تابستان ۱۴۰۳
سال سیزدهم

کهربا

شماره چهل و چهارم

فصلنامه تخصصی مهندسی برق و کامپیوتر

Journal of Electrical and Computer Engineering

شماره مجوز وزارت فرهنگ و ارشاداسلامی ۷۷۸۲۱



۱–سیستم توصیه گر معنایی وب بر اساس پروفایل کاربر با استفاده از حداکثرسازی نفوذ در شبکه کاربران مشابه و یادگیری عمیق

۲–بررسی و تحلیل جهت طراحی یک پنل فتوولتائیک با استفاده از فناوری نیم رسانای اکسید _ فلز مکمل با کارکرد ولتاژ حداکثر

۳– تخمین وضعیت شارژ باتری لیتیوم - یونی در وسایل نقلیه الکتریکی با استفاده از مدل یادگیری عمیق

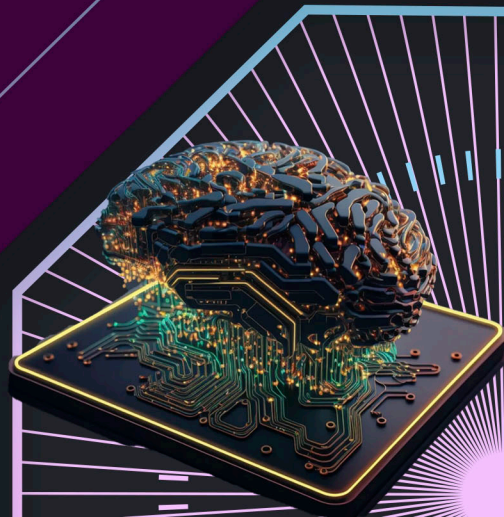
۴– انقلاب درکارایی خودروهای هوشمند با ترکیب هوش مصنوعی و فناوری حسی در سیستم های کنترل

۵– بهینه‌سازی تخصیص اجزا و VM در ذخیره‌سازی داده‌های ابری با استفاده از الگوریتم ترکیبی GWO-HHO

۶–شبیه‌سازی پردازش و دسته‌بندی صدای قلب در نرم‌افزارMatlab

۷–آشنایی با دکتر محمد اعتمادی استاد برق دانشگاه شریف

۸– یک مدل ساده اما دقیق اتصالات نانولوله کربنی



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

درباره کهربا ۳

یادداشت مدیرمسئول ۴

آشنایی با مشاهیر

دکتر محمد اعتمادی استاد الکترونیک دانشگاه شریف ۶

مقالات

انقلاب درکارایی خودروهای هوشمند با ترکیب هوش مصنوعی و فناوری حسی در سیستم های کنترل ۸
علیرضا جوشن،کارشناسی ارشد دانشگاه گیلان،ایران

سیستم توصیه گر معنایی وب بر اساس پروفایل کاربر با استفاده از حداکثرسازی نفوذ در شبکه کاربران مشابه و یادگیری عمیق ۱۷
مستوره معینی، دانشجوی دکتری دانشکده کامپیوتر، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران، ایرانعلی برومندنیا ، عضو هیئت علمی ، دانشکده کامپیوتر، واحد تهران جنوب ، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ، ایران منا مرادی، عضو هیئت علمی ، دانشکده کامپیوتر، واحد تهران مرکز ، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ، ایران

شبیه‌سازی پردازش و دسته‌بندی صدای قلب در نرم‌افزار MATLAB ۴۱
علیرضا محمودی فرد، کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی ، دانشگاه شاهد تهران
زهرا کریمی، کارشناسی مهندسی پزشکی موسسه آموزش عالی ابرار تهران

بررسی و تحلیل جهت طراحی یک پنل فتوولتائیک با استفاده از فناوری نیم رسانای اکسید–فلز مکمل با کارکرد ولتاژ حداکثر ۴۸
امیر شاطری، کارشناسی پیوسته مهندسی برق موسسه آموزش عالی آپادانا شیراز؛ ایران

بهینه‌سازی تخصیص اجزا و VM در ذخیره‌سازی داده‌های ابری با استفاده از الگوریتم ترکیبی GWO-HHO ۵۸
موسی مجرد،مهراب محبی، دکترای کامپیوتر،دانشگاه آزاد اسلامی فیروزآباد ایران

یک مدل ساده اما دقیق اتصالات نانولوله کربنی ۷۲
هادی صمدی ،کارشناسی برق، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی،تهران، ایران
فرامرز آقائی لیاولی،گروه برق شرکت هل،شهر صنعتی البرز، قزوین، ایران

تخمین وضعیت شارژ باتری لیتیوم -یونی در وسایل نقلیه الکتریکی با استفاده از مدل یادگیری عمیق ۷۶
محمود مقدسیان، استادیار دانشگاه چمران، اهواز، ایران

ارتباط با کهربا ۸۷

English Abstracts ۸۸

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 رسانه های 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 دوازدهمین زمستان از فعالیت نشریه کهربا و پس از انتشار چهل و یک شماره از مجله مفتخریم با انتشار چهل و دومین 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.

آشنایی با دکتر محمد اعتمادی – استاد الکترونیک دانشگاه صنعتی شریف



دکتر اعتمادی در سال ۱۳۳۲ در شهر ا صفهان متولد شد. دوره کار شنا سی را در دان شگاه شیراز با رتبه اول در سال ۱۳۴۵ به پایان رسانید و از طریق بورسیه وزارت فرهنگ و آموزش عالی برای ادامه تحصیل به دانشگاه کالیفرنیا در لوس آنجلس (UCLA)اعزام شد. دوره کار شنا سی ار شد و دکتری خود را به ترتیب در سال‌های ۱۳۵۶ و ۱۳۶۳ در ر شته فیزیک حالات جامد و دوره پست دکترا را در زمینه‌ی ادوات مخابرات نوری، لیزر و اپتوالکترونیک طی نمود. ایشان در اصلاح ساختار معاونت و بهبود کیفیت آموزشی دانشگاه اقدامات مهمی انجام دادند. در سال ۱۳۷۲ ریاست دانشگاه صنعتی شریف بر عهده ایشان گذاشته شد و در تاریخ ۹ مهر ماه ۷۴ جهت شرکت در انتخابات پنجمین دوره مجلس شورای اسلامی استعفا داد. در دوره ریاست ایشان گام‌های مؤثری در زمینه فعالیت‌های فرهنگی و برنامه‌ریزی دان شگاه بردا شته شد. وی نقش مؤثری در تدوین سیا ست ها و راهبردهای بخش آموزش عالی در برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور ایفا نمود و پس از چهار سال خدمت، از آنجا به نهاد ریاست جمهوری (حوزه‌ی معاون اول) منتقل گردید و در زمان دکتر عارف (بنا به حکم ای شان) مدیریت دفتر همکاری و نظارت امور علمی ریا ست جمهوری را عهده‌دار شد. در طول تمام این سال ها و مسئولیت های مختلف، رابطه‌ی ایشان با دانشگاه برقرار بوده و همواره تدریس حداقل یک درس را در دانشکده مهندسی برق داشته است.

برخی سمت های استاد:

استادیار دانشکده برق ۱۳۶۵

معاونت آموزشی دانشگاه ۱۳۶۸

ریاست دانشگاه صنعتی شریف ۱۳۷۴

معاونت پژوهشی دانشگاه ۱۳۷۴ ۱۳۷۵

رییس دانشکده صنعت نفت ۱۳۷۵ ۱۳۷۶

مدیر کل دفتر آموزش عالی ۱۳۷۶

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف ۱۳۸۱

مشاور فنی گروه تحقیقات صنایع دفاع و همچنین صنایع قطعات الکترونیک وابسته به وزارت دفاع

KNO-1102-4401

انقلاب درکارایی خودروهای هوشمند با ترکیب هوش مصنوعی و فناوری حسی در سیستم های کنترل

علیرضا جوشن

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

Alireza.joshan.guilan@gmail.com

چکیده

هوش مصنوعی و فناوری های پیشرفته از جمله سنسورها، پردازش داده، شبکه های بی سیم و الگوریتم های پیچیده، به وضوح تغییرات بزرگی در صنعت خودروسازی ایجاد کرده اند. یکی از حوزه هایی که این تکنولوژی ها تاثیر زیادی داشته اند، سیستم های کنترل خودروهای هوشمند است. ارتقاء عملکرد این سیستم ها از اهمیت بسزایی برخوردار است زیرا این سیستم ها مستقیماً بر ایمنی و کارایی خودرو تاثیر می گذارند. یکی از راهکارهای ارتقاء عملکرد سیستم های کنترل خودروهای هوشمند، بهبود الگوریتم ها و نرم افزارهای استفاده شده در این سیستم ها است. افزایش سرعت پردازش داده ها، بهبود تصمیمات گرفته شده توسط سیستم، و افزایش دقت در تشخیص و پیش بینی وضعیت های مختلف جاده، می تواند باعث بهبود عملکرد کلی سیستم های کنترل خودروهای هوشمند شود. همچنین، استفاده از سنسورهای پیشرفته و ارتباط بیشتر بین خودروها و زیرساخت های جاده ای نیز می تواند به ارتقاء عملکرد این سیستم ها کمک کند. این اقدامات نه تنها باعث بهبود ایمنی و کارایی خودروها می شوند، بلکه می توانند به کاهش تصادفات و ترافیک شهری نیز کمک کنند.

کلیدواژه ها: انقلاب ، خودروهای هوشمند، هوش مصنوعی، سنسورها، پردازش داده، سیستم های کنترل

مقدمه

امروزه با پیشرفت فناوری، خودروهای هوشمند به شکل گسترده‌ای در بازار حضور پیدا کرده‌اند. این خودروها دارای سیستم‌های کنترل پیشرفته‌ای هستند که امکاناتی از قبیل خودران، جلوگیری از تصادف و پارک خودکار را فراهم می‌کنند. با این حال، برای ارتقاء عملکرد این سیستم‌ها و افزایش امنیت و کارایی خودروهای هوشمند، نیاز به تحقیقات بیشتر در این حوزه وجود دارد. ارتقاء عملکرد سیستم های کنترل خودروهای هوشمند امری حیاتی است که نه تنها به بهبود ایمنی رانندگی و کاهش حوادث جاده ای کمک می کند، بلکه می تواند به بهبود کارایی و کاربردی بودن این خودروها نیز کمک کند. یکی از اصلی‌ترین راهکارها برای ارتقاء عملکرد این سیستم‌ها، استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی است. این الگوریتم‌ها می توانند اطلاعات بسیار زیادی را به سیستم تزریق کنند و با تحلیل دقیق این اطلاعات، تصمیم‌گیری های بهتری برای کنترل خودروها اتخاذ کنند. به عنوان مثال، با استفاده از الگوریتم های هوش مصنوعی، سیستم های کنترل می توانند به بهترین شکل ممکن از ترافیک جلوگیری کنند و به سرعت بهتری برای رانندگی پیشنهاد دهند[1].

اضافه کردن سنسورهای پیشرفته به خودروهای هوشمند می تواند به دقت بیشتر در کنترل وضعیت خودرو کمک کند. این سنسورها می توانند اطلاعات بسیار دقیقی از محیط اطراف خودرو جمع آوری کنند و به سیستم کنترل ارسال کنند تا اقدامات مناسبی را در صورت نیاز انجام دهند. مثلا، سنسورهای پیشرفته می توانند به خودرو اطلاع دهند که چه زمانی باید فرمان را تغییر دهد یا چه زمانی باید سرعت خود را کاهش دهد تا از تصادف جلوگیری کند. به طور کلی، این اقدامات می تواند به بهبود کارایی و ایمنی خودروهای هوشمند کمک کند و همچنین به کاهش مصرف سوخت و آلودگی محیط زیست کمک کند[2].

ادغام هوش مصنوعی و فناوری حسی پیشرفته در وسایل نقلیه هوشمند نشان دهنده جهش قابل توجهی در صنعت خودرو است. این مقاله مروری به تکامل فناوری خودرو می پردازد و نقش محوری هوش مصنوعی و سیستم های حسی را در افزایش عملکرد، ایمنی و کارایی خودرو برجسته می کند. با وجود پیشرفت های قابل توجه، شکافی در کاربرد یکپارچه این فناوری ها در سناریو های دنیای واقعی وجود دارد. هدف این مقاله پرکردن این شکاف با نمایش رویکردهای نوآورانه برای ادغام هوش مصنوعی و فناوری حسی است و درنتیجه راه را برای نسل بعدی وسایل نقلیه خودران هموار می کند.ادبیات نشان دهنده تفاوت قابل توجهی بین قابلیت های نظری هوش مصنوعی و فناوری حسی و اجرای عملی آن ها است. چالش هایی مانند قابلیت اطمینان داده ها، یکپارچه سازی سیستم و پردازش بلادرنگ همچنان موانعی بر سر راه پذیرش گسترده این فناوری ها هستند-3].
7]

این مقاله راه حل های نوآورانه ای را برای غلبه بر شکاف های شناسایی شده پیشنهاد می کند، مانند توسعه الگوریتم های هوش مصنوعی قوی تر که می تواند داده های نامشخص را مدیریت کند و ایجاد چارچوب های استاندارد شده برای یکپارچه سازی سیستم حسی. این پیشرفت ها برای توسعه سیستم های کنترل پیشرفته که می توانند به طور کامل از قدرت هوش مصنوعی و فناوری حسی در وسایل نقلیه هوشمند استفاده کنند، بسیار مهم هستند.

استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی

هوش مصنوعی با ترکیبی از الگوریتم‌ها و مدل‌های ریاضی، امکان بهبود تصمیم‌گیری در سیستم‌های کنترل را فراهم می‌کند. این الگوریتم‌ها می‌توانند به تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده و پیش‌بینی نتایج آنها کمک کنند. از جمله الگوریتم‌های معروف در این حوزه می‌توان به شبکه‌های عصبی، الگوریتم‌های یادگیری ماشین، الگوریتم‌های تکاملی و الگوریتم‌های ژنتیک اشاره کرد. با استفاده از این الگوریتم‌ها، می‌توان سیستم‌های کنترل را بهبود بخشید و عملکرد آنها را بهبود داد. به عنوان مثال، در سیستم‌های مکانیکی، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند بهینه‌سازی

سیستم‌ها را انجام دهند و بهبود کارایی و دقت آنها را فراهم کنند. همچنین، در سیستم‌های پردازش سیگنال، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند به تشخیص الگوها و پیش‌بینی نتایج کمک کنند. در مجموع، استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌تواند بهبود چشم‌گیری در عملکرد و کارایی سیستم‌های کنترل ایجاد کند و از آنها بهره‌وری بیشتری را به‌دست آورد[3].

خودروهای هوشمند با قابلیت یادگیری ماشینی

در حال حاضر، توسعه سیستم‌های خودروهای هوشمند با قابلیت یادگیری ماشینی یکی از موضوعات مهم و پرکاربرد در صنعت خودروسازی است. این سیستم‌ها به خودروها اجازه می‌دهند تا اطلاعات را جمع‌آوری کرده و بر اساس آن‌ها تصمیم‌گیری کنند، بهبودهای لازم را ایجاد کنند و با محیط پیرامون خود تعامل کنند. با توجه به پیشرفت فناوری و افزایش استفاده از سیستم‌های هوشمند، شرکت‌های خودروسازی هر روزه به توسعه و بهبود این سیستم‌ها علاقه‌مندتر می‌شوند. یکی از بهترین ویژگی‌های سیستم‌های خودروهای هوشمند با قابلیت یادگیری ماشینی، قابلیت آموزش و بهبود پذیری آن‌ها است. به عنوان مثال، این سیستم‌ها می‌توانند با تجربه و استفاده بیشتر خود مدل‌های پیش‌بینی و تصمیم‌گیری خود را بهبود بخشند. به این ترتیب، خودروهای هوشمند با قابلیت یادگیری ماشینی می‌توانند به طور مداوم بهبود یابند و باعث افزایش ایمنی، کارایی و راحتی کاربران شوند[4]. این سیستم‌ها می‌توانند از طریق اتصال به اینترنت و اشتراک‌گذاری داده‌ها با سایر خودروها بهبودات خود را به اشتراک بگذارند و از تجربیات دیگران نیز بهره‌مند شوند. این بوم‌های اشتراکی امکان تبادل اطلاعات و بهبودات بین خودروها را بهبود می‌دهند و به افزایش کارایی و ایمنی عمومی کمک می‌کنند.

اضافه کردن سنسورهای پیشرفته

تکنولوژی سنسورها در صنعت خودروسازی از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا این سنسورها به خودروها امکان می‌دهند تا وضعیت و عملکرد خود را بهبود ببخشند. از جمله سنسورهایی که به خودروها اضافه می‌شوند، می‌توان به سنسورهای دوربین، سنسورهای رادار، سنسورهای لیزری و سنسورهای فشاری اشاره کرد. این سنسورها به خودروها امکان می‌دهند تا به صورت خودکار و دقیق‌تر از ترافیک و محیط اطراف خود آگاهی پیدا کنند و به تصمیم گیری‌های بهتری برای سلامت و ایمنی راننده و سرنشینان بپردازند[5].

از دیگر مزایای اضافه کردن سنسورهای پیشرفته به خودروها، می‌توان به قابلیت‌های خودروهای هوشمند اشاره کرد. با اضافه کردن سنسورهای پیشرفته مانند سنسورهای دوربین و رادار، خودروها می‌توانند به صورت خودکار تشخیص دهند که چه اقداماتی باید انجام دهند. به عنوان مثال، در صورت شناسایی خطا در عملکرد خودرو، سنسورها می‌توانند به صورت خودکار اقدامات لازم را انجام دهند تا خطا رفع شود و خودرو به حالت عادی بازگردد. این قابلیت‌های هوشمند، امنیت و اطمینان راننده و سرنشینان را افزایش می‌دهد و از احتمال وقوع حوادث جلوگیری می‌کند. به طور کلی، اضافه کردن سنسورهای پیشرفته به خودروها، بهبود عملکرد و ایمنی آن‌ها را تضمین می‌کند[6].

فناوری‌های ارتباطی مبتنی بر اینترنت اشیا

استفاده از فناوری‌های ارتباطی مبتنی بر اینترنت اشیا به عنوان یکی از روش‌های نوین و پیشرفته برای بهبود کارایی سیستم‌های کنترل به طور چشمگیری افزایش یافته است. این فناوری این امکان را فراهم می‌کند که اشیاء مختلفی که با سنسورها و دستگاه‌های ارتباطی مجهز شده‌اند، به

شبکه اینترنت متصل شوند و اطلاعات مربوط به خود را به صورت بی‌سیم انتقال دهند. این امکان باعث می‌شود که سیستم‌های کنترل قادر به جمع‌آوری داده‌های دقیق و به موقع از این اشیاء شود و اقدامات لازم را انجام دهد[7].

استفاده از این فناوری می‌تواند در بسیاری از زمینه‌ها مورد استفاده قرار گیرد، از جمله در صنعت، کشاورزی، حمل و نقل، بهداشت و درمان و غیره. به عنوان مثال، در صنعت، این فناوری می‌تواند به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها کمک کند. با اتصال دستگاه‌های مختلف به شبکه اینترنت، مدیران می‌توانند به صورت دور از محل کار آن‌ها را کنترل کنند و از اطلاعات دقیق و به موقع برای اتخاذ تصمیمات مناسب بهره ببرند. همچنین، در حوزه کشاورزی، این فناوری می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا منابع آب و کود را بهینه‌سازی کرده و محصولات با کیفیت‌تری تولید کنند. به طور کلی، استفاده از فناوری‌های ارتباطی برای بهبود کارایی سیستم‌های کنترل، می‌تواند به توسعه و پیشرفت صنایع مختلف و بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها کمک کند[8].

اهمیت به‌روزرسانی سیستم‌های کنترل

یکی از عوامل مهم برای ارتقاء عملکرد سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند، به‌روزرسانی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری آنهاست. به‌روزرسانی‌های منظم این سیستم‌ها باعث بهبود عملکرد، افزایش امنیت و کاهش خطرات مرتبط با استفاده از خودروهای هوشمند می‌شود. سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند بر اساس تکنولوژی‌های پیشرفته‌ای مانند هوش مصنوعی، شبکه‌های بی‌سیم و حسگرهای مختلف عمل می‌کنند. این سیستم‌ها به‌روزرسانی‌های منظم نیاز دارند تا با پیشرفت تکنولوژی همگام شوند و بتوانند عملکرد بهینه‌تری داشته باشند. به‌روزرسانی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری سیستم کنترل خودروهای هوشمند می‌تواند باعث بهبود عملکرد خودرو، کاهش مصرف سوخت، افزایش امنیت و کاهش خطرات حوادث شود[9].

به‌روزرسانی سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند می‌تواند به افزایش عمر مفید و کارایی خودرو کمک کند. با به‌روزرسانی نرم‌افزاری، می‌توان از امکانات جدید و بهبودهای مختلفی که در نسخه‌های جدید وجود دارند بهره برد. همچنین، به‌روزرسانی سخت‌افزاری می‌تواند باعث بهبود کیفیت سیستم‌های کنترل شود و از دیگر مزایای آن می‌توان به کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات اشاره کرد. به طور کلی، به‌روزرسانی سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند یکی از عوامل اصلی برای بهبود عملکرد و ایمنی خودروهای هوشمند است و برای افرادی که از این خودروها استفاده می‌کنند بسیار حیاتی است.

استفاده از هوش مصنوعی در سیستم‌های کنترل

هوش مصنوعی یکی از فناوری‌های کلیدی در توسعه سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند است. استفاده از الگوریتم‌ها و شبکه‌های عصبی می‌تواند به بهبود امکانات و عملکرد این سیستم‌ها کمک کند. هوش مصنوعی در سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند به عنوان یک فناوری کلیدی شناخته می‌شود که بهبود امکانات و عملکرد این سیستم‌ها را فراهم می‌کند. از جمله استفاده‌های اصلی هوش مصنوعی در این حوزه می‌توان به سیستم‌های خودران، سیستم‌های پیشگیری از تصادف و سیستم‌های پارکینگ هوشمند اشاره کرد[10].

یکی از مزایای استفاده از هوش مصنوعی در سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند افزایش امنیت و کارایی این خودروها است. به عنوان مثال، سیستم‌های خودران می‌توانند با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و شبکه‌های عصبی، بهبود قابلیت‌های خود در تشخیص موقعیت و اطلاعات محیطی را دریافت کرده و بر اساس آن‌ها تصمیمات منطقی برای حرکت اتومبیل بگیرند. همچنین، سیستم‌های پیشگیری از تصادف می‌توانند با

استفاده از هوش مصنوعی، الگوریتم‌های پیشرفته‌ای برای تشخیص و پیش‌بینی تصادفات طراحی کنند و از این طریق احتمال وقوع حوادث را کاهش دهند[11].

با توجه به اینکه هوش مصنوعی به طور مداوم در حال توسعه و پیشرفت است، انتظار می‌رود که استفاده از این فناوری در سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند در آینده بیشتر شود و امکانات و عملکرد این خودروها بهبود یابد. این موضوع نشان از اهمیت بالای هوش مصنوعی در توسعه صنعت خودروسازی و سیستم‌های حمل و نقل هوشمند دارد و بهبود سطح امنیت و کارایی در این حوزه را فراهم می‌کند.

ارتقاء امنیت سیستم‌های کنترل

یکی از اصلی‌ترین مواردی که باید در نظر گرفته شود، ارتقاء امنیت سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند است. این امر می‌تواند با اعمال استانداردهای امنیتی، رمزنگاری داده‌ها و پیشگیری از حملات سایبری بهبود یابد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی، خودروهای هوشمند دارای سیستم‌های کنترل پیچیده ای هستند که برای کارکرد صحیح آنها باید امنیت بالایی داشته باشند. در حال حاضر، بسیاری از خودروهای جدید دارای اینترنت اشیاء و ارتباطات بیسیم هستند که به یک شبکه متصل می‌شوند. این امر باعث افزایش خطر حملات سایبری به سیستم‌های کنترل خودروها می‌شود. بنابراین، تولیدکنندگان خودرو موظفند از استانداردهای امنیتی برای حفاظت از اطلاعات حساس و جلوگیری از دسترسی غیرمجاز به سیستم‌های خودرو استفاده کنند[12].

برای ارتقاء امنیت سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند، اعمال رمزنگاری بر روی داده‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با اعمال رمزنگاری، اطلاعات حساسی که از سیستم‌های خودرو انتقال می‌یابند، محافظت می‌شوند و از دسترسی غیرمجاز جلوگیری می‌شود. همچنین، پیشگیری از حملات سایبری نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. تولیدکنندگان باید به دقت به تشخیص و پیشگیری از حملات سایبری بپردازند تا خودروهای هوشمند امن‌تری برای کاربران فراهم کنند. به طور کلی، ارتقاء امنیت سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و باید به شکلی کامل و جامع در نظر گرفته شود[13].

افزایش کارایی سیستم‌های کنترل

با افزایش تقاضا برای استفاده از خودروهای هوشمند، افزایش کارایی سیستم‌های کنترل اهمیت بیشتری پیدا کرده است. بهبود الگوریتم‌ها، بهینه‌سازی پردازش داده‌ها و ارتقاء سیستم‌های ارتباطی می‌تواند به افزایش کارایی این سیستم‌ها کمک کند. در دنیای امروز، خودروهای هوشمند یک برخورد بزرگ بازاری داشته‌اند و هر روزه به عنوان راه‌حلی مدرن و موثر برای حمل و نقل شهری مورد توجه قرار می‌گیرند. با این حال، یکی از چالش‌های اساسی در پیشرفت این خودروها، افزایش کارایی سیستم‌های کنترل آنها است. به منظور بهبود عملکرد خودروهای هوشمند و کاهش خطرات حوادث، لازم است که سیستم‌های کنترل این خودروها بهینه شوند[14].

با توجه به اینکه خودروهای هوشمند از تکنولوژی‌های پیشرفته‌ای مانند حسگرها، دوربین‌ها و سیستم‌های ارتباطی استفاده می‌کنند، بهینه‌سازی الگوریتم‌ها و پردازش داده‌ها امری حیاتی است. از طرف دیگر، بهبود سیستم‌های ارتباطی و شبکه در این خودروها می‌تواند کمک شایانی به افزایش کارایی و اعتماد به نفس آنها داشته باشد. با بهبود کارایی سیستم‌های کنترل، می‌توان از مزایایی همچون کاهش تصادفات، بهبود ترافیک و افزایش امنیت در جاده‌ها بهره‌برد. به طور کلی، افزایش کارایی سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند یک گام مهم به سوی حمل و نقل هوشمند و پایدارتر است[15].

مشکلات و چالش‌های سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند

رغبت برای استفاده از خودروهای هوشمند بیشتر شده است، اما همچنان مشکلات و چالش‌هایی در ارتقاء عملکرد سیستم‌های کنترل وجود دارد. بررسی این مشکلات و پیدا کردن راه‌حل‌های مناسب برای آنها، اهمیت زیادی دارد. یکی از مشکلات اساسی در سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند، عدم پایداری و قابلیت اطمینان آنها است. این مشکل می‌تواند منجر به وقوع حوادث جدی شود. به عنوان مثال، در صورتی که سیستم کنترلی خودرو ناپایدار باشد و نتواند به درستی و به موقع واکنش نشان دهد، خطر برخورد با سطوح مختلف وجود دارد. بنابراین، ارتقاء پایداری و قابلیت اطمینان سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند یکی از اولویت‌های اصلی تولیدکنندگان و توسعه‌دهندگان این خودروها است[16].

یکی دیگر از مشکلات بزرگ در سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند، امنیت آنها است. با پیشرفت فناوری و اتصال خودروها به اینترنت، خطرات امنیتی نیز افزایش یافته است. هکرها ممکن است به راحتی به سیستم‌های کنترلی خودروها نفوذ کرده و کنترل آنها را به دست بگیرند. این موضوع می‌تواند منجر به حوادث جدی شود و زندگی افراد را تهدید کند. بنابراین، توسعه راهکارهای امنیتی قوی و اطمینان‌بخش برای سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند، ضروری است. به طور کلی، ارتقاء عملکرد و امکانات سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند و حل مشکلات موجود در آنها، نیازمند تلاش و همکاری بین تولیدکنندگان، توسعه‌دهندگان و محققان در حوزه فناوری و امنیت است[17].

فرصت های نوآوری برای ارتقاء عملکرد سیستم‌های کنترل و چشم انداز آینده

برای ارتقاء عملکرد سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند، می‌توان از روش‌هایی از جمله بهبود نرم‌افزار، افزایش امنیت، استفاده از هوش مصنوعی و بهینه‌سازی داده‌ها استفاده کرد. این فرصت ها می‌توانند به بهبود کارایی و امنیت خودروهای هوشمند کمک کنند. امروزه با پیشرفت فناوری، خودروهای هوشمند دارای سیستم‌های کنترل پیشرفته‌ای هستند که امکانات بیشتری را برای رانندگان فراهم می‌کنند. اما برای ارتقاء عملکرد این سیستم‌ها و افزایش امنیت، باید به تکنولوژی‌های جدید و به روز روی آورد. یکی از راهکارهایی که می‌توان برای بهبود عملکرد سیستم‌های کنترل اتومبیل‌های هوشمند انجام داد، بهبود نرم‌افزار آنها است. با بهبود نرم‌افزار، می‌توان از پردازش داده‌ها بهتر استفاده کرد و عملکرد سیستم را بهبود داد. با بهینه‌سازی داده‌ها می‌توان از منابع بهتری استفاده کرد و اطلاعات دقیق‌تری را برای سیستم فراهم کرد[4,9,18].

استفاده از هوش مصنوعی نیز می‌تواند به ارتقاء عملکرد سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند کمک کند. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، می‌توان به مدیریت بهتر ترافیک، شناسایی خطرات و پیش‌بینی رفتار راننده‌ها کمک کرد. این امر باعث افزایش امنیت و کارایی خودروهای هوشمند می‌شود. همچنین، افزایش امنیت سیستم‌های کنترل از اهمیت بالایی برخوردار است. با افزایش امنیت، می‌توان از حملات سایبری و نفوذهای غیرمجاز جلوگیری کرد و اطمینان حاصل کرد که سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند به درستی عمل می‌کنند. به طور کلی، ارتقاء عملکرد سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند نیازمند بهبود نرم‌افزار، استفاده از هوش مصنوعی و افزایش امنیت است که می‌تواند به بهبود کارایی و امنیت این خودروها کمک کند.

نتیجه گیری

در نهایت، ارتقاء عملکرد سیستم‌های کنترل خودروهای هوشمند امری ضروری و حیاتی است. با توجه به افزایش تقاضا برای استفاده از این خودروها، ارتقاء امنیت، کارایی و عملکرد این سیستم‌ها اهمیت بیشتری پیدا کرده است و نیاز به تحقیقات و پژوهش‌های بیشتر در این حوزه وجود دارد. ارتقاء عملکرد سیستم های کنترل خودروهای هوشمند امری حیاتی و ضروری است، زیرا این سیستم ها مستقیماً بر ایمنی و کارایی خودروها تاثیر می گذارند. از جمله راهکارهایی که می تواند به ارتقاء عملکرد این سیستم ها کمک کند، استفاده از الگوریتم های هوش مصنوعی می باشد. الگوریتم های هوش مصنوعی می توانند در تصمیم گیری های مهمی که برای عملکرد خودرو لازم است، نقش مهمی ایفا کنند. با بهینه سازی این الگوریتم ها و افزایش سرعت پردازش داده ها، می توان عملکرد سیستم های کنترل خودروهای هوشمند را بهبود بخشید.

ارتقاء امنیت سیستم های کنترل نیز از اهمیت بسیاری برخوردار است. با اعمال استانداردهای امنیتی، رمزنگاری داده ها و پیشگیری از حملات سایبری، می توان از اطلاعات حساس موجود در این سیستم ها را محافظت کرد. همچنین، استفاده از سنسورهای پیشرفته و ارتباط بیشتر بین خودروها و زیرساخت های جاده ای نیز می تواند به بهبود عملکرد و ایمنی خودروهای هوشمند کمک کند. از این رو، ارتقاء عملکرد سیستم های کنترل خودروهای هوشمند نیازمند تحقیقات بیشتر و استفاده از تکنولوژی های پیشرفته است. موفقیت در این زمینه نقش اساسی در شکل دهی به چشم انداز فردا خواهد داشت و این سفر، ارزش آغاز کردن را دارد و مقصد آن، آینده ای روشن تر، پاک تر و پایدارتر برای نسل های آینده است.

پیشنهادها

۱. بررسی اثرات ترکیب هوش مصنوعی و فناوری حسی در بهبود کارایی و ایمنی خودروهای خودران.

۲.ارزیابی تاثیر ادغام هوش مصنوعی و فناوری حسی بر تجربه رانندگی و راحتی سفرهای خودروهای پیشرفته.

۳.بررسی چالش ها و موانعی که ممکن است در پیاده سازی این تکنولوژی ها در خودروهای هوشمند وجود داشته باشد.

۴.ارائه راهکارها و استراتژی های نوین برای بهبود کارایی، ایمنی، و قابلیت اطمینان خودروهای هوشمند باتوجه به ترکیب هوش مصنوعی و فناوری حسی.

۵. ارزیابی امکانات جدیدی که با ادغام هوش مصنوعی و فناوری حسی می توان درخودروهای هوشمند پیاده سازی کرد به منظور بهبود عملکرد و تجربه کاربری.

۶. مطالعه جوانب اقتصادی و مزایای مالی ادغام هوش مصنوعی و فناوری حسی در خودروهای هوشمند به منظور ارائه تحلیل های پیشرفته در زمینه سرمایه گذاری و بازدهی.

۷.برگزاری آزمایشات و تست های عملیاتی بر روی خودروهای هوشمند با ادغام هوش مصنوعی و فناوری حسی به منظور ارزیابی دقیق عملکرد و اثربخشی این تکنولوژی ها.

۸.ارائه راهکارهای جامع و گام های عملی برای پیاده سازی و استفاده بهینه از هوش مصنوعی و فناوری حسی در صنعت خودروسازی برای بهبود کارایی و امنیت خودروهای هوشمند.

۹. مطالعه اثرات زیست محیطی ادغام هوش مصنوعی و فناوری حسی در خودروهای هوشمند و ارائه راهکارهای پایدار و برای کاهش اثرات منفی بر محیط زیست.

۱۰.بررسی تاثیر هوش مصنوعی و فناوری حسی در کاهش ترافیک و افزایش بهره وری رانندگی در شهرها و مناطق شلوغ.

۱۱.ارائه راهکارهای نوآورانه برای ادغام هوش مصنوعی و فناوری حسی در خودروهای خصوصی و عمومی به منظور ایجاد یک بستر پایدار و هوشمند برای حمل و نقل.

۱۲.بررسی امکانات امنیتی برای جلوگیری از حملات سایبری به خودروهای هوشمند و ارائه راهکارهای نوآورانه برای تقویت امنیت اطلاعاتی.

۱۳. بررسی دقیق اثرات حسگرهای سرعت، فاصله، و دیگر تکنولوژی های حسی در بهبود سیستم های خودکار و خودران خودروهای هوشمند.

۱۴. ارزیابی نیازهای فنی و توانمندی های موردنیاز برای پیاده سازی کامل ادغام هوش مصنوعی و فناوری حسی در خودروهای آینده.

این پیشنهادها مرتبط با تحقیقات و تحلیل هایی است که می توان در زمینه ادغام هوش مصنوعی و فناوری حسی در کنترل خودروهای هوشمند انجام داد. این تحقیقات به منظور بهبود عملکرد، ایمنی، کارایی، و تجربه کاربری در خودروهای آینده انجام می شود.

مراجع

1. Ding , Z . Wang and L . Zhang , " Event - Triggered Vehicle Sideslip Angle Estimation Based on Low - Cost Sensors , " in IEEE Transactions on Industrial Informatics , vol . 18 , no . 7 , pp . 4466 - 4476 , July 2022 , doi : 10.1109 / TII . 2021.3118683.
2. M . S . Peixoto e Silva , T . H . C . d . Barros , H . P . Alves , J . F . d . Nascimento and J . F . Martins Filho , " Evaluation of Fiber Optic Raman Scattering Distributed Temperature Sensor Between -196 and 400 ° C , " in IEEE Sensors Journal , vol . 21 , no . 2 , pp . 1527 - 1533 , 15 Jan . 15 , 2021 , doi : 10.1109 / JSEN . 2020.3016322.
3. G . Keshavaditya , G . R . Eranna and G . Eranna , " PRT Embedded Microheaters for Optimum Temperature Distribution of Air - Suspended Structures for Gas Sensor Applications , " in IEEE Sensors Journal , vol . 15 , no . 7 , pp . 4137 - 4140 , July 2015 , doi : 10.1109 / JSEN . 2015.2413835.
4. C . Li , L . Yu and S . Fei , " Real - Time 3 D Motion Tracking and Reconstruction System Using Camera and IMU Sensors , " in IEEE Sensors Journal , vol . 19 , no . 15 , pp . 6460 - 6466 , 1 Aug . 1 , 2019 , doi : 10.1109 / JSEN . 2019.2907716.
5. L . Qi , D . Yang , B . Cao , Z . Li and H . Liu , " Design of a Ring - Type Bearingless Torque Sensor With Low Crosstalk Error , " in IEEE Sensors Journal , vol . 22 , no . 19 , pp . 18376 - 18383 , 1 Oct . 1 , 2022 , doi : 10.1109 / JSEN . 2022.3200094.
6. N . A . Oufroukh , " Steering Actuator Efficiency Estimation for Vehicle Lateral Dynamics , " 2021 IEEE International Conference on Networking , Sensing and Control (ICNSC) , Xiamen , China , 2021 , pp . 1 - 6 , doi : 10.1109 / ICNSC 52481.2021.9702165.
7. K . Schreiter , S . Muller , R . Luckner and D . Manzey , " A Flight Simulator Study of an Energy Control System for Manual Flight , " in IEEE Transactions on Human - Machine Systems , vol . 49 , no . 6 , pp . 672 - 683 , Dec. 2019 , doi : 10.1109 / THMS . 2019.2938138.

.8 K . Tani , H . Nabae , G . Endo and K . Suzumori , " Pneumatic Soft Actuator Using Self - Excitation Based on Automatic - Jet - SwitchingStructure , " in IEEE Robotics and Automation Letters , vol . 5 , no . 3 , pp . 4042 - 4048 , July 2020 , doi : 10.1109 / LRA . 2020.2985622.

.9 S. Jaiswal, L. Pyrhönen and A. Mikkola, "Computationally Efficient Coupling of Multibody Dynamics and Hydraulic Actuators in Simulating Hydraulic Machinery," in IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol. 28, no. 3, pp. 1291-1302, June 2023, doi: 10.1109/TMECH.2022.3225711.

.10 B. Rouzbeh, G. M. Bone, G. Ashby and E. Li, "Design, Implementation and Control of an Improved Hybrid Pneumatic-Electric Actuator for Robot Arms," in IEEE Access, vol. 7, pp. 14699-14713, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2891532.

.11 C. H. Park, K. J. Choi and Y. S. Son, "Shape Memory Alloy-Based Spring Bundle Actuator Controlled by Water Temperature," in IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol. 24, no. 4, pp. 1798-1807, Aug. 2019, doi: 10.1109/TMECH.2019.2928881.

.12 Wu, F.J., Kao, Y.F. and Tseng, Y.C., 2011. From wireless sensor networks towards cyber physical systems. Pervasive and Mobile computing, 7(4), pp.397-413.

.13 L. Gao, L. Xiong, X. Xia, Y. Lu, Z. Yu and A. Khajepour, "Improved Vehicle Localization Using On-Board Sensors and Vehicle Lateral Velocity," in IEEE Sensors Journal, vol. 22, no. 7, pp. 6818-6831, 1 April1, 2022, doi: 10.1109/JSEN.2022.3150073.

.14 A. Aijaz, S. Ping, M. R. Akhavan and A. -H. Aghvami, "CRB-MAC: A Receiver-Based MAC Protocol for Cognitive Radio Equipped Smart Grid Sensor Networks," in IEEE Sensors Journal, vol. 14, no. 12, pp. 4325-4333, Dec. 2014, doi: 10.1109/JSEN.2014.2346430.

.15 A. Dadashnialehi, A. Bab-Hadiashar, Z. Cao and R. Hoseinnezhad, "Reliable EMF-Sensor-Fusion-Based Antilock Braking System for BLDC Motor In-Wheel Electric Vehicles," in IEEE Sensors Letters, vol. 1, no. 3, pp. 1-4, June 2017, Art no. 6000304, doi: 10.1109/LSENS.2017.2705087.

.16 M. Berk, O. Schubert, H. -M. Kroll, B. Buschardt and D. Straub, "Exploiting Redundancy for Reliability Analysis of Sensor Perception in Automated Driving Vehicles," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 21, no. 12, pp. 5073-5085, Dec.2020, doi: 10.1109/TITS.2019.2948394.

.17 J. Li, Z. Xing, W. Zhang, Y. Lin and F. Shu, "Vehicle Tracking in Wireless Sensor Networks via Deep Reinforcement Learning," in IEEE Sensors Letters, vol. 4, no. 3, pp. 1-4, March 2020, Art no. 7500104, doi: 10.1109/LSENS.2020.2976133.

.18 E. Odat, J. S. Shamma and C. Claudel, "Vehicle Classification and Speed Estimation Using Combined Passive Infrared/Ultrasonic Sensors," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 19, no. 5, pp. 1593-1606, May 2018, doi: 10.1109/TITS.2017.2727224.

KNO-1102-4402

سیستم توصیه گر معنایی وب بر اساس پروفایل کاربر با استفاده از حداکثرسازی نفوذ در شبکه کاربران مشابه و یادگیری عمیق

[۲]، منا مرادی[۳]*مستوره معینی[۱]، علی برومندنیا

۱- دانشجوی دکتری ، دانشکده کامپیوتر، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران، ایران

۲- عضو هیئت علمی ، دانشکده کامپیوتر، واحد تهران جنوب ، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ، ایران. *

۳- عضو هیئت علمی ، دانشکده کامپیوتر، واحد تهران مرکز ، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ، ایران.

[1]st_m_moini@azad.ac.ir, [2*] Ali.Broumandnia@iau.ac.ir , [3] mona.moradi@iau.ac

چکیده

سیستم‌های توصیه‌گر صفحات وب در راستای ارائه پیشنهادات مرتبط با محتوای وب‌سایت‌ها و صفحات اینترنتی به کاربران به منظور کاهش سربار اطلاعاتی مورد استفاده قرار می گیرند. این سیستم‌ها با استفاده از تحلیل نظرات و بازخوردهای کاربران ، می‌توانند الگوهای رفتاری و ترجیحات کاربران را شناسایی کرده و بر اساس آن‌ها پیشنهادات مناسب ارائه دهند. در این مقاله از ترکیب مسئله به حداکثر رساندن تأثیر اجتماعی و فیلتر مشارکتی مبتنی بر شبکه خودرمزگذار عمیق برای تخمین رتبه بندی کاربران در شبکه کاربران مشابه بر اساس نظرات کاربران استفاده شده است. روش پیشنهادی با یافتن شبکه کاربران مشابه بر اساس نظرات کاربران، اقدام به یافتن کاربران تأثیر گذار بر اساس الگوریتم ژنتیک می نماید. کاربران تأثیرگذار، گروه کاربران مشابه از نظر رتبه بندی را به عنوان ورودی شبکه خودرمزگذار عمیق تشکیل می دهند که خروجی آن تخمین رتبه بندی کاربران جدید است. در نهایت توصیه های بازدید وب بر اساس فیلتر مشارکتی حاصل از پیش بینی آیتم های مورد علاقه کاربران تأثیرگذرا برای کاربران جدید ارائه می شود. روش پیشنهادی با مقدار MAE، RMSE، Hit Rate و Accuracy به ترتیب برابر با ۰,۰۰۲۴، ۰,۰۰۲۵، ۹۵,۳۱٪ و ۹۵,۰۸ نسبت به سایر روش های پیشین نتایج بهتری به دست آورده است.

کلمات کلیدی : سیستم توصیه گر، پروفایل کاربری، شبکه های خودرمزگذار، فیلتر مشارکتی، الگوریتم ژنتیک

۱- مقدمه

سیستم‌های توصیه‌گر نوعی سیستم فیلتر اطلاعات هستند که هدف آن پیش‌بینی و ارائه توصیه‌های شخصی شده به کاربران است[۱]. این سیستم‌ها معمولاً در وب‌سایت‌های تجارت الکترونیک، پلتفرم‌های جریان، رسانه‌های اجتماعی و سایر خدمات آنلاین برای پیشنهاد محصولات، فیلم‌ها، موسیقی یا سایر محتوایی که کاربر ممکن است به آن علاقه‌مند باشد استفاده می‌شود. هدف نهایی سیستم‌های توصیه‌گر بهبود کاربر است. رضایت و تعامل، منجر به افزایش ماندگاری کاربر و در نهایت سودآوری کسب و کار می‌شود[۲]. سیستم‌های توصیه‌کننده توسط الگوریتم‌های یادگیری ماشینی هدایت می‌شوند که رفتار کاربر، اولویت‌ها و ویژگی‌های آیتم را تجزیه و تحلیل می‌کنند تا پیش‌بینی کنند که کاربر چه چیزی را دوست دارد. این الگوریتم‌ها را می‌توان بر اساس تکنیک‌های مختلفی مانند فیلتر مشارکتی، فیلتر مبتنی بر محتوا و رویکردهای ترکیبی استوار کرد. موفقیت یک سیستم توصیه‌گر به توانایی آن در درک و پیش‌بینی دقیق ترجیحات کاربر، و همچنین ظرفیت آن برای انطباق با تغییر رفتار و ترجیحات کاربر در طول زمان بستگی دارد[۳]. کاربران برای کاهش مشکل اضافه بار اطلاعات به سیستم‌های توصیه‌گر وابسته هستند و در میان طیف وسیعی از آیتم‌ها

مانند محصولات، فیلم‌ها، اخبار یا رستوران‌ها پیمایش می‌کنند تا موارد مورد علاقه‌شان را بیابند. در نتیجه، گرفتن دقیق ترجیحات کاربران از تعاملات گذشته آنها (به عنوان مثال، کلیک‌ها، بازدیدها، خواندن‌ها و خریدها) برای اثربخشی یک سیستم توصیه‌گر بسیار مهم است[۴].

سیستم‌های توصیه‌گر یک موضوع تحقیقاتی محبوب در زمینه‌های یادگیری ماشین، داده کاوی، بازیابی اطلاعات و تعامل انسان و کامپیوتر است. محققان به طور مداوم در حال توسعه و بهبود الگوریتم‌ها و متدولوژی‌ها برای ساختن سیستم‌های توصیه‌گر دقیق‌تر و موثرتر هستند. علاوه بر این، علاقه فزاینده‌ای به توسعه سیستم‌های توصیه‌کننده بر اساس روابط بین کاربران به عنوان مثال در شبکه‌های اجتماعی، اطلاعات مربوط به پروفایل کاربران و یا اعطای نظرات و رتبه دهی به اقلام مورد توصیه وجود دارد [۵، ۶].

شبکه اجتماعی یک ساختار به هم پیوسته از گروهی از عوامل است که برای تعاملات اجتماعی تشکیل شده است. امروزه شبکه‌های اجتماعی نقش مهمی در انتشار اطلاعات دارند و اهمیت عملی زیادی در بازاریابی ویروسی دارند. در مورد بازاریابی ویروسی یک خانه تجاری را در نظر بگیرید که در آن هدف جذب کاربران برای خرید یک محصول خاص است. بهترین راه برای انجام این کار این است که مجموعه‌ای از کاربران بسیار تأثیرگذار را انتخاب کنید و نمونه‌های رایگان آن‌ها را توزیع کنید. اگر محصول را دوست داشته باشند، اطلاعات را با همسایگان خود به اشتراک خواهند گذاشت. به دلیل نفوذ زیاد، بسیاری از همسایگان برای محصول تلاش می‌کنند و اطلاعات را با همسایگان خود به اشتراک می‌گذارند. این روند آبشاری ادامه خواهد یافت و در نهایت بخش بزرگی از کاربران برای محصول تلاش خواهند کرد. طبیعتا تعداد محصولات نمونه رایگان به دلیل اقتصادی محدود خواهد بود. از این رو، اگر بتوان نمونه‌های رایگان را بین کاربران بسیار تأثیرگذار توزیع کرد و مشکل در اینجا به انتخاب کاربران تأثیرگذار از شبکه ختم شود، این فرآیند مثمر ثمر خواهد بود. این مشکل به عنوان مشکل به حداکثر رساندن تأثیر اجتماعی شناخته می‌شود[۷]. حال می توان این مسئله را در مورد بازدید وب نیز تعمیم داد. بدین ترتیب صفحات وبی که توسط کاربران تأثیرگذار مورد پسند قرار گیرند، می‌توانند در میان همسایگان آنها نیز پخش شده و توسط آن ها نیزمورد پسند قرار گیرند.

در این مقاله از ترکیب مسئله به حداکثر رساندن تأثیر اجتماعی و فیلتر مشارکتی برای تخمین رتبه‌بندی کاربران در شبکه کاربران مشابه بر اساس پروفایل کاربری کاربران در شبکه‌های اجتماعی استفاده شده است. روش پیشنهادی در ابتدا بر اساس نظرات و رتبه بندی کاربران در مورد اقلام، اقدام به یافتن ماتریس تشابه کاربران می نماید. سپس با استفاده از یک شرط آستانه، کاربرانی که تشابه بیشتری با هم دارند به عنوان کاربران عضو جامعه کاربران مشابه، در ماتریس مجاورتی شباهت مقدار ۱ دریافت می‌کنند و کاربرانی که در شرط آستانه صدق نمی‌کنند، مقدار صفر دریافت خواهند کرد. بر اساس ماتریس مجاورتی شباهت، شبکه کاربران مشابه تشکیل می‌یابد. سپس در روش پیشنهادی اقدام به یافتن کاربران تأثیرگذار در شبکه کاربران مشابه با استفاده از الگوریتم ژنتیک خواهیم نمود. الگوریتم ژنتیک مورد استفاده به عنوان یک روش بهینه‌سازی به منظور یافتن کمترین تعداد کاربران با بیشترین تأثیر در شبکه کاربران مشابه مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربران تأثیرگذاری که توسط الگوریتم ژنتیک پیدا شده به عنوان هسته گروه‌های مشابه از همسایگان در نظر گرفته می‌شوند که رتبه‌بندی مشابهی دارند. بدین ترتیب رتبه‌بندی برای سایر کاربران و کاربران جدید در سیستم توصیه‌گر بر اساس شبکه خودرمزگذار عمیق تخمین زده خواهد شد. در واقع ورودی شبکه های عصبی خودرمزگذار عمیق پیشنهادی، شامل نظرات کاربران تأثیرگذار و سایر کاربران مشابه به عنوان ویژگی و رتبه‌بندی کاربران به عنوان متغیر هدف است. شبکه خودرمزگذار پیشنهادی با استخراج اطلاعات اساسی در هر ویژگی و ایجاد کاتالوگی بر اساس نظرات اعطا شده به هر ویژگی، توانایی پیش‌بینی و تخمین رتبه‌بندی مربوط به نظرات سایر کاربران و کاربران جدید در مجموعه داده تست را خواهد داشت. در روش پیشنهادی علاوه بر شبکه خودرمزگذار عمیق از چندین روش طبقه بندی دیگر به منظور بررسی قدرت یادگیری در روش پیشنهادی استفاده شده است.

این فرآیند بخشی از فیلتر مشارکتی است، یک تکنیک سیستم توصیه محبوب که در آن از ترجیحات گروهی از کاربران برای پیش‌بینی خودکار در مورد علایق کاربران استفاده می‌شود. پس از رتبه‌بندی کاربران جدید و تعیین شباهت آنها با کاربران موجود، فرآیند توصیه شامل شناسایی کاربرانی با شباهت بالا و توصیه مواردی است که بالاترین امتیاز را از این کاربران مشابه دریافت کرده اند. این رویکرد از خرد جمعی جامعه کاربر برای ارائه

توصیه‌های شخصی به تک تک کاربران استفاده می‌کند. اهمیت آکادمیک در بکارگیری اصول فیلتر مشترک برای افزایش دقت و مرتبط بودن توصیه‌های آیتم‌ها نهفته است و از این طریق به سیستم‌های بازیابی اطلاعات شخصی و توصیه کمک می‌کند. پس از رتبه‌بندی کاربرانی که به تازگی به وب‌سایت‌ها اختصاص داده شده‌اند، ارزیابی شباهت بین این کاربران جدید و پایگاه کاربران موجود انجام می‌شود. متعاقباً، توصیه‌های آیتم برای کاربر بر اساس شباهت بین کاربران و موارد ترجیحی آنهایی که مشابه تلقی می‌شوند تعیین می‌شوند. کاربرانی که شباهت قابل توجهی در ویژگی های خود نشان می دهند، و همچنین میزان تشابه بیشتری را به عنوان کاربران مشابه در نظر می گیرند. موارد K برتر، شامل موارد مورد علاقه با بالاترین امتیاز از این کاربران مشابه، سپس به آنها توصیه می‌شود. در اصل، سهم اصلی این مقاله را می توان به این صورت خلاصه کرد.

1. **استخراج ماتریس مجاورتی شباهت بر اساس تحلیل معنایی نظرات کاربران**
2. **یافتن کاربران تأثیر گذار به منظور حداکثر سازی نفوذ در شبکه کاربران مشابه با استفاده از الگوریتم ژنتیک**
3. **ایجاد گروه های کاملا مشابه به کاربران تأثیرگذار بر اساس رتبه بندی به عنوان ویژگی های ورودی شبکه عصبی رمزگذارخودکار عمیق در راستای تخمین رتبه بندی کاربران جدید**
4. **یافتن کاربران – آیتم های مشابه بر اساس رویکرد فیلتر مشارکتی مبتنی بر شبکه خودرمزگذار عمیق پیشنهادی و توصیه آیتم های برتر**

ساختار ادامه مقاله به شرح زیر است. در بخش دوم کارهای مرتبط بررسی خواهد شد. در بخش سوم جزئیات روش شناسی مقاله ارائه خواهد شد. در بخش چهارم نتایج آزمایشات ارائه خواهد شد. در بخش پنجم نتیجه‌گیری و کارهای آتی مقاله بیان خواهد شد.

۲- کارهای مرتبط

در سیستم‌های توصیه‌گر، یافتن کاربران تأثیرگذار بسیار اهمیت دارد زیرا این کاربران می‌توانند تأثیر بزرگی بر رفتار و نگرش دیگر کاربران داشته باشند. با انتخاب کاربرانی که بیشترین توانایی انتشار اطلاعات را دارند، سیستم توصیه‌گر می‌تواند بهبود یابد و اطمینان حاصل شود که پیشنهادات به گروه‌های بزرگتری انتشار می‌یابد. این امر می‌تواند منجر به افزایش ارتباطات و تعاملات درون شبکه‌های اجتماعی شود و در نهایت به بهبود عملکرد سیستم توصیه‌گر و ارتقاء تجربه کاربران منجر شود. از این رو در ادامه به بررسی برخی از سیستم های توصیه گر که از حداکثرسازی تأثیر استفاده نموده اند، خواهیم پرداخت.

در[۸] یک مدل انتشار نفوذ عصبی به نام DiffNet معرفی شده است که فرآیند انتشار اجتماعی بازگشتی را برای هر کاربر ثبت می‌کند تا نفوذ شبکه اجتماعی مرتبه بالاتر را در توصیه به کاربر بگنجاند. با این حال، آنها استدلال کرده اند که تمرکز صرفاً بر نفوذ شبکه های اجتماعی، منافع مشترک کاربران در شبکه مورد علاقه کاربر را نادیده می گیرد. برای پرداختن به این موضوع، در [۹]، DiffNet++ پیشنهاد شده است، یک الگوریتم پیشرفته که انتشار نفوذ عصبی و انتشار علاقه را در یک چارچوب یکپارچه ادغام می‌کند. با فرمول‌بندی توصیه‌های اجتماعی به‌عنوان یک نمودار ناهمگن با ورودی‌هایی از شبکه‌های اجتماعی و علاقه‌مندی، DiffNet++ با تجمیع مکرر توصیه های هر کاربر از توصیه قبلی‌اش، تجمع نفوذ همسایگان اجتماعی، و تجمیع علاقه همسایگان آیتم، DiffNet را بهبود می‌بخشد. در[۱۰]، به مشکل توصیه گروهی با ترکیب انتشار اطلاعات در یک شبکه اجتماعی به عنوان یک عامل کلیدی برای به حداکثر رساندن تأثیر می پردازد. بر خلاف مشکل بیشینه سازی نفوذ سنتی، که در آن هدف انتخاب کاربران برای انتشار اطلاعات است، این مطالعه بر توصیه مواردی به یک گروه معین تمرکز دارد که با ترجیحات آن‌ها همسو هستند و پتانسیل انتشار گسترده در شبکه اصلی را دارند. در، [۱۱] یک رویکرد چندهدفه را برای مشکل حداکثرسازی نفوذ در کمپین‌های بازاریابی ویروسی در سیستم های توصیه گر با هدف افزایش درآمد و در عین حال کاهش هزینه‌ها معرفی شده است. با استفاده از معیارهای شبکه اجتماعی محلی برای شناسایی افراد تأثیرگذار، این مطالعه از الگوریتم‌های بهینه‌سازی چندهدفه تکاملی و یک چارچوب واقعی بازار مبتنی بر عامل برای ارزیابی استراتژی‌های هدف‌گیری استفاده می‌کند. در [۱۲]، مدل‌ها و الگوریتم‌های شناختی را برای ارائه توصیه از طریق شبکه‌های اجتماعی آنلاین با تمرکز بر شناسایی کاربران تأثیرگذار و مدل‌سازی انتشار بدون اطلاعات قبلی ارائه می‌کند. این مطالعه با استفاده از شبکه اجتماعی YELP به عنوان یک مطالعه موردی، تولید یک نمودار تأثیر را بر اساس مسیرهای تأثیرگذار مختلف، مانند بررسی های مشترک، نشان می دهد. در [۱۳]، یک مدل به حداکثر رساندن تأثیر مبتنی بر نظر کاربران را برای بازاریابی ویروسی در سیستم های توصیه گر معرفی می‌کند که به سه سناریو مبتنی بر نظر می‌پردازد. شش معیار تأثیر، دو معیار برای هر سناریو، پیشنهاد شده‌اند و یک مدل حداکثرسازی تأثیر برای شناسایی تأثیرگذاران استفاده شده است.

در [۱۴]، مفهوم اینترنت اجتماعی اشیاء (SIoT[1]) و ارتباط آن را در برنامه های کاربردی مدرن مانند حمل و نقل هوشمند، سیستم های توصیه گر و بازاریابی ویروسی معرفی شده است. این کار، الگوریتم به حداکثر رساندن تأثیر تبلیغات برای اینترنت اجتماعی اشیاء را پیشنهاد می‌کند، که برای انتخاب مؤثر گره‌های تأثیرگذار برای به حداکثر رساندن دسترسی و در عین حال به حداقل رساندن همپوشانی در سیستم های توصیه گر و بازاریابی طراحی شده است.

در [۱۵]، نقش کاربران تأثیرگذار در کسب و کار بررسی شده است. استفاده از اینفلوئنسرها، ایجاد محتوای با کیفیت بالا و استفاده از ابزارها برای گسترش دسترسی، استراتژی های کلیدی هستند. سرمایه اجتماعی دسترسی به منابع را فراهم می کند، شهرت ایجاد می کند و پشتیبانی ارائه می دهد. کسب‌وکارهای موفق قدرت شبکه‌های اجتماعی را در ایجاد روابط با مشتری و ترویج محصولات نشان می‌دهند. به طور کلی، حداکثر کردن نفوذ برای کارآفرینان ضروری است تا دید، اعتبار و نفوذ را در عصر دیجیتال افزایش دهند و به دستیابی موثر به هدف کمک کنند.

با توجه به بررسی های انجام شده می توان گفت، یافتن کاربران تأثیرگذار در شبکه کاربران مشابه برای ارائه توصیه در سیستم‌های توصیه‌گر مفید است زیرا کاربران تأثیرگذار می‌توانند توصیه‌های خود را به گستره‌ای از کاربران منتقل کنند و از این طریق تأثیر بزرگی در فعالیت‌ها و تصمیم‌گیری‌های دیگران داشته باشند. این امر می‌تواند به بهبود دقت و کارایی سیستم توصیه‌گر منجر شود و باعث افزایش رضایت کاربران از سیستم توصیه‌گر شود که به عنوان محرک اصلی این مقاله در نظر گرفته شده است.

۳- روش شناسی

در این مقاله یک سیستم توصیه گر وب بر اساس حداکثر سازی تأثیر در شبکه کابران مشابه بر اساس نظرات کاربران در پروفایل کاربری ارائه شده است. روش پیشنهادی به منظور حداکثر سازی تأثیر از الگوریتم ژنتیک استفاده کرده است. کاربران تأثیرگذاری که بر اساس الگوریتم ژنتیک یافت می شوند به عنوان هسته گروه های مشابه با رتبه کاملا مشابه به عنوان ورودی شبکه خودرمزگذار عمیق در نظر گرفته می شوند. شبکه خودرمزگذار عمیق رتبه تخمینی برای کاربران جدید را مهیا می کند و در نهایت با استفاده از رویکرد فیلتر مشارکتی سعی در یافتن K آیتم توصیه برتر به کاربران جدید خواهیم نمود. فلوچارت روش پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است.

۳-۱ پیش پردازش نظرات کاربران

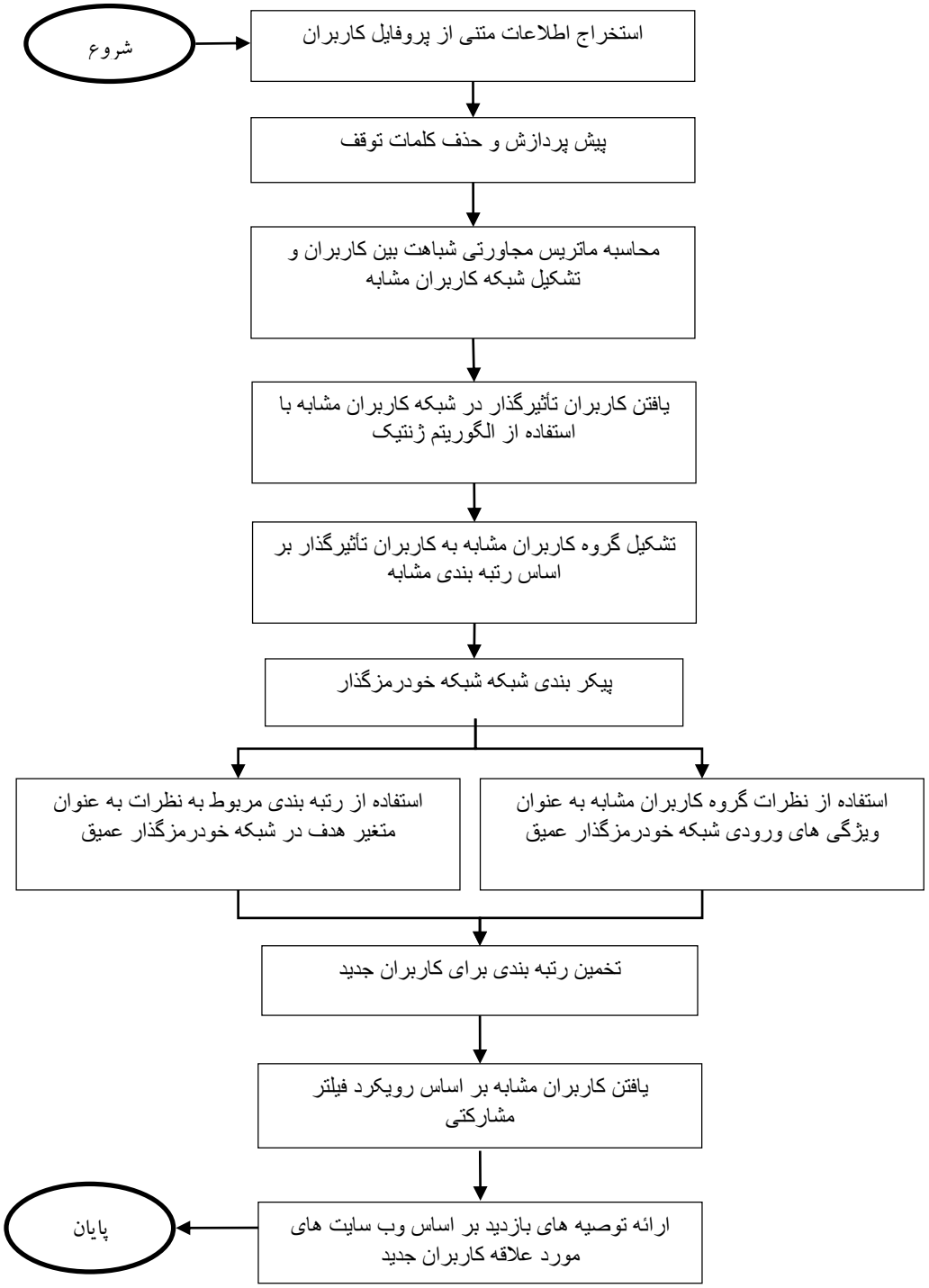
روش پیشنهادی شامل استخراج ماتریس شباهت کاربر بر اساس نظرات آنها با استفاده از معیار تشابه کسینوس است که معمولاً در بازیابی اطلاعات استفاده می شود. این اندازه گیری یک سند متنی را به عنوان بردار اصطلاحات مدل می کند و مقدار کسینوس بین بردارهای کلمات در دو متن را برای تعیین شباهت آنها محاسبه می کند. با این حال، در حالی که شباهت کسینوس به طور موثر شباهت سطح کلمه بین اسناد را اندازه گیری می کند، برای بررسی شباهت معنایی محتوای متن نیز تلاش می کند. این می تواند منجر به نتایج نامعتبر در تطابق نحوی شود و ممکن است تفاوت های معنایی مورد نظر را برطرف نکند. در زمینه سیستم های بازیابی اطلاعات، این می تواند منجر به نتایج نادرست و کاهش کارایی شود. بنابراین، رابطه معیار تشابه کسینوس باید برای فرآیندهای بعدی به دقت در نظر گرفته شود.

$$Sim(\vec{q},\vec{d}) = \frac{\vec{q}.\vec{d}}{|\vec{q}||\vec{d}|} = \frac{\sum_{k=1}^{t} w_{qk} \times w_{dk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{t}(w_{qk})^2}.\sqrt{\sum_{k=1}^{t}(w_{dk})^2}} \quad (۱)$$

که در آن q وd به متن‌ها اشاره دارند و t تعداد کلمات در متن و w وزن هر کلمه است. بدین ترتیب ماتریس مشابهت بین کاربران بر اساس مقادیر معیار شباهت کسینوسی تشکیل می شود. در روش پیشنهادی برای انتخاب کاربران به عنوان اعضای شبکه کاربران مشابه از یک آستانه استفاده شده است. در این آستانه در صورتی که شباهت بین دو کاربر از ۸۰٪ مقدار کل شباهت های بین کاربران بیشتر باشد، به عنوان کاربران مشابه در

[1] Social Internet of Things

نظر گرفته می شود. کاربران مشابه دارای مقدار ۱ در ماتریس مجاورتی خواهند بود و کاربران غیر مشابه با مقدار صفر در ماتریس مجاورت شباهت، تعیین می شوند. بدین ترتیب در روش پیشنهادی در گام اول ماتریس مجاورتی شباهت نظرات کاربران تعیین می شود.



شکل ۱. فلوچارت روش پیشنهادی

۲-۳ حداکثر سازی تأثیر مبتنی بر الگوریتم ژنتیک

همانطور که اشاره شد، در روش پیشنهادی از الگوریتم ژنتیک به منظور حداکثرسازی تأثیر و انتخاب کاربران تأثیرگذار در شبکه کاربران مشابه، استفاده شده است. بر اساس ماتریس مجاورت، شبکه های پیچیده به عنوان یک گراف G = (V, E) در نظر گرفته می شوند، که در آن V و E نشان دهنده رئوس و یال های نمودار هستند. هر رأس در G نشان دهنده یک کاربر در یک شبکه اجتماعی است و هر یال نشان دهنده ارتباط بین یک جفت کاربر است. اندازه یک شبکه بر اساس تعداد کاربران شبکه N = |V| و تعداد لینک های شبکه M = |E| تعریف می شود. ساختار شبکه به صورت یک ماتریس مجاورت مربعی A = (aij)n×n نشان داده می شود، که در آن هر عنصر می تواند مقدار {۰، ۱} داشته باشد، که نشان می دهد کاربر i به کاربر j متصل است (aij = 1) یا خیر (aij = 0). برای شناسایی گره های تأثیرگذار در نمودار شبکه اجتماعی G(V, E)، مجموعه ای از S متشکل از k گره انتخاب می شود (S⊂V(G)). این گره ها بر اساس توانایی آنها در انتشار اطلاعات در نمودار تحت یک مدل انتشار به حداکثر تعداد گره در حداقل زمان انتخاب می شوند. بنابراین، کاربران K که در مجموعه S* به عنوان کاربران seed شناخته می شوند، به عنوان کاربران تأثیرگذار بهینه قرار می گیرند و اندازه مجموعه |S*| برابر K است که بر اساس رابطه ۵ تعیین می شود.[۱۶].

$$S* \ argmax_{S\subset V,|S|=k} \sigma(S) \qquad (۲)$$

در معادله ۲, σ(S) یک تابع هدف است که گسترش نفوذ مورد انتظار را بر روی نمودار G(V, E) در پایان فرآیند انتشار اطلاعات به دست می آورد و S* نشان دهنده K گره ها با حداکثر گسترش نفوذ در گراف شبکه اجتماعی است.

۲-۳-1 جمعیت اولیه

در مسائل بهینه‌سازی و به خصوص در روش‌های فرااکتشافی، تنظیم جمعیت اولیه به گونه‌ای است که هر فرد در جمعیت اولیه یک راه‌حل نهایی را نمایش دهد. این امر امکان ارزیابی بهینگی راه‌حل‌ها بر اساس تابع تناسب فراهم می‌کند. در روش پیشنهادی، هدف یافتن k کاربر از میان سایر کاربران است که بیشترین تأثیر را در شبکه اجتماعی دارند. در الگوریتم ژنتیک، جمعیت اولیه به صورت کروموزوم‌هایی است که از ژن‌هایی در کنار هم تشکیل یک راه‌حل را می‌دهند. جمعیت اولیه در روش پیشنهادی به صورت یک بردار از مقادیر گسسته به عنوان کروموزوم تعریف می‌شود، که طول بردار برابر با K (تعداد کاربران تأثیرگذار) است، و مقدار هر درایه (ژن) از بردار نشان‌دهنده اندیس مربوط به کاربر در شبکه اجتماعی است. در شکل ۲، نموداری از کروموزوم اولیه در روش پیشنهادی نشان داده شده است.

	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
X	16	24	5	10	19

شکل ۲. نمونه ای از کروموزم اولیه

با توجه به شکل ۲ می توان دید، هر راه حل شامل یک بردار با ۵ درایه است که کروموزوم اولیه با تعداد محدودی ژن را تشکیل می دهد. هر ژن اندیس مربوط به یک کاربر در شبکه اجتماعی را نشان می دهند. کاربران در شبکه اجتماعی به صورت تصادفی به عنوان مقادیر ژن ها در کروموزم ها انتخاب می شوند. حال آن که با توجه به تعداد زیاد کاربران در شبکه اجتماعی، انتخاب ژن ها برای کروموزوم های اولیه و همچنین فضای جستجو برای الگوریتم ژنتیک بسیار زیاد خواهد بود. در روش پیشنهادی برای مقابله با این مسئله از یک آستانه بر اساس درجه مرکزیت کاربران در نظر گرفته شده است.

معیار مرکزیت یکی از ابزارهای مهم تجزیه و تحلیل شبکه است که برای شناسایی گره‌های قدرتمندترین و مهم‌ترین در یک شبکه اجتماعی استفاده می‌شود. این معیار به ما کمک می‌کند تا گره‌ها و افرادی که در شبکه اجتماعی بیشترین تأثیر و ارتباط را دارند را شناسایی کنیم. معیار مرکزیت بر

اساس ارتباطات مستقیم دوستی یا ارتباطات میان گره‌ها در شبکه تعریف می‌شود. این معیار میزان اهمیت یک گره را بر اساس تعداد ارتباطات مستقیم آن گره با سایر گره‌ها تعیین می‌کند. به عبارت دیگر، گره‌هایی که دارای بیشترین تعداد ارتباطات مستقیم با دیگر گره‌ها هستند، به عنوان مهم‌ترین و قدرتمندترین گره‌ها شناخته می‌شوند. با استفاده از معیار مرکزیت می‌توانیم افراد یا گره‌هایی را که در شبکه اجتماعی بیشترین تأثیر را دارند، شناسایی کنیم و از این طریق، بهبود استراتژی‌ها و تصمیم‌گیری‌های مربوط به ارتباطات و تأثیرات در شبکه اجتماعی دست یابیم.[۱۷]:

$$C(i) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n-1} \frac{a_{ij}}{n-1} \qquad (۳)$$

که در آن a_{ij} نشان دهنده ارتباط بین کاربر i و j در ماتریس مجاورت و n تعداد کل کاربران در شبکه است. برای تعیین مقدار درجه مرکزیت برای هر کاربر در یک شبکه اجتماعی، می‌توانیم تعداد ارتباطات مستقیم یا درجه هر کاربر را با سایر کاربران در نظر بگیریم. این درجه مرکزیت نشان دهنده میزان محبوبیت یا تأثیرگذاری کاربر در شبکه اجتماعی است. کاربرانی که با تعداد زیادی از دیگر کاربران ارتباط دارند، درجه مرکزیت بالایی دارند و به عنوان کاربران مهم و تأثیرگذار در شبکه شناخته می‌شوند.

در روش پیشنهادی، تنها کاربرانی که درجه مرکزیت بیشتر از مقدار میانگین درجه مرکزیت کل کاربران داشته باشند، به عنوان کاربران نامزد برای جمعیت اولیه انتخاب می‌شوند. این به این معنی است که تنها کاربرانی که میزان تأثیرگذاری بیشتری نسبت به میانگین دارند، به عنوان کاربران تأثیرگذار شناخته می‌شوند و برای شبیه‌سازی‌ها یا تحلیل‌های بعدی انتخاب می‌شوند. در رابطه ۴، آستانه مربوط به درجه مرکزیت برای انتخاب کاربران نامزد در جمعیت اولیه نشان داده شده است. این آستانه نشان می‌دهد که فقط کاربرانی که درجه مرکزیت بیشتر از این آستانه را دارند، به عنوان کاربران تأثیرگذار در نظر گرفته می‌شوند و به عنوان جمعیت اولیه برای مطالعات بعدی انتخاب می‌شوند.

$$\tau = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{n} \qquad (۴)$$

که در آن Ci مقدار درجه مرکزیت کاربران و n تعداد کل کاربران در شبکه اجتماعی است. بدین ترتیب کاربرانی با درجه مرکزیت کمتر از میانگین درجه مرکزیت کل کاربران که احتمال بسیار کمی برای تبدیل شدن به کاربرتأثیرگذار دارند، از فضای مسئله حذف می شوند.

۳-۲-۴ تابع تناسب پیشنهادی

این فرآیند شامل انتخاب کاربران تصادفی است که آستانه مشخصی را به عنوان کروموزوم های اولیه برآورده می کنند و به دنبال آن، این کروموزوم های اولیه را برای ارزیابی اثربخشی راه حل های تصادفی ارزیابی می کنند. روش پیشنهادی از مرکزیت به عنوان یک ضریب برای پارامترها در تابع تناسب استفاده می کند که بر اساس درجات ورودی و خروجی کاربران قابل محاسبه است. تابع تناسب اندام پیشنهادی بر اساس این معیار تنظیم خواهد شد. با توجه به تغییرات بالقوه در مقادیر پارامترهای مورد استفاده در تابع تناسب، عادی سازی داده ها و نگاشت آن به یک محدوده ثابت برای ارزیابی دقیق و قابل مقایسه کروموزوم های اولیه ضروری است. در روش پیشنهادی از روش نرمال‌سازی min-max برای این منظور استفاده شده است که به صورت رابطه ۵ بیان شده است[۱۸].

$$ND_i = \frac{D_i - \min(D)}{\max(D) - \min(D)} \qquad (۵)$$

که در آن ND_i به عنوان مقدار نرمال سازی شده داده ها برای کاربر i، D_i به عنوان مقدار اصلی داده ها برای کاربر i، $\min(D)$ به عنوان کمترین و $\max(D)$ به عنوان بیشترین مقدار داده ها برای کل کاربران در نظر گرفته شده است. پس از نرمال‌سازی مقادیر مربوط به معیارهای اهمیت، تابع تناسب پیشنهادی بر اساس این مقادیر در رابطه ۶ ارائه شده است.

$$max\, f = \sum_{i=1}^{n} w_i^1 C_i +$$

$$s.t.$$
$$\sum_{i=1}^{n} C_i \geq C_\mu$$
$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$
$$i > 0 \qquad (۶)$$

که درآن i نشان دهنده اندیس کاربر در شبکه اجتماعی، Ci نشان دهنده مقدار معیار مرکزیت، C_μ نشان دهنده مقدار میانگین معیار مرکزیت برای کل کاربران w_i نشان دهنده وزن معیار مرکزیت برای کاربر i هستند. محدودیت های موجود برای مسئله بهینه سازی حاضر نشان می دهند که مقدار معیار مرکزیت باید بیشتر از مقدار میانگین معیار مرکزیت برای کل کاربران باشد و مقادیر سایر معیارهای مرکزیت بیشتر از صفر باشد. همچنین مجموع وزن های مربوط به مقادیر معیارهای اهمیت باید برابر با یک باشد. پس از یافتن کاربران تأثیرگذار در شبکه کاربران مشابه، همسایگان کاربران مشابه با توجه به ماتریس مجاورتی یافت می شود. از میان همسایگان آن دسته از کاربرانی که رتبه اعطایی توسط آنان دقیقاً مشابه با کاربران تأثیرگذار است به عنوان گروه کاربران مشابه با رتبه یکسان به عنوان ورودی شبکه های خودرمزگذار عمیق در نظر گرفته می شوند. شبکه های خودرمزگار نسبت به استخراج ویژگی های متنی مهم هر گروه نسبت به رتبه اعطایی اقدام می کند. سپس برای کاربران جدید با توجه به نظرات آن ها، رتبه تخمینی توسط شبکه خودرمزگذار عمیق ارائه می شود.

۳-۳ معماری شبکه‌های عصبی خودرمزگذار عمیق پیشنهادی[۲]

در این بخش، بحث پیرامون استفاده از یک شبکه رمزگذار خودکار برای استخراج ویژگی در طبقه‌بندی مدل‌سازی پیش‌بینی‌کننده می‌چرخد. تمرکز اصلی بر آموزش شبکه برای یادگیری یک نمایش فشرده از ویژگی های ورودی و استخراج ویژگی های حیاتی برای هر دسته بر اساس یک متغیر هدف و ویژگی های گروه کاربر است. این شبکه به طور خاص برای تقریب و تکثیر ورودی‌هایی طراحی شده است که مشابه داده‌های آموزشی هستند و آن را قادر می‌سازد تا ویژگی‌های ارزشمندی را بیاموزد. این ویژگی‌های استخراج‌شده و وزن‌های مربوط به آن‌ها متعاقباً برای پیش‌بینی رتبه‌بندی کاربران جدید استفاده می‌شوند. این فرآیند اساساً شامل یادگیری شبکه رمزگذار خودکار و گرفتن ویژگی‌های مهم از داده‌های ورودی است که سپس برای مدل‌سازی پیش‌بینی‌کننده و اهداف رتبه‌بندی کاربر استفاده می‌شود.

در این بخش، روشی برای تعریف رمزگذار و رمزگشا به‌کار گرفته شده است که شامل دو لایه پنهان است. لایه اول از اندازه دو برابر تعداد ورودی (2^n) و لایه دوم از اندازه مشابه با تعداد ورودی (n) تشکیل شده است. سپس یک لایه گلوگاه با همان تعداد ورودی به عنوان مجموعه داده ورودی (n) وجود دارد. برای بهبود یادگیری مدل، از روش نرمال‌سازی دسته‌ای و فعال‌سازی leaky ReLU استفاده شده است.

در مقابل، رمزگشا نیز در یک ساختار مشابه، اما به صورت معکوس تعریف شده است. این رمزگشا نیز دو لایه پنهان دارد، لایه اول از تعداد ورودی‌های مجموعه داده (n) و لایه دوم از اندازه دو برابر تعداد ورودی‌ها (2^n) تشکیل شده است. سپس لایه خروجی همان تعداد گره‌های ستون‌های داده ورودی را دارد و از یک تابع فعال‌سازی خطی برای خروجی مقادیر عددی استفاده می‌کند. مدل با استفاده از بهینه‌ساز Adam و گرادیان تصادفی نزولی، با کمینه کردن میانگین مربعات خطا آموزش داده می‌شود. این مرحله از فرایند، خروجی را به یک ماژول توصیه می‌دهد که در واقع یک سیستم توصیه‌دهنده است. تفاوت اصلی بین شبکه‌های عصبی ارائه شده و شبکه‌های قبلی، تعداد لایه‌های میانی است که اجازه می‌دهد تا ویژگی‌های پروفایل کاربران به صورت عمیق‌تری آموزش داده شود. این موضوع باعث افزایش دقت پیش‌بینی رتبه‌بندی به کاربران جدید می‌شود. به عبارت دیگر، این شبکه‌های عصبی قادرند تا ویژگی‌های پیچیده‌تر و عمیق‌تری را از داده‌ها استخراج کرده و از آن‌ها در فرایند توصیه‌دهی به کاربران استفاده کنند.

[2] Auto encoder deep Neural Network

۳-۲ ماژول توصیه پیشنهادی

ماژول توصیه در روش ارائه شده، آخرین بخشی است که در آن توصیه‌های بازدید صفحات به کاربران براساس نتایج شبکه رمزگذار ارائه شده اتفاق می‌افتد. خروجی شبکه رمزگذار شامل رتبه های پیش بینی شده برای کاربران جدید است. در این مرحله، بر اساس رتبه پیش بینی شده بر ای کاربران ابتدا مقدار میانگین خطای مطلق[3](MAE)، خطای میانگین مربعات[4](RMSE)، برای کاربران محاسبه می شود. سپس توصیه صفحات وب به آن دسته از کاربرانی که رتبه آن ها به درستی پیش بینی شده است، با توجه به صفحات وبی که مقدار رتبه بندی را از کاربران تأثیرگذار مشابه دریافت کرده اند، ارائه می شود. در واقع در این مرحله رویکرد فیلتر مشارکتی به منظور تخمین رتبه یک کاربر نسبت صفحات وبی که کاربر تأثیر گذار در گروه کاربران مشابه بررسی کرده است ولی کاربر هدف آن صفحات وب را بررسی نکرده است، مورد استفاده قرار می گیرد. از این رو رابطه فیلتر مشارکتی در روش پیشنهادی به صورت زیر تعریف خواهد شد:

$$p_{a,i} = \bar{r}_a + \frac{\sum_{u=1}^{h}(r_{u,i}-\bar{r}_u)* w_{a,u}}{\sum_{h=1}^{H}|w_{a,h}|} \qquad (7)$$

که در رابطه ۷:

- **a کاربر هدف، u کاربر تأثیرگذار و h کاربران در گروه کاربران مشابه است.**
- **$w_{a,u}$ میزان شباهت کاربر هدف با کاربر تأثیر گذار داده شده u است.**
- **$r_{u,i}$ رتبه اعطا شده توسط کاربر تأثیر گذار برای یک آیتم i است**
- **$\bar{r}u$ میانگین همه رتبه بندی‌های کاربر تاثیرگذار (u) است.**
- **$\bar{r}a$ میانگین همه رتبه بندی‌های کاربر هدف (a) است.**
- **$w_{a,u}$ میزان شباهت بین کاربر هدف و کاربر تأثیرگذار است.**
- **H تعداد کاربران در گروه کاربران مشابه است.**

با توجه به رتبه تخمینی برای کاربر هدف بر اساس رتبه اعطا شده وسط کاربر تأثیرگذار و میزان شباهت به گروه کاربران مشابه، می توان K آیتم برتر که بیشتر مقدار رتبه تخمین را دارند به عنوان توصیه بازدید صفحات وب به کاربر هدف ارائه شود.

۴. نتایج آزمایشات

روش ارائه شده برای پیاده سازی یک سیستم توصیه شخصی مبتنی بر داده های پروفایل کاربر از مجموعه داده بلادرنگ مقیاس بزرگ Yelp است. این مجموعه داده ها حاوی اطلاعات استخراج شده از نمایه های کاربر در مورد محصولات به صورت متنی و رتبه بندی کاربران از محصولات است. کاربران با شناسه های منحصر به فرد در مجموعه داده شناسایی می شوند. روش ارائه شده از این داده ها برای شخصی سازی صفحات وب بر اساس رفتار کاربر استفاده می کند. رفتار کاربر از اطلاعات پروفایل کاربر استنباط می شود و شباهت های بین کاربران بر این اساس محاسبه می شود. جدول ۱ جزئیات مجموعه داده های مورد استفاده را نشان می دهد.

جدول ۱. مشخصات مربوط به مجموعه داده های مورد استفاده

عنوان مجموعه داده	تعداد نمونه ها	تعداد فیلد	عناوین فیلدها
Yelp	10000	10	{business_id, Date, review_id Stars, Text, Type, user_id, Cool, useful, funny}

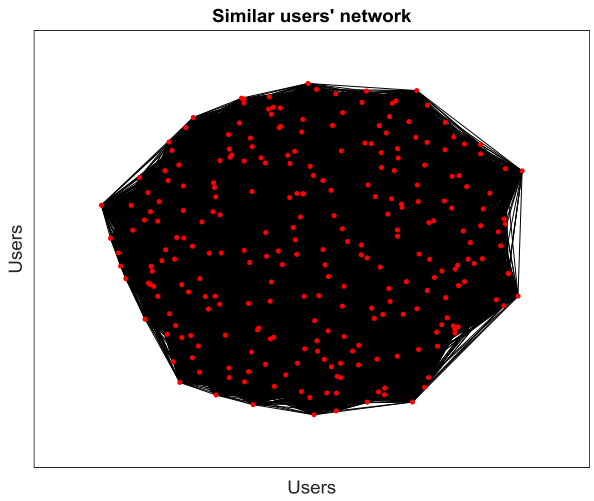
[3] Mean Absolute Error
[4] Root Mean Square Error

در این مجموعه داده ها، داده ها به دو بخش تقسیم می شوند: ۷۰ درصد برای داده های آموزشی و ۳۰ درصد برای داده های آزمایشی. در مجموعه داده های آموزشی Yelp، در کنار رتبه بندی کاربران از محصولات، نظرات کاربران، پروفایل ها و اطلاعات متنی گنجانده شده است. اطلاعات متنی در نمایه‌های کاربر، احساسات و عواطف کاربران را نسبت به محصولات منعکس می‌کند و در ارتباط با رتبه‌بندی محصول، می‌تواند برای تجزیه و تحلیل رفتار کاربر استفاده شود. سیستم‌های توصیه سنتی به اطلاعات متنی در نمایه‌های کاربر توجه نمی‌کنند و برای محاسبات شباهت صرفاً به رتبه‌بندی کاربران متکی هستند. با این حال، اطلاعات متنی در نمایه‌های کاربر حاوی دانش ضمنی ارزشمندی است که می‌تواند منجر به ارزیابی دقیق‌تر شباهت کاربر شود. بنابراین، روش پیشنهادی بر تجزیه و تحلیل اطلاعات در پروفایل کاربر متمرکز است. اطلاعات متنی در نمایه های کاربر به صورت پیوسته است و قبل از استخراج شباهت بر اساس معیار تشابه کسینوس از نظرات کاربران، نیاز به پیش پردازش از جمله حذف کلمات توقف دارد.

مقدار شباهت برای هر جفت کاربر، مقداری در محدوده [۰، ۱] است که نشان دهنده سطح شباهت بین دو کاربر بر اساس اطلاعات پروفایل کاربری آنها است. مقدار بالاتر نشان دهنده شباهت بیشتر بین دو کاربر از نظر اطلاعات پروفایل کاربری آنها است. بنابراین در روش پیشنهادی آستانه ای برای یافتن کاربران مشابه تعریف می شود که به صورت رابطه زیر بیان می شود:

$$\alpha = \frac{sim(i,j)}{\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j\neq i}^{n} sim(i,j)}{n}} \geq 1 \qquad (۸)$$

در رابطه ۸، i و j اندیس کاربران و n تعداد کل کاربران در مجموعه داده آموزشی است. پس از محاسبه شباهت بین نظرات کاربران، در روش ارائه شده ماتریس مجاورتی شبکه کاربران مشابه با توجه به آستانه اشاره شده، ایجاد می شود. در ماتریس مجاورتی شباهت کاربران، کاربرانی که نظرات مشابهی دارند، مقدار ۱ و کاربران غیر مشابه یا با مشابهت نظرات کمتر مقدار صفر دریافت می کنند. از این رو می توان شبکه کاربران مشابه را در شکل ۳ مشاهده کرد .



شکل ۳. شبکه کاربران مشابه

همانطور که در شکل ۳ می توان دید، شبکه کاربران مشابه با توجه تشابه نظرات کابران و آستانه مشخص شده تشکیل شده است. حال در این مرحله از روش پیشنهادی به یافتن کاربران تأثیرگذار با استفاده از الگوریتم ژنتیک خواهیم پرداخت.

یافتن کاربران تأثیرگذار در شبکه کاربران مشابه یک مسئله مهم در حوزه تحلیل شبکه‌های اجتماعی و سامانه‌های توصیه‌گر است. در این رویکرد، ابتدا با استفاده از معیار شباهت بین کاربران بر اساس اطلاعات پروفایل آن‌ها، یک شبکه کاربران مشابه ساخته می‌شود. سپس با تعریف یک معیار تأثیرگذاری برای کاربران در این شبکه، کاربرانی که بیشترین تأثیر را دارند شناسایی می‌شوند. برای یافتن کاربران تأثیرگذار، معیارهایی مانند مرکزیت درجه گره، میانگین نزدیک ترین مسیر بین کاربران و سایر معیارهای تاپولوژیکی دیگر در نظر گرفته می‌شود. این معیارها بر اساس ارتباطات موجود در شبکه کاربران مشابه، تعیین می‌کنند که کدام کاربران بیشترین تأثیر را بر رفتار و انتخاب‌های دیگر کاربران دارند. با شناسایی کاربران

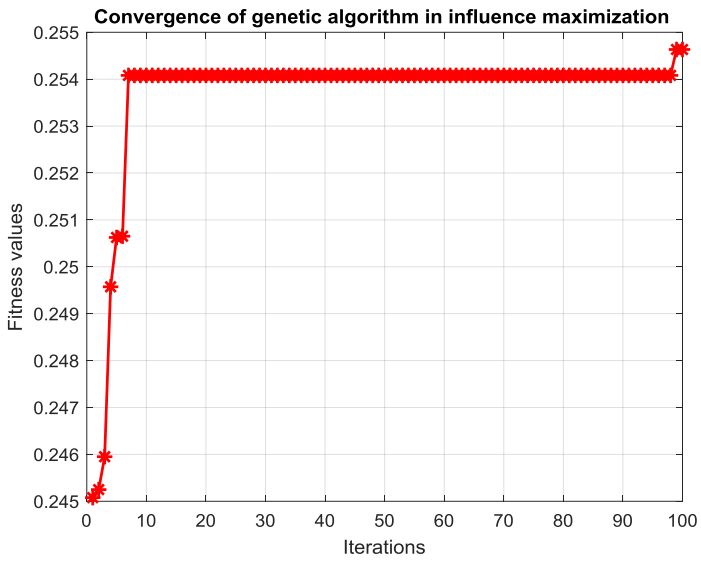
تأثیرگذار، امکان ارائه توصیه‌های بهتر و دقیق‌تر در سامانه‌های توصیه‌گر و همچنین برنامه‌های بازاریابی و تبلیغاتی فراهم می‌شود. این امر می‌تواند منجر به افزایش رضایت کاربران، افزایش نرخ برخورد توصیه های مفید شود.

در روش پیشنهادی از معیار مرکزیت درجه به منظور ضریب تابع تناسب برای یافتن کاربران تأثیرگذار استفاده شده است. این معیار از معروف ترین معیارها در روابط بین کاربران است و می تواند به سایر معیارهای مبتنی بردرجه گره ها تعمیم یابد. در جدول ۲ تعداد متفاوتی از کاربران تأثیرگذار با توجه به معیار مرکزیت درجه و حداکثر درجه تأثیر بر اساس الگوریتم ژنتیک نشان داده شده است.

جدول ۲ کاربران تأثیر گذار بر اساس الگوریتم ژنتیک

تعداد کاربران تأثیر گذار	اندیس کاربران تأثیرگذار	مقدار تابع تناسب	حداکثر درجه تأثیر
۵	261 207 169 253 152	254.6329	11085
۶	169 253 38 125 261 207	253.2676	13159
۷	253 63 169 69 207 261 38	252.8250	13186
۸	75 261 63 38 207 169 253 69	251.9010	17041
۹	69 207 38 261 63 169 155 253 125	250.7974	18416
۱۰	169 28 261 125 129 69 245 253 126 207	249.6514	21785

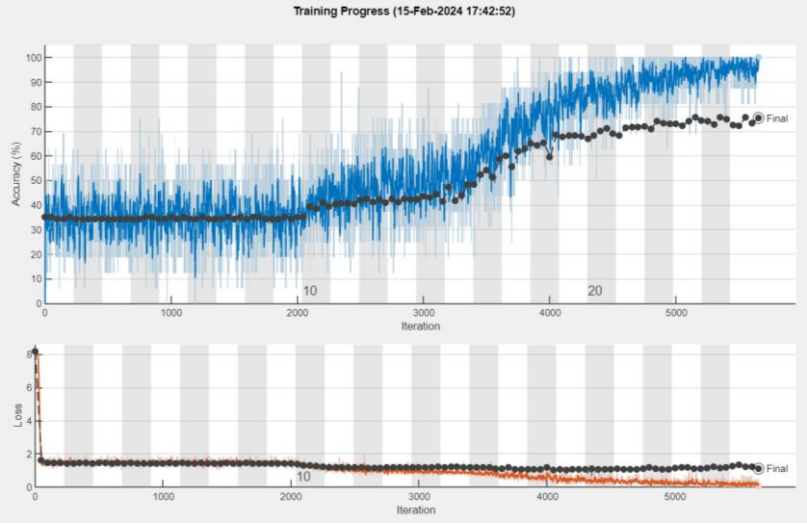
با توجه به جدول ۲ می توان دید با افزایش تعداد کاربران تأثیر گذار، نرخ تأثیر نیز طبیعتاً افزایش می یابد، این در حالی است که مقدار تابع تناسب که ترکیبی از تعداد کاربران و گسترش نفوذ این کاربران است، در حال کاهش است. این پدیده نشان می دهد که افزایش تأثیر با افزایش تعداد کاربران تأثیرگذار، رفتار برعکسی دارد. از این رو کمترین تعداد کاربران تأثیرگذار که بیشترین مقدار تابع تناسب را داشته باشد می تواند به عنوان مرجعی برای کاربران تأثیرگذار انتخاب شد. در شکل ۴ همگرائی الگوریتم ژنتیک به سمت نقطه بهنیه بر اساس کمترین تعداد کاربران تأثیرگذار با بیشترین مقدار تابع تناسب نشان داده شده است.



شکل ۴. همگرائی الگوریتم ژنتیک در حداکثر سازی تأثیر در شبکه کاربران مشابه

با توجه به شکل ۴ و جدول ۲ می توان دید کاربران تأثیر گذار به عنوان کاربرانی با بیشترین مقدار ارتباطات در شبکه که در این مقاله به عنوان کاربرانی با بیشترین شباهت بین سایر کاربران بر اساس الگوریتم ژنتیک پیدا شده اند. حال هر یک از کاربران با توجه به کاربران مجاور خود که رتبه بندی یکسانی در مورد صفحات دارند، به عنوان گروه کاربری مشابه در نظر گرفته می شود. نظرات کاربران در گروه کاربری مشابه به عنوان ویژگی ها ورودی به شبکه خودرمزگذار عمیق و مقدار رتبه اعطا شده به صفحات وب به عنوان متغیر هدف که بایستی در مورد کاربران جدید تخمین زده شود، در نظر گرفته می شود.

در روش ارائه شده به منظور تخمین دقیق کاربران رتبه بندی کاربران جدید از شبکه خودرمزگذار عمیق استفاده شده است. شبکه‌های خود رمزگذار عمیق ارائه شده با توجه به کاربردهای متنوع، گزینه مناسبی برای یافتن ویژگی های مفید از میان نظرات در ارتباط با کلاس های متناظر با هر مقدار رتبه است. در واقع با توجه به این که مقادیر رتبه بندی از ۱ تا ۵ به صورت گسسته توزیع شده است، شبکه خودرمزگذار عمیق سعی دارد وزن تعلق هر نظر به هر یک از کلاس ها را آموزش ببیند. بدین ترتیب کاربران جدید را می توان بر اساس نظرات آن ها در یکی از کلاس ها دسته بندی کرد و مقدار رتبه بندی کاربر جدید را تخمین زد. در شکل ۵ روند آموزش شبکه عصبی ارائه شده بر روی مجموعه داده های آموزشی Yelp نشان داده شده است.



شکل ۵. روند آموزش شبکه عصبی ارائه شده بر روی مجموعه داده Yelp

با توجه به شکل ۵ می‌توان دید شبکه‌های عصبی ارائه شده در ابتدا در تنظیم وزن‌ها و آموزش ویژگی های مربوط به کاربران مقدار خطای بالایی داشته که با افزایش تعداد تکرارها این خطا به مقدار کمتری میل کرده است.

۴-۲ ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی

کیفیت عملکرد یک سیستم توصیه را می توان با استفاده از معیارهای مختلف ارزیابی کرد. نوع متریک مورد استفاده بستگی به روش فیلتر و رویکرد به کار گرفته شده دارد. دقت یک سیستم توصیه بر اساس دقت توصیه های ارائه شده به کاربران تعیین می شود. در این تحقیق با توجه به ترکیب روش های مورد استفاده، از دو معیار برای ارزیابی دقت روش پیشنهادی استفاده شده است. متریک اول، معیار دقت آماری برای ارزیابی دقت رتبه‌بندی پیش‌بینی‌شده برای کاربران در روش فیلتر مشارکتی و دقت در ارائه توصیه‌ها به کاربران مشابه در میان کاربران جدید است. معیار دوم عملکرد شبکه های عصبی عمیق را در پیش بینی رتبه بندی محصولات بر اساس اطلاعات پروفایل کاربر و مقایسه آن با سایر روش های طبقه بندی ارزیابی می کند. در ادامه، ابتدا روش پیشنهادی را بر اساس دقت آماری ارزیابی کرده و سپس دقت روش های طبقه بندی را با هم مقایسه می کنیم.

۴-۲-۱ ارزیابی عملکرد روش ارائه شده بر اساس دقت آماری

همانطور که گفته شد، معیارهای دقت آماری مستقیماً دقت روش فیلتر مشارکتی را با مقایسه رتبه‌بندی پیش‌بینی‌شده برای کاربران با رتبه‌بندی واقعی آنها ارزیابی می‌کنند. میانگین خطای مطلق[۵](MAE)، خطای میانگین مربعات[۶](RMSE) معمولاً به عنوان معیارهای دقت آماری در حوزه فیلترمشارکتی استفاده می شود. MAE به صورت میانگین اختلاف مطلق بین رتبه پیش‌بینی شده و امتیاز واقعی برای تمام کاربران محاسبه می‌شود. به عبارت دیگر، MAE برابر با میانگین از مقادیر مطلق اختلاف بین رتبه پیش‌بینی شده و امتیاز واقعی است. از سوی دیگر، RMSE نیز به صورت میانگین اختلاف مربعاتی بین رتبه پیش‌بینی شده و امتیاز واقعی برای تمام کاربران محاسبه می‌شود و سپس جذر دوم از این مقدار

[5] Mean Absolute Error
[6] Root Mean Square Error

محاسبه می‌شود. این دو معیار به ما اندازه‌گیری دقیقی از عملکرد روش فیلتر مشارکتی در پیش‌بینی امتیاز کاربران ارائه می‌دهند. قطعاً هرچه ارزش این معیارها برای کاربران کمتر باشد، دقت روش فیلتر مشارکتی بالاتر است. به عبارت دیگر، هرچه رتبه پیش‌بینی‌شده به رتبه واقعی نزدیک‌تر باشد، ارزش این معیار کمتر می‌شود. رابطه این معیارها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{u,i}|p_{u,i} - r_{u,i}| \quad (۹)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{u,i}(p_{u,i}-r_{u,i})^2}{N}} \quad (۱۰)$$

که در آن $P_{u,i}$ به عنوان رتبه پیش‌بینی شده برای کاربر u روی محصول i و $r_{u,i}$ رتبه واقعی کاربر u روی محصول i و N کل تعداد رتبه‌بندی در مجموعه گزینه‌ها تعریف شده است.

از سوی دیگر می توان گفت کاهش (MAE) و (RMSE) موجب افزایش نرخ برخورد نیز خواهد شد. نرخ برخورد یکی از معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم‌های توصیه‌گر است که نشان می‌دهد که چه مقدار از آیتم‌های مورد علاقه کاربران توسط سیستم توصیه‌گر شناسایی شده‌اند. به عبارت دیگر، نرخ برخورد نسبت تعداد آیتم‌های مورد علاقه کاربران که به درستی توسط سیستم توصیه‌گر شناسایی شده‌اند به تعداد کل آیتم‌های مورد علاقه کاربران است. برای محاسبه نرخ برخورد، ابتدا باید تمام آیتم‌های مورد علاقه کاربران را در مجموعه داده مشخص کرده و سپس آیتم‌هایی که توسط سیستم توصیه‌گر پیشنهاد شده‌اند و در آیتم‌های مورد علاقه کاربران وجود دارند را شناسایی کرد. سپس با محاسبه نسبت تعداد آیتم‌هایی که به درستی توسط سیستم توصیه‌گر شناسایی شده‌اند به تعداد کل آیتم‌های مورد علاقه کاربران، می‌توان نرخ برخورد را محاسبه کرد. این معیار همراه با سایر معیارهای ارزیابی می‌تواند به ما کمک کند تا عملکرد کلی سیستم توصیه‌گر را بهتر درک کنیم و بهبودهای لازم را اعمال کنیم. در جدول ۵ مقادیر مربوط به MAE و RMSE و نرخ برخورد برای سناریوهای مختلفی از تعداد کاربران تأثیر گذار نشان داده شده است.

جدول ۵- MAE و RMSE و نرخ برخورد با توجه به تعداد کاربران تأثیرگذار

Seed Size	MAE	RMSE	Hit Rate
5	0.0028	0.0029	93.96
6	0.0025	0.0026	94.19
7	0.0026	0.0027	94.87
8	0.0024	0.0025	95.31
9	0.0025	0.0026	95.27
10	0.0024	0.0025	94.23

همانطور که در جدول ۵ قابل مشاهده است، افزایش تعداد کاربران تأثیرگذار در شبکه کاربران مشابه بر اساس نظرات، تأثیر قابل توجهی برمقدار MAE و RMSE و نرخ برخورد ندارد. این نشان می دهد روش پیشنهادی توانایی تخمین بالقوه برای کاربران جدید را در شرایط مختلفی دارد و آموزش بر روی نظرات کاربران با استفاده از شبکه خودرمزگذار عمیق در حد مناسبی انجام گرفته است.

۴-۲-۲ ارزیابی عملکرد روش ارائه شده بر اساس دقت توصیه‌های ارائه شده

پس از محاسبه دقت آماری بر اساس خطای مطلق و میانگین مربعات برای کاربران تست، در این مرحله نتایج به دست آمده از شبکه عصبی عمیق برای کاربران در مجموعه داده تست بر اساس رتبه‌های تخمینی برای کاربران تست سنجیده می‌شود. پارامترهای ماتریس آشفتگی[7] یعنی True Positive (TP)، True Negative (TN)، False Positive (FP) و False Negative (FN)، برای ارزیابی عملکرد یک شبکه عصبی عمیق در مرحله تست استفاده می‌شوند. TP نشان دهنده تعداد کاربرانی است که به درستی توسط شبکه عصبی عمیق تشخیص داده شده‌اند و رتبه اعطایی به آن‌ها درست است. TN نشان دهنده تعداد کاربرانی است که به درستی توسط شبکه عصبی عمیق تشخیص داده نشده‌اند و رتبه اعطایی به آن‌ها نادرست است. FP نشان دهنده تعداد کاربرانی است که به اشتباه توسط شبکه عصبی عمیق تشخیص داده شده‌اند و رتبه اعطایی به آن‌ها نادرست است. FN نشان دهنده تعداد کاربرانی است که به اشتباه توسط شبکه عصبی عمیق تشخیص داده نشده‌اند و رتبه اعطایی به آن‌ها درست است. این پارامترها با هم برای ارزیابی کارایی شبکه عصبی عمیق و تصمیم‌گیری در مورد بهبود آن استفاده می‌شوند. در جدول ۶ ماتریس

[7] Confusion Matrix

آشفتگی مربوط به شبکه‌های خود رمزگذار عمیق در مقایسه با سایر روش های طبقه بندی مورد استفاده در این مقاله، برای کاربران تست نشان داده شده است.

جدول ۶. پارمترهای ماتریس آشفتگی مربوط به روش های طبقه بندی

Seed Size	Classifier	TP	FP	TN	FN	TPR	TNR
5	Autoencoder	2699	165	61	75	94.5	44.85
	Random forest	2649	222	4	125	92.52	13.79
	Logistic Regression	2689	220	6	85	92.43	6.59
	Decision tree	2576	170	56	198	93.8	22.04
6	Autoencoder	2690	131	84	95	95.35	53.07
	Random forest	2654	222	4	120	92.54	16.66
	Logistic Regression	2619	218	8	155	92.31	4.9
	Decision tree	2572	168	60	240	92.86	21.27
7	Autoencoder	2729	150	76	45	94.79	62.81
	Random forest	2649	224	2	125	92.46	7.4
	Logistic Regression	2555	214	12	219	92.27	5.19
	Decision tree	2568	163	63	206	94.01	23.42
8	Autoencoder	2630	137	89	144	95.04	38.19
	Random forest	2610	260	6	124	92.59	20
	Logistic Regression	2304	194	32	470	92.23	6.37
	Decision tree	2615	170	56	159	93.89	26.04
9	Autoencoder	2677	138	88	97	95.08	47.56
	Random forest	2653	220	6	121	92.6	22.22
	Logistic Regression	2583	215	11	191	92.31	5.44
	Decision tree	2588	161	65	186	94.14	25.89
10	Autoencoder	2680	144	82	94	94.9	46.59
	Random forest	2644	223	3	130	92.48	9.09
	Logistic Regression	2558	207	19	216	92.51	8.08
	Decision tree	2560	162	64	214	94.04	23.02

با توجه به جدول ۶ می توان دید شبکه های خودرمزگذار عمیق پیشنهادی بر اساس آموزش عمیق بر روی نظرات کاربران با توجه به تعداد کاربران تأثیرگذار در سناریوهای مختلف، مقدار مثبت صحیح(TP)، منفی صحیح(TN) و نرخ مثبت صحیح (TPR) و نرخ منفی صحیح (TNR) بالاتری نسبت به سایر روش های طبقه بندی توانسته به دست آورد. از این رو میتوان به استفاده مناسب از یادگیری عمیق در راستای تخمین نظرات کاربران جدید در روش پیشنهادی اشاره کرد.

۴-۲-۳ دقت روش‌های طبقه‌بندی

در ارزیابی روش‌های طبقه‌بندی، معیارهای مختلفی برای تجزیه و تحلیل عملکرد مدل‌های طبقه‌بندی و پیش‌بینی رتبه‌بندی نمونه‌های جدید وجود دارد. این معیارها از طریق مقایسه رتبه‌بندی پیش‌بینی شده با رتبه‌بندی واقعی نمونه‌ها برای ارزیابی عملکرد مدل استفاده می‌شوند. معیارهای ارزیابی مختلفی برای تحلیل و بررسی عملکرد روش‌های طبقه‌بندی و پیش‌بینی رتبه‌بندی وجود دارند، از جمله دقت، حساسیت، صحت، معیار f و غیره. بر اساس پارامترهای ماتریس آشفتگی می‌توان معیارهای ارزیابی زیر را تعریف کرد.

$$Accurace = \frac{\mathrm{TP} + \mathrm{TN}}{TP+TN+FP+FN} \quad (۱۱)$$

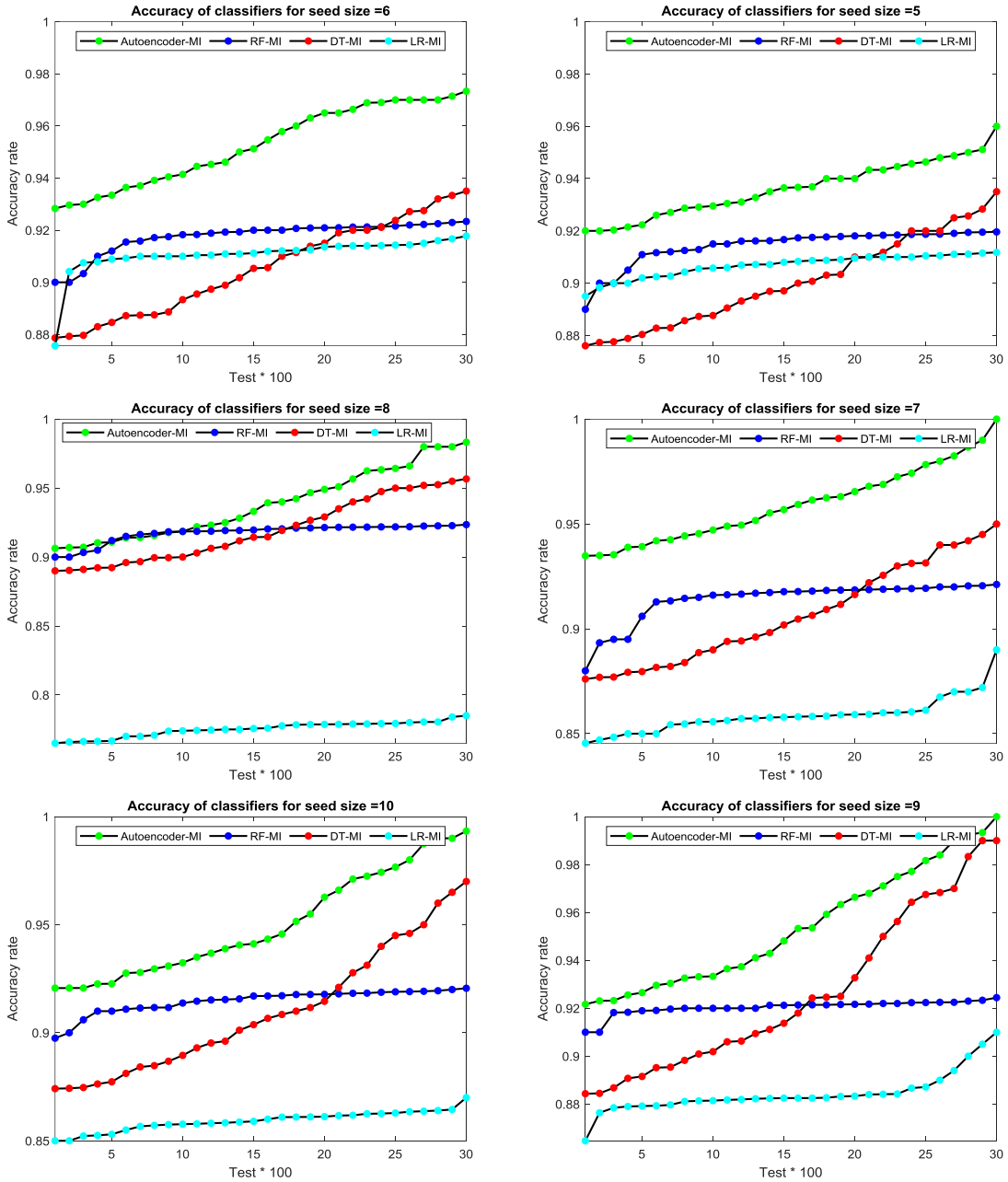
$$Recall = \frac{\mathrm{TP}}{TP+FN} \quad (۱۲)$$

$$\mathrm{Precision} = \frac{\mathrm{TP}}{\mathrm{TP+FP}} \quad (۱۳) F -$$

$$measure = \frac{2*Precision*Recall}{Precision+Recall} \quad (۱۴)$$

معیارهای ارزیابی فوق، به عنوان معیارهایی که به طور خاص برای ارزیابی عملکرد یک روش طبقه‌بندی رتبه‌بندی ارائه می‌شوند، اهمیت بیشتری دارند. این معیارها به عنوان استانداردهایی مورد قبول قرار می‌گیرند و بر اساس آن‌ها می‌توان عملکرد روش ارائه شده را با سایر روش‌ها در این زمینه

مقایسه کرد. در روش ارائه شده، علاوه بر شبکه‌های خود رمزگذار عمیق، از سه روش معروف جنگل تصادفی (RF)، رگرسیون لجستیک (LR) و درخت تصمیم (DT) برای پیش‌بینی رتبه‌بندی کاربران تست استفاده می‌شود و عملکرد آن‌ها با شبکه‌های خود رمزگذار عمیق مقایسه می‌شود. این مقایسه می‌تواند به تحلیل و بررسی عملکرد روش ارائه شده کمک کند و نقاط قوت و ضعف آن را مشخص کند. از معیارهای ارزیابی فوق می‌توان برای انتخاب بهترین روش طبقه‌بندی رتبه‌بندی استفاده کرد و بهبود عملکرد مدل‌ها کمک کرد. در شکل ۶ نمودار دقت روش های طبقه بندی برای سناریوهای مختلف با تعداد کاربران تأثیرگذار متفاوت نشان داده شده است.

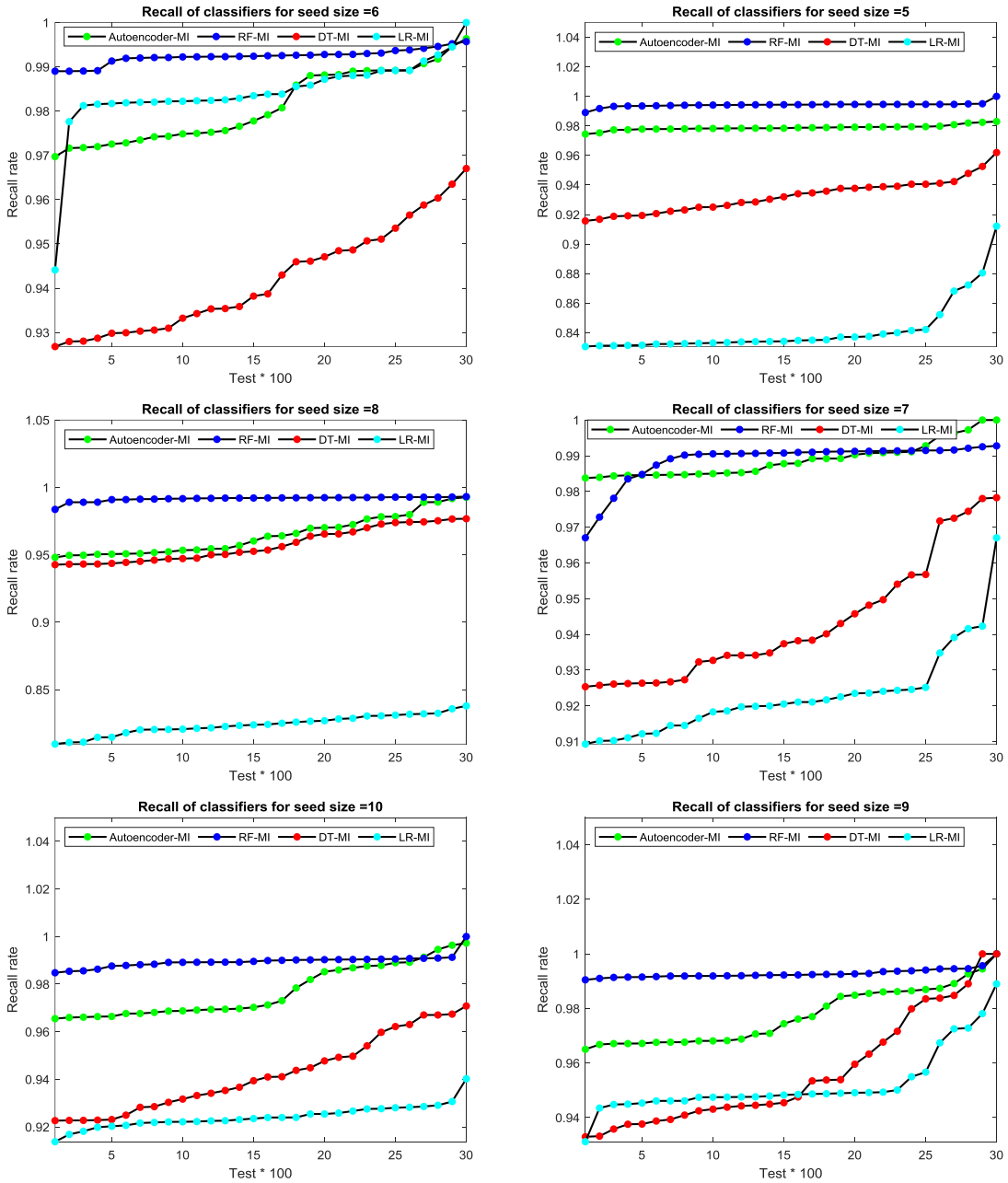


شکل ۶. نمودار معیار دقت در روش‌های طبقه‌بندی

همان‌طور که در شکل ۶ می‌توان دید، روش پیشنهادی با بهره گیری از شبکه های خودرمزگذار عمیق در سناریوهای مختلفی با توجه به تعداد کاربران تأثیرگذار برای تخمین رتبه بندی کاربران جدید، توانسته است مقدار دقت بالاتری نسبت به سایر روش های طبقه بندی به دست آورد . با توجه به شکل ۶ می‌توان دریافت تعداد کاربران تست ۳۰۰۰ کاربر می‌باشد که مقادیر دقت پیش‌بینی از هر ۱۰۰ تست یک بار در شکل ظاهر شده

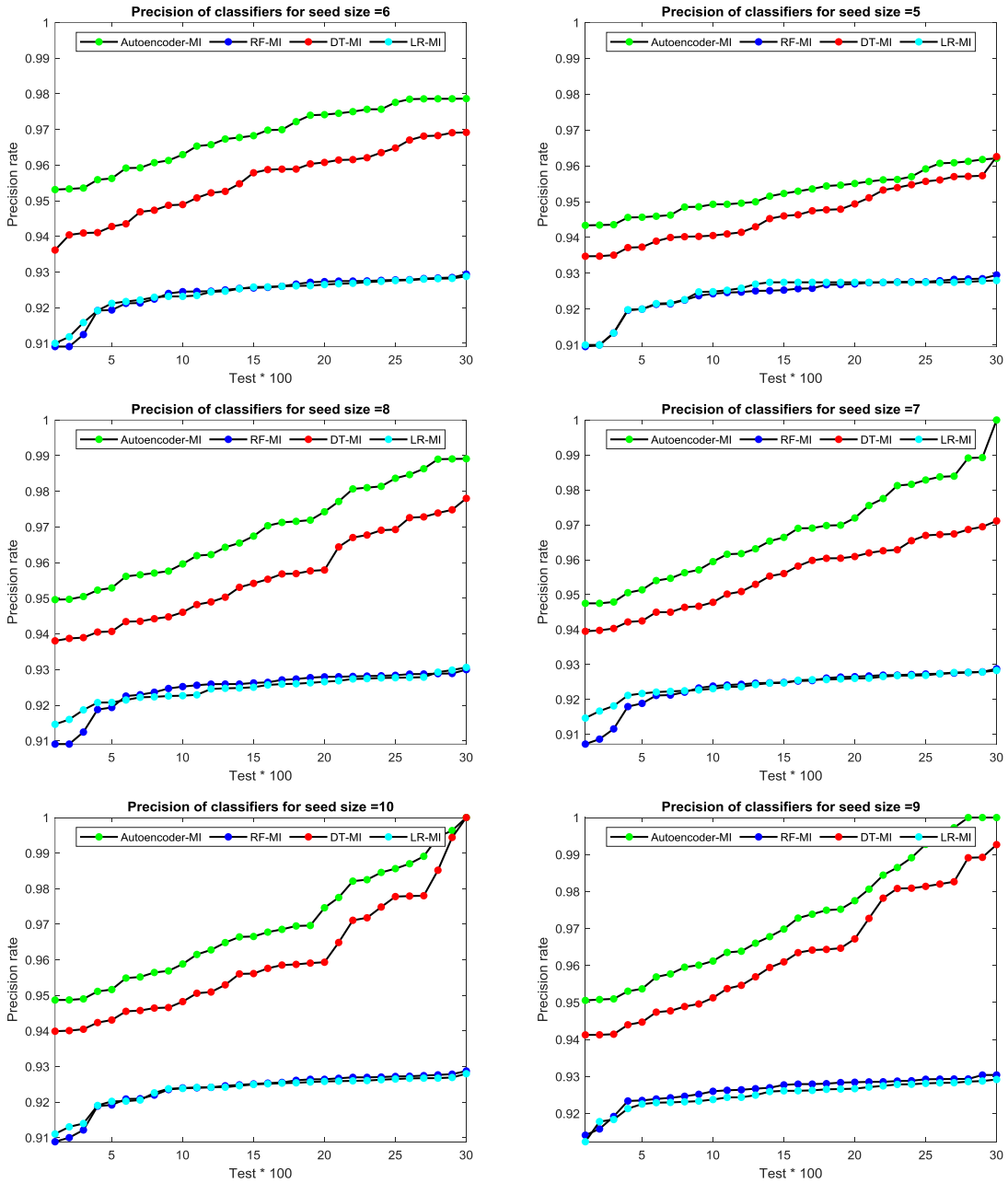
است. این کار برای جلوگیری از ازدحام نقاط بر روی نمودار دقت و سایر نمودارها صورت گرفته است تا وضوح تصاویر مربوط به دقت و سایر معیارهای ارزیابی افزایش یابد.

حساسیت، همچنین به عنوان یادآوری یا نرخ مثبت واقعی شناخته می شود، معیار دیگری است که برای ارزیابی عملکرد یک شبکه عصبی عمیق در وظایف طبقه بندی استفاده می شود. حساسیت نسبت حداکثر رتبه‌های پیش‌بینی‌شده درست را در بین همه حداکثر رتبه‌ها در مجموعه داده آزمایشی اندازه‌گیری می‌کند. این نشان می دهد که مدل تا چه حد قادر است موارد مثبت را به درستی شناسایی کند. حساسیت به عنوان تعداد پیش بینی های مثبت واقعی تقسیم بر مجموع پیش بینی های مثبت درست و منفی کاذب محاسبه می شود. در شکل ۷، نمودارمعیار حساسیت برای روش های طبقه بندی مختلف برای سناریوهای مختلف با تعداد متفاوتی از کاربران تأثیرگذار نشان داده شده است.



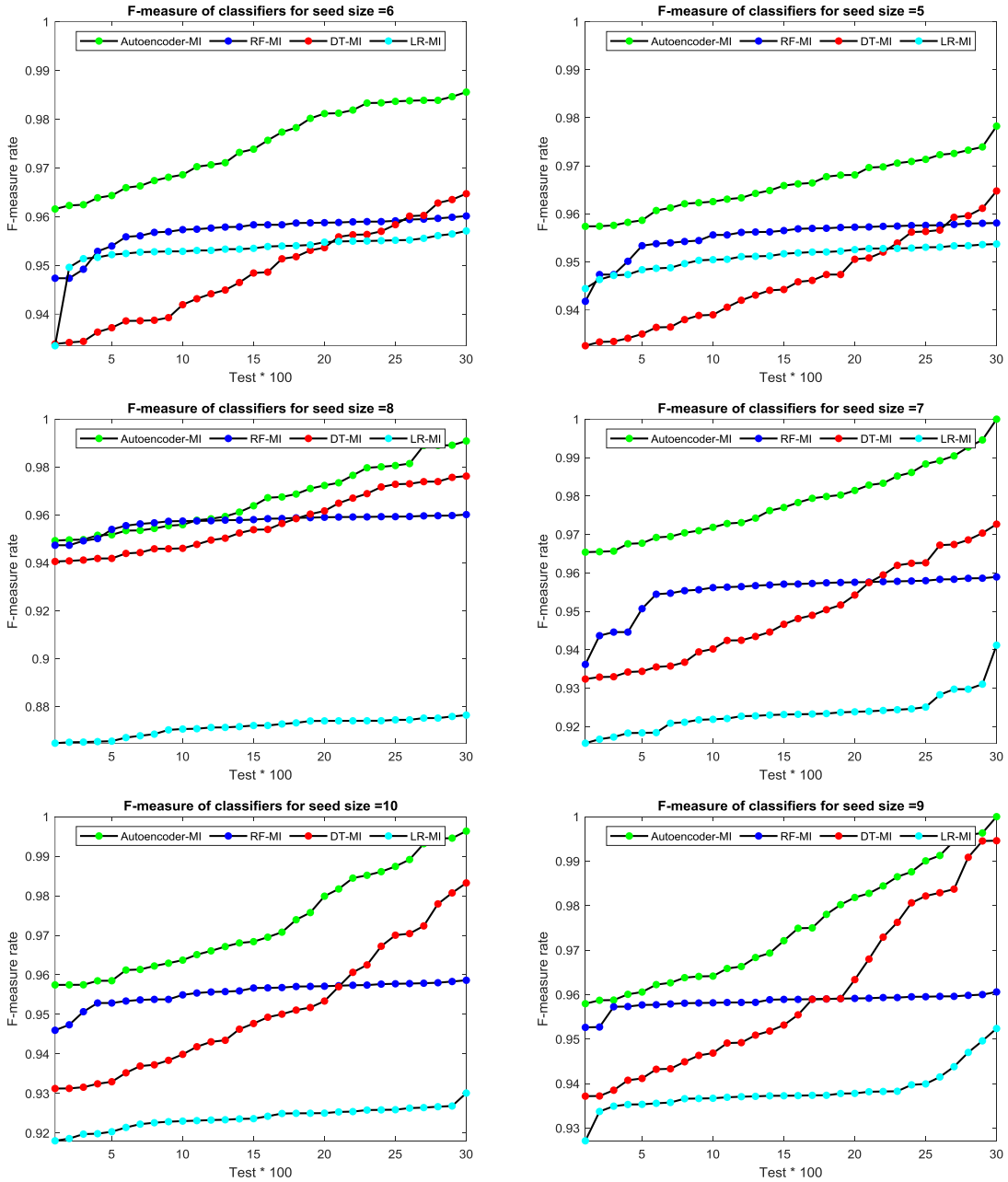
شکل ۷. نمودار معیار حساسیت در روش‌های طبقه‌بندی

همان‌طور که در شکل ۷ می‌توان دید، روش طبقه بندی جنگل تصادفی مقادیر حساسیت بهتری نسبت به شبکه های خودرمزگذار عمیق به دست آورده است. با توجه به این که در معیار حساسیت بیشتر بر روی نظرات در کلاس مثبت که شامل حداکثر رتبه اعطا شده توسط کاربران ، تمرکز شده است، روش طبقه بندی جنگل تصادفی توانسته است عملکرد خوبی داشته باشد. حال آنکه در معیار دقت که عملکرد روش های طبقه بندی را درقبال همه کلاس ها نشان میدهد، شبکه های خودرمزگذار عمیق عملکرد بهتری نسبت به جنگل تصادفی دارد.سومین معیار ارائه شده در ارزیابی صحت است. این معیار، صحت حداکثر رتبه‌های پیش‌بینی‌شده را در بین همه حداکثر رتبه‌های کشف شده در بین حداکثر رتبه‌های کاربران تست با روش‌های طبقه‌بندی اندازه‌گیری می‌کند. در شکل ۸ نمودار معیار صحت برای روش های طبقه بندی مختلف برای سناریوهای مختلف با تعداد متفاوتی از کاربران تأثیرگذار نشان داده شده است.



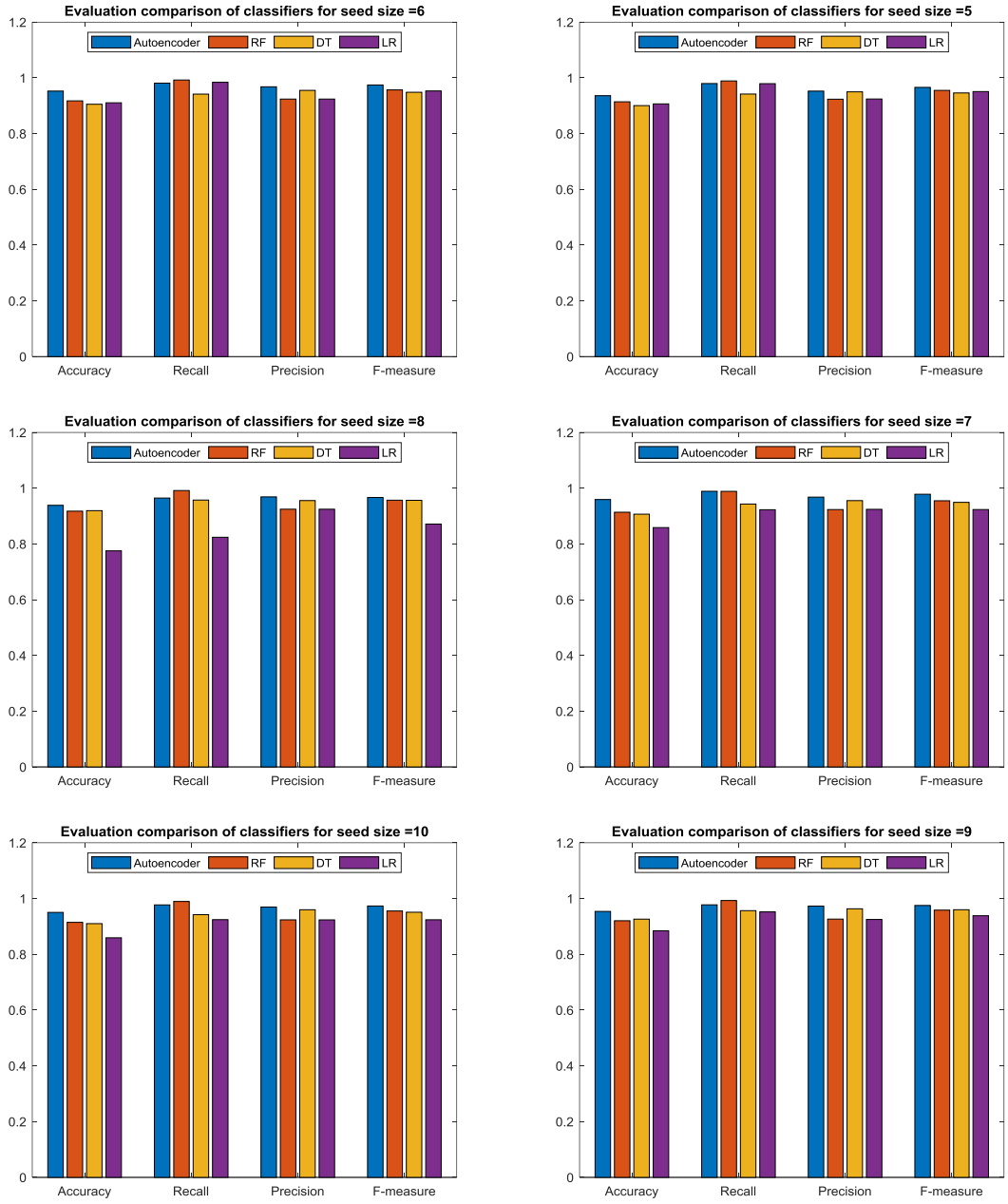
شکل ۸. نمودار معیار صحت در روش‌های طبقه‌بندی

همان‌طور که در شکل ۸ می‌توان دید، روش پیشنهادی با بهره گیری از شبکه های خودرمزگذار عمیق در سناریوهای مختلفی با توجه به تعداد کاربران تأثیرگذار برای تخمین رتبه بندی کاربران جدید، توانسته است مقدار صحت بالاتری نسبت به سایر روش های طبقه بندی به دست آورد. آخرین معیاری که در روش ارائه شده از آن بهره برده ایم، معیار F است که حاصل ترکیب صحت و حساسیت است. این معیار نشان‌دهنده عملکرد کلی مدل ارائه شده به ازای تشخیص رتبه بندی کاربران در مجموعه داده‌های استاندارد است. در شکل ۸ نمودار معیار F برای روش های طبقه بندی مختلف برای سناریوهای مختلف با تعداد متفاوتی از کاربران تأثیرگذار نشان داده شده است.



شکل ۹. نمودار معیارF در روش‌های طبقه‌بندی

همان‌طور که در شکل ۹ می‌توان دید، روش پیشنهادی با بهره گیری از شبکه های خودرمزگذار عمیق در سناریوهای مختلفی با توجه به تعداد کاربران تأثیرگذار برای تخمین رتبه بندی کاربران جدید، توانسته است مقدار معیار F بالاتری نسبت به سایر روش های طبقه بندی به دست آورد.



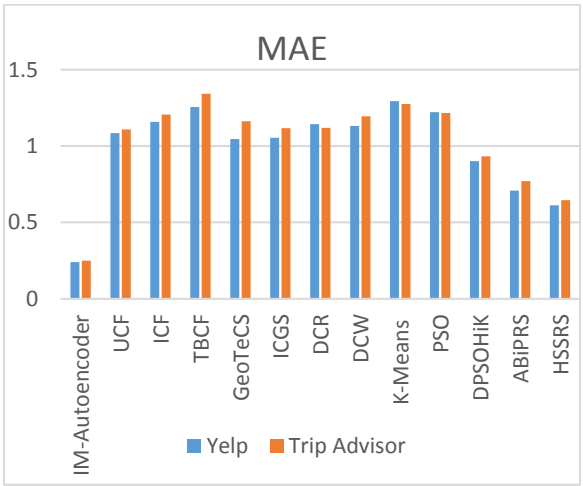
شکل ۱۰. نمودار میله ای مقایسه تجمیعی معیارهای ارزیابی

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت روش ارائه شده با استفاده ازنظرات کاربری، شباهت بین کاربران بر اساس نظرات و گروه کاربران مشابه به کاربران تأثیرگذار با رتبه بندی مشخص، ورودی بسیار مناسبی برای شبکه خودرمزگذار عمیق مهیا کند. شبکه خودرمزگذار عمیق با توجه به مناسب بودن داده‌های ورودی، قدرت آموزش و پیش بینی بالایی بر روی این مجموعه ویژگی‌ها به دست آورده اند. در میان روش‌های طبقه‌بندی، شبکه خودرمزگذار عمیق مناسب ترین نتایج را برای طبقه‌بندی نمونه‌های آموزشی و پیش بینی نمونه‌های رتبه کاربران در مجموعه داده آزمایشی به دست آورده است. در شکل ۱۰ نمودار میله ای مقایسه تفکیکی معیارهای ارزیابی برای روش های طبقه بندی مختلف در سناریوهای مختلف با تعداد کاربران تأثیرگذار متفاوت نشان داده شده است.

بر اساس شکل ۱۰، می توان مشاهده کرد که شبکه های رمزگذار خودکار عمیق ارائه شده، با استفاده از یادگیری عمیق، توانسته اند رتبه بندی محصولات را برای کاربران جدید با بالاترین دقت پیش بینی کنند. روش پیشنهادی با استفاده از لایه‌های آموزشی عمیق و تکمیل فرآیند آموزش در لایه میانی، از نظر معیارهای ارزیابی از سایر روش‌های طبقه‌بندی بهتر عمل کرده است. شبکه‌های رمزگذار خودکار عمیق به دلیل توانایی آنها در ثبت الگوها و روابط پیچیده در داده‌ها، عملکرد برتری در پیش‌بینی رتبه‌بندی محصولات برای کاربران جدید نشان داده‌اند. با استفاده از تکنیک‌های یادگیری عمیق، شبکه‌ها می‌توانند به طور موثری ویژگی‌های زیربنایی داده‌ها را یاد بگیرند و نشان دهند که منجر به پیش‌بینی‌های دقیق‌تر می‌شود. علاوه بر این، فرآیند آموزش در لایه میانی امکان تنظیم دقیق و بهینه سازی مدل را فراهم می کند و قابلیت های پیش بینی آن را بیشتر می کند. به طور کلی، روش پیشنهادی اثربخشی شبکه‌های رمزگذار خودکار عمیق را در رتبه‌بندی وظایف پیش‌بینی نشان می‌دهد و توانایی آن‌ها را در عملکرد بهتر از سایر روش‌های طبقه‌بندی از نظر معیارهای ارزیابی نشان می‌دهد. استفاده از یادگیری عمیق و رویکرد آموزشی منحصربه‌فرد به موفقیت مدل در پیش‌بینی دقیق رتبه‌بندی محصول برای کاربران جدید کمک می‌کند.

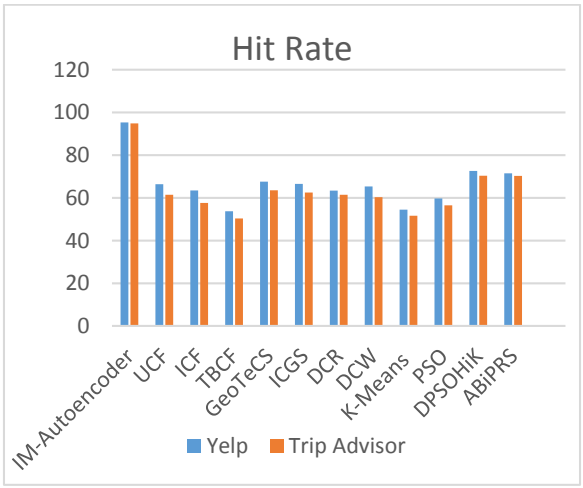
۴-۴ مقایسه روش پیشنهادی با روش های پیشین

پس از اجرا و ارزیابی روش پیشنهادی، به منظور اعتبارسنجی روش پیشنهادی در این مقاله، با روش‌های قبلی از جمله[۱۹] در این زمینه مقایسه می‌شود. بدیهی است که مقایسه نتایج روش های قبلی بر روی همان مجموعه داده در شرایط یکسان انجام خواهد شد. بنابراین، نتایج به‌دست‌آمده از روش پیشنهادی در شرایط یکسان و مجموعه داده‌های مشابه با روش‌های دیگر مقایسه می‌شود تا سطح بهبود حاصل از ایده پیشنهادی در این تحقیق مشخص شود. از آنجایی که روش پیشنهادی یادگیری عمیق و فیلتر مشارکتی را ترکیب می‌کند، معیارهایی مانند میانگین خطای مطلق، نرخ ضربه و دقت تخمین رتبه‌بندی کاربر را می‌توان برای مقایسه مورد استفاده قرار داد. در شکل ۱۱، مقایسه روش پیشنهادی با روش های قبلی از نظر میانگین متریک خطای مطلق نشان داده شده است. با مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های قبلی با استفاده از این معیارها، محققان می‌توانند اثربخشی و عملکرد رویکرد پیشنهادی را در مقایسه با تکنیک‌های موجود ارزیابی کنند. استفاده از یادگیری عمیق و فیلتر مشارکتی در روش پیشنهادی امکان ارزیابی جامع عملکرد آن را فراهم می‌کند و هرگونه پیشرفتی را که از طریق ادغام این تکنیک‌ها به دست می‌آید برجسته می‌کند. این مقایسه به ارزیابی تأثیر و مزایای بالقوه روش پیشنهادی در زمینه مشکل خاصی که در مطالعه به آن پرداخته شده است کمک می کند.



شکل ۱۱. مقایسه روش پیشنهادی با روش های پیشین از نظر میانگین خطای مطلق

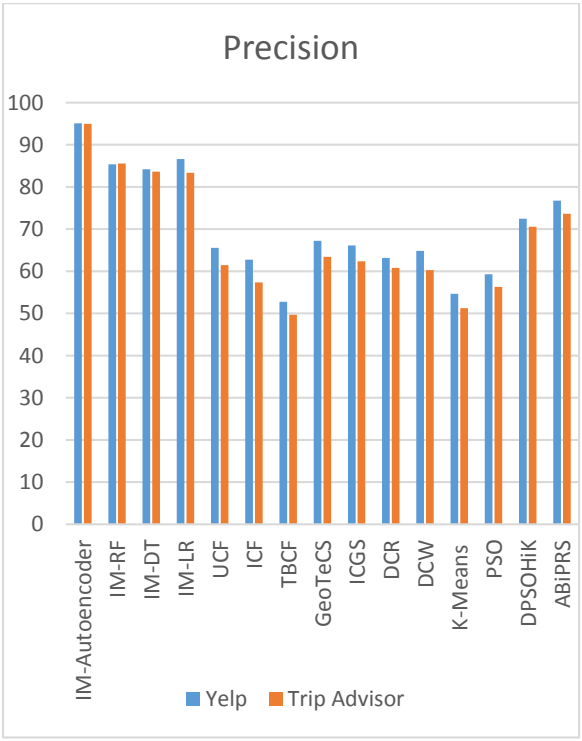
همانطور که در شکل ۱۱ قابل مشاهده است، روش پیشنهادی میانگین خطای مطلق کمتری نسبت به روش های پیشین به دست آورده است. دلیل این امر آموزش عمیق ویژگی های پروفایل کاربر و یافتن کاربران مشابه با دقت بالایی توسط شبکه عصبی خودرمزگذار پیشنهادی است. از این رو انتظار می رود با توجه به مقدار کم خطای مطلق، دقت توصیه های ارائه شده که به عنوان نرخ برخورد نیز در مقالات یاد می شود، در روش پیشنهادی نسبت به سایر روش های موجود، مقدار بهتری داشته باشد. در شکل ۱۲ به مقایسه روش پیشنهادی با روش های پیشین از نظر نرخ برخورد یا دقت توصیه های ارائه شده به کاربران، خواهیم پرداخت.



شکل ۱۲. مقایسه روش پیشنهادی با روش های پیشین از نظر نرخ برخورد

با توجه به شکل ۱۲ می توان دید روش پیشنهادی با تکیه بر آموزش عمیق در شبکه های خود رمزگذار پیشنهادی توانسته است، ویژگی های کاربران را به خوبی آموزش ببیند که همین امر موجب کاهش خطای مطلق در ارائه توصیه و افزایش نرخ برخورد یا دقت توصیه های ارائه شده، گردیده است. آنچه در شکل ۱۲ قابل مشاهده است این است که روش پیشنهادی نرخ برخورد بالاتری نسبت به روش های پیشین بر روی مجموعه داده های یکسان به دست آورده است.

با توجه به استفاده از یاد گیری عمیق و سایر روش های طبقه بندی در زمینه تشخیص کاربران مشابه بر اساس اطلاعات پروفایل کاربران، روش پیشنهادی را می توان از لحاظ دقت تشخیص کاربران مشابه با روش های پیشین مقایسه کرد. در روش پیشنهادی علاوه بر شبکه عصبی خودرمزگذار، از سایر روش های طبقه بندی جنگل تصادفی، درخت تصمیمی و رگرسیون لجستیک نیز به منظور تخمین رتبه بندی کاربران جدید استفاده شده است. مقایسه روش پیشنهادی با روش های طبقه بندی دیگر و روش های پیشین در نشریات از نظر دقت یافتن کاربران مشابه در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۳ مقایسه روش پیشنهادی با روش های پیشین از نظر دقت تشخیص کاربران مشابه

همانطور که در شکل ۱۳ نشان داده شده است، روش پیشنهادی با توجه به استفاده از یادگیری عمیق بر روی نظرات کاربران که از پروفایل آن ها استخراج می شود توانسته است دقت بالاتری در راستی تخمین نظرات کاربران نسبت به سایر روش های طبقه بندی و روش های پیشین به دست آورد.

۵. نتیجه گیری و کارهای آتی

سیستم‌های توصیه‌گر صفحات وب در ارائه پیشنهادات مرتبط با محتوای وب‌سایت‌ها و صفحات اینترنتی به کاربران، به منظور کاهش سربار اطلاعاتی و افزایش تجربه کاربری مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها از تحلیل نظرات و بازخوردهای کاربران به صفحات وب استفاده می‌کنند تا الگوهای رفتاری و ترجیحات کاربران را شناسایی کرده و پیشنهادات مناسبی ارائه دهند. شناسایی کاربران مشابه و ایجاد شبکه کاربران مشابه در این سیستم‌ها اهمیت بالایی دارد. با تشکیل این شبکه‌ها، می‌توان الگوهای رفتاری و ترجیحات کاربران را بهتر شناسایی کرد و پیشنهادات دقیق‌تری ارائه داد. علاوه بر این، کاربرانی که تشابه زیادی با سایر کاربران دارند، می‌توانند به عنوان کاربران بانفوذ در این شبکه کاربران مشابه، نقش مهمی در ارائه توصیه‌های وب داشته باشند. این کاربران می‌توانند با ارائه نظرات و بازخوردهای خود، به بهبود عملکرد سیستم توصیه‌گر و ارائه پیشنهادات دقیق‌تر کمک کنند. به طور کلی، این سیستم‌ها با استفاده از تحلیل داده‌های کاربران و ایجاد شبکه‌های کاربری، بهبود تجربه کاربری، افزایش تعامل کاربران با محتواهای وب و کاهش سربار اطلاعاتی کمک می‌کنند. این رویکرد بهبود عملکرد سیستم‌های توصیه‌گر و ارتقاء تجربه کاربری از اهمیت بالایی برخوردار است و می‌تواند به بهبود کارایی وب‌سایت‌ها و جذب کاربران جدید کمک کند.در این مقاله از ترکیب مسئله به حداکثر رساندن تأثیر اجتماعی و فیلتر مشاکتی مبتنی بر شبکه خودرمزگذار عمیق برای تخمین رتبه بندی کاربران در شبکه کاربران مشابه بر اساس نظرات کاربران استفاده شده است. شبکه خودرمزگذار عمیق با استفاده از نظرات کاربران، شباهت بین کاربران بر اساس نظرات و گروه کاربران مشابه، به کاربران تأثیرگذار با رتبه بندی مشخص، و روشی بسیار مناسبی برای ساختاردهی شبکه است. این شبکه با توجه به مناسب بودن داده‌های ورودی، قدرت آموزش و پیش‌بینی بالایی بر روی این مجموعه ویژگی‌ها به دست آورده است. روش پیشنهادی با مقدار MAE، RMSE، Hit Rate و Accuracy به ترتیب برابر با ۰,۰۰۲۴، ۰,۰۰۲۵، ۹۵,۳۱٪ و ۹۵,۰۸ نسبت به سایر روش های پیشین نتایج بهتری به دست آورده است. در میان روش‌های طبقه‌بندی، شبکه خودرمزگذار عمیق مناسب‌ترین نتایج را برای طبقه‌بندی نمونه‌های آموزشی و پیش‌بینی نمونه‌های رتبه کاربران در مجموعه داده

آزمایشی به دست آورده است. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از شبکه‌های عمیق می‌تواند بهبود قابل توجهی در عملکرد و دقت مدل‌های توصیه‌گر و طبقه‌بندی داده‌ها داشته باشد و باعث افزایش تجربه کاربری و کارایی سیستم‌های توصیه‌گر شود.

در راستای ارائه پیشنهادات آتی برای مقاله می توان به استفاده از یادگیری تقویتی عمیق در سیستم های توصیه گر وب بر اساس پروفایل و نظرات کاربران اشاره کرد. یادگیری تقویتی عمیق یک روش یادگیری ماشین است که به وسیله آن مدل های پیچیده و عمیقی از داده ها را برای انجام وظایف خاصی مانند توصیه وب به کاربران ایجاد می کند. در سیستم های توصیه گر وب، این روش می تواند برای بهبود دقت و کیفیت توصیه های ارائه شده به کاربران استفاده شود. یکی از روش های استفاده از یادگیری تقویتی عمیق در سیستم های توصیه گر وب، استفاده از پروفایل و نظرات کاربران است. با استفاده از اطلاعات پروفایل کاربران مانند سلیقه ها، علایق و تاریخچه خرید، می توان مدل های یادگیری تقویتی عمیق را آموزش داد تا بهترین محتواها و محصولات را برای هر کاربر توصیه کند. همچنین، با تحلیل نظرات و بازخوردهای کاربران به محتواها و محصولات، می توان الگوریتم های یادگیری تقویتی عمیق را بهبود داد و بهبودات لازم را اعمال کرد تا توصیه های ارائه شده به کاربران دقیق تر و موثر تر باشد. به طور کلی، استفاده از یادگیری تقویتی عمیق در سیستم های توصیه گر وب می تواند بهبود قابل توجهی در افزایش دقت توصیه داشته باشد.

۶- مراجع

۱. Gao, C., et al., *A survey of graph neural networks for recommender systems: Challenges, methods, and directions.* ACM Transactions on Recommender Systems, 2023. **1**(1): p. 1-51.

۲. Casillo, M., et al., *Context-aware recommender systems and cultural heritage: a survey*. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2023. **14**(4): p. 3109-3127.

۳. Breit, A., et al., *Combining machine learning and semantic web: A systematic mapping study*. ACM Computing Surveys, 2023.

۴. Wu, S., et al., *Graph neural networks in recommender systems: a survey*. ACM Computing Surveys, 2022. **55**(5): p. 1-37.

۵. Pham, P., et al., *An approach to semantic-aware heterogeneous network embedding for recommender systems.* IEEE Transactions on Cybernetics, 2023.

۶. Sadesh, S., et al, *Automatic Clustering of User Behaviour Profiles for Web Recommendation System.* Intelligent Automation & Soft Computing, 2023. **35**(۳).

۷. Banerjee, S., M. Jenamani, and D.K. Pratihar, *A survey on influence maximization in a social network.* Knowledge and Information Systems, 2020. **62**: p. 3417-3455.

۸. Wu, L., et al. *A neural influence diffusion model for social recommendation*. in *Proceedings of the 42nd international ACM SIGIR conference on research and development in information retrieval*. 2019.

۹. Wu, L, et al., *Diffnet++: A neural influence and interest diffusion network for social recommendation.* IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2020. **34**(10): p. 4753-4766.

۱۰. Sun, Y., B. Cautis, and S. Maniu. *Social Influence-Maximizing Group Recommendation*. in *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media*. 2023.

۱۱. Robles, J.F., M. Chica, and O. Cordon, *Evolutionary multiobjective optimization to target social network influentials in viral marketing.* Expert Systems with Applications, 2020. **147**: p. 113183.

۱۲. Castiglione, A., et al., *Cognitive analysis in social networks for viral marketing.* IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2020. **17**(9): p. 6162-6169.

۱۳. Jendoubi, S. and A. Martin, *Evidential positive opinion influence measures for viral marketing.* Knowledge and Information Systems, 2020. **62**(3): p. 1037-1062.

۱۴. Molaei, R., K. Rahsepar Fard, and A. Bouyer, *An Improved Influence Maximization Method for Online Advertising in Social Internet of Things.* Big Data, 2023.

۱۵. Venunath, M., et al., *Influence Maximization and Online Social Capital for Entrepreneurs: Leveraging Social Networks to Achieve Business Goals*, in *Social Capital in the Age of Online Networking: Genesis, Manifestations, and Implications*. IGI Global. p. 128-145 ,۲۳20.

۱۶. Aghaee, Z., et al., *A survey on meta-heuristic algorithms for the influence maximization problem in the social networks.* Computing, 2021. **103**(11): p. 2437-2477.

۱۷. Singh, R.R., *Centrality measures: a tool to identify key actors in social networks*, in *Principles of Social Networking*. 2022, Springer. p. 1-27.

۱۸. Borkin, D., et al., *Impact of data normalization on classification model accuracy.* Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology, 2019. **27**(45): p. 79-84.

۱۹. Logesh, R., et al., *Efficient user profiling based intelligent travel recommender system for individual and group of users.* Mobile Networks and Applications, 2019. **24**: p. 1018-1033.

KNO-1102-4403

شبیه‌سازی پردازش و دسته‌بندی صدای قلب در نرم‌افزار MATLAB

علیرضا محمودی فرد [۱*] alireza10.m10@gmail.com
زهرا اکبری [۲] Zahra.akbary399@gmail.com
[۱] کارشناس ارشد مدیریت صنعتی (و مدرس دانشگاه‌ها)، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
[۲] دانشجوی کارشناسی مهندسی پزشکی، موسسه آموزش عالی ابرار، تهران، ایران

چکیده

یکی از زمینه‌های مهم و پرکاربرد مهندسی پزشکی، کار روی قلب و سیگنال‌های آن است. ارزیابی کیفیت سیگنال صدای قلب خودکار، یک گام ضروری برای تجزیه و تحلیل قابل اعتماد سیگنال صدای قلب است. یک مرحله پردازش اجتناب‌ناپذیر برای این هدف، تقسیم‌بندی صدای قلب است که از دیدگاه فنی هنوز یک کار چالش‌برانگیز است. یکی از حوزه‌های پژوهشی در زمینه‌های مرتبط با قلب، پردازش و دسته‌بندی صدای قلب (معمولا جهت آشکارسازی بیماری‌های دریچه‌های قلبی) بوده که انواع مختلفی از ویژگی‌ها از سیگنال صوتی قلب استخراج می‌شوند و بعد توسط طبقه‌بندها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه، مدنظر است تعداد محدودی از فیچرهایی که به‌کمک $STFT$ محاسبه می‌شوند، از سیگنال صوتی قلب استخراج شوند و با استفاده از طبقه‌بند SVM، دسته‌بندی صدای قلب به دو دسته‌ی "سالم" و "مریض" صورت گیرد.

کلید واژه‌ها: پردازش سیگنال، دسته‌بندی، شبیه‌سازی، صدای قلب، طبقه‌بندی ویژگی‌ها، نرم‌افزار MATLAB

۱. مقدمه

بیماری‌های قلبی-عروقی اولین عامل مرگ و میر در سراسر جهان هستند. حدود ۱۷,۳ میلیون نفر در سال ۲۰۰۸ بدین‌علل جان خود را از دست دادند و پیش‌بینی می‌شود که این تعداد تا سال ۲۰۳۰ به ۲۳,۳ میلیون نفر برسد [۱]. هر سال یک میلیون مورد قلبی و بیش از صد هزار سکته قلبی فقط در لهستان رخ می‌دهد. آزمایش‌های منظم قلب، ممکن است به تشخیص بی‌نظمی‌های ضربان قلب کمک کرده، به جلوگیری از عوارض قلبی منتهی شده و شانس بهبودی را تا حد زیادی افزایش دهد. به‌دلیل سرعت بالای زندگی، توسعه سیستم‌های تشخیص خودکار غیرتهاجمی، که امکان انجام معاینه پزشکی اولیه را در خانه بدون مشارکت پزشک فراهم می‌کند، موضوع تحقیقات بسیاری از دانشمندان است [۱].

شنیدن صداهای مربوط به قلب انسان، یکی از تکنیک‌های سنتی در علم طب است که از دیرباز مورد استفاده پزشکان بوده است. منشأ صداهای قلب، به حرکت‌های مکانیکی قلب بازمی‌گردد؛ این حرکات، امواج صوتی با فرکانس پایین تولید می‌کنند. به‌طور کلی، این روش در غربال کردن تشخیص و در درمان اولیه می‌تواند مناسب باشد، چرا که روشی کاملا غیرتهاجمی بوده و تکنیکی است که در آن غربال‌سازی کم‌هزینه، آسان و مطمئن می‌باشد. از طرفی، با استفاده از این روش، اطلاعات مفیدی از عملکرد قلب فراهم می‌آید که با استفاده از آن می‌توان بی‌نظمی‌ها و اختلالات کاری قلب را شناسایی نمود؛ گوش دادن به صداهای قلب و تحلیل صحیح عملکرد آن، از مهارت‌های بسیار سخت محسوب می‌شود که فرد متخصص تنها در صورت داشتن تجربه چند ساله قادر خواهد بود با استفاده از آن، صداهای طبیعی و غیر طبیعی را از یکدیگر متمایز سازد. دلیل اصلی این مساله از آنجا نشأت می‌گیرد که صداهای مربوط به عملکرد قلب و صداهای تنفس در ریه، بازه زمانی کوتاهی داشته و از این‌رو در یک بازه زمانی کوتاه، چندین صدای متفاوت از ناحیه قفسه سینه به گوش خواهد رسید [۲].

الگوریتم‌های کامپیوتری برای جلوگیری از محدودیت‌های سیستم شنوایی انسان و کارهای دستی در غربال‌گری بیماری‌های قلبی-عروقی با استفاده از سیگنال دیجیتال صدای قلب، ضروری هستند. بررسی اخیر در مورد این موضوع نشان داد که بیش از ۱۳۰۰ مقاله تحقیقاتی از سال ۱۹۶۳ تا ۲۰۱۸ در این خصوص در دسترس است [۴،۳].

دست‌یابی به دقت بالا در الگوریتم‌های طبقه‌بندی خودکار صداهای قلب از دیرباز مورد پیگیری محققان بوده است. روش‌های رایج طبقه‌بندی سیگنال‌های صدای قلب را می‌توان به دو دسته عمده تقسیم کرد: روش‌های سنتی مبتنی‌بر یادگیری ماشینی و روش‌های مبتنی‌بر یادگیری عمیق. با توسعه اخیر داده‌های بزرگ پزشکی و فناوری هوش مصنوعی، تمرکز بیشتری بر توسعه روش‌های یادگیری عمیق برای طبقه‌بندی صداهای قلب شده است [۵].

اگرچه کارهای تحقیقاتی زیادی در زمینه تقسیم‌بندی، استخراج ویژگی و طبقه‌بندی انجام شده است، اما هنوز یک منطقه باز برای محققان برای توسعه الگوریتم‌های خودکار و قوی برای شناسایی و طبقه‌بندی رویدادهای مختلف در سیگنال‌های صوتی قلبی است؛ مشکل کلیدی مرتبط با این رویکرد، ضبط صداهای قلبی توسط افراد غیر ماهر است؛ کیفیت سیگنال صدای قلب، تأثیر آشکاری بر خروجی سیستم تشخیص خودکار دارد؛ از این‌رو، برای جلوگیری از تعبیر نادرست بیماری‌های قلبی و طبقه‌بندی دقیق‌تر صداهای قلب، به سیگنال صدای قلب با کیفیت بالا نیاز است. به‌طور کلی دو راه برای به‌دست آوردن سیگنال‌های با کیفیت بالا وجود دارد: پروتکل‌های مبتنی‌بر سخت‌افزار و نرم‌افزار. در رویکرد اول، یک حسگر بسیار حساس برای تشخیص صدای قلب برای شناسایی بهتر جریان خون آشفته طراحی شده است (به‌عنوان مثال، یک شتاب‌سنج بسیار سبک و دوگانه توسط Semmlow برای جمع‌آوری صدای قلب با کیفیت بالا در سطح قفسه سینه ایجاد شده است) [۶]؛ با این حال، با وجود دستاوردهای قابل توجه در این زمینه، هنوز چالش‌هایی وجود دارد که نیازمند توسعه روش‌های قوی‌تر با عملکرد بالاتر برای تشخیص زودهنگام CVD است.

۲. متن بررسی

۱،۲. انواع صداهای طبیعی قلب

دو صدای اصلی قلب که هنگام سمع شنیده می‌شوند، به S_1 و S_2 موسومند؛ این‌ها صداهای پر فرکانس هستند که ناشی از بسته شدن دریچه‌ها می‌باشند. S_1 در شروع سیستول بطنی شنیده می‌شود و منطبق با بسته شدن دریچه‌های دهلیزی- بطنی است. S_1 معمولاً به‌صورت یک صدا شنیده می‌شود، هر چند ممکن است گاهی M_1 (صدای بسته شدن میترال) و T_1 (صدای بسته شدن تریکوسپید) به‌صورت مجزا شنیده شوند. جزء M_1 بلندتر از جزء T_1 است، زودتر سمع می‌شود و در ناحیه آپکس قلب، بهتر شنیده می‌شود. جزء T_1 تا حدودی کوتاه‌تر است و در سمت چپ و پائین جناغ سینه، بهتر شنیده می‌شود. صدای دوم قلب S_2 ناشی از بسته شدن دریچه‌های هلالی (semilunar) است. دو جزء مشخص آن A_2 و P_2 به‌ترتیب در نتیجه بسته شدن دریچه‌های آئورت و پولمونر روی می‌دهند؛ A_2 معمولاً بلندتر از P_2 است و در سمت راست و بالای قفسه سینه، بهتر شنیده می‌شود؛ P_2 در دومین فضای بین دنده‌ای سمت چپ، بهتر شنیده می‌شود. به‌طور طبیعی، هنگام بازدم، S_2 به‌صورت تک‌قسمتی شنیده می‌شود؛ اما هنگام دم، افزایش بازگشت وریدی به‌سمت راست قلب و افزایش ظرفیت بستر عروقی ریوی باعث تأخیر در بسته شدن دریچه ریوی می‌شود؛ علاوه‌بر این، با کاهش مختصر برگشت خون وریدی به بطن چپ، صدای بسته شدن دریچه آئورت، کمی زودتر به گوش می‌رسد؛ بنابراین به‌طور طبیعی در هنگام دم دو جزء شدن فیزیولوژیک، صدای دوم قلب، سمع A_2 قبل از P_2 اتفاق می‌افتد؛ گاهی ممکن است صداهای اضافی قلب در افراد سالم نیز شنیده شوند؛ صدای سوم قلب در کودکان و نوجوانان شنیده می‌شود، به آن فیزیولوژیک می‌گویند و به‌ندرت پس از ۴۰ سالگی شنیده می‌شود. صدای چهارم قلب (S_4) ناشی از انقباض قوی دهلیز است، که به‌ندرت در افراد جوان قابل سمع است؛ اما در افراد مسن نسبتاً شایع می‌باشد [۷].

۲،۲. انواع صداهای غیر طبیعی قلب

قلب به‌صورت طبیعی صداهای خاص و مشخصی دارد و هر تغییری در این صداها، به‌منزله زنگ خطری برای درست کار نکردن قلب می‌باشد؛ این مشکل را مورمور قلبی نیز می‌نامند. در بیشتر موارد، تغییر در جریان حرکتی خون و یا آسیب‌دیدگی به قسمت‌های مختلف قلب به‌خصوص دریچه‌های آن، می‌تواند صداهای تولید شده توسط قلب را تغییر دهد. عوامل تاثیرگذار بر صدای قلب عبارت‌اند از:

- **حرکت سریع خون در رگ‌ها**

زمانی که خون با سرعت بیشتری نسبت به حالت عادی در رگ‌ها در حال حرکت باشد، صداهای غیر طبیعی متفاوتی از آن به گوش می‌رسد؛ این صداها برای پزشک متخصص به‌خوبی قابل تشخیص است. اصولا حرکت سریع خون در رگ‌ها، یک موضوع طبیعی است که می‌تواند بر اثر اتفاقاتی همچون فعالیت‌های بدنی و ورزشی، جراحی‌های قلب، حاملگی، بالا رفتن دمای بدن (تب)، فعالیت بیش از حد تیروئید و کم‌خونی رخ دهد. از آن جایی که دلایل گفته شده ربطی به آسیب‌های قلبی ندارند، می‌توان گفت ایجاد صدای غیر طبیعی در حالتی که حرکت خون در رگ‌ها بسیار سریع است، در بین حالت‌های تقریبا عادی و غیر خطرناک برای قلب قرار می‌گیرد [۸].

- **مشکلات مادرزادی**

در بیشتر نوزادان ممکن است مشکل صداهای غیر طبیعی قلب از همان بدوتولد دیده شود؛ در این حالت، قلب به‌درستی و به‌فرم صحیح و کامل خود شکل نگرفته است؛ به همین علت زمانی که گوشی پزشکی استفاده کرده و صدای قلب نوزاد را می‌شنوید، کاملا صداهای غیر طبیعی و نامرسومی به گوشتان خواهد رسید. یکی از مشکلات قلبی رایج در بین نوزادان متولد شده، وجود حفره یا سوراخ در دیواره‌های قلب است که صدای غیر طبیعی مشخصی را تولید می‌کند. معمولا راه‌حل‌های مناسبی برای برطرف کردن این مشکل وجود دارد، که توسط پزشک در بازه زمانی مشخصی اجرا می‌شود [۸].

- **سختی دریچه قلب**

این مشکل که به‌نام آهکی شدن دریچه قلب نیز شناخته می‌شود، یکی از مشکلاتی است که در سنین بالاتر برای افراد مختلف ممکن است به‌وجود آید و معمولا کودکان و نوزادان به این نوع مشکل مبتلا نمی‌شوند. در هنگام آهکی شدن دریچه قلب، خون به‌سختی به سایر اندام بدن جریان پیدا می‌کند و در صورت نادیده گرفته این مشکل، می‌تواند خطرات به‌شدت جدی‌تری را برای فرد مبتلا شده به آن به همراه داشته باشد [۹].

- **انواع تب، به‌خصوص تب‌های روماتیسمی**

همان‌طور که اشاره شد تب می‌تواند جریان طبیعی حرکت خون در رگ‌ها را تغییر داده و باعث ایجاد صداهای غیر طبیعی و یا صداهای اضافی در قلب شود؛ اما یکی از خطرناک‌ترین تب‌ها، تب‌های روماتیسمی هستند که بر اثر گلودردهای چرکی که با بی‌اهمیت دانستن به‌صورت کامل درمان نشده‌اند، ایجاد می‌شوند. عموما تب‌های روماتیسمی می‌توانند تاثیر همیشگی و غیر قابل جبرانی بر روی صداهای طبیعی قلب داشته باشند [۷].

- **عفونت و التهاب لایه‌های داخلی قلب**

این مشکل که به‌صورت علمی با عنوان اندوکاریت شناخته می‌شود، نیز یکی دیگر از مشکلاتی است که بر روی صدای طبیعی قلب انسان تاثیر مستقیم می‌گذارد؛ البته عموما عفونت‌های قلبی در دسته بیماری‌های قلبی بسیار خطرناک قرار می‌گیرند. دلیل به‌وجود آمدن عفونت‌های قلبی معمولا انباشته شدن عفونت موجود در خون، در قسمت‌های مختلف قلب است. از هر طریقی عفونت‌های مختلف وارد خون انسان شده باشند، در نهایت مسیر به‌سمت قلب خواهند داشت، که انباشته شدن آن‌ها می‌تواند صدای طبیعی قلب را تا حدود زیادی تغییر دهد [۸].

- **افتادگی دریچه میترال**

افتادگی دریچه میترال، یک مشکل تقریبا شناخته شده و رایج برای قلب است؛ این دریچه بین دو بطن اصلی قلب قرار گرفته است و هر مشکلی در آن، سلامتی انسان را به‌صورت کامل زیر سوال خواهد برد؛ در افتادگی دریچه میترال، دریچه پس از باز شدن، به حالت عادی خود بر نمی‌گردد و این موضوع نیز روی ایجاد صداهای غیر طبیعی، تاثیر بسیار زیادی دارد [۹].

- **مصرف برخی از داروها**

برخی از انواع داروها نیز می‌توانند باعث ایجاد صدای غیر طبیعی در قلب شوند؛ تعداد زیادی از این داروها جریان حرکت خون را تغییر داده و عامل ایجاد کننده صداهای نامرسوم در قلب می‌شوند. اگر پزشک از داروهای مصرفی بیمار اطلاع داشته باشد، خیلی زود صداهای غیر طبیعی قلب او را عادی و بی‌خطر اعلام می‌کند؛ چرا که از ایجاد صداهای غیر طبیعی در اثر مصرف این داروها، اطلاع کامل دارد [۸].

۳،۲. روش کار

۱،۳،۲. جمع‌آوری داده

در این مطالعه داده‌ها برای ارزیابی کیفیت سیگنال از چهار منبع داده جمع‌آوری شده است؛ آن‌ها از موقعیت‌های مختلف روی سطح قفسه سینه در محیط‌های مختلف از جمله خانه، بیمارستان و محیط‌های کنترل نشده جمع‌آوری شدند که شامل ۳۱۵۳ داده است که از ۷۶۵ سوژه جمع‌آوری شده است [۱۱].

پایگاه داده چالش صدای قلب طبقه‌بندی پاسکال (PAS-CAL) [۱۲] آورده شده است: داده‌ها از دو منبع جمع‌آوری شده‌اند؛ یکی از یک برنامه آیفون و دیگری از یک آزمایش کلینیکی در بیمارستان با استفاده از گوشی پزشکی دیجیتال؛ ۸۵۹ داده موجود است.

پایگاه داده صداهای قلب کاتانیا 2011 (CTHS) [۱۴،۱۳] یکی از پایگاه‌هاست: این پایگاه داده، مجموعه‌ای از صداهای قلب بود که توسط دانشگاه کاتانیای ایتالیا برای بیومتری استفاده می‌شد که شامل صدای قلب ۲۰۶ نفر با استفاده از گوشی پزشکی دیجیتال بود؛ ۴۱۲ داده موجود است که داده‌ها را می‌توان از [۱۳] دانلود کرد.

پایگاه داده صدای قلب بیماری قلبی (CDHS) شامل ۳۸۷۵ سیگنال ضبط شده توسط گروه نویسندگان از ۶۷ بیمار در دومین بیمارستان متصل دانشگاه پزشکی دالیان از سال ۲۰۱۵ است.

فرکانس‌های نمونه‌گیری در چهار مجموعه ۲۰۰۰ هرتز، ۱۱۰۲۵ هرتز، ۴۴۱۰۰ هرتز و ۲۰۰۰ هرتز CinCHS، CTHS، PASCAL و CDHS به‌ترتیب چهار پایگاه داده جمع‌آوری شده است و به‌طور کلی ۸۲۹۹ داده موجود را ارائه می‌دهند؛ با این حال، برای اطمینان از اینکه کیفیت سیگنال را می‌توان به‌طور قابل اعتماد ارزیابی کرد، داده‌هایی با طول زمانی کمتر از ۶ ثانیه کنار گذاشته می‌شوند.

۲،۳،۲. حذف نویز

فرآیند دریافت صداهای قلبی به‌راحتی تحت‌تأثیر تداخلات محیطی مانند تداخل ناشی از اصطکاک بین تجهیزات و پوست انسان، تداخل الکترومغناطیسی و صداهای تصادفی مانند صداهای تنفس، صداهای ریه و صداهای محیطی قرار می‌گیرد [۱۰]. سیگنال‌های صدای قلب معمولاً با این سیگنال‌های تداخلی همراه می‌شوند و این امر نیاز به حذف نویز خارج از باند دارد. نویززدایی به‌طور قابل توجهی بر تقسیم‌بندی، استخراج ویژگی و عملکرد طبقه‌بندی نهایی تأثیر می‌گذارد. روش‌های رایج حذف نویز عبارتند از: نویززدایی موجک، حذف نویز تجزیه حالت تجربی و حذف نویز فیلتر دیجیتال [۱۵]. بر اساس دانش قبلی از سیگنال‌های صدای قلب، ساخت یک تابع پایه موجک برای سیگنال‌های صدای قلب یک جهت تحقیقاتی جدید در حوزه استخراج ویژگی‌های صداهای قلب است [۱۶].

۳،۳،۲. پیش‌پردازش

سیگنال‌ها ابتدا از یک فیلتر آنتی‌آلیاسینگ عبور کرده و سپس فرکانس نمونه‌برداری به 1kHZ کاهش پیدا می‌کند. مقدار DC توسط یک فیلتر بالاگذر مرتبه سه باتروث با فرکانس قطع دو هرتز برداشته می‌شود؛ سپس با نرمالیزه کردن سیگنال آن را به میانگین صفر و واریانس واحد تبدیل می‌کنیم.

۴،۳،۲. استخراج ویژگی

Energy Ratio Of Low Frequency Band

این ویژگی با استفاده از انرژی سیگنال در فرکانس ۲۴ تا ۱۴۴ هرتز محاسبه می‌شود.

طیف سیگنال با استفاده از روش Welch با استفاده از پنجره Hamming با ۱۰۰۰ نمونه و ۵۰۰ نمونه همپوشانی به‌دست آمده است.

$$r_{e-low} = \sum_{f=24}^{144} P_x(f) / \sum_{f=0}^{500} P_x(f) \quad (۱$$

همان‌طور که از رابطه بالا مشاهده می‌شود، با محاسبه Px(f) در بازه فرکانسی موردنظر و سپس نرمالیزه کردن بر مقدار توان سیگنال این ویژگی به‌دست می‌آید.

Energy Ratio Of High Frequency Band

این مانند ویژگی قبلی است، اما در فرکانس ۲۰۰ تا ۵۰۰ انرژی محاسبه می‌شود.

Energy Ratio of Middle Frequency Band

مانند ویژگی اول است، اما در بازه فرکانسی ۱۴۴ تا ۲۰۰ انرژی محاسبه می‌شود.

Features Related to the new Frequency-smoothed Envelope

برای استخراج این ویژگی ابتدا STFT سیگنال با پنجره مربعی و ۳۰ نمونه و مقدار همپوشانی ۲۹ از سیگنال محاسبه می‌شود:

$$STFT_x(m,k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)\omega(n-m)e^{-j2\pi(KF)(n/f_s)} \quad (۲$$

با انتگرال از اندازه STFT بر روی فرکانس پوش سیگنال محاسبه می‌شود.

$$e(m) = \frac{1}{K}\sum_{k=-\infty}^{\infty}|STFT_x(m,k)| \quad (۳$$

Standard Deviation of the Envelope

در این حالت از انحراف معیار سیگنال پوش ویژگی بعدی استخراج می‌شود.

Sample Entropy of the Envelope

در این حالت از آنتروپی سیگنال که معیاری از پیچیدگی سیگنال است، استفاده شده است. این معیار برای سیگنال‌های با کیفیت خوب متناوب است. مقدار آنتروپی برای این سیگنال‌ها کم می‌باشد.

Features Related to Autocorrelation of the Envelope

برای استخراج ویژگی بعدی از خود همبستگی نرمالیزه استفاده می‌شود.

$$\boldsymbol{r(l) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} e(m)\, e(m-1) / \sum_{m=-\infty}^{\infty} e^2(m)} \quad (۴$$

Maximum Peak in the Normalized Autocorrelation

سپس با استفاده از ماکزیمم در تاخیرهای بین $0.3\ f_s$ تا $2f_s$ ویژگی مربوط استخراج می‌شود.

$$\boldsymbol{A_r = max[r(l)]\,, 0.3 * f_s \le l \le 2 * f_s} \quad (۵$$

۵،۳،۲. طبقه‌بندی

با استفاده از طبقه‌بندی SVM ویژگی‌ها را طبقه‌بندی می‌کنیم؛ این طبقه‌بندی نوعی طبقه‌بندی سه‌گانه است که کیفیت سیگنال به سه کلاس طبقه‌بندی می‌شود، یعنی "غیر قابل قبول" (برچسب‌های کیفیت «۱»، «۲» و «۳»)، «خوب» (برچسب کیفیت «۴»)، و «عالی» (برچسب کیفیت ۵). ماشین بردار پشتیبان اساساً یک طبقه‌بندی‌کننده دو کلاسه است. برای ترکیب چند SVM روش‌های مختلف دارند، که دو کلاسه به‌منظور

ساخت یک طبقه‌بندی‌کننده چند کلاسه پیشنهاد شده است. این مطالعه از یک روش ساده برای طراحی طرح رمزگشایی بر اساس تعداد آرای خروجی مدل‌های فرعی استفاده کرد؛ برای مثال، اگر سه مدل فرعی به‌ترتیب {"غیرقابل قبول"}، {"غیرمقبول"} و {"خوب"} را خروجی می‌دادند، تصمیم نهایی {"غیرقابل قبول"} بود، زیرا تعداد آرا برای { "غیر قابل قبول"} بیشتر بود. با این حال، اگر سه مورد فرعی به‌ترتیب {"غیرقابل قبول"}، {"عالی"} و {"خوب"} را خروجی داد، تصمیم نهایی به‌صورت دستی به‌عنوان {"غیرقابل قبول"} تنظیم شد، تا ابهام برطرف شود و از ایجاد نتایج بد احتمالی، جلوگیری شود؛ بنابراین SVM خطی را درنظر گرفته و مقدار پارامتر C را برابر یک قرار می‌دهیم. از k-fold اعتبارسنجی متقابل با مقدار $k = 5$ استفاده شده است. در جدول ۱، طبقه‌بندی ویژگی‌های مربوطه، انجام شده است.

جدول ۱: طبقه‌بندی ویژگی‌ها

name	classes		macroAVG	microAVG
"true_positive"	379	0	189.5	189.5
"false_positive"	98	0	49	49
"false_negative"	0	98	49	49
"true_negative"	0	379	189.5	189.5
"precision"	0.79455	nan	nan	0.79455
"sensivity"	*1*	*0*	0.5	0.79455
"specificity"	0	1	0.5	0.79455
"accuracy"	0.79455	0.79455	0.79455	0.79455
"F_measure"	0.88551	nan	nan	0.79455

۳. نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی برای ارزیابی کیفیت سیگنال صدای قلب ارائه شده است. از ده نوع ویژگی چند دامنه‌ای برای ارزیابی کیفیت صدای قلب از طریق ۷۸۹۳ ضبط از پایگاه داده صدای قلب استفاده شد؛ کارشناسان دسته‌ای را برای هر ضبط به‌عنوان برچسب کیفیت استاندارد طلایی انجام دادند. حتی ٪۱۰ از داده‌ها برای آموزش مدل استفاده شد و میزان دقت آن بیش از ٪۹۰ بود. طبقه‌بندی‌کننده باینری در واقع توانایی تعمیم خوبی داشت. ترتیب انتخاب ویژگی بخش نشان داد که پنج ویژگی برتر بر طبقه‌بندی باینری تسلط دارند؛ همچنین میزان دقت در طبقه‌بندی سه گانه به ٪۸۵,۷ رسید. ارزیابی کیفیت سیگنال یک مرحله پیش‌پردازش ضروری در تجزیه و تحلیل خودکار سیگنال‌های صدای قلب است. کیفیت خوب سیگنال صدای قلب برای به‌دست آوردن نتایج تجزیه و تحلیل قابل اعتماد مفید است.

روش پیشنهادی به‌طور گسترده‌ای با ضبط‌های جامع جمع‌آوری شده توسط دستگاه‌های مختلف، در محیط‌های مختلف و در طول داده‌های مختلف سازگار است؛ این می‌تواند به‌عنوان یک نامزد بالقوه در آنالیز سیگنال صدای قلب خودکار آینده در کاربردهای بالینی عمل کند.

مراجع

[1] Mathers CD, Loncar D (2006) Projections of Global Mortality and Burden of Disease from 2002 to 2030. PLoS Medicine 3: e442.

[2] F. Javed, P. Venkatachalam, and A. F. MH, "A signal processing module for the analysis of heart sounds andheart murmurs, " in Journal of Physics: Conference Series, 2006, vol. 34, no. 1, p. 1098: IOP Publishing.

[3] A. K. Dwivedi, S. A. Imtiaz, and E. Rodriguez-Villegas, "Algo- rithms for automatic analysis and classification of heart sounds – a systematic review," IEEE Access, vol. 7, pp. 8316–8345, 2019.

[4] G. D. Clifford, C. Liu, B. Moody et al., "Recent advances in heart sound analysis," Physiological Measurement, vol. 38, no. 8, pp. E10–E25, 2017.

[5] Dwivedi, A.K.; Imtiaz, S.A.; Rodriguez-Villegas, E. Algorithms for Automatic Analysis and Classification of Heart Sounds—A Systematic Review. IEEE Access 2019, 7, 8316–8345.

[6] . L. Semmlow, "Improved heart sound detection and signal-to-noise estimation using a low-mass sensor," IEEE Transac-tions on Biomedical Engineering, vol. 63, no. 3, pp. 647–652,2016.

[۷] صدیقه سالمی، روش بررسی صداهای طبیعی قلب، نشریه پرستاری ایران، ۱۳۶۸; ۳ (۴) :۵۴-۵۹.

[8] Li, S.; Li, F.; Tang, S.; Xiong, W. A Review of Computer-Aided Heart Sound Detection Techniques. BioMed Res. Int. 2020, 2020, 1–10.

[9] Thalmayer, A.; Zeising, S.; Fischer, G.; Kirchner, J. A Robust and Real-Time Capable Envelope-Based Algorithm for Heart Sound Classification: Validation under Different Physiological Conditions. Sensors 2020, 20, 972.

[10] Kapen, P.T.; Youssoufa, M.; Kouam, S.U.K.; Foutse, M.; Tchamda, A.R.; Tchuen, G. Phonocardiogram: A robust algorithm for generating synthetic signals and comparison with real life ones. Biomed. Signal Process. Control 2020, 60, 101983.

[11] C. Liu, D. Springer, Q. Li et al., "An open access database for the evaluation of heart sound algorithms," Physiological Mea- surement, vol. 37, no. 12, pp. 2181–2213, 2016.

[12] May 16, 2019, http://www.peterjbentley.com/heartchallenge/.

[13] May 16, 2019, http://www.diit.unict.it/hsct11.

[14] A. Spadaccini and F. Beritelli, "Performance evaluation of heart sounds biometric systems on an open dataset," in 2013 18th International Conference on Digital Signal Processing (DSP), Fira, Greece, 1-3 July 2013.

[15] Giordano, N.; Knaflitz, M. A Novel Method for Measuring the Timing of Heart Sound Components through Digital Phonocardiography. Sensors 2019, 19, 1868.

[16] Wei, W.; Zhan, G.; Wang, X.; Zhang, P.; Yan, Y. A Novel Method for Automatic Heart Murmur Diagnosis Using Phonocardiogram. In Proceedings of the 2019 International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacturing, AIAM, Dublin, Ireland, 16–18 October 2019; Volume 37, pp. 1–6.

KNO-1102-4404

بررسی و تحلیل جهت طراحی یک پنل فتوولتائیک با استفاده از فناوری نیم رسانای اکسید–فلز مکمل با کارکرد ولتاژ حداکثر

امیر شاطری* amir.sh197799@gmail.com

*فارغ التحصیل مقطع کارشناسی پیوسته مهندسی برق موسسه آموزش عالی آپادانا شیراز؛ ایران

چکیده

در این تحقیق و مقاله، از یک مرحله حذف بستر موضعی برای ساخت یک پنل کوچک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل فتوولتائیک با نور پشتی مناسب برای کاربردهای ولتاژ بالا و توان کم استفاده شده است. حذف بستر موضعی را می توان با ایجاد یک شکاف فیزیکی ۵۰ میکرومتری بین سلول های فتوولتائیک تراشه ای برای جداسازی الکتریکی، در حالی که نیاز به زمان بر بودن مراحل انتخاب و مکان را ایجاد کرد، ارتقا یافته فناوری ماژول چند تراشه در نظر گرفت. اثبات مفهوم ماژول فتوولتائیک، ولتاژ مدار باز حداکثر و جریان اتصال کوتاه در مقیاس میکروآمپر را در یک ضریب شکل کوچک (۳,۱۳ ولت بر میلی متر مربع) به دست آورد. ساخت این مینی ماژول فتوولتائیک بر اساس فرآیندهای استاندارد تولید/بسته‌بندی میکروالکترونیک است، در نتیجه یکپارچگی آسان با سایر میکروالکترونیک‌ها برای سیستم‌های خود تغذیه را تضمین می‌کند.

کلید واژه ها: *فناوری نیمه هادی اکسید-فلزی تکمیلی، دستگاه فتوولتائیک با نور پشت، حذف موضعی بستر، فرآیند سیستم های میکرو الکترومکانیکی*

۱.مقدمه

پیشرفت‌های اخیر در طراحی مدار و فناوری نیمه‌رسانای اکسید فلزی اندازه و مصرف انرژی گره‌های حسگر مستقل و دستگاه‌های پزشکی قابل کاشت [۱]-[۳] را تا حد زیادی کاهش داده است، و در نتیجه دری را برای توسعه سیستم‌های خود تغذیه باز می‌کند. تولید برق از نور با استفاده از دستگاه های فتوولتائیک مبتنی بر سیلیکون مشاهده می شود به عنوان یک جایگزین امیدوار کننده برای باتری ها، اما تنها ولتاژ خروجی ۰,۵ ولت تولید شده توسط یک پنل فتوولتائیک سیلیکونی برای به حرکت درآوردن ترانزیستورها، که معمولاً به ولتاژ محرکی ۱,۲ ولت یا بالاتر نیاز دارند، کافی نیست. علاوه بر این، راه اندازی محرک های الکترواستاتیکی سیستم میکرو الکترومکانیکی که توسط فرآیند نیم رسانای اکسید-فلز مکمل ریخته گری اجرا می شود، معمولاً به منبع تغذیه ولتاژ بالا (بیشتر از ۱۰ ولت) و جریان فعال سازی کم (بیشتر از ۱ میکروآمپر) نیاز دارد [4-5]. این موضوع توسط اجرای یک پنل فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل متصل به مدار تقویت کننده ولتاژ dc/dc برای افزایش ولتاژ مستقیم پنل فتوولتائیک به سطح دلخواه با قرار دادن دوبل کننده های ولتاژ به تعداد مورد نیاز [۶]. متأسفانه، کارایی مدارهای تقویت کننده ولتاژ تا حد زیادی به شدت روشنایی که به سلول های فتوولتائیک می رسد بستگی دارد [3-6]. در مقابل، یک آرایه فتوولتائیک مینیاتوری می‌تواند به عنوان یک مبدل افزایش دهنده dc/dc بدون نیاز به پمپ شارژ معمولی یا مبدل‌های سوئیچینگ عمل کند،

بنابراین از استفاده از مدارهای فرکانس بالا خازن سوئیچ یا سلف‌های حجیم اجتناب می‌کند. این واقعیت که فتوولتائیک ها به صورت سریال متصل می شوند امکان افزایش ولتاژ آرایه را به سطوح مناسب برای فعال سازی سامانه میکروالکترومکانیکی کم توان فراهم می کند [7-8]. متأسفانه، انباشتن روی تراشه‌های فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل به صورت سری راه‌حل ساده‌ای نیست، به دلیل اشتراک‌گذاری زیرلایه‌های حجیم یکسان [۹]-[۱۱]. فن آوری ماژول چند تراشه می تواند یک راه حل برای اتصال سریال تعداد زیادی از پنل های فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل منفرد از طریق بسته بندی میکروالکترونیک باشد [۱۲]. با این حال، این رویکرد وقت گیر و بسیار ناکارآمد است، به ویژه در ساخت آرایه های کوچک فتوولتائیک با ولتاژ بالا که نیاز به مونتاژ ده ها یا حتی صدها قالب فتوولتائیک دارند. اخیراً اثباتی بر مفهوم فرآیند حذف بستر موضعی ارائه شده است تا جداسازی الکتریکی و اتصال سریال چهار بر روی سلول‌های فتوولتائیک تراشه‌ای را که ولتاژ خروجی ۲,۰۵ ولت تولید می‌کنند، فعال کند [۱۳]. در این تحقیق و مقاله، یک ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل با ولتاژ بالا با ولتاژ بالا طبق استاندارد بین المللی بریتانیا را با آبشاری ۲۵ روی سلول‌های فتوولتائیک تراشه از طریق حذف بستر موضعی یک مرحله‌ای ایجاد شده است. این امر باعث شد تا از مراحل زمان بر انتخاب و مکان مورد نیاز برای ماژول چند تراشه جلوگیری شود. ساخت ماژول فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل پیشنهادی با فرآیندهای استاندارد تولید و بسته‌بندی میکروالکترونیک سازگار است، به این معنی که می‌توان آن را به راحتی با سایر اجزای میکروالکترونیکی برای ساخت سیستم‌های خود تغذیه ادغام کرد.

۲.پیشینه تحقیق و پژوهش

یک سامانه فتوولتایی با به‌کارگیری پانل‌های خورشیدی؛ که هرکدام‌شان را شماری از سلول‌های خورشیدی تشکیل می‌دهد، توان الکتریکی تولید می‌کند. یکی از انواع سامانه‌های تولید برق از انرژی خورشیدی می‌باشد. در این روش با به‌کارگیری سلول‌های خورشیدی، تولید مستقیم الکتریسیته از تابش خورشید امکان‌پذیر می‌شود. سلول‌های خورشیدی از نوع نیم‌رسانا می‌باشند که از سیلیسیوم یعنی دومین عنصر فراوان پوسته زمین ساخته می‌شوند. وقتی نور خورشید به یک سلول فتوولتایی می‌تابد، بین دو الکترود منفی و مثبت اختلاف پتانسیل بروز کرده و این امر موجب جاری شدن جریان بین آن‌ها می‌گردد. می‌توان فتوولتائیک را در دسته فناوری‌های انرژی‌های تجدید پذیر (نوشو) قرار داد. مقدار انرژی تابشی خورشید بر روی کره زمین (در یک ساعت یا یک دقیقه (جمله باید تابع زمان باشد) ۶۰۰۰ برابر کل مصرف انرژی‌های سالیانه بر روی زمین است که این مطلب نشان دهنده اهمیت توجه به این منبع در تأمین نیازهای روزمره بشر است. اگر تا به حال انرژی خورشیدی رقیبی جدی برای سوخت‌های فسیلی محسوب نمی‌شده است، به دلیل پایین بودن تاریخی قیمت سوخت‌های فسیلی بوده است. اگر چه هنوز هم فناوری استفاده از انرژی خورشیدی به بلوغ خود نرسیده است، اما رسیدن به این تکامل نزدیک است. بسیاری از کشورهای جهان در تلاشند تا با جایگزینی انرژی خورشیدی در تولید حرارت و الکتریسیته حداکثر استفاده از این منبع انرژی را به دست آورده و زیان‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی را کاهش دهند. عنصر اصلی فناوری فتوولتاییک، سلول خورشیدی است. سلول‌های فتوولتاییک که عموم آن را با نام سلول‌های خورشیدی می‌شناسند، از مواد نیم‌رسانای حالت جامد تشکیل شده‌اند. سیلیکون، عمومی‌ترین ماده نیم‌رسانا است که به واسطه فراوانی آن در سلول‌های فتوولتائیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر چه سیلیکون عنصر فراوانی است و درصد زیادی از پوسته زمین را تشکیل می‌دهد، ولی سلول‌های سیلیکونی به خاطر فرایند ساخت و خالص‌سازی سیلیکون، قیمت بالایی دارند. سلول‌های فتوولتائیک با استفاده از پرتؤ خورشید و سلول‌های خورشیدی، و با ایجاد اختلاف فشار الکتریکی در نیم‌رساناهایی که به‌طور مناسب ساخته شده‌اند الکتریسیته تولید می‌شود. امروزه مؤثرترین و ارزان‌ترین سلول‌های خورشیدی ماده‌ای به نام سیلیسیم می‌باشد. ماسه یکی از منابع مهم سیلیس بوده که پس از پالایش آن بلورهای سیلیسیم به‌دست می‌آید و پس از بریده شدن به صورت صفحه آماده می‌شود. به عبارت دیگر سلول‌های فتوولتائیک که گاه نام سلول‌های خورشیدی نیز به آن گفته می‌شود از پولک‌هایی ساخته می‌شوند که نور را مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می‌کند. این پولک‌ها همانند ترانزیستور معمولاً از لایه‌های نازک یک ماده نیم‌رسانا مانند سیلیکان با مقادیر کمی افزودنی‌های خاص به منظور ایجاد مازادی از الکترون در یک لایه و کمبودی از

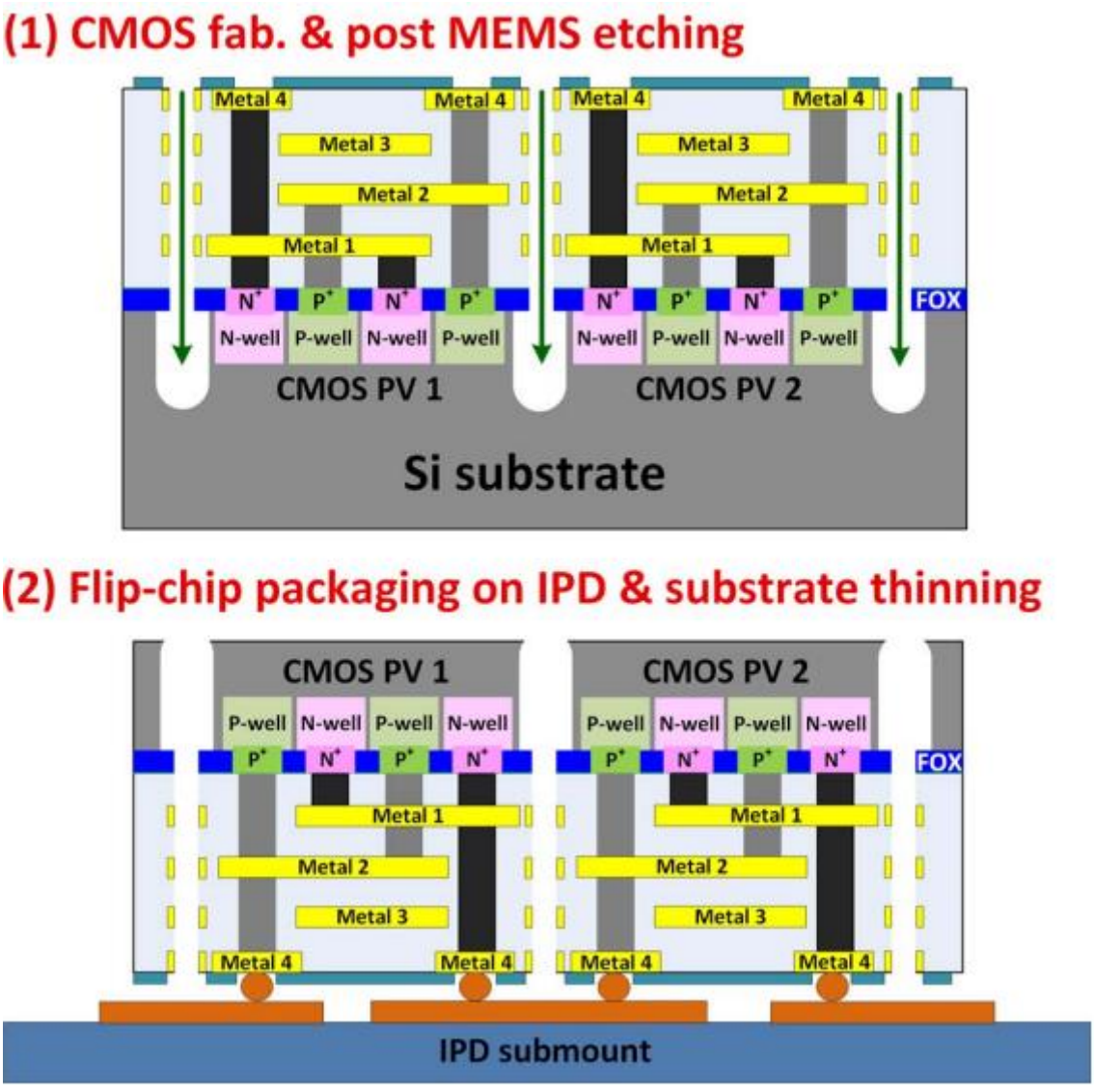
الکترون در لایه دیگر ساخته می‌شوند. فوتون‌های نور در یک لایه الکترون‌های آزاد را به وجود می‌آورند و یک رشته هادی، الکترون‌ها را قادر می‌سازد که در یک مدار خارجی جریان یافته و به لایه‌هایی که فاقد الکترون است دسترسی پیدا کنند. پنل‌های فتوولتائیک از نیم‌رساناها ساخته شده و با اتصال سیلیکون‌های نوع P و N شکل می‌گیرند. وقتی نور خورشید به یک سلول فتوولتائیک می‌تابد، به الکترون‌ها در آن انرژی بیشتری می‌بخشد. با تابش نور خورشید الکترون‌ها در نیم‌رسانا پلاریزه شده، الکترون‌های منفی در سیلیکون نوع N و یون‌های مثبت در سیلیکون نوع P به‌وجود می‌آیند. بدین ترتیب بین دو الکترود، اختلاف پتانسیل بروز کرده و این امر موجب جاری شدن جریان بین آن‌ها می‌شود. از آنجا که سلول‌های فتوولتائیک کوچک، شکننده بوده و تنها مقدار کمی برق تولید می‌کنند آن‌ها را به صورت مدول شکل می‌دهند. مدل‌ها در اندازه‌های متنوع عرضه می‌گردند ولی برای سهولت جابجایی ابعاد آن‌ها به ندرت از ۹۰ سانتی متر عرض در ۱۵۰ سانتی متر طول تجاوز می‌کند. هنگامی که دو سلول با مدول در یک ردیف متصل می‌گردند ولتاژ آن‌ها دو برابر می‌شود و هنگامی که به صورت موازی به یکدیگر متصل می‌شوند جریان برق آن دو برابر می‌گردد.

به زبان ساده، سی‌ماس از قرار گرفتن یک ماس‌فِتِ نوعِ N در کنار یک ماس‌فِت نوع P تشکیل می‌شود، به طوری که گیت‌های آنها به هم وصل شده و سورس یک ماس‌فِت به درِین دیگری وصل می‌شود. البته این کار در عمل به‌صورت یک‌پارچه صورت می‌گیرد. از ویژگی‌های سی‌ماس، مصرف توان بسیار کم است. از فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل برای ساخت مدارهای مجتمع، از جمله ریزپردازنده‌ها، ریزکنترل‌گرها، چیپ‌های حافظه و دیگر مدارهای دیجیتال استفاده می‌شود. همچنین از فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل در ساخت مدارهای آنالوگ منجمله سنسورهای تصویر (سنسور پیکسل-فعال)، مبدل‌های داده، مدارهای فرکانس-رادیویی و مدارهای فوق مجتمع ترَنسیورِها استفاده می‌شود.

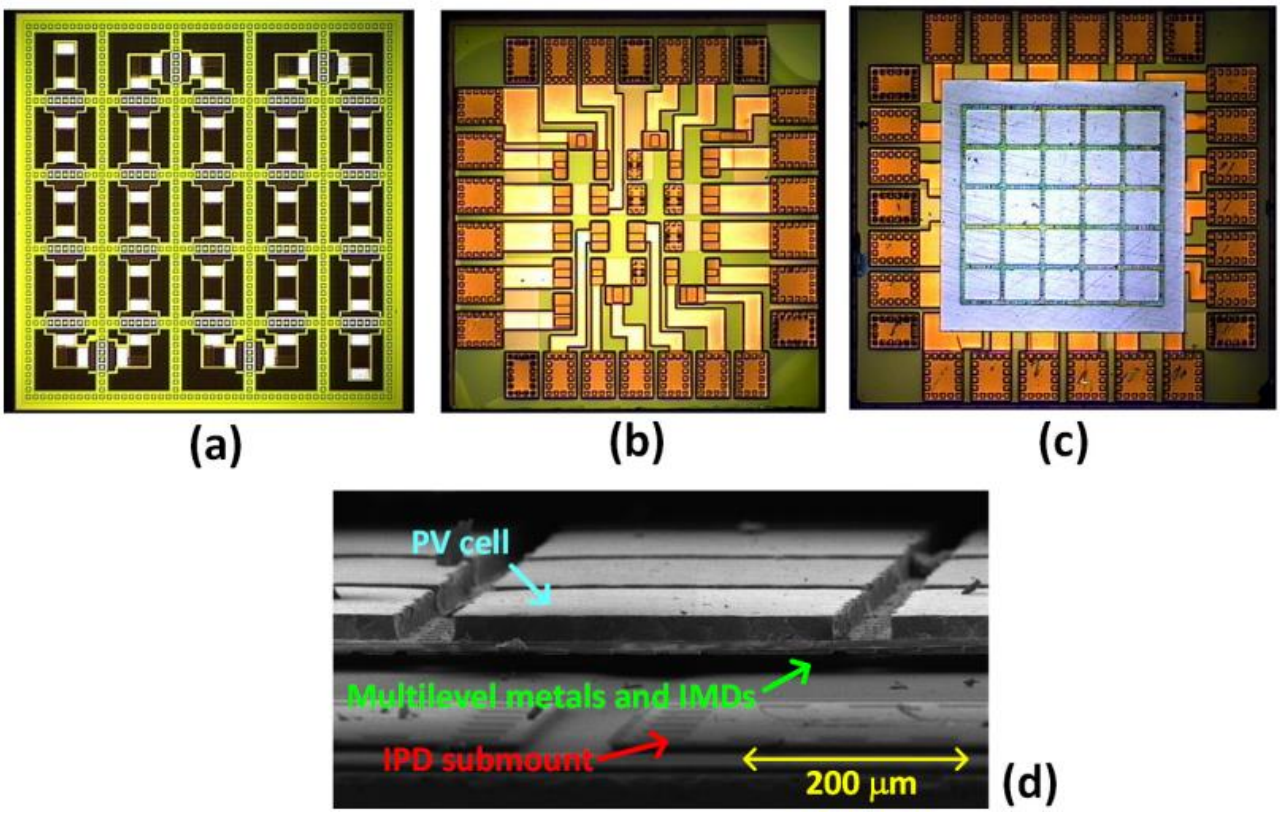
۱. طراحی و آزمایش

طراحی تراشه فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل بر اساس پیکربندی استاندارد شرکت تولید نیمه هادی تایوان ۰,۱۸ میکرومتر با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل فله ای است، در حالی که طراحی پایه دستگاه غیرفعال یکپارچه بر اساس فناوری استاندارد مرکز پایدار آمریکا فقط غیرفعال است. فرآیند فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل انبوه برای مدارهای منطقی و سیگنال مختلط توسعه یافته است، در حالی که پلت فرم ارزان قیمت دستگاه غیرفعال یکپارچه برای سیستم های ارتباطی بی سیم و کاربردهای فرکانس رادیویی توسعه داده شده است. با این وجود، پردازش فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل انبوه را برای ساخت تراشه‌های فتوولتلئیک با استاندارد بین المللی بریتانیا و پلت‌فرم دستگاه غیرفعال یکپارچه برای اتصال سریال سلول‌های فتوولتائیک روی تراشه برای ایجاد ولتاژهای بالاتر اتخاذ شد. در طول چیدمان تراشه، از الگوهای دوپینگ درهم برای ایجاد دیودهای کانال منفی و مثبت یکنواخت الکتریکی استفاده شد تا کل منطقه اتصال مورد استفاده برای تولید جریان نوری از بستر را بزرگ‌تر شود. سلول های فتوولتائیک منفرد با اتصال سلول های واحد مثبت-منفی به صورت موازی تشکیل شدند. لایه های فلزی بالایی هر سلول واحد به لایه های فلزی پایینی واحد مجاور متصل هستند سلول‌های واحد مثبت-منفی با استفاده از چندین مسیر برای دستیابی به مقاومت سری یکنواخت مستقل از اندازه سلول فتوولتائیک. آند و کاتد سلول‌های فتوولتائیک به طرف مقابل تراشه هدایت می‌شوند تا بسته‌بندی و مشخصات دستگاه را ساده‌تر کنند. چیدمان نهایی تراشه شامل ۲۵ سلول فتوولتائیک است که به طور یکپارچه بر روی یک بستر حجیم یکسان اجرا شده اند. شکل ۱ پردازش فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل پس از استفاده در ساخت ماژول مینی فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل پیشنهادی را نشان می دهد. روش حذف بستر موضعی شامل حکاکی پس از سامانه میکروالکترومکانیکی، اتصال بر روی تراشه و نازک شدن بستر برای اطمینان از جداسازی الکتریکی تراشه است. پس از ساخت در یک ریخته گری فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل، تراشه های فتوولتائیک تحت عملیات پس از ریزماشین کاری قرار گرفتند که شامل حکاکی خشک دی الکتریک ناهمسانگرد و سپس حکاکی خشک سیلیکونی همسانگرد بود. هدف ما ایجاد حفره های هوایی موضعی در زیر اکسید میدان بود. سپس تراشه فتوولتائیک پردازش شده با استفاده از برجستگی‌های خرد طلا به عنوان ماده اتصال به یک پایه دستگاه منفعل یکپارچه متصل شد. در نهایت، تراشه های فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل از طریق آسیاب مکانیکی نازک شده و تا زمانی که ترانشه های هوا در معرض دید قرار گیرند، صیقل داده شدند. مینی

ماژول‌های فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل به یک ایستگاه کاوشگر چهار نقطه‌ای فرستاده شدند تا ویژگی‌های ولتاژ-جریان نور را تحت قرار گرفتن در معرض یک منبع لیزری ۹۸۰ نانومتری اندازه‌گیری کنند. پروفیل پرتو لیزر گاوسی با استفاده از مجموعه لنزهای شکل دهنده پرتو به یک نقطه پرتو کلاه بالای ۵ در ۵ میلی متر مربع با توزیع انرژی برابر (تغییرات شدت کمتر از ۱۰ درصد) تبدیل شد. اندازه ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل ۳,۹ در ۳,۹ میلی متر مربع است که تراشه فتوولتائیک مساحت ۲ در ۲ میلی متر مربع را اشغال می کند. تراشه فتوولتائیک شامل ۲۵ سلول فتوولتائیک است که هر یک از آنها مساحت ۰,۳ در ۰,۳ میلی متر مربع را اشغال می کند که در آن اتصال فتوولتائیک فعال فقط مساحت ۰,۱ در ۰,۱ میلی متر مربع را پوشش می دهد. بنابراین، نسبت سطح فعال فتوولتائیک به کل سطح تراشه ۶,۲۵ درصد است. شکل ۲(a)، ۲(b) و ۲(c) به ترتیب نماهای میکروسکوپی از تراشه فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل، پایه دستگاه منفعل یکپارچه، و ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل را ارائه می دهند. تصویر میکروسکوپی انتشار اسکن روبشی نزدیک از ماژول کوچک فتوولتائیک در شکل ۲(d) نشان می دهد که تمام سلول های فتوولتائیک به طور فیزیکی توسط ترانشه های هوا از هم جدا شده اند. با این وجود، سلول های فتوولتائیک از طریق فلزات چند سطحی و دی الکتریک های میانی به یکدیگر متصل می مانند. عمق ترانشه های هوای تولید شده حذف بستر موضعی (تقریباً ۳۰ میکرومتر) ضخامت بستر در سلول های فتوولتائیک حاصل را تعیین می کند.



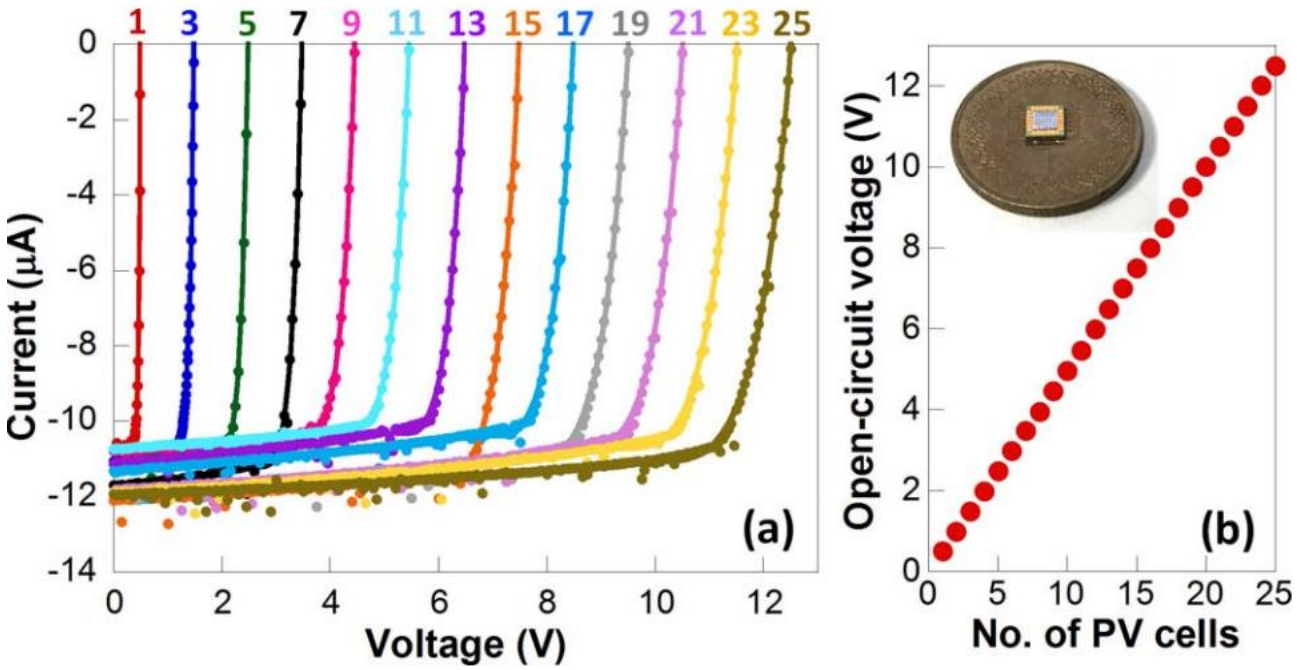
شکل ۱. روش حذف بستر محلی برای جداسازی الکتریکی روی سلول های فتوولتائیک تراشه با فرآیند حذف بستر موضعی یک مرحله ای.



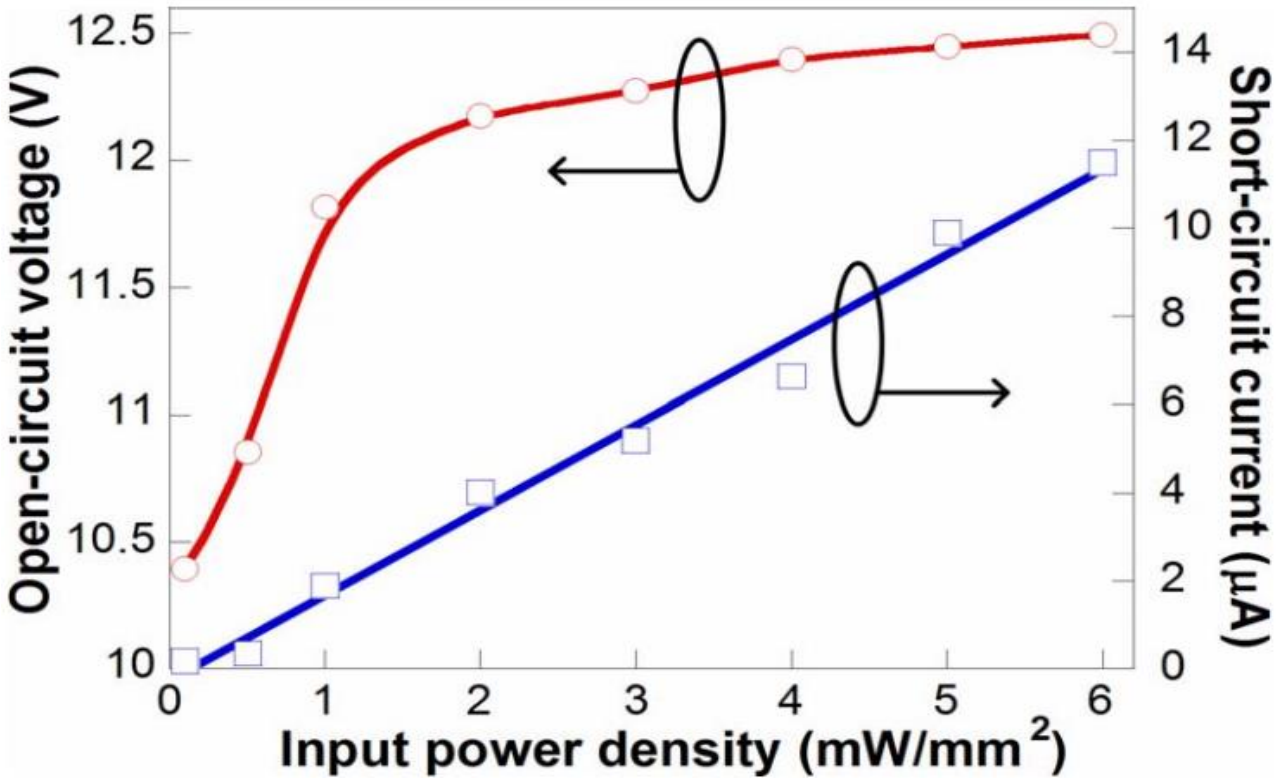
شکل ۲. نماهای میکروسکوپی از بالا: الف) تراشه فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل؛ ب) پایه قطعات غیرفعال یکپارچه؛ ج) ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل مونتاژ شده و د) نمای میکروسکوپ الکترونی روبشی مقطعی ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل با سلول های فتوولتائیک ایزوله شده الکتریکی پس از حذف بستر موضعی.

۲. نتایج و بحث

شکل ۳(a) مشخصات ولتاژ جریان ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل را تحت نور ۶ میلی وات بر میلی متر مربع نشان می دهد. این ماژول کوچک فتوولتائیک اجازه می دهد تا ولتاژ مدار باز قابل تنظیم از ۰,۵ تا ۱۲,۵ ولت را با بررسی پدهای الکترود مختلف بر روی قطعات غیرفعال یکپارچه برای انتخاب تعداد سلول های فتوولتائیک که باید به صورت سریال متصل شوند، در حالی که جریان اتصال کوتاه را در یک سطح تقریباً ثابت حفظ می کند (۱۱ تا ۱۲ میکروآمپر تحت نور ۶ میلی وات بر میلی متر مربع).

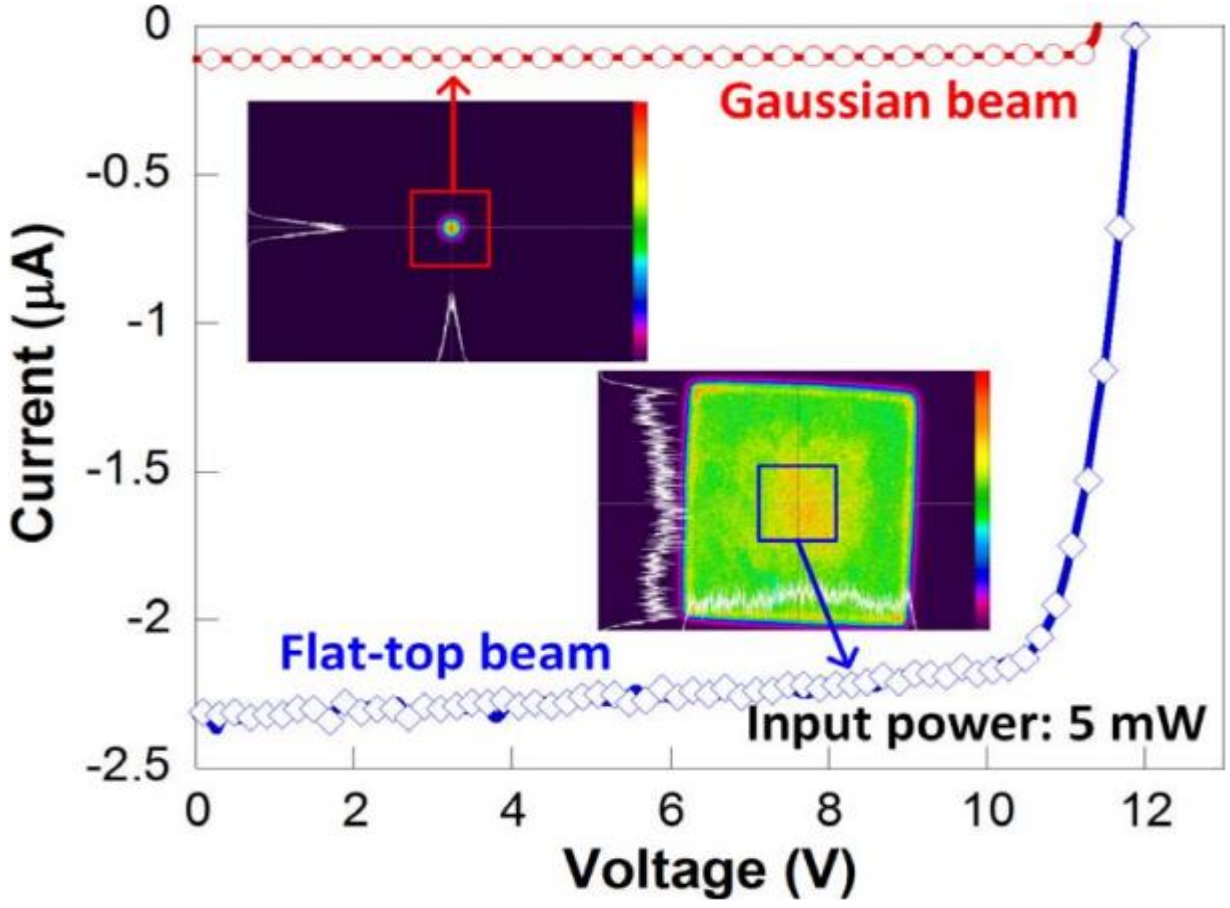


شکل ۳. ویژگی های ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل که در آن سلول های فتوولتائیک به صورت سری متصل می شوند: الف) مشخصه های ولتاژ-جریان اندازه گیری شده ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل تحت روشنایی ۶ میلی وات بر میلی متر مربع. مقادیر ورودی تعداد سلول های فتوولتائیک را نشان می دهد که باید در طول اندازه گیری ها به صورت سری متصل شوند. ب) ولتاژ مدار باز اندازه گیری شده در مقابل تعداد سلول های فتوولتائیک متصل شده به صورت سری.



شکل ۴. اندازه گیری های: الف) ولتاژ مدار باز و ب) جریان اتصال کوتاه ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل شامل ۲۵ سلول فتوولتائیک آبشاری تحت چگالی توان ورودی مختلف.

ضریب پر شدن ۲۵ سلول فتوولتائیک جدا شده از ۷۸ تا ۸۶ درصد متغیر است در حالی که ضریب پر شدن ماژول کوچک فتوولتائیک حاصل حدود ۸۰ درصد است؛ این مقدار کمی کمتر از ضریب پر شدن در مطالعات و تحقیقات قبلی است [۱۳]. چنین تخریب فاکتور پر کردن ممکن است به تغییر عملکرد دیود ریخته گری و/یا عیوب سطحی ایجاد شده در حین اچ کردن سیلیکون و نازک شدن بستر در حذف بستر موضعی نسبت داده شود تا ایزوله الکتریکی را فعال کند. شکل ۳(b) یک روند خطی تقریبا ۰٫۵ ولت به ازای هر سلول را بین ولتاژ مدار باز و تعداد سلول های فتوولتائیک متصل شده به صورت سریال نشان می دهد که کارایی استفاده از حذف بستر موضعی برای افزایش ولتاژ در فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل در سلول های فتوولتائیک تراشه را نشان می دهد. قسمت داخلی شکل ۳(b) فشردگی ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل را نشان می دهد. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، ماژول کوچک فتوولتائیک قادر است ولتاژ مدار باز بیشتر از ۱۰ ولت را حتی در یک محیط کم نور (۰٫۱ میلی وات بر میلی متر مربع) با افزایش خطی جریان اتصال کوتاه در مقیاس میکروآمپر با شدت روشنایی فراهم کند. اجرای عملی ماژول های کوچک فتوولتائیک ولتاژ بالا نیاز به یکنواختی در توزیع شدت روشنایی دارد، زیرا مقدار جریان نوری تولید شده توسط سلول فتوولتائیک توسط کمترین جریان در هر یک از سلول های فتوولتائیک به صورت سری محدود می شود. در مواردی که ماژول فتوولتائیک در معرض نور خورشید قرار می گیرد، این مسئله مهمی نخواهد بود. با این حال، می تواند مشکلاتی را در برخورد با توزیع شدت گاوسی پرتوهای لیزر تحمیل کند. این موضوع کاربردهای ماژول های کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل پیشنهادی را با استفاده از لیزر به عنوان منبع انرژی محدود می کند [۲].



شکل ۵. ویژگی های ولتاژ جریان اندازه گیری شده ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل که توسط یک پرتو لیزر با توزیع شدت بالای گاوسی و تخت روشن می شود.

همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، یک پرتو لیزر گاوسی متمرکز با اندازه پرتو ۲,۲۵ میلی متر مربع (کوچکتر از اندازه تراشه فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل) جریان نور تولید شده توسط آرایه فتوولتائیک را کاهش می دهد و منجر به کاهش جریان اتصال کوتاه از ۲,۳۲ میکروآمپر می شود به تنها ۰,۱ میکروآمپر تحت نور ۵ میلی وات. این با افت متناظر در افت ولتاژ مدار باز از ۱۱,۸۹ ولت به ۱۱,۴۳ ولت همراه بود. یک راه حل برای مسئله سایه زنی جزئی، استفاده از یک دیود بای پس است که به موازات معکوس با سلول فتوولتائیک کار می کند. در این آرایش، دیود بای پس زمانی که تمام سلول‌های فتوولتائیک روشن می‌شدند بلوک می‌شود و زمانی که یک یا چند سلول در سایه قرار می‌گیرند، هدایت می‌شود. جدول ۱ مقایسه عملکرد ماژول های فتوولتائیک ولتاژ بالا گزارش شده در ادبیات را ارائه می دهد. در این تحقیق و مقاله، ولتاژ مدار باز خاص را به عنوان نسبت ولتاژ مدار باز به مساحت تراشه فتوولتائیک تعریف می شود. علیرغم موفقیت در استفاده از الگوی/مجموعه میکرو سلول در ماژول های فتوولتائیک ولتاژ بالا (ولتاژ مدار باز تقریبا ۲,۵ ولت بر میلی متر مربع)، این رویکرد بسیار پیچیده، گران و ناسازگار با فرآیندهای نیم رسانای اکسید-فلز مکمل انبوه کم هزینه است. رویکرد ماژول چند تراشه اتخاذ شده از بسته بندی انتخاب و مکان مدار مجتمع با فرآیندهای نیم رسانای اکسید-فلز مکمل انبوه کم هزینه سازگار است. با این حال، این رویکرد توسط حدود ۳۰۰ میکرومتر جداسازی سلول های فتوولتائیک محدود شده است، که ولتاژ مدار باز را تنها به ۰,۶۴ ولت بر میلی متر مربع محدود می کند. رویکرد حذف بستر موضعی سازگار با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل انبوه پیشنهادی این محدودیت را با افزایش سن فرآیند نیم رسانای اکسید-فلز مکمل برای تعریف ترانشه‌های هوا برای جداسازی الکتریکی روی تراشه آزاد می‌کند و در نتیجه جداسازی سلول‌های فتوولتائیک را تنها به ۵۰ میکرومتر کاهش می‌دهد. این امر چگالی سلول های فتوولتائیک را در ماژول بسیار افزایش می دهد و در نتیجه ولتاژ مدار باز ۳,۱۳ ولت بر میلی متر مربع است. راندمان نهایی ماژول کوچک فتوولتائیک تنها ۰,۵ درصد است، زیرا ناحیه فعال فتوولتائیک تنها بخش کوچکی از سطح کلی تراشه تقریبا ۶,۲۵ درصد را پوشش می دهد. راندمان ذاتی (که در آن فقط ناحیه فعال فتوولتائیک در نظر گرفته می شود) تقریباً ۸,۱ درصد است. بهبودهای بیشتر در بهره وری ماژول فتوولتائیک را می توان با افزایش ناحیه فعال در سلول فتوولتائیک به دست آورد. این را می توان با کاهش جداسازی بین سلول های فتوولتائیک، و/یا استفاده از فتوولتائیک ضخیم تر (از ۳۰ تا ۱۵۰ میکرومتر) به دست آورد. ترکیب ساختارهای به دام انداختن نور در چنین آرایه فتوولتائیک نازکی نیز به بهبود تولید جریان نوری آن کمک می کند.

جدول ۱. مقایسه ماژول های فتوولتائیک در حداکثر ولتاژ کاری.

منابع	[7-8]	[12-13]
روند	الگو/مجموعه میکرو سلول	ماژول چند تراشه ای و مقدار تاثیر فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل و حذف بستر موضعی
لایه	سیلیکون روی عایق و کریستال سیلیکون	کریستال سیلیکون
طرح به هم پیوسته	روی الگوهای فلزی تراشه ای	زیر بخش خارجی و قطعات غیرفعال یکپارچه فلزات خارجی چند سطحی
پشته سازی	۱۶۹ و ۵۱۲	۴ و ۹ و ۲۵
محدوده تراشه فتوولتائیک (میلی متر مربع)	۴۲,۲۵ و ۵۹,۸۵	۷,۸۴ و ۸,۹۱ و ۴
ولتاژ مدار باز (ولت)	۱۰۳ و ۱۵۵	۵,۰۵ و ۲,۰۵ و ۱۲,۵
ولتاژ مدار باز خاص (ولت بر میلی متر مربع)	۲,۴۴ و ۲,۵۹	۰,۶۴ و ۰,۲۳ و ۳,۱۳

۳. نتیجه گیری

این تحقیق و مقاله یک ماژول کوچک فتوولتائیک با فناوری نیم رسانای اکسید-فلز مکمل ولتاژ بالا را ارائه می دهد که با استفاده از یک فرآیند حذف بستر موضعی یک مرحله ای ساخته شده است. ماژول کوچک فتوولتائیک پیشنهادی دارای ولتاژ مدار باز قابل تنظیم (۰,۵ تا ۱۲,۵ ولت) و جریان اتصال کوتاه در مقیاس میکروآمپر در یک ضریب شکل کوچک با ولتاژ مدار باز خاص ۳,۱۳ ولت بر میلی متر مربع است. تنها ۲۵ سلول فتوولتائیک روی تراشه در اثبات مفهوم ما به صورت سریال متصل شدند. با این حال، رویکرد حذف بستر موضعی پیشنهادی می‌تواند برای اتصال تعداد زیادی سلول فتوولتائیک روی یک تراشه به منظور افزایش ولتاژ خروجی بدون نیاز به مراحل پردازش اضافی یا به خطر انداختن عملکرد دستگاه استفاده شود.

منابع و مراجع

[1] A. L. Barnabei et al., “A wireless irradiance-temperature humidity sensor for photovoltaic plant monitoring applications,” in Proc. IEEE Sensors, Taipei, Taiwan, 2012, pp. 1–4, doi: 10.1109/ICSENS.2012.6411267.

[2] S. Ayazian, V. A. Akhavan, E. Soenen, and A. Hassibi, “A photovoltaic-driven and energy autonomous CMOS implantable sensor,” IEEE Trans. Biomed. Circuits Syst., vol. 6, no. 4, pp. 336–343, Aug. 2012, doi: 10.1109/TBCAS.2011.2179030.

[3] Y.-J. Huang et al., “A self-powered CMOS reconfigurable multi-sensor SoC for biomedical applications,” IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 49, no. 4, pp. 851–866, Apr. 2014, doi: 10.1109/JSSC.2013.2297392.

[4] J.-F. Saheb, J.-F. Richard, R. Meingan, M. Sawan, and Y. Savaria, “System integration of high voltage electrostatic MEMS actuators,” in Proc. 3rd Int. IEEE NEWCAS Conf., Québec City, QC, Canada, Jun. 2005, pp. 155–158, doi: 10.1109/NEWCAS.2005.1496677.

[5] W.-C. Chen, W. Fang, and S.-S. Li, “A generalized CMOS-MEMS platform for micromechanical resonators monolithically integrated with circuits,” J. Micromech. Microeng., vol. 21, no. 6, 2011, Art. no. 065012, doi: 10.1088/0960-1317/21/6/065012.

[6] O. Aktan et al., “Optoelectronic CMOS power supply unit for electrically isolated microscale applications,” IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron., vol. 17, no. 3, pp. 747–756, May/Jun. 2011, doi: 10.1109/JSTQE.2010.2096801.

[7] P. Ortega, S. Bermejo, and L. Castaner, “High voltage photovoltaic mini-modules,” Progr. Photovolt. Res. Appl., vol. 16, no. 5, pp. 369–377, 2008, doi: 10.1002/pip.816.

[8] A. J. Baca et al., “Compact monocrystalline silicon solar modules with high voltage outputs and mechanically flexible designs,” Energy Environ. Sci., vol. 3, no. 2, pp. 208–211, 2010, doi: 10.1039/b920862c.

[9] N. J. Guilar, T. J. Kleeburg, A. Chen, D. R. Yankelevich, and R. Amirtharajah, “Integrated solar energy harvesting and storage,” IEEE Trans. Very Large Scale Integr. (VLSI) Syst., vol. 17, no. 5, pp. 627–637, May 2009, doi: 10.1109/TVLSI.2008.2006792.

[10] M. K. Law and A. Bermak, “High-voltage generation with stacked photodiodes in standard CMOS process,” IEEE Electron Device Lett., vol. 31, no. 12, pp. 1425–1427, Dec. 2010, doi: 10.1109/LED.2010.2075910.

[11] F. Horiguchi, "Integration of series-connected on-chip solar battery in a triple-well CMOS LSI," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 59, no. 6, pp. 1580–1584, Jun. 2012, doi: 10.1109/TED.2012.2189116.

[12] P. Ortega, S. Bermejo, L. Castaner, and E. Cabruja, "Small PV generators assembled using multichip module technology," in Proc. 6th Eur. Space Power Conf., Porto, Portugal, 2002, p. 545.

[13] Y.-J. Hung, M.-S. Cai, and H.-W. Su, "High-voltage generation in CMOS photovoltaic devices by localized substrate removal," IEEE Electron Device Lett., vol. 37, no. 6, pp. 754–757, Jun. 2016, doi: 10.1109/LED.2016.2550496.

KNO-1102-4405

بهینه‌سازی تخصیص اجزا و VM در ذخیره‌سازی داده‌های ابری با استفاده از الگوریتم ترکیبی GWO-HHO

موسی مجرد musa.mojarad@iau.ac.ir
مهراب محبی m.mohebi@iau.ac.ir
[۱]گروه کامپیوتر، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران

چکیده: این مقاله یک سیستم ذخیره‌سازی داده ابری قابل‌اعتماد جدید را ارائه می‌نماید که از یک الگوریتم فراابتکاری GWO-HHO ترکیبی استفاده می‌کند. الگوریتم‌های موجود اغلب محدودیت‌های عمومی و خاص مرتبط با تخصیص اجزا و VM را برای ذخیره سازی داده‌ها در نظر نمی‌گیرند. این محدودیت‌ها شامل موارد، تعاملات بین اجزا، قوانین تخصیص و ظرفیت دستگاه است. این الگوریتم فراابتکاری ترکیبی تخصیص مؤلفه‌ها را بهینه می‌کند و به طور مؤثر مسائل مربوط به ذخیره داده‌های ابری را در مؤلفه‌ها حل می‌کند. عملکرد سیستم پیشنهادی اعتبارسنجی و با مدل‌های دیگر مقایسه شد. تجزیه‌وتحلیل مقایسه‌ای و ارزیابی آماری برای ارزیابی اثربخشی سیستم انجام شد. برای ارزیابی عملکرد سیستم پیشرفته، آن را با سایر رویکردهای موجود مقایسه شد. هدف از این مقایسه نشان‌دادن برتری رویکرد پیشنهادی از نظر عملکرد و کارایی آن است. روش پیشنهادی عملکرد بهتری را در مدل ذخیره‌سازی داده‌های ابری ارائه می‌دهد؛ بنابراین، می‌توان ثابت کرد که می‌تواند پیچیدگی زمانی را کاهش و عملکرد را افزایش دهد. در مقایسه با سایر رویکردها، مدل پیشنهادی نیاز کمتری را برای سرورهای فعال نشان می‌دهد. این نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در استفاده از منابع سرور کارآمدتر است که به نوبه خود منجر به صرفه جویی در انرژی در فرایند ذخیره داده‌های ابری می شود. با نیاز به سرورهای فعال کمتر، مدل پیشنهادی عملکرد قابلیت اطمینان سیستم را بهبود می‌بخشد. مصرف انرژی مرتبط با عملیات سرور را به حداقل می‌رساند و منجر به افزایش کارایی و مقرون‌به‌صرفه در ذخیره‌سازی داده‌های ابری می‌شود. همچنین نتایج روش پیشنهادی به‌وضوح نشان می‌دهد که مدل توصیه شده به زمان پردازش کمتری برای ذخیره کارآمد داده‌های ابری نیاز دارد. کاهش مقدار makepan نشان‌دهنده اثربخشی مدل در بهینه سازی فرایند ذخیره سازی و به‌حداقل‌رساندن زمان موردنیاز برای پردازش است. در نتیجه، مدل پیشنهادی کارآمدتر و قادر به دستیابی به ذخیره‌سازی داده‌های ابری کارآمد است.

کلید واژه‌ها: ذخیره‌سازی کارآمد داده‌های ابری، الگوریتم فراابتکاری ترکیبی، بهینه‌سازی، الگوریتم فراابتکاری HHO، الگوریتم فراابتکاری GWO.

۱. مقدمه

امروزه رشد خدمات اینترنت اشیا (IoT) و حجم قابل‌توجهی از داده‌های تولید شده توسط حسگرهای مختلف، اهمیت افزایش‌یافته خدمات رایانش ابری، به‌ویژه ذخیره‌سازی به‌عنوان یک سرویس را برجسته می‌نماید. ترافیک اینترنت اشیا نیازمندی‌های اضافی را برای سرویس‌های ذخیره‌سازی ابری، از جمله قابلیت‌های پیش‌پردازش داده‌های حسگر و تعادل بار بین مراکز داده و سرورهای هر مرکز داده، معرفی می‌کند. علاوه بر این، تخصیص خدمات نیاز به اولویت‌بندی کیفیت خدمات (QoS) برای اطمینان از عملکرد قابل‌اعتماد و سازگار دارد [۱]. یکی از رویکردهای بهبود تخصیص فضای ذخیره‌سازی در اینترنت اشیا، پیاده‌سازی الگوریتم‌های مدیریت ذخیره‌سازی هوشمند می‌باشد. این الگوریتم‌ها می‌توانند منابع ذخیره‌سازی را بر اساس ویژگی‌های داده، قابلیت‌های دستگاه و نیازهای سیستم به‌صورت پویا تخصیص دهند. با تجزیه‌وتحلیل الگوهای داده، فرکانس دسترسی و در دسترس بودن ذخیره‌سازی، این الگوریتم‌ها می‌توانند منابع ذخیره‌سازی را به طور موثرتری تخصیص دهند، هدر رفت را کاهش دهند و استفاده کلی از ذخیره‌سازی را بهبود بخشند. یکی دیگر از جنبه‌های بهبود تخصیص فضای ذخیره‌سازی، استفاده از خدمات ذخیره‌سازی ابری می‌باشد. امروزه استفاده از یک رویکرد فراابتکاری می‌تواند به طور قابل توجهی بهینه‌سازی زمان‌بندی گردش کار در ابر را بهبود بخشد [۲]. بااین‌حال، هر الگوریتم فراابتکاری نقاط قوت و ضعف خود را دارد. در نتیجه، رویکردهای ترکیبی که قوانین اکتشافی را با الگوریتم‌های فراابتکاری ترکیب می‌کنند، ثابت شده‌اند که

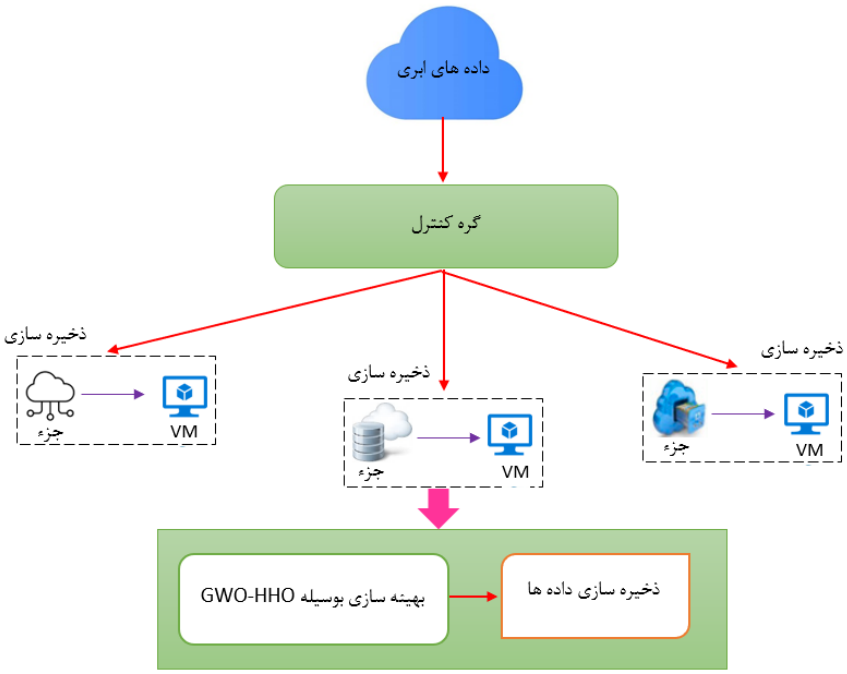
نتایج برتری را به همراه دارند [۳]. این رویکردهای ترکیبی در سال‌های اخیر توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده‌اند، زیرا به مشکلات زمان‌بندی گردش کار چندهدفه در ابر می‌پردازند. لذا در این تحقیق سعی داریم تخصیص ذخیره‌سازی کارآمد داده‌های ابری همراه با بهینه‌سازی مولفه‌ها را با کمک الگوریتم فراابتکاری ترکیبی بهبود ببخشیم.

۲. کارهای گذشته

در [۴] به بهینه‌سازی مصرف انرژی در مکانیابی کانتینرها در مراکز داده ابری با استفاده از روش‌های متاهوریستی پرداخته شده است. در مراکز داده ابری، به دلیل رشد روزافزون نیازهای محاسباتی، مصرف انرژی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. استفاده از روش‌های متاهوریستی می‌تواند به طراحی الگوریتم‌های مؤثر برای قرارگیری بهینه کانتینرها و بهینه‌سازی مصرف انرژی کمک نماید. در [۵] بر تامین منابع برای ریزسرویس‌های اینترنت اشیا (IoT) با مدیریت تحرک با استفاده از روش‌های فراابتکاری متمرکز می‌باشد. با افزایش تعداد دستگاه‌های اینترنت اشیا و تحرک آنها، تخصیص کارآمد منابع برای ارائه خدمات یکپارچه بسیار مهم می‌شود. در [۶] یک سیستم ذخیره‌سازی شی ابری مبتنی بر فراابتکاری ترکیبی جدید را معرفی می‌کند که برای رسیدگی به الزامات حساس به تأخیر برنامه‌های ابری مدرن طراحی شده است. در [۷] به موضوع مهاجرت ماشین مجازی و مدیریت منابع در خدمات محاسبات ابری با استفاده از روش‌های متاهوریستی پرداخته شده است. در خدمات محاسبات ابری، مهاجرت ماشین مجازی و مدیریت منابع از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. استفاده از روش‌های متاهوریستی می‌تواند به طراحی الگوریتم‌های مؤثر برای مهاجرت ماشین مجازی و مدیریت منابع کمک نماید. در [۸] یک چارچوب بهینه‌سازی برای تخصیص و مدیریت مؤثر منابع در مراکز داده ابری با استفاده از رویکردهای فراابتکاری ارائه شده است. مراکز داده ابری با چالش استفاده مؤثر از منابع خود برای برآورده کردن تقاضاهای رو به رشد برنامه‌ها و خدمات مختلف روبرو هستند.

۳. مدل سیستم

هدف اصلی این چارچوب نوآورانه، ذخیره کارآمد داده‌های ابری با پرداختن به محدودیت‌های کلی و ساختاری است. چارچوب با درنظرگرفتن اجزا و ماشین‌های مجازی (VM) درگیر در فرایند ذخیره‌سازی آغاز می‌شود. باتوجه‌به محدودیت‌های متنوع ایجاد شده توسط این اجزا، یک مدل جدید و قابل‌اعتماد معرفی شده است.



شکل ۱. نمایش معماری ذخیره‌سازی داده ابری قابل‌اعتماد پیشنهادی با استفاده از HHO-GWO.

هر بخش از داده‌های ابری دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی است که بیشتر توسط اجزای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مشخص می‌شود. در نتیجه، یک تابع هدف جدید برای رسیدگی مؤثر به هر دو محدودیت فرموله شده است. محدودیت ساختاری توسط تعاملات و نمونه‌های داده در سیستم ذخیره‌سازی داده‌های ابری تعریف می‌شود. به طور مشابه، محدودیت‌های عمومی قوانین تخصیص و ملاحظات ظرفیت دستگاه را در بر می‌گیرد. برای غلبه بر این چالش‌های محدودیت، یک رویکرد جدید به نام HHO-GWO پیشنهاد شده است. این رویکرد تکنیک‌های مختلف بهینه‌سازی را برای بهینه‌سازی تخصیص اجزای ذخیره‌سازی داده‌های ابری ترکیب می‌کند. در مرحله نهایی چارچوب، عملکرد رویکرد پیشنهادی با استفاده از معیارهای مناسب ارزیابی شده و نتایج شبیه‌سازی به دست می‌آید. این نتایج گسترده، اثربخشی چارچوب پیشنهادی را در ذخیره‌سازی کارآمد داده‌های ابری با استفاده از مؤلفه‌های اختصاص‌یافته نشان می‌دهد.

۱-۳. فرمول مسأله

ذخیره‌سازی داده‌های ابری سیستمی است که ذخیره‌سازی و دسترسی را برای مشاغل بهینه می‌کند. این شامل سازماندهی تعداد زیادی و انواع مختلف دستگاه‌ها یا ماشین‌های ذخیره‌سازی با درنظرگرفتن اجزای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است. مکانیسم ذخیره‌سازی ابر شامل فایل‌های داده (D)، ماشین‌های مجازی (M) و اجزا (C) است. افزایش امنیت و یکپارچگی نیز بخش جدایی‌ناپذیر مکانیزم ذخیره‌سازی است. بااین‌حال، هنگام برون‌سپاری داده‌های ابری، چندین مسئله و مشکلات چالش‌برانگیز ایجاد می‌شود که می‌تواند کیفیت خدمات را کاهش دهد. این مسائل در زیر شرح داده شده است:

۱. استقرار فضای ذخیره‌سازی ابری: استقرار فضای ذخیره‌سازی ابری به نیازها و فناوری‌ها بستگی دارد که اغلب مستلزم درنظرگرفتن مکان‌های جغرافیایی است. این می‌تواند منجر به هزینه‌های ذخیره‌سازی بالاتر شود.

۲. مجازی سازی داده‌ها: مجازی سازی داده‌ها شامل نگاشت ذخیره‌سازی محلی داده‌ها به فضای ذخیره‌سازی فیزیکی شامل سرورها، سیستم‌های ذخیره‌سازی، سیستم عامل‌ها و غیره است. این فرایند می‌تواند زمان اجرا را برای ذخیره‌سازی داده‌ها افزایش دهد.

۳. سازماندهی داده‌ها: سازماندهی داده‌ها در تکه‌ها، فایل‌ها یا بلوک‌ها می‌تواند چالش‌برانگیز باشد و به دلیل فرمت ضعیف منجر به ذخیره‌سازی ناکارآمد شود.

۴. متعادل کردن بار با انتقال داده‌ها: هنگامی که ماشینی با حجم کاری سنگین روبرو می‌شود، ممکن است نیاز باشد برخی از داده‌ها به ماشین دیگری منتقل شوند. بااین‌حال، چالش‌هایی مانند پهنای باند محدود یا افزایش مصرف انرژی می‌تواند در طول انتقال داده‌ها ایجاد شود.

۵. محدودیت‌های ماشین: محدودیت‌های درون ماشین‌ها یا سرورها می‌تواند مشکلات قابل توجهی برای ذخیره‌سازی داده‌ها ایجاد کند. عواملی مانند ویژگی‌های ساختاری یا کلی می‌توانند بر فرایند ذخیره‌سازی تأثیر بگذارند.

در نتیجه، شبکه ابری ممکن است توانایی کنترل مؤثر داده‌های ذخیره شده در ماشین‌های مربوطه خود را نداشته باشد. این می‌تواند منجر به مشکلاتی مانند تخریب داده‌ها، کپی غیرمجاز، تغییر و موارد دیگر شود. علاوه بر این، عدم کنترل می‌تواند منجر به نتایج نادقیق شود. باتوجه‌به این چالش‌ها، توسعه یک سیستم ذخیره‌سازی داده‌های ابری مؤثر و قابل‌اعتماد با رویکردهای اکتشافی بسیار مهم می‌شود. مشکل مشخص شده و تابع چندهدفه برای ذخیره‌سازی ابری قابل‌اعتماد به‌دست‌آمده است.

علاوه بر مسائل ذکر شده، فرایند ذخیره‌سازی قابل‌اعتماد در ذخیره‌سازی داده های ابری بر پرداختن به محدودیت های عمومی و خاص در مؤلفه هایی که داده های ابری به طور مؤثر ذخیره می شوند، تمرکز دارد [۹]. برای درک بهتر چالش‌های موجود در فرایند ذخیره‌سازی، اجازه دهید در مورد اجزا و ماشین‌های مجازی (VM) در شبکه ابری بحث کنیم. مؤلفه ها به‌صورت $N = \{N_1, N_2, \ldots, N_C\}$ و ماشین های مجازی به‌صورت $R = \{R_1, R_2, \ldots, R_M\}$ نشان داده می شوند.

هر جزء با مجموعه نیازهای خاص و ویژگی‌های سخت‌افزاری خود تعریف می‌شود، درحالی‌که هر VM از ویژگی‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری تشکیل شده است. این ملاحظات به محدودیت‌های ساختاری در بین اجزا کمک می‌کند. در نتیجه، مشکلات را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

۱. ساخت یک ماتریس انتساب: یک ماتریس انتساب برای ایجاد رابطه بین اجزا و ماشین‌های مجازی ایجاد می‌شود که در آن موجودیت‌های موجود در ماتریس می‌توانند مقادیر ۰ یا ۱ داشته باشند. این با استفاده از رابطه (۱) بیان می‌شود.

$$A_{xy} = \begin{cases} 1, & if \quad N_x \ is\ given\ to\ R_y \\ 0, & if \quad N_x \ is\ not\ given\ to\ R_y \end{cases} \quad (۱)$$

۲. بردار انتخاب vy نوع هر ماشین را نشان می دهد که در آن y از ۱ تا M متغیر است.

به طور خلاصه، محدودیت‌های موجود در فرایند ذخیره‌سازی عبارت‌اند از:

(i) محدودیت‌های ساختاری: این محدودیت‌ها به سازمان و روابط بین اجزای درون سیستم ذخیره‌سازی مربوط می‌شود.

(ii) الزامات سخت‌افزاری (محدودیت‌های ظرفیت): این محدودیت‌ها تضمین می‌کند که سیستم ذخیره‌سازی الزامات سخت‌افزاری و محدودیت‌های ظرفیت همه اجزا را برآورده می‌کند.

(iii) به‌حداقل‌رساندن هزینه خرید/اجاره: هدف به‌حداقل‌رساندن هزینه‌های مربوط به خرید یا اجاره اجزای موردنیاز برای سیستم ذخیره‌سازی است. ماتریس اختصاص‌داده‌شده و انتخاب نوع با معادلات (۲) و (۳) توضیح داده شده است.

(۲)

ماتریس اختصاص‌داده‌شده با $assigned(i, \mathrm{j})$، نشان داده می شود، جایی که اگر جزء i به VM j اختصاص داده شود، مقدار ۱ و در غیر این صورت ۰ می گیرد.

$$v = \lceil 12.12.13.13.15.0 \rceil \quad (۳)$$

انتخاب نوع با vy نشان داده می شود که نشان دهنده نوع ماشین y است. محدوده y از ۱ تا M است. به طور خلاصه، محدودیت ها سازمان ساختاری، الزامات سخت‌افزاری و ملاحظات هزینه را در بر می گیرند، درحالی‌که ماتریس اختصاص داده شده و انتخاب نوع برای تسهیل اجرای این محدودیت ها تعریف شده اند.

۲-۳. تعریف تابع هدف

تابع هدف (OF) مدل پیشنهادی در این بخش ارائه شده است. این بر اساس دو پارامتر، یعنی تأخیر و جریمه فرموله شده است. عملکرد اجزا از طریق بهینه‌سازی با استفاده از HP-BOA بهبود یافت. رویکرد پیشنهادی با بهره‌مندی از اجزای بهینه شده، نتایج برتر را به همراه داشت؛ بنابراین تابع هدف با استفاده از رابطه (۴) تعریف می‌شود.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

(۴)

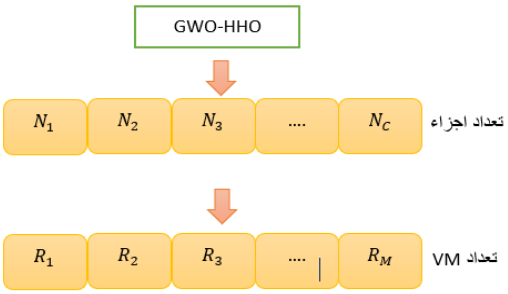
$$OF = \arg_{\{N_C\}} \cdot \min \left\{ \sum^{M} u_y \cdot r_y \right\}$$

در این زمینه، NC تعداد مؤلفه‌های بهینه‌شده مورداستفاده برای ذخیره داده‌های ابری را نشان می‌دهد. علاوه بر این، عبارت uy به "بردار اشغال دودویی" اشاره دارد که در صورت استفاده از ماشین، مقدار ۱ و در غیر این صورت ۰ می گیرد. علاوه بر این، ry پیشنهادهای VM یا انواع پیوند را نشان می دهد. با کمک این تابع هدف می توان محدودیت های مرتبط با اجزا را کاهش داد.

۳-۳. الگوریتم ترکیبی بهینه‌سازی برای سیستم ذخیره‌سازی ابری

راه‌حل پیشنهادی از HP-BOA برای مقداردهی اولیه و بهینه‌سازی فرایند ذخیره‌سازی استفاده می‌کند. داده‌های اولیه به‌عنوان راه‌حل عمل می‌کنند و از طریق بهینه‌سازی، با انتخاب بهترین اجزا، راه‌حل بهینه به دست می‌آید. در این زمینه، فرایند ذخیره‌سازی در درجه اول ویژگی‌ها و ماشین‌های مجازی (VMs) را در نظر می‌گیرد، جایی که جزء به‌صورت داده، سخت‌افزار یا نرم‌افزار نمایش داده می‌شود. برای اجرای فرایند ذخیره‌سازی، رویکرد پیشنهادی طیفی از مؤلفه‌ها را در نظر می‌گیرد که با C مشخص می‌شوند و تعداد متفاوتی از ماشین‌های مجازی با علامت M نشان داده می‌شوند. در میان این مقادیر فرضی، مؤلفه‌ها بهینه شده‌اند. فرایند بهینه‌سازی بر تخصیص اجزای موردنیاز به ماشین‌های مجازی مناسب با استفاده از HP-BOA پیشنهادی متمرکز است.

در نتیجه، راه‌حل بر اساس تعداد کل ماشین‌های مجازی تعریف می‌شود که امکان حل محدودیت‌ها و به حداکثر رساندن نرخ عملکرد را فراهم می‌کند. نموداری که رمزگذاری محلول را نشان می‌دهد در شکل ۲ نشان‌داده‌شده است.



شکل ۲. رمزگذاری راه‌حل با استفاده از HP-BOA.

Inputs:
- MaxIterations: Maximum number of iterations

```
- PopulationSize: Number of grey wolves in the population
- SearchSpace: Range of possible solutions for each variable
- ObjectiveFunction: Function to be optimized
Initialize a population of grey wolves randomly within the search space
Initialize alpha, beta, and delta as the best, second best, and third best grey wolves in the population, respectively
for iter = 1 to MaxIterations do
   for each grey wolf in the population do
      Update the position of the current grey wolf using the following equations:
      a = 2 - iter * ((2) / MaxIterations)  // Alpha parameter
      r1 = random number between 0 and 1
      r2 = random number between 0 and 1
      Update the position of the grey wolf:
      if r1 < 0.5 then
         if |a * alpha.Position - greyWolf.Position| > = 1 then
            new_position = (alpha.Position - a * abs(r2 * alpha.Position - greyWolf.Position))
         else
            new_position = (alpha.Position - a * abs(r2 * alpha.Position - greyWolf.Position))
      else
         if |a * beta.Position - greyWolf.Position| > = 1 then
            new_position = (beta.Position - a * abs(r2 * beta.Position - greyWolf.Position))
         else
            new_position = (beta.Position - a * abs(r2 * beta.Position - greyWolf.Position))
            Apply boundary constraints to the new_position within the search space
      Evaluate the fitness of the new_position using the ObjectiveFunction
      if the new_position is better than the current position of the grey wolf then
         Update the position and fitness of the grey wolf with the new_position and its fitness
      Update alpha, beta, and delta if necessary based on the updated positions and fitness values
   end for
end for
Output the best solution found (alpha.Position) and its fitness value
```

شکل ۳. شبه کد الگوریتم بهینه‌سازی GWO

```
Inputs:
- MaxIterations: Maximum number of iterations
- PopulationSize: Number of hawks in the population
- SearchSpace: Range of possible solutions for each variable
- ObjectiveFunction: Function to be optimized
Initialize a population of hawks randomly within the search space
Initialize the position and fitness of the global best hawk (Gbest) to null and infinity, respectively
for iter = 1 to MaxIterations do
   for each hawk in the population do
      Update the position of the current hawk based on hunting behaviors:
      Randomly select three hawks (X1, X2, X3) different from the current hawk
            Exploration Behavior:
      if random number between 0 and 1 < 0.5 then
         new_position = X1.Position - random number between 0 and 1 * (X2.Position - X3.Position)
      else
         new_position = Gbest.Position - random number between 0 and 1 * (X2.Position - X3.Position)
            Exploitation Behavior:
      if random number between 0 and 1 < 0.5 then
         new_position = (X1.Position + X2.Position + X3.Position) / 3
      else
         new_position = Gbest.Position
            Apply boundary constraints to the new_position within the search space
            Evaluate the fitness of the new_position using the ObjectiveFunction
            if the fitness of the new_position is better than the current hawk's fitness then
         Update the position and fitness of the hawk with the new_position and its fitness
         if the fitness of the new_position is better than Gbest's fitness then
            Update Gbest's position and fitness with the new_position and its fitness
      end for
end for
Output the best solution found (Gbest.Position) and its fitness value
```

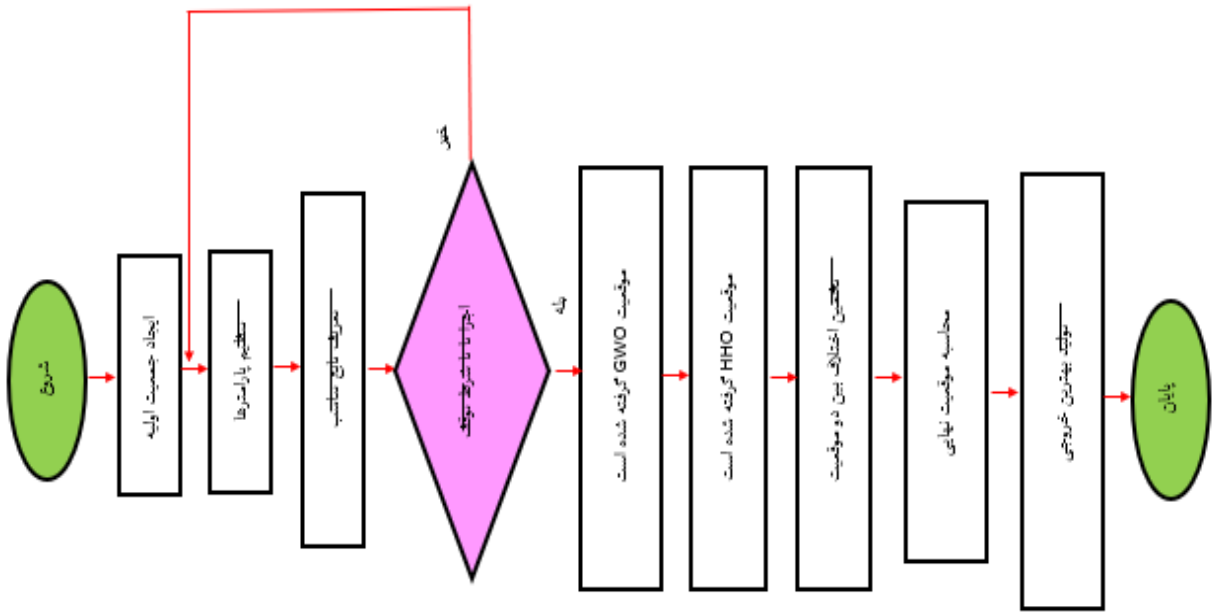
شکل ۴. شبه کد الگوریتم بهینه‌سازی HHO

```
Inputs:
- MaxIterations: Maximum number of iterations
- PopulationSize: Number of solutions in the population
- SearchSpace: Range of possible solutions for each variable
- ObjectiveFunction: Function to be optimized
Initialize a population of solutions randomly within the search space
Initialize the position and fitness of the global best solution (Gbest) to null and infinity, respectively
for iter = 1 to MaxIterations do
   for each solution in the population do
      Update the position of the current solution using a combined approach:
      Randomly select a meta-heuristic algorithm (GWO or HHO) for each component of the solution
          for each component in the solution do
         if selected algorithm is GWO then
            Implement GWO steps:
            - Calculate the positions of grey wolves based on hunting behaviors
            - Update the position of the current component based on GWO
         else
            Implement HHO steps:
            - Calculate the positions of hawks based on hunting behaviors
            - Update the position of the current component based on HHO
         Apply boundary constraints to the new position within the search space
                  Evaluate the fitness of the new position using the ObjectiveFunction
                  if the fitness of the new position is better than the current component's fitness then
            Update the position and fitness of the component with the new position and its fitness
            Evaluate the fitness of the updated solution as a whole using the ObjectiveFunction


      if the fitness of the updated solution is better than the current solution's fitness then
         Update the position and fitness of the solution with the updated positions and its fitness
         if the fitness of the updated solution is better than Gbest's fitness then
            Update Gbest's position and fitness with the updated positions and its fitness
        end for
end for
Output the best solution found (Gbest) and its fitness value
```

شکل۵. شبه کد بهبود تخصیص ذخیره‌سازی کارآمد داده‌های ابری همراه با بهینه‌سازی مولفه‌ها با کمک الگوریتم فراابتکاری ترکیبی GWO و Harris hawks

این شبه کد بهینه‌سازی گرگ خاکستری (GWO) و بهینه‌سازی هریس هاکس (HHO) را در یک الگوریتم فراابتکاری ترکیبی برای بهبود تخصیص کارآمد ذخیره‌سازی داده‌های ابری و بهینه‌سازی اجزاء ترکیب می‌کند. مجموعه‌ای از راه‌حل‌ها را مقداردهی اولیه می‌کند، موقعیت‌های هر جزء را با ا ستفاده از GWO یا HHO بر ا ساس یک انتخاب ت صادفی به‌روز می‌کند، تنا سب آنها را با ا ستفاده از تابع هدف ارزیابی می‌کند، موقعیت و تناسب اجزا و راه‌حل کلی را به‌روز می‌کند، و بهترین‌های جهانی را به‌روز می‌کند. راه‌حل (Gbest). این فرایند برای تعداد مشخصی از تکرارها ادامه می‌یابد و در نهایت بهترین راه‌حل یافت شده (Gbest) و مقدار تناسب آن خروجی می‌شود. این الگوریتم قابلیت‌های اکتشاف و بهره‌برداری GWO و HHO را برای جستجوی تخصیص کارآمد ذخیره‌سازی داده‌های ابری و بهینه‌سازی اجزا ترکیب می‌کند. با به‌روزرسانی موقعیت اجزا با استفاده از GWO و HHO و ارزیابی تناسب آنها، الگوریتم به‌تدریج راه‌حل کلی را بهبود می‌بخشد. بهترین راه‌حل یافت شده در انتهای الگوریتم ردیابی و خروجی می‌شود. نمودار فلوچارت الگوریتم فراابتکاری ترکیبی روش پیشنهادی در شکل ۶ نشان‌داده‌شده است.



شکل ۶. نمودار فلوچارت الگوریتم فراابتکاری ترکیبی روش پیشنهادی

۴. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

روش پیشنهادی با استفاده از MATLAB 2022 شبیه‌سازی شد و تجزیه‌وتحلیل جامعی از نتایج شبیه‌سازی انجام شد. ارزیابی سیستم چندین معیار کلیدی، از جمله سرورهای فعال، زمان محاسباتی و طول عمر را در نظر گرفت. اندازه جمعیت ۱۰ و حداکثر تعداد تکرارها ۱۰۰ تنظیم شد. برای ارزیابی عملکرد سیستم پیشرفته، آن را با سایر رویکردهای موجود، از جمله GIZA [10]،LO [11]، WOA [12] و RDA [13] مقایسه شد. هدف از این مقایسه نشان دادن برتری رویکرد پیشنهادی از نظر عملکرد و کارایی آن می‌باشد.

۴-۱. معیارهای عملکرد

سه معیار اصلی مورداستفاده در ارزیابی سیستم ذخیره‌سازی داده قابل‌اعتماد به شرح زیر است:

۱. سرور فعال: این معیار به تعداد سرورهای مورداستفاده برای ذخیره داده‌ها در محیط ابری اشاره دارد. این نشان دهنده تعداد سرورهایی است که به طور فعال در فرایند ذخیره‌سازی درگیر هستند.

۲. زمان محاسبه: این اندازه گیری نشان دهنده زمان سپری شده مورد نیاز برای ذخیره داده‌های ابری در ماشین‌های مربوطه با درنظرگرفتن اجزای اختصاص داده شده است. این نشان دهنده زمان صرف شده برای تکمیل فرایند ذخیره‌سازی است.

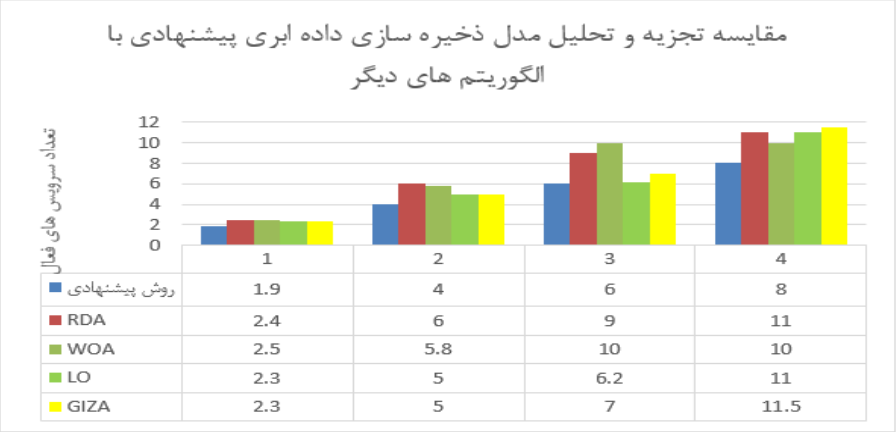
۳. Makespan: Makespan به مدت زمانی گفته می‌شود که از شروع کار تا اتمام آن می‌گذرد. در زمینه سیستم ذخیره‌سازی داده‌ها، makepan از مرحله اولیه ذخیره‌سازی داده‌ها تا بارگذاری کامل داده‌ها در اجزاء محاسبه می‌شود.

۴-۲. تنظیمات پیکربندی

سیستم ذخیره‌سازی داده قابل‌اعتماد پیشنهادی شامل چهار پیکربندی است که اجزا و ماشین‌های مجازی (VMs) را در بر می‌گیرد. جدول ۱ تصویری از تنظیمات پیکربندی مورداستفاده برای ذخیره داده‌های ابری را ارائه می‌دهد. این تنظیمات چیدمان و تخصیص خاص کامپوننت‌ها و ماشین‌های مجازی را در داخل سیستم تعریف می‌کنند. شکل۷ تجزیه‌وتحلیل مقایسه‌ای سرورهای فعال در مدل ذخیره‌سازی داده قابل‌اعتماد ما را نشان می‌دهد.

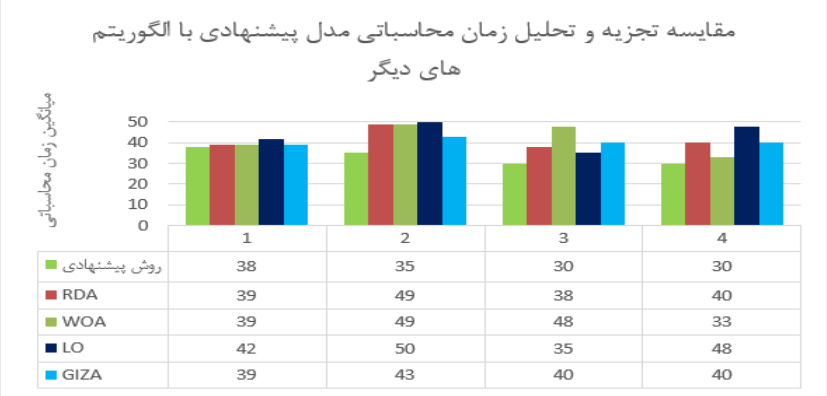
جدول ۱. تنظیمات پیکربندی ذخیره‌سازی داده ابری پیشنهادی

مورد پیکربندی	تعداد اجزا	تعداد ماشین مجازی
1	6	5
2	12	10
3	18	15
4	24	20



شکل ۷. مقایسه تجزیه‌وتحلیل مدل ذخیره‌سازی داده ابری پیشنهادی با الگوریتم‌های دیگر

در مقایسه تجزیه‌وتحلیل مدل ذخیره‌سازی داده ابری پیشنهادی با الگوریتم‌های دیگر، تعداد سرویس‌های فعال در روش پیشنهادی به طور میانگین برابر ۴,۹ می‌باشد. بطور خلاصه تعداد سرویس‌های فعال روش پیشنهای در برابر روش RDA ۰,۰۲ درصد، در برابر روش WOA ۰,۰۲ درصد، در برابر روش LO ۰,۰۱ درصد، در برابر روش GIZA ۰,۰۱ درصد بهتر می‌باشد. شکل ۸تحلیل زمان محاسباتی را در مقایسه با سایر الگوریتم‌های اکتشافی نشان می‌دهد.



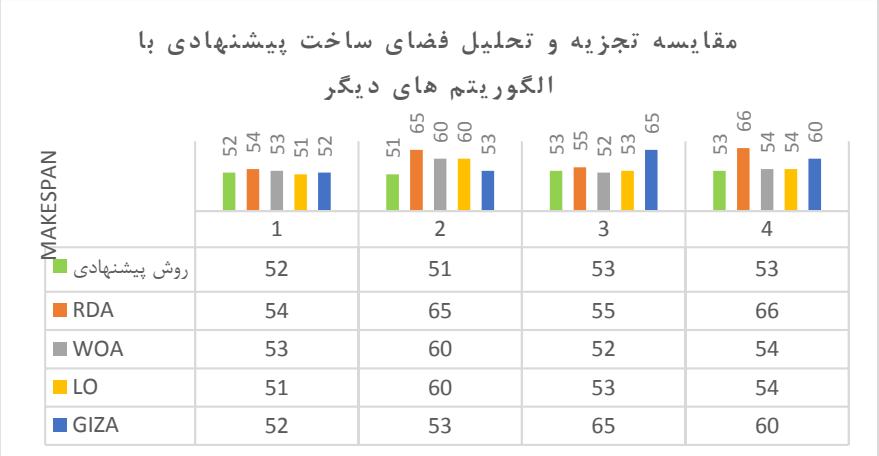
شکل ۸. مقایسه تجزیه‌وتحلیل زمان محاسباتی مدل پیشنهادی با الگوریتم‌های دیگر.

در مقایسه تجزیه‌وتحلیل زمان محاسباتی مدل پیشنهادی با الگوریتم‌های دیگر، زمان محاسباتی در روش پیشنهادی به طور میانگین برابر ۳۳,۲۵ می‌باشد. بطور خلاصه تعداد سرویس‌های فعال روش پیشنهای در برابر روش RDA ۰,۰۸ درصد، در برابر روش WOA ۰,۰۹ درصد، در برابر روش LO ۰,۱ درصد، در برابر روش GIZA ۰,۰۷ درصد بهتر می‌باشد. از این رو، روش پیشنهادی عملکرد بهتری را در مدل ذخیره‌سازی داده‌های ابری ارائه می‌دهد. بنابراین، می‌توان ثابت کرد که می‌تواند پیچیدگی زمانی را کاهش و عملکرد را افزایش دهد. در مقایسه با سایر رویکردها، مدل پیشنهادی نیاز کمتری را برای سرورهای فعال نشان می‌دهد. این نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در استفاده از منابع سرور کارآمدتر است که به نوبه خود منجر به صرفه جویی در انرژی در فرایند ذخیره داده‌های ابری می‌شود. با نیاز

به سرورهای فعال کمتر، مدل پیشنهادی عملکرد قابلیت اطمینان سیستم را بهبود می‌بخشد. مصرف انرژی مرتبط با عملیات سرور را به حداقل می‌رساند و منجر به افزایش کارایی و مقرون به صرفه در ذخیره‌سازی داده‌های ابری می‌شود.

۴-۳. تجزیه‌وتحلیل Makespan

شکل ۹ تجزیه و تحلیل makepan کار توصیه شده را ارائه می‌دهد و مقایسه‌ای از مقادیر makepan ارائه می‌دهد.



شکل ۹ مقایسه تجزیه‌وتحلیل فضای ساخت پیشنهادی با الگوریتم‌های دیگر.

در مقایسه تجزیه‌وتحلیل فضای ساخت پیشنهادی با الگوریتم‌های دیگر، فضای ساخت پیشنهادی در روش پیشنهادی به طور میانگین برابر ۵۲,۲۵ می‌باشد. بطور خلاصه تعداد سرویس‌های فعال روش پیشنهای در برابر روش RDA ۰,۰۷ درصد، در برابر روش WOA ۰,۰۲ درصد، در برابر روش LO ۰,۰۲ درصد، در برابر روش GIZA ۰,۰۵ درصد بهتر می‌باشد. این نتیجه به وضوح نشان می‌دهد که مدل توصیه شده به زمان پردازش کمتری برای ذخیره کارآمد داده‌های ابری نیاز دارد. کاهش مقدار makepan نشان‌دهنده اثربخشی مدل در بهینه‌سازی فرایند ذخیره‌سازی و به حداقل رساندن زمان مورد نیاز برای پردازش است. در نتیجه، مدل پیشنهادی کارآمدتر و قادر به دستیابی به ذخیره‌سازی داده‌های ابری کارآمد است.

۴-۴. ارزیابی آماری سیستم ذخیره‌سازی داده‌های ابری

تحلیل آماری مدل پیشنهادی در جدول ۲ ارائه شده است. این تحلیل با استفاده از عوامل مختلفی از جمله "بهترین، بدترین، میانه، میانگین و انحراف معیار" انجام شده است.

جدول ۲. مقایسه ارزیابی آماری مقدار درصد ذخیره‌سازی داده‌های ابری قابل‌اعتماد در مقایسه با الگوریتم‌های دیگر.

متریک	GIZA	LO	WOA	RDA	روش پیشنهادی
	پیکربندی Case1				
بهترین	۳۹۵	۳۹۷	۳۹۲	۳۹۱	۳۸۷
بدترین	۹۳۹۵	۷۵۶۵	۱۵۱۶	۶۵۰۷	۵۵۶۰
میانگین	۱۳۱۸	۱۵۷۰,۱	۱۲۱۱,۹	۱۲۸۸,۹	۱۱۰۱,۷
میانه	۱۰۲۵	۱۰۰۵	۱۵۱۶	۱۰۵۴	۱۲۵۶
انحراف استاندارد	۹۹۵,۳۱	۱۰۰۶,۹	۵۱۰,۳۲	۱۲۳۵,۵	۹۳۰,۸۱
	پیکربندی Case2				
بهترین	۳۹۹	۳۹۱	۳۹۱	۳۹۸	۳۷۰
بدترین	۶۳۹۵	۳۲۵۶	۶۶۵۳	۴۷۹۷	۴۴۳۱
میانگین	۱۳۹۹,۸	۱۳۲۶	۱۱۳۸,۶	۱۴۴۷,۶	۱۲۸۱,۲
میانه	۱۲۰۵	۱۲۱۱	۱۰۶۳	۱۳۱۷	۱۲۴۷
انحراف استاندارد	۹۸۳,۳۹	۶۲۵,۸۱	۷۸۰,۰۱	۱۰۱۵,۳	۷۰۱,۴
	پیکربندی Case3				
بهترین	۳۸۰	۳۵۱	۳۶۰	۳۸۰	۳۰۰
بدترین	۵۸۵۶	۳۵۳۵	۲۶۱۸	۳۶۹۳	۸۶۲۱
میانگین	۱۵۵۵,۵	۱۳۹۷,۷	۱۰۹۱,۵	۱۲۲۹,۹	۱۰۲۴,۶
میانه	۱۰۳۲	۱۳۱۹	۱۱۲۰	۱۱۵۰	۱۰۰۹
انحراف استاندارد	۱۰۳۱,۸	۶۰۶,۹۸	۵۱۵,۵۲	۸۱۸,۳۹	۱۱۶۴,۹
	پیکربندی Case4				
بهترین	۳۹۶	۳۹۵	۳۹۹	۳۹۸	۳۸۰
بدترین	۲۷۰۱	۵۴۰۹	۵۴۵۶	۸۳۷۲	۱۳۹۵
میانگین	۱۱۵۶,۱	۱۳۹۸,۵	۱۲۱۳,۶	۱۱۲۹,۱	۹۴۱,۰۱
میانه	۱۰۵۰	۱۱۳۱	۱۲۵۲	۱۱۱۱	۱۱۲۱
انحراف استاندارد	۴۵۵,۳۴	۷۵۹,۳۱	۹۷۶,۶۷	۱۰۵۳,۲	۵۰۱,۶۲

این معیارهای آماری بینش‌های ارزشمندی را در مورد عملکرد و تنوع مدل پیشنهادی ارائه می‌دهند.

- بهترین: این نشان‌دهنده بهترین نتیجه به‌دست‌آمده از اجرای چندگانه مدل پیشنهادی است.
- بدترین: این نشان‌دهنده بدترین نتیجه مشاهده شده در بین اجرای مدل پیشنهادی است.
- میانه: مقدار میانه نشان‌دهنده نقطه وسط بین بهترین و بدترین نتایج است.
- میانگین: میانگین به‌عنوان مقدار متوسط بین بهترین و بدترین نتایج محاسبه می‌شود.
- انحراف استاندارد: این درجه انحراف یا تغییرپذیری مشاهده شده در چندین اجرای مدل پیشنهادی را اندازه‌گیری می‌کند.

بر اساس تجزیه‌وتحلیل آماری، مدل پیشنهادی به نتایج چشمگیری دست‌یافت که الزامات را برآورده می‌کند. یافته‌ها اثربخشی و سازگاری مدل پیشنهادی را در ارائه راه‌حل‌های ذخیره‌سازی داده‌های ابری قابل‌اعتماد و کارآمد نشان می‌دهد.

۵. نتیجه‌گیری

این مقاله یک سیستم ذخیره‌سازی داده ابری قابل‌اعتماد جدید را ارائه کرد که از یک الگوریتم ابتکاریGWO- HHO ترکیبی استفاده می‌کند. الگوریتم‌های موجود اغلب محدودیت‌های عمومی و خاص مرتبط با تخصیص اجزا و VM را برای ذخیره‌سازی داده‌ها در نظر نمی‌گیرند. این محدودیت‌ها شامل موارد، تعاملات بین اجزا، قوانین تخصیص و ظرفیت دستگاه است. این الگوریتم فراابتکاری ترکیبی

تخصیص مؤلفه‌ها را بهینه می‌کند و به طور مؤثر مسائل مربوط به ذخیره داده‌های ابری را در مؤلفه‌ها حل می‌کند. عملکرد سیستم پیشنهادی اعتبارسنجی و با مدل‌های دیگر مقایسه شد. تجزیه‌وتحلیل مقایسه‌ای و ارزیابی آماری برای ارزیابی اثربخشی سیستم انجام شد. برای ارزیابی عملکرد سیستم پیشرفته، آن را با سایر رویکردهای موجود، از جمله GIZA [10]،LO [11]، WOA [12] و RDA [13] مقایسه شد. هدف از این مقایسه نشان‌دادن برتری رویکرد پیشنهادی از نظر عملکرد و کارایی آن است. در مقایسه تجزیه‌وتحلیل مدل ذخیره‌سازی داده ابری پیشنهادی با الگوریتم‌های دیگر، تعداد سرویس‌های فعال در روش پیشنهادی به طور میانگین برابر ۴,۹ می‌باشد. بطور خلاصه تعداد سرویس‌های فعال روش پیشنهای در برابر روش RDA ۰,۰۲ درصد، در برابر روش WOA ۰,۰۲ درصد، در برابر روش LO ۰,۰۱ درصد، در برابر روش GIZA ۰,۰۱ درصد بهتر می‌باشد. در مقایسه تجزیه‌وتحلیل زمان محاسباتی مدل پیشنهادی با الگوریتم‌های دیگر، زمان محاسباتی در روش پیشنهادی بطور میانگین برابر ۳۳,۲۵ می‌باشد. بطور خلاصه تعداد سرویس‌های فعال روش پیشنهای در برابر روش RDA ۰,۰۸ درصد، در برابر روش WOA ۰,۰۹ درصد، در برابر روش LO ۰,۱ درصد، در برابر روش GIZA ۰,۰۷ درصد بهتر می‌باشد. از این رو، روش پیشنهادی عملکرد بهتری را در مدل ذخیره‌سازی داده‌های ابری ارائه می‌دهد. بنابراین، می‌توان ثابت کرد که می‌تواند پیچیدگی زمانی را کاهش و عملکرد را افزایش دهد. در مقایسه با سایر رویکردها، مدل پیشنهادی نیاز کمتری را برای سرورهای فعال نشان می‌دهد. این نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در استفاده از منابع سرور کارآمدتر است که به نوبه خود منجر به صرفه جویی در انرژی در فرایند ذخیره داده‌های ابری می‌شود. با نیاز به سرورهای فعال کمتر، مدل پیشنهادی عملکرد قابلیت اطمینان سیستم را بهبود می‌بخشد. مصرف انرژی مرتبط با عملیات سرور را به حداقل می‌رساند و منجر به افزایش کارایی و مقرون به صرفه در ذخیره‌سازی داده‌های ابری می‌شود. در مقایسه تجزیه‌وتحلیل فضای ساخت پیشنهادی با الگوریتم‌های دیگر، فضای ساخت پیشنهادی در روش پیشنهادی بطور میانگین برابر ۵۲,۲۵ می‌باشد. بطور خلاصه تعداد سرویس‌های فعال روش پیشنهای در برابر روش RDA ۰,۰۷ درصد، در برابر روش WOA ۰,۰۲ درصد، در برابر روش LO ۰,۰۲ درصد، در برابر روش GIZA ۰,۰۵ درصد بهتر می‌باشد. این نتیجه به وضوح نشان می‌دهد که مدل توصیه شده به زمان پردازش کمتری برای ذخیره کارآمد داده‌های ابری نیاز دارد. کاهش مقدار makepan نشان‌دهنده اثربخشی مدل در بهینه‌سازی فرایند ذخیره‌سازی و به حداقل رساندن زمان مورد نیاز برای پردازش است. در نتیجه، مدل پیشنهادی کارآمدتر و قادر به دستیابی به ذخیره‌سازی داده‌های ابری کارآمد است. در کارهای آینده قصد داریم ذخیره‌سازی کارآمد را روی مدل‌های دیگر تست و پیاده سازی نماییم همچنین از الگوریتم‌های فراابتکاری دیگری بهره ببریم.

منابع

[۱]Milani OH, Motamedi SA, Sharifian S, Nazari-Heris M. Intelligent Service Selection in a Multi-Dimensional Environment of Cloud Providers for Internet of Things Stream Data through Cloudlets. Energies. 2021; 14(24):8601. https://doi.org/10.3390/en14248601

[۲]Dirin A, Oliver I, Laine TH. A Security Framework for Increasing Data and Device Integrity in Internet of Things Systems. Sensors. 2023; 23(17):7532. https://doi.org/10.3390/s23177532

[۳]Song, Y.; Jiang, J.; Wang, X.; Yang, D.; Bai, C. Prospect and Application of Internet of Things Technology for Prevention of SARIs. Clin. eHealth 2020, 3, 1–4. [Google Scholar] [CrossRef]

[۴]Khan, N.R.; Rabbi, M.; Al Zabir, K.; Dewri, K.; Sultana, S.A.; Lippert, K.J. Internet of Things-Based Educational Paradigm for Best Learning Outcomes. In Proceedings of the 2022 International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied Informatics (ACCAI), Chennai, India, 28–29 January 2022; pp. 1–8. [Google Scholar]

[۵]Thapliyal, H. Internet of Things-Based Consumer Electronics: Reviewing Existing Consumer Electronic Devices Systems, Platforms Exploring New Research Paradigms. IEEE Consumer Electron. Mag. 2018, 7, 66–67. [Google Scholar] [CrossRef]

[۶]Sangaiah AK, Javadpour A, Pinto P, Chiroma H, Gabralla LA. Cost-Effective Resources for Computing Approximation Queries in Mobile Cloud Computing Infrastructure. Sensors. 2023; 23(17):7416. https://doi.org/10.3390/s23177416

[۷]Tang W, Yang S. Enterprise Digital Management Efficiency under Cloud Computing and Big Data. Sustainability. 2023; 15(17):13063. https://doi.org/10.3390/su151713063

[۸]Rasina Begum, B., & Chitra, P. (2023). SEEDDUP: a three-tier SEcurE data DedUPlication architecture-based storage and retrieval for cross-domains over cloud. IETE Journal of Research, 69(4), 2224-2241.
[۹]Tang, B.; Fedak, G. WukaStore: Scalable, Configurable and Reliable Data Storage on Hybrid Volunteered Cloud and Desktop Systems. IEEE Trans. Big Data 2017, 8, 85–98. [CrossRef]

[۱۰]Sookhak, M.; Richard Yu, F.; Zomaya, A.Y. Auditing Big Data Storage in Cloud Computing Using Divide and Conquer Tables. IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst. 2018, 29, 999–1012. [CrossRef]
[۱۱]Ghaffar, Z.; Ahmed, S.; Mahmood, K.; Islam, S.H.; Hassan, M.M.; Fortino, G. An improved authentication scheme for remote data access and sharing over cloud storage in cyber-physical-social-systems. IEEE Access 2020, 8, 47144–47160. [CrossRef]
[۱۲]Yuan, Y.; Zhang, J.; Xu, W. Dynamic Multiple-Replica Provable Data Possession in Cloud Storage System. IEEE Access 2020, 8, 120778–120784. [CrossRef]
[۱۳]Mendes, R.; Oliveira, T.; Cogo, V.; Neves, N.; Bessani, A. Charon: A Secure Cloud-of-Clouds System for Storing and Sharing Big Data. IEEE Trans. Cloud Comput. 2021, 9, 1349–1361.

KNO-1102-4406

یک مدل ساده اما دقیق اتصالات نانولوله کربنی

هادی صمدی[۱] h.samadimehreh@email.kntu.ac.ir
فرامرز آقائی لیاولی[۲] f.aghaei1989@gmail.com
[۱] کارشناسی ارشد برق، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، تهران، ایران
[۲] گروه برق، شرکت هل، شهر صنعتی البرز، قزوین، ایران

چکیده

در این مقاله ما یک مدل ساده ولی دقیق از نانولوله کربنی فلزی ارائه داده‌ایم. با استفاده از برازش منحنی ضرایبی در مدل ساده‌تر اضافه کرده‌ایم، که وجود این ضرایب باعث شد مدل پیشنهادی ما نزدیک به ۶ در صد خطا در مقایسه با مدل پیچیده تر بشود.

کلمات کلیدی: نانولوله کربنی، CNT، اتصالات، Veriloge-a، HSPICE

۱.مقدمه

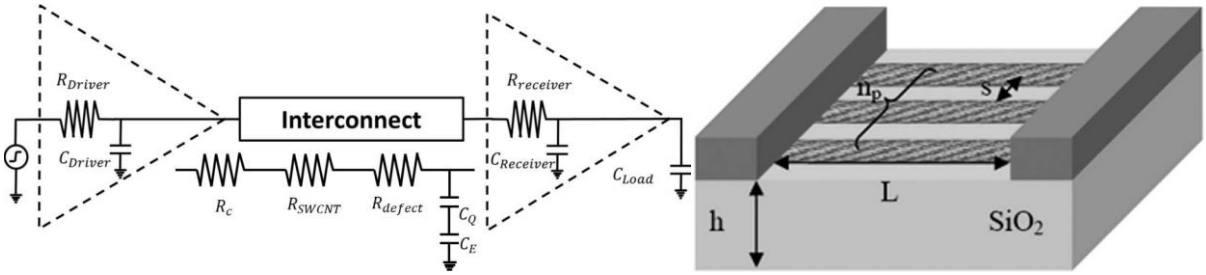
در مدارهای مجتمع (IC) محاسبه تاخیر اتصالات امری اجتناب ناپذیر است. یک مدل ساده می‌تواند کمک زیادی به طراح بکند. مدل-های پیچیده‌تر هزینه محاسباتی بالایی دارد. جالب است بدانید با مدلهای ساده‌تر به کمک برازش منحنی[۸] می‌توان به دقت بالای مدلهای پیچیده‌تر با محاسبات کمتر دست پیدا کرد[۱]. مدلهای زیادی از اتصالات نانولوله کربنی (CNT) در مقاله‌های مختلف به چاپ رسیده است. یک مدل ساده در [۲] به زبان سخت افزاری Veriloge-a قابل دانلود است. کدهای Veriloge-a با شبیه‌ساز مداری HSPICE قابل شبیه‌سازی هستند. مدل پیچیده تری از اتصالات CNT در [۳] ارائه شده است. ما در این مقاله می‌خواهیم یک مدل ساده RC با دقت بالای مدل‌های پیچیده‌تر ارائه کنیم.

ما با استفاده از نرم‌افزار HSPICE و کد Veriloge-a مدل پیچیده داده های زیادی بدست می‌آوریم. ایده‌ی اصلی با بدست آوردن رگرسیون خطی چندگانه[۴] از داده‌ها بدست می‌آید.

۲.مدل اتصالات CNT

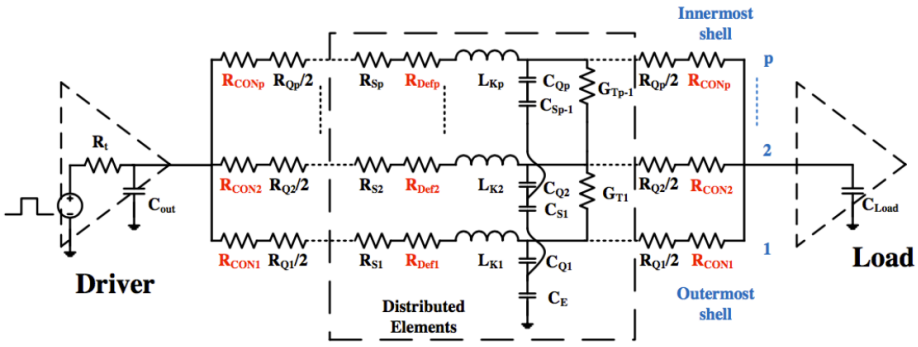
در شکل یک نمای جانبی و مدل اتصالات CNT [۲] و [۳] آورده شده است.

[8] Curve fitting



الف

ب



پ

شکل ۱: (الف) نمای جانبی از اتصالات CNT [۵]، (ب) مدل RC ساده اتصالات CNT [۲]، (پ) مدل RLC پیچیده اتصالات CNT [۳]

مقاومت یک نانولوله کربنی تک دیواره (SWCNT) از رابطه زیر محاسبه می‌شود[۲]:

$$R_{SWCNT} = \frac{h}{4e^2}\left(1 + \frac{L}{L_{MFP}}\right) + R_C \qquad (1)$$

که در آن Rc مقاومت ناحیه تماس می‌باشد، که ایده‌آل در نظرگرفته شده است. LMFT از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$L_{MFP}^{metallic} = \frac{D\sqrt{3}\psi^2}{2\sigma_\varepsilon{}^2 + 9\sigma_\psi{}^2} \qquad (2)$$

که در آن برای CNT دست نخورده σ_ε =0.04 ev و σ_ψ=0 و برای CNT آلاییده شده $б_\varepsilon$ =0 و $б_\psi$=0.06 ev.

مقدار خازن SWCNT از رابطه زیر بدست می‌آید[۲]:

$$C_Q = 4\frac{2e^2}{h\vartheta_F} \qquad (4)$$

$$C_E = \frac{2\pi\varepsilon}{ln\left(\frac{H}{D}\right)} \qquad (5)$$

$$C_{SWCNT} = \frac{C_Q C_E}{C_Q + C_E} \qquad (6)$$

که در آن $V_F \approx 8 10^5$ سرعت فرمی است. بقیه نمادهای استفاده شده در جدول یک آورده شده است.

Parameter name	Physical meaning	Values
L	SWCNT Length	User dependency, should be reasonable for experimental process.
D	SWCNT Diameter	User dependency, should be reasonable for experimental process.
H	Distance from SWCNT line to Ground (used for electrostatic capacitance calculation)	Fixed in the model for 1μm. User can define upon the experimental possibility.
Rc	Contact resistance	User dependency, experimental measurement dependency.
Nc	Doping enhancement parameter (Number of conducting channels on SWCNT)	Nc=2 significate for pristine SWCNT. Nc is suggested to vary up to 10.

جدول ۱: نمادهای استفاده شده در روابط مقاومت و خازن مدل نانو لوله کربنی[۲]

مدل ساده و دقیق پیشنهادی

تاخیر را حاصلضرب مقاومت و خازن می‌دانیم:

$R \times C\tau =$

تاخیر برازش شده پیشنهاد شده ما از رابطه زیر بدست می‌آید. که در آن پارامترهای A , B و C با روش رگرسیون خطی چندگانه از مقدار ۱۰ داده‌های محاسبه شده مدل [۳] توسط نرم افزار HSPICE حاصل می‌شود. با استفاده از قابلیت trade linear در نرم افزار EXCLE ضرایب برازش A=1.05، B=1.02 و C=0.05 شدند.

$$F\tau = R.C = \left(\frac{Ah}{4e^2}\left(1+\frac{L}{L_{MFP}}\right)+R_C\right).\left(\frac{BC_QC_E}{C_Q+C_E}\right)+C$$

شبیه سازی

نتایج حاصل از شبیه سازی پاسخ پله در شکل زیر آورده شده است.



شکل ۲: پاسخ پله مدل پیشنهادی ، [۲] و [۳]

نتیجه گیری

مدل ساده اتصالات نانو لوله کربنی فلزی را با تکنیک برازش منحنی با خطای نزدیک به ۶ درصد به مدل پیچیده تر نزدیک کردیم.

۱. منابع

1. Abou-Seido, Arif Ishaq, Brian Nowak, and Chris Chu. "Fitted Elmore Delay: A Simple and Accurate Interconnect Delay Model." *IEEE TRANSACTIONS ON VLSI SYSTEMS* (2004)

2. LIANG, J.; Todri, A. (2017). CNRS - Carbon Nanotube Interconnect RC Model. nanoHUB. doi:10.4231/D3SJ19T14

3. Chen, R.; LIANG, J.; Lee, J.; Georgiev, V.; Todri, A. (2018). Multi-walled/Single-walled Carbon Nanotube (MWCNT/SWCNT) Interconnect Lumped Compact Model Considering Defects, Contact resistance and Doping impact. nanoHUB. doi:10.4231/D3183448N

4. R. L. Ott, *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis*, 4th ed. Pacific Grove, CA, 1993

5. S. Sinha, A. Balijepalli, and Y. Cao, “Compact model of carbon nanotube transistor and interconnect,” IEEE Trans. Electron Devices, vol. 56, no. 10, pp. 2232–2242, Oct. 2009.

KNO-1102-4407

تخمین وضعیت شارژ باتری لیتیوم یونی در وسایل نقلیه الکتریکی با استفاده از مدل یادگیری عمیق

محمود مقدسیان، m.moghadasian@scu.ac.ir
استادیار پردیس صنعتی شهدای هویزه، دانشگاه شهید چمران اهواز، سوسنگرد، ایران

چکیده

در این مطالعه یک روش مبتنی بر داده برای تخمین وضعیت شارژ باتری‌های لیتیوم یونی پیشنهاد شده‌است تا محدودیت‌های رویکردهای مرسوم مبتنی بر مدل را که به پارامترهای دقیق نیاز دارند، برطرف کند. عملکرد مدل پیشنهادی با استفاده از برآورد دقت تخمین وضعیت شارژ (SOC) باتری در هر محیط اندازه‌گیری می‌گردد. در نتیجه، روش پیشنهادی دقت تخمین بالایی (میانگین خطای مطلق کمتر از ۴ درصد) را در طیف وسیعی از دمای رانندگی (۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد) تنها با داده‌های رانندگی محدود نشان می‌دهد.

کلید واژه‌ها: باتری لیتیوم یونی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، وضعیت شارژ، یادگیری عمیق.

۱. مقدمه

با هدف غلبه بر بحران آب و هوایی، یک جنبش جهانی با رویکرد تولید کربن صفر در حال گسترش است. وسایل نقلیه الکتریکی به عنوان یک انتخاب مهم در این جنبش ظاهر شده‌اند، زیرا به جای موتورهای احتراق داخلی سنتی به باتری متکی هستند [۲-۱]. همانطور که اهمیت باتری‌ها برای تامین انرژی خودروها افزایش یافته است، اهمیت سیستم‌های مدیریت باتری برای تخمین و نظارت بر وضعیت شارژ باتری، عمر و ایمنی نیز افزایش یافته است. با این حال، ماهیت الکتروشیمیایی پیچیده باتری‌های لیتیوم یونی، اندازه‌گیری دقیق پارامترهای داخلی آنها را دشوار می‌کند. تخمین دقیق وضعیت شارژ[۹](SOC) باتری، وظیفه حیاتی سیستم مدیریت باتری[۱۰](BMS) است. SOC نشان دهنده سطح شارژ فعلی باتری است که بصورت ظرفیت موجود نسبت به ظرفیت کاملاً شارژ شده آن بیان می‌شود. تخمین دقیق و کارآمد SOC برای ارزیابی انرژی موجود و بهینه‌سازی استراتژی‌های شارژ و دشارژ ضروری است. بطور خاص، تخمین SOC سلول‌های منفرد باتری برای تعیین محدوده رانندگی باقیمانده و متعادل کردن بسته باتری[۱۱] بسیار مهم است [۳-۵].

[۹] state of charge
[۱۰] battery management systems
[۱۱] battery pack

بر اساس پژوهش‌ها، تاکنون روش‌های متعددی برای تخمین SOC پیشنهاد شده است که به چهار رویکرد اصلی قابل تفکیک است. اولین مورد، روش شمارش کولن است که SOC را با جمع کردن جریان در طول زمان و کم کردن آن از ظرفیت باتری از پیش تعریف شده محاسبه می‌کند. با این حال، این روش مستعد خطا است، به ویژه زمانی که باتری به طور کامل شارژ یا دشارژ نشده باشد، که منجر به خطاهای قابل توجهی می‌شود [۶]. روش دوم بر همبستگی بین ولتاژ مدار باز (OCV)[۲] و SOC متکی است و در آن برای تخمین SOC از داده‌های OCV استفاده می‌شود. با این حال، OCV را فقط می‌توان در شرایط تعادل اندازه‌گیری کرد که چالش‌هایی را برای کاربردهای زمان واقعی ایجاد می‌کند [۷]. روش سوم از رویکردهای مبتنی بر مدل استفاده می‌کند، مانند تخمین SOC از طریق مدل‌های مدار یا الکتروشیمیایی مانند مدل‌های دویل-فولر-نیومن و تک ذره‌ای. در حالی که مدل‌های الکتروشیمیایی یک چارچوب قوی از نظر تئوری ارائه می‌دهند، پیچیدگی محاسباتی آنها را برای کاربردهای زمان واقعی غیرعملی می‌کند. برعکس، اگرچه مدل‌های مدار معادل پیچیدگی کمتری دارند، اما در ثبت دقیق اثرات پیری و حساسیت دما محدود هستند [۸]. روش چهارم و نهایی، روش مبتنی بر داده است که برای تخمین SOC به داده‌های اندازه‌گیری متکی است. شبکه‌های عصبی مصنوعی اخیراً برای استفاده دز این روش محبوبیت پیدا کرده‌اند. با این حال، نتایج بدست آمده از این روش اغلب در مجموعه داده‌های به اندازه کافی بزرگ قابل اعتماد هستند [۹].

مطالعات متعددی برای حل مشکل انباشت خطای روش شمارش کولن انجام شده است، از جمله روشی برای کالیبره کردن SOC اولیه و ظرفیت واقعی بر اساس تجزیه و تحلیل ظرفیت افزایشی و رگرسیون فرآیند گاوسی [۱۰] و همچنین کالیبره کردن خطای انباشته شده با استفاده از مشتق ظرفیت (dQ/dV) و مشتق ولتاژ (dV/dQ) [۱۱]. از آنجایی که اعمال روش مبتنی بر OCV در یک محیط دینامیک دشوار است، به طور کلی از فیلتر کالمن یا یک مدل مدار معادل بدین منظور استفاده می‌شود. مطالعات قبلی OCV را با اعمال یک الگوریتم کنترل ماتریس دینامیکی جدید و فیلتر کالمن توسعه یافته تخمین زده‌اند و تلاش کردند از الگوریتم فیلتر H-infinity استفاده کنند [۱۲].

پژوهش‌هایی نیز بر روی روش‌های مبتنی بر داده با استفاده از مدل یادگیری عمیق مبتنی بر شبکه‌های عصبی بازگشتی انجام شده است. علاوه بر این، بر اساس ساختارهای بازگشتی[۳](RNN)، حافظه بلندمدت-کوتاه‌مدت[۴](LSTM) و واحد بازگشتی گیت‌دار[۵] (GRU) مطالعاتی برای تخمین SOC با استفاده از داده‌های ولتاژ، جریان و دما انجام شده است [۱۳-۱۴] و آنها عملکرد تخمین با دقت بالا را گزارش کرده‌اند. همچنین تلاش‌هایی برای توسعه ساختارهای شبکه عصبی جدید مناسب برای تخمین یا ترکیب شبکه‌های عصبی با فیلترهای کالمن برای بهبود عملکرد تخمین انجام شده است [۱۵].

---

[۱] open-circuit voltage

[۲] recurrent neural network

[۳] long short-term memory

[۴] gate recursive unit

هدف از این مطالعه توسعه یک مدل مبتنی بر داده است که SOC را در موقعیت‌های با داده‌های دمایی مختلف با کمترین خطا پیش‌بینی کند. در ادامه، این مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است: در بخش ۲، مجموعه داده مورد مطالعه، مدل یادگیری عمیق و نحوه اعمال داده‌ها بر مدل پیشنهادی شرح داده شده است. در بخش ۳، نتایج بدست آمده از الگوریتم بکار گرفته شده ارایه شده و در نهایت در بخش ۴ نتیجه‌گیری بیان شده است.

۲. روش پیشنهادی

۱،۲. مجموعه داده مورد مطالعه

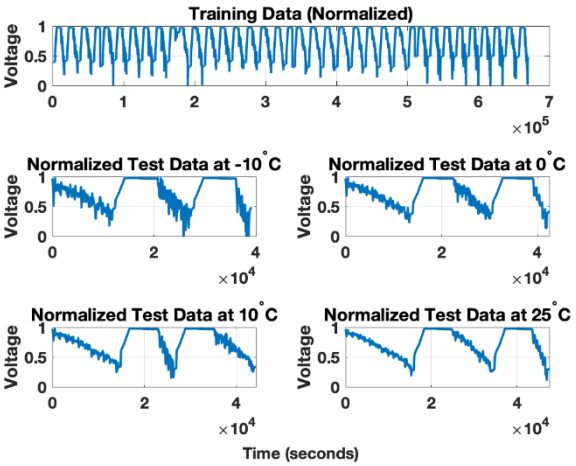
در این مطالعه از مجموعه داده باتری لیتیوم یونی Panasonic NCR18650PF استفاده شده و مشخصات باتری و اطلاعات مربوط به مجموعه داده در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش‌های سیکل رانندگی برای این داده‌ها در دانشگاه ویسکانسین مدیسون انجام شده است. دادهای مورد استفاده در این مطالعه به دو قسمت داده‌های آموزش (۶۷۰۲ نمونه) و آزمایش (۱۷۳۸ نمونه) تقسیم‌بندی شده‌اند. داده‌های آزمایش شامل داده‌های دمای ۱۰- درجه سانتیگراد (۳۹۳ نمونه)، ۰ درجه سانتیگراد (۴۲۶ نمونه)، ۱۰ درجه سانتیگراد (۴۴۳ نمونه) و ۲۵ درجه سانتیگراد (۴۷۶ نمونه) می‌باشند.

همانطور که در شکل ۱ (الف) تا (ث) قابل مشاهده است، داده‌های ورودی به شبکه به‌ترتیب شامل ولتاژ، جریان، دما، ولتاژ متوسط و جریان متوسط می‌باشند. همه داده‌های ورودی در بازه [۱ ۰] نرمال‌سازی[۱] شده‌اند. شکل ۱ (ج) نیز خروجی مدل یادگیری عمیق، یعنی SOC را نشان می‌دهد.

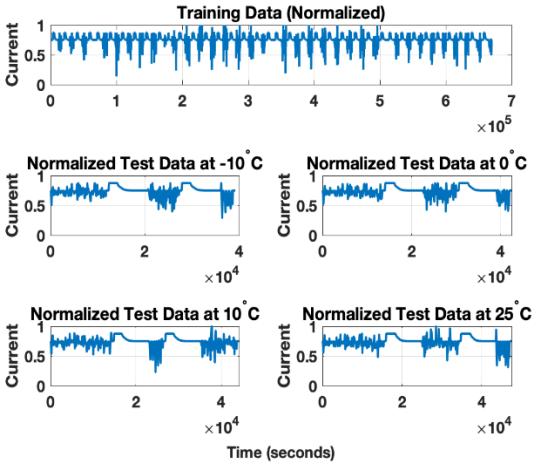
جدول ۱. مشخصات باتری لیتیوم یونی Panasonic NCR18650PF

ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
ولتاژ نامی مدار باز	۳/۶ ولت	نسبت جرم به ذخیره انرژی	۴۸ گرم بر ۹/۹ وات ساعت
ظرفیت	کمینه ۲/۷۵ و نامی ۲/۹ آمپر ساعت	دمای شارژ کمینه	۱۰ درجه سانتیگراد
ولتاژ کمینه و بیشینه	۲/۵ ولت / ۴/۲ ولت	دوره مورد نیاز تا رسیدن به ظرفیت ٪۸۰	۵۰۰

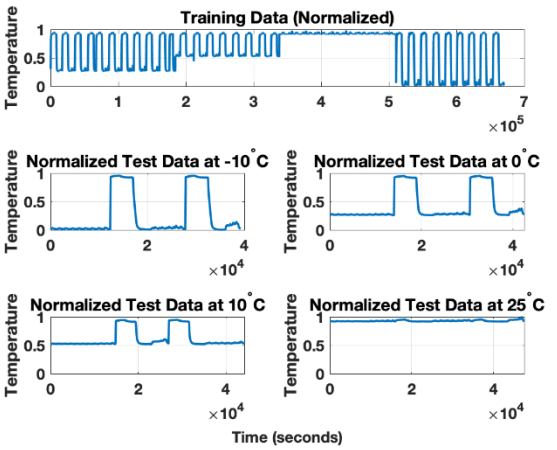
[۱] normalized



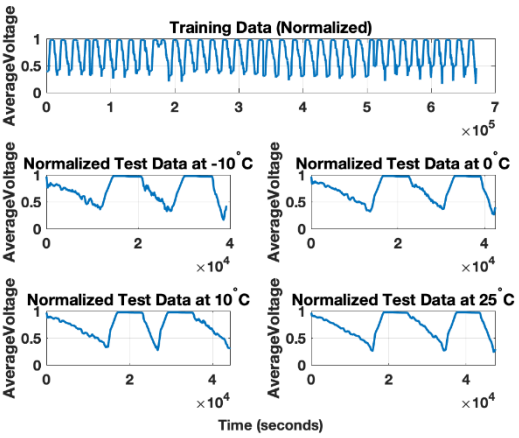
(الف) ولتاژ (ورودی)



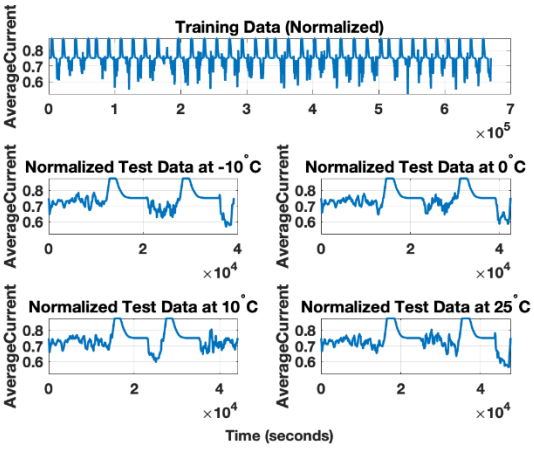
(ب) جریان (ورودی)



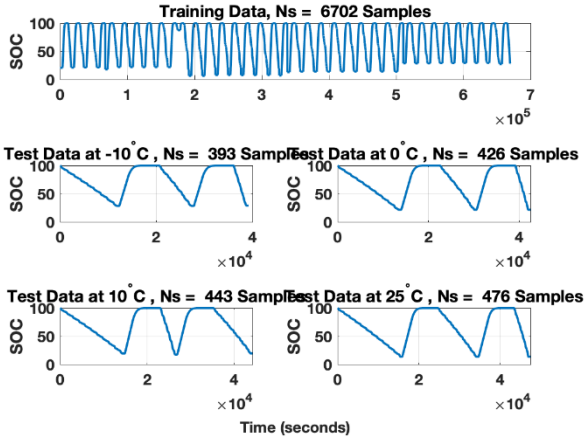
(پ) دما (ورودی)



(ت) متوسط ولتاژ (ورودی)



(ث) متوسط جریان ورودی



(ج) SOC (خروجی)

شکل ۱. ورودی‌ها و خروجی مدل یادگیری عمیق (داده‌های آموزش و آزمایش)

۲،۲. مدل یادگیری عمیق

بعلت ساختار مناسب و توانایی تخمین داده‌ها، معمولا از ساختارهای بازگشتی (RNN)، حافظه بلندمدت-کوتاه‌مدت (LSTM) و واحد بازگشتی گیت‌دار (GRU) به عنوان مدل‌های یادگیری عمیق برای حل مسایل کلاسه‌بندی و بررسی آماری ارتباط بین دو یا چند متغیر (رگرسیون) استفاده می‌شود. RNN ها از حالت‌های مخفی برای انتقال اطلاعات از یک نقطه زمانی به نقطه دیگر استفاده می‌کنند. LSTM دارای حالت‌های سلولی است که حافظه بلندمدت را برای جبران نقصRNN ها در فراموش کردن ویژگی‌های بلندمدت حفظ می‌کند. GRU برای تکمیل LSTM طراحی شده است که به حافظه قابل توجهی نیاز دارد. GRU شامل دو گیت بدون واحد سلولی جداگانه است. بنابراین پارامترهای کمتر و سرعت آموزش سریع‌تری دارد. ورودی‌های مدل مبتنی بر داده، مقادیر جریان، ولتاژ و دما هستند و داده‌ی خروجی SOC است. در این مقاله از شبکه LSTM برای تخمین SOC استفاده شده است.

شبکه LSTM شامل سه بخش اساسی است: گیت فراموشی، گیت ورودی و گیت خروجی که در شکل ۲ نشان داده شده و فرمول بروزرسانی وزن‌های آن نیز به قرار زیر است:

$$f_t = \sigma\left(w_f \times h_{(t-1)} + w_f \times x_t + b_f\right) \quad (۱)$$

$$i_t = \sigma\left(w_i \times h_{(t-1)} + w_i \times x_t + b_i\right) \quad (۲)$$

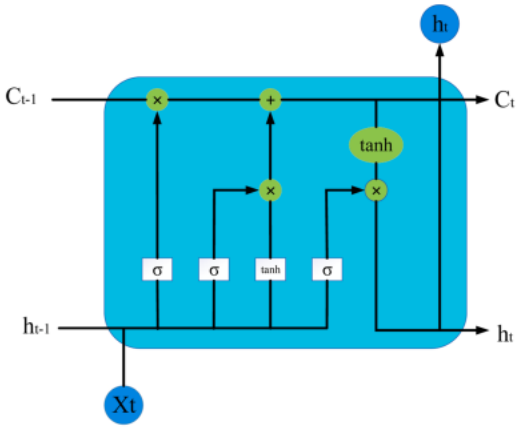
$$o_t = \sigma\left(w_o \times h_{(t-1)} + w_o \times x_t + b_o\right) \quad (۳)$$

$$C_t = tanh\left(w_c \times h_{(t-1)} + w_c \times x_t + b_c\right) \quad (۴)$$

$$c_t = f_t \times c_{(t-1)} + i_t \times C_t \quad (۵)$$

$$h_t = o_t \times tanh(C_t) \quad (۶)$$

که در آن x_t داده در لحظه فعلی، $c_{(t-1)}$ وضعیت سلول در لحظه قبل، c_t وضعیت سلول در لحظه فعلی؛ C_t اطلاعات ورودی در لحظه فعلی و h_t خروجی در لحظه فعلی است.



شکل ۲. ساختمان شبکه LSTM

در شکل ۲، h_t در پایین نشان دهنده خروجی حالت پنهان در گام زمانی فعلی است که عمدتاً برای انتقال اطلاعات به گام زمانی بعدی (t+1) استفاده می‌شود و تضمین می‌کند که LSTM وابستگی‌های بین گام‌های زمانی را ثبت و منتقل می‌کند. h_t در داخل پس زمینه آبی در بالا نیز نشان دهنده خروجی حالت پنهان در گام زمانی فعلی است و به عنوان پارامتر مهمی در خروجی نهایی مدل تاثیرگذار است که معمولاً به لایه‌های شبکه عصبی بعدی یا لایه‌های خروجی متصل می‌شود.

۳،۲. اعمال مدل یادگیری عمیق به داده‌های SOC

اطلاعات تکمیلی شبکه LSTM بکار گرفته شده در این مقاله در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. مشخصات شبکه عصبی LSTM

ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
تعداد واحدهای پنهان	۲۰۰	حداکثر تعداد تکرار داده‌ها (epoch)	۵۰
تعداد واحدهای کاملا متصل	۵۰	کمترین تعداد داده در هر تکرار	۲۰
احتمال حذف عناصر ورودی	۰/۵	نرخ یادگیری اولیه	۰/۱

از آنجایی که SOC مقداری در بازه [۱ ۰] دارد، بدون تغییر است، در حالی که مقادیر جریان، ولتاژ و دما با استفاده از نرمال‌سازی min-maxمطلق با استفاده از معادله (۱) نرمال‌سازی می‌شوند:

$$X_{norm} = \frac{x}{|X_{max}|} \quad (۷)$$

که در آن x_{max} مقدار بیشینه، x مقدار اولیه و x_{norm} مقدار نرمال‌سازی متغیر در بازه [۰ ۱] می‌باشد.

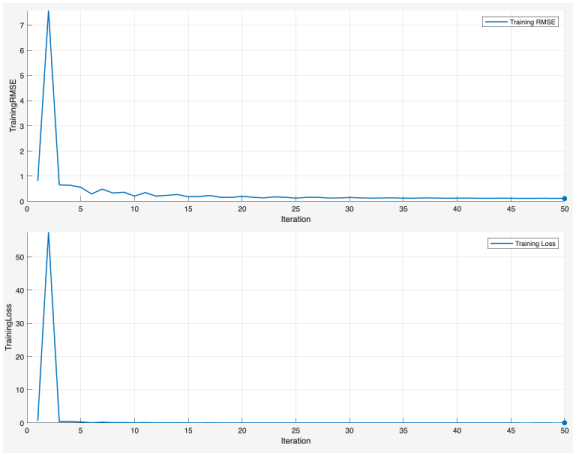
۳. نتایج شبیه‌سازی

همانطور که پیشتر اشاره شد، مدل یادگیری عمیق پیشنهادی ابتدا با ۵ ورودی شامل ولتاژ، جریان، دما، متوسط ولتاژ و متوسط جریان، برای تخمین SOC باتری آموزش می‌بیند و سپس داده‌های آزمایش به آن اعمال می‌شود. شماتیک این سیستم در شکل ۳ نشان داده شده است.



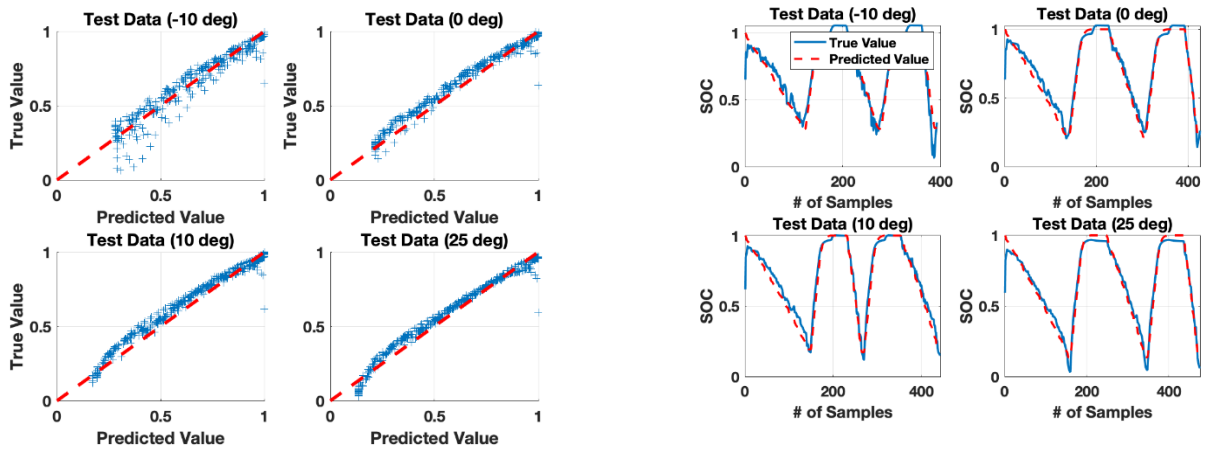
شکل ۳. شماتیک سیستم پیشنهادی برای تخمین SOC

نمودار آموزش شبکه LSTM در شکل ۴ آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در این شکل خطای RSME و تابع ضرر داده‌های آموزش با ادامه روند آموزش و افزایش تکرار تا ۵۰ مرتبه در حال کاهش است.



شکل ۴. نمودار آموزش شبکه LSTM

شکل ۵ نمودارهای خروجی داده‌های تست را در ۴ دمای مختلف کاری باتری نشان می‌دهد. شکل ۵ (الف) داده‌های واقعی و تخمین زده شده توسط شبکه LSTM بر حسب شماره نمونه و شکل ۵ (ب) این داده‌ها را بر حسب یکدیگر نشان می‌دهد. در صورت عملکرد بدون خطای شبکه LSTM، این داده‌ها می‌بایست روی خط x = y در صفحه که با رنگ قرمز نشان داده شده است می‌افتادند.



(الف) داده‌های واقعی و تخمینی بر حسب شماره نمونه (ب) داده‌های واقعی بر حسب خروجی تخمینی

شکل ۵. نمودار داده‌های آزمایش در دماهای مختلف

همانگونه که این نمودارها مشخص است، فرایند تخمین داده‌های SOC با دقت نسبتا خوبی انجام گرفته است. برای ارزیابی بهتر عملکرد الگوریتم پیشنهادی، این مقاله از معیارهای ارزیابی رایج استفاده می‌کند. این شاخص‌ها شامل میانگین خطای مطلق[۷](MAE)، میانگین درصد مطلق خطا[۸](MAPE)، میانگین مربعات خطا[۹](MSE) و ریشه میانگین مربعات خطا[۱۰](RMSE) می‌باشد که به صورت زیر تعریف شده است:

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|y_{true} - y_{pre}\right| \quad (۸)$$

$$MAPE = \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|y_{true} - y_{pre}\right|\right) \times 100\%/y_{true} \quad (۹)$$

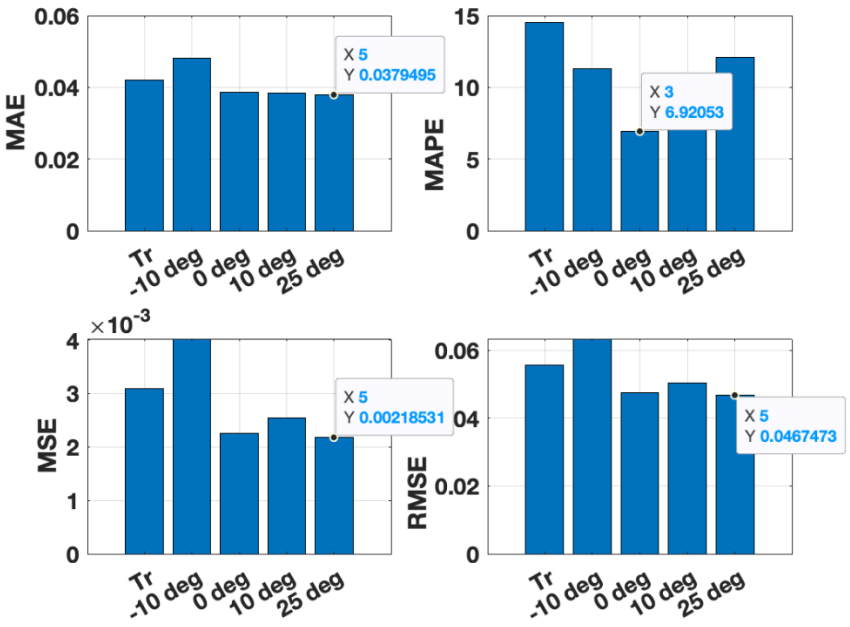
$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(y_{true} - y_{pre}\right)^2 \quad (۱۰)$$

$$\mathrm{R}MSE = \sqrt{MSE} \quad (۱۱)$$

در این معادلات، y_{true} نشان دهنده مقدار خروجی واقعی مجموعه تست، y_{pre} نشان دهنده مقدار خروجی تخمین زده شده توسط مدل یادگیری عمیق و (N) نشان دهنده تعداد نمونه‌ها در مجموعه تست است. نتایج اعمال الگوریتم پیشنهادی بر داده‌های آزمایش در دماهای مختلف با محاسبه روابط (۸) – (۱۱) در شکل ۶ و جدول ۳ نشان داده شده است. مقادیر کمینه این پارامترها نیز بر روی شکل

[۷] mean absolute error
[۸] mean absolute percentage error
[۹] mean square error
[۱۰] root mean square error

مشخص شده است. با توجه به جدول ۳، کمترین مقدار MAE، MSE و RMSE مربوط به مجموعه داده SOC در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد است. همچنین انتظار می‌رفت که مقادیر خطای مجموعه داده آموزش کمتر از مجموعه داده‌های آزمایش باشد، لیکن دلیل این عدم تطابق، تعداد زیاد داده‌های مجموعه آموزش (بیش از ۱۵ برابر) و ماهیت غیرخطی مدل تخمین SOC می‌باشد.



شکل ۶. نمودار انواع پارامترهای ارزیابی خطای داده‌های آزمایش در دماهای مختلف

جدول ۳. خطاهای شبکه عصبی LSTM در مجموعه داده‌های مختلف

مجموعه داده	MAE	MAPE	MSE	RMSE
آموزش	۰/۰۴۱۹	۱۴/۵۳۰۸	۰/۰۰۳۱	۰/۰۵۵۶
آزمایش (۱۰- درجه)	۰/۰۴۸۲	۱۱/۲۹۱۷	۰/۰۰۴۰	۰/۰۶۳۴
آزمایش (۰ درجه)	۰/۰۳۸۷	**۶/۹۲۰۵**	۰/۰۰۲۳	۰/۰۴۷۴
آزمایش (۱۰ درجه)	۰/۰۳۸۳	۷/۳۴۱۳	۰/۰۰۲۵	۰/۰۵۰۵
آزمایش (۲۵ درجه)	**۰/۰۳۷۹**	۱۲/۰۹۶۲	**۰/۰۰۲۲**	**۰/۰۴۶۷**

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه، یک روش مبتنی بر داده برای تخمین دقیق SOC با استفاده از مدل یادگیری عمیق ارایه شد. این مدل قادر است SOC را به طور قابل اعتمادی با خطای RMSE حدود ۴ درصد به طور متوسط در شرایط دمایی بالای ۰ درجه سانتیگراد تخمین بزند. در این مدل برای تخمین SOC، داده‌های ولتاژ، جریان و دما به عنوان ورودی به شبکه LSTM ارایه می‌گردد و شبکه با این داده‌ها آموزش می‌بینند. برای ارزیابی عملکرد مدل، MAE، MAPE، MSE و RMSE داده‌های آزمایش در دماهای مختلف با یکدیگر مقایسه گردید

و نشان داده شد روش پیشنهادی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بهترین عملکرد را نشان می‌دهد. بعنوان موضوعی برای تحقیقات آتی، می‌توان این مدل مبتنی بر داده را با دیگر الگوریتم‌های مبتنی بر مدل و مبتنی بر دانش ترکیب نمود تا به خطاهای کمتری در تخمین SOC دست یافت.

۵. مراجع

[1] M.H. Zafar, N.M. Khan, M. Abou Houran, M. Mansoor, N. Akhtar, F. Sanfilippo, A novel hybrid deep learning model for accurate state of charge estimation of Li-Ion batteries for electric vehicles under high and low temperature, Energy 292.١٣٠٥٨٤ (٢٠٢٤).

[2] C. Bian, S. Yang, J. Liu, E. Zio, Robust state-of-charge estimation of Li-Ion batteries based on multichannel convolutional and bidirectional recurrent neural networks, Appl. Soft Comput. 116 (2022) 108401.

[3] Y. Wang, J. Tian, Z. Sun, L. Wang, R. Xu, M. Li, Z. Chen, A comprehensive review of battery modeling and state estimation approaches for advanced battery management systems, Renew. Sustain. Energy Rev. 131 (2020) 110015.

[4] Marco Mussi, Luigi Pellegrino, Marcello Restelli, Francesco Trovò, A voltage dynamic-based state of charge estimation method for batteries storage systems, Journal of Energy Storage, Vol. 44, Part B, 2021.

[5] S.V. Pandey, N. Parikh, D. Prochowicz, A.K.I.N. Seckin, S. Satapathi, M. M. Tavakoli, P. Yadav, Predicting the state parameters of Lithium ion batteries: the race between filter based and data driven approaches, Sustain. Energy Fuel 7 (3) ٦٢٨–٥٩٨ (٢٠٢٣).

[6] Kiarash Movassagh, Arif Raihan, Balakumar Balasingam, Krishna Pattipati, A Critical Look at Coulomb Counting Approach for State of Charge Estimation in Batteries, MDPI Energies, 14(14), 2021.

[7] Y. Wang, Y. Cheng, Y. Xiong, Q. Yan, Estimation of battery open-circuit voltage and state of charge based on dynamic matrix control-extended Kalman filter algorithm, J. Energy Storage 52 (2022) 104860.

[8] Y. Bi, S.Y. Choe, An adaptive sigma-point Kalman filter with state equality constraints for online state-of-charge estimation of a Li (NiMnCo) O2/carbon battery using a reduced-order electrochemical model, Appl. Energy 258 (2020) ١١٣٩٢٥.

[9] J. Chen, X. Feng, L. Jiang, Q. Zhu, State of charge estimation of lithium-ion battery using denoising autoencoder and gated recurrent unit recurrent neural network, Energy 227 (2021) 120451.

[10] S. Zhang, X. Guo, X. Dou, X. Zhang, A data-driven coulomb counting method for state of charge calibration and estimation of lithium-ion battery, Sustain Energy Technol Assess 40 (2020) 100752.

[11] Y. Zhu, Y. Xiong, J. Xiao, T. Yi, C. Li, Y. Sun, An improved coulomb counting method based on non-destructive charge and discharge differentiation for the SOC estimation of NCM lithium-ion battery, J. Energy Storage 73 (2023) 108917.

[12] Z. Chen, J. Zhou, F. Zhou, S. Xu, State-of-charge estimation of lithium-ion batteries based on improved H infinity filter algorithm and its novel equalization method, J. Clean. Prod. 290 (2021) 125180.

[13] E. Chemali, P.J. Kollmeyer, M. Preindl, R. Ahmed, A. Emadi, Long short-term memory networks for accurate state-of-charge estimation of Li-ion batteries, IEEE Trans Ind Electron 65 (8) (2017) 6730–6739.

[14] J. Chen, Y. Zhang, J. Wu, W. Cheng, Q. Zhu, SOC estimation for lithium-ion battery using the LSTM-RNN with extended input and constrained output, Energy 262 (2023) 125375.

[15] Z. Cui, L. Kang, L. Li, L. Wang, K. Wang, A hybrid neural network model with improved input for state of charge estimation of lithium-ion battery at low temperatures, Renew. Energy 198 (2022) 1328–1340.

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.

اپلیکیشن این مجله را می‌توانید از مارکت نرم‌افزارهای موبایل (گوگل پلی) به آدرس زیر دریافت کنید.

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kahroba.wwwnoandishaan

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.

A revolution in the performance of smart cars by combining artificial intelligence and sensory technology in control systems

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

Artificial intelligence and advanced technologies, including sensors, data processing, wireless networks and complex algorithms, have clearly brought about major changes in the automotive industry. One of the areas where these technologies have had a great impact is the control systems of smart cars. Improving the performance of these systems is very important because these systems directly affect the safety and efficiency of the vehicle. One of the ways to improve the performance of smart car control systems is to improve the algorithms and software used in these systems. Increasing the speed of data processing, improving the decisions made by the system, and increasing the accuracy in diagnosing and predicting different road conditions can improve the overall performance of smart car control systems.Also, the use of advanced sensors and more communication between cars and road infrastructure can also help improve the performance of these systems. These measures not only improve the safety and efficiency of cars, but can also help reduce accidents and urban traffic.

Keywords: revolution, smart cars, artificial intelligence, sensors, data processing, control systems

Semantic Web Recommender System Based on User Profile Using Influence Maximization in Network of Similar Users and Deep Learning

Mastooreh Moeini[1] , *[*]Ali Broumandnia*[2] , *Mona Moradi*[3]

1.Department of Software Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran Iran.

2.Department of Software Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran Iran

3.Department of Software Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran Iran

*Corresponding author: Ali.Broumandnia@iau.ac.ir

Contributing authors : st_m_moini@azad.ac.ir , mona.moradi@iau.ac

Abstract

Web page recommender systems are used to provide suggestions related to the content of websites and web pages to users in order to reduce information overhead. By analyzing users' opinions and feedback, these systems can identify user behavior patterns and preferences and provide suitable suggestions based on them.In this paper, the combination of social influence maximization problem and collaborative filter based on deep auto-encoder network is used to estimate the ranking of users in the network of similar users based on users' opinions. The proposed method finds influential users by finding the network of similar users based on users' opinions based on the genetic algorithm. Influential users form the group of similar users in terms of ratings as the input of the deep auto-encoder network, whose output is the rating estimation of new users. Finally, web visit recommendations are made for new users based on the collaborative filter resulting from the prediction of the favorite items of influential users. The proposed method with MAE, RMSE, Hit Rate and Accuracy values equal to 0.0024, 0.0025, 95.31% and 95.08, respectively, has obtained better results than other previous methods.

Keywords: Recommendation system, User profile, Auto encoder networks, collaborative filter, genetic algorithm.

Simulation of heart sound processing and classification in MATLAB software

Alireza Mahmoodi Fard — Industrial Management Department, Faculty of Humanities, Shahed University, Tehran, alireza10.m10@gmail.com

Zahra Akbari — Bachelor of Medical Engineering, Abrar Institute of Higher Education, Tehran, Iran, Zahra.akbary399@gmail.com

Abstract: One of the most important and widely used fields of medical engineering is working on the heart and its signals. Automated heart sound signal quality assessment is an essential step for reliable heart sound signal analysis. An inevitable processing step for this purpose is heart sound segmentation, which is still a challenging task from a technical point of view. One of the fields of research in the fields related to the heart is the processing and classification of heart sound (usually to detect heart valve diseases) where various types of features are extracted from the sound signal of the heart and then used by classifiers. In this study, it is intended to extract a limited number of features that are calculated with the help of STFT from the sound signal of the heart and to classify the sound of the heart into two categories, "healthy" and "diseased", using the SVM classifier.

Keywords: Signal processing, classification, simulation, heart sound, feature classification, MATLAB software

Investigation and analysis for the design of a photovoltaic panel using complementary metal oxide semiconductor technology with maximum voltage operation

Amir Shateri

*Graduate of continuous bachelor's degree in electrical engineering from Apadana Institute of Higher Education, Shiraz; Iran

Abstarct:

In this research and article, a local substrate removal step has been used to make a small panel with metal oxide-semiconductor technology complementary to photovoltaics with backlight suitable for high voltage and low power applications. Local substrate removal can be considered an advanced multi-chip module technology by creating a 50 µm physical gap between on-chip photovoltaic cells for electrical isolation, while requiring time-consuming pick and place steps. The proof-of-concept photovoltaic module achieved maximum open-circuit voltage and microamp-scale short-circuit current in a small form factor (3.13 V/mm2). The fabrication of this mini-photovoltaic module is based on standard microelectronics manufacturing/packaging processes, thereby ensuring easy integration with other microelectronics for self-powered systems.

Keywords: Metal Oxide Semiconductor Technology, Photovoltaic Device with Backlight, Substrate Local Removal, Electromechanical Microsystems Process

Optimization of Component and VM Allocation in Cloud Data Storage Using Hybrid GWO-HHO Algorithm

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: This paper presents a new reliable cloud data storage system that uses a hybrid GWO-HHO meta-heuristic algorithm. Existing algorithms often do not consider the general and specific constraints related to the allocation of components and VMs for data storage. These constraints include instances, interactions between components, allocation rules, and device capacity. This hybrid meta-heuristic algorithm optimizes the allocation of components and effectively solves the problems of cloud data storage in components. The performance of the proposed system was validated and compared with other models. Comparative analysis and statistical evaluation were performed to evaluate the effectiveness of the system. To evaluate the performance of the advanced system, it was compared with other existing approaches. The purpose of this comparison is to show the superiority of the proposed approach in terms of its performance and efficiency. The proposed method provides better performance in the cloud data storage model; Therefore, it can be proved that it can reduce the time complexity and increase the performance. Compared to other approaches, the proposed model shows a lower requirement for active servers. This shows that the proposed model is more efficient in using server resources, which in turn leads to energy saving in the cloud data storage process. By requiring fewer active servers, the proposed model improves system reliability performance. It minimizes the energy consumption associated with server operations and leads to increased efficiency and cost-effectiveness in cloud data storage. Also, the results of the proposed method clearly show that the recommended model requires less processing time for efficient cloud data storage. Decreasing the makepan value indicates the effectiveness of the model in optimizing the storage process and minimizing the time required for processing. As a result, the proposed model is more efficient and able to achieve efficient cloud data storage.

Keywords: efficient cloud data storage, hybrid meta-heuristic algorithm, optimization, HHO meta-heuristic algorithm, GWO meta-heuristic algorithm.

A simple but accurate model of carbon nanotube junctions

Hadi Samadi h.samadimehreh@email.kntu.ac.ir

Faramarz Aghaei Liaoli f.aghaei1989@gmail.com

Master of Electrical Engineering, Khwaja Nasiruddin Toosi University, Tehran, Iran

Abstract:

In this article, we have presented a simple but accurate model of metallic carbon nanotube. By using curve fitting, we have added coefficients in the simpler model, and the presence of these coefficients caused our proposed model to have an error of nearly 6 percent compared to the more complex model.

Keywords:

Carbon nanotube, CNT, connections, Veriloge-a, HSPICE

Estimation of state of charge of Li-Ion battery in electric vehicles using deep learning model

Mahmood Moghadasian

Assistant Professor, Shahadaye Hoveyzeh Campus of Technology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Sussangerd, Iran,
m.moghadasian@scu.ac.ir

Abstract: This study proposes a data-driven method for estimating the state of charge (SOC) of lithium-Ion batteries to overcome the limitations of conventional model-based approaches that require accurate parameters. The performance of the proposed model is analyzed by estimating the SOC prediction accuracy in environments with different operating temperatures. As a result, the proposed method shows high estimation accuracy (mean absolute error less than 4%) over a wide range of driving temperatures (0 to 25 degrees Celsius) with only limited driving data.

Keywords: Li-Ion battery, artificial neural networks, state of charge, deep learning