پاییز ۱۴۰۳
سال سیزدهم
کهربا
شماره چهل و پنجم

فصلنامه تخصصی مهندسی برق و کامپیوتر

Journal of Electrical and Computer Engineering

شماره مجوز وزارت فرهنگ و ارشاداسلامی ۷۷۸۲۱



۱–ارائه مدلی هوشمند برای افزایش انگیزش دانش‌آموز و معلم در دوران کرونا، براساس عوامل موثر بر کارایی روند آموزش با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی

۲–کنترل هوشمند سیستمهای دینامیکی: نوآوریها و کاربردهای بهینه سازی در دنیای امروز

۳–نقش برجسته باتری های لیتیومی در بهبود عملکرد و پایداری خودروهای الکتریکی

۴–ارائه الگوی یادگیری با فناوری هوش مصنوعی در آموزش کودکان دارای معلولیت یا اختلالات اوتیسم

۵– شبکه کانولوشن بهینه شده با الگوریتم فراابتکاری LO برای طبقه‌بندی خودکار تومور مغزی

۶–ارتقاء امنیت و سرعت در شبکه های SDN مبتنی بر IPSec و DPDK

۷–اندرو نگ کارآفرین و دانشمند آمریکایی در زمینه علوم کامپیوتری



ISSN :2322-3723

kahrobaonline.ir

صاحب‌امتیاز

نواندیشان

مدیرمسئول

مهدی عارف خیابانی

سردبیر

امین شیخ نجدی

هیئت تحریریه

دکتر جواد شکرالهی مغانی-دکترای برق قدرت-دانشیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

دکتر امیرحسین رحمانی – دکترای برق قدرت- استاددانشگاه‌های جندی شاپور دزفول و آزاد اسلامی‌واحد درفول

دکتر ملیحه نیک سیرت- دکترای علوم کامپیوتر- استادیار دانشگاه صنعتی بیرجند

دکتر محمد دوستی زاده- دکترای برق قدرت- استاد دانشگاه آزاد اسلامی‌خرم آباد

دکتر موسی مجرد- دکترای کامپیوتر-نرم افزار – هیئت علمی‌دانشگاه فیروزآباد، رئیس دانشگاه آزاد اسلامی‌فراشبند

دکتر حامد سقایی- دکترای برق الکترونیک- دانشیار دانشگاه آزاداسلامی شهرکرد ، استادیار دانشگاه اهواز

دکتر آزاد رحیمی- دکترای برق قدرت- هیئت علمی(مربی) و مدیرگروه دانشگاه فنی و حرفه‌ای سنندج

مهندس امین شیخ نجدی-کارشناس ارشد برق الکترونیک-استادیار مدعو دانشگاه جندی شاپور دزفول و آزاداسلامی واحد دزفول،شهدای اهواز

مهندس محمدحسین دوست محمدی- کارشناسی ارشد برق الکترونیک – هیئت علمی(مربی) دانشگاه صنعتی همدان

دکتر محمود مقدسیان- دکترای برق قدرت- استادیار دانشگاه چمران اهواز

درباره کهربا ۴

یادداشت مدیرمسئول ۴

سخن سردبیر ۵

آشنایی با مشاهیر

اندرو نگ (Andrew Ng) –کارآفرین و دانشمند آمریکایی در زمینه علوم کامپیوتری ۶

مقالات

ارتقاء امنیت و سرعت در شبکه های SDN مبتنی بر DPDK و IPSec ۹
عباس معنوی نژاد، کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات - دانشگاه آلتو، هلسینکی فنلاند

نقش برجسته باتری های لیتیومی در بهبود عملکرد و پایداری خودروهای الکتریکی ۲۹
علیرضا جوشن،کارشناسی ارشد برق قدرت-دانشگاه گیلان ،گیلان،ایران

ارائه مدلی هوشمند برای افزایش انگیزش دانش‌آموز و معلم در دوران کرونا، براساس عوامل موثر بر کارایی روند آموزش با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی ۴۸
مجید جنگی زهی، هنرآموز رشته نرم‌افزار و شبکه، هنرستان فنی شهید رمضانی، آموزش و پرورش خاش، خاش، ایران
فریبا ریگی، هنرآموز رشته تصویرسازی و جلوه های ویژه رایانه ای، هنرستان کاردانش سمیه، آموزش و پرورش خاش، خاش، ایران

ارائه الگوی یادگیری با فناوری هوش مصنوعی در آموزش کودکان دارای معلولیت یا اختلالات اوتیسم ۶۹
نوشین عسکرانی، کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر ،گروه های آموزش و تکنولوژی استان اصفهان؛ ایران
سارا غائی، دانشجوی دکتری مدیریت منابع انسانی و رفتار سازمانی دانشگاه یزد

کنترل هوشمند سیستمهای دینامیکی: نوآوریها و کاربردهای بهینه سازی در دنیای امروز ۷۸
علیرضا جوشن،کارشناسی ارشد برق قدرت-دانشگاه گیلان ،گیلان،ایران
فرامرز آقائی لیاولی،گروه برق شرکت هل،شهر صنعتی البرز، قزوین، ایران

شبکه کانولوشن بهینه شده با الگوریتم فراابتکاری LO برای طبقه‌بندی خودکار تومور مغزی ۹۷
موسی مجرد،مهراب محبی، دکترای کامپیوتر،دانشگاه آزاد اسلامی فیروزآباد ایران
ارتباط با کهربا ۱۱۲
English Abstracts ۱۱۳

درباره کهربا

مجله الکترونیکی کهربا، با همت و تلاش جمعی از دانشجویان و مهندسین برق، بخصوص اعضای انجمن علمی و پژوهشی نواندیشان، در سال هزار و سیصد و نود شروع به کارکرد. کهربا از سال ۹۱ با کسب شماره بین‌المللی استاندارد مجلات (ISSN:۲۳۲۲-۳۷۲۳) و ثبت در سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران، به‌عنوان فصلنامه‌ای رسمی و تخصصی در حوزه صنعت برق شناخته‌شده است. این نشریه تخصصی در سال ۹۵ موفق به اخذ پروانه انتشار از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، با مجوز شماره ۷۷۸۲۱ و ثبت در سامانه جامع رسانه‌های کشور(e-rasaneh) و بانک اطلاعات نشریات کشور(magiran) گردید. در سال ۹۷ طی تفاهم‌نامه‌ای با بانک مقالات کشور (سیویلیکا) مورد حمایت این پایگاه قرارگرفته و مقالات ارائه‌شده به نشریه پس از انتشار در سیویلیکا نمایه شده و در نظام رتبه‌بندی دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند.در سال ۱۴۰۳ موفق به کسب امتیاز لازم جهت نمایه سازی نشریات موسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام (ISC) گردید.

یادداشت مدیرمسئول

در سیزدهمین پاییز از فعالیت نشریه کهربا و پس از انتشار چهل و چهار شماره از مجله مفتخریم با انتشار چهل و پنجمین شماره از این نشریه در خدمت علاقه‌مندان این مجله تخصصی باشیم. تلاش ما از روز نخست، جمع‌آوری، تهیه و ارائه مطالبی ساده و کاربردی، درعین‌حال تخصصی، به قشر فرهیخته دانش‌پژوه و کسانی که مشتاق به دانستن علوم مهندسی برق و الکترونیک یا کامپیوتر هستند، بوده است. امید است با هدایت و راهنمایی شما هر شماره بهتر و پخته‌تر از شماره پیشین گردد. امید است که باهمت و همیاری دوستان بتوانیم قدمی‌هرچند کوچک، جهت جلب رضایت و بالا بردن سطح دانش شما برداریم؛ و روزبه‌روز شاهد پیشرفت و موفقیت‌های شما عزیزان باشیم.

سخن سردبیر:

خوانندگان گرامی،

شماره جدید مجله کهربا، شما را به سفری هیجان‌انگیز در دنیای پیچیده و پویای فناوری اطلاعات و ارتباطات دعوت می‌کند. در این شماره، طیف گسترده‌ای از موضوعات روزآمد از جمله هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، امنیت شبکه، و انرژی‌های نوین مورد بررسی قرار گرفته است.

مقالات ارائه شده در این شماره، نشان از تلاش‌های ارزشمند پژوهشگران و متخصصان کشورمان در جهت توسعه فناوری‌های نوین و حل چالش‌های موجود در این حوزه دارد. از جمله موضوعات برجسته این شماره می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **ارتقاء امنیت و سرعت شبکه‌ها :**با استفاده از فناوری‌های نوینی مانند IPSec و DPDK مبتنی برSDN ، می‌توان به شبکه‌های امن‌تر و سریع‌تری دست یافت.
- **نقش کلیدی باتری‌های لیتیومی :**این باتری‌ها به عنوان قلب تپنده خودروهای برقی، نقش مهمی در بهبود عملکرد و پایداری این خودروها ایفا می‌کنند.
- **هوش مصنوعی در آموزش :**با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌توان مدل‌های هوشمند برای افزایش انگیزش دانش‌آموزان و بهبود فرآیند آموزش طراحی کرد. همچنین، هوش مصنوعی می‌تواند در آموزش کودکان دارای معلولیت یا اختلالات اوتیسم نقش مؤثری داشته باشد.
- **کنترل هوشمند سیستم‌های دینامیکی :**این فناوری به ما امکان می‌دهد تا سیستم‌های پیچیده را با دقت و کارایی بیشتری کنترل کنیم.
- **تشخیص خودکار تومور مغزی :**استفاده از شبکه‌های کانولوشن بهینه‌شده، به پزشکان کمک می‌کند تا تومورهای مغزی را با دقت بیشتری تشخیص دهند.

این دستاوردها نشان می‌دهد که مهندسان و پژوهشگران ایرانی در سطح جهانی در حال فعالیت هستند و می‌توانند نقش مهمی در توسعه فناوری‌های آینده ایفا کنند.

از تمامی نویسندگان و داوران محترم که در تهیه این شماره از مجله همکاری داشته‌اند، کمال تشکر را داریم. امیدواریم این مجله بتواند به عنوان منبعی معتبر برای پژوهشگران، دانشجویان و صنعتگران در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات مورد استفاده قرار گیرد.

آشنایی با اندرو نگ (Andrew Ng)

(کارآفرین و دانشمند آمریکایی در زمینه علوم کامپیوتری)



Andrew Yan-Tak Ng در ۱۸ آوریل ۱۹۷۶ در بریتانیا متولد شد. پدر و مادرش مهاجرانی از هنگ کنگ بودند. او در دوران جوانی در هنگ کنگ و سنگاپور زندگی کرده است.

تحصیلات و دستاوردهای آکادمیک:

۱۹۹۷: مدرک کارشناسی در رشته‌های علوم کامپیوتر، آمار و اقتصاد از دانشگاه کارنگی ملون

۱۹۹۸: مدرک کارشناسی ارشد در مهندسی برق و علوم کامپیوتر از MIT

۲۰۰۲: دکترای علوم کامپیوتر از دانشگاه کالیفرنیا، برکلی

دستاوردهای حرفه‌ای:

فعالیت‌های آکادمیک (استاد دانشگاه استنفورد):

۲۰۰۲: شروع به کار به عنوان استادیار در دانشگاه استنفورد

۲۰۰۹: ارتقا به مقام دانشیار

مدیریت آزمایشگاه هوش مصنوعی استنفورد ((SAIL

تدریس دوره محبوب یادگیری ماشین CS229 با بیش از ۱۰۰۰ دانشجو در برخی سال‌ها

نقش در شرکت‌های بزرگ فناوری:

Google Brain (2011-2012):

بنیانگذار و مدیر پروژه Google Brain

توسعه شبکه‌های عصبی مصنوعی بزرگ با استفاده از زیرساخت محاسباتی توزیع شده گوگل

Baidu (2014-2017):

دانشمند ارشد در Baidu

هدایت گروه هوش مصنوعی شرکت با بیش از ۱۳۰۰ نفر

توسعه پلتفرم هوش مصنوعی DuerOS و فناوری‌های دیگر

تأسیس و مدیریت استارتاپ‌ها:

Coursera (2012):

هم‌بنیانگذار و مدیرعامل

یکی از پیشگامان در زمینه آموزش آنلاین انبوه ((MOOC

DeepLearning.AI (2017):

بنیانگذار

ارائه دوره‌های آنلاین در زمینه یادگیری عمیق و هوش مصنوعی

Landing AI (2017):

بنیانگذار و مدیرعامل

ارائه محصولات SaaS مبتنی بر هوش مصنوعی

AI Fund (2018):

راه‌اندازی صندوق سرمایه‌گذاری ۱۷۵ میلیون دلاری برای حمایت از استارتاپ‌های هوش مصنوعی

دستاوردهای Andrew Ng

تأثیر بر آموزش آنلاین و دموکراتیزه کردن هوش مصنوعی

نقش در توسعه :MOOCsدر سال ۲۰۱۱، NG نقشی کلیدی در راه‌اندازی اولین دوره‌های آنلاین گسترده و آزاد ((MOOCsدر دانشگاه استنفورد ایفا کرد. او دوره یادگیری ماشین ((CS229aرا ارائه داد که بیش از ۱۰۰،۰۰۰ دانشجو در آن ثبت‌نام کردند. این اقدام، جرقه‌ای برای انقلاب در آموزش آنلاین بود.

تأسیس Coursera و تأثیر آن بر آموزش آنلاین: در سال ۲۰۱۲، Ng به همراه Daphne Koller، Coursera را تأسیس کرد. این پلتفرم به سرعت به یکی از بزرگترین ارائه‌دهندگان MOOCs در جهان تبدیل شد. دوره‌های Ng در Coursera، به‌ویژه "یادگیری ماشین" و "شبکه‌های عصبی و یادگیری عمیق"، از محبوب‌ترین دوره‌های این پلتفرم هستند. Coursera با ارائه دوره‌های رایگان و با کیفیت از دانشگاه‌های برتر جهان، دسترسی به آموزش عالی را برای میلیون‌ها نفر در سراسر جهان فراهم کرده است.

تلاش‌های او برای گسترش دسترسی به آموزش هوش مصنوعی: Ng با تأسیس DeepLearning.AI در سال ۲۰۱۷، گامی دیگر در جهت دموکراتیزه کردن آموزش هوش مصنوعی برداشت. این پلتفرم دوره‌های تخصصی در زمینه یادگیری عمیق و هوش مصنوعی ارائه می‌دهد. علاوه بر این، در سال ۲۰۱۹، او دوره "هوش مصنوعی برای همه" را راه‌اندازی کرد که هدف آن آشنا کردن افراد غیرفنی با مفاهیم و کاربردهای هوش مصنوعی است. تا سال ۲۰۲۳، تخمین زده می‌شود که حدود ۸ میلیون نفر از دوره‌های Ng بهره برده‌اند.

پروژه‌های تحقیقاتی مهم

Stanford Autonomous Helicopter project:این پروژه یکی از پیشرفته‌ترین هلیکوپترهای خودمختار در جهان را توسعه داد. این دستاورد نشان‌دهنده توانایی Ng در کاربرد الگوریتم‌های یادگیری ماشین در دنیای واقعی است.

پروژه STAIR و توسعه ROS: پروژه STAIR (Stanford Artificial Intelligence Robot) منجر به توسعه ROS (Robot Operating System) شد، که امروزه یکی از پرکاربردترین پلتفرم‌های نرم‌افزاری رباتیک با متن باز است. این پروژه نقش مهمی در پیشرفت رباتیک و هوش مصنوعی داشته است.

مشارکت در توسعه الگوریتم‌های یادگیری عمیق: Ng در Google Brain، پروژه‌ای را هدایت کرد که منجر به توسعه یک شبکه عصبی شد که توانست بدون آموزش قبلی، گربه‌ها را در ویدیوهای YouTube تشخیص دهد. این پروژه نقطه عطفی در پیشرفت یادگیری عمیق بود.

جوایز و افتخارات

Andrew Ng افتخارات متعددی کسب کرده است، از جمله:

قرار گرفتن در فهرست ۳۵ مبتکر زیر ۳۵ سال MIT Technology Review (2008)

جایزه Computers and Thought از IJCAI (2009)

قرار گرفتن در فهرست ۱۰۰ شخصیت تأثیرگذار مجله Time (2013)

قرار گرفتن در فهرست ۴۰ زیر ۴۰ سال Fortune (2013)

قرار گرفتن در فهرست ۱۰ متفکر برتر CNN (2013)

قرار گرفتن در فهرست خلاق‌ترین افراد در کسب و کار Fast Company (2014)

رهبران جوان جهانی مجمع جهانی اقتصاد (۲۰۱۵)

قرار گرفتن در فهرست ۱۰۰ شخصیت تأثیرگذار در هوش مصنوعی Time (2023)

دیدگاه‌های Andrew Ng درباره آینده هوش مصنوعی

نظرات او درباره تأثیر هوش مصنوعی بر آینده کار: Ng معتقد است که تهدید واقعی هوش مصنوعی، نه ربات‌های قاتل، بلکه تأثیر آن بر آینده کار است. او تأکید می‌کند که دانشگاه‌ها، صنعت و دولت باید درباره چالش‌های ایجاد شده توسط این فناوری‌ها برای نیروی کار گفتگو کنند.

دیدگاه‌های او درباره تنظیم مقررات هوش مصنوعی: در مصاحبه‌ای با Financial Times در دسامبر ۲۰۲۳، Ng نگرانی‌هایی را درباره تأثیر احتمالی قوانین بر هوش مصنوعی متن‌باز مطرح کرد. او استدلال می‌کند که تنظیم مقررات برای فناوری‌های پایه مانند مدل‌های متن‌باز می‌تواند پیشرفت را مختل کند بدون اینکه امنیت را به طور قابل توجهی افزایش دهد. Ng طرفدار قوانینی است که با دقت طراحی شده‌اند تا مانع توسعه و توزیع فناوری‌های هوش مصنوعی مفید نشوند.

Andrew Ng با ترکیبی از نوآوری‌های علمی، کارآفرینی و تعهد به آموزش، نقشی حیاتی در شکل دادن به چشم‌انداز هوش مصنوعی و یادگیری ماشین ایفا کرده است. دیدگاه او مبنی بر دموکراتیزه کردن هوش مصنوعی و آماده‌سازی جامعه برای تغییرات آینده، او را به یکی از تأثیرگذارترین چهره‌های این حوزه تبدیل کرده است.

KNO-1103-4501

ارتقاء امنیت و سرعت در شبکه های SDN مبتنی بر DPDK و IPSec

عباس معنوی نژاد

کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات - دانشگاه آلتو، هلسینکی

Abbas.mn@live.com

چکیده:

شبکه مبتنی بر نرم‌افزار (SDN) رویکردی در معماری شبکه و روشی برای شبکه‌سازی است که هدفش بهینه‌سازی عملیات شبکه است. این مطالعه به بررسی ادغام کیت توسعه صفحه داده (DPDK) و امنیت پروتکل اینترنت (IPSec) در شبکه مبتنی بر نرم‌افزار (SDN) برای طراحی یک پروتکل ارتباطی سفارشی سازی شده با توان عملیاتی بالا و ایمن می‌پردازد. DPDK مجموعه ای از کتابخانه ها و درایورها برای پردازش سریع بسته و همچنین ویژگی‌های پیشرفته مدیریت حافظه در DPDK مانند صفحات بزرگ (Pages Huge) و دسترسی به حافظه غیر یکنواخ (NUMA) است و پژوهش انجام شده به دنبال راهکاری برای بهبود قابل توجهی در سرعت پردازش بسته‌های دارای سربارهای اضافه برای رمزنگاری است. در همین حال، IPSec از طریق رمزنگاری و احراز هویت، امنیت داده‌ها را تضمین می‌کند و یک لایه ارتباطی امن را در چارچوب SDN با عملکرد بالا فراهم می‌سازد .این پژوهش همچنین پردازش بسته برداری (VPP) را به عنوان یک روتر یا سوئیچ مجازی و سهم بالقوه آن در راهکار پیشنهادی بررسی می کند.

کلمات کلیدی:

ارتقاء امنیت، امنیت سایبری، شبکه مبتنی بر نرم افزار (SDN)، کیت توسعه صفحه داده (DPDK)، پردازش بسته برداری (VPP)

- مقدمه:

شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار (SDN)[۱]خود را به عنوان جدیدترین و مهم‌ترین معماری شبکه در صنعت ارتباطات معرفی کرده اند و به یکی از مفاهیم پرکاربرد در شبکه تبدیل شده‌اند که به منظور برقراری ارتباط با زیرساخت‌های سخت‌افزاری در شبکه از کنترل‌کننده‌های مبتنی بر نرم‌افزار یا رابط‌های برنامه‌نویسی کاربردی (API)[۲]که مجموعه‌ای از پروتکل‌ها و ابزارهایی است که به نرم‌افزارهای مختلف اجازه می‌دهد تا با یکدیگر ارتباط برقرار کنند، استفاده می‌کنند. این شبکه‌ها با توجه به امکانات گسترده‌ای که نسبت به شبکه‌های سنتی ارائه می‌دهند، نوآوری مناسبی دارند. قدرت مقیاس پذیری شبکه های SDN اجازه می‌دهد تا توابع جدید شبکه از طریق منطق مبتنی بر نرم افزار در صفحه کنترل شبکه به سادگی معرفی شوند. در SDN، کل شبکه در صفحه کنترل انتزاع شده و به مدیر شبکه یک نمای کلی از تمامی دستگاه‌های موجود در شبکه را نشان می دهد. شبکه های SDN، با جداسازی صفحه کنترل از صفحه داده، پارادایم های مدیریت شبکه را عمیقاً متحول کرده اند. این جداسازی امکان پیکربندی شبکه های پویا و قابل برنامه ریزی را با مقیاس پذیری و سفارشی سازی بالا فراهم می کند. با این حال، ماهیت متمرکز و قابلیت برنامه ریزی SDN، آسیب پذیری های امنیتی منحصر به فردی را ارائه می دهد که شبکه های سنتی کمتر با آن مواجه هستند. برای مثال ، دسترسی به هر نحوی به کنترلر اصلی SDN و یا فرمان های کنترلی در هر بخشی از مسیر آنها توسط افراد غیر مجاز، خطر تغییر سیاست های شبکه و تغییر مسیر و محتوای داده ها را به همراه دارد.[1][2]

امنیت پروتکل اینترنت (IPsec) یکی از پرکاربردترین پروتکل های رمزگذاری انتقال داده است که امروزه برای اطمینان از محرمانه بودن، صحت و یکپارچگی داده های ارسال شده طراحی شده است. ادغام IPsec[۳] در SDN با ایمن کردن سطوح کنترل و داده از طریق رمزگذاری قوی، احراز هویت و بررسی یکپارچگی، امنیت را افزایش می‌دهد. IPsec می تواند از ارتباط بین کنترل کننده SDN و دستگاه های شبکه محافظت کند و فقط از تعاملات مجاز اطمینان حاصل کند و از دستکاری و استراق سمع جلوگیری کند. با تعریف و اجرای سیاست‌های امنیتی متمرکز، IPsec تهدیدهایی مانند حملات DoS[۴]و MitM[۵]را کاهش می‌دهد، در حالی که به‌روزرسانی‌های سیاست های شبکه، پویایی و انعطاف‌پذیری آن را حفظ می‌کنند. به عبارتی، پیاده سازی IPSec در SDN علاوه بر حفاظت از داده ها، از اجرای بروزرسانی های سیاست های شبکهSDN صرفا از طریق افراد مجاز، اطمینان حاصل می کند. [3][4]

در حال حاضر، دروازه های رایج IPsec برای رمزگذاری و رمزگشایی و انتقال داده ها به پشته پروتکل سنتی لینوکس متکی هستند. این اتکا و وابستگی به هسته لینوکس، باعث کپی های متعدد داده و سوئیچینگ های مازاد در هسته می شود که نتیجه آن انتقال داده با تاخیر و سرعت پایین است.

[۱] Software-Defined Networking

[۲] **APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE (API)**

[۳] Internet Protocol Security

[۴] denial-of-service

[۵] man-in-the-middle

برای جبران کاهش بازدهی نرخ انتقال داده هنگام ادغام IPsec درSDN ، استفاده از کیت توسعه صفحه داده(DPDK) [۶] پیشنهاد می شود. DPDK با دور زدن هسته سیستم عامل کار می کند و امکان پردازش سریع بسته ها را مستقیماً در فضای کاربر فراهم می کند. این روش کارآمد تاخیر را کاهش می دهد و توان عملیاتی بسته را افزایش می دهد که برای حفظ عملکرد در شبکه های پرسرعت بسیار مهم است. با استفاده از درایورهای حالت واکشی PMD [۷]، DPDK سربار مربوط به پردازش سنتی بسته ها، تحت تاثیر وقفه های هسته را به حداقل می رساند و بازدهی کلی شبکه را افزایش می دهد. [5]

ادغام DPDK با SDN و IPsec تضمین می کند که سربارهای امنیتی IPsec بازدهی نرخ انتقال داده را در شبکه تحت تاثیر قرار نمی دهد. توانایی DPDK برای مدیریت انتقال داده با سرعت بالا، رمزنگاری و احراز هویت قوی IPsec را بدون ایجاد تاخیرهای قابل توجه امکان پذیر می کند. این ترکیب به محیط‌های SDN اجازه می‌دهد به یک زیرساخت متعادل و کارآمد دست یابند، که در آن امنیت و سرعت به طور یکپارچه همزیستی دارند و عملکرد بالا و محافظت قوی در برابر آسیب‌پذیری‌ها را تضمین می‌کنند.

برای افزایش بیشتر عملکرد و امنیت SDN هنگام استفاده از IPsec وDPDK ، ادغام پردازش بسته برداری (VPP)[۸] می تواند بسیار سودمند باشد. VPPیک چارچوب منبع باز پردازش بسته در صفحه داده و با کارایی بالا است که در فضای کاربر اجرا می شود و قابلیت های شبکه ای پیشرفته را ارائه می دهد. در حالی که DPDK با مدیریت کارآمد بسته های ورودی/خروجی، توان عملیاتی بالا و تاخیر کم را تضمین می کند،VPP انعطاف پذیری، مقیاس پذیری و سفارشی سازی در مسیریابی داده ها به محیط SDN اضافه می کند.[6]

در زمینه SDN، VPP با ایجاد امکان ایجاد روترها، سوئیچ های نرم افزاری و سایر عملکردهای شبکه قابل تنظیم، مزایای قابل توجهی را ارائه می دهد. معماری ماژولار آن به اپراتورهای شبکه اجازه می دهد تا رفتار شبکه را مطابق با نیازهای خاص تنظیم کنند و کارایی و عملکرد کلی را افزایش دهند. VPP همچنین از استقرار سریع و مقیاس پذیری پشتیبانی می کند و سازگاری با نیازهای متغیر شبکه را آسان تر می کند. با ادغام VPP با SDN، IPsec و DPDK، محیط های شبکه می توانند از امنیت قوی، توان عملیاتی بالا و قابلیت ایجاد و تغییر لحظه ای عملکردها و توابع شبکه بدون نیاز به خاموش کردن شبکه، بهره مند شوند.

۲- مطالعات پیشین

شبکه‌های تعریف‌شده نرم‌افزار (SDN) مدیریت شبکه را متحول کرده است و انعطاف‌پذیری و برنامه‌پذیری بی‌سابقه‌ای را ارائه می‌دهد. با این حال، دستیابی به عملکرد بهینه و امنیت قوی در محیط‌های SDN یک نقطه کانونی برای تحقیق و توسعه است.

مطالعات متعددی به محدودیت‌های عملکرد معماری‌های قدیمی تر SDN پرداخته‌اند. یکی از زمینه های تمرکز در تحقیقاتSDN ، افزایش سرعت شبکه از طریق ادغام تکنیک های تخصصی پردازش صفحه داده است. به عنوان مثال، استفاده از کیت توسعه صفحه داده (DPDK) به دلیل توانایی آن در سرعت بخشیدن به پردازش بسته با دور زدن هسته سیستم عامل و اجرای وظایف صفحه داده به طور مستقیم در فضای کاربر، توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده است. چندین مطالعه اثربخشی DPDK را در بهبود بازدهی پردازش بسته و کاهش تأخیر در محیط‌های SDN نشان

[۶] Data Plane Development Kit

[۷] Poll Mode Drivers

[۸] Vector Packet Processing

داده‌اند .[7][8] همچنین نویسندگان در [9] تاثیر استفاده از صفحات داده قابل برنامه ریزی را برای سرعت بخشیدن به پردازش بسته ها، مورد بررسی قرار دادن و در [10] نویسندگان با استفاده از تکنیک های سخت افزاری مانند SmartNIC، بهبود راندمان پردازش بسته ها را بررسی کردند.

در تحقیقات دیگری، الگوریتم های متعادل کننده بار متناسب با محیط های SDN نیز مورد بررسی قرار گرفته اند. در [11][12] [13] رویکردهای مبتنی بر یادگیری ماشین برای متعادل کردن بار و بهینگی پردازش بسته ها و مسیریابی بر اساس معیارهای مختلف شبکه و الزامات کاربردی بررسی شده اند. یافته های آنها بهبود استفاده از شبکه و کاهش تراکم را در مقایسه با روش های متعادل بار سنتی نشان می دهند.

. نتیجه ای این تحقیقات نشان می دهد که تمرکز صرفا بر روی یک بخش از کل فرآیند پردازش بسته، همانند کنترل های شبکه و یا متعادل سازی بار ترافیکی، توانایی کافی را برای ایجاد راندمان کافی برای مدیریت افزایش روز افزون بار ترافیکی شبکه های امروزی ندارند.

صفحه کنترل متمرکز SDN فرصت ها و چالش هایی را برای امنیت ارائه می دهد. به موازات آن، اطمینان از مکانیزم های امنیتی قوی در شبکه های SDN برای محافظت در برابر طیف گسترده ای از تهدیدات سایبری ضروری شده است. در [14][15] نویسندگان انواع حملات در شبکه های SDN و راه حل های پیشنهادی برای آنها مانند Avant-Guard و VAVE (Virtual source Address Validation Edge) و یا استفاده از رمزگذاری SSL[۹]و آنالیزهای آنتروپی را مورد بررسی قرار داده اند. نتیجه این تحقیق نشان می دهد که هر کدام از راه حل ها می توانند در مقابل یک حمله خاص محافظت انجام دهند و قادر به ارائه راهکار محافظتی کلی و یکپارچه نمی باشند و استفاده موازی از چند راه حل به طور همزمان، سربارهای بسیار زادی را در پردازش بسته ها و مسیریابی به شبکه تحمیل می کند.

در [16] نویسندگان با پیاده سازی IPSec در SDN راه حلی برای یکپارچگی و احراز هویت ترافیک کل شبکه فراهم کرده اند، که نتیجه خطر دسترسی غیرمجاز و دستکاری داده ها را کاهش می دهد.

به طور خلاصه، بررسی ادبیات تلاش های مداوم در جامعه تحقیقاتی را برای افزایش سرعت و امنیت شبکه SDN از طریق تکنیک های مختلف نشان می دهد. در حالی که مطالعات جداگانه مزایای DPDK و IPsec را به صورت مجزا بررسی کرده اند، علاقه فزاینده ای به بررسی استفاده ترکیبی از راه حل ها و تکنولوژی ها برای بهره برداری از هم افزایی آنها در کنار هم در سرعت و امنیت در شبکه هایSDN وجود دارد. ادغام IPsecدر مسیر پردازش بسته مبتنی بر DPDK، همراه با استفاده از VPP برای مسیریابی بهینه، یک رویکرد امیدوار کننده برای دستیابی به استقرار SDN با کارایی بالا و ایمن ارائه می دهد. با این حال، نیاز به تحقیقات بیشتر برای کشف مفاهیم عملی، مبادلات عملکرد، و چالش‌های استقرار مرتبط با چنین راه حل یکپارچه ای وجود دارد.

[۹] Secure Sockets Layer

۳- تکنولوژی های پیشنهادی

۱,۳- کیت توسعه صفحه داده (DPDK)

DPDKیک پروژه نرم افزاری منبع باز است که توسط بنیاد لینوکس مدیریت می شود. مجموعه‌ای از کتابخانه‌ها و درایورها را برای پردازش سریع بسته‌ها فراهم می‌کند که انتقال بسته در صفحه داده با کارایی بالا را ممکن می‌سازد. DPDK همانطور که اشاره شد، پشته شبکه هسته را دور می زند و از PMD ها و استراتژی های مدیریت حافظه بسیار پیچیده برای بهینه سازی فرآیندهای دریافت و ارسال بسته استفاده می کند. این استراتژی ها برای دستیابی به عملکرد بالا در برنامه های کاربردی شبکه بسیار مهم است. در اینجا تفکیکی بیشتر از بارزترین ویژگی های معماری مدیریت حافظه توسط DPDK آورده شده است:

الف. صفحات بزرگ (Huge Page):

DPDK از صفحات بزرگ برای تخصیص بلوک های بزرگ به هم پیوسته حافظه استفاده می کند. صفحات حافظه استاندارد معمولاً ۴ کیلوبایت حجم دارند که منجر به تعداد زیادی ورودی در جدول ترجمه صفحات حافظه می شوند. از طرف دیگر، صفحات بزرگ معمولاً ۲ مگابایت یا بزرگتر هستند (تا ۱ گیگابایت) که به طور قابل توجهی تعداد ورودی ها و جستجوها را در جدول ترجمه صفحه حافظه کاهش می دهند. این امر، سربار جستجوهای جدول ترجمه صفحه حافظه را به حداقل می رساند و خطاهای ترجمه TLB[10] را کاهش می دهد و در نتیجه سرعت دسترسی به حافظه را افزایش می دهد. [17]

در جدول زیر، تفاوت تعداد صفحات را برای فضای حافظه ۲۵۶ گیگابایتی مشاهده می کنید:

جدول ۱. مقایسه تعداد صفحات حافظه با استفاده از Huge Page

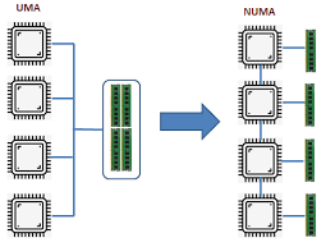
اندازه هر صفحه	۴KB	۲MB	۱ GB
تعداد صفحات	۶۷۱۰۸۸۶۴	۱۳۱۰۷۲	۲۵۶

ب. به دسترسی به حافظه غیر یکنواخت (NUMA)[11]

معماری دسترسی به حافظه غیر یکنواخت (NUMA) شامل چندین گره حافظه است که زمان دسترسی به حافظه بسته به گره متفاوت است. DPDK آگاه به NUMA است، به این معنی که تخصیص حافظه را بر اساس نزدیکی حافظه به هسته CPU ای که به آن دسترسی خواهد داشت، بهینه می کند. این امر تأخیر دسترسی به حافظه را کاهش می دهد و با اطمینان از تخصیص حافظه از نزدیک ترین گره ممکن، توان عملیاتی را بهبود می بخشد.

[10] Table Lookaside Buffer

[11] Non-Uniform Memory Access



شکل ۱. مقایسه شماتیک معماری NUMA و غیر NUMA

DPDK استخرهای حافظه (Memory Pools) جداگانه ای را برای هر یک از گره های NUMA نگهداری می کند. هنگامی که یک هسته CPU حافظه را درخواست می کند، DPDK آن را از استخر محلی (Local Pool) مرتبط با گره NUMA آن هسته اختصاص می دهد. این امر دسترسی به حافظه متقابل گره را به حداقل می رساند و باعث کاهش تأخیر و افزایش عملکرد می شود[17] .

ج. انتقال داده بدون کپی (Zero-Copy)

DPDK از تکنیک‌های Zero-Copy برای جلوگیری از کپی غیر ضروری داده‌ها بین بافرها استفاده می‌کند. پردازش بسته های سنتی اغلب شامل مراحل متعددی است که در آن داده ها از یک بافر به بافر دیگر کپی می شوند و سربار قابل توجهی را ایجاد می کنند. تکنیک‌های Zero-Copy تضمین می‌کنند که داده‌ها مستقیما از دیسک به سوکت ها کپی شوند، بدون اینکه وارد بافرهای هسته شود و باعث می شود چرخه های CPU مورد نیاز برای کپی کردن داده ها کاهش یابد و در نتیجه عملکرد را بهبود می بخشد. این ویژگی سربار کپی حافظه را به حداقل می‌رساند، که هنگام مدیریت حجم زیادی از ترافیک رمزگذاری شده مفید است. [18][19]

د. دسترسی مستقیم به حافظه (DMA)[۱۲]:

DPDK از DMA برای انتقال مستقیم داده ها بین کارت رابط شبکه(NIC)[۱۳] و حافظه برنامه بدون دخالتCPU استفاده می کند. این امر بارگذاری وظایف انتقال داده به بخش کنترل دسترسی مستقیم به حافظه CPU را برای سایر وظایف پردازشی آزاد می کند و با اجتناب از وقفه های CPU در آن، تأخیر را کاهش می دهد. استفاده DPDK از DMA سربار CPU را کاهش می دهد و سرعت انتقال داده را افزایش می دهد، که برای مدیریت موثر رمزگذاری/رمزگشایی پروتکل های ایمن سازی بسته های داده مانند IPsec بسیار مهم است. [20]

ه. استخرهای حافظه (Mempools) و کش محلی (Local Cache)

DPDK از استخرهای حافظه (mempool) برای مدیریت بافرهای بسته (mbufs) استفاده می کند. Mempool ها مخازن از پیش تخصیص داده شده از بافرهای با اندازه ثابت هستند که برای ذخیره داده های بسته استفاده می شوند. هنگامی که یک بسته می رسد، یک mbuf از mempool برای رسیدگی به بسته اختصاص داده می شود. این پیش تخصیص، سربار مربوط به تخصیص حافظه پویا در طول پردازش بسته را که در حالت سنتی پردازش بسته ها، تحت تاثیر وقفه های هسته سیستم عامل قرار می گیرد، کاهش می دهد.

[۱۲] Direct Memory Access
[۱۳] Network Interface Card

DPDK برای کاهش مداخله ها در استخر حافظه (Memory Pool) ، کش های کوچکی از mbuf ها را برای هر هسته نگهداری می کند. هنگامی که یک هسته به mbuf نیاز دارد، ابتدا کش محلی خود را بررسی می کند. اگر کش خالی باشد، تنها در این صورت به استخر حافظه اصلی دسترسی پیدا می کند. این باعث کاهش سربارهای اضافی دسترسی به mempool می شود و محلی بودن حافظه کش را بهبود می بخشد. [21][22]

و. ساختارهای داده بدون قفل (Lockless Data Structures)

در پردازش های چند رشته‌ای، قفل (Lock) یک مکانیسم همگام‌سازی است که برای کنترل دسترسی به منابع مشترک استفاده می‌شود و اطمینان حاصل می‌کند که تنها یک رشته می‌تواند در یک زمان به یک منبع دسترسی داشته باشد. هنگامی که یک رشته دارای قفل می شود، رشته های دیگری که نیاز به دسترسی به همان منبع دارند باید منتظر بمانند تا قفل آزاد شود، که می تواند تاخیر ایجاد کند و عملکرد کلی سیستم را کاهش دهد.

DPDK از ساختارهای داده بدون قفل برای مدیریت حافظه استفاده می‌کند، که به چندین هسته CPU اجازه می‌دهد تا به طور همزمان به استخرهای حافظه دسترسی داشته باشند و آن‌ها را بدون سربار مکانیزم‌های قفل کردن تغییر دهند. این برای دستیابی به عملکرد بالا در سیستم های چند هسته ای بسیار مهم است، زیرا از تأخیر مرتبط با قفل جلوگیری می کند.[23][24][25]

ز. تخصیص و آزادسازی دسته ای:

DPDK از تخصیص و آزادسازی انبوه mbuf ها پشتیبانی می کند که اجازه می دهد چندین بافر در یک عملیات تخصیص یا آزاد شوند. این امر باعث کاهش سربارهای اضافی مرتبط با عملیات مکرر حافظه می شود و عملکرد کلی آن را در سرعت پردازش بسته ها بهبود می بخشد.

کتابخانه امنیتی DPDK:

کتابخانه امنیتی CryptoDev در DPDK یک جزء حیاتی برای تسریع عملیات رمزنگاری است. CryptoDev از ویژگی‌های شتاب سخت‌افزاری CPUهای مدرن برای رمزنگاری استفاده می‌کند و عملکرد و کارایی پروتکل‌های ارتباطی امن مانند IPsec را افزایش می‌دهد. یکی از ویژگی های مهم آن، پشتیبانی از طیف گسترده ای از الگوریتم های رمزنگاری، از جمله AES[۱۴]،SHA[۱۵] و HMAC[۱۶] است. این انعطاف‌پذیری به CryptoDev اجازه می‌دهد تا نیازهای مختلف رمزگذاری و احراز هویت را برآورده کند، و آن را به یک انتخاب همه‌کاره برای پیاده‌سازی پروتکل های یکپارچه امنیتی مانند IPsec در محیط‌های مختلف شبکه تبدیل کند.

[۱۴] Advanced Encryption Standard
[۱۵] Secure Hashing Algorithm
[۱۶] Hash-Based Message Authentication Code

علاوه بر این، CryptoDev از پردازش موازی وظایف رمزنگاری پشتیبانی می کند و از معماری های چند هسته ای برای تقویت بیشتر عملکرد IPsec استفاده می کند. به طور کلی، CryptoDev نقشی اساسی در افزایش کارایی، مقیاس‌پذیری و امنیت و پیاده‌سازی IPsec ایفا می‌کند و آن را به یک فناوری کلیدی برای زیرساخت‌های امنیتی شبکه های مدرن تبدیل می‌کند.[26][27]

۲,۳- امنیت پروتکل اینترنت (IPSec)

همانطور که اشاره شد IPsec مجموعه ای از پروتکل ها است که برای اطمینان از محرمانه بودن، یکپارچگی و صحت ارتباطات داده در شبکه های IP طراحی شده است. این امر از طریق دو پروتکل اصلی به دست می‌آید؛ سربرگ احراز هویت (AH)[۱۷]، که فقط احراز هویت را فراهم می کند، و محفظه امنیتی محموله (ESP)[۱۸]، که هم احراز هویت و هم محرمانگی بسته ها را فراهم می کند. این پروتکل‌ها می‌توانند در هر دو حالت انتقال، که تنها اطلاعات اصلی رمزگذاری می شود و اطلاعات IP دست نخورده باقی می ماند و یا حالت تونل، که کل بسته IP اصلی (شامل اطلاعات IP و اطلاعات اصلی) رمزگذاری شده و در یک بسته IP جدید وارد می شود، کار کنند. انتخاب این پروتکل ها به الزامات امنیتی شبکه بستگی دارد.

[28]

IPSec امنیت سرتاسری را با رمزگذاری و احراز هویت بسته های IP فراهم می کند. ادغام با شتاب دهنده های رمزنگاری نرم افزار DPDK برای انجام کارآمد این عملیات، ضمن حفظ امنیت قوی، حداقل کاهش عملکرد را تضمین می کند.

ادغام IPsec با DPDK در یک شبکه SDN به دلیل ویژگی های امنیتی جامع IPsec و قابلیت های عملکرد بالای DPDK یک انتخاب قانع کننده است. با توجه به ماهیت قابل برنامه ریزیSDN ، ادغام یک پروتکل همه کاره و با پشتیبانی گسترده مانند IPsec تضمین می کند که سیاست های امنیتی می توانند به طور یکنواخت در کل شبکه، از صفحه کنترل تا صفحه داده، اجرا شوند. [29] این یکنواختی در محیط SDN ضروری است، جایی که مدیریت پویا و خودکار منابع شبکه و سیاست های امنیتی یک مزیت کلیدی است.

علاوه بر این، توانایی DPDK برای رسیدگی به پردازش بسته های با توان بالا کاملاً با خواسته های IPsec هماهنگ است. همانطور که گفته شد، DPDKراندمان پردازش بسته ها را از طریق تکنیک های منحصر به فرد مدیریت حافظه بالا می برد، تأخیر را به حداقل می رساند و توان عملیاتی را به حداکثر می رساند. این قابلیت ها برای مدیریت کارآمد سربار محاسباتی مرتبط با فرآیندهای رمزگذاری و رمزگشایی IPsec بسیار مهم هستند.

[30]

با استفاده از شتاب سخت‌افزاری و پردازش چند هسته‌ای، DPDK می‌تواند عملیات رمزنگاری فشرده مورد نیاز IPsec را موازی‌سازی کند و تضمین کند که عملکرد شبکه حتی تحت بارهای سنگین نیز بالا باقی می‌ماند.

در SDN، ترکیب IPsec و DPDK یک راه حل مقیاس پذیر و امن ارائه می دهد. کنترل متمرکز و برنامه‌ریزی SDN استقرار پویا سیاست‌های IPsec را تسهیل می‌کند و تضمین می‌کند کانال‌های ارتباطی امن در زمان واقعی ایجاد و نگهداری می‌شوند. پردازش بسته با کارایی بالا DPDK

[۱۷] Authentication Header

[۱۸] Encapsulating Security Payload

تضمین می کند که این اقدامات امنیتی سرعت یا پاسخگویی شبکه را به خطر نمی اندازد. IPsec و DPDK با هم، هم افزایی قدرتمندی را ارائه می‌کنند و امنیت قوی را بدون قربانی کردن توان عملیاتی بالا و تأخیر کم مورد نیاز شبکه‌های SDN مدرن ارائه می‌کنند. این باعث می شود IPsec بهترین پروتکل برای ادغام با DPDK برای ایمن سازی محیط های SDN باشد.

این اطمینان می دهد که شبکه می تواند بارهای ترافیکی افزایش یافته را به طور موثر مدیریت کند و آن را به انتخابی ایده آل برای ایمن سازی زیرساخت های SDN تبدیل می کند.

۳,۳- پردازش بسته برداری (VPP)

VPP یک پلت فرم منبع باز پردازش برداری بسته در شبکه مبتنی بر نرم افزار است. VPP یک چارچوب برای پردازش بسته ارائه می دهد که از پردازش برداری برای رسیدگی به چندین بسته به طور همزمان استفاده می کند که نتیجه آن عملکرد بالا است. مقیاس پذیری VPP تأثیر عمیقی بر معماری یک شبکه دارد و بر طراحی، عملکرد، انعطاف پذیری و کارایی کلی آن تأثیر می گذارد. [31][32] یکی از مزایای پردازی برداری کاهش خطاهای حافظه می باشد.

حافظه I-cache[۱](کش دستورالعمل) نوعی حافظه پرسرعت است که در طراحی پردازنده کاربرد دارد و برای ذخیره دستورالعمل های مکرر استفاده می شود. این نوع از حافظه بخشی از سلسله مراتب حافظه است که برای افزایش عملکرد کلی سیستم طراحی شده است.

Thrashing حافظه I-cache به دلیل پردازش هایی ایجاد می شود که به دلیل استفاده بیش از حد از منابع یا تداخل در سیستم حافظه cache توسط دیگر پردازش ها و دستورات مکرر، امکان ادامه مسیر را ندارند. هنگامی که تعداد دفعات فراخوانی بسته ها زیاد شود، باعث می شود که CPU به طور مداوم دستورالعمل های جدید را بارگذاری کند، این امر باعث رخ دادن thrashing می شود.

پردازش بسته نردبانی (Scalar) معمولاً یک بسته را در یک زمان پردازش می کند، یک تابع مدیریت وقفه یک بسته واحد را از یک رابط شبکه می گیرد و آن را از طریق مجموعه ای از توابع پردازش می کند. پردازش بسته نردبانی ساده است، اما در مورد زیر ناکارآمد است؛

هنگامی که تعداد دفعات فراخوانی بسته ها زیاد شود، باعث می شود که CPU به طور مداوم دستورالعمل های جدید را بارگذاری کند، این امر باعث رخ دادن thrashing می شود. در این مدل، هر بسته دارای مجموعه‌ای از خطاهای I-cache است.

```
+---> fooA(packet1) +---> fooB(packet1) +---> fooC(packet1)
+---> fooA(packet2) +---> fooB(packet2) +---> fooC(packet2)
...
+---> fooA(packet3) +---> fooB(packet3) +---> fooC(packet3)
```

شکل ۲. شماتیک پردازش بسته ها در پردازش بسته نردبانی

[۱] Instruction cache

در مقابل، پردازش بسته برداری (Vectorized)، چندین بسته را در یک زمان پردازش می کند که به آنها بردار بسته ها می گویند. یک تابع مدیریت وقفه، بردار بسته ها را از یک رابط شبکه می گیرد و بردارها را از طریق مجموعه ای از توابع پردازش می کند

```
+---> fooA([packet1, +---> fooB([packet1,
        packet2,       packet2,
        . . . .        . . . .
      packet256])    packet256])

+---> fooC([packet1, +--->
        packet2,
        ...
      packet256])
```

شکل ۳. شماتیک پردازش بسته ها در پردازش بسته برداری

پردازش بسته برداری مشکل thrashing در I-cache را که در بالا توضیح داده شد، با کاهش بارگذاری متعدد در I-cache به حداقل می رساند. کاهش خطاهای حافظه در پردازش بسته ها، از نکات کلیدی افزایش راندمان پردازش داده در یک شبکه می باشد. [33]

VPP حجم کاری پردازش بسته را از فضای هسته به فضای کاربر منتقل می کند و سپس بردار بسته ها را از طریق یک گراف پردازش بسته پردازش می کند. به جای پردازش هر بسته از طریق کل گراف پردازش، و سپس واکشی بسته دوم و پردازش آن از طریق کل نمودار گراف، VPP قبل از رفتن به گره گراف بعدی، بردار بسته ها را به طور کامل از طریق گره گراف اول پردازش می کند. بسته اول در بردار، حافظه I-cache را رزرو و آماده می کند، بنابراین بسته های باقی مانده را می تواند بسیار سریع پردازش کند، که وقفه و سربار پردازش هر بسته بعدی در بردار به شدت کاهش می یابد. این امر منجر به عملکرد بسیار بالا برای پردازش یک بسته واحد و همچنین عملکرد قابل اعتماد در پردازش تعداد زیادی بسته در طول زمان می شود. علاوه بر این، VPP اغلب در هر فرآیند بسته های بعدی را از قبل واکشی می کند، و اطمینان حاصل می کند که CPU در زمانی که بسته بعدی از RAM[۲] واکشی می شود، متوقف نمی شود. در نتیجه، توان عملیاتی بالا و تاخیر به طور مداوم پایین است؛ شبکه پاسخگو باقی می ماند و قادر به مدیریت انتقال داده در مقیاس بزرگ است که برای برنامه هایی که به پهنای باند بالا و تاخیر کم نیاز دارند بسیار مهم است [34] .

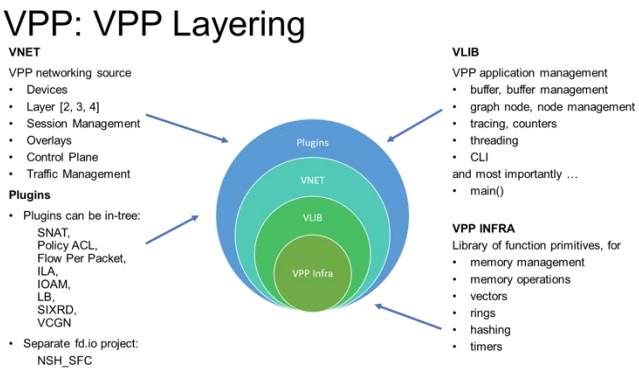
[۲] Random Access Memory

مقیاس پذیری VPP امکان گسترش یکپارچه شبکه را فراهم می کند. مقیاس پذیری افقی VPP این امکان را فراهم می آورد که بتوان شبکه را به صورت افقی با افزودن گره های پردازشی یا هسته های CPU بیشتر به زیرساخت موجود گسترش داد. همچنین طراحی مدولار VPP از افزودن تدریجی قابلیت ها و قابلیت های جدید با رشد شبکه پشتیبانی می کند. [35]

VPP با بهینه سازی استفاده از منابع موجود و کاهش نیاز به ارتقاء مداوم سخت افزار به کارایی هزینه کمک می کند. به جای جایگزینی کل سیستم ها، شبکه را می توان با افزودن هسته ها یا گره های CPU بیشتر مقیاس پذیر کرد که اغلب مقرون به صرفه تر است. استفاده بهتر از هسته های CPUو حافظه، نیاز به سخت افزار اضافی را کاهش می دهد و منجر به کاهش هزینه های سرمایه و عملیاتی می شود. این کارایی هزینه، حفظ و گسترش شبکه در طول زمان را امکان پذیرتر می کند.

استفاده از پردازش بسته برداری (VPP) در کنار DPDK مزایای قابل توجهی در افزایش عملکرد و انعطاف پذیری شبکه دارد. VPP از قابلیت‌های پردازش بسته‌های پرسرعت DPDK برای دستیابی به عملیات شبکه با تأخیر کم و بازده بالا استفاده می‌کند، در حالی که یک چارچوب بسیار ماژولار و توسعه‌پذیر برای ایجاد عملکردهای شبکه SDN سفارشی سازی شده ارائه می‌دهد. این ترکیب امکان ایجاد توابع مسیریابی، سوئیچینگ و فایروال را فراهم می کند که می توانند به صورت پویا برای برآوردن نیازهای شبکه خاص سازگار شوند. علاوه بر این، ادغام VPP با DPDK استفاده کارآمد از منابع سخت‌افزاری را تضمین می‌کند و راه‌حل‌های شبکه‌ای مقیاس‌پذیر و کارآمد را قادر می‌سازد که می‌توانند محیط‌های پیچیده و سخت را به راحتی مدیریت کنند. VPP و DPDK با هم یک ابزار قدرتمند برای ایجاد زیرساخت شبکه قوی، با کارایی بالا و ایمن در محیط‌های SDN ارائه می‌کنند. [36]

در زیر شمای کلی لایه های VPP در سطح بالا نشان داده شده است.[37]



شکل ۴. لایه های VPP

VPP Infra: لایه زیرساختVPP ، که حاوی کد منبع کتابخانه هسته است. این لایه عملکردهای حافظه را انجام می دهد، با بردارها و حلقه ها کار می کند، جستجوهای کلیدی را در جداول انجام می دهد و با تایمرها برای ارسال گره های گراف کار می کند.

VLIB: کتابخانه پردازش برداری. لایه vlib همچنین توابع مدیریت برنامه های مختلف را مدیریت می کند: بافر، حافظه و مدیریت گره گراف، نگهداری و ارسال شمارنده، مدیریت رشته، ردیابی بسته، پیاده سازی رابط خط فرمان اشکال زدایی.

VNET: با رابط شبکه VPP (لایه‌های ۲، ۳ و ۴) کار می‌کند و مدیریت جلسه و ترافیک را انجام می‌دهد و با دستگاه‌ها و صفحه کنترل داده کار می‌کند.

Plugins - همانطور که در نمودار بالا ذکر شده است، شامل مجموعه ای غنی از افزونه های صفحه داده است.

۴- معماری سیستم پیشنهادی

۱,۴ - بررسی اجمالی

معماری پیشنهادی با پیاده سازی IPSec در DPDK به منظور پردازش بسته های رمزگذاری شده با راندمان بالا و بهره گیری از VPP برای تخصیص بهینه منابع و مسیریابی پویا، امکان فراهم سازی زیرساختی قابل اطمینان در یک شبکه SDN را فراهم می آورد. این معماری از قابلیت‌های پردازش بسته با کارایی بالا DPDK ، ویژگی‌های امنیتی IPsec و عملکردهای شبکه‌ای ماژولار و انعطاف‌پذیر ارائه شده توسط VPP بهره می‌برد. لازم به ذکر است پیاده سازی این معماری شامل جزئیات بسیار زیادی است که از حوصله این مقاله خارج است و صرفا الگوی کلی آن مورد بررسی قرار می گیرد.

۴,۲- اجزای سیستم

کنترلرSDN:

- قوانین جریان و سیاست های امنیتی را مدیریت می کند.
- برای استقرار و پیکربندی عملکرد یک شبکه پویا با VPP ارتباط برقرار می کند.

DPDK و کتابخانه CryptoDev :

- عملیات ورودی/خروجی بسته ها را به طور موثر مدیریت می کند.
- از کتابخانه CryptoDev برای بارگذاری وظایف رمزنگاری به شتاب‌دهنده‌های سخت‌افزاری استفاده می‌کند و تضمین می‌کند که عملیات IPsecعملکرد را کاهش نمی‌دهد.

VPP:

- عملکردهای شبکه مانند مسیریابی، سوئیچینگ و تونل های IPsec را پیاده سازی می کند.
- قابل تنظیم از طریق کنترلر SDN برای انطباق پویا با تغییرات شبکه.

۳,۴- بررسی ادغام تکنولوژی های نرم افزاری پیشنهادی:

الف. پیاده سازی IPSec در DPDK

DPDK بسته های ورودی و خروجی را پردازش می کند و از کتابخانه CryptoDev برای مدیریت عملیات IPsec استفاده می کند.

پیاده سازی IPsec مستقیماً در DPDK بدون استفاده از اپلیکیشن هایی مانند Strongswan از نظر فنی امکان پذیر است اما به دلایل مختلف توصیه نمی شود. Strongswan یک پیاده سازی جامع و آزمایش شده از پروتکل های IPsec و IKE[۲] را ارائه می دهد و ویژگی هایی مانند احراز هویت، رمزگذاری و مدیریت کلید را ارائه می دهد که برای ایمن سازی ارتباطات شبکه ضروری هستند. [38][39] در حالی که DPDK برای پردازش بسته های پرسرعت عالی است، در درجه اول بر روی عملیات صفحه داده تمرکز دارد و فاقد اجرای پروتکل های سطح بالاتر لازم برای IPsec است. تلاش برای پیاده سازی IPsec از ابتدا در DPDK به تلاش قابل توجهی در زمینه توسعه، آزمایش و نگهداری نیاز دارد که به طور بالقوه آسیب پذیری های امنیتی و محدودیت های عملکرد را به بار می آورد. بنابراین، استفاده از Strongswan در کنار DPDK به شما این امکان را می دهد که از پردازش بسته با کارایی بالا و امنیت IPsec قوی بهره مند شوید و راه حل کارآمدتر و قابل اعتمادتری برای ارتباطات شبکه ایمن ارائه کنید.

strongSwan یک راه حل VPN مبتنی بر IPsec منبع باز است که برای ایمن سازی ارتباطات در شبکه های بالقوه ناامن مانند اینترنت طراحی شده است. این پروتکل از هر دو پروتکل IKEv1 و IKEv2 برای تبادل کلید پشتیبانی می کند، مکانیزم های رمزگذاری و احراز هویت قوی را ارائه می دهد و با طیف گسترده ای از سیستم عامل ها از جمله لینوکس، اندروید، FreeBSD، macOS و ویندوز سازگار است. معماری مدولار strongSwan که شامل افزونه‌های متعددی است، به آن اجازه می‌دهد تا با پشتوانه‌های مختلف احراز هویت و کتابخانه‌های رمزنگاری ادغام شود و آن را به انتخابی انعطاف‌پذیر و قابل تنظیم برای پیاده‌سازی اتصالات VPN ایمن در محیط‌های شبکه های گوناگون تبدیل کند.

strongSwan: سیاست هایIPsec ، تونل ها و کلیدهای رمزگذاری را پیکربندی و مدیریت می کند.

در اینجا مثالی از پیکربندی IPsec با strongSwan برای استفاده از حالت تونل آورده شده است. این پیکربندی خارج از کد DPDK انجام می شود، اما برای عملکرد صحیح IPsec ضروری است.

```
config setup
charondebug="ike 2, knl 2, cfg 2"

conn %default
keyexchange=ikev2
ike=aes256-sha256-modp1024!
esp=aes256-sha256!

conn tunnel
left=192.0.2.1
leftsubnet=10.0.0.0/24
right=198.51.100.1
rightsubnet=10.1.0.0/24
auto=start
type=tunnel
```

[۲] Internet Key Exchange

:left

این آدرس IP عمومی سمت محلی (local) تونل VPN است.

leftsubnet: این نشان دهنده محدوده آدرس های IP خصوصی در شبکه محلی است که از طریق تونل VPN هدایت می شوند. در این مورد، 10.0.0.0/24است، به این معنی که تمام دستگاه های دارای آدرس IP از 10.0.0.1 تا 10.0.0.254 از VPN استفاده می کنند.

right: این آدرس IP عمومی سمت راه دور تونل VPN است.

rightubnet: مشابه leftsubnet، این محدوده آدرس IP خصوصی در شبکه راه دور را که از طریق VPN قابل دسترسی خواهد بود، تعریف می کند. در اینجا، 10.1.0.0/24 است (آدرس 10.1.0.1 تا 10.1.0.254).

برای اطمینان از اینکه strongSwan از DPDK برای پردازش بسته‌ها استفاده می‌کند، باید قابلیت‌های DPDK را در مسیر داده‌های strongSwan ادغام کردکه معمولاً شامل پیکربندی VPP (پردازش بسته برداری) برای مدیریت کارآمد ارسال بسته است. در اینجا یک رویکرد ساختاریافته برای دستیابی به این هدف وجود دارد؛ باید اطمینان حاصل کرد که پردازش بسته strongSwan از VPP استفاده می کند که توسط DPDK برای مدیریت سریع بسته پشتیبانی می شود.

برای این منظور باید یک اسکریپت ایجاد شود و VPP پیکربندی طوری پیکربندی شود تا رابط های شبکه و پردازش IPsec را مدیریت کند. در زیر یک نمونه اسکریپت برای این منظور آمده است:

```
vppctl create tap id 0 host-if-name vpp-tap0

vppctl set int state tap-0 up

vppctl set int ip address tap-0 10.0.0.1/24

vppctl ip route add 0.0.0.0/0 via 10.0.0.2 tap-0


# Configure DPDK interfaces

vppctl create host-interface name eth0

vppctl set int state host-eth0 up

vppctl set int ip address host-eth0 192.0.2.1/24


vppctl create host-interface name eth1

vppctl set int state host-eth1 up

vppctl set int ip address host-eth1 198.51.100.1/24
```

این اسکریپت VPP را برای ارسال بسته با استفاده از DPDK تنظیم می کند. رابط‌های tap و DPDK را ایجاد و پیکربندی می‌کند، آدرس‌های IP را به آنها اختصاص می‌دهد و آنها را در حالت UP قرار می‌دهد. علاوه بر این، یک مسیر پیش فرض برای رابط tap اضافه می کند. این پیکربندی VPP را برای مدیریت کارآمد ترافیک شبکه آماده می کند و امکان ادغام یکپارچه با سایر اجزای شبکه را فراهم می کند.

۵- نتیجه گیری

سیستم پیشنهادی IPSec، DPDK و VPP را در چارچوب SDN ادغام می‌کند تا ارتباطی ایمن و با راندمان بالا را فراهم کند. اگرچه هیچ آزمون آزمایشی انجام نشده است، مبانی نظری و نقاط قوت تکنولوژیکی این اجزا قویاً نشان می دهد که سیستم به طور موثر عمل خواهد کرد. DPDK برای تسریع پردازش بسته با دور زدن هسته و دسترسی مستقیم به سخت افزار طراحی شده است. این منجر به کاهش قابل توجه تأخیر و افزایش توان عملیاتی می‌شود .این ادغام از نظر تئوری الزامات محیط های شبکه مدرن را برآورده می کند و تضمین می کند که عملکرد و امنیت در سطوح بهینه حفظ می شوند. نقاط قوت تکنولوژیکی این تکنولوژی ها، یک مورد قانع کننده برای ادغام آنها در دستیابی به زیرساخت SDN کارآمد و ایمن است.

سیستم پیشنهادی از ادغام IPSec، DPDK و VPP در چارچوب SDN برای دستیابی به ارتباطی ایمن و با راندمان بالا استفاده می کند. ویژگی های ذاتی موضوعات مورد پژوهش نشان دهنده اثربخشی بالقوه آن است. DPDK به دلیل توانایی خود در دور زدن هسته و تکنیک های مدیریت حافظه برای ارائه پردازش سریع بسته، کاهش تأخیر و افزایش قابل توجه توان عملیاتی شناخته شده است. با یکپارچه سازیDPDK ، سیستم می تواند حجم زیادی از داده ها را با حداقل تاخیر مدیریت کند، که برای حفظ محیط های شبکه با کارایی بالا بسیار مهم است.

IPSec، با پروتکل های رمزگذاری و احراز هویت یکپارچه و قوی تضمین می کند که داده های عبوری از شبکه ایمن باقی می مانند. هنگامی که IPSecاز طریق کتابخانه Cryptodev با DPDK ادغام می شود، می تواند از شتاب سخت افزاری و عملیات رمزنگاری بهینه بهره مند شود و امنیت و عملکرد را افزایش دهد. این هم افزایی که انتقال ایمن داده ها را بدون به خطر انداختن سرعت امکان پذیر می کند، یک نیاز حیاتی برای شبکه های SDN مدرن است که در آن یکپارچگی و محرمانه بودن داده ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

VPP با ارائه یک چارچوب پردازش بسته بسیار مقیاس پذیر و قابل برنامه ریزی، لایه دیگری از کارایی و انعطاف پذیری را اضافه می کند. این امکان ایجاد قابلیت های مسیریابی و سوئیچینگ سفارشی شده متناسب با نیازهای شبکه را فراهم می کند. هنگامی که VPP با DPDK ترکیب می شود، می تواند جریان های داده با سرعت بالا را به طور موثر اداره کند و از ماهیت پویا و سازگار SDN پشتیبانی کند. این ادغام تضمین می کند که شبکه می تواند به سرعت به الگوهای ترافیکی و الزامات تغییر پاسخ دهد و عملکرد و امنیت مطلوب را حفظ کند.

به طور خلاصه، معماری سیستم پیشنهادی نوید ارائه یک پروتکل ارتباطی ایمن و با توان عملیاتی بالا را در یک شبکه SDN می دهد. پیاده‌سازی‌های عملی و اعتبارسنجی‌های آزمایشی آینده، قابلیت این رویکرد یکپارچه را بیشتر تقویت خواهد کرد و به طور بالقوه استانداردهای جدیدی را برای عملکرد و امنیت در ارتباطات شبکه تعیین می‌کند.

۶- پیشنهادات

از آنجایی که تکنولوژی به کار رفته در این پروژه با رویکرد مفاهیم SDN پیاده سازی شده است، لذا این پروژه پایه ای خواهد بود برای طراحی یک شبکه امن کاملا مبتنی بر SDN. برای این منظور، نتیجه نهایی این پروژه می تواند در اختیار تیمی از برنامه نویسان شبکه قرار گیرد تا با پیاده سازی پروتکل های مسیربابی (Routing) بر روی چهارچوب طراحی شده در این پروژه، آن را تبدیل به یک چهارچوب ارتباط امن با قابلیت مسیریابی بر اساس نیاز شبکه های موجود در کشور، تبدیل نمایند. چهارچوب مذکور می تواند یک چهارچوب امن کاملا بومی انتقال داده با سرعت بالا، در شبکه ای سفارشی سازی شده باشد. لازم به ذکر است که توسعه فاز مسیریابی در چهارچوب نهایی این پروژه، خود پروژه ای بزرگ و زمانبر خواهد بود و نیاز به تیمی متخصص خواهد داشت که پس از پیاده سازی آن، در واقع شبکه امن بومی ای با قابلیت تعریف پروتکل های مسیریابی مورد نیاز مبتنی بر تکنولوژی SDN در دسترس خواهد بود که یکی از فواید آن، حذف روترها و سوئیچ های سخت افزاری از شبکه و جایگزینی آنها با این چهارچوب نرم افزاری می باشد.

رویکردهای هوش مصنوعی برای دستیابی به امنیت شبکه در شبکه های SDN

در حال حاضر، بکارگیری رویکردهای مختلف هوش مصنوعی در اکثر سیستم‌های هوشمند موجود از اهمیت بالایی برخوردار هستند و از جمله موارد قابل بحث، امکان بهبود عملکرد شبکه های کامپیوتری توسط هوش مصنوعی است. ادغام هوش مصنوعی با SDN به ساخت برنامه‌های شبکه به صورت پیشرفته تر کمک می‌کند. مطالعه‌ای که توسط نویسندگان در [40] انجام شده است نشان می‌دهد بکارگیری الگوریتم یادگیری تقویتی[۲۲] در شبکه های SDN می تواند برای نظارت و جمع‌آوری اطلاعات لحظه ای شبکه به منظور محاسبه مسیر بهینه، موثر باشد. کنترلر به صورت دوره ای تصمیم گیرنده ای را که زمان انتخاب مسیر جدید و زمانی را که سرور تقاضای تغییر مسیر انتقال داده‌ها را درخواست می کند را تعیین می کند. همچنین در [41]، نویسندگان از الگوریتم یادگیری- Q [۲۳]در راستای بهبود سرعت انتقال داده‌ها در SDN استفاده کرده‌اند. با این حال، SDN از الگوریتم‌های اکتشافی استفاده می‌کند که همیشه مسیر بهینه را انتخاب نمی‌کنند و این مقاله به ایجاد سه الگوریتم Q-Routing با استفاده از توپولوژی شبکه SDN و مِش[۲۴]پرداخته است. دو الگوریتم هر کدام از یک متریک شبکه (تأخیر و پهنای باند) و الگوریتم سوم از معیارهای چندگانه استفاده کردند. نتایج پژوهش [41]، نشان داد که الگوریتم‌های تک متریک Q-Routing به طور میانگین عملکرد خوبی داشتند در حالی که Q-Routing با معیارهای شبکه چندگانه اینگونه نبوده است. همچنین نتایج نشان داده که Q-Routing قادر به محاسبه‌ی سریعتر مسیرها

[2] Reinforcement Learning (RL)
[2] Q- leraning
[2] Mesh

نسبت به الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر[۵]در شبکه های استاتیک و پویا بوده است. این نشان می دهد بهره گیری از تکنیک های هوش مصنوعی درشبکه های SDN، می تواند راندمان معماری پیشنهادی در این مقاله را به طرز چشمگیری بالاتر ببرد.

[2] K-Shorttest Path [5]

منابع:

[1]. A. Haggag, "Network optimization for improved performance and speed for SDN and security analysis of SDN vulnerabilities," *International Journal of Computer Networks and Communications Security*, vol. 5, pp. 83–90, May 2019.
[2]. A. Dawod Al-Ani, N. Ibrahim Abdullah, "Software defined networks challenges and future direction of research," *International Journal of Research*, vol. 1, pp. 618-629, Jan. 2019.
[3]. A. Coly, M. Mbaye, Gaston Berger University, Saint-Louis, and Gaston Berger University, Saint-Louis, "S-SDS : a framework for security deployment as service in software defined networks," May 2019.
[4]. G. Lopez-Millan, R. Marin-Lopez, and F. Pereniguez-Garcia, "Towards a standard SDN-based IPsec management framework," *journal of Computer Standards & Interfaces*, vol. 66 , May 2019.
[5]. "15. Poll Mode Driver — Data Plane Development Kit 24.03.0 documentation.", DPDK.org, http://doc.dpdk.org/guides-24.03/prog_guide/poll_mode_drv.html
[6]. L. Linguaglossa a, D. Rossi a, S. Pontarelli b, Telecom ParisTech, CNIT and University of Rome Tor Vergata, and Cisco Systems, Inc., "High-speed data plane and network functions virtualization by vectorizing packet processing," *Journal of Computer Networks*, Vol. 149, pp. 187-199, Feb. 2019.
[7]. J. Pak and K. Park, "A High-Performance implementation of an IoT system using DPDK," Journal of *Applied Sciences*, vol. 8, no. 4, p. 550, Apr. 2018.
[8]. A. Belkhiri a, M. Pepin, M. Bly, Polytechnique Montréal, and Ciena Inc., "Performance analysis of DPDK-based applications through tracing," *Journal of Parallel and Distributed Computing,* vol. 173, pp. 1-19, Mar 2023.
[9]. S. Kaur, K. Kumar, N. Aggarwal, and University Institute of Engineering and Technology (UIET), Panjab University, Chandigarh, India, "A review on P4-Programmable data planes: Architecture, research efforts, and future directions," *The International Journal for the Computer and Telecommunications,* vol. 170, pp. 109-129, Mar 2021.
[10]. T. Döring, H. Stubbe, K. Holzinger, and Chair of Network Architectures and Services, Department of Informatics, Technical University of Munich, Germany, "SmartNICs: Current trends in research and industry," Seminar IITM WS 20/21, May2021.
[11]. X. Yang, L. Wang, "SDN Load Balancing Method based on K-Dijkstra," *International Journal of Performability Engineering*, vol. 14, no. 4, pp. 709-716, Apr. 2018.
[12]. A. Kumar, D. Anand, Chandigarh University Mohali, and Chandigarh University Mohali, "Load balancing for software defined network using machine learning," *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, vol. 12, no. 12, pp. 527–535, Apr. 2021.
[13]. D. Todorov, H. Valchanov and V. Aleksieva, "Load Balancing model based on Machine Learning and Segment Routing in SDN," *2020 International Conference Automatics and Informatics (ICAI)*, Varna, Bulgaria, pp. 1-4, Oct 2020.
[14]. J. Spooner, Sh. Ying Zhu, Department of Computing and Mathematics, University of Derby, and Department of Computing and Mathematics, University of Derby, "A review of solutions for SDN-Exclusive security issues," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 7, no. 8. 2016.
[15]. A. Pradhan and R. Mathew, "Solutions to vulnerabilities and threats in Software defined networking (SDN)," *Third International Conference on Computing and Network Communications,* vol. 171, pp. 2581–2589, Jan. 2020.
[16]. X. Yang, D. Wang, W. Tang, W. Feng, and C. Zhu, "IPSEC Cryptographic Algorithm Invocation Considering Performance and Security for SDN Southbound Interface Communication," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 181782–181795, Jan. 2020.
[17]. "Memory in DPDK, Part 1: General Concepts - DPDK,", DPDK.org, Aug 2019. https://www.dpdk.org/memory-in-dpdk-part-1-general-concepts/
[18]. "Efficient data transfer through zero copy", IBM Developer. https://developer.ibm.com/articles/j-zerocopy/
[19]. "10. IPv4 Multicast Sample Application — Data Plane Development Kit 24.03.0 documentation.", DPDK.org, http://doc.dpdk.org/guides-24.03/sample_app_ug/ipv4_multicast.html
[20]. J. Kubálek, Brno University of Technology, "High-speed DMA packet transfer in system DPDK," May 2018.

[21]. “13. Mempool Library — Data Plane Development Kit 24.03.0 documentation.”, DPDK.org, https://doc.dpdk.org/guides/prog_guide/mempool_lib.html
[22]. “14. Mbuf Library — Data Plane Development Kit 24.03.0 documentation.”, DPDK.org https://doc.dpdk.org/guides/prog_guide/mbuf_lib.html
[23]. A. Baumstark and C. Pohl, “Lock-free data structures for data stream processing,” *Datenbank-Spektrum Journal*, vol. 19, pp. 209–218, Oct 2019.
[24]. J. Kong, “DPDK Optimization on arm,” *Tools, Software and IDEs - Arm Community*, May 2022. https://community.arm.com/arm-community-blogs/b/tools-software-ides-blog/posts/dpdk-optimization-on-arm
[25]. “10. RCU Library — Data Plane Development Kit 24.03.0 documentation.”, DPDK.org, https://doc.dpdk.org/guides/prog_guide/rcu_lib.html
[26]. “21. Cryptography Device Library — Data Plane Development Kit 24.03.0 documentation.”, DPDK.org, https://doc.dpdk.org/guides/prog_guide/cryptodev_lib.html
[27]. “27. Security Library — Data Plane Development Kit 24.03.0 documentation.”, DPDK.org, https://doc.dpdk.org/guides/prog_guide/rte_security.html
[28]. E. Barker, Q. Dang, S. Frankel, Karen Scarfone, and Paul Wouters, “Guide to IPSEC VPNs,” National Institute of Standards and Technology, Jun. 2020.
[29]. M. Vajaranta, J. Kannisto, J. Harju, and Tampere University of Technology, “IPSEC and IKE as functions in SDN controlled network,” *11th International Conference on Network and System Security*, Helsinki, Finland, pp. 521-530, Aug 2017.
[30]. O. Abolade, A. Okandeji, A. Oke, M. Osifeko, and A. Oyedeji, “Overhead effects of data encryption on TCP throughput across IPSEC secured network,” Journal of *Scientific African*, vol. 13, p. e00855, Sep. 2021.
[31]. “What is vector packet processing? — Vector Packet Processor 01 documentation.”, FD.io, https://fdio-vpp.readthedocs.io/en/latest/overview/whatisvpp/what-is-vector-packet-processing.html
[32]. D. Barach, L. Linguaglossa, D. Marion, P. Pfister, S. Pontarelli, and D. Rossi, “High-Speed software data plane via vectorized packet processing,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, no. 12, pp. 97–103, Dec. 2018.
[33]. “Scalar vs Vector packet processing — The Vector Packet Processor v24.06-rc1-0-gb3304b2b7 documentation.”, FD.io, https://s3-docs.fd.io/vpp/24.06/aboutvpp/scalar-vs-vector-packet-processing.html
[34]. “VPP Technology.” https://fd.io/technology/
[35]. “The Packet Processing Graph — The Vector Packet Processor v22.10-0-g07e0c05e6 documentation.”, FD.io, https://docs.fd.io/vpp/22.10/aboutvpp/extensible.html?highlight=modular
[36]. “FD.io doubles packet throughput performance to terabit levels - Linux Foundation,”, The Linux Foundation, Sep.13, 2022. https://www.linuxfoundation.org/press/press-release/fd-io-doubles-packet-throughput-performance-to-terabit-levels[37]. “Software Architecture — The Vector Packet Processor v24.06-rc1-0-gb3304b2b7 documentation.”, FD.io, https://s3-docs.fd.io/vpp/24.06/developer/corearchitecture/softwarearchitecture.html
[38]. strongSwan Project, “StrongSwan - documentation.” https://strongswan.org/documentation.html
[39]. S. Bae, Y. Chang, H. Park, M. Kim, Y. Shin, and School of Cybersecurity, Korea University, “A Performance Evaluation of IPsec with Post-Quantum Cryptography,”, *25th International Conference on Information Security and Cryptology*, pp. 249-266, 2022.
[40]. M. A. Jameel, T. Kanakis, S. Turner, A. Al-Sherbaz, and W. S. Bhaya, “A Reinforcement Learning-Based Routing for Real-Time Multimedia Traffic Transmission over Software-Defined Networking,” *International Journal of Electronics*, vol. 11, no. 15, p. 2441, Aug. 2022.
[41]. D. Harewood-Gill, T. Martin, Reza Nejabati, “The Performance of Q-Learning within SDN Controlled Static and Dynamic Mesh Networks,”, *2020 6th IEEE Conference on Network Softwarization (NetSoft), Ghent, Belgium, pp. 185-189*, 2020.

KNO-1103-4502

نقش برجسته باتری های لیتیومی در بهبود عملکرد و پایداری خودروهای الکتریکی

علیرضا جوشن

کارشناسی ارشد برق قدرت گرایش الکترونیک قدرت و ماشین های الکتریکی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

Alireza.joshan.guilan@gmail.com

چکیده

استفاده از باتری های لیتیومی در صنعت خودروسازی به دلیل ویژگی های فوق العاده ای که دارند، به یک انقلاب بزرگ در تولید خودروهای الکتریکی منجر شده است. این مقاله به بررسی عمیق و مفصل ویژگی ها و مزایای این تکنولوژی پرداخته و نقش اساسی باتری های لیتیومی در بهبود عملکرد و کارایی خودروهای مدرن را مورد بررسی قرار می دهد. از مزایای این باتری ها می توان به قدرت و کارایی بالا، عمر زیاد، زمان شارژ کوتاه، و کمبود انتشارات گازهای گلخانه ای اشاره کرد. با توجه به همه این ویژگی ها، به نظر می رسد استفاده از باتری های لیتیومی در خودروسازی یک گام مهم در راستای پایداری، اقتصادی و محیط زیستی بوده و آینده روشنی برای صنعت خودروسازی رقم زده است.

کلیدواژه ها: *باتری های لیتیومی، خودروسازی، تکنولوژی، کارایی، پایداری*

۱. مقدمه

در دهه های اخیر، تغییرات آب و هوایی و چالش های محیط زیستی به یکی از بزرگ ترین چالش های جهان مدرن تبدیل شده اند. جستجو برای راه حل های پایدار و پاکیزه برای انتقال، به ویژه در صنعت خودروسازی، اهمیت بیشتری یافته است. در این زمینه، توسعه و استفاده از تکنولوژی باتری های لیتیومی به عنوان یک گام پیشرو در بهره وری انرژی و کاهش انتشارات گازهای گلخانه ای در صنعت خودروسازی، نه تنها امری ضروری بلکه انقلابی در تغییر مدل های موجود محسوب می شود[۱].

باتری های لیتیومی، به عنوان رده ای برتر از سایر تکنولوژی های باتری، به عنوان دلیلی عظیم برای پیشرفت صنعت خودروسازی و تحولات سریع آن شناخته می شوند[۲]. علاوه بر مزایای منحصر به فرد این باتری ها، شامل کارایی بالا، عمر زیاد، و پراستفاده بودن، نقش اساسی آن ها در کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی و پیشرفت به سوی راهکارهای بهره وری انرژی و پایداری، بی شک یکی از افتخارات اصلی این تکنولوژی است. با توجه به این پیشرفت های چشمگیر، ضروری است که به تجسم عمیق تری از نقش اساسی باتری های لیتیومی در ایجاد انقلابی اکونومیک و محیطی گام برداریم[۳و۴]. از این رو، دراین مقاله، جهت پیشرفت در مسیر تحقیقاتی، چشم اندازی برای بررسی و تحلیلی عمیق از ویژگی ها و فواید منحصر به فرد استفاده از باتری های لیتیومی در صنعت خودروسازی ارائه خواهیم کرد.

در دهه های گذشته، تحقیقات و مطالعات بسیاری در زمینه استفاده از باتری های لیتیومی در صنعت خودروسازی انجام شده است که به توسعه و بهبود تکنولوژی های مرتبط با این باتری ها کمک کرده است. این تحقیقات به بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی باتری های لیتیومی، بهبود عمر مفید و کارایی آن ها، کاهش زمان شارژ و افزایش قدرت،و همچنین بهبود فرآیندهای بازیافت و دورریزی این باتری ها پرداخته اند. تحقیقات نشان داده است که خودروهای سوختی منابع زیادی از گازهای گلخانه ای را تولید می کنند که منجر به آلودگی هوا و تغییرات آب وهوایی شده

است. مطالعات حاکی از این است که باتری های لیتیومی نه تنها دارای ظرفیت بالا و عمر طولانی هستند، بلکه نیازبه صرفه جویی در انرژی و کاهش آلودگی دارند[۵-۸]. تحقیقات اخیردر این زمینه نشان داده اند که توسعه تمام صفحه ای باتری های لیتیومی، کارایی و عمر مفید بیشتر و انجام شارژ سریع تر از قبل را ممکن کرده است. همچنین، روش های جدیدی برای بهبود پایداری و کارایی باتری های لیتیومی در شرایط مختلف از جمله دما و فشار، مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات اخیر نشان داده است که توسعه خودروهای الکتریکی، با استفاده از باتری های لیتیومی، می تواند به کاهش مصرف سوخت و بروزنیازهای انرژی پاک کمک کند، همچنین به کاهش انتشارات گازهای گلخانه ای منجر خواهد شد. بررسی ها نشان داده است که انتقال به خودروهای الکتریکی با استفاده از باتری های لیتیومی، می تواند به اقتصاد و اشتغال منجر شود و به حفظ محیط زیست کمک کند. این تحقیقات به عنوان پایه و دافعه برای تحولات مهم در صنعت خودروسازی، نقش حیاتی و کلیدی داشته و بهبود های مداوم در این زمینه راتحت تاثیر قرار داده است[۹و۱۰].

زغال سنگ محور اصلی انقلاب صنعتی قرون ۱۸ ام و۱۹ ام بوده است. با پیدایش حمل و نقل جاده ای(اتومبیل) و هوایی، نفت به عنوان سوخت غالب در طول قرن بیستم تبدیل شد. در سال ۲۰۰۹، مصرف نفت جهان روزانه در حدود۸۴/۵ میلیون بشکه(حدود ۸۸ میلیون بشکه در سال۲۰۱۱) بود که ۳۵ درصد آن سهم حمل ونقل زمینی بود[۱۱و۱۲].

برخی محققان بحث می کنند که نفت تولید شده از منابع معمول در حدود۵۰ درصد تا سال۲۰۳۰کاهش خواهد یافت بدون اینکه نرخ مصرف کاهش یابد. علاوه بر منابع سوخت فسیلی محدود، نگرانی رو به رشد اخیر درباره پیامد زیست محیطی استفاده ازمواد نفتی(پترولیم) نیاز برای استفاده از منابع انرژی جایگزین و وسایل نقلیه برقی (الکتریکی) را الزامی نموده است[۱۳و۱۴].

برخلاف این پیشینه، این کاملا واضح است جامعه مدرن ملزم خواهد بود تا با تغییر ناگهانی و شدید در شیوه ای روبرو شود که انرژی در دسترس را در سال های آتی تولید و به مصرف می رساند.

امروزه، فشار فزاینده سیاسی برای تولید و استفاده از انرژی«سبز» احساس می شود.اگرچه یک تعداد راه حل محتمل برای چالش حمل و نقل وجود دارد، همانند استفاده از سوخت های زیستی و هیدروژن، بسیاری بر این باور هستند که هیبرید سازی و برقی سازی وسایل نقلیه بهترین روش ها برای حل و فصل این مسئله هستند که صنعت حمل و نقل با آن روبرو خواهدشد. باتری ها یکی ازچالش های اصلی هستند که صنعت خودرو ملزم تا به منظور ایجاد تغییر مثبت به آن غلبه کند[۱۴و۱۵].

شرکت های خودروسازی به طور گسترده از باتری هایNIMH برای وسایل نقلیه هیبرید در دهه اخیر استفاده کرده اند و این باتری ها هنوز به دلیل هزینه پایین بر هر وات توان مورد استفاده قرار می گیرند. به هرحال، طیف عملیاتیSOC محدود و چگالی انرژی پایین آن ها را برای وسایل نقلیه برقی(EVs) نامناسب ساخته اند[۱۶].

راه حل به نظرمی رسد که از تکنولوژی باتری لیتیوم- یون حاصل شود. باتری های لیتیوم- یون به طور گسترده در تجهیزات قابل حمل همانند تلفن های همراه و کامپیوتر های لپ تاپ مورد استفاده قرار گرفته اند. درسال های اخیرو درحال حاضر این باتری ها به نظرمی رسد که نوید بخش ترین تکنولوژی برای ذخیره سازی انرژی در وسایل نقلیه برقی و هیبرید بوده اند.

باتری های لیتیوم یونی به دلیل چگالی انرژی بالا، کارایی و طول عمر بالا به طورگسترده درخودرو های الکتریکی و هیبریدی استفاده می شوند[۲۰-۱۷]. طبق گزارش BloombergNEF(2020) میانگین بسته باتری لیتیوم یونی در وسایل نقلیه الکتریکی(EVs) دارای چگالی انرژی در حدود ۱۶۰وات ساعت برکیلوگرم و هزینه تقریبا ۱۵۶ دلار درهر کیلووات ساعت است. در مورد سهم بازار خودروهای برقی و هیبریدی، آژانس بین المللی انرژی(IEA)گزارش می دهد که در سال ۲۰۲۰، خودروهای برقی۴,۶ درصد از فروش جهانی خودرو را به خود اختصاص داده اند، در حالی که خودروهای هیبریدی۱۱,۹ درصد را تشکیل می دهند. انتظار می رود بازار خودروهای برقی و هیبریدی در سال های آینده به دلیل پیشرفت های

فناوری باتری، مشوق های دولت و افزایش نگرانی ها در مورد تغییرات آب و هوا و آلودگی هوا، رشد قابل توجهی انتظار می رود. تا ۳۱ می ۲۰۲۴، بازار جهانی خودروهای الکتریکی ۱۳درصد ازفروش جهانی خودرو را به خود اختصاص داده است و خودروهای هیبریدی نیز۱۶,۵ درصد از فروش جهانی خودرو را تشکیل می دهند. با این حال،این اعداد براساس نوسانات بازار و پیشرفت در صنعت در معرض تغییر هستند[۶۷و۶۸].

شکاف های پژوهشی با توجه به مطالعات، به موضوعات یا سوالاتی اشاره دارندکه هنوز مورد بررسی، تحقیق و پژوهش قرار نگرفته اند و نیازمند بررسی و تحلیل بیشترهستند. این شکاف ها ابهامات و نقاط ضعف در دانش موجود را نمایان می کنند و برای پژوهش های آینده یا مطالعات توجیهی برای پر کردن این شکاف ها اهمیت دارند. شکاف های پژوهشی در زمینه باتری های لیتیوم و خودروهای الکتریکی به عنوان یکی از حوزه های کلیدی در تحقیقات برای بهبود عملکرد و ایمنی این خودرو ها شناخته می شود که عبارتنداز:

۱-کاهش هزینه و افزایش کارایی:یکی از شکاف های مهم در پژوهش های باتری لیتیوم و خودروهای الکتریکی، کاهش هزینه و افزایش کارایی باتری ها است. افزایش چگالی انرژی، کاهش وزن و هزینه تولید باتری ها می تواند بهبود قابل ملاحظه ای در عملکرد خودروهای الکتریکی ایجاد کند.

۲- بازیافت و دورریز کمتر: مواد استفاده شده در ساخت باتری های لیتیوم باید بتوانند به راحتی بازیافت شوند و دورریز کمتری ایجاد شود. تحقیقات برای تولید باتری های بازیافت پذیر و سبک تر ازاهمیت بسزایی برخوردارند.

۳- افزایش عمر مفید باتری: افزایش عمر مفید باتری های لیتیوم برای جلوگیری از خرابی زودهنگام و افزایش دوام خودروهای الکتریکی بسیار اهمیت دارد.

۴- سرعت شارژ و توانایی ذخیره انرژی: سرعت شارژ باتری های لیتیوم و توانایی آن ها در ذخیره و تجدید انرژی، دو ویژگی بسیار حیاتی برای پذیرش گسترده خودروهای الکتریکی هستند که نیازمند بهبودات مداوم هستند.

این شکاف ها فرصت های عظیمی را برای پژوهش های آینده در زمینه بهبود فناوری باتری های لیتیوم و خودروهای الکتریکی ارائه می دهند و می تواند به بهبود پایداری، عملکرد و استفاده گسترده از خودروهای الکتریکی کمک کند[۲۱-۲۷].

در نتیجه ،در مقاله حاضر برطرف کردن شکاف های پژوهشی موجود در هنگام استفاده از باتری های لیتیومی، می تواند به تحقق اهداف پایداری، افزایش بهره وری، وکاهش اثرات منفی بر محیط زیست کمک کندو راهی برای پیشرفت صنعت خودروسازی مطرح شود. در این مقاله، به روش های نوین برای بهبود عملکرد و ایمنی خودروهای الکتریکی از طریق بهبود فناوری باتری های لیتیوم پرداخته شده است. این مقاله به معرفی راهکارهایی برای کاهش هزینه، افزایش کارایی، بازیافت مواد، افزایش عمر مفید و بهبود سرعت شارژ باتری ها می پردازد، که منجر به پیشرفت و ارتقاء بهره وری خودروهای الکتریکی خواهد شد.

۲. مطالعه ی ابتدایی در زمینه باتری‌های لیتیوم و خودروهای الکتریکی

۲,۱.ویژگی‌های باتری‌های لیتیوم

تحولات جدید در عرصه خودروسازی و روند پایدارسازی حمل ونقل، نیازمند نگاهی دقیق به تکنولوژی باتری های لیتیوم و نقش آن ها در این صنعت است. در این بخش، به تحلیل این ویژگی های برتر و حیاتی این نوع باتری ها و تاثیرات آن برخودروهای الکتریکی می پردازیم.

- چگالی انرژی: باتری‌های لیتیوم دارای چگالی انرژی بالا هستند که این امر منجر به افزایش مسافت طی شده توسط خودروهای الکتریکی می‌شود.

- زمان شارژ و دوام: میزان زمان لازم برای شارژ و زمان عمر مفید باتری‌های لیتیوم، بخش‌های کلیدی در عملکرد و محبوبیت خودروهای الکتریکی می‌باشند.

- وزن و ابعاد: باتری‌های لیتیوم به دلیل وزن و اندازه کم، مناسب برای استفاده در خودروهای الکتریکی بوده و امکان انعطاف‌پذیری در طراحی فضای داخلی خودروها را فراهم می‌کنند

با تاکید بر اهمیت انتخاب و استفاده از باتری های لیتیوم، می توان به توانایی این تکنولوژی در ایجاد حمل ونقل سبز و پایداراشاره کرد. ادامه پژوهش در این حوزه و بهره برداری بهینه ازاین منابع انرژی، می تواند انگیزه ای برای توسعه ی صنعت خودروسازی پایدار شود [۲۸-۳۰].

۲,۲. نقش باتری‌های لیتیوم در خودروهای الکتریکی

- منبع اصلی انرژی: باتری‌های لیتیوم به عنوان منبع اصلی تامین انرژی برای موتور الکتریکی خودروهای الکتریکی عمل می‌کنند.

- تأثیر بر ایمنی و پایداری: عملکرد ایمنی و پایداری خودروهای الکتریکی به طور مستقیم با کیفیت و کارایی باتری‌های لیتیوم مرتبط است.

- تأثیر بر کارایی و محیط‌زیست: استفاده از باتری‌های لیتیوم، بهبود کارایی خودروهای الکتریکی و کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه ای را تسهیل می‌کند[۳۱و۳۲].

۲,۳. طبقه‌بندی انواع باتری‌های لیتیوم

- باتری‌های لیتیوم-یون: این نوع باتری برتری بزرگی در زمینه چگالی انرژی، زمان شارژ و عمر مفید نسبت به سایر انواع باتری‌ها دارد.

- باتری‌های لیتیوم-پلیمر: این باتری‌ها از مزایای وزن سبک، ابعاد فشرده و طول عمر بالا برخوردارند که انتخاب عالی برای استفاده در خودروهای الکتریکی می‌باشند[۳۳].

۳. تکنولوژی‌های نوین برای بهبود باتری‌های لیتیوم

استفاده ازتکنولوژی های نوین جهت بهبود عملکرد و کارایی باتری های لیتیوم، تا به اینجا به عنوان یکی از راهکارهای کلیدی برای توسعه صنعت خودروسازی و حمل و نقل پایدار شناخته شده است. در این راستا، اصلاحات و نوآوری های اخیر در زمینه تحقیق و توسعه، بهبود هزینه ها، سرعت شارژ و دوام باتری های لیتیوم را به چشم اندازهای جدید تبدیل کرده اند که عبارتند از:

۱- تکنولوژی های کاهش هزینه:

- تحقیق و توسعه مواد جدید: استفاده از مواد نوین با هزینه تولید پایین‌تر و خواص بهتر برای ساخت باتری‌های لیتیوم.

- فناوری تولید اتوماتیک: اتوماسیون فرآیند تولید و مونتاژ باتری‌های لیتیوم برای کاهش هزینه تولید.

- مدیریت هوشمند باتری: سیستم‌های مدیریت هوشمند باتری برای بهینه سازی عمر مفید و کارایی باتری‌ها.

۲- تکنولوژی‌های افزایش سرعت شارژ:

- شارژ سریع: استفاده از تکنولوژی‌های شارژ سریع برای کاهش زمان شارژ باتری‌های لیتیوم.

- شارژرهای دینامیک: توسعه شارژرهای دینامیک با توان بالا برای افزایش سرعت شارژ باتری‌ها.

- تکنولوژی های سیستم خنک کننده: استفاده از سیستم‌های خنک کننده موثر برای حفظ دمای بهینه شارژ باتری‌ها در زمان شارژ سریع.

۳- تکنولوژی های بهبود دورریز و دوام باتری‌های لیتیوم:

- کاتد و آند نوین:تحقیقات بر روی مواد کاتد و آند نوین با هدف افزایش دوام و کارایی باتری‌های لیتیوم.

- تحقیقات در زمینه الکترولیت: استفاده از الکترولیت‌های پیشرفته برای کاهش دورریز و افزایش عمر مفید باتری‌های لیتیوم.

- مدل‌سازی و بهینه‌سازی: استفاده از مدل سازی ریاضی و تکنولوژی بهینه سازی برای بهبود کارایی و دوام باتری‌های لیتیوم.

با توجه به این تکنولوژی‌ها، می‌توان به سرعت بهبود و پیشرفت فناوری باتری‌های لیتیوم و افزایش کارایی خودروهای الکتریکی را تسهیل کرد[۳۴و۳۵]. با تحولات جدید و توسعه تکنولوژی های پیشرفته، امکان ایجاد باتری های لیتیوم باعمر مفید بهتر، شارژ سریع ترو دوام بالاتر ممکن است. به این ترتیب، افزایش کارایی و بهره وری خودروهای الکتریکی، از طریق انتقال شتاب های علمی به عملیات صنعتی، تضمین می شود.

۴. تأثیرات بهبود فناوری باتری‌های لیتیوم بر عملکرد خودروهای الکتریکی

با توجه به تاثیرات مثبت بهبود فناوری باتری های لیتیوم بر عملکرد خودروهای الکتریکی، گام های مهمی در جهت توسعه و بهبود این صنعت ارتقا یافته است. دراین راستا، اصلاحات و نوآوری های اخیر در زمینه طراحی، ایمنی و عملکرد باتری ها، به تحول چشمگیری در عملکرد خودروهای الکتریکی منجر خواهد شد که در زیر به آن اشاره شده است:

۱- افزایش عمر مفید باتری:

- تغییرات در طراحی و استفاده از مواد نوین برای کاهش دورریز و افزایش عمر مفید باتری‌ها.

- توسعه سیستم‌های مدیریت حرارت برای حفظ دمای بهینه و ایجاد شرایط مواتمسک برای باتری‌ها.

۲- کاهش وزن و افزایش راندمان:

- تحقیق در زمینه مواد سبکتر و سخت تر برای کاهش وزن باتری‌ها و افزایش نرخ تبادل انرژی.

- استفاده از فناوری های ساخت جدید برای افزایش راندمان و کارایی باتری‌های لیتیوم.

۳- بهبود ذخیره انرژی و افزایش راندمان:

- توسعه مواد جدید برای افزایش ظرفیت ذخیره انرژی باتری‌ها و کاهش افت انرژی در هنگام استفاده.

- استفاده از الگوریتم های هوشمند برای بهینه سازی استفاده از انرژی و افزایش راندمان خودروهای الکتریکی.

۴- تأثیرات بر توانایی شارژ و ایمنی:

- توسعه فناوری های شارژ سریع و ایمن برای افزایش توانایی شارژ باتری‌ها در کمترین زمان ممکن.

- استفاده از سیستم های حفاظتی پیشرفته برای جلوگیری از خطرات مرتبط با شارژ باتری‌های لیتیوم.

با بهبود فناوری باتری‌های لیتیوم به تأثیرات مثبت ذکر شده، کارایی و امنیت خودروهای الکتریکی به طور چشمگیری افزایش خواهد یافت و تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر بازار خودروهای الکتریکی خواهد داشت. بهبود فناوری باتری های لیتیوم به افزایش عمرمفید، کاهش وزن، افزایش راندمان، بهبود ذخیره انرژی وایمنی شارژ، تاثیر بزرگی بر عملکرد و مشهوریت خودروهای الکتریکی دارد. این بهبودات نه تنها به محیط زیست کمک می کنند بلکه تجربه رانندگی و استفاده ازخودروهای الکتریکی را نیز بهبود می بخشند[۳۶و۳۷].

۵. انتقال انرژی در خودروهای الکتریکی :چالش ها و راهکارهای بهبود

امروزه، یکی از مسائل کلیدی در حوزه خودروهای الکتریکی، انتقال بهینه و خودکفای انرژی میان باتری و سایر سیستم های خودرو است. با توجه به چالش های موجود، ارائه راهکارهای مناسب به منظور بهبود انتقال انرژی می تواند گام مهمی در جهت افزایش کارایی و کاربردی تر شدن خودروهای الکتریکی شود که به آن می پردازیم:

۱-کارایی سیستم انتقال انرژی:

- چالش: اتلاف انرژی در فرآیند انتقال از باتری به موتور و سایر سیستم‌های خودرو.

- راهکار: به کارگیری سیستم‌های انتقال مکانیزمی و الکتریکی پیشرفته با کارایی بالا برای کاهش اتلاف انرژی.

۲- مدیریت حرارت باتری:

- چالش: استفاده طولانی مدت و شارژ سریع می‌تواند به افزایش دما و کاهش عمر مفید باتری‌ها منجر شود.

- راهکار: توسعه سیستم‌های خنک کننده پیشرفته و مدیریت دما برای حفظ دمای بهینه باتری‌ها و افزایش عمر مفید آنها.

۳- بهبود شبکه شارژ و تأمین انرژی:

- چالش: عدم توازن بین تقاضا برای شارژ و ظرفیت شارژرهای عمومی.

- راهکار: توسعه شبکه‌های شارژ یکپارچه و هوشمند با توانایی پذیرش بالا و پشتیبانی از شارژ سریع و همگانی.

۴- بهینه سازی مصرف انرژی:

- چالش: مصرف انرژی زیاد برای اجرای سیستم‌های الکترونیکی و فن‌آوری‌های مدرن در خودروهای الکتریکی.

- راهکار: استفاده از الگوریتم‌های هوشمند جهت بهینه سازی مصرف انرژی و کاهش اتلاف انرژی در سیستم‌های خودرو.

با ارائه راهکارهای مناسب برای بهبود انتقال انرژی در خودروهای الکتریکی و مدیریت بهینه منابع انرژی، می‌توان به کاهش مصرف انرژی و افزایش کارایی خودروهای الکتریکی بپردازیم[۳۸و۳۹].

۶. تأثیرات فناوری خودروهای الکتریکی بر محیط زیست و جوامع

تاثیرات مثبت فناوری خودروهای الکتریکی بر محیط زیست و جوامع، به عنوان یکی از موضوعات حیاتی در دنیای امروز، اهمیت بسیاری پیدا کرده است. از کاهش تولید گازهای گلخانه ای تا افزایش بهره وری منابع انرژی و تاثیرات اقتصادی و اجتماعی، خودروهای الکتریکی به عنوان یک جنبه کلیدی در حفظ محیط زیست و پیشرفت جوامع شناخته می شوند که در ادامه به آن می پردازیم:

۱- کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای:

- آلودگی هوا: خودروهای الکتریکی بدون انتشار مستقیم گازهای مضر به هوا منجر به کاهش آلودگی هوا و مراقبت از سلامت محیط زیست می شوند.

- تغییرات اقلیمی: با کاهش مصرف سوخت های فسیلی، الگوی تغییرات اقلیمی بهبود می‌یابد و تأثیرات منفی آن کاهش می‌یابد.

۲- افزایش بهره‌وری منابع انرژی:

- استفاده از انرژی پاک :انتقال به استفاده از منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر مانند باد، خورشید و هسته‌ای منجر به حفظ منابع انرژی جهانی می شود.

- کاهش وابستگی به نفت: با کاهش استفاده از سوخت فسیلی، جوامع عصر اختناق‌ها به تدریج از وابستگی به نفت کاسته و به منابع انرژی پاک تر متمایل می‌شوند.

۳- تأثیرات اقتصادی:

- ایجاد فرصت‌های شغلی: صنعت خودرو و فناوری‌های مرتبط با توسعه خودروهای الکتریکی، ایجاد فرصت‌های شغلی و رشد اقتصادی را تقویت می‌کند.

- کاهش وابستگی به واردات نفت: با توسعه صنعت خودروسازی الکتریکی، کشورها قادر به کاهش وابستگی به واردات نفت و کاهش وابستگی به کشورهای صادرکننده می‌شوند.

۴- تأثیرات اجتماعی:

- کاهش سطح نویز:خودروهای الکتریکی با عملکرد بی صدا، سطح نویز شهری را کاهش داده و کیفیت زندگی شهروندان را بهبود می‌بخشد.

- توسعه شبکه حمل و نقل عمومی: با توسعه صنعت خودروسازی الکتریکی، امکان استفاده بهینه از خودروهای الکتریکی در شبکه حمل و نقل عمومی افزایش می‌یابد و به کاهش ترافیک و آلودگی شهری کمک می‌کند

با ایجاد فرصت های شغلی، کاهش سطح نویز شهری، کاهش وابستگی به نفت و بهبود کیفیت هوای شهرها، خودروهای الکتریکی به عنوان یک راهکار نوین و پایدار برای حمل و نقل شهری و حفظ محیط زیست معرفی شده اند. با ادامه پیشرفت و توسعه این فناوری، امیدواریم که آینده بهتر و پایدارتری برای جوامع جهانی فراهم شود[۴۰-۴۲].

۷. آینده خودروهای الکتریکی :چالش‌ها و فرصت‌ها

۱- چالش‌های فنی:

- باتری‌های پیشرفته: توسعه باتری‌های موثر و با عمر مفید طولانی برای افزایش راندمان و کاهش هزینه.

- زمان شارژ و زیرساخت شارژ: بهبود تکنولوژی شارژ سریع و ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای شارژ الکتریکی به طور وسیع.

۲-چالش‌های زیرساختی:

- شبکه‌های شارژ: نیاز به توسعه و به روزرسانی شبکه‌های شارژ عمومی برای پاسخگویی به نیاز روزافزون به شارژ الکتریکی.

- زیرساخت انرژی: توسعه زیرساخت های لازم برای انتقال و ذخیره‌سازی انرژی پاک و پایدار.

۳- چالش‌های قانونی و تنظیمی:

- تنظیمات محیط زیستی: ضوابط و مقررات محیط زیستی برای کاهش آلودگی هوا و تأثیرات جانبی خودروهای الکتریکی.

- مالیات و تسهیلات: تعیین سیاست‌های مالیاتی و تسهیلات مالی برای تشویق به استفاده از خودروهای پاک و سبز.

۴- فرصت‌های صنعت خودروسازی:

- ابرسرعت و خودروهای هوشمند: توسعه خودروهای الکتریکی با تکنولوژی‌های ابرسرعت و خودروهای هوشمند بر پایه هوش مصنوعی.

- سیستم‌های اتصالات ذهنی: توسعه سیستم‌های ارتباطی و اتصالات هوشمند در خودروهای الکتریکی برای افزایش امنیت و راحتی.

۵- تأثیرات اقتصادی و اجتماعی:

- ایجاد شغل و رشد اقتصادی: صنعت خودروسازی الکتریکی به عنوان بخش رو به رشد اقتصادی، ایجاد فرصت‌های شغلی و رشد اقتصادی مطلوب قابل دستیابی است.

- دسترسی به حمل و نقل تمیز و امن: ارائه حمل و نقل عمومی تمیزتر و ایمن‌تر برای جوامع شهری به وسیله خودروهای الکتریکی[۴۳و۴۴].

۸. راهکارهای تقویت و گسترش بازار خودروهای الکتریکی

۱- تسهیلات مالی:

- تسهیلات وام: ارائه تسهیلات وام با شرایط مقرون به‌صرفه برای خریداران خودروهای الکتریکی.

- تخفیف مالیاتی: اعمال تخفیف مالیاتی برای خریداران خودروهای الکتریکی به عنوان انگیزه برای انتخاب این نوع خودرو.

۲- توسعه زیرساخت‌های شارژ:

- تحت پوشش قرار دادن شارژرها: ایجاد شبکه‌ی گسترده ایستگاه‌های شارژ در نقاط عمومی و تجاری و پارکینگ‌ها.

- شارژرهای سریع: ارتقاء تکنولوژی شارژ سریع به منظور کاهش زمان شارژ خودروهای الکتریکی.

۳- ترویج و آگاهی‌بخشی:

- کمپین‌های تبلیغاتی: برگزاری کمپین‌های تبلیغاتی برای اطلاع‌رسانی به عموم درباره مزایای خودروهای الکتریکی.

- برگزاری رویدادها: برگزاری نمایشگاه‌ها و رویدادهای مختلف به همراه آموزش‌های عمومی در مورد خودروهای الکتریکی.

۴-تحقیق و توسعه:

- تحقیقات باتری: افزایش تحقیقات بر روی باتری‌های پیشرفته با عمر طولانی و راندمان بالا.

- توسعه فناوری: توسعه فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی و خودران برای بهبود عملکرد خودروهای الکتریکی.

۵-همکاری صنعت و دولت:

- تعامل با دولت: برقراری همکاری فعال بین دولت و صنعت برای اجرای برنامه‌های حمایتی و توسعه بازار خودروهای الکتریکی.

- استفاده از تجربه‌های بین‌المللی: مطالعه و استفاده از تجربیات موفق دیگر کشورها برای توسعه بازار خودروهای الکتریکی[۴۵].

۹. ارزیابی تأثیرات اجتماعی و اقتصادی خودروهای الکتریکی

۱- تأثیرات اقتصادی:

- ایجاد شغل: صنعت خودروسازی الکتریکی می‌تواند مناطق مختلف اقتصادی را تحریک کرده و ایجاد شغل و رشد اقتصادی فراهم کند.

- کاهش وابستگی به منابع غیرتجدیدپذیر: استفاده از خودروهای الکتریکی می‌تواند وابستگی به منابع نفتی غیرتجدیدپذیر را کاهش داده و اقتصاد ملی را تقویت کند.

۲- تأثیرات اجتماعی:

- حفظ محیط زیست: استفاده از خودروهای الکتریکی منجر به کاهش آلودگی هوا و حفظ محیط زیست می‌شود، همچنین کاهش نگرانی های مردم درمورد آلودگی هوا.

- تحول در حمل و نقل: استفاده از خودروهای الکتریکی می‌تواند بهبود محیط زندگی شهروندان را فراهم کرده و حمل و نقل عمومی پاکتر و کارا تر کند، این تحول می تواند باعث افزایش سطح رضایت و رفاه اجتماعی شود.

۳- تأثیرات مالیاتی:

- تغییر در درآمد دولت: انتقال از خودروهای سوختی به الکتریکی موجب تغییر در الگوی مالیاتی و درآمد دولت می‌شود.

- تسهیلات مالیاتی: اعمال تسهیلات مالیاتی برای خریداران خودروهای الکتریکی به منظور تشویق به استفاده از خودروهای سبز.

۴- تأثیرات اشتغال:

- ایجاد فرصت‌های شغل: صنعت خودروسازی الکتریکی ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و توسعه تکنولوژی‌های پیشرفته را ایجاد می‌کند.

- پیشرفت فنی: توسعه فناوری الکتریکی و هوش مصنوعی در صنعت خودروسازی موجب پیشرفت فنی و استقلال داخلی می‌شود[۴۶و۴۷].

۱۰. راهکارهای مدیریت پایدار برای توسعه خودروهای الکتریکی

۱- استفاده از انرژی تجدیدپذیر:

- توسعه زیرساخت‌های شارژ از منابع تجدیدپذیر: ایجاد ایستگاه‌های شارژ با استفاده از منابع تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی.

- ترویج استفاده از منابع تجدیدپذیر: ترویج و پشتیبانی از استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای شارژ خودروهای الکتریکی.

۲- مدیریت مصرف انرژی:

- توسعه فناوری‌های مدیریت انرژی: ارائه فناوری‌های مدیریت انرژی به خودروهای الکتریکی برای بهبود کارایی و افزایش مسافت پیموده شده.

- آموزش مصرف انرژی: آموزش به کاربران برای استفاده بهینه از انرژی باتری به منظور کاهش مصرف و افزایش عمر طولانی آن.

۳- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای:

- استفاده از فناوری‌های پاک: ترویج استفاده از فناوری‌های پاک و کم انرژی در تولید خودروهای الکتریکی.

- پیگیری ضوابط محیطی: پیگیری و اعمال ضوابط محیطی سخت‌تر برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنعت خودروسازی.

۴- ترویج حمل و نقل عمومی:

- توسعه حمل و نقل عمومی پایدار: ترویج و توسعه حمل و نقل عمومی پایدار بر اساس خودروهای سبز و پاک.

- استفاده از خدمات حمل و نقل هوشمند: استفاده از فناوری هوشمند در حمل و نقل عمومی برای بهبود کارایی و کاهش آلودگی هوا.

۵-تحقیق و توسعه پایدار:

- توسعه فناوری‌های پایدار: تحقیق و توسعه بر روی فناوری‌های پایدار به منظور بهبود بهره‌وری و کارایی خودروهای الکتریکی.

- مدیریت پسماند :برنامه‌ریزی برای مدیریت پسماند صنعت خودروسازی و افزایش بازیافت و استفاده مجدد از منابع[۴۸و۴۹].

۱۱. ارزیابی ریسک‌ها و موانع موجود در توسعه خودروهای الکتریکی

۱-مشکلات زیرساختی:

- ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای شارژ خودروهای الکتریکی در مناطق مختلف.

- نیاز به توسعه شبکه‌های قدرت برق برای پشتیبانی از افزایش استفاده از خودروهای الکتریکی.

۲- هزینه‌های بالا:

- قیمت بالای خودروهای الکتریکی نسبت به خودروهای سوختی موانعی برای جذب مشتریان ایجاد می‌کند.

- هزینه بالای تعمیر و نگهداری باتری‌های خودروهای الکتریکی می‌تواند افراد را از خرید این نوع خودرو منزجر کند.

۳- محدودیت‌های تکنولوژی:

- کمبود زمان شارژ باتری‌های خودروهای الکتریکی ممکن است مشکلات کاربری را افزایش دهد.

- عدم پخش گسترده شبکه شارژرها و ایستگاه‌های شارژ نیز ممکن است مشکلاتی برای کاربران ایجاد کند.

۴- عدم توانایی در تولید جمعی:

- برخی شرکت‌ها دچار مشکلات تولید جمعی خودروهای الکتریکی شده و برای رقابت با خودروهای سوختی به تنگنا می‌افتند.

- نیاز به سرمایه گذاری بالا در لاین‌های تولید و توسعه فناوری برای تولید جمعی خودروهای الکتریکی .

۵- تأثیرات محیطی:

- تولید باتری‌های خودروهای الکتریکی می‌تواند به مشکلات زیست‌محیطی منجر شود.

- کاهش زندگی مفید باتری‌ها و نیاز به بازیافت صحیح آنها می‌تواند مسائل محیطی را تشدید کند.

۶- نگرانی‌ها درباره عمر باتری:

- نگرانی‌های مربوط به عمر طولانی و ایمنی باتری‌های خودروهای الکتریکی می‌تواند اعتماد مشتریان را متضرر کند.

- ارتباط باتری‌های خودروهای الکتریکی با خطری برای ایمنی عمومی و بهداشت مردم در نظر گرفته می‌شود[۵۰].

۱۲. راهکارهای مدیریت ریسک‌ها و موانع در توسعه خودروهای الکتریکی

۱- سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های شارژ:

- توسعه زیرساخت‌های شارژ مناسب و گسترده برای افزایش راحتی استفاده از خودروهای الکتریکی.

- اعطای تسهیلات و پاداش به شرکت‌ها و صاحبان کسب و کار برای سرمایه‌گذاری در ایجاد شبکه‌های شارژ مناسب.

۲- توسعه فناوری باتری‌ها:

- سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای بهبود عمر و کارایی باتری‌های خودروهای الکتریکی.

- ارائه حمایت مالی و مالکیت مشترک بین شرکت‌ها برای توسعه فناوری باتری‌های پیشرفته.

۳-حمایت از تحقیقات و فناوری:

- تسهیلات مالی برای شرکت‌ها برای انجام تحقیقات مرتبط با توسعه خودروهای الکتریکی.

- ارائه پاداش‌های مالی و مالیاتی به شرکت‌ها برای انجام تحقیقات جدید در زمینه صنعت خودروسازی الکتریکی.

۴- ارتقاء تعامل با دولت:

- تشکیل هیات‌ها و کمیته‌های تخصصی برای بررسی و حل مسائل مرتبط با توسعه خودروهای الکتریکی.

- توسعه همکاری و تعامل بین بخش دولتی، خصوصی و دانشگاهی برای رفع موانع و مشکلات رو به رو.

۵- ترویج و آگاهی‌بخشی:

- ایجاد فرهنگ و آگاهی در میان مردم درباره مزایای استفاده از خودروهای الکتریکی.

- ارائه برنامه‌ها و طرح‌های آموزشی به منظور ارتقاء دانش و فهم در مورد فناوری خودروهای الکتریکی.

۶-مدیریت پسماند و بازیافت:

- توسعه فناوری‌های بازیافت باتری‌های خودروهای الکتریکی برای حفظ محیط زیست.

- ایجاد استانداردهای جدید و نظارت بر بازیافت و دفع صحیح باتری‌های خودروهای الکتریکی[۵۱و۵۲].

۱۳. استراتژی‌های مدیریتی برای پیشبرد صنعت خودروسازی الکتریکی

۱-تعیین اهداف استراتژیک:

- تعیین اهداف مشخص و قابل اندازه‌گیری برای ارتقاء و توسعه صنعت خودروسازی الکتریکی.

- تعیین راهبردهای محوری برای دستیابی به اهداف مشخص و ایجاد برنامه‌های عملی برای تحقق آن‌ها.

۲-همکاری با صنایع مرتبط:

- برقراری همکاری‌های استراتژیک با شرکت‌های فناور، تولید کنندگان باتری و دیگر صنایع مرتبط.

- ایجاد شبکه ارتباطی قوی برای بهره‌مندی از تجربیات و منابع صنایع مرتبط برای ارتقای فناوری خودروسازی.

۳- سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه:

- ایجاد بودجه مناسب برای تحقیق و توسعه جهت بهبود فناوری‌های خودروسازی الکتریکی.

- تحقیق و آزمایش بر روی بهینه‌سازی باتری، افزایش محدوده دیسک و بهبود کارایی موتورهای الکتریکی.

۴- ترویج محصول و بازاریابی:

- ارائه برنامه‌های تبلیغاتی و بازاریابی جذاب برای آشنایی مشتریان با فواید و ویژگی‌های خودروهای الکتریکی.

- برگزاری رویدادها و نمایشگاه‌های خصوصی برای نمایش و ارتقاء تاثیرگذاری خودروهای الکتریکی.

۵- توسعه زیرساخت‌ها و شبکه‌های شارژ:

- افزایش توان شارژگاه‌ها و ایجاد شبکه‌ای گسترده برای سهولت شارژ خودروهای الکتریکی.

- سرمایه‌گذاری در توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز برای ایجاد یک شبکه پایدار و کارآمد از شارژگاه‌ها.

۶- توسعه نیروی انسانی:

- برگزاری دوره‌های آموزشی و توسعه مهارت برای کارکنان در حوزه خودروسازی الکتریکی.

- ایجاد برنامه‌های توسعه کارکنان برای بهبود عملکرد و کارایی کارکنان و ارتقای کیفیت تولید[۵۳].

۱۴. استراتژی‌های مدیریتی برای بهبود کیفیت و عملکرد در صنعت خودروسازی الکتریکی

۱- تعیین استانداردهای کیفیت:

- تعیین استانداردهای مشخص و بین‌المللی برای کیفیت محصولات خودروسازی الکتریکی.

- بررسی و نظارت بر پیاده‌سازی استانداردهای کیفیت در تمامی مراحل تولید و خدمات پس از فروش.

۲- پیشرفت فرایندهای تولید:

- بهبود فرایندهای تولید با استفاده از مدل‌های مدیریت کیفیت مانند Sigma6 و Lean Manufacturing.

- ارزیابی دقیق عملکرد فرایندهای تولید و اعمال تغییرات منطقی برای افزایش بهره‌وری و کاهش زمان تولید.

۳- استفاده از فناوری‌های پیشرفته:

-سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و تجهیزات متصل برای بهبود کیفیت و عملکرد خودروهای الکتریکی.

- اجرای پروژه‌های پژوهشی و توسعه جهت ادغام فناوری‌های پیشرفته در فرایندهای تولید و خدمات پس از فروش.

۴- ارتقاء توانمندی‌های انسانی:

- ارتقاء دانش و مهارت کارکنان از طریق برنامه‌های آموزشی و توسعه حرفه‌ای.

- ایجاد فضای کاری مشوق و انگیزش برای کارکنان به منظور افزایش عملکرد و تعهد به کیفیت.

۵- بهبود فرآیند ارتباط با مشتری:

- ایجاد سیستم‌های مدیریت ارتباط با مشتری (CRM)برای بهبود ارتباط، شناخت و رضایت مشتریان.

- برگزاری جلسات بازخورد مشتریان و اعمال تغییرات بر اساس بازخوردهای دریافتی جهت بهبود خدمات و محصولات.

۶- راه‌اندازی برنامه‌های بهبود پایدار:

- ایجاد برنامه‌های بهبود پایدار بر اساس مدل‌های همکاری و آموزش مداوم.

- پیاده‌سازی فرآیندهای مانیتورینگ و ارزیابی عملکرد جهت ادامه بهبود استراتژی‌ها و فرایندهای کیفیت[۵۴و۵۵].

۱۵. استراتژی های مدیریتی برای مواجهه باچالش های صنعت خودروسازی

۱- شناسایی چالش‌ها:

- در این مرحله، به شناسایی و تحلیل دقیق چالش‌های مهمی که صنعت خودروسازی الکتریکی روبروست، پرداخته می‌شود .این شناسایی باید به طور جامع و جزئیات پردازی شده تا بهترین استراتژی‌ها برای مقابله با این چالش‌ها ارائه شود.

۲- تدوین استراتژی‌های پاسخگو:

- بر اساس چالش‌های شناسایی شده، در این مرحله استراتژی‌های موثری برای پاسخ به این چالش‌ها تدوین می‌شود .این استراتژی‌ها باید شامل راهکارهای مختلفی برای بهبود فناوری، کاهش هزینه‌ها و جلب مشتریان جدید باشند.

۳- انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری:

- توانایی سازمان در پذیرش تغییرات و انعطاف در تصمیم‌گیری به عنوان یکی از مهمترین عوامل موفقیت در مواجهه با چالش‌های صنعت خودروسازی الکتریکی مطرح می‌شود.

۴- ارتقای نظارت و کنترل:

- ارتقاء سیستم‌های نظارت و کنترل بر عملکرد و اجرای استراتژی‌ها ضروری است .این شامل مانیتورینگ مستمر عملکرد، ارائه بازخورد پیشرفته و اعمال اصلاحات جهت بهبود است.

۵- سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه:

- سرمایه‌گذاری در حوزه تحقیق و توسعه برای نوآوری، بهبود فناوری و ساخت محصول می‌تواند به توانایی شرکت‌ها کمک کند تا در محیط پویا و تغییرپذیر صنعت خودروسازی الکتریکی پایداری و رشد ایجاد کنند.

۶- اجرای مکانیزم‌های مدیریت ریسک:

- اجرای مکانیزم‌های مدیریت ریسک اهمیت زیادی دارد .این شامل تشخیص، ارزیابی، کنترل و پایش ریسک‌های مختلف است که ممکن است بر عملکرد سازمان و تحقق اهداف تأثیرگذار باشند.

با اجرای این استراتژی‌ها و اقدامات، شرکت‌های خودروسازی الکتریکی قادر به ایجاد رشد و پیشرفت پایدار در صنعت خواهند بود و می‌توانند به بهترین نحو ممکن به چالش‌ها و فرصت‌های جدید این صنعت واکنش نشان دهند[۵۶و۵۷].

۱۶. عملکرد باتری لیتیومی در خودروهای الکتریکی

عملکرد باتری لیتیومی در خودروهای الکتریکی به دو مرحله اصلی تقسیم می شود: شارژ و تخلیه. در هرمرحله، باتری لیتیومی انرژی را ذخیره می کند و آن را به صورت جریان الکتریکی تبدیل می کند که برای تغذیه موتور الکتریکی و سیستم های دیگر خودرو استفاده می شود.

شارژ باتری: درمرحله شارژ، جریان الکتریکی از منبع برق مانند شبکه برق یا شارژ خودرو به باتری هدایت می شود. در باتری های لیتیومی، یون های لیتیوم به طور الکتروشیمیایی از کاتد به آندحرکت می کنند، در حالی که الکترون ها به صورت جریان الکتریکی از آند به کاتد جابه جا می شوند. در این فرآیند، انرژی الکتریکی از منبع برق به باتری منتقل می شود و باتری شارژ می گیرد. شارژرهای خودرو معمولا با استفاده از شبکه برق خانگی یا شبکه شارژ عمومی باتری را شارژ می کنند.

تخلیه باتری: درمرحله تخلیه، انرژی ذخیره شده در باتری به صورت جریان االکتریکی از باتری به موتور الکتریکی و سیستم های دیگر خودرو منتقل می شود. در این فرآیند، یون های لیتیوم به طور الکتروشیمیایی از آند به کاتدحرکت می کنند و الکترون ها از کاتد به آند جا به جا می شوند. این جابه جایی الکترون ها سبب ایجاد جریان الکتریکی و سیستم های دیگر خودرو استفاده می شود. در این مرحله، باتری انرژی را تخلیه می کند و میزان شارژ آن کاهش می یابد[۵۸].

۱۶,۱: دمای محیط چگونه بر عملکرد باتری لیتیومی خودروهای الکتریکی تاثیر می گذارد؟

دمای محیط بر عملکرد باتری لیتیومی خودروهای الکتریکی تاثیر قابل توجهی دارد. باتری های لیتیومی حساس به دما هستند و عملکرد آن ها تحت تاثیر دما قرارمی گیرد. در واقع، دمای محیط به طور مستقیم بر ظرفیت، عمرکاربری و عملکرد کلی باتری تاثیر می گذارد. در ادامه تاثیر دما را بر روی باتری لیتیومی درخودروهای الکتریکی بررسی می کنیم:

کاهش ظرفیت: در دماهای بسیار پایین یا بسیار بالا، ظرفیت باتری لیتیومی کاهش می یابد. در دماهای پایین، سرعت واکنش شیمیایی درون باتری کاهش می یابد و انرژی الکتریکی به طور کامل از باتری استخراج نمی شود. به همین دلیل، ظرفیت باتری در دماهای منفی به طور قابل توجهی کاهش می یابد. همچنین، در دماهای بالا، باعث افزایش سرعت واکنش های شیمیایی درون باتری می شود که منجر به کاهش ظرفیت و عمر آن می شود.

عمر کوتاه تر: دما های بسیار پایین یا بسیار بالا می توانند به طور مستقیم باعث کاهش عمر کاربری باتری لیتیومی شوند. در دماهای پایین، رشد کریستال های لیتیوم درون باتری را تسریع می کند که می تواند به ترک خوردن ساختار داخلی باتری و کاهش عمر آن منجر شود. همچنین، در دماهای بالا، رشد آلومینا بر روی الکترود ها را تسریع می کند که می تواند به کاهش ظرفیت و عمر باتری منجر شود.

کارایی کمتردر دماهای بسیار سرد: در دماهای بسیار سرد، عملکرد باتری لیتیومی کاهش می یابد. این ممکن است منجر به کاهش توان شارژ و تخلیه، کاهش شتاب و عملکرد خودرو در دماهای سرد شود. همچنین، میزان دمای محیط می تواند بر زمان شارژ باتری تاثیر بگذارد، زیرا باتری های لیتیومی در دماهای پایین تر زمان بیشتری برای شارژ شدن نیاز دارند[۵۹-۶۱].

۱۶,۲: چه خودروهایی از باتری لیتیومی برای عملکردشان استفاده می کنند؟

باتری های لیتیومی به عنوان یک فناوری انرژی قدرتمند و کارآمد، در مورد خودروهای الکتریکی به طورچشمگیری مورد استفاده قرار می گیرند. خودرو های الکتریکی از باتری های لیتیومی برای ذخیره و انتقال انرژی برای موتورهای الکتریکی خود استفاده می کنند.

در حال حاضر، بسیاری از تولید کنندگان خودرو از باتری لیتیومی به عنوان منبع انرژی برای خودروهای الکتریکی استفاده می کنند. برخی از خودروهای الکتریکی معروف که ازباتری لیتیومی استفاده می کنند، شامل تسلا (Tesla)، نیسان لیف(Nissan Leaf)، بی ام و آی 3 (BMW i3)، آئودی ای- ترون(Audi e- tron)و پورشه تایکان(Porsche Taycan) است. این تنها چند نمونه ازخودروهای الکتریکی هستند که از باتری لیتیومی استفاده می کنند. همچنین، تعداد تولیدکنندگان و مدل های خودروهای الکتریکی با باتری لیتیومی در حال افزایش است، و بسیاری از این تکنولوژی استفاده می کنند و محصولات جدیدی را معرفی کرده اند. از آنجا که باتری های لیتیومی به عنوان یکی از بهترین و پرکارایی ترین گزینه ها برای خودروهای الکتریکی محسوب می شوند، انتظار می رود که در آینده تعداد بیشتری از خودروهای الکتریکی از این نوع باتری برای عملکرد بهتر و بیشتری استفاده کنند[۶۲و۶۳].

۱۷. آینده پیشرفت باتری های لیتیومی درعرصه خودروسازی

آینده بهره گیری از باتری های لیتیومی در صنعت خودروسازی، یک چشم انداز جذاب و حائز اهمیت است و انتظار می رود که این تکنولوژی به دلیل ویژگی های برتر خود، نقش مهمی در توسعه خودروهای الکتریکی و پایداری زیست محیطی ایفا کند. برخی از جنبه هایی که در آینده باتری های لیتیومی در صنعت خودروسازی مورد توجه قرار خواهند گرفت عبارتند از:

۱- بهبود ظرفیت و عمر مفید: آینده باتری های لیتیومی در جهت بهبود ظرفیت ذخیره سازی انرژی و افزایش عمرمفید ان ها تمرکز خواهد داشت. این اقدامات منجر به افزایش مسافتی که یک خودرو الکتریکی می تواند پیموده، و کاهش نیاز به شارژ مکرر باتری می شود.

۲- پیشرفت در تکنولوژی شارژ سریع: تحقیقات و پژوهش ها بر روی تکنولوژی هایی که امکان شارژ سریعتر باتری ها را فراهم می کنند، ادامه خواهد داشت. این امر به معنای کاهش زمان شارژ و ایجاد راحتی بیشتر برای کاربران خودروهای الکتریکی است.

۳-کاهش وزن و افزایش کارایی:آینده باتری های لیتیومی با تمرکز بر بهبود وزن باتری و افزایش کارایی سیستم های الکتریکی، بهبود فعلیت و کارایی خودروهای الکتریکی را بهبود می بخشد.

۴- پیشرفت در امنیت: امنیت باتری های لیتیومی نیز از جمله مسائل مهم در آینده خواهد بود. پژوهش ها برمبنای افزایش ایمنی و کاهش خطراتی که ممکن است از باتری های لیتیومی به وجود آیند، انجام می شود.

با توجه به پیشرفت هایی که در زمینه باتری های لیتیومی انجام می شود، انتظار می رود که آینده این تکنولوژی در صنعت خودروسازی باعث افزایش بهره وری، کارایی و پایداری خودروهای الکتریکی شود. توسعه های جدید در این زمینه می تواند باعث انگیزه آوری صنعت خودروسازی و همچنین جذب مشتریان بیشتر در بازار خودروسازی الکتریکی شود. علاوه براین، تحقیقات متنوعی در حال انجام است تا باتری های لیتیومی با تکنولوژی های نوینی مانند باتری های جامد، باتری های یون های لیتیوم و باتری های لیتیوم- سولفور ترکیب شوند. این تحولات سبب بهبود قابل توجهی درکارایی و عملکرد باتری های لیتیومی خودرو ها می شوند[۶۴-۶۶].

۱۸. نتیجه گیری

باتری های لیتیومی به عنوان فناوری پیشرفته ای که به تازگی وارد صنعت خودروسازی شده است، توانسته است انقلابی در این صنعت ایجاد کند. با قدرت بالا، عمر طولانی و استفاده ایمن، باتری های لیتیومی به عنوان ستون اصلی خودروهای الکتریکی به شمار می روند. این فناوری ثابت کرده است که خودروهای الکتریکی می توانند جایگزین مناسبی برای خودروهای سوخت گرانه شوند و می توانند به حفظ محیط زیست و سلامتی عمومی کمک کنند.

با پیشرفت مداوم در فناوری باتری های لیتیومی، انتظار می رود که عملکرد و کارایی خودروهای الکتریکی بهبود یابد و این خودروها به گزینه های حمل و نقل پایدارتری تبدیل شوند. این پیشرفت ها می تواند باعث افزایش استفاده از خودروهای الکتریکی، کاهش آلودگی هوا و کمک به حفظ منابع طبیعی شود.

باتری های لیتیومی، به عنوان یکی از فناوری های نوین و پرکاربرد در خودروسازی، درپیشبرد صنعت حمل و نقل به سمت سازگارتر با محیط زیست و پایدارتر کمک کرده و امیدواریم که با توسعه و بهبود آینده این تکنولوژی، بتوانیم به جامعه ای سالم تر و محیط زیستی بهتر دست یابیم.

۱۹.پیشنهادها جهت تحقیقات آتی

با افزایش پیشرفت های فناوری باتری های لیتیومی و تاثیرات مثبت آن بر صنعت خودروسازی و زیست محیطی، بسیاری از تحقیقات و ابتکارات جدید در این زمینه مطرح شده اند.

۱- باتری های جامد لیتیومی: تحقیقات بیشتر بر روی باتری های جامد لیتیومی که ویژگی های ایمنی، طول عمر بالا وکارایی بهتری نسبت به باتری های مایع دارند، مورد توجه قرارخواهد گرفت. این تحقیقات می تواند منجر به ارتقاء عملکرد خودروهای الکتریکی و افزایش اعتماد مشتریان شود.

۲- شبکه های شارژ سریع:ارتقاء شبکه های شارژ سریع و ایجاد استاندارد های جدید برای شارژ سریع و کارایی بیشتر باتری ها، یک موضوع مهم برای پژوهشگران و صنعتگران خودروسازی است. این تحقیقات می تواند به افزایش جذابیت و راحتی استفاده از خودروهای الکتریکی منجر شود.

۳- باتری های چندگانه: تحقیقات بر روی توسعه و استفاده از باتری های چندگانه که ترکیبی از باتری های لیتیومی با فناوری های دیگر مثل سوپرکپیسیتورها هستند، می تواند به افزایش انعطاف پذیری و کارایی باتری ها در شرایط مختلف کمک کند.

۴- بازیابی و بازیافت باتری های استفاده شده: تحقیقات بر روی روش های بازیابی و بازیافت باتری های استفاده شده، اهمیت بالایی در جهت کاهش پسماند باتری ها و بازگرداندن مواد ارزشمند به چرخه تولید دارد.

این پیشنهاد ها می توانند به ایجاد فرصت ها و چشم انداز های جدید برای تحقیقات آینده و پیشرفت های بیشتر در حوزه فناوری باتری ها و ذخیره انرژی منجر شوند.

منابع

[1] HWANG, Foo Shen, et al. Review of battery thermal management systems in electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2024, 192: 114171.

[2] GANDOMAN, Foad H., et al. Concept of reliability and safety assessment of lithium-ion batteries in electric vehicles: Basics, progress, and challenges. *Applied Energy*, 2019, 251: 113343.

[3] CHEN, Xiaopeng, et al. An overview of lithium-ion batteries for electric vehicles. In: *2012 10th International Power & Energy Conference (IPEC)*. IEEE, 2012. p. 230-235.

[4] SANGUESA, Julio A., et al. A review on electric vehicles: Technologies and challenges. *Smart Cities*, 2021, 4.1: 372-404.

[5] LIU, Wei; PLACKE, Tobias; CHAU, K. T. Overview of batteries and battery management for electric vehicles. *Energy Reports*, 2022, 8: 4058-4084.

[6] WANG, Qian, et al. A critical review of thermal management models and solutions of lithium-ion batteries for the development of pure electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, 64: 106-128.

[7] KHAN, Aamir, et al. A state-of-the-art review on heating and cooling of lithium-ion batteries for electric vehicles. *Journal of Energy Storage*, 2024, 76: 109852.

[8] TAN, Xi, et al. Decoding Electrochemical Processes of Lithium-Ion Batteries by Classical Molecular Dynamics Simulations. *Advanced Energy Materials*, 2024, 2400564.

[9] SALGADO, Rui Martim, et al. The latest trends in electric vehicles batteries. *Molecules*, 2021, 26.11: 3188.

[10] SHARMA, Snigdha; PANWAR, Amrish K.; TRIPATHI, M. M. Storage technologies for electric vehicles. *Journal of traffic and transportation engineering (english edition)*, 2020, 7.3: 340-361.

[11] BP, British Petroleum. statistical review of world energy June 2012. *London: BP*, 2014, 18.

[12] AGENCY, International Energy. Key world energy statistics. *International Energy Agecy*, 2016.

[13] ZITTEL, Wemer; SCHINDLER, Jorg. *Crude oil: The supply outlook*. Energy Watch Group, 2007.

[14] IEA. Technology roadmap: Fuel economy of road vehicles. *Technical Report*, 2012.

[15] CHOI, Daiwon; WANG, Wei; YANG, Zhenguo. Material challenges and perspectives. *HOMO*, 2010, 2: H2O.

[16] BROUSSELY, Michel. Battery requirements for HEVs, PHEVs, and EVs: an overview. *Electric and hybrid vehicles: power sources, models, sustainability, infrastructure and the market*, 2010, 305-347.

[17] BURKE, Andrew; MILLER, Marshall; ZHAO, Hemgbing. Fast charging tests (up to 6c) of lithium titanate cells and modules: Electrical and thermal response. 2012.

[18] BLANCO, Sebastian. Details on Nissan Leaf battery pack, including how recharging speed affects battery life. *Retrieved November 5, 2012 from Autobloggreen: http://green. autoblog. com*, 2010.

[19] PASSERINI, Stefano. From electrode manufacturing to Li-ion battery testing, modeling & simulation, toward new generation electric vehicle. 2020.

[20] CHEN, Cuili; WEI, Zhongbao; KNOLL, Alois Christian. Charging optimization for Li-ion battery in electric vehicles: A review. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 2021, 8.3: 3068-3089.

[21] ZHANG, Xinghui, et al. A review on thermal management of lithium-ion batteries for electric vehicles. *Energy*, 2022, 238: 121652.

[22] GUO, Ningyuan, et al. A supervisory control strategy of distributed drive electric vehicles for coordinating handling, lateral stability, and energy efficiency. *IEEE transactions on transportation electrification*, 2021, 7.4: 2488-2504.

[23] ALYAKHNI, Ahmad, et al. A comprehensive review on energy management strategies for electric vehicles considering degradation using aging models. *IEEE Access*, 2021, 9: 143922-143940.

[24] GAN, Naifeng, et al. Data-driven fault diagnosis of lithium-ion battery overdischarge in electric vehicles. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2021, 37.4: 4575-4588.

[25] TIMILSINA, Laxman, et al. Battery degradation in electric and hybrid electric vehicles: A survey study. *IEEE Access*, 2023, 11: 42431-42462.

[26] SUN, Qiang, et al. Optimized state of charge estimation of lithium-ion battery in smes/battery hybrid energy storage system for electric vehicles. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 2021, 31.8: 1-6.

[27] CAO, Yongsheng, et al. Joint optimization of delay-tolerant autonomous electric vehicles charge scheduling and station battery degradation. *IEEE Internet of Things Journal*, 2020, 7.9: 8590-8599.

[28] MOHAMMADI, Fazel; SAIF, Mehrdad. A comprehensive overview of electric vehicle batteries market. *e-Prime-Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 2023, 3: 100127.

[29] **TIMILSINA, Laxman, et al. Battery degradation in electric and hybrid electric vehicles: A survey study. *IEEE Access*, 2023, 11: 42431-42462.**

[30] **WARNER, John T. *The handbook of lithium-ion battery pack design: Chemistry, components, types, and terminology*. Elsevier, 2024.**

[31] **RALLS, Alessandro M., et al. The role of Lithium-ion batteries in the growing trend of electric vehicles. *Materials*, 2023, 16.17: 6063.**

[32] **CHRISTENSEN, Paul A., et al. Risk management over the life cycle of lithium-ion batteries in electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, 148: 111240.**

[33] **GAO, Yizhao, et al. Classification and review of the charging strategies for commercial lithium-ion batteries. *Ieee Access*, 2019, 7: 43511-43524.**

[34] **OLABI, Abdul Ghani, et al. Rechargeable batteries: Technological advancement, challenges, current and emerging applications. *Energy*, 2023, 266: 126408.**

[35] **GNANAVENDAN, Sudarshan, et al. Challenges, solutions and future trends in EV-Technology: A Review. *IEEE Access*, 2024.**

[36] **HANNAN, Mahammad A., et al. State-of-the-art and energy management system of lithium-ion batteries in electric vehicle applications: Issues and recommendations. *Ieee Access*, 2018, 6: 19362-19378.**

[37] **ZHAO, Zhaoyang, et al. Power electronics-based safety enhancement technologies for lithium-ion batteries: An overview from battery management perspective. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2023, 38.7: 8922-8955.**

[38] **SCARPELLI, Claudio, et al. Charging electric vehicles on highways: Challenges and opportunities. *IEEE Access*, 2024.**

[39] **AL-ALWASH, Husam M., et al. Optimization Schedule Schemes for Charging Electric Vehicles: Overview, Challenges, and Solutions. *IEEE Access*, 2024.**

[40] **ABDEL-BASSET, Mohamed, et al. Sustainability assessment of optimal location of electric vehicle charge stations: a conceptual framework for green energy into smart cities. *Environment, Development and Sustainability*, 2024, 26.5: 11475-11513.**

[41] **PIRMANA, Viktor, et al. Economic and environmental impact of electric vehicles production in Indonesia. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2023, 25.6: 1871-1885.**

[42] **BARMAN, Pranjal, et al. Renewable energy integration with electric vehicle technology: A review of the existing smart charging approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2023, 183: 113518.**

[43] **HUSAIN, Iqbal, et al. Electric drive technology trends, challenges, and opportunities for future electric vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 2021, 109.6: 1039-1059.**

[44] **PANOSSIAN, Nadia, et al. Challenges and opportunities of integrating electric vehicles in electricity distribution systems. *Current sustainable/renewable energy reports*, 2022, 9.2: 27-40.**

[45] **GAN, Wei, et al. Enhancing resilience with electric vehicles charging redispatching and vehicle-to-grid in traffic-electric networks. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2023, 60.1: 953-965.**

[46] **PAUTASSO, Elisa; OSELLA, Michele; CAROLEO, Brunella. Addressing the sustainability issue in smart cities: a comprehensive model for evaluating the impacts of electric vehicle diffusion. *Systems*, 2019, 7.2: 29.**

[47] **BELL, Lena; SPINLER, Stefan; WINKENBACH, Matthias. Economic, social and ecological impact assessment of mixed light rail, battery-electric vehicles, fuel cell-electric vehicles and electrified cargo bikes in urban environment of advanced integrated simulation approach. *Fuel Cell-Electric Vehicles and Electrified Cargo Bikes in Urban Environment of Advanced Integrated Simulation Approach (January 17, 2022)*, 2022.**

[48] **ONAT, Nuri Cihat, et al. From sustainability assessment to sustainability management for policy development: The case for electric vehicles. *Energy Conversion and Management*, 2020, 216: 112937.**

[49] **LIPU, Molla Shahadat Hossain, et al. Battery management, key technologies, methods, issues, and future trends of electric vehicles: A pathway toward achieving sustainable development goals. *Batteries*, 2022, 8.9: 119.**

[50] **CAPUDER, Tomislav, et al. Review of challenges and assessment of electric vehicles integration policy goals: Integrated risk analysis approach. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 2020, 119: 105894.**

[51] **POTDAR, Vidyasagar; BATOOL, Saima; KRISHNA, Aneesh. Risks and challenges of adopting electric vehicles in smart cities. *Smart Cities: Development and Governance Frameworks*, 2018, 207-240.**

[52] **MUHAMMAD, Zia, et al. Emerging cybersecurity and privacy threats to electric vehicles and their impact on human and environmental sustainability. *Energies*, 2023, 16.3: 1113.**

[53] **AKAKPO, Alfred, et al. Foresight, organization policies and management strategies in electric vehicle technology advances at tesla. *Futures Thinking and Organizational Policy: Case Studies for Managing Rapid Change in Technology, Globalization and Workforce Diversity*, 2019, 57-69.**

[54] **NARESH, Vankamamidi S.; RATNAKARA RAO, Guduru VNSR; PRABHAKAR, D. V. N. Predictive machine learning in optimizing the performance of electric vehicle batteries: Techniques, challenges, and solutions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 2024, e1539**

[55] **CHEN, Zhongwei; FAN, Zhi-Ping. Improvement strategies of battery driving range in an electric vehicle supply chain considering subsidy threshold and cost misreporting. *Annals of Operations Research*, 2023, 326.1: 89-113.**

[56] **SHAHZAD, Khurram; CHEEMA, Izzat Iqbal. Low-carbon technologies in automotive industry and decarbonizing transport. *Journal of Power Sources*, 2024, 591: 233888.**

[57] **DODD, Tracey, et al. Toward sustainable automobility: Insights from a stewardship literature review of the industry. *Business Strategy and the Environment*, 2024.**

[58] **OYUCU, Saadin, et al. Comparative Analysis of Commonly Used Machine Learning Approaches for Li-Ion Battery Performance Prediction and Management in Electric Vehicles. *Applied Sciences*, 2024, 14.6: 2306.**

[59] **KIM, Bong Gon; TREDEAU, Frank P.; SALAMEH, Ziyad M. Performance evaluation of lithium polymer batteries for use in electric vehicles. In: *2008 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*. IEEE, 2008. p. 1-5.**

[60] **ZHANG, Xinghui, et al. A review on thermal management of lithium-ion batteries for electric vehicles. *Energy*, 2022, 238: 121652.**

[61] **SENOL, Murat, et al. Electric vehicles under low temperatures: A review on battery performance, charging needs, and power grid impacts. *Ieee Access*, 2023, 11: 39879-39912.**

[62] **SPEIRS, Jamie, et al. The future of lithium availability for electric vehicle batteries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014, 35: 183-193.**

[63] **GU, Xiaoyu, et al. Developing pricing strategy to optimise total profits in an electric vehicle battery closed loop supply chain. *Journal of cleaner production*, 2018, 203: 376-385.**

[64] DING, Yuanli, et al. Automotive Li-ion batteries: current status and future perspectives. *Electrochemical Energy Reviews*, 2019, 2: 1-28.

[65] DIOUF, Boucar; PODE, Ramchandra. Potential of lithium-ion batteries in renewable energy. *Renewable Energy*, 2015, 76: 375-380.

[66] LU, Yufang, et al. Optimal Charging Strategy for Lithium-Ion Batteries Based on Model Predictive Control with Coupled Thermal-Electric Decomposed Electrode Model. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2024.

[67] BloombergNEF: www.about.bnef.com

[68] IEA: www.iea.org

KNO-1103-4503

ارائه مدلی هوشمند برای افزایش انگیزش دانش‌آموز و معلم در دوران کرونا، براساس عوامل موثر بر کارایی روند آموزش با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی

مجید جنگی زهی * فریبا ریگی **

* هنرآموز رشته نرم‌افزار و شبکه، هنرستان فنی شهید رمضانی، آموزش و پرورش خاش، خاش، ایران

m.jangizehi@eng.ui.ac.ir

** هنرآموز رشته تصویرسازی و جلوه های ویژه رایانه ای، هنرستان کاردانش سمیه، آموزش و پرورش خاش، خاش، ایران

rigi.fariba91@gmail.com

چکیده

بسیاری از محققین انگیزش را به عنوان عامل اصلی حرکت به سوی هدف معرفی کرده‌اند؛ این پژوهش مدلی را برای افزایش انگیزش معلم و دانش‌آموز در دوران شیوع بیماری کرونا معرفی کرده است. این بیماری باعث اختلال در فرآیند عادی آموزش در جهان شده است؛ به همین دلیل نیاز به توجه به راهکارهای جایگزین و تغییر در شرایط آموزشی احساس می‌گردد. عوامل متعددی بر کارایی فرآیند آموزش تاثیر دارند؛ به همین دلیل لازم است تا راهکارهای مختلفی برای افزایش انگیزش معلم و دانش‌آموز به مراکز آموزشی پیشنهاد داده شود. در این پژوهش با استفاده از روشی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی، مدلی برای افزایش انگیزش دانش‌آموز و معلم در دوران کرونا بر اساس عوامل موثر بر کارایی فرآیند آموزش پیشنهاد شده است. ابتدا با توجه به جدول مورگان تعداد ۵۰ نفر به عنوان نمونه از جامعه آماری خبرگان سازمان‌های آموزشی، معلمان و دانش‌آموزان برای پاسخ گویی به پرسش‌نامه‌های مسئله انتخاب شدند. سپس داده‌های به دست آمده از فرم های نظرسنجی به عنوان عوامل موثر بر کارایی فرآیند آموزش و راهکارهای افزایش انگیزش دانش‌آموز و معلم ، تحت عنوان فرم های مقایسات زوجی در اختیار نمونه آماری قرار گرفته و با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی و با کمک روش توسعه‌ای چانگ مورد تحلیل و رفع ابهام قرار گرفته است. خروجی مدل شامل مهم‌ترین عوامل افزایش کارایی در آموزش و راهکارهای افزایش انگیزش در مراکز آموزشی به انضمام اولویت آنها است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد مهم‌ترین عوامل موثر بر کارایی در آموزش، آشنایی معلم با هنرجوی خود و توجه به اصول معنوی و مهم‌ترین راهکارهای افزایش انگیزش در معلم و دانش‌آموز انعطاف در تدریس و تاکید بر اصل یادگیری محوری به جای نمره محوری می‌باشند. هم چنین خروجی مدل نشان می‌دهد به دلیل استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی، ارتباطات داخلی عوامل کارایی آموزش به خوبی در نظر گرفته شده و به همین دلیل راهکارهای افزایش انگیزش با واقعیت جامعه تناسب قابل قبولی دارد.

واژگان کلیدی: مدل، انگیزش، دانش‌آموز، معلم، کرونا، کارایی، آموزش، فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی

۱. مقدمه

امروزه آموزش[۲۶] جزء جدایی ناپذیری از اصول فرهنگی جوامع شده است؛ این اهمیت باعث گردیده که دولت ها از یک سمت و سازمان‌های خصوصی از سمت دیگر سرمایه گذاری قابل توجه ای برای ارتقاء سطح آموزش در جامعه انجام دهند. در مراجع مختلف، آموزش به معنی تحریک و راهنمایی برای یادگیری، هنر کمک کردن به یادگیری در دیگران و ...، آورده شده است [۱]. با این همه طیف وسیعی از مشکلات می‌توانند باعث اختلال در فرآیند آموزش گردند. در بسیاری از موارد این مشکلات اجتناب ناپذیر هستند اما در عین حال کنترل، هدایت و مدیریت آنها باعث ادامه یافتن فرآیند آموزش می‌گردد. یکی از این راهکارها استفاده از فرآیند آموزش مجازی[۲۷] می‌باشد. آموزش مجازی، یادگیری با استفاده از تکنولوژی های الکترونیکی برای دسترسی به برنامه درسی در خارج از یک کلاس سنتی است [۲]. شیوع بیماری کرونا[۲۸] یکی از عوامل اختلال در روند آموزش در کشورهای مختلف شناخته شده است. طبق اعلام یونسکو بیش از ۹۰ درصد دانش‌آموزان دنیا تحت تاثیر قرارگرفته و آموزش‌های رسمی آنها تعطیل شده است [۳]. این شرایط به گونه ای است که از جنگ جهانی دوم به این سمت، نظیر چنین حادثه ای رخ نداده است. تاثیر این بیماری در کشورهای مختلف، متفاوت است؛ به عنوان مثال در ایران آمار بازماندگان از تحصیل در دوران شیوع کرونا بیش از ۲۰ درصد افزایش یافته است [۴]. این آمار در کشورهای توسعه نیافته و محروم به مراتب بیشتر است. بررسی‌ها نشان می‌دهد، استفاده از آموزش مجازی باعث کاهش تعداد بازماندگان از تحصیل شده است، هرچند که این نوع آموزش نیز معایب خاص خود را دارد [۵]. برخی کشورها آموزش های مجازی را از گذشته به صورت جدی دنبال و بسترهای آن را فراهم کرده‌اند و در نتیجه آمادگی بیشتری برای چنین شرایطی دارند؛ اما در برخی دیگر، آموزش‌های مجازی به صورت جدی دنبال نشده و به همین دلیل معایب این نوع آموزش در این کشورها بیشتر احساس می‌گردد [۶]. در هنگام اختلال در فرآیند آموزش، نکته اصلی شناسایی علل اختلال و ارائه راهکارهای جایگزین برای ادامه فرآیند آموزش است. دقت به این موضوع و اجرایی کردن آن باعث افزایش انگیزش[۲۹] دانش‌آموز و معلم به عنوان دو عنصر اساسی فرآیند آموزش می‌گردد [۷].

به همین دلیل مدیران آموزشی خود را ملزم به شناسایی علل اختلال در فرآیند آموزش، ارائه راهکارهای جایگزین برای کاهش ضریب تاثیرپذیری آموزش از اختلال پیش آمده و افزایش سطح انگیزش اعضای سازمان آموزشی می دانند. این شناسایی به عنوان یک مسئله تصمیم گیری[۳۰] با توجه به حجم عوامل موثر بر اختلال در آموزش، فرآیندی پیچیده است [۸]. در این مطالعه، روشی برای شناسایی عوامل موثر بر افزایش انگیزش دانش‌آموز و معلم در دوران کرونا توسط یک مدل رایانه ای[۳۱] معرفی شده است. ابتدا مهم‌ترین عوامل افزایش انگیزش دانش‌آموز و معلم با تاکید بر فضای کرونایی جامعه و آموزش مجازی با استفاده از فرم های نظرسنجی و مصاحبه با تعدادی از دانش‌آموزان و معلمان شناسایی شده و در نهایت اولویت هرکدام از معیارها و گزینه‌های تصمیم با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی[۳۲] به دست آمده و در نهایت، مهم‌ترین معیارها و گزینه‌های تصمیم پیش رو معرفی شده است. بیشتر افراد میزان تاثیر معیارهای اختلال و اولویت گزینه‌های تصمیم را با عبارات کلامی[۳۳] مانند، زیاد، کم و ...، بیان می‌کنند. عبارات کلامی در ذات خود به دلیل ارزش ها و معیارهای فردی دارای ابهام هستند [۹]؛ این موضوع باعث می‌شود که فرآیند رتبه بندی در چنین شرایطی مبهم و تصمیمات اتخاذ شده متناقض بوده و یا با شرایط، منطبق نباشند؛ به همین دلیل در این پژوهش برای رتبه بندی معیارها و تصمیم های پیش رو از روشی تلفیقی مبتنی بر تصمیم گیری چند معیاره فازی[۳۴] استفاده می‌گردد. این نوع تصمیم گیری به دلیل استفاده از مفاهیم تئوری فازی[۳۵] روشی کارآمد جهت اولویت بندی گزینه‌های پیش رو و رتبه بندی بدون ابهام براساس شرایط است [۱۰].

---

2 Education
2 Virtual Training
2 Coronavirus
2 Motivation
3 Decision Making
3 Computer Model
3 Fuzzy Network Analysis Process
3 Verbal Expressions
3 Fuzzy Multi-Criteria Decision Making
3 Fuzzy Theory

6
7
8
9
0
1
2
3
4
5

۱،۱. پیشینه پژوهش

ویروس کرونا به عنوان پدیده ای که به سرعت در حال رشد بوده و به شکل مهار ناپذیری جهش می یابد، باعث وقوع بحران‌های مختلفی در جامعه جهانی شده است. این بحران‌ها در ظاهر جنبه پزشکی داشته و سلامت جامعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد اما در واقع این ویروس به شکل مرموزی جنبه‌های متعددی از زندگی بشر را مورد حمله قرار داده و باعث وقوع تغییرات مختلفی در شیوه زندگی افراد شده است. پژوهش‌های متعددی در مورد این تغییرات پس از شیوع کرونا انجام شده است؛ از این میان می‌توان به بررسی تاثیر پدیده کرونا بر تغییرات سبک زندگی[۳۶] و الگوی مصرف فرهنگی[۳۷] [۴] و شناسایی مهم‌ترین پیامدهای اجتماعی شیوع ویروس کرونا در ایران [۳] اشاره کرد.

یکی از مهم‌ترین این پیامدهای فرهنگی و اجتماعی تغییر در سبک آموزش است. شیوع کرونا باعث ایجاد محدودیت‌های بسیاری در مراکز آموزشی شده است. در چنین شرایطی، تغییر شیوه آموزش از حضوری به مجازی در بیشتر کشورها مورد توجه قرار گرفته است. چنین تغییری نیاز به نگاهی نو و فراتر از نگاه فعلی به آموزش حضوری و سنتی دارد.

شیوع ویروس کرونا باعث انجام پژوهش‌های متعددی در ایران در مورد چیستی و چرایی آموزش مجازی و چگونگی انجام آن شده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مرور انواع آموزش های مجازی و فواید آنها [۱۱]، بررسی نگرش معلمان مقطع ابتدایی شهر زاهدان دربارهٔ فرصت‌ها و چالش‌های ویروس کرونا برای آموزش مجازی در مدارس [۱۲] و عملکرد آموزش در فضای مجازی بر تعاملات یاددهی و یادگیری[۳۸] [۱۳] اشاره کرد. هم چنین از پژوهش‌های انجام شده در سایر کشورها می‌توان به بررسی وضعیت آموزش الکترونیکی در دوران همه گیری بیماری کرونا [۱۴]، تاثیر اپیدمی کوئید ۱۹ بر تقویت زیرساخت‌های آموزش الکترونیکی در دانشگاه‌های اتریش [۵]، شناسایی چالش‌های مهم و عوامل موثر بر استفاده از سیستم یادگیری الکترونیکی[۳۹] در طی بیماری کرونا [۲] و میزان اثربخشی اجرای آموزش الکترونیکی به عنوان یک استراتژی یادگیری از راه دور[۴۰] در طی بیماری کرونا [۱۵]، اشاره کرد. آموزش مجازی در دوران کرونا مانند هر پدیده نو ظهور دیگری باعث تغییر در نگرش معلمین و دانش‌آموزان شده است. در مطالعاتی، درک دانش‌آموزان یکی از مدارس متوسطه اول اندونزی در مورد آموزش الکترونیکی [۸] و دیدگاه معلمان ریاضی متوسطه در مورد موانع اجرای آموزش الکترونیکی در طی شیوع کرونا [۱۶]، بررسی شده است. این تغییرات باعث شده است که نیاز به بررسی نحوه آموزش و یادگیری کودکان با نیازهای ویژه،[۴۱] بیشتر از گذشته احساس شود. پژوهش‌گران متعددی نقش آموزش مجازی در ارتقاء کیفیت یادگیری در فراگیران دارای نیازهای ویژه در دوران شیوع کرونا و اثرات این نوع آموزش را بر کاهش اضطراب[۴۲] ناشی از درگیری با آن بیماری و افزایش انگیزه و پیشرفت تحصیلی تشریح نموده اند [۱۷]. امروزه ایجاد و ارتقاء سطح انگیزش در دانش‌آموزان و معلمین به عنوان عامل ایجاد حرکت و جهت دهنده به فعالیت‌های آنان بیش از پیش مورد توجه مسئولان و محققان سازمان‌های آموزشی قرار گرفته است. با وجود اهمیت این موضوع، پدیده‌هایی مانند شیوع بیماری های همه گیر باعث ایجاد مشکلات و چالش‌هایی در این امر می‌گردد. پژوهش‌های متعددی برای واکاوی این موضوع انجام شده است؛ از این میان می‌توان به بررسی نقش مولفه های آموزش و پرورش انسان گرایانه[۴۳] بر افزایش انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان مدارس ابتدایی شهر تهران [۱]، تاثیر یادگیری دیجیتال[۴۴] بر سطح انگیزش دانش‌آموزان در دوره همه گیری بیماری کرونا [۱۸] و شناسایی میزان

---

3 life Style
3 Cultural Consumption Pattern
3 Teaching and Learning Interactions
3 E-learning System
4 Distance Learning Strategy
4 Learning Children with Special Needs
4 Anxiety
4 Humanistic Education
4 Digital Learning

6
7
8
9
0
1
2
3
4

همبستگی و ارتباط مابین استراتژی های یاد دهی یک معلم زیست شناسی با سطح انگیزش دانش‌آموزان در دوره همه گیری بیماری کرونا [۱۹] اشاره کرد.

در مجموع آموزش مجازی را می‌توان به شیوه‌های همزمان[۴۵]غیر همزمان[۴۶]و ترکیبی[۴۷]اجرا کرد. توجه به چگونگی استفاده از این شیوه‌ها در زمان، مکان و شرایط مناسب باعث تداوم یادگیری بدون نیاز به حضور فیزیکی دانش‌آموزان، ورود فناوری‌های نوین به آموزش، آمادگی برای ارتقا آموزش نسل‌های آینده، اعطا فرصت تفکر مجدد به معلمان و بروز رسانی دانش آنها می‌گردد [۱۴]. مشخص است استفاده مناسب از آموزش مجازی در شرایط ویروس کرونا علاوه بر این مزایا سبب کمک به جامعه برای جلوگیری از سرایت ویروس می‌گردد. بدیهی است اگر آموزش مجازی در چهار چوب صحیح و به شکل دقیق اجرا نشود، تعاملات آموزشی یاددهی و یادگیری، کارایی[۴۸]لازم را نخواهد داشت و بهره‌وری[۴۹]آموزشی افت خواهد کرد [۲].

بررسی پژوهش‌های پیشین نشان دهنده اهمیت اولویت بندی معیارهای موثر بر کارایی آموزش مجازی در دوران شیوع ویروس کرونا می‌باشد. برای انجام این اولویت بندی روش‌های مختلفی وجود دارد. یکی از روش‌های مناسب، استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای[۵۰]است. بسیاری از پژوهش‌گران از روش تحلیل شبکه‌ای برای رتبه بندی اولویت های مسائل استفاده کرده‌اند؛ از این میان می‌توان به تحلیل پیامدهای همه گیری بیماری کرونا در عربستان سعودی [۷]، ارائه مدلی مبتنی بر معیارهای مردمان بومی اندونزی برای تعیین سطح خطر ویروس کرونا [۶]، کنترل کیفیت مبلمان شهری در چین [۲۰] و ارائه مدلی برای انتخاب فرآیند بهینه به هنگام اختلال در برنامه پروازی [۲۱]، اشاره کرد.

با وجود این که اساس فرآیند تحلیل شبکه‌ای بر اساس مقایسات زوجی[۵۱]و قضاوت‌های ذهنی[۵۲]تصمیم گیرندگان است، قادر به در نظر گرفتن عدم قطعیت در متغیرهای زبانی و قضاوت‌های ذهنی افراد نیست؛ به همین دلیل، تصمیم‌گیری و رتبه بندی پارامترها در شرایط عدم اطمینان در بسیاری از موارد با پیچیدگی ها و دشواری هایی مواجه است؛ برای حل این مشکل می‌توان از تئوری فازی به دلیل توانایی تقابل با عدم اطمینان استفاده کرد [۹]. چنین روشی با نام فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی شناخته می‌شود. بسیاری از پژوهش‌گران برای رتبه بندی پارامترهای مسئله از این روش استفاده کرده‌اند. از این میان می‌توان به ارائه یک چارچوب تصمیم گیری ترکیبی مبتنی بر دیدگاه فازی برای بررسی عوامل خطر ایمنی کارکنان مراقبت‌های بهداشتی در طی شیوع ویروس کرونا [۲۲]، ارزیابی میزان انتشار خطر در زنجیره تأمین بهداشت و درمان [۲۳]، معرفی یک رویکرد تصمیم گیری چند معیاره یکپارچه برای ارزیابی و انتخاب وب سایت یادگیری الکترونیکی [۲۴]، مدل سازی انتخاب فرآیند مناسب در هنگام اختلال در برنامه پروازی شرکت‌های هواپیمایی [۲۵] و خبره سازی این نوع از تصمیم گیری [۲۶]، اشاره کرد.

۲,۱. مبانی فازی

ریاضیات[۵۳]یکی از علومی است که برای توسعه فناوری‌های مختلف در جهت پیشبرد اهداف و خواسته‌های بشر به کار گرفته شده است. اساس ریاضیات بر پایه ی دقت[۵۴]استوار است. با توجه به این که روش‌های مبتنی بر ریاضیات دقیق و صریح هستند، انسان سعی دارد که تا حد امکان مسائل خود را با روش‌های ریاضی حل نماید؛ با این همه در بسیاری از مسائل، عوامل و متغیرهای مسئله به صورت مبهم و غیر صریح بیان می‌شوند.

4 Synchronous
4 Asynchronous
4 Hybrid
4 Performance
4 Efficiency
5 ANP
5 Paired Comparisons
5 Mental Judgments
5 Mathematics
5 Accuracy
5
6
7
8
9
0
1
2
3
4

این ابهام مانع صراحت مدل پیشنهادی برای حل مسئله می‌گردد [۲۷]. اشکال عمده در حل چنین مسائلی را می‌توان، ضعف منطق کلاسیک صفر و یک یا بولی[۵۵]در درک متغیرهای زبان طبیعی به دلیل ابهام این زبان دانست. در سال ۱۹۶۵، پرفسور لطفی زاده[۵۶] مجموعه‌های فازی را به جامعه علوم معرفی نمود. وی بیان داشت، ضعف در بیان و مدل‌سازی مسائل دنیای واقعی از وابسته بودن مدل‌های ریاضی به منطق دودویی بوده و به همین علت، تئوری فازی را برای برطرف کردن این نقیصه و شبیه‌سازی رفتار انسان و عمق بخشیدن به توانایی درک استنتاج‌های انسانی[۵۷]و توسعه علم، معرفی کرد [۲۸]. پرفسور لطفی زاده معتقد بود، با پیچیده‌تر شدن یک سیستم نیاز به توصیف دقیق آن اهمیت کمتری می‌یابد. منطق فازی به کمک عدم دقت از این تفکر به اندازه کافی خوب بهره برده و برخلاف منطق بولی باعث ایجاد یک فضای پیوسته می‌گردد [۲۹].

۳،۱. مبانی فرآیند تحلیل شبکه‌ای

توماس ساعتی[۵۸]در سال ۱۹۹۶، روشی را برای تصمیم گیری چند معیاره با عنوان فرآیند تحلیل شبکه‌ای معرفی کرد. این فرآیند یک قالب کلی را ایجاد می‌کند که در آن به وابستگی بین عناصر بالاتر به پایین و وابستگی عناصر بین خودشان تاکید می‌کند. این مدل برای حل مشکل عدم لحاظ نمودن ارتباطات بین عناصر و معیارها در مدل سلسله مراتبی به وجود آمده و اساس آن شکل دهی یک شبکه‌ای از ارتباطات، وابستگی‌ها و پیوندها، بین عناصر و خوشه‌ها است [۳۰].

چهار گام اصلی این فرآیند شامل، ساختن و سازماندهی مدل، ساخت ماتریس‌های مقایسه و بردارهای اولویت، تشکیل ابرماتریس یا ماتریس تصمیم و محاسبه بردار وزن نهایی می‌باشند [۲۱]. علیرغم مزایایی که روش تحلیل شبکه‌ای برای اولویت بندی معیارها و تصمیم های مسائل بر اساس مقایسات زوجی و قضاوت‌های ذهنی تصمیم گیرندگان دارد، قادر به در نظر گرفتن عدم قطعیت در متغیرهای زبانی و قضاوت‌های ذهنی آنها نیست. مجموعه‌های فازی به دلیل توانایی تقابل با عدم اطمینان یکی از مناسب‌ترین راهکارهای تصمیم‌گیری در چنین شرایطی است [۲۶].

۲. روش پژوهش

در پژوهش حاضر از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی که خود از تغییراتی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی[۵۹]به دست آمده، استفاده شده است. نظر به روش‌های جمع آوری داده‌های موجود، در این پژوهش برای شناسایی عوامل موثر بر کارایی فرآیند آموزش و افزایش سطح انگیزش از یک پرسش‌نامه باز (الف) و برای تعیین میزان وزن تاثیر این عوامل بر یک دیگر از مجموعه ای از پرسش‌نامه مقایسه زوجی (ب) استفاده شده است. در مورد هر پرسش‌نامه‌ای باید دو گزینه روایی و پایایی[۶۰]را سنجید. منظور از روایی پرسش‌نامه این است که آیا ابزار اندازه‌گیری مورد نظر می‌تواند ویژگی و خصوصیتی که ابزار برای آن طراحی شده است را اندازه‌گیری کند یا خیر [۳۱]؟ برای اطمینان از روایی پرسش‌نامه از دانش خبرگان سازمان‌های آموزشی، معلمین، دانش‌آموزان و مطالعه منابع معتبر پیشین، استفاده می‌گردد. هم چنین پایایی پرسش‌نامه معین می‌کند که ابزار اندازه‌گیری تا چه حد در شرایط یکسان، نتایج یکسان تولید می‌کند [۳۲]. ماهیت این پژوهش و پرسش‌نامه مقایسات زوجی به شکلی است که استفاده از روش‌هایی مانند آلفای کرونباخ[۶۱]برای تعیین و اندازه‌گیری پایایی پرسش‌نامه ممکن نیست. در بیشتر پژوهش‌های این چنینی صحبتی از پایایی پرسش‌نامه نشده است. دلیل این امر این است که چنین پژوهشی به دلیل ماهیت و هم چنین استفاده از روش‌ها و نرم‌افزارهای از پیش تائید شده، در تکرارهای متعدد با داده‌های یکسان، نتایج یکسان تولید خواهد کرد. با این همه نظر به این که ماهیت پرسش‌نامه‌های مقایسات زوجی

5 Boolean Logic
5 Professor Lotfizadeh (Prof-Zade)
5 Human Inferences
5 Thomas Saati
5 Fuzzy Hierarchical Analysis Process
6 Reliability and Validity
6 Cronbach's Alpha Method

از قوانین ماتریس‌ها پیروی می‌کند، می‌توان استدلال کرد، در صورتی که میزان ضریب و یا نرخ ناسازگاری[2]هریک از ماتریس‌های حاصل از پرسش‌نامه‌ها از ۰,۱ کمتر باشد، پایایی پرسش‌نامه‌ها در حد قابل قبول قرار دارد [۳۳]. هنگامی که از اعداد قطعی در ارزیابی استفاده می‌شود، تکنیک‌های زیادی جهت به دست آوردن وزن گزینه‌ها از ماتریس مقایسات زوجی وجود دارد. اما هنگامی که از اعداد فازی در ارزیابی استفاده می‌شود، باید از روش‌های مبتنی بر منطق فازی استفاده نمود. در جدول (یک) به برخی از این روش‌ها اشاره شده است.

جدول ۱، انواع تکنیک‌های ارائه شده جهت فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی [۲۶]

توضیحات	ارائه دهنده / ارائه - دهندگان
استفاده از اعداد مثلثی فازی و روش حداقل مجذورات لگاریتمی	Laarhoven & Pedrycz (1983)
تعیین ترجیحات فازی با توابع عضویت ذوزنقه‌ای	Buckley (1985)
استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی در تعیین یا تخمین نسبت ترجیحات	Stam et al. (1996)
استفاده از اعداد فازی مثلثی برای مقایسات زوجی بی‌مقیاس و استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای[3]برای مقادیر توسعه مصنوعی[4] محاسبات زوجی	Da-Yong Chang (1996)
ارائه الگوریتم جدید برای ارزیابی سیستم موشک‌های جنگی ناوهای دریایی با تحلیل سلسله مراتبی و مبتنی بر مقدار تعلق تابع عضویت	Cheng (1997)
تحصیل وزن ها از روش AHP و انجام ارزیابی موزون فازی	Kahraman et al. (1998)
مطالعه و بحث در مورد روش تحلیل توسعه‌ای و کاربردهای FAHP	Zhu et al. (1999)
ارائه مدل ترکیبی به نام AHP-GP برای سیستم‌های کنترل کیفیت	Badri (2001)
ارائه روش اندازه‌گیری شبه-گشتالت از طریق ترکیب نمودن قوانین گروه‌بندی گشتالت و آنتروپی فازی	Hsiao & Chou (2006)

در پژوهش حاضر جهت تعیین وزن معیارها از روش تحلیل توسعه‌ای چانگ[5]استفاده شده است. کلیات این روش به شرح زیر است:

اگر $X=\{x_1,x_2,...,x_n\}$ مجموعه شاخص‌ها و $U=\{u_1,u_2,...,u_m\}$ مجموعه اهداف باشند، بر اساس روش تحلیل توسعه‌ای چانگ، برای هر شاخص، تحلیل توسعه‌ای برای تمامی اهداف ، g_i، انجام می‌گیرد. بنابراین m مقدار برای تحلیل توسعه‌ای برای هر شاخص به دست می‌آید که به این صورت نشان داده می‌شوند؛ $M_{gi}^1,M_{gi}^2,...,M_{gi}^m$ که $i=1,2,...,n$ و همگی اعداد فازی مثلثی هستند. روش تحلیل توسعه‌ای چانگ را می‌توان در قالب چهار گام زیر تشریح نمود:

2 Incompatibility Rate
3 Extent Analysis Method
4 Synthetic Extent Values
5 Extended Analysis

- گام اول: محاسبه مقدار توسعه مصنوعی فازی (S_i) با توجه به i امین هدف برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی از طریق رابطه ی زیر:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1}$$

برای محاسبه $\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ ، عملیات جمع اعداد فازی برای m مقدار تحلیل توسعه‌ای برای ماتریس مربوطه طبق رابطه زیر انجام می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_i , \sum_{j=1}^{m} m_i , \sum_{j=1}^{m} u_i \right)$$

جهت محاسبه $\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1}$، عملیات جمع اعداد فازی برای $M_{gi}^{j} (j = 1, 2, ..., m)$ بر اساس رابطه زیر صورت می‌گیرد:

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i , \sum_{i=1}^{n} m_i , \sum_{i=1}^{n} u_i \right)$$

سپس معکوس بردار حاصل از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i} , \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i} , \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right)$$

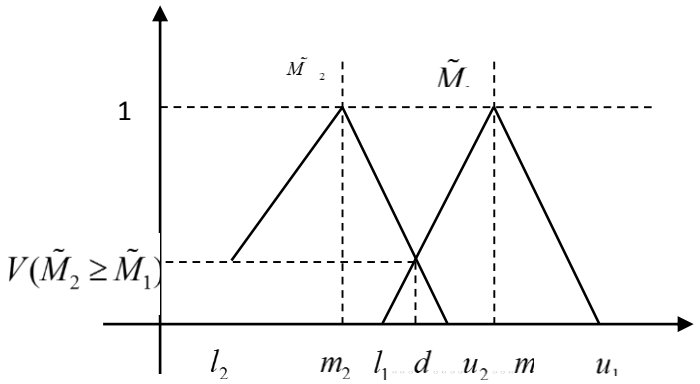
- گام دوم: پس از محاسبه S_iها بایستی درجه بزرگی یا درجه ی امکان آنها را نسبت به هم به دست آورد. اگر $\tilde{M}_1$ و $\tilde{M}_2$ دو عدد فازی مثلثی باشند به گونه‌ای که $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ ، درجه بزرگی $\tilde{M}_2$ بر $\tilde{M}_1$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = Sup\left[\min(\mu_{M1}(x), \mu_{M2}(y)) \right]$$

که این رابطه را می‌توان به صورت رابطه زیر نوشت:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = hgt(\tilde{M}_1 \cap \tilde{M}_2) = \mu_{M2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0 & l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & otherwise \end{cases}$$

در این رابطه، مطابق (شکل یک)، d ارتفاع بلندترین نقطه تقاطع بین μ_{M_1} و μ_{M_2} می‌باشد.



تصویر ۱- نمایش نقطه d ارتفاع بلندترین نقطه تقاطع بین μ_{M_1} و μ_{M_2} [۳۴]

- گام سوم: میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی محدب نسبت به k عدد فازی مثلثی محدب دیگر از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1, \tilde{M}_2, ..., \tilde{M}_k) = V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1) \; and \; V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_2) \; and ... and \; V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_k)$$
$$= \min\left[V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_i)\right] \quad , i = 1, 2, ..., k$$

برای محاسبه وزن معیارها در ماتریس مقایسات زوجی به صورت زیر عمل می‌نماییم:

$$d'(A_i) = \min\left[V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_k)\right] \qquad k = 1, 2, ..., n \;\; , k \neq i$$

بنابراین بردار وزن معیارها به صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), ..., d'(A_n))^T$$

- گام چهارم: از طریق نرمال‌سازی، بردار وزن نرمال شده طبق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$W = (d(A_1), d(A_2), ..., d(A_n))^T$$

در این رابطه، بردار W شامل اعداد غیر فازی خواهد بود [۲۶] و [۳۴].

۳. تجزیه و تحلیل

در این بخش ابتدا معیارهای موثر بر کارایی فرآیند آموزش و افزایش سطح انگیزش به انضمام زیر معیارها، با کمک مطالعات کتاب‌خانه‌ای، نظرات خبرگان آموزش، معلمین و دانش‌آموزان و با استفاده از پرسش‌نامه (الف) به دست آمده است. سپس معیارهای به دست آمده از مرحله قبل با استفاده از پرسش‌نامه‌های مقایسات زوجی (ب) و با کمک فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در نهایت مهم‌ترین معیارهای موثر بر کارایی فرآیند آموزش جهت افزایش سطح انگیزش پیشنهاد شده است.

۱،۳. طراحی مدل

با کمک اطلاعات به دست آمده از پرسش‌نامه شماره یک، مهم‌ترین معیارهای موثر بر کارایی فرآیند آموزش و افزایش سطح انگیزش در نرم‌افزار سوپردسیشن[۶۶] مدل سازی شده است (شکل دو).

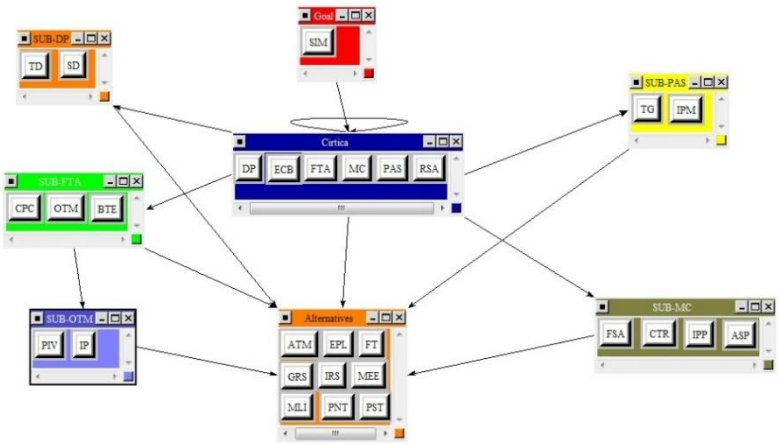
طبق اطلاعات به دست آمده از خبرگان آموزش و فرم نظرسنجی (الف)، این مسئله رتبه بندی به دلیل وجود ارتباطات داخلی شامل، تاثیر معیارهای:

- آشنایی معلم با هنر معلمی و آموزش، توجه به اصول معنوی و ارتباط متقابل معلم، دانش‌آموز و اولیاء بر معیار نظم و وقت شناسی

- توجه به اصول معنوی و سهم آموزش از بودجه کشور بر معیار آشنایی معلم با هنر معلمی و آموزش

- آشنایی معلم با هنر معلمی و آموزش، توجه به اصول معنوی و ضریب دسترسی دانش‌آموزان به امکانات مجازی بر معیار ارتباط متقابل معلم، دانش‌آموز و اولیاء،

از حالت سلسله مراتبی به شبکه‌ای تبدیل می‌شود.



تصویر ۲، مدل طراحی شده در نرم‌افزار سوپردسیشن [یافته‌های مطالعه]

معیارهای موثر بر کارایی فرآیند آموزش به انضمام توضیحات در جدول (دو) و راهکارهای افزایش سطح انگیزش به انضمام توضیحات در جدول (سه) آورده شده است.

[6] Superdecision

[6]

جدول ۲، معیارهای موثر بر کارایی فرآیند آموزش [فرضیات مطالعه]

پارامترهای کارآمدی آموزش	عبارت اختصاری	پارامترهای کارآمدی آموزش	عبارت اختصاری
نظم و وقت شناسی	DP	توجه به اصول معنوی	PAS
نظم معلم در برگزاری کلاس	TD	توکل و اعتقاد به حضور خداوند در تمام جنبه‌های تدریس	TG
نظم دانش‌آموز برای حضور در کلاس	SD	بالا بردن روحیه صبر و شکیبایی	IPM
آشنایی معلم با هنر معلمی و آموزش	FTA	ضریب دسترسی دانش‌آموزان به امکانات آموزش مجازی	RSA
برنامه ریزی مدون بر اساس شرایط	CPC	ارتباط متقابل معلم، دانش‌آموز و اولیاء	MC
استفاده از روش‌های متنوع تدریس	OTM	دادن بازخورد به تکالیف دانش‌آموزان توسط معلم	FSA
استفاده از تصاویر و فیلم آموزشی کوتاه در تدریس	PIV	توجه معلم به شرایط زندگی و تفاوتهای فردی دانش‌آموزان	CTR
استفاده از اپلیکیشن‌های آموزشی	IP	مشارکت غیرمستقیم اولیاء در فرآیند آموزش	IPP
استفاده از تجربیات برتر تدریس	BTE	مشارکت فعال دانش‌آموز در کلاس درس	ASP
سهم آموزش از بودجه کشور	ECB		

جدول ۳، راهکارهای افزایش سطح انگیزش در معلم و دانش‌آموز [یافته‌های مطالعه]

راهکارهای افزایش سطح انگیزش	عبارت اختصاری	راهکارهای افزایش سطح انگیزش	عبارت اختصاری
انعطاف در تدریس	FT	تامین و آماده سازی امکانات مورد نیاز برای تدریس	PNT
تقدیر از دانش‌آموزان و معلمان فعال	PST	توجه به نیازهای مادی و معنوی معلم و دانش‌آموز	ATM
تعاملی نمودن فرآیند آموزش	MLI	زیبا و مناسب سازی محیط و فضای آموزشی	MEE
افزایش ضریب دسترسی دانش‌آموزان به امکانات آموزش مجازی	IRS	تاکید بر اصل یادگیری محوری به جای نمره محوری	EPL
محول کردن مسئولیت به دانش‌آموزان در محیط کلاس	GRS		

۲،۳. به کارگیری فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی

فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی معرفی شده، با ترکیب نگرش فازی با فرآیند تحلیل شبکه‌ای شامل گام‌های زیر است:

گام اول: تعیین عوامل و ملاک‌هایی که در رتبه بندی نهایی موثر هستند.

گام دوم: تجزیه مسئله به شبکه‌ای که در سطح بالای آن افزایش انگیزش به عنوان هدف اصلی و در سطح زیرین آن معیارهای اصلی و در زیر هر معیار اصلی، زیرمعیارها قرار می‌گیرند.

گام سوم: طراحی پرسش‌نامه مقایسات زوجی بر اساس شبکه ساخته شده و تکمیل آن بر اساس مقیاس نه گانه ساعتی توسط خبرگان.

گام چهارم: تبدیل مقادیر به دست آمده از پرسش‌نامه‌ها به اعداد فازی مثلثی و اجرای مدل.

۱،۲،۳. تدوین پرسش‌نامه مقایسات زوجی بین معیارها

برای انجام این بخش از هریک از خبرگان خواسته شد که براساس مقیاس ساعتی (جدول چهار) و طبق جداول پرسش‌نامه‌های (ب)، هریک از موارد زیر را با متغیرهای کلامی بیان کنند:

- میزان تاثیر هر معیار بر هدف که باعث مشخص شدن وزن هریک از معیارها برای رسیدن به هدف می‌شود.
- میزان تاثیر هر زیرمعیار بر معیار مربوطه که باعث مشخص شدن وزن هریک از زیرمعیارها بر معیار مربوطه می‌شود.
- مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیارها که باعث مشخص شدن تاثیر و درجه اهمیت هر معیار بر گزینه‌ها می‌شود.

جدول ۴، مقیاس ساعتی برای متغیرهای کلامی [۳۵]

ترجیح یکسان	بینابین	کمی مرجح	بینابین	بهتر	بینابین	خیلی بهتر	بینابین	کاملا بهتر
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
ترجیح یکسان	بینابین	کمی بدتر	بینابین	بدتر	بینابین	خیلی بدتر	بینابین	کاملا بدتر
۱	۰,۵	۰,۳۳۳	۰,۲۵	۰,۲	۰,۱۶۷	۰,۱۴۳	۰,۱۲۵	۰,۱۱۱

به عنوان مثال ماتریس نظر یکی از خبرگان در مورد میزان تاثیر هریک از معیارها بر هدف در جدول (پنج) آورده شده است.

جدول ۵، تاثیر هریک از معیارها بر هدف از نظر یکی از خبرگان [یافته‌های مطالعه]

G	DP	FTA	PAS	RSA	MC	ECB
DP	۱	۵	۵	۶	۶	۷
FTA	۰,۲	۱	۶	۷	۸	۶
PAS	۰,۲	۰,۱۶۷	۱	۶	۷	۸
RSA	۰,۱۶۷	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۱	۷	۸
MC	۰,۱۶۷	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۴۳	۱	۶
ECB	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۶۷	۱

در این ماتریس به دلیل اینکه ارجحیت هر معیار نسبت به خودش یکسان است، درایه‌های روی قطر اصلی یک هستند و از طرفی با توجه به اینکه اگر ارجحیت معیار (الف) نسبت به معیار (ب) عددی مانند a باشد بدیهی است که ارجحیت معیار (ب) نسبت به معیار (الف) را می‌توان مقدار 1/a در نظر گرفت؛ لذا برای تکمیل ماتریس مقایسات کافیست درایه‌های بالای قطر اصلی توسط خبرگان تکمیل گردد و پس از آن درایه‌های روی قطر اصلی عدد یک و درایه‌های زیر قطر اصلی معکوس درایه‌های بالای قطر اصلی در نظر گرفته شود.

۲،۲،۳. فازی سازی نظرات خبرگان

در این بخش اعداد به دست آمده از فرم های مقایسات زوجی با استفاده از اعداد فازی مثلثی، طبق جدول (شش) به فرم فازی تبدیل شده‌اند. هم چنین، هر اهمیتی، حالت عکسی هم دارد، جدول (هفت) نشان دهنده اعداد معکوس قطعی و معادل فازی آنها است.

جدول ۶، ترجیحات مقایسات زبانی [۲۹]

انواع ترجیحات (متغیرهای زبانی)	معادل عددی کریسپ	معادل عدد فازی مثلثی
کاملاً مرجّح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر	۹	(۹،۹،۹)
خیلی مرجّح یا خیلی مهم‌تر یا خیلی مطلوب‌تر	۷	(۶،۷،۸)
مرجّح یا مهم‌تر یا مطلوب‌تر	۵	(۴،۵،۶)
ترجیح متوسط یا به طور متوسط مهم‌تر یا به طور متوسط مطلوب‌تر	۳	(۴،۳،۲)
ترجیح یکسان یا اهمیت یکسان یا مطلوبیت یکسان	۱	(۱،۱،۱)
ترجیحات بین فواصل فوق	۲ و ۴ و ۶ و ۸	(۳،۲،۱) (۵،۴،۳) (۷،۶،۵) (۹،۸،۷)

جدول ۷، حالت عکس ترجیحات مقایسات زبانی [۲۷]

عدد قطعی	معادل عدد فازی مثلثی	عدد قطعی	معادل عدد فازی مثلثی
۰,۵	(۱,۰۰۰،۰,۵۰۰،۰,۳۳۳)	۰,۱۶۷	(۰,۲۰۰،۰,۱۶۷،۰,۱۴۳)
۰,۳۳۳	(۰,۵۰۰،۰,۳۳۳،۰,۲۵۰)	۰,۱۴۳	(۰,۱۶۷،۰,۱۴۳،۰,۱۲۵)
۰,۲۵	(۰,۳۳۳،۰,۲۵۰،۰,۲۰۰)	۰,۱۲۵	(۰,۱۴۳،۰,۱۲۵،۰,۱۱۱)
۰,۲	(۰,۲۵۰،۰,۲۰۰،۰,۱۶۷)	۰,۱۱۱	(۰,۱۱۱،۰,۱۱۱،۰,۱۱۱)

بعد از کسب نظرات افراد با کمک پرسش‌نامه‌های مقایسات زوجی، اعداد فازی طبق جداول (شش و هفت)، جایگزین نظرات افراد که طبق طیف ساعتی تنظیم شده‌اند، می‌گردد. با این کار پرسش‌نامه مقایسات زوجی هر یک از خبرگان به فرم فازی تبدیل می‌گردد. به عنوان مثال ماتریس فازی نظر یکی از خبرگان در جدول (هشت) آورده شده است.

جدول ۸، مقایسات زوجی تاثیر معیارها بر هدف به روش فازی (نظر یکی از خبرگان) [یافته‌های مطالعه]

G	DP			FTA			PAS			RSA			MC			ECB		
DP	۱	۱	۱	۴	۵	۶	۴	۵	۶	۵	۶	۷	۵	۶	۷	۶	۷	۸
FTA	۰,۱۶۷	۰,۲	۰,۲۵	۱	۱	۱	۵	۶	۷	۶	۷	۸	۷	۸	۹	۵	۶	۷
PAS	۰,۱۶۷	۰,۲	۰,۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۲	۱	۱	۱	۵	۶	۷	۶	۷	۸	۷	۸	۹
RSA	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۲	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۲	۱	۱	۱	۶	۷	۸	۷	۸	۹
MC	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۲	۰,۱۱۱	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۱	۱	۱	۵	۶	۷
ECB	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۲	۰,۱۱۱	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۱۱	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۲	۱	۱	۱

۳,۲,۳. ترکیب نظرات خبرگان

در ادامه لازم است نظرات خبرگان با هم ترکیب و یکپارچه سازی گردد. در این پژوهش از روش میانگین هندسی[۶۷]برای ترکیب نظر خبرگان استفاده شده است. به عنوان مثال برای جدول مقایسات زوجی تاثیر معیارها بر هدف، ماتریس مقایسات زوجی نهایی فازی شده در جدول (نه) آورده شده است.

[6] Geometric Mean

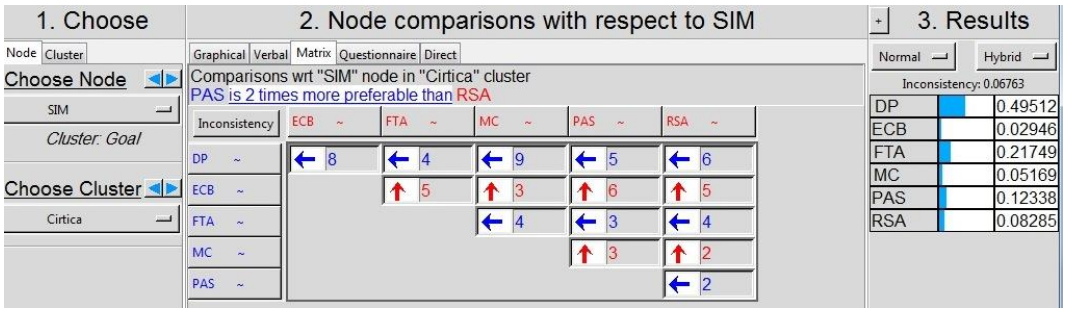
[7]

جدول ۹ ، مقایسات زوجی تاثیر معیارها بر هدف به روش فازی (نظر کلی خبرگان) [یافته‌های مطالعه]

G	DP			FTA			PAS			RSA			MC			ECB		
DP	۱	۱	۱	۳,۴۶۴	۴,۴۷۲	۵,۴۷۷	۴	۵	۶	۵,۹۱۶	۶,۹۲۸	۷,۹۳۷	۵	۶	۷	۲,۴۴۹	۳,۷۴۲	۴,۸۹۹
FTA	۰,۱۸۳	۰,۲۲۴	۰,۲۸۹	۱	۱	۱	۲,۲۳۶	۳,۴۶۴	۴,۵۸۳	۶	۷	۸	۷	۸	۹	۳,۸۷۳	۴,۸۹۹	۵,۹۱۶
PAS	۰,۱۶۷	۰,۲	۰,۲۵	۰,۲۱۸	۰,۲۸۹	۰,۴۴۷	۱	۱	۱	۳,۱۶۲	۴,۲۴۳	۵,۲۹۲	۶	۷	۸	۳,۷۴۲	۴,۸۹۹	۶
RSA	۰,۱۲۶	۰,۱۴۴	۰,۱۶۹	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۲	۱	۱	۱	۶	۷	۸	۳,۷۴۲	۴,۸۹۹	۶
MC	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۲	۰,۱۱۱	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۱۸	۰,۱۳۴	۰,۱۵۵	۰,۱۱۸	۰,۱۳۴	۰,۱۵۵	۱	۱	۱	۵,۹۱۶	۶,۹۲۸	۷,۹۳۷
ECB	۰,۲۰۴	۰,۲۶۷	۰,۴۰۹	۰,۱۶۹	۰,۲۰۴	۰,۲۵۸	۰,۱۶۷	۰,۲۰۴	۰,۲۶۷	۰,۱۶۷	۰,۲۰۴	۰,۲۶۷	۰,۱۲۶	۰,۱۴۴	۰,۱۶۹	۱	۱	۱

۴,۲,۳. اطمینان از سازگاری نظرات خبرگان

بعد از تشکیل ماتریس نهایی مقایسات زوجی فازی باید از میزان سازگاری نظرات افراد مطلع شد. یکی از روش‌های کارآمد برای تشخیص میزان سازگاری نظرات، بررسی میزان سازگاری ماتریس اعداد میانی حاصل از ماتریس مقایسات زوجی است. به عبارتی اگر شاخص ناسازگاری ماتریس اعداد میانی کمتر از ۰,۱ باشد، ماتریس اصلی نیز سازگاری لازم را خواهد داشت. با توجه به تعدد ماتریس‌های مقایسه‌ای در این پژوهش، فرآیند اطمینان از سازگاری تمامی نظرات زمان بر می‌باشد، به همین دلیل در ادامه برای اطمینان از سازگاری نظرات خبرگان از امکانات نرم‌افزار سوپردسیشن استفاده شده است. شکل (سه) بررسی نظرات یکی از خبرگان در مورد معیارهای موثر بر کارایی فرآیند آموزش است که در آن درجه ی هریک از معیارها به همراه سازگاری نظرات آورده شده است. بر این اساس سازگاری نظرات به صورت تقریبی ۰,۰۶۷ است؛ نظر به اینکه این مقدار کمتر از ۰,۱ می‌باشد، سازگاری نظرات قابل قبول بوده و می‌توان به مرحله ی بعد رفت.



تصویر ۳، مقایسات زوجی در نرم‌افزار سوپردسیشن [یافته‌های مطالعه]

با استفاده از این روش، سازگاری نظرات به دست آمده از تمام فرم های نظرسنجی بررسی شده است. نظر به اینکه نرخ ناسازگاری کلیه ی ماتریس‌های مقایسات زوجی و هم چنین سلسله مراتب کمتر از ۰,۱ می‌باشد، نیازی به بررسی مجدد و تغییر بر روی مقایسات وجود ندارد. با توجه این موضوع می‌توان گام‌های بعدی را براساس روش آنالیز توسعه‌ای چانگ برای ابهام زدایی از نظرات خبرگان و تعیین وزن معیارها برداشت.

۵,۲,۳. به کارگیری روش توسعه‌ای چانگ

روش توسعه‌ای چانگ یکی از روش‌های ارائه شده برای به دست آوردن وزن معیارهای مسائل تصمیم گیری با روش تحلیل سلسله مراتبی / شبکه‌ای فازی است. به این منظور برای هریک از ماتریس‌های مقایسات زوجی مراحل زیر طی شده است:

- جمع سلول های متناظر برای هریک از جداول (ماتریس‌ها)

- جمع سلول های هر ستون

- معکوس سازی سلول های پاسخ

- ضرب حاصل معکوس هر سلول در ماتریس مجموع سطرها

- به دست آوردن میزان ارجحیت هریک از اعداد فازی به دست آمده نسبت به دیگر اعداد

- کمینه گیری از مقادیر ارجحیت به دست آمده برای هر معیار و نرمال سازی آن [۳۴] و [۳۵].

با توجه به زمان‌بر بودن انجام این مراحل برای تمامی ماتریس‌های مقایسات زوجی، از پیاده‌سازی این روش در نرم‌افزار متلب[6] استفاده شده است. وضعیت نهایی معیارهای کارایی در آموزش و تاثیر آنها بر هریک از راهکارهای افزایش انگیزش معلم و دانش‌آموز با استفاده از روش آنالیز توسعه‌ای چانگ و فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی در جدول (ده) آورده شده است.

جدول ۱۰، جمع بندی مقایسات زوجی تاثیر هریک از معیارها بر گزینه‌های تصمیم [یافته‌های مطالعه]

اولویت معیارها	۰,۱۷۸۶	۰,۳۲۹۸	۰,۲۵۰۸	۰,۱۰۰۷	۰,۰۷۲	۰,۰۶۸
نام معیارها	DP	FTA	PAS	RSA	MC	ECB
راهکارها						
FT	۰,۱۶۵۳	۰,۱۴۷	۰,۱۵۴۵	۰,۲۷۵۲	۰,۱۳۳۵	۰
PST	۰,۳۹۳۲	۰	۰	۰	۰,۰۶۷۹	۰
MLI	۰,۲۱۱۶	۰,۱۹۳۹	۰	۰,۲۸۷۱	۰,۱۰۰۲	۰
IRS	۰	۰,۱۱۷۱	۰,۱۹۴۲	۰	۰	۰,۴۰۶۳
PNT	۰	۰,۱۳۸۲	۰,۱۰۹۹	۰	۰,۰۳۳۹	۰,۳۴۶۵
ATM	۰	۰,۱۰۳	۰,۲۸۵۶	۰	۰,۲۹۷۳	۰,۲۴۷۲
MEE	۰,۱۳۷۵	۰	۰	۰	۰	۰
EPL	۰,۰۹۲۴	۰,۱۴۲۶	۰,۲۵۵۸	۰,۴۳۷۷	۰,۲۷۹۹	۰
GRS	۰	۰,۱۵۸۳	۰	۰	۰,۰۸۷۳	۰

[6] MATLAB [8]

در نهایت میزان تاثیر هریک از معیارهای کارایی در آموزش و درجه اولویت هریک از راهکارهای افزایش انگیزش معلم و دانش‌آموز در جداول (یازده و دوازده) آورده شده است.

جدول ۱۱، جمع بندی مقایسات زوجی تاثیر هریک از معیارها بر گزینه‌های تصمیم [یافته‌های مطالعه]

نام معیارها		DP	FTA	PAS	RSA	MC	ECB
نام روش							
ANP	وزن	۰,۴۲۲۱	۰,۲۸۸۶	۰,۰۵۵۴	۰,۰۴۷۲	۰,۱۵۵۸	۰,۰۳۰۸
	رتبه	۱	۲	۴	۵	۳	۶
FANP	وزن	۰,۱۷۸۶	۰,۳۲۹۸	۰,۲۵۰۸	۰,۱۰۰۷	۰,۰۷۲	۰,۰۶۸
	رتبه	۳	۱	۲	۴	۵	۶

جدول ۱۲، جمع بندی تاثیر هریک از معیارها بر گزینه‌های تصمیم [یافته‌های مطالعه]

عنوان راهکار		FT	PST	MLI	IRS	PNT	ATM	MEE	EPL	GRS
نام روش										
ANP	وزن	۰,۱۴۰۳	۰,۰۷۳۴	۰,۰۸۹۲	۰,۱۱۵۲	۰,۱۰۴۲	۰,۱۵۸۱	۰,۰۷۴۶	۰,۱۵۱۶	۰,۰۹۳۲
	رتبه	۳	۹	۷	۴	۵	۱	۸	۲	۶
FANP	وزن	۰,۲۲۲۷	۰,۰۷۵۱	۰,۱۳۷۹	۰,۱۱۵۲	۰,۰۹۹۳	۰,۱۴۳۹	۰,۰۲۴۶	۰,۱۹۱۹	۰,۰۵۸۵
	رتبه	۱	۷	۴	۵	۶	۳	۹	۲	۸

۴. بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این پژوهش یک مدل مبتنی بر عوامل موثر بر کارایی فرآیند آموزش برای افزایش انگیزش معلم و دانش‌آموز در دوران همه گیری کرونا با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی پیشنهاد شد. در بخش‌های قبلی، پیشینه پژوهش، مفاهیم اصلی شامل، آموزش و معیارهای موثر بر کارآمدی آن، بایدها و نبایدهای آموزش مجازی و راهکارهای افزایش انگیزش در مراکز آموزشی بررسی گردید. در ادامه ورودی‌های مدل طراحی شده، شامل نظرات خبرگان سازمان‌های آموزشی، معلمان و دانش‌آموزان در قالب فرم های نظرسنجی و مقایسات زوجی به شکل متغیرهای کلامی دریافت

گردید. این متغیرها در ذات مبهم هستند؛ به همین دلیل برای بررسی دقیق تر و رفع ابهام، مدل ارائه شده، علاوه بر روش تحلیل شبکه‌ای، با شکل فازی آن نیز، مورد بررسی قرار گرفت. خروجی مدل در قالب جداول ده تا دوازده، نشان می‌دهد:

۱. فازی سازی روش پیشنهادی به همراه در نظر گرفتن روابط داخلی عوامل با یکدیگر، باعث تغییر و واقعی سازی وزن و رتبه عوامل موثر و گزینه‌های تصمیم می‌گردد.

۲. مهم‌ترین عوامل موثر بر کارایی در آموزش به ترتیب، آشنایی معلم با هنر معلمی و آموزش، توجه به اصول معنوی، نظم و وقت شناسی و ضریب دسترسی دانش‌آموزان به امکانات آموزش مجازی می‌باشند.

۳. خروجی مدل نشانگر وزن پایین و رتبه آخر عامل، سهم آموزش از بودجه کشور، در میان دیگر عوامل است. این موضوع نشان می‌دهد که برخلاف باور مرسوم اگر چه بودجه نقش به سزایی در آموزش دارد اما عوامل دیگر می‌توانند ضعف بودجه را تا حد زیادی پوشش دهند.

۴. مهم‌ترین راهکارهای افزایش انگیزش در معلم و دانش‌آموز به ترتیب، انعطاف در تدریس، تاکید بر اصل یادگیری محوری به جای نمره محوری، توجه به نیازهای مادی و معنوی معلم و دانش‌آموز، تعاملی نمودن فرآیند آموزش و افزایش ضریب دسترسی دانش‌آموزان به امکانات آموزش مجازی می‌باشد.

۵. نتایج بیان شده نشان دهنده کارآمدی فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی برای اولویت بندی معیارهای موثر بر کارآمدی آموزش و راهکارهای مناسب برای افزایش انگیزش در معلم و دانش‌آموز است.

۶. اگرچه دیدگاه پاسخ دهندگان به فرم های نظرسنجی و مقایسات زوجی براساس شرایط همه گیری بیماری کرونا بوده است، با این همه عوامل موثر و راهکارهای پیشنهادی به شکلی تدوین شده‌اند که برای دیگر شرایط زمانی و مکانی هم قابل استناد باشند.

لازم به ذکر است، محدودیت‌ها و مشکلاتی مانند، عدم امکان دسترسی به داده‌ها و مستندات دقیق سازمان‌های آموزشی به صورت کامل و آزاد، ارتباطات داخلی و شبکه‌ای معیارها با یکدیگر، مقاومت بعضی مدیران و عدم اعتماد نسبت به سیستمی شدن عملیات تصمیم گیری و ناسازگاری نظرات دانش‌آموزان، معلمان و خبرگان آموزش، باعث شده‌اند که راهکارهای موجود برای کارآمد شدن فرآیند آموزش و افزایش سطح انگیزش مبتنی بر واقعیت نبوده و در نتیجه وضعیت آموزش از سطح آرمانی فاصله داشته و راهکارهای مرسوم فعلی، کاربردی نباشند. به همین سبب به تمام افراد دخیل در فرآیند آموزش پیشنهاد می‌گردد ابتدا راهکارهای واقعی برای کارآمد شدن فرآیند آموزش و افزایش سطح انگیزش در آن را شناسایی نموده و سپس برای رسیدن به نقطه ایده آل برنامه ریزی نمایند.

هم چنین بنا به نتایج به دست آمده به دیگر پژوهش‌گران پیشنهاد می‌گردد، با دریافت مستندات بیشتر و دقیق تر از دانش‌آموزان، معلمان و خبرگان سازمان‌های آموزشی، پارامترهای مسئله و روابط مابین آنها را مدل سازی و سپس با استفاده از دیگر روش‌های تصمیم گیری مبتنی بر نظرات مانند دلفی فازی و یا روش‌های بررسی وضعیت لحظه ای سامانه های پیچیده مانند پویایی شناسی سیستم، مسئله را تحلیل و نتایج به دست آمده را با خروجی‌های مدل پیشنهادی در این پژوهش، مقایسه نمایند.

منابع

۱. پورعلی، پریناز، سیف نراقی، مریم و نادری، عزت اله. بررسی چگونگی کاربست مولفه‌های آموزش و پرورش انسان گرایانه با تاکید بر افزایش انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان در مدارس ابتدایی تهران. *فصلنامه پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی. ۱۳۹۴.*

2. Almaiah، M. A.، Al-Khasawneh، A.، & Althunibat، A. (2020). Exploring the critical challenges and factors influencing the E-learning system usage during COVID-19 pandemic. *Education and Information Technologies*، *25*، 5261-5280.

۳. ایمانی جاجرمی، حسین. پیامدهای اجتماعی شیوع ویروس کرونا در جامعه ایران. *فصلنامه ارزیابی تاثیرات اجتماعی. ۱۳۹۹.*

۴. اسکندریان، غلامرضا. ارزیابی پیامدهای ویروس کرونا بر سبک زندگی (با تاکید بر الگوی مصرف فرهنگی). *فصلنامه ارزیابی تاثیرات اجتماعی. ۱۳۹۹.*

5. Ebner، M.، Schön، S.، Braun، C.، Ebner، M.، Grigoriadis، Y.، Haas، M.، ... & Taraghi، B. (2020). COVID-19 epidemic as E-learning boost? Chronological development and effects at an Austrian university against the background of the concept of "E-Learning Readiness". *Future Internet*، *12*(6)، 94.

6. Hikmawati، E.، Maulidevi، N. U.، & Surendro، K. (2021). Multicriteria Recommender System: A New Model for Determining risk level of COVID-19 in Indonesia. *(Preprint)*

7. Ahmed، S.، & Alhumam، A. (2021). Analyzing the Implications of COVID-19 Pandemic: Saudi Arabian Perspective. *Intelligent Auyomation and Soft Computing*، *27*(3)، 835-851.

8. Fahik، T.، & Santosa، M. H. (2021). The Students Perception Regarding E-Learning in Pandemic Covid-19. Soshum: Jurnal Sosial dan Humaniora، 11(1)، 33-43.

۹. زنجیرچی، محمود، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، *چاپ دوم، تهران، انتشارات صانعی، تهران، ۱۳۹۳.*

۱۰. عزیزی، مجید و مدرس یزدی، محمد، تصمیم گیری با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای، *چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران، ۱۳۹۲.*

۱۱. شفیعی سروستانی، مریم و صفری سهل آبادی، مریم، بررسی نقش آموزش مجازی معلمان در پی شیوع ویروس کرونا. *اولین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در فرایندهای تعلیم و تربیت. ۱۳۹۹.*

۱۲. سلیمی، سمانه و فردین، محمد علی. نقش ویروس کرونا در آموزش مجازی، با تأکید بر فرصت‌ها و چالش‌ها، *فصلنامه علمی، پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی، ۱۳۹۹، doi: 10.30473/etl.2020.53489.3249*

۱۳. باقرزاده همایی، مهرانگیز. تاثیر عملکرد آموزش در فضای مجازی در تعاملات یادهی و یادگیری. *پژوهشنامه اورمزد. ۱۳۹۹.*

14. Gohiya، P.، & Gohiya، A. (2020). E-learning during Covid 19 Pandemic. *(Preprint)*

15. Prestiadi، D. (2020). Effectiveness of e-learning implementation as a distance learning strategy during coronavirus disease (covid-19) pandemic. *Proceeding Umsurabaya*.

16. Almanthari، A.، Maulina، S.، & Bruce، S. (2020). Secondary school mathematics teachers' views on E-learning implementation barriers during the COVID-19 pandemic: the case of Indonesia. *Eurasia Journal of Mathematics، Science and Technology Education*، *16*(7)، em1860.

۱۷. میرانی سرگزی، جعفر و جهانی، نرگس، نقش آموزش مجازی در ارتقاء کیفیت یادگیری در فراگیران دارای نیازهای ویژه در دوران COVID19: یک مطالعه مروری روایی. *دومین کنفرانس روانشناسی، علوم تربیتی، علوم اجتماعی و مشاوره*. ۱۳۹۹. https://civilica.com/doc/1114081.

18. Faridah، I.، Sari، F. R.، Wahyuningsih، T.، Oganda، F. P.، & Rahardja، U. (2020، October). Effect Digital Learning on Student Motivation during Covid-19. In *2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)* (pp. 1-5). IEEE.

19. Kurniawan، R. P.، Damopolii، I.، & Sirait، S. H. K. (2021). The Correlation Between Biology Teacher Learning Strategies During The Covid-19 Pandemic on Student Motivation. *AECON*، 299-305.

20. Liu، J.، Kamarudin، K. M.، Liu، Y.، & Zou، J. (2021). Developing Pandemic Prevention and Control by ANP-QFD Approach: A Case Study on Urban Furniture Design in China Communities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*، *18*(5)، 2653.

21. Jangizehi، M.، Tash، M. N. S.، & Yaghoubi، N. (2013). Choosing optimization process in the event of fligh plan interruption with the aid of network analysis process. *International Journal of Engineering، Science and Mathematics، 2(3)، 46.*

22. Rathore، B.، & Gupta، R. (2021). A fuzzy based hybrid decision-making framework to examine the safety risk factors of healthcare workers during COVID-19 outbreak. *Journal of Decision Systems، 1-34.*

23. Afzal، F.، Yousaf، S. U.، Usman، B.، Afzal، F.، & Ikram، A. (2021). Risk Propagation in Healthcare Supply Chain using Fuzzy-ANP and Bayesian Inference. *AJSS، 5(1)، 131-155.*

24. Gong، J. W.، Liu، H. C.، You، X. Y.، & Yin، L. (2021). An integrated multi-criteria decision making approach with linguistic hesitant fuzzy sets for E-learning website evaluation and selection. *Applied Soft Computing، 102، 107118*.

25. Jangizehi، M.، Kenari، A. R.، & Hosseinkhani، J. (2018). Proposing a method to Choose the optimal process during an airline flight plan using a fuzzy network analysis process. In *The 4th National Conference on Technology in Electrical and Computer Engineering.*

26. Jangizehi، M.، Rasouli Kenari، A.، & Hosseinkhani، J. (2023). Proper process selection during flight schedule disruption using a fuzzy multi-criteria decision-making expert system. *Iranian Journal of Fuzzy Systems، 20(2)، 121-133.*

۲۷. رجب زاده قطری، علی و همکاران، هوش مصنوعی و منطق فازی، *چاپ اول ، انتشارات صفار، تهران، ۱۳۹۳.*

۲۸. کاهرامان، چنگیز، ترجمه مهدی روانشادنیا و محمد عادل بزرگمهر، تصمیم گیری چند معیاره فازی، *چاپ اول، انتشارات سیمای دانش، تهران، ۱۳۹۴.*

۲۹. بودجازیف، جرج و بودجازیف، ماریا، ترجمه محمد حسینی، منطق فازی و کاربرد های آن در مدیریت، *نشر ایشیق. تهران، ۱۳۸۱.*

۳۰. باقرزاده، محمد و دری، بهروز، به کارگیری تحلیل شبکه‌ای جهت انتخاب بهترین تأمین کننده در زنجیره تامین، *پژوهش‌های مدیریت در ایران، دوره ۱۴، شماره ۴. ۱۳۸۹*

۳۱. دانایی فرد، حسن و همکاران، روش شناسی پژوهش در مدیریت: رویکردی جامع، *چاپ پنجم، انتشارات صفار، تهران، ۱۳۹۰.*

۳۲. کتابداری، محمد جواد و ساقی، حسن، اصول و مبانی تحقیق در علوم مهندسی، *تهران، دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۹۰.*

۳۳. قدسی پور، سید حسن، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، *دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۱۳۷۹.*

D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of* ،34. Chang *649-655.، 95(3)،operational research*

۳۵. اصغرپور، محمد جواد، تصمیم گیری‌های چند معیاره، *دانشگاه تهران، ۱۳۸۳.*

KNO-1103-4504

ارائه الگوی یادگیری با فناوری هوش مصنوعی در آموزش کودکان دارای معلولیت یا اختلالات اوتیسم

نوشین عسکرانی *، سارا غائی**

* کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر ،گروه های آموزش و تکنولوژی استان اصفهان

** دانشجوی دکتری مدیریت منابع انسانی و رفتار سازمانی دانشگاه یزد

چکیده

این پژوهش ضمن تبیین مفهوم و کاربردهای هوش مصنوعی، الگویی برای یادگیری کودکان دارای معلولیت یا اختلالات اوتیسم ارائه می‌دهد. از ابزار و تکنیکهای هوش مصنوعی در آموزش کودکان مبتلا به اوتیسم و شناسایی این کودکان، شناخت و اندازه‌گیری سطح توجه و اختلال بیش‌فعالی، شناخت و تشخیص تفاوتهای کودکان مبتلا به ناتوانی های یادگیری نظیر: نارسایی در خواندن یا نوشتن، اختلال در یادگیری ریاضی و زبان استفاده می‌شود. هوش مصنوعی این پتانسیل را دارد که با ارائه راه حل های مقرون به صرفه و مقیاس پذیر به برخی از این چالش‌ها رسیدگی کند. در الگوی یادگیری ارائه شده با استفاده از هوش مصنوعی در آموزش، به منظور تشخیص و مداخله، آموزش به توانخواهان با محتوای چند رسانه‌ای و بر مبنای وب، تهیه محتوا و یادگیری الکترونیک شخصی سازی شده، با تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، می‌توان الگوها را شناسایی و شیوه‌های ارزشمندی را برای مراقبان، مربیان و متخصصان مراقبت‌های بهداشتی ارائه نمود. این الگو می‌تواند منجر به تصمیم‌گیری بهتر و مداخلات هدفمندتر شود و در نهایت کیفیت آموزش و زندگی این کودکان و خانواده‌های آنها را بهبود بخشد.

- **واژگان کلیدی:** هوش مصنوعی، آموزش و پرورش، اوتیسم، معلولیت، الگوی یادگیری

۱. مقدمه

هوش مصنوعی این ظرفیت را دارد که نحوه تعامل معلمان با دانش‌آموزانی را که دارای شرایط استثنایی هستند، عمیقاً تغییر دهد. [۱،۲] ارتقای فناوری و علم نیز برای پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان بسیار مهم است. توسعه هوش مصنوعی وارد مرحله ای از گسترش سریع خارق العاده شده است و هر جنبه‌ای از وجود انسان را تغییر می‌دهد [۳] بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت، حدود یک میلیارد نفر با معلولیت زندگی می‌کنند میلیون‌ها نفر از آنها غیر کلامی هستند و همچنین چالش‌های مهارت حرکتی را تجربه می‌کنند. محدودیت‌های فعالیت و محدودیت‌های مشارکت به دلیل چنین ناتوانی‌هایی اغلب منجر به تبعیض و طرد اجتماعی می‌شود. در یک مطالعه سازمان یونیسف با تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۵ کشور نشان داد که تقریبا ۵۰ درصد از کودکان دارای معلولیت از مدرسه بازمانده‌اند و ۸۵ درصد از آنها هیچ آموزش رسمی دریافت نکرده‌اند. ایجاد ارتباطات پیشرفته و تسریع شده برای افراد ناتوان، که همچنان بزرگترین اقلیت جهان را برای تجربه تبعیض اجتماعی تشکیل می‌دهند، برای تبدیل جهان به مکانی فراگیرتر نقش اساسی دارد [۴].

کودکان دارای معلولیت با چالش‌های منحصر به فردی روبرو هستند که بر رشد فیزیکی، شناختی و اجتماعی آنها تأثیر می‌گذارد. این ناتوانی‌ها می‌توانند شامل انواع آسیب فیزیکی مانند مشکلات حرکتی یا انواع اختلالات حسی تا ناتوانی‌های شناختی متغیر باشند و بر توانایی‌های یادگیری و ارتباطی تأثیر بگذارد. درک نیازها و توانایی‌های متنوع کودکان معلول به منظور ارائه حمایت و مداخلات موثر بسیار مهم است. کودکان معلول و خانواده‌های آنها اغلب در زندگی روزمره خود با چالش‌های متعددی روبرو هستند. دسترسی به آموزش، مراقبت‌های بهداشتی و فرصت‌های اجتماعی می‌تواند محدود باشد و سیستم‌های حمایتی سنتی ممکن است همیشه نیازهای منحصر به فرد آنها را برآورده نکنند. فشار مالی هزینه‌های پزشکی و وسایل کمکی نیز می‌تواند برای خانواده‌ها طاقت‌فرسا باشد.

در حالی که فناوری‌های کمکی سنتی نقش مهمی در بهبود زندگی کودکان معلول داشته‌اند، هوش مصنوعی بعد جدیدی را برای مراقبت و رشد آنها به ارمغان می‌آورد. آموزش ویژه با کمک هوش مصنوعی برای دانش‌آموزان با نیازهای استثنایی یک کاوش جامع و روشن حاصل از تقاطع آموزش ویژه و هوش مصنوعی است. [۵] ،با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته و تکنیک‌های یادگیری ماشین، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند حجم وسیعی از داده‌ها را تجزیه و تحلیل کنند و با نیازهای فردی سازگار شوند و راه‌حل‌های شخصی‌سازی‌شده‌ای را ارائه دهند که قبلا غیرقابل تصور بود.[۶].هوش مصنوعی طیف گسترده ای از برنامه‌های کاربردی را ارائه می‌دهد که می‌تواند به کودکان معلول در جنبه‌های مختلف زندگی آنها کمک کند. یکی از این حوزه ها ارتباطات است [۷]. بسیاری از کودکان معلول با مشکل گفتار و زبان دست و پنجه نرم می‌کنند و بیان افکار و نیازها آنها دشوار است. کمک‌های ارتباطی مبتنی بر هوش مصنوعی، مانند سیستم‌های تشخیص گفتار و سنتز، می‌توانند با قادر ساختن کودکان به برقراری ارتباط با استفاده از روش‌های جایگزین مانند متن یا نشانه‌های بصری، به پر کردن این شکاف کمک کنند [۸].

۲. هوش مصنوعی در درمان

تعداد فزاینده‌ای از تحقیقات در مورد مداخلات با استفاده از هوش مصنوعی برای هدف قرار دادن مشارکت کودکان و جوانان دارای معلولیت یا سایر شرایط بهداشتی تشخیص داده شده وجود دارد که از پتانسیل استفاده از هوش مصنوعی در توان‌بخشی کودکان حمایت می‌کند. با ترکیب آخرین پیشرفت‌های فناوری‌های بینایی کامپیوتری و هوش مصنوعی با استفاده الگوریتم R-CNN[1] ، الگوریتم RNN[2] و مدل‌های گفتاری می‌توان به این هدف رسید تا یک تجربه یادگیری تعاملی برای افراد دارای اختلالات بینایی فراهم گردد [۲]. بر اساس نتایج تحقیقات [۹] ، سه شکاف عمده برای تحقیق و توسعه بیشتر شناسایی شد: عدم وجود مداخلات متمرکز بر مشارکت از راه دور با استفاده از هوش مصنوعی. فقدان هدف گذاری فردی ادغام شده در مداخلات؛ و فقدان مداخلات متناسب با نیازهای مشارکتی گزارش شده انفرادی کودکان، جوانان یا خانواده‌ها [۹]. دانش‌آموزان با ناتوانی‌های رشدی/ذهنی[3](ID/DD) اغلب مشکلات سلامتی جدی داشته

[1] Deep Region-Based Convolutional Networks
[2] Recurrent Neural Networks
[3] Developmental/Intellectual Disabilities

و نیاز به مراقبت و نظارت پزشکی بیشتری دارند. مسائل جدی سلامتی همچنین به معنای افزایش غیبت و تاخیر اضافی در پیشرفت تحصیلی و توسعه مهارت‌های انطباقی و اجتماعی است. گنجاندن هوش مصنوعی در آموزش کودک مبتلا به ID/DD می‌تواند شکاف‌های آموزشی، انطباقی و مهارت‌های اجتماعی را که در نتیجه مستقیم مشکلات سلامتی مداوم رخ می‌دهد، بهبود بخشد [۱۰] . فناوری‌های نوین راه‌های بسیاری برای افراد معلول و ناتوان حرکتی گشوده است. ناتوانی جسمی و ذهنی ناشی از کم‌بینایی، کم‌شنوایی، اختلال روانی و مشکلات حرکتی و شناختی می‌تواند به صورت دائمی و یا موقتی باشد. طراحی محصولاتی با طراحی جامع که برای افراد با هر درجه ناتوانی جسمی مناسب باشد از هدف‌های توسعه‌ی پیوسته‌ی فناوری‌های جدید است [۲] . خلق ابزارهای جدید برای ناتوانان حرکتی و معلولان کمک می‌کند اینگونه افراد که معمولا دور از اجتماع هستند و بسیاری از فرصت‌های اجتماعی و شغلی را از دست می‌دهند، دوباره به جامعه بازگردند [۹] .

در گذشته، در طراحی و ساخت بسیاری از محصولات جامعه‌ی معلولان نادیده گرفته می‌شد اما امروزه تلاش می‌شود طراحی محصولات به گونه‌ای باشد که برای همه جامعه از جمله ناتوانان جسمی مناسب‌سازی شده و دسترس‌پذیر باشند [۳] .حتی بسیاری از ویژگی‌های جدید محصولات مناسب معلولان، پس از مدتی عادی در نظر گرفته می‌شود و کار افراد سالم را نیز راحت‌تر می‌کند. استفاده از هوش مصنوعی (AI) نه تنها بر یاد گیرندگان با نیازهای ویژه بلکه بر مؤسسات آموزشی با تسهیل توسعه روش‌های تدریس فراگیر، تأثیری دوگانه داشته است [۱].

۲,۱. مزایای استفاده از هوش مصنوعی در مراقبت و رشد کودکان معلول

هوش مصنوعی در حال حاضر گام‌های مهمی در کمک به کودکان معلول در حوزه های مختلف برداشته است. یک مثال قابل توجه استفاده از اسکلت بیرونی رباتیک برای پشتیبانی از تحرک است. این دستگاه‌های پوشیدنی از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای تفسیر حرکات کاربر و ارائه کمک در صورت نیاز استفاده می‌کنند [۱۱] . اسکلت های بیرونی رباتیک با اجازه دادن به کودکان دارای اختلالات حرکتی برای راه رفتن یا انجام وظایف مستقل، سطح جدیدی از آزادی و تحرک را ارائه می‌دهند [۷] نمونه دیگر توسعه پروتزهای مبتنی بر هوش مصنوعی است. دستگاه های پروتز سنتی اغلب فاقد توانایی سازگاری با نیازهای فردی هستند و نیاز به تنظیمات دائمی دارند. از طرف دیگر، پروتزهای مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند حرکات طبیعی کاربر را یاد بگیرند، تقلید کنند و تجربه شهودی و پاسخ‌گوتری را ارائه دهند[۱۲]. این نه تنها توانایی های جسمی را افزایش می‌دهد، بلکه رفاه کلی و عزت نفس کودکان معلول را نیز بهبود می‌بخشد.

همچنین موضوع ناتوانی های بینایی و بینایی کامپیوتری از موضوعاتی است که در سال های اخیر بیشتر مورد تحقیق قرار گرفته است. محققان سعی کرده‌اند دو موضوع را ترکیب کنند تا بیشترین سیستم‌های قابل استفاده برای معلولان بینایی را ایجاد کنند تا به آنها در انجام وظایف روزمره کمک کنند. [۲] می‌توان کودکان ۶ تا ۱۴ ساله را که از ناتوانی های بینایی رنج می‌برند هدف قرار داد و به آنها در کار یادگیری اولیه خود یعنی یادگیری شناسایی اشیاء بدون نظارت شخص ثالث کمک نمود. با ترکیب آخرین پیشرفت‌های فناوری‌های بینایی رایانه و هوش مصنوعی با استفاده از شبکه‌های پیچیده مبتنی بر منطقه عمیق (R-CNN)، شبکه‌های عصبی تکراری (RNN) و مدل‌های گفتاری ،یک تجربه یادگیری تعاملی برای چنین افرادی فراهم گردید [۲] . هوش مصنوعی در حوزه نابینایان کاربردهای متعددی مانند ارائه خدمات ترجمه دارد. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، می‌توان متون را به زبان‌های مختلف ترجمه و به نابینایان کمک کرد تا به محتوای متن دسترسی داشته باشند، لذا هوش مصنوعی می‌تواند در تشخیص و شناسایی اشیاء و افراد به نابینایان کمک کند. با استفاده از تکنولوژی تشخیص تصویر، می‌توان به آنها اطلاع داد که در مقابل مسیر شان چه چیزی قرار دارد و یا با چه کسی صحبت می‌کنند. هوش مصنوعی می‌تواند در تولید محتوا و خلاقیت نابینایان نقش بسزایی ایفا کند. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، می‌توان داستان‌ها، شعرها و ترانه‌های جدید را به نابینایان ارائه و آنها را در خلق آثار هنری یاری کرد. به طور کلی، هوش مصنوعی در حوزه نابینایان می‌تواند در بهبود کیفیت زندگی آنها و افزایش استقلال آنها نقش مؤثری داشته باشد.

هوش مصنوعی با افزایش دسترسی دانش‌آموزان و آموزش ویژه اطلاعات مرتبط، تأثیر مثبتی بر عملکرد مربیان و کاهش بار مربیان دارد [۳] . الگوریتم‌های هوش مصنوعی به داده‌های متنوع برای یادگیری نیاز دارند تا از نتایج آن بتوان برای همه گروه‌ها استفاده کرد. بنابراین داده‌های بیشتری از گروه‌های خاص همچون معلولان نیاز است.

بطور کلی استفاده از هوش مصنوعی در مراقبت و رشد کودکان معلول مزایای زیر را به همراه دارد:

۱. سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند پشتیبانی شخصی‌سازی شده متناسب با نیازهای خاص هر کودک را ارائه دهند.

۲. با تجزیه و تحلیل داده‌ها و انطباق با نیازهای فردی، هوش مصنوعی می‌تواند مداخلات هدفمندی را ارائه دهد، لذا نتایج یادگیری و توسعه را بهینه می‌کند.

۳. هوش مصنوعی سطحی از کارایی و مقیاس پذیری را ارائه نموده که روش‌های سنتی اغلب برای رسیدن به آن تلاش می‌کنند.

۴. ارائه بازخورد دقیق و به موقع و توانایی پردازش مقادیر زیادی از داده‌ها در زمان واقعی با هوش مصنوعی مقدور است.

۵. کاهش بار مراقبان و مربیان و امکان تمرکز و ارائه حمایت عاطفی و ایجاد ارتباطات معنادار با کودکان تحت مراقبت [۸] با استفاده از هوش مصنوعی قابل دسترسی است.

۲,۲. چالش‌ها و ملاحظات اخلاقی در استفاده از هوش مصنوعی برای کودکان معلول

افراد معلول اغلب کاربران مورد انتظار محصولات و فرآیندهای علمی و فناوری هستند که توسط هوش مصنوعی و یادگیری ماشین (ML) پیشرفته و فعال می‌شوند [۱۳]. افراد ناتوان نیز تحت تأثیر تأثیرات اجتماعی هوش مصنوعی قرار دارند. بسیاری از مسائل اخلاقی در AI/ML به عنوان زمینه ها و در برنامه‌های فردی شناسایی می‌شوند. در حالیکه، مشکلاتی در نحوه تعامل گفتمان‌های اخلاقی با افراد معلول وجود دارد [۱۴] و پتانسیل هوش مصنوعی در حمایت از کودکان معلول بسیار زیاد است اما توجه به پیامدهای اخلاقی استفاده از آن بسیار مهم است.

یکی از چالش‌هایی که مطرح می‌شود این است « آیا افراد دارای معلولیت ذهنی قادر خواهند بود با استفاده از تصمیم گیری‌های پشتیبانی شده همانطور که در کنوانسیون حقوق افراد دارای معلولیت با کمک ربات‌ها مشخص شده است تصمیمات مستقل بگیرند؟ و اینکه چگونه تقسیم مسئولیت بین آنها صورت می‌گیرد؟» (کمیته امور حقوقی پارلمان اروپا، ۲۰۱۶، ص ۴۳). جالب توجه است که این گزارش به این موضوع اشاره می‌کند که معنای «ناتوانی» به عنوان یک نقص ممکن است با ایجاد «افراد با توانایی‌های خارق‌العاده» با مزایای همراه تغییر کند (کمیته امور حقوقی پارلمان اروپا، ۲۰۱۶، ص ۴۳/۴۲).بنابراین پذیرفته شده است که آموزش اخلاق به شاغلین هوش مصنوعی مهم است [۱۵]. تمرکز AI/ML در رابطه با افراد معلول بیشتر بر قابلیت استفاده از محصولات است [۱۴] . بر اساس مطالعه‌ای که تجربه دانش‌آموزان در دوره متوسطه را مورد بررسی قرار داده است، احساس نیازمندی به مراقبت پزشکی، تردید در حمایت از خود، تلاش برای تطابق با هنجار ممکن است عواملی باشد که دانش‌آموزان معلول را از تولید دانش به ویژه در مورد موضوعات بحث برانگیز مانند اخلاق و افراد معلول باز می‌دارد [۱۶].با توجه به مطالعات ذکر شده هدف طراحی مدل مفهومی جامعی است که با بهره‌گیری از هوش مصنوعی بتوان این نیازها را پاسخ گفت.

۲,۳. هوش مصنوعی و کودکان اوتیست

اختلال طیف اوتیسم تقریباً ۱٪ از جمعیت را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به دلیل منابع محدود، به‌ویژه کمبود پزشکان، که مانع از تشخیص و مدیریت به موقع اختلال اوتیسم در کودکان می‌شود، مراقبت‌های بهداشتی را با چالشی مهم مواجه می‌کند. [۸]. هوش مصنوعی نتایج امیدوارکننده‌ای در کمک به کودکان مبتلا به اختلال طیف اوتیسم[1](ASD) نشان داده است [۵،۷] .

ASD یک اختلال رشدی است که بر مهارت‌های ارتباطی و تعامل اجتماعی تأثیر می‌گذارد [۴]. هوش مصنوعی می‌تواند برای توسعه مداخلات شخصی در نیازهای خاص هر کودک مبتلا به ASD، استفاده شود [۸]، از دیگر سو فناوری می‌تواند به طور قابل توجهی روند تشخیص ASD فعلی را بهبود بخشد. اعتبارسنجی و پذیرش فناوری را می‌توان با روش‌های زیر سریع ردیابی کرد: ۱) طراحی پروتکل های مطالعاتی قوی،۲) اجرای آزمایش های میدانی چند فرهنگی، ۳) استانداردسازی مجموعه داده‌ها، کیفیت داده‌ها و روش‌های مهندسی ویژگی، ۴) استخدام شرکت کنندگان از نظر آماری قابل توجه از ASD، [۷] .

۲,۴. قابلیت‌های هوش مصنوعی در درمان

۱. هوش مصنوعی می‌تواند در آموزش و تعلیم کودکان اوتیسم نقش مؤثری داشته باشد. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، می‌توان برنامه‌های آموزشی مناسب برای کودکان اوتیسم طراحی کرد [۷]. برنامه‌های زیر می‌توانند به کودکان در یادگیری مفاهیم جدید، تقویت حافظه و تمرین مهارت‌های اجتماعی کمک کنند:

۲. تجزیه و تحلیل الگوهای رفتاری کودک و شناسایی محرک های باعث استرس یا اضطراب [۱۱].

۳. بهره برداری از اطلاعات برای ایجاد استراتژی هایی به منظور کاهش این محرک ها و بهبود رفاه کودک .

۴. گفتار درمانی با ارائه بازخوردی در زمان واقعی در مورد تلفظ، لحن و بهبود مهارت‌های کلامی [۱۷].

۱. فراهم آوری محیطی امن و راحت را برای کودکان مبتلا به ASD با استفاده از دستیارهای مجازی مبتنی بر هوش مصنوعی در تعاملات اجتماعی.

۲. شبیه‌سازی سناریوهای زندگی واقعی و ارائه بازخورد فوری در تقویت مهارت‌های اجتماعی.

۳. استفاده از ربات‌های هوشمند قادر به تشخیص و پاسخ به حالت‌های مختلف کودکان (تشخیص چهره، حالت خشم، خوشحالی، ناراحتی و ارائه واکنش مناسب براساس الگوریتم) .

۴. طراحی الگوریتم‌های هوش مصنوعی در ساخت برنامه‌های آموزشی برای یادگیری مفاهیم جدید، تقویت حافظه و تمرین مهارت‌های اجتماعی [۶،۸].

۲,۵. الگوی یادگیری، الزامات

الگوی یادگیری به واسطه هوش مصنوعی با توانمندسازی افراد دارای معلولیت در جنبه‌های مختلف زندگی قابلیت های زیر را باید شامل باشد:

۵. پاسخ‌گویی به فعالیت‌های روزمره: هوش مصنوعی می‌تواند کارهایی را که معمولاً به هوش انسانی نیاز دارند، مانند تشخیص گفتار و صدا، ادراک بصری و تصمیم‌گیری به طور خودکار عمل نموده و در نتیجه دسترسی کودکان دارای معلولیت را افزایش

[1] Autism Spectrum Disorder

دهد. فناوری‌های هوش مصنوعی می‌توانند به افراد دارای معلولیت کمک کنند تا در جوامع خود بگردند، با دیگران تعامل کنند و حتی شغل پیدا کنند [۱۶].

۶. یادگیری تقویتی: با استفاده از تکنیک‌های یادگیری تقویتی مبتنی بر هوش مصنوعی، مدل‌های هوش مصنوعی می‌توانند به صورت فعال کودکان را در طول فرآیند یادگیری همراهی کرده و بازخورد مناسب را ارائه دهند تا یادگیری آنان بهبود یابد. بازخوردهای مثبت و تشویق کننده برای تقویت رفتارهای مثبت کودکان، یادگیری را بهبود می‌بخشد.

۷. دسترس پذیری[1] و شمول: فناوری هوش مصنوعی با ارائه راه حل‌هایی که زندگی روزمره‌ی افراد دارای معلولیت را به‌شدت بهبود می‌بخشد، سطح دسترسی و شمول را متحول می‌کند. دسترس‌پذیری به معنی بیشینه میزانی که یک سامانه یا یک ابزار، برای بیشترین شمار استفاده کنندگان، دسترسی‌پذیر باشد. دسترسی‌پذیری، میزان و درجه آسان بودن دسترسی است، چیزی که با آن بتوان به یک جایگاه مشخص، از هر مسیر و جایگاهی رسید و «دسترسی» داشت. معنای دیگر «دسترسی‌پذیری» در زمینه توانایی‌های جسمی افراد است، و نیز حقی که آنها برای دسترسی به هر سامانه یا ابزار دارند یا ابزاری که این کاربران را توانمند می‌کند تا به حق دسترسی خود برسند [۲] .

۸. مطابقت: تطبیق معلولین با فعالیت‌های مناسب مهارت‌ها و توانایی‌هایشان به نحوی که محیط آموزشی مجهز به هوش مصنوعی بتواند به کودکان کمک کند تا وظایف خود را به طور موثرتری انجام دهند.

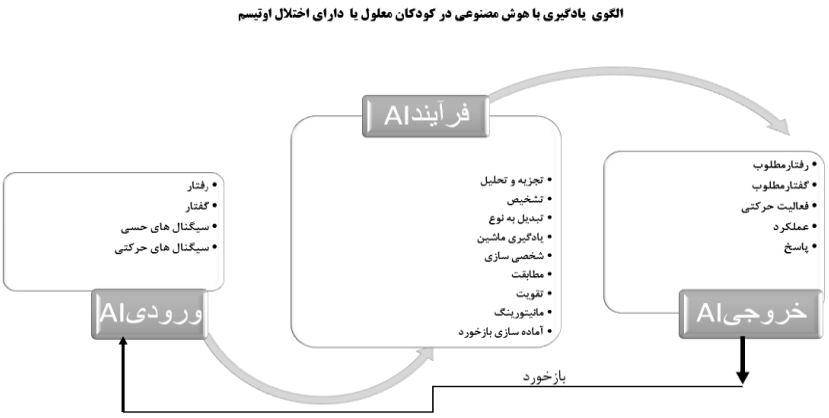
۹. شخصی‌سازی: با استفاده از یادگیری ماشین، الگوی منحصر به فرد گفتار یا رفتار شخص را شناسایی و آن را به گفتاری طبیعی‌تر تبدیل شود [۱۱].

۱۰. پشتیبانی از فرآیند یادگیری: ابزارهای هوش مصنوعی باید بتوانند به‌صورت فعال کودکان را در طول فرآیند یادگیری همراهی کنند و بازخورد و کمک‌های لازم را ارائه دهند.

۱۱. تعامل مبتنی بر بازی :از طریق بازی‌ها و فعالیت‌های تعاملی مبتنی بر هوش مصنوعی، باید بتوان بهبود توجه و مهارت‌های اجتماعی کودکان را تقویت کرد.

۱۲. مانیتورینگ پیشرفت و ارائه بازخورد: با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، باید بتوان فرآیند یادگیری کودکان را مانیتور کرد و به معلمان و والدین بازخورد دقیق در مورد پیشرفت‌های آنان ارائه داد. الگوی ارائه شده بر اساس داده‌های ورودی با کمک ابزارهای AI ،فرآیندها را طراحی، مناسب‌سازی و شخصی‌سازی کرده، خروجی مناسب برای برطرف‌سازی یا کاهش اختلال مورد نظر را ارائه می‌دهد.

[1] Accessibility



شکل ۱. الگوی یادگیری مبتنی بر AI

۳. کاربرد هوش مصنوعی در آینده شغلی

تحقیق و آموزش فعال در زمینه هوش مصنوعی: پرورش توانایی یادگیری مادام‌العمر، توسعه مهارت‌های آموزشی غنی، انباشت تجربه، افزایش و اصلاح برنامه‌های تغییر مناسب و ارتقای رشد سریع آموزش عالی در زمینه هوش مصنوعی را نمونه‌سازی می‌کند [۳].

جذب: استفاده از هوش مصنوعی در ارزیابی مهارت‌ها و توانایی‌های نامزدهای شغلی و امکان نمایش و نقاط قوت و توانایی‌های معلولین تاثیرگذار است.

فرصت‌های یادگیری و اشتغال: هوش مصنوعی مولد[1]این پتانسیل را دارد که به افراد دارای معلولیت کمک کند تا شغل پیدا کنند و در آنها مهارت و برتری پیدا کنند. با طراحی ابزارهای هوش مصنوعی با در نظر گرفتن جامعیت و دسترسی، افراد دارای معلولیت می‌توانند فعالانه در نیروی کار شرکت کنند و وظایف را به طور موثر انجام دهند.

ارتباط و تعامل: دستیاران مجازی و فناوری‌های صوتی مبتنی بر هوش مصنوعی، می‌توانند به افراد دارای معلولیت در کارهایی مانند شرکت در جلسات و برنامه‌ریزی، پاسخ دادن به ایمیل‌ها و برقراری ارتباط از طریق متن و صدا کمک کنند. این فناوری‌ها ارتباط را برای افراد دارای آسیب‌های بینایی، شنوایی یا سایر مشکلات آسان‌تر می‌کنند.

فناوری کمکی: فناوری کمکی مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند راه نجاتی برای افراد دارای معلولیت باشد و آنها را قادر سازد تا وظایفی را که ممکن است با آنها مشکل دارند انجام دهند. محل کار مجهز به هوش مصنوعی می‌تواند به کارکنان دارای معلولیت کمک کند تا وظایف خود را به طور موثرتری انجام دهند.

۴. نتیجه‌گیری

هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی تاثیر هوش مصنوعی در آموزش کودکان با نیازهای آموزشی خاص و ارائه مدلی مناسب و منحصر است. هوش مصنوعی با بهبود دسترسی، ارتباطات، فرصت‌های یادگیری و فعالیت‌های روزمره، نقش مهمی در بهبود زندگی افراد دارای معلولیت ایفا خواهد کرد. با طراحی ابزارهای هوش مصنوعی با در نظر گرفتن جامعیت و دسترسی، کسب‌وکارها و جامعه می‌توانند افراد دارای معلولیت را برای غلبه بر موانع و دستیابی به اهداف خود توانمند کنند. این نتیجه با مطالعات [۱] که به فراگیر بودن و تاثیر متقابل بر آموزش دهندگان و آموزش گیرندگان اشاره دارد مطابقت دارد. هوش مصنوعی ابزاری است که قوانین بازی را تغییر می‌دهد و زندگی افراد دارای معلولیت را متحول خواهد کرد. همچنین هوش مصنوعی این پتانسیل را دارد که روشی را که ما با مداخلات برای کودکان

[1] Generative artificial intelligence

مبتلا به ASD یا دارای معلولیت مواجه می‌شویم، متحول کند. با ارائه درمان‌های شخصی و موثر، هوش مصنوعی می‌تواند به این کودکان کمک کند تا به پتانسیل کامل خود برسند و زندگی رضایت بخشی داشته باشند. این یافته با مطالعات قبلی [۶] مبنی بر این که مدل بهینه شده عملکرد بهتری دارد و می‌توان از آن برای توصیه دوره‌های آنلاین برای کاربران اوتیسم استفاده کرد، مطابقت دارد. زیرا توصیه‌های برنامه درسی شخصی شده پویا می‌توانند به بهبود کودکان اوتیستیک در مدت کوتاهی کمک کند. فناوری مصنوعی به افراد دارای معلولیت کمک کرده تا مراقبت‌های بهداشتی شخصی تا اشتغال را دنبال و با غلبه بر موانع به اهداف خود دست یابند. در حالی که هنوز کارهای زیادی باید انجام شود تا اطمینان حاصل شود که هوش مصنوعی برای همه قابل دسترس و فراگیر است، آینده برای افراد دارای معلولیت روشن به نظر می‌رسد. طراحی بازخوردهای شخصی سازی شده برای معلول در فرآیند یادگیری و آموزش، با استفاده از هوش مصنوعی مولد می‌تواند بر مشکلات سیستم آموزش سنتی غلبه کند. با برنامه‌ریزی درسی مجدد و تعریف برنامه‌های حمایتی بیمه دانش‌آموزی یا برنامه‌های حمایتی که بودجه فناوری کمکی لازم برای افراد دارای معلولیت را تامین می‌کند، پتانسیل هوش مصنوعی در بهبود زندگی افراد دارای معلولیت نامحدود، موثر و کارآمد خواهد بود.

۵. منابع

1. Abbasi، M.U.R.، et al.، *Impact of AI on the inclusion of Learners with Special needs: Public Policy Perspective in Contemporary Scenario. Arbor.* ARBOR، 2024. **11**(1).

2. Balasuriya، B.K.، et al. *Learning platform for visually impaired children through artificial intelligence and computer vision.* . in *11th International Conference on Software، Knowledge، Information Management and Applications (SKIMA)* 2017.

3. *Ali، B.، et al.، Application of Artificial intelligence Assisted Robots to Improve the Educational Outcome for Special Children in Disability Education. Journal for Re Attach Therapy and Developmental Diversities 2023*. **6**(9): p. 12.

4. Neamtu، R.، et al.، *Using artificial intelligence for augmentative alternative communication for children with disabilities*، in *In Human-Computer Interaction–INTERACT 2019*. 2019، Springer International Publishing: Using Artificial Intelligence for Augmentative Alternative Communication for Children with Disabilities. p. 234-243.

5. Kumar، A.، et al.، *AI-assisted Special Education for Students with Exceptional Needs*. IGI Global. 2023: Publisher: IGI-Global.

6. Hao، H. and S. Hu، *Recommendation optimization of physical education for developing the intelligence of autistic children following intelligent collaborative filtering algorithm.* . Mobile Information Systems،(Special Issue)، 2022. **1**(9).

7. Kohli، M.، A.K. Kar، and S. Sinha، *The role of intelligent technologies in early detection of autism spectrum disorder (asd): A scoping review.* . IEEE Access، 10، 104887-104913، 2022. **10**(1): p. 27.

8. Kohli، M.، et al.، *Stakeholder perception towards a machine-learning-based digital platform for detection and management of autism spectrum disorder.* Applied Computational intelligence and soft computing/Special issue، 2024: p. 12.

9. Kaelin، V.C.، et al.، *Artificial intelligence in rehabilitation targeting the participation of children and youth with disabilities: .* Scoping review Journal 2021. **23**(11).

10. Kharbat، F.F.، A. Alshawabkeh، and M.L. Woolsey، *Identifying gaps in using artificial intelligence to support students with intellectual disabilities from education and health perspectives"*، . Aslib Journal of Information Management، ، 2021. **73 No.**(1): p. 29.

11. Garg، S. and S. Sharma، *Impact of artificial intelligence in special need education to promote inclusive pedagogy.* International Journal of Information and Education Technology، ، 2020. **10**(7): p. 523-527.

12. Porayska-Pomsta، K.، et al.، *Blending human and artificial intelligence to support autistic children's social communication skills.* . ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)، 2018. **25**(6): p. 1-35..

13. Aggarwal، R.، & Girdhar، N. (). 17-39.، *The role of artificial intelligence in the education sector: possibilities and challenges.* ، in *Machine Learning، Blockchain، and Cyber Security in Smart Environments*، ، T.F. GROUP، Editor. 2022. p. 23.

14. Lillywhite، A. and G. Wolbring، *Coverage of ethics within the artificial intelligence and machine learning academic literature: The case of disabled people.* . Assistive Technology. of Medical Internet Research، ، 2019. **23**(11): p. e25745. .

15. Goldsmith، J. and E. Burton، *Why teaching ethics to AI practitioners is important.* ، in *the 31st AAAI Conference on Artificial Intelligence، AAAI 2017.* 2017. p. 12.

16. Hutcheon، E.J. and G. Wolbring، *Voices of disabled post secondary students: Examining higher education disability policy using an ableism lens.* . Journal of Diversity in Higher Education، 2، 2012. **5**(1): p. 39–49.

Artificial intelligence evaluation of COVID-19 restrictions and speech ، et al.، F.، Sabzevari 17. 2023. **13**(1): ، Research Gate،*therapy effects on the autistic children's behavior.* . Scientific Reports p. 9.

KNO-1103-4505

کنترل هوشمند سیستم‌های دینامیکی: نوآوری‌ها و کاربردهای بهینه‌سازی در دنیای امروز

علیرضا جوشن

کارشناسی ارشد برق قدرت گرایش الکترونیک قدرت و ماشین های الکتریکی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

Alireza.joshan.guilan@gmail.com

چکیده

در دهه‌های اخیر، نظریه کنترل و سیستم‌های دینامیکی به عنوان ابزاری کلیدی در تحلیل و طراحی سیستم‌های پیچیده در حوزه‌های مختلف علمی و صنعتی شناخته شده‌اند. این مقاله مروری بر روی مفاهیم بنیادی و پیشرفته کنترل بهینه سیستم‌های دینامیکی متمرکز است و به بررسی روش‌ها و تکنیک‌های مختلف بهینه‌سازی می‌پردازد. ابتدا، مفهوم کنترل بهینه با تأکید بر حساب تغییرات و روش‌های فازی توضیح داده می‌شود و به تجزیه و تحلیل چالش‌های موجود در طراحی و پیاده‌سازی این سیستم‌ها می‌پردازد.

سپس مقاله به کاربردهای گسترده نظریه کنترل در زمینه‌های مختلفی چون مهندسی، پزشکی و اقتصاد می‌پردازد. در زمینه مهندسی، نتایج بهینه‌سازی در سیستم‌های خودکار، رباتیک و کنترل فرآیندهای صنعتی بررسی می‌شود. در حوزه پزشکی، چگونگی استفاده از نظریه کنترل برای بهبود سیستم‌های تشخیصی و درمانی و همچنین مدیریت داروها مورد تحلیل قرار می‌گیرد.در اقتصاد، نقش کنترل بهینه در پیش‌بینی الگوهای اقتصادی و بهینه‌سازی منابع مالی و انسانی مورد بحث قرار می‌گیرد.این مقاله همچنین به برخی از نوآوری های اخیر در زمینه ادغام هوش مصنوعی و کنترل سیستم‌های دینامیکی پرداخته و نشان می‌دهد که این ترکیب می‌تواند به بهبود عملکرد سیستم‌ها کمک کند .با توجه به روندهای در حال رشد در جهان امروز، اهمیت و کاربرد نظریه کنترل به عنوان یک عامل مؤثر در پیشرفت‌های علمی و فناوری به‌وضوح نمایان است.

نتایج حاصل از این مرور می‌توانند به عنوان مبنایی برای تحقیقات آینده در زمینه کنترل بهینه و کاربردهای آن در حوزه‌های مختلف عمل کنند و راهکارهای جدیدی را برای حل چالش‌های موجود ارائه دهند.

کلیدواژه ها: *کنترل بهینه، سیستم‌های دینامیکی، حساب تغییرات، هوش مصنوعی، کاربردهای بین‌رشته‌ای*

۱- مقدمه

نظریه کنترل و سیستم‌های دینامیکی به عنوان یکی از حوزه‌های حیاتی در مهندسی و علوم ریاضی، نقش مهمی در تحلیل و طراحی سیستم‌های پیچیده ایفا می‌کند[۱]. این نظریه به درک و کنترل رفتار سیستم‌هایی که در گذر زمان تغییر می‌کنند، کمک می‌کند و ابزارهایی مؤثر برای بهینه‌سازی عملکرد آنها فراهم می‌آورد[۲]. در سال‌های گذشته، به‌خصوص با پیشرفت‌های تکنولوژیک و ظهور داده های کلان، کاربردهای این نظریه در عرصه‌های مختلف به‌ویژه در پزشکی، مهندسی و اقتصاد به‌شدت گسترش یافته است[۳و۴].

مفاهیم پایه‌ای و روش‌های معمول در نظریه کنترل، شامل کنترل خطی و غیرخطی، در بسترهای مختلف صنعتی و علمی به کار گرفته شده است. از طراحی سیستم‌های خودکار و رباتیک در مهندسی گرفته تا بهینه‌سازی پروتکل‌های درمانی در حیطه پزشکی، این نظریه به حل چالش‌های متعدد و افزایش کارایی فرآیندها کمک کرده است[۵-۸]. بر اساس تحقیقات پیشین، ادغام رویکردهای سنتی کنترل با تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، چشم‌اندازهای جدیدی را پیش روی محققان قرار داده و پتانسیل بالایی را در بهینه سازی سیستم‌های دینامیکی به وجود آورده است.

با این حال، در حالی که تحقیقات و مطالعات بسیاری در این حوزه انجام شده، شکاف‌های قابل توجهی در ادغام مناسب این دو رویکرد و توسعه ابزارهای کارآمد وجود دارد.بسیاری از پژوهش‌ها به طور خاص به پیاده‌سازی این نظریه‌ها در زمینه‌های خاص محدود شده و به گسترش تحلیل‌های بین‌رشته‌ای و نوآورانه نپرداخته‌اند. بنابراین، نیاز به یک مرور جامع که این شکاف‌ها را شناسایی و به آنها پاسخ دهد، بیش از پیش احساس می‌شود[۹-۱۴].

این مقاله مروری با هدف بررسی عمیق مفاهیم بنیادی و کاربردهای نوین نظریه کنترل، به شناسایی و تحلیل روندهای اخیر در این حوزه می‌پردازد. با تحلیل کاربردهای نظریه کنترل در زمینه‌های پزشکی، مهندسی و اقتصاد، این مقاله به ارائه راهکارهای نوآورانه و بهینه چالش‌های موجود می‌پردازد و روزنه‌ای به سوی پژوهش‌های آتی در این زمینه باز می‌کند.بدین ترتیب، می‌توان امید داشت که این بررسی، به‌عنوان مبنایی برای توسعه و تحقیق در حوزه کنترل بهینه و سیستم‌های دینامیکی عمل کند و تأثیر قابل توجهی در بهبود سیستم‌های پیچیده در دنیای معاصر داشته باشد.

۲-اصول بنیادی نظریه کنترل

نظریه کنترل به مطالعه رفتار سیستم‌هایی می‌پردازد که با گذر زمان تغییر می‌کنند و هدف آن بهینه‌سازی عملکرد این سیستم‌ها تحت شرایط خاص است. این نظریه به دو دسته اصلی کنترل خطی و غیرخطی تقسیم می‌شود. کنترل خطی به سیستم‌هایی اشاره دارد که می‌توانند با استفاده از معادلات خطی مدل‌سازی شوند، در حالی که کنترل غیرخطی به سیستم‌هایی مربوط می‌شود که دارای رفتار پیچیده‌تر و غیرخطی هستند.یکی از مفاهیم کلیدی در نظریه کنترل، حساب تغییرات است که به تحلیل بهینه‌سازی تابعی کمک می کند.در این زمینه، با استفاده از تکنیک‌هایی مانند اصل پونتریاگین و قاعده‌های کارنو، می‌توان به یافتن مسیرهای بهینه در کنترل سیستم ها پرداخت.

روش‌های کنترل همچون کنترل تناسبی-انتگرالی-مشتق‌گیر (PID)[1] و الگوریتم‌های کنترل بهینه به طراحان کمک می‌کند تا کارایی سیستم‌ها را بهبود ببخشند. همچنین، با توجه به پیشرفت‌های تکنولوژیک و ظهور سیستم‌های پیچیده، ادغام نظریه کنترل با الگوریتم های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، افق‌های جدیدی را در بهینه‌سازی ارائه می‌دهد. نهایتاً، تأکید بر اهمیت مدل‌سازی صحیح و

[1] Proportional-Integral-Derivative Cotrller

انتخاب روش‌های مناسب در نتیجه‌گیری‌های کنترل کارآمد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این اصول بنیادی به عنوان پایه‌ای برای درک عمیق‌تر کاربردهای نظریه کنترل در دیگر بخش‌های مقاله در نظر گرفته می‌شوند[۱۵].

۲-۱-تعریف و مفاهیم پایه

نظریه کنترل به عنوان یک شاخه از ریاضیات و مهندسی، به تحلیل و طراحی سیستم‌هایی می‌پردازد که در طول زمان تغییر می‌کنند. در این زمینه، سیستم به مجموعه‌ای از اجزاء گفته می‌شود که به صورت هم‌زمان به یک هدف مشترک عمل می‌کنند.یکی از مفاهیم کلیدی در نظریه کنترل، مدل‌سازی سیستم است که به توصیف رفتار سیستم‌ها از طریق روابط ریاضی کمک می‌کند. این مدل‌ها معمولاً به صورت معادلات دیفرانسیل، معادلات دیفرانسیل جزیی و یا توابع انتقال بیان می‌شوند.

به علاوه، مفهوم بازخورد در نظریه کنترل بسیار حائز اهمیت است؛ این مفهوم به معنی استفاده از اطلاعات خروجی سیستم برای اصلاح و بهبود ورودی آن است. بازخورد می‌تواند به طور قابل توجهی ثبات و کارایی سیستم را افزایش دهد.همچنین، اصطلاح نمایش حالت به عنوان یک روش جامع برای مدل‌سازی سیستم‌ها به کار می‌رود که در آن وضعیت سیستم با استفاده از متغیرهای حالت تعریف می شود.استفاده از این مفاهیم پایه به طراحان کمک می‌کند تا سیستم‌های پیچیده را تحلیل و کنترل کنند و به درک بهتری از رفتار سیستم‌ها در مواجهه با تغییرات محیطی و داخلی دست یابند. ادغام این اصول با تکنیک‌های نوین مانند یادگیری ماشین، راه را برای بهینه‌سازی بیشتر سیستم‌ها هموار می‌سازد[۱۶].

۲-۲- کنترل خطی و غیرخطی

کنترل خطی و غیرخطی دو رویکرد اصلی در نظریه کنترل هستند که بر اساس رفتار سیستم‌ها دسته‌بندی می‌شوند. کنترل خطی به فرآیندهایی اشاره دارد که می‌توانند با استفاده از معادلات خطی مدل‌سازی شوند. این نوع سیستم‌ها معمولاً دارای ویژگی‌هایی هستند که پاسخ آن‌ها به ورودی‌ها متناسب و قابل پیش‌بینی است. استفاده از کنترل‌کننده‌های خطی مانند کنترل تناسبی-انتگرالی-مشتق‌گیر (PID) به طور گسترده‌ای در صنعت و علم کاربرد دارد، زیرا طراحی و تحلیل آن‌ها ساده‌تر است و ریاضیات مربوط به آن‌ها به نسبت پیچیده نیست.

از سوی دیگر، کنترل غیرخطی برای سیستم‌هایی مناسب است که رفتار آن‌ها به دلیل وجود عوامل غیرقابل پیش‌بینی یا پیچیده، غیرخطی است. این نوع سیستم‌ها معمولاً نیاز به روش‌های تخصصی‌تری برای تحلیل و کنترل دارند. روش‌هایی مانند کنترل فازی، کنترل غیرخطی بر اساس سیگنال‌ها و کنترل تطبیقی در این دسته قرار دارند. این روش‌ها به سیستم‌های غیرخطی اجازه می‌دهند که به طور مؤثری در وضعیت‌های مختلف عملکرد داشته باشند و به چالش‌های پیچیده‌تری پاسخ دهند.

در نهایت، انتخاب بین کنترل خطی و غیرخطی به ویژگی‌های خاص سیستم و اهداف کنترل بستگی دارد. در بسیاری از موارد، ترکیبی از هر دو رویکرد برای دستیابی به عمکرد مطلوب توصیه می‌شود، که می‌تواند به بهینه‌سازی بهتر و بالا بردن کارایی سیستم‌ها منجر شود[۱۷-۱۹].

۲-۳- حساب تغییرات و اصول بهینه‌سازی

حساب تغییرات یکی از ابزارهای حیاتی در نظریه کنترل و بهینه‌سازی است که به بررسی بیشینه و کمینه کردن توابع وابسته به متغیرهای تابعی می‌پردازد. این روش به طور خاص در کنترل بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد، جایی که هدف دستیابی به یک تابع هزینه کمینه (یا حداکثر) تحت محدودیت‌های خاص است. علاقه‌مندی به حساب تغییرات از آنجا نشأت می‌گیرد که بسیاری از مسائل کنترل به شکل ریاضی به دنبال یافتن تابعی هستند که نشان‌دهنده‌ی عملکرد بهینه یک سیستم باشد.

یکی از اصول بنیادین در حساب تغییرات، اصل پونتریاگین است که به توسعه طرح‌هایی از کنترل بهینه پرداخته و برای سیستم‌های دینامیکی بسیار حیاتی است. این اصل به ما اجازه می‌دهد تا با بررسی لگرانژ، شرایط لازم و کافی برای نقاط بهینه را به دست آوریم.

علاوه بر این، مفهوم تابع هزینه در اینجا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ این تابع به عنوان معیار سنجش کارایی سیستم و هدف تعیین شده عمل می‌کند. مهم است که طراحی تابع هزینه به گونه‌ای باشد که به بهترین شکل نمایانگر هدف مورد نظر باشد، به‌گونه‌ای که برداشت دقیق‌تری از کیفیت عملکرد سیستم ارائه دهد.

در نهایت، بهینه‌سازی به وجود آمدن راه‌حل‌های تحلیلی، عددی یا ترکیبی برای مسائل عملی کمک می‌کند و روش‌های حساب تغییرات می‌توانند به‌عنوان مبنای قوی برای پیشبرد روش‌های نوین در کنترل و بهینه‌سازی سیستم‌های دینامیکی عمل کنند[۲۰و۲۱].

۳- روش‌ها و تکنیک‌های کنترل بهینه

در نظریه کنترل، روش‌ها و تکنیک‌های متنوعی برای بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌ها وجود دارد که به مهندسین و پژوهشگران کمک می کند تا بهترین راه‌حل‌ها را برای چالش‌های مختلف بیابند. .یکی از روش‌های کلاسیک و پرکاربرد کنترل تناسبی-انتگرالی-مشتق‌گیر (PID) است که به دلیل سادگی در طراحی و کارایی بالا، به طور گسترده‌ای در صنعت استفاده می‌شود. این کنترل‌کننده با ترکیب سه عملگر پایه-تناسبی، انتگرالی و مشتق‌گیر-به بهبود پاسخ دینامیکی سیستم کمک می‌کند[۲۲].

در کنار آن، کنترل بهینه به ما این امکان را می‌دهد که با استفاده از تکنیک‌های ریاضی و روش‌های مقداری، هدف خاصی را تحت شرایط محدودیت‌ها دنبال کنیم. به عنوان مثال، با استفاده از روش‌های الگوریتمی و شبیه‌سازی، می‌توان به بهینه‌ترین راهکار برای سیستم‌های پویا رسید.

از طرف دیگر، با پیشرفت تکنولوژی، روش‌های مدرن مانند کنترل تطبیقی و کنترل مقاوم در حال ظهور هستند. این روش‌ها به سیستم ها اجازه می‌دهند بدون نیاز به مدل دقیق از سیستم، به تغییرات و آشفتگی‌ها پاسخ دهند.

علاوه بر این، ادغام هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در روش‌های کنترل بهینه، افق‌های جدیدی را برای تحلیل و تصمیم‌گیری هوشمند در سیستم‌های دینامیکی فراهم کرده است. به‌وسیله این تکنیک‌ها، می‌توان رفتار سیستم‌ها را پیش‌بینی و به صورت دینامیک اصلاحاتی در کنترل ایجاد کرد. این رویکردها به ویژه در مواجهه با محیط‌های پیچیده و در حال تغییر، کارایی بالایی از خود نشان می‌دهند[۲۳و۲۴].

۳-۱- روش‌های کلاسیک (مانند PID،LQR)

روش‌های کلاسیک کنترل به عنوان ابزارهای اصلی در طراحی سیستم‌های کنترلی معرفی می‌شوند و شامل رویکردهای متعددی از جمله کنترل تناسبی-انتگرالی-مشتق‌گیر (PID) و کنترل خطی بهینه (LQR) هستند. کنترل PID یکی از پرکاربردترین تکنیک‌هاست که از سه جزء اصلی استفاده می‌کند :کنترل تناسبی برای پاسخ سریع به خطا، کنترل انتگرالی برای حذف خطاهای پایدار و کنترل مشتق گیر برای پیش‌بینی و مدیریت نوسانات .این کنترل‌کننده به دلیل سادگی و کارآمدی‌اش در صنایع مختلف، از جمله خودکارسازی و رباتیک، بسیار محبوب است.

از سوی دیگر، کنترل خطی بهینه (LQR)[1]به دنبال تعیین ورودی بهینه برای سیستم‌های خطی است به گونه‌ای که تابع هزینه‌ای که شامل هزینه‌های مربوط به حالت و ورودی است، حداقل شود. این روش به طراحان امکان می‌دهد تا با در نظر گرفتن دینامیک سیستم، سیاست کنترلی موثری را توسعه دهند.

[1] Linear Quadratic Regulator

همچنین، کنترل مدل پیشگو (MPC[1]) به عنوان یک روش کلاسیک مدرن، توانایی پیش‌بینی رفتار آینده سیستم را داشته و برای مدیریت محدودیت‌ها در زمان واقعی طراحی شده است.

تنوع و کارایی این روش‌های کلاسیک، آن‌ها را به ابزاری کاربردی و قابل اطمینان در کنترل سیستم‌های دینامیکی تبدیل کرده است. در نتیجه، ادغام این تکنیک‌ها با روش‌های نوین می‌تواند به بهبود عملکرد و انعطاف‌پذیری سیستم‌ها کمک کند[۲۷-۲۵].

۲-۳- روش‌های مدرن (مانند کنترل Adaptive و Robust)

روش‌های مدرن کنترل، به ویژه کنترل‌های تطبیقی (Adaptive[2]) و مقاوم (Robust[3])، به عنوان پاسخ به چالش‌های پیچیده‌ای که در سیستم‌های دینامیکی غیرخطی و متغیر وجود دارند، توسعه یافته‌اند. کنترل تطبیقی به سیستم‌ها این امکان را می‌دهد که با تغییرات در محیط یا پارامترهای داخلی، خود را به‌روزرسانی کنند و کارایی خود را حفظ کنند. این رویکرد به ویژه در مواردی که طراحی دقیق مدل سیستم دشوار است، ارزشمند است.

از طرف دیگر، کنترل مقاوم به دنبال طراحی کنترلی است که بتواند به تغییرات غیرقابل پیش‌بینی در سیستم و اختلالات خارجی پاسخ دهد. این نوع کنترل با استفاده از تمام اطلاعات موجود و همچنین با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها، به حفظ عملکرد مطلوب در مواجهه با شرایط چالش‌برانگیز کمک می‌کند.

ترکیب ویژگی‌های این دو رویکرد باعث افزایش انعطاف‌پذیری و کارایی سیستم کنترل می‌شود.با استفاده از الگوریتم‌های کنترل تطبیقی و مقاوم، طراحان قادرند با بهره‌گیری از تکنیک‌های پیشرفته یادگیری ماشین، سیستم‌هایی بسازند که توانایی یادگیری و بهبود مداوم داشته باشند.

این رویکردهای مدرن نه تنها در صنایع خودروسازی و رباتیک، بلکه همچنین در ساخت سیستم‌های هوشمند و اینترنت اشیاء (IoT[4]) کاربردهای گسترده‌ای دارند. در نهایت، روش‌های مدرن کنترل به طور قابل توجهی به بهبود عملکرد و قابلیت اعتماد سیستم‌های دینامیکی در دنیای واقعی کمک می‌کنند[۲۸و۲۹].

۳-۳-ادغام هوش مصنوعی در کنترل

ادغام هوش مصنوعی (AI[5]) در سیستم‌های کنترلی به عنوان یک رویکرد نوین و تحول‌آفرین در نظریه کنترل شناخته می‌شود. این رویکرد به طراحان اجازه می‌دهد تا از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی برای بهبود عملکرد سیستم‌های دینامیکی استفاده کنند. با بهره‌گیری از داده‌های بزرگ و تحلیل آن‌ها، سیستم‌های کنترلی می‌توانند رفتار را پیش‌بینی و برای پاسخگویی به تغییرات محیطی و وضعیت‌های غیرقابل پیش‌بینی، بهینه‌سازی شوند.

یکی از کاربردهای بارز هوش مصنوعی در کنترل، کنترل تطبیقی هوشمند است که با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق، توانایی یادگیری و تطبیق در زمان واقعی را به سیستم می‌دهد. این روش به سیستم‌ها اجازه می‌دهد تا از تجربیات قبلی بیاموزند و به طور مداوم به بهبود عملکرد بپردازند.

همچنین، سیستم‌های کنترل پیشگویانه که از تکنیک‌های یادگیری ماشین برای تحلیل دینامیک و پیش‌بینی رفتار سیستم‌ها در حال استفاده هستند، به طرز قابل توجهی کارایی و دقت را افزایش می‌دهند.

---

[1] Model Predictive Control
[2] Adaptive Control
[3] Robust Control
[4] Internet of Things
[5] Artificial Intelligence

قدرت هوش مصنوعی در پردازش داده‌ها و یادگیری از آن‌ها می‌تواند به طراحی سیستم‌های کنترلی پیچیده‌تری منجر شود که قابلیت انطباق و بهبود مداوم را دارند. این ادغام به ویژه در زمینه‌هایی مانند رباتیک، خودروهای خودران و اینترنت اشیاء (IoT) به وضوح مشهود است، جایی که سیستم‌ها نیازمند پاسخگویی به شرایط پیچیده و متغیر هستند.

در نهایت، ادغام هوش مصنوعی در کنترل، افق‌های جدیدی را برای پژوهشگران و مهندسان در جهت بهینه‌سازی و نوآوری در سیستم های کنترلی ایجاد می‌کند، که می‌تواند به تحولات چشمگیری در صنایع مختلف منجر شود[۳۰].

۴-کاربردهای نظریه کنترل در حوزه‌های مختلف

نظریه کنترل به عنوان یک پایه‌ی اساسی برای بهبود کارایی و عملکرد در زمینه‌های مختلف علمی و صنعتی شناخته می‌شود. یکی از کاربردهای عمده آن در صنعت خودروسازی است، جایی که کنترل‌کننده‌ها به بهینه‌سازی عملکرد موتور، ترمز و سیستم‌های تعلیق کمک می‌کنند. به ویژه، خودروهای خودران با استفاده از الگوریتم‌های کنترل پیشرفته، توانایی حرکت ایمن و دقیق در شرایط متغیر را دارند.

در صنعت هوافضا، نظریه کنترل برای ایمنی پرواز و مدیریت سیستم‌های پروازی به کار می‌رود. کنترل اتوماتیک و بهینه به هواپیماها اجازه می‌دهد تا در برابر تغییرات جوی و شرایط پروازی مختلف واکنش نشان دهند.

در رباتیک، کنترل دقیق و بلادرنگ به ربات‌ها این امکان را می‌دهد که با محیط خود تعامل داشته باشند و وظایف پیچیده‌ای را بدون خطر انجام دهند.

همچنین، در صنایع تولیدی، بهینه‌سازی کنترل فرآیندها باعث افزایش کارایی، کاهش ضایعات و بهبود کیفیت می‌شود.

نظریه کنترل همچنین در سیستم‌های پزشکی مانند کنترل ماشین‌های جراحی و تجهیزات تصویربرداری بسیار حیاتی است و نتایج بهتری در درمان بیماران به ارمغان می‌آورد.

در مدیریت انرژی، تکنیک‌های کنترل به بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های تهویه مطبوع و گرمایش کمک می‌کنند.

در نهایت، کاربردهای نظریه کنترل در تحقیقات علمی به توسعه مدل‌های پیچیده و تحلیل داده‌ها در زمینه‌های مختلف کمک می‌کند، که این امر اهمیت آن را در پیشرفت فناوری و علوم مختلف ثابت می‌کند[۳۱-۳۳].

۴-۱-کاربردهای نظریه کنترل در مهندسی

نظریه کنترل در مهندسی به عنوان ابزاری کلیدی برای بهینه‌سازی طراحی و عملکرد سیستم‌های مختلف شناخته می‌شود. در مهندسی مکانیک، کنترل دقیق در سیستم‌های دینامیکی مانند ماشین‌آلات صنعتی و تجهیزات خودکار به افزایش کارایی و ایمنی کمک می‌کند. به عنوان مثال، کنترل سیستم‌های رباتیک نیازمند الگوریتم‌های پیچیده برای هماهنگی حرکات و تعامل با محیط است.

در مهندسی برق، نظریه کنترل به توسعه سیستم‌های انرژی و الکتریکی کمک می‌کند.کنترل‌کننده‌ها در سیستم‌های توزیع برق به مدیریت جریان انرژی و حفظ کیفیت توان کمک می‌کنند.

مهندسی شیمی نیز از نظریه کنترل برای بهینه‌سازی فرآیندهای شیمیایی استفاده می‌کند؛ جایی که کنترل واکنش‌ها و شرایط فرآوری از اهمیت بالایی برخوردار است. سیستم‌های کنترل حلقه‌ای بسته در این زمینه به تثبیت دما، فشار و غلظت مواد کمک می‌کنند. در مهندسی نرم‌افزار، روش‌های کنترل برای بهبود کیفیت برنامه‌ها و تضمین عملکرد بهینه آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، به ویژه در محیط‌های پایدار.

علاوه بر این، در مهندسی عمران، کنترل به بهینه‌سازی پروژه‌های ساختمانی از طریق نظارت بر ساخت و مدیریت زمان و هزینه کمک می‌کند.

در نهایت، نظریه کنترل در مهندسی به طراحی و استفاده از سیستم‌های خودکار و هوشمند، مانند خودروهای خودران و دستگاه‌های پزشکی پیشرفته، به شدت تاثیرگذار است و به بهبود کارایی و ایمنی در این سیستم‌ها کمک می‌کند[۳۴].

۱-۱-۴- کاربردهای نظریه کنترل در رباتیک

نظریه کنترل در رباتیک به عنوان یک عنصر کلیدی برای بهبود عملکرد و دقت ربات‌ها عمل می‌کند. یکی از کاربردهای اصلی آن، کنترل حرکتی است که به ربات‌ها اجازه می‌دهد تا حرکات خود را به طور دقیق و هماهنگ انجام دهند. این کنترل به ویژه در ربات‌های صنعتی حیاتی است، جایی که دقت بالا در انجام وظایفی مانند جوشکاری و مونتاژ بسیار مهم است.

کنترل بازخورد در رباتیک، به ربات‌ها این امکان را می‌دهد تا با تجزیه و تحلیل اطلاعات دریافتی از سنسورها، تنظیمات مورد نیاز برای حفظ تعادل و موقعیت خود را انجام دهند. این ویژگی در ربات‌های پرنده و زمین‌پیمای خودکار به ویژه محسوس است.

در ربات‌های پرستاری و کمک‌رسان، نظریه کنترل با پیاده‌سازی الگوریتم‌های هوشمند، به بهبود تعامل انسان-ربات و انجام وظایف پیچیده مانند کمک به بیمار یا جابجایی اشیاء کمک می‌کند.

علاوه بر این، در ربات‌ها آموزش دیداری (Vision-based robots)، کنترل و پردازش تصویر ترکیب می‌شود تا ربات‌ها بتوانند محیط خود را شناسایی کرده و به آن واکنش نشان دهند.

نظریه کنترل همچنین در رباتیک خودران و نظامی با هدف بهینه‌سازی مسیر یابی و مواجهه با موانع به کار می‌رود.

به طور کلی، ادغام نظریه کنترل در طراحی و پیاده‌سازی ربات‌ها نه تنها باعث افزایش دقت و کارایی آن‌ها می‌شود، بلکه به پیشرفت‌های نوآورانه در این حوزه کمک می‌کند و دستیابی به ربات‌های هوشمند و توانمند را ممکن می‌سازد[۳۵].

۲-۱-۴- سیستم‌های خودکار و صنعتی

نظریه کنترل در توسعه سیستم‌های خودکار و صنعتی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند و به بهینه‌سازی فرآیندها و افزایش کارایی در تولید کمک می‌کند. این سیستم‌ها از جمله ماشین‌آلات CNC[1]، خطوط تولید خودکار و ربات‌های صنعتی، به کنترل دقیق و پاسخ‌های سریع به تغییرات محیطی وابسته هستند.

کنترل فرآیندهای صنعتی با استفاده از فناوری‌های پیشرفته، امکان نظارت و مدیریت متغیرهای کلیدی مانند دما، فشار و جریان را فراهم می‌کند، که به بهینه‌سازی کیفیت محصولات و کاهش ضایعات کمک می‌کند. به عنوان مثال، در صنعت شیمیایی، سیستم‌های کنترل حلقه بسته به تنظیم دقیق غلظت مواد اولیه و محصول نهایی کمک می‌کنند.

در خطوط تولید خودکار، کنترل‌کننده‌های مدرن به هماهنگ‌سازی حرکت تجهیزات و ماشین‌آلات کمک کرده و زمان تولید را کاهش می‌دهند. این سیستم‌ها می‌توانند به صورت خودکار با تغییر در تقاضای بازار یا شرایط کیفی محصولات سازگار شوند.

در دستگاه‌های بسته‌بندی، نظریه کنترل به کاربران این امکان را می‌دهد تا فرآیند بسته‌بندی را بهینه سازی کرده و دقت و سرعت را افزایش دهند. این امر به کارایی بهتر و هزینه‌های کمتر منجر می‌شود.

[1] Computer Numerical Control

از سوی دیگر، امروزه سیستم‌های اتوماسیون صنعتی به کمک اینترنت اشیاء (IoT)، قابلیت نظارت و کنترل از راه دور را به دست می آورند، که باعث افزایش انعطاف‌پذیری و دسترسی به اطلاعات در زمان واقعی می‌شود.

در نهایت، ترکیب نظریه کنترل با فناوری‌های نوین مانند یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در سیستم‌های خودکار، به خلق راهکارهای پیشرفته و بهبود کارایی در صنایع مختلف منجر می‌شود[۳۶و۳۷].

۲-۴- کاربردهای نظریه کنترل در پزشکی

نظریه کنترل در پزشکی به عنوان ابزاری اساسی برای بهبود دقت و کارایی درمان و تجهیزات پزشکی شناخته می‌شود. یکی از کاربردهای مهم آن، کنترل در جراحی‌های رباتیک است که به جراحان این امکان را می‌دهد تا با دقت بالا و در محیط‌های پیچیده، عمل‌های جراحی را انجام دهند. این سیستم‌ها به صورت خودکار می‌توانند با توجه به اطلاعات حسگرها و تصاویر دریافتی از محیط، حرکات خود را تنظیم کنند.

در سیستم‌های مدیریت دارو، کنترل دقیق دوز دارو و زمان‌بندی آن برای بهبود نتایج درمانی بسیار حیاتی است. سیستم‌های هوشمند می‌توانند با تجزیه و تحلیل داده‌های بیمار و وضعیت بالینی، دوز مناسب را به‌طور خودکار تنظیم کنند.

ماهواره‌های کنترل علائم حیاتی در بیمارستان‌ها به صورت مداوم پارامترهای حیاتی مانند ضربان قلب، فشار خون و سطح اکسیژن خون را زیرنظر دارند و در صورت بروز تغییرات ناگهانی، به پرستاران هشدار می‌دهند.

در تصویربرداری پزشکی، نظارت و تنظیم اتوماتیک کیفیت تصاویر باعث می‌شود که پزشکان بتوانند به نتایج دقیق‌تری دست یابند . سیستم‌های کنترل به بهینه‌سازی فرآیندهای تصویربرداری کمک می‌کنند، از جمله در MRI[1]و CT scan[2].

علاوه بر این، در مدیریت درمان‌های دیابتی، سیستم‌های کنترلی برای ردیابی میزان قند خون و تنظیم دوز انسولین به کار می‌روند، که این امر به بیماران کمک می‌کند تا به راحتی و به طور مؤثرتری مدیریت کنند.

در نهایت، ادغام نظریه کنترل و فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی در پزشکی، به توسعه سیستم‌های درمان هوشمند و شخصی شده کمک می‌کند، که می‌تواند آینده بهتری را در زمینه مراقبت‌های بهداشتی ارائه دهد[۳۸].

۱-۲-۴-سیستم‌های تشخیصی

نظریه کنترل در سیستم‌های تشخیصی پزشکی به بهبود دقت و سرعت تشخیص بیماری‌ها کمک می‌کند. این سیستم‌ها با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته، می‌توانند داده‌های بالینی و تصویربرداری را تجزیه و تحلیل کنند و اطلاعات مهم را برای پزشکان فراهم آورند.از جمله کاربردهای کلیدی، تصویربرداری پزشکی است که شامل تکنیک‌هایی مانند MRI، CT scan و سونوگرافی می‌شود. در این سیستم ها، کنترل دقیق کیفیت تصاویر و پردازش داده‌ها به پزشکان این امکان را می‌دهد که نتایج قابل اعتمادی را برای تشخیص بیماری‌ها به دست آورند.

سیستم‌های تشخیص بیولوژیکی نیز به کمک نظریه کنترل به بررسی پارامترهای فیزیولوژیکی بیماران می‌پردازند. به‌عنوان مثال، در آزمایشگاه‌های تشخیصی، این سیستم‌ها قادر به آنالیز نمونه‌های خون و تعیین وضعیت سلامت بیمار به طور دقیق و سریع هستند. در تشخیص زودهنگام سرطان و بیماری‌های مزمن، الگوریتم‌های کنترلی می‌توانند تحلیل‌های پیچیده‌ای را بر روی داده‌های بیماران انجام دهند و خطر ابتلا به بیماری‌ها را پیش‌بینی کنند.

[1] Magnetic Resonance Imaging
[2] Computed Tomography Scan

افزون بر این، سیستم‌های هوش مصنوعی که به تشخیص بیماری‌ها کمک می‌کنند، بر اساس داده‌های واقعی و آموزش‌های ماشین، توانایی شناسایی نشانه‌های اولیه بیماری‌ها را افزایش می‌دهند.

این سیستم‌ها به پزشکان این امکان را می‌دهند که تصمیمات بهینه‌تری را در مورد درمان بیمار اتخاذ کنند و دقت تشخیص را به‌طور قابل توجهی افزایش دهند.

به طور کلی، ادغام نظریه کنترل در سیستم‌های تشخیصی پزشکی به مانند یک پل ارتباطی بین داده‌های بالینی و تصمیم‌گیری‌های پزشکی عمل کرده و باعث بهبود کیفیت خدمات درمانی می‌شود[۳۹و۴۰].

۴-۲-۲- کنترل درمان و مدیریت دارو

نظریه کنترل در مدیریت دارو و درمان به عنوان ابزاری حیاتی برای بهینه‌سازی فرآیندهای پزشکی و ارتقاء کیفیت زندگی بیماران به کار می‌رود. یکی از اصلی‌ترین کاربردهای آن، کنترل خودکار دوز دارو، به ویژه در بیماران دیابتی است.سیستم‌های پمپ انسولین می‌توانند به‌طور پیوسته سطح قند خون را اندازه‌گیری و دوز مناسب انسولین را بر اساس داده‌های ورودی تنظیم کنند.

همچنین، در مدیریت درمان بیماری‌های مزمن، الگوریتم‌های کنترل می‌توانند با تجزیه و تحلیل داده‌های کلینیکی و تاریخچه پزشکی بیمار، دوز دارو را بر اساس نیازهای فردی تنظیم کنند.این شخصی‌سازی درمان می‌تواند به کاهش عوارض جانبی و افزایش اثربخشی درمان کمک کند.

در سیستم‌های نظارت بر بیمار، کنترل دقیق برای ردیابی علائم حیاتی و تنظیم درمان‌های فوری مانند تجویز داروهای مسکن یا آرام بخش ضروری است. این سیستم‌ها می‌توانند در مواقع بحرانی به صورت خودکار برای بیمار اقدامات لازم را انجام دهند.

در پلتفرم‌های داروسازی هوشمند، نظریه کنترل با هدف بهینه‌سازی سیستم‌های توزیع دارو، زمان‌بندی و اطمینان از صحیح بودن دوز مصرفی به کار می‌رود.

علاوه بر این، استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در کنترل درمان، به علاوه اطلاعات بزرگ و یادگیری ماشین، امکان پیش‌بینی عوارض جانبی و پیشنهاد تغییرات در برنامه درمانی را فراهم می‌آورد.

در نهایت، با ترکیب نظریه کنترل در درمان و مدیریت دارو، بیمارستان‌ها و کلینیک‌ها قادر به بهبود کیفیت و سرعت خدمات درمانی شده و می‌توانند نتایج بهتری را برای بیماران ارائه دهند[۴۱].

۴-۳-کاربردهای نظریه کنترل در اقتصاد

نظریه کنترل در اقتصاد به تحلیل و بهینه‌سازی فرآیندهای اقتصادی و تصمیم‌گیری‌های مالی کمک می‌کند. یکی از کاربردهای کلیدی آن، مدل‌سازی سیاست‌های اقتصادی است که دولت‌ها و بانک‌های مرکزی از آن برای تنظیم نرخ بهره و کنترل تورم استفاده می‌کنند. این مدل‌ها به شناسایی سیگنال‌های اقتصادی و پیش‌بینی رفتار بازار کمک می‌کنند.

همچنین، در مدیریت مالی و سرمایه‌گذاری، سیستم‌های کنترلی برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری و کاهش خطرات مالی به‌کار می روند. این سیستم‌ها می‌توانند نوسانات بازار را تحلیل کرده و استراتژی‌های مناسبی برای سرمایه‌گذاری انتخاب کنند.

در اقتصاد کلان، نظریه کنترل به توسعه مدل‌های دینامیکی کمک می‌کند که تعاملات بین متغیرهای اقتصادی مانند قیمت‌ها، تولید و اشتغال را شبیه‌سازی می‌کند.

در زمینه تحلیل ریسک‌های اقتصادی، با استفاده از کنترل‌های پیشرفته، تحلیل‌گران می‌توانند سناریوهای مختلف را شبیه‌سازی کرده و تأثیرات متغیرهای مختلف اقتصادی بر ثبات مالی را ارزیابی کنند.

علاوه بر این، سیستم‌های هوشمند تصمیم‌گیری در بازارهای مالی به‌کار می‌روند تا اطلاعات بلادرنگ را تحلیل کنند و به سرمایه‌گذاران در اتخاذ تصمیم‌های سریع و هوشمند کمک کنند.

نظریه کنترل همچنین در مدیریت زنجیره تأمین و بهینه‌سازی عملیات شرکت‌های بزرگ، برای کاهش هزینه‌ها و بهبود کارایی فرآیندهای عملیاتی در نظر گرفته می‌شود.

در نهایت، ادغام نظریه کنترل در اقتصاد به تحقق تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر داده و بهینه‌سازی روندهای اقتصادی منجر می‌شود که می تواند اثرات مثبت گسترده‌ای بر روی رشد و پایداری اقتصادی داشته باشد[۴۲و۴۳].

۱-۳-۴-پیش‌بینی الگوها

پیش‌بینی الگوها در اقتصاد با استفاده از نظریه کنترل به شناسایی و تحلیل روندهای اقتصادی و رفتارهای بازار کمک می‌کند. این فرآیند شامل جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌های اقتصادی مانند تولید، اشتغال، و قیمت‌ها است.با استفاده از مدل‌های دینامیکی، اقتصاددانان می‌توانند روابط پیچیده میان این متغیرها را شبیه‌سازی کرده و نتایج مختلف را پیش‌بینی کنند.

مدل‌های کنترل پیش‌بین به عنوان ابزارهای کلیدی برای ارزیابی و پیش‌بینی نوسانات اقتصادی عمل می‌کنند. به‌طور خاص، این مدل‌ها می‌توانند نقاط عطفی را شناسایی کنند که نشان‌دهنده تغییرات مهم در چرخه‌های اقتصادی است، زیرا شرایط اقتصادی ممکن است تحت تأثیر عوامل داخلی و خارجی قرار گیرد.

نظریه کنترل همچنین به توسعه مدل‌های آمار اقتصادی کمک می‌کند که به تحلیل رفتار بازار و شناسایی الگوهای تکراری می‌پردازند. این مدل‌ها به ویژه در شبیه‌سازی سناریوهای مختلف و پیش‌بینی تأثیر سیاست‌های اقتصادی جدید بسیار مؤثر هستند.

در بازارهای مالی، پیش‌بینی الگوها می‌تواند به سرمایه‌گذاران در شناسایی روندهای مهم و نقاط خرید یا فروش استراتژیک کمک کند. الگوهای شناسایی شده می‌توانند معیارهایی برای تصمیم‌گیری‌های مالی بهتر باشند.

علاوه بر این، در تحلیل ریسک، پیش‌بینی الگوهای اقتصادی به شناسایی نقاط ضعف و تهدیدات احتمالی کمک می‌کند و به سازمان‌ها این امکان را می‌دهد که استراتژی‌های مؤثرتر برای مدیریت ریسک اتخاذ کنند.

در نهایت، ادغام نظریه کنترل در پیش‌بینی الگوها، به تصمیم‌گیری‌های اقتصادی مبتنی بر داده و بهبود پایداری و رشد اقتصادی کمک می‌کند و نمایی روشن‌تر از آینده اقتصادی فراهم می‌کند[۴۴و۴۵].

۲-۳-۴-مدیریت منابع مالی و انسانی

مدیریت منابع مالی و انسانی یکی از زمینه‌های کلیدی کاربرد نظریه کنترل در اقتصاد است که به بهینه‌سازی فرآیندها و منابع کمک می‌کند. در حوزه مدیریت مالی، استفاده از مدل‌های کنترلی می‌تواند به سازمان‌ها کمک کند تا تخصیص بهینه منابع مالی خود را انجام دهند. به‌این‌ترتیب، تصمیم‌گیری‌های مالی می‌تواند بر اساس بررسی‌های دقیق و شبیه‌سازی‌های اقتصادی انجام گیرد تا از هزینه‌ها کاسته شود و بازده مناسبی به‌دست آید.

در بخش مدیریت منابع انسانی، نظریه کنترل به بررسی و تحلیل عملکرد کارکنان و شناسایی نیازهای آموزشی و پیشرفت حرفه‌ای کمک می‌کند.با استفاده از سیستم‌های ارزیابی و نظارت، می‌توان به بهبود راندمان کار و افزایش رضایت شغلی دست یافت.

مدل‌های کنترلی همچنین در تعیین استراتژی‌های استخدام و حفظ استعداد مؤثر هستند. این سیستم‌ها می‌توانند پیش‌بینی کنند که کدام افراد و مهارت‌ها برای ایجاد ارزش بیشتر در سازمان ضروری هستند.

در توسعه برنامه‌های آموزشی و مربی‌گری برای کارکنان، استفاده از تحلیل‌های کنترلی می‌تواند به شناسایی مؤثرترین روش‌ها و محتوای آموزشی کمک کند.

علاوه بر این، مدیریت زمان و منابع در پروژه‌ها به کمک نظریه کنترل می‌تواند به تخصیص بهینه وظایف و منابع منجر شود و به کاهش هزینه‌ها و زمان ناکارآمدی کمک کند.

نهایتاً، ادغام نظریه کنترل با رویکردهای مدرن مدیریت منابع انسانی می‌تواند به تقویت عملکرد سازمانی و بهبود همکاری بین تیم‌ها منجر شود، که در نهایت به رشد و موفقیت پایدار سازمان کمک می‌کند[۴۶-۴۸].

۵-چالش‌ها و شکاف‌های موجود در تحقیقات

تحقیقات در حوزه نظریه کنترل و کاربردهای آن با چالش‌های متعددی روبه‌رو است که مانع از پیشرفت سریع‌تر این علم می‌شود. یکی از چالش‌های اصلی، کمبود داده‌های دقیق و جامع است که باعث می‌شود مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌های اقتصادی دقت لازم را نداشته باشند. نبود داده‌های قابل‌اعتماد می‌تواند تحلیل‌ها و پیش‌بینی‌ها را تحت تأثیر قرار دهد و منجر به تصمیم‌گیری‌های نادرست شود.

علاوه بر این، توسعه مدل‌های کنترلی پیچیده که قادر به انطباق با شرایط متغیر و دینامیک محیط‌های اقتصادی باشند، به دانش، زمان و منابع زیادی نیاز دارد. این موضوع می‌تواند به تأخیر در اجرای راهکارهای نوآورانه منجر شود.

چالش دیگر، عدم هم‌افزایی بین رشته‌ها است .پژوهشگران گاهی اوقات در طراحی مطالعات بین‌رشته‌ای ناکام می‌مانند؛ در حالی که ترکیب نظریه کنترل با رشته‌هایی نظیر اقتصاد، علوم داده و مهندسی می‌تواند به نتایج بهتری منجر شود.

همچنین، عدم تأکید بر جنبه‌های انسانی در مدیریت منابع انسانی، یکی از شکاف‌های موجود در تحقیقات است. تمرکز بیش از حد بر داده‌ها و مدل‌ها می‌تواند از دیدگاه‌های مهم انسانی غافل شود که در تصمیم‌گیری‌های سازمانی حیاتی هستند.

هزینه بالای تحقیقات و آزمایش‌ها نیز یکی از موانع مهم است، به ویژه در کشورهای در حال توسعه که از نظر مالی محدودیت دارند.

در نهایت، انتقال نتایج تحقیقات به عمل و پیاده‌سازی آنها در صنعت، چالشی است که نیاز به همکاری بیشتر بین دانشگاه‌ها و بخش‌های صنعتی دارد. ایجاد پل ارتباطی میان تحقیق و عمل می‌تواند به تسریع پذیرش نوآوری‌ها و ارتقاء کیفیت تحقیقات کمک کند[۴۹-۵۶].

۵-۱-عدم انسجام در ادغام رویکردها

عدم انسجام در ادغام رویکردهای مختلف یکی از چالش‌های کلیدی در تحقیقات مرتبط با نظریه کنترل و کاربردهای آن است. بسیاری از روش‌ها و فنون نظریه کنترل در رشته‌های مختلف، به‌ویژه در حوزه‌های اقتصادی و پزشکی، وجود دارند اما این رویکردها به‌ندرت به طور مؤثر با یکدیگر ترکیب می‌شوند. این عدم هم‌افزایی می‌تواند به بهینه‌سازی ناقص فرآیندها و تصمیم‌گیری‌های نادرست منجر شود.

به‌علاوه، فقدان یک چارچوب نظری کلی که بتواند این رویکردهای متفاوت را به یکدیگر مرتبط سازد، منجر به ایجاد شکاف‌های قابل توجهی در تحقیقات شده است.محققان غالباً به صورت جزیره‌ای کار می‌کنند و تبادل ایده‌ها و داده‌ها بین حوزه‌های مختلف به حداقل می‌رسد.

همچنین، عدم وجود یک زبان مشترک در میان پژوهشگران در زمینه‌های گوناگون می‌تواند درک و همکاری میان آنها را دشوار سازد. این مسئله باعث می‌شود که نتایج تحقیقات نتوانند به راحتی به عمل منتقل شوند و در عمل پیاده‌سازی شوند.

علاوه بر این، تفاوت در رویکردهای تحلیلی و تجربی، نتایج متناقضی را به همراه دارد که ممکن است تحلیل‌های آینده را تحت تأثیر قرار دهد.

به منظور رفع این چالش، نیاز به مشارکت‌های بین‌رشته‌ای و تلاش برای ایجاد یک فهم مشترک از رویکردهای نظری و عملی در تحقیقات اقتصادی و پزشکی وجود دارد.

در نهایت، ایجاد یک پلتفرم مشترک برای تبادل اطلاعات و تجربیات بین محققان، می‌تواند به بهبود ادغام رویکردهای مختلف کمک کند و نتایج بهینه‌تری را برای حل مسائل پیچیده ارائه دهد[۵۷-۵۹].

۵-۲-محدودیت‌های موجود در ابزارهای موجود

محدودیت‌های موجود در ابزارهای تحقیقاتی یکی از چالش‌های اصلی در حوزه نظریه کنترل و کاربردهای آن در اقتصاد و پزشکی است. بسیاری از این ابزارها به دلیل قدیمی بودن یا طراحی ناکافی نمی‌توانند نیازهای پیچیده و متغیر محیط‌های فعلی را برآورده کنند. این موضوع باعث می‌شود که محققان نتوانند به دقت و صحت لازم در تحلیل‌ها و مدل‌سازی‌های خود دست یابند.

همچنین، کمبود قابلیت‌های تحلیلی و پردازشی در برخی از ابزارهای موجود، استفاده از داده‌های بزرگ و پیچیده را دشوار می‌سازد. این کمبودها می‌تواند به ناتوانی در شبیه‌سازی و پیش‌بینی رفتار سیستم‌های اقتصادی و بالینی منجر شود.

به علاوه، بسیاری از ابزارها نیاز به آموزش تجویزی دارند و محققان و کاربران ممکن است با توانایی عملیاتی آنها آشنا نباشند. عدم وجود منابع آموزشی مناسب می‌تواند مانع از استفاده مؤثر از این ابزارها شود.

وجود نگرانی‌های مالی نیز از دیگر محدودیت‌هاست، زیرا تجهیز و به‌روز رسانی ابزارهای تحقیقاتی هزینه‌بر بوده و برای بسیاری از موسسات، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، قابل تأمین نیست.

علاوه بر این، عدم یکپارچگی در طراحی سیستم‌ها باعث می‌شود که داده‌ها و مدل‌های مختلف به‌سختی با یکدیگر سازگار شوند، که می تواند به نتایج غیرقابل اعتماد منجر شود.

در نهایت، در مواجهه با این محدودیت‌ها، لازم است که پژوهشگران و سازمان‌ها به دنبال توسعه و بهبود ابزارهای موجود باشند و روش های جدیدی برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها ایجاد کنند تا بتوانند به بهینه‌سازی تصمیم‌گیری‌ها و نتایج در زمینه‌های مختلف کمک کنند[۶۰-۶۷].

۵-۳- نیاز به پژوهش‌های بین‌رشته‌ای

نیاز به پژوهش‌های بین‌رشته‌ای یکی از چالش‌های اساسی در تحقیقات نظریه کنترل و کاربردهای آن در حوزه‌های مختلف مانند اقتصاد و پزشکی است. این تحقیقات به دلیل پیچیدگی‌های موجود در فرآیندها و سیستم‌ها، نیاز به ادغام دیدگاه‌ها و شیوه‌های مختلف علمی دارند. در حالی که هر رشته به تنهایی می‌تواند دیدگاه‌های خاصی ارائه دهد، اما ترکیب این دیدگاه‌ها می‌تواند به درک بهتری از پدیده های پیچیده کمک کند[۶۸].

در زمینه مدیریت منابع انسانی و مالی، برای حل مسائل اقتصادی یا مشکلات پزشکی، همکاری نزدیک میان متخصصان اقتصاد، مهندسی، پزشکی و روانشناسی به ایجاد استراتژی‌های موثرتر منجر می‌شود.عدم وجود این همکاری می‌تواند منجر به نتایج ناقص و غیرقابل‌اعتماد گردد.

همچنین، در تحلیل داده‌های بزرگ و هوش مصنوعی، نیاز به متخصصان از رشته‌های مختلف وجود دارد تا از تکنیک‌ها و ابزارهای متنوع بهره ببرند و به تحلیل دقیقتری دست یابند. تلاش برای ایجاد مدل‌های جامع‌تری که قادر به پوشش‌دهی جنبه‌های مختلف یک مسئله باشد، نیازمند همکاری میان رشته‌هایی نظیر علوم کامپیوتر، ریاضیات، و علوم اجتماعی است.

عدم توجه کافی به پژوهش‌های بین‌رشته‌ای همچنین می‌تواند به کپی‌برداری از اشتباهات گذشته و تکرار آنها منجر شود و دقت و اثربخشی پژوهش‌ها را کاهش دهد.

در نهایت، ایجاد پلتفرم‌های مشترک و کنفرانس‌های بین‌رشته‌ای می‌تواند به تبادل ایده‌ها و تجارب مختلف کمک کند و به دانشمندان و پژوهشگران امکان دهد تا به ساختارهای جدید و نوآورانه دست یابند. این رویکرد نه‌تنها به غنی‌تر شدن تحقیقات کمک می‌کند، بلکه به پیشبرد مسائل اجتماعی و بهبود کیفیت زندگی در جوامع نیز منجر می‌شود[۶۹-۷۱].

۶-نوآوری‌ها و روندهای آینده

در سال‌های اخیر، نوآوری‌ها و روندهای جدید در نظریه کنترل و کاربردهای آن در اقتصاد و پزشکی به طور چشم‌گیری افزایش یافته است[۷۲]. یکی از مهم‌ترین روندها، استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در مدل‌سازی و پیش‌بینی‌های اقتصادی است که به پژوهشگران این امکان را می‌دهد تا الگوهای پیچیده را به‌راحتی شناسایی کنند و نتایج دقیق‌تری ارائه دهند.

همچنین، توسعه الگوریتم‌های پیشرفته برای تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ، به سازمان‌ها و محققان کمک می‌کند تا از این داده‌ها به صورت کارآمدتر بهره‌برداری کنند و تصمیمات بهینه‌تری اتخاذ کنند.

در پزشکی، نسل جدید سیستم‌های هوشمند برای پایش وضعیت بیماران به صورت بلادرنگ در حال ظهور است. این سیستم‌ها به کمک حسگرهای پیشرفته و یادگیری عمیق می‌توانند تغییرات جزئی در علائم بیماران را شناسایی و به مدیران پزشکی هشدار دهند.

مدل‌های اقتصادی قابل انطباق که قادر به واکنش سریع به تغییرات بازار هستند، نیز به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند و این امکان را فراهم می‌کنند که استراتژی‌های اقتصادی به طور مداوم به‌روز شوند.

استفاده از تحلیل‌های فضایی و جغرافیایی در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی و بهداشتی، به تجزیه و تحلیل داده‌ها در بسترهای جغرافیایی کمک می‌کند و امکان شناسایی الگوهای فضایی و نواحی آسیب‌پذیر را فراهم می‌آورد.

با توجه به افزایش علاقه به پایداری و مسئولیت اجتماعی، رویکردهای جدیدی به سمت بهینه‌سازی مصرف منابع و کاهش تأثیرات منفی بر محیط‌زیست شکل می‌گیرد[۷۳و۷۴].

در نهایت، همکاری‌های بین‌رشته‌ای و ایجاد کنسرسیوم‌های پژوهشی می‌تواند به تسریع روند نوآوری و توسعه تکنیک‌های جدید منجر شود که پاسخگوی چالش‌های پیچیده امروز باشند. این تحولات، در نهایت می‌تواند به بهبود کارایی و اثر بخشی در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی و پزشکی کمک کند[۷۵].

۶-۱- ادغام هوش مصنوعی و داده‌کاوی

ادغام هوش مصنوعی و داده‌کاوی به‌عنوان یکی از نوآوری‌های برجسته در حوزه‌های مختلف علمی و صنعتی در حال شکل‌گیری است. این ترکیب به پژوهشگران و تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد که از حجم‌های بالای داده‌های موجود بهره‌برداری کنند و الگوها و

بینش‌های مهمی را استخراج نمایند.هوش مصنوعی با الگوریتم‌های پیشرفته خود، می‌تواند فرآیند تحلیل داده‌ها را تسریع بخشد و به شناسایی رابطه‌ها و الگوهای پیچیده‌ای پردازد که ممکن است به‌راحتی قابل شناسایی نباشند.

این ادغام به‌ویژه در حوزه‌های اقتصادی و پزشکی دارای اهمیت خاصی است؛ به عنوان مثال، در اقتصاد، می‌توان از طریق تحلیل داده های بزرگ بازار، روندهای اقتصادی و نیازهای مصرف‌کنندگان را پیش‌بینی کرد.در پزشکی نیز، هوش مصنوعی می‌تواند به پردازش و تحلیل اطلاعات بیماران و بهبود دقت تشخیص بیماری‌ها کمک کند.

همچنین، استفاده از یادگیری ماشین درداده کاوی[1] می‌تواند به بهینه‌سازی فرآیندها و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری منجر شود.با این روش ها، سازمان‌ها می‌توانند تصمیمات بهتری مبتنی بر داده و تحلیل‌های عمیق اتخاذ کنند.

چالش‌هایی نیز وجود دارد؛ مانند نیاز به داده‌های با کیفیت و مناسب و توجه به مسائل حریم خصوصی. در نهایت، این روند تسریع در ادغام هوش مصنوعی و داده‌کاوی می‌تواند به شکل‌گیری راهکارهای نوآورانه و کارآمدتر در بهینه‌سازی تصمیم‌گیری‌ها کمک کند و به پیشرفت‌های چشمگیری در حوزه‌های مختلف منجر شود[۷۶].

۲-۶- توسعه تکنیک‌های بهینه‌سازی چندهدفه

توسعه تکنیک‌های بهینه‌سازی چندهدفه به عنوان یکی از روندهای نوآورانه در نظریه کنترل و کاربردهای آن در اقتصاد و علوم پزشکی در حال شکل‌گیری است. در بسیاری از موقعیت‌ها، تصمیم‌گیری بهینه نه تنها بر اساس یک هدف، بلکه نیازمند در نظر گرفتن چندین هدف مختلف و اغلب متضاد است. این موضوع به ویژه در زمینه‌های پیچیده‌ای مانند مدیریت منابع طبیعی، بهداشت عمومی و ارزیابی سیاست‌های اقتصادی اهمیت دارد.

این تکنیک‌ها به کمک مدل‌سازی ریاضی و الگوریتم‌های پیشرفته می‌توانند به شناسایی راه‌حل‌های بهینه‌ای بپردازند که منجر به دستیابی به چندین هدف همزمان می‌شود. به عنوان مثال، در مدیریت مالی، سازمان‌ها می‌توانند همزمان حداکثرسازی سود و کاهش ریسک را مدنظر قرار دهند.

استفاده از روش‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در بهینه‌سازی چندهدفه نیز افزایش یافته است[۷۷و۷۸]. این تکنیک‌ها با تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ و شناسایی الگوها، می‌توانند به محققان و تصمیم‌گیرندگان در رسیدن به نتایج ترکیبی بهینه کمک کنند.

به‌علاوه، توسعه الگوریتم‌های ژنتیک و برنامه‌ریزی پویا در این راستا به بهبود کارایی و سرعت در جستجوی راه‌حل‌های بهینه کمک کرده است. این روش‌ها قادر به یافتن تعادلی میان اهداف متضاد و ارائهٔ گزینه‌های متنوع برای تصمیم‌گیری هستند.

چالش‌های موجود در بهینه‌سازی چندهدفه که شامل ناهمگونی اهداف و پیچیدگی محاسبات است، هنوز نیازمند تحقیقات بیشتر و ابزارهای بهبود یافته است.

در نهایت، پیشرفت در این تکنیک‌ها می‌تواند به بهبود کیفیت تصمیم‌گیری در زمینه‌های مختلف منجر شود و به مدیران این امکان را دهد که با اطمینان بیشتری گزینه‌هایی متوازن و کارآمد انتخاب کنند[۷۹].

۳-۶-تاثیر تحولات تکنولوژیک بر روی نظریه کنترل

[1] Data Mining

تحولات تکنولوژیک تأثیر عمیق و مثبتی بر نظریه کنترل و کاربردهای آن داشته‌اند و این روند همچنان در حال پیشرفت است. یکی از عمده‌ترین تأثیرات، افزایش توان محاسباتی و سرعت پردازش داده‌ها است که به پژوهشگران این امکان را می‌دهد تا مدل‌های پیچیده تری را توسعه دهند و داده‌های بزرگ را به‌طور مؤثرتری تحلیل کنند[۸۰و۸۱].

استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در نظریه کنترل نیز به شکل‌گیری الگوریتم‌های جدید و بهینه منجر شده است که می توانند به تصمیم‌گیری‌های خودکار و افزایش دقت پیش‌بینی‌ها کمک کنند. این استراتژی‌های هوشمند می‌توانند به شناسایی الگوهای پنهان در داده‌ها و بهینه‌سازی فرآیندهای پیچیده در زمان واقعی بپردازند.

علاوه بر این، دستگاه‌های حسگر و اینترنت اشیاء (IoT)به گسترش قابلیت‌های جمع‌آوری داده‌ها و پایش وضعیت در زمان واقعی کمک کرده‌اند. این تکنولوژی‌ها می‌توانند اطلاعات زنده و دقیقی را به سیستم‌های کنترلی ارائه دهند و به بهبود کارایی و پاسخگویی آنها کمک کنند.

در حوزه‌های پزشکی، این تحولات به سیستم‌های پایش سلامت و ایجاد روش‌های درمانی فردمحور منجر شده است که می‌تواند به بهبود کیفیت درمان و مدیریت بیماری‌ها کمک کند.

تکنولوژی‌های مانند بلاک‌چین نیز پتانسیل بالایی برای افزایش شفافیت و امنیت در فرآیندهای کنترلی دارند و می‌توانند به اعتمادسازی در تصمیمات اقتصادی و اجتماعی کمک کنند.

با وجود این امکانات پیشرفته، باید به چالش‌های مربوط به حفظ امنیت داده‌ها و حریم خصوصی نیز توجه کرد .در نهایت، تأثیر تحولات تکنولوژیک بر نظریه کنترل، امکان ایجاد سیستم‌های پاسخگو و کارآمدتر را فراهم کرده و به شکل‌دهی آینده‌ای نوین در فرآیندهای تصمیم‌گیری کمک می‌کند[۸۲-۸۴].

۷-نتیجه‌گیری

نظریه کنترل به‌عنوان یک چارچوب علمی محوری، به ما ابزارهای ضروری برای مدیریت و تحلیل پیچیدگی‌های اقتصادی و پزشکی ارائه می‌دهد. این نظریه با استفاده از نوآوری‌ها و تکنیک‌های جدید، امکان تصمیم‌گیری بهینه و عملکرد بهبود یافته در سیستم‌های مختلف را فراهم می‌کند. چالش‌های موجود، از جمله عدم انسجام در ادغام رویکردها و محدودیت‌های ابزارهای تحقیقاتی، نیاز به تحقیقات بیشتر و بین‌رشته‌ای را برجسته می‌کند.

توسعه تکنیک‌های بهینه‌سازی چندهدفه و تأثیر تحولات تکنولوژیک بر نظریه کنترل، نشان‌دهنده یک افق جدید در شیوه‌های تحقیق و کاربردهای عملی است. پیشرفت‌هایی نظیر هوش مصنوعی و جمع‌آوری داده‌های بزرگ، این امکان را می‌دهد که به حل مسائل پیچیده و چندبعدی بپردازیم. در این راستا، همکاری بین‌رشته‌ای میان محققان و متخصصین از رشته‌های مختلف به افزایش کارایی و دقت در تصمیم‌گیری کمک خواهد کرد.

درنهایت ،آینده نظریه کنترل وابسته به انطباق با تحولات تکنولوژیک و آماده‌سازی برای چالش‌های جدید است. با توجه به روندهای کنونی، می‌توان انتظار داشت که نظریه کنترل در بهینه‌سازی تصمیمات اقتصادی و پزشکی نقش مهم‌تری را ایفا کند و به بهبود کیفیت زندگی بشر کمک کند.

۸-پیشنهادها برای تحقیقات آینده

۱- توسعه الگوریتم‌های یادگیری تقویتی برای بهینه‌سازی کنترل در سیستم‌های دینامیکی پیچیده

۲- ایجاد سیستم‌های کنترل هوشمند فازی برای بهبود دقت و پاسخگویی در شرایط عدم قطعیت

۳- استفاده از اینترنت اشیاء (IoT) به‌منظور پایش و کنترل لحظه‌ای سیستم‌های دینامیکی

۴- تحلیل داده‌های بزرگ برای شناسایی الگوهای حرکتی و بهینه‌سازی فرآیند کنترل

۵- ادغام حسگرهای پیشرفته برای افزایش دقت و کارایی سیستم‌های کنترلی

۶- پژوهش در زمینه یادگیری عمیق برای طراحی کنترلرهای هوشمند در سیستم‌های خودران

۷- ایجاد مدل‌های شبیه‌سازی دقیق به‌منظور بررسی و بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌ها

۸- ارزیابی روش‌های کنترل تطبیقی برای بهبود سیستم‌های دینامیکی در شرایط متغیر

۹- تحقیقات درباره امنیت سایبری در سیستم‌های کنترل هوشمند برای جلوگیری از تهدیدات

۱۰-توسعه استانداردهای بین‌المللی برای اطمینان از کارایی و قابلیت اطمینان سیستم‌های کنترلی هوشمند

منابع

[1] SARKER, Iqbal H. AI-based modeling: techniques, applications and research issues towards automation, intelligent and smart systems. *SN Computer Science*, 2022, 3.2: 158.

[2] LAMNABHI-LAGARRIGUE, Francoise, et al. Systems & control for the future of humanity, research agenda: Current and future roles, impact and grand challenges. *Annual Reviews in Control*, 2017, 43: 1-64.

[3] LYSHEVSKI, Sergey E. *Control systems theory with engineering applications*. Springer Science & Business Media, 2012.

[4] STRASSER, Thomas, et al. A review of architectures and concepts for intelligence in future electric energy systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2014, 62.4: 2424-2438.

[5] MITTAL, Sumit. Framework for Optimized Sales and Inventory Control: A Comprehensive Approach for Intelligent Order Management Application. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 2024, 72.3: 61-65.

[6] LIU, Yang, et al. Artificial intelligence in smart logistics cyber-physical systems: State-of-the-arts and potential applications. *IEEE Transactions on industrial cyber-physical systems*, 2023, 1: 1-20.

[7] ARAI, Kohei (ed.). *Intelligent Systems and Applications: Proceedings of the 2023 Intelligent Systems Conference (IntelliSys)*. Springer Nature, 2024.

[8] SCHINDEL, William D. Innovation, Risk, Agility, and Learning, Viewed as Optimal Control and Estimation. *INSIGHT*, 2024, 27.4: 33-42.

[9] FADLULLAH, Zubair Md, et al. State-of-the-art deep learning: Evolving machine intelligence toward tomorrow's intelligent network traffic control systems. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017, 19.4: 2432-2455.

[10] MOMOH, James A. Smart grid design for efficient and flexible power networks operation and control. In: *2009 IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition*. IEEE, 2009. p. 1-8.

[11] GROUMPOS, P. Why model complex dynamic systems using fuzzy cognitive maps?. *Robot Autom Eng J*, 2017, 1.3: 555563.

[12] VANLEHN, Kurt, et al. Learning how to construct models of dynamic systems: an initial evaluation of the dragoon intelligent tutoring system. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2016, 10.2: 154-167.

[13] PALKOVICS, László; FRIES, Ansgar. Intelligent electronic systems in commercial vehicles for enhanced traffic safety. *Vehicle System Dynamics*, 2001, 35.4-5: 227-289.

LEITAO, Paulo, et al. Smart agents in industrial cyber–physical systems. Proceedings of the IEEE, 2016, 104.5: 1086-1101. [14]
SAPATY, Peter Simon. *Providing Integrity, Awareness, and Consciousness in Distributed Dynamic Systems*. CRC Press, 2024. [15]
LYSHEVSKI, Sergey E. *Control systems theory with engineering applications*. Springer Science & Business Media, 2012. [16]
NANAYAKKARA, Thrishantha; SAHIN, Ferat; JAMSHIDI, Mo. *Intelligent control systems with an introduction to system of systems engineering*. Crc Press, 2018. [17]
LIU, Derong, et al. Adaptive dynamic programming for control: A survey and recent advances. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2020, 51.1: 142-160. [18]
MBUNGU, Nsilulu T., et al. Control and estimation techniques applied to smart microgrids: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2023, 179: 113251. [19]
GARAKANI, Spalding. *Optimal Control Theory and Applications in Infectious Disease Modeling*. 2024. Master's Thesis. The University of Texas at San Antonio. [20]
ADENIRAN, A. O.; ONANAYE, A. S.; ADELEKE, O. J. Optimal control of Cocoa Black pod disease: A multi-pronged approach. *Franklin Open*, 2024, 7: 100100. [21]
CARPANZANO, Emanuele; KNÜTTEL, Daniel. Advances in artificial intelligence methods applications in industrial control systems: Towards cognitive self-optimizing manufacturing systems. *Applied Sciences*, 2022, 12.21: 10962. [22]
TANG, Jian, et al. An Overview of Artificial Intelligence Application for Optimal Control of Municipal Solid Waste Incineration Process. *Sustainability*, 2024, 16.5: 2042. [23]
GHAMARI, Seyyedmorteza, et al. Design of An Adaptive Robust PI Controller for DC/DC Boost Converter using Reinforcement-Learning Technique and Snake Optimization Algorithm. *IEEE Access*, 2024. [24]
PRASAD, Lal Bahadur; TYAGI, Barjeev; GUPTA, Hari Om. Modelling and simulation for optimal control of nonlinear inverted pendulum dynamical system using PID controller and LQR. In: *2012 Sixth Asia Modelling Symposium*. IEEE, 2012. p. 138-143. [25]
MOUSA, M. E.; EBRAHIM, Mohamed Ahmed; MOUSTAFA HASSAN, M. A. Optimal fractional order proportional—integral—differential controller for inverted pendulum with reduced order linear quadratic regulator. *Fractional Order Control and Synchronization of Chaotic Systems*, 2017, 225-252. [26]
SRIVASTAVA, Saurabh, et al. An optimal PID controller via LQR for standard second order plus time delay systems. *ISA transactions*, 2016, 60: 244-253. [27]
MANDIĆ, Petar D., et al. A new optimisation method of PIDC controller under constraints on robustness and sensitivity to measurement noise using amplitude optimum principle. *International Journal of Control*, 2024, 97.1: 36-50. [28]
CHEN, Guangjun; DONG, Jiuxiang. Approximate optimal adaptive prescribed performance control for uncertain nonlinear systems with feature information. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2024. [29]
HE, Zhaoyu; GUO, Weimin; ZHANG, Peng. Performance prediction, optimal design and operational control of thermal energy storage using artificial intelligence methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2022, 156: 111977. [30]
VLADAREANU, Luige, et al. Advanced Intelligent Control in Robots. *Sensors*, 2023, 23.12: 5699. [31]
AUTSOU, Siarhei, et al. Principles and Methods of Servomotor Control: Comparative Analysis and Applications. *Applied Sciences*, 2024, 14.6: 2579. [32]
AL-QAOUD, Fatima, et al. The Development of the Artificial Intelligence in The Fields of Engineering, Medicine and Manufacturing Industries. In: *Proceedings of the 3rd International Multi-Disciplinary Conference:"Integrated Sciences and Technologies", IMDC-IST 2023, 25-27 October 2023, Yola, Nigeria*. 2024. [33]
ENGELBERG, Shlomo. *Mathematical Introduction To Control Theory, A*. World Scientific, 2024. [34]
DELLA SANTINA, Cosimo; DURIEZ, Christian; RUS, Daniela. Model-based control of soft robots: A survey of the state of the art and open challenges. *IEEE Control Systems Magazine*, 2023, 43.3: 30-65. [35]
LENG, Jiewu, et al. Unlocking the power of industrial artificial intelligence towards Industry 5.0: Insights, pathways, and challenges. *Journal of Manufacturing Systems*, 2024, 73: 349-363. [36]
GEN, Mitsuo; LIN, Lin. Nature-inspired and evolutionary techniques for automation. In: *Springer Handbook of Automation*. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 483-508. [37]
WONG, Kelvin KL. *Cybernetical intelligence: Engineering cybernetics with machine intelligence*. John Wiley & Sons, 2023. [38]

DING, Steven X. *Advanced methods for fault diagnosis and fault-tolerant control*. Springer Berlin Heidelberg, 2021. [39]
KORBICZ, Józef, et al. (ed.). *Fault diagnosis: models, artificial intelligence, applications*. Springer Science & Business Media, 2012. [40]
DAS, Anusmita, et al. An optimally controlled chemotherapy treatment for cancer eradication. *International Journal of Modelling and Simulation*, 2024, 44.1: 44-59. [41]
ADAMA, Henry Ejiga, et al. Economic theory and practical impacts of digital transformation in supply chain optimization. *International Journal of Advanced Economics*, 2024, 6.4: 95-107. [42]
PETROPOULOS, Fotios, et al. Operational Research: methods and applications. *Journal of the Operational Research Society*, 2024, 75.3: 423-617. [43]
XUEMEI, Li, et al. A summary of grey forecasting and relational models and its applications in marine economics and management. *Marine economics and management*, 2019, 2.2: 87-113. [44]
ALEKSEEVA, Tatiana. Forecasting and control in nonlinear economic models with application to economic policy. 2024. [45]
FRINK, Dwight D.; KLIMOSKI, Richard J. Advancing accountability theory and practice: Introduction to the human resource management review special edition. *Human resource management review*, 2004, 14.1: 1-17. [46]
ARMSTRONG, Michael; TAYLOR, Stephen. *Armstrong's handbook of human resource management practice: A guide to the theory and practice of people management*. Kogan Page Publishers, 2023. [47]
BUDI, Mustafa, et al. The Influence of Human Resource Competency, Regional Finance Accounting System Implementation and Internal Control System on the Quality of Regional Financial Statement at Government Work Agencies (Skpk) of Bener Meriah Regency, Province of Aceh, Indonesia. *East African Scholars Journal of Economics, Business and Management Abbreviated Key Title: East African Scholars J Econ Bus Manag*, 2020, 3: 609-616. [48]
LAMNABHI-LAGARRIGUE, Francoise, et al. Systems & control for the future of humanity, research agenda: Current and future roles, impact and grand challenges. *Annual Reviews in Control*, 2017, 43: 1-64. [49]
AMIN, S. Massoud. Smart grid: Overview, issues and opportunities. advances and challenges in sensing, modeling, simulation, optimization and control. *European Journal of Control*, 2011, 17.5-6: 547-567. [50]
PARVIN, Khadija, et al. Intelligent controllers and optimization algorithms for building energy management towards achieving sustainable development: challenges and prospects. *IEEE Access*, 2021, 9: 41577-41602. [51]
KOUFOS, Konstantinos, et al. Trends in intelligent communication systems: review of standards, major research projects, and identification of research gaps. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 2021, 10.4: 60. [52]
LEE, Min-Fan Ricky. A Review on intelligent control theory and applications in process optimization and smart manufacturing. *Processes*, 2023, 11.11: 3171. [53]
ADLER, Rasmus, et al. A research roadmap for trustworthy dynamic systems of systems-motivation challenges and research directions. *Fraunhofer IESE, Germany, Tech. Rep*, 2023, 1. [54]
ALLGÖWER, Frank, et al. Position paper on the challenges posed by modern applications to cyber-physical systems theory. *Nonlinear Analysis: Hybrid Systems*, 2019, 34: 147-165. [55]
ANTSAKLIS, Panos. Defining intelligent control. *Report of the Task Force on Intelligent Control IEEE Control Systems Society*, 1993. [56]
MOLINA, Arturo, et al. Next-generation manufacturing systems: key research issues in developing and integrating reconfigurable and intelligent machines. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2005, 18.7: 525-536. [57]
OSPINA CIFUENTES, Bayron Jesit, et al. Analysis of the Use of Artificial Intelligence in Software-Defined Intelligent Networks: A Survey. *Technologies*, 2024, 12.7: 99. [58]
OUESLATI, Raja, et al. Chaos Game Optimization: A comprehensive study of its variants, applications, and future directions. *Computer Science Review*, 2024, 53: 100647. [59]
SAMAD, Tariq; BALAS, Gary (ed.). *Software-enabled control: information technology for dynamical systems*. John Wiley & Sons, 2003. [60]
JENNINGS, Nicholas R.; WOOLDRIDGE, Michael. Applications of intelligent agents. *Agent technology: foundations, applications, and markets*, 1998, 3-28. [61]
SCHINDEL, William D. Innovation, Risk, Agility, and Learning, Viewed as Optimal Control and Estimation. *INSIGHT*, 2024, 27.4: 33-42. [62]
OLADOSU, Temidayo Lekan, et al. Energy management strategies, control systems, and artificial intelligence-based algorithms development for hydrogen fuel cell-powered vehicles: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2024, 61: 1380-1404. [63]

OSPINA CIFUENTES, Bayron Jesit, et al. Analysis of the Use of Artificial Intelligence in Software-Defined Intelligent Networks: A Survey. *Technologies*, 2024, 12.7: 99. [64]

AHMED, Ijaz, et al. A review on enhancing energy efficiency and adaptability through system integration for smart buildings. *Journal of Building Engineering*, 2024, 109354. [65]

ZOU, Zhengping, et al. Application of artificial intelligence in turbomachinery aerodynamics: progresses and challenges. *Artificial Intelligence Review*, 2024, 57.8: 222. [66]

GUNES, Volkan, et al. A survey on concepts, applications, and challenges in cyber-physical systems. *KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIS)*, 2014, 8.12: 4242-4268. [67]

KUSTERS, Remy, et al. Interdisciplinary research in artificial intelligence: challenges and opportunities. *Frontiers in big data*, 2020, 3: 577974. [68]

CALEGARI, Roberta, et al. Logic-based technologies for intelligent systems: State of the art and perspectives. *Information*, 2020, 11.3: 167. [69]

ARAGHI, Farhang Motallebi, et al. Identifying and assessing research gaps for energy efficient control of electrified autonomous vehicle Eco-Driving. *Machine Learning and Optimization Techniques for Automotive Cyber-Physical Systems*, 2023, 759-786. [70]

BITTENCOURT, João Carlos N., et al. A Survey on Adaptive Smart Urban Systems. *IEEE Access*, 2024. [71]

NJEGOVANOVIĆ, Ana. Complex Systems in Interdisciplinary Interaction. *Financ. Mark. Institutions Risks*, 2024, 8: 94-107. [72]

BITTENCOURT, João Carlos N., et al. A Survey on Adaptive Smart Urban Systems. *IEEE Access*, 2024. [73]

NICA, Ionuț; DELCEA, Camelia; CHIRIȚĂ, Nora. Mathematical Patterns in Fuzzy Logic and Artificial Intelligence for Financial Analysis: A Bibliometric Study. *Mathematics*, 2024, 12.5: 782. [74]

EYO-UDO, N. Leveraging artificial intelligence for enhanced supply chain optimization. *Open Access Research Journal of Multidisciplinary Studies*, 2024, 7.2: 001-015. [75]

Intelligent control of dynamic systems: innovations and optimization applications in today's world, integration of artificial intelligence and data mining [76]

PARVIN, Khadija, et al. Intelligent controllers and optimization algorithms for building energy management towards achieving sustainable development: challenges and prospects. *IEEE Access*, 2021, 9: 41577-41602. [77]

DEB, Kalyanmoy. Multi-objective evolutionary algorithms. *Springer handbook of computational intelligence*, 2015, 995-1015. [78]

FAROKHI, A.; MAHMOODABADI, M. J. Optimal fuzzy inverse dynamics control of a parallelogram mechanism based on a new multi-objective PSO. *Cogent Engineering*, 2018, 5.1: 1443675. [79]

SARKER, Iqbal H. AI-based modeling: techniques, applications and research issues towards automation, intelligent and smart systems. *SN Computer Science*, 2022, 3.2: 158. [80]

BOTHRA, Priyanka, et al. How can applications of blockchain and artificial intelligence improve performance of Internet of Things?–A survey. Computer Networks, 2023, 224: 109634. [81]

GILL, Sukhpal Singh, et al. Transformative effects of IoT, Blockchain and Artificial Intelligence on cloud computing: Evolution, vision, trends and open challenges. *Internet of Things*, 2019, 8: 100118. [82]

KUMARI, Shabnam; MUTHULAKSHMI, P. Artificial Intelligence—Blockchain Enabled Technology for Internet of Things: Research Statements, Open Issues, and Possible Applications in the Near Future. *Privacy Preservation of Genomic and Medical Data*, 2023, 433-480. [83]

SINGH, Sunil Kr, et al. Evolving requirements and application of SDN and IoT in the context of industry 4.0, blockchain and artificial intelligence. *Software Defined Networks: Architecture and Applications*, 2022, 427-496. [84]

KNO-1103-4506

شبکه کانولوشن بهینه شده با الگوریتم فراابتکاری LO برای طبقه‌بندی خودکار تومور مغزی

موسی مجرد[1] musa.mojarad@iau.ac.ir
مهراب محبی[2] m.mohebi@iau.ac.ir
[1]گروه کامپیوتر، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران
[2]گروه کامپیوتر، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران

چکیده: بدون شک، مغز به‌عنوان حساس‌ترین عضو بدن، عملکردهای اساسی و مهم بدن انسان را کنترل می‌کند. تومور مغزی یک بیماری سرطانی شدید است که به دلیل تقسیم غیرقابل‌کنترل و غیرطبیعی سلول‌ها ایجاد می‌شود. به دلیل اینکه طبقه‌بندی نادرست تومور مغزی می‌تواند به عواقب بدی منجر شود، انتخاب درست نوع و درجه تومور نقش مهمی در تعیین برنامه درمانی مناسب دارد. به همین دلیل، طبقه‌بندی خودکار تومور مغزی نقش حیاتی و کارآمدی در شتاب دادن به فرایند درمان، برنامه‌ریزی و افزایش نرخ بقای بیماران دارد. به‌منظور پرداختن به این مسئله، رویکرد جدیدی به نام شبکه کانولوشن بهینه شده با الگوریتم فراابتکاری (LO CNN) توسعه داده شده است. این رویکرد شامل پیش‌پردازش تصاویر MRI مغز برای کاهش نرخ تشخیص کاذب تومور است. سپس، با استفاده از بخش‌های خطی برای حفظ جزئیات لبه‌های پنهان، یک فرایند ناحیه کاندید برای شناسایی ناحیه تومور اعمال می شود. ویژگی‌های مختلفی از ناحیه تقسیم‌بندی شده استخراج می‌شود که با استفاده از یک شبکه عصبی کانولوشنال (CNN) طبقه‌بندی می‌شود. سیستم LO CNN پیشنهادی با استفاده از معیارهای دقت پیکسل، نرخ خطا، دقت، ویژگی و حساسیت ارزیابی شده است. این سیستم بادقت ٪۹۹ بر روی مجموعه داده‌های Kaggle به دست می‌آید.

کلید واژه‌ها: *الگوریتم فراابتکاری LO ، کاهش ازدست‌دادن لبه تصویر، شبکه عصبی کانولوشنال، تومور مغزی.*

۱. مقدمه

مغز حساس‌ترین عضو بدن است که عملکردهای اصلی بدن را کنترل می‌کند [۱]. تومور مغزی (BT) یک بیماری سرطانی شدید است که در اثر تقسیم غیرقابل‌کنترل سلول‌ها ایجاد می‌شود [۲]. شناسایی صحیح نوع و درجه تومور برای انتخاب برنامه درمانی دقیق ضروری است [۳]. امروزه پردازش تصاویر پزشکی، هوش مصنوعی (AI) و یادگیری عمیق (DLA) نقش مهمی در تشخیص و طبقه‌بندی BT دارند. در سال‌های اخیر، با کمک AI و DLA، پیشرفت‌های زیادی در تکنیک‌های IP صورت گرفته است. استفاده از CNN یکی از امیدوارکننده‌ترین روش‌های DLA جهت مقابله با چندین کار تشخیص الگو است. بااین‌حال، مانند بسیاری از شبکه‌های عصبی مصنوعی، CNNها مستعد چندین بهینه محلی هستند [۵]. CNNها به‌طور گسترده در بحث طبقه‌بندی تصویر استفاده می شوند و عملکرد قابل توجهی داشته‌اند. انتخاب معماری و تنظیمات مولفه‌های CNN، هم بر سرعت همگرایی و هم بر دقت آن تأثیر زیادی دارد. طراحی و بهینه سازی یک معماری جدید CNN به تخصص زیادی نیاز دارد و می‌تواند بسیار وقت‌گیر باشد [۴]. ConvNet کاربردهای گسترده‌ای در تجزیه‌وتحلیل کلان داده و بینایی کامپیوتر دارد [۵]، اما به منابع محاسباتی زیادی نیاز دارد. دلایل اصلی محدودیت ConvNet در حل مشکلات به سبب نیازهای حافظه، محاسبات بالا و وابستگی به داده‌ها است. مدل‌های ConvNet عملکرد بهتری از روش‌های معیار در IP دارند [۶]، اما آموزش آنها بدون نیاز به حافظه و محاسبات بالا و وابستگی به داده‌ها هنوز یک مسئله باز است. همچنین باید بهینه‌سازی محاسبات و سرعت آن را علاوه بر کارایی در پردازش در هنگام طراحی معماری ConvNet در نظر داشت. در این تحقیق جهت حل این مشکلات از CNN و الگوریتم فراابتکاری LO استفاده خواهد شد. برای بهبود نرخ تشخیص تومور، تصاویر

تشـدید مغناطیسـی مغز (MR) از قبل پردازش شـده و پیکسـل‌های نویز حذف می‌شـوند. در مراحل بعد، فرایند ناحیه منتخب جهت شنا سایی ناحیه تومور اعمال خواهد شد. روش منطقه کاندید، به‌منظور کاهش ازد ست‌دادن جزئیات لبه پنهان، با کمک مفهوم قطعات خط، مناطق مرزی را بررسی خواهد کرد.

۲. تومورهای مغزی (BTs)

مغز انسان، به‌عنوان مرکز فرماندهی سیستم عصبی، مسئول فعالیت‌های روزانه است و محرک‌ها را از اندام‌های حسی دریافت و پردازش می‌کند و سیگنال‌های خروجی را به ماهیچه‌ها می‌فرستد [۷]. تومورهای مغزی (BT) یکی از شدیدترین شرایط مربوط به مغز هستند که در آن سلول‌های غیرطبیعی به‌طور غیرقابل کنترلی رشد می‌کنند [۸]. BTها به دو نوع متاستاتیک اولیه و ثانویه طبقه‌بندی می‌شوند؛ نوع اولیه غیرسرطانی است و از سلول‌های مغزی منشا می‌گیرد، در حالی که نوع ثانویه از طریق جریان خون به مغز گسترش می‌یابد [۹]. سازمان بهداشت جهانی BT (WHO)ها را بر اساس بدخیمی به چهار دسته طبقه‌بندی می‌کند و تشخیص زودهنگام و طبقه‌بندی آن‌ها برای برنامه‌ریزی درمانی مناسب ضروری است [۱۰]. تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) و توموگرافی کامپیوتری (CT) معمولاً برای تشخیص و تجزیه‌وتحلیل BTها استفاده می‌شود [۱۱]. سه نوع اصلی BT اولیه شامل گلیوما، هیپوفیز و مننژیوم است و تقسیم‌بندی دقیق تومور برای راهنمایی رادیولوژیست‌ها در شناسایی بهتر تومورها حیاتی است [۱۲]. پردازش تصویر پزشکی در تجزیه‌وتحلیل BT، مانند طبقه‌بندی، تقسیم‌بندی و تشخیص استفاده می‌شود و سیستم‌های تشخیصی به کمک رایانه در این زمینه به رادیولوژیست‌ها کمک می‌کنند [۱۳]. یادگیری ماشینی (ML) و یادگیری عمیق (DL) دو تکنیک اصلی برای تشخیص BT هستند. روش‌های مختلف ML، مانند ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM) و شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، برای تشخیص BT پیشنهاد شده‌اند [۱۴]، اما این روش‌ها بر ویژگی‌های دست‌ساز متکی هستند و دقت تشخیص و طبقه‌بندی به کیفیت ویژگی‌های استخراج شده بستگی دارد [۱۵]. همچنین، طبقه‌بندی‌کننده‌های ML زمان‌بر هستند و برای مجموعه داده‌های بزرگ به حافظه زیادی نیاز دارند [۱۶]. از سوی دیگر، روش‌های DL، به‌ویژه شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNN)، به دلیل توانایی در استخراج خودکار ویژگی‌ها از مجموعه داده‌های بزرگ که منجر به افزایش دقت می‌شود، برای تشخیص و طبقه‌بندی BT استفاده می‌شوند [۱۷]. چندین معماری یادگیری عمیق مانند DenseNet، ResNet و InceptionNet برای تقسیم‌بندی BT پیشنهاد شده است [۱۸]. BTها بیماری‌های خطرناکی هستند و تومورهای درجه بالا می‌توانند به‌طور قابل توجهی زندگی بیمار را کاهش دهند، بنابراین تشخیص زودهنگام و طبقه‌بندی دقیق برای درمان موثر و بهبود کیفیت زندگی بیمار بسیار مهم است [۱۹].

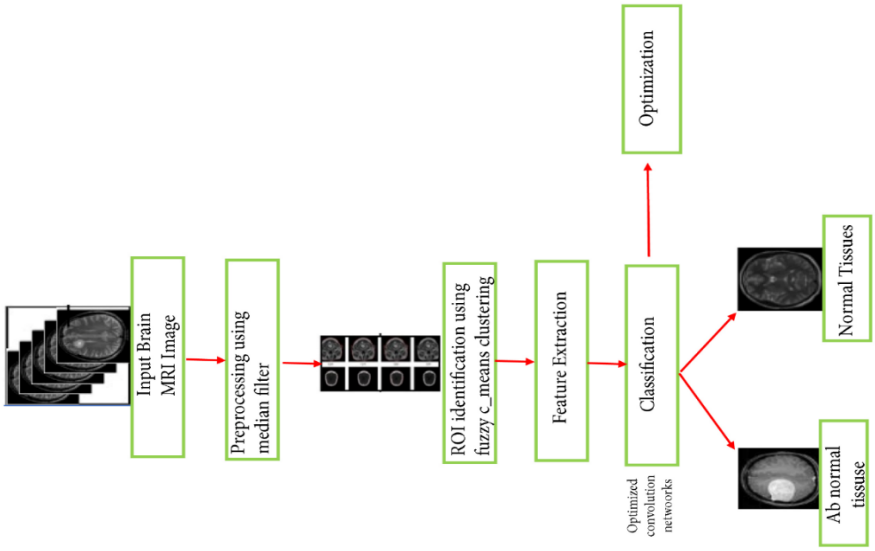
۳. کارهای گذشته

در [۲۰]، یک بررسی در زمینه تحلیل تصاویر پزشکی مبتنی بر MRI جهت تشخیص و طبقه‌بندی تومورهای مغزی (BT) انجام شده است. در این بررسی، مقالات مربوط به شناسایی و ارزیابی خطر سطح تومور در تصاویر MRI مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در [۲۱]، الگوریتمی برای تشخیص BT با استفاده از انتخاب ویژگی بهینه و بهینه‌سازی شبکه باور عمیق ارائه شده است. در این روش، بهینه‌سازی شبکه باور عمیق با استفاده از الگوریتم جستجوی ممنوعه و بهینه‌سازی ویژگی با استفاده از الگوریتم ژنتیک (GA) انجام شده است. در [۲۲]، برای تجزیه‌وتحلیل BT از روش‌های یادگیری عمیق (DLA) و بهینه‌سازی شده شبکه VGG-۱۶ استفاده شده است. در این روش، از انواع مختلفی از شبکه‌های عمیق و الگوریتم‌های پیشرفته برای تحلیل دقیق و اصولی تصاویر تومور استفاده شده است. در [۲۳]، از الگوریتم‌های فرابتکاری برای تشخیص و پیش‌بینی BT استفاده شده است. در این روش، ابتدا ویژگی‌های مربوط به BT استخراج و سپس با استفاده از الگوریتم‌های فرابتکاری، شبکه‌های عصبی مختلفی آموزش داده شده‌اند تا دقت پیش‌بینی و تشخیص BT بهبود یابد. در [۲۴]، تصاویر BT برای آموزش شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNN) ترکیب شده‌اند. در این روش، از دو لایه کانولوشن، دو لایه max-pooling، و در نهایت از دو لایه جهت فرایند طبقه‌بندی نهایی استفاده شده است.

۴. روش پیشنهادی

روش پیشنهادی شامل چندین مرحله است: جمع‌آوری تصویر، کاهش نویز تصویر، تقسیم‌بندی و خوشه‌بندی تصویر، انتخاب و استخراج ویژگی، و طبقه‌بندی. شکل ۱ فرایند طبقه‌بندی تومور مغزی (BT) را از تصاویر MRI با استفاده از شبکه عصبی کانولوشن بهینه‌سازی شده هریس هاکس (HHOCNN) نشان می‌دهد.

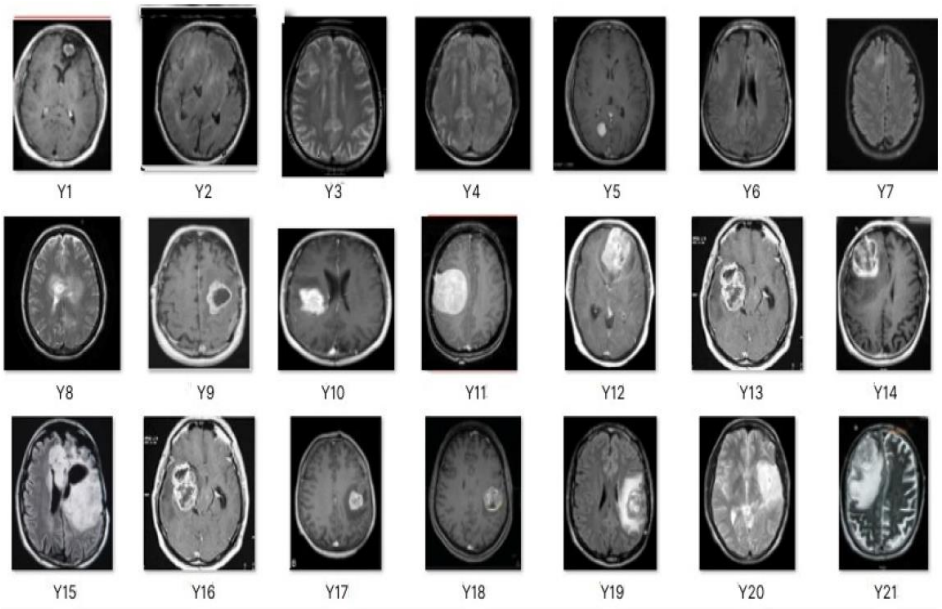
شناسایی حجم ناخالص تومور یک گام مهم در آماده‌سازی برای درمان رادیوتراپی است، زیرا اساس طراحی و تحویل درمان را تشکیل می‌دهد. اگر حاشیه‌های ایمنی اعمال شده برای جبران خطاها در تعیین تومور کافی نباشد، ممکن است منجر به اشتباهات جغرافیایی سیستماتیک در طول درمان شود و احتمال کنترل تومور کاهش یابد. تعریف ناکافی هدف سه‌بعدی ممکن است از استفاده کامل از تکنیک‌های برنامه‌ریزی درمانی پیشرفته جلوگیری کند که می‌تواند منجر به ازدست‌دادن کنترل تومور به دلیل ازدست‌دادن دوز جغرافیایی شود. هدف این پژوهش بهبود دقت تشخیص تومور و کاهش خطاهای طبقه‌بندی نادرست با استفاده از یک تکنیک تقسیم‌بندی مؤثر برای شناسایی منطقه موردنظر و استخراج ویژگی‌های مرتبط با تومور است. شکل ۱ روند کار با جزئیات روش معرفی BT را نشان می‌دهد.



شکل ۱. فلوچارت پیشنهادی طبقه‌بندی تومور مغزی

۱-۴. مجموعه‌داده

در این مقاله، از مجموعه‌داده Kaggle Brain MRI برای تشخیص تومور مغزی (BT) استفاده شده است. این مجموعه شامل ۲۵۳ تصویر مغزی است که شامل موارد سرطانی و غیرسرطانی می‌باشد. شکل ۲ نمونه‌ای از تصویر MRI از این مجموعه‌داده را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نمونه‌های MRI شامل: تصاویر MRI طبیعی مغز با لیبل Y1 تا Y8، تصاویر MRI تومور خوش خیم با لیبل Y9 تا Y15 و تصاویر MRI تومور بدخیم با لیبل Y16 تا Y21.

مجموعه‌داده در دو پوشه سازماندهی شده است؛ پوشه‌ای با عنوان "بدون تومور" که با ۰ و پوشه‌ای با عنوان "تومور" که با ۱ نمایش داده می‌شود. داده‌های برچسب‌گذاری شده برای استخراج الگو از MRI مفید هستند که به پیش‌بینی خروجی برای تصاویر جدید کمک می‌کند. بااین‌حال، تصاویر جمع‌آوری‌شده تحت‌تأثیر نویز قرار می‌گیرند که می‌تواند بر دقت تشخیص BT تأثیر منفی بگذارد. برای افزایش راندمان پیش‌بینی کلی، نویز در تصاویر با استفاده از تکنیک کاهش نویز تصویر حذف می‌شود. این فرایند بهبود تصاویر اولیه و ایجاد داده‌های ورودی باکیفیت بالا برای مراحل بعدی تحلیل و طبقه‌بندی را تضمین می‌کند.

۲-۴. مرحله پیش‌پردازش

مرحله اولیه بر حذف نویز از تصاویر MRI مغز متمرکز است تا از اختلال در شناسایی ناحیه تومور جلوگیری شود. سپس، تصاویر برای بهینه‌سازی کیفیت MRI بر اساس کنتراست و اطلاعات پیکسل تجزیه‌وتحلیل می‌شوند. این شامل شناسایی و حذف سریع اطلاعات سطح پایین و بررسی شدت پیکسل‌ها برای بهبود کیفیت تصویر است. برای این کار، از فیلتر میانه و یکسان‌سازی هیستوگرام استفاده می‌شود. تصاویر به زیر تصاویر تقسیم شده، هر پیکسل با مقدار آستانه مقایسه می‌شود و پیکسل‌های نویزی با مقدار متوسط جایگزین می‌شوند. در نهایت، کنتراست تصویر با یکسان‌سازی هیستوگرام بهبود می‌یابد.

$$f(j,i) = Median\{g(o,t),(o,t) \in S_{ji}\} \quad (1)$$

نویز موجود در تصویر با $g(o,t)$ نشان داده می‌شود و تکنیک فیلتر میانه شامل مرتب‌سازی پیکسل‌ها در یک پنجره فیلتر کشویی است. مقدار پیکسل خروجی $f(j,i)$ با گرفتن میانه مقادیر پیکسل مرتب‌شده به دست می‌آید. مجموعه‌داده شامل نمونه‌های S با اطلاعات پیکسلی در سطح خاکستری Gr است که با P0، P1 نشان داده می‌شوند. برای هر پیکسل، شدت و مقدار توزیع تجمعی برای ارزیابی کیفیت پیکسل محاسبه می‌شود. سپس کیفیت پیکسل بر اساس تابع چگالی مشخص‌شده به‌صورت زیر تعیین می‌گردد.

$$PDF(Pn) = \frac{n^h}{n} \quad (2)$$

مقدار پیکسل تصویر مغز به‌صورت n^h نشان داده می‌شود که در آن h از ۰ تا Gr-1 می‌باشد و n تعداد کل پیکسل‌های مجموعه‌داده است. توزیع تجمعی پیکسل با محاسبه میانگین وزنی مقدار پیکسل با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$x_t = \frac{\sum_{lg}^{b} = a^{l} * CDF(\lg)}{\sum_{lg}^{b} = a^{CDF(\lg)}} \quad (3)$$

مقدار پیکسل خاکستری یک تصویر به‌صورت lg نشان داده می‌شود. مقدار هیستوگرام زیر بازه به‌صورت (a, b) تعریف می‌شود که معمولاً در محدوده ۰ تا ۲۵۵ قرار می‌گیرد. مقدار بازه t است که t-1 ≤ r ≤ 0، و r نشان دهنده زیرهیستوگرام (X_r) می‌باشد. هنگامی که فاصله فرعی تعریف شد، تصاویر فرعی برای محاسبه هیستوگرام تصویر شناسایی می‌شوند.

$$S_K = \{S(x,y)\,|\,X_k \leq S(x,y)X_k + 1, {}^{\forall}S(x,y)\,\epsilon\, S\} \quad (4)$$

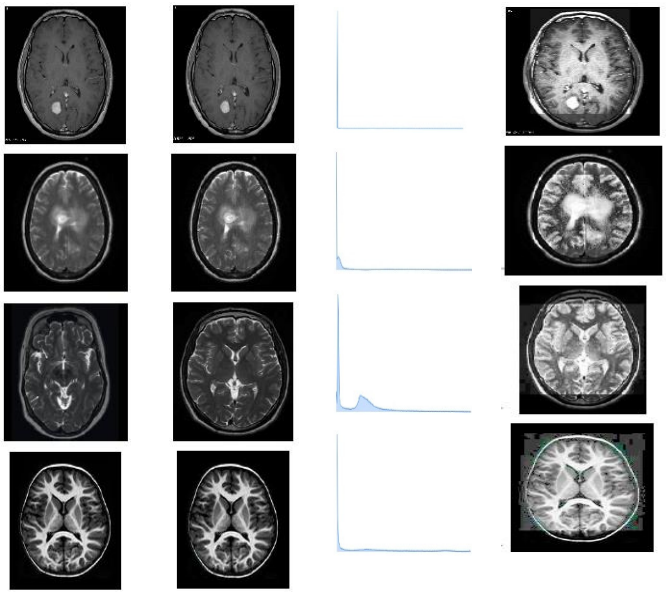
تصاویر فرعی مجموعه‌داده S به‌صورت S_k نشان داده می‌شوند که k از ۰ تا t-1 متغیر می‌باشد. سپس احتمال و توزیع تجمعی تصاویر در سطح خاکستری به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$PDF_k(P_h) = \frac{n^k}{n_k} \quad (5)$$

$$CDF(Gr_j) = \sum_{j=X_0+1}^{n} PDF_k(Gr_j) \quad (6)$$

برای هر تصویر فرعی S_k (که در آن k از ۰ تا t-1 متغیر می‌باشد) و $h = X_k+1$، X_k+2، ...، X_k+1، توزیع احتمال پیکسل‌ها به‌صورت $PDF_k(P_h)$ نشان داده می‌شود. که با استفاده از تمام پیکسل‌های تصویر محاسبه می‌شود.

جدول ۱. نمونه پیش‌پردازش شده



تصویر پیش‌پردازش شده تصویر MRI	هیستوگرام تصویر	کنتراست تصاویر بهبودیافته

۳-۴. مرحله قطعه‌بندی

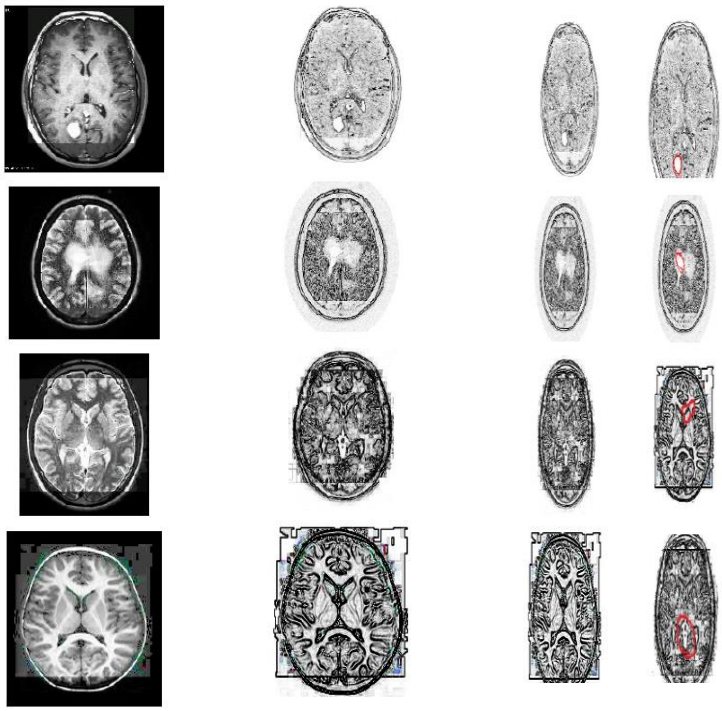
مرحله بعدی شناسایی ناحیه تومور از تصاویر MRI از پیش‌پردازش شده است. تشخیص BT اغلب تحت‌تأثیر جزئیات مرزی نامشخص و نامشخص در MRI قرار می‌گیرد که می‌تواند منجر به پیچیدگی محاسبات و تقسیم‌بندی نادرست شود. برای پرداختن به این مسائل، این مقاله از رویکرد خوشه‌بندی c-means فازی (FCM) استفاده می‌کند. FCM از مجموعه‌های فازی و مقادیر عضویت برای به‌حداقل‌رساندن عدم قطعیت استفاده می‌کند. در ابتدا، درجه ارزش عضویت برای حل مشکل عدم قطعیت اعمال می‌شود، زیرا به شناسایی رابطه بین هر پیکسل کمک می‌کند. سپس از روابط پیکسلی محاسبه شده برای تعیین مقدار مرکز خوشه استفاده می‌شود که با معادله (7) تعریف می‌شود.

$$V_j = \frac{(\sum_{i=n}^{n} (\mu ij)\, m x_i)}{(\sum_{i=n}^{n} (\mu ij)^m)}, \forall j - 1,2,\ldots . c \quad (7)$$

در این توصیف، n تعداد پیکسل‌های تصویر و VJ برای نشان دادن مرکز خوشه j ام استفاده می‌شود. مقدار شاخص فازی با استفاده از مقدار m نشان داده می‌شود که می‌تواند از ۱ تا بی‌نهایت باشد. تعداد مراکز خوشه با c مشخص می‌شود و مقدار عضویت فازی برای هر پیکسل i و مرکز خوشه j با μ_{ij} نشان داده می‌شود. مقدار عضویت فازی s از فاصله اقلیدسی d_{ij} بین i امین پیکسل و j امین مرکز خوشه محاسبه می‌شود. سپس مقادیر عضویت فازی برای هر پیکسل و مرکز خوشه محاسبه می‌شود.

$$\mu ij = \frac{1}{\sum_{k=1}^{c} (d_{ij}/d_{ik})^{(2\,/m-1)}} \quad (8)$$

برای شناسایی ناحیه مبتلا به تومور، مقادیر هر نقطه داده $X = (x_1, x_2, \ldots , x_n)$ باید تجزیه‌وتحلیل شود و مجموعه مراکز $V = (v_1, v_2, \ldots , v_c)$ برابر می‌باشد. محاسبه شده است. منطقه کاندید برای بررسی منطقه مرزی بخش خط بررسی می‌شود که ازدست‌دادن جزئیات لبه پنهان را کاهش می‌دهد. منطقه کاندید به‌عنوان یک دایره بالقوه درگیر نشان داده می‌شود و یکی با بیشترین بخش‌های خط انتخاب می‌شود. منطقه بهینه، ناحیه‌ای است که دایره بهینه را در خود دارد. منطقه کاندید با انتخاب نقاط بذر بر اساس تجزیه‌وتحلیل پیکسلی شناسایی می‌شود. محاسبه دقیق اطلاعات پیکسلی به حفظ اطلاعات لبه کمک می‌کند و پیچیدگی مرتبط با پردازش جزئیات داخلی را کاهش می‌دهد. باتوجه‌به این بحث، مناطق تقسیم شده در جدول نشان داده شده است.



تصویر قطعه‌بندی شده تصویر تشخیص لبه تصویر پیشرفته

شکل ۳. نمونه تصاویر بخش‌بندی شده ناحیه تومور مغز

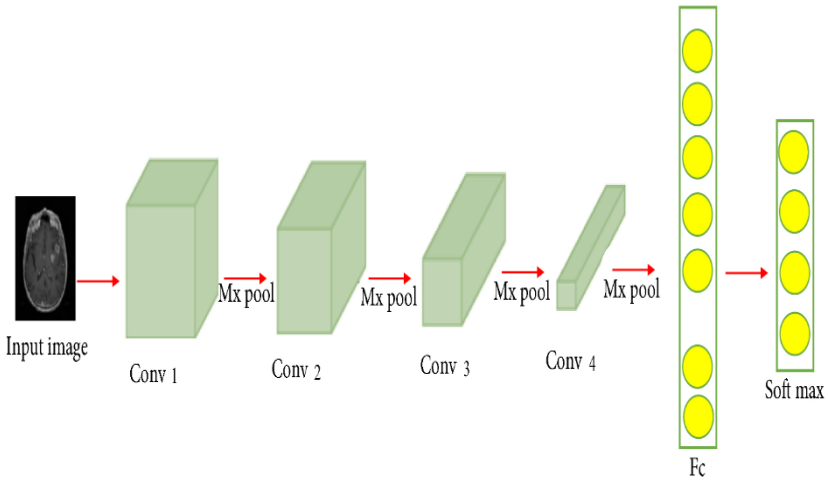
شکل ۳ ناحیه تقسیم شده و ناحیه مربوط به لبه را نشان می‌دهد. استخراج ویژگی بر روی مناطق تقسیم شده انجام می‌شود تا اطلاعات مختلفی از تصاویر MRI به دست آید. استفاده موثر از نقاط بذر به شناسایی موفقیت آمیز منطقه کاندید کمک می‌کند و در نتیجه دقت کلی تشخیص تومور را بهبود می‌بخشد.

۴-۴. مرحله استخراج ویژگی

استخراج ویژگی‌ها بر اساس استدلال تقریبی از روش‌های مهمی است که در تشخیص شکل و محل تومورها در تصاویر MRI مورداستفاده قرار می‌گیرد. این روش‌ها بر اساس تشخیص لبه‌ها و ویژگی‌های بافتی متمرکز هستند که از طریق تحلیل آماری توزیع فضایی سطوح خاکستری در تصاویر به دست می‌آیند.

۴-۵. مرحله طبقه‌بندی تومور

مرحله نهایی شامل طبقه‌بندی BT با استفاده از یک CNN بهینه‌سازی شده فراابتکاری می‌باشد. مدل CNN شامل ورودی، کانولوشن، واحد خطی اصلاح‌شده، ادغام و لایه‌های کاملاً متصل می‌باشد. این لایه‌ها برای تجزیه‌وتحلیل مناطق کوچک در یک تصویر قطعه‌بندی شده مفید هستند. تصاویر ابتدا توسط یک لایه کانولوشن پردازش می‌شوند که آنها را به مناطق کوچک‌تر تجزیه می‌کند. سپس فرایند ReLu از یک تابع فعال‌سازی از نظر عنصر استفاده می‌کند و برای کاهش ابعاد مجموعه ویژگی‌ها، ادغام اعمال می‌شود. در نهایت، خروجی در لایه کاملاً متصل به دست می‌آید که برچسب‌های ۱ و ۰ را به ورودی اختصاص می‌دهد.



شکل۴. بهترین معماری CNN برای مجموعه‌داده

تصاویر جمع‌آوری شده به مراحل آموزشی و آزمایشی تقسیم می‌شوند. در مرحله آموزش، از مراحل فوق برای تولید الگوهای خروجی استفاده می‌شود که انحرافات تابع ضرر را به حداقل می‌رساند. پیچیدگی محاسبات، یعنی زمان و هزینه، با استفاده از مدل قبل از آموزش به حداقل می‌رسد. در طول آموزش، تصاویر به‌صورت خودکار اطلاعات را با استفاده از لایه‌های مختلف استخراج می‌کنند و خروجی‌های به دست آمده در پایگاه داده ذخیره می‌شوند. سپس، تصاویر آزمایشی با الگوهای آموزش دیده مطابقت داده می‌شوند تا عملکرد تلفات کاهش یابد. الگوریتم نزول گرادیان برای اندازه‌گیری تابع تلفات استفاده می‌شود. اگر سیستم انحرافات زیاد را نشان می‌دهد، پارامترهای شبکه باید به‌روز شوند و یادگیری باید منتشر شود. در این مقاله از الگوریتم بهینه‌سازی Lemurs برای تنظیم پارامترهای شبکه استفاده شده است. الگوریتم بهینه‌سازی در کاهش پیچیدگی محاسبات و کاهش انحراف بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌شده موفق است. علاوه بر این، به‌حداقل‌رساندن پیچیدگی طبقه‌بندی منجر به بهبود دقت تشخیص کلی می‌شود.

جدول ۲. پارامترهای کنترل الگوریتم بهینه ساز LO

پارامتر	مقدار
بیشترین تکرار	1000
پارامتر تصادفی	0.5
اندازه جمعیت	20

قبل از به‌روزرسانی پارامترهای شبکه، مقدار میانگین مربعات خطا (MSE) باید با استفاده از رابطه زیر محاسبه شود.

$$MSE_{error} = \frac{1}{g}\sum_{e=1}^{g}[F_g - F_g^*]^2 \qquad (9)$$

نرخ خطای انحراف MSEerror برای اندازه‌گیری اختلاف بین خروجی‌های Fg پیش‌بینی‌شده و مورد انتظار استفاده می‌شود. این انحراف برای چندین نمونه محاسبه می‌شود، جایی که g نشان‌دهنده عدد نمونه می‌باشد، با $1 \le e \le g$

اگر شبکه یک نرخ خطا تولید کند، پارامترهای شبکه باید بر اساس راه‌حل جهانی بهینه به‌روز شوند. برای تنظیم دقیق عملیات شبکه، الگوریتم بهینه‌سازی به حداقل پارامتر نیاز دارد. راه‌حل به‌روزرسانی، پارامترهای شبکه را بر اساس معادله زیر تنظیم دقیق می‌کند. مسئله بهینه‌سازی شامل به‌روزرسانی معادله زیر می‌باشد که در آن بردارهای ضریب با B نشان داده می‌شوند.

$$A(b+1) = A_{rand} + BC \quad (10)$$

۶-۴. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

این بخش ارزیابی عملکرد شبکه‌های عصبی کانولوشن بهینه‌سازی شده برای تشخیص تومورهای مغزی از تصاویر MRI را بررسی می‌کند. مجموعه‌داده برای این مطالعه از مجموعه داده‌های Brain Tumor Kaggle تشکیل شده است که شامل ۲۵۰ تصویر MRI مغز است که به دو دسته "بله" (حاوی تومور) و "خیر" (بدون تومور) تقسیم شده‌اند. استفاده از داده‌های برچسب‌گذاری شده برای آموزش و ارزیابی سیستم بهبود دقت طبقه‌بندی تصاویر آزمایشی را تضمین می‌کند.

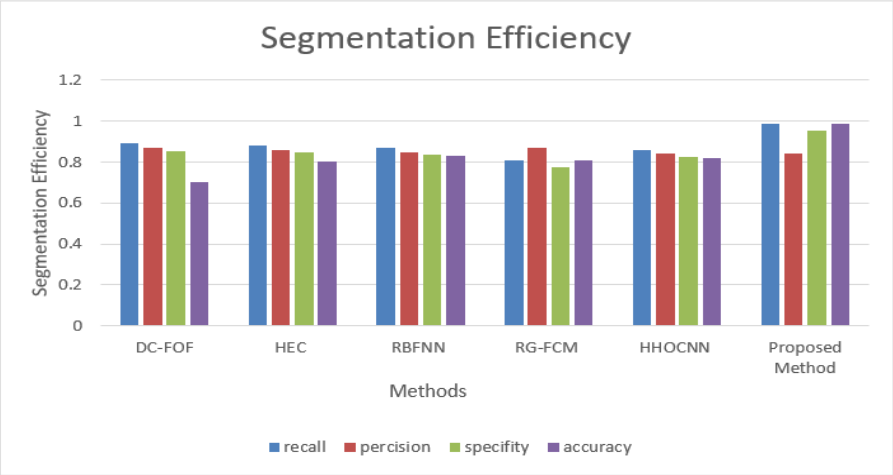
سیستم پیاده‌سازی شده با استفاده از ابزار MATLAB انجام شده است و از تکنیک‌های پردازش تصویر و یادگیری ماشینی برای تشخیص تومور استفاده می‌کند. در این سیستم، از فیلتر میانه وزنی برای حذف نویز از تصاویر MRI استفاده می‌شود که بهبود محاسبات و تقسیم‌بندی منطقه را فراهم می‌آورد. در مرحله شناسایی، نقاط بذر مبتنی بر عضویت فازی برای شناسایی مناطق کاندید استفاده می‌شود که به‌دقت تشخیص تومور کمک می‌کند. این روش به تحلیل دقیق مناطق و بهبود کلی دقت تشخیص کمک می‌کند. برای ارزیابی عملکرد سیستم، معیارهای سنتی مانند دقت، حساسیت، ویژگی، دقت و امتیاز F۱ برای ارزیابی کارایی به کار می‌رود. نتایج ارزیابی بر اساس این معیارها به‌صورت جدولی در جدول۳ نمایش داده شده است. در این جدول، عملکرد شبکه‌های عصبی کانولوشن بهینه‌سازی شده با استفاده از الگوریتم فراابتکاری LO با سایر روش‌های مقایسه شده است، از جمله شبکه‌های RBFNN، MENF و الگوریتم HHOCNN.

جدول۳. کارایی تقسیم‌بندی تومور مغزی

روش‌ها	دقت	Precision	دقت	Recal	امتیاز F1
HHOCNN [25]	۰,۹۸	۰,۹۸۳	۰,۹۷۹	۰,۹۸۷	۰,۹۸۸
[26] DC-FOF	۰,۸۵۶	۰,۸۳۴	۰,۸۶	۰,۸۹۳	۰,۸۹۲
HEC [27]	۰,۸۹	۰,۸۹۳	۰,۹۰۲	۰,۹۳	۰,۹۳۲
RBFNN [28]	۰,۹۰۲	۰,۹۰۲	۰,۹۱	۰,۹۴۵	۰,۹۵
RG-FCM [29]	۰,۹۲۳	۰,۹۱	۰,۹۲۳	۰,۹۵۴	۰,۹۶۷
روش پیشنهادی	0.99	۵۰,۹۸	0.98	0.99	0.989

در این ارزیابی، از ماتریس سردرگمی برای مقایسه عملکرد روش‌ها با معیارهایی مانند دقت، حساسیت، دقت، بازخوانی و F۱score- استفاده شده است. همچنین، منحنی ROC برای ارزیابی عملکرد کلی یک تست تشخیصی و مقایسه آن با سایر تست‌های تشخیصی به‌کاررفته است. این منحنی به انتخاب مقادیر برش بهینه برای شناسایی وجود یا عدم وجود BT کمک می‌کند. شکل۵ نشان می‌دهد که روش RG-FCM با استفاده از خوشه‌بندی C-means فازی توانسته است تقسیم‌بندی مغز را با دقت بالا به طور مؤثر انجام دهد. این روش با استفاده از توابع عضویت فازی، مرکز دقیق خوشه‌ها را تعیین کرده و مشکلات عدم قطعیت را در بررسی مناطق پیکسل کاهش می‌دهد. همچنین، CNN شامل لایه‌های مختلفی است که منطقه را در مدل پیش‌آموزشی تقسیم‌بندی می‌کند و انحراف بین

مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌شده را به حداقل می‌رساند. روش RG-FCM با رویکرد پیشنهادی به‌دقت ۹۹٪ دست یافته است که بالاتر از سایر روش‌ها به جز چارچوب MENF است. این نتایج حاکی از عملکرد برتر روش RG-FCM در مقایسه با سایر روش‌ها است. در مطالعه ارزیابی تشخیص تومورهای مغزی با استفاده از تصاویر MRI، روش پیشنهادی با خوشه‌بندی C-means فازی (RG-FCM) برای تشخیص دقیق‌تر تومورها از روش‌های دیگر مانند DC-FOF، HEC، RBFNN و MENF بهتر عمل کرده است. این روش از شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN) برای نمونه‌برداری و پردازش تصاویر استفاده می‌کند که باعث کاهش تأثیر نویزها و بهبود دقت تشخیص تومورها می‌شود. از معیارهای ارزیابی مانند دقت، دقت، حساسیت، بازخوانی و F۱-score برای اندازه‌گیری عملکرد سیستم استفاده شده است. انحرافات کم بین خروجی‌های مورد انتظار و پیش‌بینی شده نشان دهنده کارایی بالای روش پیشنهادی است.



شکل۵. کارایی تقسیم‌بندی.

جدول ۴. توابع معیار ارزیابی.

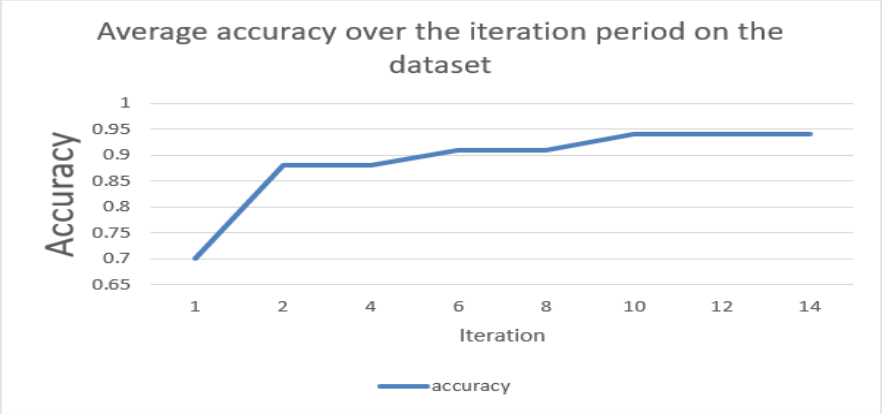
تابع	تابع تست	دامنه	n	C	$f(x^*)$
F1	$\sum_{i=1}^{n} x_i^2$	$x_i \in [-100,100]$	30	U	0
F2	$\sum_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert + \prod_{i}^{n} = 1 \lvert x_i \rvert$	$x_i \in [-10,10]$	30	U	0
F3	$\sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j}^{i} -1\, x_j \right)^2$	$x_i \in [-100,100]$	30	U	0
F4	$max_i \{\lvert x_i \rvert, 1 \le i \le n\}$	$x_i \in [-100,100]$	30	U	0
F5	$\sum_{i=1}^{n-1} [100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2]$	$x_i \in [-30,30]$	30	U	0
F6	$\sum_{i=1}^{n} ([x_i + 0.5])^2$	$x_i \in [-100,100]$	30	U	0
F7	$\sum_{i=1}^{n} i x_i^4 + random[0,1)$	$x_i \in [-128,128]$	30	U	0

جدول۵. عملکرد مقایسه‌ای الگوریتم LO با الگوریتم‌های ازدحام بر اساس توابع F1-F7.

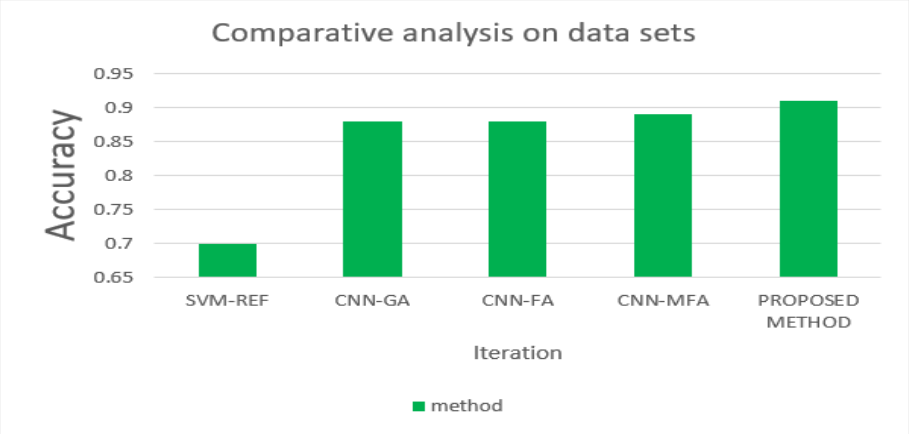
تابع	LO	ABC	SSA	SCA	BA
F1	0.0000×10^{0}	2.3350×10^{-16}	3.6020×10^{-10}	0.0000×10^{0}	5.8250×10^{-6}
F2	0.0000×10^{0}	9.5130×10^{-16}	1.5180×10^{-6}	0.0000×10^{0}	1.0390×10^{-1}
F3	1.3700×10^{-5}	1.3010×10^{0}	3.1910×10^{-11}	1.9590×10^{-29}	1.9530×10^{-3}
F5	5.1550×10^{-15}	1.5670×10^{-2}	2.9060×10^{-6}	1.3770×10^{-56}	1.3350×10^{-2}
F5	3.5150×10^{1}	8.2800×10^{-3}	9.1380×10^{0}	2.6760×10^{1}	3.0930×10^{-1}
F6	9.7010×10^{-28}	3.3350×10^{-16}	2.8560×10^{-11}	2.7520×10^{0}	9.6080×10^{-5}
F7	5.8730×10^{-6}	2.7370×10^{-2}	6.0950×10^{-5}	1.9790×10^{-5}	2.8560×10^{-5}
		FPA	JAYA	LEO-MPA	
F1		1.930×10^{-68}	0.0000×10^{0}	0.0000×10^{0}	
F2		3.2560×10^{-57}	0.0000×10^{0}	0.0000×10^{0}	
F3		7.0320×10^{-31}	6.1680×10^{0}	0.0000×10^{0}	
F5		6.1330×10^{0}	8.5570×10^{-75}	8.5256×10^{-59}	
F5		1.0630×10^{0}	7.1060×10^{-28}	6.6720×10^{-22}	
F6		1.0270×10^{-33}	1.7170×10^{0}	1.3582×10^{0}	
F7		7.0020×10^{-3}	8.0060×10^{-5}	2.8813×10^{-4}	

جدول۶. مقایسه روش پیشنهادی

	روش	دقت (٪)
مجموعه‌داده	SVM + FRE [30]	52.52
	CNN + GA [31]	90.91
	CNN + mFA	93.32
	CNN + FA	92.81



شکل۶. میانگین دقت در طول دوره تکرار بر روی مجموعه‌داده



شکل ۷ تجزیه‌وتحلیل مقایسه بر روی مجموعه‌داده

۵. نتیجه گیری

این مقاله از یک فرایند بهینه‌سازی برای تشخیص تومورهای مغزی از تصاویر MRI استفاده می‌کند با استفاده از ترکیبی از خوشه‌بندی C-means فازی و شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN) که بهینه‌سازی آن با الگوریتم فراابتکاری LO انجام می‌شود. روش پیشنهادی در این مقاله بر روی مجموعه‌داده Kaggle تست شده است که شامل تصاویر MRI مغزی حاوی حالت‌های طبیعی و غیرطبیعی است. مراحل پردازش تصاویر شامل استفاده از فیلتر میانه برای حذف نویز و جزئیات غیرضروری است که باعث کاهش پیچیدگی تصاویر و بهبود دقت تشخیص می‌شود. از روش فازی‌سازی نقاط برای پیش‌بینی مناطق زیر تأثیر تومور استفاده می‌شود که باعث کاهش مشکلات عدم قطعیت در تقسیم‌بندی مناطق می‌شود. شبکه‌های عصبی کانولوشنی برای استخراج ویژگی‌های مهم و تمیز از تصاویر استفاده می‌شود که توسط لایه‌های کاملاً متصل برای دقیق‌تر کردن خروجی پیش‌بینی تنظیم می‌شود. این فرایند با استفاده از الگوریتم LO بهینه‌سازی میزان

خطای طبقه‌بندی را ۹۹٪ کاهش می‌دهد و دقت کلی تشخیص تومورهای مغزی را افزایش می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که روش پیشنهادی با دقت بالا و بهبود قابل‌توجهی در تشخیص تومورهای مغزی عملکرد مؤثری دارد و می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مفید در پزشکی تصویری استفاده شود. در آینده، بهینه‌سازی بیشتر با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری دیگر برای بهبود عملکرد این فرایند پیشنهاد می‌شود.

منابع

[۱] Khan, H. A., Jue, W., Mushtaq, M., & Mushtaq, M. U. (2020). Brain tumor classification in MRI image using convolutional neural network. Math. Biosci. Eng, 17(5), 6203-6216.

[۲] Ayadi, W., Elhamzi, W., Charfi, I., & Atri, M. (2021). Deep CNN for brain tumor classification. Neural Processing Letters, 53, 671-700.

[۳] Murthy, M. Y. B., Koteswararao, A., & Babu, M. S. (2021). Adaptive fuzzy deformable fusion and optimized CNN with ensemble classification for automated brain tumor diagnosis. Biomedical engineering letters, 1-22.

[۴] Aleid, A., Alhussaini, K., Alanazi, R., Altwaimi, M., Altwijri, O., & Saad, A. S. (2023). Artificial Intelligence Approach for Early Detection of Brain Tumors Using MRI Images. Applied Sciences, 13(6), 3808.

[۵] Banharnsakun, A. (2019). Towards improving the convolutional neural networks for deep learning using the distributed artificial bee colony method. International journal of machine learning and cybernetics, 10(6), 1301-1311.

[۶] Guernine, A., & Kimour, M. T. (2021). Optimized Training for Convolutional Neural Network Using Enhanced Grey Wolf Optimization Algorithm. Informatica, 45(۵).

[۷] H. Yang , C. Yuan , B. Li , Y. Du , J. Xing , W. Hu , S.J. Maybank , Asymmetric 3d convolutional neural networks for action recognition, Pattern Recognit. 85 (2019) 1–12 .

[۸] H. Baumgartl , J. Tomas , R. Buettner , M. Merkel , A novel deep-learning ap- proach for automated non-destructive testing in quality assurance based on convolutional neural networks, in: Proceedings of the 13th International Con- ference on Advanced Computational Engineering and Experimenting, 2019 .

[۹] R. Xi, M. Hou, M. Fu, H. Qu, D. Liu, Deep dilated convolution on multi- modality time series for human activity recognition, in: Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2018, pp. 1–8, doi: 10.1109/IJCNN.2018.8489540 .

[۱۰] B. Oh, J. Lee, A case study on scene recognition using an ensemble con- volution neural network, in: Proceedings of the 20th International Confer- ence on Advanced Communication Technology (ICACT), 2018, pp. 351–353, doi: 10.23919/ICACT.2018.8323752 .

[۱۱] A. Ullah , K. Muhammad , I.U. Haq , S.W. Baik , Action recognition using opti- mized deep autoencoder and cnn for surveillance data streams of non-sta- tionary environments, Future Gener. Comput. Syst (۲۰۱۹) .

[۱۲] Z. Wu , C. Shen , A. Van Den Hengel , Wider or deeper: revisiting the resnet model for visual recognition, Pattern Recognit. 90 (2019) 119–133 .

[۱۳] L. Hui, S. Yu-jie, Research on face recognition algorithm based on improved convolution neural network, in: Proceedings of the 13th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2018, pp. 2802–2805, doi: 10. 1109/ICIEA.2018.8398186 .

[۱۴] Z. Qin, Z. Zhang, S. Zhang, H. Yu, J. Li, Y. Peng, Merging and evolution: Improv- ing convolutional neural networks for mobile applications, in: Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2018, pp. 1–8, doi: 10.1109/IJCNN.2018.84 894 96 .

[۱۵] ur Rehman, S., Tu, S., Waqas, M., Huang, Y., ur Rehman, O., Ahmad, B., & Ahmad, S. (2019). Unsupervised pre-trained filter learning approach for efficient convolution neural network. Neurocomputing, 365, 171-190.

[۱۶] Kumar, A., Singh, S., & Kumar, A. (2021, June). Grey wolf optimizer and other metaheuristic optimization techniques with image processing as their applications: a review. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1136, No. 1, p. 012053). IOP Publishing.

[۱۷] Kaur, S., Kumar, Y., Koul, A., & Kumar Kamboj, S. (2022). A Systematic Review on Metaheuristic Optimization Techniques for Feature Selections in Disease Diagnosis: Open Issues and Challenges. Archives of Computational Methods in Engineering, 1-33.

[۱۸] E. Ben George, “Brain Tumor Segmentation using Cuckoo Search Optimization for Magnetic Resonance Images,” pp. 1–4, 2015.

[۱۹] M. Ramadas, “Detecting tumours by segmenting MRI images using transformed differential evolution algorithm with Kapur ‟ s thresholding,” Neural Comput. Appl., vol. 0, 2019, doi: 10.1007/s00521-019-04104-0.

[۲۰] M. P. S. Deshpande and P. S. J. Honade, “Brain Tumor Segmentation and Detection using Firefly Algorithm,” vol. 12, no. 2, pp. 129–144, 2017, doi: 10.9790/2834-120203129144.

[۲۱] A. Halder, A. Pradhan, S. K. Dutta, and P. Bhattacharya, “Tumor extraction from MRI images using dynamic genetic algorithm based image segmentation and morphological operation,” Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2016, pp. 1845–1849, 2016, doi: 10.1109/ICCSP.2016.7754489.

[۲۲] T. Attar and T. Bhattacharjee, “Parametric Optimization of Logarithmic Transformation using GWO for Enhancement and Denoising of MRI Images.”

[۲۳] O. Moh and R. Mandava, “A hybrid harmony search algorithm for MRI brain segmentation,” pp. 31–49, 2011, doi: 10.1007/s12065-011-0048-1.

[24] Nazir, M.; Khan, M.A.; Saba, T.; Rehman, A. Brain tumor detection from MRI images using multi-level wavelets. In Proceedings of the 2019 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCIS), Aljouf, Saudi Arabia, 3–4 April 2019; IEEE: New York, NY, USA, 2019; pp. 1–5.

[25] Kurdi, S. Z., Ali, M. H., Jaber, M. M., Saba, T., Rehman, A., & Damaševičius, R. (2023). Brain Tumor Classification Using Meta-Heuristic Optimized Convolutional Neural Networks. *Journal of Personalized Medicine*, *13*(2), 181.

[26] Nadeem, M.W.; Al Ghamdi, M.A.; Hussain, M.; Khan, M.A.; Khan, K.M.; Almotiri, S.H.; Butt, S.A. Brain Tumor Analysis Empowered with Deep Learning: A Review, Taxonomy, and Future Challenges. Brain Sci. 2020, 10, 118.

[27] Melekoodappattu, J.G.; Kadan, A.B.; Anoop, V. Early detection of breast malignancy using wavelet features and optimized classifier. Int. J. Imaging Syst. Technol. 2021, 31, 1551–1563. [CrossRef]

[28] Rajinikanth, V.; Kadry, S.; Nam, Y. Convolutional-Neural-Network Assisted Segmentation and SVM Classification of Brain Tumor in Clinical MRI Slices. Inf. Technol. Control 2021, 50, 342–356.

[29] Heidari, A.A.; Mirjalili, S.; Faris, H.; Aljarah, I.; Mafarja, M.; Chen, H. Harris hawks optimization: Algorithm and applications. Futur. Gener. Comput. Syst. 2019, 97, 849–872.

[30] Kalbkhani, H., Shayesteh, M.G., Zali-Vargahan, B.: Robust algorithm for brain magnetic resonance image (MRI) classification based on GARCH variances series. Biomed. Signal Process. Control 8(6), 909 (2013). https:// doi. org/ 10. 1016/j. bspc. 2013. 09. 001

[31] Anaraki, A.K., Ayati, M., Kazemi, F.: Magnetic resonance imagingbased brain tumor grades classification and grading via convolutional neural networks and genetic algorithms. Biocybern. Biomed. Eng. 39(1), 63 (2019). https:// doi. org/ 10. 1016/j. bbe. 2018. 10. 004

ارتباط با کهربا

متخصصان و مهندسین گران‌قدر می‌توانند از طریق آدرس سایت مجله www.kahrobaonline.ir سایر اطلاعات مجله ازجمله نحوه ارسال مقالات جهت انتشار در نشریه و نیز فرم اشتراک مجله را دریافت کنند. همچنین به اطلاع می‌رسانیم طی توافق صورت گرفته بین پایگاه علمی‌سیویلیکا و مجله کهربا ازاین پس به مقاله برتر هر شماره یک کارت اشتراک رایگان دانلود از این پایگاه هدیه داده می‌شود.

ایمیل مجله kahroba@noandishaan.com پل ارتباطی ما با مهندسین و متخصصین می‌باشد، لطفاً ما را از پیشنهادها و انتقادات ارزشمند خود بهره‌مند سازید. جهت حمایت‌های مالی و معنوی از نشریه و یا معرفی محصولات خود نیز می‌توانید از طریق همین ایمیل با ما در ارتباط باشید.

Improving security and speed in SDN networks based on DPDK and IPSec

Abbas Manavinejad MSc in Telecommunication Engineering - Aalto University, Helsinki

Abstract:

Software-Defined Networking (SDN) is an architectural approach that optimizes network operations. In this study, we explore the integration of the Data Plane Development Kit (DPDK) and Internet Protocol Security (IPSec) within SDN. Our goal is to design a customized communication protocol that combines high throughput with robust security. DPDK, a set of libraries and drivers, enables fast packet processing and includes advanced memory management features like Huge Pages and Non-Uniform Memory Access (NUMA). The research aims to enhance Packet processing speed significantly. However, packet processing introduces additional overhead due to encryption. Meanwhile, IPSec ensures data security by providing encryption and authentication, creating a secure communication layer in a high-performance SDN framework. Additionally, we investigate packet processing (VPP) as a virtual router or switch and evaluate its potential impact on the proposed solution.

Keywords:

Security Improvement, Cyber Security, Software Defined Network (SDN), Data Plane Development Kit (DPDK), Vector Packet Processing (VPP)

The prominent role of lithium batteries in improving the performance and stability of electric vehicles

Alireza Joshan

Master of Science in Electrical Power Engineering,Specialization in Power Electronics and Electric Machines,University of Guilan,Guilan,Iran

Alireza.joshan.guilan@gmail.com

Abstract

The use of lithium batteries in the automotive industry has led to a great revolution in the production of electric vehicles due to their extraordinary characteristics. This article examines the features and benefits of this technology in depth and examines the essential role of lithium batteries in improving the performance and efficiency of modern cars. The advantages of these batteries include high power and efficiency, long life, short charging time, and lack of greenhouse gas emissions. Considering all these features, it seems that the use of lithium batteries in automobile manufacturing is an important step in the direction of sustainability, economic and environmental, and has set a bright future for the automobile industry.

Keywords: lithium batteries, automotive, technology, efficiency, sustainability

Presenting a smart model to increase the motivation of students and teachers in the era of Corona, based on the factors affecting the efficiency of the education process using the fuzzy network analysis process

Majid Jangi zehi

Trainee in the field of software and network, Shahid Ramezani Technical College, Khash Education and Culture
m.jangizehi@eng.ui.ac.ir

Fariba Rigi

Trainee in the field of illustration and computer special effects, Kardanesh Somayeh Conservatory, Khash Education and Culture, Iran, rigi.fariba91@gmail.com

Abstract: Many researchers have introduced motivation as the main factor of movement towards the goal. This research has introduced a model to increase the motivation of teachers and students during the outbreak of the Corona virus. This disease has disrupted the normal process of education in the world. For this reason, the need to pay attention to alternative solutions and changes in educational conditions is felt.

Keywords: Model, motivation, student, teacher, corona, efficiency, training, fuzzy network analysis process

Providing a learning model with artificial intelligence technology in the education of children with disabilities or autism disorders

Nooshin Askarani

Senior expert in computer engineering, education and technology groups of Isfahan province

Sara Ghai PhD student of Human Resource Management and Organizational Behavior of Yazd University

Abstarct:

This research, while explaining the concept and applications of artificial intelligence, provides a model for learning children with disabilities or autism disorders. Among the tools and techniques of artificial intelligence in teaching children with autism and identifying these children, recognizing and measuring the level of attention and hyperactivity disorder, recognizing and recognizing the differences of children with learning disabilities such as: reading or writing failure, math learning disorder and language is used.

Keywords: Artificial intelligence, education, autism, disability, learning model

Intelligent control of dynamic systems: innovations and optimization applications in today's world

Alireza Joshan

Master of Science in Electrical Power Engineering,Specialization in Power Electronics and Electric Machines,University of Guilan,Guilan,Iran

Alireza.joshan.guilan@gmail.com

Abstract

In recent decades, control theory and dynamic systems have been recognized as a key tool in the analysis and design of complex systems in various scientific and industrial fields. This review article focuses on the fundamental and advanced concepts of optimal control of dynamic systems and examines various optimization methods and techniques. First, the concept of optimal control is explained with an emphasis on calculus of variations and fuzzy methods, and it analyzes the challenges in the design and implementation of these systems.

Then the article deals with the wide applications of control theory in various fields such as engineering, medicine and economics. In the field of engineering, the results of optimization in automatic systems, robotics and control of industrial processes are investigated.In the field of medicine, how control theory is used to improve diagnostic and therapeutic systems as well as drug management is analyzed. In economics, the role of optimal control in predicting economic patterns and optimizing financial and human resources is discussed.

This paper also discusses some recent innovations in the field of integration of artificial intelligence and control of dynamic systems and shows that this combination can help improve the performance of systems. Considering the growing trends in today's world, the importance and application of control theory as an effective factor in scientific and technological advances is clearly visible.

The results of this review can serve as a basis for future research in the field of optimal control and its applications in different fields and provide new solutions to solve existing challenges.

Keywords: optimal control, dynamic systems, calculus of changes, artificial intelligence, interdisciplinary applications

Convolution network optimized with LO meta-heuristic algorithm for automatic brain tumor classification

Musa Mojarad
Computer Department, Firozabad Branch, Islamic Azad University, Firozabad, Iran
musa.mojarad@iau.ac.ir

Mehrab Mohebi
Computer Department, Firozabad Branch, Islamic Azad University, Firozabad, Iran
m.mohebi@iau.ac.ir

Abstract:
Undoubtedly, the brain, as the most sensitive organ of the body, controls the basic and important functions of the human body. A brain tumor is a serious cancer that is caused by the uncontrolled and abnormal division of cells. Because the incorrect classification of brain tumor can lead to bad consequences, the correct selection of tumor type and grade plays an important role in determining the appropriate treatment plan. For this reason, automatic brain tumor classification plays a vital and efficient role in accelerating the treatment process, planning and increasing the survival rate of patients. In order to address this issue, a new approach called convolution network optimized with meta-heuristic algorithm (LO CNN) has been developed. This approach involves preprocessing brain MRI images to reduce false tumor detection rates. Then, using line segments to preserve hidden edge details, a candidate region process is applied to identify the tumor region. Various features are extracted from the segmented region, which is classified using a convolutional neural network (CNN). The proposed LO CNN system is evaluated using pixel accuracy, error rate, precision, specificity and sensitivity criteria. This system achieves 99% accuracy on the Kaggle dataset.
Keywords: LO meta-heuristic algorithm, image edge loss reduction, convolutional neural network, brain tumor.