kahrobaonline.ir

زمستان ۹۹
سال نهم

کهربا

فصلنامه تخصصی مهندسی برق و کامپیوتر

شماره سی ام

Journal of Electrical and Computer Engineering





تشخیص بیماري آلزایمر توسط سیگنالEEGدرباندهاي فرکانسي مختلف

مقطع‌نگاری رایانه‌ای با دو انرژی برای تشخیص شکستگی های وخیم مهره ای

بهینه سازی چندهدفه مبدل افزاینده DC-DC برای کاربرد پنل‌های خورشیدی

طراحی حسگر گلوکز با استفاده ازTri-Core modified فیبر کریستال فوتونیک

بهبود روش های توسعه و مهندسی نرم افزار به روش چابک و ترکیب با مهندسی نیازمندی

ارائه یک سیستم توصیه گر خدمات قابل اطمینان در اینترنت اشیاء با استفاده از مدل تصمیم گیری خاکستری

ISSN :2322-3723

شماره مجوز وزارت فرهنگ و ارشاداسلامی ۷۷۸۲۱

سال نهم
شماره سی‌ام
زمستان ۹۹



صاحب‌امتیاز

سایت نواندیشان

مدیرمسئول

مهدی عارف خیابانی

سردبیر

امین شیخ نجدی

هیئت تحریریه

دکتر میثم عسگری- ارشد برق- دکترای علوم و مهندسی کامپیوتر- استادیار دانشگاه OHSU پورتلند آمریکا

دکتر امیرحسین رحمانی – دکترای برق قدرت- مدیر گروه برق دانشگاه آزاد دزفول

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

دکتر محمد دوستی زاده- دکترای برق، قدرت- مربی دانشگاه آزاد اسلامی خرم آباد

دکتر علویه میرفتح الهی- دکترای علوم اعصاب گرایش هوش مصنوعی- دانشگاه علم و صنعت ایران

مهندس امین شیخ نجدی- استاد الکترونیک دانشگاه آزاد دزفول (مربی)

مهندس آزاد رحیمی – کارشناس ارشد برق قدرت- عضو هیئت علمی دانشگاه فنی و حرفه ای سنندج

مهندس مهسا سرائی – کارشناس ارشد برق مخابرات

مهندس علی کمالی- کارشناس ارشد برق قدرت – کارشناس پژوهشکده خودرو محیط زیست دانشگاه تهران

مهندس آرام قادری – کارشناس ارشد برق الکترونیک

مهندس سیما نیک پرور - کارشناسی ارشد مکاترونیک – دانشگاه تبریز

درباره کهربا	۳
یادداشت مدیرمسئول	۴
آشنایی با مشاهیر	
پروفسور کمال سرابندی – ۱۸ مدرک دکترا	۵
مقالات	
ارائه یک سیستم توصیه‌گر خدمات قابل اطمینان د راینترنت اشیاء با استفاده از مدل تصمیم‌گیری خاکستری وحید توانا-گروه مهندسی کامپیوتر مؤسسه آموزش عالی لیان- کارشناسی ارشد	۷
طراحی حسگر گلوکز با استفاده از Tri-Core modified فیبر کریستال فوتونیک مهران کریمیان ریزی-دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز-دانشجو کارشناسی ارشد مریم فریور-سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور-اداره کل استان اصفهان وحید رنجبر عین الدین-دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز-دانشجو کارشناسی ارشد	۲۲
بهینه‌سازی چندهدفه مبدل افزاینده DC-DC برای کاربرد پنل‌های خورشیدی صمد محمدزاده بازرگان– دانشکده مهندسی برق مؤسسه آموزش عالی معراج سلماس توحید رحیمی– دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز	۲۸
مقطع نگاری رایانه‌ای با دو انرژی (DECT) برای تشخیص شکستگی‌های وخیم مهره وحید رنجبر عین الدین-دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز-دانشجو کارشناسی ارشد مهران کریمیان ریزی-دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز-دانشجو کارشناسی ارشد حسین بیگلری -دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز-دانشجو کارشناسی ارشد	۳۶
بهبود روش‌های توسعه و مهندسی نرم‌افزار به روش چابک و ترکیب با مهندسی نیازمندی مرتضی یزدان‌پناه-دانشگاه آزاد اسلامی مشهد مقدس-دانشجو دکترا	۴۵
تشخیص بیماری آلزایمر توسط سیگنال EEG در باندهای فرکانسی مختلف وحید رنجبر عین الدین-دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز-دانشجو کارشناسی ارشد مریم فریور-سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور-اداره کل استان اصفهان مهران کریمیان ریزی-دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز-دانشجو کارشناسی ارشد حسین بیگلری -دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز-دانشجو کارشناسی ارشد	۵۳
درباره کهربا	۶۰

درباره کهربا

مجله الکترونیکی کهربا، باهمت و تلاش جمعی از دانشجویان و مهندسین برق، بخصوص اعضای انجمن علمی و پژوهشی نواندیشان، در سال هزار و سیصد و نود شروع به کارکرد. کهربا از سال ۹۱ با کسب شماره بین‌المللی استاندارد مجلات (ISSN:۲۳۲۲-۳۷۲۳) و ثبت در سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران، به‌عنوان فصلنامه‌ای رسمی و تخصصی در حوزه صنعت برق شناخته‌شده است. این نشریه تخصصی در سال ۹۵ موفق به اخذ پروانه انتشار از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، با مجوز شماره ۷۷۸۲۱ و ثبت در سامانه جامع رسانه‌های کشور(e-rasaneh) و بانک اطلاعات نشریات کشور(magiran) گردید. در سال ۹۷ طی تفاهم‌نامه‌ای با بانک مقالات کشور (سیویلیکا) موردحمایت 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.

یادداشت مدیرمسئول

در نهمین زمستان از فعالیت نشریه کهربا و پس از انتشار بیست‌ونه شماره از مجله مفتخریم با انتشار سی‌امین 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 قدمی هرچند کوچک، جهت جلب رضایت و بالا بردن سطح دانش شما برداریم؛ و روزبه‌روز شاهد پیشرفت و موفقیت‌های شما عزیزان باشیم.

آشنایی با مشاهیر



پروفسور کمال سرابندی با ۱۸ مدرک دکترا

کمال سرابندی ۱۴ آبان ۱۳۳۵ در زابل واقع در سیستان و بلوچستان از محروم‌ترین مناطق ایران که وابسته به طایفه سربندی می‌باشد به دنیا آمد. خانواده پدری او در حال حاضر در کرج زندگی می‌کنند. وی تحصیلات کارشناسی خود را در دانشگاه صنعتی شریف سپری کرده است. پس از آن با ادامه تحصیل در مقطع کارشناسی‌ارشد در رشته ریاضیات کاربردی راهش را به سوی موفقیت‌های بیشتر هموار کرد و پی‌اچدی خود را در مهندسی برق از دانشگاه میشیگان آمریکا دریافت و پله‌های ترقی را یکی یکی بالا رفت.

سرابندی در سال های ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۴ در مرکز تحقیقات مخابرات ایران به عنوان مهندس ماکروویو مشغول به کار بود. او تاکنون مدیر اجرایی پروژه‌های تحقیقاتی بسیاری که وابسته به ناسا، آرو، آزمایشگاه پیشرانه جت، بنیاد ملی علوم، سازمان پروژه‌های تحقیقاتی دفاعی پیشرفته بوده، است. کمال سرابندی که یک روش علمی و عملی در فن مهندسی مایکروویو را بوجود آورده است که ظرفیت حوزه مایکروویو رادار را چندین برابر نموده و مورد استفاده قرار داده که این یکی از پیشرفته ترین و دقیق ترین مدل‌های ریاضی بوده و همچنین آقای سرابندی با استفاده از سیستم‌های جدید تجسس در اطراف کره زمین و فضای سبز اقدام کرده است.

وی دروس جدیدی را به جای درس‌های گذشته در دوره دکترا و فوق دکترا به کار می‌گیرد. سرابندی در آزمایشگاه پیشرانه جت مدیریت دو دانشمند، دوازده دانشجوی پی‌اچدی و ۲ دانشجوی فوق‌لیسانس که در آنجا مشغول به کارند را برعهده دارد. پس‌ازآن با کسب بورس تحصیلی، تحصیلات خود را در دانشگاه کالیفرنیا، برکلی تا مقطع دکترا ادامه داد. سپس در آزمایشگاه‌های بل مشغول به کار شد که پس از مدتی ترجیح داد به ایران برگردد و به‌عنوان استاد دانشکده فنی دانشگاه تهران به کار مشغول شود.

در سال ۱۹۹۶ جناب دکتر کمال سرابندی موفق به دریافت جایزه در زمینه مهندسی الکترونیک و علوم کامپیوتری شد. همچنین به عنوان اولین استاد سال در آمریکا شناخته شده است. وی دارای ۱۸ مدرک دکترا است که در سه رشته علم ریاضی، علم رادارو علم الکترونیک به عنوان برترین در این رشته‌ها شناخته می‌شود و از افتخارات کشورمان به حساب می‌آید.

در ژانویه ۱۹۹۷ کمال سرابندی توانست جایزه هنری راسل، نمایندگان دانشگاه میشیگان که از بالاترین جوایز است را دریافت کند. او همچنین جایزه آموزش عالی گروه مهندسی برق و علوم کامپیوتر در همان دانشگاه را به دست آورد که در ادامه بیشتر راجع به جوایزی که به وی اعطا شده صحبت خواهیم کرد.کمال سرابندی تاکنون فصول مختلفی را در کتب مختلف منتشر کرده است. او همچنین بیش از ۱۷۰ مقاله را در مجلات مرجع به چاپ رسانده، از دیگر افتخارات وی می‌توان به انتخاب او به عنوان سخنران برجسته وزارت آموزش‌وپرورش و علوم دولت فدرال آلمان و ارائه‌دهنده برترین مقاله در کنفرانس علوم آمریکا اشاره کرد.

در حال حاضر پروفسور سرابندی ریاست گروه علوم جغرافیایی‌وسنجش از راه دور انجمن مهندسین برق‌والکترونیک در ایالت میشیگان آمریکا را بر عهده دارد. همچنین ایشان عضو هیئت داوران سازمان فضایی آمریکا NASA در علوم و فنون زمین‌شناسی است .

جوایز کسب شده:

- جایزه تعالی تیم دانشکده خانواده تد کندی در سال ۲۰۱۸

- عضو انجمن پیشرفت Association علوم آمریکا AAAS در نوامبر ۲۰۱۶
- جایزه دستاورد گروه ناسا در ۱۵ ژوئن ۲۰۱۷
- جوایزی که از دانشکده مهندسی دریافت کرد شامل: Stephen S. Attwood 2016-2015 این جایزه یکی از بالاترین افتخاراتی است که از طرف دانشکده مهندسی به یک عضو هیئت علمی اعطا می‌شود که کمال سرابندی افتخار آن را پیدا کرده است.
- در مه ۲۰۱۶ جایزه ممتاز فارغ التحصیلان را دریافت کرد.
- در سال ۲۰۱۳ جایزه آموزش اینترنت را بدست آورد.
- جایزه‌ای برای کمک به تشخیص فاصله از رادار قطبی موج مایکروویو و فاصله میلی‌متر موج سطح زمین برای کاربردهای نظامی و غیرنظامی که به جایزه IEEE Judith A. Resnik 2011 معروف است.
- در سال ۲۰۱۰ از دانشگاه میشیگان جایزه افتخار دانشکده برجسته را از آن خود کرد.
- به عنوان استاد مهندسی Rufus S. Teedale در ژانویه ۲۰۰۹
- جایزه تحقیقات هامبولت از بنیاد الکساندر فون هامبولت آلمان در آوریل ۲۰۰۸
- گواهی تقدیر از ناسا در مارس ۲۰۰۷ به دلیل مشارکت قابل توجه در علوم مرتبط با معماری اکتشاف قمری، دکتر مایکل گریفین، مدیر ناسا و سناتور هریسون اچ اشمیت رئیس شورای مشورتی ناسا
- در اکتبر ۲۰۰۵ جایزه تشخیص دانشکده دانشگاه میشیگان برای کمک‌های برجسته به عنوان یک معلم، محقق و عضو جامعه دانشگاه

www.kahrobaonline.ir

ارائه یک سیستم توصیه‌گر خدمات قابل اطمینان در اینترنت اشیاء با استفاده از مدل تصمیم‌گیری خاکستری

وحید توانا[۱]

[۱] کارشناسی ارشد، مؤسسه آموزش عالی لیان، گروه مهندسی کامپیوتر، بوشهر، ایران
Vahidtavana27@gmail.com

چکیده : اینترنت اشیاء، شبکه‌ای از اشیاء است که در آن اشیاء مختلف می‌تواند به کمک کامپیوتر و از طریق ارتباطات اینترنتی با سایر تجهیزات ارتباط برقرار کنند. در محیط اینترنت اشیاء، هریک از این اشیا تحت کنترل تعدادی سرویس‌دهنده قرار دارند و به‌عبارتی‌دیگر، این سرویس‌دهنده‌ها هرکدام به تعدادی از اشیا سرویس ارائه می‌دهند. کاربران با توجه به نوع نیازشان هرکدام تعدادی از خدمات ارائه‌شده توسط این سرویس‌دهنده‌ها را به کار می‌گیرند. در این میان مسئله‌ای که از اهمیت بالایی برخوردار است، توصیه سرویس‌دهنده‌هایی است که استفاده از آن‌ها برای کاربران مفیدتر و بهینه‌تر است. برای رسیدن به چنین هدفی از سیستم‌های توصیه‌گر استفاده می‌شود. وظیفه اصلی سیستم‌های توصیه‌گر، توصیه سرویس‌دهنده‌هایی است که مطابق با نیازهای مختلف کاربران باشند.

در این پژوهش، یک سیستم توصیه‌گر قابل اطمینان با استفاده از مدل تصمیم گیری خاکستری ارائه می‌شود که ضمن بهبود روند تصمیم‌گیری، باعث کاهش سربار محاسباتی و افزایش دقت می‌شود. نتایج ارزیابی نشان می‌دهند که روش پیشنهادی نسبت به رویکردهای مقایسه شده، در مؤلفه‌های Recall، Precision، F-Measure و انرژی مصرفی کارایی بالاتری داشته و از این رو می‌تواند به عنوان یک رویکرد مؤثر در سیستم‌های توصیه‌گر استفاده شود. همچنین، نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نسبت به رویکردهای دیگر، سطح انرژی مصرفی که یکی ازمولفه های مهم در شبکه اینترنت اشیاء است، تا سطح قابل توجهی بهبود می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: *اینترنت اشیاء، سیستم‌های توصیه‌گر، مدل خاکستری، تصمیم‌گیری چندمعیاره، هوش مصنوعی*

مقدمه

اینترنت اشیاء معماری نوظهور اطلاعاتی مبتنی بر اینترنت است که تعامل بین اشیا و خدمات را در محیطی امن و قابل‌اطمینان توسعه می‌دهد. درواقع هدف این ساختار، کاهش فاصله بین اشیای دنیای فیزیکی و سیستم‌های اطلاعاتی است. در بحث اینترنت اشیاء، انتظار می‌رود که اشیای هوشمند به عضو فعالی در کسب‌وکار و فرآیندهای اطلاعاتی و اجتماعی تبدیل شوند، به‌طوری‌که قادر باشند بین خودشان و محیط بیرونی از طریق تبادل داده و اطلاعات حس شده، تعامل داشته باشند [۱].

درواقع، اینترنت اشیاء، شبکه‌ای از اشیاء است که در آن اشیاء مختلف می‌تواند (به کمک کامپیوتر و از طریق ارتباطات اینترنتی) با سایر تجهیزات ارتباط برقرار کنند. "اینترنت اشیاء" در برگیرنده تعداد زیادی از اشیاء به هم وابسته است. در حقیقت، این پدیده به‌عنوان مرحله اصلی در سیر تکامل فضای مجازی شناخته شده است. دو ویژگی اصلی می‌تواند "اشیاء" مختلف را به‌عنوان بخشی از "اینترنت اشیاء" قرار دهد. این دو مشخصه شامل مشخصه-های هویتی و ارتباط اینترنتی هستند. هرکدام از این اشیاء

هوشمند، یک آدرس پروتکل اینترنتی[۱] مختص به خود را خواهند داشت تا ابزاری که به ارسال یا دریافت اطلاعات می‌پردازد، قابل‌تشخیص شود. این اشیاء هوشمند، قادر خواهند بود سیستم‌هایی را تشکیل دهند که توانایی ارتباط با یکدیگر را داشته باشند [۳،۲].

بسیاری از حوزه‌های کاربردی از قبیل تدارکات، فرآیندهای صنعتی، ایمنی عمومی، خودکارسازی منازل، نظارت بر محیط و مراقبت از سلامتی ممکن است با استفاده از سیستم‌های اینترنت اشیاء مزایای قابل‌توجهی داشته باشند [۴]. علاوه بر موارد بیان شده، کاربردهای بسیار زیادی دیگری برای اینترنت اشیاء وجود دارند که به‌صورت روزافزونی، حجم استفاده از آن‌ها افزایش می‌یابد. بسیاری از کاربردهای مربوط به اینترنت اشیاء، نه‌تنها روی نظارت بر رویدادهای گسسته[۲] تمرکز می‌کند، بلکه بر روی کاوش اطلاعات به‌دست‌آمده از مؤلفه‌های اینترنت اشیاء نیز متمرکز می‌شوند. بسیاری از ابزارهای جمع‌آوری داده‌ها در اینترنت اشیاء، ابزارهای مجهز به حسگر هستند که نیاز به پروتکل‌های سفارشی مانند انتقال پیام تله‌متری[۳] و سرویس توزیع داده دارند [۵].

چالش‌های بسیار زیادی در زمینه توسعه و استفاده از فنّاوری اینترنت اشیاء وجود دارد. برقراری امنیت یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در اینترنت اشیاء است. درصورتی‌که هکرها کنترل شبکه را به عهده بگیرند رویدادهای ناگواری به وقوع خواهد پیوست. برای مثال با ایجاد خرابکاری در سیستم چراغ‌های راهنمایی، می‌توان ترافیک یک شهر را دچار مشکل کرد. البته امنیت در اینترنت فعلی هم یک چالش بزرگ به شمار می‌آید، اما در اینترنت اشیاء این مسئله ابعاد بزرگ‌تری پیدا می‌کند. توزیع‌شدگی بیش‌تر شبکه و به‌تبع آن نقاط ورود بیش‌تر به سیستم، یکی از دلایل این موضوع است. همچنین اشیائی که قرار است به اینترنت متصل شوند، معمولاً معماری ساده‌تری نسبت به کامپیوترها دارند و این مسئله، پیاده‌سازی ابزارهای امنیتی را در آن‌ها دشوار می‌سازد. مفهوم حریم شخصی همواره همراه با امنیت به کار برده شده است، اما در مبحث اینترنت اشیاء، بهتر است که توجه جداگانه‌ای به آن شود؛ چرا که در اینترنت اشیاء اطلاعات خصوصی بیشتری نسبت به وضعیت کنونی بر روی شبکه قرار می‌گیرد. یکی از این اطلاعات خصوصی، سبک زندگی افراد است [۶].

افزایش تقاضا برای خرید تجهیزات با قابلیت اتصال به شبکه یکی دیگر از چالش‌های مهم در این زمینه است که افزایش رقابت را در این حوزه به دنبال خواهد داشت. با گسترش اینترنت اشیاء و ایجاد داده‌های فراوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش رو ذخیره نمودن این اطلاعات است. سرورها و مراکز داده، وظیفه ذخیره حجم عظیم اطلاعات را خواهند داشت. دفع زباله‌های الکترونیکی نیز از مهم‌ترین چالش‌های پیش رو که همه محصولات الکترونیکی را شامل می‌شود. پسماندهای میلیاردها حسگر، باطری‌ها کوچک، قطعات پلاستیکی و مدارهای الکترونیکی معیوب و آسیب‌دیده، می‌توانند آسیب‌های جدی به محیط‌زیست وارد نمایند. علاوه بر موارد بیان شده چالش‌هایی از قبیل مقیاس‌پذیری، مسائل مالی، کشف سرویس، ادغام داده و مسیریابی از مهم‌ترین چالش‌هایی هستند که در زمینه استفاده از اینترنت اشیاء وجود دارند.

چالشی که در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفته است و یک روش جدید برای حل مسائل مربوط به آن ارائه شده است، مسئله انتخاب و ارائه سرویس به کاربران با استفاده از سیستم‌های توصیه‌گر در محیط اینترنت اشیاء است. در کل حجم فراوان و روبه رشد اطلاعات بر روی وب و اینترنت اشیاء، فرایند تصمیم‌گیری و انتخاب اطلاعات، داده یا سرویس‌دهنده‌های موردنیاز را، برای بسیاری از کاربران وب دشوار کرده است. این موضوع، خود انگیزه‌ای شده است تا محققین را وادار به پیدا کردن راه‌حلی برای رویارویی با این مشکل اساسی عصر جدید که با عنوان سرریز داده‌ها شناخته می‌شود، کند. برای رویارویی با این مسئله تاکنون دو رویکرد مطرح‌شده‌اند، اولین رویکردی که به کار گرفته می‌شود، استفاده از دو مفهوم بازیابی اطلاعات و تصفیه‌سازی[۴] اطلاعات است. عمده محدودیتی که این دو مفهوم در ارائه پیشنهادات دارند، این است که برخلاف

[۱] Internet Protocol (IP)
[۲] Discrete events
[۳] MQ Telemetry Transport (MQTT)
[۴] Purification

توصیه‌گرهای انسانی، این دو روش قادر به تشخیص و تفکیک موارد با کیفیت و بی‌کیفیت، در ارائه پیشنهاد برای یک محصول یا سرویس‌دهنده، نیستند. مشکل مذکور، موجب شد تا رویکرد دومی تحت عنوان سیستم توصیه‌گر پدید آید. این سیستم‌های جدید، مشکل سیستم‌های موجود در رویکرد اولیه را حل کرده‌اند. در ادامه این سیستم‌ها به‌صورت دقیق مورد ارزیابی قرار می‌گیرند [۷].

ساختارکلی مقاله به این صورت است که در بخش دوم از مقاله، ویژگی‌ها و کاربردهای فناوری اینترنت اشیاء به عنوان یک تکنولوژی نوین در زمینه سیستم‌های توصیه‌گر تحلیل و ارزیابی می‌شود. در ادامه و در بخش سوم از مقاله، کارهای انجام‌شده در زمینه سیستم‌های توصیه‌گر در اینترنت اشیاء مورد بحث و ارزیابی قرار گرفته و مزایا و معایب هریک از رویکردهای موجود بررسی می‌شود و در انتها یک مقایسه کلی بین روش‌های ارزیابی شده، ارائه می‌شود. در بخش چهارم از مقاله، روش پیشنهادی بیان شده و ساختار کلی آن بیان می‌شود، در بخش پنجم از مقاله، نتایج حاصل از ارزیابی برای روش پیشنهادی بیان شده و با رویکردهای موجود مقایسه می‌شود، و در نهایت، در بخش ششم، نتیجه گیری و پیشنهاد کار آتی در این زمینه ارائه می‌شود.

سیستم توصیه‌گر در اینترنت اشیاء

در سال‌های اخیر حجم اطلاعات و میزان استفاده از اینترنت اشیاء به میزان زیادی افزایش‌یافته است و در این میان به علت رشد روزافزون اینترنت اشیاء و حجم بسیار زیاد اطلاعات نیاز به سیستم‌هایی است تا بتوان مناسب‌ترین سرویس‌دهنده‌ها را به کاربر توصیه نمود و ضمن افزایش رضایت مشتریان، بهره‌وری اقتصادی را نیز افزایش داد. سیستم‌هایی که این وظیفه را انجام می‌دهند سیستم توصیه‌گر نام دارند. سیستم‌های توصیه‌گر سیستم‌های هوشمندی هستند که در فضای اینترنت با شناسایی علایق و اولویت‌های کاربر و با کشف و تحلیل اطلاعات موجود، پیشنهادات مناسب و مرتبط را به تک‌تک کاربران ارائه می‌کنند. سیستم‌های توصیه‌گر با بهره‌گیری از روش‌های آماری و روش‌های کشف دانش به‌منظور توصیه سرویس‌دهنده‌ها و محصولات به کاربران و کاهش مشکلات ناشی از حجم زیاد داده‌ها به کار گرفته می‌شوند. این سیستم‌ها هوشمند هستند و برای تسهیل تراکنش‌هایی با سربار زیاد اطلاعات و مشکلات اطلاعاتی تعریف می‌شوند. حجم فراوان و رو به رشد اطلاعات روی وب و اینترنت اشیاء که سربار اطلاعاتی نامیده می‌شود، تصمیم‌گیری و انتخاب را دشوار کرده است. رویکرد سیستم‌های توصیه‌گر مقابله با مشکلات ناشی از سربار اطلاعات است .این سیستم‌ها به کاربران کمک می‌کنند تا سریع‌تر به هدف خود نزدیک شوند و گزینه موردعلاقه خود را پیدا کنند. سیستم‌های توصیه‌گر به کاربرانی که از بین حجم بالای اطلاعات به دنبال نوعی خاص از اطلاعات مرتبط با اولویت‌هایشان هستند، پیشنهادات شخصی شده‌ای را ارائه می‌دهند. درواقع سیستم‌های توصیه‌گر یکی از ابزارهای اصلی برای غلبه بر مشکل انباشت اطلاعات بوده و با داشتن قدرت تحلیل رفتارهای کاربر، مکمل هوشمندی برای مفاهیم بازیابی و غربال اطلاعات هستند. بااین‌وجود، در حال حاضر، ارزیابی سیستم‌های توصیه‌گر با روش‌هایی غالباً ناسازگار با یکدیگر صورت می‌گیرد. مشکل اصلی عمدتاً به دلیل فقدان یک چارچوب مشترک قابل‌اطمینان و بزرگ برای سیستم‌های توصیه‌گر است. همان‌طور که ذکر گردید حجم فراوان و روبه رشد اطلاعات بر روی اینترنت اشیاء، فرآیند تصمیم‌گیری و انتخاب سرویس‌ها برای بسیاری از کاربران را دشوار کرده است. این موضوع، خود انگیزه‌ای برای یافتن راه‌حلی برای رویارویی با این مشکل اساسی هست. باوجود محبوبیت و موفقیت‌های چشم‌گیر سیستم‌های توصیه‌گر، این سیستم‌ها با مشکلات بیشتری مواجه هستند که شامل مشکل شروع سرد[۵]، پراکندگی داده[۶]، مشکل رتبه‌بندی آیتم جدید و کاربر جدید، مقیاس‌پذیری[۷] و ارزش زمان روابط کاربر هستند [۸].

توصیه‌هایی که از سوی سیستم‌های توصیه‌گر ارائه می‌شوند به‌طورکلی می‌توانند دو نتیجه در برداشته باشند که کاربر را در اخذ تصمیمی یاری می‌کنند. لازم به ذکر است که

[۵] Cold start

[۶] Data sparsely

[۷] Scalability

سیستم‌های توصیه‌گر به‌عنوان برنامه‌هایی کاربردی با اهداف اساسی زیر در نظر گرفته می‌شوند. سیستم‌های توصیه‌گر باید اولاً انتخاب کنند که کدام‌یک از مورد باید به کاربر نشان داده شود و ثانیاً تصمیم بگیرند در چه زمانی و چگونه توصیه‌ها به نمایش درآیند. با پیشرفت فناوری، استفاده از مفاهیم معنایی و همچنین قابلیت اعتماد در سیستم‌های توصیه‌گر مرسوم شده است [۹]. با توجه به اهمیت این موضوع، زمینه مطالعه این پژوهش، ارائه سیستم توصیه‌گری است که بتواند عملکرد بهتری برای رسیدن به توصیه‌های کاربردی خاص داشته باشد. در همین راستا، در این سمینار سیستم توصیه‌گری ارائه می‌شود که بر اساس روابط بین کاربران، انواع اشیا و سرویس‌دهنده‌ها، اقدام به توصیه سرویس‌هایی متناسب با نیاز و کاربرد کاربران مختلف می‌کند.

کارهای مرتبط

سیستم توصیه‌گر پیشنهادی از معیارهای شباهت در نمایه‌های بردار، تنظیمات کاربران، برنامه‌های قبلی استفاده شده و رتبه‌بندی‌ها برای ارائه توصیه‌های زمان واقعی در قالب برنامه‌های کاربردی استفاده می‌کند. کاربر برنامه، توصیه‌های برنامه‌ریزی بالا را دریافت می‌کند و یکی را انتخاب می‌کند که به‌طور خودکار برای ساعت‌های بعد مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. تولید توصیه‌های مؤثر بر اساس درک این روابط و همچنین کیفیت آن‌ها انجام می‌شود. گراف‌ها شاید مناسب‌ترین ساختار برای نشان دادن سازه‌های داده متصل هستند. با ذخیره و مطالعه این داده‌ها با استفاده از پایگاه داده‌های گراف، یک برنامه کاربردی مجاز است که در زمان واقعی تأثیر اعمال کاربران را مورد بهره‌برداری و نشان دهد و از نتایج داده‌های موجود استفاده کند. این رویکرد به‌طور گسترده‌ای در سیستم‌های گر برای فیلتر کردن مشترک، شناسایی نزدیکی بین کاربران مختلف با معیارهای تشابه استفاده می‌شود. برای این منظور، کاربران به‌صورت بردارها مدل می‌شوند سپس فاصله را بین آن‌ها محاسبه می‌شوند. به‌این‌ترتیب کاربرانی که نزدیک به کاربر هدف هستند را ارزیابی کرده و رفتار آن‌ها بررسی می‌شود و توصیه‌های متفاوتی برای کاربر ارائه می‌شود. در این چهارچوب چند معیار شباهت و تکنیک‌های مدل‌سازی کاربران استفاده می‌شود. درپژوهش ملیر و همکارانش [۱۰] معیار شباهت (Euclidean و Cosine) و یک تکنیک ارائه نماینده را به‌صورت یک بردار بر اساس ترجیحات موجود ارائه می‌شود. همچنین اثربخشی این روش با اجرای نمایش داده‌ها در پایگاه داده گراف ارزیابی خواهد شد. کاربر به‌صورت یک بردار، با توجه به ویژگی‌های آپارتمان، مشخصات مصرف‌کننده و تنظیمات آن معرفی می‌شود که در آن مشخصات مصرف‌کننده و تنظیمات مربوط به بودجه‌اش، وضعیت فعلی (یعنی بیماری، اقتصادی) و درجه حرارت موردنظر، ارائه شده است.

در پژوهش ارائه شده توسط پاراکوراس و همکارانش [۱۱] یک معماری اینترنت اشیاء برای ساختن خدمات شخصی در زمینه شهر هوشمند ارائه شده است. بلوک‌های اصلی ارائه شده شامل جریان داده‌ها از طریق Node-Red، Neo4j برای مدیریت داده‌های کلان‌شهر هوشمند و سرویس توصیه‌گر است که برای ارائه توصیه‌های شخصی به کاربران استفاده می‌شود. در حال حاضر کار بررسی یکپارچگی اجزای مختلف، رویکرد مدل‌سازی برای داده‌های تولید شده کاربر با داده‌های کلان و درآمد حاصل از اجرای مرجع مناسب و آزمایش برای اعتبار خدمات سیستم‌های توصیه‌گر شخصی برای برنامه‌های نوآورانه شهروندان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در پژوهش ارائه شده توسط گروه تحقیقاتی فرمان و همکارانش [۱۲] یک سیستم توصیه‌گر مبتنی بر هستی شناختی فازی برای مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر IoT پیشنهاد می‌شود تا به‌طور مؤثر بر بدن بیمار در حین توصیه به رژیم غذایی با غذاهای خاص و داروها نظارت داشته باشد. سیستم پیشنهادی مقادیر عوامل خطرزا را از بین می‌برد، وضعیت سلامتی بیمار را از طریق حس‌گرهای پوشیدنی تعیین می‌کند و سپس دستورالعمل‌های خاص را برای یک جعبه پزشکی هوشمند و غذا را برای یک یخچال هوشمند توصیه می‌کند. ترکیبی از منطق فازی نوع ۲ (T2FL) و هستی‌شناسی فازی به‌طور قابل‌توجهی دقت پیش‌بینی شرایط بیمار و میزان دقت برای توصیه‌های مواد دارویی و مواد غذایی را افزایش می‌دهد. اطلاعات در مورد تاریخچه بیماری فرد، مصرف مواد غذایی و داروهای تجویز شده در هستی‌شناسی طراحی شده است تا دانش تصمیم‌گیری را

با استفاده از زبان آنتولوژی به کار گیرد. قوانین زبان معنایی وب[۸] و منطق فازی برای بهینه‌سازی روند پیشنهاد استفاده می‌شود. علاوه بر این، نمایش منطق (DL) و پروتکل ساده و SPARQL[۹] برای ارزیابی هستی‌شناسی استفاده می‌شود. یک سیستم بهداشت عمومی مبتنی بر هستی‌شناسی برای IoT برای غلبه بر چالش‌های امنیتی و حفظ حریم خصوصی در یک سیستم اطلاعات بهداشتی توسط آبینا و همکارانش [۱۳] ارائه شد. این سیستم راه را برای جمع‌آوری، ادغام و همکاری از طریق IoT در حین موارد اضطراری را فراهم می‌کند. با این حال، اطلاعات بیمارستان‌ها تقریباً همیشه نامشخص است و هستی‌شناسی کلاسیک قادر به بارگیری اطلاعات بیمار به‌صورت مؤثر نیست. به‌عنوان مثال، وضعیت بیمار ممکن است طبیعی، خوب یا رضایت بخش باشد و خدمات ممکن است سریع، طبیعی یا کند باشد پزشک ممکن است مشغول، آزاد یا در دسترس نباشد. بنابراین، هستی‌شناسی فازی برای طبقه‌بندی هر نقطه از نظام مراقبت بهداشتی برای به اشتراک‌گذاری اطلاعات اورژانسی ضروری است.

برنامه‌های کاربردی مشاب اینترنت اشیا[۱۰]، به توسعه دهنده‌ها اجازه می‌دهد تا واسطهای برنامه‌ریزی کاربردی وب[۱۱] را برای ایجاد خدمات وب ترکیب ارزش افزوده، ادغام کنند. رشد مداوم خدمات پیچیده و مقیاس بزرگ، پیدا کردن واسطهای برنامه‌ریزی کاربردی وب را برای ایجاد کاربردهای مشاب اینترنت اشیا برای توسعه‌دهنده‌ها سخت می‌کند. حتی اگر، روش‌های توصیه‌گری خدمات موجود نشان دهنده بهبودهایی کاوش سرویس باشند، دقت آن‌ها می‌تواند به‌صورت قابل‌توجهی به دلیل تأثیر گستردگی و اطلاعات با ابعاد چندگانه کیفیت سرویس بین مشاپ و خدمات زیاد شود.

در پژوهش کائو و همکارانش [۱۴] یک رویه توصیه‌گر سرویس آگاه از کیفیت سرویس بر اساس مدل موضوع ارتباطی و ماشین‌های تجزیه برای کاربردهای مشاب اینترنت اشیا ارائه می‌شود. این روش می‌تواند از مدل موضوع ارتباطی برای مشخص کردن ارتباط بین خدمات مشاپ و ارتباط‌های آن‌ها استفاده کرده و موضوعات ارائه شده توسط ارتباط‌ها را مورد کاوش قرار دهد. دوم این‌که این روند می‌تواند ماشین‌های تجزیه را برای آموزش موضوعات پنهان برای پیشگویی ارتباط بینک بین مشاپ و سرویس‌ها برای توصیه واسطهای برنامه‌ریزی کاربردی وب مناسب برای تولید مشاب اینترنت اشیای هدف توسعه دهد. درنهایت، محققان در این پژوهش یک ارزیابی جامع برای اندازه‌گیری عملکرد روش خود ارائه می‌کنند. در مقایسه با سایر رویکردهای توصیه‌گری، نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی دارای بهبود قابل‌توجهی در مؤلفه‌های، دقت، فراخوانی و اندازه‌گیری F است.

اوهتکه و همکارانش [۱۵]، سیستم توصیه‌گری پیشنهاد کردند که از ویژگی‌های کیفیت و رویه‌های جایگزین استفاده می‌کند. سیستم با استفاده از یک الگوریتم تخمین درخت استینر پیاده‌سازی شده است که می‌تواند ترکیبی از واسطهای برنامه‌ریزی کاربردی وب و ابزارهای اینترنت اشیای مناسب برای مشاپ‌ها را ارائه کند. راهکار پیشنهادی در دو جنبه ارزیابی شد که شامل ارزیابی اعتبار و عملکرد الگوریتم بود. ارزیابی اعتبار روش پیشنهادی، با اجرای سیستم در یک گراف واقعی از واسطهای برنامه‌ریزی کاربردی وب و ابزارهای اینترنت اشیا انجام شد. عملکرد با استفاده از گراف‌های بزرگ تولید شده که توسط یک مولد عدد شبه تصادفی ارائه شده بود، تأیید می‌شود. سیستم می‌تواند نتایجی از ۲۸۲۰۰ گره آر در ۸ ثانیه ارائه کند که بسیار کوتاه‌تر از سایر مواردی است که در آن توسعه‌دهنده‌ها برای ترکیب مؤلفه‌ها صرف می‌کنند. تنوع واسطهای برنامه‌ریزی کاربری و دستگاه‌های اینترنت اشیا ممکن است مانعی برای توسعه‌دهندگان باشد، بااین‌حال، توسعه‌دهندگان به‌صورت ماهرانه به‌ویژه باید قبل از شروع توسعه، واسطهای برنامه‌ریزی کاربری وب و دستگاه‌های اینترنت اشیا را بررسی کنند. این باعث می‌شود که آن‌ها از تولید یک نمونه اولیه در یک دوره کوتاه‌مدت باز بمانند. اگر زمان برای ایجاد افزایش یابد، توسعه‌دهندگان ممکن است فرصت‌های تجاری خاصی را از دست بدهند. بنابراین، یک

[۸] Ontology Language Protégé (OWL) -2
[۹] Query Language RDF
[10] IoT Mashup
[11] Web APIs

سیستم برای کمک به توسعه‌دهندگان به‌منظور یافتن واسط‌های برنامه‌ریزی کاربری وب مناسب و دستگاه‌های اینترنت اشیا بسیار مهم است.

ماریتنو و همکارانش[۱۶]، معماری اینترنت اشیای توزیع‌شده را در راستای یک سیستم توصیه‌گر سیار توسعه می‌دهند. در اصل، محققان روی ساختارهای چندمنظوره مبتنی بر ماشین تمرکز می‌کنند که در آن مسافران، یک مسیر را با خودروی خود شروع می‌کنند و نیاز به مسیریابی برای رسیدن به مقصد دارند. این نوع از روندهای مسیریابی در یک ناحیه توزیع‌شده گسترده، موجب هزینه‌های زیادی می‌شود، و ازاین‌رو، می‌توان از سود راه‌حل‌های معماری محاسباتی موازی برای بهبود کار استفاده کرد. از نقطه نظر تکنولوژیکی، ارائه ساختار جدید از این مدل‌ها در نقاط شهری که درآن مکان‌های قابل‌دسترس برای پارک ماشین در جای موردنظر با کمک اینترنت اشیا ممکن است. بار استفاده از این منابع داده‌های بزرگ بالقوه، کاربردهای سیار جدید می‌تواند در دسترس قرار گیرد. در این سناریو، محققان یک معماری توزیع‌شده برای یک سیستم توصیه‌گر سیار[۱۲] ارائه می‌کنند که به رانندگان کمک می‌کند تا نیازهای سیار خود را با ارائه راه‌حل‌های مناسب حل کرده و ترجیحات کاربران و وضعیت و قوانین شهر را نیز در نظر می‌گیرند. در این رویکرد، فاز ترک ماشین و استفاده از ابزار دیگر برای رسیدن به مقصد نیز موردبررسی قرار می‌گیرد. این ویژگی جدید دارای تأثیر زیادی روی نیازمندی‌های محاسباتی برنامه‌ریزی محاسباتی مسیر است. برای حل این مسئله، ما یک معماری مبتنی بر برنامه‌ریز محاسباتی مسیر ارائه می‌کنیم که درآن ارزیابی مسیرهای چندگانه در ابر انجام می‌شود. با کسب اطلاعات از برنامه‌ریز محاسباتی مسیر ویژه توسعه داده شده، سیستم توصیه‌گر سیار، برای استفاده در مسیرهای متفاوت و پیشنهاد ساختارهای مناسب استفاده می‌شود. هدف کلی روش پیشنهادی، ارائه معماری مقیاس‌پذیر سطح بالا از سیستم برای توسعه منابع داده‌ای اینترنت اشیای چندگانه است که درآن ماژول‌های هسته‌ای برنامه‌ریزهای محاسباتی مسیر چند ماژوله و سیستم توصیه‌گر سیار هستند.

گروه تحقیقاتی جئونگ[۱۷]، یک سیستم توصیه‌گر مبتنی بر چارچوب کلان داده و سیستم مبتنی بر قاعده در زمینه اینترنت اشیا پیشنهاد کرده است. با پیدایش دستگاه‌های هوشمند، جمع‌آوری ثبت وقایع استفاده از دستگاه توسط کاربران نهایی امکان پذیر گشته است، طوریکه سیستم قادر به آنالیز این وقایع به‌منظور یافتن الگوهای مصرف کاربران نهایی و ارائه توصیه‌هایی به آن‌ها است. روش پیشنهادی به‌منظور آنالیز الگوهای مصرفی در زمان نیمه واقعی بر اساس معماری سیستم کلان داده ارائه شده است و همچنین یک چارچوب توصیه در نظر گرفته شده است که توصیه‌های استفاده از دستگاه را طبق معماری سیستم مبتنی بر قاعده با الگوهای مصرف آنالیز شده ارائه می‌کند. این چارچوب توصیه برمبنای آنالیز مبتنی بر بخش بندی و بر اساس الگوهای مصرف است. بخش بندی بر اساس نوع‌های مصرف دستگاه‌ها شکل می‌گیرد، طوریکه آنالیز می‌تواند در یک فرایند دسته‌ای با فراهم سازی توصیه‌ها در زمان بلادرنگ بر اساس الگوهای مصرف از پیش آنالیز شده انجام گیرد. در کل، سیستم‌های توصیه از قواعد از پیش تعیین شده کلی یا قواعد تولید شده با آنالیز الگوهای مصرف کاربر هدف استفاده می‌کنند.

در پژوهش تاوادوسکی و همکارانش [۱۸] یک را حل سیستماتیکی چندعاملی (MAS) برای تولید سیستم توصیه‌گر شخصی شده در ابزارهای سیار ارائه می‌شود که از داده‌های به‌دست‌آمده از اینترنت اشیا برای توصیه‌گری استفاده می‌کنند. برای پردازش داده‌های حجیم و ارائه مدل‌های شخصی شده در سمت سرور، معماری MAS برای پردازش داده‌های بزرگ استفاده می‌شود. برای ارائه توصیه‌های آگاه از محتوا برای داده‌های ورودی بسیار پراکنده بر اساس اطلاعات حسگرهای متفاوت و اینترنت اشیا، استفاده از CARS2، پیشنهاد می‌شود. فرض اصلی در مورد دستگاه سیار در معماری ارائه شده، کانال ارتباطی غیرقابل‌اعتماد بین طرف سیار و سرور است. این نتیجه پارادایم جدیدی از محاسبات کامپیوتری مدل پایه به نام «مدل به داده‌ها» است که در آن سیستم‌های توصیه‌گر،

[12] Mobility Recommender System (MRS)

تمام محاسبات برای کاربر فعال و زمینه فعلی را با استفاده اطلاعات به‌دست‌آمده از سمت سرور دریافت می‌کنند.

در روش پیشنهادی یو و همکارانش[۱۹] یک مدل داده برای شبکه‌های مختلف زمان متغیر ارائه شده به‌عنوان نمودار در پایگاه داده گراف Neo4j معرفی شد. جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از حس‌گرهای پوشیدنی انجام شد. پایگاه‌های داده‌های گراف که به دلیل استفاده از مدل داده‌های گرافیکی، ذخیره‌سازی مداوم از نمودارها، پشتیبانی از تجزیه‌وتحلیل‌های عمیق گراف از طریق تراکنش‌های چند گانه بسیار مناسب بود. همان‌طور که مشاهده شد، Neo4j در هنگام پرس‌وجو از مجموعه داده‌های نمونه، انجام تجزیه‌وتحلیل داده‌های اکتشافی و تحقیق در زمینه داده کاوی به خوبی استفاده کرد. اکثر روش‌های مبتنی بر گراف تنها لبه‌ای بین گره‌ها برای توصیف تعامل بین یک کاربر و یک آیتم ایجاد می‌کنند[۲۰]. با این وجود این روش‌ها اطلاعات متنی را که ممکن است در بعضی از برنامه‌ها بسیار مهم باشد، نادیده می‌گیرند. مشاهده می‌شود که یک کاربر تحت شرایط مختلف تنظیمات مختلفی را ارائه می‌دهد، بنابراین یک سیستم توصیه‌گر باید در مورد چارچوب تصمیم و اطلاعات اضافی موجود نیز ارزیابی‌هایی ارائه کند. تکنیک‌های گوناگونی به‌عنوان پایه‌ای برای سیستم‌های توصیه شده مانند فیلتر همگانی، فیلتر کردن محتوا، رویکردهای جمعیت شناختی و سیستم‌های پیشنهاد دهنده ترکیبی پیشنهاد شده است که ترکیبی از تکنیک‌های نهایی است و همچنین تحقیقات زیادی در حوزه سیستم‌های توصیه‌گر ارائه گردیده است و همگرایی آن‌ها با دیگر حوزه‌هایی مانند شهرهای هوشمند و همچنین برنامه‌های کاربردی آن انجام شده است[۲۱].

در مقاله [۲۲] نویسندگان یک سیستم توصیه‌گر مبتنی بر گراف در یک کتابخانه دیجیتالی ایجاد کردند که حاوی اطلاعات غنی از محتوای کتاب، تاریخچه استفاده از کاربران و اطلاعات جمعیت شناختی است. در مقاله اطلاعات شخصی و اجتماعی کاربر برای بهبود کیفیت لیست رتبه بندی مورد استفاده قرار گرفت. سیستم‌های مختلف طراحی شده در شهرهای هوشمند و گردشگری با توجه به انواع مختلف رابط‌ها، رویکردهای پیشنهاد شده و ویژگی‌های طراحی شده‌اند [۲۳].

لوبرگ و همکارانش[۲۴] یک سیستم توصیه‌گر شخصی با استفاده از استدلال احتمالاتی ایجاد کردند. گردشگران مشخصات خود را با منافع موردنظر خود ارائه می‌کنند و موتور پیشنهادی برنامه‌ای برای بازدید از جاهای جالب و رویدادهای سفر برای آن‌ها ارائه می‌کند. در روش پیشنهادی توماس و همکارش[۲۵] یک سیستم مشاوره حمل و نقل شخصی معرفی شد که در آن توصیه‌هایی برای مسیرهای شخصی بر اساس ترجیحات مربوط به مسافرت کاربر (راه رفتن، حمل و نقل عمومی، گشت و گذار، زمان و غیره) بر اساس اینترنت اشیا ارائه شد. مسیرهای مختلف رتبه بندی شده و نتایج به کاربر ارائه شد.

ارائه و روش پیشنهادی

تا کنون الگوریتم‌های توصیه‌گر مختلفی در محیط اینترنت اشیاء ارائه شده است که عیب بیشتر روش‌های بیان شده، استفاده از یک یا دو معیار جهت توصیه مناسب برای کاربران جهت انتخاب است. در همین راستا، به منظور رفع معایب روش‌های قبلی بیان شده در این زمینه، یک رویکرد توصیه‌گر قابل اطمینان ارائه می‌شودکه از ترکیب پارامترهای مختلف به منظور انتخاب یک مؤلفه در ساختار اینترنت اشیاء با قابلیت اطمینان بالا استفاده می‌کند. در روش پیشنهادی از سیستم تئوری خاکستری جهت انتخاب بهینه مولفه‌های مورد نظر استفاده می‌شود. سیستم تئوری خاکستری یک سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره است که از ترکیب معیارهای مختلف برای انتخاب یک گزینه استفاده می‌کند. در ادامه روند استفاده از این سیستم به صورت کامل شرح داده می‌شود

در این بخش ابتدا سیستم تئوری خاکستری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و پس‌ازآن پارامترهای کیفیت سرویس مورد استفاده برای انتخاب بهینه به منظور توصیه خدمات معرفی می‌شوند. پس از معرفی موارد بیان شده، نحوه استفاده از سیستم تئوری خاکستری برای کاربرد در یک سیستم توصیه‌گر خدمات پردازشی پیشنهاد می‌شود و درنهایت الگوریتم نهایی معرفی می‌شود.

سیستم تئوری خاکستری

اگر اطلاعات واضح و شفاف یک سیستم را بارنگ سفید و اطلاعات کاملاً ناشناخته یک سیستم با رنگ سیاه تجسم شود، در این صورت اطلاعات مربوط به بیشتر سیستم‌های موجود در طبیعت اطلاعات سفید (کاملاً شناخته شده) و یا سیاه (کاملاً ناشناخته) نیستند بلکه مخلوطی از آن دو یعنی به رنگ خاکستری هستند. این نوع سیستم‌ها را سیستم‌های خاکستری می‌نامند که اصلی‌ترین مشخصه آن‌ها، کامل نبودن اطلاعات مربوط به آن سیستم است. هر سیستم خاکستری به وسیله اعداد خاکستری، معادلات خاکستری و ماتریس‌های خاکستری توصیف می‌شود که در این میان اعداد خاکستری مشابه اتم‌ها و سلول‌های این سیستم هستند. عدد خاکستری می‌تواند به‌عنوان عددی با اطلاعات نامطمئن تعریف شود. مثلاً رتبه معیارها در یک تصمیم‌گیری، به‌صورت متغیرهای زبانی بیان می‌شوند که می‌توان آن‌ها را با بازه‌های عددی بیان نمود. این بازه‌های عددی شامل اطلاعات نامطمئن خواهد بود. به‌عبارت‌دیگر عدد خاکستری به عددی اطلاق می‌شود که مقدار دقیق آن نامشخص است اما بازه‌ای که مقدار آن را در بر می‌گیرد شناخته شده است.

در بسیاری از موارد، زمانی نتیجه‌گیری‌ها مطلوب و مورد رضایت تصمیم‌گیرنده است که تصمیم‌گیری بر اساس چندین معیار، بررسی و تجزیه‌وتحلیل شده باشد. برای مثال در انتخاب شغل، معیارهایی مانند درآمد ماهانه، جغرافیای محل کار، موقعیت اجتماعی و غیره موردتوجه قرار می‌گیرند. در حالت کلی در تعیین گزینه‌های مختلف، منظور از معیار، عواملی هستند که تصمیم‌گیرنده برای افزایش مطلوبیت و رضایت خود، مدنظر قرار می‌دهد. معیار در تصمیم‌گیری ممکن است توسط شاخص‌ها یا اهداف ارائه گردد. تئوری سیستم خاکستری صرفاً یک تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره است که اصول و قواعد خودش را دارد. تکنیک تحلیل رابطه خاکستری دارای الگوریتمی با گام‌های مشخص است از تکنیک تحلیل رابطه خاکستری برای انتخاب گزینه برتر بر اساس تعدادی معیار استفاده می‌شود. تکنیک تحلیل رابطه خاکستری نیز مانند تکنیک تاپسیس و ویکور با یک ماتریس تصمیم شروع می‌شود اما در این تکنیک علاوه بر اینکه بین معیارهای منفی و مثبت تمایز وجود دارد؛ بین مطلوب‌ترین مقادیر هم تمایز وجود خواهد داشت. بر این اساس در ماتریس تصمیم خاکستری سه دسته معیار وجود دارد: هرچه بزرگ‌تر بهتر، هرچه کوچک‌تر بهتر و هرچه به مقدار مطلوب نزدیک‌تر بهتر.

در هر سیستم عمومی عوامل متعددی مؤثر هستند که تأثیر متقابل آن‌ها وضعیت و روند رشد و توسعه سیستم را تعیین می‌کنند. اغلب در تجزیه‌وتحلیل سیستم‌ها تلاش می‌شود که عوامل با اهمیت بیشتری شناسایی شوند اما در عمل همیشه در هر سیستم عوامل ناشناخته و یا کمتر شناخته شده‌ای نیز وجود دارند. یکی از روش‌هایی که برای مواجهه با این‌گونه سیستم‌ها استفاده می‌شود تحلیل رابطه خاکستری است که از اجزاء مهم نظریه سیستم خاکستری به شمار می‌رود. ایده اصلی تحلیل رابطه خاکستری به‌عنوان یک روش آنالیز کمی، بر این نکته بنا شده است که مقدار نزدیکی و همبستگی رابطه بین دو عامل مختلف در یک فرآیند پویای در حال رشد، باید بر اساس میزان شباهت منحنی‌های آن‌ها سنجیده شود. هرچقدر میزان این شباهت بیشتر باشد؛ یعنی درجه بالاتری از رابطه بین سری‌ها وجود دارد و برعکس. برای سنجش میزان این شباهت از درجه رابطه خاکستری استفاده می‌شود. در این گام هر گزینه بر اساس هر معیار ارزیابی می‌شود.

مراحل سیستم تئوری خاکستری

زمانی که واحدها به وسیله پارامترهای مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، ممکن است تأثیر بعضی از پارامترها نادیده گرفته شود. به‌ویژه این رویداد زمانی رخ می‌دهد که پارامترهای عملکرد دارای مقادیر زیادی باشند. همچنین، اگر اهداف و دستورالعمل‌های این پارامترها متفاوت باشند، نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل نادرست خواهد بود. بنابراین، مقادیر پارامترهای ارزیابی عملکرد برای هر واحد باید به یک توالی قابل قیاس تبدیل گردد، درنتیجه فرآیند نرمال-سازی لازم است. این مرحله ایجاد رابطه خاکستری نامیده می‌شود. برای ارزیابی عملکرد چندین واحد، اگر m نشان‌دهنده تعداد واحد باشد و n تعداد پارامترهای موجود باشد در این صورت، Iامین واحد را می‌توان به‌صورت $Y_i =$

$\left(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ij}, \dots, y_{in}\right)$ بیان می‌شود به‌صورتی که در آن Y_i مقدار پارامتر j برای واحدi است . Y_iرا می‌توان با استفاده از روابط (۱) یا (۲) به یک توالی قابل قیاس $X_i = \left(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ji}, \dots, x_{in}\right)$ تبدیل کرد. به‌عبارتی‌دیگر با استفاده از روابط بیان‌شده می‌توان این پارامترها را نرمال-سازی نمود.

$$X_{ij} = \frac{y_{ij} - Min\{y_{ij}, i = 1,2,\dots m\}}{Max\{y_{ij}, i = 1,2,\dots m\} - Min\{y_{ij}, i = 1,2,\dots m\}} \quad (۱)$$

$$X_{ij} = \frac{Max\{y_{ij}, i = 1,2,\dots m\} - y_{ij}}{Max\{y_{ij}, i = 1,2,\dots m\} - Min\{y_{ij}, i = 1,2,\dots m\}} \quad (۲)$$

برای هر دو رابطه (۱) و (۲) مقادیر i و j به‌صورت زیر نشان داده می‌شوند.

$$i \in \{1,2,3,\dots,n\}, j \in \{1,2,3,\dots,m\} \quad (۳)$$

رابطه (۱) برای پارامترهای مثبت کار گرفته می‌شود؛ در این رابطه هر چه میزان X_{ij} بزرگ‌تر باشد، نتیجه بهتری حاصل خواهد شد. رابطه (۲) برای پارامترهای منفی مورداستفاده قرار می‌گیرد و در این رابطه هر چه میزان X_{ij} کوچک‌تر باشد، نتیجه بهتری حاصل خواهد شد.تعیین مثبت و یا منفی بودن یک پارامتر توسط متخصصین زمینه موردنظر انجام می‌شود. در برخی موارد نیز با ارائه پرسشنامه‌هایی بین متخصصین و اجماع نظر آن‌ها، مثبت و منفی بودن این پارامترها تعیین می‌شوند. پس از ایجاد روابط خاکستری با استفاده از معادلات بالا، تمامی ارزش‌های عملکردی، مانند زمانی که از مفهوم نرمال‌سازی استفاده می‌شود، بین صفر و یک قرار خواهند گرفت. هر چه مقدار x_{ij} به یک نزدیک‌تر باشد، پارامتر از مطلوبیت بیشتری برخوردار خواهد بود. درنتیجه سری مقایسه‌ای که تمام گزینه‌های آن برابر یک باشد بهترین انتخاب خواهد بود. سری هدف مرجع یک سری است که تمامی ارزش‌های عملکردی آن برابر یک است. رابطه (۴) سری مرجع(X_0) را نشان می‌دهد که مقدار پارامترهای آن برابر یک هستند.

$$X_0 = \left(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ji}, \dots, x_{in}\right) = (1,1,\dots,1,\dots,1) \quad (۴)$$

پس‌ازاین مرحله، هدف اصلی یافتن واحدی است که به این سری مرجع نزدیک‌تر باشد. برای یافتن چنین واحدی ابتدا باید، مقدار ضریب خاکستری محاسبه شود. در ادامه نحوه محاسبه این پارامتر شرح داده می‌شود.

ضریب رابطه خاکستری

در مرحله دوم باید میزان رابطه خاکستری را اندازه‌گیری کرد که اصطلاحاً درجه رابطه خاکستری خوانده می‌شود. محاسبه درجه رابطه خاکستری خود مستلزم محاسبه ضریب رابطه خاکستری است. ضریب رابطه خاکستری برای تعیین میزان نزدیکی x_{ij} به x_{0j} استفاده می‌شود. برای محاسبه ضریب خاکستری از رابطه (۵) استفاده می‌شود.

$$\gamma\left(x_{0j}, x_{ij}\right) = \frac{\Delta_{min} + \varepsilon\Delta_{max}}{\Delta_{ij} + \varepsilon\Delta_{max}} \quad (۵)$$

در این رابطه $\gamma\left(x_{0j}, x_{ij}\right)$ نشان‌دهنده مقدار ضریب خاکستری است کهبین x_{ij}و x_{0j} قرار می‌گیرد. در رابطه (۵) مقادیر Δ_{min}،Δ_{max}و Δ_{ij} با استفاده از معادلات زیر قابل تعریف هستند:

$$\Delta_{ij} = \left|x_{0j} - x_{ij}\right| \quad (۶)$$

$$\Delta_{min} = Min\{\Delta_{ij}, i = 1,2,\dots,m; j = 1,2,\dots,n\} \quad (۷)$$

$$\Delta_{max} = Max\{\Delta_{ij}, i = 1,2,\dots,m; j = 1,2,\dots,n\} \quad (۸)$$

در این روابط از Δ_{ij} برای محاسبه اختلاف میان x_{ij} و x_{0j} استفاده می‌شود. Δ_{min} نشان‌دهنده کمترین مقدار بین تمامی مقادیر پارامترها است و Δ_{max} نشان‌دهنده بیشترین مقدار در بین تمامی مقادیر شاخص‌ها است. ε در رابطه (۵) نشان‌دهنده ضریب تشخیص است که مقدار آن همواره عددی بین [۰،۱]است. در بیشتر پژوهش‌ها مقدار ε، برابر ۰،۵ در نظر گرفته می‌شود. پس از محاسبه ضریب رابطه خاکستری، رتبه خاکستری برای موارد بیان‌شده محاسبه می‌شود. در ادامه نحوه محاسبه این رتبه نشان داده می‌شود.

محاسبه رتبه خاکستری

ضریب رابطه خاکستری دو عامل بین صفر و یک است، به‌صورتی که اگر این ضریب یک باشد به معنای یکسان بودن دو عامل است و اگر صفر باشد به معنای مستقل بودن آن دو عامل است. پس از محاسبه ضریب خاکستری، رتبه خاکستری را می‌توان از طریق رابطه (۹) محاسبه نموده و از نتایج به‌دست‌آمده برای تصمیم‌گیری‌های مختلف استفاده نمود.

$$T(X_0, X_i) = \sum w_j . y(x_{0j}, x_{ij}) \quad (۹)$$

در این رابطه $T(X_0, X_i)$ نشان‌دهنده رتبه خاکستری بین X_0 و X_i است که نشان‌دهنده سطح همبستگی بین توالی مرجع و توالی قیاس است. w_j نشان‌دهنده وزن و یا درجه اهمیت، یک پارامتر است که بنا به قضاوت تصمیم‌گیرنده و یا توسط ساختار مسئله تعیین می‌شود. علاوه بر این برای محاسبه وزن می‌توان از ساختاری دیگری مانند AHP استفاده نمود. برای تمامی w_j ها همواره رابطه (۱۰) برقرار است.

$$\sum_{j=1}^{n} w_j = 1 \quad (۱۰)$$

به‌عبارتی‌دیگر، بر اساس رابطه بالا، جمع تمامی وزن‌ها همواره برابر یک خواهد بود. رتبه خاکستری نشان‌دهنده شباهت توالی قابل قیاس و توالی مرجع است. توالی مرجع برای هر واحد مورد ارزیابی نشان‌دهنده بهترین عملکرد است که می‌توان آن را از طریق توالی قابل قیاس به دست آورد. بدین ترتیب بعد از مشخص شدن رتبه هریک از واحدها بر اساس پارامترهای مختلف توصیف‌کننده ویژگی آن‌ها، بهترین واحد از بین آن‌ها انتخاب می‌شود، این کار تا اتمام فرآیند تصمیم‌گیری (در صورت پویا بودن مسئله) تکرار خواهد شد. با توجه به اینکه مقادیر به دست آمده نهایی، اعدادی بدون واحد و بین صفر و یک هستند، از این رو می‌توان با در نظر گرفتن میانگین رتبه خاکستری به دست آمده برای هر یک از پارامترها، رتبه کلی واحد بر اساس پارامترهای مختلف را تعیین نمود.

توصیه‌گر مبتنی بر مدل خاکستری

همان‌طور که در بخش‌های قبلی بیان شد، در این پژوهش از پارامترهای کیفیت سرویس قابلیت اطمینان، پهنای باند و نرخ گذردهی برای توصیه خدمات در یک شبکه اینترنت اشیاء استفاده می‌شود. در این پژوهش، با بررسی پارامترهای کیفیت سرویس، خدمات بهینه و مناسب بر اساس نیاز کاربر انتخاب می‌شوند. در کارهای قبلی از یک یا دو پارامتر کیفیت سرویس جهت پیشنهاد خدمات در اینترنت اشیاء استفاده می‌شد. مزیت روش پیشنهادی ترکیب پارامترهای کیفیت سرویس مختلف برای انتخاب و توصیه خدمات مناسب است. استفاده از چند پارامتر مختلف برای حل مسائل بهینه‌سازی غیرقطعی می‌تواند منجر به ایجاد نتایج بهینه و یا نزدیک به بهینه شود. اما باید توجه داشت که استفاده از پارامترهای خیلی زیاد می‌تواند به‌صورت چشمگیری پیچیدگی محاسباتی و درنتیجه کارایی شبکه را کاهش دهد. باید توجه داشت که در شبکه اینترنت اشیاء دید کاملی از تمامی ویژگی‌های تجهیزات و ساختارها وجود دارند. با مشخص شدن مقادیر پارامترهای کیفیت سرویس هر یک از مؤلفه‌ها، از تئوری سیستم خاکستری برای حل مسئله استفاده می‌شود. با توجه به اینکه هر یک از پارامترهای کیفیت بیان شده در بالا، دارای واحدهای مختلفی بوده و نمی‌توان آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد، درنتیجه باید از یک روش نرمال‌سازی برای نرمال نمودن مقادیر و درنتیجه قابل‌مقایسه کردن این پارامترها استفاده شود. روش‌های نرمال‌سازی در تئوری خاکستری، در روابط (۱) و (۲) بیان شده‌اند. این روابط دارای کاربردهای متفاوتی هستند. رابطه (۱) برای نرمال‌سازی پارامترهای مثبت استفاده می‌شود و رابطه (۲) برای نرمال‌سازی پارامترهای منفی استفاده می‌شود. تمامی پارامترهای مورد استفاده در این پژوهش پارامترهای مثبت هستند و در نتیجه از رابطه ۱ برای نرمال‌سازی آنها استفاده می‌شود. مقادیر به‌دست‌آمده پس از اعمال روابط (۱) و (۲) برای تمامی پارامترها، اعدادی بین صفر و یک خواهند بود. عدد یک نشان‌دهنده حالت بهینه است و عدد صفر نشان‌دهنده بدترین نتیجه است. درنتیجه عدد یک به‌عنوان سری مرجع در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که بیان شد سری مرجع به‌صورت

$$X_0 = \left(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ji}, \dots, x_{in}\right) = (1,1,\dots,1,\dots,1)$$

نشان داده می‌شود که در آن تمامی مقادیر پارامترهای پس از نرمال‌سازی برابر یک خواهند بود.

پس از مشخص نمودن سری مشابه با سری مرجع برای تمامی ساختارهای ارائه شده، هدف اصلی خدمات یاس ساختارهایی است که به سری مرجع نزدیک‌تر باشد. برای یافتن چنین ساختاری از ضریب خاکستری استفاده می‌شود. نحوه محاسبه ضریب خاکستری در رابطه (۵) بیان شده است. پس از مشخص شدن ضریب خاکستری برای هر یک از مسیرها و پارامترهای آن‌ها، به‌منظور رتبه‌بندی تمامی مسیرهای موجود بر اساس پارامترهای کیفیت سرویس بیان شده در بالا، از رتبه خاکستری استفاده می‌شود. نحوه محاسبه رتبه خاکستری برای هر یک از متغیرها در رابطه (۳) بیان شده است. با توجه به اینکه مقادیر به دست آمده نهایی، اعدادی بدون واحد و بین صفر و یک هستند، از این رو می‌توان با در نظر گرفتن میانگین رتبه خاکستری به دست آمده برای هر یک از پارامترها، رتبه کلی واحد بر اساس پارامترهای مختلف را تعیین نمود. رتبه نهایی به دست آمده برای تمامی گزینه‌ها به‌صورت نزولی مرتب شده و گزینه‌ای با بیشترین اولویت (گزینه اول) انتخاب می‌شود که در روش پیشنهادی بیانگر انتخاب مناسب‌ترین مورد به‌عنوان ساختار یا خدمت توصیه شده برای استفاده در اینترنت اشیاء است.

الگوریتم نهایی

به‌طور خلاصه مراحل الگوریتم پیشنهادی برای ارائه یک سیستم توصیه‌گر و انتخاب خدمات بهینه در محیط شبکه-های اینترنت اشیاء به‌صورت زیر است.

۱) شروع
۲) تعیین پارامترهای کیفیت سرویس خدمات ارائه شده
۳) نرمال‌سازی پارامترهای کیفیت سرویس با استفاده از روش نرمال‌سازی تئوری خاکستری
۴) تعیین سری پارامترهای هر یک از خدمات
۵) تعیین ضریب خاکستری برای هر یک از سری‌های ایجاد شده در مرحله قبل
۶) تعیین رتبه خاکستری برای تمامی خدمات مورد نظر
۷) توصیه خدمت مورد نظر بهینه بر اساس رتبه خاکستری
۸) تکرار مراحل بالا با به‌روزرسانی پارامترهای کیفیت سرویس
۹) پایان

شبیه‌سازی و ارزیابی نتایج

در این پژوهش، برای شبیه‌سازی روش پیشنهادی، از نرم‌افزار متلب[۱۳] و همچنین از یک کامپیوتر شخصی با حافظه اصلی چهار گیگابایت و پردازنده ۳ گیگاهرتزی در سیستم‌عامل ویندوز[۱۴] استفاده‌شده است. در این پژوهش، راهکار پیشنهادی با رویکرد توصیه‌گر خدمات آگاه از کیفیت سرویس مبتنی بر مدل مبحث رابطه‌ای و ماشینهای فاکتورسازی برای برنامه مشاب در پژوهش کائو و همکارانش [۱۴] در اینترنت اشیاء مقایسه می‌شود. در این روند از شبیه سازی، مؤلفه‌های Recall، Precision، F-Measure و انرژی مصرفی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و با مؤلفه‌های مشابه در رویکرد کائو و همکارانش [۱۴] مقایسه می‌شوند. پارامترهای شبیه‌سازی برای رویکرد پیشنهادی به صورت جدول ۱ ارائه می‌شود.

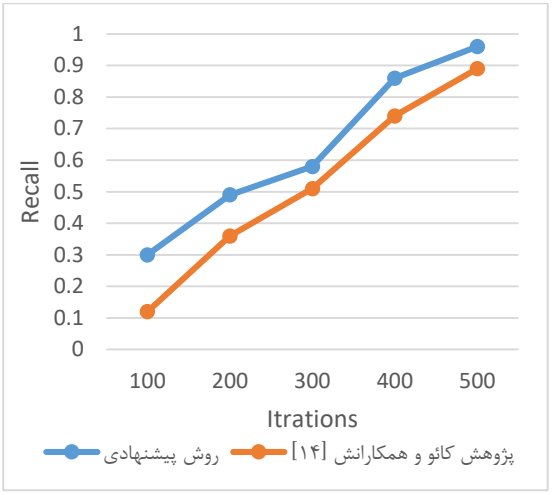
جدول۱) پارامترهای شبیه‌سازی

پارامتر	مقدار پارامتر
دوره شبیه سازی	۳۰۰ ثانیه
تأخیر شبکه از منبع	۱۰۰ میلی ثانیه
شعاع ارتباطی اشیاء	۱۵ متر
الگوی ترافیک شبکه	توزیع یکنواخت
اندازه شبکه	۵۰۰ متر*۵۰۰ متر
فرکانس ارتباطی	2.1 GHz
سیستم ارتباطی	Wifi
تعداد گره‌های شبکه	۱۰۰ گره
تعداد تکرار	۵۰۰ تکرار
سطح انرژی گره‌ها	۲ الی ۱۲ ژول به صورت تصادفی
نرم افزار شبیه‌سازی	Matlab2015R2
الگوریتم توصیه‌گر محک	رویکرد ارائه شده در پژوهش کائو و [۱۴] و همکارانش

[۱۳] Matlab

[۱۴] Windowse

در این بخش از پژوهش، نتایج حاصل از ارزیابی مربوط به مؤلفه Recall یا فراخوانی در شکل ۱ نشان داده شده است، بر اساس نتایج به دست آمده، مشخص می‌شود که رویکرد پیشنهادی نسبت به رویکرد مقایسه شده، دارای سطح مؤلفه Recall بهتری است. استفاده از یک روند انتخاب سرویس مبتنی بر ساختار چند معیاره بر اساس اولویت بندی خاکستری، باعث افزایش کیفیت انتخاب و توصیه‌گری شده است.



شکل ۱) مقایسه Recall روش پیشنهادی و رویکرد کائو و همکارانش [۱۴]

در ادامه، مقادیر مربوط به Precision یا دقت در روش پیشنهادی و رویکرد کائو و همکارانش [۱۴] در شکل ۲ مقایسه می‌شوند، نتایج ارزیابی نشان دهنده بالا بودن دقت توصیه‌گری در روش پیشنهادی نسبت به رویکرد مقایسه شده است. استفاده از بهگزینی چند معیاره، می‌تواند توجیهی مناسب برای بالا بردن دقت در روش پیشنهادی نسبت به رویکرد کائو و همکارانش باشد.



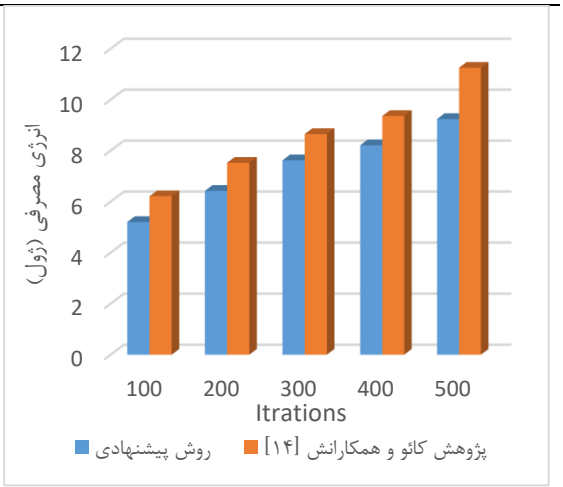
شکل ۲) مقایسه Precision روش پیشنهادی و رویکرد کائو و همکارانش [۱۴]

با توجه به ارزیابی‌های انجام شده و بررسی‌های ارائه شده در روند شبیه سازی، بر اساس شکل ۳، مشاهده می‌شود که مقدار F-Measure برای راهکار پیشنهادی نسبت به رویکرد رویکرد کائو و همکارانش [۱۴] سطح بهینه‌تری داشته و در نتیجه کارایی روش پیشنهادی در توصیه خدمات نسبت به رویکرد مقایسه شده بیشتر است.



شکل ۳) مقایسه F- Measure روش پیشنهادی و رویکرد کائو و همکارانش [۱۴]

در ادامه روند شبیه سازی، مقدار مصرف انرژی برای روش پیشنهادی و رویکرد کائو و همکارانش [۱۴] مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.



شکل ۴) مقایسه متوسط مصرف انررژی روش پیشنهادی و رویکرد کائو و همکارانش [۱۴]

با توجه به این که انتخاب و توصیه خدمات در روش پیشنهادی بر اساس مولفه‌های متناسبی از کیفیت سرویس ارائه می‌شود، به نظر می‌رسد، مصرف انرژی در روش پیشنهادی نسبت به رویکرد مقایسه شده کاهش قابل توجه‌تری داشته باشد. زیرا انتخاب سرویس مناسب براساس معیار فاصله می‌تواند ضمن کاهش هزینه ارتباطی، انرژی مصرفی را نیز کاهش دهد. نتایج ارزیابی انرژی مصرفی برای رویکرد پیشنهادی و رویکرد کائو و همکارانش [۱۴] در شکل ۴ ارائه شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد کارهای آتی

همانطور که بیان شد، اینترنت اشیا که بیشتر به صورت اختصاری IOT نمایش داده می‌شود، شبکه‌ای از وسایل متصل به یکدیگر بوده و درونش، این گجت‌های الکترونیکی با یکدیگر بدون دخالت انسان ارتباط برقرار می‌کنند این وسایل خودشان دیتاها را ایجاد کرده و در صورت نیاز تغییر می‌دهند یا پاک می‌کنند همچنین بدون دستور گرفتن از کاربران آن‌ها را برای دیگر دستگاه‌های الکترونیکی ارسال کرده و یا از آن‌ها داده‌هایی را دریافت می‌کنند در ادامه این وسایل با استفاده از داده‌های موجود اقدام به تصمیم‌گیری خواهند کرد کلید درک مفهوم اینترنت اشیا، درک عبارت «تبادل داده‌ها بین دستگاه‌ها» است[۹].

حجم فراوان و رو به رشد اطلاعات روی وب و اینترنت اشیاء که سربار اطلاعاتی نامیده می‌شود، تصمیم‌گیری و انتخاب را دشوار کرده است. رویکرد سیستم‌های توصیه‌گر مقابله با مشکلات ناشی از سربار اطلاعات است .این سیستم‌ها به کاربران کمک می‌کنند تا سریع‌تر به هدف خود نزدیک شوند و گزینه موردعلاقه خود را پیدا کنند. سیستم‌های توصیه‌گر به کاربرانی که از بین حجم بالای اطلاعات به دنبال نوعی خاص از اطلاعات مرتبط با اولویت‌هایشان هستند، پیشنهادات شخصی شده‌ای را ارائه می‌دهند. درواقع سیستم‌های توصیه‌گر یکی از ابزارهای اصلی برای غلبه بر مشکل انباشت اطلاعات بوده و با داشتن قدرت تحلیل رفتارهای کاربر، مکمل هوشمندی برای مفاهیم بازیابی و غربال اطلاعات هستند. با این وجود، در حال حاضر، ارزیابی سیستم‌های توصیه‌گر با روش‌هایی غالباً ناسازگار با یکدیگر صورت می‌گیرد.

در این پژوهش، یک سیستم توصیه‌گر قابل اطمینان با استفاده از مدل تصمیم گیری خاکستری ارائه شد که ضمن بهبود روند تصمیم‌گیری، باعث کاهش سربار محاسباتی و افزایش دقت گردید. نتایج ارزیابی نشان می‌دهند که روش پیشنهادی نسبت به رویکردهای مقایسه شده، در مؤلفه‌های Recall، Precision، F-Measure و انرژی مصرفی کارایی بالاتری داشته و از این رو می‌تواند به عنوان یک رویکرد مؤثر در سیستم‌های توصیه‌گر استفاده شود. همچنین، نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نسبت به رویکردهای دیگر، سطح انرژی مصرفی که یکی ازمولفه های مهم در شبکه اینترنت اشیاء است، تا سطح قابل‌توجهی بهبود می‌دهد.

منابع

[1] G. B. Sankar Mukherjee, "Networking for IoT and applications using existing communication technology," *Elsever, Egyptian Informatics Journal*, pp. 1-9, 2017.

[2] J. J. R. A. K. S. J. A.-M. V. K. Mauro A.A. da Cruz, "erformance evaluation of IoT middleware," *Elsever*, pp. 8-19, 2018.

[3] M. U. G. A. S. E. A. Bilal Afzal, "Enabling IoT platforms for social IoT applications: Vision, feature mapping, and challenges,," *Elsever*, pp. 27-38, 2017.

[4] Q. S. A. N. X. L. L. Yao, " Things of Interest Recommendation by Leveraging Heterogeneous Relations in the Internet of Things," *ACM Transactions on Internet Technology 16 (9)*, p. 1–25., 2016.

[5] L. H. C. B. J. T. A. Felfernig, " Knowledge-based Configuration: From Research to Business Cases," *1st Edition, Elsevier/Morgan Kaufmann Publisher*, 2014.
[6] J. H. G. H. J. Y. Z. W. Yao, "A Graph-based model forcontext-aware recommendation using implicit feedback data," *Worldwide web 18.5*, pp. 1351-1371, 2015.
[7] A. M. a. A. V. J. Borras, "Intelligent tourism recommendersystems: A survey," *Expert Syst. Appl., vol. 41, no. 16,* 2014.
[8] P. S. Z. D. H. Z. H. L. Y. Y. X. L. C. Y. K. Fan, " Nfc secure payment and verification scheme with cs e-ticket," *Security andCommunication Networks*, 2017.
[9] D. C. Mejdl Safran, "Real-time recommendation algorithms for crowdsourcing systems," *Elsever*, pp. 47-56, 2017.
[10] J. J. Miller, "Graph database applications and concepts with Neo4j," *Proceedings of the Southern Association for Information SystemsConference, Atlanta, GA, USA, vol. 2324*,, p. 36, 2013.
[11] I. K. A. L. V. C. T. V. Georgios Palaiokrassas, "An IoT architecture for personalizedrecommendations over big data oriented applications," *IEEE 41st Annual Computer Software and Applications Conference*, 2017.
[12] P. K.,. D. K.,. S. R. I.,. U.,. S.-j. Y.,. K. K. Farman Ali, "Type-2 Fuzzy OntologyÐaided Recommendation Systemsfor IoTÐbased Healthcare," *Computer Communications*, 2017.
[13] V. K. S. Abinaya, " Ontology Based Public Healthcare System in Internet of Things (IoT)," *ProcediaComputer Science. 50*, p. 99–102, 2015.
[14] J. L. Y. W. H. L. Q. X. Buqing Cao, "QoS-aware service recommendation based on relational topic model andfactorization machines for IoT Mashup applications," *J. Parallel Distrib. Comput*, 2018.
[15] Y. S. a. T. K. T. Ohtake, "Steiner Tree Based Recommendation System for Combination of APIs and IoT Devices," *2017 24th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC), Nanjing.IEEE*, pp. 552-557, 2017.
[16] S. R. Sergio Di Martino, "An Architecture for a Mobility Recommender Systemin Smart Cities," *Procedia Computer Science,Volume 98*, pp. 425-430, 2016.
[17] H. J. P. P.-B. K. Choi, "Big data and rule-based recommendation system in Internet of Things," *Cluster Comput*, p. 1–10, 2017.
[18] D. R. Bartłomiej Twardowski, "IoT and context-aware mobile recommendationsusing Multi-Agent Systems," *015 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT), Singapore*, pp. 33-40, 2015.
[19] J. H. G. H. a. Y. Z. ". W. Yao, "SoRank Incorporating SocialInformation into Learning to Rank Models for Recommendation," *inProceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web,,NY, USA*, p. 409–410, 2014.
[20] J. W. a. E. E. I. Robinson, "Graph databases: newopportunities for connected data," *O'Reilly Media, Inc*, 2015.
[21] J. H. G. H. J. Y. Z. W. Yao, "A Graph-based model forcontext-aware recommendation using implicit feedback data," *Worldwide web 18.5*, pp. 1351-1371, 2015.
[22] Z. C. W. O. T. H. &. C. H. Huang, "A graphbasedrecommender system for digital library," *In Proceedings of the 2ndACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries ACM.*, pp. 65-73, 2002.
[23] G. A. a. A. Tuzhilin, "Toward the next generation ofrecommender systems: a survey of the state-of-the-art and possibleextensions," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng., vol. 17, no. 6*, 2005.
[24] T. T. a. P. J. A. Luberg, "Smart city: a rule-based touristrecommendation system," *in Information and CommunicationTechnologies in Tourism 2011 Springe*, p. 51–62, 2011.
[25] G. Tumas and F. Ricci, "Personalized mobile city transport advisorysystem," *Inf. Commun. Technol. Tour*, p. 173–183, 2009.

طراحی حسگر گلوکز با استفاده از Tri-Core modified فیبر کریستال فوتونیک

مهران کریمیان ریزی[۱]، مریم فریور[۲]، وحید رنجبر عین‌الدین[۳]

[۱] دانشجو کارشناسی ارشد، مهندسی پزشکی، دانشگاه تبریز،ایران، mehrankarimian97@ms.tabrizu.ac.ir

[۲] مربی سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور، شاهین شهر، ایران، farivar.maryam@yahoo.com

[۳]دانشجو کارشناسی ارشد، مهندسی پزشکی، دانشگاه تبریز،ایران، v.ranjbar98@ms.tabriz.ac.ir

چکیده: یک در این مقاله، سنسور ضریب شکست فیبر کریستال فوتونی سه هسته ای برای تشخیص گلوکز با حساسیت بهتر ارائه شده است. منحصربفرد بودن این ساختار بستر تک ماده است که قابلیت تنظیم حساسیت آن در حداقل تغییر غلظت گلوکز (g/L)را دارد. طیف انتقال حداکثر تغییر طول موج را به ترتیب ۱۴۰ نانومتر و ۱۰۰ نانومتر برای قطب $-x$ و $-y$ گزارش کرد. بازده سنسور پیشنهادی حداکثر حساسیت $4950.4\,nm/RIU$ و $6930.6\ nm/RIU$ به ترتیب برای قطبش x و y است.
کل تجزیه و تحلیل و سازوکار آن از ساختار پیشنهادی با استفاده از روش اجزای محدود استفاده می‌شود

کلید واژه: *سنسور گلوکز، فیبر فوتونیک کریستال، روش المان محدود*

مقدمه

سنسورهای فیبرنوری، حوزه بیوسنسور را تحت تاثیر قرار داده‌اند. زیرا عملکرد بهتری نسبت به دهه‌های اولیه حسگرهای زیستی غیراپتیک ایجاد کرده‌اند. انواع مناسب از سنسورهای فیبر با محدوده طیفی قطعی است که با استفاده از خاصیت میدان ناپایدار [۱-۲] که با حساسیت بهتر و حد تشخیص بالای آنالیت داده شده خاتمه می‌یابد. مشخص‌شده‌ترین فرم آنالیت سنجش در الیاف داده شده، به صورت مایع در نظر گرفته می‌شود و سپس با یک پارامتر نوری مشخص می‌شود که به عنوان شاخص ضریب شکست(RI) شناخته می‌شود. سپس برای درک مواد شیمیایی و بیولوژیکی مختلف مانند شوری(salinity) [۳]، PH[۴]، DNA [۵] کلسترول (Cholesterol) [۶] و گلوکز (Glucose)[۷] استفاده می‌شود. بعداً، این سنسورهای پیشنهادی با فیبرهای مخروطی شکل گرفته چند ساختاری [۸]، فیبر D شکل [۹]، فیبر U شکل [۱۰] و شبکه های فیبر براگ [۱۱] برای بهبود بیشتر در کاربردهای سنجش ایجاد شده اند. در طول سنسور گفته شده در بالا و خصوصیت حسگری با استفاده از فیبرنوری، نوع جدیدی از ساختار حفظ تناوبی یعنی فیبر کریستال فوتونی (PCF) توسط فیلیپ راسل معرفی شد [۱۲] که می‌توانست تأثیر بیشتری در سنجش برنامه‌های کاربردی به دلیل ویژگی منحصربفرد خود از جمله حالت منفرد، تجزیه مجدد و حساسیت دو طرفه [۱۳-۱۵] از طریق متریال آن و نیز خواص ساختاری مطرح شده‌بود. با کمک این فیبر، در مقالات اخیر حسگر برپایه حساسیت بالا برای کاربردهای سنجشی از قبیل سنسور حرارتی [۱۶و۱۷] سنسور فشار [۱۸و۱۹]، سنسور میدان مغناطیسی [۲۰]، سنسور میدان مغناطیسی [۲۱]، پیشنهاد شده‌است. در میان این اقدامات عظیم حسی و دستیابی بیشتر به آن، تغییر طول‌موج، زیست حسگر مبتنی بر PCF برای کاربردهای مبتنی بر جامعه ابداع شده‌است. در [۲۲]، بینو و همکاران، سنسور گلوکز فیبرنوری را برای حس تغییرات ضریب شکست غلظت‌های مختلف گلوکز (g۲۵-g۵) در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر با نمایش تجربی و تتسویا کوماگی پیشنهاد کرده‌اند[۲۳]. یک سیستم نوری برای حس گلوکز با وضوح ۱ میلی‌گرم در دسی‌لیتر برای خون انسان با استفاده از اصل حفظ قطبش پیروی از اصل sagnac پیشنهاد کرده است. علاوه بر این، مکانیزم سنجش گلوکز با کمکPCF

برای تولید حساسیت فشرده طیفی متوسط بالا مورد استفاده قرار گرفته است که در آن مایع بیولوژیکی هر آنالیت[۲۴] به درون هر یک از کلادهای (روکش فلزی) حفره‌های میکرو هوا نفوذ می‌کند، بکار گرفته شده است. اگرچه برخی از سنسورهای ضریب شکست، حساسیت را توسط M.V. Hernández-Arriag و همکاران [۲۵] l, Zhilin Xu و همکاران[۲۶] و F.Gao و همکاران [۲۷]

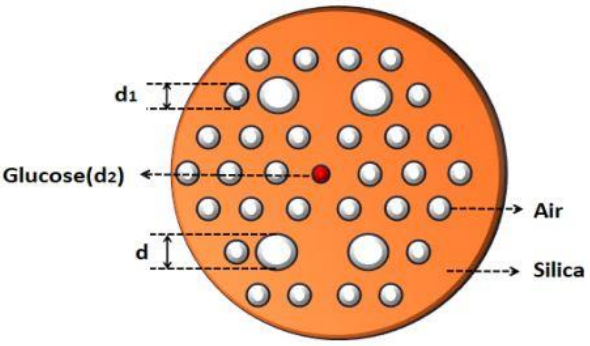
به ترتیب همانند

$2171\,nm/RIU$. $2067.6\,nm/RIU$. $400\,degree/RIU$

گزارش کرده‌اند. سنسور ضریب شکست پیشنهادی برای تشخیص گلوکز تنظیم شده است تا حساسیت را تا $6930.6\,nm/RIU$ بدست آورد. در این مقاله، PCF سه هسته‌ای برای درک غلظت گلوکز و حداکثر حساسیت به دست آمده از آن ارائه شده است. همچنین براساس اصل نظریه جفت سازی(coupling) است. هدف اصلی این شکل‌گیری ساختاری، افزایش حداکثر جفت شدگی و جدا سازی، دستکاری پیچیده ویژگی‌های هدایت نور و قطبش سوئیچینگ (تغییر قطبش) است.

ساختار طراحی شده

ابعاد سنسور PCF پیشنهادی برای نشان دادن حساسیت بهتر با عرض طیفی زیاد همانطور که در شکل نشان داده شده است، با دقت انتخاب شده است. در شکل یک ابتدا، ثابت گام سوراخهای هوا به طور منظم در فاصله $\Lambda = \Lambda = 2.3\mu m$ 2.3µm شش ضلعی با زمینه سیلیکون انتخاب می‌شود. به منظور طراحی سه‌گانه هسته‌ای، حفره هوایی مرکزی (d2) حفره توخالی به قطر $0.9\mu m$را برای تزریق نمونه مورد بررسی قرار داده و سطح تحمل سنجش و همچنین اجتناب از حضور پیچیدگی در طول نمونه‌ها را بررسی می‌کند. علاوه بر این، هسته سیلیکا با حذف حفره‌های هوا در بالا و پایین هسته مرکزی برای ایجاد یک قالب سه تایی تشکیل می‌شود. به منظور ایجاد تاثیر قطبش یا انکسار مضاعف، قطر حفره‌های هوای مجاور(d) در هر دو طرف هسته سیلیکا کمی از d1 افزایش می‌یابد و به مقدار $2.2\mu m$ می‌رسد. قطر حفره‌های هوا باقی مانده برای تامین حمایت از حبس بهتر نور ثابت مانده و $d1 = 1.4\mu m$ شده‌است. قطر روکش بیرونی $120\mu m$است.



شکل یک : طرح کلی شکل پیشنهادی

مواد پس‌زمینه فیبر سیلیس ذوب شده است که با استفاده از معادله فروشنده(Seller's equation) [۲۱]، ضریب شکست آن در هر طول موج و دما را می‌توان محاسبه کرد.

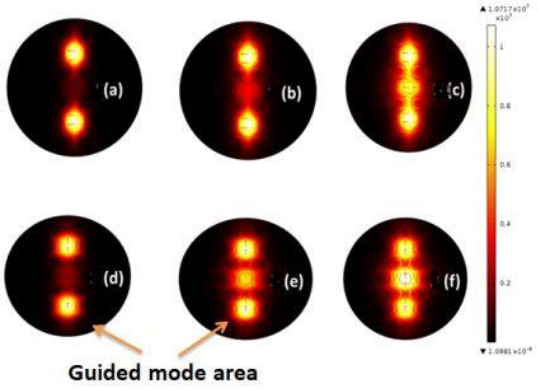
(۱)

$$n^2(\lambda_2 T) = (1.31552 + 6.9075410^{-6}T) + \frac{(0.788404 + 23.5835 \times 10^{-6}T)\lambda^2}{\lambda^2 - (0.0110199 + 0.584758 \times 10^{-6}T)} + \frac{(0.91316 + 0.54868 \times 10^{-6}T)\lambda^2}{\lambda^2 - 100}$$

(۲)

$$n = 0.00011889c + 1.33230545$$

که در آن c غلظت گلوکز(g / L) و n محلول گلوکز ضریب شکست است.

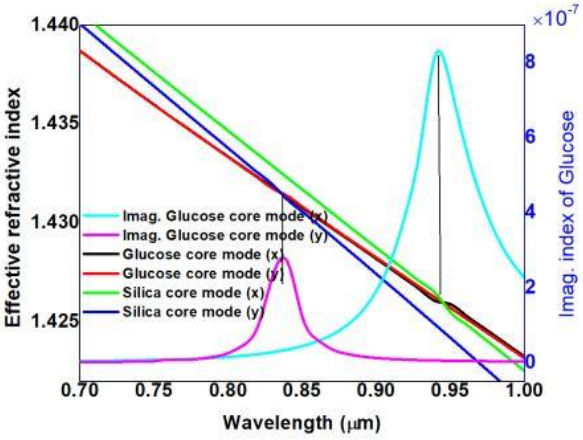


شکل ۲ : انتقال انرژی از یک حالت به حالت دیگر (۱) پلاریزاسیونx از (a - c) و (۲) (قطبش) پلاریزاسیونy از (d - F)

نتایج و بحث‌ها

برای بررسی سنسور گلوکز، غلظت‌های مختلف از نمونه‌های گلوکز در حفره مرکزی ساختار PCF پر می‌شوند.در ابتدا، خصوصیت حسی با محلول گلوکز در غلظت $30\,g/L$ در هسته

مرکزی (2d) با قطر $0.9\mu m$تحلیل می‌شود. روش عملی قرار دادن هر گونه نفوذ (آنالیت) مایع به لوله مویرگ‌ها از طریق روش پر کردن انتخابی [۲۹] و روش نیروی مویرگی [۳۰] در صورتی که در بعد کوچک‌تر باشد، دنبال می‌شود. بعضی مواقع پیش از تخلیه قوس الکتریکی [۳۱] در سمت ورودی فیبر ادامه پیدا می‌کند به طوری که حسگرPCF می‌تواند برای کاربردهای حسی دیگر مجددا استفاده شود. میدان ناپایدار سنسور PCF برای تجزیه و تحلیل واقعی و موهومی ضریب شکست موثر استفاده می‌شود که به کاربرد مواد وابسته است. برای سنجش بهتر عملکرد، مکانیزم کوپلینگ بین حالت اصلی سیلیکا و حالت آنالیت مایع به گونه‌ای یافت می‌شود که انتقال انرژی بین مدها با تابع طول‌موج عبور می‌کند. انتشار حالت و نقطه اتصال آن در شکل۲ (a - F)برای تجزیه و تحلیل آسان نشان‌داده شده‌است. سپس مشخصات منحنی، همانطور که در شکل ۳ نشان‌داده شده‌است، برای یافتن نقطه طول‌موج تشدید (λ_P) که در آن اتلاف جذب به صورت بالاتر از ناحیه غیر تشدید محاسبه می‌شود و در این نقطه شرایط انطباق فاز برآورده می‌شود، نشان‌داده شده‌است.



شکل ۳ : ضریب شکست موثر هسته سیلیکا و حالت هسته گلوکز در $30\ g/L$

برای حالت هسته سیلیکا، ماکزیمم انرژی در هسته گلوکز در طول‌موج کوتاه‌تر رخ می‌دهد. همانطور که طول‌موج افزایش می‌یابد، میدان انتقال حالت از هسته سیلیکا به هسته گلوکز منتقل می‌شود. در نقطه تقاطع، توان نوری به همان اندازه در هر دو هسته سیلیکا و گلوکز در طول‌موج پیک توزیع می‌شود، که سپس در کاربردهای حسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در طول‌موج پیک، بخش حقیقی ضریب شکست موثر هسته سیلیکا و هسته گلوکز برابر هستند. به وضوح نشان‌داده شده‌است که شاخص‌های شکست حالت هسته گلوکز با بالا و پایین هسته سیلیکا برای حالت قطبشx و y به ترتیب در $0.83\mu m$و $0.94\mu m$برهم کنش(تعامل) دارند. در طول‌موج‌های طولانی‌تر، تقریبا تمام میدان حالت از هسته سیلیکا به هسته گلوکز انتقال می‌یابد. به طور مشابه، مکانیزم حس کردن برای غلظت پایین و بالاتر گلوکز پیش می‌رود تا اثر تغییر طیفی را با توجه به تعریف اتلاف جذب اوج دنبال کند.

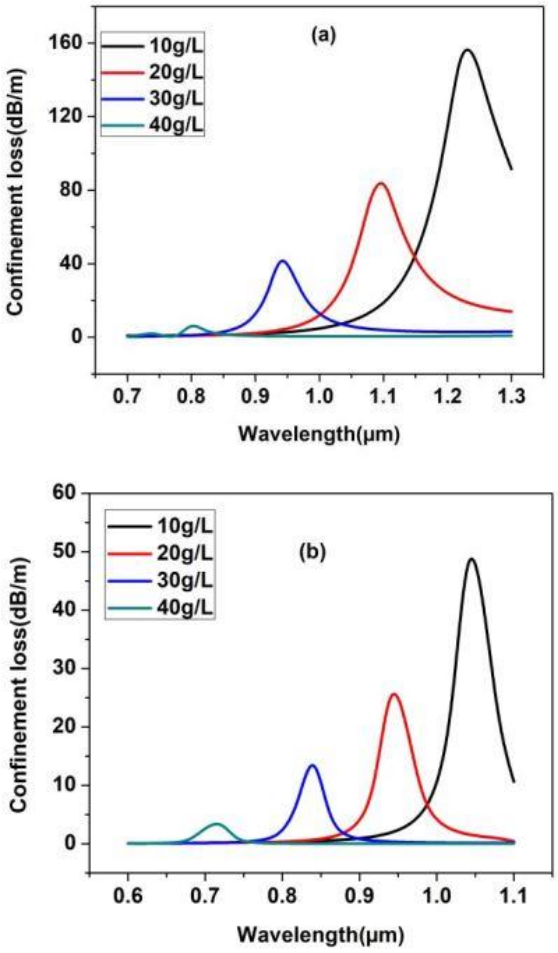
$$\alpha(x.y) = 8.686 * \frac{2\pi}{\lambda} Im(n_{eff}) * 10^6 \quad x \text{ و } y \text{ برای}$$

همانطور که در شکل(b) (a) ۴ نشان‌داده شده‌است، پلاریزاسیون نشان می‌دهد که طول‌موج رزونانس با افزایش نمونه‌های گلوکز از $10\ g/L$به $40\ g/L$ تغییر می‌کند و اتلاف پیک متناظر با آن کاهش می‌یابد. تاکنون ما یک مجموعه از طول‌موج‌های دل‌خواه خود را برای قطبش xدر ۱۲۴۰، ۱۱۰۰، ۹۴۰ و ۸۰۰ نانومتر مشاهده کردیم. با افزایش میزان گلوکز از $10\ g/L$، $20\ g/L$، $30\ g/L$ و $40\ g/L$و برای پلاریزاسیون y، طول‌موج شیب در مقادیر ۱۰۴۰، ۸۴۰، ۹۴۰ و ۷۲۰ نانومتر برای نمونه‌های گلوکز مشابه دیده می‌شود.

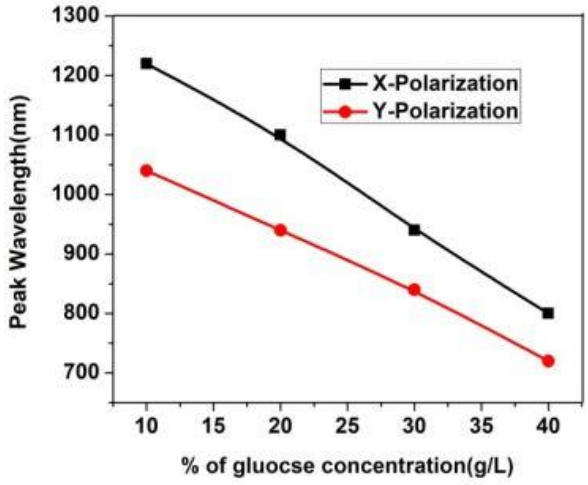
تغییر در طول‌موج پیک با توجه به گلوکز غلظت بالاتر نیز در شکل 5a و 5b رسم شده‌است و تغییر طول‌موج با عملکرد غلظت گلوکز را نشان می‌دهد. واضح است که حساسیت سنسور پیشنهادی، به دلیل داشتن میدان ساکن قوی و طیف اتلاف بالاتر حتی در کم‌ترین تغییر آنالیت مایع، نقطه سنجش بهتری را برای قطبش x نسبت به قطبش y ارائه می‌دهد.

حساسیت $S(nm/RIU) = \Delta\lambda/\Delta n$ برای انتقال طول‌موج مربوطه ($140nm$برای پلاریزاسیون x و$100nm$ برای قطبش y) برای تشخیص حداقل تغییر غلظت گلوکز$10\ g/L$ و $20\ g/L$به صورت $6930.6\ nm/RIU$ و $4950.4\ nm/RIU$یافت می‌شود. هدف از این مقاله پیشنهاد سنسور گلوکز با حساسیت بسیار بالا با استفاده از tricore PCF و تجزیه و تحلیل توسط FEM بود. یک آنالیت حسگری به حفره هوای مرکزی PCF تزریق می‌شود و یک هسته تشکیل می‌شود و همراه با آن دو هسته دیگر به صورت عمودی در زیر و بالای ردیف مرکزی تشکیل شده‌اند. سپس انتقال انرژی نوری بین دو حالت اصلی به صورت عددی آنالیز شد و شرایط تطبیق فاز از مقدار پیک اتلاف جذبی متقاعد کننده (راضی کننده) است.

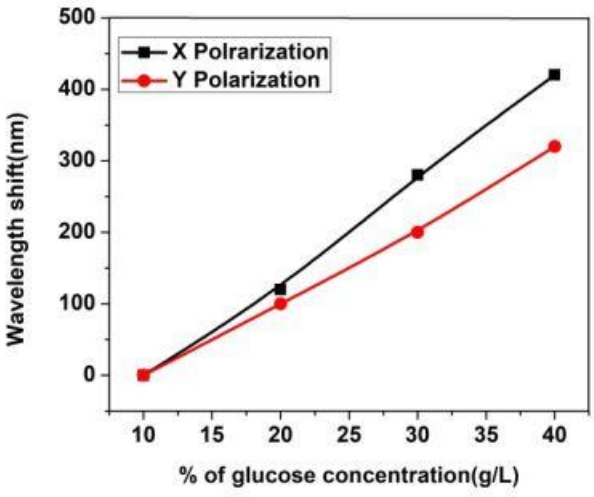
همین اصل برای غلظت‌های مختلف آنالیت بیان می‌شود و تفاوت بین دو پیک اتلاف به عنوان تغییر طیف طول‌موج شناخته می‌شود. از این رو حساسیت فشرده تقویت‌شده به ترتیب از $6930.6\,nm/RIU$ و $4950.4\,nm/RIU$ با حد تشخیص ۰,۰۲۰۲ برای قطبش x و y گزارش شده است.



شکل ۴ : طیف از دست دادن محدودیت حالت هسته گلوکز برای (a)قطبشX و (b) قطبش Y تحت غلظت گلوکز مختلف



شکل a۵ : طول‌موج پیک به عنوان تابعی از غلظت گلوکز



شکل b۵ : تغییر طول موج با غلظت های مختلف گلوکز

نتیجه‌گیری

هدف از این مقاله ارائه یک حسگر گلوکز با حساسیت بسیار بالا با استفاده از tricore PCF و آنالیز با استفاده از FEM می‌باشد. یک آنالیت حسگری به حفره هوای مرکزی PCF تزریق می‌شود و یک هسته تشکیل می‌شود و همراه با آن دو هسته دیگر به صورت عمودی در زیر و بالای ردیف مرکزی تشکیل شده‌اند. سپس انتقال انرژی نوری بین دو حالت هسته به صورت عددی تحلیل شد و شرایط تطبیق فاز با مقدار پیک اتلاف جذب قابل قبول شد. اصل مشابه‌ی برای غلظت‌های مختلف آنالیت دنبال می‌شود و تفاوت بین دو پیک اتلاف به عنوان تغییر طیف طول‌موج شناخته می‌شود. همان اصل برای غلظت‌های مختلف آنالیت دنبال می‌شود و تفاوت بین دو پیک اتلاف به عنوان تغییر

طیف طول‌موج شناخته می‌شود. از این رو حساسیت فشرده تقویت‌شده به ترتیب از $6930.6\,nm/RIU$ و $4950.4\,nm/RIU$ با حد تشخیص ۰،۰۲۰۲ برای قطبش x و y گزارش شد است. بهینه‌سازی بیشتر پارامترهای ساختاری به طور قطع حساسیت افزایش‌یافته را بدست آوریم.

مراجع

[1] Chomat, M.; Berkova, D.; Matejec, V.; Kasik, I.; Kuncova, G.; Gagnaire, H.; Trouillet, A.; Bardin, F., "Optical detection of toluene in water by using IGI fibers" , Mater. Sci. Eng. C Biomim. Supramol. Syst., vol. 21, pp. 211-215, 2002.[2] Cherif, K.; Mrazek, J.; Hleli, S.; Matejec, V.; Abdelghani, A.; Chomat, M.; Jaffrezic-Renault, N.; Kasik, I., "Detection of aromatic hydrocarbons in air and water by using xerogel layers coated on pcs fibers excited by an inclined collimated beam", Sens. Actuators B Chem, vol.95, pp. 97–106,2003.

[3] Liao, Y., Wang, J., Wang, S., Yang, H. & Wang, X. "Simultaneous measurement of seawater temperature and salinity based on microfiber MZ interferometer with a knot resonator", J. Lightwave Technol., Vol.34, pp.5378–5384, 2016.

[4] Li, W., Cheng, H., Xia, M. & Yang, K. "An experimental study of pH optical sensor using a section of no-core fiber", Sens. Actuators vol.A199,pp. 260–264, 2013.

[5] Sun, D., Guo, T., Ran, Y., Huang, Y. & Guan, B. O., "In-situ DNA hybridization detection with a reflective microfiber grating biosensor",Biosens. and Bioelectron, vol. 641, pp. 541–546, 2014.

[6] Soylemez, Saniye, Yasemin A. Udum, Melis Kesik, Cevher Gündoğdu Hızlıateş, Yavuz Ergun, and Levent Toppare. "Electrochemical and optical properties of a conducting polymer and its use in a novel biosensor for the detection of cholesterol." Sensors and Actuators B: Chemical, vol. 212, pp. 425-433, 2015.

[7] Luo, B., Yan, Z., Sun, Z., Li, J. & Zhang, L., " Novel glucose sensor based on enzyme-immobilized 81° tilted fiber grating", Opt. Express, vol. 22,pp.30571–30578, 2014.

[8] Verma R K, Sharma A K, and Gupta B D, "Surface plasmon resonance based tapered fiber optic sensor with different taper profiles", Opt. Commun.,vol. 28, pp. 1486–91, 2008.

[9] Chiu M H, Wang S F and Chang R, " SD-type fiber biosensor based on surface-plasmon resonance technology and heterodyne interferometry", Opt. Lett., vol. 30, pp. 233–5, 2005.

[10] Verma R K and Gupta B D, "Theoretical modeling of a bidimensional Ushaped surface plasmon resonance based fibre optic sensor for sensitivity enhancement", J. Phys. D: Appl. Phys., vol.41, pp. 095106, 2008.

[11] Schuster T, Herschel R, Neumann N and Schffer C G, "Miniaturized longperiod fiber grating assisted surface plasmon resonance sensor", J. Light wave Technol., vol. 30, pp.1003–8, 2012.

[12] Philip St.J. Russell, Member, IEEE, "Photonic-Crystal Fibers", Journal of lightwave technology, vol. 24, no. 12, DEC 2006.

[13] Birks, T. A., Knight, J. C. and Russell, P. St J., "Endlessly single mode photonic crystal fiber", Opt. Lett., vol. 22, pp. 961–963, 1997.

[14] M. Sharma, Nitu Borgohain, and S. Konar. "Index Guiding Photonic Crystal Fibers with Large Birefringence and Walk-off", IEEE J. Lightwave Tech., vol. 31, no. 21, pp. 3339- 3344, 2013.

[15] O. Frazao, J.L. Santos, F.M. Araújo, L.A. Ferreira, "Optical sensing with photonic crystal fibers", Lasers Photon. Rev., vol. 2, no. 6, pp. 449–459, 2008.

[16] Q. Liu, S. Li, H. Chen, Z. Fan, J. Li, "Photonic Crystal Fiber Temperature Sensor Based on Coupling Between Liquid-Core Mode and Defect Mode , IEEE Phot. Vol.7, no. 2, April 2015.

[17] N. Ayyanar, R. Vasantha Jayakantha Raja b, D. Vigneswaran, B. Lakshmi, M. Sumathi, K. Porsezian, "Highly efcient compact temperature sensor
using liquid inltrated asymmetric dual elliptical core photonic crystal fiber", Optical Materials, vol. 64, pp. 574-582, 2017.

[18] Gufeng Hu, and Daru Chen. "Side-hole dual-core photonic crystal fiber for hydrostatic pressure sensing." IEEE J. Lightwave Tech., vol. 30, no. 14, pp. 2382-2387, 2012.

[19] N. Ayyanar, D. Vigneswaran, M. Sharma, M. Sumathi, M.S. Mani Rajan, S.Konar, "Hydrostatic pressure sensor using high birefringence photonic crystal fibers", IEEE Sens. J. vol. 17, no.3, pp. 650–656, 2016.

[20] Yong Zhao, Di Wu, Ri-Qing Lv, "Magnetic Field Sensor Based on Photonic Crystal Fiber Taper Coated With Ferrofluid", Vol. 27, pp. 26-29, 2015.

[21] D. Vigneswaran, N. Ayyanar, Mohit Sharma, M. Sumathi, M.S. Mani Rajan, K. Porsezian,

"Salinity sensor using photonic crystal fiber", Sensors and Actuators A, vol.269, pp. 22–28, 2018.
[22] S. Binu , V.P. Mahadevan Pillai , V. Pradeepkumar , B.B. Padhy , C.S. Joseph, N. Chandrasekaran, "Fibre optic glucose sensor", Materials Science and Engineering, vol. C 29, pp.183–186, 2009.
[23] Tatsuya Kumagai, Yusaku Tottori,1 Ryusuke Miyata and Hiroshi Kajioka, "Glucose sensor with a Sagnac interference optical system", Applied optics, Vol. 53, pp. 720- 726, 2014.
[24] Y. Ruan et aI., "Detection of quantum-dot labelled proteins using soft glass microstructured optical fibers," Opt. Express, vol.15, pp.26, pp. 17819- 17826, 2007.
[25] M. V. Hernández-Arriaga, M. Bello-Jiménez, A. Rodríguez-Cobos, R. López-Estopier and M. V. Andrés, Member, IEEE, High Sensitivity Refractive Index Sensor Based on Highly Overcoupled Tapered Fiber Optic Couplers, IEEE Sensors,volno. 17, Pp. 333-339, 2016
[26] Zhilin Xu, Yiyang Luo, Deming Liu, Perry Ping Shum, & Qizhen Sun, Sensitivity-controllable refractive index sensor based on reflective θ-shaped microfiber resonator cooperated with Vernier effect, Scientific reports, vol.no.7, pp 1-8, 2017
[27] F. Gao, H. Liu, C. Sheng, C. Zhu, and S. N. Zhu, Refractive index sensor based on the leaky radiation of a microfiber, optic express, vol.22, pp. 12645-12652, 2014.
[28] X.C. Yang, Y.Lu, M.T.Wang, J.Q.Yao, "A photoniccrystal fiber glucosesensor filled with silvernanowires" , Optics Communications, vol. 359, pp. 279–284, 2016.
[29] Shu-Ming Kuo, Yu-Wen Huang, Szu-Ming Yeh, Wood-Hi Cheng and CheHsin Lin1," Liquid crystal modified photonic crystal fiber (LC-PCF) fabricated with an un-cured SU-8 photoresist sealing technique for electrical flux measurement", OPTICS EXPRESS, Vol. 19, No. 19, pp.18372, Sep 2011.
[30] Shuoliang Wang, Pengcheng Liu, Hui Zhao & Yuan Zhang, "A novel method for calculating the dynamic capillary force and correcting the pressure error in micro-tube experiment", Scientific Reports 7, Article number: 16590, 2017.
[31] Shen Liu, Kaiming Yang, Yiping Wang, Junle Qu, Changrui Liao, Jun He, Zhengyong Li, Guolu Yin, Bing Sun, Jiangtao Zhou, Guanjun Wang, Jian Tang & Jing Zhao, "High-sensitivity strain sensor based on in-fiber rectangular air bubble", SCIENTIFIC REPORTS 5, pp. 7624, Jan 2015.

بهینه‌سازی چندهدفه مبدل افزاینده DC-DC برای کاربرد پنل‌های خورشیدی

صمد محمدزاده بازرگان[۱]
توحید رحیمی[۲]
[۱] دانشکده مهندسی برق موسسه آموزش عالی معراج سلماس، M.samad1983@yahoo.com
[۲] دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه تبریز، rahimitohid @ tabrizu.ac.ir

چکیده: امروزه بهره برداری از پنل‌های خورشیدی به دلیل سادگی در نصب، قابلیت اطمینان بالا، هزینه تعمیر و نگهداری پایین، کارکرد بی صدا و مهم تر از همه عدم نیاز به سوخت **(**بدون آلایندگی زیست محیطی**)** دارای اهمیت به سزایی در میان منابع تولید توان دارد. در سیستم‌های فتوولتائیک ممکن است با خطا در عملکرد عناصر، سیستم نتواند به تزریق توان بپردازد و در نتیجه منجر به ضرر اقتصادی شود از این رو قابلیت اطمینان سیستم های فتوولتائیک از اهمیت زیادی برخوردار است. این مقاله به نحوه طراحی و بهینه سازی مبدل ***DC-DC*** با یک سطح ولتاژ***DC*** متغییر، ناشی از انرژی خورشیدی به یک سطح ولتاژ متغیرخروجی با کیفیت مطلوب با در نظر گرفتن شرایط دمایی محیط و تابش مختلف خورشید می پردازد. با اعمال تغییرات سطح تابش و دما، اندازه عناصر و همچنین فرکانس کلید زنی مبدل با هدف افزایش راندمان و قابلیت اطمینان و کاهش هزینه به طور همزمان با الگوریتم ***PSO*** مورد بررسی قرار گرفته است.
کلیدواژه‌ها: *قابلیت اطمینان، مبدل DC-DC، اندازه عناصر، فرکانس کلید زنی، سیستم‌های فتوولتائیک*

مقدمه

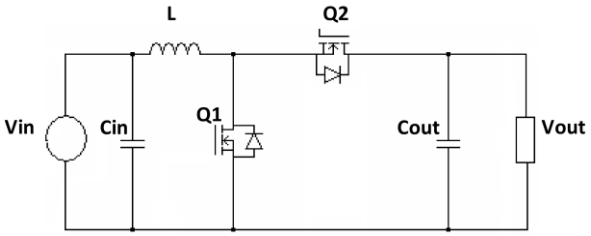
در سال های اخیر، انرژی های تجدید پذیر دارای بیش‌ترین گرایش بر حسب درصد (بیش از ۳۰ درصد در سال) در مقایسه با رشد انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی بوده است[۱]. در ۲۰۰۷ مطابق با تصمیم اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۲۰، ۲۰٪ از انرژی از منابع تجدیدپذیر بایستی تامین شود[۲]. در میان این منابع تجدید پذیر، فن آوری فتولتائیک(PV)، به عنوان یکی از مهمترین منابع، نقش مهمی را در آینده تولید برق ایفا می‌کند. در گذشته منابع فتوولتائیک معمولاً در برنامه‌های کاربردی جدا و مستقل، مورد استفاده قرار می‌گرفت.

از طرفی ادوات الکترونیک قدرت به یکی از جنبه‌های فعالیت و توسعه در سال‌های اخیر، با پیشرفت‌های فن‌آوری در نیمه هادی‌ها مانند ترانزیستورهای قدرت و تریستورها تبدیل شده است[۳]. تا حد زیادی هزینه های تولید پایین‌تر، به افزایش استفاده از دستگاه‌های الکترونیک قدرت جدید و بهتر کمک کرده است[۴-۷]. در این راستا، روش‌های کنترلی و ساختارهای جدید مبدل های الکترونیک قدرت با امکان انتقال توان با بازده بالا و در حجم کوچک معرفی شده‌اند. ولی افزایش توجه به ادوات الکترونیک قدرت چالش‌هایی را نیز همراه داشته است. انتخاب روش‌ها یا ساختارهای الکترونیک قدرت با اهداف ذکر شده چالش‌های قابلیت اطمینان را به همراه خود داشته است. برای مثال، در خودروهای هیبریدی خطای سیستم محرکه های الکتریکی سبب خواهد شد که مصرف سوخت بهینه نبا شد و مسافت رانندگی قابل دستیابی کاهش خواهد یافت[۸]. در سیستم تولید توان فتوولتاییک، هزینه خطا معادل با هزینه انرژی است که در طول خطا تولید نمی شود و همچنین هزینه تعمیر و نگه‌داری بر هزینه خطا اضافه می‌شود[۹]. با توجه به مطالعات میدانی، مبدل‌های الکترونیک قدرت عامل ۳۷ درصد تعمیر و نگه‌داری‌های برنامه ریزی نشده برای سیستم‌های فتوولتائیک [۱۰]، ۱۳ درصد سیستم‌های بادی [۱۱] و ۳۸ درصد سیستم های درایو سرعت متغیر صنعتی [۱۲] می‌باشند. یکی از نگرانی‌های مرتبط با قابلیت اطمینان مربوط به کلیدهای قدرت است که آسیب‌پذیرترین عناصر یک سیستم الکترونیک قدرتی می‌باشد[۱۳].

در سیستم‌های فتوولتائیک، شاخص‌های عملکردی راندمان، قابلیت اطمینان و هزینه با هم در تضاد می باشند[۱۴]. از این گذشته به علت طولانی بودن زمان بررسی، شناسایی یک راه حل منحصربفرد که همه نیاز های طراحی را به بهترین راه ممکن برآورده کند کار آسانی نیست. در مسئله بهینه سازی چند منظوره از آنجایی که شبیه‌سازی همزمان همه اهداف متضاد امکان پذیر نمی باشد. باید بهترین راه حل مصالحه، از بین راه حل‌های بهینه باشد. به همین دلیل در این مقاله با ارائه یک تابع هدف مشخص که تضمین‌کننده حداکثر بازده و قابلیت اطمینان در کنار حداقل هزینه مبدل می باشد، با الگوریتم PSO بهینه‌سازی ارائه شده است.

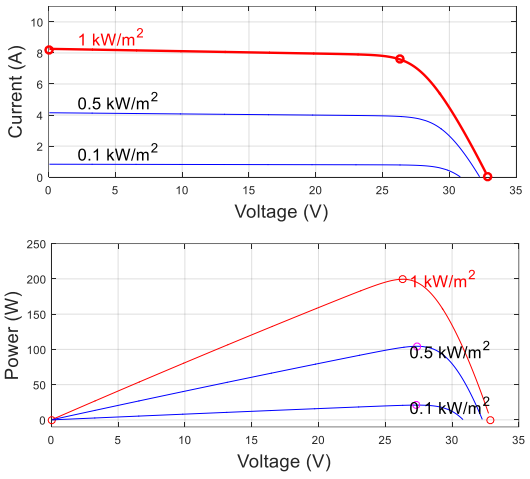
ساختار مورد مطالعه

برای سیستم فتوولتائیک مورد مطالعه از مبدل افزاینده DC-DC استفاده شده است. در مبدل افزاینده، ولتاژ خروجی می تواند بیشتر از ولتاژ ورودی باشد که به همین علت چنین نامگذاری شده است. یک مبدل افزاینده که از یک MOSFET قدرت استفاده می کند در شکل (۱) نشان داده شده است. سیستم PV به همراه مبدل DC-DC از نوع افزاینده برای تغذیه یک بار اهمی استفاده شده است. با هدف حصول به کمترین هزینه طراحی و ساخت مدار، بیشینه‌ترین مقدار MTTF و بازده مقادیر سلف، خازن‌ها و فرکانس کلیدزنی انتخاب می شود. با افزایش هزینه مبدل، بازده و قابلیت اطمینان سیستم بهبود خواهد یافت.

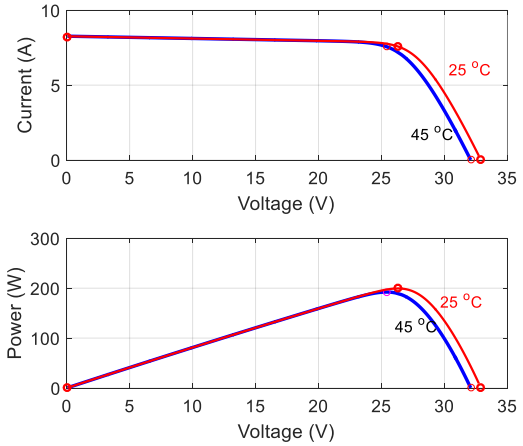


شکل ۱: مبدل افزاینده

پنل خورشیدی مورد استفاده در حداکثر سطح تابش و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد توانایی تولید توان ۲۰۰ وات را داراست. مشخصات PV به ازای سطوح تابش مختلف و دماهای محیط متفاوت در شکل (۲) و (۳) به صورت نمودارهایی برحسب ولتاژ در سر ترمینال‌های PV ترسیم شده است. با افزایش سطح تابش و دما به ترتیب سطح توان اخذ شده افزایش و کاهش می یابد.



شکل ۲: نقاط حداکثر توان قابل اخذ از PV در برابر سطوح تابشی مختلف



شکل ۳: نقاط حداکثر توان قابل اخذ از PV در برابر دمای محیط

تابع هدف بازده، قابلیت اطمینان و وزن

راندمان مبدل

راندمان مبدل هایDC/DC برابر با نسبت توان خروجی به توان ورودی می باشد این نسبت می تواند با یک تابع از تلفات مبدل نوشته شود.

تلفات عناصر الکترونیک فقط به پارامترهای تجهیز خاصی وابسته نیست بلکه به دیگر پارامترهای عناصر مبدل مانند فرکانس کلیدزنی، ریپل ولتاژ و جریان وابسته می باشد که باعث پیچیده شدن راندمان می شود. به علاوه از آنجایی که راندمان به فاکتورهای زیادی مانند مشخصات و مشخصه های مدول PV و مقدار تابش و دمای تاسیسات وابسته است. رابطه (۱) بیان‌گر نحوه محاسبه بازده مبدل DC-DC افزاینده است. .

$$\eta = \frac{p_{out}}{p_{in}} = \frac{p_{in-}p_{loss}}{p_{in}} = 1 - \frac{(p_{ci} + p_{c\,out} + p_l + p_{q1} + p_{q2})}{p_{in}} \quad (۱)$$

ارزیابی راندمان در بهترین یا بدترین شرایط کاری بیانگر رفتار مبدل در کل محدوده کاری نمی باشد این مسئله با استفاده از فرمول راندمان اروپایی که برای مبدل های PV تعریف می‌شود، برطرف می گردد. راندمان با در نظر گرفتن ۶ شرایط کاری ویژه برای مبدلهای(DC/DC) PV مطابق با رابطه (۲) بدست می آید[۱۴]:

$$\eta_{eu} = 0.03\eta_{5\%} + 0.06\eta_{10\%} + 0.13\eta_{20\%} + 0.1\eta_{30\%} + 0.48\eta_{50\%} + 0.2\eta_{100\%} \quad (۲)$$

جدول ۱: مقدار α_i به ازای بازه‌های مختلف دمایی [۱۴]

α_i	دمای محیط
۰/۱۸	۱۳-۱۷
۰/۲۷	۱۸-۲۲
۰/۲۰	۲۳-۲۷
۰/۲۸	۲۸-۳۲
۰/۰۷	۳۳-۳۷

با توجه به دماهای محیط، فرمول بندی راندمان اصلاح می شود. در هر سطح تابش، بایستی رابطه (۲) محاسبه گردد. نمونه های دمایی به پنج محدوده دمایی ۱۳-۱۷،۱۸-۲۲،۲۳-۲۷،۲۸-۳۲ تقسیم می شود و هدف از آن برآورد تنش حرارتی برحسب شرایط کار واقعی سالیانه است هر محدوده دمایی برای ساعات خاصی h_j درطول کل سال رخ می دهد سپس α_i وزنی به وسیله نسبت بین Hj و دوره کاری واقعی سالانه h_{tot} بدست می‌آید . در نتیجه در هر محدوده دمایی یک مقدار میانگین راندمان η محاسبه می‌شود. بنابراین تابع هدف بازده با درنظر گرفتن سطوح توان و دمای محیط مختلف همانند رابطه (۴) خواهد بود [۱۴].

$$\alpha_j = \frac{h_j}{h_{tot}} \quad (۳)$$

$$\eta_{ght} = \alpha_1\eta_1 + \alpha_2\eta_2 + \alpha_3\eta_3 + \alpha_4\eta_4 + \alpha_5\eta_5 = f_1 \quad (۴)$$

قابلیت اطمینان مبدل

جنبه مهم دیگر برای مبدل PV قابلیت اطمینان میباشد که توانایی یک سیستم در انجام دادن وظیفه بر حسب شرایط تعریف شده در یک بازه زمانی را مشخص می کند. MTTF زمان مورد انتظار قبل از وقوع یک خطا است. برخلاف قابلیت اطمینان، MTTF به یک دوره مخصوص از زمان نیازمند نیست. این معیار متوسط زمانی را نشان می‌دهد که یک عنصر بدون خطا کار می‌کند. ارتباط بین MTTF و تابع قابلیت اطمینان به صورت رابطه (۵) بیان می‌شود.

$$MTTF = \int_0^{+\infty} R(t)dt \quad (۵)$$

وقتی نرخ خطای $\lambda(t)$ عدد ثابتی و برابر λ باشد، عبارت MTTF به صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (۶)$$

نرخ خطای هر کلید قدرت به چندین پارامتر وابسته است. نرخ خطای کلید قدرت با توجه به کتابچه نظامی MIL-HDBK-217F به کمک رابطه (۷) بیان می‌شود[۱۵].

$$\lambda = \lambda_b \pi_Q \pi_A \pi_E \pi_t \quad (۷)$$

در رابطه بالا λ_b، π_Q، π_A، π_E و π_t به ترتیب عبارتند از نرخ خطای مبنا، ضریب کیفیت ساختار، ضریب کاربرد، ضریب تاثیر محیط و ضریب حرارتی

$$\pi_T = e^{-1925\left(\frac{1}{T_j+273}-\frac{1}{298}\right)} \quad (۸)$$

دمای پیوندی خود می‌تواند به صورت زیر محاسبه شود:

$$T_j = T_a + \left(R_{th,jc} + R_{th,ca}\right)P_{loss} \quad (۹)$$

در رابطه (۹)، T_a دمای محیط، $R_{th,jc} + R_{th,ca}$ مجموع مقاومت حرارتی در مسیر پخش حرارت دمای پیوندی کلید قدرت و P_{loss} تلفات کلید قدرت است.

در این مقاله نرخ خرابی خازن به صورت رابطه (۱۰)، بیان می‌شود[۱۵].

$$\lambda_{CAP} = \lambda_B \pi_{CV} \pi_E \pi_Q$$
$$\lambda_B = A.B$$
$$A = 0.0028\left[\left(\frac{S_{CAP}}{0.55}\right)^3 + 1\right]$$
$$B = \exp\left(4.09\left(\frac{T+273K}{358K}\right)^{5.9}\right)$$
$$S_{CAP} = \frac{V_{OUT} + \left(\Delta V_{OUT}/2\right)}{V_{RATED-CAP}}$$
$$\pi_{CV} = 0.32\left(C\,\mu F\right)^{0.19} \quad (۱۰)$$

مانند مسئله قبلی که یک ضریب شایستگی را برای بیان راندمان مبدل در همه شرایط کاری درنظر گرفته شده‌است، یک شاخص مناسب را برای محاسبه قابلیت اطمینان تعیین می‌گردد و آن کار را برای سیستم هایی که در طول روز فقط در یک شرایط دمایی و تابشی مناسب کار می کنند، اعمال می‌گردد. به علاوه تنش حرارتی یکی از مهمترین فاکتورهای عدم عملکرد صحیح بوده و اثرات آن برروی قابلیت اطمینان درنظر گرفته می‌شود[۱۴].

$$MTTF_{wght} = \alpha_1 MTTF_1 + \alpha_2 MTTF_2 + \alpha_3 MTTF_3 + \alpha_4 MTTF_4 + \alpha_5 MTTF_5 = f_2 \quad (۱۱)$$

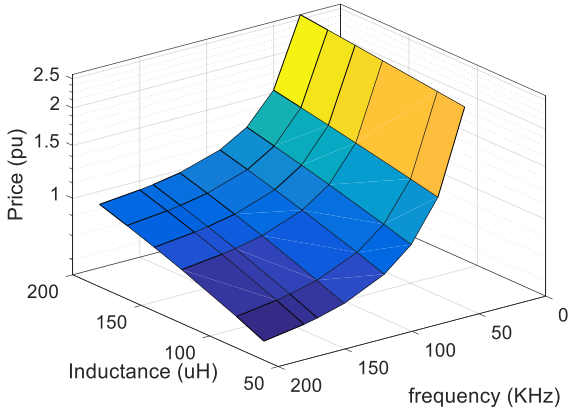
قیمت مبدل

کلیه قطعات الکترونیک به دست می آید و بر حسب پریونیت بیان شده و برابر با مجموع قیمت واحد تجهیزات بدون در نظر گرفتن تخفیفات در خریدهای با حجم زیاد می باشد[۱۴].

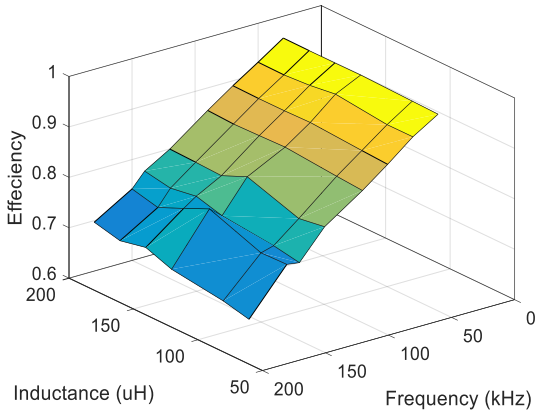
$$\text{Price} = f_3 = p_1 + p_2 + p_2 + \cdots + p_N \quad (۱۲)$$

نتایج تحلیل شاخص‌های مورد مطالعه

در این بخش، با توجه به روش‌کار و روابط مطرح شده در بخش قبل به بهینه سازی چند هدفه پرداخته می‌شود. سیستم PV به همراه مبدل DC-DC از نوع افزاینده برای تغذیه یک بار اهمی استفاده شده است. با هدف حصول به کمترین هزینه طراحی و ساخت مدار، بیشینه‌ترین مقدار MTTF و بازده مقادیر سلف، خازن‌ها و فرکانس کلیدزنی انتخاب می شود. با افزایش هزینه مبدل، بازده و قابلیت اطمینان سیستم بهبود خواهد یافت.



شکل (۴): قیمت مبدل به صورت تابعی از فرکانس و اندازه سلف

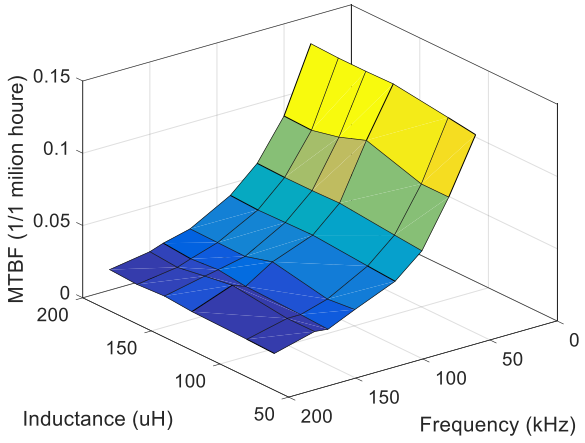


شکل (۵): بازده مبدل به صورت تابعی از فرکانس و اندازه سلف

با توجه به مشخصات سیستم، می‌توان پارامترهای مختلف مورد توجه سیستم را به صورت توابعی از فرکانس و اندازه سلف نشان داد. در شکل (۴) نشان داده شده است که قیمت سیستم با افزایش فرکانس به دلیل کوچک شدن اندازه عناصر ذخیره ساز انرژی به شدت درمقیاس پریونیت کاهش می یابد. با بزرگ شدن اندوکتانس نیز این هزینه ها با افزایش روبرو است. مشابه این شکل را می‌توان برای بازده و MTTF نیز مشاهده کرد. در شکل (۵) و (۶) بازده و MTTF به صورت توابعی از فرکانس و اندوکتانس نشان داده شده‌است

با بهبود بازده، MTTF نیز بهبود می یابد. رفتار این دو شاخص مشابه هم می‌باشد. افزایش فرکانس و اندوکتانس به صورت کلی سبب کاهش و افزایش این دو شاخص می شود. در برخی نقاط به دلیل غلبه تلفات هدایتی بر تلفات کلیدزنی، بازده افزایش می‌یابد. به دلیل رفتار مشابه این دو شاخص، یک شاخص با نام OF1 مطرح شده است که در رابطه (۱۳) آورده شده است. مقدار ۰/۱ در مخرج MTTF جهت تبدیل آن به مقدار واحد می باشد.

$$\text{OF1}=0.5\ \eta\ +\ 0.5\ \frac{MTFF}{0.1} \quad (۱۳)$$



شکل (۶): شاخص MTTF مبدل به صورت تابعی از فرکانس و اندازه سلف

در ادامه یک شاخص دیگر تعریف شده است که در رابطه (۳-۲) آورده شده‌است.

$$\text{OF2}=\frac{1}{\text{Price(pu)}} \quad (۱۴)$$

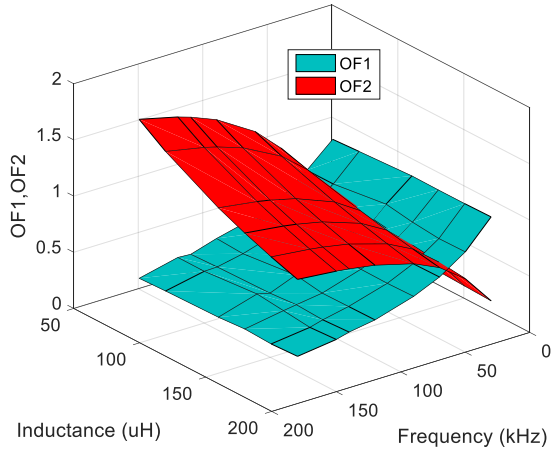
با نمایش منحنی OF1 و OF2 شکل را به صورت تابعی از فرکانس و اندازه سلف (شکل ۷) می‌توان مشاهده کرد که این دو پارامتر در تضاد هم هستند. ضروری است که با انتخاب مناسب به کمینه کردن هزینه‌ها و بیشینه کردن بازده و شاخص MTTF

پرداخت. لذا شاخص جدیدی مطرح می شود تا این هدف محقق شود. این شاخص در رابطه (۱۵) بیان شده‌است.

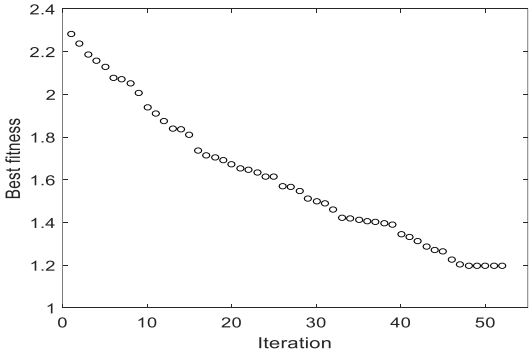
$$OFF = OF2 \times OF1$$

$$FT = \frac{1}{OFF} \qquad (۱۵)$$

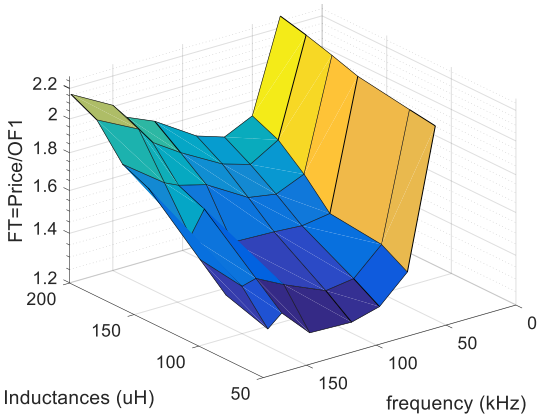
برای کمینه کردن مقدار FT و یا همان بیشـــینه نمودن مقدار OFF از الگریتم PSO استفاده شده است. همگرایی این تابع در شـکل (۸) دیده می‌شـود. برای تایید صـحت این الگوریتم، مقدار FT به صورت تابعی از فرکانس و اندوکتانس نیز نشان داده شده است که در شکل (۹) نشان داده شده است.



شکل (۷): شاخص OF1 و OF2 مبدل به صورت تابعی از فرکانس و اندازه سلف



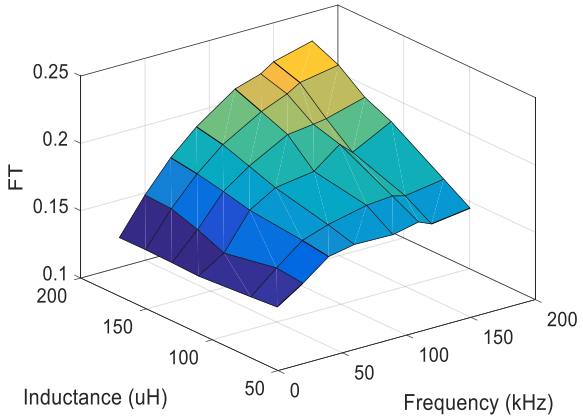
شکل (۸): همگرایی تابع هدف با استفاده از الگوریتم بهینه سازی



شکل (۹): مقدار FT به صورت تابعی از فرکانس و اندوکتانس

در صورتی که تابع هدف تغییر یابد، پاسخ بهینه سازی می تواند تغییر یابد. در شـــکل (۱۰) تغییرات مقدار FT برای تابع هدف جدید نشان داده شده است و در مقایسه با شکل (۹) می‌توان مشاهده کرد که نقطه کمینه تغییر یافته است.

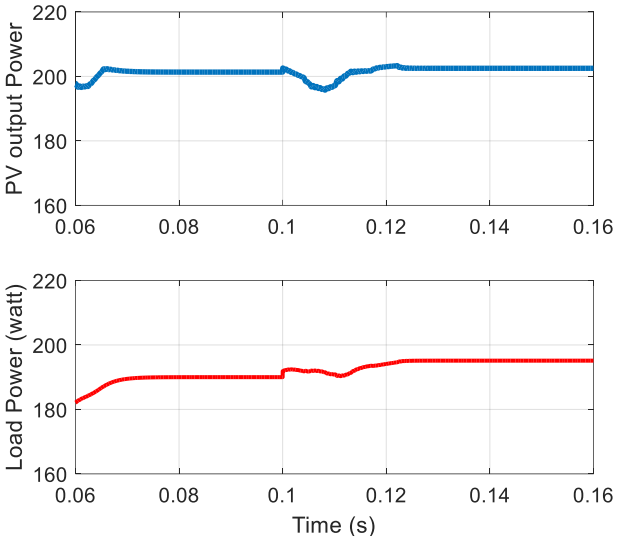
$$FTn = \frac{1}{3 \times OF2 + OF1} \qquad (۱۶)$$



شکل (۱۰): مقدار FT جدید به صورت تابعی از فرکانس و اندوکتانس

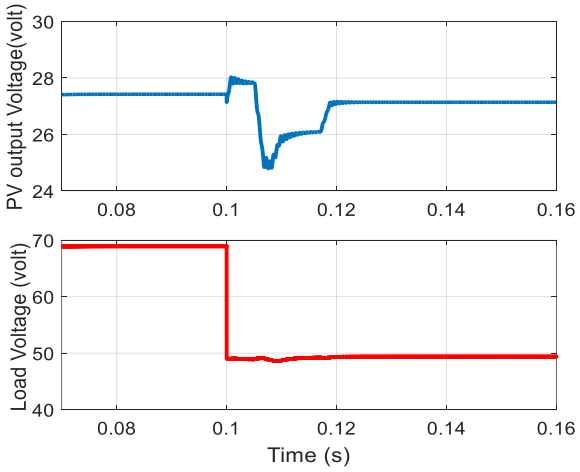
رفتار دینامیکی سیستم موردمطالعه

در ادامه رفتار دینامیکی سـیسـتم در حضـور پارامترهای بهینه شده در درمای محیط ۱۵ درجه سانتی‌گراد و تابش ۱۰۰۰وات بر مترمربع شبیه سازی شده‌است. سیستم PV به کمک مبدل افزاینده یک بار مقاومتی ۲۵ اهمی را تغذیه می کند.

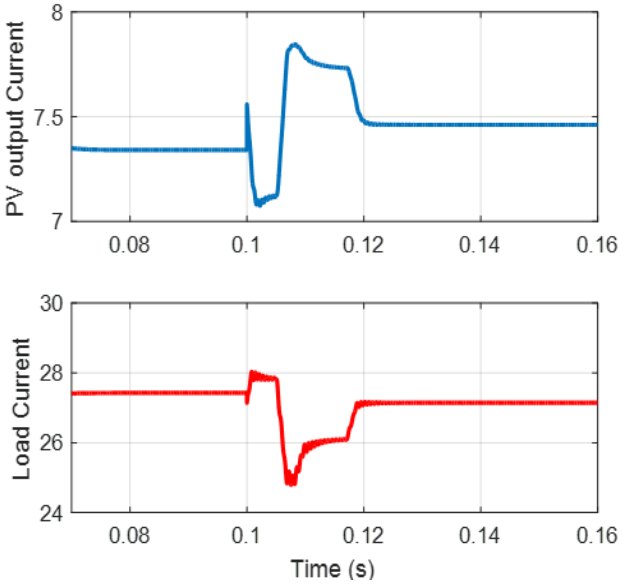


شکل (۱۲): توان خروجی پنل خورشیدی و بار در حضور تغییرات بارمصرفی

با توجه به نقاط MPPT پنل خورشیدی به‌کار رفته، حدود ۲۰۰ وات مقدار توان حداکثری اخذ شـــده از خورشـــید خواهد بود. با تغییر مقدار بار اهمی بایســـتی این توان تقریبا ثابت بماند. لذا بار اهمی تا زمان ۰/۱ ثانیه برابر ۲۵ اهم و از زمان ۰/۱ ثانیه به بعد برابر ۱۲/۵ اهم می‌شود. چنان‌چه در شکل(۱۲) مشاهده می‌شود، توان PV حدود ۲۰۰ وات ثابت مانده و توان بار نیز تقریبا ثابت و به دلیل تلفات مبدل زیر ۲۰۰ وات اســـت. جهت اخذ توان، ولتاژ PV باید نزدیک ۲۷ ولت باشـــد و ولتاژ بار مقاومتی قابل تغییر خواهد بود که در شـــکل (۱۳) نمایش داده شـــده اســـت. به دلیل تثبیت تقریبی توان و ولتاژ PV، جریان اخذ شـــده از PV نیز تقریبا ثابت خواهد بود و جریان بار تغییر خواهد کرد که در شکل (۱۴) نشان داده شده است.



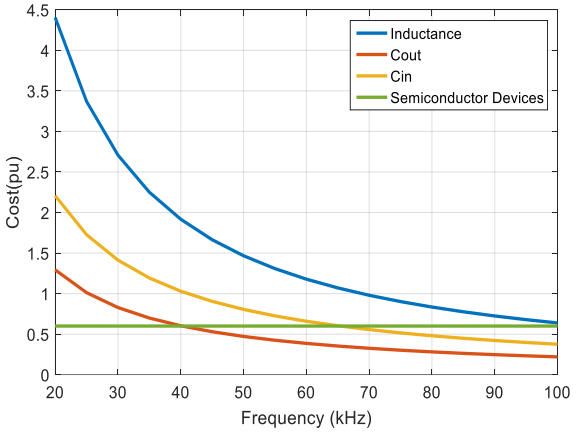
شکل (۱۳): ولتاژ خروجی پنل خورشیدی و بار در حضور تغییرات بارمصرفی



شکل (۱۴): جریان خروجی پنل خورشیدی و بار در حضور تغییرات بارمصرفی

ضمیمه

مقادیر عددی برای محا سبه قابلیت اطمینان، با توجه به شرایط مختلف در مراجع متعددی از جمله [۱۳-۱۵] بیان شده‌است. در این مقاله مقادیر عددی این مراجع برای محاســـبات قابلیت اطمینان در نظر گرفته شده‌ا ست. برای محا سبات هزینه، قیمت ها برحسب پریونیت همانند شکل (۱۵) جهت محا سبات عددی برای مقادیر عناصر مشخص قابل استفاده است.



شکل (۱۵): هزینه عناصر مغناطیس کننده بر حسب فرکانس

نتیجه‌گیری

طراحی بهینه مبدل های کلید زنی برای تجمیع و استفاده بهینه از منابع انرژی قابل تجدید موضـــوع مهمی بوده و پژوهش‌های

مربوط به ادوات الکترونیک قدرت مورد توجه قرار گرفته است. مسئله طراحی مستلزم انجام یک بهینه سازی چند منظوره با شبیه سازی اهداف متضاد مانند راندمان، قابلیت اطمینان و هزینه بوده و بهترین راه حل مصالحه از بین راه حل های بهینه است که در این مقاله مورد توجه قرار گرفته است. از این گذشته به علت طولانی بودن زمان بررسی، شناسایی یک راه حل منحصربفرد که همه نیاز های طراحی را به بهترین راه ممکن برآورده کند کار آسانی نیست در مسئله بهینه سازی چند منظوره از آنجایی که شبیه سازی همزمان همه اهداف متضاد امکان پذیر نمی‌باشد، برای سادگی تصمیم گیری از یک تابع هدف مناسب استفاده شده‌است.

در این مقاله، یک مبدل DC-DC برای کاربرد PV از دید شاخص‌های قابلیت اطمینان، بازده و قیمت مورد بررسی قرار گرفته است. رفتار هر کدام از این شاخص‌ها بر حسب فرکانس و مقدار اندوکتانس مبدل (پر هزینه ترین عنصر مدار) نمایش داده شده است، این حقیقت را نشان داد که شاخص های عملکردی راندمان، قابلیت اطمینان و هزینه با هم در تضاد می‌با شند. برای استخراج مبدلی با پارامترهای بهینه، تعریف تابع هدف به شدت مهم است و با تغییر تابع هدف، پاسخ‌ها نیز تغییر خواهند کرد. می‌توان با تعریف تابع هدفی واحد به بهینه سازی همه شاخص‌های مورد مطالعه پرداخت.

مراجع

[1] Scarlat, Nicolae, Jean-François Dallemand, Fabio Monforti-Ferrario, Manjola Banja, and Vincenzo Motola. , “Renewable energy policy framework and bioenergy contribution in the European Union–An overview from National Renewable Energy Action Plans and Progress Reports,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 51 , pp.969-985, 2015.

[2] S.Clifford, “Delivering energy and climate solutions,” EWEA 2007 annual report 2007.

[3] Abu-Rub, Haitham, Mariusz Malinowski, and Kamal Al-Haddad. Power electronics for renewable energy systems, transportation and industrial applications. John Wiley & Sons, 2014.

[4] Lee, F.C, “The state-of-the-art power electronics technologies and future trends", Power Engineering Society Summer Meeting, 2000. IEEE , vol.2, no., pp.1229-1232 vol. 2, 2000.

[5] Blaabjerg, F.; Zhe Chen; Kjaer, S.B, “Power electronics as efficient interface in dispersed power generation systems", Power Electronics, IEEE Transactions on , vol.19, no.5, pp.1184-1194, Sept. 2004.

[6] Burress, Tim, and Stuart Campbell, “Benchmarking EV and HEV power electronics and electric machines" In Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), 2013 IEEE, pp. 1-6. IEEE, 2013.

[7] Song, Yantao, and Bingsen Wang. , “Evaluation Methodology and Control Strategies for Improving Reliability of HEV Power Electronic System",IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 63, no. 8 pp. 3661-3676, 2014.

[8] M. A. Masrur, “Penalty for fuel economy—System level perspectives on the reliability of hybrid electric vehicles during normal and graceful degradation operation ", IEEE Syst. J., vol. 2, no. 4, pp. 476–483, Dec. 2008.

[9] A. Ristow, M. Begovic, A. Pregelj, and A. Rohatgi, “Development of a methodology for improving photovoltaic inverter reliability", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 55, no. 7, pp. 2581–2592, Jul. 2008.

[10] L.M.Moore and H. N. Post, “Five years of operating experience at a large utility-scale photovoltaic generating plant", Prog. Photovolt.: Res. Appl.,vol. 16, no. 3, pp. 249–259, 2008.

[11] Reliawind. (2011). Report on Wind Turbine Reliability Profiles—Field Data Reliability Analysis [Online].
Available:http://www.reliawind.eu/files/fileinline/110502_Reliawind_Deliverable_D.1.3ReliabilityProfilesResults.pdf

[12] F. W. Fuchs, “Some diagnosis methods for voltage source inverters in variable speed drives with induction machines—A survey", in Proc. 29th Annu. Conf. IEEE Ind. Electron. Soc., vol. 2, 2003, pp. 1378–1385.

[13] Rahimi, Tohid, Seyed Hossein Hosseini, Mehran Sabahi, Mehdi Abapour, and Gevork B. Gharehpetian. . ‘Three-phase soft-switching-based interleaved boost converter with high reliability’, IET Power Electronics vol.10, no. 3, pp: 377-386, 2017

[14] Adinolfi, Giovanna, Giorgio Graditi, Pierluigi

Siano, and Antonio Piccolo. "Multiobjective optimal design of photovoltaic synchronous boost converters assessing efficiency, reliability, and cost savings." IEEE Transactions on Industrial Informatics 11, no. 5 (2015): 1038-1048.
[15] “Reliability prediction of electronic equipments,” Relex Software Corp.,Greensburg, PA, Rep. MIL-HDBK-217, 1990.

مقطع‌نگاری رایانه‌ای با دو انرژی(DECT) برای تشخیص شکستگی‌های وخیم مهره

وحید رنجبر عین‌الدین[۱]، مهران کریمیان ریزی[۲]، حسین بیگلری[۳]

[۱]دانشجو کارشناسی ارشد، مهندسی پزشکی، دانشگاه تبریز، ایران، v.ranjbar98@ms.tabrizu.ac.ir
[۲]دانشجو کارشناسی ارشد، مهندسی پزشکی، دانشگاه تبریز، ایران، mehrankarimian97@ms.tabrizu.ac.ir
[۳]دانشجو کارشناسی ارشد، مهندسی افزاره های میکرو و نانوالکتریک، دانشگاه تبریز، ایران، h.beglari97@ms.tabrizu.ac.ir

چکیده: ادم مغز استخوان یک اصطلاحی است که برای توصیف ساخت مایع (ادم) در مغز استخوان استفاده می‌شود. در این تحقیق ما قصد داریم روشی مناسبی را برای تشخیص ادم مغز استخوانی در گروه های مبتلا به شکستگی‌های وخیم مهره‌ای با استفاده از تجزیه و تحلیل سه ماده ای در DECT بررسی قرار دهیم.

ما در این مطالعه، گروهی متشکل از ۲۷ نفر که ۱۷ زن و ۱۰ مرد با بازه سنی ۶۱ تا ۸۳ که دچار شکستگی مزمن مهره ای کمری سینه ای ناشی از پوکی استخوان بودند و توسط MRI تشخیص داده شده بودند مورد بررسی قرار دادیم. یافته های خود را با استفاده از MRI به عنوان مرجع استاندار در جنبه های صحت، حساسیت و ویژگی، بطور متقابل با داده های DLCT و CT معمولی مورد پردازش قرار دادیم و نتایجی همچون ویژگی، حساسیت و صحت بالا در تصاویر DLCT نسبت به تصاویر CT رسیدیم که این نشان دهنده این است که تجزیه و تحلیل ماده ای DLCT بطور چشمگیری صحت و درستی تشخیص شکستگی وخیم مهراه ای را افزایش میدهد و از معاینات زیاد، هزینه های زیاد جلوگیری خواهد کرد.

کلیدواژه‌ها: *نخاع، شکستگی‌های مهره‌ای، پوکی استخوان، موضع‌نگاری کامپیوتری طیفی دو لایه‌ای*

مقدمه

عوامل محیطی متفاوتی باعث شکستگی های دنده ای میشوند که یکی از اصلی ترین علل شکستگی های دنده ای را می توان کاهش میزان مواد معدنی استخوان (BMD) در نظر گرفت . در سن های بالای ۴۹ سال میزان این شکستگی مهره ای در زنان ۲۶٪ و در مردان ۲۴٪ است که ۳۲٪ احتمال مرگ را افزایش میدهد . که تشخیص، ارزیابی و مدیریت صحیح شکستگی و تعیین مدت زمان شکستگی می تواند زندگی افراد را بطور کامل تغییر دهد .اگر چه چندین روش برای طبقه بندی شکستگی های مهر ه ای با استفاده از CT وجود دارد ولی متاسفانه CT طبق بندی درستی را از مدت زمان شکستگی ارائه نمی دهد . MRI بطور معمول برای تشخیص و شناسایی تغییرات مغز استخوان بکار می رود و اختصاصا، قابلیت تشخیص آسیب های وخیم را دارا می باشد ولی نیاز به مراجعات مکرر دارد که به علت هزینه های زیاد، استفاده از پیس میکر و دیگر کاشتنی های درون بدن، درد های شدید بعد از تصویر برداری، نویز و آرتیفکت های به علت حرکت کردن مراجعه کننده، درد ناشی از شکستگی دنده ای و حالت ثابت ماندن در تصویر برداری MRI برای گرفتن تصویر مناسب برای این گروه از افراد زیاد روش مناسبی نیست.

از این رو تشخیص ادم مغز استخوان با سایر روش‌ها توجه رو به رشدی را به خود جلب کرده است و سی تی با انرژی دوگانه (DECT) یکی از نوید بخش‌ترین این تکنیک‌هاست. DECT سبب استخراج اطلاعات طیفی و در نتیجه برآورد ترکیب شیء از جمله بازسازی‌ها مانند تصاویر مجازی غیر کلسیمی می‌شود. روش‌های مختلفی مانند سوئیچ kV سریع یا استفاده از دو منبع اشعه ایکس با خصوصیات متفاوت برای DECT وجود دارد که به نام سی تی دو منعبی شناخته می‌شود. با این حال، این تکنولوژی‌ها به پروتکل‌های اختصاصی معاینه نیاز دارند، ممکن است تحت تأثیر حرکات غیر ضروری قرار گیرند و با افزایش تماس با تابش همراه باشند.

اخیراً تکنیک جدیدی معرفی شد که دارای یک لوله اشعه ایکس و دو لایه آشکارساز متفاوت هست که بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند و طیف‌های متفاوت انرژی از طیف پلی کروماتیک اشعه X را جذب می‌کنند با عنوان CT طیفی دو لایه‌ای شناخته می‌شود. این روش باعث می‌شود که اطلاعات طیفی بدون استفاده از یک پروتکل مشخص بازسازی شود و برنامه‌های کاربردی برای تجزیه مواد مانند اندازه‌گیری ید و همچنین بازسازی تصاویر بدون استفاده از ید (تصویربرداری مجازی بدون کنتراست یا VNC) بصورت تجاری هم اکنون در بازار موجود هستند.

کاربرد دیگر برای تجزیه مواد مبتنی بر DECT بازسازی غیر کلسیمی مجازی (VNCa) است. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که تصاویر VNCa حاصل از DECT دو منبعی افزایش چشمگیر میزان تشخیص ادم مغز استخوان در مقایسه با CT معمولی نشان می‌دهد و بنابراین اطلاعات بیشتری را برای تشخیص شکستگی‌های حاد مهره‌ای فراهم می‌کند.

هدف این مطالعه استفاده از یک الگوریتم تجزیه سه ماده‌ای است که نقشه‌های تضعیفی مختص به ادم مغز استخوان را در داده‌های تصویربرداری طیفی بیماران مبتلا به شکستگی مهره‌ای ایجاد می‌کند. این نقشه‌ها به منظور افتراق شکستگی‌های تروماتیک و غیر تروماتیک ادم مغز استخوان و بنابراین تمایز شکستگی‌های حاد از مزمن در CT طیف دو لایه‌ای گرفته شدند.

روش کار

بیماران

مجوز مورد بررسی مؤسسه‌ای قبل از این مطالعه (Ethikkommission der medizinischen Fakultät، دانشگاه فنی مونیخ، مونیخ، آلمان) اخذ شد. رضایت آگاهانه مکتوب برای این تحلیل گذشته‌نگر داده‌های تصویربرداری گرفته شده و منظم گرفته شد.

در سیستم PACS مؤسسه ما، بیماران مظنون به شکستگی‌های حاد مهره‌ای که از ژانویه تا اکتبر ۲۰۱۷ مراجعه کردند و تحت معاینه CT بدون کاربرد کنتراست i.v. در پویشگر سی تی طیفی دولایه‌ای ما قرار گرفتند و در سه روز پس از سی تی اسکن معاینه MR داشتند بصورت گذشته‌نگر شناسایی شدند. بیماران دارای مجموعه داده‌های ناقص CT طیفی (n = 2) و با یکی از وضعیت‌های از زیر از مطالعه خارج شدند: وجود زوائد فلزی ناشی از تحریک نخاعی (n = 2)، وضعیتی که متابولیسم استخوان یا چربی را تحت تأثیر قرار می‌دهد مانند بیماری‌های بدخیم یا بیماری‌هایی که به گلوکوکورتیکوئید یا هورمون درمانی نیاز دارند غیر از استئوپنی یا پوکی استخوان (n = 1 مبتلا به میلوما و n =1 مبتلا به سرطان سینه متاستاتیک)، بیماری‌های عفونی نخاعی (n =1 مبتلا به یافته‌های بالینی و تصویربرداری اسپوندیلیت حاد). کل بیمارانی که در این مطالعه قرار گرفتند ۲۷ نفر بود (n = 27).

پروتکل تصویربرداری CT و پسا پردازش

تصاویر CT طیفی با استفاده از اسکنر CT طیفی دو لایه‌ای (IQon Spectral CT, Philips Healthcare, Best, The Netherlands) گرفته شدند.

در تمام معاینات از پروتکل روتین نخاعی با ولتاژ ثابت لوله 120 Kv بکار گرفته شدند. معاینات بیمار با مواجهه‌های متفاوتی از ۳۷ تا ۳۰۰ میلی آمپر با میانگین مواجهه 73 ± 93 mAs انجام شد. CT Dose Indices (CTDIvol) در گزارشات دوز ثبت شدند که از طریق اسکنر ایجاد شدند و از 3.4 تا 27.1 mGy با مانگین 6.4 ± 8.3 mGy تغییر کرد.

داده‌های تصویر پایه طیفی (SBI) با استفاده از فیلتر استاندارد (B) و فیلتر استاندارد استخوان (YB) با ضخامت محوری برش 0.9 mm بازسازی شدند. میدان دید 250 mm × 250 بود. به منظور یکنواخت کردن تصاویر و کاهش نویز، اصلاحات ساجیتال با میانگین ضخامت با میانگین ضخامت 3.0 mm ایجاد شدند.

مجموعه داده‌های SBI حاوی اطلاعاتی درباره جذب وابسته به انرژی هست که از فناوری آشکارساز دو لایه‌ای استخراج شد. این اطلاعات را می‌توان برای ایجاد تصاویر تک رنگ مجازی (MonoE) در 50 و 200 keV استفاده کرد که اطلاعات HU شبیه به منبع تک انرژی اشعه ایکس را نشان می‌دهد. این تصاویر از طریق IntelliSpace Portal 9.0.1 (Philip Healthcare) ایجاد شدند.

به منظور محاسبات بیشتر تصویر از یک پلتفرم پیشرفته پساپردازشی (IntelliSpace Discovery 2.0, Philip Healthcare) استفاده شد. یک افزونه که بصورت داخلی توسعه یافته بود برای ایجاد نقشه‌های کسر حجم مغز قرمز استخوان، مغز زرد و هیدروکسی آپاتیت با بکار گیری تجزیه سه ماده‌ای در اطلاعات طیفی از تصاویر

MonoE اجرا شد (این افزونه با در خواست از نویسندگان در اختیار متقاضی قرار می‌گیرد). هدف اصلی در نقشه مغز قرمز استخوان قرار دارد زیرا حاوی بیش از ۹۰٪ آب است و بنابراین شبیه نقشه توالی MR STIR هست.

این الگوریتم برای تجزیه دو تصویر MonoE غیر خطی به کسرهای حجم سه ماده‌ای محافظت و ثابت ماندن حجم با این مواد را در نظر می‌گیرد. فرض بر این است که حجم یک ماتریس ماده‌ای در دما و فشار معین با مجموع حجم اجزا سازنده آن ماده در همان دما و فشار برابر است. اگر بصورت ریاضی بیان شود یعنی مجموع کسرهای حجم باید با یک برابر باشد. این فرض برای الگوریتم‌های تحلیل تصویر مانند تصاویر بهبود نیافته مجازی برای اوروگرافی و آنژیوگرافیCT یا اندازه‌گیری چربی کبد استفاده شده است.

واحدهای هونسفیلد که در تصاویر MonoE موجود هستند با استفاده از فرمول زیر به ضرایب تضعیفی تبدیل کرد

$$\mu(E) = \frac{HU(E) * \mu_{water}(E)}{100[HU]} + \mu_{water}(E) \quad (۱)$$

$\mu_{water}(E)$ ضریب تضعیف آب در انرژی E از پایگاه داده ضرایب تضعیف توده اشعه ایکس مؤسسه ملی فناوری و استانداردهای ایالات متحده (NIST) بدست آمد و $HU(E)$ واحدهای هونسفیلد در انرژی E است که در MonoE فرض شده است. سیستم معادله خطی برای تجزیه مواد تصویری بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$\mu(E_1) = f_1\mu_{m,1}(E_1) + f_2\mu_{m,2}(E_1) + f_3\mu_{m,3}(E_1) \quad (۲)$$

$$\mu(E_2) = f_1\mu_{m,1}(E_2) + f_2\mu_{m,2}(E_2) + f_3\mu_{m,3}(E_2) \quad (۳)$$

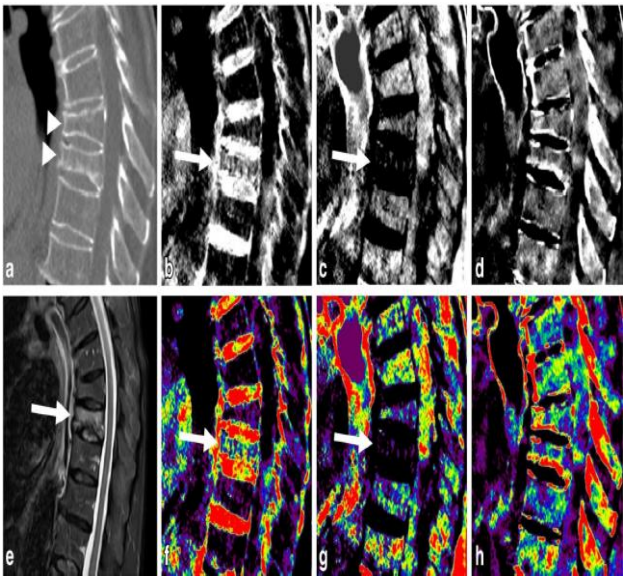
$$f_1 + f_2 + f_3 = 1 \quad (۴)$$

که $\mu(E)$ ضریب تضعیف اندازه‌گیری شده در انرژی E_1 (50 keV) یا E_2 (200 keV) هست و f_1، f_2 و f_3 کسرهای حجم اندازه‌گیری شده مغز قرمز، مغز زرد و هیدروکسی آپاتیت هستند و $\mu_{1,2,3}(E)$ ضرایب تضعیف شناخته شده مواد متناظر در شکل خالص هستند. این ضرایب تضعیف توده از کمیسیون بین‌المللی واحدهای تابش و گزارش اندازه‌گیری ۴۶ گرفته شده‌اند. با حل کردن سیستم معادله خطی روی پایه پیسکل به پیکسل برای f_1، f_2 و f_3، تصاویر سه بعدی برای تمام کسرهای حجم ماده ایجاد شده‌اند و می‌توان در صفحات آناتومیکی متفاوت تحلیل کرد. فرآیند محاسباتی برای یک اسکن شکمی روی IntelliSpace Discovery Server تقریباً ۳۰ ثانیه طول می‌کشد.

نقشه‌های تراکم برای کسرهای حجم مغز قرمز استخوان، مغز زرد استخوان و هیدروکسی آپاتیت در محور ساجیتال و ضخامت برش 3 mm ایجاد شدند (شکل ۱). علاوه بر اصلاحات مقیاس خاکستری، تغییرات رنگی کدگذاری شده نقشه‌های تراکم با فیلتر رنگین کمان استاندارد در مجموعه نرم‌افزاری IntelliSpace Discovery محاسبه شدند که مقدارهای مقیاس خاکستری سفیدتر به رنگ‌های گرمتر تبدیل می‌کند (شکل ۱). به عنوان بخشی از پروتکل استاندارد مراقبت، تصاویر CT چند رنگی معمولی منحصر به تصاویر MDCT مرسوم در محور ساجیتال و ضخامت مقطعی 3 mm براساس فلیتر استاندارد استخوان (YB) ایجاد و فرمت‌بندی شدند. پسا پردازش داده‌های تصویربرداری CT تقریباً 1 ± 3 برای هر معاینه طول کشید که تقریباً 1 ± 2 دقیقه برای بازسازی SBI وقت می‌گیرد که بطور روتین ایستگاه کاری CT طول می‌کشد، در کل ۲۰ ثانیه برای انتقال داده‌ها، ۱۰ ثانیه برای محاسبه تصاویر تک انرژی و سی ثانیه دیگر برای تولید نقشه‌های تراکم مختص به مواد زمان لازم هست.

تحلیل تصویربرداری CT و تعیین سن شکستگی

تصاویر CT معمولی بطور جداگانه توسط دو رادیولوژیست (A.S.G و B.J.S هر دو دارای شش سال سابقه کار) بررسی شد و اطلاعات تصویربرداری CT طیفی، یافته‌های تصویربرداری MR و اطلاعات بالینی برای این رادیولوژیست‌ها کور شد. سن شکستگی براساس علائم استاندارد شکستگی بکار رفته در CT ارزیابی شدند. رادیولوژیست‌ها مجاز به حرکت از اصلاحات ساجیتال و تعدیل تنظیمات پنجره و سطح برای راحتی بودند. برای بیان ارزشیابی سن شکستگی مقیاس لیکرت پنج نمره‌ای (شکستگی مزمن = 1، احتمال شکستگی مزمن = 2، احتمال شکستگی حاد = 3 ، شکستگی حاد = 4) استفاده شد. در جداول احتمال، دسته‌های ۱و ۲ به عنوان شکستگی غیر حاد و ۳ و ۴ به عنوان شکستگی حاد خلاصه شدند. در افراد دارای شکستگی‌های مهره‌ای متعدد، سن شکستگی بطور جداگانه برای هر مهره ارزیابی شد.



شکل ۱. تصاویر CT و MR گرفته شده از خانم ۶۷ ساله که با درد کمر حاد و سابقه پوکی استخوان مراجعه کرده است. اصلاح ساجیتال معادل معاینه CT معمولی (a) شکستگی‌های فشرده Th10 و 11 (نوک پیکان) را نشان می‌دهد. TH11 افزایش عمومی در تعداد HU احتمالاً به دلیل تراکم را نشان می‌دهد اما هیچگونه علائم قطعی از شکستگی حاد دیده نشدند. نقشه‌های تراکم مخصوص مواد برای آب (b)، چربی (c) و هیدروکسی آپاتیت (d) و پوشش‌های رنگی مربوطه (f,g,h) افزایش در تراکم مخصوص آب در تصویر مغز قرمز استخوان (b و f؛ پیکان) و کاهش تراکم مخصوص به چربی در تصویر مغز زرد استخوان (c و g؛ پیکان) در Th11 در مقایسه با اجسام مهره‌ای مجاور از جمله Th10 را نشان می‌دهد. نقشه متخص به هیدروکسی آپاتیت افزایش تراکم در صفحه انتهایی پایین‌تر در Th11 (d و h) نشان می‌دهد. توالی ساجیتال STIR اشباع شده با چربی حساس به مایع از معاینه MR بعدی وجود تغییر سیگنال معادل ادم را در Th 11 تأیید می‌کند که شکستگی حاد (پیکان) را نشان می‌دهد اما نه در Th10 بنابراین شکستگی مزمن را تأیید می‌کند (e).

پس از حداقل ۴ هفته، همان رادیولوژیست‌ها نقشه‌های تراکم مختص به مواد بدست آمده از تصاویر CT طیفی دوگانه به صورت تصادفی بررسی کردند و مجدداً از لحاظ تمام اطلاعات کور شدند. رادیولوژیست‌ها از تمام نقشه‌های تراکم موجود (مغز قرمز، مغز زرد استخوان و کسر حجم هیدروکسی آپاتیت) استفاده کردند و مجدداً برای راحتی شخصی مجاز به حرکت آزادانه از طریق اصلاح کردن ساجیتال و تنظیم تنظیمات پنجره و سطح بودند. مناطق دارای افزایش مغز قرمز و کاهش تراکم مغز زرد که بیانگر تغییرات معادل ادم مغزی استخوان هستند، با استفاده از یک مقیاس لیکرت مشابه با مقیاس بکار گرفته شده برای تصویر CT معمولی (بدون ادم =1؛ احتمالاً بدون ادم = 2؛ احتمالاً ادم =3؛ ادم = 4) ارزیابی شدند. مجدداً در جداول پیشایندی دسته‌های ۱ و ۲ به عنوان شکست غیر حاد و ۳ و ۴ به عنوان شکستگی حاد خلاصه شدند.

تصویربرداری MR به عنوان استاندارد مرجع

تمام افراد مورد مطالعه در سه روز اول پذیرش شده در مؤسسه ما با استفاده از سیستم 3-T MR (Verio، Siemens Healthineers, Erlangen, Germany) معاینه شدند. پروتکل‌ها عبارت بودند از برگشت معکوس تاج کوتاه ساجیتال (TR 4000 ms؛ TE 270 ms؛ TI 160 ms؛ طول رشته اکو 16؛ زاویه فلیپ ۱۸۰°؛ ضخامت برش 3 mm؛ ضخامت برش 3 mm؛ ماتریکس 448 × 448) اکو چرخش توربو وزنی دهی شده T2 (TSE؛ TR 3000 ms، TE 113 ms؛ طول رشته اکو ۲۱؛ زاویه تکان ° 180؛ ضخامت برش 3 mm؛ ماتریکس 384 × 384) و TSE وزن دهی شده T1 (TR 693 ms؛ TE 13 ms؛ طول رشته اکو 3؛ زاویه تکان ° 180؛ ضخامت برش 3mm؛ ماتریکس 384 × 384) توالی‌های و توالی TSE وزن دهی شده T2 محوری (TR 3000 ms، TE 113 ms؛ طول رشته اکو 19؛ زاویه تکان ° 176؛ ضخامت برش 3 mm؛ ماتریکس 320 × 320). براساس ضوابط استاندارد مراقبت، تصاویر MR از لحاظ وجود ادم تروماتیک مغز استخوان توسط رادیولوژیست سوم بررسی شدند (رادیولوژیست دارای گواهی از بورد با ۸ سال سابقه کار در تصویربرداری نخاعی) و این رادیولوژیست هم از کوچکترین اطلاعات تصویربرداری و بالینی اطلاعی نداشت (کور شد). طبقه‌بندی دو جانبه (مغز استخوان سالم = 0 ؛ تغییرات سیگنال معادل ادم مغز استخوان 1 =) برای این استاندارد مرجع بکار گرفته شد.

تحلیل آماری

تحلیل‌های آماری با SPSS 42 (IBM; Armonk, NY, USA) انجام شد. برای نشان دادن تفاوت معنادار آماری P value کمتر از 0.05 در نظر گرفته شد.

علاوه بر آمار توصیفی، آزمون t مستقل نمونه‌ها (برای متغیرهای پیوسته) و آزمون‌های خی دو (برای متغیرهای دو حالتی) برای مقایسه خصوصیات بیمار بکار گرفته شد. حساسیت، ویژگی، دقت، مقادیر پیش‌بینی کننده مثبت و منفی ارزیابی شکستگی‌های حاد مهره‌ای در تصاویر CT معمولی و طیفی دو لایه در سطح

شکستگی‌های (جدول ۱)و بیمار (جدول ۲) در جداول پیشایندی بررسی شد. در سطح بیمار، بیماران مبتلا به حداقل یک شکستگی حاد که در MRI شناسایی شده بود به عنوان «حاد» طبقه‌بندی شد و تشخیص حداقل یک شکستگی حاد در تصاویر CT معمولی یا DLCT به عنوان «حاد» دسته‌بندی شد. توافق میان خوانندگان برای مقیاس لیکرت با آماره کاپای کوهن وزدن دهی شده بررسی شد.

نتایج

بیماران و وضعیت شکستگی:

در ۲۷ بیمار (میانگین سنی 11 ± 72 سال؛ ۱۷ زن)، کلاً ۵۹ شکستگی مهره شناسایی شد. براساس یافته‌های MR به عنوان استاندارد مرجع، ۴۱ شکستگی (۷۰٪) به عنوان شکستگی حاد دسته‌بندی شدند. از ۲۷ بیمار، ۲۳ نفر حداقل یک شکستگی داشتند که در تصویر MR شناسایی شده بود. ۲۹ شکستگی (۴۹٪) در مهره‌های کمری رخ داده بودند که شایع‌ترین مهره‌های شکسته Th12 (۱۷٪) و L1 (۱۵٪) بودند. هیچگونه اختلاف معناداری از لحاظ سن و جنس بیماران دچار به حداقل یک شکستگی حاد یا عدم وجود این آسیب ($P > 0.05$ برای هر دو) مشاهده نشد.

عملکرد CT معمولی و طیفی دو لایه

از ۴۱ شکستگی که به عنوان حاد در نظر گرفته شدند، ۳۱ مورد بصورت درست توسط رادیولوژیست ۱ (رادیو لوژیست ۲ 30 = n) در تصاویر CT معمولی شناسایی شد و رادیولوژیست ۱ سی و هشت مورد (رادیو لوژیست ۲، 39 = n) را بصورت درست در تصاویر CT طیفی دو لایه تشخیص داد (جدول ۱). به همین ترتیب، تصاویر CT معمولی حساسیت 0.76 – 0.73 و ویژگی 0.83–0.78 را نشان داد در حالیکه حساسیت (0.95–0.93) و ویژگی (0.89) تصاویر CT طیفی دو لایه از لحاظ آماری بالاتر بود. صحت در تصاویر CT معمولی ۰,۷۶ بود که به ۰,۹۳-۰,۹۲ در تصاویر CT طیفی دو لایه افزایش یافت (جدول ۲).

در سطح بیمار، افراد دچار به حداقل یک شکستگی حاد مهره‌ای که از طریق MRI تشخیص داده شده بود ۲۳ مورد حاد بود که در تصاویر CT معمولی ۱۹ مورد حاد و در تصاویر CT طیفی دولایه ۲۳ شکستگی حاد تشخیص داده شد (جدول ۳). در نتیجه در سطح بیمار حساسیت و ارزش پیش‌بینی‌کننده منفی ارزشیابی CT از شکستگی‌ها با استفاده از داده‌های CT طیفی دو لایه برابر یک بودند. مثال‌هایی از موارد مثبت کاذب و منفی کاذب در شکل ۲ نشان داده شده‌اند.

توافق بین خوانندگان برای ارزشیابی شکستگی با مقیاس لیکرت چهار نمره‌ای در تصاویر CT معمولی (k وزنی = 0.81؛ فاصله اطمینان تقریبی ۹۵٪: ۰,۷۰، ۰,۹۲) و تصاویر CT طیفی دو لایه (k وزنی = 0.96؛ CI٪۹۵: ۰,۹۲، ۱,۰۰) عالی بود.

بحث

در مطالعه ما، تشخیص ادم مغز استخوان و بنابراین شناسایی بیماران مبتلا به شکستگی‌های حاد مهره‌های سینه‌ای کمری با استفاده از تجزیه سه ماده‌ای و نقشه‌های تراکم مخصوص مواد بدست آمده از CT طیفی دو لایه عملی بود. با استفاده از تصویربرداری MR به عنوان استاندارد مرجع صحت، حساسیت و ویژگی برای تشخیص شکستگی‌های حاد مهره‌ای با تجزیه سه ماده‌ای تولید شده از CT طیفی دو لایه در مقایسه با تصایر CT معمولی به طرز قابل توجهی بالاتر بود.

بسته به تنظیم سخت افزاری شیوه‌های مختلفی برای تولید اطلاعات طیفی از CT انرژی دو گانه وجود دارد. CT دارای انرژی دوگانه با دو منبعی که خصوصیات دو منبع اشعه ایکس متفاوت یا سوئیچ سریع kV را میان دو تنظیم متفاوت kV را استفاده می‌کنند، به مدت چندین سال تجاری شده است. CT طیفی دو لایه در یک مطالعه برای اقدام بالینی اجرا شده است که از دو لایه آشکارساز مختلف استفاده می‌کند و این لایه‌ها روی یکدیگر قرار گرفته‌اند و هر لایه طیف‌های انرژی مختلفی را جذب می‌کند.

جدول ۱ جدول پیشایندی برای طبقه‌بندی شکستگی‌های مهره‌ای به عنوان حاد در برابر غیر حاد براساس تصاویر CT معمولی، تصاویر CT طیفی دو لایه‌ای و تصویربرداری MR به عنوان استاندارد مرجع که برای دو رادیولوژیست

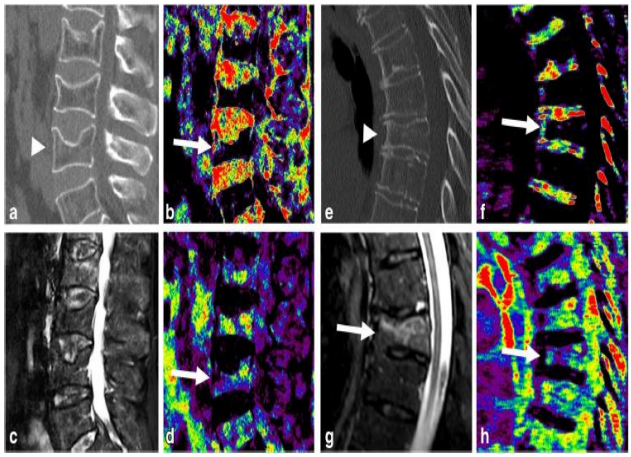
	رادیولوژیست ۱			
	حاد در نظر گرفته شده در CT معمولی		حاد در نظر گرفته شده در CT طیفی دو لایه‌ای	
سیگنال شبیه به ادم در تصویربرداری MR	حاد	غیر حاد	حاد	غیر حاد
سیگنال شبیه به ادم (حاد n = 41)	۳۱	۱۰	۳۸	۳
سیگنال مانند غیر ادم (غیر حاد n = 18)	۴	۱۴	۲	۱۶
	رادیولوژیست ۲			
	حاد در نظر گرفته شده در CT معمولی		حاد در نظر گرفته شده در CT طیفی دو لایه‌ای	
سیگنال شبیه به ادم در تصویربرداری MR	حاد	غیر حاد	حاد	غیر حاد
سیگنال شبیه به ادم (حاد n = 41)	۳۰	۱۱	۳۹	۲
سیگنال مانند غیر ادم (غیر حاد n = 18)	۳	۱۵	۲	۱۶

جدول ۲. عملکرد تشخیصی CT معمولی و طیفی لایه دو برای تشخیص شکستگی‌های حاد مهره‌ای با تصویربرداری MR به عنوان استاندارد مرجع در سطح شکستگی‌های فردی (n = 59).

	رادیولوژیست ۱		رادیولوژیست ۲	
تشخیص شکستگی‌های حاد	CT معمولی	CT طیفی دو لایه	CT معمولی	CT طیفی دو لایه
حساسیت	۰,۷۶	۰,۹۳	۰,۷۳	۰,۹۵
ویژگی	۰,۷۸	۰,۸۹	۰,۸۳	۰,۸۹
صحت	۰,۷۶	۰,۹۲	۰,۷۶	۰,۹۳
ارزش پیش‌بینی کننده مثبت	۰,۸۹	۰,۹۳	۰,۹۱	۰,۹۵
ارزش پیش‌بینی کننده منفی	۰,۵۸	۰,۸۴	۰,۵۸	۰,۸۹

جدول ۳ عملکرد تشخیصی CT طیفی دو لایه و معمولی برای تشخیص حداقل یک شکستگی حاد مهره‌ای با تصویربرداری MR به عنوان استاندارد مرجع در سطح بیمار (n = 27؛ پارامترها برای رادیولوژیست ۱ و ۲ برابر هستند).

تشخیص شکستگی حاد	CT معمولی	CT طیفی دو لایه
حساسیت	۰,۸۳	۱
ویژگی	۰,۷۵	۰,۷۵
صحت	۰,۸۱	۰,۹۶
ارزش پیش‌بینی کننده مثبت	۰,۹۵	۰,۹۶
ارزش پیش‌بینی کننده منفی	۰,۴۳	۱



شکل ۲. تصاویر CT و MR نمونه‌ای از طبقه‌بندی‌های مثبت کاذب (a-d) و منفی کاذب (e-h) براساس تصویربرداری CT طیفی دو لایه. شکستگی صفحه انتهایی L4 در یک بیمار مرد ۷۳ ساله مبتلا به درد کمر حاد (a) براساس افزایش تراکم مختص به آب شکمی در تنه مهره‌ای در نظر گرفته شد (b؛ پیکان) و کاهش تراکم مختص به چربی (d؛ پیکان) با این وجود توالی STIR حساسیت مایع چربی اشباع شده (c) هیچگونه تغییر سیگنال معادل ادم را نشان نداد. شکستگی فشرده مهره Th8 در بیمار خانم ۷۲ ساله مبتلا به کمردرد حاد و استئوپنی (e) به دلیل نبود تغییرات قطعی تراکم مختص به آب و چربی در مقایسه با تنه‌های مهره‌ای مجاور (f و h؛ پیکان‌ها) مزمن در نظر گرفته شد با این وجود توالی STIR تغییر شدید سیگنال معادل ادم را نشان داد که بیانگر شکستگی حاد است.

تکنیک CT طیفی دو لایه امکان تجزیه مواد و اندازه‌گیری‌های تراکم مختص به مواد را با بکارگیری جذب اشعه ایکس وابسته به انرژی و مواد فراهم می‌کند. برخلاف CT انرژی دوگانه، CT طیفی گردآوری و تحلیل اطلاعات طیفی بدون استفاده از یک پروتکل مخصوص از پیش تعریف شده امکانپذیر می‌گرداند در حالیکه CT انرژی دوگانه به انتخاب اولیه تنظیمات مخصوص برای مناطق آناتومیکی و پاتولوژی هدف نیاز دارد. قبلاً مدل تجزیه سه ماده‌ای برای بهینه کردن عملکرد تشخیصی CT دو منبعی انرژی دوگانه با محاسبه تصاویر فاقد کلسیم مجازی استفاده شده است و چندین مطالعه تکنیک تصویربرداری فاقد کلسیم مجازی برای تصویرسازی ادم مغز استخوان در مهره را بکار گرفته‌اند. اغلب مطالعات قبلی تصاویری را تحلیل کرده‌اند که با اسکنرهای CT دومنبعی و انرژی دوگانه نسل اول یا دوم گرفته‌شده‌اند در حالیکه پتریچ و همکاران در مطالعه

جدید خود عملکرد تشخیصی نقشه‌های بدون کلسیم مجازی براساس داده‌های بدست آمده از CT انرژی دوگانه نسل سوم بررسی کردند. صحت تشخیص شکستگی‌های حاد که در این مطالعه گزارش شد ۰,۹۴ بود که با یافته‌های مطالعه ما مشابه بود. در یک بررسی جدید که توسط کاوپ وهمکاران انجام شد از اسنکرهای CT دو منبعی انرژی دوگانه نسل دوم و نسل سوم استفاده شد که در حالت‌های متفاوت پویش عمل می‌کنند و صحت تشخیصی بدست آمده از این مطالعه کمتر از مطالعه پتریچ و همکاران و مطالعه ما بود. این میزان نشان می‌دهد که تصویرسازی ادم مغز استخوان به فاکتورهای فنی مختلفی و همچنین اقدام شخصی رادیولوژیست در رابطه با ارزشیابی تصاویر تراکم مختص به مواد بستگی دارد.

یک مطالعه دیگر که از اطلاعات تصویربرداری CT طیفی استفاده کرد و اطلاعات را از اسکنر CT طیفی دو لایه بدست آورد، عملی بودن تصویربرداری کلسیم هیدروکسی آپاتیت (HA) در مهره‌های انسان نشان داد. علاوه بر این درجات متفاوت چاقی با استفاده از اندازه‌گیری‌های qCT معمولی و فانتوم مرجع به عنوان استاندارد مرجع هیچگونه اثر معناداری را روی اندازه‌گیری غلظت‌های کلسیم هیدروکسی آپاتیت (HA) و اندازه‌گیری‌های BMD مختص به HA در نمونه‌های مهره‌ای نشان نداد. مشابه به همین مطالعه، پروتکل‌های استاندارد معاینه بالینی را بدون تنظیمات قبلی خاص استفاده کردیم. حین انجام این کار، پی بردیم عملکرد تشخیصی برای تشخیص ادم مغز استخوان این رویکرد جدید با عملکرد اسکنرهای CT دو منبعی انرژی دوگانه نسل سوم مشابه هست که اخیراً در منبع شماره ۱۵ گزارش شده است.

با توجه به افزایش صحت ارزشیابی شکستگی براساس CT طیفی انرژی دوگانه، رادیولوژیست‌ها نسبت به طبقه‌بندی شکستگی مهره‌ای به عنوان حاد و مزمن بدون MRI اطمینان بیشتری خواهند داشت. از آنجایی که MR با دفعات معاینه بیشتر و هزینه اضافی همراه است و شاید در صورت نیاز آنی در دسترس نباشد، این روش می‌توان برای اغلب بیماران در محیط بالینی حاد و همچنین برای بیماران با منع استفاده از MR سودمند باشد.

پسا پردازش داده‌های تصویربرداری CT در یک مجموعه نرم‌افزاری تجاری مربوط به سازنده CT اجرا شد. لازم به ذکر است که این کار برای بررسی آسان داده‌های تصویربرداری انجام شد. با این وجود، الگوریتم پسا پردازش که در بخش روش کار بیان شد، با استفاده از هر زبان برنامه‌نویسی دیگر می‌توان در هر نرم‌افزار تجاری یا رایگان اجرا کرد و به دستکاری تصویر و عملیات جبری اجاز می‌دهد بنابراین روش ارائه شده برای تجزیه مواد و تولید تصاویر تراکم مختص به مواد ممکن است در هر داده تصویربرداری CT انرژی دوگانه یا در هر محیط نرم‌افزاری استفاده کرد.

دامنه سنی جامعه مطالعه ما نسبتاً وسیع بود و با محدوده گزارش شده در مطالعات قبلی برابر بود [۱۸، ۲۴]. در بیماران مسن که دارای شکستگی‌های ناشی از پوکی استخوان هستند، معمولاً میزان چربی مغز استخوان به طور قابل توجهی بالاتر از افراد جوان است [۲۴، ۲۶]، بنابراین افتراق ادم مغز استخوان از مغز استخوان دارای میزان چربی زیاد را آسان می‌کند. در بیماران جوانتر با درصد بالاتری از مغز قرمز استخوان، ترسیم ادم مغز استخوان ممکن است دشوار و سخت باشد. در مطالعات آتی اثرات ترکیب مغز استخوان در گروه‌های سنی مختلف بر عملکرد تشخیص ادم مغز استخوان بر اساس تصاویر CT طیفی دو لایه باید به منظور بررسی وابستگی سن این روش برای تصویرسازی ادم مغز استخوان بررسی شود.

این مطالعه محدودیت‌های دیگری نیز داشت. از آنجایی که به شکستگی‌های تروماتیک در یک گروه از بیمار مسن پرداختیم، بیماران مبتلا به وضعیت‌های دیگر که با تغییرات مغز استخوان همراه هستند مانند بیماری‌های متابولیکی، غیر از پوکی استخوان و یا بدخیمی‌ها از مطالعه خارج کردیم. ارزیابی تغییرات مغز استخوان در این گروه‌ها باید در مطالعات آتی بررسی شود و همچنین به تمایز شکستگی خوش خیم و بدخیم توجه ویژه‌ای شود. علاوه بر این، جامعه مطالعه این تحلیل گذشته‌نگر به علت جدید بودن سیستم CT طیفی دو لایه نسبتاً کوچک بود و حقیقت این است که تنها افراد تحت آزمایش هر دو روش تصویربرداری CT طیفی دو لایه و MR در طول ۳ روز در مطالعه قرار گرفتند. در همین حالت، تنها از بیماران مبتلا به شکستگی حاد مشکوک بالینی تصویربرداری CT گرفته شد و بنابراین می‌توانستند در مطالعه قرار گیرند، بنابراین در جامعه مطالعه ما شکستگی‌های حاد خیلی بیشتر از شکستگی‌های غیر حاد مشاهده شد و ۲۳ نفر از ۲۷ بیمار حداقل یک شکستگی حاد در MRI تشخیص داده شد. بنابراین، اهمیت تجزیه و تحلیل در سطح بیمار ممکن است محدود باشد. در مقابل، مقایسه عملکرد CT معمولی و CT طیفی دو لایه در سطح اجسام مهره‌ای افراد نه تنها تعداد نمونه‌ها را افزایش داد بلکه ممکن است در یک محیط بالینی

مناسب‌تر باشد که در آن اکثر بیماران مبتلا به پوکی استخوان نه تنها یک شکستگی حاد یا مزمن مهره‌ای را داشتند، بلکه شکستگی‌های متعدد حاد یا مزمن مهره‌ای را داشتند و طبقه‌بندی شکستگی‌های مجزا ممکن است برای تصمیم‌گیری درمانی مناسب باشد. در نهایت، تنها یک سیستم انرژی دوگانه یعنی CT طیفی دوگانه در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت و تنها یک الگوریتم تجزیه مواد بکار گرفته شد. بنابراین، عملکرد روش ارائه شده را می‌توان با مقادیر موجود از منابع به چاپ رسیده قبلی مانند پتریچ و همکاران و کاوپ و همکاران مقایسه کرد ؛ با این حال، مقایسه مستقیم تنظیمات مختلف جزئی از این تحلیل نیست و باید در آینده بیشتر بررسی شود.

به عنوان نتیجه‌گیری مطالعه ما نشان داد که تشخیص ادم مغز استخوان و بنابراین شکستگی‌های حاد مهره‌ای براساس تجزیه سه ماده‌ای بدست آمده از تصاویر CT طیفی دو گانه با صحت خیلی بالا نسبت به تصاویر CT مرسوم عملی بود. این میزان بیانگر آن است که این روش ارائه شده ممکن است برای معاینات اضافی بیماران ارزشمند باشد و تشخیص شکستگی‌های مهره‌ای را تسهیل می‌کند.

مراجع

[1] Ballane G, Cauley JA, Luckey MM, El-Hajj Fuleihan G. Worldwide prevalence and incidence of osteoporotic vertebral fractures. Osteoporos Int. 2017.

[2] Kado DM, Duong T, Stone KL, Ensrud KE, Nevitt MC, Greendale GA, et al. Incident vertebral fractures and mortality in older women: a prospective study. Osteoporos Int. 2003;14(7):589–94.

[3] Schnake KJ, Schroeder GD, Vaccaro AR, Oner C. AOSpine classification systems (subaxial, thoracolumbar). J Orthop Trauma. 2017;31(Suppl 4):S14–23.

[4] Mandalia V, Henson JH. Traumatic bone bruising—a review article. Eur J Radiol. 2008;67(1):54–61.

[5] Piazzolla A, Solarino G, Lamartina C, De Giorgi S, Bizzoca D, Berjano P, et al. Vertebral bone marrow edema (VBME) in conservatively treated acute vertebral compression fractures (VCFs): evolution and clinical correlations. Spine (Phila Pa 1976). 2015;40(14):E842–8.

[6] Qaiyum M, Tyrrell PN, McCall IW, Cassar-Pullicino VN. MRI detection of unsuspected vertebral injury in acute spinal trauma: incidence and significance. Skelet Radiol. 2001;30(6):299–304.

[7] McCollough CH, Leng S, Yu L, Fletcher JG. Dual- and multienergy CT: principles, technical approaches, and clinical applications. Radiology. 2015;276(3):637–53.

[8] Vetter JR, Perman WH, Kalender WA, Mazess RB, Holden JE. Evaluation of a prototype dual-energy computed tomographic apparatus. II. Determination of vertebral bone mineral content. Med Phys. 1986;13(3):340–3.

[9] Kalender WA, Perman WH, Vetter JR, Klotz E. Evaluation of a prototype dual-energy computed tomographic apparatus. I. Phantom studies. Med Phys. 1986;13(3):334–9.

[10] Mallinson PI, Coupal TM, McLaughlin PD, Nicolaou S, Munk PL, Ouellette HA. Dual-energy CT for the musculoskeletal system. Radiology. 2016;281(3):690–707.

[11] Altman A, Carmi R. TU-E-210A-03: a double-layer detector, dualenergy
CT—principles, advantages and applications. Med Phys.
2009;36(6):2750.

[12] Ehn S, Sellerer T, Muenzel D, Fingerle AA, Kopp F, Duda M, et al. Assessment of quantification accuracy and image quality of a fullbody dual-layer spectral CT system. J Appl Clin Med Phys. 2018;19(1):204–17.

[13] Pelgrim GJ, van Hamersvelt RW, Willemink MJ, Schmidt BT, Flohr T, Schilham A, et al. Accuracy of iodine quantification using dual-energy CT in latest-generation dual-source and dual-layer CT. Eur Radiol. 2017;27(9):3904–12.

[14] Sellerer T, Noel PB, Patino M, Parakh A, Ehn S, Zeiter S, et al. Dual-energy CT: a phantom comparison of different platforms for abdominal imaging. Eur Radiol. 2018.

[15] Petritsch B, Kosmala A, Weng AM, Krauss B, Heidemeier A, Wagner R, et al. Vertebral compression fractures: third-generation dual-energy CT for detection of bone marrow edema at visual and quantitative analyses. Radiology. 2017;284(1):161–8

[16] Kaup M, Wichmann JL, Scholtz JE, Beeres M, Kromen W, AlbrechtMH, et al. Dual-energy CT-based display of bone marrow edema in osteoporotic vertebral compression fractures: impact on diagnostic accuracy of radiologists with varying levels of experience in correlation toMR imaging. Radiology. 2016;280(2):510–9.

[17] Karaca L, Yuceler Z, Kantarci M, Cakir M, Sade R, Calikoglu C, et al. The feasibility of dual-energy CT

in differentiation of vertebral compression fractures. Br J Radiol. 2016;89(1057):20150300.
[18] Bierry G, Venkatasamy A, Kremer S, Dosch JC, Dietemann JL. Dual-energy CT in vertebral compression fractures: performance of visual and quantitative analysis for bone marrow edema demonstration with comparison to MRI. Skelet Radiol. 2014;43(4): 485–92.
[19] Yu L, Leng S, McCollough CH. Dual-energy CT-based monochromatic imaging. AJR Am J Roentgenol. 2012;199(5 Suppl):S9–S15.
[20] Mendonca PR, Lamb P, Sahani DV. A flexible method for multimaterial decomposition of dual-energy CT images. IEEE Trans Med Imaging. 2014;33(1):99–116.
[21] Hubbell JH, Seltzer SM. Tables of X-ray mass attenuation coefficients and mass energy-absorption coefficients from 1 keV to 20 MeV for elements Z = 1 to 92 and 48 additional substances of dosimetric interest. Accessed 01.05.2017. Available from: https://www.nist.gov/pml/x-ray-mass-attenuation-coefficients.
[22] White DR, Griffith RV, Wilson IJ. Report 46. Photon, electron, proton and neutron interaction data for body tissues. JICRU. 1992; os24(1).
[23] Crim J. Anterior compression fracture. In: Ross JS, Moore KR, editors. Diagnostic imaging: Spine. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier; 2015. p. 330–333.
[24] Wang CK, Tsai JM, Chuang MT, Wang MT, Huang KY, Lin RM. Bone marrow edema in vertebral compression fractures: detection with dual-energy CT. Radiology. 2013;269(2):525–33.
[25] Mei K, Schwaiger BJ, Kopp FK, Ehn S, Gersing AS, Kirschke JS,et al. Bone mineral density measurements in vertebral specimens and phantoms using dual-layer spectral computed tomography. Sci Rep. 2017;7(1):17519.
[26] Schellinger D, Lin CS, Fertikh D, Lee JS, Lauerman WC, Henderson F, et al. Normal lumbar vertebrae: anatomic, age, and sex variance in subjects at proton MR spectroscopy—initial experience. Radiology. 2000;215(3):910–6.

بهبود روش‌های توسعه و مهندسی نرم‌افزار به روش چابک و ترکیب با مهندسی نیازمندی

مرتضی یزدان‌پناه[۱]

[۱]دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد مقدس، M.yazdanpanah313@gmail.com

چکیده: با رشد فناوری اطلاعات و ظهور انواع مجموعه‌ها برای مجموعه‌های قدیمی مشکلاتی به‌وجود می‌آید و دراین‌بین کسانی می‌توانند جزو بازنده‌ها نباشند که خود را از این قافله عقب نبینند و همراه با آن حرکت نمایند. استفاده از روش‌های قدیمی در برخورد با پروژه‌های مختلف نیز خود دارای معایبی است. تغییر ناگهانی شرایط، تغییر ناگهانی و سریع رویکردها را می‌طلبد.
زمانی که ازکارِگروهی حرف می‌زنیم، می‌دانیم که نمی‌توان یک گروه را صرفا با جذب چند برنامه‌نویس، فروشنده، بازاریاب و گرافیست تشکیل داد. گروه‌های امروزی نیاز به چشم‌انداز مشترکی دارند و اضافه و کم شدن افراد می‌تواند تغییر اساسی در ماهیت، کارکرد و خروجی موردنظر از گروه ایجاد کند. حتی اگر حرفه‌ای‌ترین افراد را در کنار هم جمع کنیم، ممکن است نتوانیم به بهترین خروجی دست پیدا کنیم. این پیچیدگی اغلب به علت وجود ذی‌نفعان متعدد، تغییر مکرر در اولویت‌بندی‌ها، ایجاد شرایط رقابتی از طرف بازار، تاثیرپذیری فراوان از شرایط اجتماعی و غیره ایجاد می‌شود. در این شرایط روش‌های چابک می‌تواند علاوه بر ایجاد کردن مزیت‌های رقابتی در مجموعه، مدل انجام کار و شرایط را دستخوش تغییرات نماید. روش‌های چابک با مشتری مداری و کاهش مداوم ریسک با هر تکرار، کیفیت پروژه‌های توسعه نرم‌افزار را بهبود می‌بخشند.

کلیدواژه‌ها: *اولویت‌بندی نیازمندی‌ها، توسعه نرم‌افزار چابک، روش چابک، مهندسی نیازمندی*

مقدمه

نیازمندی یک شرط یا قابلیتی است که کاربر با توجه به آن در پی حل مسئله می‌باشد و نقشه راه و برنامه‌ریزی‌اش را طبق نیازهای مطرح‌شده انجام می‌دهد. مسئله می‌تواند چالش یا شرایطی باشد که اوضاع را دچار تغییراتی می‌کند.
تحلیل نیازمندی‌ها در مهندسی سیستم‌ها و مهندسی نرم‌افزار، تحلیل و تعیین نیازها یا شرایط لازم برای انجام یک پروژه را در برمی‌گیرد. تحلیل سیستماتیک نیازمندی‌ها را مهندسی نیازمندی‌ها می‌گویند. تحلیل نیازمندی‌ها از ملزومات مهم موفقیت در یک پروژه محسوب می‌گردد [۱].
نیازمندی‌های تحلیل‌شده باید مستند، عملی، قابل‌اندازه‌گیری، قابل آزمودن و ارزیابی، قابل‌ردیابی، مربوط به نیازها یا فرصت‌های همان کسب‌وکار باشند که به‌صورت مشروح با جزئیات کافی بیان‌شده باشند.

با پیدایش روش چابک مهندسی نرم‌افزار دستخوش تحولاتی گردید که برخی بر این باور هستند که این روش در تکمیل روش سنتی و یا پاسخی در مقابل ابهامات و ایرادات روش‌های سنتی بوده است. در پیاده‌سازی به روش سنتی کار با استخراج کامل و مستندسازی تمام نیازمندی‌ها توسط طراحان، توسعه‌دهندگان و مدیران شروع می‌شود. با شروع دهه ۱۹۹۰ میلادی برخی از توسعه‌دهندگان دریافتند که روش‌هایی که استفاده می‌کنند ایراداتی دارد که منجر به خستگی می‌شود و گاهی نیز نتیجه کار را غیرممکن توصیف می‌کند. درنتیجه برخی از متخصصین و صاحب‌نظران این حوزه در پاسخ به این ایرادات روش‌هایی را ارائه کردند که به روش چابک شهرت پیدا کرد[۲و۳].
در مهندسی نیازمندی‌ها، اطلاعات مربوط به ویژگی‌های سیستم از مشتری جمع‌آوری می‌شود. این ویژگی‌ها به‌صورت الزامات عملکردی و غیرعملکردی می‌باشند. فهم نیازمندی‌های یک سیستم در پروژه‌های توسعه نرم‌افزاری، نقش بسیار مهمی را در

موفقیت آن دارد. مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که مدیریت ضعیف نیازمندی‌ها منجر به شکست پروژه می‌گردد.

در روش توسعه سنتی، مهندسی نیازمندی در ابتدای فرایند اتفاق می‌افتد [۴].

مهندسی نیازمندی‌ها، اولین مرحله از مهندسی نرم‌افزار و کانون این مطالعات تحقیقاتی است. فرآیندهای دقیق در این مرحله می‌توانند تولید محصولات باکیفیت را که برای استفاده در بازار نرم‌افزار بی‌خطر هستند، تضمین نماید.

در مهندسی نیازمندی، Agile یک فرایند تکراری است، زیرا این روش توسعه به‌طور تدریجی سیستم را در یک فضای کسب‌وکار که به‌سرعت در حال تغییر است، سوق می‌دهد، بنابراین الزامات نمی‌توانند غیرقابل تغییر باشند [۵و۶].

تغییر در الزامات موجب چالش‌های رقابتی در بازار می‌شود، ذی‌نفعان تنظیمات خود را تغییر می‌دهند ازجمله تغییر در فن‌آوری توسعه و زمان موردنیاز برای ورود محصول به بازار [۷].

روش‌های چابک برای توسعه نرم‌افزار مدت‌هاست که رایج شده است زیرا به موفقیت سریع در پروژه‌های توسعه نرم‌افزار و کاهش خطرات پروژه کمک می‌کند. روش‌های کلاسیک، مانند مدل آبشار یا مدل V، دارای وزن سنگین و مستند هستند زیرا از یک رویه مرحله‌ای سخت برای مدیریت کل پروژه پیروی می‌کنند. برعکس، روش‌های چابک (مانند Scrum یا eXtreme Programming) بر روی چرخه‌های انتشار کوتاه متمرکز هستند تا نتایج ملموس را به روشی تکراری ارائه دهند. همچنین به دلیل تاکید بر نقش توسعه‌دهنده نرم‌افزار به‌عنوان یک بازیگر اصلی در پروژه، سربار مدیریت را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهند [۸].

در توسعه سیستم‌ها، هدف مهندسی نیازمندی ساده است ازجمله تعیین نیازهای مشتری و تعریف کلیه خصوصیات خارجی سیستم در چشم‌اندازی با شناسایی ذی‌نفعان و نیازهای آن‌ها، و مستندسازی این موارد به شکلی که قابل‌تجزیه و تحلیل و پیاده‌سازی‌های بعدی باشد [۹].

فرآیند مهندسی نیازمندی شامل فعالیت‌های اصلی زیر است:

- استخراج نیازمندی
- مشخصات موردنیاز
- تایید و اعتبارسنجی نیازمندی
- مدیریت نیازمندی

استخراج نیازمندی‌ها

این مرحله از مهندسی نیازمندی‌ها به جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات از ذی‌نفعان مختلف در حوزه پروژه ازجمله کاربران، محدودیت‌ها، محیط، استانداردها و غیره به‌صورت متمرکز می‌پردازد [۱۰].

مشخصات موردنیاز

این مرحله برای تولید مدل‌های رسمی نرم‌افزار موردنیاز استفاده می‌شود. تمام نیازها ازجمله نیازهای کاربردی، غیرعملکردی و محدودیت‌ها توسط این مدل‌ها به‌طورکلی مشخص می‌شود. مدل‌های مورد استفاده در این مرحله شامل نمودارهایER، نمودارهای جریان داده(DFD)، نمودارهای تجزیه عملکرد (FDD)، دیکشنری‌های داده و غیره می‌باشد [۱۱].

تایید و اعتبارسنجی نیازمندی

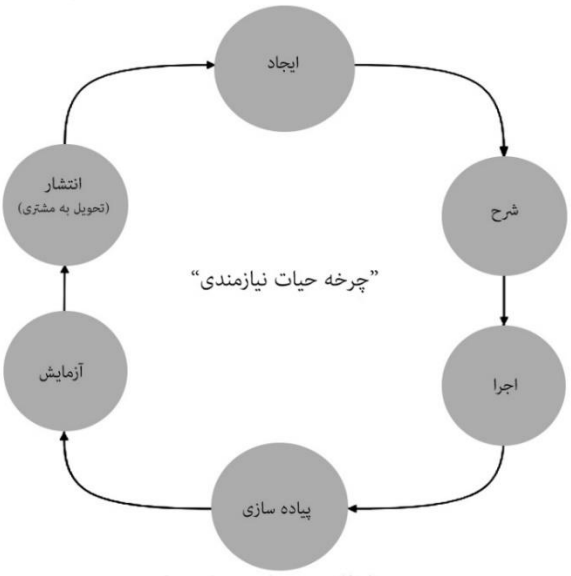
تایید صحت شامل مجموعه اقداماتی می‌شود که عملکرد خاصی از نرم‌افزار را جهت حسن انجام کار مورد بررسی قرار می‌دهد. همچنین اعتبارسنجی به مجموعه‌ای متفاوت از وظایف اشاره دارد که اطمینان می‌یابد نرم‌افزاری که ساخته‌شده است نیازهای مشتری را مرتفع خواهد کرد یا خیر. اگر نیازمندی‌ها تایید نشود، خطاها به‌طور متوالی منتقل می‌شوند و درنتیجه تغییرات و اصلاحات زیادی ایجاد می‌شود.

مراحل اصلی این فرآیند شامل موارد زیر است:

- نیازها باید با تمام نیازهای دیگر مطابقت داشته باشد، یعنی هیچ‌یک از دو نیازمندی نباید با یکدیگر مغایرتی داشته باشند.
- نیازمندی‌ها باید به‌تمام‌معنا کامل باشد.
- نیازمندی‌ها باید قابل‌دست‌یابی باشد.

مدیریت نیازمندی

مدیریت نیازمندی‌ها فرآیند تجزیه‌وتحلیل، مستندسازی، ردیابی، اولویت‌بندی و توافق در موردنیاز و کنترل ارتباطات با ذی‌نفعان مربوطه می‌باشد. با توجه به تمایل به تغییر در نیازمندی‌ها، باید اطمینان حاصل شود که مشخصات موردنیاز نرم‌افزار تا حد امکان قابل‌تغییر است تا تغییرات مشخص‌شده توسط کاربران نهایی را نیز در مراحل بعدی لحاظ کند.



شکل ۱: چرخه حیات نیازمندی‌ها [۱۲]

در «شکل ۱» تعریف ما از چرخه حیات نیازمندی مشابه چرخه عمر نرم‌افزار می‌باشد یا این تفاوت که در چرخه حیات نیازمندی فقط بر روی یک نیاز تمرکز داریم اما در چرخه عمر نرم‌افزار تمرکز بر روی یک سیستم کامل است. بااین‌حال، در کل روند نرم‌افزار، هنوز برخی از مراحل مربوط به نیازها مانند تجزیه‌وتحلیل و طراحی نیازها وجود ندارد. زیرا چرخه عمر نیازمندی فقط برنامه‌ریزی و اجرای یک نیاز را پوشش می‌دهد.

ایجاد نیازمندی

نیاز تجاری در این مرحله ایجاد و ذخیره می‌شود. شناسایی و ایجاد یک نیازمندی دارای اهمیت بسیاری است زیرا در چرخه حیات نیازمندی اولین قدم می‌باشد و اگر اولین گام را اشتباه برداریم پروژه تا انتها با مشکل مواجه می‌شود و راه اشتباه را طی خواهد کرد. تمرکز اصلی بر مشتری که ذی‌نفع نهایی می‌باشد، است. اطلاعات را بر اساس نیازهای مشتری جمع‌بندی می‌کنیم و در ادامه اصلاح آن با مدیر نیازمندی‌ها خواهد بود.

شرح نیازمندی

هر نیازمندی باید با جزئیات شرح داده شود تا بتوان از آن برای پیاده‌سازی سیستم استفاده کرد. ذی‌نفع توضیحات را به همراه یک تحلیل‌گر یا یک مهندس نیازمندی ارائه می‌دهد. جلساتی با مهندسین نیازمندی، ذی‌نفعان و تحلیل‌گران مشاغل به‌منظور تبیین نیازمندی صورت می‌گیرد. ازجمله مواردی که باید به‌طور واضح مشخص شود می‌توان به سوالات زیر اشاره کرد:

- چه کسی از این سیستم استفاده می‌کند؟
- آن‌ها چگونه از سیستم استفاده خواهند کرد؟
- چه داده‌هایی باید وارد سیستم شود؟
- چه داده‌هایی باید توسط سیستم تولید شود؟

اجرا

نیاز در این مرحله، اجرای نیازها برنامه‌ریزی می‌شود. نیازمندی‌های بسیاری وجود دارد و همه آن‌ها به‌یک‌باره قابل‌اجرا نیستند ازاین‌رو، گروه به برنامه‌ریزی برای اجرای هر یک از نیازها بر اساس دسترسی منابع و تلاش دارد.

پیاده‌سازی

با دریافت اسناد طراحی سیستم، کار به واحدها تقسیم می‌شود و کدنویسی آغاز می‌شود. از آنجا که در این مرحله کد تولید می‌شود، بنابراین تمرکز اصلی بر روی توسعه‌دهنده است.

آزمودن

پس از تهیه کد، آن را برخلاف مشخصات مورد آزمایش قرار می‌دهیم تا مطمئن شویم محصول در حال رفع نیازهای جمع‌آوری‌شده در مرحله نیاز می‌باشد یا خیر. در طول این مرحله، انواع آزمون‌های عملکردی به‌عنوان آزمون واحد، آزمون یکپارچه‌سازی، آزمایش سیستم و آزمون پذیرش و همچنین آزمایش غیر عملکردی نیز انجام می‌شود.

انتشار

از آزمایش موفقیت‌آمیز، محصول برای استفاده به مشتری تحویل داده می‌شود. به‌محض اینکه محصول در اختیار مشتریان قرار گرفت، آن‌ها ابتدا آزمون بتا را انجام می‌دهند. در صورت نیاز به هرگونه تغییر و یا رفع اشکال، آن را به گروه مهندسی گزارش می‌دهند. هنگامی‌که آن تغییرات ایجاد شد یا اشکالات برطرف شدند، انتشار نهایی اتفاق می‌افتد.

فرآیندهای مهندسی نیازمندی چابک توسط تعدادی از عوامل ترکیبی مانند برنامه، ریسک، هزینه‌ها و منابع انسانی محدودشده است. علاوه بر این موارد، نیازمندی خود عامل محدودکننده دیگری است زیرا دارای پیچیدگی، وابستگی، اهمیت، ارزش تجاری و نوسان است [۶].

توسعه‌دهندگان نرم‌افزار باید از Requirement Engineering (RE) سنتی به RE Agile گرایش پیدا کنند، زیرا در مواجهه

با انواع چالش‌ها و روندهای دست‌وپا گیری که بسیاری از مجموعه‌ها درگیر آن می‌باشند، انعطاف‌پذیری بیشتری دارد. RE Agile با RE سنتی دارای تفاوت‌های بسیاری است از جمله مهم‌ترین آن این است که RE Agile دارای تداوم در کار می‌باشد[۱۳].

برخلاف RE سنتی، RE Agile امکان تغییر در نیازهای کاربر را فراهم می‌کند. با انطباق در تغییر نیازهای کاربر، اطمینان حاصل می‌شود که نتیجه فرآیند، الزاماتی باکیفیت بالا و رضایت مشتری خواهدبود[۴].

بنابراین، در جمع‌آوری نیازها، توجه به برخی از جنبه‌های اصلی مهم است و به دلیل نوسان زیاد الزامات، همکاری مداوم بین ذی‌نفعان حائز اهمیت فراوانی می‌باشد.

طبق گفته‌های "شون"، درAgile، فرآیندهای RE مانند مرحله آغاز، مرحله استخراج، مرحله شرح، مرحله مذاکره، مرحله مشخصات و مرحله اعتبار، به‌طور واضح از یکدیگر جدا نشده‌اند[۱۴].

در مرحله اول، استخراج شامل حل مسئله، مذاکره و مشخصات است[۱۵].

نیازمندی‌ها از طریق جلسات گروه به‌صورت متمرکز، مصاحبه، طوفان فکری، پرسش‌نامه، تحلیل گفتمان و ... استخراج می‌شود.

نمونه‌سازی ازجمله استراتژی‌های شناخته‌شده است که برای شناسایی و تعیین نیازها از دید مشتری استفاده می‌شود. سازگاری، تنوع، اندازه لیست و پیچیدگی ناشی از مرحله استخراج می‌تواند مانعRE Agile شود[۱۵].

تجزیه‌وتحلیل نیازمندی‌ها بلافاصله پس از استخراج رخ می‌دهد. در تجزیه‌وتحلیل، نیازها موردبررسی برای پیچیدگی، کامل بودن، ابهام و تناقضات باهدف به حداقل رساندن تغییرات آینده انجام می‌شود[۵و۱۶].

مسائل در این مرحله از طریق جلسات با ذی‌نفعان، به‌صورت مدل‌سازی و اولویت‌بندی شده حل می‌شود(۵).

اختلاف‌نظرها از طریق جلسات و گفتگو حل می‌شود، جایی که همه ذی‌نفعان برای مذاکره و حل اختلافات با یکدیگر به صحبت و بحث می‌پردازند. شکاف ارتباطی بین متخصصان فناوری اطلاعات و مشتریان منجر به الزامات ناقص یا نادرست می‌شود. "Sebega" و "Mkkandla" اظهار داشتند که مذاکره در مورد نیازها، اولویت‌بندی الزامات و مشکلات مقیاس‌پذیری، برخی از مواردی هستند که باعث اختلال در تحلیل نیازها می‌شوند[۱۵].

اولویت‌بندی، در مرحله برنامه‌ریزی اولیه و سپس در زمان تکرار اتفاق می‌افتد. اولویت‌بندی بر اساس ارزش تجاری انجام می‌شود. بنابراین اولویت‌بندی مداوم نیازها ازجمله ویژگی‌های اصلیAgile RE است[۶]. این تضمین می‌کند که نیازمندی‌های دارای رتبه‌بندی مهم برای پروژه در ابتدا توسعه می‌یابند. این امر بالاترین ارزش تجاری را برای مشتری به ارمغان می‌آورد و با اطمینان از تحویل محصولات به مشتری، آسیب‌های پروژه را کاهش می‌دهد[۱۷].

برخی برای تصمیم‌گیری در مورد اینکه کدام‌یک از نیازمندی‌ها باید در زمانی بین تکرارها در نظر گرفته شوند با مشکل روبرو می‌شوند. اگرچه توسعه‌دهندگان بسیار ماهر هستند و از تاثیرگذارترین ذی‌نفعان هستند، با این‌وجود، این مشتری است که باید در مورد اولویت یک نیاز تصمیم نهایی را بگیرد. آنچه در عمل اتفاق می‌افتد لزوما با آنچه در چابک توصیه‌شده است مطابقت ندارد. دست‌یابی به‌اتفاق نظر در شرایطی که چندین ذی‌نفع وجود داشته باشد دشوار است و ما با معیارهای تصمیم‌گیری چندگانه‌ای مواجه خواهیم بود(۶و۱۸).

این مطلب بسیار واضح است که توسعه‌دهندگان و مشتریان در تصمیم‌گیری نقش بسزایی دارند و اطلاعات آن‌ها در مورد ارزش موردنیاز در عمل، در دنیای واقعی قابل‌توجه است.

جدول ۱: معیارهای اولویت‌بندی نیازمندی‌ها [۶و۱۷و۱۹]

شاخص	شرح
راحتی در استفاده	به‌اندازه کافی ساده باشد تا در استفاده با مشکلی مواجه نشود
تلاش	این ویژگی به زمان کافی جهت رسیدن به نتیجه موردنظر نیازمند است
هزینه	نقدینگی موردنیاز جهت اجرای پروژه
اندازه(حدومرز پروژه)	بر اساس خواسته‌ها و تعاریف کاربر تعریف می‌شود
ارزش تجاری مثبت پروژه	میزان سرمایه‌ای که با انجام پروژه به دست می‌آید
ارزش تجاری منفی پروژه	میزان سرمایه‌ای که با شکست پروژه و یا با مشکل مواجه‌شدن پروژه از دست می‌رود
پیچیدگی	سطحی که برای دشواری پروژه تعریف می‌کنیم

وابستگی	گاهی بخشی از پروژه و یا کل پروژه پیش‌نیازی دارد و قبل از اجرا باید آن پیش‌نیازها برطرف گردند
نوسانات پروژه	درجه‌ای که می‌تواند تحت شرایطی تغییر کند .این نشان‌دهنده این است که ثبات موردنیاز در نظر گرفته‌شده است یا خیر
ریسک	میزان خطراتی که می‌تواند متوجه پروژه باشد

اولویت‌بندی مناسب دارای اهمیت بسیاری است. بسیاری از ما می‌دانیم که توانایی مدیریت بهینه‌تر زمان را داریم، اما شناسایی اشتباهاتی که مرتکب می‌شویم و آگاهی از نحوه‌ی رفع آن‌ها، می‌تواند دشوار باشد. باوجوداین، وقتی زمان را به‌خوبی مدیریت می‌کنیم به طرز استثنایی عملکردمان بهینه می‌شود. با مدیریت زمان به شیوه‌ی درست، می‌توانیم زمان را به پروژه‌های جالب و با بازدهی بالا اختصاص دهیم که می‌توانند تفاوت فاحشی در روند یک کار ایجاد کنند.

اولویت‌بندی اشتباه، هزینه توسعه را افزایش می‌دهد. بنابراین یک روش مناسب برای اولویت‌بندی الزامات برای اطمینان از کارایی فرآیند مهندسی نیازمندی‌ها بسیار مهم است [۶و۲۰].

مهندسی نیازمندی‌ها با اکتشاف، آنالیز و مستندسازی نیازمندی‌های سیستم درگیر است. در فعالیت‌های مهندسی نرم‌افزار احتیاج به‌دقت عمل فراوانی وجود دارد. همچنین اشکال در یکی از فازهای مهندسی نیازمندی‌ها ممکن است هزینه‌های زیادی را به بار آورد. مطالعات نشان می‌دهد که حدود ٪۳۳ از مشکلات در توسعه به فاز نیازمندی‌ها مربوط می‌شود [۲۱].

برنامه‌نویسی افراطی

برنامه‌نویسی افراطی یک روش توسعه نرم‌افزار سبک و هوشمند است که به مقادیری ازجمله ارتباطات، سادگی، شجاعت و انتقاد بستگی‌دارد[۲۲و۲۳].

این روش فرآیندهای پیچیده توسعه را به چرخه‌های کوچک و ساده تقسیم می‌کند. از طریق روش‌هایی از جمله برقراری ارتباط فعال، دریافت بازخورد و غیره، توسعه‌دهندگان و مشتریان می‌توانند در مورد توسعه، تغییرات، مسائل حل‌نشده و مشکلات احتمالی صریح باشند و روند توسعه را با توجه به شرایط واقعی، به‌موقع تنظیم کنند.

برنامه‌نویسی افراطی در سال ۱۹۹۶ توسط KentBeck پیشنهاد معرفی گردید. این‌یک روش مهندسی نرم‌افزار است و یکی از سازنده‌ترین روش‌ها در توسعه نرم‌افزار چابک محسوب می‌شود.

همانند سایر روش‌های چابک، تفاوت اساسی بین برنامه‌نویسی افراطی و روش‌های سنتی وجود دارد ازجمله اینکه برنامه‌نویسی افراطی تاکید بسیاری بر سازگاری با دشواری‌ها دارد. از جمله دلایل موفقیت برنامه‌نویسی افراطی تاکید بر رضایت مشتریان می‌باشد. برنامه‌نویسی افراطی همچنین به توسعه‌دهندگان این قدرت را می‌دهد تا با اطمینان به تغییر نیازهای مشتریان، حتی در اواخر چرخه نیز پاسخ دهند.

مدل آبشاری

مدل آبشاری یک مدل ترتیبی توسعه و تولید نرم‌افزار است و در آن مراحل تولید به شکل یک جریان مداوم متمایل به سمت پایین است (همانند یک آبشار) که شامل فازهای تحلیل خواسته‌ها، طراحی، پیاده‌سازی یا implementation، آزمودن، یکپارچه‌سازی یا integration، و ارائه محصول به بازار می‌شود. مدیریت و مراحل تکمیل پروژه در این متدولوژی به‌سادگی قابل پیاده‌سازی است؛ زیرا در مرحله اول که مرحله بررسی نیازمندی‌های پروژه می‌باشد، مشتری و گروه برنامه‌نویسی طی چند جلسه به بررسی نیازمندی‌ها و خواسته‌های پروژه می‌پردازند. سپس نوبت به مرحله طراحی می‌رسد، در مرحله طراحی، طرح کلی به همراه جزییات پیاده‌سازی مشخص می‌شود. پس از مرحله طراحی، گروه برنامه‌نویسی خود را برای پیاده‌سازی آماده می‌کند. در این مرحله همه قسمت‌های کد، پیاده‌سازی می‌شوند، در انتهای این مرحله، ما مرحله یکپارچه‌سازی یا integration را خواهیم داشت یکی از مشکل‌ترین قسمت‌های انجام پروژه‌ها در این مرحله می‌باشد، هر چه میزان گستردگی کار بالاتر باشد، سختی یکپارچه‌سازی نیز بیشتر خواهد بود.

از مزایای مدل آبشاری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ فهم این مدل ساده‌تر است.
- ✓ از نظر تولید مستندات بهتر است.
- ✓ مراحل قابل‌کنترل و بررسی است.

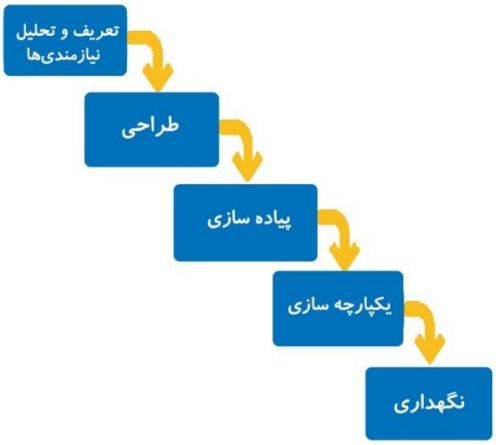
همچنین این روش دارای معایبی می‌باشد ازجمله:

- کارگروه‌های پایانی موکول به اتمام کارگروه‌های ابتدایی می‌باشد و درصورتی‌که گروه‌های ابتدایی در

رسیدن به نتیجه در زمان مقرر با مشکل مواجه شوند در ادامه نیز پروژه تحت‌الشعاع قرار خواهد گرفت زیرا زمان را برای گروه‌های بعدی و انتهایی محدود نموده‌اند.

- بررسی بازخور سیستم توسط کاربران نهایی دارای پروسه مجزا و در انتهای کار می‌باشد.
- گذر از مراحل به‌صورت نوبتی زمان‌بر می‌باشد.

ماهیت گام‌به‌گام بودن مدل آبشاری به گروه‌های توسعه اجازه می‌دهد هر زمان پروژه نرم‌افزاری جدیدی را دریافت کردند و احساس کردند فرآیند طراحی آن پیچیدگی خاصی ندارد، به ساده‌ترین و راحت‌ترین شکل از مدل آبشاری استفاده کرده و محصول را با کمترین زحمت ممکن طراحی کنند.



شکل ۲: مراحل مدل آبشاری

درست است که مدل آبشاری را نمی‌توان در ارتباط با پروژه‌هایی که ابعاد بزرگ و سنگینی داشته و تغییرات در آن‌ها به‌طور پیوسته رخ می‌دهد، همچون طراحی یک کسب وکار آنلاین به کار برد، اما فراموش نکنید که عملکرد این مدل در ارتباط با پروژه‌های با ابعاد محدود و کوچک کارآمد بوده و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد.

مدل آبشاری را فقط باید زمانی که نیازمندی‌ها به‌خوبی درک شده، شفاف و ثابت هستند، تغییر بنیادی در مدت‌زمان توسعه سیستم رخ نمی‌دهد، تعریف واحدی از پروژه وجود داشته، فناوری‌های موردنیاز به‌خوبی درک شده‌اند، هیچ‌گونه نیازمندی پیچیده و مبهمی وجود ندارد و منابع موردنیاز به‌راحتی در دسترس هستند، به کار برد.

اسکرام

هنگامی‌که با یک مسئله یا پروژه‌ای مواجه هستید که در حین اجرا دائم با تغییرات مختلف برخورد می‌کنید، به عبارتی از اول، آخر کار مشخص نیست و با دیدن خروجی‌ها، مرحله‌به‌مرحله مسئله شفاف‌تر می‌شود، اسکرام یک گزینه مناسب برای شما می‌تواند باشد.

اسکرام یک چارچوب چابک است که با آن می‌توانیم مسئله‌های پیچیده را حل نماییم. مسئله پیچیده به مواردی گفته می‌شود که دانش ما نسبت به مسئله ناقص است و به‌مرور این دانش پدیدار خواهد شد. مثلا توسعه نرم‌افزار برای یک بانک، راه‌اندازی یک استارتاپ، ترافیک، پیش‌بینی آب و هوا و یا حتی ساختن واکسن کرونا.

اسکرام همچنین با استفاده از یک روش چرخشی افزایشی (اسپرینت) باعث کاهش ریسک و افزایش میزان پیش‌بینی پذیری می‌شود.

طول این چرخش‌ها معمولا در اسکرام بین ۲-۴ هفته است. در شروع هر اسپرینت مقداری درخواست مشتری (که معمولا به اسم User Story شناخته می‌شوند) با توجه به ظرفیت گروه (سرعت گروه یا Velocity) انتخاب می‌شوند و در لیست بک-لاگ اسپرینت قرار می‌گیرند. این لیست شامل تمام درخواست‌های مشتری می‌شود که گروه متعهد شده تا در این اسپرینت پیاده‌سازی کند.

در گام بعدی گروه شروع به پیاده‌سازی هر یک از اقلام موجود در بک لاگ اسپرینت خواهد کرد. برای اینکه اعضای گروه اعلام کنند که چه‌کاری را انجام داده‌اند و چه‌کاری را می‌خواهند انجام دهند جلسه‌ای با عنوان جلسه روزانه اسکرام و یا جلسه سرپایی روزانه در هرروز معمولا در شروع روز کاری به مدت حداکثر ۱۵ دقیقه برگزار می‌شود. در این جلسه هر کس سه سوال اصلی مطرح و به آن‌ها جواب می‌دهد:

- ✓ با توجه به هدف اسپرینت، دیروز چه‌کاری انجام دادم؟
- ✓ امروز چه‌کاری می‌خواهم انجام دهم
- ✓ چه موانعی در پیش رودارم و با چه موارد پیش‌بینی‌نشده‌ای برخورد کرده‌ام؟

طرح این سوالات در ایجاد شفافیت و وضوح عملکرد گروه بسیار موثر می‌باشد. درنهایت در زمان اتمام زمان اسپرینت، گروه اقدام به آماده‌سازی یک دمو از موارد تکمیل‌شده طی اسپرینت می‌کند. خروجی گروه در این اسپرینت مورد بازبینی و بررسی توسط ذی‌نفعان کلیدی قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

مقاله حاضر پیشنهادی برای ترکیب روش‌های توسعه نرم افزار به روش های چابک و مهندسی کلاسیک مورد نیاز را توصیف می‌کند. روش‌های چابک امروزه بسیار محبوب هستند زیرا با تمرکز بر نیازهای مشتری و کاهش ریسک به موفقیت‌های اولیه در تولید نرم افزار کمک می کنند.

با این حال، روش چابک برخی محدودیت‌هایی را در محیط‌های توزیع شده و پروژه های بزرگ دارد. رویکرد ما در این مقاله به جای اتخاذ یکی از چارچوب های ظریف برای مقیاس گذاری روش‌های چابک، با استفاده از مفاهیم و نقش‌هایی که در حال حاضر در سازمان‌های امروزی رایج است، شروع می‌شود. مهندسان نیازمندی‌های معتبری در دسترس هستند که می-توانند از جمع‌آوری و تعیین نیازهای تیم‌های چابک پشتیبانی کند. چنین مهندس های نیازمندی می‌تواند فواصل جغرافیایی را پر کند و الزامات را بر روی پروژه‌های مرتبط توزیع کند.

رویکرد ارائه شده در اینجا مبتنی بر مرور ادبیات و تجربه عملی نویسندگان است. راز اصلی موفقیت مهندسی نیازمندی‌ها در روش‌های چابک همکاری با مشتریان، توسعه دهندگان حرفه ای و مدیران پروژه ی با تجربه می‌باشد.

مهندس نیازمندی چابک نیاز به جمع‌آوری نیازها دارد تا آن‌ها را به تیم مربوطه اختصاص دهد. مهندس نیازمندی چابک همچنین به شرح جزئیات بیشتر الزامات کمک می‌کند زیرا کاربران تجاری که معمولا تجربه ای در شرح و توصیف نیازمندی‌ها ندارند به نیازمندی‌های مهندسی شده و واقعی دست پیدا کنند.

مراجع

[1] Alain Abran, James W. Moore; editors Pierre Bourque, Robert Dupuis, ed. (2005)

[2] KBeck,A. Cockburn, R. Jeffries, and J. Highsmith. (2001), “Agile manifesto”. http://www.agilemanifesto.org, 23-02-2010.

[3] J. Highsmith. (2002), “Agile Software Development Ecosystems,”Addison–Wesley, Boston, MA.

[4] Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2015). Software Engineering: A Practitioners Approach. Singapore: McGraw Hill Education.

[5] A. De Lucia and A. Qusef, "Requirements Engineering in Agile Software Development", Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence, vol. 2, no. 3, pp. 212–220, 2010. http://dx.doi.org/10.4304/jetwi.2.3.212-220

[6] R. H. AL-Ta'ani and R. Razali, "Prioritizing Requirements in Agile Development: A Conceptual Framework", in Proc. of the 4th Interntional Conference on Electrical Engineering and Informatics, Selangor, 2013.

[7] B. Ramesh et al., "Agile Requirements Engineering Practices and Challenges: An Empirical Study", Information Systems Journal, vol. 20, no.5, pp. 449–480, 2010. https://doi.org/10.1111/j.1365 2575.2007.00259.x

[8] F.Anwer,S.Aftab,S.S.Muhammad Shah and U.Waheed, ”Comparative Analysis of Two Popular Agile Process Models: Extreme Programming and Scrum”, Int J. Computer Science and Telecommunications , Vol. 8, no. 2, 2017

[9] Nuseibeh, Bashar, Easterbrook, & Steve. Requirements engineering: a roadmap. proc icse the future of software engineering may, 35--46, p. 1, 2000.

[10] Isonkobong Udousoro. Effective Requirement Engineering Process Model in Software Engineering. 8(1), p. 3, 2020.

[11] Karl Wiegers, Joy Beatty, ”Software Requirements (Developer Best Practices 3rd Edition” Microsoft Press; 3 edition, p. 543-545,2013.

[12] Jilvan Pinheiro, ”Software Development Life Cycle (SDLC) phases” ,https://medium.com/@jilvanpinheiro/

[13] R. M. Fontana et al., "Processes Versus People: How Should Agile Sofware Development Maturity Be Defined?", The Journal of Systems and Software, vol. 97, no. 1, pp.140–155,2014.https://doi.org/10.1016/j.jss.2014.07.030

[14] E.-M. Schön et al., "Agile Requirements Engineering: A Systematic Literature Review", Computer Standards & Interfaces, vol. 49, pp. 79–91,2017.https://doi.org/10.1016/j.csi.2016.08.011

[15] Y. Sebega and E. Mnkandla, "Exploring Issues in Agile Requirements Engineering in the South African Software Industry", The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries, vol. 81, no. 1, pp. 1–18, 2017.https://doi.org/10.1002/j.1681-4835.2017.tb00597.x

[16] A. L. Z. de Souza Bermejo et al., "Agile Principles and Achievement of Success in Software Development: A Quantitative Study in Brazilian Organisations", Procedia Technology, vol. 16, no. 1, pp. 718–727, 2014. http://dx.doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.021

[17] Z. Racheva et al., "Do We Know Enough about Requirements Prioritisation in Agile Projects:

Insights from a Case Study", in Proc. of the 18th IEEE International Requirements Engineering Conference, Sydney, 2010, pp. 147–156. https://doi.org/10.1109/RE.2010.27
[18] K. Beck et al., "Manifesto for Agile Software Development", 2001.
[19] M. S. Hasan et al., "An Evaluation of Software Requirement Prioritisation Techniques", International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS), vol. 8, no. 9, 2010.
[20] P. Achimugu et al., "A Systematic Literature Review of Software Requirements Prioritisation Research", Information and Software Technology, vol. 56, no. 1, pp. 568–585,2014. http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2014.02.001
[21] Polini. (2010), "Software Requirements," http://www1.isti.cnr.it/~polini/lucidiSE/Requirements1.pdf ,February.
[22] Zainab Sultan, Rabiya Abbas, Shahid Nazir, & S. Asim, Analytical review on test cases prioritization techniques: an empirical study. international journal of advanced computer science & applications, 8(2), 2017.
[23] Sehrish Alam, Shahid Nazir Bhatti & Dr. Amr Mohsen Jadi. Impact and Challenges of Requirement Engineering in Agile Methodologies: A Systematic Review. 8(4), 2017.

تشخیص بیماری آلزایمر توسط سیگنال EEG دربانده‌ای فرکانسی مختلف

وحید رنجبر عین‌الدین[۱]، مریم فریور[۲]، مهران کریمیان ریزی[۳]، حسین بیگلری[۴]

[۱]دانشجو کارشناسی ارشد، مهندسی پزشکی، دانشگاه تبریز، ایران، v.ranjbar98@ms.tabrizu.ac.ir

[۲]مربی سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور، شاهین شهر، ایران، Farivar.maryam@yahoo.com

[۳]دانشجو کارشناسی ارشد، مهندسی پزشکی، دانشگاه تبریز، ایران، mehrankarimian97@ms.tabrizu.ac.ir

[۴]دانشجو کارشناسی ارشد، مهندسی افزاره های میکرو و نانوالکتریک، دانشگاه تبریز، ایران، h.beglari97@ms.tabrizu.ac.ir

چکیده: بیماری آلزایمر نوعی بیماری تخریب عصبی است که از فرم رایج زوال عقل تشکیل شده است. این گران‌ترین بیماری در جامعه مدرن است و با اختلالات شناختی، فکری و همچنین رفتاری مشخص می‌شود. به همین دلیل، تشخیص به موقع بیماری ضروری است زیرا به بیماران و همچنین خانواده وی در انجام اقدامات پیشگیرانه کمک می‌کند. از EEG می‌توان به عنوان ابزار استاندارد برای تشخیص بیماری آلزایمر استفاده کرد. ناهنجاری‌های مختلفی در سیگنال‌های EEG بیماران مبتلا به بیماری آلزایمر یافت می‌شود. از این رو، نیاز به توسعه تشخیص بیماری در مراحل اولیه به نام زوال عقل است، اولین مرحله به نام اختلال شناختی خفیف (MCI) می‌باشد. نقش EEG در تحقیقات تشخیصی و بالینی بیماری آلزایمر در دهه‌های اخیر مفیدتر شده است. در حال حاضر، مهم‌ترین وظیفه شامل تشخیص AD و تشخیص زود هنگام آن در مرحله پیش بالینی است و نیاز به بهبود دقت تشخیص سیگنال EEG است. در این مقاله ایده‌های افزایش دقت سیگنال با استفاده از روش‌های مختلف ارائه شده است. اساساً، ناهنجاری در سیگنال‌های EEG با کند شدن سیگنال‌ها، تغییر طیف قدرت به فرکانس‌های پایین و غیره مشخص می‌شود. به این ترتیب، EEG می تواند ابزاری برای تشخیص زود هنگام بیماری آلزایمر باشد.

کلیدواژه‌ها: *بیماری آلزایمر، زوال عقل، الکتروانسفالوگرافی، اختلال شناختی خفیف (MCI).*

مقدمه

با بیماری آلزایمر یکی از بیماری‌های تحلیل برنده عصبی است که در سناریوی حاضر پیچیده است. تا زمانی‌که سلول‌های مغز را تحت تأثیر قرار دهد شکل رایج زوال عقل است[۱] [۲]. فرض بر این است که شیوع آن در جهان طی ۲۰ سال آینده دو برابر خواهد شد [۳]. در سال ۲۰۱۲، سازمان بهداشت جهانی و بیماری آلزایمر بین المللی گزارشی را منتشر کردند که از دولت‌ها می‌خواهد برنامه‌های ملی زوال عقل را با تمرکز بر روی ۱) افزایش آگاهی عمومی در مورد این بیماری و کاهش کلاله[۱۵] و ننگ این بیماری، ۲) بهبود تشخیص به موقع، ۳) ارائه مراقبت بهتر و پشتیبانی بیشتر از مراقبان [۴]. از آنجا که فرض بر این است که AD[۱۶] در آینده نزدیک به دلیل پدیده پیری افزایش می‌یابد، اقدامات مختلفی برای تشخیص زودرس بیماری در مراحل اولیه در نظر گرفته می‌شود. AD به طور عمده با از دست دادن گسترده سلول‌های عصبی، درهم پیچیدگی‌های نوروفیبریلاری و پلاک‌های پیر و سالخورده در هیپوکامپ، قشر انتورینال[۱۷]، نئوکورتکس[۱۸] و سایر مناطق مغز مشخص می‌شود[۵]. در مرحله پیش بالینی بیماری، هیچ علائم معتبر و قابل اعتمادی وجود ندارد که بتواند تشخیص زود هنگامی را ارائه کند. که نهایتاً در مرحله خفیف بیماری، اختلال و کاهش حافظه مشاهده می‌شود.

[۱۵] stigma

[۱۶] Alzheimer disease

[۱۷] entorhinal cortex

[۱۸] neocortex

در مرحله متوسط زوال عقل، مشکلات زبان بیشتر می‌شود مانند مشکلات در یافتن کلمات، پارافازی[۱۹] و غیره. با پیشرفت بیماری، چندین نقص در توانایی های شناختی مانند قضاوت، استدلال انتزاعی یا منطقی، برنامه ریزی و سازماندهی یافت می‌شود [۶]. در مرحله نهایی که AD شدید نامیده می‌شود، تقریباً همه عملکردهای شناختی به شدت آسیب می بینند و حتی عملکردهای حرکتی از جمله جویدن و بلع به شدت آشفته می شوند [۷].

در حال حاضر، تخمین زده شده است که ۴۴,۴ میلیون نفر فرد مبتلا به زوال عقل در جهان وجود دارد. همچنین تخمین زده شد که این تعداد تا سال ۲۰۳۰ به ۷۵,۶ میلیون و تا سال ۲۰۵۰ به ۱۳۵,۵ میلیون برسد. همچنین مشاهده شد که ۶۱٪ افراد مبتلا به زوال عقل از کشورهای پیشرفته هستند. سریعترین رشد در جمعیت سالمند در چین، هند و همسایگان جنوب آسیا و غرب اقیانوس آرام اتفاق می افتد [۸].

اصولاً هیچ علامت مناسبی برای علت AD وجود ندارد. اما، برخی موارد به طور کلی برای تفاوت های ژنتیکی پذیرفته می شوند و همچنین برخی از فرضیه‌ها برای درک علت AD استفاده می‌شود. برخی از فرضیه‌های معمول شامل ژنتیک، فرضیه کولینرژیک، فرضیه آمیلوئید، فرضیه tau و غیره است. فرضیه دیگری نیز وجود دارد که AD نیز ناشی از تجزیه میلین در مغز است. آلودگی هوا نیز یکی از عوامل مؤثر در ایجاد بیماری آلزایمر است. تشخیص به موقع بیماری در مراحل اولیه در هر دو مرحله MCI و AD ملایم ضروری است زیرا می توان داروها را در مراحل اولیه استفاده کرد. تشخیص به موقع بیماری یعنی در مرحله‌ای که این بیماری در مرحله نوزادی است، شانس درمان را افزایش می‌دهد و این اجازه را به خانواده بیماران می‌دهد تا تصمیمات مالی مربوط به بیماری را اتخاذ کرده و برای نیازهای آینده و مراقبت از بیماران برنامه ریزی کنند.

مواد و روش‌ها

از روش‌های بالینی متعددی به طور گسترده برای تشخیص بیماری آلزایمر مانند تکنیکهای تصویربرداری عصبی، نشانگرهای فیزیولوژیکی و آنالیزهای ژنتیکی استفاده می‌شود. تصویربرداری عصبی یکی از روش‌های پذیرفته شده برای تشخیص قطعی زوال عقل است. روش‌های مختلف تصویربرداری عصبی برای تشخیص بیماری آلزایمر استفاده می‌شود. چندین روش مانند توموگرافی رایانه‌ای با انتشار تک فوتون (SPECT)، که توموگرافی انتشار پوزیترون (PET) و تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) برای شناسایی AD در مراحل اولیه موفق بوده اند. اما مشکل اصلی PET و SPECT این است که خطرات تشعشع را تحمیل می‌کنند. معایب دیگر هزینه‌های آن‌ها است. که بسیار گران، وقت گیر و ناخوشایند هستند. بنابراین، جدا از همه این روش‌های تصویربرداری عصبی ؛ EEG یکی از روش‌های استاندارد مورد استفاده برای تشخیص بیماری آلزایمر.

استفاده از الکتروانسفالوگرافی به عنوان یکی از روش‌های غربالگری انبوه جمعیت در معرض آلزایمر در نظر گرفته می‌شود. EEG ها ابزارهای غیرتهاجمی هستند که قابل تکرار بوده و می‌تواند به راحتی در خانه از طریق شبکه‌های بی‌سیم بدن به عنوان یک ابزار پزشکی شخصی اجرا شود. EEG همچنین رابطه مستقیمی از عملکرد مغز است که به صورت بالینی برای نظارت بر فعالیت مغز استفاده می‌شود. نشان داده شده است که تجزیه و تحلیل غیرخطی داده‌های EEG نمونه‌برداری شده، ویژگی‌های منحصربفرد برای آشکار کردن تشخیص بیماری‌های عصبی مانند آلزایمر، صرع و پارکینسون [۹] [۱۰] را نشان داده است.

لیست	منابع	روش های مورد استفاده	میزان دقت
۱	[۳۰]	تجزیه و تحلیل مولفه های مستقل	٪۶۰
۲	[۳۳]	تحلیل طیفی متداول و روش‌های دینامیکی غیرخطی.	٪۸۰
۳	[۳۴]	آنالیز غیرخطی EEG از طریق آنتروپی Tsallis.	٪۸۲
۴	[۳۵]	روش کمی (qEEG) برای اندازه گیری تنوع EEG برای بهبود دقت طبقه بندی	٪۸۸

[۱۹] paraphasia

٪۸۳	قدرت و پیچیدگی نسبی به عنوان ویژگی های طبقه بندی بیماری.	[۳۶]	۵
٪۸۸	نشانگرهای زیستی EEG یکپارچه برای پیش بینی و تشخیص	[۳۷]	۶
٪۸۹,۴	رویکرد M3 برای طبقه بندی M3. ADتصویربرداری چند حالته و ویژگی های چند سطح با طبقه بندی چندگانه است	[۳۸]	۷

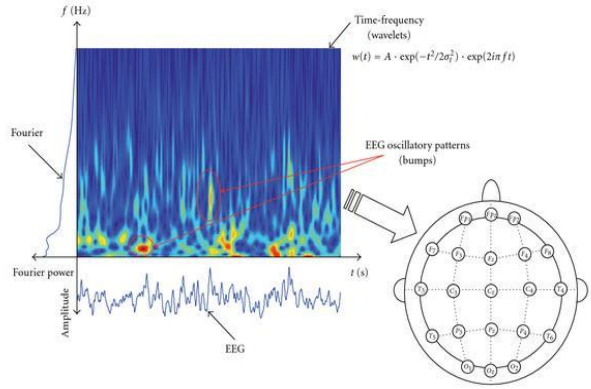
جدول ۱. مطالعه تطبیقی تکنیک های مختلف توسعه یافته توسط محققان.

الف . تشخیص مبتنی بر EEG

همان‌طور که قبلاً بحث شد، EEG یکی از روش‌های مورد استفاده در تشخیص AD است. از مزایای AD می‌توان به ارزان، راحت و ارزان بودن آن اشاره کرد. که توسط این روش، ناهنجاری‌های خاصی در EEG بیمارانی که از بیماری آلزایمر رنج می برند یا در مرحله اول تحت عنوان اختلال شناختی خفیف (MCI) قرار دارند، مشاهده می‌شود. مطالعات متعددی، پتانسیل EEG را به عنوان ابزار تشخیصی برای AD بررسی کرده اند [۱۱] [۱۲] [۱۳] [۱۴] [۱۵]. ناهنجاری‌های یافت شده در بیماران عبارتند از: ۱) کاهش سرعت سیگنال‌های EEG، ۲) پیچیدگی سیگنال‌های EEG را کاهش می دهد، ۳) اغتشاشات در هماهنگی EEG، [۱۶] [۱۷] [۱۸] [۱۹] [۲۰] [۲۱].

کاهش سرعت سیگنال های EEG

کاهش سرعت سیگنال های EEG یکی از مهم‌ترین پدیده‌های مشاهده شده در EEG بیمارانی است که از AD رنج می‌برند. مطالعات نشان داده است که با ایجاد اختلال شناختی خفیف و بیماری آلزایمر، سیگنال EEG کند می‌شود. MCI / AD همچنین با افزایش قدرت فرکانس‌های پایین (باند دلتا و تتا، ۰,۵-۸ هرتز) و کاهش قدرت در فرکانس‌های بالاتر (آلفا و بتا، ۸-۳۰ هرتز) همراه است. از سیگنال‌های فوق نشان داده شد که نوسانات گذرا در EEG بیماران MCI و AD بیشتر در فرکانس‌های پایین در مقایسه با افراد سالم تحت کنترل اتفاق می‌افتد. بنابراین، این حالت‌های گذراسرعت سیگنال‌ها را نیز نشان می دهند.



شکل ۱ _ کاهش سرعت سیگنال های EEG: سیگنال EEG، در دامنه زمان x (t)، دامنه فرکانس X (f) و دامنه فرکانس زمان | X(t,f)| نشان داده می‌شود [۲۲].

توسط این سیگنال فوق نشان داده شد که نوسانات گذرا در EEG بیماران MCI و AD بیشتر در فرکانس‌های پایین در مقایسه با افراد سالم تحت کنترل اتفاق می‌افتد. بنابراین، این حالت‌های گذرا، سرعت سیگنال ها را نیز نشان می‌دهند.

کاهش پیچیدگی سیگنال های EEG

روش‌های مختلفی برای کاهش پیچیدگی سیگنال‌های EEG استفاده می‌شود. از روش‌های مختلفی برای تشخیص پیچیدگی سیگنال‌های EEG در بیماران MCI و AD استفاده شده است. برای تعیین کمی پیچیدگی EEG روش‌های مختلفی مانند نظریه اطلاعات [۲۲] [۲۳]، آنتروپی تسالیس[۲۰] [۲۳]، آنتروپی تقریبی[۲۱] [۲۵]، آنتروپی چند مقیاس[۲۲] [۲۷، ۲۸]، آنتروپی نمونه[۲۳] و اطلاعات متقابل و پیچیدگی لمپل-زیو[۲۴] [۲۴] استفاده می‌شود.

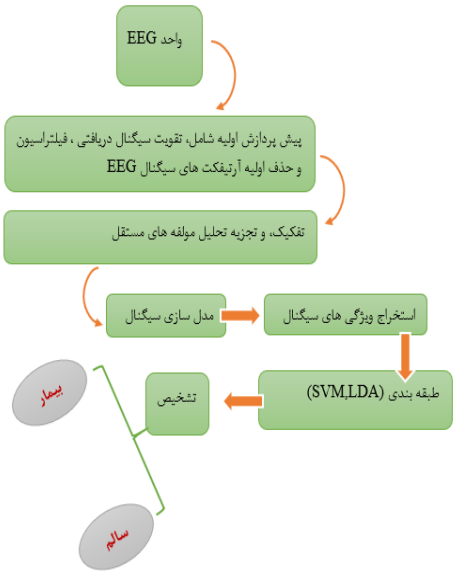
[۲۰] Tsallis entropy
[21] Approximate entropy
[۲۲] multi-scale entropy
[23] Sample entropy
[24] mutual information and Lempel-Ziv complexity

اغتشاشات در هماهنگی EEG

اقدامات مختلف همگام سازی در علوم فیزیکی برای پردازش سیگنال در مطالعه نوروبیولوژی صورت گرفته است. مطالعات متعددی کاهش همگام‌سازی EEG را در بیماران MCI / AD ثبت کرده‌اند. مشکل اصلی این است که اکثر مطالعات فقط از یک معیار یا معیارهای بسیار کمی استفاده می‌کنند، و بسیاری از این مطالعات مجموعه داده‌های مختلف را تجزیه و تحلیل می‌کنند، در نتیجه مقایسه دقیق اقدامات انجام شده بسیار دشوار می‌شود. اقدامات همگام‌سازی مختلفی که از سیگنال‌های EEG بدست می‌آیند تحت تأثیر سیگنال‌های مغزی قرار می‌گیرند. ضریب همبستگی پیرسون[۲۵]، اندازه و انسجام فاز[۲۶]، علیت گرانجر[۲۷]، برخی از اقدامات همگام‌سازی سیگنال EEG برای تشخیص بیماری آلزایمر است.

ب . الگوریتم پیشنهادی

در روش پیشنهادی ما، ابتدا ما با استفاده از الکترودهای EEG سیگنال EEG را بدست می‌آوریم. از کلاه الکترود EEG برای کسب سیگنال استفاده می‌شود که برای ضبط سیگنال بر روی سر بیمار قرار می گیرد. برای قرار دادن الکترودها، ما از سیستم الکترود استاندارد ۱۰_۲۰ استفاده می کنیم. شکل زیر نمودار بلوکی سیستم پیشنهادی را نشان می دهد.



شکل ۲_ نمودار بلوک سیستم پیشنهادی

واحد EEG : واحد EEG برای اندازه گیری سیگنال EEG استفاده می‌شود که با استفاده از الکترودها انجام می‌شود. بسیاری از BCI ها به طور معمول مطابق با "سیستم بین المللی ۱۰-۲۰"، از یک کلاه الکترود استفاده می کنند که در آن الکترودها در مکان های مناسب قرار دارند. زیرا در وقت صرفه جویی می‌شود و لازم نیست الکترودها یکی یکی متصل شوند. (به طور معمول کمتر از ۱۰ الکترود به صورت آنلاین استفاده می‌شود).

پیش پردازش : که پیش پردازش شامل، تقویت سیگنال دریافتی، فیلتراسیون و حذف اولیه آرتیفکت های سیگنال EEG است. همچنین تبدیل A / D انجام می‌شود، به عنوان مثال سیگنال EEG آنالوگ، دیجیتالی می‌شود. علاوه بر این، برای به دست آوردن سیگنال‌های EEG پیشرفته‌تر، روش‌های مختلفی مانند تفکیک منبع کور [۲۹][۲۸]، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های مستقل [۳۰]، استفاده می‌شود. پس از روش فوق دوباره سیگنال EEG با استفاده از دامنه فرکانس زمان ارسال می‌شود. تکنیک‌های مختلفی مانند تبدیل Wavelet، Sparsification و Bump Modeling [۳۱] برای همان مورد استفاده می‌شود.

انتخاب و استخراج ویژگی ها

در این مرحله، ویژگی‌های خاصی از سیگنال EEG از پیش‌پردازش شده و دیجیتالی استخراج می‌شود. در ساده‌ترین شکل، یک محدوده فرکانس مشخص انتخاب می‌شود و دامنه نسبت به برخی از سطح مرجع اندازه‌گیری می‌شود. به طور معمول این ویژگی‌ها، باندهای فرکانسی خاصی از یک طیف قدرت هستند. طیف قدرت (که محتوای فرکانس سیگنال EEG را توصیف می‌کند) را می‌توان بطور مثال با استفاده از، تبدیل سری فوریه (FFT) محاسبه کرد، عملکرد انتقال یک مدل خود متجاوز (AR) یا تغییر شکل موجک. همچنین، پس از مدل‌سازی ضربه‌های سیگنال،

[25] Pearson Correlation Coefficient
[26] Magnitude and Phase Coherence
[۲۷] Granger Causality
[۲۸] Blind Source

سیگنال‌های تحت بررسی با مجموعه پارامترهایی که ضربه ها را توصیف می‌کنند، نشان داده می‌شوند [۳۱].

طبقه‌بندی

ویژگی‌های استخراج شده در مرحله قبل را به عنوان ورودی به طبقه‌بندی‌کننده می‌دهیم. طبقه‌بندی‌کننده می‌تواند از یک مدل ساده خطی گرفته تا یک شبکه عصبی غیرخطی پیچیده باشد که می‌تواند برای تشخیص بیماری آموزش ببیند. برای طبقه‌بندی می‌توان از روش تجزیه و تحلیل خطی (LDA) یا ماشین بردار پشتیبان (SVM) [۳۲] استفاده کرد.

تشخیص

براساس خروجی طبقه‌بندی‌کننده، می‌توانیم تشخیص دهیم که آیا فرد از بیماری آلزایمر رنج می‌برد یا در مرحله اولیه AD است که به عنوان اختلال شناختی خفیف (MCI) شناخته می‌شود. EEGLAB یک جعبه ابزار MATLAB تعاملی است که برای پردازش EEG مداوم و مربوط به رویداد استفاده می‌شود، MEG و سایر داده‌های الکتروفیزیولوژیک با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های مستقل (ICA)، تجزیه و تحلیل زمان / فرکانس، و روش‌های دیگر از جمله آرتیفکت رد شدن. EEGLAB رابط کاربری گرافیکی تعاملی (GUI) را فراهم می‌کند که به کاربران امکان می‌دهد انعطاف‌پذیر و تعاملی EEG با چگالی بالا و سایر داده‌های مغز پویا خود را با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های مستقل و یا تجزیه و تحلیل زمان/فرکانس (TFA) و همچنین روش‌های متوسط‌گیری استاندارد را پردازش کنند.

نتیجه

در پایان تحقیق، انتظار می‌رود که دقت بالایی (تا ۹۵٪) سیگنال EEG را برای تشخیص بیماری آلزایمر بدست آوریم. با مشاهده ماهیت سیگنال فوق با توجه به باندهای فرکانسی طبقه‌بندی شده، می‌توان مرحله بیماری آلزایمر را نیز تشخیص داد، به عنوان مثال زوال عقل در مراحل اولیه، مرحله بعد اختلال شناختی خفیف (MCI) و آخرین مرحله بیماری شدید آلزایمر.

بحث

به این ترتیب می‌توانیم از EEG به عنوان وسیله‌ای برای تشخیص بیماری آلزایمر استفاده کنیم. ناهنجاری‌های مختلفی در سیگنال‌های EEG مشاهده می‌شود. کند شدن سیگنال‌های EEG، کاهش پیچیدگی، اغتشاشات در اقدامات همگام‌سازی برخی از ناهنجاری‌های یافت شده است. از ویژگی‌های مختلف روش‌های استخراج و همچنین طبقه‌بندی‌ها می‌توان برای تشخیص به موقع بیماری استفاده کرد. بنابراین، می‌توان از EEG به عنوان ابزاری ارزان و مناسب برای تشخیص بیماری آلزایمر استفاده کرد. در آینده، از الگوریتم‌های مختلف و همچنین طبقه‌بندی‌کننده‌ها مانند شبکه‌های عصبی می‌توان برای افزایش دقت تشخیص بیماری در مراحل اولیه استفاده کرد. چالش‌های تحقیقاتی شامل افزایش دقت تا ۹۵٪ سیگنال EEG برای تشخیص بیماری در مراحل اولیه، استفاده از طبقه‌بندی‌کننده‌های مختلف برای طبقه‌بندی و حذف آرتیفکت‌ها در سیگنال EEG برخی از آن‌هاست. در آینده، سیستم فوق همچنین می‌تواند قابل حمل باشد.

منابع

[1]Mattson M., ―Pathways towards and away from Alzheimer's disease‖, Nature, Vol. 430, Aug.2004, pp. 631–639.

[2] Meek P.D., McKeithan K., and Shumock G.T., ―Economics considerations of Alzheimer's disease‖, Pharmacotherapy, Vol. 18, March-April 1998, pp.68–73,

[3] M. W. Weiner, D. P. Veitch, P. S. Aisen, L. A. Beckett, N. J. Cairns, R. C. Green, D. Harvey, ―The Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative: A review of paperspublished since its inception‖, Alzheimer's & Dementia 8 (1 Suppl), 2012, pp. S1–S68.

[4] World Health Organization and Alzheimer's disease International (2012) Dementia: a public health priority. Technical report.

[5] De Carli C, Kaye JA, Horwitz B, Rapoport SI., ―Critical analysis of the use of computer-assisted transverse axial tomography to study human brain in aging and dementia of the Alzheimer type.‖, Neurology, Vol .40, 1990,pp. 872–83.

[6] D. Fo¨rstl H, Kurz A., ―Clinical features of Alzheimer's disease.‖ Eur ArchPsychiatry Clin Neurosci, Vol.249, 1999, pp.288–90.
[7] Bianchetti A, Trabucch M., ―Clinical aspects of Alzheimer's disease.‖ AgingClin Exp Res, Vol 13, 2001, pp. 221–30.
[8] Béatrice Duthey, ―A Public Health Approach to Innovation‖, Update on 2004 Background Paper written by SaloniTanna, February 2013.
[9] Beuter, C. Labric, and K. Vasilakos, ―Transient dynamics in motor control of patients with Parkinson's disease,‖ Chaos, vol.1, 1991, pp. 279-286.
[10] H. L. Glass, ―Nonlinear dynamics of physiological function and control,‖ Chaos, vol. 1, 1991, pp. 247-250.
[11] Sink K.M., Holden K.F., and Yaffe K., ―Pharmacological treatment of neuropsychiatric symptoms of dementia: a review of the evidence.‖ JAMA, Vol .293, No.5, 2005, pp. 596–608.
[12] Baker M., Akrofi K., Schiffer R., and Michael W. O' Boyle, ―EEG Patterns in Mild Cognitive Impairment (MCI) Patients.‖ Open Neuroimage J., Vol.2, Aug. 2008, pp. 52–55.
[13] Besthorn C., Zerfass R., Geiger-Kabisch C., Sattel H., Daniel S., Schreiter-GasserU., and Frstl H., ―Discrimination of Alzheimer's disease and normal aging by EEG data.‖, Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, Vol.103, No.2, August 1997, pp.241–248.
[14] Van der Hiele K., Vein A.A., Reijntjes R.H., Westendorp R.G., Bollen E.L., van Buchem M.A., van Dijk J.G., Middelkoop H.A., ―EEG correlates in the spectrum of cognitive decline., ―Clinical Neurophysiology,Vol.118,No.9, Sept.2007, pp.1931–1939.
[15] Czigler B., Csik´os D., Hidasi Z., Anna Ga´al Z., Csibri E., Kiss E., Salacz P., Moln´ar M., ―Quantitative EEG in early Alzheimer's disease patients—power spectrum and complexity features.‖ , Int. J. Psychophysiol. , Vol. 68, No.1, April 2007, pp.75–80.
[16] Gianotti L.R., K¨unig G., Lehmann D., Faber P.L., Pascual-Marqui R.D., Kochi K., and Schreiter-Gasser U., ―Correlation between disease severity and brain electric LORETA tomography in Alzheimer's disease.‖, Clin.Neurophysiol., Vol. 118 ,No.1, Jan 2001, pp.186–96.
[17] Herrmann C.S. and Demiralp T., ―Human EEG gamma oscillations in neuropsychiatric disorders.‖ Clin.Neurophysiology. Vol 116, No.12, Dec 2005, pp.2719–2733.
[18] Latchoumane C.F.V., Vialatte F.B., Cichocki A., and Jeong J., ―Multiway analysis of Alzheimer's disease: classification based on space-frequency characteristics of EEG time series‖, Proc. World Congress on Engineering 2008, London, United Kingdom, 2–4 July, 2008.
[19] Latchoumane C.F.V, Vialatte F.B., Jeong J., and Cichocki A. EEC Classification of Mild and Severe Alzheimer's Disease using Parallel Factor Analysis Method. In Advances in Electrical Engineering and Computational Science, in press, 2009
[20] Schreiter Gasser U., Rousson V., Hentschel F., Sattel H., Gasser T., ―Alzheimer disease versus mixed dementias: an EEG perspective.‖, Clin Neurophysiology, Vol.119 , No.10, Oct 2008, pp. 2255–2759.
[21] Moretti D.V., Fracassi C., Pievani M., Geroldi C., Binetti G., Zanetti O., Sosta K., Rossini P.M., and Frisoni G.B., ―Increase of theta/gamma ratio is associated With memory impairment.‖, Clin.Neurophysiol. Vol .120, No. 2, Feb 2009, pp. 295–303.
[22] Justin Dauwels, Francois Vialatte, and Andrzej Cichocki, ―Diagnosis of Alzheimer's disease from EEG Signals: Where Are We Standing?‖Current Alzheimer Research, Vol. 7, No.6, Sep 2010, pp.487-505.
[23] Shannon C.E., ―A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal‖, Vol 27, pp. 379–423, 623–656, July-October 1948.
[24] Cover T. M. and Thomas J. A., ―Elements of Information Theory.‖ Wiley, New York, 1991.
[25] Pincus S.M., ―Approximate entropy as a measure of system complexity‖, Proc.Natl Acad Sci, USA, Vol 88, March 1991, pp.2297–2301.
[26] Lake D.E., Richman J.S, Griffin M.P., and Moorman J.R., ―Sample entropy analysis of neonatal heart rate variability‖, Am J Physiol, Vol.283, No. 3, Sep 2007, pp. 789–797
[27] Costa M., Goldberger A.L., Peng C.-K., ―Multiscale entropy analysis of physiologic time series.‖ Phys Rev Lett, Vol.89, No.06, August 2002.
[28] Jeong J., Gore J., and Peterson B., ―Mutual information analysis of the EEG in

patients with Alzheimer’s disease.‖ Clinical Neurophysiology, Vol.112, No. 5, May 2001, pp. 827–835.
[29] Andrzej Cichocki, Sergei L. Shishkin, ToshimitsuMusha, Zbigniew Leonowicz , Takashi Asada, Takayoshi Kurachi, ―EEG filtering based on blind source separation (BSS) for early detection of Alzheimer’s disease‖, Clinical Neurophysiology, Vol 116, No.3, March 2005, pp.729-737.
[30] Co Melissant, Alexander Ypma, Edward E.E. Frietman, Cornelis J. Stam, ―A method for detection of Alzheimer’s disease using ICAenhanced EEG measurements‖, Artificial Intelligence in Medicine, Vol. 33,No.3,March 2005 pp. 209-222.
[33] Jaeseung Jeong, ―EEG dynamics in patients with Alzheimer’s disease‖, Artificial Intelligence in Medicine, Vol 33, Issue 1 pp. 209—222, 2005.
[34] Thibaut De Bock, Satyajit Das, Maruf Mohsin, ―Early Detection of Alzheimer’s Disease Using Nonlinear Analysis of EEG via Tsallis Entropy‖, Proceedings of 15th International Conference, Warsaw, Poland,pp.1-4, September 11-15, 2005.
[35] Robert Sneddon, ―EEG detection of early Alzheimer disease using psychological task.‖, Journal of Clinical EEG & Neuro Science, Volume 36, No.3, July 2005, pp.141-150.
[36] Justin Dauwels, K.Srinivasan, M. Ramasubba Reddy, Toshimitsu Musha, Franc¸ois-Beno ̂ıt Vialatte, Charles Latchoumane, Jaeseung Jeong and Andrzej Cichocki, ―Slowing and Loss of Complexity in Alzheimer’s EEG: Two Sides of the Same Coin?‖, Hindawi Access of Research, International Journal of Alzheimer’s Disease, Volume 2011, Article ID 539621.
[37]Simon-Shlomo Poil, WillemdeHaan, Wiesje M.vAnder Flier, HuibertD.Mansvelder Philip Scheltens and KlausLinkenkaer-Hansen,―Integrative EEG biomarkers predict progression to Alzheimer’s disease at the MCI stage‖, Frontiers in Aging Neuroscience, Vol.5, Oct 2013, pp. 1-6, Article ID 58.
[38] Zhengjia Dai, Chaogan Yan, Zhiqun Wang, Jinhui Wang, Mingrui Xia, Kuncheng Li, Yong He, ―Discriminative analysis of early Alzheimer's disease using multi-modal imaging and multi-level characterization with multi-classifier (M3)‖, Journal of Neuroimage,Vol.59,No.3,Feb 2012,pp.2187–2195.

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 علمی سیویلیکا و مجله کهربا ازاین‌پس 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.