوره سیال حفاری یا Drilling Fluid Advisory System یک سیستم هوشمند است که برای کمک به عملیات حفاری در صنعت نفت و گاز استفاده می‌شود. سیال حفاری معمولاً شامل آب، گل، پلیمرها و مواد شیمیایی دیگر است. سیستم مشاوره با استفاده از الگوریتم‌ها و قوانین مشخصی، در زمینه مشخصات سیال حفاری و شرایط حفاری، توصیه‌هایی را به مهندسان حفاری ارائه می‌دهد. این سیستم می‌تواند به طور خودکار پارامترهایی مانند غلظت پلیمرها، وزن مخصوص مایع حفاری، pH مایع، و غیره را کنترل کند و در صورت نیاز توصیه‌هایی برای تغییرات در مایع حفاری ارائه دهد. با استفاده از سیستم مشاوره، می‌توان بهبود کارایی و کیفیت حفاری را افزایش داد و همچنین مشکلات احتمالی مرتبط با مایع حفاری را کاهش داد. این سیستم می‌تواند به مهندسان حفاری کمک کند تا تصمیمات بهتری در مورد ترکیب مایع حفاری، تنظیمات مایع حفاری و روند حفاری اتخاذ کنند و در نتیجه، عملکرد و ایمنی حفاری را بهبود بخشند [۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶].

## ۵. نتیجه گیری

در این مقاله سعی شد اهمیت بهینه‌سازی فرمولاسیون سیال حفاری در تضمین ایمنی و کیفیت فرآیند حفاری ملموس گردد. همچنین با در نظر داشتن لزوم تصمیم‌گیری سریع و دقیق در انتخاب و ساخت سیالی با ویژگیهای سفارشی متناسب با شرایط حفاری، پتانسیل هوش مصنوعی و فناوریهای وابسته آن مانند شبیه‌سازی به‌عنوان پیشرفته دوقلوی دیجیتال معرفی گردید.

## منابع

- [1] Lu, H., Guo, L., Azimi, M., Huang, K., 2019. Oil and Gas 4.0 era: A systematic review and outlook, *Computers in Industry*, 111, 68-90.
- [2] Li, G., Song, X., Tian, S., Zhu, Z., 2022. Intelligent Drilling and Completion: A Review, *Engineering*, 18, 33-48.
- [3] Agwu, O., Akpabio, J., Alabi, S., Dosunmu, A., 2018. Artificial intelligence techniques and their applications in drilling fluid engineering: A review, *Petroleum Science and Engineering*, 167, 300-315.
- [4] Gul, S., 2021. Machine Learning Application in Drilling Fluid Engineering: A Review, 40th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, Austin, Texas, USA.
- [5] Jiang, G., Dong, T., Cui, K., He, Y., Quan, X., Yang, L., Fu, Y., 2022. Research status and development directions of intelligent drilling fluid technologies, *Petroleum Exploration and Development*, 49, 660-670.



- [6] Petryshak, O., Makarychev-Mikhailov, S., Mahfoudh, F., Arevalo, Y., Antoniuk V., Serhiy Seredynskyy, S., Schlumberger, 2022. Drilling Fluids Recommender System — Artificial Intelligence in Action, AADE Fluids Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas, USA.
- [7] Aljbran, M., AlBahrani, H., Ramasamy J., 2022. Drilling Fluid Properties Prediction: A Machine Learning Approach to Automate Laboratory Experiments.
- [8] Liu, N., Zhang, D., Gao, H., Hu, Y., Duan, L., 2021. Real-Time Measurement of Drilling Fluid Rheological Properties: A Review, *Sensors* 2021, 21, 3592.
- [9] Seyni Mahamadou, A., Jun, G., 2024. Machine learning and Artificial Intelligence Techniques to Expect Drilling Fluid Density, Rate Infiltration and Loss Circulation Anticipation.
- [10] Ugochinyerem Nlmedim, P., Onyejiuwa Chime, T., Omotioma, M., Nwankwo Archibong, F., Aroh Ajah, S., 2023. Comparative study of bentonite and Ikwo clay for oil-based drilling mud formulation, *Geoenergy Science and Engineering*, 229, 212089.
- [11] Ettehadi, R., Onegova, E., Fevang, F., Knizhnik, A., Postovalov, S., Brevik, J., Thompson Jr, C., Egorenkova, T., and Nils K., 2023. Autonomous Drilling Fluid Management System - Development of Fluid Advisory System and First Lab Trial, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, Texas, USA.
- [12] D'Almeida, A., Bergiante, N., Ferreira, G., Leta, F., Lima, C., Lima, G., 2022. Digital transformation: a review on artificial intelligence techniques in drilling and production applications, *Advanced Manufacturing Technology*, 19, 5553–5582.
- [13] Shirangi, M., Aragall, R., Ettehadi, R., May, R., Furlong, E., Jr, T., Dahl, T., 2022. Development of digital twins for drilling fluids: local velocities for hole cleaning and rheology monitoring, *Energy Resources Technology*, 144, 123003.
- [14] Shirangi, M., Ettehadi, R., Aragall, R., Furlong, E., May, R., Dahl, T., Samnejad, M., Thompson, C., Hughes, B., 2020. Digital Twins for Drilling Fluids: Advances and Opportunities, IADC/SPE International Drilling Conference and Exhibition, Galveston, Texas, USA.
- [15] Samnejad, M., Shirangi, M., Ettehadi, R., Hughes, B., 2020. A Digital Twin of Drilling Fluids Rheology for Real-Time Rig Operations, Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA.
- [16] Shirangi, M., Ettehadi, R., Jr, C., Furlong, E., Hughes, B., 2022. Digital Twins for Automated Treatment of Drilling Fluids, 2022 AADE Fluids Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas, USA.



# Evaluating Semantic and Syntactic Similarity for Plagiarism Detection in English Using NLP

Mahsa Khajeh Zadeh<sup>1\*</sup>, Meisam Zaifar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of English Language Teaching, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

\*Email: mahsakhz@gmail.com

**Abstract**— Manually detecting plagiarism in the huge volume of published documents is not feasible. Existing automatic plagiarism detection tools mostly focus on lexical matching, missing semantic and syntactic aspects of plagiarism. A challenging area of plagiarism detection is the semantic area which is the combination of lexical and syntactic conversions. NLP can be exploited to analyze the semantic similarity and detect document plagiarism. Hybrid methods, made by a combination of different kinds of algorithms, have proven to be more comprehensive. In this study an existing hybrid similarity algorithm is improved and a plagiarism detection method and plagiarism score is defined to compare document plagiarism levels. The results on MASRP dataset show a few percent improvement in all similarity evaluation criteria, including accuracy, precision, recall and F-measure. Moreover, the document plagiarism score shows a good reflection of the amount of plagiarism detected in the documents. Our tests on CPSA corpus verify that the defined plagiarism score correlates to the level of plagiarism in the suspicious document.

**Keywords**- *Semantic Similarity, Syntactic Similarity, Plagiarism, NLP*





## 1. Introduction

Plagiarism is a type of intellectual theft, by using others' thoughts, ideas or words, without crediting them [1]. Plagiarism can be done as the form of deliberate cheating or unintentional copying from a source without citing the source. Plagiarism detection can happen extrinsically and intrinsically. In extrinsic detection, suspicious document is compared with a set of source documents, while in intrinsic detection, author's writing style is evaluated and compared with of the source document [2].

With huge amounts of public text documents on the Internet, plagiarism has become a serious and big concern, as manually detecting plagiarism is in-fact infeasible [3]. Natural Language Processing (NLP), which is the field of processing texts using computer algorithms, can be exploited to measure and analyze the similarity between two pieces of text, looking for plagiarism [4]. Text similarity measures are the base for plagiarism detection in language documents.

Existing plagiarism detection tools such as Turnitin, iThenticate, PlagScan, etc. do not fully capture all forms of plagiarism, since they are mostly focused on lexical similarity. A hybrid detection tool, such as the one in [5], incorporates semantic, syntactic, and structural features of the text as well to detect new and complex plagiarism patterns, including obfuscation plagiarism, paraphrasing, and summarization.

The main goal of this study is achieving high performance in detecting plagiarized texts in English documents using a novel hybrid semantic / syntactic similarity detection system. We propose an improved text similarity detection algorithm, and use it to introduce a document similarity score to evaluate the level of plagiarism in documents. Our experimental results show improved similarity detection and proper correlation between the proposed plagiarism score and the actual document plagiarism levels.

The rest of this paper is organized as follows: Section 0 provides a brief background on the concepts used in the study, while Section 0 discusses state of the art related work. The design of the proposed method is elaborated on in Section 0, while its implementation details and experimental results are presented in Section 0. Section 0 concludes the paper.

## 2. Background

Detecting plagiarism in academic and professional texts requires a systematic and automated approach on processing various features of a suspicious piece of text, while comparing them to an original writing.

### a. Natural Language Processing (NLP)

Computational linguistics (CL) is an area of linguistics that exploits the processing power of computers to quickly process such volumes of data with high accuracy. In NLP, as a subfield of CL, the computers are taught to model, understand and interpret texts [6]. NLP exploits rule-based modeling of human language and combines it with statistical and machine learning models to convert language into machine-understandable formats. Some linguistics-related applications of NLP are text classification, machine translation, question answering, text similarity, plagiarism detection, and text summarization.

### b. NLP Tools

NLP requires computer tools that automate or assist the processing workflow. Python is an easy-to-use computer programming language that has been widely utilized in software that analyze textual data. Two of the most popular NLP text analytic frameworks in Python are NLTK [7] and spaCy [8].



NLTK is a library with more than fifty corpora and lexical resources including ontologies such as WordNet [9]. spaCy is a newer library which selects the best functions and algorithms to make NLP tasks efficient in terms of performance and implementation [10].

#### c. *NLP Operations and Techniques*

Various operations and techniques are used in an NLP workflow, which can be divided into three groups: *preprocessing*, *main processing*, and *post-processing*. The most applicable pre-processing techniques are tokenization, stop word removal, stemming, lemmatization, part of speech (POS) tagging, abbreviation expansion, and named entity recognition (NER) [10]. In main processing, text undergoes a number of application-specific steps. Two of the main operations in plagiarism detection are text transformation (into intermediary formats -usually numerical - to simplify computer processing) and similarity evaluation.

Traditionally, there are three types of similarity evaluation methods: lexical, syntactic and semantic methods [1], while neural-network based methods have recently been added to the list. Lexical methods such as bag of words and N-gram, deal with textual and character similarity. Semantic similarity methods are categorized in four groups: knowledge-based, corpus-based, deep-neural-network based, and hybrid. Syntactic similarity methods, dealing with sentence syntax, use Part of speech tagging (POS), lemmatization, and chunking techniques [11].

Once the main processing is applied to the text, post-processing converts the results to a desirable final format.

### 3.Related Work

In this section, a clustered review of NLP-based plagiarism detection research is provided. In particular, various studies on semantic and syntactic similarity detection mechanisms are reviewed.

#### d. *Knowledge-Based Semantic Methods*

In Knowledge-based methods, the semantic similarity between two phrases of texts is calculated based on preexisting lexical databases such as dictionaries, thesauri, etc., to decrease the ambiguity level of similarity between words. Four lexical databases that are extensively exploited in such methods are WordNet, Wiktionary, Wikipedia and BabelNet. WordNet [9] is a handmade ontological network, exploited in over 200 languages and can be utilized to find the semantic relationship such as synonyms, hyponyms and meronyms between words. It includes synonyms which are categorized into different groups that are semantically equivalent (synsets).

Knowledge-based methods can be categorized into three groups: feature-based methods, edge-counting methods, and information-content (IC) based methods [12]. In feature-based methods, similarity between two words is evaluated based on common and uncommon properties of the two words such that, the similarity is rising when the number of common properties increases or the number of uncommon features decreases (Sánchez, Batet, Isern, & Valls, 2012). The work in [13] measures the semantic similarity based on the glosses of concepts found in Wikipedia. Kiros, et al. introduced an approach called Skip-thought based on sentence vector representation, trained to predict adjacent sentences from the target sentence [14].

Edge-counting (path-based) techniques are knowledge-based methods, first proposed by Rada et al [15], where measuring similarity between two terms is performed based on the number of edges between words in a graph extracted from the knowledge base. Wu and Palmer [16] further the method



by proposing  $wup$ , where, in addition to counting the number of edges between two target words, the depth of the words in the graph is also considered.

Another set of knowledge-based methods take advantage of the words' IC, that is the extent the word clearly specifies a concept [17]. IC can be represented by measures such as TF/IDF of a word in a corpus or the word's depth in an ontology graph. To increase accuracy, some approaches combine various knowledge-based methods, such as hybrid IC-based/graph-based similarity measures, or a combination of multiple graph-based metrics [12].

#### e. *Corpus-Based Methods*

Corpus-based methods depend on interpreting big corpora to find the similarity between words. In word embedding, words are represented by vectors extracted from various corpora [18]. Some pre-trained word embedding models such as word2vec, GloVe, fastText and BERT are extensively utilized in corpus-based methods [12]. Vector distance measures such as cosine similarity measure are used to quantify the similarity between words [18].

Li et al. [19] proposed a method to find the sentence similarity based on calculating word-to-word similarity in very short texts. A word is represented as a numerical vector with the help of analyzing a big corpus (VSM). Another method proposed by Lee, Chang, and Hsieh (2014) is designed to find the semantic similarity between two sentences especially long sentences as well as sentences which have complex syntax or arbitrary patterns and grammars. This method takes advantage of sentence structure and corpus-based ontology.

Other corpus-based approaches were proposed in [20] and [21] to evaluate the accuracy level of a posted news in social media as a status update by a user. The approach in [20] uses a combination of knowledge and corpus-based methods, to identify paraphrased sentences.

#### f. *Hybrid Methods*

This section reviews various hybrid semantic similarity methods. Pawar and Mago [22] further the point and suggested a methodology to calculate the similarity between words and consequently sentences and paragraphs by combining both WordNet and corpus analysis which affects the similarity in specific domains. They initially utilized word tokenizer and parts of speech (POS) tagging technique to identify words for comparison. In addition, they utilized 'Max similarity' algorithm to disambiguate the implication of the word, while calculating the path distance in WordNet.

Three distinct methodologies named Most Suitable Sense Annotation (MSSA), MSSA N Refined (MSSA-NR), and MSSA Dijkstra (MSSA-D) were proposed in [23] to make word implication embedding. Disambiguation of word implication is done by utilizing one of the mentioned methods and a given corpus. Each word in the given corpus is related with a synset in WordNet.

Unsupervised Ensemble Semantic Textual Similarity method (UESTS) is another hybrid semantic method, proposed in [24]. Four distinct semantic similarity measures namely synset-based word aligner, soft cardinality measure, word embedding measure, and word-sense edit distance are calculated to find the overall similarity.

The work in [1] have proposed a system which uses a combination of linguistic features like path similarity and depth estimating with Dice measure to detect semantic similarity between two sentences.

In another recent hybrid similarity study, the work in [5] suggested a new approach in which a combination of different measures such as word-to-word (W2W) similarity, structure-based (ST) similarity and word order (WO) similarity are measured to find the overall similarity between a pair of sentences. In this approach, a sentence structure graph, called Discourse representation structure (DRS) is utilized to calculate the structure similarity. An NLP tool called C&C parser [25] is utilized to analyze the sentences and extract the syntax structure of the sentences. The output of this process is a syntax tree, that is given to a tool called Boxer [25] to extract a directed DRS graph. As shown in Figure 1. in DRS, the nodes are the words of a sentence and the semantic relations between the words are represented by edges.

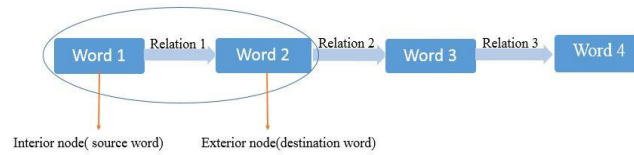


Figure 1. Discourse Representation Structure (DRS) graph

The structure similarity between two sentences is calculated based on their DRS graphs using: (1) the similarity of the relation names based on a pre-defined lookup table, (2) and (3) the similarities of their interior words and their exterior based on word embedding (Google Word2Vec), as shown in Equations (1) and (2)s [5]:

$$RelSim(R_1, R_2) = \frac{Sim(I_1, I_2) + Sim(E_1, E_2)}{2} \times NameSim(R_1, R_2) \quad (1)$$

$$Sim_{st}(S_1, S_2) = \frac{\sum_{i=1}^n \max Sim(R_i, S_2) \times W_{R_i}}{\sum_{i=1}^n W_{R_i}} \quad (2)$$

where  $Sim(R_i, S_2)$  is the highest similarity between the relation  $R_i$  in  $S_1$  and any relation in  $S_2$ . A specific weight ( $W_R$ ) is considered for each relation that reflects its importance, as hypothesized in [5].

W2W similarity is calculated using word embedding as in Equation (3).

$$Sim_w(S_1, S_2) = \frac{\sum_{i=1}^n Sim(w_i, S_2)}{n} \quad (3)$$

where,  $Sim(w, S) = \max Sim(w, w_j)$  for  $w_j \in S$  and  $j = 1$  to  $m$

WO similarity of two sentences is then calculated using Equation (4), where a union set of words of two sentences is made. Then, for each sentence, a vector is constructed to show the order of the words of the sentence.

$$Sim_{or}(S_1, S_2) = 1 - \frac{\|V_1 - V_2\|}{\|V_1 + V_2\|} \quad (4)$$

where  $V_1$  and  $V_2$  are the vector order of the first and second sentences respectively.

Finally, the total similarity is calculated by combining the three similarity metrics as shown in Equation (5).

$$Sim(S_1, S_2) = 0.5 \times Sim_{st}(S_1, S_2) + 0.3 \times Sim_w(S_1, S_2) + 0.2 \times Sim_{or}(S_1, S_2) \quad (5)$$



g. *Similarity for Plagiarism*

Text similarity is the foundational mechanism for detecting plagiarism. Recent research on plagiarism detection has moved beyond character-based similarity towards other text similarity methods that pay attention to the meaning and context of the document. In these methods, initially a set of candidate documents are selected from a large library, to be checked against the document under evaluation (a.k.a. the suspicious document) for potential plagiarism. Subsequently, the documents are pre-processed using NLP techniques to extract lexical, semantic, and syntactic features. This step prepares the documents for a thorough analysis using NLP-based similarity evaluation techniques. After applying semantic, syntactic, lexical, and structural similarity techniques, pieces of the suspicious document that have similarity to candidate documents are detected and marked [1].

Vani and Gupta [26] designed a semantic-syntactic based using WordNet and linguistic features to detect plagiarism. The works in [27], and [28] proposed approaches in which some semantic measures and POS tagging, with limited and improper usage of semantic and syntactic information. Alzahrani et al. [29] presented another plagiarism detection technique in which part of speech tag information and WordNet measures are used. In the method proposed in [30] a set of source documents is constructed using VSM. Then a graph-based approach is employed to find all similar sentences and paragraphs in suspicious and source documents. Alvi, et al. [31] have designed a method to detect paraphrasing by plagiarists. In this method, two significant types of paraphrasing, namely synonymous substitution and word reordering are addressed. Identical text segments in source and suspicious sentences are identified and used for detecting word reordering, utilizing permutations and various paraphrase patterns.

#### 4. The Proposed method

This section presents the detailed description of the method we propose for plagiarism detection. As depicted in the Figure 2. diagram, a dataset of source and suspicious documents is used to find the plagiarized parts of any source document in a candidate suspicious document. For detecting plagiarism in any suspicious document a plagiarism score between the suspicious and any potential source document, denoted by  $P(D_s, D_p)$  is calculated. First, for every sentence  $S$  in the suspicious document  $D_p$ , to find the most similar sentence to it in the source document  $D_s$ , a max similarity score is calculated, as in Equation (6).

$$MaxSim(S,D) = Max(Sim(S,S'_i)) \forall S'_i \in D_s \quad (6)$$

The  $Sim(S,S'_i)$  function in Equation (6) calculates the similarity score between two sentences. Subsequently, the plagiarism score  $P(D_s, D_p)$  is calculated as the average of  $MaxSim(S_k, D_s) \forall S_k \in D_p$ . In this research, the method in [5] is also extended to improve WO similarity, which improves the sentence similarity method in [5].

h. *Document and Sentence Selection*

At the very first step, the lists of source and suspicious documents are prepared. A suspicious document is chosen from that list and compared with all listed source documents, one by one. In this process, the target and the source documents are tokenized in their sentences, using NLTK. In the second step, sentences with the length less than five and greater than forty words are ignored in suspicious and the source document which is compared with. Then, one sentence of the rest of suspicious document is chosen and preprocessed. Moreover, the sentences with less than three words in common are not compared (as they will have a low similarity).

i. *Preprocessing*

In the preprocessing stage, the chosen sentence is word tokenized and all its words are converted in lower-case. In addition, all punctuations and stop words are eliminated. This preprocessing is also done for all sentences of the source documents. After preprocessing, the sentences are ready for plagiarism check. The sentence is also sent to the C&C parser and boxer tools to extract the DRS.

i. *Corpus-based word embedding*

Corpus-based word embedding uses a corpus and the association of words to corpus documents to detect word similarity. In this study, we use the google word2vec model (W2V). The original pre-trained model includes about 100 billion words and requires remarkable memory (3GBs) to handle. As such, it is common to use a pruned version of the model, with about 44K of the most common words, which holds the accuracy of the original model, while being able to run in an ordinary computer system.

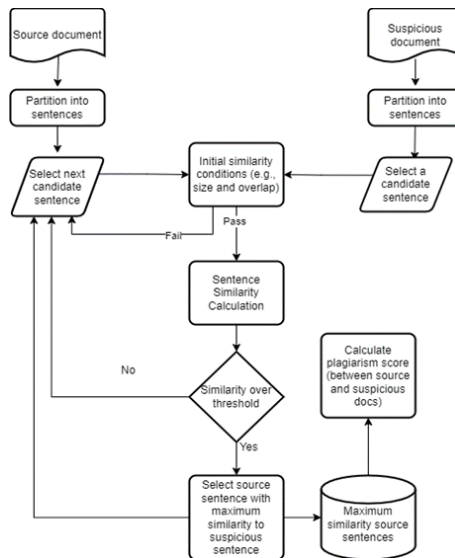


Figure 2. The block diagram for the proposed plagiarism detection method

## 5. Experimental Results

This section focuses on presenting the analyses and results of our research. We will describe the experimental setup as well as various datasets and test scenarios to evaluate the implemented methodology.

j. *Datasets*

Two datasets are used to evaluate the proposed method. The MSRP corpus [28] provides 5800 pairs of sentences extracted from news sources on the web and is useful for sentence similarity evaluation. The sentences are manually annotated using a binary annotation (0 or 1), indicating whether the pair are paraphrase of each other, hence semantically equivalent, or not. Corpus of Plagiarized Short Answers (CPSA) [33] is created by answering five different questions. The original answer is taken from Wikipedia. Then for each answer, 19 participants were asked to revise the answer text using four categories, as shown in TABLE I.



TABLE I. DESCRIPTION OF VARIOUS REVISION CATEGORIES IN THE CPSA

Revision Level	Description
<b>Cut</b>	The participant is asked to almost identically cut and paste the original document
<b>Light</b>	The participant is asked to make light modifications to the original document, trying to make it different
<b>Heavy</b>	The participant is asked to make heavy modifications to the original document, trying to make it significantly different
<b>None</b>	The participant is trained with some material, outside Wikipedia and asked to provide an own description of the topic

k. *Experimental Setup*

The tests have been done on a computer system with Intel Core i7 4-core processor and 12GB of RAM. The Python code is running on the Windows operating system (OS) of the system, while the C&C parser and Boxer tools run on a Linux OS virtual machine running on the same machine. The Python and C&C/Boxer tools communicate using on-node network connections.

l. *Evaluation Criteria*

In order to properly evaluate the proposed method, we need to define evaluation criteria that properly represent the performance of the proposed algorithm. We use confusion matrix for binary classification and its relevant metrics including accuracy, precision, recall, and F-measure (Bonnin, 2017).

m. *Experimental Results and Evaluations*

i. *Sentence similarity experiments using MSRP dataset*

As previously described, the MSRP dataset provides a set of sentence pairs with a binary similarity label. This dataset has been used in our base paper ([5]) to evaluate their algorithm. Therefore, we also use it to evaluate our method and implementation and compare it to the base paper. First, we implement the base paper algorithm and collect the results, according to the evaluation criteria described above. Then a number of algorithm parameters are altered and our suggested method is also implemented.

1. *Alternative Sentence Similarity Method*

TABLE II. lists various scenarios we have tested to compare with the base paper. Particularly, in our alternatively proposed sentence similarity method (as in scenario T10, T14 and T15 in TABLE II. , the word order similarity calculation of the base paper ([5]) is altered to account for potential synonymous replacements in paraphrasing. Essentially, we look for words with a word semantic similarity score of at least  $W_m$  of 0.8 (rather than an exact match), and measure word order similarity not only among exact word matches, but also among highly similar words (hence the default parameter values  $S_m=0.45$ ,  $W_m=0.8$ ).



TABLE II. VARIOUS TEST SCENARIOS IN OUR EVALUATION

Scenario	Description
<b>T1</b>	The algorithm implemented in base paper ([5])
<b>T2</b>	Consider a minimum value (0.5) for structure similarity score, below which the sentences will be considered non-similar
<b>T6</b>	Apply a relation threshold between sentence lengths of the two sentences, below which they are considered non-similar
<b>T8</b>	Base paper with altered similarity coefficients (0.65 to ST, 0.25 to W2W and 0.1 to WO similarity)
<b>T10</b>	Instead of matching exact words in WO similarity, consider words with W2W similarity $\geq 0.8$
<b>T14, T15</b>	Instead of using corpus based word2vec for word similarity score (as in [5]), use Wordnet path similarity score (use it for WO in T14, and for W2W in T15)
<b>T16</b>	Average of Wordnet path similarity and word2vec similarity for similarity calculation in all similarity scores
<b>T17</b>	Using non-TF/IDF cosine similarity instead of W2vec-based for all similarity measures
<b>T19, T20</b>	Using Wordnet-based similarity measures (T19: WUP, T20: LCH) for all similarity calculations

The evaluation criteria are measured for ten of the best test cases, as in Figure 3. Scenarios T10, T14 and T19 show the best average of the metrics, particularly with highest precision, recall and f-measure values. T10 and T14 are the cases where we have used word similarity (as opposed to exact match used in [5]) to measure sentences word order similarity. This provides about 3% recall improvement while improving other metrics.

ii. *Document Plagiarism Results using CPSA*

In the previous section, the performance of the proposed method in detecting paraphrasing plagiarism in a sentence was verified. This section examines the proposed method for detecting plagiarism in a document using the CPSA [33], as presented in Figure 4. Various similarity detection algorithms are employed and the plagiarism score is calculated for each suspicious document, compared to its source document.

The results highlight the effect of using these algorithms on the document plagiarism scores proportional to the degree of plagiarism. Higher plagiarism scores are expected for documents with higher degree of plagiarism in the CPSA corpus. For example, in person A's revision of document D, a near cut and paste of the original document D is presented. The proposed algorithm detects all sentences having high similarity scores to the original document D, with an average plagiarism score of 88%. In the proposed plagiarism detection method various sentence similarity detection methods are used, as described in TABLE III. where  $S_m$  is the minimum sentence similarity threshold and  $W_m$  is the minimum word similarity threshold. Methods identified with MyWo use the proposed sentence similarity measurement algorithm.

Figure 4. presents the results of experimenting with the proposed plagiarism detection method on the CPSA corpus when using any of the above sentence similarity algorithms. As we can observe, all algorithms correctly follow the CPSA corpus's classification of plagiarism levels, by showing an increasing plagiarism score when going from lower-plagiarism class documents to higher-plagiarism class documents.





Figure 3. Similarity detection quality measures for various test scenarios

TABLE III. SENTENCE SIMILARITY ALGORITHMS USED IN THE PROPOSED DOCUMENT PLAGIARISM DETECTION

Similarity method	Algorithm Description
<b>Base</b>	Base paper ([5])
<b>MyWo</b>	Similarity measurement using the proposed method as described in Section 0, T10 scenario ( $S_m=0.45$ , $W_m=0.8$ )
<b>MyWo_0.3</b>	Similar to MyWo case, but with $S_m=0.3$
<b>MyWo_w0.5</b>	Similar to MyWo case, but with $W_m=0.5$
<b>MyWo_0.6</b>	Similar to MyWo case, but with $S_m=0.6$

\* $S_m$ = minimum sentence similarity threshold,  $W_m$  = minimum word similarity threshold

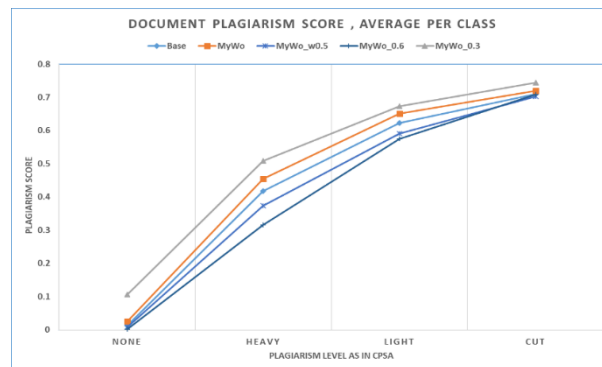


Figure 4. Per-class average plagiarism score using various similarity detection alternatives

## 6. discussions and Conclusions

The goal of this study is high performance plagiarism detection in English documents using a novel hybrid semantic / syntactic similarity detection method. In this research, methods are proposed to improve [5]’s algorithm. The results for MASRP (single sentence) dataset show a few percent recall and F1 improvement for some tests, indicating a wider coverage of detecting plagiarized sentences. In other scenarios, using Wordnet path similarity score provides the highest performance in detecting similar cases, with a few percent improvement in all metrics, indicating more accurate and wider coverage for detecting plagiarism.

In this work, a document plagiarism score is also defined, based on sentences-based similarity, as a reflection of the amount of plagiarism detected between the suspicious document and the documents of the respected corpus. Our tests on CPSA corpus verify that the defined plagiarism score correlates to the level of plagiarism in the suspicious document, i.e., on average getting higher score for more plagiarized documents.



## References

- [1] Ahuja, L., Gupta, V., & Kumar, R. (2020). A New Hybrid Technique for Detection of Plagiarism from Text Documents. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(12), 9939–9952.
- [2] Alzahrani, S. M., Salim, N., & Abraham, A. (2012). Understanding Plagiarism Linguistic Patterns, Textual Features, and Detection Methods. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 42(2), 133–149.
- [3] Barrón-Cedeño, A., Vila, M., Martí, M., & Rosso, P. (2013). Plagiarism Meets Paraphrasing: Insights for the Next Generation in Automatic Plagiarism Detection. *Computational Linguistics*, 39(4), 917–947. [https://doi.org/10.1162/coli\\_a\\_00153](https://doi.org/10.1162/coli_a_00153).
- [4] Allen, J. (2006). *Natural Language Processing*.
- [5] Farouk, M. (2020). Measuring text similarity based on structure and word embedding. *Cognitive Systems Research*, 63, 1–10..
- [6] Vajjala, S., Majumder, B., Gupta, A., Surana, H. (2020). *Practical Natural Language Processing: A Comprehensive Guide to Building Real-world NLP Systems*. Japan: O'Reilly Media.
- [7] Bird, S., Klein, E., Loper, E. (2009). *Natural Language Processing with Python*. United States: O'Reilly Media.
- [8] Altinok, D. (2021). *Mastering SpaCy: An End-to-end Practical Guide to Implementing NLP Applications Using the Python Ecosystem*. United Kingdom: Packt Publishing.
- [9] WordNet: An Electronic Lexical Database. (1998). United Kingdom: MIT Press.
- [10] Sarkar, D. (2019). *Text Analytics with Python: A Practitioner's Guide to Natural Language Processing*. Germany: Apress..
- [11] Kaur, M., Gupta, V., & Kaur, R. (2023) Semantic-Based Integrated Plagiarism Detection Approach for English Documents, *IETE Journal of Research*, 69:9, 6120-6136.
- [12] Chandrasekaran, D., & Mago, V. (2021). Evolution of Semantic Similarity—A Survey. *ACM Computing Surveys*, 54(2), 1–37..
- [13] Jiang, Y., Zhang, X., Tang, Y., & Nie, R. (2015). Feature-based approaches to semantic similarity assessment of concepts using Wikipedia. *Information Processing & Management*, 51(3), 215–234.
- [14] R. Kiros, Y. Zhu, R. Salakhutdinov, R. Zemel, A. Torralba, R. Urtasun, and S. Fidler. Skip-Thought Vectors. *Advances in Neural Information Processing Systems 28 (NIPS 2015)*, 7-12 December, 2015, Montreal, Canada, NIPS Foundation, 2015.
- [15] Rada, R., Mili, H., Bicknell, E., & Blettnet, M. (1989). Development and application of a metric on semantic nets. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 19(1), 17–30.
- [16] Wu, Z., & Palmer, M. (1994). Verbs semantics and lexical selection. In *Proceedings of the 32nd Meeting on Association for Computational Linguistics*. Association for Computational Linguistics, pp. 133-138.
- [17] Zhu, G., & Iglesias, C. A. (2017). Computing Semantic Similarity of Concepts in Knowledge Graphs. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 29(1), 72–85.
- [18] Saif M Mohammad and Graeme Hirst (2012). Distributional measures of semantic distance: A survey. *arXiv preprint arXiv:1203.1858*.
- [19] Y. Li, D. McLean, Z. A. Bandar, J. D. O'Shea and K. Crockett, "Sentence similarity based on semantic nets and corpus statistics," in *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 18, no. 8, pp. 1138-1150, Aug. 2006, doi: 10.1109/TKDE.2006.130.
- [20] Mohamed, M., & Oussalah, M. (2019). SRL-ESA-TextSum: A text summarization approach based on semantic role labeling and explicit semantic analysis. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2019.04.003>.
- [21] R. Chandrathlake, L. Ranathunga, S. Wijethunge, P. Wijerathne and D. Ishara, "A Semantic Similarity Measure Based News Posts Validation on Social Media," 2018 3<sup>rd</sup> International Conference on Information Technology Research, Moratuwa, Sri Lanka, 2018.
- [22] Pawar, A., & Mago, V. (2018). Calculating the similarity between words and sentences using a lexical database and corpus statistics. *arXiv*, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1802.05667>.
- [23] Ruas, T., Grosky, W., & Aizawa, A. (2019). Multi-sense embeddings through a word sense disambiguation process. *Expert Systems with Applications*, 136, 288–303. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.06.026>.
- [24] Hassan, B., Abdelrahman, S. E., Bahgat, R., & Farag, I. (2019). UESTS: An Unsupervised Ensemble Semantic Textual Similarity Method. *IEEE Access*, 7, 85462–85482. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2925006>.
- [25] Curran, J. R., Clark, S. & Bos, J. (2007). Linguistically Motivated Large-Scale NLP with C&C and Boxer. In *Proceedings of the 45th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 2007, pp. 33-36.
- [26] Vani, K., & Gupta, D. (2018). Unmasking text plagiarism using syntactic-semantic based natural language processing techniques: Comparisons, analysis and challenges. *Information Processing & Management*, 54(3), 408–432.
- [27] Alzahrani, S. M., & Salim, N. (2010). Fuzzy Semantic-based String Similarity for Extrinsic Plagiarism Detection- Lab Report for PAN at CLEF 2010. *Proceedings of the 2nd International Workshop PAN-10*, Padua, Italy.
- [28] Palkovskii, Y., Belov, A., & Muzika, I. (2011). Using WordNet-based semantic similarity measurement in external plagiarism detection—notebook for PAN at CLEF 2011. *Proceedings of the 3rd international workshop PAN-11*, Amsterdam, The Netherlands.
- [29] Alzahrani, S. M., Salim, N., & Palade, V. (2015). Uncovering highly obfuscated plagiarism cases using fuzzy semantic-based similarity model. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 27(3), 248–268..
- [30] Ekbal, A., Saha, S., & Choudhary, G. (2012, December). Plagiarism detection in text using Vector Space Model. 2012 12th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS). 2012 12th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS)..
- [31] Alvi, F., Stevenson, M. & Clough, P. Paraphrase type identification for plagiarism detection using contexts and word embeddings. *Int J Educ Technol High Educ* 18, 42 (2021). <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00277-8>.
- [32] Microsoft Research (2005). Microsoft Research Paraphrase Corpus. Available online: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=52398>.
- [33] Clough, P., Stevenson, M. (2011). Developing a corpus of plagiarized short answers. *Language Resources and Evaluation*, 45(1), 5–24.



## ارزیابی دوز جذبی موثر مثانه در تصویر برداری با دستگاه CT-Scan با شبیه سازی به روش مونت کارلو

ریحانه عبادت کار<sup>۱</sup>، مریم خزاعی مقدم<sup>۱\*</sup>

<sup>۱</sup>گروه مهندسی هسته ای / واحد تهران مرکزی / دانشگاه آزاد اسلامی / تهران / ایران

*maryam.khazae63@gmail.com*

### چکیده

مقدمه: در حال حاضر سی تی اسکن (CT) به عنوان یکی از مهمترین ابزارهای تصویربرداری تشخیصی در کلینیک‌های سراسر جهان شناخته می‌شود. یکی از معایب اصلی این ابزار، دز نسبتاً بالای آن است و بسیاری از تحقیقات برای کاهش دز تشعشعی به بیماران تا حداقل ممکن انجام شده است. در این زمینه، شبیه‌سازی مونت کارلو نقش کلیدی در ارزیابی و بهینه‌سازی دز CT دارد. مواد و روش‌ها: در این مطالعه، اسکن CT با ۱۶ لایه با استفاده از کد مونت کارلو N-Particle (MCNP6) شبیه‌سازی شده است. دوز جذب شده در اندام مثانه در فانتوم مرد VIP محاسبه شد. یک مدل چشمه fan-beam برای هر برش از اسکنر CT شبیه سازی شده و کد MCNP برای هر برش به صورت جداگانه پیاده سازی شده است. این شبیه سازی CT با مقایسه نتایج با داده های تجربی منتشر شده قبلی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج: پارامتر بیشتر استفاده شده در دوزسنجی بیمار، دز موثر (effective dose) است. در این مطالعه، دز جذبی موثر مثانه  $7/5 \pm 1/8\%$  mSv بود. نتیجه گیری: شبیه‌سازی CT با استفاده از MCNP، ابزار ارزشمندی برای ارزیابی الگوریتم‌های بازسازی دز اعضا و ارزیابی نوآوری‌های آینده برای بهبود عملکرد اسکنرهای CT می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سی تی اسکن، مونت کارلو، MCNP6، دوزیمتری

## ۱. مقدمه

عملکرد سی تی اسکن (CT) با معرفی سی تی اسکن و توسعه فناوری‌های آشکارساز چند ردیفه بهبود چشمگیری داشته است. امروزه آزمایشات سی تی کل بدن با وضوح بسیار بالا در عرض چند ثانیه انجام می‌شود. این قابلیت تصویربرداری سریع نه تنها قابلیت‌های تشخیصی عالی را فراهم می‌کند، بلکه امکان ارزیابی سریع و دقیق ساختارهای آناتومیکی مختلف را نیز فراهم می‌کند [۱]. در سی تی اسکن بیماران در معرض پرتوهای یونیزان قرار می‌گیرند. میزان جذب به عوامل مختلفی از جمله عملکرد سی تی اسکن، پروتکل تصویربرداری و ویژگی‌های بیمار بستگی دارد [۲].

شبیه‌سازی مونت کارلو اسکن‌های CT به دلیل دقت آن به ویژه در هندسه‌های پیچیده به استاندارد طلایی برای شبیه‌سازی انتقال تابش از جمله توزیع دوز اشعه ایکس تبدیل شده است [۲].

نقش مهمی در تخمین دوز تابش دریافتی بیماران در طی مراحل تصویربرداری تشخیصی دارد. این برای بهینه‌سازی پروتکل‌های تصویربرداری برای به حداقل رساندن قرار گرفتن در معرض تابش و در عین حال حفظ کیفیت تصویر تشخیصی ضروری است [۳]. این کد از تکنیک‌های نمونه‌برداری تصادفی برای مدل‌سازی انتقال ذرات تشعشع از طریق مواد مختلف استفاده می‌کند و امکان در نظر گرفتن فرآیندهای فیزیکی متعدد از جمله پراکندگی کامپتون، جذب فوتوالکتریک و پراکندگی ریلی را فراهم می‌کند که منجر به پیش‌بینی‌های بسیار دقیق توزیع دوز می‌شود. با در نظر گرفتن این تعاملات، شبیه‌سازی‌های مونت کارلو درک جامعی از رفتار انتقال تشعشع ارائه می‌کنند [۴].

انتخاب این کد به دلیل کاربرد گسترده آن در جامعه فیزیک پزشکی بوده و به عنوان استاندارد بین‌المللی برای شبیه‌سازی انتقال ذرات جفت شده به طور گسترده شناخته شده و پذیرفته شده است. علاوه بر این، قابلیت‌های محاسبه آن قابل توجه است و امکان محاسبه دقیق پارامترهای دزیمتری مختلف را فراهم می‌کند. علاوه بر این، کد دارای یک سیستم گزارش دهی قوی با بررسی‌های آماری گسترده است که به کاربران اطمینان خاطر از دقت و قابلیت اطمینان نتایج شبیه‌سازی را ارائه می‌دهد. هدف از این مطالعه اندازه‌گیری دوز مثانه در اندام شکم بر اساس شبیه‌سازی‌های MCNP6 مونت کارلو برای ایجاد مبنایی برای توزیع کامل دوز سه‌بعدی برای هر بیمار در معرض تصویربرداری CT بود [۵]

## ۲. مواد و روش‌ها:

در این مطالعه از شبیه‌سازی مونت کارلو با استفاده از MCNP6 برای محاسبه دوز در اندام‌های مختلف داخل شکم استفاده شد. در این مطالعه (CT) Somatom Emotion Siemens Computed Tomography در شرایط نوردهی مختلف شبیه‌سازی شد.

پارامترهای مختلف در رابطه با اجزای CT اسکن شبیه‌سازی شده، مانند ابعاد و مواد، با استفاده از راهنمای مشخصات سیستم تعیین شد. این پارامترها شامل مواد مورد استفاده در ساخت لوله، ابعاد دروازه CT و آرایش هندسی قطعات مختلف می‌باشد [۶].

مطابق با پروتکل معمول تصویربرداری انجام شده در تصویربرداری CT از شکم، ولتاژ ۱۲۰ کیلو ولت و جریان ۳۰۰ میلی آمپر برای بررسی طیف پرتو اشعه ایکس تولید شده در لوله شبیه‌سازی شد [۷].

برای محاسبه طیف انرژی، از Tally F5 استفاده شد و طیف در فاصله ۱۵ سانتی متری از لوله در یک حجم مکعب محاسبه شد [۸].

برای اعتبارسنجی طیف اشعه ایکس از نرم افزار SpekCalc استفاده شد. بر اساس پارامترهای موجود در یک سی تی اسکنر ۱۶ برشی، زاویه آند روی ۷ درجه تنظیم شد. ضخامت شبیه‌سازی شده فیلترهای لوله و شکاف هوا بین پنجره خروجی لوله و سطح آشکارساز ۱ سانتی متر تعریف شد. نرم افزار SpekCalc پرتو تولید شده توسط لوله اشعه ایکس را بر اساس همان پارامترها محاسبه می‌کند [۹].

آند لوله اشعه ایکس از تنگستن به ضخامت ۰.۳ سانتی متر و ارتفاع ۱.۱۳۳ سانتی متر تشکیل شده است که در یک بلوک مسی با شیب ۷ درجه نسبت به خط عمودی تعبیه شده است.

کاتد لوله اشعه ایکس از تنگستن، با ضخامت ۰.۲ میلی متر، در جلوی مرکز آند تشکیل شده است. فاصله بین آند و کاتد ۷ میلی متر تعیین شد. چشمه الکترونی تابش‌هایی با انرژی ۱۲۰ کو ولت ساطع می‌کند.

پنجره خروجی اشعه ایکس معادل سطح بریلیوم با ضخامت ۰.۸ میلی متر است. یک فیلتر آلومینیومی و یک فیلتر مسی با ضخامت ۳.۲۵ میلی متر در فاصله ۳.۷۵ میلی متر از آند قرار گرفت. قسمت داخلی لوله یک خلاء در نظر گرفته شده است.

برای شبیه سازی دروازه ای سی تی اسکنر، دارای قطر داخلی ۴۹.۹ سانتی متر و ضخامت ۰.۱ سانتی متر است که از سرب ساخته شده است. یک فیلتر آلومینیومی در اطراف دروازه برای جذب فوتون های کم انرژی با قطر داخلی ۵۱.۲ سانتی متر و ضخامت ۰.۸ سانتی متر قرار داده شد. فاصله چشمه تا دیواره بیرونی دروازه ۲۰ سانتی متر است.

برای اعتبارسنجی طیف اشعه ایکس از برنامه SpekCalc استفاده شد. طیف محاسبه شده برای شبیه سازی لوله اشعه ایکس در CT به چشمه نقطه ای نسبت داده شد. چشمه در نواحی جانبی دروازه شبیه سازی شده است و برای محاسبه چرخش لوله، چشمه ها ۳۶ نقطه ای با طیف فوق الذکر هر ۱۰ درجه از هم شبیه سازی شدند.

برای در نظر گرفتن کولیماتورها در اسکنر، چشمه ها در زاویه ۲۵ درجه بر اساس میدان دید تعریف شده در اسکنر تابش می شوند.

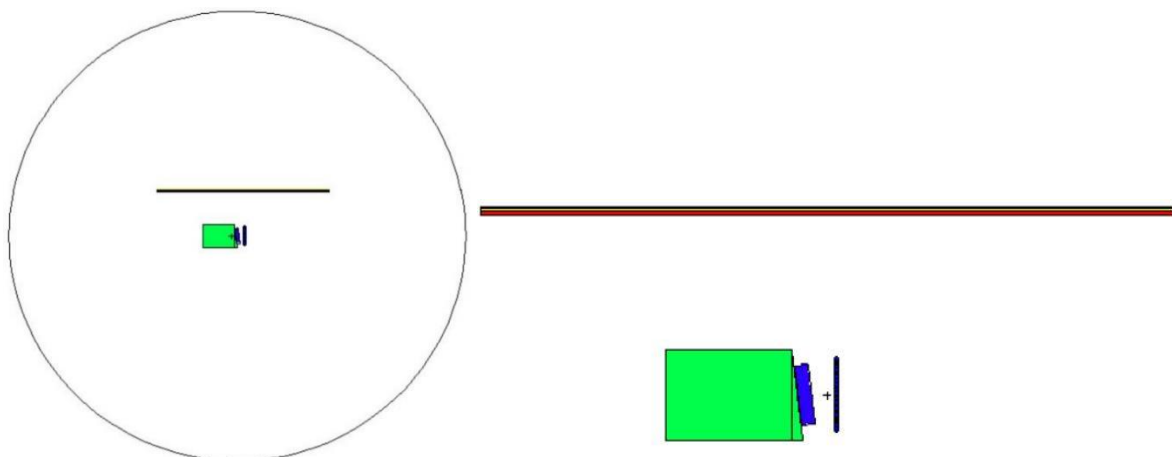
برای محاسبه دوز جذب شده، مرد بالغ فانتوم (ORNL (Eckerman et al., 1996 در داخل سی تی اسکنر شبیه سازی شده قرار داده شد [۱۰]. قطر فانتوم شبیه سازی شده ۴۰ سانتی متر است. برای ممانه که بخش حیاتی بدن انسان است دوز موثر جذب شده محاسبه شد.

توزیع دوز در برش‌هایی با ضخامت ۱ سانتی متر به دست آمد. برای محاسبه دوز کل جذب شده خروجی های ۸ برش اضافه شد. دوز موثر جذب شده اندام شکمی ممانه با استفاده از Tally F8 اندازه گیری شد [۸].

### ۳. بحث و نتیجه گیری

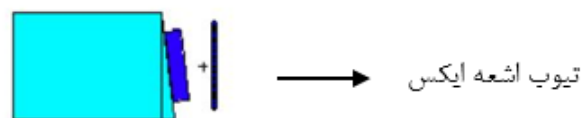
شبیه سازی لوله اشعه ایکس:

لوله اشعه ایکس برای یک سی تی اسکن ۱۶ برشی با استفاده از کد مونت کارلو هسته ای MCNP6 شبیه سازی شده است که اجزای تشکیل دهنده آن در شکل ۱ نشان داده شده است. تصویر بخش‌هایی را به آند، کاتد، سپر مسی، پنجره بریلیوم و فیلترهای ذاتی برای تجسم بهتر بزرگ می‌کند.



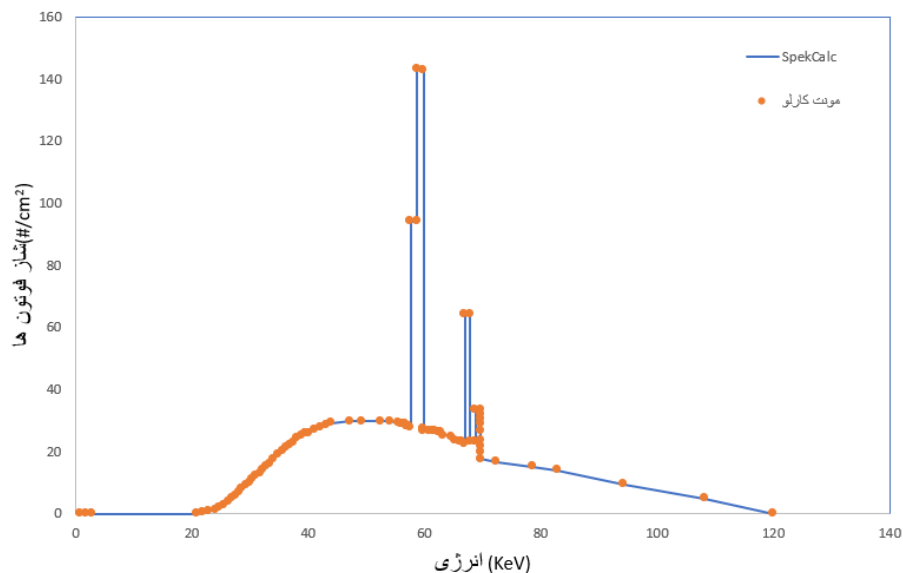
شکل ۱. لوله اشعه ایکس شبیه سازی شده و قطعات تشکیل دهنده آن

آرایش شبیه سازی شده در MCNP6 برای تعیین شکل طیف پرتو ایکس در شکل ۲ نشان داده شده است. راه اندازی و موقعیت آشکارساز برای ثبت تابش ارسالی، دیسکی معادل اندازه فیلتر با شعاع ۸ میلی متر برای بررسی پرتو ایکس است. شکل خروجی پرتو خروجی در یک سطح آشکارساز محاسبه شد.



شکل ۲. لوله اشعه ایکس و راه اندازی شبیه سازی برای تجزیه و تحلیل شکل پرتو

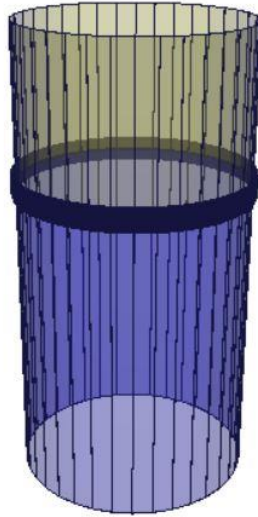
همانطور که در بخش قبل ذکر شد، نرم افزار SpekCalc امکان محاسبه پرتوهای تولید شده توسط سیستم های تصویربرداری اشعه ایکس با اجزا و ویژگی های مختلف را فراهم می کند. پیکربندی سی تی اسکنر ۱۶ برشی نیز در نرم افزار SpekCalc پیاده سازی شده و پرتو حاصل از این نرم افزار استخراج شد. برای اعتبارسنجی شبیه سازی، پرتو تولید شده توسط مدل شبیه سازی شده در محیط MCNP6 با پرتو محاسبه شده توسط نرم افزار SpekCalc مقایسه شد. نتیجه مقایسه در نمودار ۱ نشان داده شده است [۱۱].



نمودار ۲. نمودار مقایسه پرتوهای تولید شده توسط مونت کارلو و SpekCalc

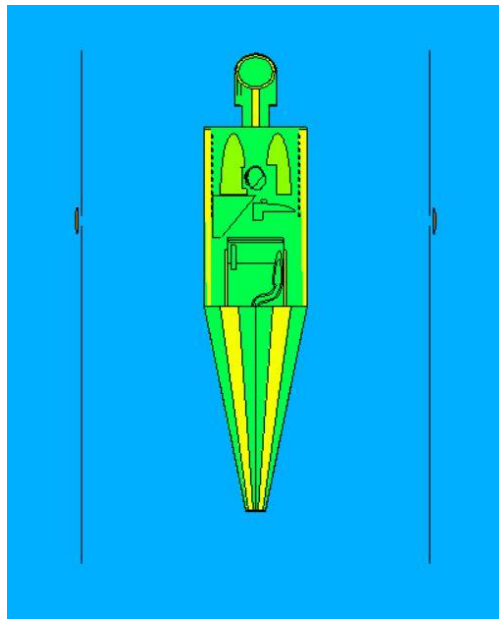
بیم های تولید شده توسط نرم افزار مونت کارلو و محاسبه شده توسط SpekCalc تطابق خوبی را نشان می دهند (نمودار ۱). اختلافات جزئی مشاهده شده در این محدوده انرژی به تفاوت در فایل های مقطع استفاده شده در کدهای MCNP6 و SpekCalc نسبت داده می شود. هم ترازوی پرتوهای اشعه ایکس محاسبه شده با هر دو روش صحت مدل شبیه سازی شده را تایید می کند.

سیستم سی تی اسکن ۱۶ برشی که توسط جنرال الکترونیک با نام تجاری "LightSpeed VCT" تولید شده است، با استفاده از اطلاعات به دست آمده از راهنمای مشخصات آن شبیه سازی شده است. این اطلاعات شامل اجزای فیزیکی مانند مواد مورد استفاده در ساخت لوله، اندازه، ابعاد، و آرایش هندسی بخش‌های مختلف، همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است. سانتی متر، استوانه ای با ارتفاع ۱۰ سانتی متر به عنوان فیلتر آلومینیومی شبیه سازی شده است.



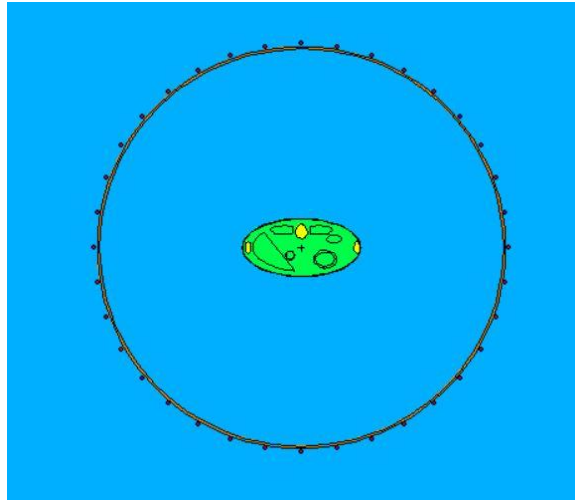
شکل ۳. شبیه سازی شده سیستم سی تی اسکن ۱۶ برشی و اجزای تشکیل دهنده آن

در شبیه سازی CT، فانتوم نر بالغ (Eckerman et al., 1996) در شکل ۴ استفاده شد. دوز خروجی با استفاده از Tally F8 محاسبه شد، و خروجی نهایی برای بافت مثانه را به دست آورد.



شکل ۴. شبیه سازی سیستم سی تی اسکن ۱۶ برشی با فانتوم مرد بالغ (Eckerman et al., 1996)

تصویر مقطعی از فانتوم در یکی از نواحی مقطعی برای اندازه‌گیری دز و نمایش چشمه‌ها اطراف در شکل ۵ نشان داده شده است



شکل ۵. تصویر CT مقطعی که چشمه‌ها اشعه ایکس را نشان می‌دهد.

متداول‌ترین پارامتر مورد استفاده در دزیمتری بیمار، دوز مؤثر (ED) است که با در نظر گرفتن حساسیت خاص اندام‌ها و بافت‌های مختلف به پرتو، اندازه‌گیری جامعی از قرار گرفتن در معرض تابش را فراهم می‌کند. در این مطالعه دوز مؤثر جذب شده به اندام مثانه مورد بررسی قرار گرفت [۱۲]. دوز مؤثر جذب شده برای هر اندام بر حسب میلی‌سیورت (mSv) اندازه‌گیری شد، واحدی که معمولاً برای تعیین کمیت قرار گرفتن در معرض تابش استفاده می‌شود. به طور خاص، دوز مؤثر جذب شده مثانه به شرح زیر است.

جدول ۱. دوز مؤثر جذب شده برای اندام مثانه در ولتاژ ۱۲۰ کیلو ولت و جریان ۳۰۰ میلی آمپر

اندام	دوز مؤثر جذب شده (mSv)	خطا (درصد)
مثانه	۷/۵	۱/۸

### ۳. نتیجه‌گیری

دوز جذب شده مؤثر محاسبه شده به بینش‌های ارزشمندی در مورد توزیع قرار گرفتن در معرض تابش در ناحیه شکم کمک می‌کند و به ارزیابی خطرات بالقوه مرتبط با روش‌های پزشکی شامل تشعشع کمک می‌کند. شبیه‌سازی MCNP CT یک ابزار ارزشمند برای ارزیابی الگوریتم‌های بازسازی دوز اندام و ارزیابی نوآوری‌های آینده برای بهبود عملکرد اسکن‌های CT است [۱۳].





## منابع

- [1] Hassan, Mohga. (2020). Simulation of a Full PWR Core with MCNP6. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 9. 913-918. 10.21275/SR20916224433.
- [2] Cao CF, Ma KL, Shan H, Liu TF, Zhao SQ, Wan Y, Jun-Zhang, Wang HQ. (2022) CT scans and Cancer Risks: A Systematic Review and Dose-response Meta-analysis. *BMC Cancer*. Nov 30;22(1):1238. doi: 10.1186/s12885-022-10310-2. PMID: 36451138; PMCID: PMC9710150.
- [3] Pakravan D, Babapour Mofrad F, Deevband MR, Ghorbani M, Pouraliakbar H. A Monte Carlo Platform for Characterization of X-Ray Radiation Dose in CT Imaging. *J Biomed Phys Eng*. (2021) Jun 1;11(3):271-280. doi: 10.31661/jbpe. v0i0.2012-1254. PMID: 34189115; PMCID: PMC8236108.
- [4] Liang, Y., Muhammad, W., Hart, G.R. et al. (2020) A general-purpose Monte Carlo particle transport code based on inverse transform sampling for radiotherapy dose calculation. *Sci Rep* 10, 9808.
- [5] Kopp, M., Loewe, T., Wuest, W. et al. (2020) Individual Calculation of Effective Dose and Risk of Malignancy Based on Monte Carlo Simulations after Whole Body Computed Tomography. *Sci Rep* 10, 9475.
- [6] Siemens, Somatom Emotion, system owner manual.
- [7] Agostini A, Borgheresi A, Bruno F, Natella R, Floridi C, Carotti M, Giovagnoni A. (2020) New advances in CT imaging of pancreas diseases: a narrative review. *Gland Surg*. Dec;9(6):2283-2294. doi: 10.21037/gs-20-551. PMID: 33447580; PMCID: PMC7804533.
- [8] Werner, C. J. (Ed.). (2017). "MCNP User's Manual." Code Version 6.2, October 27, 2017, Manual Rev. 0.
- [9] Robert Bujila, Artur Omar, Gavin Poludniowski, (2020) A validation of SpekPy: A software toolkit for modelling X-ray tube spectra, *Physica Medica*, Volume 75, Pages 44-54, ISSN 1120-1797.
- [10] D. Krstic, D. Nikezic, (2010) Calculation of the effective dose from natural radioactivity in soil using MCNP code, *Applied Radiation and Isotopes*, Volume 68, Issues 4–5, Pages 946-947, ISSN 0969-8043.
- [11] Poludniowski, Gavin & Landry, Guillaume & Deblois, François & Evans, P & Verhaegen, Frank. (2009). SpekCalc: a program to calculate photon spectra from tungsten anode X-ray tubes. *Physics in medicine and biology*. 54. N433-8. 10.1088/0031-9155/54/19/N01.
- [12] Vano E, Frija G, Loose R, Paulo G, Efsthopoulos E, Granata C, Andersson J; (2021) European Society of Radiology (ESR). Dosimetric quantities and effective dose in medical imaging: a summary for medical doctors. *Insights Imaging*. Jul 13;12(1):99. doi: 10.1186/s13244-021-01041-2. PMID: 34255191; PMCID: PMC8276901. 9
- [13] Quinn, B.M., Gao, Y., Mahmood, U. et al. (2020) Patient-adapted organ absorbed dose and effective dose estimates in pediatric 18F-FDG positron emission tomography/computed tomography studies. *BMC Med Imaging* 20, 9.



# یک روش جدید مسیریابی بر اساس الگوریتم بهینه‌سازی خفاش در شبکه‌های بی‌سیم خودرویی

سما عباسی<sup>۱</sup>، احسان امیری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی، مجتمع آموزش عالی لارستان، لار

<sup>۲</sup>گروه کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی، مجتمع آموزش عالی لارستان، لار

ایمیل نویسنده مسئول ([e.e.amiri@gmail.com](mailto:e.e.amiri@gmail.com))

## چکیده

در عصر جدید اینترنت اجتماعی خودروها، یک فناوری نوظهور در شهرهای هوشمند است که زیرمجموعه‌ای از اینترنت اشیا را در برمی‌گیرد. هدف آن بهبود سیستم حمل و نقل هوشمند برای امنیت جاده و ترافیک در شبکه‌های خودرویی است. در این شبکه‌ها به خودروها اجازه داده می‌شود تا اطلاعاتی از قبیل موانع جاده و تصادفات را مبادله کنند و باهم در ارتباط باشند. از این جهت بحث مسیریابی در شبکه‌های خودرویی بسیار مهم است. ویژگی‌هایی از شبکه‌های خودرویی مانند توپولوژی پویای بالا، شکست مکرر مسیر و قطع و وصل مکرر، بسیار چالش برانگیز هستند و باعث کاهش کارایی مسیریابی می‌شوند. در این مقاله، یک پروتکل مسیریابی بهینه‌سازی ترکیبی مبتنی بر الگوریتم بهینه‌سازی خفاش و الگوریتم OLSR، برای بهبود کارایی فرآیند مسیریابی پیشنهاد شده است. اثربخشی این روش از طریق اجرای بعضی از معیارها تایید شده است. نتایج تجربی نشان می‌دهند که روش پیشنهادی در نسبت تحویل بسته از الگوریتم سنتی OLSR برتری دارد، همچنین رابطه بین محدوده انتقال و تعداد خوشه‌های به‌دست آمده برعکس است و با افزایش مقدار محدوده ارتباط، تعداد سرهای خوشه کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های خودرویی، مسیریابی، الگوریتم OLSR، الگوریتم بهینه‌سازی خفاش

## ۱. مقدمه

یکی از مسائل مهم مرتبط با انتقال داده، مسئله مسیریابی است. مسیریابی شامل یافتن یک مسیر از یک منبع خاص به یک مقصد است [۱]. هدف اصلی آن یافتن یک مسیر پایدار بین منبع و مقصد برای به اشتراک گذاری داده است. در شبکه‌های خودرویی، مسئله مسیریابی بسیار مهم است بطوریکه خودروها با سایر خودروها و ایستگاه‌ها تبادل اطلاعات می‌کنند تا یک جدول مسیریابی با چندین مسیر برای رسیدن به مقصد، پیشنهاد دهند [۲]. اما برخی از مسیرها به دلیل تغییرات کوچکی که در توپولوژی آنها رخ می‌دهد، نامعتبر می‌شوند. بنابراین، انتخاب مسیر بهینه بسیار حیاتی است و به الگوریتم مسیریابی وابسته است تا اطمینان حاصل شود که تحت تأثیر چالش‌هایی قرار نگیرد [۳].

الگوریتم‌های مسیریابی الگوریتم‌هایی هستند که در شبکه‌های کامپیوتری برای تعیین مسیر بهینه از یک منبع به مقصد استفاده می‌شوند. الگوریتم‌های مسیریابی بر اساس معیارهای مختلفی، مسیر بهینه‌ای را برای انتقال بسته‌های داده تعیین می‌کنند. یکی از رویکردهای الگوریتم‌های مسیریابی استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی است [۴]. در زمینه شبکه‌های خودرویی، چندین الگوریتم بهینه‌سازی برای مسیریابی استفاده می‌شوند که بهترین روش برای کشف مسیرهای کوتاهتر را فراهم می‌کنند. یکی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مورد استفاده در مسیریابی، الگوریتم‌های الهام‌گرفته از طبیعت هستند. الگوریتم‌های الهام‌گرفته از طبیعت برای حل مسائل بهینه‌سازی در حوزه‌های مختلف توسعه داده شده‌اند. این الگوریتم‌ها با تقلید از رفتار موجودات زنده مانند مورچگان، زنبورها یا مارها، بهینه‌سازی در مسیریابی را انجام می‌دهند [۵]. این رویکرد به عنوان یک الگوریتم تکاملی و هوشمندانه شناخته می‌شود که در بهبود عملکرد مسیریابی و کارایی شبکه مؤثر است. الگوریتم‌های جستجو مانند الگوریتم ژنتیک، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات، الگوریتم جستجوی کوكو، الگوریتم خفاش و الگوریتم کرم شب تاب و الگوریتم کولونی مورچگان نمونه‌ای از این الگوریتم‌ها هستند. الگوریتم‌های الهام‌گرفته از طبیعت با تغییراتی که در فرایند مسیریابی رخ می‌دهد سازگارند بنابراین نقش مهمی در مسیریابی در شبکه‌های خودرویی دارند [۴].

شبکه خودرویی، شبکه‌ای است که امکان ارتباط بین خودروها و اجزای زیرساختی را فراهم می‌کند. شبکه‌های خودرویی به دسته خاصی از شبکه‌های تحت تأثیر شبکه‌های نقلیه متحرک تعلق دارند که ویژگی‌هایی مانند تحرک بالا و توپولوژی پویا را نشان می‌دهند [۶]. شبکه‌های خودرویی خودسازماندهی هستند و مجموعه‌ای از خدمات از جمله ایمنی، مدیریت ترافیک و سرگرمی را شامل می‌شوند [۷]. این شبکه شامل یک گروه از وسایل نقلیه است که می‌توانند با یکدیگر از طریق ارتباط بی‌سیم و با استفاده از ارتباط کوتاه برد اختصاصی، ارتباط برقرار کنند. در محیط شبکه‌های خودرویی، یک وسیله نقلیه می‌تواند با سایر وسایل نقلیه در یک سناریوی وسیله نقلیه به وسیله نقلیه ارتباط برقرار کند و یا یک وسیله نقلیه می‌تواند با یک واحد زیرساخت ثابت به نام ارتباط وسیله نقلیه به زیرساخت ارتباط برقرار کند. هدف اصلی ارتباط وسیله نقلیه به وسیله نقلیه یا ارتباط وسیله نقلیه به زیرساخت به اشتراک گذاری داده بین وسایل نقلیه به منظور بهبود ایمنی جاده است. شبکه‌های خودرویی به طور قابل توجهی به فرایند مسیریابی وابسته هستند، که هدف اصلی آن یافتن یک مسیر پایدار بین منبع و مقصد برای به اشتراک گذاری داده است که در بحث اینترنت اجتماعی خودروها بسیار ضروری هستند [۸].

اینترنت اجتماعی خودروها، یک فناوری نوظهور در حوزه شهرهای هوشمند است که یک بخش از اینترنت اشیا را در بر می‌گیرد. این فناوری خودروهای هوشمند را قادر می‌سازد تا گروه‌های اجتماعی تشکیل داده و اطلاعات را با یکدیگر به اشتراک بگذارند. هدف اصلی اینترنت اجتماعی خودروها بهبود ایمنی رانندگی، نظارت و مدیریت ترافیک با استفاده از سیستم‌های حمل و نقل هوشمند و به اشتراک گذاری داده‌ها بین خودروها است [۹]. اینترنت اجتماعی خودروها با چالش‌هایی مانند تغییرات سریع در توپولوژی، حرکت بالا و قطعی مکرر ارتباطات روبرو است که می‌تواند مانع از تصمیم‌گیری به‌موقع رانندگان و بهبود ایمنی جاده‌ای شود. برای مقابله با این چالش‌ها، الگوریتم‌های بهینه‌سازی الهام‌گرفته از طبیعت که هوش مصنوعی را با فرآیندهای طبیعی ترکیب می‌کنند، پیشنهاد شده‌اند تا کارایی مسیریابی را بهبود بخشند. این الگوریتم‌ها هدف دارند که محدودیت‌های پروتکل‌های مسیریابی موجود در ارتباط با پیچیدگی و قابلیت مقیاس‌پذیری در شبکه‌های گسترده را رفع کنند [۱۰].

منظور از مسیریابی در شبکه اجتماعی خودروها که یک بخش از اینترنت اجتماعی خودروها هستند، شناسایی مسیرهای بهینه‌تری است که از ترافیک رها باشند. این مسیریابی شامل در نظر گرفتن عوامل مختلفی مانند فاصله، هزینه‌های ارتباطی و موارد دیگر است. جمع‌آوری داده‌های بلادرنگ شامل نظارت بر پارامترهایی مانند سرعت مجاز، سطح آلودگی و پاسخ سریع به حوادث ترافیکی است. هدف اصلی مسیریابی در شبکه اجتماعی خودروها اطمینان حاصل کردن از حمل و نقل کارآمد، بهبود کیفیت خدمات و کاهش زمان سفر با شناسایی مسیرهای کوتاهتر و قابل اعتماد است [۱۱]. پروتکل‌های مسیریابی در این شبکه هدف دارند تا شبکه‌های ترافیکی را که از تراکم کم تا بالا متغیر است، با کمترین مصرف توان و تاخیر مدیریت کنند. الگوریتم‌های بهینه‌سازی به طور گسترده در تعیین مسیرها در شبکه اجتماعی خودروها استفاده می‌شوند. الگوریتم‌هایی مانند هوش مصنوعی ساختاری، بهینه‌سازی مورچگان، بهینه‌سازی خفاش و بهینه‌سازی ازدحام ذرات معمولاً برای بهینه‌سازی مسیر در این شبکه استفاده می‌شوند تا نتیجه مطلوب را حاصل شوند.

## ۲. پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر، خودروهای هوشمند به طور گسترده‌ای محبوب شده‌اند و باعث گسترش شبکه‌های اینترنتی وسایل نقلیه شده‌اند [۱۲]. در اینترنت وسایل نقلیه، داده‌های زمان واقعی جمع‌آوری می‌شوند و خودروها با یکدیگر ارتباط برقرار کرده و داده‌ها را انتقال می‌دهند [۱۳]. اکنون، خودروها می‌توانند به راحتی اطلاعات مربوط به ایمنی، کارایی، سرگرمی و راحتی را با دیگر خودروها و زیرساخت‌ها با استفاده از شبکه‌های موقت خودرویی مبادله کنند [۱۴]. در [۱۵] اطلاعات پایه اینترنت اشیاء وسایل نقلیه بررسی میشود و هدف اینترنت اشیاء وسایل نقلیه را کاهش تصادفات، کاهش ترافیک و ارائه سایر خدمات اطلاعاتی میداند. اینترنت وسایل نقلیه چندین سرویس جدید مانند شناسایی فضای پارکینگ، کنترل تقاطع، بهبود ترافیک، کاهش آلودگی، بهبود کارایی و ایمنی حمل و نقل را ارتقا می‌دهد [۱۶]. در [۱] یکی از چالش‌های مهم اینترنت وسایل نقلیه را انتشار به موقع، قابل اعتماد و پیوسته پیام‌ها بین وسایل نقلیه میدانند که رانندگان را قادر می‌سازد تصمیمات مناسبی بگیرند تا ایمنی جاده را بهبود بخشند.

شبکه‌های ونت یک زیردسته از شبکه‌های متحرک بی‌سیم هستند که یکی از حوزه‌های پژوهشی پرطرفدار در حال ظهور است. افزایش تعداد خودروها و وجود واحد ارتباطی در خودروها، منجر به ایجاد شبکه‌ای جدید به نام شبکه‌های ونت شده است. برای استفاده بهینه از شبکه‌های ونت یک پروتکل مسیریابی مؤثر نیاز است که می‌تواند پارامترهای عمومی مختلفی از جمله تأخیر انتها، تعداد هاپ‌ها و غیره را بهینه‌سازی کند [۱۷، ۱۸]. شبکه‌های ونت با توجه به تغییرات سریع توپولوژی، اتصال مکرر شبکه و محیط‌های شهری پیچیده، با مشکلات چالش برانگیزی مواجه هستند. این ویژگی‌های ویژه شبکه‌های ونت عملکرد مسیریابی را به طور جدی تخریب میکنند [۱۹].

مسیریابی به معنای پیدا کردن یک مسیر از یک مبدا مشخص به یک مقصد مشخص است. اگرچه بین یک منبع و مقصد مسیرهای متعددی وجود دارد، اما پروتکل‌های مسیریابی یک مسیر تک برای انتقال بسته‌های اطلاعات بر اساس پارامترهایی مانند کوتاه‌ترین مسافت به مقصد، چگالی خودروها، تعداد هاپ‌ها و غیره ارزیابی می‌کنند [۱۷]. در هنگام انجام مسیریابی خودرو، نیز باید محدودیتهای سرعت، بررسی آلودگی و پاسخهای اضطراری به تصادفات راه را در نظر بگیرد تا از مشکلات ترافیک جلوگیری شود. در دهه‌های گذشته، بسیاری از پروتکل‌های راهبردار برای محیط اینترنت خودروها پیشنهاد شده‌اند که میتوانند نیازهای قابلیت اعتماد و امنیت را مدیریت کنند. اما چنین مسیریابی پروتکلها با محدودیتهای پیچیدگی و قابلیت مقیاس پذیری در شبکه‌های بزرگ، روتینگ‌های همپوشانی و غیره روبه‌رو هستند [۴]. بیشتر پروتکلها، پارامترهایی را که بر عملکرد برنامه‌های واقعی شبکه‌های بیسیم خودرویی تأثیر می‌گذارند مانند تغییرات محیطی، نادیده می‌گیرند. تغییرات محیطی میتواند بر عملکرد و تحمل پهنای باند در شبکه‌های بیسیم خودرویی تأثیر بگذارد [۱۸]. پس بهتر است به جای این پروتکل‌های مسیریابی، از پروتکل‌های مسیریابی بهینه‌سازی استفاده شود.

پژوهشگران برای عبور از محدودیت‌هایی از جمله عدم مقیاس‌پذیری برای شبکه‌های بزرگتر، هزینه‌های مسیریابی و غیره در مسیریابی شبکه‌های خودرویی، رویکردهای الهام‌گرفته از طبیعت را ارائه داده‌اند تا به صورت بهینه بسته‌ها را بین گره‌های وسایل نقلیه شناسایی و

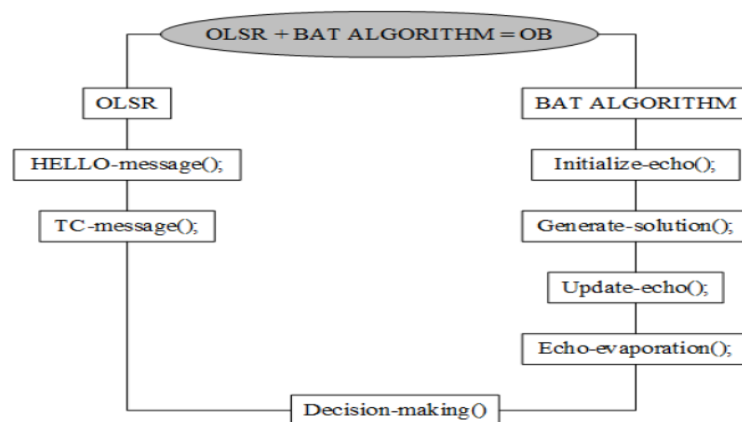
مسیریابی کنند [۴، ۵]. الگوریتم بهینه‌سازی ترکیبی مورچه‌ای، خفاش و کرم شب تاب پیشنهادی برای انتخاب کوتاهترین مسیر با روش‌های مدرن مانند الگوریتم بهینه‌سازی مسیر با استفاده از جستجوی تصادفی و تطبیقی، الگوریتم بهینه‌سازی ترکیبی تعدیل شده است. در [۲۰]، یک پروتکل مسیریابی جدید به نام پروتکل مسیریابی مورچه-آدوی شبکه‌های ونت پیشنهاد میشود که اطلاعات حرکت خودروها را در فرآیند کشف مسیر در نظر می‌گیرد. یک پارامتر مناسب به نام مقدار بهینه تعیین می‌شود و در نهایت، دقت مقدار بهینه را با استفاده از پروتکل مسیریابی پیشنهادی ارزیابی می‌کند. در [۲۱]، یک پروتکل مسیریابی جدید برای وسایل نقلیه به نام مسیریابی مبتنی بر تقاطع با پشتیبانی کیفیت خدمات در شبکه‌های ونت پیشنهاد می‌شود که بر اساس بهینه‌سازی مورچه‌ای است. در [۲۲] بر روی الگوریتم بهینه‌سازی کلون زنبور مصنوعی برای بهبود مسیریابی در شبکه‌های بی سیم مطالعه کرده اند. الگوریتم بهینه‌سازی و ویژگیهای ارزیابی آن به طور مثبت بر ارتباطات در شبکه‌های بیسیم تأثیر می‌گذارد.

### ۳. روش پیشنهادی

در این مقاله، ما یک راهکار برای بهبود کیفیت مسیریابی در شبکه‌های ونت بر اساس پروتکل OLSR و الگوریتم خفاش پیشنهاد می‌دهیم. هدف این است که یک مسیر بهینه بین یک خودروی منبع و یک خودروی مقصد پیدا کنیم تا عملکرد کلی شبکه را بهبود بخشیم. راهکار پیشنهادی، استفاده از پروتکل OLSR و بهینه‌سازی الگوریتم خفاش برای بهبود عملکرد شبکه‌های ونت است.

#### ۳-۱. مسیریابی بهینه‌سازی شده با استفاده از وضعیت لینک (OLSR)

پروتکل OLSR [۲۳] یک پروتکل مسیریابی بر پایه توپولوژی است. این پروتکل به منظور کاهش بار در شبکه‌های ad-hoc از طریق بهینه‌سازی تکنیک لینک-وضعیت سنتی و معرفی مفهوم پخش کننده‌های چندنقطه ایجاد شده است. در پروتکل OLSR، هر گره یک جدول مسیریابی را حفظ می‌کند که شامل چندین فیلد از جمله آدرس گره مقصد، آدرس گره بعدی، فاصله و آدرس رابط است. این فیلدها برای تصمیم‌گیری مسیریابی و حفظ توپولوژی شبکه استفاده می‌شوند. فرآیند مسیریابی در پروتکل OLSR با تبادل پیام‌های HELLO بین گره‌های همسایه آغاز می‌شود. این پیام‌های HELLO برای تشخیص و برقراری ارتباط با گره‌های همسایه استفاده می‌شوند. با تبادل پیام‌های HELLO، هر گره می‌تواند مجموعه پخش کننده‌های چندنقطه خود را تعیین کند که زیرمجموعه‌ای از همسایگان خود هستند و در ارسال بسته‌ها و کاهش بار پیام‌های کنترلی کمک می‌کنند.



شکل ۱. معماری رویکرد در شبکه‌های خودرویی

### ۳-۲. الگوریتم بهینه سازی خفاش

الگوریتم خفاش از دسته الگوریتمهای فراشناختی است که الهام گرفته از رفتار جمعی خفاش‌ها در محیط طبیعی است. این الگوریتم بر ویژگی پژواک یابی ریزخفاش‌ها است. پژواک یابی ریزخفاش‌ها در عمل یک سامانه ادراکی است که در آن موج‌های فراصوتی برای بدست آوردن پژواک، تولید می‌شوند. مغز و دستگاه عصبی خفاش با مقایسه ی موج‌های فرستاده شده و موج‌های بازتاب شده می‌تواند تصویری از فضای پیرامون را برای خود بسازد. این توانایی به ریزخفاش‌ها اجازه میدهد تا در تاریکی مطلق شکارشان را شناسایی کنند [۲۴].

الگوریتم پیشنهاد شده در این مقاله، یک معیار جدید به نام پژواک به عنوان بخشی از فرآیند انتخاب مسیر معرفی می‌شود. از طریق مقدار پژواک، خفاش‌ها (نماینده گره‌ها) در شبکه به سمت مسیر بهینه هدایت می‌شوند. مقادیر پژواک بر اساس کیفیت و عملکرد مسیرها به صورت پویا به‌روزرسانی می‌شوند. با یکپارچه‌سازی الگوریتم بهینه‌سازی خفاش، رویکرد پیشنهادی از مفهوم مسیرهای پژواک برای تأثیرگذاری بر فرآیند انتخاب مسیر استفاده می‌کند. جدول ۱، پارامترهای حل مسئله در مسیریابی جدید را نشان می‌دهد [۲۵].

الگوریتم ۱ روش کلی پیشنهادی است. مطابق الگوریتم ۱ می‌توانیم مسئله خود را به عنوان یک مسئله بهینه‌سازی ترکیبی که توسط یک گراف نماینده می‌شود، فرموله کنیم. در این گراف، وسایل نقلیه به عنوان رئوس نماینده می‌شوند و پیوندهای بین وسایل نقلیه به عنوان یال‌ها نماینده می‌شوند. این گراف را می‌توان با  $G = (V, E)$  نشان داد، که در آن  $V$  مجموعه رئوس را نماینده می‌کند و  $E$  مجموعه یال‌ها را نماینده می‌کند.

$$G = \{V, E\} \quad (1)$$

مسیر بهینه نتیجه یکپارچه‌سازی الگوریتم خفاش در پروتکل OLSR است. یک مسیر به عنوان یک توالی از وسایل نقلیه تعریف می‌شود که به صورت  $V_1, V_2, \dots, V_n$  نشان داده می‌شود، جایی که  $V_1$  وسیله نقلیه مبدأ را نماینده می‌کند و  $V_n$  وسیله نقلیه مقصد را نماینده می‌کند.

$$OP = \{V_1, V_2, \dots, V_n\} \quad (2)$$

رویکرد پیشنهادی با مقدمه‌ای در مورد مقاردهی اولیه پارامترهای مختلف لازم برای انتخاب مسیر بهینه آغاز می‌شود. این پارامترها شامل  $N, T, v, x, Q, p, r$  می‌شوند. معانی دقیق این پارامترها را می‌توان در جدول ۲ پیدا کرد. در این رویکرد، هر وسیله نقلیه با پخش پیام‌های سلام به همسایگان خود در شبکه، آغاز می‌کند تا وسایل نقلیه همسایه را تشخیص دهد. سپس یک پیام TC ارسال می‌شود تا یک فهم جهانی از توپولوژی شبکه به‌دست آید. برای جایگزینی جدول مسیریابی پایه پروتکل OLSR، یک جدول مسیریابی جدید معرفی می‌شود که شامل یک معیار اضافی به نام پژواک است که به عنوان جدول مسیریابی BA-OLSR شناخته می‌شود.

جدول ۱. جدول مسیریابی جدید.

مقدار پژواک	فاصله	رابط	خودروی همسایه	خودروی مقصد
-------------	-------	------	---------------	-------------

بعد از ساخت نمایش کلی توپولوژی جهانی، به هر وسیله نقلیه نقش یک خفاش اختصاص می‌یابد. در طول هر تکرار خاص، یک خفاش از یک راس به راس دیگر درون شبکه حرکت می‌کند. در طی این حرکت، خفاش یک مسیر از پژواک روی لبه‌ای که از آن عبور می‌کند، به جا می‌گذارد. معادله (۳) فرمول عمومی را نشان می‌دهد که برای محاسبه مقدار پژواکی که توسط یک خفاش بر روی یک لبه داده شده قرار داده می‌شود، استفاده می‌شود.

$$\Delta v_{ij} = \frac{v}{r} \quad (3)$$

جایی که  $\Delta v_{ij}$  مقدار پژواکی است که توسط خفاش بر روی لبه بین راس‌های  $i$  و  $j$  قرار داده می‌شود.  $Q$  یک ثابت است که عامل تأثیر گذاری پژواک یا مقدار پژواک ترسیم شده توسط هر خفاش را نمایندگی می‌کند.  $L_{bat}$  هزینه تور خفاش است. فرآیند به‌روزرسانی می‌تواند به صورت معادله (۴) نشان داده شود.

$$v_{ij} = (1 - \rho)v_{ij} + \Delta v_{ij}^k \quad (4)$$

معادله (۵) احتمال انتخاب یک خفاش برای حرکت از راس  $i$  به راس  $j$  را بر اساس مقادیر پژواک و جذابیت مسیرهای موجود محاسبه می‌کند. مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  اهمیت نسبی پژواک و جذابیت در فرآیند تصمیم‌گیری خفاش را تعیین می‌کنند.

$$P_{ij}^k = \frac{\alpha v_{ij}^k + \beta L_{bat}}{\sum_{j \in N} (\alpha v_{ij}^k + \beta L_{bat})} \quad (5)$$

جدول ۲. نمادها و علائم

نماد	توضیح
N	اندازه جمعیت
T	تعداد تکرار
v	مقدار اولیه پژواک
x	مکان خفاش
Q	فرکانس خفاش
$\rho$	نرخ کاهش پژواک
r	نرخ فرکانس
$P_{ij}^k$	احتمال حرکت از راس $i$ به راس $j$ برای خفاش $k$
$v_{ij}^k$	مجموع مقدار پژواک توسط خفاش روی مسیر $ij$

#### الگوریتم ۱. الگوریتم رویکرد پیشنهادی

**Input:**  $G = \{V, E\}$ ;

**Phase 01 :** Initializes parameters

$N, T, v, x, Q, \rho, r$  ;

**Phase 02:** Discovering neighboring vehicles and topology

Hello-message();

TC-message();

**Phase 03:** find the optimal path

**for** i=1 to T **do**

Deposits-echo();

Compute probability values of edges of vehicles using equation “(5)”;

Calculate fitness value of edge;

**if** Path echo value is bigger **then**

Update the existing path with the new path;

**end if**

Echo-Evaporates();

Update-Echo using equation “(4)”;

i=i+1;

**end for**

#### ۴. آزمایش‌ها و نتایج

در این بخش، نتایج عددی برای تنظیمات ارائه می‌شود. روش بهینه‌سازی مسیر در شبکه‌های وسایل نقلیه، به نام OLSRBA، با دو روش پیشرو OLSR و بهینه‌ساز خفاش مورد ارزیابی قرار گرفت.

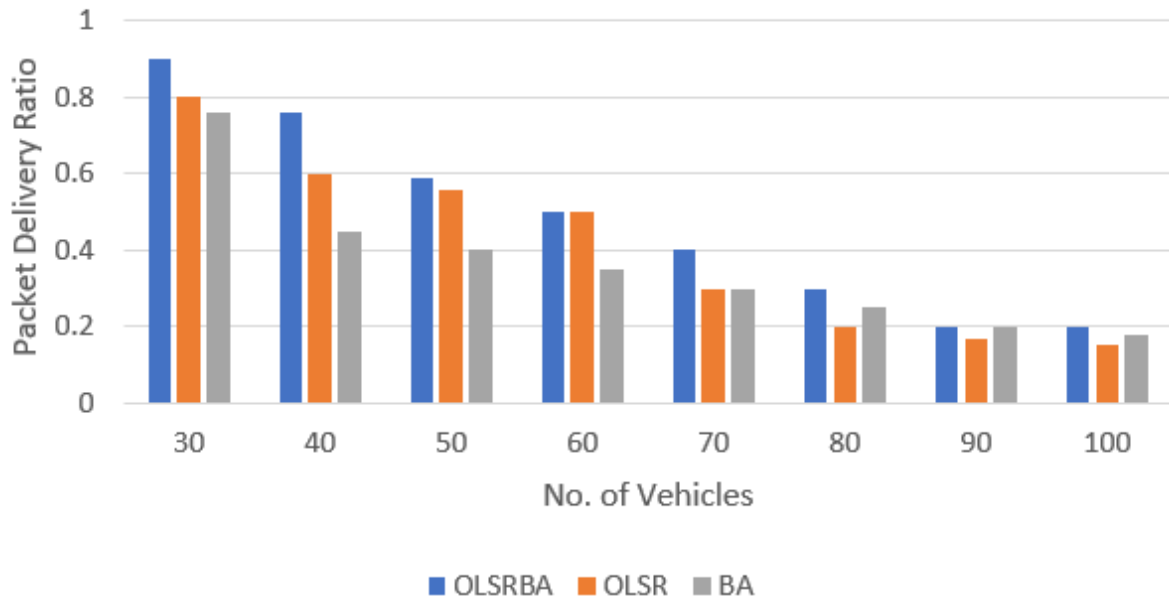
#### ۴-۱. نسبت تحویل بسته‌ها

میانگین نسبت تحویل بسته‌ها نشان می‌دهد چند بسته از منبع ارسال شده و چند بسته در مقصد دریافت شده‌اند. این معیار به ما امکان ارزیابی کارایی هر شبکه را می‌دهد و به عنوان یک معیار اساسی محسوب می‌شود. با استفاده از معادله (۶)، می‌توانیم بیابیم که یک شبکه با نسبت تحویل بسته‌های میانگین بالاتر قابل اعتمادتر از یک شبکه با نسبت پایین‌تر است. مطابق شکل ۲ می‌توان دید که OLSRBA بهتر از روش‌های OLSR و الگوریتم خفاش عمل کرده است [۱۶].

$$\text{Average PDR} = \frac{\text{Number of packet recieved}}{\sum \text{Number of packetsent}} \quad (6)$$



## Packet Delivery Ratio



شکل ۲. نسبت تحویل بسته‌ها برای ۳۰ تا ۱۰۰ گره.

### ۲-۴. آزمون‌ها و تجزیه و تحلیل‌های آماری مرتبط با ارزیابی

برای ارزیابی عملکرد روش OLSRBA ایجاد شده، آزمون‌های آماری Fully Modified Least Squares (FMOLS) اعمال شدند که شامل آزمون  $p$ ، تحلیل رگرسیون،  $R$  و تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) می‌شوند.

جدول ۳. ضرایب رگرسیون انتقال تحت روش‌های Fully Modified Least-Squares (FMOLS) تغییر می‌کند وابسته به تعداد خوشه‌ها.

Dependent Variables	Variable	Coefficient	Prob.	R-Squared	Adjusted R-Squared	ANOVA
NO OF CLUSTERS BA	TR	0.042088	0.0097	0.715376	0.679798	F(1 9) = 20.73 ***
	C	27.73294	0.0005			
NO OF CLUSTERS OLSR	TR	0.040038	0.0124	0.706213	0.669490	F(1 9) = 22.81 ***
	C	27.15528	0.0006			
NO OF CLUSTERS OLSRBA	TR	0.039256	0.0092	0.779748	0.752216	F(1 9) = 25.55 ***
	C	27.00485	0.0004			

\*\*\*  $p < 0.01$  or 1%.

در اینجا، متغیر مستقل (پیش‌بین) بردارهای ارسال (TR) است. تعداد خوشه‌ها متغیر وابسته (نتیجه) است.

یافته‌های یک مطالعه رگرسیون برای مقایسه تعداد خوشه‌ها با محدوده ارتباط تحت روش‌های BA، OLSRBA و OLSR در جدول ۳ نشان داده شده است. در اینجا ادعا شده است که رابطه بین محدوده انتقال و تعداد خوشه‌های به دست آمده برعکس است و با افزایش مقدار محدوده ارتباط، تعداد سرهای خوشه کاهش می‌یابد. طبق جدول، افزایش محدوده ارتباط به میزان ۱٪ باعث کاهش ۰.۰۴ در سر خوشه تحت BA و OLSR می‌شود که مقادیر p آن‌ها به ترتیب کمتر از ۱٪ و ۵٪ هستند. از سوی دیگر، تحت OLSRBA، افزایش ۱٪ در محدوده انتقال باعث کاهش قابل توجهی به میزان ۰.۰۳۹ می‌شود. طبق مقدار R2 تعدیل شده برای محدوده انتقال مشخص شده، متغیرهای مستقل (تعداد خوشه‌ها BA، تعداد خوشه‌ها OLSRBA و تعداد خوشه‌ها OLSR) تغییرات را به‌طور مناسب توضیح می‌دهند.

## ۵. نتیجه‌گیری

این مقاله یک رویکرد جدید به نام OLSRBA برای شبکه‌های ونت معرفی می‌کند. روش پیشنهادی، OLSR را برای جمع‌آوری اطلاعات درباره توپولوژی شبکه و الگوریتم بهینه‌سازی خفاش را برای یافتن مسیرهای بهینه تر ترکیب می‌کند. در این رویکرد، مسیر بهینه به عنوان یک مسیر کوتاه‌تر تعریف می‌شود که عملکرد شبکه وسایل نقلیه را بهبود می‌بخشد و هزینه‌های ارتباطی را کاهش می‌دهد.

نتایج انجام شده، نشان می‌دهد که رویکرد OLSRBA در مقایسه با پروتکل OLSR در زمینه ظرفیت انتقال داده و نرخ تحویل بسته‌ها برتری دارد. این نتایج نشان می‌دهد که مکانیزم انتخاب مسیر هوشمند OLSRBA با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی خفاش به‌طور موثر عملکرد کلی شبکه‌های ونت را بهبود می‌بخشد.

## منابع

- [1] Kayarga, T., & Kumar, S. A. (2021). A study on various technologies to solve the routing problem in Internet of Vehicles (IoV). *Wireless Personal Communications*, 119, 459-487.
- [2] Sbayti, O., & Housni, K. (2024). A new routing method based on ant colony optimization in vehicular ad-hoc network. *Statistics, Optimization & Information Computing*, 12(1), 167-181.
- [3] Muzammal, S. M., Murugesan, R. K., & Jhanjhi, N. Z. (2020). A comprehensive review on secure routing in internet of things: Mitigation methods and trust-based approaches. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(6), 4186-4210.
- [4] Dhanare, R., Nagwanshi, K. K., & Varma, S. (2022). A study to enhance the route optimization algorithm for the internet of vehicle. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022.
- [5] Ahmed, E. S. A., Mohammed, Z. T., Hassan, M. B., & Saeed, R. A. (2021). Algorithms optimization for intelligent IoV applications. In *Handbook of research on innovations and applications of AI, IoT, and cognitive technologies* (pp. 1-25). IGI global.
- [6] Butt, T. A., Iqbal, R., Shah, S. C., & Umar, T. (2018). Social Internet of Vehicles: Architecture and enabling technologies. *Computers & Electrical Engineering*, 69, 68-84.
- Zenggang, X., Mingyang, Z., Xuemin, Z., Sanyuan, Z., Fang, X., Xiaochao, Z., ... & Xiang, L. (2022). Social [7] similarity routing algorithm based on socially aware networks in the big data environment. *Journal of Signal Processing Systems*, 94(11), 1253-1267.
- Butt, T. A., Iqbal, R., Salah, K., Aloqaily, M., & Jararweh, Y. (2019). Privacy management in social internet [8] of vehicles: review, challenges and blockchain based solutions. *IEEE Access*, 7, 79694-79713.
- Al Aghbari, Z., Khedr, A. M., Osamy, W., Arif, I., & Agrawal, D. P. (2020). Routing in wireless sensor [9] networks using optimization techniques: A survey. *Wireless Personal Communications*, 111, 2407-2434.
- [10] Qureshi, K. N., Din, S., Jeon, G., & Piccialli, F. (2020). Internet of vehicles: Key technologies, network model, solutions and challenges with future aspects. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(3), 1777-1786.
- [11] Mahmood, T., Hussain, A., & Ning, H. (2022). Applying social internet of vehicles in smart cities to reduce traffic congestion. *The Sciencetech*, 3(3).



- [12] Husnain, G., Anwar, S., & Shahzad, F. (2023). An enhanced AI-enabled routing optimization algorithm for internet of vehicles (IoV). *Wireless Personal Communications*, 130(4), 2623-2643.
- [13] Dhanare, R., Nagwanshi, K. K., & Varma, S. (2022). Enhancing the route optimization using hybrid MAF optimization algorithm for the internet of vehicle. *Wireless Personal Communications*, 125(2), 1715-1735.
- [14] Alam, K. M., Saini, M., & El Saddik, A. (2015). Toward social internet of vehicles: Concept, architecture, and applications. *IEEE access*, 3, 343-357.
- [15] Ji, B., Zhang, X., Mumtaz, S., Han, C., Li, C., Wen, H., & Wang, D. (2020). Survey on the internet of vehicles: Network architectures and applications. *IEEE Communications Standards Magazine*, 4(1), 34-41.
- [16] Zavvos, E., Gerding, E. H., Yazdanpanah, V., Maple, C., & Stein, S. (2021). Privacy and Trust in the Internet of Vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(8), 10126-10141.
- [17] Ranjan Senapati, B., & Mohan Khilar, P. (2020). Optimization of performance parameter for vehicular ad-hoc network (VANET) using swarm intelligence. *Nature Inspired Computing for Data Science*, 83-107.
- Oranj, A. M., Alguliev, R. M., Yusifov, F., & Jamali, S. (2016). Routing algorithm for vehicular ad hoc [18] network based on dynamic ant colony optimization. *Int. J. Electron. Elect. Eng*, 4(1), 79-83.
- [19] Deebak, B. D., & Al-Turjman, F. (2020). A hybrid secure routing and monitoring mechanism in IoT-based wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, 97, 102022.
- [20] Ning, Z., Hu, X., Chen, Z., Zhou, M., Hu, B., Cheng, J., & Obaidat, M. S. (2017). A cooperative quality-aware service access system for social Internet of vehicles. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(4), 2506-2517.
- [21] Srilakshmi, U., Alghamdi, S. A., Vuyyuru, V. A., Veeraiyah, N., & Alotaibi, Y. (2022). A secure optimization routing algorithm for mobile ad hoc networks. *IEEE Access*, 10, 14260-14269.
- [22] Jacob, I. J., & Darney, P. E. (2021). Artificial bee colony optimization algorithm for enhancing routing in wireless networks. *Journal of Artificial Intelligence*, 3(01), 62-71.
- [23] Tan, S., Li, X., & Dong, Q. (2015). Trust based routing mechanism for securing OSLR-based MANET. *Ad Hoc Networks*, 30, 84-98.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Yang, X. S. (2014). Binary bat algorithm. *Neural Computing and [24] Applications*, 25, 663-681.
- Lipare, A., Edla, D. R., & Dharavath, R. (2021). Energy efficient fuzzy clustering and routing using BAT [25] algorithm. *Wireless Networks*, 27(4), 2813-2828.

## اثربخشی نرم‌افزار ریهاکام بر افزایش توجه انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی کودکان دارای اختلال یادگیری خاص دوره ابتدایی

سمیه غلامی<sup>۱</sup>، هدی نخبه‌الفقهایی<sup>۲</sup>، هاله کیهان پور<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه روانشناسی مجتمع آموزش عالی لارستان

<sup>۲</sup> استادیار گروه برق مجتمع آموزش عالی لارستان

<sup>۳</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد روان‌شناسی بالینی

*somayeg@yahoo.com*

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثربخشی درمان مبتنی بر نرم‌افزار ریهاکام بر افزایش توجه و انعطاف‌پذیری شناختی کودکان دارای اختلال یادگیری خاص دوره ابتدایی می‌باشد. تحقیق حاضر یک طرح تجربی است که طی آن چند شرکت‌کننده با استفاده از طرح خطوط پایه چندگانه پلکانی (A-B-A-B) مورد مطالعه قرار گرفتند. شرکت‌کنندگان چهار دانش‌آموز پسر دوره ابتدایی بودند که در سال ۱۴۰۲ طبق ملاک‌های ورود وارد تحقیق شدند. شرکت‌کنندگان طی سه جلسه مورد ارزیابی و غربالگری قرار گرفتند. ابزارهای غربالگری نیز نرم‌افزار استروپ ساده و ریهاکام بودند. این آزمون‌ها (به‌جز ماژول‌های غربالگری ریهاکام) هر سه جلسه یک بار انجام شدند تا روند تغییر شناختی شرکت‌کنندگان مورد ردیابی قرار گیرد. بررسی نتایج فردی و جمعی شرکت‌کنندگان، مشاهده نمودارها و ارزیابی شاخص‌های تغییر روند و شیب و اندازه اثر بیانگر نوسانات متعددی در عملکرد شناختی این کودکان بود. توان‌بخشی شناختی مبتنی بر نرم‌افزار ریهاکام باعث بهبود عملکردهای اجرایی و توانمندسازی شناختی شرکت‌کنندگان شده است. پیگیری‌های انجام شده در طول زمان درمان تفاوت‌های معناداری را نسبت به خط پایه نشان داده‌اند؛ بنابراین نرم‌افزار ریهاکام می‌تواند جزو درمان‌های مفید و کاربردی برای اختلال یادگیری خاص باشد.

**واژه‌های کلیدی:** نرم‌افزار ریهاکام، توجه، اختلال یادگیری خاص، انعطاف‌پذیری شناختی، دانش‌آموز

## ۱. مقدمه

روانشناسی شناختی یکی از جدیدترین حوزه‌های روانشناسی است که به دنبال حل مشکلات بشر امروزی با استفاده از زیرساخت‌های ذهنی او می‌گردد. این روزها کمتر کسی نقش شناخت در اختلالات و درمان‌های آن‌ها را دست کم می‌گیرد و نمی‌توان آن را صرفاً به حوزه‌های آزمایشی تقلیل داد. اختلالات یادگیری یکی از مهم‌ترین اختلالاتی هستند که هدف برنامه‌های توانمندسازی شناختی قرار می‌گیرند. طبق آمارهای منتشر شده دانش آموزانی که اختلال یادگیری ویژه دارند با ۳۹ درصد، بزرگ‌ترین گروه متقاضی خدمات آموزش ویژه می‌باشند [1]. رشد این اختلال در سال‌های اخیر سرعت بیشتری نسبت به سال‌های گذشته داشته به شکلی که برخی از کشورها با افزایش ۳۰۰ درصدی آن مواجه گشته‌اند. مشخصه اصلی ناتوانی‌های یادگیری در کودک یا نوجوان عدم پیشرفت تحصیلی در زمینه خواندن، بیان نوشتاری یا ریاضیات در مقایسه با توانایی هوش کلی کودک است [2]. مشکلات تحصیلی کودکان با انواع گسترده‌ای از مشکلات شناختی و نقص در کارکردهای اجرایی مرتبط می‌شود، از جمله کمبود مؤلفه‌هایی همچون توجه و انعطاف‌پذیری شناختی. توجه و بازداری یا انعطاف شناختی، فرایند پیشگیری و ایجاد سد در برابر ورود داده‌های غیر مرتبط با تکلیف به حافظه کاری است [15]. اجرای کامل کارکردهای اجرایی به ساختار و کنترل بازداری در لوب پیشانی و پیش پیشانی مغز فراگیر وابسته است [16]. تداوم توجه به دانش آموزان دارای اختلال یادگیری کمک می‌کند تا تداخل‌ها را کنترل نمایند و تنها به یک محرک پاسخ دهند. کنترل تداخل نوعی توجه مداوم است و شامل کارکردهای بازداری است. تداوم و استحکام رفتار و توجه هدف‌دار در یادگیری قابل تأمل و مهم به نظر می‌رسد [21]. همبستگی توجه و عملکردهای اجرایی در این پژوهش، مفهوم تاب‌آوری شناختی یا انعطاف‌پذیری شناختی است. بررسی ویژگی‌های نوروسایکولوژیک، به ویژه هماهنگی هیجانی در سیستم لیمبیک و مدار پایز هیپوکامپ یکی از ابعادی است که به آن توجه می‌شود و در توجه و انعطاف‌پذیری شناختی نقش مهمی را ایفا می‌کند [7]. شواهد نشان داده‌اند که افراد مبتلا به اختلال یادگیری به دلیل پایین بودن میزان توجهشان در انتقال و انطباق اطلاعات حافظه کاری به ویژه حافظه دیداری-فضایی و در نتیجه در گفتن زمان و حساب تقریبی، خواندن، نوشتن و حتی سرعت پردازش مشکل خواهند داشت [3]. در پژوهش ورلا، سیدمن و استرگرن [17] نیز به نقص در توجه و حافظه کاری از مؤلفه‌های کارکردهای اجرایی کودکان دارای اختلال یادگیری خاص اشاره شده است.

همان‌طور که بندورا در نظریه یادگیری خود می‌گوید اولین مرحله یادگیری توجه می‌باشد. چیزی که کمبود آن در کودکان دارای اختلال یادگیری به شدت احساس می‌شود. یادگرفتن هر فعالیت جدید در ابتدا نیازمند دقت و توجه آگاهانه است اما با تسلط بر هر مهارت به تدریج اعمال مربوط به آن به صورت خودکار در می‌آیند به نحوی که می‌توان دو کار را هم‌زمان انجام داد. نقص توجه در کودکان فرصت پردازش، ذخیره کردن و فراخوانی اطلاعات را می‌گیرد. با توجه به اهمیت کارکردهای اجرایی و توجه در نظریه‌های عصب روان‌شناختی، کارکردهای توجهی بیشتر در کودکان ADHD و ADD بررسی شده است در حالی که نقص توجه در کودکان دارای اختلال یادگیری کمتر مورد توجه بوده است [5]. از سوی دیگر ناهماهنگی‌های حسی-حرکتی و در نتیجه نقص توجه و انعطاف‌پذیری شناختی شناخته شده در کودکان با اختلال یادگیری خاص، می‌تواند باعث ضعف کودک در پیشرفت تحصیلی، هیجانی و اجتماعی شود که متأسفانه بدون توجه درمانی این موارد، مشکلات حرکتی آن‌ها بهبود نمی‌یابد و مشکلات ثانویه دیگری مانند ضعف اعتماد به نفس و کناره‌گیری اجتماعی به وجود می‌آورد [16]. منظور از انعطاف‌پذیری شناختی توانایی انتزاع و تغییر راهبردهای شناختی بر اساس تغییر در بازخوردهای یادگیری و پاسخ‌های محیطی است که مستلزم برنامه‌ریزی، جستجو سازمان‌یافته و توانایی استفاده از بازخوردهای محیطی برای تغییر طرح‌واره‌های شناختی است [22]. از سوی دیگر توجه انتخابی به معنای توانایی انتخاب و تمرکز بر روی یک محدوده از اطلاعات در میان تعداد زیادی از محرک‌ها و اطلاعات موجود در محیط است. مطالعه استر [19] بر روی ۸ نوجوان مبتلا به ناتوانی یادگیری و ۸ نفر نوجوان عادی همگن نشان داد که افراد دارای ناتوانی‌های یادگیری در توجه بصری انتخابی، تغییر توجه و توجه پایدار از عملکرد ضعیف‌تری برخوردار هستند. همچنین گارسیا، پریرا و فوکودا [18] نشان دادند که توجه شنیداری انتخابی کودکان اختلال یادگیری، در مقایسه با افراد به‌هنگار کمتر است. در تحقیقی که به‌منظور مقایسه کارکردهای اجرایی در کودکان دارای اختلال یادگیری خاص با کودکان عادی انجام شد محققان به این نتیجه نائل شدند که این دانش‌آموزان در توانایی‌هایی همچون توجه انتخابی و بازداری، حافظه کاری و انعطاف‌پذیری تفاوت معناداری با سایر دانش‌آموزان عادی دارند [4]. از سوی دیگر فیرلچ و نوام [13] نیز در تحقیق خود ثابت کردند که دانش‌آموزان دارای اختلال

یادگیری خاص مخصوصاً آن‌هایی که دچار اختلالات ریاضی یا خواندن هستند در مؤلفه‌هایی همچون بازداری و توجه، برنامه‌ریزی و انعطاف‌پذیری مشکل دارند. پژوهش‌های مختلفی در مورد اثربخشی درمان‌های مبتنی بر نرم‌افزار بر گروه‌های سنی مختلف انجام شده است که نتایج حاکی از اثربخشی این درمان‌ها بوده است. در واقع این نرم‌افزارها راهی برای نفوذ در عملکردهای شناختی می‌باشند. بیشتر این پژوهش‌ها اثربخشی روش‌های درمان نرم‌افزاری را بر مهارت‌های نحوی، رشد آگاهی، واج‌شناختی و مهارت‌های خواندن مورد بررسی قرار دادند. در واقع نرم‌افزارها و بازی‌های شناختی، در عین حال که مؤلفه‌های زبانی را تحریک می‌کنند همچنین باعث ایجاد فرصت برای تمرین و ارتقا فرایندهای شناختی مانند حافظه و توجه می‌شوند. نرم‌افزار ریهاکام یکی از برنامه‌هایی است که اخیراً مورد توجه پژوهشگران داخلی قرار گرفته است، چرا که پژوهش‌های خارجی متعددی در مورد این نرم‌افزار انجام شده و کلیه‌ی این پژوهش‌ها نتایج عالی در عمل بالینی بدون اثرات منفی عمده گزارش داده‌اند. در تحقیقی نتایج تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل کوواریانس چند متغیره در نرم‌افزار SPSS نشان داد که مجموعه‌ای از مداخلات که یکی از آن‌ها توان‌بخشی رایانشی به وسیله نرم‌افزار ریهاکام بود توانسته‌اند که در سرعت پردازش و کاهش علائم نارسا خوانی تغییر معناداری را ایجاد کنند [6]. یافته‌های دیگر حاکی از آن‌اند که نرم‌افزار ریهاکام توانسته است بر بهبود عملکرد توجه شرکت‌کنندگان گروه آزمایش تأثیر مثبت و معنی‌داری داشته باشد. بنابراین هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثربخشی برنامه توان‌بخشی شناختی مبتنی بر نرم‌افزار ریهاکام بر بهبود توجه و انعطاف‌پذیری شناختی کودکان دارای اختلال یادگیری خاص می‌باشد. ارتقا مهارت‌های خودتنظیمی از اقدامات اساسی برای بهبود عملکرد اجرایی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری است. برای توسعه آرامش، مهارت‌های توجه و تمرکز و انعطاف‌پذیری شناختی، فرض بر آن است که نرم‌افزار ریهاکام باعث افزایش مؤلفه توجه در کودکان دارای اختلال یادگیری خاص و همچنین نرم‌افزار ریهاکام باعث افزایش مؤلفه انعطاف‌پذیری شناختی در کودکان دارای اختلال یادگیری خاص می‌شود.

## ۲. شرح کار و نتایج

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر زمانی گذشته‌نگر است و بر اساس شیوه گردآوری داده‌ها به طرح آزمایشی تک آزمودنی با خطوط پایه چندگانه پلکانی ABAB تعلق دارد. منطق و قاعده‌ی زیر بنایی طرح‌های آزمایشی در مطالعه موردی مانند طرح‌های گروهی می‌باشد و تأیید مداخله با مقایسه موقعیت‌های متعدد و متفاوتی که به شرکت‌کننده ارائه شده، بررسی می‌شود. جامعه آماری پژوهش جاری دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری خاص دوره ابتدایی شهرستان لار بودند. ما از میان جامعه آماری خود با کمک نمونه‌گیری هدفمند ۴ نفر را انتخاب کردیم. هر چهار شرکت‌کننده پسر و در رده‌ی سنی بین ۱۰ تا ۱۲ سال بودند. هر چهار نفر آن‌ها از نظر تجربه کاربری کامپیوتری در یک سطح و در سطح پایین قرار داشت. حضور شرکت‌کنندگان در این طرح پژوهشی به این شکل بود که معلمان مدرسه شهید مجتهدی شهرستان لار کودکانی که گمان می‌کردند دچار مشکل تحصیلی ناشی از اختلال یادگیری خاص هستند را به مجری طرح معرفی کردند. از این بین حدود ۹ نفر به طرح آزمایشی دعوت شدند و با کمک آزمون هوش، مصاحبه بالینی و تست‌های تشخیصی اختلال یادگیری خاص مورد ارزیابی قرار گرفتند. در نهایت نیز ۴ نفر از کسانی که دارای اختلال یادگیری خاص بودند برای انجام طرح پژوهشی توجیه شدند. در گام بعدی داده‌های خط پایه در زمینه متغیر مورد نظر یعنی توجه انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای اطمینان از غربالگری مناسب دانش‌آموزان از ماژول‌های غربالگری نرم‌افزار ریهاکام نیز استفاده شد. پس از استفاده از ماژول‌های غربالگری و مشاهده مؤلفه‌های آسیب‌دیده شرکت‌کنندگان با کمک ماژول‌های درمانی پیشنهاد شده توسط نرم‌افزار یک پلن درمان برای هر شرکت‌کننده به شکل جداگانه نوشته شد. این تحقیق ۱۵ جلسه داشت که شامل سه جلسه غربالگری و ۱۲ جلسه درمانی و پس از آن بود. درمانگر پس از آن‌ها را هر ۳ جلسه یک بار از دانش‌آموزان در انتهای جلسات درمان می‌گرفت. شرکت‌کنندگان هفته‌ای دو بار به کلینیک مراجعه می‌کردند.

### ۲-۱. نرم‌افزار ریهاکام

این نرم‌افزار برنامه جامعی است که از تکالیف رایانشی برای توان بخشی شناختی استفاده می‌کند و می‌تواند به کاربران در بهبود عملکرد در حوزه‌های توجه، تمرکز، حافظه، ادراک و سایر فعالیت‌های شناختی کمک کند. نرم‌افزار ریهاکام شامل فعال‌سازی و تحریک چندین حوزه شناختی مانند توجه، حافظه، فرآیندهای بصری-فضایی و انعطاف‌پذیری شناختی می‌باشد. عملکرد این برنامه شامل چندین ماژول با سطوح مختلف دشواری است که به طور خودکار سطح دشواری کار را افزایش می‌دهد. ثبت تعداد خطاها و زمان تکمیل آزمایش برای همه بیماران و ارائه یک فایل متشکل از نتایج آموزشی، تداوم در چندین جلسه و ذخیره‌سازی نتایج در پایگاه داده را امکان‌پذیر می‌کند. رایانه به بیماران دستورالعمل‌ها و بازخوردهای مناسبی در مورد عملکردشان ارائه می‌دهد (کاتولوگ ریهاکام، ۱۴۰۰).

### ۲-۲. آزمون استروپ

آزمون استروپ یک آزمون روان‌شناختی است که برای اندازه‌گیری قابلیت توجه و کارایی در پردازش اطلاعات زبانی و رنگی در مغز انسان استفاده می‌شود. این آزمون ابتدا توسط روانشناس و روان‌پزشک آمریکایی جان ریدل استروپ در سال ۱۳۹۵ توسعه داده شد. نرم‌افزار تکلیف استروپ ساده سری‌هایی از کلمات با رنگ‌های مختلف نشان می‌دهد و باید رنگ واقعی کلمه را تشخیص داده شود. سرعت و دقت در انجام این کار ثبت می‌شود. نتایج آزمون استروپ می‌توانند نشان‌دهنده قدرت تمرکز و کنترل توجه شما بر روی وظایف کاری باشند. به‌منظور نمره دهی و تفسیر نتایج حاصل از این آزمون، نمرات زیر به صورت مجزا برای گروه کلمات همخوان و ناهمخوان محاسبه می‌شوند: تعداد خطا، تعداد صحیح، زمان واکنش و نمره تداخل. نمره تداخل از طریق محاسبه نمره تفاوت بین زمان واکنش کلمات ناهمخوان و کلمات همخوان (نمره تداخل = زمان واکنش کلمات ناهمخوان - زمان واکنش کلمات همخوان) محاسبه می‌شود. پژوهش‌های انجام شده پیرامون این آزمون نشانگر اعتبار و روایی مناسب آن در سنجش بازداری در بزرگسالان و کودکان می‌باشد. اعتبار این آزمون از طریق بازآزمایی در دامنه ۸۰ تا ۹۱ گزارش شده است [8].

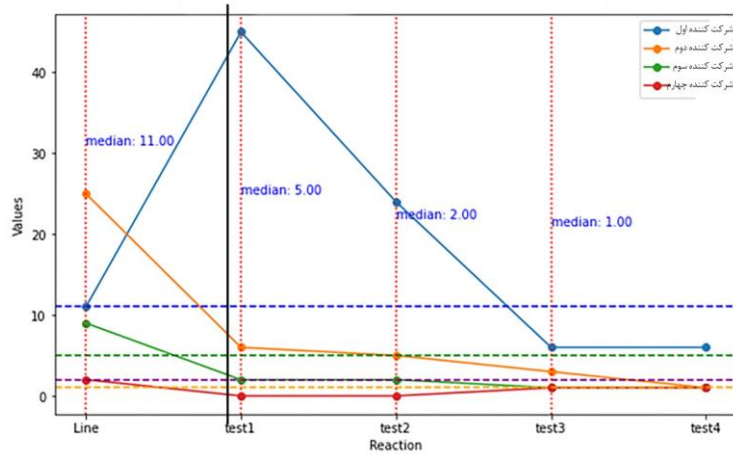
### ۲-۳. یافته‌ها

در این آزمون ملاک کاهش نمره تداخل می‌باشد. نمره‌ی تداخل برآیند مجموعه‌ای از متغیرها از جمله تعداد درست، ناصحیح، همخوان و ناهمخوان است که مقادیر بالای آن بیانگر عملکرد بد کودکان می‌باشد. در جدول ۱ میانه‌ی مربوط به تمام شرکت‌کنندگان در آزمون استروپ ساده شرح داده شده است:

جدول ۱. میانه شرکت‌کنندگان در آزمون استروپ ساده

شرکت‌کننده اول	شرکت‌کننده دوم	شرکت‌کننده سوم	شرکت‌کننده چهارم
۱۱	۵	۲	۱
میانه			

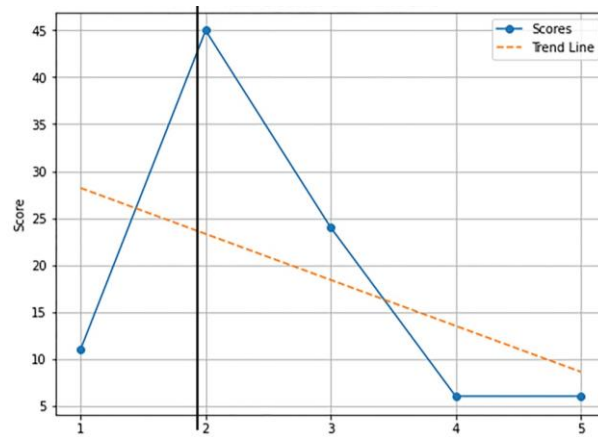
با توجه به جداول فوق و میانه‌های به دست آمده می‌توان نمودار عملکرد شرکت‌کنندگان در آزمون استروپ ساده (نمودار ۱) را به این ترتیب رسم کرد:



نمودار ۱. عملکرد شرکت‌کنندگان در آزمون استروپ ساده

### ۱-۳-۲ روند خطی مرحله

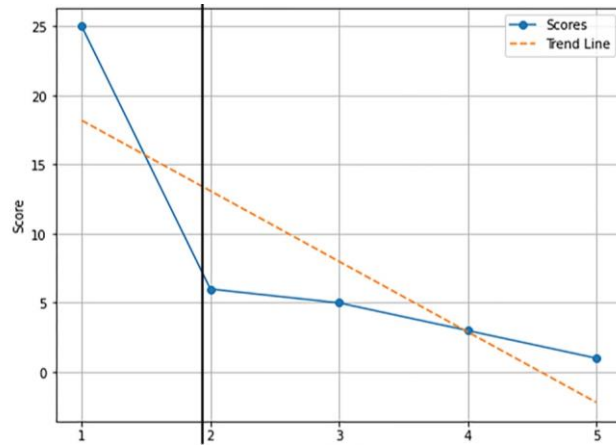
اگر روند تغییرات نسبی شرکت‌کنندگان را برای هر تست را با مقدار مطابقشان در خط پایه مورد سنجش قرار داده شود مقادیر به دست آمده در هر مرحله نسبت به مرحله پیشین خود کاهشی است. چیزی که در نمودار ۲ (شرکت‌کننده اول) مشهود می‌باشد. بدین معنا که شرکت‌کننده در هر آزمون نمره تداخل کمتری داشته که این نشان‌دهنده‌ی عملکرد بهتر شرکت‌کننده در طول زمان می‌باشد.



نمودار ۲. خط روند استروپ ساده شرکت‌کننده اول

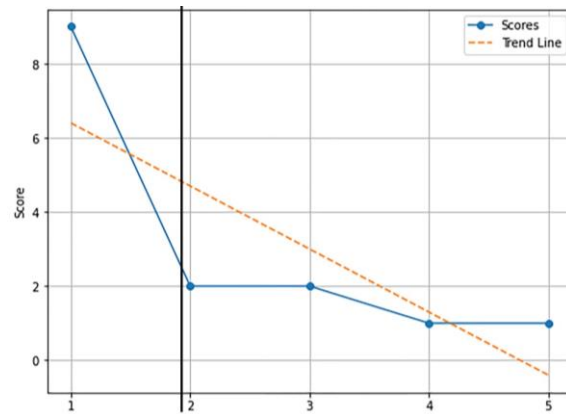
در نمودار ۳ نیز مشاهده می‌شود که شرکت‌کننده دوم نیز توانسته نمره تداخل خود را در طول هر چهار آزمون کاهش دهد و به مراتب بهتر از قبل عمل نماید.





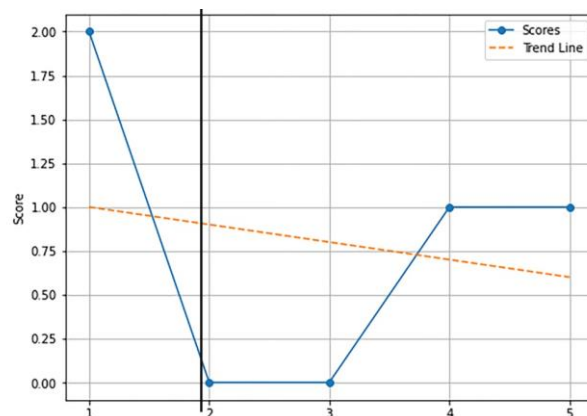
نمودار ۳. خط روند استروپ ساده شرکت‌کننده دوم

با توجه به شیب منفی خط روند نمرات شرکت‌کننده سوم در نمودار ۴، نمرات سیر نزولی و کاهشی دارند و عملکرد او در تست چهارم به مراتب بهتر از تست موقعیت پایه می‌باشد.



نمودار ۴. خط روند استروپ ساده شرکت‌کننده سوم

همان‌طور که در نمودار ۵ دیده می‌شود اگرچه نمره شرکت‌کننده چهارم در پس آزمون اول و دومش بهتر از آزمون سوم و چهارمش می‌باشد اما در کل می‌توان گفت که نمره‌ی تداخل او کاهشی بوده است.



نمودار ۵. خط روند استروپ ساده شرکت‌کننده چهارم

### ۲-۳-۲ شاخص تغییرات

کلیه شاخص تغییرات مربوط به شرکت کنندگان در آزمون استروپ ساده در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲. تغییرات شرکت کنندگان در آزمون استروپ ساده

شرکت کننده چهارم	شرکت کننده سوم	شرکت کننده دوم	شرکت کننده اول	
۵	۱۵	۳۷۵	۲۰۲۵	میانگین
۰	۱	۱	۶	مینیموم
۰	۱	۳	۶	۲۵%
۱	۲	۵	۱۱	۵۰%
۱	۲	۶	۲۴	۷۵%
۲	۹	۲۵	۴۵	ماکسیموم
۲	۸	۲۴	۳۹	دامنه تغییرات
۱.۲	۶	۱۷	۱۱.۴	تغییرات مطلق
۶۰	۶۶	۶۸	۱۰۳	تغییرات نسبی

داده‌های ستون شرکت کننده اول بیشترین پراکندگی را دارند در حالی که داده‌های ستون چهارم کمترین پراکندگی را دارند. این اعداد نشان می‌دهند که چقدر داده‌های هر متغیر از میانگین آن پراکنده هستند. میانگین سه شرکت کننده یعنی شرکت کننده دوم، شرکت کننده سوم و شرکت کننده چهارم در مرحله مداخله از خط پایه کمتر می‌باشد. میانگین نمرات شرکت کننده اول اگرچه کمتر از ماکسیمم عدد به دست آمده در آزمون استروپ می‌باشد اما از خط پایه بیشتر می‌باشد. در واقع به نظر می‌رسد بنا به دلایلی از جمله متغیرهای مزاحم و غیر قابل کنترل نمره‌ی شرکت کننده در اولین پس آزمون به شکل غیر معقولی افزایش یافته است.

### ۲-۳-۳ همپوشی و غیر همپوشی داده‌ها

درصد همپوشی و غیر همپوشی شرکت کنندگان در آزمون برج هانوی به این ترتیب می‌باشد:

درصد همپوشی داده‌های : 100.00% شرکت کننده  
درصد غیرهمپوشی داده‌های : 0.00% اول

درصد همپوشی داده‌های : 100.00% شرکت کننده  
درصد غیرهمپوشی داده‌های : 0.00% دوم

درصد همپوشی داده‌های : 100.00% شرکت کننده  
درصد غیرهمپوشی داده‌های : 0.00% دوم

درصد همپوشی داده‌های : 60.00% شرکت کننده  
درصد غیرهمپوشی داده‌های : 40.00% چهارم

شکل ۱. درصد همپوشی و غیرهمپوشی شرکت کننده‌ها در آزمون استروپ ساده

همان‌طور که در شکل ۱ فوق می‌بینید شرکت کننده سوم، شرکت کننده اول و شرکت کننده دوم از همپوشانی صددرصدی برخوردارند در حالی که شرکت کننده چهارم در متغیرهای این آزمون تطابق ۶۰ درصدی دارد.

### ۳. بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش دو مؤلفه توجه و انعطاف‌پذیری شناختی به شکل توأمان با نرم‌افزار استروپ ساده مورد سنجش قرار گرفتند. نمره‌ی تداخل افراد از خط پایه تا پس آزمون چهارم معیار ارزیابی ما بود. افراد طی جلسات توانستند نمره‌ی تداخل خود را کاهش دهند که این امر به نوبه

خود بیانگر افزایش قدرت توجه انتخابی و افزایش انعطاف‌پذیری شناختی کودکان شرکت‌کننده و تأیید هر دو فرضیه پژوهش می‌باشد. در واقع افراد به مرور زمان بهتر می‌توانستند که توجه خود را بر یک موضوع منعطف کنند و با کمترین اشتباه این توجه را به مؤلفه‌ی دیگری منتقل نمایند.

فرض اول پژوهش حاضر این بود که نرم‌افزار ریهاکام باعث افزایش مؤلفه توجه در کودکان دارای اختلال یادگیری خاص می‌شود. ماژول درمانی مورد استفاده به این شکل بود که شرکت کنندگان بایستی در میان تعدادی شکل مشابه، شبیه‌ترین شکل به نمونه را پیدا نمایند. به نظر می‌رسد که دقت مستمر به جزئیات اشکال و جستجو محرک‌های مختلف منجر به افزایش توجه و تمرکز این دانش‌آموزان شده است. برخی از تحقیقات بهبود عملکرد شناختی را که با آزمون‌های عصب روان‌شناختی اندازه‌گیری می‌شوند تأیید کرده‌اند [14]. باقری و همکارانش در پژوهش خود نشان دادند که توان‌بخشی رایانه‌ای اثربخشی معناداری بر حافظه و توجه کودکان نارسا خوان نداشته است که این نتیجه برخلاف یافته‌های پژوهش شکوهی یکتا و همکارانش [9] بر کودکان یک زبانه و همچنین تحقیق حاضر می‌باشد. همچنین میرزایی و همکارانش نیز در پژوهش‌های خود نشان دادند که درمان مبتنی بر نرم‌افزار ریهاکام منجر به بهبود توجه شرکت‌کنندگان گروه آزمایش حتی در دوره پیگیری شده است [10]، که با فرضیه اول این پژوهش همسو می‌باشد.

فرضیه دوم این بود که نرم‌افزار ریهاکام باعث افزایش انعطاف‌پذیری شناختی در کودکان دارای اختلال یادگیری می‌شود. دو ماژول برای این مؤلفه مورد استفاده قرار گرفتند. یکی از ماژول‌ها شامل رانندگی و توجه به المان‌های راهنمایی و رانندگی و چراغ چک‌های خودرو می‌شود. این ماژول ضمن تقویت مستمر توجه به کودک کمک می‌کرد که بدون اشتباه توجه خود را از یک محرک به محرک دیگری منتقل کند و یا حتی به طور هم‌زمان به چند محرک واکنش نشان دهند (به طور مثال سرعتشان را کم کنند و دکمه مربوط به بنزین و چراغ راهنما را بزنند). ماژول دیگر به این شکل بود که در ابتدا چند علامت به کاربر نشان داده می‌شود و سپس دکمه معادل آن بر روی کیبورد نیز به او معرفی می‌گردد. سپس کاربر بایستی به محض مشاهده هر علامت دکمه معادل آن را فشار دهد. سرعت نمایش علامت‌ها در هر مرحله افزایش می‌یابد. این ماژول کاربران را مجبور می‌کند تا در کسری از ثانیه تصمیم بگیرند که باید کدام دکمه را فشار دهند (به طور مثال گردش به چپ کلید جهت نمای چپ، گردش به راست کلید جهت نمای راست و تابلو توقف جهت نما پایین). با توجه به این که اکثر علامت‌ها به جهت‌ها مربوط می‌شدند کودکان دائماً باید پاسخ اشتباه را بازدارند و دکمه درست را انتخاب می‌کردند. این ماژول ضمن فعال کردن هر دو نیمکره از طریق درگیر کردن هر دو دست چپ و راست به افزایش سرعت پردازش و در نتیجه گنجایش توجه کودکان نیز کمک می‌کند. ثقفی، استکی و عشایری در پژوهش خود باهدف مقایسه کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری غیر کلامی و نارساخوان نشان دادند که این افراد در شاخص‌هایی همچون انعطاف‌پذیری شناختی، حافظه کاری، توجه و سازمان‌دهی [11] مشکلات مدیریتی دارند. نتایج این پژوهش (ثقفی و همکاران) نشان می‌دهد که در اثر تمرین‌های شناختی مکرر و هدایت‌شده در برنامه‌های توان‌بخشی رایانه‌ای، تغییرات ساختاری و کارکردی در نوروهای مسئول این کارکردها در مغزشان ایجاد می‌شود. این تغییرات، بر اساس فرضیه شکل‌پذیری مغز انسان، ممکن است پایدار و دائمی باشند و از طریق این تغییرات کارکردهای شناختی بهبود می‌یابند [20]. با توجه به نتایج این تحقیقات، مشخص است که توان‌بخشی رایانه اثرگذار است و می‌تواند بهبود انعطاف‌پذیری شناختی را به دنبال داشته باشد. این تحقیقات نیز با فرض دوم پژوهش همسو هستند. به علت اثربخشی این توان‌بخشی، درمانگران می‌توانند از این روش درمانی در کلینیک‌ها به‌منظور بهبود عملکردهای اجرایی بیماران استفاده کنند. این تحقیق تنها به دانش‌آموزان پسر مقطع ابتدایی محدود شده است، بنابراین تعمیم‌پذیری یافته‌ها به سایر سطوح سنی و جنسیت‌ها و مقاطع تحصیلی دیگر باید با احتیاط در نظر گرفته شود. به علاوه، پیشنهاد می‌شود که این پژوهش در جوامع دیگر و با در نظر گرفتن سایر متغیرهای شناختی و به صورت مقایسه با دیگر برنامه‌های آموزشی تکرار شود و دوره پیگیری برای تثبیت اثرات برنامه‌های آموزشی انجام شود. بزرگ‌ترین محدودیت این پژوهش بر این اساس بود که به دلیل محدودیت زمانی امکان پیگیری شرکت‌کنندگان وجود نداشت. محدودیت دیگر پژوهش به محدودیت‌های منابع فارسی در مورد نرم‌افزارهای علوم شناختی بازمی‌گشت.



## منابع

- [1] پرهون، کمال، علی زاده، حمید، پرهون، هادی، حسن آبادی، حمیدرضا، و امرایی، کوروش. (۱۴۰۱). بررسی نیمرخ حرکتی دانش آموزان دارای اختلال یادگیری ویژه و مشکل یادگیری. پرستاری کودکان، ۸(۴)، ۵۰-۶۱.
- [2] نریمانی، محمد، رجبی، سوران، افروز، غلامعلی، و صمدی خوشخو، حسن. (۱۳۹۰). بررسی کارآمدی مراکز ناتوانی‌های یادگیری استان اردبیل در بهبود علایم اختلال یادگیری دانش آموزان. ناتوانی‌های یادگیری، ۱(۱)، ۱۰۹-۱۲۸.
- [3] نریمانی، محمد، و سلیمانی، اسماعیل. (۱۳۹۲). اثربخشی توان بخشی شناختی بر کارکردهای اجرایی (حافظه کاری و توجه) و پیشرفت تحصیلی دانش آموزان دارای اختلال یادگیری ریاضی. ناتوانی‌های یادگیری، ۲(۳) (پیاپی ۶)، ۹۱-۱۱۵.
- [4] رضایی کوچکسرای سمانه، علیزاده حمید، درگاهی عبدالله، سوادپور محمدتقی، کامران عزیز، صحبت زاده رزاق. مقایسه کارکردهای اجرایی در دانش آموزان با اختلال و بدون اختلال یادگیری غیر کلامی. نسیم تندرستی (سلامت خانواده) ۱۳۹۳؛ ۳(۱): ۳۵-۴۱.
- [5] پیرخانی، علیرضا، و باجلان، شکوه. (۱۳۹۹). اثربخشی الگوی بالینی خلاقیت درمانی بر توجه و حافظه کودکان دارای اختلال یادگیری ریاضی. ابتکار و خلاقیت در علوم انسانی، ۱۰(۲)، ۲۹-۶۴.
- [6] باقری محبوبه، مرادی علیرضا، حسنی ابهریان پیمان. اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمعه ای و توان بخشی شناختی رایانشی حافظه کاری بر سرعت پردازش و علایم نارساخوانی در کودکان نارساخوان دوزبانه. روانشناسی شناختی ۱۳۹۷؛ ۶(۴): ۲۴-۳۴.
- [7] شعری، سرگل، صداقت، مستوره، شعاع کاظمی، مهرانگیز، و مرادی، حجت اله. (۱۴۰۱). ارزیابی تمرینات نوروفیدبک بر عملکرد اجرایی انعطاف پذیری شناختی و توجه در دانش آموزان دارای اختلال یادگیری. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ۳۰(۳)، ۶۲-۷۴.
- [8] مشهدی، علی، حمیدی، ندا، سلطانی فر، عاطفه و تیموری، سعید. (۱۳۹۰). بررسی بازداری پاسخ در کودکان مبتلا به اختلال های طیف درخودماندگی: کاربرد آزمون استروپ رایانه‌ای. پژوهش‌های روان شناسی بالینی و مشاوره (مطالعات تربیتی و روان شناسی)، ۱(۲)، ۸۷-۱۰۴.
- [9] ارجمندنی، ع. شکوهی یکتا، م. (۱۳۹۲). بهبود حافظه فعال. تهران، تیمورزاده - طیب.
- [10] میرزایی، مرجان، حسنی ابهریان، پیمان، مسچی، فرحناز و ثابت، مهرداد. (۱۴۰۰). اثربخشی توان بخشی شناختی مبتنی بر نرم افزار ریهاکام بر بهبود عملکرد شناختی سالمندان. پرستار و پزشک در رزم، ۹(۳۱)، ۳۲-۴۵.
- [11] علی زاده، حمید. (۱۳۸۵). رابطه کارکردهای اجرایی عصبی - شناختی با اختلال های رشدی. تازه‌های علوم شناختی، ۸(۴) (مسلسل ۳۲)، ۷۰-۵۷.
- [12] بیرامی، منصور، موحدی، یزدان و احمدی، اسماعیل. (۱۳۹۶). تأثیر بازتوانی شناختی بر عملکرد توجه متمرکز- پراکنده و حافظه کاری در دانش آموزان با ناتوانی یادگیری ریاضی و خواندن. عصب روانشناسی، ۳(۲) (پیاپی ۸)، ۹-۲۸.
- [13] Fairleigh D, Noame WE. Diagnostic utility of executive function assessment for adults with learning disorders in reading and mathematics. University AAT 3uv. 2010; 202:138.
- [14] Garsia V. L, Pereira L. D, Fukuda, Y. (2007). Selective attention: psi performance in children with learning disabilities. Brazil Journal Otorrinolaringol, 73(3), 404-11.



- [15] Sterr, A. M. (2004). Attention performance in young adults with learning disabilities. *Learning and Individual Differences*, 14(3), 125–133.
- [16] Hands B. Changes in motor skill and fitness measures among children with high and low motor competence: A five-year longitudinal study. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2008; 11(2):155-62.
- [17] Valera EM, Seidman LJ. Neurobiology of attention-deficit/hyperactivity disorder in preschoolers. *Infants & Young Children*. 2006; 19(2): 94-108. 11.Östergren RI. Mathematical Learning Disability. *Cognitive Conditions. Development and Predictions*. 2013.
- [18] Dellagi L, Ben Azouz O, Johnson I, Kebir O, Amado I, Tabbane K. Cognitive remediation therapy in schizophrenia: a case report. *Tunis Med*. 2009; 87: 660-3.
- [19] Langerita-Llorente R, Gracia-Garcia P. Neuropsychology of generalized anxiety disorders: a systematic review. *Rev Neurol* 2019;69:59-67.doi: 10.33588/rn.6902.2018371
- [20] Thibault RT, MacPherson A, Lifshitz M, Roth RR, Raz A. Neurofeedback with fMRI: A critical systematic review. *Neuroimage*. 2018;172:786807.doi: 10.1016/j.neuroimage.2017.12.071
- [21] Vernon D, Egner T, Cooper N, Compton T, Neilands C, Sheri A, et al. The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *Int J Psychophysiol* 2003;47:75-85.doi: 10.1016/s0167-8760(02)00091-0
- [22] Ortega LA, Tracy BA, Gould TJ, Parikh V. Effects of chronic low-and high-dose nicotine on cognitive flexibility in C57BL/6J mice. *Behav Brain Res* 2013;238:134-45. doi: 10.1016/j.bbr.2012.10.032



## کاربرد هوش مصنوعی در توسعه و ازدیاد برداشت از میادین نفت و گاز

صادق صفارزاده حسینی\*، هستی یعقوب وند

عضو هیات علمی دانشکده نفت آبادان (دانشگاه صنعت نفت)،

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده نفت آبادان

\*Email: ([Saffarzadeh@put.ac.ir](mailto:Saffarzadeh@put.ac.ir))

### چکیده

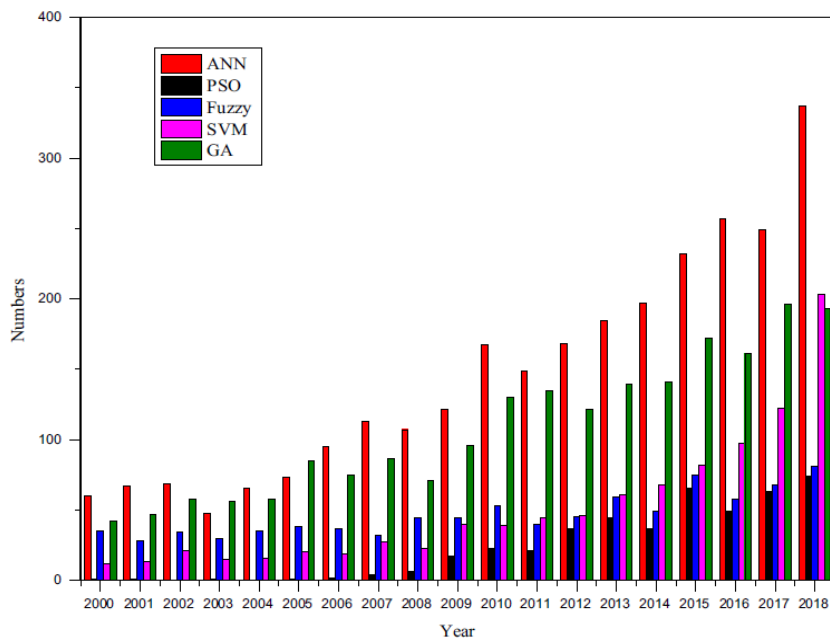
در سال‌های اخیر، افزایش چشمگیر امورات مبتنی بر هوش مصنوعی، پتانسیل آن را به عنوان یک مسیر آینده‌دار برای تقریباً تمام رشته‌ها نشان داده است. در صنعت نفت و گاز، فناوری هوش مصنوعی نیز بدون شک ستاره درخشان جدیدی است که توجه محققان را به خود جلب کرده است. این مقاله به منظور بررسی بیشتر کاربردهای هوش مصنوعی در توسعه میدان‌های نفتی و جهت‌گیری آتی این فناوری هیجان‌انگیز در صنعت نفت و گاز، به بررسی و تحلیل بخشی از کارهای گزارش شده مبتنی بر هوش مصنوعی پرداخته است. بر اساس این بررسی، کاربرد هوش مصنوعی در مسائل مهم توسعه میدان‌های نفتی از جمله بهینه‌سازی برنامه توسعه، شناسایی نفت باقیمانده و بازیافت نفت مختصراً مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین با مقایسه نقاط قوت و ضعف الگوریتم‌های موجود هوش مصنوعی، بر اساس تحلیل و بحث، وضعیت فعلی کاربرد هوش مصنوعی در توسعه میدان‌های نفتی جمع‌بندی و پیشنهادات و جهت‌گیری‌های بالقوه برای کارهای آتی در زمینه کاربرد هوش مصنوعی در توسعه نفت و گاز ارائه شده است.

**واژه های کلیدی:** هوش مصنوعی، الگوریتم های هوش مصنوعی، شبکه های عصبی مصنوعی، ازدیاد برداشت نفت و گاز

## ۱. مقدمه

تاریخچه هوش مصنوعی به سال ۱۹۵۰، زمانی که آلن تورینگ ریاضی‌دان بریتانیایی سؤال معروفی پرسید: "آیا ماشین‌ها می‌توانند فکر کنند؟" باز می‌گردد [۱]. هوش مصنوعی (AI) در سال ۱۹۵۶ در کنفرانس علمی دارتموث به عنوان یک زمینه تحقیقاتی جدید به طور رسمی پیشنهاد و تعریف شد. آزمایشگاه‌های هوش مصنوعی در بسیاری از کشورها تأسیس شد و کارشناسان آن زمان معتقد بودند که ماشین‌ها به زودی جایگزین انسان در زمینه‌های مختلف خواهند شد. با این حال، با ورود به دهه ۱۹۷۰، به دلیل محدودیت‌های الگوریتم‌های هوش مصنوعی در آن زمان، توسعه هوش مصنوعی به دلیل ناتوانی در اجرای کارهای بزرگ مقیاس یا پیچیده، با محدودیت‌هایی روبرو شد. چند سال بعد، با گسترش استفاده از "سیستم خبره"، هوش مصنوعی دوباره رونق گرفت [۲]. با این حال، از آنجایی که "سیستم خبره" نیاز به توانایی پردازش دانش قوی و هزینه نگهداری بالایی داشت، در توسعه هوش مصنوعی پیشرفت قابل توجهی حاصل نشد. به نظر می‌رسد توسعه سریع رایانه‌ها در اواخر دهه ۱۹۹۰، بهار جدیدی را برای هوش مصنوعی به ارمغان آورده است. پس از بیش از شصت سال فراز و نشیب، هوش مصنوعی با پیروزی آلفاگو بر لی ستول دوباره به مرکز توجه بازگشت [۱]. سپس در سال ۲۰۱۷، آلفاگوزیرو با آموزش با سرعت بالا بدون دخالت انسان ظاهر شد که توجه زیادی را از همه اقصای جامعه به خود جلب کرد و تفکرات جدیدی را برای توسعه هوش مصنوعی در زمینه‌های مختلف به ارمغان آورد [۳]. با توسعه محاسبات ابری، کلان داده، شبکه عصبی مصنوعی، یادگیری عمیق و سایر فناوری‌های جدید، می‌توان گفت که هوش مصنوعی جهش جدیدی پیدا کرده و زندگی روزمره بشر را نیز متحول کرده است. خودروهای بدون راننده، تشخیص دقیق چهره و سایر کاربردهای هوش مصنوعی دیگر فقط ساخته و پرداخته فیلم‌های علمی تخیلی نیستند. هوش مصنوعی تقریباً در تمام جنبه‌های زندگی روزمره به کار گرفته شده است، به عنوان هسته اصلی صنعت انرژی سنتی، صنعت نفت و گاز نیز هوش مصنوعی را برای ایجاد پیشرفت‌های تکنولوژیکی جدید در اکتشاف، توسعه و تولید نفت و گاز در آغوش می‌گیرد [۴-۶]. کاربرد هوش مصنوعی AI در مهندسی نفت از اوایل دهه ۱۹۷۰ توسط انجمن بین‌المللی در انجمن‌ها مطرح شد. در سال ۲۰۰۹، انجمن مهندسان نفت SPE شاخه "هوش مصنوعی در تحلیل پیش‌بینی آنالیزها" را برای ترویج کاربرد فناوری هوش مصنوعی در حوزه نفت، به منظور سازماندهی بحث‌های منظم مرتبط با آن، تأسیس کرد. بر اساس نتایج جستجو از پلتفرم OnePetro، تعداد مقالات در مورد هوش مصنوعی از سال ۲۰۰۰ به طور قابل توجهی افزایش یافته است که الگوریتم‌های اصلی آن شامل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، منطق فازی، ماشین بردار پشتیبان (SVM)، سیستم هوشمند ترکیبی (HIS)، الگوریتم ژنتیک (GA)، بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) و غیره می‌شود. این نشان دهنده افزایش علاقه محققان به کاربرد هوش مصنوعی در صنعت نفت است و در میان تمام الگوریتم‌ها، (ANN) بیشترین مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۱).

در حال حاضر، کاربرد هوش مصنوعی در صنعت نفت و گاز به سرعت در حال توسعه است، زیرا مفهوم هوش مصنوعی به تدریج در مراحل مختلف صنعت نفوذ می‌کند. حفاری هوشمند، تولید هوشمند، خط لوله هوشمند، پالایشگاه هوشمند و غیره به عنوان جهت تحقیقات آینده در این حوزه مطرح شده‌اند. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، توسعه‌دهندگان مجموعه‌ای از فناوری‌های کاربردی در بخش اکتشاف و توسعه را ایجاد کرده‌اند. در حوزه اکتشاف، استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (ANN) در کاهش ریسک‌های اکتشاف و بهبود نرخ موفقیت چاه‌های اکتشافی نتایج خوبی به دست آورده است [۶]. در حوزه حفاری، تجهیزات جدیدی مانند دکل حفاری اتوماتیک و لوله حفاری هوشمند منجر به بهبود سطح حفاری و کاهش قابل توجه هزینه‌ها شده است [۷]. در توسعه میدان نفتی، استفاده از داده‌های تاریخی تولید میدان برای بهینه‌سازی برنامه توسعه، شیوه اصلی کاربرد فناوری هوش مصنوعی است. علاوه بر این، هوش مصنوعی روش‌های دقیق‌تری برای مدیریت مخازن و بهبود برای طراحی طرح شکستگی و انتخاب چاه‌های عملیاتی و لایه‌های هدف ارائه کرده است [۸]. اگرچه بسیاری از محققان دستاوردهای خود را به اشتراک گذاشته‌اند، اما به دلیل روش‌ها و محتوای فراوان هوش مصنوعی، خلاصه و نتیجه‌گیری خاصی در مورد کاربرد هوش مصنوعی در زمینه توسعه میدان نفتی وجود نداشته است. پیش‌بینی عملکرد تولید، بهینه‌سازی توسعه، شناسایی نفت باقیمانده، بازیافت نفت و شناسایی و پیش‌بینی صحیح شکستگی‌های مصنوعی در مخازن غیر متعارف، که به ویژه مهم هستند، وظایف اصلی در توسعه میدان نفتی هستند. مسائل مورد بحث در این مقاله شامل کاربرد هوش مصنوعی در پیش‌بینی دینامیک تولید میدان نفتی، بهینه‌سازی توسعه، شناسایی نفت باقیمانده و کاربرد هوش مصنوعی در بازیافت نفت بهبود یافته می‌باشد.



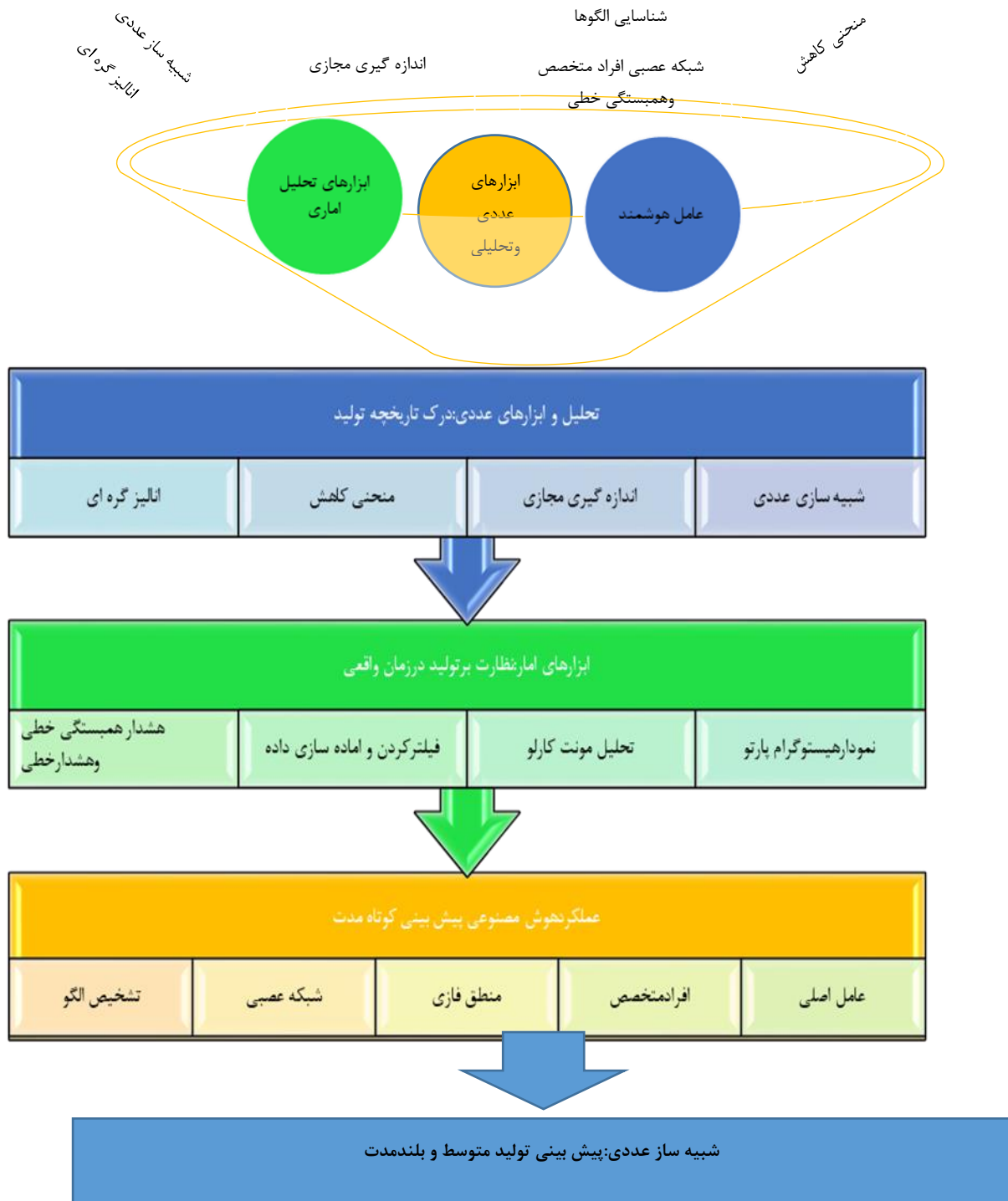
شکل ۱: فراوانی استفاده از الگوریتم‌های مختلف هوش مصنوعی در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸.

## ۲. گذر از میدان نفتی دیجیتال به میدان نفتی هوش مصنوعی (AI):

توسعه میدان نفتی با حجم عظیمی از داده‌ها و شرایط اضطراری غیرقابل پیش‌بینی همراه است. بدون ادغام منابع و مدیریت خودکار، دستیابی به نتایج مطلوب ممکن نخواهد بود و حتی ممکن است با وجود مصرف زیاد منابع مادی و مالی، شرایط غیرمنتظره‌ای رخ دهد. میدان نفتی دیجیتال، مدیریت پیشرفته‌ای است که توسط فناوری اطلاعات پشتیبانی می‌شود و شامل مجموعه‌ای از فرآیندها از اکتشاف تا تولید می‌باشد. این مدیریت از طریق تجزیه و تحلیل بهینه‌سازی تولید، می‌تواند به طور لحظه‌ای به داده‌ها دسترسی داشته باشد، به طور کامل به اشتراک بگذارد و مدیریت دقیق را به دست آورد [۹، ۱۰]. بنابراین، شرکت‌های میدان نفتی دیجیتال کارآمدتر، خلاق‌تر و رقابتی‌تر هستند. میدان نفتی هوش مصنوعی نسخه پیشرفته میدان نفتی دیجیتال است. این یک سیستم پیشرفته شناسایی و درمان خودکار است که بر اساس فناوری رایانه‌ای پیشرفته، فناوری اتوماسیون، فناوری سنسور و فناوری حرفه‌ای، تمام جنبه‌های میدان نفتی را پوشش می‌دهد. این سیستم با درک جامع از تغییرات پویای میدان نفتی، کنترل خودکار، پیش‌بینی و بهینه‌سازی میدان نفتی می‌تواند به توسعه کارآمدتر و پایدارتر میدان نفتی دست یابد [۱۱، ۱۲]. هوش مصنوعی در میدان نفتی، نقش پیشرو و راهنما را در هوشمندسازی میدان نفتی در تمام سطوح ایفا می‌کند و روند آینده شرکت‌های نفتی است [۱۳]. زیرا می‌تواند به میزان قابل توجهی هزینه تولید نفت را کاهش دهد، متوسط بازافت میدان نفتی را بهبود بخشد، کارآمدی مدیریت بنگاه‌ها را افزایش دهد و در عین حال به طور غیرمستقیم توسعه اقتصادی و اجتماعی را ارتقا دهد. ادغام پلتفرم دیجیتال بر اساس میدان نفتی دیجیتال، به ایجاد میدان نفتی هوش مصنوعی با قابلیت پیش‌بینی، هشدار، تجزیه و تحلیل کارآمد و بهینه‌سازی با استفاده از فناوری‌های نوظهوری مانند فناوری اینترنت اشیا (IoT)، فناوری محاسبات ابری و فناوری کلان داده و غیره کمک می‌کند. بسیاری از شرکت‌های نفتی پروژه‌های میدان نفتی هوشمند را برای بهبود کیفیت تصمیم‌گیری و مدیریت راه‌اندازی کرده‌اند. نرم‌افزار سکوی محیط چندبعدی اکتشاف و توسعه توسط شرکت شلمبرژه با استفاده از اینترنت اشیا و سایر فناوری‌ها می‌تواند طراحی حفاری خودکار را تحقق بخشد [۱۴]. میدان نفتی دیجیتال شرکت ملی نفت کویت (KwIDF) یک نمونه کار هوشمند پیشرفته یکپارچه با سیستم‌های سطحی و زیرزمینی ارتقا یافته است [۱۵]. علاوه بر این، دستیارهای مدیریت هوشمند مبتنی بر هوش



مصنوعی، مانند ربات میدان نفتی، دستیار میدان نفتی مجازی و اپلیکیشن میدان نفتی هوشمند، نه تنها می‌توانند جایگزین انسان‌ها در انجام کارهای پرخطر شوند، بلکه حجم زیادی از کارهای تکراری را نیز کاهش می‌دهند [۱۶] (شکل ۲).



شکل ۲. ابزارهای گردش کار KwIDF [15]

### ۳. هوش مصنوعی در توسعه و استخراج نفت و گاز

با ظهور هوش مصنوعی اصلی‌ترین کاربرد آن در توسعه و بهره برداری مخازن نفت، بهینه‌سازی توسعه بر اساس داده‌های تاریخی تولید میدان نفتی است. با ورود به عصر کلان داده برای توسعه میدان نفتی لازم است تا به طور کامل پتانسیل عظیم داده‌های کلان را کشف کرده و اطلاعات پنهان و ناشناخته قبلی و بالقوه با ارزش را آشکار نمود. این موضوع یکی از مباحث داغ در حوزه تحقیقات توسعه میدان نفتی با هوش مصنوعی به شمار می‌رود [۱۷]. در حال حاضر، هوش مصنوعی در بسیاری از صنایع (مانند ارتباطات، تجارت الکترونیک و غیره) به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است، اما همچنان در صنعت نفت راه درازی در پیش دارد. این امر عمدتاً به دلیل ویژگی‌های خاص داده‌ها و کاربردها در توسعه میدان نفتی است. به عنوان مثال، حجم زیاد داده، داده‌های با ابعاد و وابستگی بالا، داده‌های چند منبعی با فرمت پیچیده، داده‌های بدون ساختار و ناهمگنی شدید اشیاء مورد تحقیق [۱۸] و توسعه و کاربرد کلان‌داده (بیگ‌دیتا) و بهبود مستمر الگوریتم‌های مرتبط، نقش هوش مصنوعی (AI) را در توسعه میدان‌های نفتی روز به روز پررنگ‌تر می‌کند. با ترکیب این فناوری‌ها با دیگر تکنولوژی‌های جدید و مرتبط (مانند رایانش ابری، اینترنت اشیاء، واقعیت مجازی و غیره)، سیستم‌های نوین مبتنی بر هوش مصنوعی به طور مداوم پیشنهاد خواهند شد که مطمئناً به کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری منجر خواهند شد. بنابراین، تحقیقات در زمینه هوش مصنوعی و کاربرد آن در توسعه میدان‌های نفتی، بدون شک آینده و چشم‌انداز امیدوارکننده‌ای دارد.

در فرآیند توسعه میدان نفتی، علاوه بر پیش‌بینی دینامیک توسعه و بهینه‌سازی برنامه، شناسایی نفت باقیمانده می‌تواند منجر به درک مجدد مخازن و فراهم کردن مقدمات لازم برای تنظیم برنامه توسعه شود. مکانیسم جابجایی برای انواع مختلف نفت باقیمانده متفاوت است که مانعی برای استخراج نفت باقیمانده و بهبود بازده جابجایی نفت ایجاد می‌کند. روش‌های مدل‌سازی سنتی شامل مدل‌سازی قطعی و مدل‌سازی تصادفی هستند، اما نمی‌توانند پارامترهای مخزن را در بعد زمان پیش‌بینی کنند [۱۹]. بنابراین، ادغام هوش مصنوعی در شناسایی نفت باقیمانده به دلیل پتانسیل بالای آن در شناسایی مورفولوژی نفت باقیمانده و ایجاد مدل بسیار حائز اهمیت است. اگرچه کاربردهای هوش مصنوعی در تحقیقات شناسایی نفت باقیمانده به اندازه پیش‌بینی دینامیکی تولید و بهینه‌سازی توسعه زیاد نیست. با این حال، این یک جهت‌گیری تحقیقاتی ارزشمند است و شناسایی صحیح نفت باقیمانده برای توسعه نفت و گاز از اهمیت بالایی برخوردار است.

#### ۳.۱. هوش مصنوعی در پیش‌بینی تولید

پیش‌بینی تولید یک فرآیند پویا است به این معنی که به طور مداوم در حال تغییر است و باید به طور مرتب به روز شود. برای اینکه بتوان این فرآیند را پایش و پیش‌بینی کرد، باید از الگوریتم‌های هوش مصنوعی پویا استفاده گردد. هوش مصنوعی می‌تواند با در نظر گرفتن تداخل بین چاه‌ها و لایه‌ها، دقت پیش‌بینی را افزایش دهد. این تداخل می‌تواند شامل مواردی مانند رقابت بین چاه‌ها برای تولید نفت و همچنین تأثیر تزریق آب در یک چاه بر تولید چاه‌های دیگر باشد. هوش مصنوعی پتانسیل توسعه یک سیستم پیش‌بینی پویای چند چاه را دارد. این سیستم می‌تواند به طور همزمان تولید چندین چاه را پیش‌بینی کند و به اپراتورها کمک کند تا تصمیمات بهتری در مورد نحوه تولید میدان نفتی خود بگیرد. برای توسعه سیستم‌های پیش‌بینی پویا، باید از داده‌های کلان موجود به طور کامل استفاده کرد. این داده‌ها شامل داده‌های تولید، داده‌های تزریق، داده‌های مربوط به خواص مخزن و داده‌های مربوط به چاه‌ها می‌شود. در دسترس بودن داده‌ها برای پشتیبانی از پیش‌بینی دقیق‌تر باید بیشتر مورد بررسی قرار گیرد.

#### ۳.۲. بهینه‌سازی برنامه توسعه با هوش مصنوعی

از دهه ۱۹۶۰، بهینه‌سازی در برنامه‌ریزی توسعه میدان نفتی مورد توجه قرار گرفته است. با پیچیده‌تر شدن میدان‌های نفتی، نیاز به بهینه‌سازی برنامه توسعه افزایش یافته است برای ارزیابی و بهینه‌سازی برنامه توسعه، ضروری است یک روش کارآمد و مؤثر ایجاد شود. روش‌های سنتی نسبتاً یک‌طرفه هستند، بنابراین استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند جدید در حل مشکلات فرآیند توسعه میدان نفتی ضروری است. برای استفاده از هوش مصنوعی در بهینه‌سازی برنامه توسعه، باید به جنبه‌های مختلف و چندبعدی زمینه‌های زمین‌شناسی، تطابق تاریخی، پایش دینامیک و منافع اقتصادی توجه شود [۲۰].



### ۳.۳. هوش مصنوعی در ازدیاد برداشت پیشرفته نفت (EOR)

از دهه ۱۹۵۰، ازدیاد برداشت نفت (EOR) نقش مهمی در توسعه میدان نفتی ایفا کرده است. تاکنون، فناوری‌های اصلی ازدیاد برداشت که در این زمینه به کار گرفته شده‌اند شامل سیلاب شیمیایی، بازیابی حرارتی، سیلاب گازی و غیره است. بررسی کاربرد هوش مصنوعی در ازدیاد برداشت می‌تواند ایده‌های جدید و پیشرفت‌های تکنولوژی به همراه داشته باشد. ژو و همکاران [۲۱] از تحلیل همبستگی برای انتخاب پارامترهایی که می‌توانند تأثیر زیادی بر عملکرد ازدیاد برداشت سیلاب پلیمری داشته باشند، استفاده کردند و تحلیل رگرسیون چندجمله‌ای و شبکه عصبی BP را برای پیش‌بینی سیستم چند متغیره غیرخطی و غیرقطعی به کار بردند. نی و همکاران [۲۲] روشی دقیق برای پیش‌بینی اثر تزریق بخار با ادغام الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی و الگوریتم شبکه عصبی تابع پایه شعاعی (RBF) پیشنهاد کردند. این تحقیق نشان داد که روش پیشنهادی قابلیت غیرخطی بهتر و دقت پیش‌بینی بالاتری را برای پیش‌بینی تأثیر توسعه تزریق بخار دارد. شی و همکاران [۲۳] با استفاده از تحلیل همبستگی خاکستری و شبکه عصبی BP، تأثیر شکستگی (تولید نفت تجمعی) را پیش‌بینی کردند. کاربرد هوش مصنوعی در بازیابی پیشرفته نفت (EOR) عمدتاً پیش‌بینی شبیه‌سازی است که می‌تواند کارایی و دقت را به طور قابل توجهی بهبود بخشد. اما برای تأیید به داده‌های آزمایش بیشتری نیاز دارد. علاوه بر این، روابط بین پارامترهای ورودی و خروجی نیاز به مطالعه بیشتری دارد. اگرچه الگوریتم‌های هوش مصنوعی در تحقیقات EOR هنوز در مسیر بلوغ قرار دارند، اما پتانسیل کاربرد آن بسیار زیاد است، بنابراین یک جهت تحقیقاتی است که ارزش توجه محققان را دارد.

### ۴. نتیجه گیری

بر اساس بررسی کاربرد هوش مصنوعی در توسعه میدان نفتی، می‌توان نتیجه گرفت که میدان نفتی هوشمند در مسیر ادغام کاربردهای تجاری، هماهنگی تصمیم و استقرار، مدیریت تولید بلادرنگ، به اشتراک گذاری منابع اطلاعاتی در حرکت است. میدان نفتی با هوش مصنوعی در نهایت به یک اکوسیستم هوشمند تبدیل خواهد شد که اکتشاف، توسعه، جمع‌آوری، پالایش و مدیریت و غیره را در خود جای داده است. بر اساس این اکوسیستم، همکاری در تمام سطوح، مناطق و رشته‌ها می‌تواند برای تمدید چرخه عمر میدان نفتی، بهبود کارایی و کیفیت تصمیم‌گیری، کاهش هزینه‌ها و افزایش منافع اقتصادی و در نهایت تحقق انتقال از میدان نفتی دیجیتال به میدان نفتی با هوش مصنوعی انجام شود. با بررسی کمیت مقالات، تعداد مقالات مرتبط با هوش مصنوعی سالانه در حال افزایش است، تحقیقات در مورد هوش مصنوعی در سال‌های اخیر به یک کانون تحقیقاتی تبدیل شده است.

اگرچه تمام الگوریتم‌ها محدودیت‌هایی دارند، انتخاب و کاربرد مناسب الگوریتم کلید حل مسائل است ترکیب سایر الگوریتم‌ها می‌تواند به بهبود دقت نتیجه و سرعت الگوریتم کمک کند. این امر رایج است که الگوریتم‌های هوش مصنوعی بیش از حد به داده‌ها وابسته هستند و روابط فیزیکی بین پارامترهای مختلف را نادیده می‌گیرند. بنابراین برای تحقق میدان نفتی هوش مصنوعی، همچنان به تلاش‌های بیشتری نیاز است، مهم‌ترین عامل داشتن ظرفیت برای استفاده و به اشتراک گذاری داده‌های کلان میدان نفتی و ادغام سیستم‌های هوشمند در مراحل مختلف است

### مراجع

- [1] Wang, X., *Application of artificial intelligence in oil and gas industry*. Mod Inf Technol, 2017. 3(1): p. 117-119.
- [2] Li, H., et al., *Applications of artificial intelligence in oil and gas development*. Archives of Computational Methods in Engineering, ۲۰۲۱. ۲۸: p. 937-949.
- [3] Ma, S.M., *Technology Focus: Formation Evaluation (August 2018)*. Journal of Petroleum Technology, 2018. 70(08): p. 50-50.
- [4] Wei, L. and Y. Na. *Application and influence of artificial intelligence in petroleum engineering area*. in *Oil Forum*. 2018.



- [5] Dawei, L. and S. Guangren, *Optimization of common data mining algorithms for petroleum exploration and development*. Acta Petrolei Sinica, 2018. **39**(2): p. 240.
- [6] Giuliani, M., et al. *Hybrid artificial intelligence techniques for automatic simulation models matching with field data*. in *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference*. 2018. SPE.
- [7] Hojageldiyev, D. *Artificial intelligence in HSE*. in *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference*. 2018. SPE.
- [8] Liu, B., *Construction conception of intelligent oilfield*. J Shengli Oilfield Party Sch, 2015. **6**: p. 99-101.
- [9] Xian-de, L., Y. Ting-ting, and Y. Hu-yong, *Forecast of oilfield indexes based on Elman neural network and genetic algorithm*. Computer and Modernization, 2013. **1**(2): p. 150.
- [10] Lien, M.O., J.-D. Jansen, and D.R. Brouwer. *Multiscale smart well management*. in *Intelligent energy conference and exhibition*. 2006. OnePetro.
- [11] Liu, N., *Digital oilfield construction, smooth evolution to intelligent oilfield*. Silicon Val, 2014. **4**(191): p. 2249-0558.
- [12] Yousef, A.A., et al. *Smartwater flooding: industry's first field test in carbonate reservoirs*. in *SPE Annual Technical Conference and Exhibition?* 2012. SPE.
- [13] Wang, H., S. Wang, and S. Zhu, *Conception and exploration of the smart oil and gas field construction in "internet+" era*. Oil Gas Field Surf Eng, 2018. **8**: p. 1-8.
- [14] Nadhan, D., M.G. Mayani, and R. Rommetveit. *Drilling with digital twins*. in *IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition?* 2018. SPE.
- [15] Al-Abbasi, A., et al. *New Generation of Petroleum Workflow Automation: Philosophy and Practice*. in *SPE Digital Energy Conference and Exhibition*. 2013. SPE.
- [16] Tan, A. and J. Potts, *Digital-Log Management System*. SPE Computer Applications, 1995. **7**(04): p. 88-90.
- [17] Weiss, W.W., R.S. Balch, and B.A. Stubbs. *How artificial intelligence methods can forecast oil production*. in *SPE Improved Oil Recovery Conference?* 2002. SPE.
- [18] Gatta, S. *Decision tree analysis and risk modeling to appraise investments on major oil field projects*. in *SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference*. 1999. SPE.
- [19] Denney, D., *Artificial neural networks identify restimulation candidates*. Journal of petroleum technology, 2000. **52**(02): p. 44-45.
- [20] Zhang, Z.X., X.F. Kang, and F.F. Zhang, *Application of grey theory for oil and gas reservoir evaluation program optimization*. Advanced Materials Research, 2013. **616**: p. 1008-1012.
- [21] Zhou, C., J. Li, and X. Zhang, *Predication for EOR by polymer flooding based on artificial neural network-comparison between ANN and quadratic*. Polynomial Stepwise Regres Method, 2008. **27**(3): p. 113-116.
- [22] Hongmei, N., et al., *Injection and production project optimization of steam flooding based on improved particle swarm optimization algorithm*. Acta Petrolei Sinica, 2014. **35**(1): p. 114.
- [23] Shi, S., H. Yu, and Z. Sun, *Forecast of fracturing effect based on gray correlation analysis and BP neural network*. J Changjiang Univ (Self Publ Ed), 2014. **31**: p. 154-156.



## طراحی یک سنتز کننده فرکانسی تقسیم جزئی با تکیه بر تقسیم کننده سیگما دلتا در تکنولوژی 0/18 um

سعید پورا کبری لیسار<sup>۱</sup>، جواد جاویدان<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد/گروه برق و کامپیوتر / دانشگاه محقق اردبیلی / اردبیل  
<sup>۲</sup> دانشیار گروه برق و کامپیوتر/گروه برق و کامپیوتر / دانشگاه محقق اردبیلی / اردبیل

*javidan@uma.ac.ir*

### چکیده

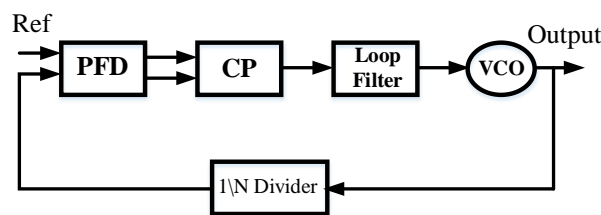
در این مقاله یک سنتز کننده فرکانسی از نوع حلقه‌ی قفل فاز کسری N با پهنای باند 60 kHz در محدوده‌ی فرکانس کاری ۲/۴GHz تا ۲/۵GHz طراحی و شبیه سازی شده است. برای شبیه سازی کل سیستم، زیر بلوک‌ها در سطح گیت با هدف کاهش تاخیر و توان مصرفی طراحی می‌شود. یکی از مهمترین بلوک‌ها، بلوک تقسیم کننده است که تمرکز اصلی در طراحی روی آن صورت گرفته است. مدار تقسیم کننده به همراه مودلاتور سیگما دلتا که آرایش MASH1-1-1 برای آن در نظر گرفته شده وظیفه تقسیم فرکانس به اعداد کسری را بر عهده دارد. با کنار هم قرار دادن بلوک‌ها و در نظر گرفتن بقیه ملاحظات مداری، یک حلقه‌ی کامل PLL طراحی شده است. نتیجه شبیه سازی زمان قفل شونده‌ی کل حلقه PLL را کمتر از ۱۵ میکروثانیه و همچنین نویز فاز ۴۵ درجه که هدف طراحی بود را نشان می‌دهد. کلیه شبیه سازی‌ها با استفاده از نرم افزار ADS و با تکنولوژی 0.18 میکرومتر انجام شده است.

**واژه‌های کلیدی :** سنتز کننده‌ی فرکانس کسری، مودلاتور سیگما دلتا، AVLG، AVLS، ADS، نویز فاز

## ۱. مقدمه

با توسعه سریع فناوری و استفاده از توپولوژی‌های مختلف در ارتباطات بی‌سیم، می‌توان به اهمیت فرکانس در مدارات فرستنده و گیرنده اشاره کرد، در سیستم‌های ارتباط مدرن رادیویی فرکانس بالا و دیجیتال، فرکانس اسلاتور محلی با استفاده از بلوکی به نام حلقه‌ی قفل فاز (PLL) تامین می‌شود، به طور کلی بلوک‌های حلقه‌ی قفل کننده فاز بلوک‌هایی هستند که فرکانس مرجع، تولید شده با یک نوسان ساز کریستال، را به ضریبی صحیح یا اعشاری از فرکانس ورودی تبدیل می‌کند. و در پیاده‌سازی به اصطلاح فاز سیگنال را روی فرکانس خاصی قفل می‌کند [۱]. شکل ۱ ساختار حلقه‌ی قفل فاز (PLL) را نشان می‌دهد. مکانیزم کاری حلقه با استفاده از بلوک‌های بکار گرفته شده قابل استنباط است. از شکل رابطه فرکانس خروجی نسبت به سیگنال مرجع ورودی طبق رابطه (۱) بدست می‌آید [۳].

$$F_{out} = N * F_{ref} \quad (1)$$



شکل ۱. بلوک دیاگرام حلقه قفل کننده فاز- N [2]

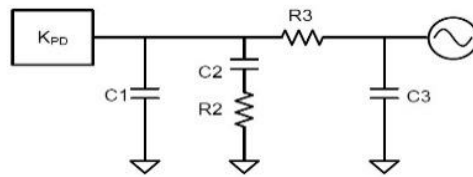
## ۲. بلوک‌های سازنده و پیشنهادی برای طراحی حلقه‌ی PLL بهینه

با توجه به شکل کامل یک حلقه PLL، در ادامه بلوک‌های سازنده به همراه شبیه‌سازی ارائه می‌شود اکثر بلوک‌ها از مدارهای پیشنهادی تحقیقات پیشین با اندکی تغییرات و بهینه کردن در طراحی و شبیه‌سازی انتخاب شده اما بیشترین ایده‌های پیشنهادی در طراحی ساختار تقسیم کننده انجام شده است.

### ۲-۱. فیلتر حلقه (Loop Filter)

فیلتر انتخابی از نوع فیلتر پایین گذر بوده که بسیاری از مشخصه‌های حلقه مانند پایداری حلقه، سرعت قفل و ... را تعیین می‌کند، در عملکرد کلی حلقه‌ی قفل فاز، طراحی فیلتر حلقه از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. در مقاله مربوطه از مودلاتور دلتا سیگمای مرتبه‌ی ۳ استفاده شده است، لذا مرتبه‌ی فیلتر می‌بایست حداقل برابر با ۳ باشد، زیرا شیب چگالی طیف توان برابر با  $+60\text{dBc/Hz}$  می‌باشد، لذا برای جبران آن لازم است شیب نمودار اندازه دامنه فیلتر حلقه حداقل برابر  $-60\text{dBc/Hz}$  باشد که شکل مداری به همراه مقادیر که از شبیه‌سازی بدست آمده است در شکل ۲ نشان داده شده است [۴].

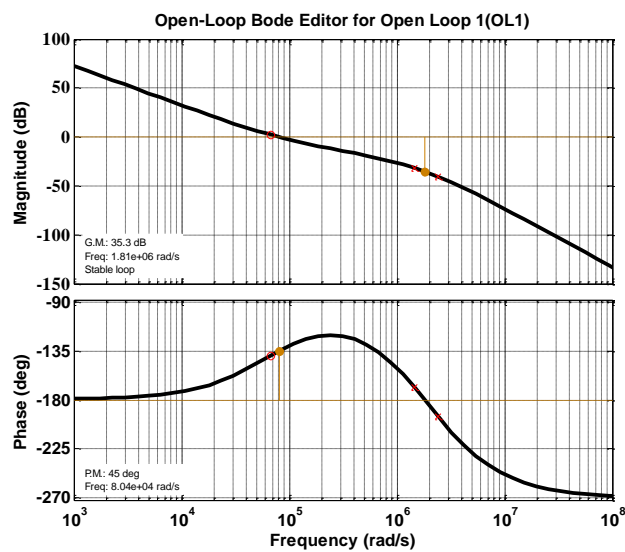
<sup>1</sup> Phase Lock loop



$C1 = 711 \text{ pF},$   
 $C2 = 9.71 \text{ nF},$   
 $C3 = 50 \text{ fF},$   
 $R2 = 800 \text{ kohm},$   
 $R3 = 11 \text{ kohm}$

شکل ۲. مدار فیلتر حلقه [4] و مقادیر دقیق جهت طراحی فیلتر درجه ۳

برای محاسبه مقادیر مقاومت و خازن در طراحی فیلتر، با استفاده از نرم افزار متلب و همچنین با استفاده از SISO Design می‌توان پایداری حلقه و میزان حاشیه فاز بهینه جهت طراحی را مشاهده کرد که در شکل ۳ نشان داده شده است.



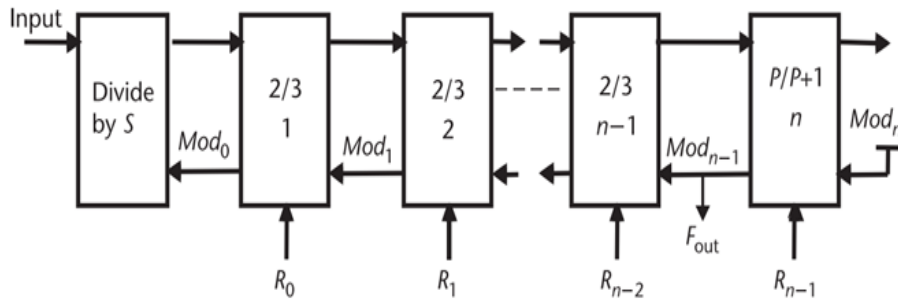
شکل ۳. نمودار بود تابع حلقه باز سیستم

## ۲-۲. تقسیم کننده قابل برنامه ریزی

در حالت کلی تقسیم کننده فرکانسی به دو نوع تقسیم کننده‌های حذف کننده پالس<sup>۱</sup> و تقسیم کننده‌های چند ضربی<sup>۲</sup> قابل دسته‌بندی است. در این مقاله تقسیم کننده‌ی چند ضربی با ساختار شکل ۴ استفاده شده است، همچنین برای محدوده‌ی فرکانس کاری ۲/۴ GHz تا ۲/۵ GHz بایستی تقسیم کننده مورد نظر قابلیت تقسیم فرکانسی در محدوده را پوشش دهد. از طرفی چون فرکانس مرجع برابر با ۲۰ MHz است بنابراین مقادیر بیشینه و کمینه برای مشخص کردن تعداد بلوک های تقسیم کننده و آخرین بلوک تقسیم کننده برای این طراحی با استفاده از معادلات در [۵]، مقادیر  $D_{max}=129$ ,  $D_{min}=117$ ,  $N_{max}=125$ ,  $N_{min}=120$ ،  $n=5$  و  $p=7$  محاسبه شده است.

<sup>1</sup> Pulse swallow multi-modulus divider

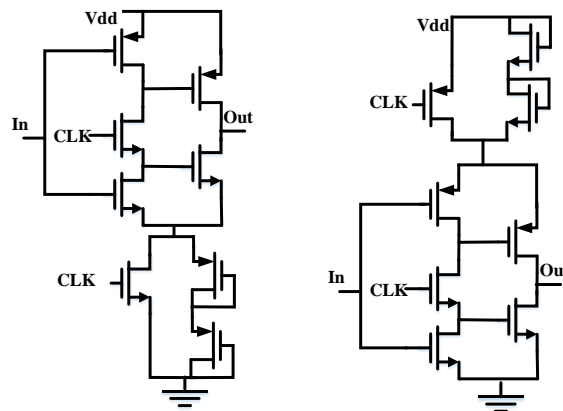
<sup>2</sup> Generic multi-modulus divider



شکل ۴. بلوک دیاگرام تقسیم کننده چند ضریبی [۵]

### 2-2-1. فلیپ فلاپ مناسب برای طراحی بلوک‌های داخلی تقسیم کننده

فلیپ فلاپ یک بلوک اصلی در مدارات دیجیتال و حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد کل توان مصرفی سیستم دیجیتال را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین کاهش تاخیر و توان مصرفی فلیپ فلاپ‌ها تاثیر قابل توجهی در کل سیستم دیجیتال دارد. از فلیپ فلاپ‌های نوع D مشهور می‌توان به فلیپ فلاپ D کلاک شده<sup>۱</sup>، فلیپ فلاپ کلاک فاز توان، فلیپ فلاپ کلاک شونده تک مرحله ای<sup>۲</sup>، فلیپ فلاپ تغییر دهنده سطح<sup>۳</sup>، فلیپ فلاپ تغییر دهنده سطح زمین<sup>۴</sup>، فلیپ فلاپ سطح ولتاژی مد جانشین<sup>۵</sup> و فلیپ فلاپ سطح ولتاژی مد جانشین بهبود یافته<sup>۶</sup> اشاره کرد. برای تاخیر انتشار پایین TSPC کمترین تاخیر انتشار و تعداد ترانزیستور کمتری دارد، بنابراین در طراحی سیستم‌های سریع از منطق TSPC استفاده می‌شود. برای کار در ولتاژهای پایین و توان مصرفی کم تکنیک AVL مناسب است که دو نوع ساختار دارد. AVLG که در آن با استفاده از سطح ولتاژ تطبیقی، در زمین افزایش می‌یابد و AVLS که در آن سطح ولتاژ تطبیقی در منبع افزایش یافته، که سبب کاهش مصرف کل توان گیت طراحی شده می‌شود. نمونه شبیه سازی در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵. مدار فلیپ فلاپ نوع D مبتنی بر ساختار AVLG و AVLS [۶]

نتایج شبیه سازی برای دو تکنیک AVLG یا AVLS نشان داد که تکنیک AVLS در مقایسه با روش AVLG، اتلاف انرژی کمتری را دارد. نتیجه شبیه سازی نشان می‌دهد تکنیک AVLS کارآمدی بهتری نسبت به تکنیک SVL بهبود یافته دارد. نتیجه شبیه سازی در جدول ۱ آمده است. بنابراین برای طراحی بلوک‌های تقسیم کننده ۲/۳ و ۷/۸ از تکنیک AVLS استفاده می‌شود.

<sup>1</sup> Clocked CMOS Based D Flip

<sup>2</sup> TSPC (True single phase clocked)

<sup>3</sup> AVLS (Adaptive Voltage Level Source)

<sup>4</sup> AVLG (Adaptive Voltage Level Ground)

<sup>5</sup> SVL (standby mode Voltage Level)

<sup>6</sup> ISVL (Improved standby mode Voltage Level)



جدول ۱. نتایج شبیه سازی فلیپ فلاپ نوع D با تکنیک AVLS و ASVL

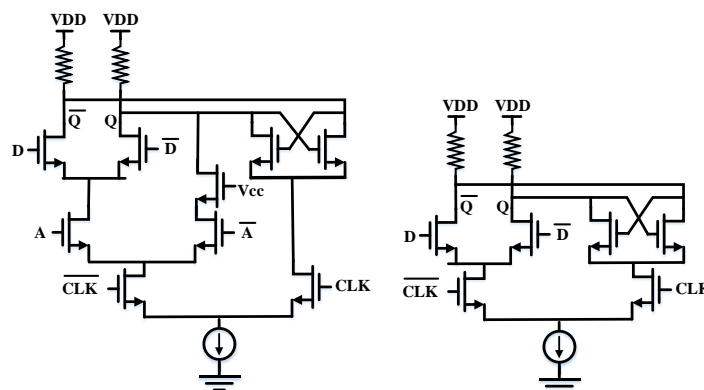
نوع فلیپ فلاپ D	تاخیر	توان مصرفی	ضرب توان در تاخیر	تعداد ترانزیستور
SVL بهبود یافته	۰/۲ nsec	۳۶/۴۷w	۷۲۹۴pJ	۳۰
AVLS	۰/۱ nsec	۵۱/۶۸w	۵۳۲۳pJ	۳۰

### ۲-۲-۲. بلوک CML<sup>۱</sup>

سیگنال خروجی VCO فرکانس بالایی دارد مدار تقسیم کننده‌ای که مستقیم به آن وصل شده باید در فرکانس بالا کار کند. چون تقسیم کننده کل از تقسیم کننده های کوچکتر تشکیل شده بایستی تقسیم کننده جزئی اول در این فرکانس کار کند اما طبقات بعدی چون کاهش فرکانس دو یا سه برابری هست حساسیت چندانی ندارند. معمولا طراحی مدارهای CMOS در این فرکانسها بسیار دشوار است. راه حل آن استفاده از منطق CML بجای منطق CMOS است [۷-۸]. که هم سرعت بالایی دارد و هم توان مصرفی پایینی نسبت به منطق CMOS دارد. فلذا اولین بلوک تقسیم کننده ۲/۳ با این تکنیک طراحی شده که در شکل ۶ ساختار مدار و در جدول ۲ نتیجه شبیه سازی ارائه شده است.

جدول ۲. مقادیر دقیق جهت طراحی بلوک تقسیم کننده ۲/۳

پارامتر طراحی	(R) جریان بایاس مقاومت	Vswing=R*Ibias	(W/L)
۲۰۰۰ Ohm اولین بلوک	۴۰۰uA	۰/۸ V	2/0.18
۴۰۰۰ Ohm دومین بلوک	۲۰۰uA	۰/۸ V	1/0.18

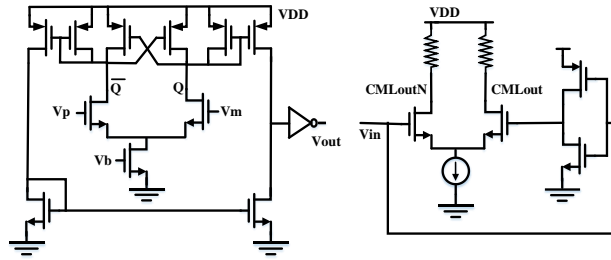


شکل ۶. شماتیک مداری D LATCH و AND به همراه D LATCH برای بلوک اول [۵]

### ۲-۲-۳. طراحی مبدل CML TO CMOS و برعکس

با توجه به اینکه سطوح ولتاژ در منطق CML و CMOS باهم فرق میکنند برای طراحی بلوکهای بعدی و وصل آنها به بلوک تقسیم کننده اول نیاز است که بلوکی برای تبدیل این دو منطق به هم طراحی شود که در شکل ۷ نشان داده شده است.

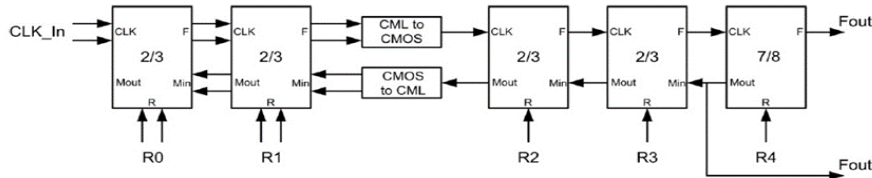
<sup>۱</sup> Current Mode Logic



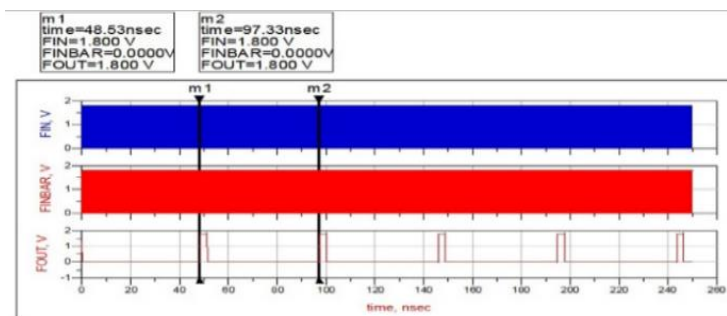
شکل ۷: مدار مبدل CML TO CMOS و برعکس [۹]

#### ۲-۲-۴. طراحی تقسیم کننده نهایی

بلوک دیاگرام کلی تقسیم کننده در شکل ۸ نشان داده شده است. بلوک‌های اولیه که به VCO وصل است با منطق CML و بلوک‌های بعدی با منطق CMOS طراحی شده‌اند نتیجه شبیه سازی در نرم افزار ADS در شکل ۹ نشان داده شده است. مقادیر  $R_i$  ها با مدار کنترلی مقدار تقسیم را مشخص میکنند. که مقدار تقسیم کل از رابطه  $N=112+16R_4+8R_3+4R_2+2R_1+R_0$  بدست می‌آید. مقادیر  $R_i$  ها صفر یا یک خواهند بود بنابراین رنج تقسیم ۱۱۲ تا ۱۴۳ را پوشش می‌دهد. مشاهده می‌شود که با توجه به اینکه عدد ۱۲۲ را به صورت باینری به پایه های کنترلی تقسیم کننده داده شد، خروجی نیز بعد از آنالیز درست همان عدد ۱۲۲ را ایجاد کند، با دادن مقادیر دیگر این تقسیم کننده می‌توان محدوده‌ی بین ۱۱۲ تا ۱۴۳ را به صورت صحیح و مطلوب تقسیم میکند.



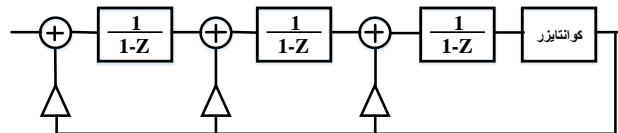
شکل ۸. طراحی تقسیم کننده نهایی [۱۰]



شکل ۹. خروجی تقسیم کننده نهایی

### ۳. مودلاتور دلتا سیگما

مودلاتور دلتا سیگما یک میدل آنالوگ به دیجیتال با روش نمونه برداری می باشد. در روش بیش نمونه برداری فرکانس نمونه برداری چندین برابر نمونه برداری با نرخ نایکویست است. معمولاً در این میدلها با شکل دهی نویز دقت‌های بالایی قابل حصول است. با این تکنیک نویز در داخل باند کاهش و به خارج باند منتقل می‌شود. ساختارهای مختلفی برای پیاده سازی وجود دارد در این مقاله از ساختار MASH 1-1-1 به دلیل پایداری حلقه استفاده شده است که در شکل ۱۰ نشان داده شده است [۱۱].



شکل ۱۰. طراحی مودلاتور سیگما دلتا بر اساس ساختار MASH

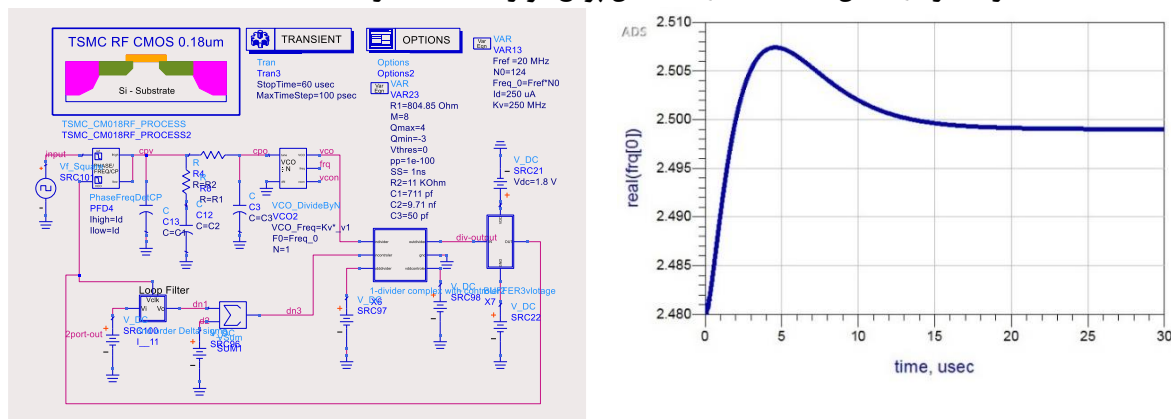
مودلاتور سیگما دلتای درجه ی ۳، سیگنال ورودی را که عدد اعشاری بوده را بر اساس تنظیمات مورد نظر کوانتایزر به ۸ سطح، مطابق با جدول ۳ بین محدوده ی ۳- تا ۴ (به صورت صحیح) تبدیل می‌کند.

جدول ۳. سطوح خروجی مودلاتور سیگما دلتا بر اساس مرتبه آن

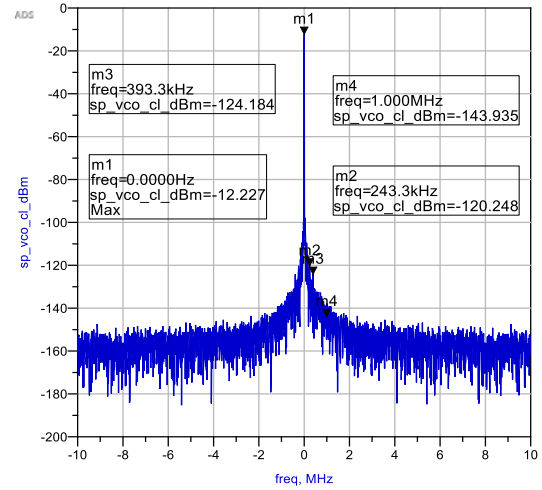
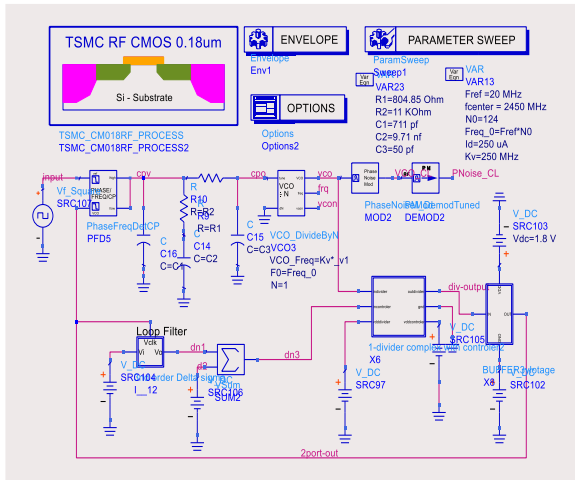
مرتبه ی مودلاتور SD	1	2	3	4	L
سطوح خروجی	۱ و ۰ -	۲ و ۱ و ۰ -	۳ و ۲ و ۱ و ۰ -	۴ و ۳ و ۲ و ۱ و ۰ و -۲	$(-2^{L-1})$
مودلاتور SD			۱ و ۰ و -۱ و -۲ و -۳	۳ و ۲ و ۱ و ۰ و -۴ و -۵ و -۶ و -۷	$2^{L-1}$ و ۱ +

### ۴. طرح پیشنهادی حلقه ی PLL

در شکل ۱۱ و ۱۲ طرح کلی PLL پیشنهادی در نرم افزار ADS و نتیجه شبیه سازی آن نشان داده شده است. پارامترهای مهم پهنای باند، ۶۰ KHz، جریان شارژ پمپ، ۲۵۰ uA،  $K_{vco}$  (گین VCO)، ۲۵۰ MHz/V، حاشیه فاز، ۴۵ درجه انتخاب شده است. دلیل انتخاب پارامترهای مشخص شده، با توجه به طراحی بهینه جهت قفل شونده گی حلقه و بررسی پایداری حلقه با قرار گرفتن در مرز پایداری و تنظیم برای بهترین زمان قفل شدن را می‌باشد. همچنین با توجه به ۲ نوع تحلیل گذرا و پوش انجام شده در این مقاله، سرعت تحلیل گذرا با توجه به مشخصات سیستم اجرا شده و با یک تخمین ساده به مراتب ۱۸ برابر سریعتر از تحلیل پوش می‌باشد، نتایج شبیه سازی برای هر دو تحلیل یکسان است و در تحلیل پوش، نویز فاز اندازه گیری شده است.



شکل ۱۱. شبیه سازی مدار کامل حلقه PLL در نرم افزار ADS و نمودار خروجی فرکانسی شکل موج VCO



شکل ۱۲. شبیه سازی حلقه PLL در نرم افزار ADS برای محاسبه نویز فاز

با توجه به نتایج بدست آمده از خروجی میتوان به طراحی مد نظر طراحی جهت زمان نشست کل حلقه PLL به صورت مطلوب بدست آمده است و همچنین نویز فاز مورد انتظار جهت کمترین نویز پذیری را نشان میدهد.

## ۵. نتیجه گیری

در این مقاله همه بلوک‌های PLL با استفاده از تکنولوژی 0.18 میکرومتر CMOS طراحی و در نرم افزار ADS شبیه سازی شد. در تمام طراحی‌ها سعی شد از نظر تاخیر و توان مصرفی بهینه باشند. برای مدولاتور سیگما دلتا از آرایش MASH1-1-1 استفاده شد. محدوده ی فرکانس کاری ۲/۴GHz تا ۲/۵GHz و فاصله بین کانال ها ۱MHz با توجه به فیلتر و دقت مدولاتور بدست آمد. حلقه ی PLL مورد نظر در زمانی کمتر از ۱۵ میکرو ثانیه قفل می‌شود و نویز فاز 143.935@1MHz- که نتیجه ی خوبی در این حوزه است بدست آمد.



## منابع

- [1] Vaucher CS. 2006, Architectures for RF frequency synthesizers Springer Science & Business Media;
- [2] Bourdi T, Kale I. 2007, CMOS Single Chip Fast Frequency Hopping Synthesizers for Wireless Multi-Gigahertz Applications: Design Methodology, Analysis, and Implementation. Springer Science & Business Media;
- [3] Baker RJ. CMOS: circuit design, layout, and simulation/R. Jacob Baker. Ser.
- [4] Banerjee D. 2006, PLL performance, simulation, and design 4th edition. Sirirajmedj Com.
- [5] Rogers JW, Plett C, Dai F. 2006, Integrated circuit design for high-speed frequency synthesis. Boston, London: Artech House.
- [6] Malipatil, Somashekhar. 2015, Design of a Low Power D-Flip Flop using AVL Technique.
- [7] Liao Y, Fan X, Shi Y. A, 2019, Programmable Frequency Divider with Wide Division Ratio and Input Frequency Range. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
- [8] Bangadkar MB, Scholar PG, Lamba MA, Bhure MV. Study of Differential Amplifier using CMOS.
- [9] Kim HB, Kim YS. 2020, Optimizing CML-CMOS Converter Through Sizing Transistors for Producing 50% Duty Square Wave. Journal of Integrated Circuits and Systems.
- [10] Hu A. Multi-modulus divider in fractional -N frequency synthesizer for direct conversion DVB-H receiver, Doctoral dissertation, The Ohio State University.
- [11] Al-Nuaimi Hn, Comleki S. Design and Simulation of Sigma Delta Fractional n-pll Modulator Using Advanced Design System (ADS).
- [12] Azadbakht, M., Sahafi, A. and Aghdam, E.N., 2016, May. Low power Fractional-N frequency synthesizer for IEEE 802.11 a/b/g/n standards in 90-nm CMOS. In 2016 24th Iranian conference on electrical engineering (ICEE), pp. 1481-1485.
- [13] Hati, M.K. and Bhattacharyya, T.K., 2017. A novel pulse swallow based frequency divider circuit for a phase-locked loops. Analog Integrated Circuits and Signal Processing, 92(1), pp.55-69.
- [14] Gowthami, A., 2018. MASH 1-2 Delta Sigma Modulator with Quantize for Fractional-N Frequency Synthesizer. Transfer, 5(03).
- [15] Tamilselvan, V., Ponnambalam, M. and Chandramani, P.V., 2014, Spur reduction technique for Fractional-N frequency synthesizer with MASH 1-1-1-1 Sigma Delta modulator. In International Conference on Communication and Signal Processing.



# طراحی ضرب کننده ۳۲ بیتی با روش کاراتسوبای بازگشتی برای اعداد صحیح با علامت و بدون علامت

جواد جاویدان<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار گروه مهندسی برق و کامپیوتر / دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

*Javidan@uma.ac.ir*

## چکیده

در این مقاله از روش کاراتسوبای بازگشتی برای محاسبه ضرب ۳۲ بیتی با علامت و بدون علامت استفاده شده است. روش ارائه شده به راحتی قابل تعمیم به تعداد بیت بالاتر می‌باشد. روش کاراتسوبای با کاهش تعداد ۳ زیر ضرب بجای ۴ زیر ضرب با فرض اینکه عملیات انجام ضرب کننده طولانی‌تر از عملیات جمع کننده است سعی در افزایش سرعت ضرب اصلی دارد گرچه اندکی به افزایش گیت‌های مورد استفاده منجر می‌شود. در این مقاله برای بهبود عملکرد ضرب کننده از نظر زمان تاخیر، مصرف توان و مساحت اشغالی از تکنیک‌های محاسبات موازی، شناسایی مسیر بحرانی و کاهش آن استفاده می‌شود. استفاده از جمع کننده‌های سریع با ساختارهای مختلف از چالش‌های اصلی این مقاله بود که با بهینه سازی تعداد طبقات بکار رفته سعی در بهبود سرعت نهایی ضرب کننده شده است. استفاده از کمپرسورهای مختلف، چیدمان و نحوه اتصال آنها برای سرعت بخشیدن در عملیات میانی ضرب کننده از چالش‌های اصلی دیگر در بهبود روش کاراتسوبای در این مقاله بود.

**واژه‌های کلیدی:** ضرب کننده ۳۲ بیتی، الگوریتم کاراتسوبای، کاراتسوبای بازگشتی، جمع کننده های سریع، کمپرسور

## ۱. مقدمه

ضرب کاراتسوبا یک الگوریتم کلاسیک تقسیم و غلبه است [۱] که چهار ضرب فرعی را به سه ضرب فرعی تبدیل می‌کند به طور کلی، اگر دو عدد صحیح  $2^N$  بیتی  $X$  و  $Y$  را در شکل زیر ضرب کنیم.

$$X = X_1 \times 2^N + X_0 \quad \text{و} \quad Y = Y_1 \times 2^N + Y_0 \quad \text{و} \quad XY = X_0 Y_0 + (X_0 Y_1 + X_1 Y_0) 2^N + X_1 Y_1 2^{2N} \quad (۱)$$

در کاراتسوبا چنین میشود.

$$X_0 Y_1 + X_1 Y_0 = (X_1 + X_0)(Y_1 + Y_0) - X_0 Y_0 - X_1 Y_1 \quad (۲)$$

به این ترتیب می‌توان با استفاده مجدد از حاصل ضرب‌های محاسبه شده و معرفی یک ضرب جدید، تعداد ضرب‌ها را از چهار به سه کاهش داد. این الگوریتم معمولاً به عنوان الگوریتم کاراتسوبا درجه ۲ مشهور است. البته کاراتسوبا با درجه‌های بالاتر هم وجود دارد [۲]. در کاراتسوبا بازگشتی ضرب‌های بزرگتر به ضرب‌های کوچکتر تبدیل می‌شود [۳]. الگوریتم در کاراتسوبا برای عملوندهایی با طول بیت بالاتر مناسب است. اما در طول بیت‌های پایین‌تر، به اندازه طول بیت‌های بالاتر کارآمد نیست.

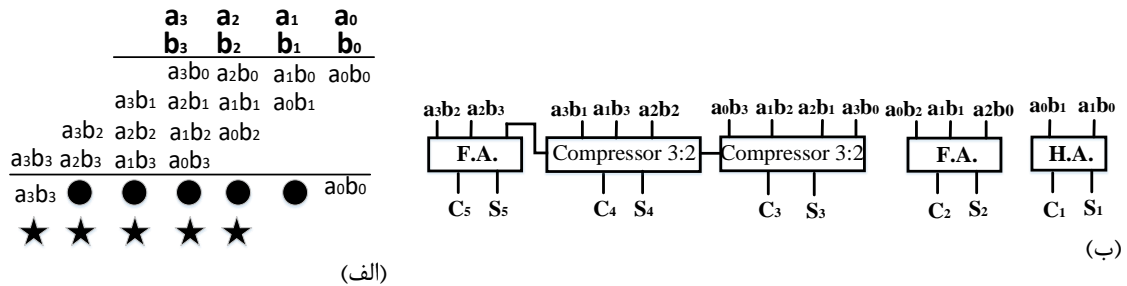
در میان عملیات‌های حسابی، جمع‌کننده‌ها برجسته‌ترین نقش را ایفا می‌کنند زیرا بسیاری از عملیات‌های حسابی دیگر برای محاسبه نیاز به جمع دارند. علاوه بر این، جمع‌کننده‌ها یکی از بلوک‌های اصلی ضرب کاراتسوبا هستند، از این رو افزایش سرعت آنها و کاهش مصرف توان/انرژی آنها به شدت بر سرعت و توان مصرفی کل سیستم تاثیر می‌گذارد. جمع‌کننده‌های مشهور می‌توانند به جمع‌کننده با ذخیره رقم نقلی [۴-۵]، جمع‌کننده با پیش‌بینی رقم نقلی [۶]، جمع‌کننده پرش رقم نقلی [۷] و جمع‌کننده انتخابی رقم نقلی [۸] اشاره کرد. اگرچه جمع‌کننده با رقم نقلی موجی یکی از رایج‌ترین انواع جمع‌کننده است، اما تاخیر انتشار بیشتری دارد. در مقابل، جمع‌کننده انتخاب رقم نقلی می‌تواند تاخیر انتشار را بهبود بخشد، اما به مساحت بزرگتری نیاز دارد و انرژی بیشتری مصرف می‌کند. از ترکیب این روش‌ها با ابتکاراتی که صورت گرفته منجر به جمع‌کننده با سرعت‌های بالا و توان مصرفی پایین شده است [۹-۱۱]. در این مقاله از این روش‌ها و ساختارها استفاده می‌کنیم. کمپرسورها مدارهای پایه‌ای هستند که از جمع‌کننده‌های کامل یا نیم جمع‌کننده برای شمارش تعداد یک‌ها در ورودی ساخته شده‌اند. به طور کلی، یک کمپرسور  $m, m:n$  متغیر ورودی را گرفته و  $n$  خروجی را برمی‌گرداند. اگر مجموع متغیرهای ورودی بیشتر از مجموع خروجی‌ها باشد، به سیگنال‌های نقلی نیاز است. کمپرسورهای مختلفی مانند  $m:2$  و  $m:3$  وجود دارد [۱۲-۱۳]. با انتخاب کمپرسورهای مختلف، سیم‌کشی بین آنها و ساختار جمع‌کننده سریع مختلف، بهینه‌سازی سطح گیت برای به حداقل رساندن مسیر بحرانی در مراحل میانی در این مقاله انجام می‌شود.

این مقاله سرعت، قدرت و مساحت مبادله را برای اجرای سخت‌افزاری الگوریتم کاراتسوبا بررسی می‌کند. در این مقاله به بحث و طراحی ضرب ۳۲ بیتی می‌پردازیم که می‌تواند عملیات ضرب را بر روی اعداد بدون علامت و اعداد متمم دو انجام دهد. بنابراین، آن ضرب‌ها را می‌توان با فراخوانی بازگشتی الگوریتم کاراتسوبا محاسبه کرد. بازگشت را می‌توان تا زمانی اعمال کرد که اعداد آنقدر کوچک باشند که بتوان آنها را مستقیماً محاسبه کرد. الگوریتم بازگشتی کاراتسوبا برای ۴ بیت، ۸ بیت، ۱۶ بیت، ۳۲ بیت، ۶۴ بیت اعمال می‌شود.

در این مقاله ابتدا از بلوک‌های ضربی با تعداد بیت کم شروع کرده و تعداد بیت‌ها را افزایش می‌دهیم. همچنین در این طرح‌ها از کاراتسوبای دو و سه ترم استفاده شده و در نهایت نتایج با هم مقایسه می‌شوند. نوآوری‌های این مقاله شامل بهینه‌سازی جمع‌کننده‌های سریع چند بیتی، استفاده از ساختارهای مختلف کمپرسور و نحوه اتصال آنها به منظور کاهش تاخیر انتشار، مساحت و مصرف انرژی، استفاده از کاراتسوبای بازگشتی برای ضرب‌های بالاتر و شناسایی مسیرها و راه‌حل‌های بحرانی است.

## ۲. طراحی ضرب کننده چهار بیتی با روش متداول

اگر یک ضرب کننده ۴ بیتی به شکل ۱ در نظر گرفته شود ابتدا با استفاده از کمپرسورها تعداد سطرها را به دو سطر کاهش داده پس با استفاده از یک جمع کننده سریع نتیجه بدست می آید. تاخیر زمانی در اولین مرحله میتواند به اندازه 2 F.A. باشد و پس از آن نیاز به یک جمع کننده ۵ بیتی هست که اگه با مدارهای سریع انجام شود تاخیر زمانی برابر با 2 F.A.+H.A.OR خواهد بود بنابراین کل تاخیر برای ضرب کننده ۴ بیتی برابر با 4 F.A.+H.A.OR خواهد بود.



شکل ۱. الف) ضرب کننده چهار بیتی (ب) پیاده سازی ضرب کننده چهار بیتی

## ۳. طراحی ضرب کننده پنج بیت، نه بیت و هفده بیتی با روش کاراتسوبا

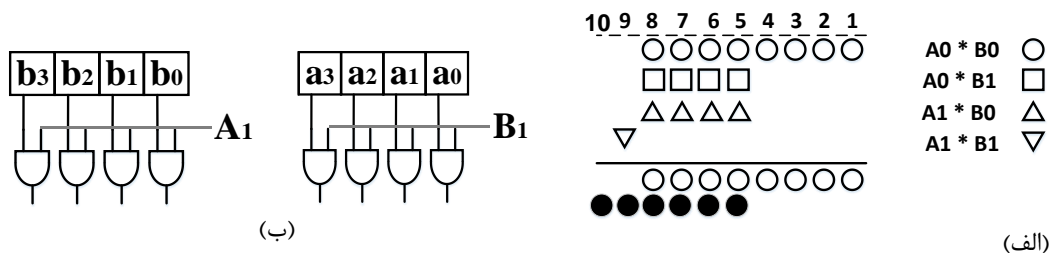
برای پیاده سازی ضرب کننده پنج بیتی با روش کاراتسوبا اگر دو عدد پنج بیتی با فرض های زیر در نظر بگیریم.

$$A_0 = a_3a_2a_1a_0 \quad A_1 = a_4 \quad B_0 = b_3b_2b_1b_0 \quad B_1 = b_4$$

اگر ۴ بیت اول کم ارزش را با  $A_0$  یا  $B_0$  و بیت پنجم را  $A_1$  یا  $B_1$  نام گذاری کنیم می توان رابطه زیر را بدست آورد.

$$(A_1 2^4 + A_0)(B_1 2^4 + B_0) = A_1 B_1 2^8 + (A_1 B_0 + A_0 B_1) 2^4 + A_0 B_0 \quad (3)$$

$A_0 B_0$  نیاز به یک ضرب کننده ۴ بیتی دارد چون  $A_1$  و  $B_1$  هر کدام تک بیتی هستند  $A_1 B_1$  با یک گیت AND قابل انجام است.  $A_0 B_1$  و  $A_1 B_0$  ضرب  $4 \times 1$  بیت است که با روش زیر قابل انجام است.



شکل ۲. الف) ضرب کننده پنج بیتی (ب) ضرب کننده چهار بیت در یک بیت

اگر رابطه بالا بصورت شکل ۲ تصور شود. با توجه به اینکه حاصل ضرب  $A_0 B_0$  به اندازه چند تمام جمع کننده طول می کشد می توانیم حاصل ضرب های مربوط به  $A_0 * B_1$  و  $A_1 * B_0$  را در این مدت با هم جمع کرد و نتیجه را به یک سطر تبدیل کرد بنابراین تاخیر کل برابر تاخیر یک ضرب کننده ۴ بیتی و یک جمع کننده ۶ بیتی خواهد بود.

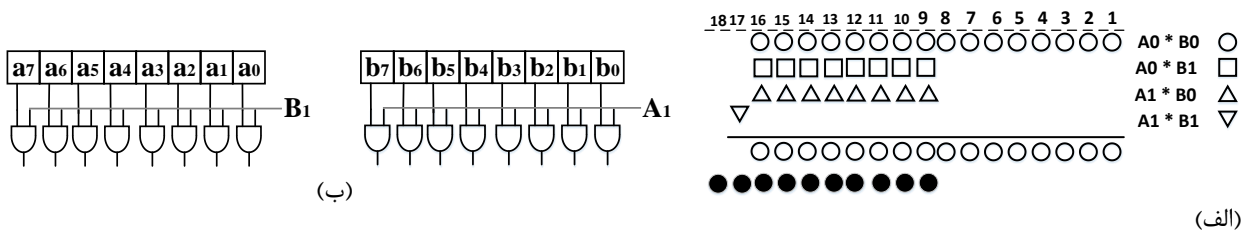


$$A_0 = a_7 a_6 a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0 \quad A_1 = a_8 \quad B_0 = b_7 b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0 \quad B_1 = b_8$$

اگر ۸ بیت اول کم ارزش را با  $A_0$  یا  $B_0$  و بیت نهم را  $A_1$  یا  $B_1$  نامگذاری شود می توان رابطه زیر را بدست آورد.

$$(A_1 2^8 + A_0)(B_1 2^8 + B_0) = A_1 B_1 2^{16} + (A_1 B_0 + A_0 B_1) 2^8 + A_0 B_0 \quad (۴)$$

$A_0 B_0$  نیاز به یک ضرب کننده ۸ بیتی دارد چون  $A_1$  و  $B_1$  هر کدام تک بیتی هستند  $A_1 B_1$  با یک گیت AND قابل انجام است.  $A_0 B_1$  و  $A_1 B_0$  ضرب  $8 \times 1$  بیت است که با روش زیر قابل انجام است.



شکل ۳. (الف) ضرب کننده نه بیتی (ب) ضرب کننده نه بیت در یک بیت

اگر رابطه بالا را بصورت شکل ۳ تصور شود. با توجه به اینکه زمان آماده شدن حاصل ضرب ۸ بیتی طولانی تر از بقیه قسمت‌ها هست می توان دو سطر را با هم جمع کرده و فقط نیاز به جمع کننده ۱۰ بیتی وجود خواهد داشت. فرض برای ضرب کننده هفده بیتی با روش کاراتسوبا

$$A_0 = a_{15} a_{14} a_{13} a_{12} a_{11} a_{10} a_9 a_8 a_7 a_6 a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0 \quad A_1 = a_{16}$$

$$B_0 = b_{15} b_{14} b_{13} b_{12} b_{11} b_{10} b_9 b_8 b_7 b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0 \quad B_1 = b_{16}$$

یعنی اگر ۱۶ بیت اول کم ارزش را با  $A_0$  یا  $B_0$  و بیت هفدهم را  $A_1$  یا  $B_1$  نام گذاری کنیم می توان رابطه زیر را بدست آورد.

$$(A_1 2^{16} + A_0)(B_1 2^{16} + B_0) = A_1 B_1 2^{32} + (A_1 B_0 + A_0 B_1) 2^{16} + A_0 B_0 \quad (۵)$$

$A_0 B_0$  نیاز به یک ضرب کننده ۱۶ بیتی دارد چون  $A_1$  و  $B_1$  هر کدام تک بیتی هستند  $A_1 B_1$  با یک گیت AND قابل انجام است.  $A_0 B_1$  و  $A_1 B_0$  ضرب  $16 \times 1$  بیت است. نتیجه نهایی مشابه روش‌های قبلی می باشد. تاخیر کلی برابر یک ضرب کننده ۱۶ بیتی و یک جمع کننده ۱۸ بیتی خواهد بود. در روش‌های بالا ضرب اصلی با روش کاراتسوبا انجام خواهد شد و بقیه قسمت‌ها فقط به گیت AND نیاز دارد.

۴. طراحی ضرب کننده هشت بیت، شانزده بیت و سی و دو بیتی با روش کاراتسوبا

$$A_0 = a_3 a_2 a_1 a_0 \quad A_1 = a_7 a_6 a_5 a_4 \quad B_0 = b_3 b_2 b_1 b_0 \quad B_1 = b_7 b_6 b_5 b_4$$

اگر ۴ بیت اول کم ارزش را با  $A_0$  یا  $B_0$  و ۴ بیت بعدی را  $A_1$  یا  $B_1$  نامگذاری کنیم می توان رابطه زیر را بدست آورد.

$$(A_1 2^4 + A_0)(B_1 2^4 + B_0) = A_1 B_1 2^8 + (A_1 B_0 + A_0 B_1) 2^4 + A_0 B_0 \quad (۶)$$

$$A_1 B_1 2^8 + ((A_1 + A_0)(B_1 + B_0) - A_1 B_1 - A_0 B_0) 2^4 + A_0 B_0$$

$A_0B_0$  و  $A_1B_1$  نیاز به یک ضرب کننده ۴ بیتی دارد و  $(A_0+A_1)(B_1+B_0)$  نیاز به ضرب کننده ۵ بیتی دارد که در بخش‌های قبلی پیاده سازی آن بیان گردید. برای پیاده سازی ضرب کننده شانزده بیتی با روش کاراتسوبا اگر دو عدد شانزده بیتی با فرض‌های زیر را در نظر بگیریم.

$$A_0 = a_7a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0$$

$$A_1 = a_{15}a_{14}a_{13}a_{12}a_{11}a_{10}a_9a_8$$

$$B_0 = b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0 \quad B_1 = b_{15}b_{14}b_{13}b_{12}b_{11}b_{10}b_9b_8$$

اگر ۸ بیت اول را با  $A_0$  یا  $B_0$  و ۸ بیت بعدی را  $A_1$  یا  $B_1$  نامگذاری شود می توان رابطه زیر را بدست آورد.

$$(A_12^8 + A_0)(B_12^8 + B_0) = A_1B_12^{16} + (A_1B_0 + A_0B_1)2^8 + A_0B_0 \quad (7)$$

$$A_1B_12^{16} + ((A_1+A_0)(B_1 + B_0) - A_1B_1 - A_0B_0)2^8 + A_0B_0$$

$A_0B_0$  و  $A_1B_1$  به یک ضرب کننده ۸ بیتی نیاز دارد و  $(A_0+A_1)(B_1+B_0)$  به ضرب کننده ۹ بیتی نیاز دارد که در بخش قبلی پیاده سازی آن بیان گردید. برای پیاده سازی ضرب کننده سی دو بیتی با روش کاراتسوبا اگر دو عدد سی دو بیتی با فرض‌های زیر را در نظر بگیریم.

$$A_0 = a_{15}a_{14} \dots a_1a_0 \quad A_1 = a_{31}a_{30} \dots a_{17}a_{16}$$

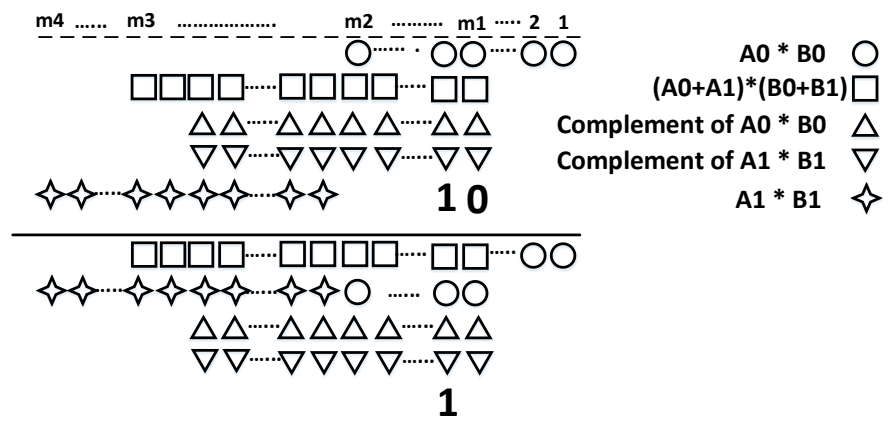
$$B_0 = b_{15}b_{14} \dots b_1b_0 \quad B_1 = b_{31}b_{30} \dots b_{17}b_{16}$$

اگر ۱۶ بیت اول را با  $A_0$  یا  $B_0$  و ۱۶ بیت بعدی را  $A_1$  یا  $B_1$  نامگذاری شود می توان رابطه زیر را بدست آورد.

$$(A_12^{16} + A_0)(B_12^{16} + B_0) = A_1B_12^{32} + (A_1B_0 + A_0B_1)2^{16} + A_0B_0 \quad (8)$$

$$A_1B_12^{32} + ((A_1+A_0)(B_1 + B_0) - A_1B_1 - A_0B_0)2^{16} + A_0B_0$$

$A_0B_0$  و  $A_1B_1$  به یک ضرب کننده ۱۶ بیتی نیاز دارد و  $(A_0+A_1)(B_1+B_0)$  به ضرب کننده ۱۷ بیتی نیاز دارد که در بخش قبلی پیاده سازی آن بیان گردید. اگر نتایج هر سه ضرب را طبق شکل ۴ تصور شود الگوی روابط برای هر سه ضرب شبیه هم هست. مقادیر در شکل ۴ و جدول ۱ آمده است.



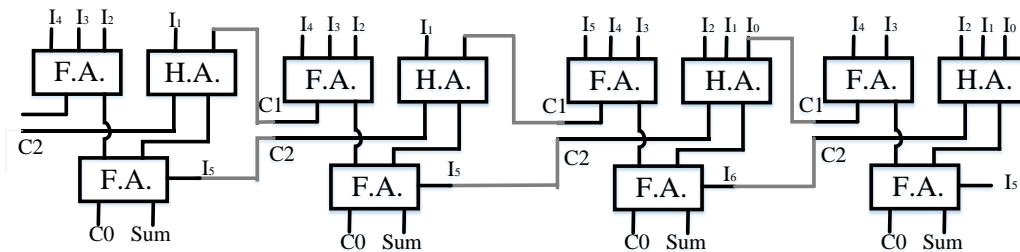
شکل ۴. ضرب کننده ۳۲ بیتی

جدول ۱. مقادیر استخراج شده برای ضرب کننده ۳۲ بیتی

	m1	m2	m3	m4	A0*B0	A1*B1	مکمل A0*B0	مکمل A1*B1	(A0+A1)(B0+B1)
ضرب کننده ۸ بیتی	5	8	14	16	8	8	8	8	10
ضرب کننده ۱۶ بیتی	9	16	26	32	16	16	16	16	18
ضرب کننده ۳۲ بیتی	17	32	50	64	32	32	32	32	34

برای حل مساله دوروش وجود دارد روش اول این است که هیچ محاسباتی انجام نشود تا نتیجه تمام ضرب‌ها آماده شوند بعد از آن با استفاده از کمپرسورها تعداد سطرها به دو کاهش دهیم و با یک جمع کننده چند بیتی سریع نتیجه نهایی حاصل شود روش دوم با توجه به اینکه جمع کردن و ضرب مجموع چون زمانبر است در این مدت محاسبات دیگر را انجام داده و نتیجه را به یک سطر تبدیل کنیم با آماده شدن مقدار قبلی با استفاده از جمع کننده چند بیتی سریع نتیجه نهایی حاصل می‌شود. با توجه به یکسان بودن الگو برای سه ضرب کننده تمام مراحل یکسان بوده فقط در تعداد عناصر مورد استفاده باهم متفاوت خواهند بود.

روش اول برای ضرب کننده ۸ بیتی در ستون ۵ از یک جمع کننده و از ستون ششم تا ستون دوازدهم از کمپرسورهای  $4:2^*$  و بعد از آن یک کمپرسور  $3:2^*$  و در نهایت یک جمع کننده استفاده خواهد شد. البته در اتصال کمپرسورهای  $4:2^*$  بایستی از شکل زیر تبعیت کرد تا تاخیر نهایی برابر  $2 F.A.+H.A.$  باشد. با این کار نتیجه برای جمع کننده ۲ سطری آماده می‌شود.



شکل ۵. اتصال ورودیها و کمپرسورها به هم

برای ضرب کننده ۱۶ بیتی در ستون نهم یک جمع کننده بعد از ستون دهم تا بیست چهارم کمپرسور  $4:2^*$  بعد کمپرسور  $3:2^*$  و در نهایت یک جمع کننده که اتصالات مانند روش قبلی تاخیر نهایی برابر  $2 F.A.+H.A.$  ایجاد خواهد کرد. و برای ضرب کننده ۳۲ بیتی، ستون ۱۷ جمع کننده از ستون هیجده تا چهل و هشت کمپرسور  $4:2^*$  و بعد کمپرسور  $3:2^*$  و یک جمع کننده خواهد بود.

در روش دوم، با توجه به اینکه جمع دو عدد ۴ بیتی و ضرب آنها نسبت به ضرب ۴ بیتی، جمع دو عدد ۸ بیتی و جمع آنها نسبت به ضرب ۸ بیتی و همچنین جمع دو عدد ۱۶ بیتی و ضرب آنها نسبت به ضرب ۱۶ بیتی زمانبر می‌باشد. می‌توان با مرتب کردن طبق شکل و با استفاده از یک تمام جمع کننده در ستون m1 و بعد از آن از کمپرسورهای  $3:2^*$  تا جایی که سه سطر داریم سه سطر را به دو سطر تبدیل کنیم. اگر در اتصال کمپرسورها دقت شود کل زمان مورد نیاز برای تبدیل برابر با  $F.A.+H.A.$  خواهد بود بعد از تبدیل سه سطر به دو سطر، با استفاده از جمع کننده های سریع می‌توان دو سطر را هم به یک سطر تبدیل کرد. تا نتیجه جمع و ضرب آماده شود. بعد از آماده شدن، برای نتیجه نهایی ضرب کننده ۸ بیتی نیاز به یک جمع کننده ۱۲ بیتی، برای ضرب کننده ۱۶ بیتی به یک جمع کننده ۲۴ بیتی و برای ضرب کننده ۳۲ بیتی به یک جمع کننده ۴۸ بیتی نیاز خواهد بود.

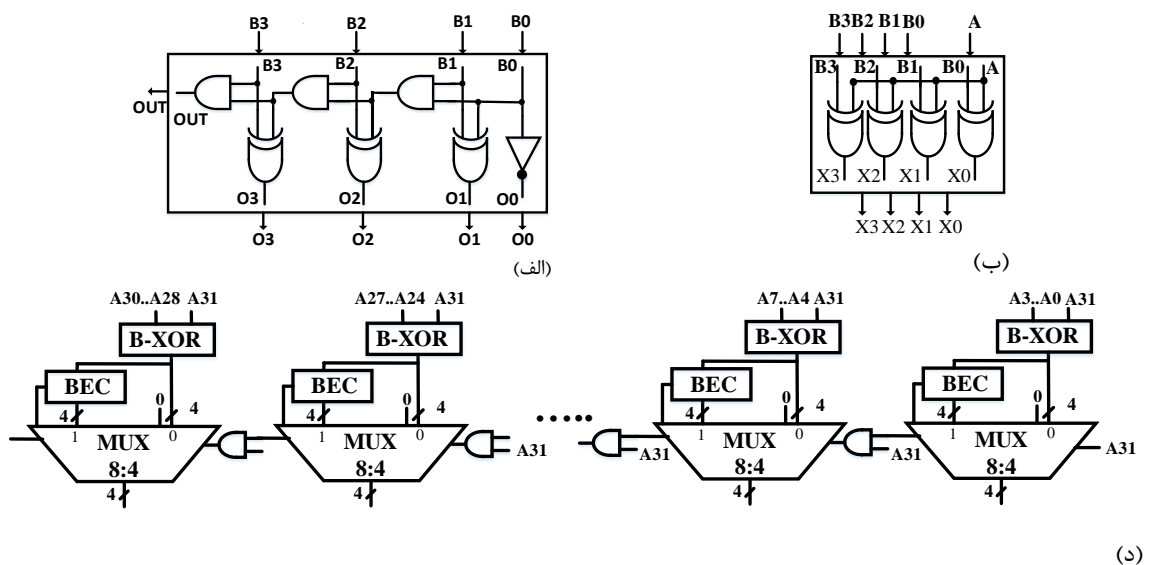
جدول ۲. خلاصه مقادیر برای پیاده سازی ضرب کننده ۳۲ بیتی

توضیحات	تاخیر زمانی	F.A.	H.A.	XOR	AND or NAND	OR or NOR
-	2 F.A.+H.A.	17	9	-	-	-
-	2 F.A.+H.A.	33	17	-	-	-
-	2 F.A.+H.A.	65	33	-	-	-
جمع کننده ۹ بیتی	-	13	12	7	11	3
جمع کننده ۱۷ بیتی	-	27	22	15	25	5
جمع کننده ۳۳ بیتی	-	56	41	31	54	8

مقادیر بالا مربوط به محاسبات میانی هست که در شکل ۵ نشان داده شده و شامل محاسبات اولیه ضربها نمی شود. جدول بالا نشان دهنده بده بستان بین روش اول و دوم در مقدار تاخیر و مساحت (توان مصرفی) را نشان می دهد و بسته به کاربرد یکی از روشها می تواند به عنوان گزینه محاسباتی اتخاذ گردد.

### ۵. طراحی ضرب کننده ۳۲ بیتی مکمل ۲ با روش کاراتسوبا

در صورتی که اعداد از نوع مکمل ۲ باشد در اینصورت بیت سی دوم نشان دهنده مثبت یا منفی بودن عدد می باشد. اگر بیت سی و دوم صفر باشد در اینصورت عدد مثبت هست و یک بودن بیت سی و دوم نشان دهنده منفی بودن عدد می باشد. برای اینکه ضرب اعداد درست محاسبه شود بایستی مکمل ۲ عدد حساب گردد و بعد از عمل ضرب اگر یکی از اعداد منفی بود برای نتیجه درست دوباره مکمل ۲ نتیجه محاسبه می شود. برای محاسبه مکمل ۲ بایستی تک تک بیتها معکوس شوند یعنی اگر بیتی مقدار منطقی صفر دارد به عدد یک و اگر عدد مقدار منطقی یک دارد به عدد صفر تغییر وضعیت می دهد. اینکار با استفاده از گیت XOR قابل انجام است و نتیجه بایستی با عدد یک جمع شود که این کار بسیار زمان بر خواهد بود. به دلیل اینکه بایستی ۳۱ تا نیم جمع کننده پشت سر هم وصل شده و به اندازه ۳۱ تا نیم جمع کننده تاخیر ایجاد می شود. اگر از مدار جمع کننده با یک برای جمع استفاده شود باز به اندازه ۳۰ تا گیت AND تاخیر زمانی ایجاد می شود برای اینکه زمان تاخیر به حداقل ممکن برسد مدار شکل ۶ پیشنهاد می گردد. در مدار شکل ۶ اگر بیت علامت صفر باشد بیت انتخابگر مالتی پلکسر صفر شده و بیتها بدون تغییر به خروجی مالتی پلکسر می روند. اگر بیت علامت یک باشد در چهار بیت اول، پایه یک مالتی



شکل ۶. (الف) مدار جمع کننده با یک (BEC) (ب) مدار XOR چند بیت با یک بیت (B-XOR) (د) مدار ورودی برای مکمل دو

پلکسر انتخاب شده و در آنجا خروجی برابر با معکوس شده مقدار ورودی به اضافه یک خواهد بود. برای مرحله بعدی بیت پنجم با بیت علامت AND می شود تا وضعیت طبقه بعدی معلوم شود. در تمام ورودی مالتی پلکسرها تعداد ورودیها ۵ بیت است برای ورودی صفر بیت پنجم همواره صفر است اما برای ورودی یک مالتی پلکسر بیت پنجم نتیجه جمع یک با ۴ بیت عدد می باشد. با این پیشنهاد برای ۳۲ بیت به اندازه ۸ تا گیت AND با مالتی پلکسر ۲:۱ تاخیر مدار خواهد بود. ساختار بالا برای هر دو ورودی اعمال می شود بعد از آن حاصل ضرب انجام می شود در آخرین مرحله مقدار (A31 XOR B31) اگر صفر باشد یعنی مقدار خروجی مثبت بوده و نیاز به مکمل ۲ نداریم اگر مقدار یک باشد بایستی از نتیجه بدست آمده مکمل ۲ گرفته شود که برای تسریع در عملیات محاسباتی از ساختار مشابه پیشنهاد بالا دوباره استفاده می شود.

### ۶. حاصل ضرب ۱۲ بیتی و ۳۲ بیتی با روش کاراتسوبا درجه ۳

برای ضرب ۳۲ بیتی با روش کاراتسوبا درجه ۳ چون از ضرب کننده ۱۲ بیتی استفاده خواهد شد در این قسمت خود ضرب ۱۲ بیتی هم با کاراتسوبا درجه ۳ انجام خواهد شد از طرفی چون الگوی هر دو ضرب تقریباً مشابه هستند توضیحات هر دو ضرب باهم داده می شود. اگر ۲ عدد ۱۲ بیتی داشته باشیم برای ضرب بصورت کاراتسوبا درجه ۳ هر عدد را به ۳ قسمت ۴ بیتی تقسیم می کنیم اگر نامگذاریها طبق فرمت زیر باشد.

$$A_0 = a_3a_2a_1a_0 \quad A_1 = a_7a_6a_5a_4 \quad A_2 = a_{11}a_{10}a_9a_8$$

$$B_0 = b_3b_2b_1b_0 \quad B_1 = b_7b_6b_5b_4 \quad B_2 = b_{11}b_{10}b_9b_8$$

ضرب با کاراتسوبا درجه ۳ مانند روابط پایین نوشته می شود.

$$(A_2 2^8 + A_1 2^4 + A_0) * (B_2 2^8 + B_1 2^4 + B_0) = \quad (9)$$

$$D_2 2^{16} + (D_{12} - D_1 - D_2) 2^{12} + (D_{02} + D_1 - D_2 - D_0) 2^8 + (D_{01} - D_1 - D_0) 2^4 + D_0$$

$$D_0 = A_0 B_0 \quad D_1 = A_1 B_1 \quad D_2 = A_2 B_2$$

$$D_{01} = (A_0 + A_1)(B_0 + B_1) \quad D_{02} = (A_0 + A_2)(B_0 + B_2) \quad D_{12} = (A_1 + A_2)(B_1 + B_2)$$

برای اینکه حاصل ضرب ۳۲ بیتی انجام گیرد می توان یک صفر به اول اعداد اضافه کرده و با تقسیم به سه قسمت هر کدام ۱۱ بیتی شوند اگر فرض شود که  $A = A_2 A_1 A_0$  و  $B = B_2 B_1 B_0$  و هر کدام از  $A_i$  ها برابر ۱۱ بیت باشند. ضرب چنین انجام می شود.

$$(A_2 2^{22} + A_1 2^{11} + A_0) * (B_2 2^{22} + B_1 2^{11} + B_0) = \quad (10)$$

$$D_2 2^{44} + (D_{12} - D_1 - D_2) 2^{33} + (D_{02} + D_1 - D_2 - D_0) 2^{22} + (D_{01} - D_1 - D_0) 2^{11} + D_0$$

$$D_0 = A_0 B_0 \quad D_1 = A_1 B_1 \quad D_2 = A_2 B_2$$

$$D_{01} = (A_0 + A_1)(B_0 + B_1) \quad D_{02} = (A_0 + A_2)(B_0 + B_2) \quad D_{12} = (A_1 + A_2)(B_1 + B_2)$$

با توجه به اینکه حاصل ضرب ۱۱ بیتی می باشد و  $D_{01}, D_{02}, D_{12}$  حاصل ضرب ۱۲ بیتی است. برای اینکه بتوان برای حاصل ضربها از کاراتسوبا استفاده کرد به اعداد یک صفر اضافه کرده تا ۱۲ بیت شده و از ضرب کننده ۱۲ بیتی استفاده شود. باز طبق بخش قبلی برای حل مساله دو روش وجود دارد. روش اول این است که تا آماده شدن ضربهای جزئی منتظر شده و بعد از آن محاسبات شروع شود.

روش دوم در ضرب کننده ۱۲ بیتی، با توجه به اینکه D0,D1,D2 حاصل ضرب ۴ بیتی می باشد و D01,D02,D12 حاصل ضرب ۵ بیتی است بنابراین تا آماده شدن حاصل ضرب ۵ بیتی یکسری محاسبات می شود انجام داد. اختلاف زمان بین حاصل ضرب ۵ بیت با جمع ۴ بیت علاوه بر ضرب ۴ بیت، یک جمع کننده ۴ بیتی و یک جمع کننده ۶ بیت نیاز است. در ضرب کننده ۳۲ بیتی، با توجه به اینکه D0,D1,D2 حاصل ضرب ۱۱ بیتی می باشد و D01,D02,D12 حاصل ضرب ۱۲ بیت است. برای اینکه بتوان برای حاصل ضربها از کاراتسوبا استفاده کرد به اعداد یک صفر اضافه کرده تا ۱۲ بیت شده و با استفاده از حاصل ضرب ۱۲ بیتی کاراتسوبا درجه ۳ این ضربها انجام گیرد از طرفی چون میدانیم حاصل ضرب ۱۱ بیتی برابر ۲۲ بیت می شود بعد از ضرب کردن از ۲ بیت آخری صرف نظر می شود. در ضمن برای اینکه مقادیر D01,D02,D12 محاسبه گردد بایستی ۲ عدد ۱۱ بیتی باهم جمع و این زمانی هست که فرصت بعضی محاسبات برای ضربهای دیگر که آماده هستند انجام شود. خلاصه روش اول و دوم در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. مقادیر برای ضرب کننده سی و دو بیتی با کاراتسوبا درجه ۳

روش اول			روش دوم		
H.A.	F.A.	زمان تاخیر	H.A.	F.A.	زمان تاخیر
ضرب کننده ۱۲ بیتی	۲۷	۶۳	ضرب کننده ۱۲ بیتی	20	61
ضرب کننده ۳۲ بیتی	73	158	ضرب کننده ۳۲ بیتی	39	103

#### ۷. شبیه سازی و نتیجه گیری

در جدول ۴ تعداد گیتها و تاخیر آنها در ضرب کننده پیاده سازی شده با روش کاراتسوبا درجه دو و سه که در بخشهای قبلی توضیح داده شده ارائه شده است. چون هدف استفاده از کاراتسوبا بازگشتی است در ضربهای با بیت بیشتر از ضرب بیت با تعداد کمتر بعنوان بلوک استفاده شده است. با مقایسه ضرب ۳۲ بیتی با کاراتسوبا درجه دو و سه می توان نتیجه گرفت که تعداد گیتهای بیشتری برای کاراتسوبا درجه سه نیاز است بنابراین مساحت اشغالی و توان مصرف بالاتری در مقایسه با کاراتسوبا دو دارد. اما تاخیر نهایی برای آن کمتر از کاراتسوبا درجه دو است. می توان بسته به نیاز کاربردی یکی از روشها را برای پیاده سازی انتخاب کرد.

جدول ۴. تعداد گیتها و تاخیر ضرب کننده ها با روش کاراتسوبا

ضرب کننده	NOT	OR or NOR	AND or NAND	XOR	H.A.	F.A.	زمان تاخیر
ضرب کننده ۸ بیتی با کاراتسوبا ۲	جمع کننده ۴ بیتی	1	3	2	2	2	F.A.+ H.A. +AND+OR
	جمع کننده ۱۲ بیتی	-4	16	10	5	7	3F.A.+H.A.
	۴۶ ضرب کننده ۸ بیتی	28	84	35	58	70	10F.A.+7H.A.+ 2AND+3OR
ضرب کننده ۱۶	جمع کننده ۸ بیتی	3	9	6	4	4	2F.A.+H.A.
	جمع کننده ۱۰ بیتی با کاراتسوبا ۲	0	3	13	8	6	2F.A.+ H.A. +AND+2OR
	جمع کننده ۲۴ بیتی	-	7	37	22	8	4F.A.+H.A.+OR
	۳۲ ضرب کننده ۱۶ بیتی	60	262	153	153	195	16F.A.+8H.A. +2AND+6OR
ضرب کننده ۳۲	جمع کننده ۱۶ بیتی	5	23	14	6	10	4F.A.
	جمع کننده ۴۸ بیتی	11	81	46	12	36	6F.A.+H.A.
	جمع کننده ۳۲ بیتی	0	8	54	31	9	5F.A.+H.A.
	۱۶۰ ضرب کننده ۳۲ بیتی	214	1026	580	530	709	30F.A.+10H.A. +2AND+6OR
ضرب کننده ۱۲	جمع کننده ۴ بیتی (۸تا)	-	1	3	1	2	F.A. +H.A.+OR+AND
	جمع کننده ۱۷ بیتی	-	5	25	9	6	3F.A.+H.A. + AND+OR
	ضرب کننده ۱۲ بیتی	25	23	139	45	80	12 F.A.+ 5H.A.+3OR+2AND
ضرب کننده ۳۲	جمع کننده ۱۱ بیتی (۸تا)	-	4	14	9	5	3F.A.+H.A.
	جمع کننده ۵۲ بیتی	-	11	89	50	12	407F.A.
	ضرب کننده ۳۲ بیتی	294	173	1082	374	585	24 F.A.+ 7H.A.+3OR+2AND



### ۳. نتیجه‌گیری

مینای روش کاراتسوبو استفاده از جمع کننده ها بجای ضرب کننده با فرض سرعت بالای جمع کننده نسبت به ضرب کننده می باشد. پیاده سازی از تعداد بیت کمتر و با تکنیک کاراتسوبو بازگشتی شروع شده و تا ۳۲ بیت ادامه پیدا کرده است و به راحتی قابل تعمیم به تعداد بیت بیشتر می باشد. مداری سریع برای حاصل ضرب مکمل ۲ پیشنهاد شده که برای توسعه به تعداد بیت بیشتر هیچ محدودیتی ندارد. الگویی برای محاسبات بر روی ضربهای جزئی برای رسیدن به دو سطری شدن نتایج ارائه شده که به راحتی قابل تعمیم به تعداد بیت بیشتر پیشنهاد شده است. برای حاصل ضرب با تعداد بیت ۱۶ به بالا، چیدمان و طریقه اتصال کمپرسورها و نوع آنها یک الگوی منظم پیدا کرده و قابل تعمیم است. محاسبات موازی گرچه تعداد گیت‌های استفاده شده از نظر سخت افزاری را افزایش می دهد اما در افزایش سرعت نتیجه محاسبات بسیار موثر است. نتیجه محاسبات برای ضرب کننده ۳۲ بیتی با کارتسوبو درجه دو و سه نشان می دهد که ضرب کننده ۳۲ بیتی کاراتسوبو درجه سه نسبت به درجه دو عملکرد بهتری دارد.

### منابع

- [1] A. A. Karatsuba and Y. Ofman, 1963 "Multiplication of multidigital numbers on automata," Soviet Physics Doklady, vol. 7, pp. 595–596.
- [2] P. L. Montgomery, 2005 "Five, six, and seven-term Karatsuba-like formulae," IEEE Transaction of Computer, vol. 54, no. 3, pp. 362–369.
- [3] N. Nedjah, 2005, A Review of Modular Multiplication Methods and Respective Hardware Implementation, Informatica, vol. 30, no. 1, pp. 112-115.
- [4] R.Mahalakshmi, T.Sasilatha, 2013, A power efficient carry save adder and modified carry save adder using cmos technology, in: Proc IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCI),.
- [5] R.A. Javali, R.J. Nayak, A.M. Mhetar, M.C. Lakkannavar, 2014, Design of high speed carry save adder using carry look ahead adder, in: Proc IEEE International Conference on Circuits, Communication, Control and Computing (I4C), pp. 33–36.
- [6] R. Zlatanovici, S. Kao, and B. Nikolic, 2009, Energy–delay optimization of 64-bit carry-look ahead adders with a 240 ps 90 nm CMOS design example, IEEE J. Solid-State Circuits, pp. 569–583.
- [7] M. Bahadori, M. Kamal, A. Afzali-Kusha, M. Pedram, 2016, High-speed and energy-efficient carry skip adder operating under a wide range of supply voltage levels, IEEE Trans. Very Large Scale Integrated. Syst. 24(2) 421–433.
- [8] O. Bedrij, Carry-select adder, IRE Transaction Electronic Computer.3(1962)340–346.
- [9] I.-C. Wey, C.-C. Ho, Y.-S. Lin, C.C. Peng, 2012, An area-efficient carry select adder design by sharing the common Boolean logic term, Int. MultiConf. Engineers and Computer Scientists (IMECS).
- [10] M. Nam, Y. Choi, K. Cho, 2018, High-speed and energy efficient carry select adder (CSLA) dominated by carry generation logic, Microelectron. J. 79, 70–78.



[11] Maytham Allahi Rudposhti, Mojtaba Valinataj “High-speed and low-cost carry select adders utilizing new optimized add-one circuit and multiplexer-based logic”

[12] Shima Mehrabi, Member, IEEE, Reza Faghieh Mirzaee, Member, IEEE, Sharareh Zamanzadeh, and Amirhossein Jamalian “Multiplication with m:2 and m:3 Compressors— A Comparative Review”

[13] S. Mehrabi, R. F. Mirzaee, S. Zamanzadeh, K. Navi, and O. Hashemipour, “Design, analysis, and implementation of partial product reduction phase by using wide m:3 ( $4 \leq m \leq 10$ ) compressors,” International Journal





## ChatGPT و نقش آن در آموزش

عالمه صالحی بالادهی<sup>۱\*</sup>، مهسا حقانی<sup>۲</sup>، سحر مجیدی هتکه لویی<sup>۳</sup>

<sup>۱\*</sup> دانشجوی دکتری معماری، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران

<sup>۲</sup> عضو هیات علمی، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

<sup>۳</sup> عضو هیات علمی، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

ایمیل نویسنده مسئول: [Asalehi13@yahoo.com](mailto:Asalehi13@yahoo.com)

### چکیده

فن آوری ها تاثیر بسزایی در جامعه امروز وانسان ها دارند. آنها نحوه تفکر، احساس، عملکرد و نحوه ارتباط و تعامل ما با یکدیگر را بسیار تغییر داده اند. در همین حال، پیشرفت های تکنولوژیکی به سرعت و به طرز شگرفی در حال تغییر شیوه های یادگیری و آموزش هستند. هدف این فناوری ها انطباق با نیازها و شرایط متنوع فراگیران و هم چنین تقویت رقابت در بازار جهانی آموزش است.

**ChatGPT** نوعی هوش مصنوعی مولد است که از الگوریتم‌هایی برای تولید متن جدید مشابه آنچه که یک انسان ممکن است بنویسد استفاده می‌کند، یک مدل زبان است که از یادگیری عمیق برای ایجاد پاسخ‌های انسان‌مانند به پرسش‌های زبان طبیعی استفاده می‌کند و برای استفاده در یک محیط مکالمه طراحی شده است و به کاربران امکان می‌دهد به طور طبیعی و شهودی با مدل تعامل داشته باشند و همچنین به عنوان یک برنامه قدرتمند می‌تواند به سوالات پاسخ دهد، داستان بنویسد، اسناد را خلاصه کند و مقاله بنویسد و در آموزش و یادگیری به شکل هدفمند عمل می‌کند، در این مقاله که از نوع مروریست، سعی شده تا کاربردهای مختلف **ChatGPT** در زمینه های مختلف آموزشی و یادگیری، کاربردهای بالقوه آن، محدودیتها و چالشهای آن مورد واکاوی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آموزش، یادگیری، هوش مصنوعی، **ChatGPT**.

## ۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، پیشرفت قابل توجهی در فناوری‌های پردازش زبان طبیعی (NLP) و هوش مصنوعی (AI) صورت گرفته است که منجر به توسعه مدل‌های زبانی پیچیده‌ای شده است که قادر به تولید متنی شبیه انسان هستند. در میان این مدل‌ها، ترانسفورماتورهای از پیش آموزش دیده مولد (GPT) به دلیل توانایی‌شان در ایجاد پاسخ‌های منسجم و مرتبط با زمینه، توجه فوق‌العاده‌ای را به خود جلب کرده‌اند. مدل‌های GPT با موفقیت در کارهای مختلف NLP از جمله ترجمه زبان، خلاصه‌سازی متن و پاسخ‌گویی به سؤالات به کار گرفته شده‌اند. در فرآیند آموزش و یادگیری عوامل متعددی دخیل هستند و محققان همواره برای بهبود و تسریع این فرآیند به دنبال راهکارهایی بوده‌اند. هوش مصنوعی امروزه در همه جنبه‌های زندگی بشر از جمله فرآیند آموزش و یادگیری نفوذ کرده و به یک موضوع مهم جهانی تبدیل شده است.

هوش مصنوعی در حوزه آموزش و یادگیری ظرفیتهای فراوانی دارد؛ از جمله صرفه جویی در هزینه و زمان. همچنین با این روش میتوان آموزش فردی را در کنار یادگیری مشارکتی تجربه کرد. به کارگیری سیستمهای هوش مصنوعی افقی تازه به روی دانش آموزان با نیازهای ویژه میگشاید. فرآیند یادگیری دانش آموزان با استفاده از این تکنولوژی‌ها تسهیل شده و این امکان برای آنها فراهم شده که پیچیده ترین و غیرقابل دسترس ترین مفاهیم را به راحتی لمس کنند و یاد بگیرند [۴].

در نوامبر ۲۰۲۲، OpenAI، آزمایشگاهی که هوش مصنوعی را مطالعه می‌کند، یک ربات چت به نام ChatGPT (ترانسفورماتور از پیش آموزش دیده مولد) معرفی کرد. که یک رابط هوش مصنوعی محاوره‌ای است که از پردازش زبان طبیعی (NLP) استفاده می‌کند، که به شیوه‌ای واقع‌بینانه تعامل کرده و حتی «به سؤالات زیادی پاسخ می‌دهد، اشتباهات خود را می‌پذیرد، مقدمات نادرست را به چالش می‌کشد و درخواست‌های نامناسب را رد می‌کند». درحالی که عملکرد اصلی ChatGPT تقلید گفتگوی انسانی در نظر گرفته شده بود ولی قابلیت‌های آن بسیار فراتر از آن است. می‌تواند به معنای واقعی کلمه چیزهای جدیدی مانند شعر، داستان یا رمان خلق کند [26].

ChatGPT هوش مصنوعی باز (AI) که به عنوان نمونه اولیه در نوامبر ۲۰۲۲ معرفی شد، نظر مهندسان، کاربران رسانه‌های اجتماعی، صاحبان مشاغل، نویسندگان و دانشجویان را به خود جلب کرده است. علیرغم نگرانی‌های بسیاری از مردم نسبت به این هوش مصنوعی، یادگیری ماشین (ML) بدون شک پتانسیل خوبی دارد. (ML) از زمانی که به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفت، بخش‌های مختلفی را تحت تأثیر قرار داده است و وظایفی مانند پیش‌بینی آب و هوا با وضوح بالا و تجزیه و تحلیل تصویربرداری پزشکی را ممکن می‌سازد [16]. ChatGPT این پتانسیل را دارد که روش انجام حرفه‌های مختلف را تغییر دهد. این ربات چت می‌تواند مانند یک شخص صحبت کند زیرا با استفاده از OpenAI توسعه یافته است. مشتریان ممکن است با ایجاد یک حساب OpenAI رایگان، استفاده از ChatGPT را شروع کنند. این فناوری ممکن است از داده‌های تولید شده توسط کاربر برای بهبود الگوریتم‌های آموزشی خود استفاده کند (Lund, B. D., & Wang, T. 2023).

در این مقاله، کاربردهای مختلف ChatGPT در زمینه‌های مختلف آموزشی، کاربردهای بالقوه آن، محدودیتها و چالشهای این ابزار، ملاحظات اخلاقی پیرامون این فناوری را بررسی خواهیم کرد.

در این بخش به اختصار به بیان مطالعات و تحقیق‌هایی که در این زمینه انجام گرفته است، می‌پردازیم: رجایی و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیق خود به بررسی کاربردهای واقعیت مجازی و واقعیت افزوده در آموزش پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان داد با کمک این تکنولوژیها معلمان میتوانند هر چیزی را در کلاس درس به دانش آموزان نشان دهند و بدین ترتیب، آنها را خیلی بهتر با درس و آموزش درگیر کنند؛ همان چیزی که دقیقاً در آموزش واگرا مدنظر است به این معنا که دانش آموزان در فرآیند دانش مشارکت و یادگیری فعال نقش داشته باشند.

چاوز و همکاران (۲۰۱۸) نقش واقعیت مجازی را در زمینه یادگیری و ویژگی‌هایی تعیین کننده موفقیت آمیز این فناوری و همچنین اثرات مثبت بر نتایج یادگیری را بررسی و ویژگیهای واقعیت مجازی را توصیف کردند: قابلیت تعاملی، فعالیتهای انیمیشن، حرکت و محیط مجازی شبیه سازی شده.

امروزه از نظر نرم افزارهای آموزشی موجود با تلفیق فناوری‌های هوش مصنوعی، موارد زیادی برای ریاضیات و یادگیری اصول علمی طراحی شده است [23].

سربان و همکاران (۲۰۲۰) یک سیستم تدریس خصوصی هوشمند مبتنی بر گفتگو به نام «کوربیت» ایجاد کرد. این سیستم با استفاده از یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی و تقویت یادگیری، با هدف ارائه تجارب یادگیری تعاملی و متناسب برای ارتقا آموزش و یادگیری ایجاد شده است [15].



میائو و همکاران (۲۰۲۰) برای کاهش بار کار اساتید در کمک به فراگیران، به ویژه فراگیران تازه کار، از آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده کرد. پایپ (۲۰۲۰) یک روش یادگیری عمیق که قادر به پیش بینی خطاهای منطقی برنامه نویسی است را پیشنهاد کرد. این مدل برای بدست آوردن ویژگی پنهان یک برنامه و پیش بینی بیشتر خطاها، یکپارچه یک الگوریتم یادگیری بازنمایی و یک الگوریتم طبقه بندی چند برچسب را ادغام می کند (۱۰).

کاندل هوفر و همکاران (۲۰۱۹) در طی یک فرایند، هوش مصنوعی و رباتیک را با مدرسه عجین کردند و همچنین معلمان و دانش آموزان را با اصول و مباحث هوش مصنوعی و رباتیک آشنا می کنند و با تهیه برنامه درسی و موارد درسی مناسب مبتنی بر فناوری و اجرای دوره های آموزشی شکل می گیرد، نهایتاً آزمون گرفته می شود و گواهینامه مهارت AI و رباتیک صادر می گردد و همچنین یک هیئت نظارت در سطح بین الملل کل برنامه را نظارت و تضمین می کند. با این رویکرد نوآورانه یک سیستم آموزشی برای آموزش AI و رباتیک ایجاد کردند و نتایج های که حاصل شد، افزایش سطح سواد و درک بیشتر این فناوری بوده است.

تحولات در زمینه هوش مصنوعی فرصت ها و چالش های جدید را برای آموزش و یادگیری در آموزش عالی فراهم می کند، به عنوان مثال، دانشگاه Deakin در استرالیا از ابر رایانه IBM Watson به عنوان نوعی هوش مصنوعی در حال ظهور و راه حلی برای ارائه مشاوره به دانشجویان استفاده کرده است. این نوآوری به طور قابل توجهی باعث تغییر کارآمد در کیفیت خدمات و نیروی کار و زمان در دانشگاه شد (۱۸).

طبق گزارش وزارت آموزش و پرورش ایالات متحده آمریکا، تخمین زده شد که هوش مصنوعی در آموزش و پرورش ایالات متحده از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۱ با ۴۷.۵ درصد افزایش یافته است (۶).

مقاله مروری حاضر با هدف واکاوی کاربرد هوش مصنوعی (ChatGPT) در آموزش تدوین شده است که از مزایای و چالش های ادغام آن با آموزش تصویری کلی ارائه می کند.

### ۳- مبانی نظری

#### ۳-۱: هوش مصنوعی

هوش مصنوعی؛ شاخه ای از علوم رایانه است که هدف اصلی اش آن است که ماشینهای هوشمندی تولید کند که توانایی انجام وظایفی که نیازمند به هوش انسانی است را داشته باشد. هوش مصنوعی در حقیقت نوعی شبیه سازی هوش انسانی برای کامپیوتر است و منظور از هوش مصنوعی در واقع ماشینی است که به گونه ای برنامه نویسی شده که همانند انسان فکر کند و توانایی تقلید از رفتار انسان را داشته باشد. این تعریف می تواند به تمامی ماشین هایی اطلاق شود که بگونه ای همانند ذهن انسان عمل میکنند و میتوانند کارهایی مانند حل مسئله و یادگیری داشته باشند. اساس هوش مصنوعی آن است که هوش انسان و طریق کار آن بگونه ای تعریف شود که یک ماشین بتواند آن را به راحتی اجرا کند و وظایفی که بر آن محول می شود را به درستی اجرا کند. هدف هوش مصنوعی در حقیقت بر سه پایه استوار است: یادگیری، استدلال و درک. هوش مصنوعی غالباً به عنوان یک سیستم رایانه ای با توانایی انجام وظایفی که معمولاً با موجودات هوشمند در ارتباط است، تعریف می شود. هوش مصنوعی به عنوان یک رشته علمی تعریف می شود. به عنوان فعالیتی که باعث ایجاد ماشین هایی می شود که می توانند به طور مناسب و با آینده نگری در محیط کار کنند؛ ما انسانها خود را خردمند می دانیم، زیرا قابلیت های ذهنی ما، برای ما بسیار مهم هستند. هزاران سال است که سعی می کنیم تا بفهمیم چگونه فکر می کنیم؛ یعنی می خواهیم بدانیم چگونه می فهمیم، پیشگویی می کنیم و دنیا را تغییر می دهیم. حوزه هوش مصنوعی فراتر از این ها است، یعنی نه تنها سعی در درک کردن دارد، بلکه می خواهد موجودیت های هوش را بسازد (۲).

#### ۳-۲. طبقه عملکرد ChatGPT

ChatGPT از یادگیری تقویتی استفاده می کند که برای بهبود دقت برنامه هوش مصنوعی در طول زمان طراحی شده است. این کار را با ارائه بازخورد مثبت یا منفی انجام می دهد. به عنوان مثال، اگر یک کاربر سؤالی بپرسد و پس از دریافت پاسخ از هوش مصنوعی، همان

سؤال را کمی بازنویسی کرده و مجدداً مطرح نماید، در این مورد، ما بازخوردی را به هوش مصنوعی ارائه می‌کنیم که به سؤال کاربر پاسخ اشتباهی داده است، که این روش باعث افزایش دقت مدل در صورت مطرح شدن همین سؤال در آینده میشود، از نظر تئوری، این به ابزار هوش مصنوعی اجازه می‌دهد تا از طریق آزمون و خطا، با توجه به مدت زمان کافی و توسط انسان، یاد بگیرد [21].

در مورد AGI (مانند ChatGPT)، دقت و صحت به یک اندازه مهم هستند. با توجه به اینکه هوش مصنوعی از نظر محاسباتی بسیار کند است و چون مجموعه داده‌های گسترده‌ای ندارد، نمیتواند برای کاربران بصورت روزمره، کاربردی باشد. به همین دلیل است که ChatGPT از یادگیری نظارت شده استفاده می‌کند. یادگیری نظارت شده از داده‌های ورودی وزنی، فرآیندهای اعتبار سنجی متقابل و مجموعه داده‌های برچسب گذاری شده برای آموزش الگوریتمی، تجزیه و تحلیل و پیش بینی نتایج داده‌ها استفاده می‌کند.

هدف اصلی یادگیری تحت نظارت در AGI طبقه بندی یا تقسیم داده‌ها به دسته‌های مختلف است. دلایل متعددی وجود دارد که ضرورت وسودمندی موضوع را نشان می‌دهد. پردازش محاسباتی در AGI را می‌توان تا حدی با استفاده از هوش مصنوعی تقسیم‌بندی شده، که نیاز به دوبار اسکن ورودی کاربر دارد، به دست آورد. در مرحله اول، هوش مصنوعی ورودی کاربر را براساس کلمات کلیدی، اسکن می‌کند تا تعیین کند که کدام بخش از پایگاه داده با ورودی کاربر مطابقت دارد. مرحله دوم، هوش مصنوعی ورودی را در برابر بخشهای مختلف پایگاه داده اسکن می‌کند، تا ورودی کاربر را با یک سؤال برنامه‌ریزی شده مطابقت دهد، مشابه فرآیندی که توسط یک ابزار تخصصی هوش مصنوعی استفاده می‌شود. یادگیری نظارت شده به اولین مورد از این دو اسکن کمک می‌کند و اطمینان می‌دهد که ورودی کاربر به درستی با یک دسته یا بخش پایگاه داده مطابقت دارد. یکی از کاربردهای اضافی یادگیری نظارت شده در AGI، رگرسیون است که می‌تواند برای پیش بینی بر اساس رابطه بین متغیرهای وابسته و مستقل استفاده شود [12].

از نظر حجم، ChatGPT-3 با تقریباً ۵۷۰ گیگابایت مجموعه داده، آموزش داده شد. میزان داده‌های آموزشی نیز با انتشار هر نسخه ChatGPT افزایش یافته است. ChatGPT-1 از یک مجموعه داده ۵ گیگابایتی استفاده کرد، در حالی که ChatGPT-2 از یک مجموعه داده ۴۰ گیگابایتی استفاده کرد [14] انواع داده‌های مورد استفاده در مجموعه، شامل وبسایت‌ها، کتاب‌ها و مقالات و غیره است. ChatGPT-3 در مجموع با ۳۰۰ میلیارد کلمه بسته شد [13].

ChatGPT از ۱۷۵ میلیارد پارامتر، یادگیری تقویتی و یادگیری نظارت شده و مجموعه داده آموزشی از ۳۰۰ میلیارد کلمه (۵۷۰ گیگابایت) استفاده می‌کند تا به طور مؤثر به سؤالات کاربر از طریق استفاده از متن پیش بینی شده، پاسخ صحیح دهد [22]

عملکرد این نوع از هوش مصنوعی را میتوان در چهار مرحله به اختصار بیان کرد:

۱. پیش پردازش: قبل از شروع پاسخ‌ها، متن ورودی پیش پردازش می‌شود تا درک آن برای ترانسفورماتور آسان تر شود. که شامل تبدیل متن به یک نمایش عددی به نام نشانه است که معنای هر کلمه را نشان می‌دهد.
۲. رمزگذاری: هنگامی که متن ورودی نشانه گذاری شد، از یک سری لایه‌های رمزگذاری عبور می‌کند. این لایه‌ها از مکانیسم‌های توجه برای کمک به تمرکز مدل بر مرتبط‌ترین بخش‌های متن ورودی استفاده می‌کنند.
۳. رمزگشایی: هنگامی که متن ورودی کدگذاری شد، مدل با رمزگشایی متن کدگذاری شده به زبان طبیعی، پاسخی را ایجاد می‌کند. این کار با استفاده از مجموعه‌ای مشابه از مکانیسم‌های توجه مانند مرحله رمزگذاری انجام می‌شود، که به مدل کمک می‌کند مرتبط ترین اطلاعات را برای گنجاندن در پاسخ انتخاب کند.
۴. پس پردازش: در نهایت، متن تولید شده برای حذف هرگونه نشانه و قالب بندی غیر ضروری پس پردازش می‌شود و به عنوان یک پاسخ زبان طبیعی به کاربر ارائه می‌شود. معماری ترانسفورماتور استفاده شده توسط ChatGPT بسیار پیچیده است و به مدل اجازه می‌دهد تا پاسخ‌های پیچیده و ظریفی را به طیف گسترده‌ای از متن ورودی تولید کند. این برنامه بر روی مجموعه داده عظیمی از داده‌های متنی از اینترنت آموزش داده شده است که به آن امکان می‌دهد موضوعات و سبک‌های مختلف زبان را درک کند و به آن پاسخ دهد [28].

### ۳-۳. یادگیری و آموزش

عوامل متفاوتی بر یادگیری و عملکرد تحصیلی افراد تأثیر می‌گذارند که متخصصان تعلیم و تربیت آنها را به چهار دسته شامل عوامل فردی، عوامل آموزشی، عوامل خانوادگی و عوامل اجتماعی تقسیم کرده‌اند. یکی از مهمترین عوامل آموزشی مؤثر بر عملکرد تحصیلی افراد، استفاده از تکنولوژی نوین آموزشی هوش مصنوعی در فرآیند آموزش است.

امروزه بیشتر جوامع برای جبران عقب افتادگی‌ها، نظام آموزشی خود را مورد بررسی همه جانبه قرار می‌دهند و سعی می‌کنند همگام با دیگر نهادهای اجتماعی جامعه از وسایل، مواد، تکنولوژی جدید و نوآوری‌های آموزشی به منظور افزایش بازدهی و کنترل سرمایه‌های انسانی و پاسخ‌گویی به نیازهای جوامع انسانی استفاده کنند. اغلب این جوامع سعی می‌کنند از نتایج تحقیقات و تجارب علمی و فنی سایر کشورها بهره‌گیرند. یکی از این تجارب ارزنده که می‌تواند در مراکز و نهادهای آموزشی مثرتر واقع شود، استفاده از جنبه‌های مختلف هوش مصنوعی و اهمیت شناخت دقیق و کاربرد ChatGPT در فرآیند تدریس است [۸].

در حوزه آموزش و یادگیری از ChatGPT میتوان برای ایجاد منابع آموزشی فردی و برنامه‌های مطالعه براساس نیازها و علایق متمایز هر یادگیرنده، راهنمایی فراگیران در طول آموزش، تولید محتوای آموزشی جذاب، مانند آزمونها، تمرینهای تعاملی، ارائه‌های چندرسانه‌ای و کمک به معلمان در ارزیابی کار دانش آموز استفاده کرد. این ابزارها ممکن است برای ارائه برنامه‌های آموزشی فردی به دانش آموزان با تجزیه و تحلیل اطلاعات در مورد انتخابها، تواناییها و زمینه‌های بهبود در کلاس استفاده شود. ChatGPT ممکن است به فراگیران کمک کند تا با تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به دستاوردهای قبلی و نحوه یادگیری، به طور مؤثرتری مطالب را یاد بگیرند [17].

که در ادامه، به بعضی از موارد کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش/ یادگیری شرح داده میشود.

۱) ایجاد بستر یادگیری بدون محدودیتهای زمانی و مکانی در سیستمهای سنتی، یادگیری و رفع اشکال، تنها با حضور معلمین و استادان در جلسات درس، مقدور است. به واسطه حضور اینترنت که منجر به ایجاد روش آموزشهای الکترونیکی گردید، محدودیت مکانی برداشته شد و محصلین میتوانند در کلاسهای آموزشی مختلف بدون در نظر گرفتن مکان برگزاری آنها شرکت نمایند. در این زمینه، سیستمهای هوش مصنوعی بر بهبود کیفیت تماسهای ویدیویی تمرکز کرده است. مواردی از قبیل فیلتر صداهای آزاردهنده محیط، تغییر زاویه صورت کاربر در صورت نیاز و ترجمه در لحظه از جمله کاربردهای هوش مصنوعی در زمینه بهبود تماسهای ویدیویی در آموزشهای از راه دور و الکترونیکی است.

قابلیت پردازش زبان طبیعی در حذف محدودیت زمانی، بسیار مؤثر بوده است؛ چرا که به کمک ChatGPT موجود در این زمینه، محصلین میتوانند در هر ساعت از شبانه روز مسائل و مشکلات خود را رفع نمایند. به عنوان نمونه، به کمک معلم انگلیسی هوشمند که مجهز به سرویس تشخیص گفتار میباشد، میتوان در لحظه، تلفظ و یا دستور زبان فرد را اصلاح کرد و با ارائه مشاوره تحصیلی آنلاین به او، یادگیری زبان انگلیسی را تسهیل نمود

۲) شخصی سازی و ارائه آموزش تطبیق پذیر محصلین، دارای مدلهای یادگیری و شرایط و تواناییهای مختلف هستند. بدون شک، ارائه یکسان یک محتوای آموزشی برای تمامی افراد، بهترین نتیجه را به همراه نخواهد داشت. بدین منظور راهکاری تحت عنوان "آموزش تطبیق پذیر" ایجاد شده که در آن هر محصل با توجه به مدلهای یادگیری و تواناییهایش، خدمات آموزشی مورد نیازش را دریافت میکند. هوش مصنوعی توانسته در این زمینه به واسطه شخصی سازی محتوا و آموزش، قدم تأثیرگذاری بردارد.

در کنار آموزش تطبیق پذیر، مربیان میتوانند به کمک سیستمهای مجهز به هوش مصنوعی، در جریان مرحله به مرحله فرآیند یادگیری محصل قرار بگیرند. بنابراین، این امکان فراهم میشود تا مدرسین از اشتباهات و نقاط ضعف محصلین آگاهی پیدا کنند. همچنین به کمک فناوری بینایی ماشین، میتوان حالت چهره محصلین در هنگام فراگیری درس را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و در صورت انطباق حالت چهره آنها با الگوهای عدم یادگیری، به مدرسین هشدار ارسال کرد. بدین صورت مدرسین در لحظه متوجه عملکردشان در تدریس خواهند شد.

۳) افزایش جذابیت آموزش یکی از جذابترین کاربردهای هوش مصنوعی و بالخصوص ChatGPT که مدنظر تحقیق پیش روست، میتواند تأثیر قابل توجهی در بهبود یادگیری و ایجاد علاقه و انگیزه فرد داشته باشد. در فناوری جدید، کاربر، یک محیط تعاملی و نزدیک به واقعیت را در یک فضای مجازی تجربه میکند. تلفیق واقعیت مجازی با قابلیتهای هوش مصنوعی در آموزش، به خصوص در مواردی که مستلزم آشنایی با موقعیتهای خطرناک و یا هزینه بر است میتواند بسیار مفید باشد زیرا فرد در یک محیط شبیه سازی شده نزدیک به واقعیت قرار میگیرد و میتواند پاسخ هر عمل را در لحظه مشاهده کند. به عنوان نمونه، قرارگیری دانشجویان پزشکی در یک اتاق عمل در

حضور بیمار، ابزارآلات و یا حتی خون موجود در صحنه که همگی مجازی هستند، میتواند یک تجربه یادگیری نزدیک به واقعیت را برای آنها ایجاد نماید. این امر میتواند علاوه بر بهبود یادگیری، افزایش سرعت تصمیم‌گیری فرد و کاهش ترس و اضطراب را همراه داشته باشد.

واقعیت افزوده نیز با تصویرسازی مجازی عوامل آموزشی در دنیای واقعی، میتواند جذابیت آموزش را چندین برابر کند و درک یادگیرنده را از موارد آموزشی افزایش دهد. در کنار واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، رباتها نیز در آموزش مسائل مختلف از قبیل زبان، کد نویسی و اطلاعات عمومی به افراد مؤثر هستند. به عنوان نمونه، ربات انساننمای انیشتن که الهام گرفته از پروفیسور آلبرت انیشتن است از طریق اتصال به وایفای حرکت نموده و انواع آزمونهای هوش را به مخاطب یاد میدهد. تلفیق فناوری هوش مصنوعی این امکان را میدهد تا ربات، درک خود را در مورد سوالات هر فرد افزایش داده و بتواند به سوالات افراد در مورد مسائل مختلف علوم پاسخهای دقیق و مناسب دهد. (۴) شناسایی افراد دارای اختلالات یادگیری و آموزش به آنها برخی از یادگیرنده‌ها دارای اختلالات متعددی مانند خواندن، نوشتن، انجام محاسبات و بیش فعالی-کم توجهی در زمینه یادگیری هستند که میتوان به کمک هوش مصنوعی به این افراد کمک کرد تا مسیر یادگیری خود را بهتر طی کنند. اولین مرحله در آموزش این افراد، شناسایی آنهاست. به کمک روشهایی مانند نقشه‌های شناختی فازی، سیستمهای خبره و شبکه‌های عصبی در کنار قابلیت پردازش گفتار میتوان با انجام مکالمه‌ای کوتاه با یادگیرنده و پرسش مجموعه‌ای از سوالات مشخص، داده‌های مرتبط را جمع‌آوری و پردازش نمود. پس از شناسایی اختلال موردنظر، به کمک سیستمهای هوشمند و فراهم نمودن آموزش تطبیق‌پذیر میتوان بهترین راهکار آموزشی را ارائه و فرآیند یادگیری به خصوص آموزش مهارتهای اجتماعی برای کودکان با سطح یادگیری پایین را به میزان قابل توجهی بهبود داد. به عنوان نمونه، با گسترش کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش این افراد میتوان بر اساس میزان سطح اختلال، با انجام مواردی از قبیل جداسازی کلمات و جملات، برجسته نمودن و خواندن متن با صدای بلند به آموزش مؤثرتر آنها کمک کرد. رباتهای هوشمند نیز در این زمینه به خصوص برای کودکان کم توان و یا ناتوان مانند افراد دارای اوتیسم بسیار مفید واقع شده‌اند. این رباتها در زمینه‌های مختلفی از جمله رویکرد آموزش STEM و مهارتهای اجتماعی میتوانند فرد یادگیرنده را یاری دهند.

(۵) تسهیل فرآیند یادگیری به ویژه برای افراد کم توان و یا ناتوان هوش مصنوعی در راستای بهبود آموزش به افراد کم توان و یا ناتوان نیز تأثیر شایان توجهی داشته است. قابلیت زیرنویس خودکار در آموزشهای از راه دور و یا آموزش الکترونیکی به افراد ناشنوا و یا کم شنوا در فهم محتوای آموزشی یاری میرساند همچنین با استفاده از توانایی خواندن متن با صدای بلند توسط سیستمهای هوشمند و یا توصیف محیط و اشیای اطراف، به افراد نابینا و یا کم بینا کمک میگردد [۴].

#### ۳-۴. تئوری‌هایی فناوری هوش مصنوعی در آموزش

##### ۳-۴-۱. تئوریهای شناخت گرایي و ساخت گرایي

روانشناسان و نظریه پردازان یادگیری در طول قرن گذشته بر سطوح مختلف این سلسله مراتب سه سطح متمرکز شده‌اند. نظریه‌های رفتاری و انجمن‌گرایی یادگیری عمدتاً به سطح عملیات پرداخته‌اند. نظریه پردازان شناخت گرایي و ساخت گرایي عمدتاً سطح شناختی را مورد توجه قرار داده‌اند و ساخت گرایان نیز بر زمینه‌های مادی، عاطفی و اجتماعی تأکید دارند. نظریه پردازان فرهنگی اجتماعی، به نوبه خود، اغلب بر ابعاد اجتماعی، فرهنگی و مادی تعبیه شده از دانش و یادگیری متمرکز شده‌اند. یادگیری انسان در هر سه سطح سلسله مراتب فعالیت رخ می‌دهد. وقتی عادت و عادت به مانعی برخورد می‌کند، از آن آگاه می‌شویم، عمل متوقف می‌شود و عمل جایگزین آن می‌شود. ما شروع به تفسیر مسئله می‌کنیم و سعی می‌کنیم راه حلی پیدا کنیم [20].

##### ۳-۴-۲. تئوری پذیرش تکنولوژی

مدل پذیرش تکنولوژی توسط آجزن و فیشبین (۱۹۷۵) برای ارائه مدلی جهت پذیرش فناوریهای نوین توسط مصرف کننده طراحی شده بود. این مدل با بررسی سیستم تعیین شده، قصد رفتاری کاربر را برای استفاده مشخص کرده و نگرش کاربر را از سهولت استفاده سیستم، مطالعه خواهد کرد. درک سود مورد انتظار نیز با مطالعه رفتار کاربر قبل از استفاده از فن آوری به دست خواهد آمد.

##### ۳-۴-۳. تئوری انتشار نوآوری راجرز

مطالعات روی نوآوری سازمانی به‌عنوان نظریه فرزندخواندگی پذیرفته شد که فرزندخواندگی در دو مرحله صورت می‌گیرد. مرحله اول به‌صورت زیر تعریف می‌شود: مرحله آغاز که با فاز اجرا دنبال می‌شود. در مرحله آغاز، سازمان آگاهی از نوآوری را گسترش می‌دهد، یک نگرش نسبت به آن شکل می‌دهد؛ و نوآوری را ارزیابی می‌کند و سپس تصمیم اتخاذ شده واقعی به دست آمد بین شروع و مراحل اجرا، این گذار از دانش نوآوری تا اجرای آن اندازه‌گیری می‌شود. یک فرآیند متوالی ممکن است تحت تأثیر نوع تصمیم نوآوری باشد که شاید جمعی یا سازمانی و فردی باشد. از طرف دیگر نظریه انتشار، دسته فرآیندی است که به وسیله آن یک نوآوری از طریق مشخص انتقال داده می‌شود. راجرز سعی دارد عواملی را توضیح دهد که بر اتخاذ یک نوآوری و روشی که نوآوری‌های جدید در آن هستند، تأثیر می‌گذارد که در طول زمان از طریق دستگاه‌های اجتماعی منتشر می‌شوند.

#### ۴-۳-۴. تئوری هورتون

هورتون (۲۰۰۶) معتقد است؛ تا چندی پیش افراد برای آموزش و یادگیری نیاز به زمان و مکان شخصی داشتند که دورهم جمع شوند ولی امروزه با پیشرفت فناوری‌های رایانه و شبکه تا حدودی این نیاز از بین رفته است و هرکسی به زودی قادر خواهد بود هر چیزی را در هر زمانی و مکانی یاد بگیرد. این امر در سایه نظام جدیدی از آموزش صورت می‌گیرد که آموزش الکترونیکی نامیده می‌شود [۹]. دسته بندی انواع آموزش مجازی یادگیری یا آموزش الکترونیک را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد؛

۱. یادگیری شخصی، ۲. یادگیری جمعی و ۳. کلاس‌های مجازی.

یادگیری شخصی: در این دسته، فرد رشته‌ی مورد علاقه‌ی خود را انتخاب می‌کند و در محیط اطراف خود مخصوصاً اینترنت، به دنبال اطلاعات مرتبط با آن می‌گردد و در آن زمینه تحقیق می‌کند، سپس سؤالات خود را از اساتید آن رشته به صورت آنلاین می‌پرسد. یادگیری جمعی: در این دسته شرایطی برای افراد مهیا می‌شود تا با یکدیگر و اساتید خود ارتباط برقرار کنند. از جمله این ابزار چت است. در این روش معمولاً زمان شروع و خاتمه‌ی دوره‌ی آموزشی و امتحانات برای همه‌ی آن گروه یکسان است. کلاس‌های مجازی: در این دسته، شرایط کاملاً مانند کلاس درس است و حتی در بعضی از موارد در کلاس‌های فیزیکی برگزار می‌شود. در اینجا از ویدئوکنفرانس و به جای تخته سیاه از یک ویدئو پروژکتور استفاده می‌شود. گاهی از اوقات برای هر فرد یک کامپیوتر در نظر گرفته می‌شود و ارتباط ویدئویی از طریق صفحه‌ی نمایشگر و دوربین یا وب کم خواهد بود و هرکسی می‌تواند از طریق کامپیوتر با استاد ارتباط برقرار کند. این روش مخصوص برای برگزاری کلاس‌هایی که استاد مربوط به آن درس به تعداد کافی موجود نیست و امکان جابجایی اساتید هم وجود ندارد، مفید است [۷].

آموزش و پرورش به جهت نقش مهم و خطیری که در امر تعلیم و تربیت نسل آینده ساز و فرایند اجتماعی شدن دانش آموزان به عهده دارد، یکی از نهاد‌های مهم و زیر بنایی در جامعه به شمار می‌رود، که مقادیر زیادی از منابع مالی و انسانی را به خود اختصاص داده است. استفاده از فناوری و تکنولوژی‌های جدید در عرصه آموزش و پرورش تغییرات مهمی در ماهیت یادگیری دانش آموزان به وجود می‌آورد و استفاده بهینه از ظرفیت‌های این فناوری‌ها به یادگیری وسعت و غنای خاصی می‌بخشد [۱].

#### ۴. بحث

امروزه بیشتر جوامع برای جبران عقب افتادگی‌ها، نظام آموزشی خود را مورد بررسی همه جانبه قرار می‌دهند و سعی می‌کنند همگام با دیگر نهاد‌های اجتماعی جامعه از وسایل، مواد، تکنولوژی جدید و نوآوری‌های آموزشی به منظور افزایش بازدهی و کنترل سرمایه‌های انسانی و پاسخ‌گویی به نیازهای جوامع انسانی استفاده کنند. اغلب این جوامع سعی می‌کنند از نتایج تحقیقات و تجارب علمی و فنی سایر کشورها بهره‌گیرند. یکی از این تجارب ارزنده که می‌تواند در مراکز و نهاد‌های آموزشی مثرتر واقع شود، استفاده از ChatGPT و کاربرد آن در فرآیند آموزش است که به دلیل اهمیت این چت بات در این بخش، مزیت‌ها، محدودیت‌ها، چالش‌ها آن را در آموزش بیان می‌کنیم که می‌تواند به سایر هوش مصنوعی آموزشی نیز تعمیم داده شود.

از مزایای آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

استفاده از ChatGPT در آموزش می‌تواند چندین مزیت را به همراه داشته باشد. اول اینکه می‌تواند تجربه یادگیری شخصی تری را برای دانش آموزان فراهم کند. ChatGPT می‌تواند معلمان را تشویق کند تا در مورد محتوای آموزشی فکر کنند. با استفاده از ChatGPT دانش آموزان می‌توانند دستورالعمل‌های هدفمندتری را متناسب با نیازهای فردی خود دریافت کنند. به عنوان مثال، اگر دانش آموزان برای حل یک مسئله ریاضی به کمک نیاز داشته باشند، ChatGPT می‌تواند دستورالعمل‌های دقیقی در مورد چگونگی حل این مشکل ارائه دهد.

دوم، ChatGPT می‌تواند پاسخ دادن به سوالات دانش آموزان را برای معلمان آسان تر کند. با استفاده از ChatGPT برای ایجاد پاسخ به سوالات دانش آموزان، معلمان می‌توانند در زمان و انرژی صرفه‌جویی کنند، که بهتر می‌تواند صرف کارهای مرتبط دیگری شود.

سوم، ChatGPT می‌تواند تجربه یادگیری جذاب تری را برای دانش آموزان فراهم کند مدل‌های تدریس، سیستم‌های ارزیابی، و بوم‌شناسی آموزشی را با توانمندسازی ساختار سه‌گانه معلم-دانش‌آموز-فناوری بهبود بخشد. با استفاده از ChatGPT برای ایجاد معلم‌های مجازی و توصیه‌های شخصی، دانش آموزان می‌توانند تجربه یادگیری تعاملی و لذت بخشی بیشتری داشته باشند.

چهارم، ChatGPT می‌تواند پیشنهادات مفیدی برای معلمان ارائه دهد. تحول هوش مصنوعی را با کمک و هماهنگ کردن روابط مجازی و فیزیکی در سیستم نهادی فعلی برای مشارکت عمیق در جهات مختلف، گسترش و در تشکیل یک محیط آموزشی جدید سرعت بخشد.

پنجم، ChatGPT می‌تواند پیشنهادات مفیدی برای نوشتن یک مقاله ارائه دهد. ChatGPT می‌تواند با توصیه موضوعات، ترسیم ساختارها، ارائه ایده‌ها و بهبود نوشتار آکادمیک به دانش آموزان در نوشتن مقاله کمک کند.

محدودیت‌هایی نیز دارد که عبارتند از:

استفاده از آن نیز در آموزش دارای محدودیت‌هایی است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

اول، ChatGPT هنوز یک فناوری در حال ظهور است و اثربخشی آن به طور کامل آزمایش نشده است. در حالی که مطالعات ذکر شده در بالا نشان می‌دهد که می‌تواند ابزار مفیدی برای آموزش باشد، تحقیقات بیشتری برای تعیین اثربخشی آن در زمینه‌های مختلف مورد نیاز است. دوم، ChatGPT را می‌توان با کیفیت داده محدود کرد. اگر داده‌های مورد استفاده برای آموزش مدل از کیفیت پایینی برخوردار باشد، پاسخ‌های مدل ممکن است دقیق یا قابل اعتماد نباشد و همچنین ممکن است اثرات منفی داشته باشد و مستلزم نیاز به تعدیل اهداف آموزشی، روش‌ها و آموزش اخلاقی باشد. سوم، ChatGPT را می‌توان با پیچیدگی وظایفی که از آن خواسته می‌شود محدود کرد. اگرچه می‌تواند پاسخ‌هایی شبیه به انسان به پرس و جوهای ساده ایجاد کند، اما ممکن است با وظایف پیچیده تر مشکل داشته باشد.

چالش‌های موجود را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

هزینه: جنبه مهمی که باید در نظر گرفته شود، هزینه اجرای ChatGPT در آموزش است. این فناوری نیاز به سرمایه‌گذاری قابل توجهی از نظر سخت‌افزار و نرم‌افزار و همچنین نگهداری و پشتیبانی مداوم دارد. و ممکن است برای برخی از مؤسسات آموزشی، به ویژه آنهایی که در مناطق کم‌درآمد هستند، چالشی ایجاد کند.

مسائل اخلاقی و ایمنی: استفاده از ChatGPT در آموزش مسائل اخلاقی و ایمنی را نیز مطرح می‌کند. چون این امکان وجود دارد که از فناوری برای دستکاری یا فریب دانش آموزان استفاده شود. اگر مدل به درستی نظارت و تنظیم نشود، می‌تواند از آن برای ارائه اطلاعات نادرست یا هدایت دانش آموزان به مسیر اشتباه استفاده کرد و مورد بعدی اینکه امکان استفاده از فناوری برای ورود به حریم خصوصی دانش آموزان وجود دارد. اگر مدل به درستی ایمن نباشد، می‌تواند از آن برای جمع‌آوری اطلاعات از دانش آموزان بدون اطلاع یا رضایت





قبل از آنها استفاده کرد و مورد بعدی، پتانسیل استفاده از فناوری برای تبعیض علیه دانش آموزان خاص وجود دارد. اگر مدل بر روی داده‌هایی که معرف همه دانش‌آموزان است آموزش داده نشود، می‌توان از آن برای دسترسی نابرابر به آموزش استفاده کرد.

به چالش کشیدن سیستم ارزیابی موجود: بسیاری از مربیان، مؤسسات دانشگاهی و مدارس نگران استفاده دانش‌آموزان از ChatGPT برای تکمیل تکالیف خود هستند. در نتیجه، مقامات آموزشی محلی در سراسر جهان اغلب استفاده از ChatGPT را در مدارس ممنوع می‌کنند. به عنوان مثال، دانشگاه هنگ کنگ به طور موقت دانشجویان را از استفاده از ChatGPT و سایر ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی در تکالیف دانشگاهی خود منع کرده است و در دراز مدت، ممکن است مردم را به این باور برساند که دانش دیگر مهم نیست.

عدم وجود منطق: در حالی که ChatGPT به حجم وسیعی از داده‌ها دسترسی دارد، فاقد منطق است و ممکن است گاهی اوقات پاسخ‌هایی ایجاد کند که از نظر فنی صحیح هستند، اما در دنیای واقعی منطقی نیستند.

درک محدود از زمینه: درک ChatGPT از زمینه محدود است، و ممکن است گاهی اوقات برای درک معنای گسترده‌تر مکالمات مشکل داشته باشد. همچنین ممکن است نتواند نکات ظریف یا پنهان متن را در مکالمه درک کند.

داده‌های جانبدارانه: ChatGPT فقط به اندازه داده‌هایی که روی آن آموزش داده شده است بی‌طرفانه است، و اگر داده‌ها دارای سوگیری یا نادرستی باشند، ممکن است این سوگیری‌ها را در پاسخ‌های خود تکرار کند.

ناتوانی در انجام وظایف فیزیکی: ChatGPT یک مدل زبان است و نمی‌تواند کارهای فیزیکی را انجام دهد.

فقدان هوش عاطفی: در حالی که ChatGPT می‌تواند پاسخ‌هایی ایجاد کند که به نظر می‌رسد احساسات را منتقل می‌کند، در واقع احساسات را تجربه نمی‌کند و ممکن است برای درک یا پاسخ مناسب به مکالمات دارای بار احساسی مشکل داشته باشد [28].

خلاقیت: طبق تعریف سنتی خلاقیت، ChatGPT فاقد خلاقیت است. آکسفورد خلاقیت را اینگونه تعریف می‌کند: «تمایل به تولید یا تشخیص ایده‌ها یا امکاناتی که ممکن است در حل مشکلات، برقراری ارتباط با دیگران و سرگرم کردن خود و دیگران مفید باشند» (2023). خلاقیت در هوش مصنوعی، به ویژه AGI، یک چالش منحصر به فرد است. برای درک اینکه چرا هوش مصنوعی نمی‌تواند خلاق باشد، ابتدا باید درک کنیم که هوش مصنوعی فقط در چارچوب پارامترهایی عمل می‌کند که برای عملکرد در آن برنامه ریزی شده است. خلاقیت مربوط به تولید اثر هنری با تأکید بر اصالت است که بنا به تعریف به این معناست که باید خارج از پارامترهای ثابت کار کند. برای اینکه چیزی اصیل باشد، باید منحصر به فرد باشد، و نمی‌تواند در چارچوب پارامترهای ثابت اتفاق بیفتد. پارامترها برای تولید و خروجی دادن پاسخ‌های واقعی به مسائل و سوالات پیچیده مفید هستند. ChatGPT با توجه به دانش و اطلاعات فراوانی که با آن برنامه ریزی شده است در ارائه پاسخ‌های واقعی بسیار خوب عمل می‌کند. اگر از ChatGPT بخواهیم خارج از این پارامترهای برنامه ریزی شده عمل کند، قادر به انجام این کار نیست. بنابراین، می‌توان گفت که ChatGPT قادر به خلاقیت واقعی نیست [22].

فقدان تجربه شخصی: این محدودیت فقط منحصر به ChatGPT نیست. امروزه، بخش قابل توجهی از رسانه‌ها برخلاف اطلاعات کاملاً واقعی، از داستان‌ها و تجربیات شخصی استفاده می‌کنند. برای مثال، ممکن است حقایقی را درباره یک رویداد غم‌انگیز بخوانیم، اما این با خواندن تجربیات شخصی فردی که آن‌ها را تجربه کرده، بسیار متفاوت خواهد بود. حقایق ممکن است اطلاعات مفیدی را ارائه دهند، اما تأثیری که روایت فردی می‌تواند داشته باشد را ندارند [28].

در تصویر زیر شمای کلی کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش را به طور کلی ملاحظه می‌فرمایید:



نمای شماتیک کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش [۶]

## ۵- نتیجه گیری

آینده نگری تحولات جهانی AI در آموزش زمانی در بافتار جامعه ایران معنادار خواهد بود که بتوان نظر و دیدگاه متخصصان و ذینفعان آموزش کشور را احصا کرد بر این اساس، ضمن بررسی اصول جهان شمول توسعه AI در آموزش، ضرورتها و اولویتهای ملی مرتبط با جامعه ایران نیز باید لحاظ شوند این اولویتهای را مطابق روند «بالا به پایین» و «پایین به بالا» میتوان احصا کرد حسب بررسی صورت گرفته تا کنون از بالای هرم قدرت و تصمیم گیری در نظام آموزش ایران درخصوص چگونگی رویارویی، به کارگیری و توسعه AI در آموزش، چه به شکل ایجابی یا سلبی، هیچ نوع تصمیم گیری صورت نگرفته است [۳].

از آنجاکه نمیتوانیم آینده را بشناسیم، اما میتوانیم از دانش فعلی خود برای تصور آینده و تحقق آن استفاده کنیم و در جهت پیشبینی آن گام برداریم. هرچه ما حال و تاریخ ایجادشده را بهتر درک کنیم، بهتر میتوانیم امکانات آینده را درک کنیم. برای قردانی از فرصتها و چالشهایی که هوش مصنوعی ایجاد میکند، هم به درک خوبی از هوش مصنوعی امروز نیاز داریم و هم اینکه آینده، با استفاده گسترده از هوش مصنوعی در جامعه چه چیز میتواند برای ما به ارمغان آورد. هوش مصنوعی و ChatGPT که مورد تحقیق ان پژوهش است، میتواند راههای جدیدی برای یادگیری، تدریس و نظام تعلیم و تربیت ممکن سازد و همچنین میتواند جامعه را به طریقی تغییر دهد که چالشهای جدیدی را برای نهادهای آموزشی ایجاد کند. حاصل این دگرگونیها ممکن است مهارتها فردی و مشاغل را تک قطبی نماید، یا برعکس فرصتهای یادگیری را یکسان نماید. استفاده از این نوع چت بات در آموزش ممکن است بینشی در مورد چگونگی یادگیری ایجاد کند و میتواند نحوه ارزیابی ها را تغییر دهد. همچنین این فناوری ممکن است کلاسها را دوباره سازماندهی کند یا آنها را منسوخ کند، هرچند این سیستم میتواند کارایی تدریس را افزایش دهد، یا دانش آموزان را وادار به انطباق با الزامات فناوری نماید و انسان را از اختیارات تام و امکان اقدامات استقلال طلبانه محروم سازد

آنچه مشهود است، به تدریج تأثیر تحول آفرین فناوریهای عمومی قابل مشاهده است، زمانی که جوامع، اقتصاد خود را به عنوان استفاده کننده از فناوریهای جدید دوباره ایجاد مینمایند. تغییر فناوری به تغییر فرهنگی نیاز دارد که در سبک زندگی، هنجارها، سیاستها، نهادهای اجتماعی، مهارتها و آموزش منعکس میشود. به همین دلیل، هوش مصنوعی - که امروزه اغلب برق جدید نامیده میشود - ممکن است انقلابی در بسیاری از مناطق محل زندگی ایجاد نماید از این رو در طیف گسترده ای از تحقیقات داخلی در ایران درباره چگونگی استفاده از هوش مصنوعی در محیطهای آموزشی، مطالعات نسبتاً کمی با تمرکز بر هوش مصنوعی از نوع چت بات ChatGPT وجود دارد. به نظر میرسد هیاهوی عمومی فعلی هوش مصنوعی تمایل به خوشبینی بیش از حد در تحقیقات هوش مصنوعی نیز ایجاد کرده است.



در نتایج تحقیق مشخص گردید، یکی از عوامل موثر در بکارگیری موفق هوش مصنوعی در درون نظام آموزش و پرورش وجود زیرساخت مناسب علمی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی بود. بنابر این می توان با تخصیص منابع مالی و ردیف بودجه در نظام های قانون گذاری و مدیریت منابع مالی و فرهنگ سازی آن گام موثری در تکمیل زیرساخت های مورد نظر برداشت.

- از چالش های پیرامونی بکارگیری فناوری هوش مصنوعی عدم آگاهی معلمان، مدیران و حتی کارشناسان در بخش های مختلف نظام آموزش و پرورش بود؛ لذا راهکارهای اطلاع رسانی درست و عملیاتی شده از طریق رسانه های جمعی و کارگاه های آموزشی ضمن خدمت در جهت آگاهی بخشی به نیروی انسانی اقدام نمود.

-همان طور که در چشم اندازهای کلی سند تحول بنیادین و چشم انداز ۱۴۰۴ تعیین گردیده است می بایستی اقدامات توسعه ای و رسیدن به توازن علمی در بخش های مختلف به مرحله اجرا درآید. از این رو تحقق دستاوردها و اهداف متعالی نظام آموزشی با فراهم ساختن زیرساخت ها و بازنگری درست و اصولی در مورد سیاست های آموزشی و توسعه خلاقیت ها در نظام آموزشی در بین معلمان، مدیران و سایر عوامل اجرایی می تواند در چشم انداز پیش رو موفقیت هایی کسب نمود.

-همچنین بکارگیری هوش مصنوعی می تواند در تسهیل امور اداری، آموزشی و مدیریتی مانند سیستم نظارت و ارزیابی و سنجش سودمند باشد. این در صورتی احقاق خواهد شد که بتوان مقدمات تجهیز نرم افزارها و سخت افزارهای هوش مصنوعی در محیط های آموزشی با امکانات به روز فراهم گردد. در این راستا می توان با جذب سرمایه های بخش خصوصی و توانمندسازی نیروهای انسانی و بهره وری از منابع موجود موفقیت های خوبی کسب نمود.

## منابع

- [۱] محمدرضا افضل نیا. "طراحی و آشنایی با مراکز و مواد و منابع یادگیری". تهران، انتشارات سمت، ۱۳۸۷.
- [۲] محمدصادق بوستانی. "بکارگیری سطوح مختلف هوش مصنوعی و رابطه آن با فرصت ها و تهدیدهای شغلی در سیستم آموزش و پرورش از دیدگاه کارشناسان". پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد «M.A» رشته علوم تربیتی گرایش تکنولوژی آموزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، تایباد، ۱۴۰۰.
- [۳] محمد حسینی مقدم. "هوش مصنوعی و آینده آموزش دانشگاهی در ایران". فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی در آموزش عالی، ۲۹(۱)، ۲۵-۱. (۱۴۰۲)
- [۴] آرش طهمورثی، فرناز رفیعی و مائده زارعی و احسان افضلینام. "بررسی استفاده از ابزارها و امکانات هوش مصنوعی در جهت ایجاد انگیزه یادگیری در دانش آموزان". پژوهشهای معاصر در علوم و تحقیقات، دوره ۵، شماره ۴۸، تیر ۱۴۰۲، صفحات ۱۱۸ - ۱۳۳.
- [۶] ظفری، مصطفی، اسماعیلی، علی، صادقی نیارکی، ابوالقاسم. "مروری بر کاربرد های هوش مصنوعی و واقعیت مجازی در آموزش". مطالعات اندازه گیری و ارزشیابی آموزشی، ۱۱(۳۶)، ۷۱-۹۲. زمستان ۱۴۰۰.
- [۷] علی اصغر کیا. "نگاهی به آموزش مجازی (الکترونیک)". کتاب ماه علوم اجتماعی. کتاب ماه سال ۱۳۸۸. شماره ۲۴.
- [۸] مرتضی مجدفر. "تکنولوژی آموزشی" (چاپ اول)، تهران، انتشارات انیس، ۱۳۷۴.
- [۹] حمیدرضا مقامی، اسماعیل زارعی زوارکی، علی دلاور و داریوش نوروزی. "مقایسه تأثیر سه روش آموزش حضوری، الکترونیکی و تلفیقی بر یادگیری و یادداری دانشجویان رشته علوم تربیتی دانشگاه علامه طباطبائی". پژوهش در نظام های آموزشی، ۱۳۹۳، صص ۳۹-۱۷.



[۱۰] نریمان نجاتی، سعیده کلانتری، محمدرضا بمانیان. "آموزش طراحی معماری مبتنی بر هوش مصنوعی". پژوهش‌های معماری نوین، ۷-۲۵، (۱) پاییز ۱۴۰۰.

[11] "What is creativity?," California State University, Northridge. [Online]. Available: 8 <https://www.csun.edu/vcpsy00h/creativity/define.htm>. [Accessed: 23-Mar-2023].

[12] "What is supervised learning?," IBM. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/topics/supervisedlearning>. [Accessed: 22-Mar-2023].

[13] A. Hughes, "CHATGPT: Everything you need to know about OpenAI's GPT-4 tool," ChatGPT: Everything you need to know about OpenAI's GPT-4 upgrade — BBC Science Focus Magazine, 16-Mar-2023. [Online]. Available: <https://www.sciencefocus.com/futuretechnology/gpt-3/>. [Accessed: 22-Mar-2023].

[14] B. Gratas, "50 CHATGPT statistics and Facts you need to know," InvGate, 14-Feb-2023. [Online]. Available: <https://blog.invgate.com/chatgpt-statistics>. [Accessed: 22-Mar-2023].

[15] Chen, X., Xie, H., & Hwang, G. J. (2020). A multi-perspective study on artificial intelligence in education: Grants, conferences, journals, software tools, institutions, and researchers. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100005.

[16] Dowling, M., & Lucey, B. (2023). ChatGPT for (finance) research: The Bananarama conjecture. *Finance Research Letters*, 53, 103662.

[17] E. Kasneci et al., "ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education," *Learn. Individ. Differ.*, vol. 103, no. March, p. 102274, 2023, doi: 10.1016/j.lindif.2023.102274.

[18] Fahimirad, M., & Kotamjani, S. S. (۲۰۱۸). A review on application of artificial intelligence in teaching and learning in educational contexts. *International Journal of Learning and Development*, 8(۴), ۱۰۶-۱۱۸.

[19] Frankel, David S., *Model Driven Architecture: Applying MDA to Enterprise Computing*, OMG Press, Wiley Publishing, 2003.

[20] Ilkka, T. (2018). The impact of artificial intelligence on learning, teaching, and education. European Union.

[21] J. M. Carew, "What is reinforcement learning?," TechTarget Enterprise AI. [Online]. Available: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/reinforcement-learning>. [Accessed: 22-Mar-2023].

[22] Kenney, N. M. (2023). A Brief Analysis of the Architecture, Limitations, and Impacts of ChatGPT.

[23] Martí-Parreño, J., Méndez-Ibáñez, E., & Alonso-Arroyo, A. (2016). The use of gamification in education: a bibliometric and text mining analysis. *Journal of computer assisted learning*, 32(6), 663-676.

[24] Object Management Group. *Unified Modeling Language: Superstructure*, Version 2.0, ptc/03-07-06, July 2003, <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?ptc/2003-08-02>.

[25] Plamondon, R., Lorette, G., "Automatic Signature Verification and Writer Identification - The State of the Art", *Pattern Recognition*, Vol. 22, pp. 107-131, 1989.

[26] Prieto, S. A., Mengiste, E. T., & García de Soto, B. (2023). Investigating the use of ChatGPT for the scheduling of construction projects. *Buildings*, 13(4), 857.

[27] Sannella, M. J., *Constraint Satisfaction and Debugging for Interactive User Interfaces*, Ph.D. Thesis, University of Washington, Seattle, WA, 1994.



[28] Su, J., & Yang, W. (2023). Unlocking the power of ChatGPT: A framework for applying generative AI in education. *ECNU Review of Education*,20965311231168423.

[29] Zachman, John A., "A Framework for Information Systems Architecture", IBM Systems Journal, Vol. 26, No. 3, 1987.



## بررسی کاربرد هوش مصنوعی در بهبود کیفیت مراقبت پرستاری مبتنی بر شواهد

الهام خیراندیش<sup>۱</sup>، مروارید نهی<sup>۲</sup>، هدیه مصباحی<sup>۳\*</sup>

- ۱- عضو هیئت علمی گروه پرستاری، دانشکده پرستاری و مامایی، علوم پزشکی مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
- ۲- عضو هیئت علمی گروه پرستاری، دانشکده پرستاری و مامایی، علوم پزشکی مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
- ۳- عضو هیئت علمی گروه پرستاری، دانشکده پرستاری و مامایی، علوم پزشکی مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

نویسنده مسئول: هدیه مصباحی [mesbahihedie@gmail.com](mailto:mesbahihedie@gmail.com)

### چکیده

**مقدمه:** امروزه به کارگیری فناوری های نوین مانند هوش مصنوعی علاوه بر کاهش هزینه های مراقبت های درمانی، کیفیت درمانی را نیز افزایش می دهد و به عنوان یک رویکرد موثر و نوین در ارائه خدمات مراقبتی مورد توجه قرار گرفته است. هرچند، کاربردهای عملی هوش مصنوعی در تمامی حوزه ها از جمله حوزه مراقبتی محدودیت هایی را دارد اما در حال تبدیل شدن به یک عامل تحول در مراقبت های بهداشتی می باشد و سبب به کارگیری مداخلات دقیق تر، کارآمدتر و تاثیرگذارتر می باشد.

**روش کار:** در این مطالعه مروری برای جستجو از کلید واژه های "هوش مصنوعی" و "مراقبت های پرستاری مبتنی بر شواهد" در پایگاه های اطلاعاتی معتبر خارجی و داخلی شامل PubMed-Medline، Scopus، CINAHL، Web of Science، Magiran، IRANDOC، Google Scholar- SID، google- استفاده شد. اطلاعات در بازه زمانی ۱۱ ساله از سال های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۳ در نظر گرفته شد.

**یافته ها:** تعداد ۷۸ مقاله بازیابی شد که در مراحل مختلف تعدادی حذف و در نهایت ۲۷ مقاله با رویکرد تحلیل محتوی وارد مطالعه شد. نقش هوش مصنوعی در مقالات مختلف با اهداف متفاوت از جمله: نیازها و چالش های هوش مصنوعی در مراقبت های پرستاری، تأثیرات پیش بینی شده هوش مصنوعی در مراقبت های پرستاری، نقش آن در مراقبت های پرستاری و سیستم های هوش مصنوعی برای تصمیم گیری پیچیده در مراقبت ها مورد بررسی قرار گرفت.

**نتیجه گیری:** پس از تجزیه و تحلیل مطالعات انتخاب شده، یافته های ما نشان می دهد که استفاده از هوش مصنوعی در پرستاری می تواند بسته به نوع هوش مصنوعی مورد استفاده، ارائه مراقبت را بهبود بخشد. در آینده نزدیک، فناوری هوش مصنوعی می تواند، به پرستاران کمک کند تا بتوانند، مراقبت های پرستاری را دقیق تر ارائه دهند؛ به طوری که اهداف و اولویت های مراقبت از بیماران را با کیفیت بالاتر برآورده سازند و علیرغم محدودیت هایی که هنوز با این نوع فناوری وجود دارد، نتایج از بین انواع مختلف هوش مصنوعی امیدوارکننده است.

**کلید واژه ها:** هوش مصنوعی، مراقبت های پرستاری، مبتنی بر شواهد

## ۱. مقدمه :

امروزه کیفیت مراقبت پرستاری از عوامل مهم در عرصه خدمات سلامت و ارایه مراقبت با کیفیت به بیماران مطرح شده است (۱). کیفیت مراقبت ارایه شده، عامل مهمی در رضایتمندی بیمار و خانواده وی و حتی رضایتمندی شغلی پرستاران در نظام بهداشت و درمان است و به عنوان الویت نظام خدمات بهداشتی درمانی، به خصوص در زمینه پرستاری مطرح است. واز طرفی کیفیت خدمات بهداشتی مهمترین مساله در عرصه خدمات سلامت به ویژه مراقبت پرستاری است (۲). کیفیت مراقبت پرستاری در راستای ارایه خدمات مقرون به صرفه، کم هزینه، اثربخش و کارا می تواند علاوه بر بهبودی و سلامت بیماران در کاهش هزینه های درمان نیز موثر باشد (۳). عدم رضایت بیماران از مراقبت های پرستاری پیامدهای نامطلوب از جمله تاخیر در امر بهبودی، افزایش طول مدت بستری، افزایش هزینه های درمان و اشغال تخت های بیمارستان می شود (۴). به گونه ای که اصلاح کیفیت در مراقبت های بهداشتی و رضایت بیماران در دستور کار همه موسسات بهداشتی قرار گرفته است و اگر بیماران ناراضی باشند سیستم های بهداشتی و درمانی به اهداف خود نرسیده اند (۵). مطالعات نشان داده اند که افزایش هزینه های مراقبت، کاهش تعداد پرستاران حرفه ای اثرات معکوسی بر کیفیت مراقبت پرستاری می گذارد (۶). در این راستا هوش مصنوعی به عنوان یک سیستم حمایتی در مراقبت های بهداشتی در دهه های اخیر جایگاه ویژه ای بدست آورده است (۷). طبق تحقیقات، اقدامات بهداشتی که مبتنی بر هوش مصنوعی انجام شده منجر به کاهش هزینه های مراقبت بهداشتی، کارآمدی سیستم درمانی و سیستم پشتیبانی ارزشمند برای رفاه بیماران شده است (۸). هرچند، امروزه طبقه بندی پذیرفته شده جهانی از زیر شاخه های هوش مصنوعی مرتبط با مراقبت پرستاری وجود ندارد (۹)، اما در بسیاری از کشورها در حال آزمایش، ارزیابی و گاهها" در مراقبت های بهداشتی اعمال شده است (۱۰). به گونه ای که توانسته از طریق کاهش زمان صرف شده در وظایف اداری پرستاران، مراقبت از بیمار منجر به کاهش هزینه های مراقبت درمانی، بهبود تصمیم گیری و ارایه مراقبت بهتر و با کیفیت تر به بیماران و بهبود عملکرد سیستم بهداشتی شود (۱۱). به طور کلی سیستم های پشتیبانی مبتنی بر هوش مصنوعی یک منبع بالقوه برای کاهش هزینه های مراقبت های بهداشتی و یک سیستم حمایتی برای رفاه بیماران می باشد (۱۲، ۱۳). هرچند در مراقبت پرستاری چندین محدودیت در استفاده از هوش مصنوعی از جمله کمبود تماس و تعامل انسانی، محدودیت در تفسیر نیازهای بیمار، توانایی محدود هوش مصنوعی در ارایه مراقبت های فیزیکی و جسمانی، توانایی محدود در مواجهه با شرایط پیچیده، وابستگی هوش مصنوعی به داده ها و ملاحظات اخلاقی وجود دارد (۱۴). لذا با توجه به موارد ذکر شده هدف اصلی این مقاله بررسی کاربرد هوش مصنوعی در بهبود کیفیت مراقبت پرستاری می باشد.

## ۲. شرح کار و نتایج:

### ۲-۱. مواد و روش ها :

این مطالعه به روش مرور نظام مند انجام شد. پایگاه های اطلاعاتی معتبر داخلی و خارجی شامل PubMed-Medline، Scopus، CINAHL، Web of Science، Magiran، Irandoc، SID و موتور جستجوگر Google Scholar با استفاده از کلید واژه های هوش مصنوعی و مراقبت های پرستاری مبتنی بر شواهد به صورت فارسی و انگلیسی، جداگانه و ترکیبی بدون محدودیت زمانی تا پایان مارس ۲۰۲۴ بررسی گردیدند. تعداد ۷۸ مقاله بازیابی شد که در مراحل مختلف (حذف مقالات تکراری، عنوان و خلاصه مقاله و متن کامل مقالات غربالگری شد و در نهایت ۲۷ مقاله که معیارهای مورد نظر پژوهشگران را داشت مورد بررسی دقیق قرار گرفت.

### ۲-۲. یافته ها :

با پیشرفت فناوری هوش مصنوعی، می توان از آن در حوزه ی پرستاری به منظور بهبود تصمیم گیری، ارائه مراقبت بهتر به بیماران و بهبود عملکرد سیستم بهداشتی استفاده کرد. نقش هوش مصنوعی در مقالات مختلف با اهداف متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. برخی از نتایج حاصل از بررسی مطالعات منتخب در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱: نتایج حاصل از بررسی مطالعات منتخب

نویسنده اول	عنوان	متدولوژی	نتیجه گیری
سامره اقتدار (۱۴)	هوش مصنوعی در مراقبت‌های پرستاری و مامایی	مقاله مروری	استفاده از هوش مصنوعی در حوزه پرستاری و مامایی می‌تواند به عنوان یک ابزار کمکی برای پرستاران و ماماها مورد استفاده قرار گیرد، اما نمی‌تواند به عنوان جایگزین آن‌ها در نظر گرفته شود. کاربردهای عملی هوش مصنوعی در تمامی حوزه‌های این دو حرفه محدود هستند و استفاده از هوش مصنوعی در حوزه مراقبت‌های بهداشتی می‌تواند چالش‌های اخلاقی جدیدی به وجود آورد.
Lynn LA (۱۵)	سیستم‌های هوش مصنوعی برای تصمیم‌گیری پیچیده در مراقبت‌های حاد پزشکی	مقاله مروری	معرفی یک هوش مصنوعی به بالین پتانسیل تغییر چشمگیر نقش سنتی پزشک و پرستار را دارد.
Julia Schaefer (۱۶)	استفاده از یادگیری ماشین در بیماری‌های نادر	مقاله مروری	پیشرفت در یادگیری ماشینی می‌تواند به طور قابل توجهی تشخیص، درمان و پیش‌آگهی بیماران با بیماری‌های نادر را بهبود یابد.
<a href="#">Charlene Esteban Ronquillo</a> (۱۷)	هوش مصنوعی در پرستاری: اولویت‌ها و فرصت‌ها	مقاله مروری	برای حرفه پرستاری شکاف‌های زیادی وجود دارد و نیاز به زمان است تا در میان رهبران و محرک‌های پیرامون هوش مصنوعی در سیستم‌های سلامت ارتباط برقرار شود.
<a href="#">Christine Buchanan</a> (۱۸)	تأثیرات پیش‌بینی‌شده هوش مصنوعی بر حوزه‌های پرستاری	مقاله مروری	با رشد پیش‌بینی‌شده هوش مصنوعی در پرستاری، یافته‌های این بررسی به رهبران پرستاران در همه سطوح و در همه بخش‌ها برای شکل‌دهی فعالانه رابط هوش مصنوعی پرستاری کمک کرده و از همسویی با ارزش‌های اصلی پرستاری که مراقبت عاطفی، اخلاقی، ایمن، باکیفیت و شخص‌محور را برای بیماران، خانواده‌ها و مراقبین ترویج می‌کند، اطمینان حاصل می‌نماید.
<a href="#">Thomas R Clancy</a> (۱۲)	هوش مصنوعی و پرستاری	مطالعه آینده نگر	در تلاش‌های مداوم برای یافتن راه‌حلی برای مشکلات پیچیده مراقبت‌های بهداشتی، هوش مصنوعی بیش از پیش به یک روش پذیرفته‌شده تبدیل می‌شود و هوش مصنوعی می‌تواند ارزشی برای مراقبت‌های بهداشتی با تاکید بر پرستاری ایجاد کند.
Kathrin Seibert (۹)	بررسی نیازها و چالش‌های هوش مصنوعی در مراقبت‌های پرستاری	مطالعه متوالی روش‌های ترکیبی اکتشافی شامل کارگاه ذینفعان و کارشناسان، مصاحبه‌های تخصصی، یک نظرسنجی آنلاین و جمع‌آوری داده با تاکید بر داده‌های کیفی	مقررات و استانداردها برای تسهیل توسعه راه‌حل‌های هوش مصنوعی در مراقبت‌های پرستاری باید پیشرفته باشد. فقدان داده‌های باکیفیت بالا برای مراقبت‌های پرستاری مانع مهمی در برابر توسعه راه‌حل‌های هوش مصنوعی می‌باشد.
فاطمه بهادر (۱۹)	بررسی نقش هوش مصنوعی در مدیریت بیماری دیابت در ایران	مقاله مروری	استفاده از روش‌های داده‌کاوی جهت مدیریت دیابت در ایران با پیشرفت خوبی همراه بوده اما نیاز است تا در زمینه طراحی سیستم‌ها و



الگوریتم های هوش مصنوعی و در زمینه کنترل و مدیریت دیابت اقدامات بیشتری انجام پذیرد			
هوش مصنوعی می تواند الگوی فراتر از قوانین تعریف شده را بشناسد و حجم قابل توجهی از اطلاعات را از آنچه انسان میتواند مدیریت کند تجزیه و تحلیل نماید. سیستم های مبتنی بر هوش مصنوعی این امکان را فراهم می کند که بتوان موارد مشکوک به کووید- ۱۹ را با کمترین تماس پرسنل درمانی با بیماران مورد شناسایی قرار داد، و ادامه روند درمانی را تحت نظارت گرفت	مقاله مروری	مروری بر کاربرد های هوش مصنوعی در شناسایی و مقابله با بیماری همه گیری کووید - ۱۹	عرفان کاظمی (۲۰)
هوش مصنوعی دارای پتانسیل های زیادی برای بهبود تصمیم گیری های پزشکی است، اما مهمترین چالش ها در حوزه ی کاربرد آن در پزشکی عبارتند از: محدودیت تکنولوژی، هزینه سیستم، نگهداری متخصصین در سازمان، وارد کردن داده های بیمار در سیستم، مشکلات کسب دانش، مدل سازی دانش پزشکی، تأیید عملکرد سیستم، توصیه های اشتباه و مسئولیت در برابر خطا، محدودیت حوزه عملیاتی هوش مصنوعی و ضرورت یکپارچگی آن با فعالیت های جاری که مستلزم رایحه ی راهکار یا پاسخ های مناسب می باشد.	مقاله مروری	کاربرد سیستم های هوش مصنوعی در تصمیم گیری های پزشکی	فرحناز صدوقی (۲۱)

### ۳. بحث و نتیجه گیری:

هدف از این مطالعه مروری، ترکیب شواهد موجود در مورد کاربرد هوش مصنوعی در بهبود کیفیت مراقبت پرستاری است. پس از تجزیه و تحلیل مطالعات انتخاب شده، یافته های ما نشان می دهد که استفاده از هوش مصنوعی در پرستاری می تواند بسته به نوع هوش مصنوعی مورد استفاده ارائه مراقبت را بهبود بخشد. هوش مصنوعی، به عنوان ابزاری معرفی شده است که می تواند ارائه مراقبت های بهداشتی را تغییر داده و باعث بهبود بهتر سلامت، در بیماران گردد، در نتیجه با رشد هوش مصنوعی، این ابزار وارد سیستم مراقبت بهداشتی شده و پرستاران نیز باید متناسب با این رشد، به روز شوند (۱۲). کاربردهای مختلف هوش مصنوعی در پرستاری شامل: پیشرفت در تشخیص زودهنگام بیماری و تصمیم گیری بالینی، سیستم های پشتیبانی مبتنی بر هوش مصنوعی در پرستاری برای نظارت بیمار و بهینه سازی روند کار و بینش هوش مصنوعی برای آموزش پرستاری می باشد (۸). دیجیتالی شدن و توسعه فناوری، هوش مصنوعی را قادر ساخته است، تا از ارائه مراقبت های بهداشتی و پرستاری، بهتر پشتیبانی کند در حال حاضر به طور گسترده در مراقبت های بهداشتی مورد استفاده قرار می گیرد و می تواند به ارائه کیفیت بالا، مراقبت کارآمدتر و عادلانه تر کمک کند. در سال های اخیر، شاهد افزایش تحقیقاتی بوده ایم که

بر احتمالات توسعه آینده هوش مصنوعی، در مراقبت‌های پرستاری، تأکید کرده است (۲۲). در آینده نزدیک، فناوری هوش مصنوعی می‌تواند، به پرستاران کمک کند تا بتوانند، مراقبت‌های مبتنی بر شواهد دقیق و فردی را ارائه دهند، به طوری که اهداف و اولویت‌های بیماران را برآورده سازد (۲۳). مطالعه‌ی Martinez و همکاران گزارش کرد که سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی افزایش استقلال بیماران و متخصصان را در فرآیندهای مراقبتی مانند مدیریت زخم از طریق دستورالعمل‌های هدایت‌شده، بهبود روند کارها و کارایی از نظر زمان، مواد و منابع انسانی فراهم می‌کند (۸). هوش مصنوعی به کار رفته در پرستاری می‌تواند منبع بسیار مفیدی برای متخصصان و مدیران و سرپرستاران باشد (۸) و این پتانسیل را دارد که سیستم‌های فعلی را تغییر دهد و ممکن است به عنوان یک منبع ساده برای حمایت از متخصصان پرستاری در فرآیند تصمیم‌گیریشان عمل کند که کیفیت بالا و مراقبت ایمنی بیمار را تضمین می‌کند (۸). همچنین هوش مصنوعی در عملکرد پرستاری می‌تواند منبعی ساده برای متخصصان، مدیران یا سرپرستان باشد و نتایج مثبتی در مراقبت و ایمنی بیمار داشته باشد (۸) و می‌تواند به ارائه کیفیت بالا، مراقبت کارآمدتر و عادلانه‌تر کمک کند، همچنین متخصصانی که تجربه کمتری را دارند، مورد حمایت قرار دهد، مانند کمک برای شناسایی نشانه‌های بیماری نادر، از طریق جستجوی گسترده در پایگاه داده‌ها (۱۶). در برخی مطالعات ذکر شده است که این پیشرفت‌های فناوری در هوش مصنوعی در حال حاضر و عمدتاً بر روی تشخیص بیماری‌هایی مانند آلزایمر، سرطان، بیماری‌های مزمن یا پوستی و غیره تأثیر داشته است. این به متخصصان سلامت اجازه می‌دهد تا زمان بیشتری داشته باشند که با بیماران خود، از یک رویکرد کل نگر استفاده کنند و حتی رضایت بیماران را از سازمان‌های بهداشتی بهبود بخشند (۲۴، ۱۱). از سوی دیگر، استفاده از انواع دیگر هوش مصنوعی، مانند اتوماسیون فرآیندهای رباتیک یا روبات‌های فیزیکی در برخی مطالعات از طریق استفاده از آن‌ها به عنوان یک برنامه تلفن همراه با افزایش اثربخشی و کارایی کار پرستاران در زمینه آسیب‌های بافتی و بهینه‌سازی از جمله شناسایی و مدیریت زخم‌ها، کنترل درد در حین رگ‌گیری، یا پایبندی به درمان رضایت بخش نشان داده شده است (۲۶، ۲۵). Chenxi و همکاران گزارش کردند که عموم مردم مزایای منحصر به فرد و راحتی هوش مصنوعی در پزشکی را تایید می‌کنند. در همین حال، چندین نگرانی در مورد استفاده از هوش مصنوعی پزشکی مشاهده می‌شود که بیشتر آن‌ها شامل مسائل حقوقی و اخلاقیات است (۲۷). نتایج مطالعه‌ی Seibert و همکارانش نیز پتانسیل استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی را در شرایط مختلف مراقبت‌های پرستاری نشان می‌دهد که بیمارستان‌ها، به دنبال آن زندگی مستقل در خانه، بیشترین فراوانی را داشتند، در حالی که خانه‌های سالمندان و مراقبت طولانی مدت سرپایی کمتر مورد بررسی قرار گرفت (۹). همچنین Lynn LA و همکاران گزارش کردند که معرفی یک هوش مصنوعی به بالین پتانسیل تغییر چشمگیر نقش سنتی پزشک و پرستار را دارد (۱۵). در مطالعه اقتدار و همکاران نیز به این نکته اشاره شده است که استفاده از هوش مصنوعی در حوزه پرستاری و مامایی می‌تواند به عنوان یک ابزار کمکی برای پرستاران و ماماها مورد استفاده قرار گیرد، اما نمی‌تواند به عنوان جایگزین آن‌ها در نظر گرفته شود. کاربردهای عملی هوش مصنوعی در تمامی حوزه‌های این دو حرفه محدود هستند و استفاده از هوش مصنوعی در حوزه مراقبت‌های بهداشتی می‌تواند چالش‌های اخلاقی جدیدی به وجود آورد (۱۴). بر اساس نتایج مطالعه‌ی Thomas R Clancy و همکاران، در تلاش‌های مداوم برای یافتن راه‌حلی برای مشکلات پیچیده مراقبت‌های بهداشتی، هوش مصنوعی بیش از پیش به یک روش پذیرفته‌شده تبدیل می‌شود و هوش مصنوعی می‌تواند ارزشی برای مراقبت‌های بهداشتی با تأکید بر پرستاری ایجاد کند (۱۲). بطور کلی این بررسی مجموعه‌ای از شواهد موجود در مورد کاربردهای مختلف



سیستم‌های پشتیبانی مبتنی بر هوش مصنوعی را که می‌تواند در عمل پرستاری اجرا شود ارائه می‌کند و به دانش موجود در استفاده از سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در بخش مراقبت‌های بهداشتی و عمل پرستاری کمک می‌کند. با وجود محدودیت‌هایی که هنوز با این نوع فناوری وجود دارد، نتایج از بین انواع مختلف هوش مصنوعی امیدوارکننده است.

#### منابع:

- [1] Asgari, Z., Pahlavanzadeh, S., Alimohammadi, N., Alijanpour, Sh. Quality of Holistic Nursing Care from Critical Care Nurses› Point of View. *Journal Crit Care Nurs.* 2019 April; 12(1): 9-14.
- [2] Jamsahar M, Khaki S, Esmeilpour Zanjani S, Mashouf S. [Comparison of quality of nursing cares from the perspective of nurses and patients]. *Scientific Journal of Nursing, Midwifery and Paramedical Faculty.* 2020; 5(4): 72-83.
- [3] Ebrahimi F, Jafarjalal E, Najafi Ghezalje T, Haghani Sh. [The quality of nursing care in nurses working in the intensive care unit of COVID-19 in Arak medical training centers in 2021-2022]. *Hayat, Journal of School of Nursing and Midwifery, Tehran University of Medical Sciences.* 2023; 29(1): 89-100.
- [4] Mobolaji -Olajide OM, Adereti SC, Odutayo PO, Adejumo PO. In -patient satisfaction with nursing care: outcome measurement in a tertiary health facility in Lagos, Nigeria. *International Journal of Africa Nursing Sciences* 2020;13:100264
- [5] Heravi –Karimoo M, Javanmardnejad S, Rejeh N. he relationship between the quality of hospital care and COVID -19 inpatients’ satisfaction in medical centers in Ilam, Iran. 31 October 2023] *Payesh*:2023;22(6):761-77
- [6] khaki S, Esmailpourzanjani S, Mashouf S. Nursing cares quality in nurses . *Scientific Journal of Nursing, Midwifery and Paramedical Faculty.* 2018; 3 (4) :1-14
- [7] Samhan, T.Crampton, and R. Ruane, “Te trajectory of it in healthcare at HICSS: a literature review, analysis,and future directions,” *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 43, no.1, pp.792–845, 2018
- [8] Martinez-Ortigosa A, Martinez-Granados A, Gil-Herna´ndez E, Rodriguez-Arrastia M, Rodriguez-Arrastia M, Ropero-Padilla C, Roman P. Applications of Artificial Intelligence in Nursing Care: A Systematic Review. *Journal of Nursing Management* Volume 2023, Article ID 3219127, 12 pages
- [9] Seibert K, Domhoff D, Bruch D, Schulte-Althoff M, Fürstenau D, Biessmann F, Wolf-Ostermann K Application Scenarios for Artificial Intelligence in Nursing Care: Rapid Review *J Med Internet Res* 2021;23(11):e26522
- [10] Chen, Y., Moreira, P., Liu, W., Monachino, M., Nguyen, T. L. H., & Wang, A. (2022). Is there a gap between artificial intelligence applications and priorities in health care and nursing management. *Journal of Nursing Management*, 30(8), 3736–3742.



- [11] O'Connor, Y. Yan, F. J. S. Tilo, H. Felzmann, D. Dowding, and J. J. Lee, "Artificial intelligence in nursing and midwifery: a systematic review," *Journal of Clinical Nursing*, vol. 32, no. 13–14, pp. 2951–2968, 2023.
- [12] Clancy R, "Artificial intelligence and nursing: the future is now," *The Journal of Nursing Administration*, vol. 50, no. 3, pp. 125–127, 2022
- [13] Gruson D. Artificial intelligence and the nursing profession. *Revue de L'infirmiere*. 2019;68(252):28 .
- [14] Eghtedar S, Mesgarzadeh M, Aparnak F. Artificial intelligence in nursing and midwifery care: a new solution or new ethical challenges?. *Nursing and Midwifery Journal* 2023; 21 (4) :272-276.
- [15] Lynn LA. Artificial intelligence systems for complex decision-making in acute care medicine: a review. *Patient Safety in Surgery*. 2019 2019/02/01;13(1):6.
- [16] Schaefer J, Lehne M, Schepers J, Prasser F, Thun S. The use of machine learning in rare diseases: a scoping review. *Orphanet Journal of Rare Diseases*. 2020;15(1):145.
- [17] Ronquillo CE, Peltonen LM, Pruinelli L, Chu CH, Bakken S, Beduschi A, et al. Artificial intelligence in nursing: Priorities and opportunities from an international invitational think- tank of the Nursing and Artificial Intelligence Leadership Collaborative. *Journal of Advanced Nursing*. 2021;77(9):3707-17.
- [18] Buchanan C, Howitt ML. Predicted Influences of Artificial Intelligence on the Domains of Nursing: Scoping Review. 2020 Dec 17;3(1):e23939.
- [19] Bahador F, Sabahi A, Jalali S, Ameri F. Investigating the Role of Artificial Intelligence in Management of Diabetes in Iran A Systematic Review. *Journal of Payavard Salamat* 2023;16(6):504-514.
- [20] Kazemi E, Mehrabi N, Hajipur talebi A. An Overview of the Artificial Intelligence Applications in Identifying and Combating the Covid-19 Pandemic. *Journal of Paramedical Sciences and Military Health*. 2021;16(3):52-65.
- [21] Sadoughi F. Decision support systems in health. *Proceedings of the 3rd Health Management Congress: Fara Organization*; 2009 Jan 18-19; Tehran, Iran; 2009
- [22] Glauser W. Artificial intelligence, automation and the future of nursing. *The Canadian nurse*. 2017;113(3):24-6.
- [23] Parikh RB, Teeple S, Navathe AS. Addressing Bias in Artificial Intelligence in Health Care. *Jama*. 2019;322(24):2377-8.
- [24] Y. Kumar, A. Koul, R. Singla, and M. F. Ijaz, "Artificial intelligence in disease diagnosis: a systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2022.
- [25] C. Y. Chang, G. J. Hwang, and M. L. Gau, "Promoting students' learning achievement and self-efficacy: a mobile chatbot approach for nursing training," *British Journal of Educational Technology*, vol. 53, no. 1, pp. 171–188, 2021.



- [26] A. Wells, S. Patel, J. B. Lee, and K. Motaparthi, “Artificial intelligence in dermatopathology: diagnosis, education, and research,” *Journal of Cutaneous Pathology*, vol. 48, no. 8, pp. 1061–1068, 2021.
- [27] Chenxi wu, Huiqiong xu ,Dingxi bai ,Xinyu chen, Jing Gao,Xiaolian jiang.Public Perceptions on the application of artificial intelligence in healthcare :a qualitative meta-synthesis. *BMJ Open*.2023;13:e066322.



## کاربرد هوش مصنوعی در تصفیه آب

سید علی سیدی فر<sup>۱</sup>، سودابه نیکمنش<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی نفت آبادان، دانشگاه صنعت نفت  
<sup>۲</sup> استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی نفت آبادان، دانشگاه صنعت نفت

ایمیل نویسنده مسئول [Soudabeh.Nikmanesh@Put.ac.ir](mailto:Soudabeh.Nikmanesh@Put.ac.ir)

### چکیده

در سالهای اخیر هوش مصنوعی (AI) به عنوان ابزاری قدرتمند برای حل مشکلات دنیای واقعی در زمینه های مختلف توجه فوق العاده ای را به خود جلب کرده است. تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین<sup>۲</sup> در ارتقاء فرآیندهای تصفیه آب و پساب کار گرفته شده‌اند و انتظار می رود که کاربردهای هوش مصنوعی با بهینه سازی استفاده از مواد شیمیایی، هزینه های عملیاتی فرآیند تصفیه آب را کاهش دهد. این مقاله تکنیک‌های مختلف هوش مصنوعی و کاربردهای آن در تصفیه آب را با تمرکز بر جذب آلاینده‌ها، مدل‌های متعدد یادگیری ماشین در تلفیق با روش های سنتی حذف آلاینده ها (فرآیند جذب)، عملکرد جاذب‌های مختلف را برای حذف آلاینده‌های متعدد خلاصه می کند. علی رغم برخی از چالش های موجود در کاربرد هوش مصنوعی برای تصفیه آب و پساب، بدون شک فناوریهای هوش مصنوعی راه را به سمت عملیات بهتر، اتوماسیون فرآیند و مدیریت تصفیه آب و پساب هموار می کند.

واژه‌های کلیدی : تصفیه آب و پساب، فرآیند جذب، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، صنعت نفت و گاز ۴۰

<sup>۱</sup> Artificial Intelligence

<sup>۲</sup> Machine Learning

## ۱. مقدمه

با ارتقاء جهانی صنعت از نسل ۳.۰ (عصر اطلاعات) به صنعت ۴.۰<sup>۱</sup> (عصر هوشمندسازی) و عوامل مختل کننده زنجیر ارزش صنعت نفت و گاز در سالهای اخیر نسبت به دیگر صنایع سرمایه‌بر، توسعه صنعت نفت و گاز ۴۰٪ را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. کارشناسان بر این باورند که دیجیتالی شدن و هوشمند سازی این صنعت تحولی شگرف در افزایش بهره‌وری و جلوگیری از هدر رفت منابع صورت می‌دهد. پالایشگاه و پتروشیمی هوشمند بعنوان مثالی از رویکردهای صنعت نفت و گاز ۴۰٪ در حوزه پایین-دستی معرفی شده‌است.

با در نظر داشتن حجم کلان آب مصرفی در صنعت نفت و گاز و تاثیر منفی پساب تولید شده از این صنعت بر انسان و محیط زیست به دلیل آلاینده‌گی فرآورده های نفتی و فلزات سنگین، بهینه سازی و ارتقاء عملکرد سیستم آب و پساب واحدهای مذکور با در اختیار گرفتن فناوری های هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و دیگر فناوریهای کلیدی صنعت نسل ۴.۰ در دستورکار قرار گرفته است. [۱]

پساب های صنعتی به ویژه در صنایع نفت و گاز پتروشیمی عمدتاً شامل  $BOD^2$ ،  $COD^3$ ، جامدات، روغن، فنل ها، کروم ها، فلزات سنگین و ترکیبات آلی و سیانید ها هستند. [۲] صنعت نفت یکی از عوامل اصلی آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی است. پالایشگاه هایی وجود دارند که چاه های تزریق عمیق را برای خلاصی از پساب تولید شده در کارخانه ها راه اندازی می کنند و بخشی از آب غیرقابل استفاده به آب های زیرزمینی ختم می شود. فاضلاب آلوده ممکن است محصول نمک زدایی، آب برج خنک کننده، آب تقطیر، یا ترک خوردگی باشد. تصفیه پساب طی دو تا سه مرحله اصلی در چندین واحد عملیاتی یا فرآیندی انجام می شود. در مرحله اول تصفیه بر اساس خواص شیمیایی و فیزیکی صورت می گیرد. در حالیکه در مرحله دوم تمرکز تصفیه بیولوژیکی فاضلاب متمرکز است، پساب حاصل از مرحله دوم دارای مواد جامد و آلی کمی است. در فرآیندهای تصفیه مرحله سوم اکثر آلاینده ها حذف شده و فاضلاب به آب با کیفیت سالم و مناسب برای مصارف انسانی، صنعتی، دارویی و غیره تبدیل می شود. [۳] **جدول ۱** روش های مختلف شیمیایی و فیزیکی تصفیه فاضلاب را نشان می دهد. [۵،۴]

**جدول ۱. روش های مختلف کنترل آلودگی و مزایا و معایب آن‌ها**

ردیف	روش فیزیکی	مزایا	معایب
۱	رسوب گذاری	۱. بدون نیاز به انرژی ۲. تکرارپذیری عالی	۱. فرآیند انتخابی ۲. فاقد دقت
۲	گاز زدایی	مواد شیمیایی مورد نیاز برای فرآیندهای بعدی را کاهش می دهد	ظرفیت محدود برای حذف آلاینده ها
۳	فیلتراسیون	اتوکلاو در برخی موارد قابل انجام است	۱. فرآیندی زمان بر است. ۲. امکان گرفتگی فیلتر وجود دارد.
ردیف	روش شیمیایی	مزایا	معایب
۱	لخته سازی و انعقاد	۱. برای حذف ذرات ریز استفاده می شود ۲. فلزات، رنگ و کدورت را از بین می برد	۱. مرحله فرآیند چندگانه ۲. در صورت استفاده نادرست سمی است ۳. تولید لجن بالا ۴. هزینه عملیاتی بالا
۲	ازن زنی	۱. بدون نیاز شیمیایی ۲. از بین بردن طیف گسترده ای از میکروب ها، آلی و معدنی ترکیبات ۳. بدون نیاز به تغییر PH و دما	۱. حلالیت کمتر از نیاز به تکنیک های اختلاط خاصی دارد ۲. نسبتاً گران نسبت به روش های دیگر

<sup>1</sup> Industry 4.0

<sup>2</sup> Biochemical Oxygen Demand

<sup>3</sup> Chemical Oxygen Demand

۳. در تولید ازن، مسائل سمی و خطرات آتش سوزی ممکن است رخ دهد	۴. فعالیت میکروب کشی قوی تر
۱. تولید مقدار زیادی لجن ۲. مشکل در دفع لجن	۱. کنترل فرآیند آسان ۲. هزینه عملیاتی کم ۳. در محدوده دمایی گسترده ای موثر است ۴. PH قابل کنترل
۱. گزینش پذیری کم جاذب ۲. مشکلات دفع	۱. هزینه عملیاتی کم ۲. راندمان نسبتاً بالا ۳. طراحی ساده ۴. فرآیند غیر سمی ۵. فرآیند بازسازی
۱. در اکثر پساب ها به پیش تصفیه نیاز است ۲. رقابت یونی ۳. رسوب ماتریس	۱. امکان بازسازی رزین ۲. سختی صفر قابل دستیابی است ۳. فرآیند جداسازی سریع ۴. نیاز منطقه کوچک

محققان از سراسر جهان به دنبال راه هایی برای بهبود کاربردهای مرتبط با آب بوده اند. برای چندین سال، تمرکز کافی بر روی توسعه و مدل سازی مدل های بهینه، اقتصادی و هوشمند برای کمک به حل این مشکل وجود داشته است. ادغام اینترنت اشیا در حوزه های تصفیه آب و پیش بینی کیفیت آب، این پتانسیل را دارد که رویکردهای سنتی را متحول کند و به چالش های مبرم در این حوزه رسیدگی کند.

**هوش مصنوعی AI** هوش مصنوعی (AI) شاخه اصلی و شناخته شده علوم کامپیوتر است که با ساخت سیستم های هوشمند سر و کار دارد و هدف اصلی آن تقویت عملکردهای انسانی مانند یادگیری، حل مشکلات، استدلال و ادراک است در ماشین است؛ هوش مصنوعی تقریباً در تمام زمینه های بین رشته ای قابل اجرا هستند و برای بهینه سازی، طبقه بندی، رگرسیون و پیش بینی استفاده می شوند. انتظار می رود هوش مصنوعی با کاهش هزینه و بهینه سازی استفاده از مواد شیمیایی در تصفیه آب نقش مهمی در کاهش هزینه های عملیاتی ایفا کند. [P8,P9]

**یادگیری ماشین ML** که زیرشاخه ای از هوش مصنوعی است بر الگوریتم های خود-اصلاح کننده selfimproving و مدل های آماری در سیستم های هوشمندی تمرکز می کند که می توانند با دریافت اطلاعات جدید آموزش دیده و توانایی پیش بینی یا تصمیم گیری دقیق بر اساس یادگیری مبتنی بر داده پیدا کنند. برای آموزش ماشین مراحل جمع آوری داده ها، انتخاب الگوریتم مناسب، آموزش مدل و اعتبارسنجی مدل انجام می شود. [۹،۸]

**یادگیری عمیق<sup>۱</sup> DL** زیرشاخه یادگیری ماشین است که شامل شبکه های عصبی NN است. هدف این شبکه های عصبی تقلید از فعالیت مغز انسان و «یادگیری» از حجم وسیعی از داده ها است. یک شبکه عصبی قادر است پیش بینی های علمی ارائه دهد.

**اینترنت اشیا<sup>۲</sup> IOT** به شبکه ای از اشیاء فیزیکی اطلاق می شود که می توانند به اینترنت یا سایر شبکه های ارتباطی متصل شوند. این اشیاء اغلب مجهز به نرم افزار، سخت افزار یا فناوری های دیگری هستند که آنها را قادر می سازد تا فرآیندهای تحلیلی مانند سنجش محیطی را تسهیل کنند. در تصفیه آب می توان از تجهیزات مجهز به اینترنت و حسگر فشار، جریان، کیفیت یا ویژگی های آب برای تبادل داده با سایر دستگاه ها یا شبکه های متصل و بهینه سازی سیستم استفاده کرد. [۱۰]

<sup>1</sup> Deep Learning

<sup>2</sup> Internet of Things



مجموعه‌ای از نمونه‌های آموزشی - مشتمل بر داده‌های ورودی و خروجی مشخص - در اختیار ماشین قرار می‌گیرد، الگوریتم‌های یادگیری الگوی همبستگی داده‌های ورودی و خروجی را شناسایی کرده و توابع پیش‌بینی ساخته می‌شود؛ به نحوی که ماشین قادر باشد بر اساس داده‌های ورودی، نتایج خروجی را پیش‌بینی کند. **الگوریتم‌هایی که اغلب در یادگیری ماشین** مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:  $1^{\text{ANFIS}}$ ،  $2^{\text{KNN}}$ ،  $3^{\text{DT}}$ ،  $4^{\text{SOM}}$ ،  $5^{\text{PCA}}$ ،  $6^{\text{SVM}}$ ،  $7^{\text{RF}}$  و  $8^{\text{PSO}}$ . این مدلها توانایی تجزیه و تحلیل حجم زیادی از داده‌ها که در شرایط مختلف تولید و مخابره شده‌اند را دارا هستند. و برای شناسایی الگوها یا پیش‌بینی استفاده می‌شوند

مقاله مروری حاضر به بررسی برنامه‌های تحول‌آفرین هوش مصنوعی در ترکیب با یکی از مهم‌ترین فرآیندهای تصفیه آب و پساب یعنی فرآیند جذب آلاینده‌ها می‌پردازد. [۱۱]

### ۱- مدل‌های هوش مصنوعی :

مدل‌های هوش مصنوعی بر اساس هدفی که دنبال می‌کنند به دو دسته پیش‌بینی کننده (با ناظر) و توصیف کننده (بدون ناظر) تقسیم بندی می‌شوند. مدل‌های پیش‌بینی کننده در طبقه بندی / رگرسیون داده‌های ورودی مورد استفاده قرار می‌گیرند. الگوریتم‌های پرکاربرد برای اهداف فوق عبارتند از: الگوریتم‌های خانواده شبکه عصبی  $ANN^1$ ، یادگیری ماشین  $ML$ ، الگوریتم جستجو  $SA$  و الگوریتم‌های ترکیبی. بعضی از الگوریتم‌های معروف خانواده شبکه عصبی به شرح زیرند:

**شبکه عصبی مصنوعی ANN** : مدل‌های ریاضی هستند که رفتار شبکه‌های عصبی بیولوژیکی ( $BNN^{10}$ ) را برای پردازش داده‌ها شبیه‌سازی می‌کنند و شامل یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و چندین لایه پنهان قرار گرفته بین آنها است. شبکه‌های عصبی مصنوعی را می‌توان برای درک روابط غیرخطی پیچیده بین ورودی‌ها و خروجی‌ها آموزش داد. شبکه‌های عصبی بعدی  $RNN^{11}$ ،  $CNN^{12}$ ،  $FNN^{13}$  و  $DNN^{14}$  متداولترین مدل‌های ANN هستند.

**شبکه عصبی تکراری RNN** : نوعی شبکه عصبی  $NN$  است که داده‌های ورودی بصورت دنباله هستند و شبکه از طریق تکرار توالی را کامل‌تر می‌کند. این شبکه برای یادگیری ویژگی‌های غیرخطی در مسائل سری زمانی و کاربردهایی مانند: تصفیه پساب، مدیریت کیفیت آب، و کشاورزی مبتنی بر آب به موفقیت قابل توجهی دست یافته است.

**شبکه عصبی فازی FNN** : یک مدل ترکیبی است که از استدلال منطق فازی برای پردازش داده‌های ورودی و سپس از یک شبکه عصبی مصنوعی برای آموزش و تولید نتایج استفاده می‌کند .

**شبکه عصبی عمیق DNN** : نوعی  $ANN$  است که از چندین لایه پنهان تشکیل شده است که بین لایه‌های ورودی و خروجی قرار گرفته‌اند و معمولاً برای ثبت الگوهای پیچیده در داده‌ها یا یادگیری نگاشت به شدت غیرخطی از ورودی به خروجی استفاده میشوند. یادگیری این نوع از شبکه می‌تواند چالش برانگیز و از نظر محاسباتی گران باشد چون به حجم زیادی از داده‌های آموزشی نیاز دارد.

<sup>1</sup> [Adaptive-network-based fuzzy inference system](#)

<sup>2</sup> [K-nearest neighbor](#)

<sup>3</sup> [Decision tree](#)

<sup>4</sup> [Self-organizing map](#)

<sup>5</sup> [Principal component analysis](#)

<sup>6</sup> [Support vector machine](#)

<sup>7</sup> [Random forest](#)

<sup>8</sup> [Particle swarm optimization](#)

<sup>9</sup> [Artificial neural network](#)

<sup>10</sup> [Biological neural network](#)

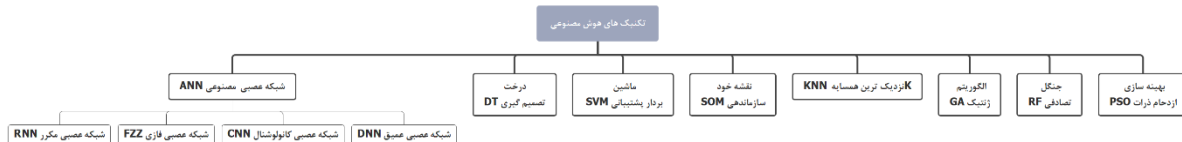
<sup>11</sup> [Recurrent neural network](#)

<sup>12</sup> [Convolved Neural Network](#)

<sup>13</sup> [Fuzzy neural network](#)

<sup>14</sup> [Deep neural network](#)

شبکه عصبی پیچشی (همگشتی) CNN: ها نوعی تکنیک یادگیری عمیق هستند که از محاسبات همگشتی و شبکه عصبی پیشخور ساختار عمیق استفاده می کنند. از کاربردهای این نوع شبکه می توان به استخراج ویژگی های پیچیده از تصاویر ورودی، طبقه بندی و گرسینون اشاره کرد. [p15] از بین انواع متنوع الگوریتمهای هوش مصنوعی تکنیک های متداول برای تصفیه آب در شکل ۱ نشان داده شده است. این تکنیک ها به طور گسترده برای مدیریت عملیات تصفیه فاضلاب، استفاده مجدد از آب، صرفه جویی در مصرف آب و کاهش هزینه از طریق پیش بینی، تشخیص، ارزیابی و شبیه سازی استفاده می شوند. [۱۲، ۱۳]



شکل ۱. طبقه بندی تکنیک های هوش مصنوعی [۹]

جدول ۲. تکنیک های رایج هوش مصنوعی، کاربردها، مزایا و محدودیت های آن ها

تکنیک های هوش مصنوعی	کاربردها	مزایا	محدودیت ها
DT	رگرسیون، طبقه بندی	<ul style="list-style-type: none"> <li>درک آسان، و طبقه بندی داده ها ساده است</li> <li>برای داده های پیوسته و گسسته استفاده می شود</li> <li>قادر به انتخاب حداکثر ویژگی تبعیض آمیز است</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>داشتن بی ثباتی و تناسب بیش از حد</li> </ul>
RF	رگرسیون، طبقه بندی	<ul style="list-style-type: none"> <li>برای مجموعه داده های در مقیاس بزرگ خوب است</li> <li>ناپایداری در مقایسه با DT کم است</li> <li>افزافه کردن DT را کاهش دهید</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>برای مجموعه داده های نامتعادل مناسب نیست</li> <li>داشتن سرعت تمرین پایین</li> </ul>
SVM	تشخیص الگو، رگرسیون، طبقه بندی	<ul style="list-style-type: none"> <li>برای مجموعه داده های با ابعاد بالا خوب است</li> <li>برای مجموعه داده های قابل جداسازی خطی و غیرخطی خوب است</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>به دلیل مجموعه داده های بزرگ و گران بودن محاسباتی، آموزش سخت است.</li> <li>به دلیل مشکل بیش از حد برازش برای مجموعه داده های پر سر و صدا مناسب نیست.</li> </ul>
ANN	رگرسیون، طبقه بندی	<ul style="list-style-type: none"> <li>پیش بینی سریع</li> <li>برای تقریب تابع دلخواه خوب است</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>از نظر محاسباتی گران است و تفسیر مدل های آموزش دیده دشوار است.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ قادر به یادگیری نیست</li> <li>▪ دانش نظری لازم است</li> <li>▪ از نظر محاسباتی گران است</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ نیازی به مدل ریاضی نیست</li> <li>▪ پیاده سازی و تفسیر آسان</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ تشخیص الگو، رگرسیون، طبقه بندی</li> </ul>	FNN
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ از نظر محاسباتی گران است</li> <li>▪ معماری پیچیده</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ نتایج خوب و دقیق</li> <li>▪ سرعت خوب چون به صورت موازی کار می کند</li> <li>▪ قابلیت استخراج ویژگی های مهم</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ رگرسیون، طبقه بندی، تقسیم بندی</li> </ul>	CNN
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ رفتار جعبه سیاه</li> <li>▪ از نظر محاسباتی گران است</li> <li>▪ به داده های آموزشی بیشتری نیاز دارید</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ نسبت به داده های غیرخطی خوب است</li> <li>▪ پیش بینی سریع بعد از تمرین</li> <li>▪ با نقاط داده بیشتر به خوبی کار کنید</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ رگرسیون، طبقه بندی</li> </ul>	DNN
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ نیاز به داده های بیشتر</li> <li>▪ آموزش سخت است</li> <li>▪ از نظر محاسباتی گران است</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ برای پیش بینی سری های زمانی خوب است.</li> <li>▪ برای مشکلات پیش بینی توالی خوب است.</li> <li>▪ ورودی های فرآیند با هر طولی قابل استفاده هستند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ رگرسیون، طبقه بندی</li> </ul>	RNN

## ۲. روش های هوش مصنوعی - یادگیری ماشین مورد استفاده در تصفیه آب و فاضلاب:

پیچیدگی مدل‌های فیزیکی مورد استفاده برای شبیه‌سازی، بهینه‌سازی و کنترل تصفیه فاضلاب، فرصتی را برای مدل‌های پارامتریک برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی فرآیند مدل‌سازی شده فراهم کرد. علاوه بر این، تعیین یک مدل فیزیکی از یک فرآیند پیچیده مانند تصفیه فاضلاب بسیار دشوار است و کالیبراسیون چنین مدلی مستلزم انجام آزمایش‌های طاققت فرسا برای به دست آوردن داده‌های مناسب است و نیاز به محاسبات زمان بر برای شناسایی پارامترهای مدل دارد. [۱۳]

چندین برنامه کاربردی تصفیه آب و فاضلاب رویکردهای هوش مصنوعی و یادگیری ماشین را بررسی کرده اند. سیستم‌های طراحی هوشمند تصفیه پساب و استفاده مجدد از آن می‌توانند از استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی در ارتباط با تکنیک‌های سنتی و معماری اینترنت اشیا بهره‌مند شوند. مدل‌های هوش مصنوعی ابزاری ارزشمند و قدرتمند برای پیش‌بینی، مدل‌سازی و بهینه‌سازی فرآیند تصفیه فاضلاب هستند. آنها به طور گسترده در جنبه‌های مختلف<sup>۱</sup> WWT، از جمله حذف رنگ‌ها، فلزات سنگین، مواد آلی، جامدات، آلاینده‌های میکروبی، دارو، مواد مغذی و آفت‌کش‌ها از آب استفاده شده‌اند. زمینه‌های اصلی که در آن مدل‌های هوش مصنوعی استفاده می‌شود، طراحی فرآیند و تحقیقات در مقیاس آزمایشگاهی است. بهینه‌سازی پارامتر فرآیند و پیش‌بینی عملکرد فرآیند معمولاً در طراحی فرآیند در برنامه‌های کاربردی دنیای واقعی گنجانده می‌شود. سه روش تصفیه رایج که اغلب در تاسیسات فاضلاب و تصفیه آب استفاده می‌شود در این بخش خلاصه می‌شود. [۱۴]

در حالی که مدل‌های ML برای شبیه‌سازی غلظت‌های محصول جانبی ضد عفونی (DBP) و پارامترهای مهم برای عملیات جذب و فیلتراسیون غشایی مفید هستند، رویکردهای هوش مصنوعی کارایی خود را در کنترل کلرزنی نشان داده‌اند. ضریب همبستگی ( $R^2$ )، میانگین خطای متوسط (MAE)، ضریب تعیین ( $R^2$ )، میانگین مربعات خطا (MSE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و خطای نسبی (RE) اغلب برای ارزیابی استفاده می‌شوند.

<sup>1</sup> Waste Water Treatment



### ۳. کاربرد هوش مصنوعی در تلفیق با روش سنتی جذب آلاینده ها

تکنیک های جذب به طور گسترده برای حذف آلاینده های مختلف در تصفیه آب و فاضلاب شناخته می شوند. جذب شامل انتقال جذب شونده از یک سیال به سطح جاذب جامد طی یک فرآیند انتقال جرم گرمازا است. با این حال، محاسبه دقیق پارامترهای حیاتی و پیش بینی عملکرد فرآیند جذب میتواند به دلیل تعاملات پیچیده چالش برانگیز باشد. [۳]

تکنیک‌های متداول هوش مصنوعی مورد استفاده برای حذف جذبی فلزات، رنگ‌ها، ترکیبات آلی از آب را خلاصه می‌کند. تکنیک‌های هوش مصنوعی رابطه بین متغیرهای مختلف در فرآیند تصفیه آب را شناسایی می‌کند و میتواند به تصمیمگیری اپراتور در فرآیندهای جذب کمک کند. متغیرهای رایج در مدلسازی ML فرآیندهای جذب عبارتند از pH، دمای آب، دوز جاذب، زمان تماس، و غلظت جذب اولیه. سایر ورودیها مانند اندازه ذرات جاذب، سرعت جریان سیستم، سرعت همزدن، بستر ارتفاع و مساحت سطح BET در مدل های خاص استفاده می شود. مطالعات فرآیندهای جذب آلایندههای آلی مختلف با ویژگیهای مختلف، مانند جرم مولی آلاینده هدف را بررسی کردهاند. اکثر مطالعات بر روی کارایی جذب و نشان دهنده درصد جذب جذب شده متمرکز بودند. برخی از مدلها همچنین سعی کردهاند اهمیت نسبی پارامترهای کیفیت آب ورودی، ظرفیت جذب و غلظتهای غیربعدي پساب را پیشبینی کنند. در میان مدل‌های ANN، ML، اغلب در تحقیقات با آلایندههای رنگهای فلزی، آلی و صنعتی استفاده شده است. SVM، ANFIS، و RF از دیگر مدل هایی هستند که کاربردهای موفقی از خود نشان داده اند. [۱۵]

حذف متیل اورنج (MO)، کریستال بنفش (CV)، متیلن آبی (MB)، زرد غروب آفتاب (SY)، مالاکیت سبز (MG)، اتوزین زرد (EY)، اورامین (AO) O، سبز درخشان (BG) اتوزین (EB) B، با استفاده از جاذب‌های مختلف با موفقیت با استفاده از ANN مدل‌سازی شدند و ظرفیت‌های جذب پیش‌بینی‌شده مطابقت نزدیکی با مقادیر تجربی داشتند. مدل‌های ANN همچنین برای پیش‌بینی عملکرد جذب جاذب‌ها برای جذب همزمان رنگ‌ها در یک سیستم دوتایی و چند رنگ مفید بودند.

**حذف فلزات سنگین:** کاربرد تکنیک های هوش مصنوعی برای ارزیابی حذف فلزات سنگین با استفاده از جاذب های مختلف از فاز آبی را گزارش کردند. متغیرهای ورودی معمولی عبارت بودند از pH، دوز جاذب، غلظت اولیه فلز، زمان تماس و دما. در مطالعات ستون، علاوه بر پارامترهای فوق، اثر قطر ستون داخلی، دبی، عمق بستر ستون نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد جذب جاذب های مختلف برای حذف کروم(III)، کروم(IV)، مس(II)، سرب(II)، As(III)، روی(II)، Cd(II) و Hg(II) بود با استفاده از ابزارهای مختلف هوش مصنوعی، به طور عمده ANN تعیین می شود. [۹] **جدول ۳** روشهای یادگیری ماشین تلفیق شده با روشهای سنتی جذب آلاینده ها را نشان می دهد.

جدول ۳. ماشین لرنینگ برای مدل‌سازی و پیش‌بینی فرآیندهای جذب و نرخ حذف.

خروجی	متغیرهای ورودی	مدت ماشین لرنینگ استفاده شده	جاذب	جذب شده
حذف درصد جذب	غلظت اولیه مس، دوز جاذب، زمان تماس، pH، NaNO <sub>3</sub> افزودن	RF, ANN, SVM	خاک رس آتاپولویت	یون های مس
حذف درصد جذب	مقدار pH نوع نانوکامپوزیت، جاذب بیش از غلظت جاذب، دما	RBF-ANN, ANN, SVM,	Nickle(II) Oxide Nanocomposites	آسفالتین ها
غلظت بی بعدی پساب	جرم مولی آلاینده هدف، غلظت اولیه، سرعت جریان، ارتفاع بستر، سطح ویژه، زمان تماس	ANN, SVM, ANFIS	کربن فعال	آلاینده های آلی مختلف
حذف درصد جذب	pH غلظت اولیه، دوز جاذب، زمان تماس، سرعت هم زدن، دما، حجم محلول، اندازه تلقیح، سرعت جریان	ANFIS	مختلف	As (III)
حذف درصد جذب	جرم جاذب، غلظت pH، زمان (Cd(II)، غلظت MB، تماس	ANN	گردوی طبیعی کربن فعال	Methylene blue (MB), Cd(II)
حذف درصد جذب	دوز جاذب، غلظت اولیه، زمان تماس	ANN	کربن اصلاح شده نئودیمیم	Sunset yellow (SY)
پارامترهای ورودی بر راندمان حذف تأثیر می گذارند	دوز جاذب، غلظت pH، فلزات، تماس، اندازه ذرات جاذب زیستی	ANFIS	Typha domingensis (Cattail) biomass	Ni(II), Cd(II)
ظرفیت جذب	غلظت اولیه، زمان تماس، دما	ANN	پوسته برنج	Zn(II)
حذف درصد جذب	غلظت فسفات، دوز pH، جاذب، سرعت هم زدن، زمان واکنش	ANN	آهن بدون ظرفیت در مقیاس نانو کپسوله شده	Phosphate
غلظت بی بعدی پساب	جرم مولی آلاینده هدف، غلظت اولیه، سرعت جریان، ارتفاع بستر، قطر ذرات، سطح قطر منافذ متوسط BET،	ANN	کربن فعال	آلاینده های آلی مختلف



### ۳. نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی پتانسیل تحول آفرینی برای متحول کردن فرآیند تصفیه آب و پساب را داراست. در این مقاله ابزارهای اصلی هوش مصنوعی و یادگیری ماشین مورد استفاده در تصفیه آب و پساب برای جذب آلاینده‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. رویکردهای هوش مصنوعی و ML در بهبود، مدل‌سازی و خودکارسازی فرآیندها در تصفیه فاضلاب مؤثر بوده‌اند. انتظار می‌رود که ادغام فناوریهای AI/ML هزینه‌ها را کاهش دهد و راه‌حلهایی به کمک رایانه برای چالشهای پیچیده مرتبط با شیمی آب و فرآیندهای فیزیکی/بیولوژیکی ارائه دهد. روشهای ML و AI با موفقیت برنامه‌های کاربردی قابل توجهی را در صنایع و عملیات مرتبط با آب، از جمله تأسیسات تصفیه آب و فاضلاب پیش‌بینی، مدل‌سازی، خودکار و بهینه‌سازی کرده‌اند. با این حال، هنوز محدودیت‌هایی وجود دارد که مانع از کاربرد گسترده این تکنیک‌ها در سیستم‌های تصفیه آب واقعی می‌شود. اشکال اصلی ابزارهای هوش مصنوعی مانند ANN ها، تکرارپذیری ضعیف به دلیل وزن تصادفی و سوگیری است که ممکن است به یک راه حل بهینه محلی منجر شود. یادگیری عمیق و ANN های عمیق گزینه‌های خوبی برای دستیابی به دقت و پیش‌بینی بالا هستند. با این حال، برای آموزش تجربی به حجم زیادی از داده‌های آموزشی نیاز دارد. عملکرد فرآیند پیش‌بینی شده توسط ابزارهای هوش مصنوعی نیز ممکن است تحت شرایط خاصی از نتایج واقعی منحرف شود. به عنوان مثال، یک تغییر ناگهانی در پارامترهای عملیاتی و کیفیت آب ممکن است منجر به پیش‌بینی اشتباه توسط ابزارهای هوش مصنوعی شود. باید تلاش‌هایی برای تقویت پیش‌بینی ابزارهای هوش مصنوعی انجام شود تا بتوانند تحت شرایط مختلف به کار گرفته شوند و نوسانات ناگهانی در متغیرهای ورودی را در خود جای دهند. در حالی که این چالش‌ها و محدودیت‌ها مشهود هستند، تحقیقات و توسعه مداوم پیرامون پتانسیل‌های قابل توجه AI، ML، و فناوری‌های هوشمند در حوزه تصفیه آب و پساب ادامه دارد.

### منابع

- [1] Lu, H., Guo, L., Azimi, M., Huang, K., 2019. Oil and Gas 4.0 era: A systematic review and outlook, *Computers in Industry*, 111, 68-90.
- [2] Nahiun, K., Sarker, B., Keya, K., Mahir, F., Shahida, S., Khan, R., 2021. A Review on the Methods of Industrial Waste Water Treatment, *Scientific Review*, 7, 20-31.
- [3] Altowayti, W., Shahir, S., Othman, N., Eisa, T., Yafouz, W., Al-Dhaqm, A., Soon, C., Yahya, I., Rahim, N., Abaker, M., Ali, A., 2022. The Role of Conventional Methods and Artificial Intelligence in the Wastewater Treatment: A Comprehensive Review, *Processes*, 10, 1-31.
- [4] Saravanan, A., Senthil Kumar, P., Jeevanantham, S., Karishma, S., Tajsabreen, B., Yaashikaa, P.R., Reshma, B., 2021. Effective water/wastewater treatment methodologies for toxic pollutants removal: Processes and applications towards sustainable development, *Chemosphere*, 280, 130595.
- [5] Al Aani, S., Bonny, T., Hasan, S., Hilal, N., 2019. Can machine language and artificial intelligence revolutionize process automation for water treatment and desalination?, *Desalination*, 458, 84-96.
- [6] Sinha Ray, S., Verma, R., Singh, A., Ganespillai, M., Kwon, Y., 2023. A holistic review on how artificial intelligence has redefined water treatment and seawater desalination processes, *Desalination*, 546, 1-14.
- [7] Martini, S., Roni, K., 2021. The existing technology and the application of digital artificial intelligent in the wastewater treatment area: A review paper, *Journal of Physics: Conference Series*, 1858, 1-9.



- [8] Perez-Beltran, C.H., Robles, A.D., Rodriguez, N.A., Ortega-Gavilan, F., Jimenez Carvelo, A.M., 2024. Artificial intelligence and water quality: From drinking water to wastewater, Trends in Analytical Chemistry, 172, 1-12.
- [9] Alam, G., Ihsanullah, I., Naushad, Mu., Sillanpaa, M., 2022. Applications of artificial intelligence in water treatment for optimization and automation of adsorption processes: Recent advances and prospects, Chemical Engineering Journal, 427, 1-19.
- [10] Alprol, A., Mansour, A., Ibrahim, M., Ashour, M., 2024. Artificial Intelligence Technologies Revolutionizing Wastewater Treatment: Current Trends and Future Prospective, Water, 16, 1-26.
- [11] Duarte, M., Martins, G., Oliveira, P., Fernandes, B., Ferreira, E., Alves, M., Lopes, F., Pereira, M., Novais, P., 2024. A Review of Computational Modeling in Wastewater Treatment Processes, ACS ES&T Water, 4, 784-804.
- [12] Alam, G., Ihsanullah, I., Naushad, Mu., Sillanpaa, M., 2022. Applications of artificial intelligence in water treatment for optimization and automation of adsorption processes: Recent advances and prospects, Chemical Engineering Journal, 427, 1-19.
- [13] Bahramian, M., Dereli, R., Zhao, W., Giberti, M., Casey, E., 2023. Data to intelligence: The role of data-driven models in wastewater treatment, Expert Systems With Applications, 217, 1-20.
- [14] Li, L., Rong, S., Wang, R., Yu, S., 2021. Recent advances in artificial intelligence and machine learning for nonlinear relationship analysis and process control in drinking water treatment: A review, Chemical Engineering Journal, 405, 1-17.
- [15] Lowe, M., Qin, R., Mao, X., 2022. A Review on Machine Learning, Artificial Intelligence, and Smart Technology in Water Treatment and Monitoring, Water, 14, 1-28.



## کاربرد واقعیت مجازی در درمان اضطراب اجتماعی

سمیه غلامی<sup>۱</sup>، حانیه خوشنود<sup>۲</sup>، هدی نخبه الفقهایبی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه روانشناسی مجتمع آموزش عالی لارستان

<sup>۲</sup>دانش آموخته کارشناسی ارشد روانشناسی بالینی

<sup>۳</sup>استادیار گروه برق مجتمع آموزش عالی لارستان

[somayeg@yahoo.com](mailto:somayeg@yahoo.com)

### چکیده

امروزه با پیشرفت تکنولوژی، این امکان به وجود آمده که انسان بتواند به صورت مجازی در موقعیت‌های مختلف قرار بگیرد، گویی که واقعا در آنجاست. این تکنولوژی که واقعیت مجازی نام دارد، کاربردهای بسیار و اساسی در درمان بیماری‌های روانی از جمله اختلالات اضطرابی دارد و همین امر باعث کنجکاوی محقق و انجام پژوهش در خصوص کاربرد این فناوری برای درمان اضطراب اجتماعی شده است.

هدف از پژوهش حاضر بررسی کاربرد و تأثیرگذاری مواجهه بر اساس واقعیت مجازی بر کاهش اضطراب اجتماعی افراد است.

بنابراین یک نفر نوجوان مبتلا به اختلال اضطراب اجتماعی، از طریق نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شد. ابزارها شامل مصاحبه‌ی بالینی بدون ساختار با استفاده از DSM-5-TR و پرسشنامه‌ی اضطراب اجتماعی کودک و نوجوان لیبویترز (LASA) می‌باشد.

پژوهش حاضر یک طرح تک‌آزمودنی با خطوط پایه چندگانه پلکانی بوده و درمان طی ۱۲ جلسه، هفته‌ای ۳ جلسه‌ی ۳۰ الی ۴۵ دقیقه‌ای و به صورت فردی انجام گرفت. همچنین جلسه‌ی آخر صرف انتقال نمونه‌ها از فضای مجازی به واقعیت شد. سپس با استفاده از تحلیل دیداری، به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته شد. تجزیه و تحلیل‌های انجام شده حاکی از تأثیر معنادار متغیر مستقل بر روی متغیر وابسته بود.

یافته‌ها: نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها، اثرگذاری درمان مواجهه‌سازی بر مبنای واقعیت مجازی بر کاهش علائم اضطراب اجتماعی در کودکان و نوجوانان را نشان می‌دهد. با توجه به کارایی این فناوری در درمان اختلال اضطراب اجتماعی و شیوع این اختلال در قشر کودک و نوجوان، استفاده از این درمان به شدت توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: واقعیت مجازی، اضطراب اجتماعی، VR



## ۱. مقدمه

انسان‌ها ذاتاً میل به برقراری ارتباط با هم‌نوعان خود را داشته و تعاملات اجتماعی برای آنها امری عادی و یا حتی ضروری می‌باشد. اما مسلماً این امر عادی در خصوص یک فرد مبتلا به اضطراب اجتماعی صدق نکرده و این تعاملات می‌توانند بسیار ناراحت‌کننده باشند. اضطراب اجتماعی نوعی اختلال روانی است که ترس ناتوان‌کننده و شدید از قرارگرفتن در موقعیت‌های اجتماعی را می‌توان از مشخصه‌های آن شمرد. اضطراب اجتماعی شامل ترس از تحقیر و ارزیابی شدن در موقعیت‌های اجتماعی است. [1] ترس از ارزیابی می‌تواند منفی یا حتی مثبت باشد. ترس از ارزیابی منفی و طرد شدن از گروه‌های اجتماعی به صورت منفی بر طیفی از متغیرهای مربوط به سلامت از جمله عزت نفس و احساس تعلق فرد نیز تأثیر می‌گذارد. ترس از ارزیابی مثبت یعنی اینکه فرد نگران دریافت ارزیابی مثبت در موقعیت اجتماعی است. برای مثال اینکه کسی از او تعریف یا تمجید کند. این اصطلاح، برای اولین بار به عنوان یک ساختار متمایز از اضطراب اجتماعی توسط ویکس و همکارانش مطرح شد. [7] ترس از ارزیابی مثبت منجر به رد صلاحیت پیامدهای اجتماعی مثبت می‌شود زیرا افراد مضطرب ذاتاً تمایل به منفی‌بافی دارند. در افراد مبتلا به اضطراب اجتماعی برخی فرآیندهای روانی مانند هراس و دلهره افزایش یافته و منجر به تولید علائم فیزیولوژیکی همچون افزایش ضربان قلب، تسریع تنفس، تکانه‌های عضلانی، بی‌حسی یا مورمور شدگی، منگی و حواسپرتی، دل‌درد، رعشه و عرق منجر می‌شود. طبق پژوهشی که توسط کیم و همکارانش [8] انجام شد همه‌ی افراد مبتلا را به صورت ناگهانی در معرض سخنرانی قرار داده بودند و مشخص شد که افراد دارای اختلال، ارتباط چشمی کمتری نسبت به گروه کنترل داشتند. همچنین از لحاظ روانینیز دچار عزت نفس پایین، توانایی ضعیف در حل مسئله، و تمایل به پذیرفته شدن دارند. [9] اضطراب اجتماعی از طریق رویکرد‌های گوناگون درمان می‌شود اما یکی از اثربخش‌ترین درمان‌های حال حاضر، درمان مواجهه‌سازی می‌باشد که از رفتار درمانی نشئت گرفته است. امروزه تکنولوژی نیز در به وجود آمدن درمان‌های روانشناختی، کاربرد وسیعی دارند. مواجهه‌سازی از طریق واقعیت مجازی نیز در صورتی که محیط مواجهه در واقعیت و یا شرایط برقراری محیط امن و محیا نباشد، استفاده می‌شود و جایگزینی امن و مقرون به صرفه برای درمان‌های سنتی می‌باشد. واقعیت مجازی VR به یک محیط سه بعدی اشاره می‌کند که توسط رایانه تولید شده است و تعامل افراد با محیط آن طوری است که انگار واقعاً در آن محیط حضور دارد. در پژوهشی که توسط هادی [2] انجام شد، مشخص شد که مواجهه ساختن مکرر افراد مبتلا به اضطراب اجتماعی با محرک اضطراب آور باعث خوگیری و خاموشی، و کاهش اضطراب می‌شود. مواجهه‌سازی مبتنی بر واقعیت مجازی در درمان و بهبود نشانه‌های اضطراب در افراد مبتلا به اضطراب اجتماعی کاملاً مؤثر بوده است. لذا محقق بر آن بود که نتایج این درمان بر روی قشر نوجوان را هم بررسی کند.

## ۲. شرح کار و نتایج

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و و با توجه به روش جمع‌آوری داده‌ها از نوع آزمایشی تک‌آزمودنی با خط پایه چندگانه می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش شامل کودکان و نوجوانان ۱۰ تا ۱۷ سال مبتلا به اختلال اضطراب اجتماعی ساکن شهر لار هستند. از میان این جامعه آماری یک نفر (پسر ۱۵ ساله) از طریق نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شد. پس از آن، محقق در صدد توجیه فرد بوده و توضیحاتی در خصوص روند اجرای درمان به او داده و رضایت وی جلب شد. همچنین پژوهشگر نرم‌افزار اضطراب اجتماعی را با حمایت دانشگاه دولتی لارستان، از شرکت روانا خریداری نموده و سپس در مرکز علوم شناختی این دانشگاه (مرکز علوم شناختی هیوا) نمونه‌گیری و انجام مداخله را آغاز کرده است. در جلسه‌ی اول از طریق انجام یک مصاحبه‌ی تشخیصی براساس DSM-5-TR، اطمینان حاصل شد که برنامه‌ی درمانی مورد نظر متناسب با مشکل بیمار است و پس از آن، از طریق پرسشنامه‌ی اضطراب اجتماعی کودک و نوجوان لیویتز LASA خط پایه مشخص شد. مراحل اجرای درمان در ۱۲ جلسه‌ی ۳۰الی ۴۵ دقیقه‌ای انجام شده و هر سه جلسه یک بار متغیر وابسته اندازه‌گیری گردید.

## ۲-۱. دستگاه VR یا واقعیت مجازی

این دستگاه نوعی تجربه ی شبیه سازی شده است و کاربرد متفاوتی دارد. می توان گفت که VR به طور همزمان یک شبیه سازی، یک فناوری شناختی و یک فناوری تجسم یافته می باشد. دلیل اینکه ما در محیط واقعیت مجازی حس حضور را تجربه می کنیم این است که مکانیسم آن بسیار شبیه به مکانیسم ذهن ما است که شبیه به یک سیستم شبیه سازی واقعیت می باشد. چنانکه ریزولاتی و همکارانش [10] دریافته اند دو گروه از نورون های دیداری حرکتی این شبیه سازی را در مغز انسان انجام می دهند. همچنین این دستگاه دارای نمایشگرهایی است که روی سر نصب می شوند و اغلب جوی استیک یا دستکش های داده هم به همراه آنها عرضه می شود.

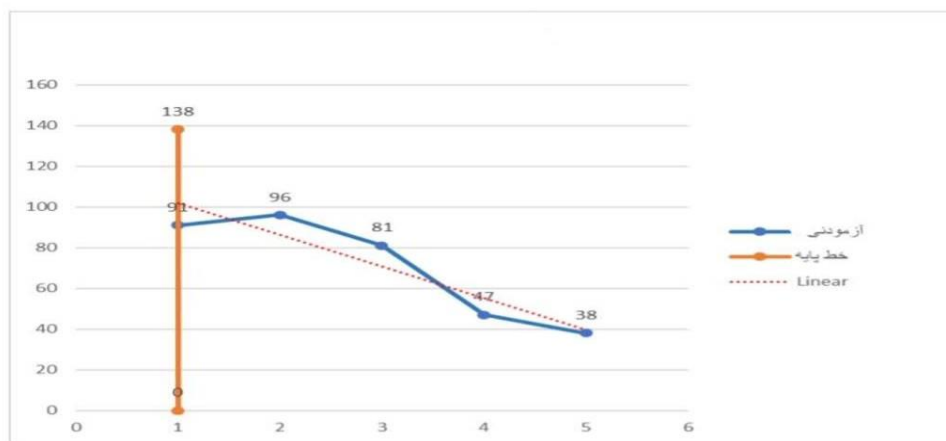
## ۲-۲. یافته ها

در این قسمت نمرات اضطراب اجتماعی فرد نمونه که با استفاده از پرسشنامه به دست آمده است وجود دارد. نمرات خط پایه در یک جلسه مشخص شده و همینطور که پیداست نمرات آزمودنی با گذشت جلسات رو به کاهش بوده است.

نمرات اضطراب اجتماعی شرکت کننده در موقعیت خط پایه و جلسات مداخله

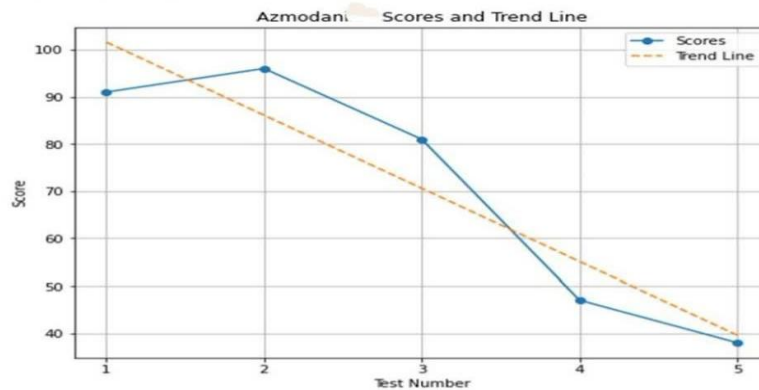
آزمودنی	خط پایه	جلسات مداخله			
	پیش ازمون	پس ازمون ۱	پس ازمون ۲	پس ازمون ۳	پس ازمون ۴
آزمودنی	۹۱	۹۶	۸۱	۴۷	۳۸

در اینجا نمودار تغییر نمرات آزمودنی نمایش داده شده است. موقعیت خط پایه و مداخله نیز مشخص شده است.



میزان تغییرات نمرات اضطراب اجتماعی آزمودنی

Azmodani 's trend is descending.



۴ نمودار اضطراب اجتماعی با خط روند آزمودنی

همانطور که مشاهده می کنید نمودار های بالا طبق نمرات آزمودنی رسم شده اند. در نمودار اول خط پایه مشخص شده است. در ابتدا روند نمودار صعودی بوده که این یعنی اضطراب فرد افزایش داشته است. علت این افزایش اضطراب روبرویی فرد با اضطراب خویش و افزایش آگاهی او از اضطراب و موقعیت های اضطراب آور است. اما در ادامه می بینیم که اضطراب فرد در صورت ادامه پیدا کردن مواجهه به مرور کاهش یافته است.

### ۲-۳. جداول و شکل‌ها

#### طرح جلسات درمان

تعداد جلسات	محتوی جلسات
جلسه اول	مصاحبه ی تشخیصی، برقراری ارتباط درمانی، تکمیل پرسشنامه و آشنایی با درمان و نرم افزار
جلسه دوم	در موقعیت کلاس درس، استاد فرد را صدا می‌کند. فرد نمونه که بر روی نیمکت نشسته است باید به جلوی کلاس درس رفته و خودش را معرفی کند. سپس از وی درس پرسیده می‌شود.
جلسه سوم	فرد ابتدا یک داستان را برای درمانگر می‌خواند. در موقعیت کلاس درس، استاد فرد را صدا می‌کند. فرد به جلوی کلاس رفته و پس از معرفی خود، داستان را تعریف می‌کند.
جلسه چهارم	در موقعیت کلاس درس، استاد فرد را صدا می‌زنند. فرد به جلوی کلاس آمده و به انتخاب خودش در مورد موضوعی صحبت می‌کند.
جلسه پنجم	در موقعیت سالن آمفی تئاتر، فرد خودش را معرفی کرده و یک داستان می‌گوید.
جلسه ششم	در موقعیت سالن آمفی تئاتر، فرد یک داستان را درحضور درمانگر خوانده و در مورد آن صحبت می‌کند.
جلسه هفتم	در موقعیت سالن آمفی تئاتر، فرد در مورد موضوعی که از گذشته مد نظر داشته است، صحبت می‌کند.
جلسه هشتم	در موقعیت فروشگاه، فرد خرید کرده و پس از پرداخت هزینه، خرید را پس می‌دهد. فروشنده هم بدون مخالفت آنها را پس می‌گیرد.
جلسه نهم	در موقعیت کلاس درس، استاد فرد را صدا می‌کند. فرد به جلوی کلاس آمده و پس از معرفی خود، به انتخاب خودش در مورد موضوعی صحبت می‌کند.
جلسه دهم	در موقعیت فروشگاه، فرد خرید کرده و پس از پرداخت آن، خرید را پس می‌دهد. فروشنده با وی مخالفت می‌کند و فرد ملزم است از خودش دفاع کند.
جلسه یازدهم	در موقعیت سالن آمفی تئاتر، فرد پس از معرفی خود، در مورد موضوعی که از گذشته مد نظر داشته است، صحبت می‌کند.
جلسه دوازدهم	فرد نمونه از فضای مجازی به واقعیت انتقال یافت. وی در کلاس درسی که افراد دیگر در آن حاضر بودند، به انتخاب خودش در مورد موضوعی صحبت می‌کند.

(متن: فاضل و همکاران، ۱۳۹۸)

### ۳. نتیجه‌گیری

با مطالعه پژوهش‌های موجود مشخص شد که در خصوص این قبیل درمانها که بسیار نوین هستند و برای کارهای درمانی می‌توان از آنها استفاده کرد، تحقیقات جامعی صورت نگرفته است بنابراین؛ این پژوهش به منظور بررسی کاربرد واقعیت مجازی در درمان اضطراب اجتماعی بخصوص در نوجوانان صورت گرفت و نتایج نشانگر این بود که مواجهه از طریق واقعیت مجازی نیز موثر واقع شده و می‌تواند باعث کاهش اضطراب افراد شود. این تکنولوژی می‌تواند به بهبود سلامت روانی فرد کمک کرده و موجب تسهیل مواجهه با این اضطراب‌ها شود. به همین دلیل محققان پیشنهاد استفاده از فناوری جدیدی مثل واقعیت مجازی را برای درمان اضطراب اجتماعی مطرح می‌کنند. [11] نتایج حاصل با یافته‌های پاسکواله و همکاران [12] درمان‌های واقعیت مجازی جایگزین خوبی برای کسب مهارت‌های اجتماعی برای درمان افراد مبتلا به اضطراب اجتماعی هستند. همچنین ناظمی و همکاران [3] پژوهشی را ارائه دادند که بر روی افراد مبتلا به اضطراب اجتماعی صورت گرفت و درمان واقعیت مجازی را کاملاً مؤثر دانستند.

نا گفته نماند که پژوهش‌ها در رابطه با این تکنولوژی در حال پیشرفت و افزایش هستند و بر روی اختلالات دیگر نیز مطالعه می‌شوند، اختلالاتی نظیر: فوبیای سگ [13]، فوبیای عنکبوت [14]، فوبیای خون-تزریق [4]، اضطراب فراگیر [5] و هراس از رانندگی [6].

### منابع

- [1] انجمن روانپزشکی آمریکا. ۱۳۹۳. راهنمای تشخیصی و آماری اختلالات روانی. ترجمه سیدمحمدی ی. تهران: روان انتشار به زبان اصلی، ۲۰۱۳.
- [2] هادی ح. ۱۳۹۹. اثربخشی مواجهه با نگرانی مبتنی بر واقعیت مجازی بر بهبود نشانه‌های اضطراب در افراد مبتلا به اضطراب اجتماعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه روانشناسی. پردیس بین‌المللی ارس دانشگاه تبریز
- [3] ناظمی ه. نجفی م. مکوندحسینی ش. مالکی ع. رحیمیان بوگر ا. ۱۳۹۷. اثربخشی مواجهه درمانی مبتنی بر واقعیت مجازی بر کاهش علائم اجتناب و آشفتگی اجتماعی افراد مبتلا به اختلال اضطراب اجتماعی. تحقیقات علوم رفتاری، ۳: ۳۸۹-۳۹۹.
- [4] نجفی م. رضیان ا. گراوند ح. آکوچکیان ش. ۱۳۹۷. بررسی اثربخشی نرم افزار واقعیت مجازی بر بهبود فوبیای خون-تزریق در کودکان و نوجوانان. مجله دانشکده پزشکی اصفهان، ۳۶ (۴۶۸): ۱۱۱-۱۱۷.
- [5] کشاورز ن. هاشمی ت. بیرامی م. محمودعلیلو م. بخشی پور ع. ۱۴۰۰. بررسی اثربخشی درمان مواجهه با نگرانی مبتنی بر واقعیت مجازی در کاهش نشانه‌های اختلال اضطراب فراگیر. نشریه رویش روان‌شناسی، ۱۰ (۱۱): ۱۲۱-۱۳۲.
- [6] افشاریان ن. ابراهیمی قوام ص. ۱۳۹۵. بررسی اثربخشی درمان مبتنی بر مواجهه از طریق واقعیت مجازی در کاهش هراس از رانندگی بررسی تک آزمودنی. فصلنامه مطالعات روانشناختی، ۴۶ (۱۲): ۶۵-۸۴.
- [7] Weeks, J. W., Heimberg, R. G., Rodebaugh, T. L., & Norton, P.J., (2008). Exploring the relationship between fear of positive evaluation and social anxiety. *Journal of Anxiety Disorders*, 22, 386-400.
- [8] Kim H. Shin JE. Hong YJ. Shin YB. Shin YS. Han K. et al. 2018. Aniversive eye gaze during a speech in virtual environment in patients with social anxiety disorder. *Aust N Z J Psychiatry*. 2018; 52.
- [9] Calancie, O. Ewing, L., Narducci, L.D., Horgan, S., & Khalid-Kahn, S. (2017). Exploring how



social networking sites impact youth with anxiety: A qualitative study of Facebook stressors among adolescents with an anxiety disorder diagnosis. *Cyberpsychology: Journal of Psychosocial Research on Cyberspace*, 11(4), article 2.

[10] Rizzolatti, G.; Craighero, L. The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.* 2004, 27, 169-192.

[11] Da Costa, R. T., de Carvalho, M. R., Cantini, J., da Rocha Freire, R. C., & Nardi, A. E. (2014). Demographics, clinical characteristics and quality of life of Brazilian women with driving phobia. *Comprehensive psychiatry*, 55(2), 374-379.

[12] Pasquale C. Sergio T. Marilena M. Maria C.Q. 2021. The simulation game- virtual reality therapy for the treatment of social anxiety disorder: A systematic review. *International journal of environmental research a public health*. 14. 13209.

[13] Farrell LJ. Miyamoto T. Donovan CL. Waters AM. Krisch KA. 2021. Virtual reality one-session treatment of child-specific phobia of dogs: a controlled, multiple baseline case series. *Behavior Therapy*, 2. 478-491.

[14] Mertens G. Wagenveld P. Engelhard IM. 2019. Cue conditioning using a virtual spider discriminates between high and low spider fearful individuals. *Computer in Human Behavior*, 91: 192-200.



## سیستم ضد تقلب مبتنی بر دوربین چندنمایشگر و کاربردهای آن

ابوذر شجاعیان<sup>۱</sup>، فاطمه اکبری<sup>۲</sup> و طاهره عباسی<sup>۳</sup>  
مجمع آموزش عالی لارستان، [aboozarshojaiyan1378@gmail.com](mailto:aboozarshojaiyan1378@gmail.com)  
مجمع آموزش عالی لارستان، [fatemehakbari1999k@gmail.com](mailto:fatemehakbari1999k@gmail.com)  
مجمع آموزش عالی لارستان، [data7engineer@yahoo.com](mailto:data7engineer@yahoo.com)

ایمیل نویسنده مسئول ([data7engineer@yahoo.com](mailto:data7engineer@yahoo.com))

### چکیده

سیستم ضد تقلب در بسیاری از کاربردهای هوشمندانه بسیار مفید است. با توسعه حوزه مالی، سیستم ضد تقلب اهمیت بیشتری پیدا کرده است. اما تکنیک‌های متعارف تشخیص چهره نمی‌توانند چهره‌های واقعی و ماسک‌ها را به طور مؤثری از جریان ویدیویی تفکیک کنند. علاوه بر این، محاسبه کل جریان ویدیویی زمان‌بر و تکراری است. لذا، محاسبه برخی از فریم‌های کلیدی که از جریان ویدیو انتخاب شده‌اند، موثرتر است، اما بسیاری از فریم‌هایی که به طور تصادفی از جریان ویدئو دریافت می‌شوند، هیچ چهره‌ای را نشان نمی‌دهند. لذا در این مقاله، یک روش جدید با استفاده از یک دوربین برای برآورد رفتار فرد به منظور تشخیص افراد تقلبی، پیشنهاد شده است. یک سیستم ضد تقلب بر پایه دوربین، به یک سری فریم‌های ویدیویی معرفی شده (به عنوان مثال، فریم‌های کلیدی) نیاز دارد. ابتدا با استفاده از الگوریتم انتخاب فریم کلید فعال، مجموعه‌ای از فریم‌های کلیدی از جریان ویدئو استخراج می‌شوند. معیار آن است که محتویات جریان ویدیو به طور بهینه توسط این فریم‌ها پوشش داده شوند. سپس، با استفاده از کتابخانه‌ای از پایتون به نام *dlib* ویژگی‌های چهره به دست می‌آیند. در نهایت، یک مدل احتمالاتی برای برآورد رفتار فرد پیشنهاد شده است. نتایج آزمایشات نشان داده‌اند که: (۱) الگوریتم انتخاب فریم کلیدی می‌تواند فریم‌های تکراری را به طور مؤثر کاهش دهد. (۲) سیستم مورد استفاده، قادر است به طور واقعی زمان رفتار فرد را برآورد کند.

**واژه‌های کلیدی:** ضد تقلب، فریم‌های کلیدی، تشخیص چهره، پردازش چند رشته‌ای

## ۱. مقدمه

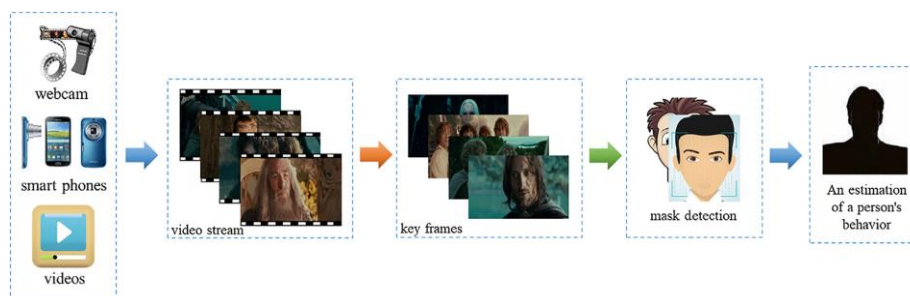
روش ضد تقلب یک تکنیک بسیار مهم در کاربردهای هوشمند مدرن است [۲۷-۳۱]. به عنوان مثال، پرداخت سریع در زمینه مالی مستلزم جمع آوری عکس‌ها در هنگام فعالیت کاربران است. اما اگر فردی هنگام انجام یک عملیات مالی، ماسک بزند یا تصویر صورت فرد دیگری را جلوی دوربین بگذارد، ممکن است منجر به کلاهبرداری شود. با این حال، اگر این فرآیند به صورت دستی کار شود، حجم کار بسیار سنگین خواهد بود. تاکنون، فقدان یک استراتژی موثر ضد تقلب وجود داشته است.

با محبوبیت رایانه شخصی و تلفن‌های هوشمند، ویدیوهای جمع‌آوری شده از دوربین راحت تر و راحت تر می‌شوند. جریان ویدیو یک مجموعه داده عظیم است و تشخیص هر فریم از ویدیو از نظر محاسباتی کاری سنگین خواهد بود و ضروری نیست. فریم‌های کلیدی با موفقیت در بازسازی خودکار صحنه سه بعدی استفاده می‌شوند [۱]. هدف از انتخاب فریم کلیدی این است که حداکثر محتوای اصلی جریان ویدئو را با حداقل تعداد فریم کلیدی پوشش دهد. با الهام از این روش، ما یک الگوریتم انتخاب فریم کلید فعال را برای جمع‌آوری فریم‌های کلیدی از جریان ویدئو برای تخمین رفتار یک فرد پیشنهاد می‌کنیم. تشخیص چهره به طور گسترده در هوش مصنوعی مدرن استفاده شده است. بر اساس این تکنیک‌ها، می‌توان سیستمی طراحی کرد که بتواند رفتارهای کاربر را تخمین بزند. با این حال، توسعه چنین سیستمی هنوز یک چالش است:

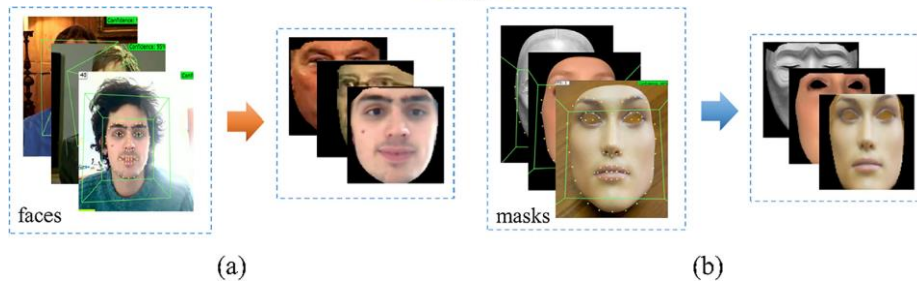
(۱) تکنیک‌های تشخیص چهره به طور گسترده در تجزیه و تحلیل احساسی، نظارت تصویری و سایر زمینه‌های امنیتی استفاده می‌شوند. اما این تکنیک‌ها به سختی می‌توانند چهره‌ها و ماسک‌های واقعی را تشخیص دهند. بنابراین وقتی این تکنیک‌ها را به کار می‌بریم ممکن است مشکلاتی را به همراه داشته باشد. اما تاکنون روشی وجود نداشته که بتواند چهره‌ها و ماسک‌های واقعی را به طور موثر تشخیص دهد.

(۲) تخمین رفتار یک فرد از جریان ویدئو یک کار چالش برانگیز است. زیرا که محاسبه کل جریان ویدئو کار زائد و وقت‌گیری است، با این وجود فقدان یک چارچوب موثر برای استخراج فریم‌های کلیدی نیز وجود دارد.

برای حل این مشکلات، ما یک سیستم ضد تقلب مبتنی بر دوربین را پیشنهاد می‌کنیم. تکنیک‌های کلیدی شامل یک الگوریتم انتخاب قاب کلید فعال و یک چارچوب تشخیص ماسک است. فلوچارت روش ما در شکل ۱۷ نشان داده شده است. ما می‌توانیم جریان ویدئو را از وب‌کم، تلفن‌های هوشمند یا ویدئوها دریافت کنیم. سپس، فریم‌های کلیدی توسط الگوریتم انتخاب فریم کلیدی فعال استخراج می‌شوند، معیار این است که محتوای جریان ویدئو حداکثر توسط این فریم‌های کلیدی پوشش داده شود. در نهایت، رفتارهای یک فرد را می‌توان با استفاده از تشخیص ماسک پیشنهاد شده در [۱۴] تخمین زد.



شکل ۱۷. مروری بر سیستم ضد تقلب پیشنهادی ما. تکنیک‌های کلیدی شامل یک الگوریتم انتخاب قاب کلید فعال و یک چارچوب تشخیص ماسک



شکل ۱۸. تصویر (الف) نشان می‌دهد که سیستم تشخیص چهره می‌تواند یک جعبه مرزی در اطراف یک چهره واقعی ترسیم کند. اما همانطور که در تصویر (ب) نشان داده شده است، سیستم تشخیص چهره به اشتباه ماسک‌ها را به عنوان یک چهره واقعی شناسایی می‌کند و همچنین یک جعبه مرزی در اطراف ماسک‌ها ترسیم می‌کند.

## ۲. کارهای مرتبط

در کار ما، مجموعه‌ای از چارچوب‌های کلیدی برای تخمین رفتار یک فرد استفاده می‌شود. هدف فریم‌های کلیدی کاهش محاسبات و پوشش همزمان کل جریان ویدئو است. بسیاری از محققان چارچوب‌های کلیدی را در تحقیقات خود پیشنهاد کرده و از آنها استفاده کرده‌اند. ژانگ و همکارانش [۱] یک الگوریتم انتخاب فریم‌های کلیدی فعال برای بازسازی سه بعدی پیشنهاد کردند. نسبت به الگوریتم انتخاب فریم‌های کلیدی اکتشافی، محاسبات کمتر و فریم‌های کلیدی با کیفیت بالاتری داشت. در نظارت تصویری، فریم‌های کلیدی به طور گسترده‌ای برای چارچوب خلاصه‌سازی ویدئویی استفاده می‌شوند. در [۲]، یک چارچوب خلاصه‌سازی ویدئویی جدید پیشنهاد شده و برخی از فریم‌های زیباشناختی در همان زمان حفظ شده‌اند. سپس، مجموعه‌ای از فریم‌های کلیدی از چندین ویدئو بر اساس مشارکت‌هایشان انتخاب شدند تا یک خلاصه‌سازی ویدئویی زیباشناختی ایجاد کنند. وین ولف [۳] چارچوب جدیدی را برای انتخاب فریم‌های کلیدی به سمت برنامه‌های ویدئویی پیشنهاد کرد. آنها از جریان بهینه برای تجزیه و تحلیل حرکت در یک عکس استفاده کردند و این فریم‌های کلیدی حاوی اطلاعات تجزیه و تحلیل حرکت، برای ایجاد یک خلاصه ویدئویی انتخاب شدند. اعمال انسان را می‌توان با مجموعه‌ای از توالی‌های تصویری که شامل حالات بدنی هستند، تحلیل کرد. در [۴]، محققان از مجموعه‌ای از فریم‌های کلیدی برای تشخیص کنش با تطبیق اطلاعات شکل استفاده کردند. و در [۵]، محققان الگوریتم جدیدی را برای استخراج فریم‌های کلیدی بر اساس خوشه بندی بدون نظارت پیشنهاد کردند.

تشخیص چهره یک تکنیک مهم در سیستم‌های هوشمند [۶-۳۲، ۱۷، ۱۶، ۸، ۳۴] و گرافیک کامپیوتری [۱۵، ۱۰، ۹] است. الگوریتم‌های زیادی برای تشخیص چهره در مطبوعات علمی ارائه شده است. تشخیص چهره برای پیدا کردن چهره‌ها، از طریق جریان ویدئو یا دنباله‌های تصویر استفاده می‌شود. بالتروشایتیس و همکارانش [۱۱] از تشخیص چهره برای تجزیه و تحلیل رفتار چهره افراد استفاده کردند. اما این روش از نظر محاسباتی سنگین بود. پل ویولا و مایکل جی جونز [۱۲] از ویژگی‌های هارمانند برای دستیابی به تشخیص چهره در زمان واقعی قوی استفاده کردند. آنها روشی به نام «تصویر یکپارچه» را برای تسریع در محاسبه ویژگی‌های هارلایک پیشنهاد کردند. وانگ و همکارانش [۱۳] یک روش یادگیری آماری برای استخراج ویژگی‌ها و ساخت طبقه بندی کننده برای تشخیص چهره چند نمایی ارائه کردند.

با این حال، باید توجه داشت که اکثر تکنیک‌های تشخیص چهره نمی‌توانند چهره‌ها و ماسک‌های واقعی را تشخیص دهند. همانطور که در شکل ۱۸ نشان داده شده است، برخی از ماسک‌ها بسیار شبیه به چهره‌های واقعی هستند، این تکنیک‌ها به اشتباه ماسک‌ها را به عنوان یک چهره واقعی شناسایی می‌کنند و یک جعبه مرزی نیز در اطراف این ماسک‌ها ترسیم می‌کنند.

محاسبه فریم‌های کلیدی انتخاب شده از جریان ویدئو انتخاب خوبی برای کاهش زمان مصرف است. در این مقاله، ما یک الگوریتم انتخاب قاب کلید فعال را پیشنهاد می‌کنیم. الگوریتم بر دو جنبه استوار است: (۱) فریم‌های کلیدی انتخاب شده باید دارای چهره باشند و (۲) مقادیر



ویژگی بین فریم های کلیدی مجاور بسیار متفاوت باشد. جریان ویدیوی ما را می‌توان از وب‌کم جمع‌آوری کرد تا رفتار افراد را در زمان واقعی تشخیص دهد. با الهام از [۱۴]، می‌توانیم به تشخیص ماسک در زمان واقعی دست یابیم. الگوریتم انتخاب قاب کلید فعال و چارچوب تشخیص ماسک منجر به کیفیت بالای سیستم ضد تقلب می‌شود.

### ۳. روش پیشنهادی ما

#### ۳-۱. انتخاب قاب کلید فعال

محاسبه همه فریم‌ها از جریان ویدئو زمان‌بر و غیرضروری است. در کار ما، به منظور کاهش زمان مصرف، یک الگوریتم انتخاب قاب کلید فعال را پیشنهاد می‌کنیم. ما فقط می‌توانیم این فریم‌های کلیدی را در نظر بگیریم که می‌توانند کل جریان ویدئو را برای تجزیه و تحلیل رفتار یک فرد نشان دهند. روش پیاده‌سازی مشخص به شرح زیر است:

ابتدا با فرض اینکه یک ویدیو در مجموع دارای  $M$  فریم باشد،  $M$  فریم را از جریان ویدیو استخراج می‌کنیم. مجموعه‌ای از فریم‌ها را به صورت  $f = \{f_1, f_2, \dots, f_M\}$  تعریف می‌کنیم. هر  $f_m$  نشان دهنده یک فریم است. سپس، از آنجایی که ما رفتار یک فرد را از طریق تغییر بیان یک فرد تجزیه و تحلیل می‌کنیم، بنابراین فریم‌های کلیدی باید دارای چهره باشند. ما از ردیاب چهره برای حذف کردن قاب‌هایی که دارای چهره نیستند استفاده می‌کنیم. سپس، می‌توانیم  $N$  ( $M \geq N$ ) فریم‌هایی را دریافت کنیم که همگی دارای چهره هستند، این فریم‌ها را به صورت  $f' = \{f'_1, f'_2, \dots, f'_N\}$  تعریف می‌کنیم. هر  $f'_n$  فریمی را نشان می‌دهد که دارای چهره است. البته این فریم‌های کلیدی  $f'$  هنوز دارای فریم‌های زائد هستند. از آنجایی که تغییر بیان فرد آنقدر سریع نخواهد بود، مثلاً وقتی مردم می‌خندند مدتی طول می‌کشد. این عمل ممکن است ۵ ثانیه یا بیشتر باشد. در این مدت، بیان آنها تغییر زیادی نخواهد کرد. بنابراین این  $N$  فریم ممکن است حاوی عبارات چهره مکرر باشد. با الهام از این، می‌توانیم تعداد فریم‌های کلیدی را بیشتر کاهش دهیم.

مجموعه‌ای از ویژگی‌ها را به صورت  $x = \{X_1, X_2, \dots, X_N\} \in R^{128}$  تعریف می‌کنیم. از آنجایی که فریم‌های مجاور  $f'_i$  ممکن است مشابه باشند، می‌توانیم یکی از آنها را برای محاسبه انتخاب کنیم. تفاوت فریم‌های مجاور را می‌توانیم به صورت زیر محاسبه کنیم:

$$\varphi_i = \sum_{j=1}^{128} (x_{ij} - x_{(i+1)j})^2 \quad (4)$$

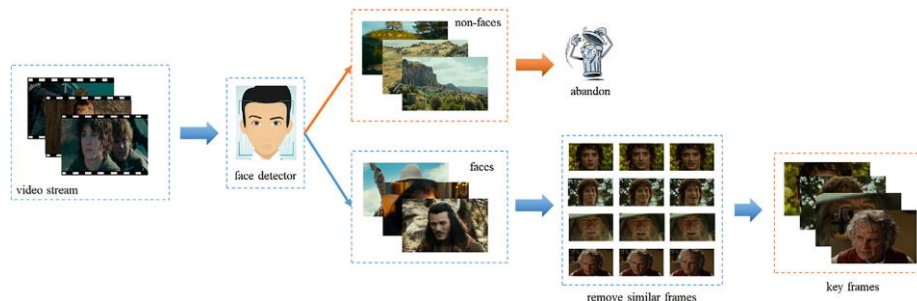
که در آن  $x_{ij}$  مقادیر  $j$  ام ویژگی قاب  $i$  را نشان می‌دهد. یک آستانه  $Tf$  تعیین می‌کنیم، اگر  $\varphi_i < Tf$  فریم  $(i+1)$  آمین را حذف می‌کنیم. به این ترتیب می‌توانیم برخی از فریم‌های مشابه را بیشتر کاهش دهیم. در نهایت، می‌توانیم فریم‌های کلیدی  $S$  ( $N \geq S$ ) را دریافت کنیم، این فریم‌های کلیدی را به صورت  $f'' = \{f''_1, f''_2, \dots, f''_S\}$  تعریف می‌کنیم. روند الگوریتم انتخاب قاب کلید فعال ما در شکل ۱۹ نشان داده شده است. در آزمایش ما، مقدار پیش فرض  $Tf = 1.5$  است. اگر  $\varphi_i < Tf$ ، می‌توانیم قاب  $(i+1)$  آمین را حذف کنیم. این کار برای کاهش فریم‌های اضافی اهمیت زیادی دارد. الگوریتم انتخاب فریم کلید فعال به شرح زیر خلاصه می‌شود:

#### الگوریتم ۱ انتخاب فریم‌های کلیدی

ورودی:  $M$ ، فریم‌های جمع‌آوری شده از جریان ویدئو. خروجی: مجموعه‌ای از فریم‌های کلیدی انتخاب شده.

- ۱) از آشکارساز چهره برای کاهش فریم‌های اضافی از  $f$  استفاده کنید، سپس  $f'$  را بدست آورید.
- ۲) مقداردهی اولیه پارامتر: تعداد فریم‌های کلیدی  $K=1$ .
- ۳)  $\varphi_K$  را بر اساس فرمول (۱) محاسبه کنید. اگر  $\varphi_K < Tf$ ، فریم  $(K+1)$  آمین را حذف کنید.
- ۴)  $K = K + 1$ ، و تکرار مرحله ۳ تا  $K = N$ .
- ۵) فریم‌های کلیدی انتخاب شده  $f''$  را خروجی بگیرید.

فریم‌های کلیدی می‌توانند محتوای اصلی جریان ویدیویی را پوشش دهند و فریم‌های کلیدی محاسباتی می‌توانند زمان مصرف را کاهش دهند.



شکل ۱۹. فلوجارت الگوریتم انتخاب فریم کلیدی فعال ما

## ۲-۳. چارچوب تشخیص ماسک

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، روش سنتی تشخیص چهره می‌تواند به تخمین خوبی از چهره‌های واقعی دست یابد، اما نمی‌تواند چهره‌ها و ماسک‌های واقعی را تشخیص دهد. با الهام از [۱۴]، ما چارچوب تشخیص ماسک خود را بهبود می‌بخشیم.

برش عکس چهره: روش قبلی در [۱۴] از Dlib برای استخراج ویژگی‌های چهره برای دستیابی به تشخیص چهره استفاده می‌کرد. مشکل اصلی این روش این است که زمان زیادی برای استخراج ویژگی‌ها از یک تصویر صرف می‌شود. بنابراین مصرف زمان یکی از معایب اصلی در این روش است. یافتن چهره در یک تصویر یک کار وقت‌گیر است. به ویژه، زمانی که نسبت چهره در یک تصویر به اندازه کافی بزرگ نباشد، به عنوان مثال، اگر صورت تنها ۳۰ درصد از یک تصویر باشد، تشخیص چهره با استفاده از Dlib زمان‌بر است. بنابراین در این مقاله روش جدیدی برای کاهش زمان مصرف پیشنهاد می‌کنیم.

قبل از استخراج ویژگی‌های چهره، یافتن چهره‌ها و برش دادن آن مهم‌تر است. استفاده از ردیاب چهره برای یافتن چهره و برش، انتخاب خوبی برای کاهش زمان مصرف است. به طور مشخص، ابتدا از ردیاب چهره برای تشخیص چهره‌ها از توالی‌های تصویر استفاده می‌کنیم و زمانی که یک چهره را پیدا می‌کنیم، یک کادر محدود می‌کشیم. سپس، ما از Dlib برای استخراج ویژگی‌ها از کادر محدود که فقط شامل چهره‌ها است، استفاده می‌کنیم.

مدل احتمالی برای تشخیص ماسک: به منظور یادگیری توزیع مجموعه‌ای از ویژگی‌های چهره استخراج شده توسط Dlib، از مدل مخلوط گاوسی (GMM) استفاده می‌کنیم زیرا GMM برای یادگیری توزیع داده‌ها موثر است. برای هر ویژگی چهره، یک GMM 6 جزئی برای یادگیری توزیع آن استفاده می‌شود:

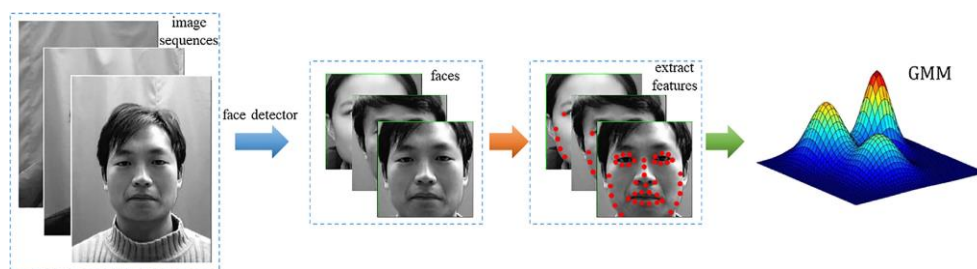
$$p(x | \pi_k, \mu_k, \Sigma_k) = \sum_{k=1}^6 \pi_k N(x; \mu_k, \Sigma_k) \quad (5)$$

در جایی که  $x$  نشان دهنده بردار ویژگی صورت ۱۲۸ بعدی برای هر صورت از مجموعه تمرینی ما است،  $\pi_k$  یک ضریب وزن است،  $N(x; \mu_k, \Sigma_k)$  نشان دهنده  $k$ -امین مولفه GMM است. پس از یادگیری GMM از مجموعه آموزشی، می‌توانیم چهره‌های واقعی و ماسک‌ها را تشخیص دهیم زیرا ویژگی‌های چهره‌های واقعی بسیار شبیه به مجموعه آموزشی است در حالی که ویژگی‌های ماسک‌ها بسیار متفاوت است. فلوجارت روش ما برای استخراج ویژگی‌های چهره و مجموعه داده‌های مدل در شکل ۲۰ نشان داده شده است. در مقایسه با روش قبلی، روش ما زمان مصرف را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، استفاده از ردیاب چهره و Dlib دقت تشخیص را بهبود می‌بخشد. چارچوب تشخیص ماسک به شرح زیر خلاصه می‌شود:

### الگوریتم ۲ تشخیص ماسک

ورودی : جریان ویدیویی جمع آوری شده از وب کم یا توالی تصویر. خروجی : تخمین اینکه آیا فرد ماسک می پوشد یا خیر.

- (۱) از آشکارساز چهره برای تشخیص چهره ها استفاده کنید و در هنگام پیدا کردن چهره، یک جعبه مرزی بکشید.
- (۲) از Dlib برای استخراج ویژگی‌های صورت از جعبه محدود تولید شده در مرحله ۱ استفاده کنید، جعبه محدودکننده فقط شامل یک چهره است.
- (۳) از GMM برای مدل سازی این مجموعه داده های تولید شده در مرحله ۲ استفاده کنید.
- (۴) چهره ها و نقاب های واقعی را تشخیص دهید.



شکل ۲۰. نمودار جریان روش ما برای استخراج ویژگی های چهره و مجموعه داده های مدل

### ۳-۳. تخمینی از رفتار یک فرد

بر اساس بحث های ما در بالا، سیستم ضد تقلب ما را می توان به این صورت خلاصه کرد: ابتدا، فریم های کلیدی با استفاده از الگوریتم انتخاب قاب کلیدی فعال ما انتخاب می شوند. سپس، GMM برای یادگیری توزیع مجموعه های آموزشی ما استفاده می شود. در نهایت، رفتار یک فرد را می توان با استفاده از مدل احتمالی ما تخمین زد.

### ۳-۴. نوآوری تحقیق

در این مقاله، ما یک مطالعه ابتکاری را ارائه می دهیم که دو کتابخانه برجسته، dlib و face-recognition را برای تبدیل فیلم‌ها به فریم و تشخیص تصاویر انسانی مقایسه می کند. ما نتایج به دست آمده از اجرای هر دو کتابخانه در حالت های تک رشته ای و چند رشته ای را برجسته می کنیم و پیشرفت‌ها را در این زمینه نشان می دهیم. هدف این مطالعه تنها مقایسه عملکرد این دو کتابخانه نیست، بلکه نوآوری در بهینه سازی اجرای آنها از طریق اجرای برنامه در حالت های تک رشته ای و چند رشته ای را نیز برجسته می کند.

کتابخانه dlib یک کتابخانه متن باز قدرتمند برای پردازش تصویر و بینایی ماشین است که توسط Davis King توسعه یافته است. این کتابخانه شامل مجموعه ای از ابزارها برای انجام وظایف مختلف پردازش تصویر، از جمله تشخیص چهره، ردیابی چهره، و تخمین حالت چهره است. کتابخانه dlib از دو روش مبتنی بر HOG (Histogram of Oriented Gradients) و CNN (Convolutional Neural Network) برای تشخیص چهره استفاده می کند. روش HOG برای استخراج ویژگی های ظاهری چهره از تصاویر به کار می رود، در حالی که روش CNN برای طبقه بندی تصاویر به عنوان چهره یا غیر چهره استفاده می شود.

کتابخانه face recognition یکی از ساده ترین کتابخانه های تشخیص چهره در جهان است که به ما امکان می دهد چهره ها را از پایتون یا خط فرمان تشخیص دهیم و با آنها کار کنیم. این کتابخانه با استفاده از قوی ترین فناوری تشخیص چهره موجود از dlib با شبکه عصبی

و مدل‌های یادگیری عمیق توسعه داده شده است. این ترکیب توسعه داده شده باعث شده است که این کتابخانه به دقت ۹۹.۳۸ درصد در معیار Faces Labeled in the Wild (LFW) یک پایگاه داده از عکس‌های چهره است که برای مطالعه مشکل تشخیص چهره بدون محدودیت طراحی شده است. این پایگاه داده توسط محققان دانشگاه ماساچوست، Amherst ایجاد و نگهداری می‌شود (Amherst مرجع خاص در بخش Acknowledgments هستند).

در برنامه نویسی، نحوه اجرای برنامه‌ها می‌تواند به دو صورت تک رشته‌ای (Single Thread) و چند رشته‌ای (Multi Thread) باشد. هر کدام از این روش‌ها مزایا و معایب خاص خود را دارند و انتخاب روش مناسب به عوامل مختلفی مانند نوع برنامه، نیازهای پردازشی و سخت افزار سیستم بستگی دارد. انتخاب روش مناسب برای اجرای برنامه به عوامل مختلفی مانند نوع برنامه، نیازهای پردازشی و سخت افزار سیستم بستگی دارد. به طور کلی، برای برنامه‌های ساده و سبک، استفاده از روش SingleThread مناسب‌تر است. اما برای برنامه‌های پیچیده و سنگین که نیاز به پردازش موازی دارند، استفاده از روش MultiThread می‌تواند کارایی و سرعت برنامه را به طور قابل توجهی افزایش دهد.

در روش اجرای تک رشته‌ای، برنامه فقط از یک رشته (Thread) برای انجام وظایف خود استفاده می‌کند. به عبارت دیگر، دستورات برنامه به صورت خطی و پشت سر هم اجرا می‌شوند. این نوع پیاده سازی ساده تر و قابلیت اشکال زدایی راحتی دارد اما نمی‌تواند به طور کامل از توان پردازشی سیستم استفاده کند و در صورت وجود پردازش‌های سنگین، اجرای برنامه بسیار زمان‌بر می‌شود. در روش اجرای چند رشته‌ای، برنامه از چندین رشته (Thread) برای انجام وظایف خود به صورت همزمان استفاده می‌کند. هر رشته می‌تواند به طور مستقل وظایف خود را انجام دهد و در صورت نیاز با سایر رشته‌ها تبادل اطلاعات کند. با وجود پیچیدگی پیاده سازی و اشکال زدایی در این روش، اما به دلیل استفاده کامل‌تر از توان پردازشی سیستم و قابلیت مدیریت پردازش‌های سنگین زمان اجرایی برنامه به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.

#### ۴. نتایج تجربی و تجزیه و تحلیل

در آزمایش ما، از دستگاه‌های تلفن همراه مختلفی برای فیلمبرداری استفاده شد: Huawei و Vivo X7، Huawei Honor V9 و Honor 8. مجموعه داده‌های آزمایشی ما حاوی ۵۰ ویدیو است، شامل ۱۰ ویدیو با تلفن‌های هوشمند، ۲۰ ویدیو با دوربین، ۲۰ ویدیو جمع‌آوری شده از کلیپ ویدیویی است و میانگین طول هر ویدیو ۲۵ ثانیه است. آزمایش ما روی رایانه شخصی مجهز به پردازنده Intel i7-6700H و رم ۱۶ گیگابایتی انجام شد. این سیستم بر اساس پلتفرم ++C پیاده سازی شده است.

##### ۴-۱. ارزیابی فریم کلیدی

(۱) ارزیابی کیفیت فریم کلیدی: یک الگوریتم انتخاب قاب کلید فعال در روش ما پیشنهاد شده است. در پیاده سازی خود، الگوریتم استخراج فریم کلیدی سه زمانه را پیشنهاد می‌کنیم. ابتدا، فریم‌های  $M$  را از جریان ویدئو دریافت می‌کنیم. سپس، پس از حذف فریم‌هایی که دارای چهره در این فریم‌های  $M$  نیستند، می‌توانیم  $N$  فریم را دریافت کنیم. در نهایت فریم‌های مشابه را در این  $N$  فریم حذف می‌کنیم تا بتوانیم فریم‌های  $S$  را به عنوان فریم کلیدی دریافت کنیم. ما فقط می‌توانیم از این فریم‌های کلیدی  $S$  برای تخمین رفتار یک فرد استفاده کنیم. ما الگوریتم انتخاب فریم کلیدی خود را روی مجموعه داده HMDB51 آزمایش می‌کنیم. نتیجه در شکل ۲۱ نشان داده شده است.

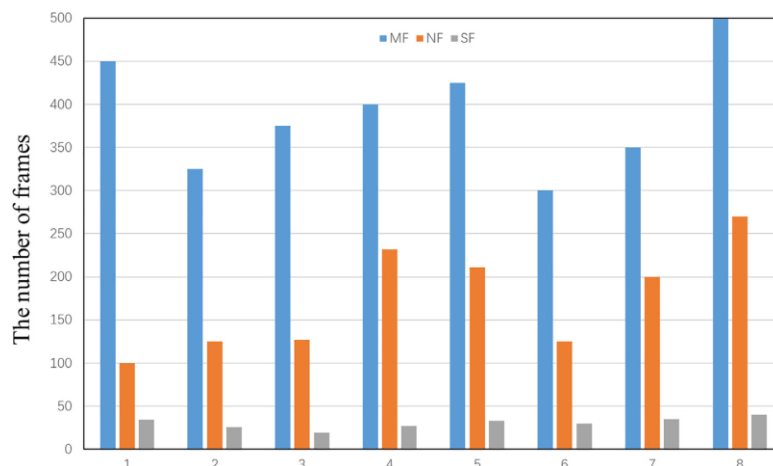
به منظور ارزیابی اثربخشی الگوریتم انتخاب فریم کلیدی، تعداد فریم‌ها را در طول فرآیند انتخاب فریم کلیدی محاسبه می‌کنیم. آزمایشات ما بر روی ۸ ویدیوی مختلف از مجموعه داده HMDB51 در شکل ۲۲ نشان داده شده است. همانطور که می‌بینیم، الگوریتم انتخاب

فریم کلیدی ما می‌تواند فریم‌هایی را انتخاب کند که دارای چهره هستند. علاوه بر این، تعداد فریم‌ها به شدت کاهش می‌یابد. آزمایش‌ها نشان می‌دهند که الگوریتم انتخاب قاب کلید فعال ما مؤثر است.

۲) مقایسه با سایر الگوریتم‌های انتخاب فریم کلیدی: به منظور برجسته کردن الگوریتم انتخاب فریم کلید فعال، الگوریتم خود را با دو الگوریتم انتخاب فریم کلیدی موجود مقایسه می‌کنیم. آنها عبارتند از (۱) OCFE [18] (2) DSVS [19]. OCFE یک الگوریتم انتخاب فریم کلیدی بر اساس خوشه بندی آنلاین است. OCFE از k-means برای به دست آوردن چند فریم کلیدی ابتدا استفاده می‌کند، سپس بقیه فریم‌ها به صورت تدریجی برای خوشه بندی گنجانده می‌شوند. DSVS یک فرهنگ لغت را از مجموعه‌ای از ویدئوها یاد می‌گیرد. سپس بر اساس آن، فریم‌های کلیدی از جریان ویدئو استخراج می‌شود.



شکل ۲۱. مجموعه‌ای از فریم‌های کلیدی انتخاب شده از مجموعه داده HMDB51.



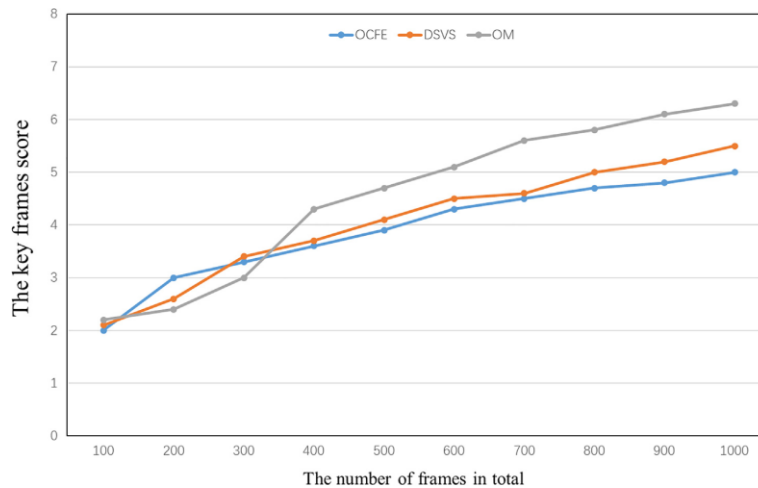
شکل ۲۲. الگوریتم انتخاب قاب کلید فعال ما در ۸ ویدیوی آزمایشی مختلف. MF تعداد فریم‌های ویدئویی استخراج شده برای اولین بار را نشان می‌دهد. NF تعداد فریم‌های ویدئویی استخراج شده برای بار دوم را نشان می‌دهد. SF تعداد فریم‌های ویدئویی استخراج شده برای سومین بار را نشان می‌دهد.

برای ارزیابی اینکه آیا فریم‌های کلیدی ما می‌توانند محتوای اصلی جریان ویدئو را به طور بهینه پوشش دهند، کیفیت فریم‌های کلیدی را ارزیابی می‌کنیم. به طور خاص، پس از به کارگیری الگوریتم ۱، می‌توانیم مجموعه‌ای از فریم‌های کلیدی را دریافت کنیم. همانطور که در

شکل ۵ نشان داده شده است، این فریم‌های کلیدی همگی دارای چهره هستند. چهره‌های مختلف، حالت‌های مختلف باید ویژگی‌های متفاوتی داشته باشند. بنابراین ما از فرمول (۳) برای ارزیابی کیفیت فریم‌های کلیدی استفاده می‌کنیم.

$$F_{score} = \frac{\omega}{s} \sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=1}^{128} (x_{ij} - x_{(i+1)j})^2 \quad (6)$$

در جایی که S تعداد فریم‌های کلیدی را نشان می‌دهد، ضریبی است که از نمره پایین جلوگیری می‌کند. در پیاده‌سازی ما،  $\omega = 10$  را تنظیم می‌کنیم. امتیاز بالاتر نشان دهنده کیفیت بالاتر فریم‌های کلیدی است زیرا تفاوت بین فریم‌های مجاور بزرگتر است در حالی که تعداد فریم‌های کلیدی S کوچکتر است. این فریم‌های کلیدی می‌توانند محتوای اصلی جریان ویدئو را به طور بهینه پوشش دهند و محاسبات کمتر خواهد بود. نتیجه سه الگوریتم انتخاب فریم کلیدی در شکل ۲۳ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۲۳ نشان داده شده است. هر چه تعداد فریم‌های ویدئویی بیشتر باشد، مزیت روش ما آشکارتر است. این به این دلیل است که روش ما می‌تواند فریم‌های کلیدی را که ویژگی‌های مشابهی دارند کاهش دهد.



شکل ۲۳. فریم‌های کلیدی در سه الگوریتم انتخاب فریم کلیدی مختلف امتیاز می‌گیرند. OM روش ماست.

#### ۴-۲. ارزیابی تشخیص ماسک

ما در آزمایش خود، ۱۵۰۰۰ تصویر را انتخاب کردیم که حاوی چهره‌های مختلف و عبارات مختلف از CAS-PEAL برای مدل سازی است. CAS-PEAL یک پایگاه داده چهره است که توسط موسسه فناوری محاسباتی، آکادمی علوم چین ساخته شده است. ما چارچوب تشخیص ماسک خود را در CAS-PEAL آزمایش می‌کنیم. ما ویژگی‌های چهره را با استفاده از Dlib از این تصاویر استخراج می‌کنیم. قابل توجه است که برخی از ویژگی‌های ماسک‌ها نیز می‌توانند توسط Dlib استخراج شوند. در آزمایش ما، هر ویژگی تصویر با یک بردار ۱۲۸ بعدی نشان داده می‌شود. در GMM تعداد مدل‌ها را ۶ قرار می‌دهیم، یعنی این تصاویر با توجه به ویژگی‌ها در ۶ دسته قرار می‌گیرند. از آنجایی که ویژگی‌های ماسک با چهره‌های واقعی بسیار متفاوت است، چگالی احتمالی کمتری از ماسک‌ها دریافت خواهیم کرد. برای به دست آوردن چگالی احتمالی مناسب از تصاویر آزمایشی، در پیاده‌سازی خود، پردازش داده‌های زیر را انجام می‌دهیم:

$$x'_i = x_i \times 10 \quad (i = 1, 2, \dots, 128) \quad (7)$$

در اینجا، هر ویژگی  $x_i$  را ۱۰ برابر گسترش می‌دهیم. و سپس، می‌توانیم یک چگالی احتمالی Pr را از GMM دریافت کنیم، اما معمولاً خیلی بزرگ یا خیلی کوچک است، بنابراین می‌توانیم چگالی احتمالی مناسب Pd را با فرمول (۵) بدست آوریم:

$$P_d = \log(\log(P_r) + 170) + 89.5 \quad (8)$$

ما یک آستانه  $T$  را برای تشخیص چهره ها و ماسک های واقعی تعیین می کنیم. در آزمایش خود، آستانه  $T = 94.88$  را تعیین کردیم. اگر چگالی احتمال  $P_d$  بزرگتر از آستانه  $T$  باشد، سیستم ما یک تصویر را به عنوان یک چهره واقعی قضاوت می کند، در غیر این صورت، سیستم ما آن را به عنوان یک ماسک قضاوت می کند. در آزمایش خود، ما از ۱۰ مجموعه تصویر آزمایشی برای ارزیابی چارچوب تشخیص ماسک خود استفاده می کنیم. هر مجموعه تصویر حاوی ۱۰۰ تصویر که شامل ۵۰ چهره و ۵۰ ماسک است. چهره های واقعی از CAS-PEAL هستند در حالی که ماسک ها از اینترنت جمع آوری شده اند. نتایج تجربی در جدول 4 نشان داده شده است.

جدول 4. نتیجه در ۱۰ مجموعه تصویر آزمایشی.

groups	No. of real faces	No. of masks	Correct rate
1	45	50	90%
2	47	50	94%
3	48	49	97%
4	46	50	92%
5	47	48	95%
6	47	50	94%
7	46	49	95%
8	49	50	98%
9	50	47	94%
10	48	48	96%

تجزیه و تحلیل پارامترهای کلیدی:

در کار ما، دو پارامتر کلیدی وجود دارد: (۱)  $K$ ، تعداد جزء در GMM. (۲)  $T$ ، آستانه تشخیص چهره ها و ماسک های واقعی.

مقادیر پیش فرض این دو پارامتر عبارتند از:  $T = 94.88$ ،  $K = 6$ . نتایج تحت پارامترهای مختلف در جدول ۵ نشان داده شده است.

(۱)  $K$  بزرگتر نرخ صحیح بالاتری را به همراه خواهد داشت، اما زمان مصرف به شدت افزایش می یابد. وقتی  $K = 6$  می توانیم عملکرد خوبی داشته باشیم. (۲) یک  $T$  بزرگتر ماسک های بیشتری را شناسایی می کند، اما متأسفانه تعداد چهره های واقعی که به درستی شناسایی شده اند در همان زمان کاهش می یابد. برای اندازه گیری تعادل دو شاخص،  $T = 94.88$  را تنظیم می کنیم.

جدول ۵. نتایج تحت پارامترهای مختلف

Parameters	$K = 4$	$K = 5$	$K = 6$	$K = 7$	$K = 8$
No. of real faces	40	43	45	46	46
No. of masks	50	50	49	50	48
Correct rate	80%	86%	94%	92%	94%
Parameters	$T = 94.84$	$T = 94.86$	$T = 94.88$	$T = 94.90$	$T = 94.92$
No. of real faces	50	50	48	46	45
No. of masks	45	48	50	50	50
Correct rate	90%	96%	96%	92%	90%

### ۳-۴. تحلیل مصرف زمان

در کار ما، مجموعه‌ای از چارچوب‌های کلیدی برای تخمین رفتار یک فرد استفاده می‌شود. زمان مصرف سیستم ما به شرح زیر است. الگوریتم انتخاب فریم کلید فعال ما بسیار سریع انجام می‌شود، اما آموزش GMM به دلیل الگوریتم تکراری EM (حدود ۸۰ ثانیه در رایانه شخصی ما) زمان بر است. با این حال، آموزش GMM را می‌توان به صورت آفلاین انجام داد، بنابراین در سیستم ما بسیار سریع انجام می‌شود. برای ویدیوهایی که توسط وب‌کم یا تلفن‌های هوشمند گرفته شده‌اند، مصرف زمان استخراج سه کلید زمانی برای هر ویدیو به ترتیب ۰.۵۲ ثانیه، ۰.۴۳ ثانیه، ۰.۷۴ ثانیه است. از آنجایی که میانگین طول هر ویدیو ۲۵ ثانیه است، سیستم ما می‌تواند زمان واقعی برای تخمین رفتار یک فرد داشته باشد.

### ۴-۴. تحلیل رفتار یک فرد

در نگاهی به گذشته، سیستم ضد تقلب ما شامل سه جزء کلیدی است: انتخاب قاب کلید، استخراج ویژگی و مدل احتمالی. در GMM، یک مقدار بیشتر منجر به کاهش احتمال تقلب می‌شود. در آزمایش خود، ۲۰ ویدیوی آزمایشی در دنیای واقعی را انتخاب کردیم که شامل ۱۰ ویدیو حاوی چهره واقعی و ۱۰ ویدیو حاوی ماسک است. نتیجه در جدول ۶ نشان داده شده است.

در جدول ۶، برچسب "۱" نشان دهنده چهره‌های واقعی است در حالی که برچسب "۰" نشان دهنده ماسک‌ها است. بدیهی است که سیستم ما می‌تواند ماسک‌ها را به طور دقیق قضاوت کند. به دلایلی، مانند روشنایی، وضعیت بدن و غیره، سیستم ما به اشتباه چهره واقعی را به عنوان یک ماسک قضاوت می‌کند. اما این مشکل را می‌توان با تشخیص دستی بیشتر برطرف کرد. شکی نیست که سیستم ضد کلاهبرداری ما می‌تواند کار دستی را تا حد زیادی کاهش دهد.

جدول ۶. نتیجه در ۲۰ ویدیوی آزمایشی.

Groups	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Label	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Result	94.90	94.89	94.94	94.87	94.89	94.95	94.92	94.89	94.91	94.92
Groups	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Label	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Result	94.84	94.32	94.81	94.79	94.87	94.86	94.83	94.38	94.85	94.82

### ۵-۴. ارزیابی نوآوری تحقیق

برای ارزیابی عملکرد دو کتابخانه dlib و face-recognition از یک ویدیو کوتاه به مدت ۱۸۰ ثانیه که تبدیل به ۱۵۰۲ فریم شده است، استفاده کرده‌ایم. ۱۵۰۲ فریم بدست آمده شامل ۹۲۱ فریم قابل تشخیص و حاوی تصویر صورت انسان است. این ویدیو یک پیش نمایش (Trailer) از یک فیلم سینمایی است که شامل تصاویر صورت انسان در صحنه‌ها، شرایط و نورهای متفاوت است و به ما کمک می‌کند که یک مجموعه از تصاویر متنوع را برای ارزیابی در اختیار داشته باشیم. ارزیابی کتابخانه‌ها با شرایط یکسان این امکان را به ما می‌دهد که بتوانیم عملکرد آن‌ها را در یک وضعیت یکسان مقایسه و بررسی دقیق کنیم.

نتایج بدست آمده از اجرای این دو کتابخانه در حالت تک رشته نشان می‌دهد هر دو کتابخانه توانسته‌اند با دقت قابل قبول و نزدیک به هم فریم‌های دارای چهره را شناسایی کنند. اما کتابخانه face-recognition با عملکرد حدوداً ۲ برابری فریم‌های چند چهره بیشتری را



توانسته است تشخیص دهد. علاوه بر این زمان اجرا face-recognition حدود ۲۵ درصد سریعتر از dlib بوده است. نتایج این آزمایش در جدول ۷ مشاهده است.

جدول ۷. نتایج اجرای دو کتابخانه face-recognition و dlib

face-regression	dlib	
530	442	تعداد تشخیص کل (تصاویر یک چهره و چند چهره)
68	35	تعداد تشخیص تصاویر چند چهره‌ای
۳۹۱	۴۷۹	تعداد تصاویر تشخیص داده نشده
303 s	398 s	مدت زمان اجرا تک رشته‌ای (ثانیه)
81 s	318 s	مدت زمان اجرا چند رشته‌ای (ثانیه)

در مرحله بعدی ما این دو کتابخانه را در حالت اجرای چند رشته‌ای مورد بررسی قرار دادیم. نتایج بدست آمده از این آزمایش در جدول زیر نشان می‌دهد که زمان اجرای هر دو کتابخانه کاهش یافته است اما این کاهش زمان در کتابخانه face-recognition بسیار چشم‌گیر تر است. کتابخانه face-recognition به دلیل بهره‌گیری از شبکه عصبی در ساختار خود توانسته است در مدت زمان بسیار کمتر حدوداً ۲۵ درصد کل زمان اجرای کتابخانه dlib، فریم‌ها را پردازش کند.

هر دو کتابخانه در تشخیص کل فریم‌های دارای چهره علاوه بر دقت و عملکرد بالا قادر به تشخیص تمامی فریم‌ها نشده‌اند. این می‌تواند به این خاطر باشد که در تبدیل ویدیو به فریم از آنجایی که انسان‌ها در حال حرکت هستند و حالت چهره آن‌ها تغییر می‌کند، بعضی از فریم‌ها کیفیت واضح و بالایی از چهره انسان ندارند. آزمایش پردازش و تشخیص چهره‌های درون تصاویر بر روی یک سیستم با مشخصات ۸ گیگ رم ddr4 3200mhz، سی پی یو اینتل نسل ۱۱ مدل i5-1135G7 با ۴ هسته و ۸ رشته پردازشی و همچنین فضای ذخیره سازی SSD m2 انجام شده است.

ما برای درک بهتر تفاوت روش‌های نوآوری انجام شده، یک داشبورد پایتون با استفاده از کتابخانه streamlit پیاده سازی کرده‌ایم. برای استفاده از این بخش به پیوست a مراجعه کنید. در این برنامه امکان ارسال ویدیو و اجرای کتابخانه‌های dlib و face-recognition در حالت‌های تک رشته‌ای و چند رشته‌ای بر روی ویدیو ارسال شده وجود دارد.

## ۵. نتیجه گیری

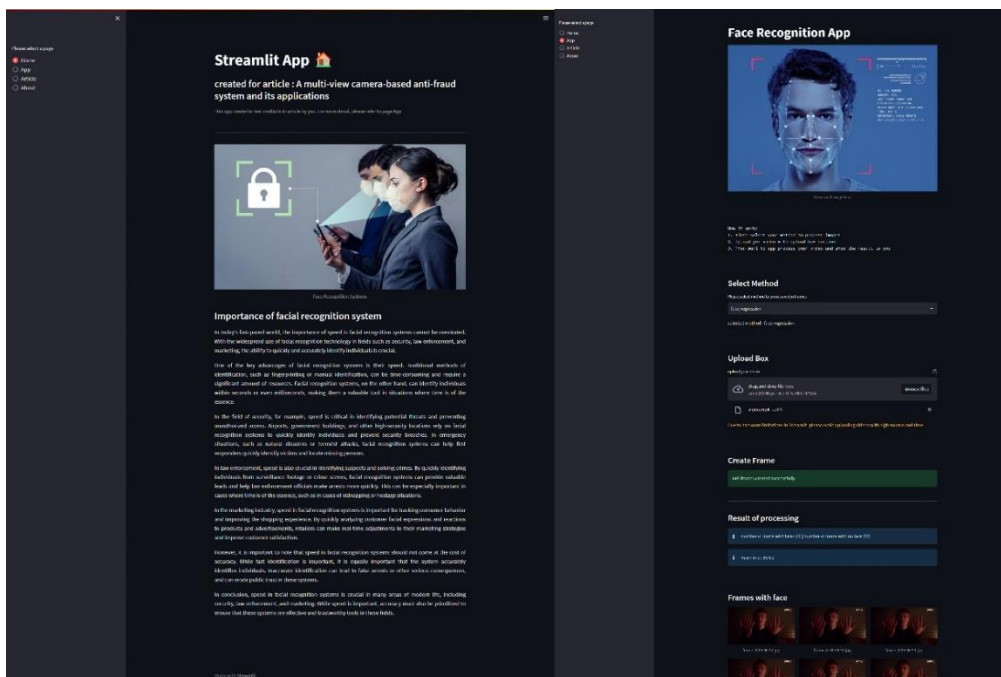
سیستم ضد تقلب یک تکنیک مهم در بینایی کامپیوتری [۲۰،۲۱،۲۲،۳۵،۳۶] و پردازش تصویر [۲۳،۲۴،۲۵،۲۶] است. در این مقاله، یک سیستم ضد کلاهبرداری مبتنی بر دوربین چند نمایی طراحی شده است که به طور موثر رفتار یک فرد را تخمین می‌زند. به طور ویژه، با توجه به مجموعه‌ای از مجموعه‌های ویدئویی، ابتدا از الگوریتم انتخاب فریم کلید فعال خود برای استخراج فریم‌های کلیدی استفاده می‌کنیم. پس از آن، ویژگی‌های چهره از فریم‌های کلیدی استخراج می‌شوند. در نهایت، مدل احتمالی ما برای تخمین رفتار یک فرد استفاده می‌شود. نتایج تجربی جامع کارایی روش ما را نشان می‌دهد.

در این فرایند یک اصل بسیار حیاتی سرعت و دقت تشخیص چهره و ویژگی‌های آن در فریم‌های استخراج شده است. با توجه به نتایج بدست آمده کتابخانه face-recognition توانست در حالت اجرای چند رشته‌ای عملکرد بسیار خوب و چشم‌گیری از خود ارائه دهد. این امر نشان دهنده آن است که با پیشرفته تکنولوژی و سیستم‌های پردازشی می‌توان با به‌روز رسانی روش پیاده سازی الگوریتم‌ها و برنامه‌های مختلف با روش‌های نوین، به دقت و سرعت پردازش بیشتری دست یافت و هزینه‌های زمان را کاهش داد.

## ۶. پیوست

پیوست a: تصاویر صفحات داشبورد پیاده سازی شده در شکل ۲۴ نشان داده شده است. با مراجعه به صفحه App از طریق نوار سمت چپ، دسترسی به بخش اجرایی کتابخانه‌ها را خواهید داشت. برای استفاده می‌توانید به لینک زیر مراجعه کنید.

<https://face-recognition.streamlit-app.ir>



شکل ۲۴. صفحات مختلف داشبورد streamlit

این تحقیق بر اساس مقاله پایه [A multi-view camera-based anti-fraud system and its applications](#) صورت گرفته است.

## منابع

- [1] L. Zhang, M. Wang, W. Li, R. Hong, M. Liu, An automatic three-dimensional scene reconstruction system using crowdsourced Geo-tagged videos, *IEEE Trans. Ind. Electron.* 62 (9) (2015) 5738-5746.
- [2] L. Zhang, Y. Xia, K. Mao, H. Ma, Z. Shan, An effective video summarization framework toward handheld devices, *IEEE Trans. Ind. Electron.* 62 (2) (2015) 1309-1316.
- [3] Wolf, W. (1996, May). Key frame selection by motion analysis. In *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1996. ICASSP-96. Conference Proceedings., 1996 IEEE International Conference on* (Vol. 2, pp. 1228-1231). IEEE.
- [4] S. Carlsson, J. Sullivan, Action recognition by shape matching to key frames. In *Workshop on models versus exemplars in computer vision* (Vol. 1, No. 18) (2001, December).



- [5] Y. Zhuang, Y., Rui, T.S., Huang, S. Mehrotra, Adaptive key frame extraction using unsupervised clustering, in: Image Processing, 1998. ICIP 98. Proceedings. 1998 International Conference on (Vol. 1, pp. 866-870). IEEE (1998, October).
- [6] L. Zhang, Y. Gao, R. Ji, Y. Xia, Q. Dai, X. Li, Actively learning human gaze shifting paths for semantics aware photo cropping, IEEE Trans. Image Process. 23 (5) (2014) 2235-2245.
- [7] L. Zhang, M. Song, Y. Yang, Q. Zhao, C. Zhao, N. Sebe, Weakly supervised photo cropping, IEEE Trans. Multimedia 16 (1) (2014) 94-107.
- [8] L. Zhang, M. Song, Q. Zhao, X. Liu, J. Bu, C. Chen, Probabilistic graphlet transfer for photo cropping, IEEE Trans. Image Process. 22 (2) (2013) 802-815.
- [9] L. Zhang, Y. Gao, R. Zimmermann, Q. Tian, X. Li, Fusion of multichannel local and global structural cues for photo aesthetics evaluation, IEEE Trans. Image Process. 23 (3) (2014) 1419-1429.
- [10] L. Zhang, Y. Han, Y. Yang, M. Song, S. Yan, Q. Tian, Discovering discriminative graphlets for aerial image categories recognition, IEEE Trans. Image Process. 22 (12) (2013) 5071-5084.
- [11] Baltrušaitis, T., Robinson, P., & Morency, L. P. (2016, March). Openface: an open source facial behavior analysis toolkit. In Applications of Computer Vision (WACV), 2016 IEEE Winter Conference on (pp. 1-10). IEEE.
- [12] P. Viola, M.J. Jones, Robust real-time face detection, Int. J. Comput. Vision 57 (2) (2004) 137-154.
- [13] P. Wang, Q. Ji, Multi-view face and eye detection using discriminant features, Comput. Vis. Image Underst. 105 (2) (2007) 99-111.
- [14] Z. Wang, H. Zhen-tao, P. Shu, T. Chen, Real-time mask detection in multimedia environment, Multimedia Tools Appl. (2017) 1-10.
- [15] Y. Chen, Y. Hu, L. Zhang, P. Li, C. Zhang, Engineering Deep Representations for Modeling Aesthetic Perception. IEEE Transactions on Cybernetics (2017).
- [16] Y. Chen, L. Zhang, X. Liu, C. Chen, Pedestrian detection by learning a mixture mask model and its implementation, Inf. Sci. 372 (2016) 148-161.
- [17] Y. Chen, T.V. Nguyen, M. Kankanhalli, J. Yuan, S. Yan, M. Wang, Audio matters in visual attention, IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. 24 (11) (2014) 1992-2003.
- [18] A. Bouguettaya, On-line clustering, IEEE Trans. Knowl. Data Eng. 8 (2) (Apr. 1996) 333-339.
- [19] Y. Cong, J. Yuan, J. Luo, Towards scalable summarization of consumer videos via sparse dictionary selection, IEEE Trans. Multimedia 14 (1) (Feb. 2012) 66-75.
- [20] L. Zhang, Y. Yang, Y. Gao, Y. Yu, C. Wang, X. Li, A probabilistic associative model for segmenting weakly supervised images, IEEE Trans. Image Process. 23 (9) (2014) 4150-4159.
- [21] L. Zhang, Y. Xia, R. Ji, X. Li, Spatial-aware object-level saliency prediction by learning graphlet hierarchies, IEEE Trans. Ind. Electron. 62 (2) (2015) 1301-1308.



- [22] L. Zhang, M. Song, Z. Liu, X. Liu, J. Bu, C. Chen, Probabilistic graphlet cut: exploiting spatial structure cue for weakly supervised image segmentation, in: Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. IEEE, Portland, pp. 1908-1915 (2013).
- [23] L. Zhang, Y. Gao, Y. Xia, Q. Dai, X. Li, A fine-grained image categorization system by cellet-encoded spatial pyramid modeling, IEEE Trans. Ind. Electron. 62 (1) (2015) 564-571.
- [24] L. Zhang, Y. Gao, Y. Xia, K. Lu, J. Shen, R. Ji, Representative discovery of structure cues for weakly supervised image segmentation, IEEE Trans. Multimedia 16 (2) (2014) 470-479.
- [25] L. Zhang, R. Hong, Y. Gao, R. Ji, Q. Dai, X. Li, Image Categorization by Learning a Propagated Graphlet Path, IEEE T-NNLS 27 (3) (2016) 674-685.
- [26] Z. Liu, Z. Wang, L. Zhang, R.R. Shah, Y. Xia, Y. Yang, X. Li, FastShrinkage: Perceptually-aware Retargeting Toward Mobile Platforms, in Proceedings of the 2017 ACM on Multimedia Conference (pp. 501-509). ACM (2017, October).
- [27] X. Yao, J. Han, D. Zhang, F. Nie, Revisiting Co-Saliency Detection: A Novel Approach Based on Two-Stage Multi-View Spectral Rotation Co-clustering, IEEE Trans. on Image Processing 26 (7) (2017) 3196-3209.
- [28] D. Zhang, D. Meng, J. Han, Co-saliency Detection via A Self-paced Multiple-instance Learning Framework, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 39(5): 865-878, 2017.
- [29] J. Han, D. Zhang, G. Cheng, N. Liu, D. Xu, Advanced Deep-Learning Techniques for Salient and Category Specific Object Detection: A Survey, IEEE Signal Process Mag. 35 (1) (2018) 84-100.
- [30] J. Han, R. Quan, D. Zhang, F. Nie, Robust Object Co-Segmentation Using Background Prior, IEEE Trans. Image Processing 27 (4) (2018) 1639-1651.
- [31] G. Cheng, C. Yang, X. Yao, L. Guo, J. Han, When Deep Learning Meets Metric Learning: Remote Sensing Image Scene Classification via Learning Discriminative CNNs, IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, 2018, DOI: 10.1109/TGRS. 2017.2783902.
- [32] Y. Long, F. Zhu, L. Shao, J. Han, Face recognition with a small occluded training set using spatial and statistical pooling, Inf. Sci. (2017).
- [33] Z. Liu, Q. Pan, J. Dezert, J.W. Han, Y. He, Classifier fusion with contextual reliability evaluation, IEEE Trans. Cybern. 48 (5) (2018) 1605-1618.
- [34] G. Cheng, P. Zhou, J. Han, Duplex metric learning for image set classification, IEEE Trans. Image Process. 27 (1) (2018) 281-292.



## کاربردهای هوش مصنوعی در پروژه های نفت و گاز به سمت توسعه پایدار

زینب حسن پور کبریا<sup>۱</sup>، یاشار قشقایی اصل<sup>۲</sup>  
<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد / دانشگاه قم، قم  
<sup>۲</sup> کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات / دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، اهواز

*Hasanpour\_zeynab2006@yahoo.com*

### چکیده

پروژه های ساخت و ساز نفت و گاز برای تامین تقاضای جهانی برای سوخت های فسیلی حیاتی هستند، اما خطرات و چالش های منحصر به فردی را نیز به همراه دارند که نیازمند رویکردهای نوآورانه هستند. هوش مصنوعی به عنوان یک فناوری امیدوارکننده برای مقابله با این چالش ها ظهور کرده است و این مطالعه کاربردهای آن را برای توسعه پایدار در صنعت نفت و گاز بررسی می کند. این تحقیق با استفاده از یک مرور ادبیات سیستماتیک، روندهای تحقیقاتی را از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ ارزیابی می کند. تجزیه و تحلیل دقیقی از اینکه چگونه هوش مصنوعی با ساخت و ساز نفت و گاز مطابقت دارد، ارائه می کند. در مجموع ۱۱۵ مقاله تحقیقاتی برای شناسایی مشارکت های اصلی بررسی شد و یافته ها نشان دهنده روند مثبت در تحقیقات هوش مصنوعی مرتبط با پروژه های ساخت و ساز نفت و گاز، به ویژه پس از سال ۲۰۱۶ است. این تحقیق در ارائه بینشی به امیدوارکننده ترین کاربردها و روش های هوش مصنوعی است که می تواند به توسعه پایدار در صنعت نفت و گاز کمک کند.

## ۱. مقدمه

با رشد چالش‌ها در صنعت نفت و گاز، فناوری‌های جدیدی برای به حداکثر رساندن عملکرد و کمک به برآورده کردن تقاضای فزاینده نفت و گاز معرفی می‌شوند. هوش مصنوعی<sup>۱</sup> یکی از فناوری‌های پیشرو در توسعه است. با این حال، در صنعت نفت و گاز برای به دست آوردن مزیت رقابتی و کاهش چالش‌هایی که پروژه‌های نفت و گاز مختلف در سراسر جهان با آن مواجه هستند، پذیرفته می‌شود (آیدافی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۲). این فناوری اتوماسیون پروژه‌های نفت و گاز را بهبود بخشیده است و قابلیت اطمینان را بیشتر می‌کند و ادغام فناوری دیجیتال را در فرآیند کلی حفظ می‌کند. صنایع نفت و گاز در سراسر جهان تنها در سال ۲۰۲۱ بیش از ۵ تریلیون دلار آمریکا تولید کردند و با رشد این صنعت، کمک بیشتری به اقتصاد جهانی خواهد کرد (ایلینسکی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۲).. این فناوری نقش بسزایی در توسعه پایدار جامعه دارد

به عنوان مثال، صنعت نفت و گاز به دلیل پیچیدگی‌های فزاینده عملیات و تقاضای بازار، که شرکت‌ها را به سمت اتخاذ روش‌های پیشرفته‌تر نسبت به روش‌های سنتی سوق می‌دهد، به پایداری بالایی نیاز دارد (وايو<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). انتظار می‌رود هوش مصنوعی هر جنبه‌ای از پروژه‌های صنعت نفت و گاز را بهبود بخشد، اما نمی‌توان از ایرادات آن چشم‌پوشی کرد (پیشگر<sup>۵</sup> و همکاران ۲۰۲۱). توسعه سریعی که در هوش مصنوعی در حال انجام است ممکن است منجر به به خطر انداختن حریم خصوصی و همچنین کاهش نیازهای منابع انسانی در صنایع آینده شود. برای توسعه فزاینده هوش مصنوعی بسیار مهم است زیرا مشاغل مختلفی را که به منابع انسانی وابسته هستند تهدید می‌کند و در صورت سوء استفاده بد از آن می‌تواند به راحتی اقتصاد را مختل کند. هوش مصنوعی باید برنامه‌های جدیدی را بگشاید که انسان‌ها قبلاً هرگز انتظارش را نداشتند و روندهای پایداری در مقیاس جهانی به تدریج در حال تغییر هستند. کاربردهای عمده‌ای در هر صنعت از جمله نفت و گاز خواهد داشت. علیرغم جنبه‌های منفی آن، به دلیل افزایش الزامات پایداری، در صنعت مدرن و پروژه‌های ساختمانی مورد نیاز است (خالد<sup>۶</sup> و همکاران ۲۰۲۱). در نهایت، می‌توان انتظار داشت که هوش مصنوعی به اجرای اهداف توسعه پایدار در پروژه‌های نفت و گاز کمک کند و آنها را برای هر ذینفع قابل تحمل‌تر کند (لی<sup>۷</sup> و همکاران ۲۰۲۱).

برخی بررسی‌های مرتبط با کاربردهای هوش مصنوعی در بخش نفت و گاز منتشر شده‌اند، اما این بررسی‌ها بر روی بهبود راه‌حل‌ها برای چالش‌هایی که پروژه‌های نفت و گاز فعلی با آن مواجه هستند، تمرکز نمی‌کنند. رویکردهای سنتی که بیشتر در پروژه‌های ساخت و ساز نفت و گاز مورد استفاده قرار می‌گیرد، بهره‌وری را به طور قابل توجهی بهبود نمی‌بخشد (وايو و همکاران، ۲۰۲۰) تقاضای آکادمیک برای تحقیق نیز در حال افزایش است، همراه با افزایش نیاز به ادبیات متمرکز بر هوش مصنوعی. بیشتر متون بر اهمیت هوش مصنوعی در پروژه‌های نفت و گاز به دلیل فقدان کامل مطالعات جامع که می‌تواند به منابع انسانی مرتبط با پروژه‌های صنعت نفت و گاز کمک کند تا این فناوری را اتخاذ کنند، تأکید می‌کند. همچنین نیاز به اطلاعات بیشتر در مورد تکنیک‌های هوش مصنوعی و رویکردهای واقع بینانه وجود دارد که می‌تواند برای بهبود نتایج در صنعت نفت و گاز مورد استفاده قرار گیرد. دانستن کاربردهای عملی هوش مصنوعی در پروژه‌های نفت و گاز که آنها را به سمت توسعه پایدار هدایت می‌کند، کاملاً دشوار است. بنابراین، اهداف مطالعه عبارتند از: از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ (سپتامبر)، روند انتشار سالانه هوش مصنوعی در پروژه‌های نفت و گاز به سمت توسعه پایدار چگونه است؟

## ۲. پیشینه نظری

هوش مصنوعی تلاشی است برای ایجاد سیستم‌های رایانه‌ای که قادر به انجام فعالیت‌هایی هستند که معمولاً به عقل انسان نیاز دارند. هوش مصنوعی مزایای بالقوه زیادی در تجارت نفت و گاز دارد، از اکتشاف و حفاری گرفته تا تولید و توزیع. به دلیل قیمت پایین نفت، رقابت بیشتر و نیاز به اتخاذ شیوه‌های پایدار، استفاده از هوش مصنوعی در پروژه‌های نفت و گاز در سال‌های اخیر قابل توجه‌تر شده است. منظور ما از «توسعه پایدار» در بخش نفت و گاز، اتخاذ سیاست‌ها و رویه‌هایی است که به صنعت اجازه می‌دهد ضمن حفاظت از محیط

<sup>1</sup> Artificial Intelligence

<sup>2</sup> Al Dhaif

<sup>3</sup> Iliinski

<sup>4</sup> Vaio

<sup>5</sup> Pishgar

<sup>6</sup> Khalid W, Soleymani

<sup>7</sup> li

زیست برای نسل‌های آینده، نیازهای فعلی انرژی خود را برآورده کند. هوش مصنوعی ممکن است با افزایش کارایی، کاهش ضایعات و تقویت حفاظت از کارگران به رشد پایدار در این بخش کمک کند. هوش مصنوعی می‌تواند کارایی حفاری را بهبود بخشد، ضایعات را کاهش دهد و برآوردهای دقیق تری از پیامدهای زیست محیطی ارائه دهد (واپو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این، طبق برآوردهای اخیر، مشخص شده است که صنایع جهانی نفت و گاز حدود ۳ درصد از تولید ناخالص داخلی جهان را تشکیل می‌دهند و در ده سال آینده، انتظار می‌رود که این میزان به بیش از ۵ درصد افزایش یابد (لیل فیلو<sup>۲</sup> و همکاران ۲۰۲۲). این به دلیل تحولاتی است که در صنعت نفت و گاز در حال وقوع است که از میلیون‌ها شغل همراه با بهبود در دسترس بودن انرژی پشتیبانی می‌کند که بر اساس آن صنعت جهانی در حال اجزاست. ایالات متحده سهم عمده‌ای در توسعه صنعت نفت و گاز دارد و به همین دلیل است که سازمان‌های بخش دولتی و خصوصی شروع به سرمایه‌گذاری در افزایش استفاده از آخرین فناوری کردند تا بتوانند به راحتی تولید را افزایش دهند و کارها و پروژه‌ها به طور کارآمد انجام دهند. (کومار و باروا<sup>۳</sup> ۲۰۲۲). به عنوان مثال، ایالات متحده مقرراتی را برای پیاده‌سازی هوش مصنوعی برای استخراج نفت و گاز تصویب کرده است و به دلیل محدودیت‌های فناوری‌های فعلی که در این صنعت پذیرفته شده است، هنوز در حال توسعه است. در سال ۲۰۲۱، دولت ایالات متحده حدود ۵۲.۹ میلیارد دلار برای ترکیب هوش مصنوعی در بخش‌های مختلف صنعتی سرمایه‌گذاری کرد، در حالی که دولت بریتانیا ۴.۶ میلیارد دلار آمریکا کمک کرد. چین همچنین در صنعت جهانی پیشرو است و ۱۷.۲ میلیارد دلار در توسعه فناوری هوش مصنوعی به بالاترین سطح و افزایش کاربردهای آن در پروژه‌های نفت و گاز سرمایه‌گذاری کرد (کیم<sup>۴</sup> و همکاران ۲۰۲۲). اقتصادهای توسعه‌یافته باید روی چنین فناوری‌هایی سرمایه‌گذاری کنند، زیرا این تنها راهی است که صنعت می‌تواند در حالی که در بازار بسیار رقابتی باقی می‌ماند، پیشرفت کند (جیاو<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۹).

### ۳. روش تحقیق

این مقاله مبتنی بر اجرای مرور سیستماتیک برای دستیابی به اهدافی است که در مقدمه ارائه شده است. این روش شامل ارزیابی در پنج مرحله متوالی است که بر تمام عوامل گنجانده‌شده مورد نیاز برای انتخاب مقالات تحقیقاتی و سپس بررسی آنها تمرکز دارد مرحله اول انتخاب اهداف است. سپس به سمت انتخاب پایگاه‌های اطلاعاتی مناسب مقالات پژوهشی می‌رود. پایگاه‌های اطلاعاتی تحقیقاتی معتبر برای این مطالعه انتخاب شدند تا قابلیت اطمینان تجزیه و تحلیل و افزایش دقت در شناسایی کلمات کلیدی (هوش مصنوعی (AI))؛ پروژه‌های نفت و گاز؛ توسعه پایدار؛ بررسی ادبیات سیستماتیک) افزایش یابد. مقالات پژوهشی سازگار، با توجه به عوامل ورود به مطالعه و همچنین در مورد صفحه کلید، برای مرور سیستماتیک گنجانده شده است. آخرین مرحله شامل استخراج داده‌ها است تا بتوان آن‌ها را تجزیه و تحلیل کرد. از آنجایی که این تحقیق بر شناسایی تأثیر هوش مصنوعی بر پروژه‌های ساخت و ساز نفت و گاز متمرکز است، همچنین جهت جمع‌آوری داده‌ها از مقالات نمایه‌شده در پایگاه‌های اطلاعاتی Scopus، Google Scholar و ScienceDirect بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ استفاده شده است. انتخاب این دهه بیشتر با توسعه و تکامل سریع فناوری هوش مصنوعی و کاربردهای آن پشتیبانی می‌شود.

### ۴. یافته‌های پژوهش

#### ۴-۱ نقش هوش مصنوعی برای پروژه‌های نفت و گاز

تمام مقالات درگیر در مرور سیستماتیک برای همزمانی کلمات کلیدی درگیر در عنوان چکیده در هر مقاله تحقیقاتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. پیوندهای بین هوش مصنوعی و مداخلات مرتبط معرفی شده در این فصل تنها با تجسم اطلاعاتی مانند نقشه شبکه قابل ارزیابی است.

<sup>1</sup> Vaio

<sup>2</sup> Leal Filho

<sup>3</sup> Kumar S, Barua

<sup>4</sup> Kim

<sup>5</sup> Jiao

#### ۴-۱-۱ پروژه های نفت و گاز به سمت پایداری

ماهیت پیچیده پروژه های ساخت و ساز نفت و گاز، رقابت آنها را با پایداری مطلوب بسیار دشوار می کند. بنابراین، هر فرآیندی که در ساخت پروژه های نفت و گاز اجرا می شود باید با حداکثر پایداری مطابقت داشته باشد تا به ذینفعان مربوطه کمک کند پس از تکمیل وظایف، سود ببرند (دمیتروسکی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). محیط پرخطر بر ساخت پروژه های نفت و گاز تأثیر منفی می گذارد و ارتباط مهمی با نگرانی های اقتصادی و زیست محیطی دارد. اغلب اوقات، زمانی که این پروژه ها تحت کنترل شرکت های ساختمانی بزرگ آغاز می شوند، کاملاً ممکن است که پروژه ها با تأخیرهای قابل توجهی روبرو شوند و در نهایت پایداری را مختل کنند (الظیف<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۲). در چند سال اخیر، کار توسعه قابل توجهی برای بهبود چرخه عمر پروژه در بخش ساخت و ساز نفت و گاز انجام شده است، زیرا تنها راهی است که می توان هزینه ساخت و ساز را کاهش داد و نگهداری آن را مقرون به صرفه تر کرد. (دمیتروسکی و همکاران، ۲۰۲۱). هر فعالیتی که در پروژه ساخت و ساز نفت و گاز انجام می شود مستقیماً بر چرخه عمر محصول تأثیر می گذارد و در نهایت پایداری را در صورت عدم نظارت صحیح کاهش می دهد (باگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). تعیین جهت هر پروژه نفت و گاز به سمت پایداری با ابزارهای سنتی بسیار دشوار است. با این حال، در هر مرحله ساخت و ساز، اتخاذ روش هایی که به دور از رویکردهای مرسوم هستند، تبدیل به یک روایت مهم می شود. هر پروژه نفت و گاز از سه مرحله اصلی چرخه عمر پروژه می گذرد: ساخت، بهره برداری و ساخت و ساز (چوبی و کارماکار، ۲۰۲۱؛ پیشگر و همکاران، ۲۰۲۱). بخش های زیر شامل تحلیل انتقادی پروژه های نفت و گاز در راستای پایداری در هر یک از این فازها می شود.

#### ۴-۱-۱-۱ مرحله ساخت و ساز

قبل از شروع هر فرآیند ساخت و ساز، همیشه مهم است که برنامه ها و برنامه ریزی منابع لازم را توسعه و بسط داد، زیرا می تواند به راحتی به کمک کند تا بهره وری بهتری داشته باشند. در بخش نفت و گاز، همیشه کمبود استراتژی های مستند وجود دارد، که منجر به از دست دادن کارایی از نقطه نظر پایداری زمانی که هر پروژه نفت و گاز در مرحله ساخت است گردد (کاپلو<sup>۴</sup>، ۲۰۲۰). به این دلیل است که در شیوه های مدیریت پروژه، استراتژی های مستند شده همیشه مورد نیاز است، زیرا هوش مصنوعی موجب کاهش هزینه و افزایش مدیریت زمان مفید می گردد و در عین حال بر بهبود زمان بندی منابع نیز تمرکز می کنند. تکنیک های جدید مختلفی در شیوه های مدیریت محصول معرفی می شوند و طراحی های لازم قبل از شروع کار ساخت و ساز تکمیل می شوند (الیچ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). با این حال، در نهایت، اثربخشی همه این تلاش ها به استراتژی و ابزار اصلی اتخاذ شده توسط نیروی کار مدیریت پروژه بستگی دارد. کاهش ضایعات یکی از اهداف مهم پایداری در فاز ساخت و ساز است زیرا زمانی که زباله در پروژه های نفت و گاز به محیط زیست رها می شود، پیامدهای شدیدی برای اکوسیستم کلی دارد (شن و همکاران، ۲۰۲۱). به صورت معمول این پروژه ها به دلیل ماهیت پروژه های ساخت و ساز نفت و گاز در خشکی و فراساحل آغاز می شوند (آگو<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). به دلیل مطالعات مختلفی که تحت مدیریت پروژه در طول فاز ساخت و ساز نفت و گاز انجام شده است، اینها از نقطه نظر عملی در هر فعالیت در کار ساخت و ساز کاربرد مستقیم دارند. یکی دیگر از جنبه های مهم آشکار شده توسط ادبیات موجود، انعطاف پذیری است، که سازگاری را با موقعیت های مختلفی که در آن پروژه های ساختمانی می توانند آغاز شوند و اینکه چگونه این پروژه ها می توانند کار ساخت و ساز نفت و گاز را به پایداری کامل نزدیک کنند، ارتقا می دهد (وانگال<sup>۷</sup>، ۲۰۲۱). از منظر آینده، تحولات اخیر در فاز ساخت و ساز نفت و گاز ممکن است قابلیت اطمینان بیشتری در بهبود انطباق با محیط زیست و همچنین

<sup>1</sup>Dmitrievsky

<sup>2</sup> Al Dhaif

<sup>3</sup>Bag

<sup>4</sup> Capello

<sup>5</sup> Elijah

<sup>6</sup> Agwu

<sup>7</sup> Vaangal



افزایش تأثیر اقتصادی داشته باشد. هر راهبردی که از نتایج تحقیقات قابل توجه ناشی شود، همیشه کارایی فاز ساخت و ساز را در آینده ارتقا خواهد داد. همچنین به کاهش حوادث ساختمانی کمک می‌کند

#### ۴-۱-۲ مرحله عملیات

هنگامی که ساخت پروژه‌های نفت و گاز به پایان می‌رسد، همیشه برای آنها مهم است که عملیاتی را که برای آن ساخته شده اند آغاز کنند. شدت و پیچیدگی فرآیند کلی درگیر در مرحله عملیاتی همان چیزی است که در ساخت و ساز بود. با این حال، خطرات از منظر پایداری جدید هستند و به استراتژی‌های قوی‌تری نیاز دارند (خان و همکاران ۲۰۲۰؛ محمود و همکاران ۲۰۱۹). در پروژه‌های ساخت و ساز نفت و گاز زمانی که فاز فعال را سپری می‌کنند، همیشه احتمال شکست عملیات وجود دارد زیرا در نهایت با نیروهای طبیعت برای استخراج سوخت‌های فسیلی سروکار دارند. چندین پیشرفت در شواهد نظری در طول دهه گذشته انجام شده است. دلیل آن افزایش تولید نفت و گاز در سراسر جهان است (سالیم<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۲). روش‌های مدیریت عملیاتی مدرن می‌توانند به طور کامل با مدیریت کیفیت جامع مرتبط باشند یا به طور خاص با عملیات سفارشی‌سازی شده مرتبط باشند که در آن استراتژی‌ها می‌توانند به طور قابل توجهی از تحقیقات نظری متفاوت باشند (ابراهیم و الکتاتنی<sup>۲</sup>، ۲۰۲۲).

در مرحله عملیاتی پروژه‌های نفت و گاز، بحرانی‌ترین جنبه تجربه می‌شود، زیرا به خطبندی مناسب منابع و ساده‌سازی بیشتر فرآیند کمک می‌کند، که به هر ذینفع آسیب نمی‌زند. (اورت<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۱) تأکید قابل توجهی از دیدگاه عملیاتی در تحقیقات است که به ایمنی مربوط است و در نهایت بدون حفاظت، پایداری وجود ندارد. بیشتر توسعه‌ها در طول فاز فعال پروژه اتفاق می‌افتد، زیرا تا زمانی که ساختار مدیریت به طور کامل تغییر نکند، نمی‌توان چالش‌های خاصی را در چرخه عمر محصول اجرا کرد. به این دلیل است که کارایی سیستم‌های عملیات کلی به عوامل داخلی و خارجی بستگی دارد که همیشه خطر عدم اطمینان را به بالاترین سطح می‌رساند (کالینین<sup>۴</sup> و همکاران ۲۰۲۱). روش عملیاتی پیامدهای مستقیمی برای پایداری دارد، که همچنین به استفاده مؤثر از فناوری جدید مرتبط برای کمک به رساندن پایداری به بالاترین سطح و در نهایت بهبود مدیریت عملیات پروژه‌های نفت و گاز اشاره می‌کند.

#### ۴-۱-۳ مرحله تخریب

از بین بردن پروژه‌های نفت و گاز پس از تکمیل چرخه عمر آنها شروع می‌شود زیرا در پایان نیازهای عملیاتی آنها، بازیافت مواد کاملاً مهم است. به این دلیل است که ساخت پروژه‌های نفت و گاز با استفاده از فلزات به عنوان مواد اولیه ساختاری تکمیل می‌شود که می‌تواند به راحتی مطابق با الزامات انجام شود. (فیدر<sup>۵</sup>، ۲۰۲۱) به دلیل میلیاردها دلار سرمایه‌گذاری در پروژه‌های نفت و گاز، بازیافت آنها رابطه مستقیمی با توانایی دارد، زیرا در نهایت منافع زیست‌محیطی را بهبود می‌بخشد و این نوع چرخه عمر محصول را به‌طور مناسب حفظ می‌کند (محمود<sup>۶</sup>، ۲۰۱۸). استفاده از هر روش تخریب مستقیماً بر محیط زیست تأثیر می‌گذارد زیرا در نهایت هیچ راهی برای کاهش اثرات زیست‌محیطی زمانی که اکتشاف هر سازه‌ای زیاد باشد وجود ندارد (احمد و همکاران ۲۰۲۱). اما در واقع پیشرفت قابل توجهی در چند سال اخیر صورت گرفته است که منجر به معرفی روش‌های دیگری شده است که کار تخریب را آسان‌تر می‌کند (اشرف<sup>۷</sup> و همکاران ۲۰۲۰؛ باقری و همکاران ۲۰۲۱). به عنوان مثال، پس از اتمام کار تخریب سازه، همیشه هدف اصلی چرخه عمر محصول تعطیلی چاه‌هایی است که نفت و گاز را تامین می‌کنند. با این حال، واقعیت پذیرفته شده از تحقیقات موجود این است که روش‌های تخریب نیاز به پیشرفت‌های قابل توجهی دارند تا با فناوری مرتبط‌تر شوند که می‌تواند پایداری را برای ساخت پروژه‌های نفت و گاز به ارمغان آورد. پیامدهایی از نیاز تحقیق فعلی برای

<sup>1</sup> Salem

<sup>2</sup> Ibrahim, Elkhatny S

<sup>3</sup> Oort e

<sup>4</sup> Kalinin

<sup>5</sup> Feder

<sup>6</sup> mahmood

<sup>7</sup> ashraf

بهبود روش اتخاذ شده برای برنامه ریزی کار تخریب در پروژه های نفت و گاز وجود دارد (اورت و همکاران، ۲۰۲۱). با استفاده از این فناوری، هوش مصنوعی سطح بالایی از اتوماسیون را فراهم کرده است و این امکان را فراهم می کند تا تمام کارهای مدیریتی به طور مناسب خودکار شوند. همچنین با این فناوری می توان فرآیند تحلیل داده ها را بهبود بخشید (جیاو و همکاران، ۲۰۲۱) چالش‌هایی که در پروژه‌های ساخت‌وساز نفت و گاز از منظر تعاملی ایجاد می‌شود، توسط هوش مصنوعی مدیریت می‌شود و باعث صرفه‌جویی زیادی در مصرف منابع می‌شود که با هزینه پروژه‌های نفت و گاز متناسب است. از منظر آینده، انتظار می رود که هوش مصنوعی به طور قابل توجهی تغییرات اتصالات را مدیریت کند. این امر ساخت پروژه های نفت و گاز را به سمت پایداری سوق می دهد

#### ۴-۱-۳ غیرقابل پیش بینی بودن

عوامل خطر مختلفی در پروژه های ساخت و ساز نفت و گاز وجود دارد و بیش از ۶۰ درصد از این عوامل خطر مربوط به ایمنی کارگران است، چنین پروژه هایی دارای سطح بالایی از غیرقابل پیش بینی بودن هستند که نمی توان با استفاده از رویکردهای مدیریت ریسک سنتی مانند ارزیابی کمی ریسک ساده مدیریت کرد (پو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). قبل از شروع کار ساخت و ساز، همیشه یکی از فعالیت های مهم در پروژه های نفت و گاز ایجاد تجزیه و تحلیل دید گسترده و توسعه یک روش موثر برای بهبود هر جنبه از پروژه ساختمانی بدون استفاده از کارایی در زمان و هزینه است (نگاش<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۸) از آنجایی که عدم قطعیت ها همیشه منجر به شکست و مسائل مدیریت ایمنی در پروژه های نفت و گاز می شود، همواره توصیه می شود با تکیه بر رویکردهای پیش بینی و به حداقل رساندن تنش با کمک فناوری. انجام گیرد. بر اساس مطالعات انجام شده اتکا به کلان داده و تجزیه و تحلیل اطلاعات در طول ساخت پروژه‌های نفت و گاز با کمک هوش مصنوعی می‌تواند کارایی را بهبود بخشد و همچنین چالش‌های معمول را به حداقل برساند (لوکین<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۸) بنابراین، زمانی که عدم قطعیت ها زودتر شناسایی شوند، به استفاده از توجه و انرژی نیروی کار برای حیاتی ترین وظایف کمک می کند و زمان را برای مدیریت ریسک ها تلف نمی کند.

#### ۴-۱-۴ فردیت

هر پروژه ساختمانی در صنعت نفت و گاز با یکدیگر متفاوت است. این تفاوت ها به افزایش فردیت در پروژه های ساختمانی کمک می کند که در آنها رویکردهای خاصی حتی اگر در گذشته موفقیت آمیز بوده باشند، قابل اجرا نیستند. وقتی این اتفاق می‌افتد، به طور خودکار چالش‌های مدیریت پروژه را افزایش می‌دهد و کنترل پایداری پروژه ساخت‌وساز عملاً دشوار می‌شود، که نیاز به رفتار فردی متفاوت دارد. آماده سازی ابزارهای سخت افزاری و نرم افزاری سفارشی تا پروژه با موفقیت به پایان برسد. (فنگ<sup>۴</sup> و اولکاگا، ۲۰۲۱). ویژگی های هر گروه از منابع انسانی شاغل در پروژه های ساخت و ساز نفت و گاز متفاوت است و تجربه و مهارت های ارتباطی آنها به افزایش شانس موفقیت کمک می کند. تأثیر بر پایداری در سطح بیشتری است زیرا ریشه کن کردن فردیت از بخش ساخت و ساز تقریباً غیرممکن است. یک مثال رایج از تفاوت در کیفیت کار را می توان زمانی در نظر گرفت که دو پیمانکار متفاوت در یک پروژه کار می کنند. تنوع خدماتی که به افزایش شانس موفقیت و حفظ خط مشی مدیریت پروژه بهتر کمک می کند به در نظر گرفتن عامل فردیت هنگام برنامه ریزی بستگی دارد (راموس و آکانجی ۲۰۱۷). سیستم‌های هوش مصنوعی به این دلیل مهم هستند که به مدیریت جنبه فردی پروژه‌های ساخت‌وساز نفت و گاز کمک می‌کنند و همچنین به منابع انسانی کمک می‌کنند تا توجه خود را بر روی فعالیت‌های حیاتی متمرکز کنند. توانایی های خاصی از منابع انسانی به طور کارآمد به حداقل رساندن خطر به خطر انداختن بالقوه پروژه ها کمک می کند (لی و جیانگ<sup>۵</sup>، ۲۰۱۷). سیستم های هوش

<sup>1</sup> Poh

<sup>2</sup> Negash

<sup>3</sup> Loeken

<sup>4</sup> Feng

<sup>5</sup> Li and Jiang

مصنوعی به طور مداوم چشم انداز کلی ساخت و ساز در بخش نفت و گاز را متحول می کنند، که به روایتی مهم برای بهبود ویژگی ها و توانایی های منابع انسانی تبدیل شده است.

#### ۴-۱-۵ هوش مصنوعی و ارزیابی پایدار

هوش مصنوعی به دلیل افزایش محبوبیت و کاربردهای آن در هر زمینه ای از زندگی، روند تکاملی قابل توجهی را طی می کند. توسعه مداوم در بخش هوش مصنوعی در حال انجام است زیرا هیچ فناوری در حال ظهور نیست و هوش مصنوعی آینده بشریت و حامی انقلاب صنعتی چهارم در نظر گرفته می شود. (روی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). بر اساس آخرین تحقیقات دریافته شده است که هوش مصنوعی به دلیل توانایی آن در تصمیم گیری دقیق تر، در مقطعی در آینده از هوش انسانی پیشی خواهد گرفت. هنجار ادغام انسان و ماشین یکی از دلایل مهم اتخاذ روش های موثر توسعه فناوری هوش مصنوعی و ایجاد رشد پایدار برای همه برنامه هایی است که در مهندسی بسیار مهم هستند. سیستم بازخورد منسجم مرتبط با هوش مصنوعی در طول زمان آن را بهبود می بخشد و از قابلیت های آن برای ایجاد محاسبات شناختی و ارائه سطح واقعی تری از قضاوت اطمینان می دهد (احمد و همکاران ۲۰۲۱؛ احمد و همکاران ۲۰۲۱). از این منظر، هوش مصنوعی محدودیت خاصی برای سفارشی سازی ندارد، زیرا همه پیشرفت ها همیشه با حمایت از بشریت در توسعه فناوری جدید و افزایش توسعه پایدار مرتبط هستند.

از هر دیدگاه پایداری، همیشه این باور وجود دارد که مزایا باید با اقتصاد، فرهنگ و محیط زیست مرتبط باشد. به همین دلیل، هوش مصنوعی توانسته است تمام عناصر پایداری را برآورده کند زیرا قدرت تصمیم گیری مناسبی دارد که باعث بهبود بیشتر خواهد شد. درگیر کردن مصرف کنندگان در سراسر مرزهای اجتماعی نیز یک مزیت قابل توجه است که اهرمی را برای مشاغل ایجاد می کند، خواه آنها در صنعت ساخت و ساز فعالیت کنند (جیو و همکاران، ۲۰۲۱). اکثر مدیران پروژه و سایر طرفهای قرارداد همیشه تصمیم می گیرند تا مؤثرترین تکنیک هایی را اتخاذ کنند که می تواند در زمان صرفه جویی کند و ریسک های احتمالی را کارآمدتر از انسان ها شناسایی کند چشم انداز بهبود پایداری ساخت و ساز بسیار زیاد است زیرا هوش مصنوعی با بهبود روزانه نتایج مؤثرتری را به همراه خواهد داشت. ارزش هوش مصنوعی مربوط به پروژه های ساخت و ساز نفت و گاز در اینجا مورد بحث قرار می گیرد. (سالازار-رینا و همکاران ۲۰۲۲؛ جفری و کریگان، ۲۰۲۰).

#### نتیجه گیری

بررسی مطالعات نشان می دهد پیشرفت های مبتنی بر هوش مصنوعی تأثیر چشمگیری در ایجاد تحول در پروژه های ساخت و ساز نفت و گاز و پایداری تر کردن آنها ایجاد کرده است. مداخلات مشاهده شده در ادبیات موجود و اهمیت آنها در بهبود عملی پروژه های ساخت و ساز نفت و گاز ارائه شده است. هوش مصنوعی خروجی بسیار موثری در پایدار ساختن پروژه های ساخت و ساز نفت و گاز از نظر اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی دارند. هوش مصنوعی، در بخش نفت و گاز می تواند با پذیرش ایده های اقتصاد دایره ای مانند باز یافت و استفاده مجدد از مواد، به گذار به اقتصاد کم کربن کمک کند. از این رو، یک چارچوب نظری جدید متناسب با نقش هوش مصنوعی در پروژه های نفت و گاز مسئول زیست محیطی ممکن است تصور شود. با هوش مصنوعی، پروژه های نفت و گاز ممکن است کارآمدتر اجرا شوند و منابع هدر رفته مانند انرژی را کاهش دهند. استفاده از آب در شکستگی هیدرولیکی ممکن است با استفاده از فناوری هوش مصنوعی تا حد امکان به حداقل برسد. خطرات عملیات نفت و گاز ممکن است با استفاده از هوش مصنوعی بهتر شناسایی و کاهش یابد. هوش مصنوعی ممکن است با ارزیابی داده ها در مورد شرایط محیطی و خطرات احتمالی برای مشخص کردن نقاط داغ و ارائه هشدارهای اولیه قبل از وقوع حوادث، به ارزیابی ریسک کمک کند. هوش مصنوعی می تواند به رشد منابع انرژی تجدیدپذیر مانند خورشید و باد کمک کند. تجارت نفت و گاز ممکن است وابستگی خود به سوخت های فسیلی و اثرات زیست محیطی آن را با سرمایه گذاری در منابع انرژی تجدیدپذیر به حداقل برساند. استفاده از هوش مصنوعی برای کمک به انتخاب های زیست محیطی مسئولانه در بخش نفت و گاز امکان پذیرتر می شود. هوش

<sup>1</sup> rui



مصنوعی ممکن است با ارزیابی داده‌های مربوط به پیامدهای اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی به سهامداران در انتخاب‌های پایدار کمک کند.

#### منابع

- Agwu OE, Akpabio JU, Alabi SB, Dosunmu A (2018) Artificial intelligence techniques and their applications in drilling fluid engineering: a review. *J Pet Sci Eng* 167(2):300-315
- Ahmed A, Elkatatny S, Ali A (2021) Fracture pressure prediction using surface drilling parameters by artificial intelligence techniques. *J Energy Resour Technol* 143(3):20
- Al Dhaif R, Ibrahim AF, Elkatatny S (2022) Prediction of surface oil rates for volatile oil and gas condensate reservoirs using artificial intelligence techniques. *J. Energy Resour. Technol.* 144(3):23-45
- Ashraf U et al (2020) Controls on reservoir heterogeneity of a shallow-marine reservoir in Sawan gas field, SE Pakistan: implications for reservoir quality prediction using acoustic impedance inversion. *Water* 12(11):2972
- Bag S, Pretorius JHC, Gupta S, Dwivedi YK (2021) Role of institutional pressures and resources in the adoption of big data analytics powered artificial intelligence, sustainable manufacturing practices and circular economy capabilities. *Technol Forecast Soc Change* 163(3):120420
- Bagheri H, Tanha AA, DoulatiArdejani F, Heydari-Tajareh M, Larki E (2021) Geomechanical model and wellbore stability analysis utilizing acoustic impedance and reflection coefficient in a carbonate reservoir. *J. Pet. Explor. Prod. Technol.* 11(11):3935-3961
- Capello MA (2020) Technology focus: field development (September 2020). *J Pet Technol* 72(09):64-64
- CastroPena ML, Carballal A, Rodriguez-Fernandez N, Santos I, Romero J (2021) Artificial intelligence applied to conceptual design: a review of its use in architecture. *Autom. Constr.* 124:503-550
- Di Vaio A, Palladino R, Hassan R, Escobar O (2020) Artificial intelligence and business models in the sustainable development goals perspective: a systematic literature review. *J Bus Res* 121:283-314
- Di Vaio A, Hassan R, Palladino R (2023) Blockchain technology and gender equality: a systematic literature review. *Int J Inf Manage* 68(5):502-517
- Elijah O et al (2021) A survey on industry 4.0 for the oil and gas industry: upstream sector. *IEEE Access* 9(2):438-468
- Elwan M et al. (2021) Automated well production and gas lift system diagnostics and optimization using augmented AI approach in a complex offshore field. In *Proceedings—SPE Annual Technical Conference and Exhibition*.
- Feder J (2021) Will this be the decade of full digital twins for well construction? *J Pet Technol* 73(03):34-37
- Ghorbani Z, Behzadan AH (2021) Monitoring offshore oil pollution using multi-class convolutional neural networks. *Environ Pollut* 289(2):78-84
- Gupta D, Shah M (2022) A comprehensive study on artificial intelligence in oil and gas sector. *Environ Sci Pollut Res* 29(34):984-997
- Hassan O (2020) Artificial intelligence, Neom and Saudi Arabia's economic diversification from oil and



gas. Polit q 91(1):222-227

Ibrahim AF, Elkatatny S (2022) Real-time GR logs estimation while drilling using surface drilling data; AI

application. Arab J Sci Eng 47(9):11187-11196

Jiao Z, Jia G, Cai Y (2019) A new approach to oil spill detection that combines deep learning with unmanned aerial vehicles. Comput Ind Eng 135(2):1300-1311

Khalid W, Soleymani I, Mortensen NH, Sigsgaard KV (2021) AI-based maintenance scheduling for offshore oil and gas platforms. In *2021 annual reliability and maintainability symposium (RAMS)*, p 1-6.

Kim J, Han S, Seo Y, Moon B, Lee Y (2022) The development of an AI-based model to predict the location

and amount of wax in oil pipelines. J Pet Sci Eng 209:799-813

Kumar S, Barua MK (2022) Sustainability of operations through disruptive technologies in the petroleum

supply chain. Benchmarking Int J 29(5):1640-1676

Leal Filho W et al (2022) Deploying digitalisation and artificial intelligence in sustainable development research. Environ. Dev. Sustain. 1(1):12-23

Li H, Yu H, Cao N, Tian H, Cheng S (2021) Applications of artificial intelligence in oil and gas development.

Arch Comput Methods Eng 2(2):1

Mahmoud A, Elkatatny S, Chen W, Abdurraheem A (2019) Estimation of oil recovery factor for water drivesandy reservoirs through applications of artificial intelligence. Energies 12(19):3671

Negash BM, Vasant PM, Jufar SR (2018) Application of artificial neural networks for calibration of a reservoirmodel. Intell Decis Technol 12(1):67-79

Olukoga TA, Feng Y (2021) Practical machine-learning applications in well-drilling operations. SPE Drill

Complet 36(04):849-867

Paul J, Merchant A, Dwivedi YK, Rose G (2021) Writing an impactful review article: what do we know and

what do we need to know? J Bus Res 133(8):337-340

Poh CQX, Ubeynarayana CU, Goh YM (2018) Safety leading indicators for construction sites: a machine learning approach. Autom Constr 93(7):375-386

Rui Z et al (2017) Development of industry performance metrics for offshore oil and gas project. J Nat Gas Sci Eng 39(4):44-53

Salem AM, Yakoot MS, Mahmoud O (2022) Addressing diverse petroleum industry problems using machine learning techniques: literary methodology—spotlight on predicting well integrity failures. ACS Omega 7(3):2504-2519

Sami NA, Ibrahim DS (2021) Forecasting multiphase flowing bottom-hole pressure of vertical oil wells using three machine learning techniques. Pet Res 6(4):417-422

Schia MH, Trollsas BC, Fyhn H, Ladre O (2019) The introduction of AI in the construction industry and its

impact on human behavior. In *27th annual conference of the international group for lean construction, IGLC 2019*, p 903-914.

Shen F, Ren SS, Zhang XY, Luo HW, Feng CM (2021) A digital twin-based approach for optimization and prediction of oil and gas production. Math Probl Eng 2021(3):1-8



Sinha B, Roy S, Bhagat M (2020) Sustainable green policy by managing flare gas recovery: a case with middle east oil and gas industry. *Vis J Bus Perspect* 24(1):35-46

Tra V, Duong B-P, Kim J-M (2019) Improving diagnostic performance of a power transformer using an adaptive over-sampling method for imbalanced data. *IEEE Trans Dielectr Electr Insul* 26(4):1325-1333

Turnbull D, Chugh R, Luck J (2021) Learning management systems: a review of the research methodology literature in Australia and China. *Int J Res Method Educ* 44(2):164-178

Vaangal K (2021) Legal status of offshore (deep-water) oil rigs: coastal state jurisdiction and countering oil spills threats. *Lex Portus* 7(5):10

van Oort E, Chen D, Ashok P, Fallah A (2021) Constructing Deep Closed-Loop Geothermal Wells for Globally Scalable Energy Production by Leveraging Oil and Gas ERD and HPHT Well Construction Expertise. Day 2 Tue 2021:10

Wang L, Du W, Chu S, Shi M, Li J (2021) Intelligent science and technology assists safety culture construction. In *2021 international conference on advanced enterprise information system (AEIS)*, p 40-43.



## پیش‌بینی رفتارهای توپولوژیکی مدل آیزینگ در شبکه مربع بر اساس الگوریتم‌های یادگیری عمیق

حسین عبدالملکی<sup>۱</sup>، نیره مجد<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> گروه الگوریتم و محاسبات / دانشکده علوم مهندسی / پردیس دانشکدگان فنی / دانشگاه تهران، تهران  
<sup>۲</sup> گروه الگوریتم و محاسبات / دانشکده علوم مهندسی / پردیس دانشکدگان فنی / دانشگاه تهران، تهران

ایمیل نویسنده مسئول ([Naymajd@ut.ac.ir](mailto:Naymajd@ut.ac.ir))

### چکیده

شبکه‌های اسپین کوانتومی آرایشی از اسپین‌ها در بستر توپولوژیکی هستند. بر اساس انواع آرایش اسپین در ابعاد توپولوژیکی 1D/2D/3D، و همچنین هامیلتونی سیستم (با توجه به قدرت اندرکنش بین اسپین همسایه‌ها در حضور میدان‌های مغناطیسی خارجی)، سیستم مورد بررسی رفتارهای متفاوتی در مرحله ماکروسکوپی پدیدار خواهد نمود. در این مقاله به بررسی قابلیت شبکه‌های عصبی یادگیری عمیق در تشخیص رفتار و پیش‌بینی فازهای مختلف شبکه‌های اسپینی برای هامیلتونی مدل آیزینگ می‌پردازیم. در این هامیلتونی میدان مغناطیسی خارجی را همگن و شرایط مرزی متناوب را برای شبکه‌های توپولوژیکی مربعی دوبعدی روی یک چنبره در نظر گرفتیم. دو مدل یادگیری شبکه عصبی کانولوشن (CNN) و شبکه عصبی چند لایه (MLNN) را با هم مقایسه شد و نتایج خود را در یادگیری مقایسه نمودیم. در بررسی انجام شده هر دو روش یادگیری دقت و عملکرد خطای یکسانی را در نتایج یادگیری خود نمایان ساختند.

**واژه‌های کلیدی:** شبکه‌های اسپینی کوانتومی، هامیلتونی، یادگیری عمیق، مدل آیزینگ

## ۱. مقدمه

شبکه‌های اسپین معمولاً جزو کلاس‌های اساسی و مورد علاقه در یادگیری ماشین هستند. در این مقاله سعی بر آن است تا ساختار مدل دوبعدی آیزینگ در شبکه مربعی با شرایط مرزی تناوبی در میدان مغناطیسی یکنواخت را معرفی نماییم. سوال اصلی سطح بالا که ما قصد داریم به آن بپردازیم، مطالعه تاثیر میدان مغناطیسی خارجی بر شبکه اسپین مدل آیزینگ با اندازه محدود است. [۱-۶]

مدل آیزینگ یک مدل ریاضی فرومغناطیس در مکانیک آماری است. این مدل متشکل از متغیرهای گسسته ای است که ممان های دو قطبی مغناطیسی "اسپین" های اتمی را نشان می دهد که می تواند در یکی از دو حالت (+۱ یا -۱) باشد. اسپین ها روی شبکه دو بعدی با شرط مرزی تناوبی قرار گرفته اند. هر اسپین با همسایگان خود تعامل دارد. رفتار فیزیکی سیستم اسپینی تمایل دارد که در کمترین حالت انرژی خود قرار گیرد. اما گرما و دمای سیستم این تمایل را مختل می کند و می تواند امکان فازهای ساختاری مختلف را ایجاد کند. مدل دو بعدی آیزینگ شبکه مربعی یکی از ساده ترین مدل های آماری برای نشان دادن انتقال فاز است.

یادگیری ماشینی را می توان زیرمجموعه ای از هوش مصنوعی در نظر گرفت. عمدتاً شامل یادگیری تحت نظارت، یادگیری بدون نظارت و یادگیری تقویتی است [۱۲]. در این مقاله، تمرکز ما بر یادگیری تحت نظارت است. یادگیری نظارت شده عمدتاً از مدل های رگرسیون، مدل های طبقه بندی و شبکه های عصبی (NN) تشکیل شده است.

در این مقاله از دو روش شبکه عصبی عمیق (DNN)، MLNN و CNN برای طبقه بندی شبکه اسپین آیزینگ در حضور و تأثیر میدان مغناطیسی خارجی بر روی اسپین های شبکه استفاده می کنیم.

بقیه این مقاله به شرح زیر تنظیم شده است:

- معرفی مدل آیزینگ با پارامترهای ماکروسکوپی آن در بخش دوم
- بیان شبکه های عصبی در بخش سوم
- نتیجه گیری و نتایج شبیه سازی در بخش چهارم آمده است

## ۲. شبکه آیزینگ دوبعدی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت

در این بخش به بررسی تئوری حاکم بر هامیلتونی مدل آیزینگ در زیر بخش اول می پردازیم و سپس در زیربخش بعدی به شبیه سازی این مدل می پردازیم.

### ۲-۱. هامیلتونی آیزینگ دو بعدی تحت میدان مغناطیسی خارجی یکنواخت

در مدل آیزینگ، هر اسپین  $S_i$  در پیوند یا سایت  $i$  در شبکه دوبعدی مربعی با شرایط مرزی تناوبی در همه جهات محلی می تواند مقادیر  $\pm 1$  را اخذ نماید (شکل ۱). هامیلتونی آیزینگ که بیانگر انرژی کل سیستم است در رابطه (۱) نشان داده شده است. [۱-۴]

$$E(S) = -J \sum_{\langle i,j \rangle} s_i s_j - h \sum_i s_i \quad (1)$$

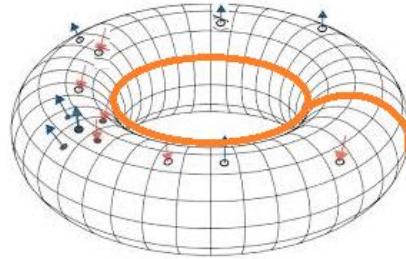
پیکربندی یک مدل آیزینگ مشخصه جهت گیری هر اسپین آن (تخصیص مقادیر به متغیر  $S_i$ ) برای تمام لینکها یا سایتها در سیستم است. برای اهداف ما، پیکربندیها «عکس‌های فوری» از سیستم هستند که شبیه‌ساز ما آن‌ها را در حافظه نگه می‌دارد، مانند بردار حاوی  $\pm 1$  در ورودی آن برای تعیین حالت کلیه اسپین های قرار گرفته در مکان های  $i$  است.

- هر پیکربندی سیستم را با  $S$  مشخص می کنیم.
- هر پیکربندی  $S$  دارای انرژی  $E(S)$  است.
- برای سیستم های کلاسیک در تماس با یک منبع گرمایی با دمای  $T$ ، احتمال  $P$  یافتن سیستم در پیکربندی  $S$  است.

$$P(S) = e^{-\beta E(S)} / \sum e^{-\beta E(S)}$$

که در آن  $\beta = 1/(kT)$  است که در آن  $k$  ثابت بولتزمن می باشد.





شکل ۱. تصویری از یک چنبره سه بعدی که نماینده یک شبکه دو بعدی با شرایط مرزی تناوبی است.

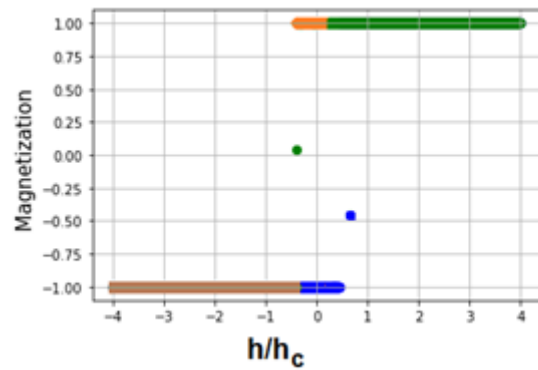
در مدل آیزینگ پارامترهای میکروسکوپی در جدول ۱ عنوان شده است که می‌تواند به عنوان ورودی برای شبکه‌های عصبی یادگیری عمیق مورد استفاده قرار گیرد، جایی که هسته تحقیق ما است.

جدول ۱. پارامترهای مورداستفاده در شبیه‌سازی مدل آیزینگ.

<i>i</i>	<i>sign</i>	<i>Description</i>
1	<b>H,E</b>	Energy or Hamiltonian of a spin lattice configuration
2	<b>J</b>	Coupling spin exchange
3	<b>S</b>	A vector of spins
4	<b><i>S<sub>i</sub></i></b>	Spin in link or site <i>i</i> , which can take values $\pm 1$
5	<b><i>S<sub>j</sub></i></b>	Four neighbors of <i>S<sub>i</sub></i>
5	<b><i>h</i></b>	Strength of external magnetic field
6	<b><i>T</i></b>	Temperature

فازهای مختلف مدل آیزینگ در یک میدان خارجی یکنواخت می‌تواند مانند شکل ۲ رفتار کند. همانطور که در شکل مشاهده می‌کنیم ۴ کلاس در فازهای مختلف در این نوع تعامل وجود دارد. کلاس ۱ با رنگ قهوه‌ای، رنگ آبی کلاس ۲، رنگ نارنجی کلاس ۳ و رنگ سبز کلاس ۴. کلاس ۱ و ۴ به ترتیب دارای مغناطیس منفی و مثبت هستند. اگرچه کلاس ۲ و ۳ به ترتیب دارای مغناطیس منفی و مثبت هستند، اما می‌توان آنها را به ترتیب در مغناطش افزایشی و کاهشی تولید کرد. رفتار تحلیلی مدل آیزینگ در یک میدان خارجی را می‌توان با تئوری میدان میانگین توضیح داد و انتقال فاز آماری این مدل در میدان مغناطیسی بحرانی و دما با فرمول (۲) بررسی می‌شود [۱-۵]:

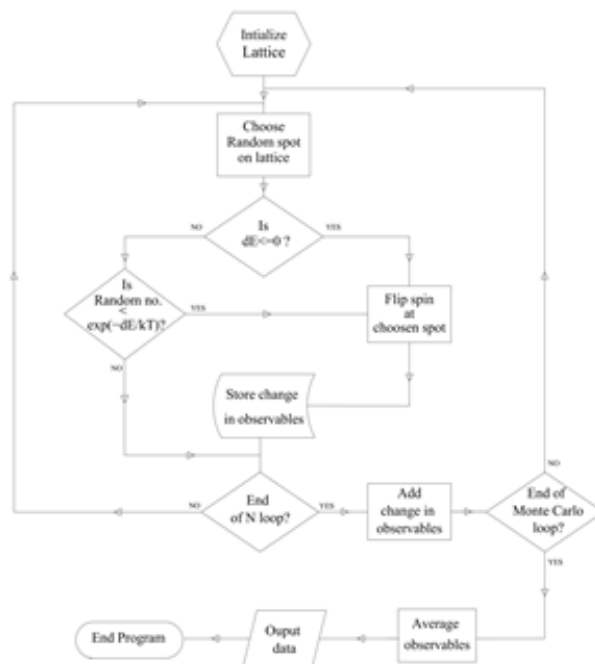
$$T_c = \frac{2J}{k}, \quad h_c = 2J \quad (2)$$



شکل ۲. فازهای مختلف مدل آیزینگ تحت میدان مغناطیسی خارجی.

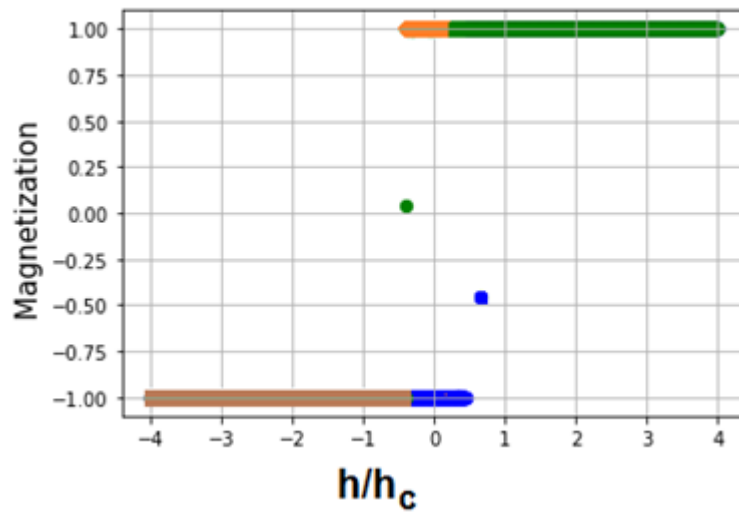
## ۲-۲. شبیه سازی هامیلتونی آیزینگ دو بعدی

در دهه‌های گذشته تلاش‌های زیادی توسط محققین برای شبیه‌سازی مدل آیزینگ توسط برنامه‌های کامپیوتری صورت گرفته است که در بین آنها پس از روش‌های مکانیک آماری، تولید داده‌های نمونه مونته‌کارلو دقیق‌ترین و قابل قبول‌ترین روش توسط محققان است، بنابراین بدون صرف زمان بر روی روش‌ها، الگوریتم متروپولیس مونته‌کارلو را برای داده‌های نمونه انتخاب می‌کنیم. فلوجارت تولید داده بر این اساس در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. فلوجارت الگوریتم مونت کارلومتروپولیس.

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، ما می‌توانیم به تعداد نمونه داده ای که برای فرآیند شبیه سازی خود نیاز داریم راه، تولید نماییم. این تولید مجموعه داده‌ها بر اساس الزامات مطالعه ما در شبکه عصبی است. با تغییر میدان مغناطیسی در محدوده  $[-4, 4]$  پیکربندی‌های داده‌های نمونه در چهار کلاس مختلف مغناطیسی قرار می‌گیرند که با چهار رنگ آبی، سبز، نارنجی و قهوه‌ای در شکل ۴ نشان داده شده است.

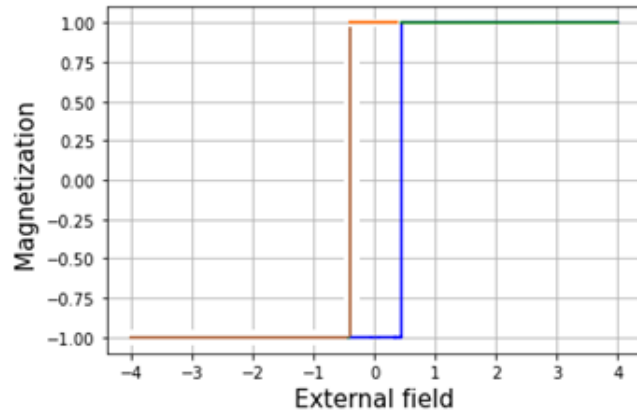


شکل ۳. فازهای مختلف شبکه اسپینی آیزینگ دوبعدی در میدان مغناطیسی خارجی.

که در آن طبقات مختلفی از پیکربندی شبکه اسپین را بر اساس تأثیر میدان مغناطیسی خارجی ترسیم کرده‌ایم. بدون دخالت در سایر جنبه‌های کاربردی این شبیه‌سازی، یک سوال نظری خالص این است که چگونه می‌توان کلاس یک پیکربندی اسپین معین را بدون محاسبه مغناطش یا انرژی آن با فرمول همیلتونی تعیین کرد. همانطور که می‌دانیم وظیفه روش‌های یادگیری ماشین مخصوصاً نقش شبکه عصبی در حل چنین معضلی است. بنابراین در نهایت ناگزیر باید از الگوریتم یادگیری ماشینی استفاده کنیم تا به راحتی بر این مشکل غلبه کنیم. بنابراین در بخش بعدی، از دو روش یادگیری عمیق، روش‌های MLNN و CNN کاملاً متصل چندلایه برای پیش‌بینی و کشف یک کلاس پیکربندی شبکه اسپین به طور مستقیم و بدون محاسبات اضافی استفاده می‌کنیم.

### ۳. شبکه عصبی

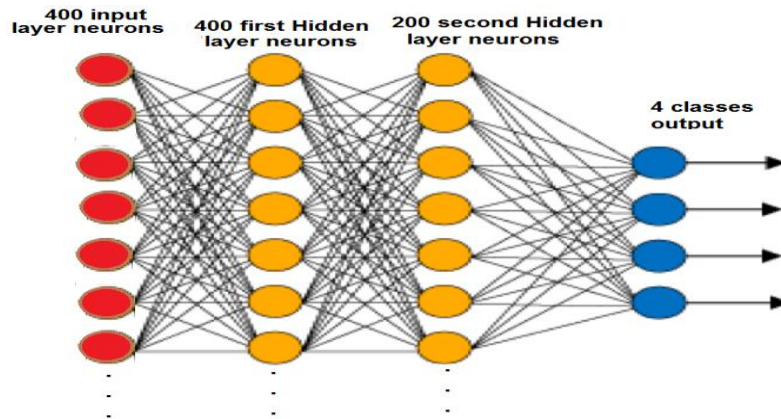
در این بخش برای شبیه‌سازی، ابتدا نمونه‌های داده را برای آموزش و تست شبکه تولید می‌کنیم. به دلیل پیچیدگی زمانی باید یک شبکه مربع کوچک به اندازه  $I_x \times I_y = 20 \times 20$  با ۴۰۰ اسپین انتخاب می‌کنیم و برای هر یک از این شبکه‌ها در دمای ثابت با میدان متغیر حرکت می‌کنیم. محدوده تغییر میدان خارجی از  $4+$  تا  $4-$  برای ۵۰۰۰ هزار نمونه است، و بطور بالعکس از  $4-$  تا  $4+$  برای ۵۰۰۰ هزار نمونه دیگر در مجموع ما ۱۰۰۰۰ هزار داده‌ی نمونه به عنوان مجموعه داده‌های یادگیری و آزمایش داریم. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است می‌دانیم که نمونه‌ها در چهار کلاس بر اساس پیکربندی اسپینی آنها قرار می‌گیرند. اما این شبکه ما است که باید یاد بگیرد که آنها را با موفقیت طبقه‌بندی کند. همانطور که قبلاً ذکر شد تصمیم داریم این طبقه‌بندی را با دو شبکه عصبی مختلف بررسی کنیم تا از صحت عملکرد شبکه عصبی خود مطمئن شویم. بنابراین ما از دو روش، شبکه عصبی کانولوشن و شبکه متوالی چندلایه (شکل ۵) استفاده کردیم، نتیجه نشان می‌دهد که این دو شبکه تقریباً به طور مشابه برای این مجموعه داده عمل می‌کنند و پارامترهای یادگیری و آزمایش را تنظیم می‌کنند. خلاصه‌ای از هر روش در [۷] ذکر شده است. در ابتدا نتایج مدل MLNN را در شکل‌های ۶ و ۷ بازگو می‌نماییم.



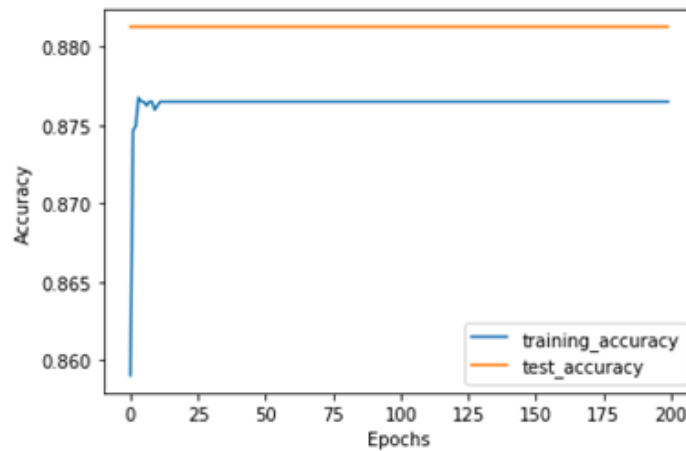
شکل ۴. فازهای مختلف شبکه اسپینی آیزینگ دوبعدی با توجه به فلوجارت الگوریتم مونت کارلو متروپولیس.

### ۳-۱. شبیه سازی MLNN

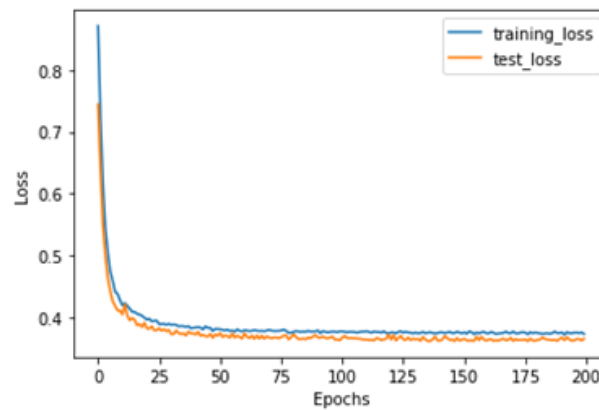
در مرحله اول معماری شبکه خود را تعریف می کنیم. ما یک شبکه چهار لایه متشکل از یک لایه ورودی ۴۰۰ نورون، دو لایه پنهان از ۴۰۰ و ۲۰۰ نورون و یک لایه خروجی ایجاد خواهیم کرد. همانطور که می بینیم خروجی یک لایه، ورودی به لایه بعدی است. این مدل از لایه های متراکم یا کاملاً متصل تشکیل شده است، اما هنوز کاملاً قدرتمند است. لایه ورودی لایه ای از پیکر بندی مدل است که داده ها را به صورت خام نمایش می دهد. به عنوان مثال، برای طبقه بندی فازهای شبکه اسپینی، لایه ورودی پیکر بندی شبکه اسپینی بامقادیر +۱، -۱ مربوط به مقادیر حالت اسپین ها را بیان می دارد.



شکل ۵. ساختار مدل MLNN.



شکل ۶. نمودار دقت برای مدل MLNN برای نمونه های یادگیری (نارنجی) و نمونه های تست (آبی)



شکل ۷. نمودار خطا برای مدل MLNN، برای نمونه های یادگیری (نارنجی) و نمونه های تست (آبی)

در دو نمودار نشان داده شده در بالا شکل ۶ و ۷ مقدار دقت و خطا برای مدل MLNN برای نمونه های آموزش (آبی) و نمونه های تست (نارنجی) نشان داده شده است. خروجی در چهار بردار لیبل نمایش داده شده است: label vector  $[1,0,0,0]$  corresponding to  $T = (-4.0 - 1.0)$ , label vector  $[0,1,0,0]$  corresponding to  $T = (-1.0 + 1.0)$ , with magnet value=+1; label vector  $[0,0,1,0]$  corresponding to  $T = (-1.0 + 1.0)$  with magnet value=0; and finally label vector  $[0,0,0,1]$  corresponding to  $T = +1.0 + 4.0$  نمونه برای یادگیری و ۲۰ درصد برای تست پیکربندی ها به کار رفته است. کد پایتون مدل MLNN در زیر آورده شده است:

- Multilayer NN [model code](#) in python.

```
#---- Creating multi layers fully connected neural network----
myModel = Sequential()
myModel.add(Dense(400, activation='relu', input_shape=(400,)))
myModel.add(Dropout(.2))
myModel.add(Dense(200, activation='relu'))
myModel.add(Dropout(.2))
myModel.add(Dense(4, activation='sigmoid'))
myModel.summary()
#-----
```

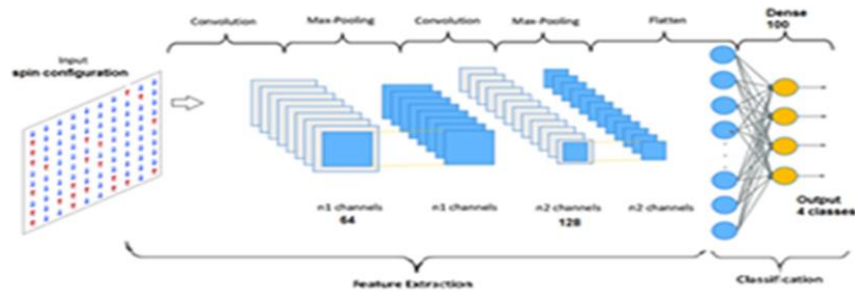
۳-۲. شبیه سازی CNN  
نمونه کد پایتون برای مدل CNN:

```

• Created CNN model layers
#—Creating CNN—
model = keras.Sequential(
    [
        keras.Input(shape=(20,20,1)),
        layers.Conv2D(64, kernel_size=(3, 3), activation="relu",
padding='same'),
        layers.MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)),
        layers.Conv2D(128, kernel_size=(3, 3), activation="relu",
padding='same'),
        layers.MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)),
        layers.Flatten(),
        layers.Dense(100, activation='relu'),
        layers.Dropout(0.1),
        layers.Dense(4, activation='sigmoid')
    ]
)
model.summary()
#-----

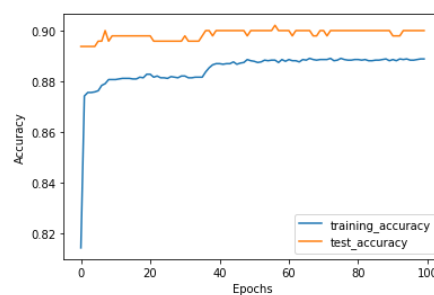
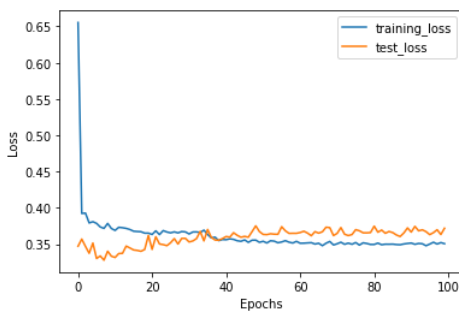
```

ساختار شبکه عصبی مدل CNN:



شکل ۸. ساختار مدل CNN.

در دو نمودار نشان داده شده در زیر شکل ۹، مقدار دقت و خطا برای مدل CNN برای نمونه های آموزش (آبی) و نمونه های تست (نارنجی) نشان داده شده است. خروجی در چهار بردار لیبل نمایش داده شده است: label vector  $[1,0,0,0]$  corresponding to  $T = (-4.0 - 1.0)$ , label vector  $[0,0,1,0]$  corresponding to  $T = (-1.0 + 1.0)$ , with magnet value=+1; label vector  $[0,0,0,1]$  corresponding to  $T = (-1.0 + 1.0)$  with magnet value=0; and finally label vector  $[0,0,0,1]$  corresponding to  $T = +1.0 + 4.0$  که در آن ۸۰ درصد نمونه برای یادگیری و ۲۰ درصد برای تست پیکربندی ها به کار رفته است.



شکل ۹. نمودار دقت برای مدل CNN. برای نمونه های یادگیری (نارنجی) و نمونه های تست (آبی)



#### ۴. نتیجه‌گیری

برای مسئله پیش بینی فازهای مدل آیزینگ مربعی دو بعدی در حضور میدان مغناطیسی خارجی (h)، (یعنی ۴-کلاس)، این دو روش به اندازه کافی کار می‌کنند. با این حال، CNN سریع تر و دقیق تر است. اما برای پیکربندی محدود و کوچکی که بررسی کردیم، تفاوت چندانی با هم ندارند (شکل های ۶،۷ و ۹). برای شبکه های بزرگتر با تعداد بیشتر پیکربندی های اسپینی طبقه بندی اشیا باید مورد بررسی قرار گیرد.

اکنون که ساختار و محدودیت‌های دو روش یادگیری عمیق برای مدل آیزینگ در این کار معرفی شده است، می‌توان به بررسی موضوعات دیگری مانند پیکربندی‌های سه بعدی یا سایر شکل‌های توپولوژی دو بعدی مانند مثلثی، شش ضلعی (لانه زنبوری) پرداخت. اینکار همچنین توانایی بررسی هامیلتونی های پیچیده تر از مدل آیزینگ با اندازه های متفاوت با برهم کنش قویتر را نیز دارد.

کدهای استفاده شده در این مقاله برای تولید نمونه داده‌های موجود در مجموعه داده و همچنین شبیه سازی های شبکه های عصبی در

لینک **github** اشاره شده، قابل دسترسی است: <https://github.com/hossein-abdolmalaki>

#### ۵. تشکر و قدردانی

با تشکر از همه محققین که از مقالات و آثار ایشان به ویژه دانشگاه تهران، گروه کارشناسی ارشد علوم مهندسی استفاده کرده ام.

#### منابع

- [1] Statistical Mechanics”, 2nd Edition by Kerson Huang
- [2] A Modern Course in Statistical Physics” 4th (& 2nd) Edition by Linda E. Reichl.
- [3] Statistical Physics”: Volume 5 3rd Edition by L.D. Landau, E. M.
- [4] Lifshitz Statistical Mechanics 3rd Edition by R K Pathria, Paul D. Beale
- [5] K. Binder and D.W. Heermann. Monte Carlo Simulation in Statistical Physics. Springer, Berlin, 1997.
- [6] W. Hu, R. R. P. Singh, and R. T. Scalettar, Phys. Rev. E95062122 (2017).J. Clerk
- [7] Skyrmion, Vinit Kumar Singh, Jung Hoon Han, arXiv:1806.03749
- [8] M. J. S. Beach, A. Golubeva, and R. G. Melko, Phys. Rev.B 97, 045207 (2018)
- [9] Francois Chollet. Deep Learning with Python. IEEE, July 2018, pp. 2437–2444. isbn: 9781617294433.
- [10] Juan Carrasquilla and Roger G. Melko. “Machine learning phases of matter”. In: Nature Physics 13.5 (2017), pp. 431–434. issn: 17452481. doi: 10.1038/nphys4035. arXiv: 1605.01735.
- [11] Kun Yang et al. “High performance Monte Carlo simulation of Ising model on TPU clusters”. In: International Conference for High Performance Computing (2019), pp. 1– 26. issn: 21674337. doi: 10.1145/3295500.3356149. arXiv: 1903.11714
- [12] Wenjian Hu, Rajiv R.P. Singh, and Richard T. Scalettar. “Discovering phases, phase transitions, and crossovers through unsupervised machine learning: A critical examination”. In: Physical Review E 95.6 (2017).



## امکان‌سنجی شخصی‌سازی مبتنی بر تخصص در رشته مطالعات برنامه درسی با استفاده از هوش مصنوعی

نجما اصغری دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی درسی دانشگاه تربیت مدرس

جواد حاتمی استاد دانشگاه تربیت مدرس

محمد حسن‌زاده استاد دانشگاه تربیت مدرس

### چکیده

هدف از پژوهش مروری حاضر، بررسی امکان ادغام و اثربخشی تکنیک‌های هوش مصنوعی در پلت‌فرم‌های یادگیری الکترونیکی جهت تقویت یادگیری شخصی‌سازی‌شده در حوزه رشته مطالعات برنامه‌درسی است. بنابراین سعی در ارائه بینش درباره وضعیت کنونی هوش مصنوعی در پلت‌فرم‌های آموزش الکترونیکی و الگوریتم‌های تطبیقی موجود جهت شخصی‌سازی یادگیری دارد. تکنیک‌های هوش مصنوعی/یادگیری ماشین از طریق الگوریتم‌هایی، سیستم‌های تطبیقی را قادر می‌کنند مسیر یادگیری متناسب با ویژگی‌ها و نیازهای یادگیرنده را مبتنی بر دلایل منطقی به وی توصیه کنند و در طی این مسیر یادگیری، مداخله یادگیری مناسب را در زمان مناسب ارائه دهند. برخی از این الگوریتم‌ها در این پژوهش ارائه شده‌اند. از آنجایی که با استفاده از این الگوریتم‌ها می‌توان شخصی‌سازی مبتنی بر مولفه‌هایی همچون توسعه حرفه‌ای یا یادگیری شایستگی‌های شغلی را بصورت شخصی‌سازی‌شده ارائه داد، بنابراین قابل‌بکارگیری در حوزه یادگیری رشته مطالعات برنامه‌درسی نیز هستند؛ یعنی می‌توان آن‌ها را در زمینه ارائه مسیرهای یادگیری شخصی‌سازی‌شده مبتنی بر تخصص‌های موجود در رشته مطالعات برنامه‌درسی با کمک هوش مصنوعی بکار گرفت. چنین پژوهش‌هایی می‌تواند در برجسته کردن جهت‌های تحقیقاتی آینده در حوزه رشته مطالعات برنامه‌درسی در جهت تجهیز کردن رشته به تکنیک‌های هوش مصنوعی، نظام‌مند کردن تخصص‌های ممکن در حوزه این رشته و داده‌های موجود در این زمینه موثر باشد.



## ۱. مقدمه

همانطور که در سایت انجمن نظارت و تدوین برنامه درسی (ASCD)<sup>۱</sup> هم آمده است برنامه‌های تحصیلات تکمیلی در رشته مطالعات برنامه‌درسی باید شامل فرصت‌هایی برای تمرکز بر روی یک حوزه خاص از رشته نیز باشد. در حال حاضر متخصصان رشته مطالعات برنامه‌درسی در سه حوزه کلی: برنامه‌درسی آموزش و پرورش عمومی (پیش از دبستان، ابتدایی، متوسطه)، برنامه‌درسی آموزش عالی، و برنامه‌درسی محیط کار مشغول به کار حرفه‌ای می‌باشند. در هر کدام از این سه حوزه کلی نیز زیر تخصص‌های مشخصی از قبیل طراحی برنامه درسی، نیازسنجی آموزشی، ارزشیابی برنامه درسی، پژوهش برنامه درسی، ... وجود دارد. از طرفی تمرکز روی همه‌ی این تخصص‌ها در طول دوره تحصیلی برای گروه‌های آموزشی این رشته در مراکز آموزش عالی، هم از لحاظ زمانی و هم منابع مالی و انسانی چالش‌برانگیز است. اینکه چگونه می‌توان دانش مربوط به هر حوزه تخصصی از رشته را از تعداد زیادی منابع یادگیری به دست آورد تا یادگیری یک دوره خاص از یادگیری رسمی کامل شود؛ یا اینکه چگونه می‌توان به فراگیران کمک کرد تا منابع یادگیری را مطابق با وضعیت فعلی یادگیری و اهداف یادگیری خود بدست آورند؛ چگونه می‌توان فرایند یادگیری را با استفاده از منابع موجود و سایر فرصت‌های ممکن در دنیای واقعی، به سمت نتایج مطلوب هدایت کرد؛ از جمله فرایندهایی‌اند که صرفاً با توانایی خود یادگیرنده قابل انجام نیست. طراحی، پیاده‌سازی و ارائه دوره‌های آموزشی خاص مطابق با نیازها و اهداف فردی فراگیران بر اساس ارزیابی صحیح از سطح یادگیری، توانایی شناختی و سطح دانش تخصصی آنان، تنها با تکیه بر محیط‌های فیزیکی دانشگاهی و روش‌های معمول آموزش، در مقیاس بزرگ میسر نیست (دوان<sup>۲</sup>، ۲۰۱۹). اینجاست که پای ظهور فناوری‌های نوین به میان سخن و حتی اقدام می‌آید؛ چراکه با رشد فناوری‌ها و پلتفرم‌های هوشمند آموزشی چهره‌ی آموزش تغییر کرده است. پلتفرم‌های یادگیری تطبیقی مبتنی بر هوش مصنوعی مؤسسات آموزشی را قادر می‌سازند تا به طور مؤثر مجموعه داده‌های بزرگ را تجزیه و تحلیل کنند، بینش‌های عملی در مورد آنها ایجاد کنند و مسیرهای یادگیری را مبتنی بر نتایج تجزیه و تحلیل برای جمعیت‌های مختلف فراگیران بهینه کنند (جوشی<sup>۳</sup>، ۲۰۲۴). هوش مصنوعی با میسر ساختن یادگیری شخصی‌سازی شده در مقیاس بزرگ، امکان تنظیم تجربیات یادگیری افراد را بر اساس ترجیحات و نیازهای آنها امکان‌پذیر می‌کند (کیوشم، کریستوپوس، اولیره، اوگاتا و لاکسو<sup>۴</sup>، ۲۰۲۱). این نوع یادگیری فرصتی را برای تطبیق آموزش با نیازها، مهارت‌ها، اهداف و اولویت‌های یادگیری فرد فراهم می‌کند و در عین حال پیشرفت وی را به طور مداوم زیر نظر می‌گیرد (ریو و وینکلنمن<sup>۵</sup>، ۲۰۲۱). ادغام هوش مصنوعی/یادگیری ماشین، به ویژه الگوریتم‌های یادگیری تطبیقی، به عنوان ستونی عمل می‌کند که بر بخش‌های کلیدی از تجربیات یادگیری شخصی‌سازی شده گرفته تا سیستم‌های توصیه هوشمند تأثیر می‌گذارد. این سیستم‌ها روز به روز بالغ می‌شوند و آینده‌ای را نوید می‌دهند که در آن آموزش به طور یکپارچه با نیازهای فردی دانش‌آموزان تطبیق داده می‌شود و روش‌های تدریس و نتایج یادگیری را بهینه می‌کند. بنابراین نیاز مبرمی به تحقیقات دقیق‌تر و جامع‌تر در مورد کاربرد فناوری‌های هوش مصنوعی در حوزه‌های یادگیری و آموزش (سان، رزی، و فیلیات<sup>۶</sup>، ۲۰۲۳) از قبیل رشته مطالعات برنامه‌درسی احساس می‌شود. بدیهی است که رشته مطالعات برنامه‌درسی نیز همگام با تغییرات تکنولوژیک در مسیر بلوغ خود و با توجه به تخصص‌های مختلفی که در بطن خود دارد نیازمند چنین سیستم‌های هوشمندی برای شخصی‌سازی تجربه‌های یادگیری فراگیران این رشته متناسب با اهداف و نیازهایشان است. مربیان، یادگیرندگان و شاغلین این رشته نیز باید برای استفاده مؤثر از فناوری‌ها و برنامه‌های هوش مصنوعی مجهز باشند و برای ارتقای تجربیات یادگیری در زمینه‌های آموزشی خاص از آنها بهره بگیرند (گلیگوریا<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین چگونگی طراحی، اجرا و ارزشیابی برنامه‌های درسی و نیز ادغام و پرورش مهارت‌های سنتی مانند تفکر انتقادی، همکاری و خلاقیت را در محیط‌های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی بررسی کنند (گلیگوریا و همکاران، ۲۰۲۳). در حالی که مزایای بالقوه ادغام هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در پلتفرم‌های یادگیری الکترونیکی بسیار زیاد است، تحقیقات جامع در مورد استقرار واقعی، مزایا، چالش‌ها و تأثیر کلی آن مخصوصاً در حوزه رشته مطالعات برنامه‌درسی کم است. درک این جنبه‌ها برای دست‌اندرکاران رشته مطالعات برنامه‌درسی جهت استفاده از پتانسیل کامل یادگیری شخصی‌سازی شده و تطبیقی و رسیدگی به چالش‌های مرتبط با آنها بسیار مهم است.

<sup>1</sup> The Association for Supervision and Curriculum Development

<sup>2</sup> Duan

<sup>3</sup> Joshi

<sup>4</sup> Qushem, Christopoulos, Oyelere, Ogata, & Laakso

<sup>5</sup> Ryoo, & Winkelmann

<sup>6</sup> Son, Ruži, & Philpott

<sup>7</sup> Gligorea

در این راستا پژوهش‌های مروری حاضر، امکان ادغام و اثربخشی تکنیک‌های هوش مصنوعی در پلتفرم‌های یادگیری الکترونیکی را جهت تقویت یادگیری شخصی‌سازی شده در حوزه رشته مطالعات برنامه درسی بررسی می‌کند و هدف آن ارائه بینشی درباره پلتفرم‌های آموزش الکترونیکی و الگوریتم‌های تطبیقی موجود جهت شخصی‌سازی ارائه محتوا، بهبود تجربه و نتایج یادگیری است طوری که بتوان زمینه ارائه مسیرهای یادگیری تخصص‌های موجود در رشته مطالعات برنامه‌درسی را بصورت شخصی‌سازی شده به فراگیران این رشته فراهم کرد. بنابراین در ادامه به ارائه چشم انداز فعلی برنامه‌های یادگیری شخصی‌سازی شده؛ سیستم‌های یادگیری تطبیقی؛ هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در پلتفرم‌های یادگیری الکترونیکی و معرفی برخی الگوریتم‌های یادگیری تطبیقی در سیستم‌های آموزش الکترونیکی در جهت شخصی‌سازی یادگیری و امکان استفاده از یادگیری شخصی‌سازی شده مبتنی بر تخصص در رشته مطالعات برنامه درسی، همچنین چالش‌های موجود در زمینه یادگیری شخصی‌سازی شده پرداخته می‌شود. یافته‌های این مقاله می‌تواند در برجسته کردن افق‌های تحقیقاتی آینده در حوزه رشته مطالعات برنامه درسی در جهت مجهز کردن رشته به تکنیک‌های هوش مصنوعی، نظام‌مند کردن تخصص‌های ممکن در حوزه این رشته و داده‌های موجود موثر باشد.

یادگیری شخصی‌سازی شده

شخصی‌سازی شامل سیستمی از طرز فکرها و شیوه‌ها است که امکان می‌دهد شانس یادگیرنده برای درگیر شدن با مواد آموزشی، تسلط و استفاده از آنها در دنیای واقعی بر اساس علایق، خواسته‌ها و اهداف خود افزایش یابد (گراهام، بوراپ، شورت و آرشمبولت<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹). یادگیری شخصی‌سازی شده<sup>۲</sup> یا یادگیری تطبیقی<sup>۳</sup> نیز مبتنی بر این طرز فکر و به صورت یک اصطلاح چتر، به آن دسته از استراتژی‌های آموزشی اطلاق می‌شود که با کمک سیستم‌های یادگیری تطبیقی، تجربیات آموزشی و یادگیری را متناسب با نیازها، اهداف، استعدادها، انگیزه‌ها و علایق یادگیرندگانشان پیش‌بینی، طراحی، توصیه و راهبری می‌کنند (شمشک و اسپکتور<sup>۴</sup>، ۲۰۲۰). می‌توان آن را به "ساختار ناوبری" Google Maps تشبیه کرد: ابتدا باید اهداف یادگیری (مقصد) درک شود؛ یک تصویر روشن از دانش و شایستگی‌های فعلی یادگیرنده (آدرس فعلی) به دست آید؛ ابزارهایی برای ارتباط با نیازهای یادگیرندگان (شیوه حمل و نقل) ارائه شود؛ اطلاعات لازم در مورد چگونگی رسیدن بهینه به مقصد (مسیرهای رسیدن به مقصد) به یادگیرنده ارائه شود. نهایتاً خود یادگیرنده است که مسیر یادگیری را انتخاب و طی می‌کند و راهنمایی‌های لازم در طول مسیر نیز به یادگیرنده از طرف ساختار ناوبری شخصی‌سازی شده فراهم می‌شود (کیوشم و همکاران، ۲۰۲۱). در واقع آموزش شخصی‌سازی شده نقشی را که یادگیرنده در شخصی‌سازی آموزش ایفا می‌کند برجسته می‌کند (شورت و شمشک<sup>۵</sup>، ۲۰۲۳). همه چارچوب‌های آموزشی شخصی‌سازی شده بمنظور افزایش فرصت‌ها برای فراگیران جهت تمرین عاملیت خود به عنوان بخشی از سفر آموزشی خود ایجاد شده‌اند (گراهام و همکاران، ۲۰۱۹). هرچند ساختن سیستم شخصی‌سازی یادگیری دشوار، پرهزینه و زمان‌بر است (سینگ، کومار، آهوچا<sup>۶</sup>، ۲۰۱۸). اما چنین رویکردی می‌تواند از طریق معرفی سیستم‌های یادگیری تطبیقی به مؤسسات آموزش عالی انجام شود (اوسادچا<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). برای مثال سیستم‌های مدیریت یادگیری یا LMS ها، دسترسی به مواد دیجیتال و تعاملات یادگیری را برای فراگیران فراهم می‌کنند و امکان پیاده‌سازی یادگیری شخصی‌سازی شده را در محیط‌های یادگیری فعلی با زحمت کمتر می‌دهند (شمشک، کینشو<sup>۸</sup>، و اسپکتور، ۲۰۲۱). سیستم‌ها و ابزارهای مختلفی از جمله COURSE- My-Moodle ، Teachable ، BUILDER در دسترس هستند که می‌توانند تجربه یادگیری منحصر به فردی را برای همه فراگیران ارائه کنند. وجود این سیستم‌ها به محققان کمک می‌کند محیط مدنظر خود را تنظیم و سیستم آموزشی پیشنهادی خود را آزمایش کنند (سینگ، گونجان، نصرالا<sup>۹</sup>، ۲۰۲۲). هرچند این سیستم‌ها در محیط‌ها، محتوا و مدل‌های یادگیرنده متفاوت هستند (اسماعیل و همکاران، ۲۰۲۳)، اما همه بر یادگیری شخصی‌سازی شده مبتنی بر هدف تاکید دارند که فرآیندی چرخه‌ای و متشکل از مراحل مختلف پویا است (شمشک و همکاران، ۲۰۲۱).

<sup>1</sup> Graham, Borup, Short, & Archambault

<sup>2</sup> Personalized learning

<sup>3</sup> adaptive learning

<sup>4</sup> Shemshack, & Spector

<sup>5</sup> Short, & Shemshack

<sup>6</sup> Singh, Kumar, Jyothi Ahuja

<sup>7</sup> Osadcha

<sup>8</sup> Kinshuk

<sup>9</sup> Singh, Gunjan, Nasralla

هنگام تصور پتانسیل شخصی سازی یادگیری بسیار مهم است که ماهیت چند بعدی آموزشی که فراگیران تحت آن قرار می گیرند را در نظر بگیریم (کیوشم و همکاران، ۲۰۲۱). انجمن بین المللی یادگیری آنلاین، چهار بعد: مشخصات یادگیرنده، مسیرهای شخصی یادگیری، محیط یادگیری انعطاف پذیر و تسلط فردی را مهم می داند (نادری، آیتی، و خامسان، ۱۴۰۰). در امکان پوشش دادن این عناصر در سیستم‌ها و شرایط فعلی آموزش می توان موارد زیر را ذکر کرد:

- ✓ مشخصات یادگیرنده: اکثر سیستم‌های مدیریت یادگیری که می توانند برای یادگیری شخصی سازی شده مجهز شوند (آنیل و معیز<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹)، نیاز به ورود دانش آموز از طریق نام کاربری/رمز عبور یا شماره شناسایی منحصر به فرد فراگیر را دارند و اطلاعات استفاده و پیشرفت آنان را ثبت کرده و نمایش می دهند (باشام<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). عبارتی امکان جمع آوری انواع داده‌های فرآیندی (مانند داده‌های گزارش یا تعامل، رفتار یادگیری بی درنگ، عادت‌ها، ترجیحات و کیفیت آموزشی)؛ داده‌های نتیجه (نمرات آزمون‌ها یا نرخ ترک تحصیل)؛ داده‌های جمعیت‌شناختی (مانند داده‌های اجتماعی-اقتصادی، جنسیت، نژاد و بودجه)؛ داده‌های نظرسنجی (به عنوان مثال، رضایت، تجربه یا نگرش یادگیرندگان)؛ داده‌های تأثیرگذار بر حالات یا احساسات یادگیرندگان (مانند بی حوصلگی، سردرگمی، سرخوردگی و هیجان) از محیط‌های دیجیتال، منابع اداری، سیستم‌های اطلاعاتی یادگیرندگان، همچنین فیلم‌های ضبط شده، ردیابی چشم، حسگرها، دستگاه‌های دستی یا پوشیدنی وجود دارد (کاسپری صادقی، ۲۰۲۳). جمع آوری داده‌ها می تواند در زمان واقعی یا به صورت ناهمزمان اتفاق بیفتد و سیستم‌های یادگیری تطبیقی را قادر کند تا به طور مداوم پروفایل‌های یادگیرنده را به روزرسانی و اصلاح کنند (ریو و وینکلمن، ۲۰۲۱).
- ✓ مسیرهای شخصی سازی شده یادگیری: کارآمدترین راه برای به دست آوردن بیشترین بهره از تجربه یادگیری "مسیر یادگیری" نامیده می شود (بوتوریا<sup>۳</sup>، ۲۰۲۲). در حال حاضر سیستم‌های دارای توانایی تطبیقی می توانند با استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی یادگیرندگان با ویژگی‌های مشابه را شناسایی کرده و طبقه بندی کنند و یک مسیر یادگیری بهینه به هر یادگیرنده توصیه کنند (بوتوریا، ۲۰۲۲؛ صابری و منتظر، ۱۳۸۹).
- ✓ محیط یادگیری انعطاف پذیر: اصطلاحات متعددی به جای یکدیگر برای ارجاع به محیط‌های یادگیری انعطاف پذیر استفاده شده‌اند. محیط‌های یادگیری، بسته به فناوری مورد استفاده، پارادایم تعامل یا استراتژی یادگیری اجرا شده در آن محیط می توانند متفاوت و قابل طراحی و اجرا باشند (اسماعیل، حسین، هاروس، و خلیل<sup>۴</sup>، ۲۰۲۳).
- ✓ تسلط فردی: از یادگیری شخصی سازی شده می توان برای حوزه‌های خاص مانند برنامه‌های آموزشی حرفه‌ای خاص، کسب یک مدرک خاص (اسماعیل و همکاران، ۲۰۲۳) یا تسلط بر یک شایستگی خاص (موتلی، گروب، پائولی، روسر، استبلر<sup>۵</sup>، ۲۰۲۳؛ اسماعیل و همکاران، ۲۰۲۳)، همچنین آموزش مهارت‌های اساسی شغلی و حرفه‌ای (اسکانلون<sup>۶</sup>، ۱۹۷۴)، استفاده کرد.

### سیستم‌های یادگیری تطبیقی

سیستم‌های یادگیری تطبیقی که توسط الگوریتم‌های هوش مصنوعی هدایت می شوند، در خط مقدم روندهای فعلی آموزش قرار دارند (آینی<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۴) این سیستم‌ها با استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر داده و هوش مصنوعی و با تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌های یادگیرنده، می توانند تصمیمات آگاهانه‌ای برای ارائه تجربیات یادگیری شخصی سازی شده، بهینه سازی نتایج یادگیری و افزایش مشارکت یادگیرنده، حمایت از یادگیری مادام‌العمر به شیوه‌ای انعطاف پذیر و در دسترس اتخاذ کنند (شمشک و اسپکتور، ۲۰۲۰). همچنین این سیستم‌ها با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی/یادگیری ماشین، فرآیند یادگیری را بر اساس عملکرد، ترجیحات، سطح دانش و سبک یادگیری هر یادگیرنده منطبق می کنند، مداخلات به موقع و هدفمند ارائه می دهند و این زمینه را فراهم می کنند که اطمینان حاصل شود یادگیرندگان مرتبط‌ترین و مؤثرترین مواد و فعالیت‌های آموزشی را دریافت می کنند (ریو و وینکلمن، ۲۰۲۱). این سیستم‌ها می توانند الگوها را در داده‌های یادگیرنده تشخیص داده، نقاط قوت و ضعف را شناسایی کنند و توصیه‌ها و مداخلات شخصی سازی شده را ایجاد کنند. همچنین امکان جمع آوری بازخورد و داده‌های ارزشمند در مورد اثربخشی مواد و استراتژی‌های آموزشی در این سیستم‌ها وجود دارد (گلیگوریا و همکاران،

<sup>1</sup> Anil, Moiz

<sup>2</sup> Basham

<sup>3</sup> Bhutoria

<sup>4</sup> Ismail, Hussein, Harous and Khalil

<sup>5</sup> Mötteli, Grob, Pauli, Reusser, & Stebler

<sup>6</sup> Scanlon

<sup>7</sup> Ayeni

۲۰۲۳). این ویژگی‌ها، مدرسان و طراحان را قادر می‌سازد تا محیط آموزش الکترونیکی را بصورت بروز اصلاح و بهینه کنند. بنابراین پلتفرم‌های یادگیری تطبیقی با مرکزیت این ایده که یادگیرندگان دارای پیشینه‌های متنوع، ترجیحات یادگیری و توانایی‌های شناختی متفاوتی هستند (آلماری، لاول، واتسون و واتسون<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰) می‌توانند برای ایجاد درس‌هایی بر اساس ویژگی‌های یادگیرنده همچون سبک یادگیری، سبک شناختی، شخصیت، حافظه افراد، سن، جنسیت، انگیزه، خودکارآمدی، اهداف، انتظارات و ترجیحات آنها؛ و نیز ارائه آموزش‌های شخصی‌سازی شده براساس آن، استفاده شوند (تیموری، ۱۳۹۱). این سیستم‌ها طیف متنوعی از استراتژی‌های یادگیری تطبیقی مبتنی بر تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین را به کار می‌گیرند (کاسپری‌صادقی، ۲۰۲۳). بکارگیری این استراتژی‌ها به یادگیرندگان امکان می‌دهد محتوای مناسب، بازخورد فردی و ارزیابی‌های انطباقی را دریافت کنند و یادگیری جذاب‌تر و مؤثرتری را تجربه کنند (بوتوریا، ۲۰۲۲). بنابراین هوش مصنوعی و یادگیری ماشین نقش مهمی در ایجاد تجربیات یادگیری شخصی‌سازی شده و متناسب با اهداف یادگیرندگان ایفا می‌کنند (گلیگوریا و همکاران، ۲۰۲۳).

### هوش مصنوعی و یادگیری ماشین

هوش مصنوعی یک حوزه فناورانه است که بسته به اهداف کاربردی مختلف در محصولات و خدمات عینیت می‌یابد و دامنه تحول‌آفرینی آن مقید به پیکره‌ایست که بکار بسته می‌شود (اوجاقی، ظهیریان، و سلیمانی، ۱۴۰۲). این حوزه فناورانه به توسعه ماشین‌های هوشمندی اشاره دارد که می‌توانند هوش انسانی را شبیه‌سازی کنند و کارهایی مانند ادراک، استدلال و تصمیم‌گیری انجام دهند که برای انجام آنها به هوش انسانی نیاز است (گلیگوریا و همکاران، ۲۰۲۳). از آنجاییکه قابلیت اجرای تمرینات پیچیده روی مجموعه داده‌های عظیم را دارند و در عین حال ناهمگونی ویژگی‌های یادگیرندگان را حفظ می‌کنند، امروزه به عنوان نیروی محرکه سیستم یادگیری شخصی‌سازی شده عمل می‌کنند (بوتوریا، ۲۰۲۲).

یادگیری ماشین<sup>۲</sup> و یادگیری عمیق<sup>۳</sup> نیز تحت تعریف حوزه هوش مصنوعی قرار می‌گیرند. یادگیری ماشین بر تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت خودکار، بدون دخالت انسان، جهت یادگیری مدل‌هایی برای تصمیم‌گیری، متمرکز است و نوعی تکنیک داده‌کاوی در نظر گرفته می‌شود که به دنبال کشف الگوهای جدید در داده‌ها و توسعه الگوریتم‌ها و یا مدل‌های جدید است (چانگو، لارا، کرزو، و رومرو<sup>۴</sup>، ۲۰۲۲). یادگیری عمیق نیز زیرمجموعه‌ای از یادگیری ماشین است و بر شبکه‌هایی متکی است که روشی مشابه مغز انسان را در پردازش داده‌ها تقلید کرده و الگوهایی برای کسب توانایی تصمیم‌گیری ایجاد می‌کنند (ریو و وینکمن، ۲۰۲۱). عبارتی این مفاهیم بر روی توانمند ساختن رایانه‌ها برای یادگیری از داده‌ها و بهبود عملکرد خود بدون برنامه‌نویسی صریح تمرکز دارند و الگوریتم‌های آنها می‌توانند با یادگیری مدل‌ها از داده‌های موجود، پیش‌بینی، طبقه‌بندی و توصیه انجام دهند (باکر، مارتین، و روسی<sup>۵</sup>، ۲۰۱۶).

سیستم‌های یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی/یادگیری ماشین می‌توانند حجم زیادی از داده‌ها را پردازش کنند، از الگوها و تجربیات موجود یادگیری بیاموزند و پیش‌بینی‌ها یا توصیه‌هایی در جهت یادگیری بهینه انجام دهند و با مدنظر قرار دادن استعدادها، قابلیت‌ها و موانع تحصیلی هر یادگیرنده، امکان اجرای انواع روش‌های آموزشی را فراهم کنند (تاپالوا و ژینبایو<sup>۶</sup>، ۲۰۲۲). الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین می‌توانند داده‌های یادگیرنده از قبیل اطلاعات جمعیت‌شناختی یادگیرنده، معیارهای عملکرد، الگوهای تعامل، ترجیحات یادگیری و سایر اطلاعات مرتبط را از منابع مختلف، از جمله سیستم‌های مدیریت یادگیری، پلتفرم‌های آنلاین، ارزیابی‌ها، و منابع اطلاعاتی جمع‌آوری کنند (گلیگوریا و همکاران، ۲۰۲۳) و مدل‌های یادگیرنده و یادگیری را بر اساس داده‌های تحلیل شده بسازند (ریو و وینکلمن، ۲۰۲۱). این مدل‌ها ویژگی‌های منحصر به فرد هر یادگیرنده را به تصویر می‌کشند و به عنوان مبنایی برای شخصی‌سازی تجربه یادگیری عمل می‌کنند و می‌توانند محتوای یادگیری را شخصی‌سازی کنند، سطح دشواری را تنظیم کنند؛ همچنین مداخلات هدفمندی را برای بهینه‌سازی نتایج یادگیری ارائه دهند (گلیگوریا و همکاران، ۲۰۲۳).

برخی از الگوریتم‌های هوش مصنوعی/یادگیری ماشین که در حال حاضر در پلتفرم‌های آموزش الکترونیکی برای یادگیری تطبیقی به کار گرفته می‌شوند بصورت زیر دسته‌بندی شده‌اند (گلیگوریا و همکاران، ۲۰۲۳):

<sup>1</sup> Alamri, Lowell, Watson, & Watson

<sup>2</sup> Machine learning

<sup>3</sup> Deep learning

<sup>4</sup> Chango, Lara, Cerezo, & Romero

<sup>5</sup> Baker, Martin, & Rossi

<sup>6</sup> Tapalova, & Zhiyenbayeva

الگوریتم	عملکرد
K-means clustering	برای خوشه‌بندی یادگیرندگان در انجمن‌های MOOC، بخش‌بندی مجموعه داده‌ها بر اساس شباهت، و شناسایی الگوهای رفتار یادگیری استفاده می‌شود.
Heterogeneous value difference metric (HVDM) and naïve Bayes classifier (NBC)	با اندازه‌گیری شباهت بین یادگیرندگان و پیش‌بینی نیازهای آنها، پشتیبانی یادگیری تطبیقی را فراهم می‌کند.
Reinforcement learning (RL)	برای بهینه‌سازی مسیرهای یادگیری و اشیاء یادگیری با استفاده از بازخوردهای ضمنی یادگیرندگان استفاده می‌شود.
Conditional generative adversarial networks (cGANs)	مدلی از ویژگی‌های یادگیرنده را برای شبیه‌سازی عملکرد و بهبود آموزش تطبیق می‌دهد.
Logistic regression, SVM, ARIMA, deep neural networks, and Recurrent neural networks(RNNs)	ترکیب این الگوریتم‌ها برای بهبود و سفارشی کردن محیط یادگیری استفاده می‌شود.
Collaborative filtering (CF)	پلتفرم‌های یادگیری شخصی‌سازی شده را می‌سازد.
Deep learning (DL)	موقعیت‌های یادگیری یادگیرندگان را تجزیه و تحلیل می‌کند و منابع هدفمند را فراهم می‌کند.
Q-learning Recommendation engine	مسیرهای یادگیری تطبیقی را توصیه می‌کند. تطبیق محیط یادگیری با نیازهای هر یادگیرنده، ارائه توصیه‌های شخصی برای تعیین اهداف یادگیری و راهنمایی آنها در مورد چگونگی دستیابی به آن اهداف از کارکردهای این الگوریتم است.
Genetic algorithms	الگوریتم‌های ژنتیک مسیرهای یادگیری فردی بهینه را ترسیم می‌کنند. در واقع نوعی جستجوی اکتشافی و تکنیک بهینه‌سازی هستند (دوئان، ۲۰۱۹).
Two-stage Bayesian	به عنوان یک سیستم توصیه و سفارشی‌سازی مواد آموزشی عمل می‌کنند.
Light gradient boosting machine (LGBM)	سبک‌های یادگیری را شناسایی می‌کند و عملکرد آکادمیک را پیش‌بینی می‌کند.
Chatbots	برنامه نرم افزاری هستند که با کاربر انسانی مکالمه می‌کنند. توانایی یک گفتگوی سطحی در مورد طیف وسیعی از موضوعات تا گفتگو و توانایی مکالمه در یک حوزه گفتمان با دانش عمیق و دقیق را دارند. به سختی می‌توان بهترین‌ها را از انسان‌ها تشخیص داد (ریو و وینکلمن، ۲۰۲۱)
Artificial neural networks (ANNs)	به پیش‌بینی یا طبقه‌بندی سبک‌های یادگیری تک‌تک یادگیرندگان کمک می‌کنند. ANN ها معمولا برای تشخیص الگوها و پیش‌بینی استفاده می‌شوند
	برای بهینه‌سازی مسیرهای یادگیری برای گروه‌های مختلف یادگیرندگان استفاده می‌شود. مرحله اول شامل گروه‌بندی

Ant colony optimization (ACO)	فراگیران بر اساس الگوهای دانش آنها و مرحله دوم برای تعیین بهترین مسیر یادگیری برای هر یک از گروه‌ها است. هدف نهایی آن ارائه یک نقشه مفهومی متناسب با نیازهای هر گروه است.
Linearization	یک مسیر یادگیری پیشنهادی برای یادگیرندگان بر اساس نقشه مفهومی آموزشی ارائه می‌کند. ترتیبی را که مبتنی بر آن، یادگیرنده می‌تواند به منابع آموزشی و مواد آموزشی مرتبط با هر مفهوم دسترسی داشته باشد را نشان می‌دهد.
C4.5 decision tree	برای اندازه‌گیری و طبقه‌بندی سطح دانش یک فراگیر (به عنوان مثال، مبتدی، متوسط، پیشرفته) بر اساس نتایج آزمون آنها استفاده می‌شود.
Latent semantic analysis (LSA) Fuzzy C-means (FCM)	LSA تکنیکی است که الگوهایی را در روابط بین اصطلاحات و مفاهیم در داده‌های بدون ساختار پیدا می‌کند که عمدتاً برای تجزیه و تحلیل روابط در مجموعه‌ای از اسناد استفاده می‌شوند. C-means (FCM) برای شناسایی اشیاء یادگیری بر اساس شکل خاصی از شباهت استفاده می‌شود. یک روش خوشه‌بندی است که در آن نقاط داده می‌توانند در خوشه‌های متعدد عضویت داشته باشند.

پذیرش ترکیب‌های مختلفی از تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین و به‌روزرسانی مداوم مدل‌ها برای حفظ ارتباط و دقت آنها در شخصی‌سازی یادگیری بسیار مهم است (گلیگوریا و همکاران، ۲۰۲۳). این پذیرش و استفاده از ترکیب‌های ممکن الگوریتم‌ها در رشته مطالعات برنامه درسی نیز می‌تواند کارساز باشد. پیشنهاد این پژوهش شخصی‌سازی یادگیری مبتنی بر تخصص‌های ممکن این رشته با استفاده از سیستم‌های یادگیری تطبیقی و تکنیک‌های هوش مصنوعی/یادگیری ماشین است. همانطور که در جدول بالا هم مشاهده می‌شود در حال حاضر با استفاده از الگوریتم‌های موجود هوش مصنوعی/یادگیری ماشین، می‌توان مسیرها و فرایندهای آموزشی آنلاین، طراحی و پیاده‌سازی کرد که قابلیت بروزرسانی داشته باشند (ریو و وینکلمن، ۲۰۲۱). طراحی چنین فرایندهای آموزشی که انتخاب مؤثرترین مسیرها را برای دستیابی به اهداف آموزش متخصصان علوم تربیتی فراهم کند در تحقیقات نیز مورد توجه بوده است. برای مثال (اوسادچا و همکاران، ۲۰۲۱)، شخصی‌سازی آموزش حرفه‌ای متخصصان آینده علوم تربیتی را در شرایط یادگیری ترکیبی پیشنهاد می‌دهد. چرا که اعتقاد دارد برای دستیابی به نتایج مطلوب در آموزش عالی، یعنی رسیدن به سطح مطلوبی از صلاحیت حرفه‌ای متخصصان آینده، باید فرآیند آموزش حرفه‌ای آنان را با کمک فناوری و نظارت بر کارایی و کیفیت آموزش ارائه کرد؛ بنابراین با کمک فناوری توسعه حرفه‌ای مستمر، به موقع در دسترس خواهد بود (اوسادچا و همکاران، ۲۰۲۱). از این رو شخصی‌سازی یادگیری در رشته مطالعات برنامه‌درسی نیز می‌تواند تقاضای رو به رشد یادگیرندگان را برای برآوردن نیازهای یادگیری و همچنین تمایل طبیعی آنها برای بهره‌وری بیشتر و راحتی تسلط بر شایستگی‌های جدید و مورد نیاز در بازار کار رشته تسهیل کند.

از طرفی "توجه به نیازهای یادگیرنده" یکی از متداول‌ترین مولفه‌های مورد استفاده در یادگیری شخصی‌سازی شده است. با این حال، تنها چند مطالعه روشن می‌کند که چه نیازهایی باید در نظر گرفته شوند، مانند نیازهای عاطفی، نیازهای اجتماعی، نیازهای یادگیری، نیازهای دانش، و غیره (شمشک و اسپکتور، ۲۰۲۰). نیاز به "یادگیری تخصص" متناسب با ویژگی‌ها و زمینه شخصی یادگیرنده، به دلیل درست و با مداخله مناسب (کیوشم و همکاران، ۲۰۲۱) نیز یک نیاز بسیار مهم است که می‌تواند مولفه مورد استفاده در شخصی‌سازی یادگیری در رشته مطالعات برنامه‌درسی باشد. طراحی سیستم‌های شخصی‌سازی یادگیری مبتنی بر تخصص‌های موجود در رشته با کمک هوش مصنوعی، می‌تواند تخصص‌های موجود در رشته مطالعات برنامه‌درسی را بصورت نظام‌مند به فراگیران معرفی کند. داده‌های موجود، از جمله داده‌های مربوط به متخصصان رشته در زمینه‌های مختلف را جمع‌آوری و دسته‌بندی کرده و الگوهای موجود در آنها را شناسایی کند. همچنین سیستم‌های شخصی‌سازی یادگیری طراحی شده برای رشته مطالعات برنامه‌درسی می‌توانند مبتنی بر زمینه فرهنگی، کاری، اجتماعی،

ویژگی‌های شخصیتی، اهداف و علائق یادگیرندگان این رشته، فهرستی از تخصص‌های متناسب با ویژگی‌ها و اهداف آنان را توصیه کنند. بعد از انتخاب دوره‌های تخصصی نیز زمینه دسترسی به منابع و مراجع و آموزش‌های مربوط به تخصص مدنظر فراگیر را فراهم کنند. بدیهی است که این آموزش‌ها نیز در سایه تکنیک‌های هوش مصنوعی/یادگیری ماشین، قابلیت بروزرسانی با جمع‌آوری داده‌های گسترده از سراسر جهان را خواهد داشت. بدین‌صورت زمینه یادگیری حرفه‌ای و جهانی در رشته مطالعات برنامه‌درسی بصورت آنلاین و با داده‌های بروز از سراسر دنیا فراهم خواهد شد. همچنین از سردرگمی و اتلاف وقت و انرژی فراگیران این رشته در یادگیری حرفه‌ای و هدفمند جلوگیری خواهد شد. بدیهی است که چالش‌های موجود در این زمینه نیز نیاز به آزمایش و بررسی و ارائه راه‌حل‌های بهینه دارد تا رشته مطالعات برنامه‌درسی نیز که رشته مهمی در زمینه آموزش و یادگیری محسوب می‌شود از قافله رشد فناوریانه و یادگیری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی عقب نماند و مجهز به تکنیک‌های هوش مصنوعی جهت نظام‌مند کردن تخصص‌های ممکن در حوزه این رشته و داده‌های موجود در این زمینه شود تا قابلیت طراحی و ارائه مسیرهای یادگیری بهینه برای رسیدن به سطح قابل قبولی از تخصص‌ها در یادگیرندگان مبتنی با نیازهای آنان را داشته باشد. برخی چالش‌ها به صورت زیر قابل ذکر است (گلیگوریا و همکاران، ۲۰۲۳؛ بوتوریا، ۲۰۲۲):

- برخی چالش‌ها یا محدودیت‌های یادگیری شخصی‌سازی شده
- ✓ مشکلات شروع سرد<sup>۱</sup>، که در آن سیستم‌ها داده‌های اولیه کمی در مورد یادگیرندگان دارند.
- ✓ پیچیدگی ترکیب چندین تکنیک یادگیری ماشینی.
- ✓ تضمین حریم خصوصی و امنیت داده‌ها.
- ✓ نیاز به سرمایه‌گذاری قابل توجه جهت یکپارچه‌سازی، سازگاری با زیرساخت‌های آموزش الکترونیکی موجود و نگهداری سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی.
- ✓ امکان اتکای بیش از حد به فناوری و خطر نادیده گرفتن جنبه انسانی آموزش.
- ✓ نه تنها جلوگیری از اختلالات احتمالی در سیستم، بلکه جلب اعتماد افراد نیز مهم است تا آنها احساس اضطراب یا تردید برای تغییر به یک سیستم جدید نداشته باشند.

### جمع‌بندی

در پژوهش حاضر امکان ادغام و اثربخشی تکنیک‌های هوش مصنوعی در پلت‌فرم‌های یادگیری الکترونیکی جهت تقویت یادگیری شخصی‌سازی شده در حوزه رشته مطالعات برنامه‌درسی بررسی شد. بنابراین درمورد وضعیت فعلی برنامه‌های یادگیری شخصی‌سازی شده؛ سیستم‌های یادگیری تطبیقی؛ هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در پلت‌فرم‌های یادگیری الکترونیکی شرحی مختصر ارائه شد. همچنین برخی الگوریتم‌های یادگیری تطبیقی در سیستم‌های آموزش الکترونیکی و کارکرد هر الگوریتم بصورت خلاصه و منسجم معرفی شد. درمورد شخصی‌سازی یادگیری و امکان استفاده از یادگیری شخصی‌سازی شده مبتنی بر تخصص در رشته مطالعات برنامه‌درسی بحث شد. درنهایت برخی چالش‌های موجود در زمینه یادگیری شخصی‌سازی شده بیان گردید. طبق مطالبی که در این مقاله بیان شد، درحال حاضر طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های شخصی‌سازی یادگیری، مبتنی بر مولفه‌های خاص یا نیازهای یادگیرنده با کمک تکنیک‌های هوش مصنوعی امکان‌پذیر است. پیشنهاد این پژوهش شخصی‌سازی یادگیری در رشته مطالعات برنامه‌درسی مبتنی بر تخصص‌های موجود در رشته، با کمک هوش مصنوعی است؛ طوریکه همگام با رشد تکنیک‌های هوش مصنوعی و قابلیت‌های آن در حوزه آموزش و یادگیری، مسیرهای بهینه یادگیری تخصص‌های ممکن در رشته مطالعات برنامه‌درسی و رسیدن به سطح مطلوبی از صلاحیت حرفه‌ای متخصصان آینده رشته، به موقع و متناسب با نیازهای یادگیرنده در دسترس وی باشد.

<sup>1</sup> Cold-start problems



## فهرست منابع

- اجاقی حامد، ظهوریان نادعلی ایمان، سلیمانی روزبهانی فاطمه. (۱۴۰۲). نگاشت نقشه مصنوعات و تولیدکنندگان زیست‌بوم هوش مصنوعی ایران بر مبنای گستره تحول‌آفرینی. *فصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران*, ۵۷(۵۷), ۱۳۸-۱۵۲. <https://rimag.ricest.ac.ir/Article/44108/jour.aicti.ir>
- تیموری فرداد. (۱۳۹۱). طراحی یک سیستم یادگیری الکترونیکی تطبیقی و توزیع شده. پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز، پردیس بین‌المللی ارس
- صابری نفیسه، و منتظر غلامعلی. (۱۳۸۹). شخصی سازی محیط یادگیری الکترونیکی به کمک توصیه گر فازی مبتنی بر تلفیق سبک یادگیری و سبک شناختی. *فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران*, ۴(۳-۴), ۹۱-۱۰۹. <https://sid.ir/paper/171488/fa>
- نادری فاطمه، آیتی محسن، و خامسان احمد. (۱۴۰۰). الگوی نظری اقدامات جاری معلمان برای شخصی سازی یادگیری دانش‌آموزان ابتدایی با استفاده از نظریه داده بنیاد. *فصلنامه روان‌شناسی تربیتی*, ۱۷(۵۹), ۲۵۳-۲۸۷. <https://doi.org/10.22054/jep.2021.47205.2790>
- Alamri, H., Lowell, V., Watson, W., & Watson, S. L. (2020). Using personalized learning as an instructional approach to motivate learners in online higher education: Learner self-determination and intrinsic motivation. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(3), 322-352. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1728449>
- Anil, G. R., & Moiz, S. A. (2019). Personalized dynamic learning plan generator for smart learning environments. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 6175-6180. <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i2/B3806078219.pdf>
- Ayeni, O. O., Al Hamad, N. M., Chisom, O. N., Osawaru, B., & Adewusi, O. E. (2024). AI in education: A review of personalized learning and educational technology. *GSC Advanced Research and Reviews*, 18(2), 261-271. DOI: 10.30574/gscarr.2024.18.2.0062
- Baker, R. S., Martin, T., & Rossi, L. M. (2016). Educational data mining and learning analytics. *The Wiley handbook of cognition and assessment: Frameworks, methodologies, and applications*, 379-396. <https://doi.org/10.1002/9781118956588.ch16>
- Basham, J. D., Hall, T. E., Carter Jr, R. A., & Stahl, W. M. (2016). An operationalized understanding of personalized learning. *Journal of Special Education Technology*, 31(3), 126-136. <https://doi.org/10.1177/01626434166660>
- Bhutoria, A. (2022). Personalized education and artificial intelligence in the United States, China, and India: A systematic review using a human-in-the-loop model. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100068. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100068>
- Caspari-Sadeghi, S. (2023). Learning assessment in the age of big data: Learning analytics in higher education. *Cogent Education*, 10(1), 2162697. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2162697>
- Chango, W., Lara, J. A., Cerezo, R., & Romero, C. (2022). A review on data fusion in multimodal learning analytics and educational data mining. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 12(4), e1458. <https://doi.org/10.1002/widm.1458>
- Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A. T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). Adaptive Learning Using Artificial Intelligence in e-Learning: A Literature Review. *Education Sciences*, 13(12), 1216. <https://doi.org/10.3390/educsci13121216>
- Graham, C. R., Borup, J., Short, C. R., & Archambault, L. (2019). K-12 blended teaching: A guide to personalized learning and online integration. *EdTechBooks.org: Provo, UT, USA*. <https://edtechbooks.org/k12blended>
- Ismail, H., Hussein, N., Harous, S., & Khalil, A. (2023). Survey of personalized learning software systems: A taxonomy of environments, learning content, and user models. *Education Sciences*, 13(7), 741. <https://doi.org/10.3390/educsci13070741>
- Joshi, M. (2024). Adaptive Learning through Artificial Intelligence. *International Journal on Integrated Education*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4514887>
- Mötteli, C., Grob, U., Pauli, C., Reusser, K., & Stebler, R. (2023). The influence of personalized learning on the development of learning enjoyment. *International Journal of Educational Research Open*, 5, 100271. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2023.100271>





- Osadcha, K., Osadchy, V., Kruglyk, V., & Spirin, O. (2021). Modeling of the adaptive system of individualization and personalization of future specialists' professional training in the conditions of blended learning. *Educational Dimension*, 5, 109-125. <https://doi.org/10.31812/educdim.4721>
- Qusheh, U. B., Christopoulos, A., Oyelere, S. S., Ogata, H., & Laakso, M. J. (2021). Multimodal technologies in precision education: Providing new opportunities or adding more challenges?. *Education sciences*, 11(7), 338. <https://doi.org/10.3390/educsci11070338>
- Ryoo, J., & Winkelmann, K. (2021). Innovative learning environments in STEM higher education: Opportunities, challenges, and looking forward. <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/47325>
- Scanlon, R. G. (1974). A Curriculum for Personalized Education. *Journal of Teacher Education*, 25(2), 119-123. <https://doi.org/10.1177/002248717402500208>
- Shemshack, A., Kinshuk, & Spector, J. M. (2021). A comprehensive analysis of personalized learning components. *Journal of Computers in Education*, 8(4), 485-503. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40692-021-00188-7>
- Shemshack, A., & Spector, J. M. (2020). A systematic literature review of personalized learning terms. *Smart Learning Environments*, 7(1), 1-20. <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-020-00140-9>
- Short, C. R., & Shemshack, A. (2023). Personalized Learning. *EdTechnica*, 173-179. [DOI:10.59668/371.11067](https://doi.org/10.59668/371.11067)
- Singh, N., Ahuja, N. J., & Kumar, A. (2018). A novel architecture for learner-centric curriculum sequencing in adaptive intelligent tutoring system. *Journal of Cases on Information Technology (JCIT)*, 20(3), 1-20. DOI: 10.4018/JCIT.2018070101
- Singh, N., Gunjan, V. K., & Nasralla, M. M. (2022). A parametrized comparative analysis of performance between proposed adaptive and personalized tutoring system "seis tutor" with existing online tutoring system. *IEEE Access*, 10, 39376-39386. DOI: [10.1109/ACCESS.2022.3166261](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3166261)
- Son, J.; Ružić, B.; Philpott, A. Artificial intelligence technologies and applications for language learning and teaching. *J. China Comput. -Assist. Lang. Learn.* 2023. <https://doi.org/10.1515/jccall-2023-0015>
- Tapalova, O., & Zhiyenbayeva, N. (2022). Artificial Intelligence in Education: AIEd for Personalised Learning Pathways. *Electronic Journal of e-Learning*, 20(5), 639-653. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1373006>  
<https://www.ascd.org/>

## امکان سنجی ارزیابی شایستگی‌های ارائه شفاهی دانشجومعلم‌ان از طریق طراحی آزمایشگاه مجازی تدریس

جواد حاتمی<sup>۱</sup> و شیما ملکی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری رشته تکنولوژی آموزشی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، [sh2154@yahoo.com](mailto:sh2154@yahoo.com)

<sup>۲</sup> استاد گروه علوم تربیتی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، [j.hatami@modares.ac.ir](mailto:j.hatami@modares.ac.ir)

### چکیده

هدف کلی این مطالعه امکان سنجی ارزیابی شایستگی‌های ارائه شفاهی معلم‌ان / دانشجومعلم‌ان از طریق طراحی آزمایشگاه مجازی تدریس است. در حال حاضر به منظور توسعه مهارت‌های معلم‌ان، رویکردهایی به کار گرفته می‌شود که با گردهم آمدن تعدادی از معلم‌ان، بازاندیشی در تدریس با داده‌های عینی صورت می‌گیرد اما داده‌هایی مانند میزان استرس، ضربان قلب، فعالیت‌های چشمی، سرعت حرکت و سایر شایستگی‌های ارائه شفاهی نادیده گرفته می‌شود و نتایج نیز کمک چندانی به توسعه حرفه‌ای نمی‌کند. پژوهش‌هایی که در این زمینه انجام شده نیز به صورت جامع محیط یادگیری مهارت‌های ارائه شفاهی را مورد بررسی قرار نداده‌اند و اغلب به رفتارهای غیرکلامی مجربان مانند ژست‌ها، لحن صدا، زیر و بمی صوت و حالات چهره توجه نموده‌اند. این مطالعه علاوه بر شناسایی شایستگی‌های ارائه شفاهی، به بررسی محیط یادگیری پرداخت که این داده‌ها را اندازه‌گیری و ثبت می‌کند، نیاز به سایر افراد و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد و با تحلیل داده‌ها و بازخورد دقیق، معلم را در بهبود تدریس یاری می‌کند. معلم در این محیط شروع به تدریس می‌کند. داده‌ها جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل می‌شوند و پس از تحلیل عملکرد تدریس کارآموز معلمی، بازخورد اصلاحی جهت رسیدن به درجه استاندارد تدریس داده خواهد شد. روش این تحقیق از لحاظ هدف، توسعه‌ای است. شایستگی‌های ارائه شفاهی و مختصات آن‌ها از طریق مرور سیستماتیک شناسایی شد که شامل صدا، گفتار، زبان بدن و اعتماد به نفس است و هر کدام زیرمجموعه‌هایی را در بر می‌گیرد. سپس محققین با استفاده از مولفه‌های شناسایی شده به طراحی محیط آزمایشگاه مجازی جهت ارزیابی ارائه شفاهی پرداختند.

**کلید واژه:** شایستگی، ارائه شفاهی، آزمایشگاه مجازی و تدریس.

## ۱. مقدمه

آنچه به کلاس درس، فعالیت‌ها و تحولات آن روح و هویت می‌بخشد، توانمندی‌ها و قابلیت‌های معلمان است. برای یک معلم، تخصص در ارائه یک پیام تعیین می‌کند که او به عنوان یک معلم چه قدر موفق است. همه‌ی ما، معلمان و اساتیدی هستیم که آشکارا در رشته‌های خود متخصص بودند اما توانایی و مهارت انتقال و ارائه‌ی موثر دانش و تخصص خود را به فراگیران نداشته‌اند. قبل از هر چیزی، معلمان و دانشجومعلمانی باید به این مهارت مجهز شوند؛ چرا که مهارت ارائه شفاهی وسیله‌ی معلمان برای ارتباط با یادگیرندگان و پیش‌نیاز تدریس موثر است (گومز<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹؛ وقور کاشانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ تین پرمپول<sup>۲</sup>، ۲۰۲۱).

چالشی که معلمان و دانشجومعلمانی با آن مواجه هستند، این مسئله است که بین مطالب نظری تدریس شده در دانشگاه و واقعیت کلاس درس فاصله‌ای وجود دارد که جز با تمرین عملی قابل پوشش نیست. آموزش و تمرین عملی نقطه‌ی اوج برنامه آموزشی معلمان است که در آن معلمان/ دانشجومعلمانی دانش و محتوای آموخته شده و مهارت‌های مرتبط را در تدریس واقعی به کار می‌برند (جاکا و جاونیس<sup>۳</sup>، ۲۰۲۰).

این مهارت‌ها ذاتی نیستند و قابل اکتساب، آموختن و انتقال هستند. با این حال، اختصاص زمان برای توسعه‌ی این شایستگی در برنامه‌ی درسی آسان نیست و به محیط آموزشی بستگی دارد (وقور کاشانی و همکاران، ۱۳۹۸). در بیشتر موارد، به دلیل محدودیت زمانی و فشاری که مبرمی برای پوشش موضوعات درسی دارد، تنها تعداد کمی از یادگیرندگان می‌توانند افکار خود را به صورت شفاهی بیان کنند یا مهارت‌های ارائه‌ی شفاهی خود را در مقابل مخاطبان تمرین کنند. بدون درک کامل از آنچه یک ارائه خوب را تشکیل می‌دهد، فراگیران ممکن است از نقاط قوت و ضعف خود به عنوان راهنمایی برای ارائه شفاهی بهتر آگاه نشوند. افزایش آگاهی نقشی ابزاری در هدایت فراگیران به سمت زمینه‌های بهبود دارد و آن‌ها را تشویق می‌کند تا مسئولیت بیشتری را به عهده بگیرند و به نوبه‌ی خود آن‌ها را قادر می‌سازد تا در یادگیری فعال خود مشارکت کنند (کلفتودیموس و تریانتافیلیدو<sup>۴</sup>، ۲۰۲۲؛ کنجیاب و مونپانیا<sup>۵</sup>، ۲۰۲۱).

در گذشته ارزیابی ارائه شفاهی، سنتی و بر اساس دیدگاه معلم بود و برخی اطلاعات حیاتی برای درک مشکلات و نیازهای یادگیرندگان و عملکرد معلم جهت بهبود مهارت ارائه شفاهی از دست می‌رفت. اما ارائه دهندگان ترجیح می‌دهند در طول کسب مهارت، بازخورد اختصاصی دریافت کنند که آن‌ها را در مورد عملکردشان، آنچه باید انجام دهند و میزان پیشرفتشان به سمت هدف آگاه سازد (ندولسکی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۲۱؛ کنجیاب و مونپانیا، ۲۰۲۱). یکی از چالش‌های تمرین مهارت ارائه شفاهی، مخاطبان انسانی هستند که همیشه در دسترس نیستند یا ترس از ارائه مقابل مخاطبان انسانی آن‌ها را دشوار می‌سازد (باترینکا<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). یادگیرندگان نیاز دارند در محیطی آشنا، امن و غیرتهدیدآمیز تمرین کنند که امروزه هوش مصنوعی توانایی فراهم کردن آن را دارد و به کمک انسان‌ها شتافته است.

هوش مصنوعی این امکان را دارد محیطی برای تمرین مهارت ارائه شفاهی ایجاد کند که با مخاطبان مجازی، غیرتهدیدآمیز، تکرارپذیر، قابل کنترل، سیستماتیک و سازگار با ویژگی‌های یادگیرنده باشد و مطابق آنچه می‌خواهیم، قابل برنامه‌ریزی باشد (کلفتودیموس و تریانتافیلیدو، ۲۰۲۲؛ کلت<sup>۸</sup>، ۲۰۱۵). همچنین وابستگی افراد و بسیاری از هزینه‌ها را کاهش دهد. با کمک هوش مصنوعی می‌توان تدریس را از سطحی آغاز کرد که کاربر بیشترین توانایی را در تعامل موفق با آن داشته باشد و به تدریج سختی سطح تمرین را افزایش داد. از این رو استرس و ترس مرتبط با ارائه شفاهی و قضاوت شدن را کاهش و تمایل به یادگیری را افزایش داد. علاوه بر آن، با قرار گرفتن در معرض تمرین مکرر در این محیط، ارتقا مهارت ارائه شفاهی را موجب شد (کلت، ۲۰۱۵). با وجود این که تحقیقاتی در این زمینه انجام شده (آیشینو<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۲۲؛ کلفتودیموس و تریانتافیلیدو، ۲۰۲۲؛ ساراگی و همکاران، ۲۰۲۲؛ لی و لیو<sup>۱۰</sup>، ۲۰۲۲؛ ندولسکی و همکاران، ۲۰۲۱؛ تین پرمپول،

<sup>1</sup> Gomez

<sup>2</sup> Thienpermpool

<sup>3</sup> Jaca & Javines

<sup>4</sup> Kleftodimos & Triantafillidou

<sup>5</sup> Konchiab & Munpanya

<sup>6</sup> Nadolski

<sup>7</sup> Batrinca

<sup>8</sup> Chollet

<sup>9</sup> Ishino

<sup>10</sup> Lee & Liu

۲۰۲۱؛ جاکا و جاوینس، ۲۰۲۰؛ کوثر، ۲۰۲۰؛ تسنگ<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ ون گینکل و همکاران، ۲۰۱۹؛ نمازیان دوست<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ قنیم و الگوتمی<sup>۳</sup>، ۲۰۱۶؛ ناگاوو<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۵؛ کلت و همکاران، ۲۰۱۵؛ تنویر<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۵؛ کاواناق و همکاران، ۲۰۱۴؛ باترینکا و همکاران، ۲۰۱۳ و کدگسنر<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). پژوهش‌ها به صورت جامع در مورد محیط یادگیری مهارت‌های ارائه شفاهی انجام نشده است و اغلب به رفتارهای غیرکلامی مجریان مانند ژست‌ها، لحن صدا، زیر و بمی صوت و حالات چهره توجه نموده‌اند و داده‌هایی مانند میزان استرس، ضربان قلب، حرکات چشم، حرکت، سرعت و دیگر شایستگی‌های ارائه شفاهی نادیده گرفته می‌شود و یا به صورت موردی به آن‌ها توجه شده است.

بنابر مطالب ذکر شده، پژوهشگر در پژوهش حاضر ابتدا شایستگی‌های ارائه شفاهی دانشجومعلم را شناسایی، سپس بر اساس آن‌ها، محیط مجازی یادگیری و تمرین مهارت ارائه شفاهی (آزمایشگاه مجازی تدریس) را طراحی خواهد کرد. لذا سوال‌های تحقیق به شرح زیر است:

### سوال کلی:

مختصات شایستگی‌های ارائه شفاهی دانشجومعلم و امکان ارزیابی آن‌ها در آزمایشگاه مجازی چگونه است؟

### سوالات ویژه:

دانشجومعلم در ارائه شفاهی چه شایستگی‌هایی باید داشته باشند؟

محیط آزمایشگاه مجازی تدریس به منظور بهسازی شایستگی‌های ارائه شفاهی دانشجومعلم چگونه است؟

### روش تحقیق

شناسایی شایستگی‌های ارائه شفاهی معلم، از طریق مرور سیستماتیک انجام خواهد شد. این مرور سیستماتیک بر شناسایی و طبقه‌بندی شایستگی‌های ارائه شفاهی معلم متمرکز است. جامعه آماری، پژوهش‌ها، پایان نامه‌ها و تحقیقات چاپ شده در مجلات علمی - پژوهشی بودند که در طول ۱۵ سال گذشته در زمینه‌ی مهارت ارائه شفاهی انجام شده‌اند و از لحاظ روایی و اعتبار ابزار و روش، شرایط لازم را داشته‌اند. مرور سیستماتیک طی شش گام به انجام می‌رسد: (۱) انتخاب متغیرهای ورود و خروج (۲) جستجوی پایگاه‌ها و منابع اطلاعاتی (۳) گردآوری پژوهش‌های مرتبط (۴) بررسی کیفیت مطالعات (۵) استخراج داده‌ها و (۶) تحلیل، ارائه یافته‌ها و بحث. پاسخ به سوال دوم، محققین با استفاده از مولفه‌های شناسایی شده در بخش پیش به طراحی آزمایشگاه مجازی تدریس خواهند پرداخت.

### یافته‌ها

مولفه‌ها و اجزای شایستگی‌های ارائه شفاهی شناسایی شده

ارائه شفاهی یک توانایی نسبتاً پیچیده است و به عنوان "ترکیبی از دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های موردنیاز برای صحبت در جمع به منظور اطلاع رسانی، ابراز خود، ارتباط و متقاعدکردن" تعریف می‌شود (دی گرز، ۲۰۰۹). آن طور که از این تعریف پیداست ارائه شفاهی دارای سه مولفه شناختی، رفتاری و عاطفی است؛ شناخت نسبت به محتوای ارائه، ساختار ارائه، جنبه‌های تعامل با مخاطب؛ رفتاری شامل عملکرد مشاهده شده ارائه دهنده مطابق روبریک‌های مربوطه و جنبه عاطفی شامل نگرش به ارائه، انگیزه و ... می‌باشد (ون گینکل، ۲۰۱۹). بنابراین به منظور طراحی محیط یادگیری شایستگی‌های ارائه شفاهی باید هر سه مولفه مورد توجه قرار گیرد و در محیط گنجانده شود.

از طرفی جنبه‌های کلامی و غیرکلامی ارائه شفاهی با توجه به مطالعات انجام شده (ساراگی و همکاران، ۲۰۲۲؛ کلفتودیموس و ترینتافیلیدو، ۲۰۲۲؛ آیشینو و همکاران، ۲۰۲۲؛ ندولسکی و همکاران، ۲۰۲۱؛ کنجیاب و مونپانیا، ۲۰۲۱؛ تسنگ و همکاران، ۲۰۲۰؛ اقبال و همکاران، ۲۰۱۹؛ ون گینکل، ۲۰۱۹؛ گومز، ۲۰۱۹؛ ناگاوو و همکاران، ۲۰۱۵؛ ون گینکل، ۲۰۱۵؛ کلت و همکاران، ۲۰۱۵؛ تنویر و همکاران، ۲۰۱۵؛ گرکولسکو<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۴؛ کاواناق و همکاران، ۲۰۱۴؛ باترینکا و همکاران، ۲۰۱۳؛ کدگسنر و همکاران، ۲۰۱۲) به شرح زیر است:

✓ زبان بدن

<sup>1</sup> Tsang

<sup>2</sup> Namaziandost

<sup>3</sup> Ghoneim & Elghotmy

<sup>4</sup> Nagao

<sup>5</sup> Tanveer

<sup>6</sup> Kothgassner

<sup>7</sup> Greculescu

- وضعیت ایستادن (خم/ به صورت عمودی)
- وضعیت حرکت (جا به جایی بیش از حد/ متمرکز شده)
- وضعیت بدن (موضع دفاعی: بازو به صورت تا شده، دست در جیب/ حالت باز)
- حرکت دست‌ها (تکان دادن بیش از حد دست‌ها/ برای تاکید بر انتقال معنا)
- حرکات چشم‌ها و الگوی نگاه (سردگردان/ تماس چشمی صحیح)
- وضعیت شانه‌ها (خمیده/ شانه‌ها به عقب)
- وضعیت سر (پایین/ صاف)
- حرکات بدن (حرکات نامفهوم/ رسا)
- حالات چهره (سرد/ گرم)
- ✓ صدا
- تنوع در لحن، زیر و بمی صدا (یکنواخت/ آهنگین)
- سرعت (خیلی سریع، خیلی آهسته/ سرعت مناسب)
- دقت و روانی گفتار (لکنت زبان، استفاده از پر کننده‌های مکث/ صحبت روان)
- وضوح (تلفظ نامشخص/ تلفظ واضح)
- جنس صدا (ساختگی/ طبیعی)
- ✓ گفتار
- ساختار (ضعیف/ سازماندهی شده)
- بیان (نامفهوم/ مفهوم)
- کاربرد جملات مثبت/ منفی
- استفاده از کلمات و جملات عامیانه/ مناسب با مخاطبان
- معنی گیج کننده و مبهم/ معنی روشن
- صحبت در سطح و زمینه نادرست مخاطبان/ صحبت در سطح مخاطبان
- ✓ اعتماد به نفس
- اضطراب دارد/ آرام و پایدار به نظر می‌رسد.
- ضربان قلب بالا/ ضربان قلب مناسب

### طراحی آزمایشگاه مجازی تدریس

با استفاده از مولفه‌هایی شناسایی شده باید به طراحی محیطی پرداخته شود که بتواند مولفه‌ها را پوشش داده و تقویت کند. بررسی پیشینه مربوط به محیط یادگیری نتایج زیر را متبادر می‌کند:

- داوری و همکاران (۱۳۹۹) پژوهشی با عنوان "سنجش میزان تاثیرگذاری واقعیت مجازی بر یک بازی جدی با هدف مهارت آموزی ارائه شفاهی" انجام دادند. ضمن طراحی و پیاده‌سازی یک بازی جدی، یک طرح شبه آزمایشی با پس-آزمون برای دو گروه کنترل و آزمایش و با مشارکت ۳۲ دانشجوی تحصیلات تکمیلی اجرا شد. ارتباط چشمی، حرکت و جابه‌جایی در حین ارائه و مدیریت زمان، سه جز اصلی بازی بودند. گروه آزمایش، بازی واقعیت مجازی را تجربه کردند و گروه کنترل همان بازی را با نمایشگر رایانه-موشواره-صفحه کلید انجام دادند. نتایج نشان داد که واقعیت مجازی، تغییری در نحوه‌ی به نمایش گذاشتن «مهارت ارتباط چشمی بازیکنان» ایجاد نمی‌کند؛ اما تمایل افراد را به جابه‌جایی و حرکت در حین بازی افزایش می‌دهد. در تحلیل نتایج مربوط به عملکرد بازیکنان در «مدیریت زمان» نیز تفاوت معناداری به‌دست نیامد. اگرچه بازی جدی بر بستر نمایشگر رایانه-صفحه کلید-موشواره اثربخش است، اما با انتقال محیط بازی به واقعیت مجازی، عملکرد دانشجویان در برخی شاخص‌های مهارت ارائه شفاهی (حرکت و جابه‌جایی در حین ارائه) به نسبت بیشتری ارتقا یافت. پژوهشگران اظهار داشتند طراحی یک بازی جدی مبتنی بر واقعیت مجازی برای توسعه مهارت ارائه شفاهی باعث می‌شود تا یادگیری در زمینه‌ای رخ دهد که قرار است همان‌جا به کار رود. به‌علاوه، می‌توان از چنین ترکیبی (واقعیت مجازی و بازی جدی) برای غلبه بر اضطراب ارائه

شفاهی نیز به خوبی بهره گرفت. همچنین، با توجه به چالش برانگیز بودن موقعیت‌های اقتصادی در بیرون از دانشگاه و لزوم بهره‌مندی دانشجویان از مهارت‌های ارتباطی و ارائه شفاهی، بازی جدی مبتنی بر واقعیت مجازی می‌تواند به نسبت بیشتری، شاخص‌های ارائه شفاهی را در افراد پرورش دهد.

- گرکولسکو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۴)، پژوهش "صلاحیت ارتباط شفاهی و مهندسی فنی بالاتر" را بررسی کردند. هدف تحقیق، ارزیابی ادراکات دانشجویان مهندسی در مورد شایستگی ارتباط شفاهی کارکنان آموزشی، بر اساس ارائه سخنرانی‌ها (درس‌ها) و شناسایی نقاط ضعف و قوت است که باید توسط کارکنان آموزش مهندسی در هنگام ارائه شفاهی بهبود یابد. نتایج به شناسایی نقطه قوت ارائه شفاهی که توسط اساتید مهندسی ارائه می‌شود، کمک کرده است: اجازه دادن به دانشجویان برای پرسیدن سوال، وضعیت مناسب و صحبت کردن؛ همچنین نقاط ضعف: تکرار و شفاف سازی، انگیزه و اشتیاق. در مجموع، این تحقیق نشان می‌دهد که اساتید مهندسی باید بیشتر روی شروع ارائه خود تمرکز کنند و مهارت‌های ارتباط شفاهی خود را بهبود بخشند.
- باترینکا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۳)، تحقیقی با عنوان "سیسرو<sup>۳</sup> - به سوی یک بستر مخاطب مجازی چندوجهی برای آموزش سخنرانی عمومی" را مورد بررسی قرار دادند. در این مقاله نمونه اولیه پلتفرم انسان مجازی به نام سیسرو برای آموزش سخنرانی عمومی ارائه شده است. مخاطبان مجازی تحرک داشتند و می‌توانستند وضعیت، جهت سر و نگاه خود را تغییر دهند. نتایج نشان داد ارزیابی عملکرد خودکار سیسرو با نظرات کارشناسان درباره سخنرانی همبستگی دارد. سیسرو محققان را قادر می‌سازد طیف گسترده‌تری از آزمایش‌ها را - از ارزیابی عملکرد تا آزمایش‌های روانشناختی - انجام دهند که با مخاطب واقعی انسانی قابل اجرا و امکان پذیر نیست.
- کدگسرن<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۲)، پژوهشی با عنوان "یک ابزار آموزش مجازی برای سخنرانی" انجام دادند. برنامه‌ای برای شبیه سازی یک اتاق سخنرانی مجازی ایجاد کردند که می‌تواند تعداد زیادی شنونده داشته باشد که به روش‌های مختلف رفتار می‌کنند؛ این صحنه ۱۰۰٪ مجازی است. یک سناریوی کاملاً مبتنی بر رایانه است که فقط از محیط مجازی و شخصیت‌های مصنوعی استفاده کرده است تا بتوان تنظیمات مختلف (مانند اندازه‌های مختلف مخاطب، بیان‌های احساسی متفاوت شنوندگان و ...) را ترکیب کرد. هدف از این صحنه آموزش افرادی است که مشتاق هستند در مقابل مخاطبان زیادی سخنرانی کنند. نتایج نشان می‌دهد که افراد چنین موقعیتی را به‌طور واقع‌بینانه تجربه می‌کنند و برانگیختگی روانی فیزیولوژیکی را نشان می‌دهند. علاوه بر این، سیستم را مفید ارزیابی می‌کنند.

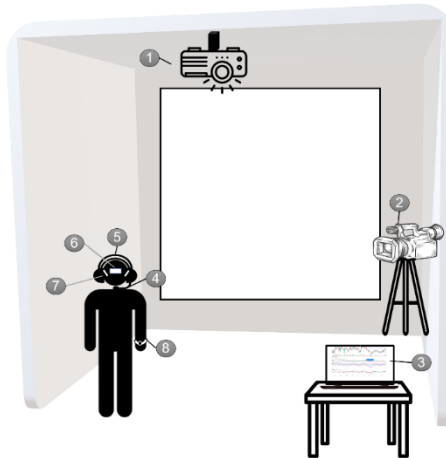
در نهایت محققان محیط یادگیری را پیشنهاد کردند که بتواند با کمک ابزارهایی، مولفه‌های شایستگی ارائه شفاهی را حین ارائه‌ی دانشجو معلم ثبت و ضبط کند و با تحلیل‌های مناسب، بازخوردهای موثری را ارائه نماید. برای این منظور از ویژگی‌های محیط‌های یادگیری در پیشینه‌های مذکور استفاده نموده و به صورت آزمایشگاه مجازی تدریس طراحی کرده است. تصویر زیر نتیجه طراحی آزمایشگاه مجازی تدریس است:

<sup>1</sup> Greulescu

<sup>2</sup> Batrinca

<sup>3</sup> Cicero

<sup>4</sup> Kothgassner



### نتیجه

شایستگی‌های ارائه شفاهی و مختصات آن‌ها از طریق مرور سیستماتیک شناسایی شد که شامل صدا، گفتار، زبان بدن و اعتماد به نفس است و هر کدام زیرمجموعه‌هایی را در بر می‌گیرد. آزمایشگاه مجازی تدریس در جهت توسعه‌ی مهارت‌های تدریس حرفه‌ای معلمان مطرح می‌شود. از طریق این سامانه داده‌های مورد نیاز از یک محیط بصری جدید برای کاربران به صورت یکپارچه جمع‌آوری می‌شود تا بتوان بازخوردهای لازم جهت تقویت یا اصلاح کار را اعمال کرد. دانشجو/معلم می‌تواند با بررسی داده‌ها و نتایج حاصل از آن، وضعیت تدریس و ارائه شفاهی خود را ارزیابی نماید و در جهت تقویت نقاط مثبت و اصلاح نقاط ضعف کوشش نماید و یاریگر دانشجو/معلم در حرفه‌ی خود باشد.

### منابع

- Gomez, A. (2019). Oral proficiency assessment of pre-service teachers of a public University in the Philippines. *The ASTR Research Journal*, 1 (1).
- Greculescu, A., Todorescu, L. L., Popescu-Mitroi, M. M., & Fekete, A. C. (2014). Oral communication competence and higher technical engineering. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 128, 169-174.
- Batrinca, L., Stratou, G., Shapiro, A., Morency, L. P., & Scherer, S. (2013, August). Cicero-towards a multimodal virtual audience platform for public speaking training. In *International workshop on intelligent virtual agents* (pp. 116-128). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Cavanagh, M., Bower, M., Moloney, R., & Sweller, N. (2014). The effect over time of a video-based reflection system on preservice teachers' oral presentations. *Australian Journal of Teacher Education*, 39(6), 1-16.
- Chollet, M., Wörtwein, T., Morency, L. P., Shapiro, A., & Scherer, S. (2015, September). Exploring feedback strategies to improve public speaking: an interactive virtual audience framework. In *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (pp. 1143-1154).
- De Grez, L. (2009). Optimizing the instructional environment to learn presentation skills (Dissertation). Universiteit Gent.
- Ghoneim, N. M. M., & Elghotmy, H. E. A. (2016). Using Voice Thread to Develop EFL Pre-Service Teachers' Speaking Skills. *Online Submission*, 4(6), 13-31.
- Iqbal, Z., Alvi, E., & Shafi, F. (2019). Prospective Teachers' Perceptions of Oral Presentations: An Exploration of Challenges Involved. *Pakistan Journal of Education*, 36(2), 137-163.
- Ishino, T., Goto, M., & Kashihara, A. (2022). Robot lecture for enhancing presentation in lecture. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 17(1), 1-22.



- Jaca, C. A. L., & Javines, F. B. (2020). Oral Communication Needs of Pre-Service Teachers in Practice Teaching. *Randwick International of Education and Linguistics Science Journal*, 1(1), 67-73.
- Kosar, G. (2020). Pre-Service EFL Teachers' Low-Level of Oral Proficiency and Suggestions for Enhancing It. *Novitas-ROYAL (Research on Youth and Language)*, 14(1), 39-51.
- Kothgassner, O. D., Felnhofer, A., Beutl, L., Hlavacs, H., Lehenbauer, M., & Stetina, B. (2012, September). A virtual training tool for giving talks. In *International Conference on Entertainment Computing* (pp. 53-66). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Klefodimos, A., & Triantafillidou, A. (2022). The use of the video platform FlipGrid for practicing science Oral communication. *TechTrends*, 1-21.
- Konchiab, S., & Munpanya, P. (2021). Investigating Thai EFL Undergraduates' Oral Presentation Performances and Experiences, Using Teacher and Student Self-Assessments. *THAITESOL Journal*, 34(1), 96-117.
- Lee, Y. J. J., & Liu, Y. T. (2022). Promoting oral presentation skills through drama-based tasks with an authentic audience: A longitudinal study. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 31(3), 253-267.
- Nadolski, R. J., Hummel, H. G., Rusman, E., & Ackermans, K. (2021). Rubric formats for the formative assessment of oral presentation skills acquisition in secondary education. *Educational Technology Research and Development*, 69(5), 2663-2682.
- Namaziandost, E., Nasri, M., & Keshmirshekan, M. H. (2019). Teachers' and Learners' Perceptions toward Using Social Media for Developing Oral Proficiency. *Journal of Language Teaching and Research*, 10(6), 1341-1350.
- Nagao, K., Tehrani, M. P., & B Fajardo, J. T. (2015). Tools and evaluation methods for discussion and presentation skills training. *Smart Learning Environments*, 2(1), 1-22.
- Saragih, W., Saragih, N. A., Siregar, R. A., & Natalia, C. H. (2022). Investigating EFL Teachers' Perception on Task-based Language Teaching for Speaking Skills. *Teaching English Language*, 16(1), 203-234.
- Tanveer, M. I., Lin, E., & Hoque, M. (2015, March). Rhema: A real-time in-situ intelligent interface to help people with public speaking. In *Proceedings of the 20th international conference on intelligent user interfaces* (pp. 286-295).
- Thienpermpool, P. (2021). Teachers' Practice and Perceptions of Self-Assessment and Peer Assessment of Presentation Skills. *English Language Teaching*, 14(12), 183-188.
- Tsang, A. (2020). Enhancing learners' awareness of oral presentation (delivery) skills in the context of self-regulated learning. *Active learning in higher education*, 21(1), 39-50
- van Ginkel, S., Gulikers, J., Biemans, H., Noroozi, O., Roozen, M., Bos, T., ... & Mulder, M. (2019). Fostering oral presentation competence through a virtual reality-based task for delivering feedback. *Computers & Education*, 134, 78-97.
- Van Ginkel, S., Gulikers, J., Biemans, H., & Mulder, M. (2015). Towards a set of design principles for developing oral presentation competence: A synthesis of research in higher education. *Educational Research Review*, 14, 62-80.
- داوری، فرجاد؛ وحیدی اصل، مجتبی؛ علیخانی، پرستو و رضایی زاده، مرتضی. سنجش میزان تاثیرگذاری واقعیت مجازی بر یک بازی جدی با هدف مهارت آموزی ارائه شفاهی. نشریه علمی فناوری آموزش، جلد ۱۴، شماره ۴، پاییز ۱۳۹۹، صص ۸۹۱-۹۰۰.
- وقور کاشانی، مهدیه؛ حاجی حسین نژاد، غلامرضا؛ موسی پور، نعمت الله و ابراهیم زاده، عیسی. راهکارهای اعتلای شایستگی‌های حرفه‌ای معلمان و تعیین اثربخشی آن‌ها. پژوهش در برنامه‌ریزی درسی، سال شانزدهم، دوره دوم، شماره ۳۳، پیاپی ۶۰، بهار ۱۳۹۸، صص ۵۵-۷۶.



## هوش مصنوعی در آموزش و یادگیری: چگونه به دانش آموزان با استفاده از هوش مصنوعی آموزش دهیم

حمید رضا مقامی<sup>۱</sup>، فاطمه اسدی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>عضو هیات علمی گروه تکنولوژی آموزشی

<sup>۲</sup>دانشجوی دکتری تکنولوژی آموزشی

### چکیده

هدف اصلی این ابتکار آموزشی، آماده سازی دانش آموزان برای فرصت های شغلی آینده، تقویت مهارت های تفکر انتقادی و پرورش توانایی های حل مسئله است. برنامه درسی در این زمینه آگاهی اخلاقی، تجربیات یادگیری تعاملی، و چشم انداز شغلی در فناوری و نوآوری را در اولویت قرار می دهد. آموزش هوش مصنوعی مزایایی مانند پرورش تفکر انتقادی، سواد داده و خلاقیت در بین دانش آموزان را ارائه می دهد و آنها را قادر می سازد داده ها را تجزیه و تحلیل کنند و راه حل هایی برای چالش های دنیای واقعی ابداع کنند. چالش های آموزش هوش مصنوعی به دانش آموزان K-12 شامل پرداختن به شکاف دیجیتال، ارائه مفاهیم پیچیده به شیوه ای در دسترس، و بررسی ملاحظات اخلاقی مرتبط با هوش مصنوعی است. برای غلبه بر این چالش ها، این ارائه استفاده از وسایل کمک بصری، ابزارهای آنلاین و منابعی مانند دستورالعمل های اخلاق هوش مصنوعی دبیرستانی را برای ترویج آموزش هوش مصنوعی برای همه دانش آموزان توصیه می کند. بر اهمیت گنجاندن مثال های عملی و کاربردهای دنیای واقعی هوش مصنوعی در برنامه درسی برای کمک به دانش آموزان برای درک مفاهیم عملی و ملاحظات اخلاقی آن تأکید می کند. به مفاهیم و اصول کلیدی هوش مصنوعی، از جمله یادگیری ماشینی، پردازش داده ها و اتوماسیون می پردازد. این برنامه توسعه برنامه درسی هوش مصنوعی متناسب با سن، آموزش معلمان و اطمینان از دسترسی به منابع آموزشی هوش مصنوعی برای همه دانش آموزان را مورد بحث قرار می دهد. برنامه درسی پیشنهادی هوش مصنوعی با هدف تجهیز دانش آموزان مدارس ابتدایی به سواد هوش مصنوعی، آماده سازی آنها برای مصرف کنندگان حیاتی فناوری هوش مصنوعی و سازندگان آینده هوش مصنوعی است. علاوه بر این، روش های آموزشی جذاب و تعاملی، مانند شبیه سازی های مجازی، پروژه های مشارکتی، و ابزارهای تعاملی را بررسی می کند تا آموزش هوش مصنوعی را برای دانش آموزان K-12 افزایش دهد.

**کلیدواژه ها:** آموزش هوش مصنوعی، برنامه درسی K-12، تفکر انتقادی، حل مسئله، آگاهی اخلاقی، سواد داده، شکاف دیجیتال، اخلاق هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، پردازش داده، اتوماسیون، آموزش معلمان، یادگیری تعاملی.