kahrobaonline.ir

تابستان ۹۹
سال نهم

شماره بیست و هشتم

فصلنامه تخصصی مهندسی برق و کامپیوتر

Journal of Electrical and Computer Engineering



بررسی ساختار و عملکرد حسگرهای نوری

پردازش سیگنال EEG در رابط مغز و رایانه

آشنایی با مشاهیر -دکتر مهرداد عابدی استاد نمونه کشور

کنترل گلوکز بیماران دیابتی با استفاده از الگوریتم کنترل مقاومت خطی

استفاده از یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای امنیت در اینترنت اشیاء

تقطیع و تفکیک تومور مغزی بر اساس ایجاد فضای ویژگی به کمک تبدیل گابور

قابلیتهای آزمایشگاه مجازی آنلاین مهندسی برق بر مبنای اینترنت در زمان شیوع اپیدمی کرونا

ISSN :2322-3723

شماره مجوز وزارت فرهنگ و ارشاداسلامی ۷۷۸۲۱



سال هشتم

شماره بیست و هشتم

تابستان 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 موسی مجرد- دکترای کامپیوتر، نرم افزار- رئیس دانشگاه آزاد اسلامی فراشبند

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 مریم فریور – استاد دانشگاه فنی و حرفه ای و استاد مدعو دانشگاه صنعتی اصفهان

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	
دکتر مهرداد عابدی – استاد نمونه کشور	۵
مقالات	
تقطیع و تفکیک تومور مغزی بر اساس ایجاد فضای ویژگی به کمک تبدیل گابور حسین خالقی بیزکی-دانشگاه صنعتی مالک اشتر – مجتمع دانشگاه برق و کامپیوتر سیده مهناز حسینی – دانشگاه آزاد دماوند - دانشکده فنی و مهندسی	۶
پردازش سیگنال EEG در رابط مغز و رایانه مهران کریمیان ریزی – دانشگاه تبریز – دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی مریم فریور – سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور – اداره کل استان اصفهان	۲۱
بررسی ساختار و عملکرد حسگرهای نوری رامین عبدلی – دانشکده فنی و حرفه ای یزدان پناه سنندج – دانشجوی کارشناسی مهندسی برق آزاد رحیمی – هیئت علمی دانشگاه فنی و حرفه ای کردستان – دپارتمان مهندسی برق	۲۸
استفاده از یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای امنیت در اینترنت اشیا محمدحسین شیرازی–دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی–دانشجوی کارشناسی مهندسی کامپیوتر	۳۳
قابلیتهای آزمایشگاه مجازی آنلاین مهندسی برق بر مبنای اینترنت در زمان شیوع اپیدمی کرونا آزاد رحیمی – هیئت علمی دانشگاه فنی و حرفه ای کردستان – دپارتمان مهندسی برق	۴۲
کنترل گلوکز بیماران دیابتی از الگوریتم کنترل مقاوم غیرخطی مهران کریمیان ریزی – دانشگاه تبریز – دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی مریم فریور – سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور – اداره کل استان اصفهان	۴۹
ارتباط با کهربا	۶۱

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 بهار از فعالیت نشریه کهربا و پس از انتشار بیست‌وهفت شماره از مجله مفتخریم با انتشار بیست و هشتمین 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. . امیداست 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.



دکتر مهرداد عابدی – استاد نمونه کشور

استاد برجسته ماشین های الکتریکی و سیستمهای قدرت و عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر دارای لیسانس مهندسی برق (۱۳۴۹) از دانشگاه تهران ، فوق لیسانس قدرت(۱۹۷۴) از دانشگاه لندن و دکترای قدرت (۱۹۷۷) از دانشگاه نیوکاسل انگلستان می باشد. پروفسور عابدی که از چهره های خاص در زمینه مهندسی برق و سیستم های قدرت می باشند در حال حاضر استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر و رئیس قطب علمی قدرت دانشکده برق و نیز عضو فرهنگستان علوم ایران (شاخه مهندسی برق) است. وی پیش از این و طی سالهای (۱۳۸۴-۱۳۶۲) ریاست دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی امیر کبیر، مدیریت مجله علمی-پژوهشی امیرکبیر، مدیریت کل پژوهشی دانشگاه امیرکبیر و نیز ریاست بخش مهندسی فرهنگستان علوم را عهده دار بوده است. از جمله افتخارات این استاد دانشمند، انتخاب ایشان به عنوان محقق برجسته توسط وزارت نیرو (۱۳۶۹)، مترجم نمونه توسط دانشگاه تهران (۱۳۷۳)، مترجم نمونه از طرف شورای انرژی کشور(۱۳۸۰) و استاد نمونه کشور (۱۳۸۰) می باشد. اهم فعالیتهای آموزشی-تحقیقاتی ایشان و اساس تخصص اصلی مشارالیه در زمینه ماشین های الکتریکی و سیستم های قدرت می باشد و سوابق متعددی در صنعت دارد. در این راستا تا کنون بیش از ۵۵ عنوان کتاب در خصوص ماشین های الکتریکی، سیستم های قدرت، مدارهای الکتریکی و مبانی مهندسی برق توسط نامبرده تالیف و به چاپ رسیده است. وی با انتشار بیش از ۱۴۰ مقاله علمی در مجلات و کنفرانس های ملی و بین المللی از صاحب نظران برجسته در زمینه برق و سیستم های قدرت می باشد.

افتخارات

- محقق برجسته توسط وزارت نیرو (۱۳۶۹)
- مترجم نمونه توسط دانشگاه تهران (۱۳۷۳)
- مترجم نمونه از طرف شورای انرژی کشور (۱۳۸۰)
- استاد نمونه کشور (۱۳۸۰)
- برنده جایزه کتاب ممتاز دانشگاه‌های کشور، دانشگاه تهران ۱۳۷۳
- انتخاب کتاب بررسی سیستم‌های قدرت ایشان به عنوان کتاب فصل جمهوری اسلامی ایران ۱۳۷۳

سوابق استاد

استاد و عضو قطب علمی قدرت دانشکده برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر

عضو فرهنگستان علوم ایران (شاخه مهندسی برق)

ریاست دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی امیر کبیر (۱۳۸۴-۱۳۶۲)

مدیریت مجله علمی-پژوهشی امیرکبیر

مدیریت کل پژوهشی دانشگاه امیرکبیر

عضو هیئت مؤسس موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی اکباتان

ریاست بخش مهندسی فرهنگستان علوم

تقطیع و تفکیک تومور مغزی بر اساس ایجاد فضای ویژگی به کمک تبدیل گابور

حسین خالقی بیزکی[۱]، سیده مهناز حسینی[۲]

[۱] دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی برق و کامپیوتر، تهران، ایران. bizaki@gmail.com

[۲] دانشگاه آزاد واحد دماوند، دانشکده فنی و مهندسی، فیروزکوه، ایران. mahnaz_5495@yahoo.com

چکیده: تقطیع تصویر در حوزه‌ی پزشکی برای تشخیص بهتر و کمک به پزشک از اهمیت خاصی در حوزه پردازش تصویر برخوردار است. یکی از موارد مهم در این زمینه تقطیع تومورهای مغزی است که به دلیل مشابهت تومور با سایر بافتهای مغزی، امکان این‌که بتوان محدوده آن را به‌صورت مشخصی نشان داد، مشکل است. ازاین‌رو نیاز است که بتوان محدوده‌ی تومور و نوع آن را به کمک روش‌های پردازش تصویر تشخیص داد. در این مقاله، با استفاده از ویژگی‌های استخراج‌شده از تبدیل گابور و با در نظر گرفتن آستانه‌ی مناسب، تقطیع قابل قبولی بر روی تصویر MRI تومور مغزی انجام و سپس دسته‌بندی بین دو نوع تومور مغزی انجام شده است. برای این منظور، در ابتدا فضای ویژگی جدیدی بر مبنای تبدیل گابور بر روی دو نوع تومور مغزی گلیومولتی بلاستوفرم و الیگوندرگیلیوم ایجاد شده سپس با استفاده از ماشین بردار پشتیبان و تابع کرنل‌های مختلف، تفکیک این دو تومور انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی نشان می‌دهد که با استفاده از روش جداسازی بر اساس تبدیل گابور و سطح آستانه‌ی مناسب، درصد تفکیکی بین ۸۷ تا ۹۶ درصد به دست می‌آید. به‌منظور افزایش دقت تفکیک از ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده شده است که به‌طوری‌که با استفاده از کرنل RBF دقت تفکیک به ۹۷،۵ درصد افزایش یافته است.

کلیدواژه‌ها: *تقطیع تصاویر **MRI**، ماشین بردار پشتیبان، تبدیل گابور، فضای ویژگی.*

۱- مقدمه

تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) یکی از روش‌های تصویربرداری پزشکی است که با توجه به ویژگی منحصربه‌فرد خود، اطلاعات مفیدی را از بافت‌های نرم (به‌عنوان‌مثال رباط، غضروف، چشم، مغز و قلب) در اختیار پزشکان قرار می‌دهد. همچنین، تصویربرداری MRI به دلیل قدرت تفکیک مکانی-زمانی بالا، اطلاعات ارزشمندی را در مورد بافت مغز ارائه می‌دهد[۱]. یکی دیگر از مزایای MRI تولید تصاویر متعدد از یک منطقه با کنتراست متفاوت است که با استفاده از پروتکل‌ها و پارامترهای مختلف تهیه تصویر قابل حصول می‌باشد[۲]. این تصاویر متعدد، اطلاعات اضافی مفیدی را در مورد منطقه‌ی همان بافت فراهم می‌کنند. اطلاعات تکمیلی از کنتراست‌های مختلف به محققان برای بررسی دقیق‌تر پاتولوژی مغز کمک می‌کند. یکی از مشکلات چالش‌برانگیز در تصاویر MRI، ناحیه بندی[۱] برخی سلول‌ها و بافت‌های خاص از بقیه تصویر است که به فرایند تقطیع[۲] نیز معروف می‌باشد[۳]. در این روش هدف این است که تصویر را به واحدهای جدا از هم و یکتا بر اساس شدت و بافت تصویر پزشکی تبدیل شود. تقطیع تصویر درواقع فرآیندی است که یک تصویر دوبعدی و یا سه‌بعدی را به مجموعه‌ای از گروه‌ها تبدیل می‌کند که تمام اجزای این گروه دارای خاصیت یکسانی هستند بطوری‌که این خاصیتِ یکسان بیانگر تعلق به بافت و یا عضو خاصی می‌باشد.

در تقطیع دستی، مناطق تومور به‌صورت دستی در تمام تکه‌های به‌هم‌پیوسته قرارگرفته‌اند که تومور وجود دارد[۴]. اما این روش

[۱] Partition

[۲] Segmentation

گران‌قیمت، وقت‌گیر و خسته‌کننده است. علاوه بر این، این روش منوط به تخصص و تجربه افراد و قضاوت‌های ذهنی آنان بوده و سبب می‌شود تا ناظران در مورد وجود یا عدم وجود تومور به نتیجه‌گیری‌های متفاوت رسیده یا حتی یک ناظر مشخص در شرایط متفاوت به نتیجه‌گیری‌های مختلف برسید [۵]. واضح است که برای رفع این مشکلات، روش تقطیع تومور مغزی خودکار مورد نیاز است.

اگرچه چندین روش تقطیع کلی از قبیل آستانه [۶]، ناحیه در حال رشد [۷]، و خوشه‌بندی[۸]، وجود دارند اما به‌راحتی قابل‌اجرا به حوزه شناسایی تومور مغزی نیستند. دلیل این امر آن است که شباهت شدت بین تومورهای مغزی و برخی از بافت‌های سالم می‌تواند در درونِ الگوریتم، سردرگمی ایجاد کند. برای مثال در T1-weighted تصاویر MRI، یک تومور به‌شدت شبیه به ماده خاکستری (GM[۱]) و یا مایع مغزی نخاعی (CSF[۲]) [۴] است. همچنین مشخصه‌ی تومور می‌تواند با توجه به بافت آن متفاوت باشد. به همین دلیل این‌که چه ویژگی برای توصیف منطقه موردعلاقه و یا مناطق شبه همگن از روی تصویر استخراج شود حائز اهمیت است[۹]. محل، اندازه شکل و نوع بافتِ تومور، استخراج ویژگی را به کار پیچیده‌ای تبدیل کرده است. در تصاویر MR مغزی به دلیل پیچیدگی ساختار بافت-های مختلف ازجمله ماده خاکستری، ماده سفید و مایع مغزی نخاعی و همچنین شباهت این بافت‌ها با تومور مغزی، فرآیند جداسازی را با مشکل روبرو کرده است.

درگذشته بسیاری از الگوریتم‌های جداسازی بافت‌ها در تصاویر MRI استفاده‌شده‌اند. در بین آن‌ها روش‌های جداسازی بر اساس روش آستانه، ناحیه، لبه و طبقه‌بندی کننده‌ها بیشتر موردتوجه محققین بوده است[۱۰-۱۲]. درروش آستانه، سطح آستانه موردنظر بر اساس هیستوگرام تصویر خاکستری تصویر مغزی تعیین می‌شود. به دلیل این‌که توزیع روشنایی در تصاویر پزشکی، مخصوصاً در تصاویر MRI، از سطوح پیچیده‌ای تشکیل شده است و همچنین عدم تعیین نقطه بهینه سبب شده است که این روش در اکثر موارد با شکست روبرو شود. علاوه‌براین، روش آستانه بر اساس شدت روشنایی به دلیل عدم قطعیت مکانی (نادیده گرفتن اطلاعات محلی پیکسل‌ها) دارای نقطه‌ضعف است [۱۳]. در روش لبه، در ابتدا محدوده‌ای (کانتوری) اطراف شی موردنظر با استفاده از الگوریتم‌های لبه-یابی تشکیل می‌شود. سپس این کانتور ها بر اساس برخی شباهت‌ها برای تشخیص ناحیه موردنظر به یکدیگر متصل می‌شوند. از معایب این روش این است که دارای هزینه محاسباتی پردازشی زیادی برای مشخص کردن حفره‌های داخل اشیا می‌باشد. روش‌های رشد، ناحیه‌ی سطح آستانه را با استفاده از یکپارچه‌سازی شباهت شدت روشنایی در پیکسل‌ها گسترش می‌دهند. این روش با یک پیکسل برای هر منطقه در طی رشد نواحی شروع شده و پیکسل‌های همسایه با توجه به معیار همگن بودن به یکدیگر ملحق می‌شوند که نتیجه‌ی آن چند ناحیه همگن است. بااین‌حال این روش نیز به‌شدت به نویز حساس بوده [۱۴] که این امر استفاده ازاین‌روش را برای جداسازی تصاویر پزشکی کاهش می‌دهد.

در این مقاله با استفاده از روشی خودکار بر اساس ویژگی استخراج‌شده‌ی برمبنای تبدیل گابور به جداسازی بافت‌های سرطانی پرداخته می‌شود. تبدیل گابور به دلیل استخراج ویژگی (هم در حوزه فرکانس و هم در جهت) می‌تواند ویژگیِ چند رزولوشنی از تصویر را استخراج کند. بر مبنای مشاهدات صورت گرفته، بنیادی‌ترین اطلاعات مربوط به بافت، عمدتاً در نواحی با فرکانس میانی متمرکز شده است. بنابراین با استفاده از موجک گابور، یک تجزیه‌ی انعطاف‌پذیرتر در تمام باند فرکانسی قابل‌دستیابی است که منجر به قابلیت بالایی در جداسازی اطلاعات بافت از یکدیگر می‌گردد. مزیت این روش از دیدگاه مکان– فرکانس در بیشینه‌سازی تمرکز هم‌زمان انرژی در هر دو حوزه‌ی مکان و فرکانس می‌باشد[۱۵]. تبدیل موجک گابور دارای خواصی است که می‌تواند قسمت اعظم اطلاعات بافت را استخراج نماید. همچنین موجک گابور از جمله توابعی است که می‌تواند حد تئوری دقت تفکیک توأم اطلاعات در هر دو حوزه‌ی مکانی و زمانی را فراهم نماید[۱۶]. پس از استخراج ویژگی به کمک موجک گابور، با استفاده از انتخاب سطح آستانه‌ی مناسب جداسازی تومور مغزی انجام می‌شود. نتایج شبیه‌سازی مقاله حاضر نشان می‌دهد که این روش قابلیت جداسازی با دقت ۸۷ تا ۹۶ درصد برای تصاویر مختلف را دارا می‌باشد.

برای این‌که بتوان تومورهای مغزی را دسته‌بندی کرد نیاز است با استفاده از تشکیل فضای ویژگی اطلاعات مربوط به هر تومور

[۱] Gray Matter(GM)

[۲] CerebroSpinal Fluid(CSF)

را استخراج نموده و سپس با استفاده از این اطلاعات، جداسازی مطلوب را انجام داد. در این مقاله دسته‌بندی بر روی دو تومور گلیومولتی بلاستوفرم[۱](GBM) و الیگوندرگیلیوما[۲](OGG) با استفاده از روش ماشین بردار پشتیان (SVM) به‌صورت خودکار انجام می‌شود. برای این منظور، ابتدا فضای ویژگی بر اساس تبدیل گابور بر روی تصاویر تومور مغزی ایجاد شده و سپس با استفاده از این فضای ویژگی، تفکیکی با دقت ۹۷,۵ درصد با استفاده از تابع کرنل RBF ماشین بردار پشتیبان بر روی این دو تومور به‌دست آمده است.

ساختار مقاله به‌صورت زیر می‌باشد: در بخش اول ویژگی‌های مورداستفاده در جداسازی بافت در دو دسته آماری و تبدیل گابور موردبررسی قرار می‌گیرند. در بخش دوم فیلتر گابور مطرح می‌شود. در بخش سوم روش پیشنهادی برای جداسازی تومور مغزی با استفاده از ویژگی‌های مبتنی بر تبدیل گابور ارائه می‌شود. همچنین انتخاب ویژگی مناسب در این بخش موردبررسی قرار می‌گیرد. در بخش چهارم فضای ویژگی برای دسته‌بندی دو نوع تومور گلیومولتی بلاستوفرم و الیگوندرگیلیوم مطرح شده و ماشین بردار پشتیبان بر اساس این فضای ویژگی آموزش داده می‌شود. در قسمت پنجم شبیه‌سازی به‌منظور دسته‌بندی دو نوع تومور مغزی بر روی تصاویر افراد بیمار انجام می‌شود. در انتها نتیجه‌گیری کار ارائه می‌گردد.

۲- استخراج ویژگی

برای تقطیع تصویر MRI مغزی نیاز است که با استفاده از ویژگی مناسب، تفکیک قابل قبولی را برای بافت تومور استخراج نمود. روش‌هایی که در زمینه استخراج ویژگی ارائه شده‌اند به دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند ۱. ویژگی‌های مبتنی بر روش‌های آماری ۲. ویژگی‌های مبتنی بر تبدیل گابور.

۲-۱ ویژگی‌های آماری[۳]

در [۱۷] تجزیه و تحلیل بر اساس هیستوگرام[۴] مطرح شده است. ویژگی استخراج‌شده در این روش شامل میانگین میزان شدت نور[۵]، میانگین کنتراست[۶] تصویر، صافی[۷] تصویر، آنتروپی[۸] تصویر می‌باشد. در [۱۸،۱۹] تجزیه‌وتحلیل بر اساس هیستوگرام جهتِ گرادیان[۹] ارائه شده است. برای یافتن هیستوگرام جهتِ گرادیان نیاز است که هیستوگرام سلول از هر پیکسل وزن دهی شود. به‌منظور محاسبه روشنایی و کنتراست باید گرادیان به‌صورت محلی نرمالیزه شود. در این روش از ۹ سلول مستطیلی که در هرکدام آن‌ها ۹ شاخه از هیستوگرام وجود دارد استفاده می‌شود. این موضوع بردار ویژگی به‌اندازه ۸۱ تولید می‌کند. در [۲۰] از هیستوگرام مرتبه اول[۱۰] به‌عنوان روش استخراج ویژگی استفاده شده است. این روش بر اساس استخراج ویژگی‌های میانگین، واریانس، میانه[۱۱] ، شدت انرژی[۱۲] ،آنتروپی ،چولگی[۱۳]، درجه اوج در یک نمودار آماری[۱۴] می‌باشد. در [۲۱] ویژگی GLCM[۱۵] یا ویژگی هارالیک[۱۶] عنوان شده است. استفاده از این ویژگی در جهت‌های $\theta = 0°, 45°, 90°, 135°$، که در هر جهت ۲۰ ویژگی وجود دارد، منجر به تولید برداری به اندازه ۸۰ می‌شود که ویژگی‌های تصویر را مبتنی بر این روش استخراج کرده است. در [۲۲] از ویژگی GLRLM[۱۷] استفاده شده است. این ویژگی متغیرهای تأکید کوتاه‌مدت[۱۸]، تأکید بلندمدت[۱۹]، توزیع سطح خاکستری[۲۰]، توزیع طول اجرا[۲۱] و درصد اجرا[۲۲] را در ۴ جهت $\theta = 0°, 45°, 90°, 135°$ استخراج می‌کند.

۲-۲- ویژگی بر اساس تبدیل گابور

فیلتر گابور یک فیلتر خطی و محلی است. هسته کانولوشن فیلتر گابور حاصل‌ضرب یک تابع نمایی مختلط و گوسین است. فیلترهای گابور درصورتی‌که به‌طور مناسب و دقیق تنظیم شوند، عملکرد بسیار مناسبی در تشخیص ویژگی‌های بافت و

[۱] Glioblastoma Multiform (GBM)
[۲] Oligodendroglioma (OGG)
[3] Statistical features
[4] Histogram Analysis
[5] Average Intensity level
[6] Average contrast
[7] Smoothness
[8] Entropy
[9] Histogram Oriented Gradient (HOG)
[10] First-order histogram-based
[11] Median
[12] Intensity energy
[13] Skewness
[14] Kurtosis
[15] Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)
[16] Haralick
[17] Gray Level Run Length Matrix (GLRLM)
[18] Short Run Emphasis (SRE)
[19] Long Run Emphasis (LRE)
[20] Gray Level Distribution (GLD)
[21] Run Length Distribution (RLD)
[22] Run Percentage (RP)

لبه بافت دارند. ویژگی دیگر فیلترهای گابور درجه تفکیک مشترک بالای آن‌ها است. این بدان معنی است که پاسخ آن‌ها هم در حوزه مکان و هم در حوزه فرکانس کاملاً محلی و قابل تنظیم کردن است. برای اعمال فیلتر گابور به تصویر، گابور با اندازه s و جهت o به‌صورت رابطه (۲) در سطح پیکسل، به تصویر ورودی اعمال می‌شود.

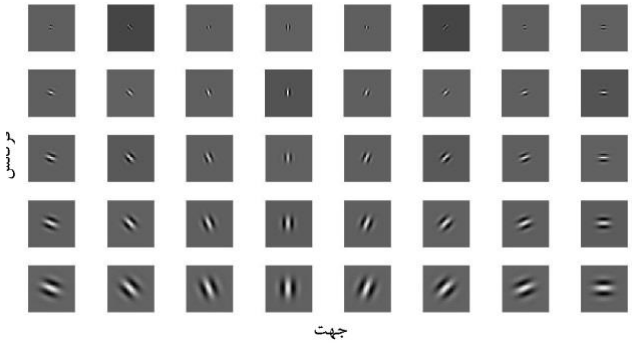
$$G_{s,o}(x,y) = I(x,y) * k_{s,o}(x,y) \qquad (۲)$$

به‌طوری‌که x و y (مختصات) پیکسل موردنظر، $*$ عملگر کانولوشن و $k_{s,o}$ هسته‌ی گابور می‌باشد که در رابطه (۳) نشان داده شده است. در این روابط، $\|-\|$ عملگر نُرم، $k_s = \frac{k_{max}}{f^s}$، $\phi_o = \pi_0/8$، k_{max} فرکانس بیشینه و f تعداد بازه‌ها در حوزه فرکانسی می‌باشد.

$$k_{s,o}(z) = \frac{\|k_{s,o}\|^2}{\sigma^2} e^{-\frac{\|k_{s,o}\|^2 \|z\|^2}{2\sigma^2}} \left(e^{ik_{s,o}z} - e^{-\frac{\sigma^2}{2}} \right);\ k_{s,o} = k_s e^{i\phi_0},\ z = (x,y) \qquad (۳)$$

از تبدیل گابور برای استخراج ویژگی‌ها به این صورت استفاده می‌شود که برای ۵ فرکانس متفاوت و ۸ جهت مختلف تبدیل گابور به‌صورت یک بانک فیلتر گابور (شکل ۱) استخراج‌شده و هر تصویر در این تبدیل کانولوشن می‌شود. در این مقاله از پاسخ دامنه، قسمت حقیقی، میانگین و واریانس، تبدیل فوریه و انرژی تصاویر خروجی فیلتر نیز به‌عنوان ویژگی‌های مرتبط با تبدیل گابور استفاده شده است. همچنین از تابع غیرخطی (۴) به‌عنوان ویژگی استفاده شده است. مقدار α= ۰,۲۵ به‌صورت تجربی برای این مقاله در نظر گرفته شده و به‌صورتی به‌دست‌آمده است که به اشباع سریع‌تری می‌رسد.

$$\psi(t) = \tanh(\alpha t) = \frac{1 - e^{-2\alpha t}}{1 + e^{-2\alpha t}} \qquad (۴)$$



شکل (۱) فیلتر گابور در جهات و فرکانس‌های مختلف

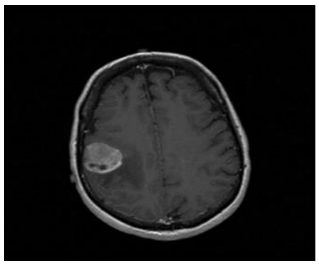
۳- روش پیشنهادی

۳-۱- یافتن ویژگی مناسب برای تقطیع

در این مقاله برای تقطیع تصویر در ابتدا بانک فیلتر گابور بر روی تصویر اعمال شده و سپس ویژگی‌های مختلفی که در قسمت ۱ بر اساس تبدیل گابور مطرح شد بر روی تصویر خروجی اعمال می‌شود. درنهایت با در نظر گرفتن سطح آستانه‌ی مناسب تقطیع نهایی بر روی تصویر انجام می‌شود. برای این‌که بتوان تقطیع مناسب را انجام داد از فیلترهای مختلف گابور در فرکانس و جهات مختلف بهره می‌بریم. به‌این‌ترتیب که مقادیر فیلتر گابور را به‌گونه‌ای انتخاب می‌کنیم که بتوان با استفاده از سطح آستانه مناسب محدوده‌ی تومور را مشخص کرد.

در شکل (۲) یک تصویر MRI مربوط به تومور مغزی GBM با عکس‌برداری T1 در جهت axis نشان داده شده است. درشکل‌های (۳ تا ۵) فیلتر گابور در مقیاس مشخص و در جهت مشخص به تصویر شکل (۲) اعمال شده و پاسخ دامنه آن استخراج‌شده است. این مرحله باید به‌گونه‌ای باشد که اطلاعات مربوط به تومور از بین نرود چراکه تقطیع کننده اصلی بر اساس ویژگی مبتنی بر گابور بوده و سطح آستانه تنها این امکان را فراهم می‌آورد که مرزبندی تومور مشخص شود. همان‌طور که در این شکل‌ها مشخص است در فرکانس‌های پایین، بافت‌های اطراف تومور حذف نشده‌اند اما در فرکانس‌های بالاتر بافت‌های اطراف تومور حذف‌شده‌اند و می‌توان با انتخاب سطح آستانه مناسب محدوده این تومور را تشخیص داد. اما بخشی از خود

تومور نیز حذف شده است. بنابراین قسمت دامنه‌ی تبدیل گابور انتخاب مناسبی برای تقطیع تصویر نمی‌باشد.

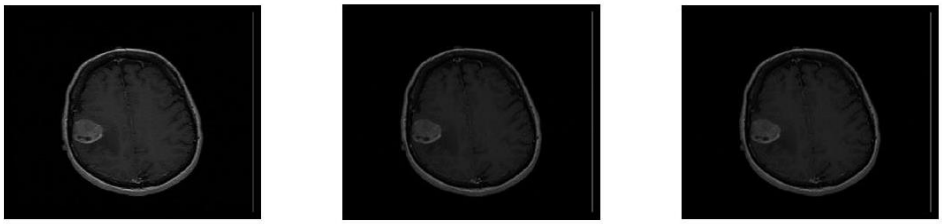


شکل (۲) تصویر MRI مربوط به تومور مغزی GBM با عکس‌برداری T1 در جهت axis

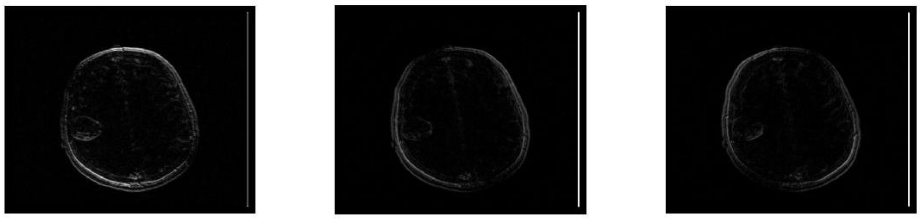
همچنین، تبدیل گابور بر روی شکل (۲) اعمال شده به‌طوری‌که قسمت حقیقی آن در فرکانس و جهات مختلف استخراج و به ترتیب در شکل‌های شکل‌های (۶ تا ۸) ترسیم شده است. همان‌طور که در تصویر مشخص است در فرکانس-های پایین، تقطیعی صورت نپذیرفته و در فرکانس‌های بالا نیز نسبت به دامنه تبدیل گابور شرایط بدتری برای تقطیع تصویر وجود دارد. به همین دلیل این قسمت از پاسخ تبدیل گابور بر روی تصویر نیز نمی‌تواند انتخاب مناسبی برای تقطیع تومورهای مغزی باشد.

شکل‌های (۹ تا۱۱) تأثیر تابع غیرخطی را بر روی تصویر اصلی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است این تابع در فرکانس‌های پایین عملکرد بهتری نسبت به پاسخ دامنه و پاسخ قسمت حقیقی خود تبدیل گابور داشته به‌طوری‌که می-توان با استفاده از سطح آستانه، محدوده‌ی تومور را از کل شکل جدا کرد. استفاده از تبدیل غیرخطی تبدیل گابور و در نظر گرفتن فرکانس‌های پایین، شرایط مناسبی را برای تقطیع فراهم می‌آورد که می‌توان با استفاده از سطح آستانه مناسب، شکل موردنظر را تقطیع کرد.

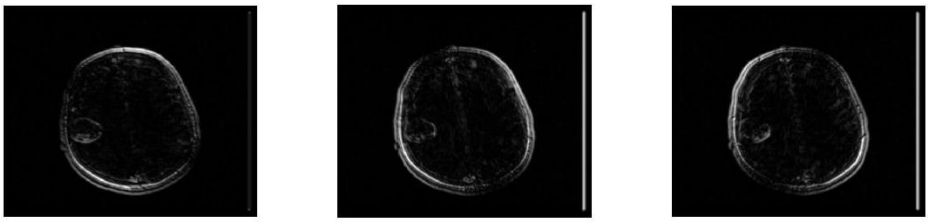
در شکل‌های (۱۲ تا ۱۴) تقطیع بر اساس انرژی تبدیل گابور پیاده‌سازی شده است، انرژی گابور نسبت به پاسخ دامنه و پاسخ قسمت حقیقی، عملکرد بهتری دارد هرچند که در فرکانس‌های بالا تومور به‌درستی تقطیع نشده و در فرکانس-های پایین نیز بخشی از بافت‌های مغز باقی مانده است. ازاین‌رو بسته به انتخاب شرایط فیلتر گابور، این پاسخ هم می‌تواند خوب عمل کرده و هم می‌تواند بد باشد.



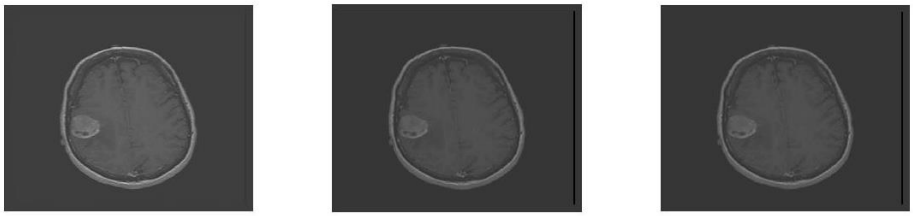
شکل (۳) دامنه گابور به ترتیب از چپ به راست S=1,θ=0° S=1,θ=45° S=1,θ=90



شکل (۴) دامنه گابور به ترتیب از چپ به راست S=3,θ=0° S=3,θ=45° S=3,θ=90



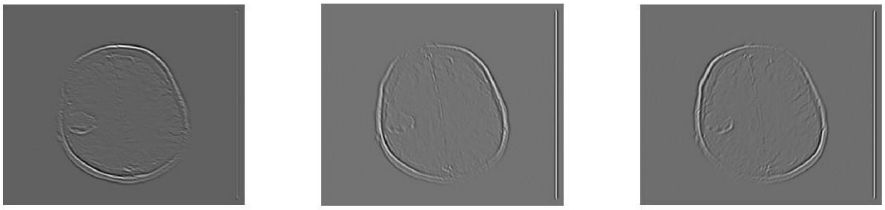
شکل (۵) دامنه گابور به ترتیب از چپ به راست S=5,θ=0° S=5,θ=45° S=5,θ=90



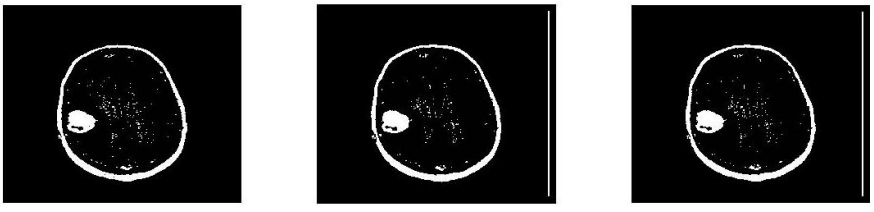
شکل (۶) قسمت حقیقی گابور، از چپ به راست S=1,θ=0° S=1,θ=45° S=1,θ=90



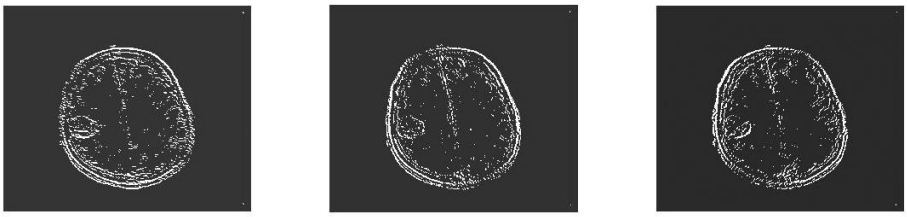
شکل (۷) قسمت حقیقی گابور، از چپ به راست S=3,θ=0° S=3,θ=45° S=3,θ=90



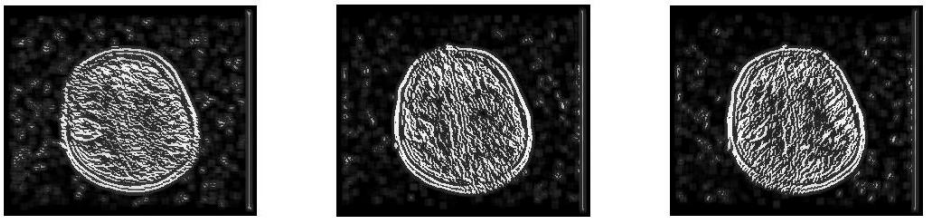
شکل (۸) قسمت حقیقی گابور، از چپ به راست S=5,θ=0° S=5,θ=45° S=5,θ=90



شکل (۹) تقطیع با تابع غیرخطی، از چپ به راست S=1,θ=0° S=1,θ=45° S=1,θ=90



شکل (۱۰) تقطیع با تابع غیرخطی، از چپ به راست S=3,θ=0° S=3,θ=45° S=3,θ=90



شکل (۱۱) تقطیع با تابع غیرخطی، از چپ به راست S=5,θ=0° S=5,θ=45° S=5,θ=90



شکل (۱۲) تقطیع با انرژی گابور، از چپ به راست S=1,θ=0° S=1,θ=45° S=1,θ=90



شکل (۱۳) تقطیع با انرژی گابور، از چپ به راست S=3,θ=0° S=3,θ=45° S=3,θ=90



شکل (۱۴) تقطیع با انرژی گابور، از چپ به راست S=5,θ=0° S=5,θ=45° S=5,θ=90

۳-۲- دسته‌بندی تومورهای مغزی

برای تفکیک دو نوع تومور مغزی نیاز است که در ابتدا فضای ویژگی را مشخص کرده و درنهایت با استفاده از این ویژگی‌ها بتوان با آموزش نمونه‌های مشخص از هرکدام از این تومورها، تفکیک مناسبی با توجه به ویژگی مشخص اتخاذ کرد. آنچه به‌عنوان نوآوری در این مقاله آمده است به‌دست آوردن فضای ویژگی مناسب مبتنی بر تبدیل گابور است که ماشین بردار

پشتیان بتواند تفکیک مناسبی را بر روی آن اعمال کند. در این مقاله از ویژگی دامنه تبدیل گابور، ویژگی قسمت حقیقی تبدیل گابور، ویژگی تابع غیرخطی سیگموئیدال، ویژگی انرژی تبدیل گابور، ویژگی میانگین تبدیل گابور، ویژگی واریانس تبدیل گابور، ویژگی تبدیل فوریه تبدیل گابور استفاده شده است. فرض کنید که می‌خواهیم دو ویژگی دامنه تبدیل گابور و انرژی تبدیل گابور را به‌عنوان ویژگی‌های مورد استفاده در ماشین بردار پشتیبان استفاده کنیم. برای این کار، هر ۳۰ تصویر مغزی که برای آموزش انتخاب می‌شود (و ما می‌دانیم که هر تومور مربوط به کدام نوع تومور است) از بانک فیلتر گابور عبور داده می‌شود. بعدازآن، دامنه این تبدیل و همچنین انرژی آن را به‌صورت مجزا برای هر دو نوع تومور و هر ۳۰ تصویر انجام می‌شود. حال دو دسته اطلاعات به وجود می‌آید که می‌خواهیم این دو دسته اطلاعات را از یکدیگر جدا کنیم. فرض کنید تصویر اول که از نوع GBM است دارای دو دسته اطلاعات باشد: یکی مربوط به ویژگی دامنه گابور و دیگری مربوط به انرژی تبدیل گابور. اگر مختصات x,y صفحه بر اساس ویژگی‌های تبدیل گابور در نظر گرفته شود، یعنی در این مثال x معادل دامنه تبدیل گابور و y معادل انرژی تبدیل گابور در نظر گرفته شود: هر تصویر دارای تعدادی نقاط در این مختصات است که نشان‌دهنده‌ی مقدار دامنه و انرژی گابور در فرکانس و جهت مشخص می‌باشد. برای هرکدام از مختصات ارائه شده، هفت ویژگی وجود دارد که در مجموع می‌توان ۴۹ حالت را برای مختصات در نظر گرفت. ازآنجایی‌که در این مسئله، (x,y) با (y,x) فرقی ندارند ازاین‌رو نصف این حالت‌ها اضافی هستند. همچنین دو ویژگی بر اساس یکدیگر را هم به دلیل تراکم نقاط و عدم تفکیک مناسب حذف می‌کنیم که درنهایت تعداد $(7*6)/2=21$ حالت از ترکیب ویژگی‌ها وجود دارد.

در مرحله آموزش از ۳۰ تصویر افراد بیمار که ۱۵ نفر دارای تومور GBM هستند و ۱۵ نفر دیگر دارای تومور OGG هستند، استفاده می‌شود. با استفاده از ۲۱ ویژگی مطرح شده، به ۲۱ شکل متفاوت ختم می‌شود. در مقاله حاضر قصد بر این است که با هر دو روش ماشین بردار خطی جدایی‌ناپذیر و ماشین بردار غیرخطی، داده‌های مربوط به دو نوع تومور را به دو دسته‌ی مجزا تقسیم نمود.

با توجه به مطالب فوق، الگوریتم پیشنهادی (مطابق شکل ۱۵) به دو قسمت کلی تقسیم می‌شود: در قسمت اول تقطیع تصویر با استفاده از ویژگی‌های مختلف مبتنی بر فیلتر گابور انجام شده به‌طوری‌که با استفاده از تنظیم پارامترهای تبدیل گابور می‌توان تقطیع مطلوبی از تومور مغزی به‌دست آورد سپس در بخش دوم با استفاده از ویژگی‌های مبتنی بر تبدیل گابور و آموزش توسط بردارهای پشتیبان دو نوع تومور مغزی از یکدیگر تفکیک می‌شود.



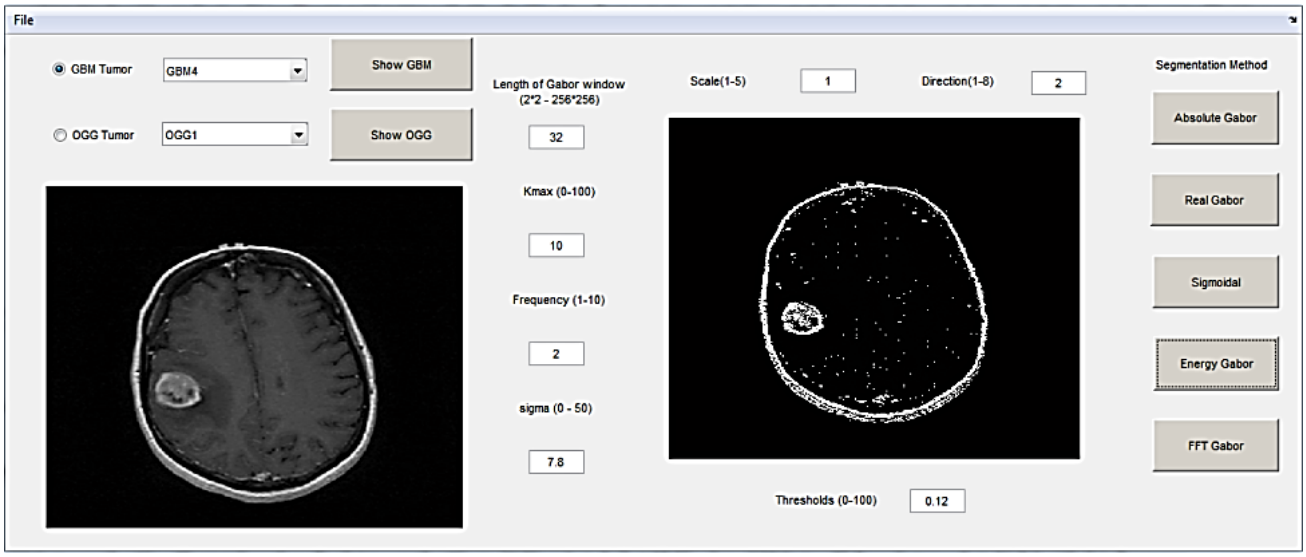
شکل (۱۵) الگوریتم پیشنهادی

۴- شبیه سازی

پایگاه داده شامل نمونه‌های تصویر MRI واقعی از ۳۰ فرد متفاوت است که ۱۵ نفر آن‌ها دارای تومور گلیوبلاستوفرم مولتی فرم و ۱۵ نفر دیگر دارای تومور الیگودندروگلیوم هستند. تصاویر با عکس‌برداری تشدید مغناطیسی که دارای وزن T1 و همچنین در جهت axis هستند، گرفته شده است. شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی در دو مرحله انجام می‌شود: نخست تصویر اصلی از بانک فیلتر گابور عبور داده شده و با استفاده از

روش‌های مختلف مبتنی بر فیلتر گابور تقطیع و سپس با در نظر گرفتن سطح آستانه، مرزهای تومور به‌صورت مشخصی تعیین می‌گردد. در قسمت دوم دو نوع تومور برای تشخیص، بر اساس فضای ویژگی توضیح داده‌شده، به ماشین بردار پشتیان اعمال می‌شود. درنهایت با استفاده از تصاویر آزمایشی، این روش مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

برای این‌که بتوان به تقطیع مناسب‌تری از تومور مغزی دست یافت. با استفاده از GUI نرم‌افزار MATLAB سیستمی را برای کاربر طراحی نمودیم که بتوان بر اساس آن پارامترهای تبدیل گابور و همچنین سطح آستانه موردنظر را تنظیم کرد تا بتوان به شرایط بهتری از تقطیع تومور دست‌یافت. شکل (۱۶) نشان‌دهنده حالت گرافیکی سیستم تقطیع تصویر است. می‌توان پارامترهای مربوط به تبدیل گابور را در قسمت انتخاب طول پنجره، Kmax ، فرکانس و سیگما تنظیم کرد. برای مشاهده تبدیل گابور اعمال شده باید مقیاس و جهت مربوط به تبدیل گابور، که متشکل از ۴۰ فیلتر است، را انتخاب کرد. به‌علاوه می‌توان با استفاده از تنظیم میزان آستانه، بعد از اعمال فیلتر، و روش موردنظر محدوده تومور را تقطیع کرد. در انتها با استفاده از فشردن هر یک از پنج کلید می‌توان تقطیع را انجام داد.



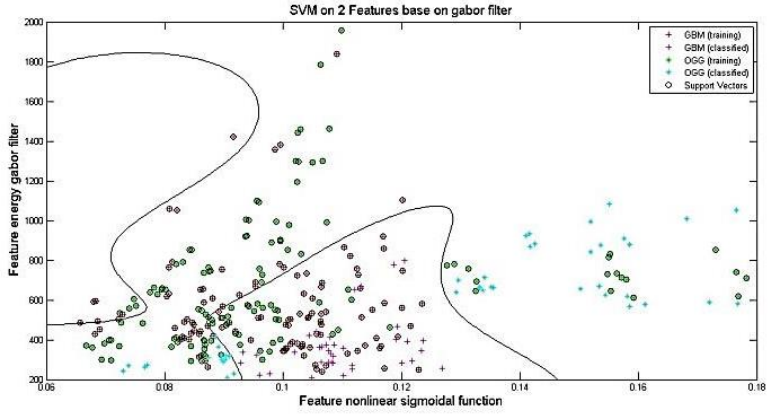
شکل (۱۶) *GUI* مربوط به تقطیع تومور تصاویر مغزی

برای مشاهده نحوه کار با GUI توسط کاربر، تنظیمات مربوط به تصویر GBM1 در مقیاس یک و جهت ۲ در شکل (۱۶) نشان داده شده است که مربوط به فرکانس‌های پایین است. همان‌طور که مشخص است می‌توان با انتخاب Kmax به میزان ۱۰، فرکانس به میزان ۲، سیگما ۷,۸، طول پنجره ۳۲ و اندازه آستانه ۰,۱۲ تصویر را تقطیع کرد. جدول(۱) نشان‌دهنده‌ی مقایسه روش‌های مختلف استفاده شده در تقطیع تصاویر پزشکی است. برای تصاویر مختلف و با استفاده از GUI طراحی شده، میزان دقت در تقطیع محاسبه و به‌صورت درصد نشان داده شده است. میزان دقت روش پیشنهادی مقاله حاضر، بسته به تصاویر مختلف، در محدوده ۸۷ تا ۹۶ درصد می‌باشد. همان‌طور که در این جدول نشان داده شده است این میزان دقت نسبت به روش‌های قبلی بیشتر است. آنچه که اهمیت دارد میزان تغییرات کم تطبیق تومور تقطیع شده با تومور اصلی است. که این میزان تغییرات بین ۸۷ تا ۹۶ درصد است که شامل ۹ درصد تغییرات خواهد بود.

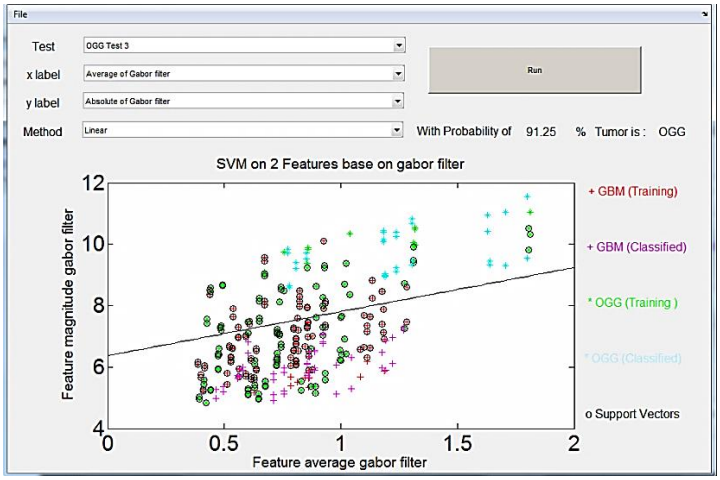
به‌منظور افزایش دقت تشخیص نوع تومور، علاوه بر استفاده از برداری ویژگی که در بالا توضیح داده شده، می‌توان از ماشین بردار پشتیبان (SVM) برای بهبود آن استفاده نمود. برای آزمایش بردارهای پشتیبان از ۵ تصویر MRI از تومور مغزی گلیوبلاستوفرم مولتی فرم و ۵ تصویر از تومور مغزی الیگودندروگلیوم استفاده شده است. شکل (۱۷) نشان‌دهنده آزمایش نقاط با استفاده از ماشین بردار پشتیبانی است که بر اساس تابع غیرخطی RBF آموزش داده شده است.

جدول (۱) مقایسه روش‌های مختلف در تقطیع تصاویر پزشکی تشدید شده مغناطیسی

الگوریتم	روشMRI	روش	دقت تقطیع (درصد)	نوع تومور	آموزش/ آزمایش
Fletcher 2001[۲۳]	T_1 ، T_2	Fuzzy clustering w/ image retrieval	۵۳ تا ۹۱	نامشخص	٤/۲
Prastawa 2004 [۲٤]	T_2	Generative model w/ outlier detection	۵۹ تا ۸۹	گلیوما، گلیوما مننژ	نامشخص/۳
Corso 2008 [۲۵]	T_1 ، T_{1c} ، T_2 ، T_{2f}	Weighted aggregation	٦۲ تا ٦۹	گلیوم تشدید شده	۱۰/۱۰
Verma 2008 [۲٦]	T_1 ، T_{1c} ، T_2 ، T_{2f}	SVM	۳٤ تا ۹۳	گلیوم تشدید شده	۱٤/۱٤
Wels 2008 [۲۷]	T_1 ، T_{1c} ، T_2	Discriminative model w/CRF	۷۸	گلیوم	٦/٦
Cobzas 2009 [۲۸]	T_{1c} ، T_{2f}	Level-set w/ CRF	۵۰ تا۷۵	گلیوم	٦/٦
Wang 2009 [۲۹]	T_1	Fluid vector flow	٦۰	نامشخص	۱۰/۰
Menze 2010 [۳۰]	T_1 ، T_{1c} ، T_2 ، T_{2f}	Generative model w/ lesion class	٤۰ تا ۷۰	گلیوم	۲۵/۲۵
Bauer 2011 [۳۱]	T_1 ، T_{1c} ، T_2 ، T_{2f}	Hierarchical SVM w/CRF	۷۷ تا ۸٤	گلیوم	۱۰/۱۰
روش پیشنهادی	T_1	Gabor filter Algorithm/thresholds	۸۷تا ۹٦	گلیوم	۱۰/۳۰



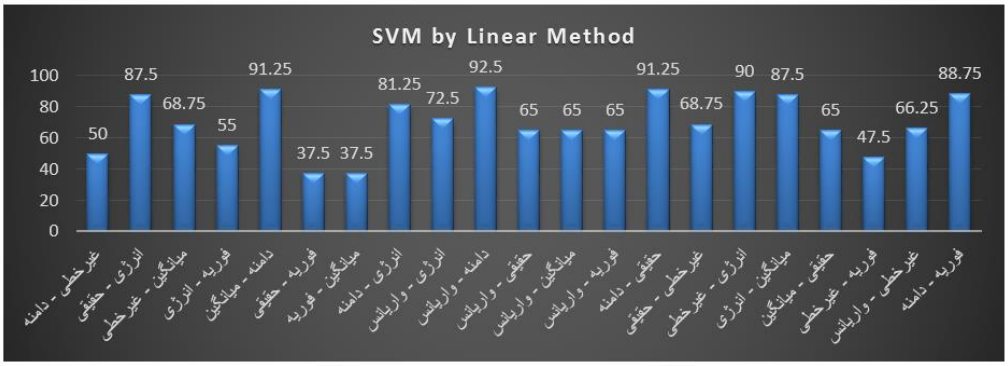
شکل (۱۷) آزمایش تصاویر با استفاده از تابع غیرخطی ***RBF***



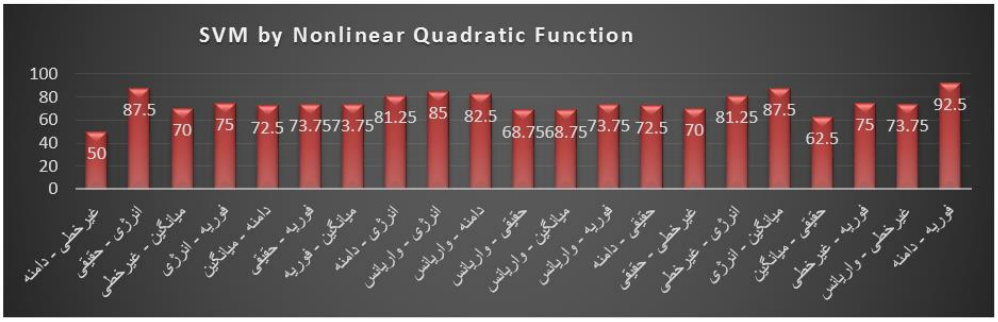
شکل (۱۸) ***GUI*** در ***MATLAB*** و بررسی تفکیک تومور با استفاده از دو ویژگی انتخاب‌شده

انتظار این است که ویژگی و روشی از بردار پشتیبان انتخاب شود که با بیشترین احتمال بتوان تومور مورد آزمایش را انتخاب نمود. برای دست یافتن به این هدف با استفاده از GUI نرم‌افزار MATLAB سیستمی طراحی شده است که بتوان هریک از این ویژگی‌ها را انتخاب کرد. همچنین تصویر موردنظر را انتخاب نموده و بتوان روشی را که ماشین بردار پشتیبان بر اساس آن تفکیک را انجام می‌دهد مشخص کرد. سپس با استفاده از روش بردار پشتیان، میزان تشخیص تومور بر اساس اطلاعات از پیش تعیین شده مشخص می‌شود. همان‌طور که در شکل (۱۸) نشان داده شده است ابتدا با انتخاب ویژگی موردنظر، که در این شکل تابع غیرخطی سیگموئیدال و دامنه تبدیل گابور است، و همچنین انتخاب تصویر آزمایشی که قرار است بررسی شود (که آیا این تصویر به تومور مغزی GBM و یا به تومور مغزی OGG تعلق دارد) و انتخاب نوع روش تفکیک ماشین بردار پشتیبان می‌توان برنامه را اجرا نمود. برنامه با استفاده از ماشین بردار پشتیبان و همچنین استفاده از نمونه‌های آموزشی، تشخیص می‌دهد که تصویر انتخاب‌شده مرتبط با کدام دسته از تومور مغزی است.

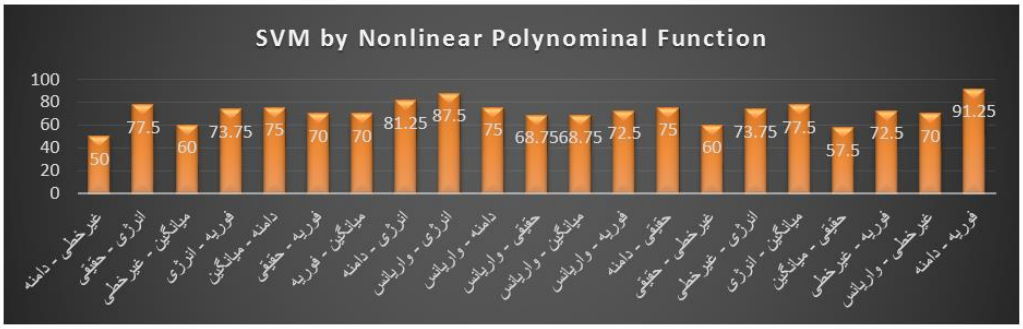
چون هر تصویر اطلاعاتی در جهات و فرکانس‌های مختلف گابور دارد بنابراین برای هر تصویر ۴۰ نقطه به‌عنوان نماینده آن تصویر در جهات و فرکانس‌های مختلف در نظر گرفته‌شده و احتمال تشخیص تومور با روش‌های خطی و غیرخطی حساب شده است. لازم به ذکر است که در توابع خطی از توابع کرنل Quadratic ، Polynomial ، MLP و RBF استفاده شده است. شکل‌های (۱۹-۲۳) احتمال تفکیک این تومورها را بر اساس ویژگی‌های مختلف نشان می‌دهد. از شکل‌های (۱۹-۲۳) می‌توان مشاهده نمود که بیشترین درصدی که می‌توان با استفاده از آن دو تصویر تومور مغزی را از یکدیگر تفکیک کرد برابر ۹۷,۵ است که با استفاده از دو ویژگی فوریه و دامنه به کمک تابع کرنل RBF به‌دست می‌آید.



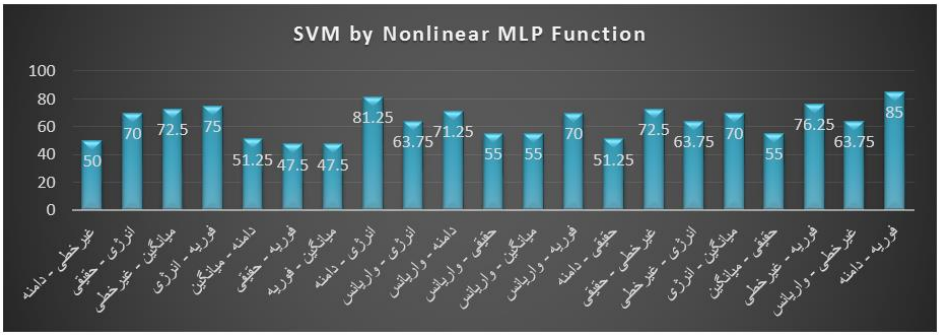
شکل(۱۹) احتمال تفکیک تومور با روش خطی



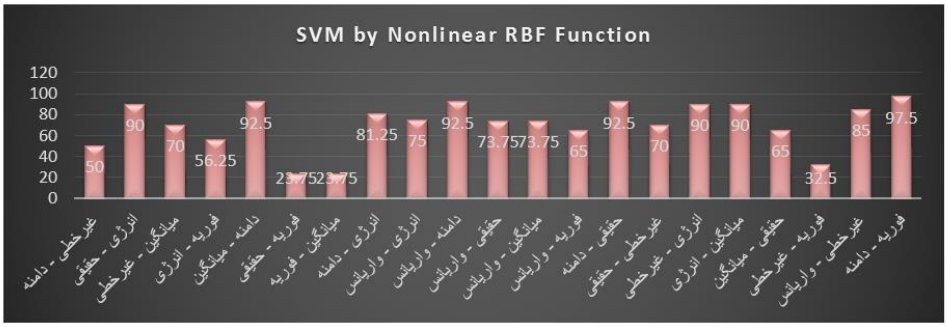
شکل(۲۰) احتمال تفکیک تومور با روش تابع غیرخطی و تابع کرنل *Quadratic*



شکل(۲۱) احتمال تفکیک تومور با روش تابع غیرخطی و تابع کرنل *Polynomial*



شکل(۲۲) احتمال تفکیک تومور با روش تابع غیرخطی و تابع کرنل *MLP*



شکل(۲۳) احتمال تفکیک تومور با روش تابع غیرخطی و تابع کرنل *RBF*

جدول (۲) نشان‌دهنده مقایسه روش‌های مختلف تقطیع و همچنین میزان دقت در تفکیک دو نوع تومور می‌باشد. همان‌طور که در جدول (۱) و جدول (۲) نشان داده شده است روش پیشنهادی، هم به لحاظ تقطیع ازنظر تطبیق با تومور و هم به لحاظ روش کلاسه‌بندی، از دقت بالاتری نسبت بهروش‌هایی که تاکنون مطرح شده است برخوردار می‌باشد.

جدول (۲) مقایسه روش ارائه‌شده با روش‌های پیشین

نویسنده	سال	روش پیش‌پردازش	روش تقطیع	ویژگی استخراج‌شده	روش کلاسه‌بندی	دقت	مرجع
Ed-Edily Mohd	2014	Median filter	Watershed	-	Modified histogram clustering	%۹۲	[۳۲]
M.Nagori	2013	Graph scanning method	Weighted k-means with z-score algorithm	Graph scanning algorithm	J48 graph algorithm	۹٤,۷۳ %	[۳۳]
R.Reddy	2013	Canny edge detection	Fuzzy c-means algorithm	-	-	%۹۱	[۳٤]
Our method	2015	-	Gabor filter	7 features based on gabor	SVM	۹۷,٥ %	روش پیشنهادی

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از فیلتر گابور استخراج ویژگی برای تفکیک دو نوع تومور مغزی به‌صورت خودکار صورت گرفته به‌طوری‌که نیازی به مشخص کردن تعداد نقاط بر روی تصویر نیست. الگوریتم پیشنهادی بر اساس ویژگی نشان می‌دهد که ترکیب دو تابع تبدیل فوریه گابور و دامنه تبدیل گابور در تصویر تقطیع شده بر اساس ۲۱ ویژگی، بهترین حالت برای جداسازی دو تومور مغزی گلیوبلاستوفرم مولتی فرم و الیگودندروگلیوم را دارا می‌باشد. همچنین به‌منظور افزایش دقت تفکیک، روش استفاده شده در تفکیک دو تومور بر اساس ماشین بردار پشتیبان بر اساس سه دسته کلی: خطی جدایی‌پذیر، خطی جدایی‌ناپذیر و غیرخطی بررسی شده است به‌طوری‌که خود روش غیرخطی، با تغییر تابع کرنل نتایج متفاوتی را نشان داد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که بهترین تفکیک بر اساس تابع غیرخطی و همچنین استفاده از تابع کرنل RBF اتفاق می‌افتد که در آن دو ویژگی تبدیل فوریه گابور و همچنین دامنه تبدیل گابور بهترین حالت را برای تفکیک ایجاد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از همکاری آقای دکتر مهدی صادق زاده به جهت مشاوره‌های ارزشمندشان کمال تشکر و سپاسگزاری را دارند.

مراجع

[1] G. Sze, E. Milano, C. Johnson, L. Heier, “Detection of brain metastases: comparison of contrast-enhanced MR with unenhanced MR and enhanced CT”, American Journal of Neuroradiology, Vol. 11, pp. 785–791, 1990.

[2] Mortazavi D, Kouzani AZ, Soltanian-Zadeh H., “Segmentation of multiple sclerosis lesions in MR images: a review”, American Journal of Neuroradiology, vol. 54, pp.299–320, 2011.

[3] Lee M, Street W., “Dynamic learning of shapes for automatic object recognition”, In Proceedings of the 17th workshop machine learning of spatial knowledge, pp. 44–9, 2000.

[4] Kharrat A, Benamrane N, Messaoud M, Abid M., “Detection of brain tumor in medical images”, In 3rd IEEE international conference on signals, circuits and systems, pp. 1–6, 2009.

[5] Kabir Y, Dojat M, Scherrer B, Forbes F, Garbay C., “Multimodal MRI segmentation of ischemic stroke lesions”, In Proceedings of the 29th annual international conference of IEEE-EMBS, pp. 1595–8, 2007.

[6] Lemieux G, Krakow K, Woermann F., “Fast, accurate, and reproducible automatic segmentation of the brain in weighted volume MRI data”, Magnetic Resonance in Medicine, vol. 42, pp.127–35, 1999.

[7] Tang H, Wu E, Ma Q, Gallagher D, Perera G, Zhuang T., “MRI brain image segmentation by multi-resolution edge detection and region selection”, Computer MedImaging Graph, vol. 24, pp.349–57, 2000.

[8] Liew AWC, Yan H., “An adaptive spatial fuzzy clustering algorithm for 3-D MR image segmentation”, IEEE Trans. Med. Image, vol. 22, pp.1063–75, 2003.

[9] Ahmed S, Iftekharuddin KM, Vossough A., “Efficacy of texture, shape, and intensity feature fusion for posterior-Fossa tumor segmentation in MRI”, IEEE Tran. INF. Technology Biomedical, vol. 15, pp.206–13, 2011

[10] M.A. Balafar, A.R. Ramli, M.I. Saripan, S. Mashohor, “Review of brain MRI image segmentation methods”, Artificial Intelligence Review, vol. 33, pp. 261–274, 2010.

[11] Dzung L. Pham, Xu Chenyang, Jerry L. Prince, “A Survey of Current Methods in Medical Image Segmentation”, in Technical Report JHU/ECE-99-01, Annual Review of Biomedical Engineering, 1998.

[12] S.D. Olabarriaga, A.W. Smeulders, “Interaction in the segmentation of medical images: a survey”, Medical Image Analysis, vol. 5, pp. 127–142, 2001.

[13] Li Ma, R.C. Staunton, “A modified fuzzy C-means image segmentation algorithm for use with uneven illumination patterns”, Pattern Recognition, vol. 40, pp. 3005–3011, 2007.

[14] F.B. Tek, A.G. Dempster, I. Kale, “Noise sensitivity of watershed segmentation for different

[25] Corso. JJ; Sharon, E; Dube .S; E1 saden S more authors "Efficient Multilevel Brain Tumor segmentation with integrated Bayesian model classification'' IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 27, Issues 5, pp. 629-640, 2008.

[26] Kumar, V. Verma, H.K.; Singh, D. "SVM Based System for classification of Microcalcifications in Digital Mammograms", in Proceedings of the 28th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS '06), pp. 4747–4750, New York, USA September 200,.

[27] M. Wels, G. Camerio, A. Aplas, M. Huber, J. Homegger, D. Comaniciu, "A Discriminative Model-Constrained Graph Cuts Approach to Fully Automated Pediatric Brain Tumor Segmentation in 3-D MRI", Springer, Medical image computing and computer-Assisted intervention, vol. 5241, pp. 67-75. 2008

[28] Cobzas, D.; Dept. of Comput. Sci., Univ. of Alberta, Edmonton, AB, Canada; Schmidt, M. "Increased discrimination in level set methods with embedded conditional random fields" IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), vol. 2, pp. 328-335, 2009.

[29] T. Wang, I. Cheng, and A. Basu, "Fluid Vector Flow and Applications in Brain Tumor Segmentation", IEEE Transaction on Biomedical Engineering, Vol. 56, N0. 3, March 2009.

[30] B. H. Menze, K. V. Leemput, D. Lashkari, M. A. Weber, N. Ayache, and P. Golland, "A Generative Model for Brain Tumor Segmentation in Multi-Modal Images", Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI), vol. 13, pp. 151–159, 2010.

[31] S. Bauer, L. P. Nolte, and M. Reyes, "Fully Automatic Segmentation of Brain Tumor Images Using Support Vector Machine Classification in Combination with Hierarchical Conditional Random Field Regularization", International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI), vol. 14, pp. 354–361, 2011.

[32] Ed-Edily Mohd, Azhari, Muhd, Mudzakkir Mohd, Hatta," Brain Tumor Detection and Localization InMagnetic Resonance Imaging", connectivity: experimental study", Electronic Letters, vol. 40, pp. 1332–1333, 2004.

[15] Bovik AC, Clark M, Geisler WS, "Multichannel texture analysis using localized spatial filters", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell (PAML), vol. 12, pp. 12: 55-73, 1990.

[16] Ferrari RJ, Rangayyan RM, Desautels JE, "Analysis of asymmetry in mammograms via directional filtering with Gabor wavelets", IEEE Trans. Medical Imaging, vol. 20, pp. 953-964, 2001.

[17] W. Chen, R. Smith, N. Nabizadeh, K. Ward, C. Cockrell, J. Ha, And K. Najarian, "Texture Analysis of Brain CT Scans For Icp Prediction," Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010.

[18] O. Ludwig Junior, D. Delgado, V. G. Alves, U. Nunes, "Trainable Classifier-Fusion Schemes: An Application to Pedestrian Detection," IEEE Conference on Intelligent Transportation System, 2009.

[19] Dalal, N. And Triggs, B., "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection", In IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 886-893, 2005.

[20] Qurat-Ul-Ain and Gh. Latif et al, "Classification and Segmentation of Brain Tumor Using Texture Analysis," Recent Advances In Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases, pp. 147-155, 2010.

[21] M R Haralick, "Textural Features for Image Classification," IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics (SMC), vol. 3, No. 6, pp. 610-621, 1973.

[22] M.M. Galloway, "Texture Analysis Using Grey Level Run Length," Computer Graphics Image Processing, vol. 4, pp. 172-179, June 1975.

[23] L. M. Fletcher-Heath, L. O. Hall, D. B. Goldgol, F. R. Murtagh, "Automatic segmentation of non-enhancing brain tumors in magnetic resonance images", Elsevier Journal, vol. 21, Issues, 1-3, PP. 43-63, 2001.

[24] M. Prastawa, E. Bullitt, S. Ho, G. Gerig, "A brain tumor segmentation framework based on outlier detection", Elsevier Journal, Vol. 8, Issue 3, pp. 275-283, 2004.

International Journal of Information Technology Convergence and Services, Vol. 4, No. 2, pp. 1-15, 2014.

[33] Meghana Nagori, Shivaji Mutkule, and Praful Sonarkar, “Detection of Brain Tumor by Mining fMRI Images”, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 2, Issue 4, 2013.

[34] Ramaswamy Reddy, A., Prasad, E. V., andReddy, L.S. S., “ Comparative Analysis of Brain Tumor Detection using Different Segmentation Techniques” International Journal of Computer Applications, Vol .82 , 2013.

پردازش سیگنال EEG در رابط مغز و رایانه

مهران کریمیان ریزی[۱]، مریم فریور[۲]

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

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

چکیده: رابط مغز – رایانه (BCI) اغلب نگاشت، کمک و یا ترمیم عملکردهای شناختی یا حرکتی- حسی انسان می‌باشد. الکتروانسفالوگرام (EEG) یک روش غیرتهاجمی در شناسایی و ثبت فعالیت الکتریکی مغز می‌باشد. نویزها سیگنالهای ناخالص ثبت شدهٔ EEG هستند که از آرتیفکتهای فیزیولوژیکی و فوق فیزیولوژیکی ناشی می شوند. تکنیک‌های متعددی وجود دارد که برای دستکاری سیگنال ثبت شدهٔ EEG در مرحله پیش پردازش BCI برای دستیابی به نتایج مطلوب در مرحله یادگیری بکار می‌روند. هدف این مقاله ارائه یک بررسی اجمالی از آرتیفکتهای مختلف ثبت کننده سیگنال مغز EEG درBCI و متدولوژیهای آن برای حذف این آرتیفکتها از سیگنال با استفاده از روندهای جدید در زمینه‌های تحقیقاتی BCI می‌باشد.

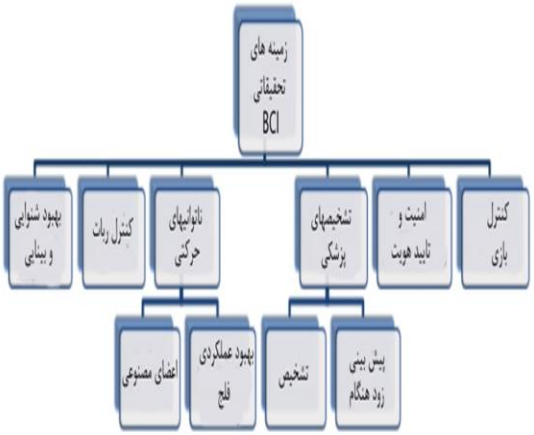
کلیدواژه‌ها: *رابط مغز-رایانه (BCI)، EEG، حذف آرتیفکت، پیش پردازش، EMG، EOG، فیلترینگ*

۱.مقدمه

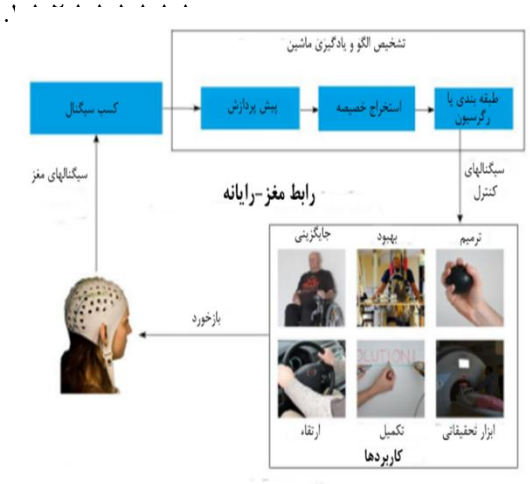
تحقیقات BCI در دهه گذشته آغاز شده است. تحقیق و توسعه BCIعمدتاً بر کاربردهای پروتزهای عصبی تمرکز دارد که هدف آن ترمیم آسیبهای شنوایی، بینایی و حرکت است [۱]. امروزه، تحقیقات BCI به نتایج قابل توجهی در زمینه کنترل ربات [۶،۸،۹۷۱۲]، بهبود ناتوانیهای حرکتی با استفاده از کاشت چیپهای BCI [۴،۵،۷۷۱۱] تشخیص و پیش بینی‌های پزشکی (۱۵،۱۸) امنیت و احراز هویت (۱۴) و کنترل بازی [۱۰،۱۶،۱۷] دست یافته است. شکل ۱ تحقیقات مختلف BCI را نشان می‌دهد .

سلول‌های مغز از طریق تکانه های الکتریکی که سیگنال مغز را تشکیل می‌دهند با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. تکنیک‌های متعددی برای دریافت سیگنال مغز وجود دارد: تهاجمی، نیمه تهاجمی و غیر تهاجمی [۱۰،۱۹]. تکنیک EEG (که در این مقاله مد نظر قرار دارد) یک تکنیک غیرتهاجمی برای دریافت سیگنال مغز است. این تکنیک سیگنال مغز را در طول جمجمه از طریق اندازه گیری نوسانات ولتاژ، همراه با انتقالات عصبی داخلی مغز ثبت می‌کند. مزایای اصلی EEG غیر تهاجمی بودن آن است، به طوریکه هیچ گونه جراحی برای تنظیم الکترودهای مغز، سهولت نسبی استفاده ، قابل حمل بودن، رزولوشن زمانی عالی، (آن توانایی دیدن فعالیت مغز را ارائه می‌دهد بطوریکه آن را در زمان واقعی در سطح میلی ثانیه (هزارم یک ثانیه) آشکار می‌سازد)، قیمت پایین نسبت به سایر تکنیکهای اکتساب سیگنال مغز مورد نیاز نمی‌باشد. معایب EEG که نسبت بسیار کوچک سیگنال به نویز آن و رزولوشن مکانی فضایی است، محدودیتی را نسبت به سایر روشهای دریافت سیگنال مغز نشان می‌دهد. با توجه به بسیار کوچک بودن سیگنال نسبت به نویز در سیگنال ثبت شدهٔ EEG ، آن نمی‌تواند به طور مستقیم در مرحله پردازش مثل استخراج خصیصه و تشخیص الگو به طور مستقیم در سیستم BCI بکار رود. سیگنال ثبت شدهٔ EEG باید از مرحله حذف آرتیفکت و فیلترینگ در پیش پردازش در سیستم BCI بگذرد. شکل ۲ مراحل سیستم BCI و مؤلفه‌های آن را نشان می‌دهد [۲۰].

ادامهٔ این مقاله به شرح زیر است: بخش ۲ در مورد انواع مختلف آرتیفکتهایی که سیگنال مغز دریافت شده با استفاده از EEG را آلوده می‌کنند توضیح می‌دهد. بخش ۳ متدولوژی‌های مختلفی را در مورد کاربردهای جدید BCI که هدفشان حذف این آرتیفکتهاست توضیح می‌دهد و در نهایت نتیجه گیری کوتاهی در بخش ۴ ارائه می‌شود .



شکل ۱: زمینه‌های تحقیقاتیBCI



شکل ۲: مراحل BCI

۲- آرتیفکت‌های EEG

آرتیفکت‌های سیگنال ثبت شدهٔ EEG همه سیگنالهایی هستند که سیگنال مغز را در طی فرایند دریافت آن آلوده کرده‌اند. دو نوع آرتیفکت وجود دارد: آرتیفکت‌های فیزیولوژیکی و فوق فیزیولوژیکی. آرتیفکت‌های فوق فیزیولوژیکی با توجه به محیط خارجی به جای بدن انسان در طی دریافت سیگنالهای مغزی مانند (محیط، تجهیزات) رخ می‌دهند. آرتیفکت‌های فیزیولوژیکی با توجه به بدن انسان رخ داده و از منابعی غیر از مغز مثل (چشمک زدن، حرکت کرهٔ چشم، تنفس، ضربان قلب، حرکات عضلانی) ناشی می‌شوند[۲۰].

۲-۱- آرتیفکت‌های فوق فیزیولوژیکی

۲-۱-۱- آرتیفکت جریان متناوب ۶۰ هرتز

جریان متناوب ۶۰ هرتزی یکی از مشکلات آماده سازی فنی دریافت EEG است. آن در زمانی رخ می‌دهد که اتصال مناسبی بین الکترودهای کلاهک EEG بر روی سر بیمار و زمین وجود نداشته باشد. امپدانس بین زمین آمپلی فایر و الکترودهای فعال کلاهک EEG بطور قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند. در این مورد، زمین مانند الکترودی عمل می‌کند که آرتیفکت ۶۰ هرتزی را تولید می‌کند و بطور متمایزی موجب ثبت سیگنال می‌شود.

۲-۱-۲- آرتیفکت‌های الکترود

خارج شدن الکترود و موقعیت نامناسب قرارگیری الکترود EEG، از شایع‌ترین آرتیفکتهای الکترود در دریافت سیگنال مغز EEG هستند. موقعیت نامناسب قرارگیری الکترود EEG به عنوان یک مسئله در آماده سازی فنی در نظر گرفته می‌شود. قرارگیری نادرست الکترود روی سر بیمار موجب دریافت نامناسب سیگنال EEG می‌شود. آرتیفکت خارج شدن الکترود به دلیل اختلال در تغییر امپدانس در سیگنال پذیرفته شده رخ می‌دهد. به لحاظ دیداری می‌توان تشخیص داد که آن موجب چند شکل موج تند می‌شود که با سیگنال EEG مرتبط است[۲۵].

۲-۱-۳- حرکت در محیط ضبط

هر یک از حرکات سایر افراد دور و بر بیمار می‌تواند آرتیفکتهایی را در ثبت سیگنال بوجود آورد و بطور معمول این آرتیفکت دارای منشأ خازنی یا الکترواستاتیکی است. باید تا حد امکان از این کار جلوگیری شود، و در صورتیکه نتوان از این کار در فضای عملیاتی و بخش مراقبتهای ویژه (ICU) جلوگیری کرد، نشان مناسبی (علامت‌ها) باید بر روی رکوردهای سیگنال ثبت شده قرار داده شود.

۲-۱-۴- تداخل سایر تجهیزات

این نوع آرتیفکتها نویز خط نیرو نیز نامیده می‌شوند. تشعشعات فرکانس بالا از دستگاههای مختلفی مثل رادیو، تلویزیون، تماس تلفنی، سیستم‌های پیجینگ بیمارستان، نور فلورسنت، و تجهیزاتی که در تداخل الکترود نقش دارند می‌توانند آمپلی فایرهای EEG را آورلود کنند. در این خصوص، سیگنال EEG نمی‌تواند ثبت شود زیرا قلمها ممکن است کاملاً به سمت بالا با پایین منحرف شوند. راه حل بهینه برای حل این مسئله، خاموش کردن این دستگاهها در طی ثبت سیگنال مغز توسط ماشین EEG است.

۲-۲- آرتیفکت‌های فیزیولوژیکی

۲-۲-۱- الکتروکولووگرافی (EOG)

EOG آرتیفکت سیگنالی است که از عملکرد حرکت چشم در طی ثبت EEG رخ می‌دهد. EOG با سیگنالهای ثبت شده از EEG مغز همپوشانی دارد. این تنها در موارد پزشکی برای تشخیص مراحل خواب در سیگنال EEG سودمند است. پدیده بل با حرکات عمودی چشم (مثلاً پلک زدن) مشاهده می‌شود که انحرافات متقارن رو به پایینی را برای ثبت الکترودهای قطبی جلویی ایجاد می‌کند، درحالیکه حرکات جانبی چشم بر ثبت الکترودهای جلویی جانبی تأثیر می‌گذارد[۲۱].

۲-۲-۲- الکتروکاردیوگرام (EKG یا ECG)

آرتیفکت‌های ECG (یا EKG) به عنوان بزرگ‌ترین آرتیفکت‌هایی در نظر گرفته می‌شوند که می‌توانند در سیگنالهای ثبت شدهٔ EEG بخصوص برای آن دسته از بیمارانی که گردن پهن و کوتاه دارند مشاهده شود. ECG از تداخل پتانسیلهای ضربان قلب و حرکات بر روی سطح پوست سر بیمار ایجاد می‌شود [۲۴]. با توجه به منظم بودن (ریتم داری) و متقارن شدن با آرتیفکت ECG، آن می‌تواند بخوبی از طریق ثبت سیگنال EEG تشخیص داده شود. مشکل تشخیص این آرتیفکت در مواردی اتفاق می افتد که فعالیت غیرعادی مغزی با سایر آرتیفکتهای سیگنال EEG همپوشانی داشته باشد و به ظاهر آن توجه نشود (۲۵).

۲-۲-۳- آرتیفکت پالس

رابطه مستقیمی بین امواج پالس و ECG وجود دارد. آرتیفکت‌های امواج پالس زمانی رخ می‌دهد که الکترود EEG در جاهایی روی یک رگ تپنده موجب آرام شدن امواج شود که می‌تواند فعالیت EEG را شبیه سازی کند[۲۵]. ساده‌ترین راه حل برای کاهش این آرتیفکت، جابجا کردن الکترود روی پوست سر است.

۲-۲-۴- آرتیفکت‌های پوست

عرق کردن پوست (تعریق یا دیافورزیس) و وجود مو بر روی پوست بیمار از آرتیفکت‌های اصلی پوست است. عرق مایعی است که توسط غدد عرق ترشح می‌شود. اجزای اصلی عرق عبارتند از اسید لاکتیک و کلرید سدیم که به دلیل واکنش با فلزات الکترود موجب کاهش بسیار زیاد در میزان پایه می‌شود[۲۴]. آرتیفکت مودار بودن پوست موجب افزایش امپدانس بین الکترود و پوست می‌شود که بر درست بودن سیگنال ثبت شدهٔ EEG تأثیر می‌گذارد.

۲-۲-۵- آرتیفکت سینتیک زبان

این آرتیفکت از حرکت زبان ایجاد می‌شود و مشابه آرتیفکت EOG است که از حرکت چشم بوجود می‌آید، هر چند که شدت آن کمتر از آرتیفکتهای ایجاد شده با حرکت چشم است[۲۶]. آرتیفکت سینتیک زبانی دارای زمینه بالقوه گسترده‌ای است که از ناحیه فوقانی تا ناحیه پس سری می‌رسند. در این آرتیفکت، دامنه فوق سهمی کوچکتر و پایینتر از نواحی پتانسیل است.

۲-۲-۶- الکترومیوگرام (EMG)

EMG به سیگنال ایجاد شده توسط حرکت عضلات گفته می‌شود. رایج‌ترین تأثیر آرتیفکت بر سیگنال EEG، پتانسیل‌های ناشی از عضلات است که از به هم فشردن عضلات فک ایجاد می‌شوند (عضلات فرونتالیس و تمپورال). پتانسیل ایجاد شده توسط مغز نسبت به پتانسیلهای ایجاد شده توسط ماهیچه، طولانی‌ترند. این آرتیفکتها بر روی فرکانس، مدت زمان و مورفولوژی سیگنال تعیین می‌شوند [۱۳]. عضلات فرونتالیس و تمپورال (برای مثال به هم فشردن عضلات فک) از دلایل شایع آن هستند. بطور کل، پتانسیل‌های ایجاد شده در عضلات، نسبت به پتانسیلهای ایجاد شده در مغز دارای طول کوتاهتری هستند و بر اساس طول مدت، مورفولوژی، و سرعت پرتاب (برای مثال فرکانس) مشخص می‌شوند [۲۶].

۳- حذف آرتیفکت ها

در سیستم BCI، فیلترینگ سیگنالهای EEG در مرحله پیش پردازش انجام می‌شود. روش‌های متعددی وجود دارند که برای از بین بردن نویز ناشی از آرتیفکتهای مختلف سیگنال EEG طراحی شده‌اند. این بخش انواع مختلفی از رویکردهای قابل توجه فیلترینگ را که در سیستمهایBCI بکار برده می‌شود، نشان می‌دهد.

۳-۱- جلوگیری از آرتیفکت‌ها

ایده مورد نظر در اینجا، حذف آرتیفکتهای فیزیولوژیکی اضافه با تصحیح تخصیص کلاهک EEG بر روی بیماران و آماده سازی جای ثبت دستگاههای دیگر است که می‌توانند بر دریافت سیگنال EEG از بیمار تأثیر بگذارند. این الگوریتمی نیست که مورد استفاده قرار گیرد، بلکه یک آماده سازی فنی برای دریافت رکوردهای باکیفیت قبل از فیلترینگ سیگنال از آرتیفکتهای فیزیولوژیکی است.

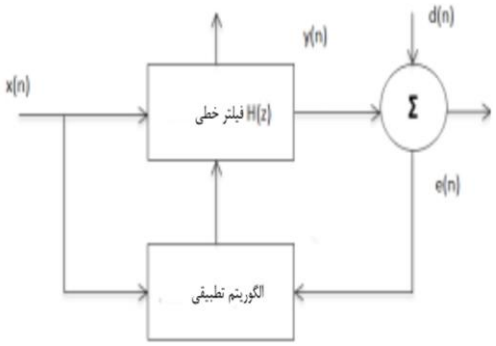
۳-۲- فیلترینگ خطی

فیلترینگ خطی به طور معمول برای از بین بردن آرتیفکتهای واقع در سیگنالهای خاصی بکار می‌رود که هیچ یک از باندهای فرکانسی آن با فرکانس سیگنال مغز همپوشانی ندارد. فیلترینگ پایین گذر و بالاگذر از قابل توجه ترین نمونه‌ها برای فیلترینگ خطی الگوریتم‌ها می‌باشند[۲۳]. فیلتر بالاگذر معمولاً برای حذف آرتیفکتهای EOG به کار می‌رود در حالیکه آرتیفکت‌های EOG متشکل از بخشهای فرکانس پایین هستند. فیلتر پایین گذر ممکن است بیشتر آرتیفکتهای EMG را حذف کند، درحالیکه بیشتر بخشهای EMG دارای مقادیر فرکانس بالا می‌باشد.

سهولت اجرا از دیدگاه نرم افزاری و سخت افزاری، یکی از مزیتهای اصلی فیلتر خطی است. علاوه بر این، آن به هیچ گونه اطلاعات اضافی در مورد خود آرتیفکتها نیاز ندارد، برای مثال، فیلتر خطی برای حذف نویزهای EOG یا EMG از سیگنال EEG، به پیش تعریف اطلاعات سیگنال نیازی ندارد[۲]. اشکال اصلی فیلتر خطی این است که در صورت هرگونه همپوشانی بین دو سیگنال EEG و EOG یا (EMG) یا دو سیگنال EMG و EOG، فیلتر نمی‌تواند سیگنال EEG را فیلتر کند و نمی‌تواند آرتیفکتهای EOG و EMG را از سیگنال EEG حذف نماید.

۳-۳- فیلتر تطبیقی خطی

فیلتر تطبیقی خطی که در [۲] معرفی شد، عمدتاً بر اساس نظریه بهینه سازی و اینکه چگونه طراحی فیلتر می‌تواند ویژگیهای آن را بر اساس ویژگیهای انتخابی از سیگنالی که باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد تغییر دهد، می‌باشد. ایده اصلی فیلتر تطبیقی، انطباق واکنش فرکانس (ضریب) فیلتر خطی با یک سیگنال مشابه با نویز موجود در سیگنالی است که باید فیلتر شود. این الگوریتم فیلتر تطبیقی خطی نشان می‌دهد که دو سیگنال اولیه و ثانویه، به ترتیب d(n) و x(n) وجود دارند. H (z) یک فیلتر خطی است که خروجی y (n) را تولید می‌کند. برای محاسبه خطای e(n)، مقدار خروجی y(n) از سیگنال اولیه d(n) کسر می‌شود (۲،۲۳). شکل ۳ ساختار اصلی تطبیقی- خطی را نشان می‌دهد. دو فرایند اصلی این الگوریتم فیلترینگ عبارتند از: فرایند فیلترینگ و فرایند تطبیقی. در فرایند فیلترینگ، سیگنال خروجی واکنش یک فیلتر دیجیتال است. در این فرآیند، بطور معمول از فیلترهای FIR استفاده می‌شود، زیرا آنها فیلترهای ساده، خطی و پایداری هستند. در فرایند تطبیقی، توجیه تابع انتقال H(z) بر اساس الگوریتم بهینه سازی است. این انطباق با توجه به مقدار اختلاف (خطای) سیگنال اولیه و خروجی فیلتر صورت می‌گیرد.



شکل ۳. ساختار فیلتر تطبیقی- خطی

۳-۴- فیلتر مبتنی بر شبکه عصبی کوانتوم

با توجه به قانون مور، توجه به یافتن یک طرح سخت افزاری جدید به جای کامپیوترهای کلاسیک، منجر به نوآوری‌های مختلفی در محاسبات کوانتوم و الگوریتمهای برگرفته از کوانتوم شد. الگوریتم‌های برگرفته از کوانتوم، نتایج قابل توجهی را در

الگوریتمهای مختلف حاصل کردند[۳]. یک نمونه از الگوریتمهای برگرفته از کوانتوم برای فیلترینگ سیگنال EEG، شبکه عصبی کوانتومی بازگشتی (RQNN) است. فیلتر RQNN کیفیت سیگنال مغز EEG به دست آمده، و تفکیک آرتیفکتهای سیگنال را بهبود می‌بخشد. مکانیسم فیلتر RQNN ترکیبی از شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) و مکانیسمها و مفاهیم معماری کامپیوترهای کوانتوم است. مکانیسم کوانتومی RQNN که بر مبنای معادله موج Schrodinger است سبب شد که شبکه عصبی مرکزی به طور کارآمدی با فیلترینگ سیگنال EEGمقابله کند. علاوه بر این کهRNN از یک الگوریتم یادگیری بدون نظارت استفاده می‌کند، ولی فیلتر را به ابزار قدرتمندی برای دریافت رفتار آماری سیگنال مغز EEG تبدیل می‌کند. فیلتر RQNN، نتیجه قابل توجهی را برای نسبت نویز به سیگنال برای فیلترینگ سیگنال EEG در مقایسه با روش فیلتر RNN نشان می‌دهد [۳]. اشکال اصلی فیلترهای مبتنی بر شبکه عصبی، این است که پیاده سازی آنها بر روی یک چیپ سخت افزاری پوشیدنی با محدودیتهای اندازه با توجه به نیاز به مقادیر عظیم سیم و مدار برای اجرای شبکه عصبی کار دشواری است، به طوریکه آن برای کاربردهای متعددی در پزشکی مثل چیپهای پیش بینی حمله (در صرع) [۱۵،۲۲] و تشخیص بیماری آلزایمر [۱۸] مناسب نیست.

۳-۵- فیلترینگ فضایی

مفهوم فیلترینگ فضایی، یعنی استفاده از تعداد اندکی از کانالهای جدید که یک ترکیب خطی از کانالهای اصلی بازخوانی سیگنال مغز EEG هستند [۲]. به طور کلی، فیلتر فضایی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$\tilde{x}=\sum_i w_i\ x_i=wX$

که در اینجا $\tilde{x}$ سیگنال فیلترشدهٔ فضایی است، x_i سیگنال EEG از کانال i است، w_i وزن داده شده به کانال در فیلتر فضایی است و x ماتریس اصلی سیگنالهای مغز EEG از همه کانال‌ها می‌باشد.

فیلترینگ فضایی یک مفهوم نوروفیزیولوژیکی دارد، زیرا با جمع آوری اطلاعات مربوط به کانالهای EEG مختلف، به بهبود سیگنال اصلی مغز کمک می‌کند. علاوه بر این، ابعاد کانالهای EEG را به تعداد کمتری از سیگنالهای فیلتر شدهٔ فضایی کاهش می‌دهد. بطوریکه می‌توان از فیلترینگ فضایی برای کاهش فضا، فیلتریگ سیگنال و بازیابی سیگنال اصلی مغز بطور همزمان استفاده کرد.

۳-۶- فیلتر مبتنی بر توزیع کوشی

تکنیک فیلتر مبتنی بر توزیع کوشی که در [۱۵] ارائه شد، در چیپ تشخیص حمله ناگهانی (صرع) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پیاده سازی سخت افزاری فیلتر را می‌توان تحت محدودیت اندازه چیپهای BCI برای چیپهای تشخیص پزشکی مغز بکار برد. فیلتر پیشنهادی مبتنی بر توزیع کوشی، نویزهای ضربه‌ای را مورد هدف قرار می‌دهد، زیرا این یک توزیع دم بلند است که برای تشخیص تغییرات ناگهانی در نویز، قویتر از توزیع گاوسی است. توزیع کوشی آرتیفکتهای ضربه‌ای را در مشاهدات EEG مانند EMG و EOG توصیف می‌کند. تابع تراکم احتمال توزیع کوشی از این قرار است:

$c(\tilde{x}.\mu.s)=1/(s\pi(1+ [((\tilde{x}-\mu))/s)]\ ^2))$

که در اینجا μ پارامتر موقعیت مکانی است که مکان اوج توزیع کوشی را نشان می‌دهد و S پارامتر مقیاس است که نصف پ۰هنا را در نیمی از ماکسیموم مشخص می‌کند.

تابع مشاهدات نویز بصورت زیر تعریف می‌شود:

$z_t=Wx_t+u_\upsilon \qquad u_t\sim C(\tilde{x};0.s)$

درجاییکه یک بردار با ویژگی n بعدی است که مشاهده را در زمان t نشان می‌دهد، x_t بصورت زیر تعریف می‌شود:

$x_t= [(x_t^0.x_t^1.\cdots.x_t^q)]\ ^T$

که در اینجا x_t^i نسبت x_t را به توان i نشان می‌دهد، W یک ماتریس $n\times(q+1)$ است که شامل ضرایب یک تابع چندجمله‌ای می‌باشد، u_t نویز مشاهدات سیگنال است.

EOG و EMG با تغییرات ناگهانی در سیگنال مغز EEG مانند نوسانات بزرگ و فرکانس‌های بالا، اجرا می‌شوند. فیلتر کوشی می‌تواند به طور موثری برای فیلتر کردن این آرتیفکتها بخصوص در کاربردهای پزشکی مثل حملات ناگهانی صرع بکار رود.

۴-نتیجه گیری

فیلترینگ سیگنال مغز EEG، مرحله مهمی در مرحله پیش پردازش BCI برای آماده سازی یک سیگنال کارآمد برای تشخیص و طبقه بندی مراحل یادگیری است. برای انتخاب مؤثر روشها و استفاده از آنها برای مواجهه با حذف آرتیفکتهای

سیگنال مغز EEG، می‌بایست در مورد سیستم BCI تصمیم گیری شود و باید تمام محدودیتهای سخت افزاری برای انتخاب روش مناسب و آسان برای فیلترینگ و پیش پردازش سیگنال مغز EEG مشخص شود. سیستم‌های BCI برای حذف چند آرتیفکت از ثبت سیگنال مغز EEG، دارای الزامات مختص به خود هستند. این مقاله قابل توجه ترین رویکرد فیلتر را برای کاربردهای مختلف BCI نشان می‌دهد. کاربردهای پزشکی که به ویژه به تشخیص آنلاین بیماریهایی مانند حمله ناگهانی صرع مربوط می‌شوند، محدودیت‌های محدودی در مورد اجرای سخت افزار دارند. در چنین موردی، یک تکنیک فیلترینگ خوب با پیاده سازی سخت افزاری مناسب و آسان مورد نیاز است. برنامه‌های نرم افزاری بازی و امنیتی که هیچ محدودیتی در مورد اجرای سخت افزار ندارند، می‌توانند از تکنیکهای قدرتمندتر فیلترینگ مثل شبکه‌های عصبی استفاده کنند.

مراجع

[1] E. A. Curran and S. J. Maria, S. J, "Learning to control brain activity: A review of the production and control of EEG components for driving brain–computer interface (BCI) systems", Brain and Cognition, vol. 51, no. 3, April 2003, pp. 326–336.

[2] M. Honing and D. Messerschmitt, "Adaptive Filters: Structures, Algorithms and Applications", ISBN-13: 978- 0898381634, 1984, Kluwer Academic Publishers.

[3] V. Gandhi, V. Arora, G. Prasad, D. Coyle and T. M. McGinnity, "A novel EEG signal enhancement approach using a recurrent quantum neural network for a brain– computer interface," in Proc. 3rd Eur. Conf., Tech. Assist. Rehabil., Mar. 2011, pp. 1–8.

[4] Z. S. Zaghloul and M. Bayoumi, "Implementable Spike Sorting techniques for VLSI wireless BCI/BMI implants: A survey," 5th International Conference on Energy Aware Computing Systems & Applications, Cairo, 2015, pp. 1-4

[5] P. Horki, T. Solis-Escalante, C. Neuper, "Combined motor imagery and SSVEP based BCI control of a 2 DoF artificial upper limb" , Medical & Biological Engineering & Computing, May 2011, vol. 49, no. 5, pp 567–577

[6] A. Jackson, C. T. Moritz, J. Mavoori, T. H. Lucas and E.

[7] E. Fetz, "The neurochip BCI: towards a neural prosthesis for upper limb function," in IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 14, no. 2, June 2006, pp. 187-190.

[8] Z. S. Zaghloul and M. Bayoumi, "Toward fast low power adaptive spike sorting VLSI chip design for wireless BCI implants," 2015 IEEE 58th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), Fort Collins, CO, 2015, pp. 1-4.

[9] Y. Chae, J. Jeong and S. Jo, "Toward Brain-Actuated Humanoid Robots: Asynchronous Direct Control Using an EEG-Based BCI," in IEEE Transactions on Robotics, vol. 28, no. 5, Oct. 2012, pp. 1131-1144.

[10] Z. Saad Zaghloul and M. Bayoumi, "Adaptive neural matching online spike sorting VLSI chip design for wireless BCI implants," 2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), South Brisbane, QLD, 2015, pp. 977-981.

[11] D. Nurseitov, A. Serekov, A. Shintemirov and B. Abibullaev, "Design and evaluation of a P300-ERP based BCI system for real-time control of a mobile robot," 2017 5th International Winter Conference on Brain- Computer Interface (BCI), Sabuk, 2017, pp. 115-120.

[12] M. van de Velde, G. van Erp, PJ. Cluitmans PJ., "Detection of muscle artifact in the normal human awake EEG," Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, vol. 107, no. 2, April 1998, pp. 149– 158.

[13] M. K. Bashar, I. Chiaki and H. Yoshida, "Human identification from brain EEG signals using advanced machine learning method EEG-based biometrics," 2016 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES), Kuala Lumpur, 2016, pp. 475-479.

[14] Y. Wang et al., "A Cauchy-Based State-Space Model for Seizure Detection in EEG Monitoring

Systems," in IEEE Intelligent Systems, vol. 30, no. 1, pp. 6-12, Jan.-Feb. 2015.

[15] D. Coyle, J. Principe, F. Lotte and A. Nijholt, "Guest Editorial: Brain/neuronal - Computer game interfaces and interaction," in IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, vol. 5, no. 2, pp. 77-81, June 2013.

[16] L. Liao, C. Chen, I. Wang, S. Chen, S. Li, B. Chen, J. Chang and C. Lin, "Gaming control using a wearable and wireless EEG-based brain-computer interface device with novel dry foam-based sensors," Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, vol. 9, no. 5, January 2012, pp. 1-11.

[17] W. L. Woon, A. Cichocki, F. Vialatte and T, Musha, "Techniques for early detection of Alzheimer's disease adsorption of proteins at surfaces, Science, 252 (1991)1164.

using spontaneous EEG recordings, "Physiological Measurement, vol. 28, 2007, pp. 335–347.

[18] R. Oostenveld, P. Fries, E. Maris, and J. Schoffelen, "FieldTrip: open source software for advanced analysis of MEG, EEG, and invasive electrophysiological data," Neuroscience, article 1, January 2011, 9 pages.

[19] J. R. Wolpawa,b, N. Birbaumerc, D. J. McFarlanda, G. Pfurtschellere, T. M. Vaughan, "Brain–computer interfaces for communication and control," Clinical Neurophysiology, vol. 113, March 2002, pp. 767–791.

[20] T. W. Picton, P. van Roon, M. L. Armilio, "The correction of ocular artifacts: a topographic perspective," Clinical Neurophysiology, vol. 111, no. 1, January 2000,pp. 53–65.

[21] N. Elsayed, Z. S. Zaghloul, M. Bayoumi, "BCI/AIS Low Power Adaptive Architecture for Early Prediction of Epilepsy Seizures," 15th IEEE International New Circuits and Systems Conference (NEWCAS), Strasbourg, France, June 2017, in press.

[22] A. GuruvaReddy, S. Narava, "Artifact Removal from EEG Signals," International Journal of Computer Applications, vol. 77, no. 13, September 2013, pp. 17-19.

[23] D. Craven, B. McGinley, L. Kilmartin, M. Glavin and E. Jones, "Adaptive Dictionary Reconstruction for Compressed Sensing of ECG Signals," in IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, vol. 21, no. 3, May 2017, pp. 645-654.

[24] S. R. Benbadis and K. Lin, "Errors in EEG Interpretation and Misdiagnosis of Epilepsy," European Neurology, vol. 59, 2008, pp. 267–271.

[25] D. V. Morettia, F. Babilonia, F. Carduccia, F. Cincottia,E. Remondinia, P.M. Rossinib, S. Salinarie, C. Babiloni, "Computerized processing of EEG–EOG–EMG artifacts for multi-centric studies in EEG oscillations and event- related potentials," International Journal of Psychophysiology, vol. 47, no. 3, March 2003, pp. 199– 216.

بررسی ساختار و عملکرد حسگرهای نوری

رامین عبدلی[۱]، آزاد رحیمی[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و حرفه‌ای یزدان پناه سنندج Abdoliramin51@gmail.com

[۲]هیئت علمی، دپارتمان مهندسی برق دانشگاه فنی و حرفه ای کردستان، ایران Azad2705@Gmail.com

چکیده: حس‌گرها در بسیاری از دستگاه‌های اندازه‌گیری وجود دارند. درواقع وظیفه اصلی حس‌گرها تبدیل یک کمیت فیزیکی به یک سیگنال الکتریکی است. حس‌گرها نقش بسزایی در مهندسی کنترل ایفا می‌کنند. این حس‌گرها انواع مختلفی دارند که بسته به نیاز مهندسین تغییر می‌کنند. حس‌گرها ابزارهایی هستند که به‌اندازه گیری کمیت‌های فیزیکی می‌پردازند که این موضوع رابطه ابزار دقیق و مهندسی برق را پیش از گذشته تحت تأثیر خود قرار می‌دهد؛ زیرا با اندازه‌گیری صحیح می‌توان کنترلی دقیق از پروسه‌ها را داشت و نتیجه‌ای مؤثر در صنعت را مشاهده کرد. حس‌گر نوری یکی از مهم‌ترین حس‌گرهایی است که به‌طور گسترده در صنعت، زیست پزشکی و محیط‌زیست و غیره برای اندازه‌گیری، نظارت و کنترل کاربرد دارند.

کلیدواژه‌ها: *حسگر نوری، پرتو نوری، حسگر نوری رفلکتوری*

۱- مقدمه

حس‌گر نوری، نوعی دیگر از حس‌گرهای مجاورتی می‌باشند که بر اساس ارسال و دریافت نور مدوله‌شده کار می‌کنند. نور مدوله‌شده پالس‌هایی با فرکانسی مابین ۳۰-۵ کیلوهرتز است و استفاده از نور مدوله‌شده سبب بالا رفتن رنج تشخیص حس‌گر و همچنین پایین آمدن اثر نور محیط بر روی حس‌گر می‌شود، این نورمی تواند در طیف نور مرئی سبز تا نور نامرئی مادون‌قرمز باشد. البته بیشتر در ساخت حس‌گرهای نوری از نور مادون‌قرمز با طول‌موج ۸۸۰ میلی‌متر استفاده می‌شود، علت این امر تداخل کم‌نور مادون‌قرمز با نور محیط و بالا رفتن فاصله سوئیچینگ حس‌گر است. بر روی حس‌گرهای نوری یک پتانسیومتر به‌منظور تنظیم حساسیت حس‌گر نصب می‌شو[۲].

حس‌گرهای نوری توانایی تشخیص جنبه‌های فیزیکی مختلفی رادارند. از سنجش یک بطری در حال حرکت بر روی نوار نقاله گرفته تا سنجش و مراقبت کردن از ربات‌های میلیون دلاری که قطعات مختلف را بلند کرده و درون یک خودرو قرار می‌دهند. تصور کردن دنیا بدون حس‌گرهای نوری بسیار دشوار است؛ بدون این حس‌گرها همچون افراد نابینا در دنیای اتوماسیون صنعتی و کارخانه‌ها هستیم. در این مقاله ابتدا به سراغ ساختار حس‌گرهای نوری و مزیت‌ها و معایب آن‌ها می‌رویم. سپس نگاهی گذرا به طراحی ساختار درونی این حس‌گرها می‌اندازیم.

ویژگی‌های حس‌گر نوری

- نیازی به تماس با اشیاء ندارند.
- توانایی تشخیص اجسام از فواصل دور رادارند.
- دیرتر خراب‌شده و دوام طولانی دارند.
- سرعت پاسخ‌دهی بالایی دارند (مثلاً کمتر از یک میلی‌ثانیه).
- توانایی تشخصی اشیاء و مواد مختلف رادارند.

این چند مورد فقط بخشی از ویژگی‌های اصلی حس‌گرهای نوری است. این حس‌گرها از پرفروش‌ترین تجهیزات صنعتی در شرکت‌های معتبر هستند.

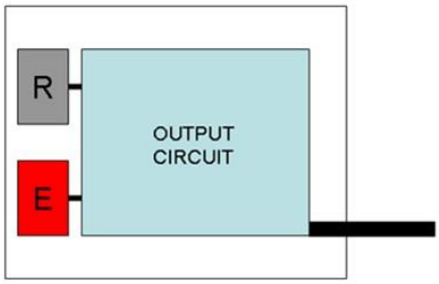
۲- طراحی و ساختار حس‌گر نور

۲-۱- نمای داخلی

I. فرستنده [۱]

II. گیرنده [۲]

III. مدار خروجی



شکل ۱ نمای داخلی حسگر نوری

۲-۲- فرستنده[۳]

امروزه حس‌گرهای نوری با دیودهای ساطع کننده نور کار می‌کنند. نوری که از حس‌گر فرستاده می‌شود از نوع داده‌های قطار پالسی است. استفاده از این الگوریتم پالسی مشخص، به حس‌گر این امکان را می‌دهد که بین نور ارسالی از حس‌گر و نورهای محیطی مانند نور خورشید تمایز قائل شود. رایج‌ترین دیودهای ساطع کننده نور که در صنعت و حس‌گرها به‌کاربرده می‌شوند عبارت‌اند از دیود نورانی قرمز، دیود مادون‌قرمز (نور نامرئی) و دیود لیزری. همچنین برای بعضی از کاربردهای خاص از دیودهای سبز یا سفید استفاده می‌شود.

۲-۳- گیرنده

گیرنده‌ی یک حس‌گر معمولاً از نوع ترانزیستوری است. گیرنده می‌تواند نور را تشخیص داده و به یک سیگنال آنالوگ کوچک تبدیل کند. امروزه اغلب حس‌گرهای نوری از یک مدار مجتمعی که ASIC نامیده می‌شود، استفاده می‌کنند. جایی که عناصر موردنیاز، تقویت‌کنندگی، پردازش و عملکرد حس‌گرها به‌صورت مجتمع بر روی یک تراشه نیمه‌هادی قرارگرفته‌اند. آخرین نسخه‌های حس‌گرهای نوری شرکت امرن به این شیوه تولید می‌شوند. برای تشخیص عبور اجسام و احساس کردن اجسام توسط حس‌گر نوری، روش‌های مختلفی وجود دارد. گیرنده ممکن است عبور یک شیء را به‌صورت مستقیم و قطع شدن سیگنال دریافتی از امیتر تشخیص دهد (حس‌گر نوری دوطرفه) یا اینکه با بازتاب نور از اجسام، عبور آن‌ها را تشخیص دهد (حس‌گر نوری یک‌طرفه). در بخش بعدی همه‌ی حالت‌های کاری حس‌گرهای نوری را بررسی خواهیم کرد.

۲-۴- بخش خروجی

مدار خروجی سیگنال آنالوگ دریافتی از گیرنده (مدار ASIC درون گیرنده) را به یک سیگنال ON/OFF تقویت‌شده تبدیل می‌کند تا بتوانیم از این سیگنال تقویت‌شده در شمارنده‌ها و تایمرها یا کاربردهای دیگر استفاده کنیم. اگرچه هنوز هم طراحی‌های قدیمی که با منبع تغذیه و رله‌های خروجی ساخته می‌شدند، رایج‌تر هستند اما امروزه در حس‌گرهای نوری از ترانزیستورهای NPN و PNP در خروجی‌شان استفاده می‌شود. همچنین برخی از حس‌گرها این قابلیت رادارند که سیگنال آنالوگی را برای برخی کاربردها و نیازهایمان تولید کنند.

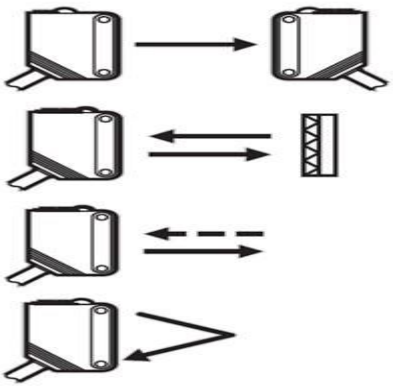
۳- شرایط کاری

۳-۱- انواع حس‌گر

در این بخش بر روی ۴ حالت کاری اصلی حس‌گرهای نوری تمرکز می‌کنیم.

- حس‌گر نوری دوطرفه
- حس‌گر نوری آینه‌ای
- حس‌گر نوری یک‌طرفه
- حس‌گرهای نوری یک‌طرفه

نوعی خاص از در این بخش با جزئیات بیشتر به بررسی این چهار حالت پرداخته و بررسی اجمالی پیرامون مزیت‌ها و معایب هر حالت و کاربرد هر حالت، خواهیم داشت.



[۱] Emitter

[۲] Receiver

[۳] Light emitter

.شکل ۲ نحوه کارکرد انواع حسگر نوری

۳-۱-۱- حس‌گرهای نوری دوطرفه

حس‌گر نوری دوطرفه بر اساس ارسال نور مدوله‌شده در قسمت فرستنده و دریافت این نور توسط گیرند ای که در مقابل فرستنده نصب می‌شود، عمل می‌نماید. در این نوع حس‌گر فرستنده و گیرنده مجزا از یکدیگر می‌باشند و نور مدوله‌شده توسط فرستنده ارسال می‌شود و گیرنده‌ای که در مقابل فرستنده نصب‌شده است این نور را دریافت می‌کند و درصورتی‌که مابین فرستنده و گیرنده مانعی قرار گیرد دیگر نور توسط گیرنده دریافت نمی‌شوند درنتیجه حس‌گر وجود مانع را تشخیص داده و خروجی حس‌گر تغییر وضعیت می‌دهد. حس‌گر نوری دوطرفه بیشترین فاصله سوئیچینگ را در بین انواع حس‌گرهای نوری دارد، فاصله سوئیچینگ این حس‌گر در برخی موارد به بیش از ۱۰۰ متر نیز می‌رسد.

۳-۱-۲- ویژگی‌ها:

توانایی تشخیص در فواصل زیاد و حافظه‌ی بالا (مثلاً مدل E3Z-T82شرکت امرن، توانایی تشخیص تا فاصله‌ی ۳۰ متر را دارد).

تشخیص موقعیت دقیق اشیاء

قابل‌اعتماد بودن و خطای بسیار ناچیز (تشخیص تمامی اشیاء به‌جز اجسام بسیار شفاف امکان‌پذیر است)

۳-۱-۳- معایب:

- زمان زیاد برای تنظیم کردن و به کار انداختن
- نیاز به دو کابل اتصال (نصب و سیم‌کشی طولانی‌تر)

هزینه بیشتر

۳-۱-۴- کاربردها

گیت‌های ورودی. معمولاً در گیت‌های ورودی شیشه‌های خاکستری یا بی‌رنگ وجود دارد. برای تشخیص عبور افراد در این شیشه‌ها بایستی از حس‌گرهای باقدرت تشخیص بالا استفاده کرد.

محیط‌های سخت، جاهایی که به حس‌گرهای با حافظه بالا و ذخیره‌سازی قوی نیاز است مانند کارواش‌ها و محیط‌های آلوده.

در اتوماسیون کارخانه‌ها، به‌خصوص مواقعی که جاگذاری دقیق اشیاء نیاز است.

۳-۱-۵- حس‌گرهای نوری رفلکتوری

حس‌گر نوری رفلکتوری بر اساس نور مدوله‌شده و دریافت انعکاس این نور از رفلکتور عمل می‌کند. در این حس‌گر بخش فرستنده و گیرنده در کنار یکدیگر در داخل یک کیس نصب می‌شوند و نور مدوله‌شده در فضا منتشر می‌شود، در روبروی حس‌گر یک رفلکتور نصب می‌گردد و با برخورد این نور به رفلکتور نور تحت زاویه‌ای معین به‌صورت یک خط مستقیم به سمت گیرنده حس‌گر انعکاس داده می‌شود، درصورتی‌که یک مانع در مسیر انعکاس این نور قرار گیرد، دیگر امکان دریافت این نور توسط گیرنده فراهم نیست درنتیجه حس‌گر وجود مانع را تشخیص داده و خروجی حس‌گر تغییر وضعیت می‌دهد. حس‌گر نوری رفلکتوری فاصله سوئیچینگ بیشتری نسبت به حس‌گر نوری یک‌طرفه دارد اما فاصله سوئیچینگ آن کمتر از حس‌گر نوری دوطرفه است. به‌طورمعمول فاصله سوئیچینگ این حس‌گر حدود ۱۰ متر است.

۳-۱-۶- کاربردها

حس‌گرهای نوری آینه‌ای، پرکاربردترین حس‌گرهای نوری‌ای هستند که در اتوماسیون کارخانه استفاده می‌شوند.

- نوار نقاله‌ها
- اتوماسیون کارخانه‌ها
- تشخیص بطری‌های خالی و شفاف
- گیت‌ها و درهای ورودی (در ساختمان‌سازی‌ها)

۳-۱-۷- حس‌گرهای نوری یک‌طرفه

حس‌گرهای نوری یک‌طرفه بر اساس ارسال نور مدوله‌شده و دریافت بازتابش این نور از سطوح مختلف کار می‌کنند. در این حس‌گر بخش فرستنده و گیرنده در کنار یکدیگر در داخل یک کیس نصب می‌شوند. در حس‌گر نوری یک‌طرفه، نور مدوله‌شده توسط فرستنده به‌طور مستقیم در فضا پخش می‌شود، درصورتی‌که این نور به مانعی برخورد کند به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم منعکس می‌شود که میزان انعکاس این نور بستگی به رنگ، نوع سطح، حجم و زاویه مانع دارد. انعکاس سطوح روشن و صیقلی بیش از سطوح تیره و غیر صیقلی بوده، نور انعکاس یافته توسط گیرنده این حس‌گر دریافت و درصورتی‌که میزان این نور به حد کافی باشد خروجی تغییر وضعیت می‌دهد. دقت شود که فاصله سوئیچینگ این نوع حس‌گر بستگی به میزان انعکاس نور مدوله‌شده دارد لذا سطوح روشن و صیقلی از فاصله دوری قابل‌تشخیص می‌باشند. فاصله سوئیچینگ این حس‌گر بر اساس

مقوای سفید با سطح صاف بیان می‌شود و برای محاسبه فاصله سوئیچینگ برای سایر اجسام می‌توان از ضریب تصحیح استفاده کرد.

همان‌طور که بیان شد رنگ اجسام در تشخیص آن‌ها بسیار مؤثر است، به‌طورکلی حس‌گرهای نوری یک‌طرفه قادر به تشخیص این اجسام روشن با سطح بازتابش صیقلی مانند اجسام زیر می‌باشند:

- مقوا بارنگ‌های روشن
- پارچه بارنگ‌های روشن
- شیشه‌های روشن
- پلاستیک‌های روشن

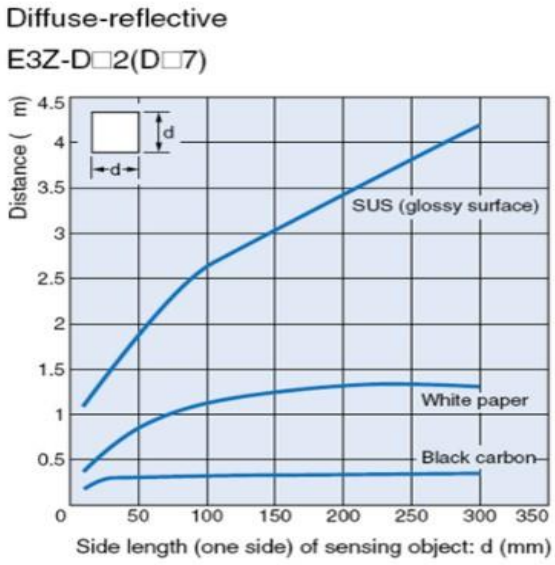
دقت شود که این نوع حس‌گر قادر به تشخیص پلاستیک‌های مات سیاه، لاستیک‌های سیاه و پارچه‌های تیره نیست و برای تشخیص این اجسام می‌توان از دو نوع دیگر حس‌گر نوری (رفلکتوری و دوطرفه) استفاده کرد، البته این اجسام را می‌توان توسط حس‌گرهای خازنی و اولتراسونیک هم تشخیص داد. برای نصب حس‌گرهای یک‌طرفه می‌بایست دقت شود که زمینه پشت حس‌گر نور را جذب یا منحرف کند تا درصورتی‌که مانعی روبروی حس‌گر وجود نداشت، نور منعکس‌شده به حس‌گر باعث فعال شدن حس‌گر نشود. حس‌گر نوری یک‌طرفه کمترین فاصل سوئیچینگ را در بین انواع حس‌گر نوری دارد البته این فاصله نسبت به فاصله سوئیچینگ حس‌گرهای القایی و خازنی بسیار بیشتر است، فاصله سوئیچینگ برای حس‌گرهای نوری یک‌طرفه در حدود ۲ متر است.

۳-۱-۸- مزایا

- راحتی نصب و تنظیم کردن
- یک‌تکه بودن و کاهش هزینه

۳-۱-۹- معایب

- برد کم (توانایی تشخیص برای مسافت‌های کم-مثلا E3Z-D نهایتاً ۱ متر)
- خطا در تشخیص رنگ‌های خیلی سفید یا خیلی سیاه.
- دقت و اطمینان کمتر نسبت به حس‌گرهای دوطرفه و آینه‌ای
- اگر پشت اجسامی که می‌خواهیم شمارش کنیم، سطحی براق و روشن باشد، عملاً از این حس‌گرها نمی‌توانیم استفاده کنیم.
- برد حس‌گر و مسافتی که قادر به تشخیص اجسام است، بسیار وابسته به رنگ، ابعاد و ساختار اجسام دارد.
- در نمودار زیر، تأثیر تفاوت رنگ سطح اجسام مختلف در حس کردن حس‌گر را مشاهده می‌کنیم. از سه جسم با سطح جانبی سفید، مشکی و فولاد ضدزنگ استفاده‌شده است.



شکل ۳ نمودار تفاوت رنگ سطح اجسام مختلف در حس کردن حس‌گر

۳-۱-۱۰- کاربردها

اتوماسیون صنعتی درزمینه‌ی حمل

صنعت تولید سرامیک (مواردی که با پرتوهای گسترده سروکار داریم)

۴- مراجع

[1] Zhengyin Shi, Shenglin Zhao, Shan-an Zhu "An Internet-based electrical engineering virtual lab: Using Modelica for unified modeling", College of Electrical Engineering, Zhejiang University, n 03 March 2017.

[2] William Gerard Hurley, Senior Member, IEEE, and Chi Kwan Lee, "Development, Implementation, and Assessment of a Web-Based Power Electronics Laboratory", IEEE TRANSA TIONS ON EDUCATION, VOL.48, NO.4, Nov. 2005, pp.567-573.

[3] C. Schmid, "The virtual control lab VCLab for education on the web", Proc. Amer. Control Conf., vol. 2, pp.1314 -1318 1998.

[4] Donzellini, G. Ponta, D. "A Simulation Environment for e-Learning in Digital Design", Industrial Electronics, IEEE Transactions on, Volume: 54 Issue 6 pp. 3078 - 3085, Dec. 2007.

[5] B. L. Sturm and J. D. Gibson, "Signals and systems using MATLAB:An integrated suite of applications for exploring and teaching media signal processing," in Proc .. 35th Frontiers in Education Cont', Indianapolis, IN, Oct. 2005, pp. F2E-21-F2E-25.

[6] M. de Magistris, "A MATLAB-based virtual laboratory for teaching introductory quasi-stationary electromagnetics," IEEE Trans. Educ., vol.48, no. I, pp. 81-88, Feb. 2005.

[7] P. Fritzson, "Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1", Wiley-IEEE Press, Piscataway, NJ, 2004.

[8] Dempsey, M. "Dymola for Multi-Engineering Modelling and Simulation", Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC '06. 1 EEE, pp.l, 2006.

[9] W. Li, A. Abel, K. Todtennuschke, and T. Zhang, "Hybrid Vehicle Power Transmission Modeling and Simulation with SimulationX", Proceedings of International Conference on Mechatronics and Automation (lCMA'07), Linkiiping, Sweden, pp.l71 0-1717, 2007.

[10] V. Hiupic, "Simulation software an Operational Research Society survey of academic and industrial users", Proceedings of the 32nd Conference on Winter Simulation, Orlando, Florida, Vo1.2, pp.1676-1683, 2000.

[12] http://java.sun.com/j2ee/overview.html

استفاده از یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای امنیت در اینترنت اشیا

محمدحسین شیرازی[۱]
[۱]دانشجوی کارشناسی مهندسی کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی shirazimohammadhosain@yahoo.com

چکیده: اینترنت اشیا توانسته است میلیون‌ها ابزار هوشمند را با حداقل دخالت انسان به هم مرتبط کند. اینترنت اشیا می‌توان گفت سریع‌ترین حوزه پیشرفت در کامپیوتر است به‌گونه‌ای که تخمین زده می‌شود تا پایان سال ۲۰۲۰ حدود ۵۰ میلیون ابزار هوشمند از این طریق باهم مرتبط شوند. بااین‌حال، به دلیل مفهوم اینترنت اشیا و گسترش چند رشته‌ای آن چالش جدید در امنیت ایجادشده است. یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در مهروموم‌های اخیر پیشرفت‌های چشمگیری داشته‌اند و مبحث هوش ماشین از بحث‌های تئوریک و کتابخانه‌ای به‌صورت عملی در چندین برنامه مهم استفاده‌شده‌اند. درنتیجه، سیستم‌های اینترنت اشیا باید از حالت ارتباطات امنیتی فعلی به یک حالت هوشمند پایه‌ای که قادر به استفاده از روش‌های هوش مصنوعی در آن‌ها است تغییر یابد. برای رسیدن به این هدف نیاز است تا بررسی‌های بسیار جامعی درروش مای یادگیری ماشین و پیشرفت‌های اخیر یادگیری عمیق که می‌توانند روش‌های امنیت برای اینترنت اشیا را پیشرفت بدهند صورت گیرد.

کلیدواژه‌ها: *امنیت اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، یادگیری عمیق*

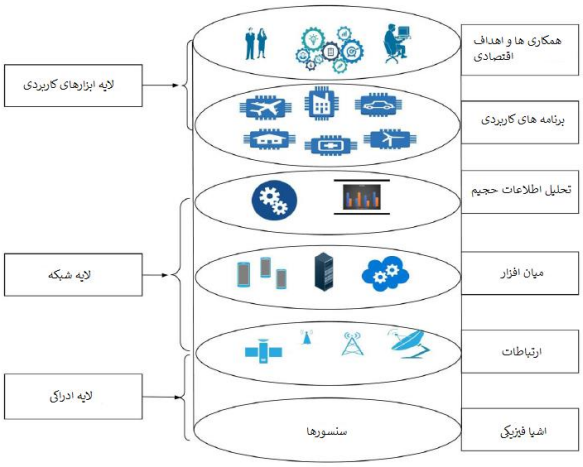
۱- مقدمه

اینترنت اشیا توانسته است میلیون‌ها ابزار هوشمند را با حداقل دخالت انسان به هم مرتبط کند. اینترنت اشیا می‌توان گفت سریع‌ترین حوزه پیشرفت در کامپیوتر است به‌گونه‌ای که تخمین زده می‌شود تا پایان سال ۲۰۲۰ حدود ۵۰ میلیون ابزار هوشمند از این طریق باهم مرتبط شوند[۱،۲]. بااین‌حال، به دلیل مفهوم اینترنت اشیا و گسترش چند رشته‌ای آن چالش جدید در امنیت ایجاد شده است. پیاده‌سازی ابزار امنیتی مانند رمزگذاری، تشخیص هویت ، کنترل دسترسی ، امنیت شبکه و برنامه‌ها برای اینترنت اشیا به دلیل آسیب‌پذیری ذاتی آن نشان‌دهنده غیر مؤثر بودن این ابزار امنیتی است. ازاین‌رو، روش‌های امنیتی موجود باید برای برجا ماندن سیستم اینترنت اشیا، کامل‌تر شوند[۳]. یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، در مهروموم‌های اخیر پیشرفت‌های چشمگیری داشته‌اند و مبحث هوش ماشین از بحث‌های تئوریک و کتابخانه‌ای به‌صورت عملی در چندین برنامه مهم استفاده‌شده‌اند. درنتیجه، سیستم‌های اینترنت اشیا باید از حالت ارتباطات امنیتی فعلی به یک حالت هوشمند پایه‌ای که قادر به استفاده از روش‌های ML/DL (Machine Learning/Deep Learning) در آن‌ها است تغییر یابد. برای رسیدن به این هدف نیاز است تا بررسی‌های بسیار جامعی در روش‌های یادگیری ماشین و پیشرفت‌های اخیر یادگیری عمیق، که می‌توانند روش‌های امنیتی برای اینترنت اشیا را پیشرفت دهند، صورت گیرد.

۲-دیدگاه کلی در مورد اینترنت اشیا

در این قسمت می‌خواهیم یک دیدگاه کلی در مورد کلیات سیستم اینترنت اشیا بیان کنیم. اینترنت اشیا توانست اشیا فیزیکی معمول را با استفاده از تکنولوژی‌هایی مانند تکنولوژی ارتباطات، پروتکل‌های اینترنتی و برنامه‌ها و همچنین شبکه سنسورها و

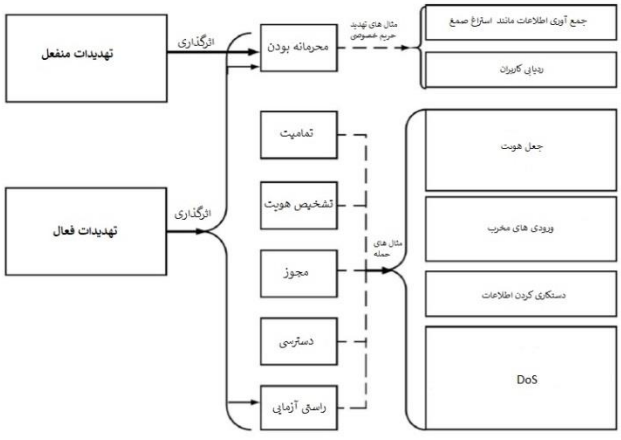
فراگیری و همه‌گیری محاسبات آن‌ها به اشیایی هوشمند تبدیل کند[۴]. استفاده از یک سیستم بی‌عیب و نقص اینترنت اشیا برای قسمت‌های دانشگاهی و همچنین صنعت با توجه به بازه وسیع برنامه‌های کاربردی که می‌توانند یک شهر هوشمند را به‌واسطه میلیون‌ها ارتباط ایجاد کنند، حیاتی و بسیار مهم است. اینترنت اشیا به‌عنوان یک مدلی از ارتباطات داخلی بسیار وسیع دستگاه‌ها و سیستم‌های ناهمگون، که با الگوهای متفاوت مانند: اشیا به اشیا، فردبه‌فرد یا فرد به اشیا به هم متصل شده‌اند، شناخته می‌شود[۴]. معماری اینترنت اشیا به‌طورکلی شامل سه لایه به نام‌های ابزارهای کاربردی، شبکه و ادراک می‌شوند[۵]. در شکل ۱ این معماری به‌صورت جزئی‌تر و ساده شده دسته‌بندی شده است.



شکل ۱ : معماری اینترنت اشیا

۳-تهدیدات امنیتی اینترنت اشیا

اینترنت اشیا توانسته است اینترنت را با دنیای فیزیکی ادغام کند تا بتواند یک رابطه هوشمند بین اشیا فیزیکی و محیط پیرامون آن‌ها به وجود آورد. در حالت کلی، دستگاه‌های اینترنت اشیا در محیط پراکنده شده‌اند تا بتوانند به هدف‌های گوناگون را محقق سازند. بااین‌حال، سیستم عامل‌های آن‌ها نیازمند یک امنیت جامع در بحث سایبری و فیزیکی خواهد بود. اینترنت اشیا بسیار پیچیده و چند رشته‌ای است. به‌گونه‌ای که امن ماندن این سیستم با توجه به تعداد بسیار بالای حمله‌ها خود یک چالش بزرگ است. برای برآوردن این نیاز لازم است تا تمهیدات جامعی در نظر گرفته شود. معمولاً دستگاه‌های اینترنت اشیا در محیط‌های کم توجه‌تر مورداستفاده قرار می‌گیرد. متعاقباً متجاوزین می‌توانند به‌راحتی دسترسی فیزیکی به این دستگاه‌ها داشته باشند. دستگاه‌های اینترنت اشیا معمولاً به‌صورت وایرلس به هم متصل هستند و بدین ترتیب فرد متجاوز می‌تواند به‌راحتی اطلاعات شخصی را به‌وسیله استراق صمغ در کانال‌های ارتباطی به دست آورد. این دستگاه‌ها نمی‌توانند سیستم-های پیچیده امنیتی را به دلیل محدودیت‌ها در قدرت محاسبات و منابع انرژی پشتیبانی کنند. بنابراین حفظ امنیت سیستم‌های اینترنت اشیا بسیار وظیفه چالش‌برانگیز و پیچیده‌ای خواهد بود. هدف اصلی سیستم‌های اینترنت اشیا در دسترس بودن برای همه در هر زمان و هر مکان است و به همین دلیل سطوح مختلف آن برای حمله‌کنندگان بسیار در دسترس خواهد بود. تهدید یعنی عملی انجام شود که از نقاط ضعف سیستم امنیتی بهره‌برداری کند و یک تأثیر منفی بر آن ایجاد نماید[۶]. تعداد بالای از حمله‌ها مانند حمله‌های منفعل (استراق سمع) و حمله‌های فعال (کلاه‌برداری، Sybil، مرد میانی، داده‌های مخرب) می‌توانند بر روی سیستم‌های اینترنت اشیا تأثیرگذار باشند. شکل ۲ نشان‌دهنده تأثیر حمله‌ها بر نیازمندی‌های اصلی امنیتی(تشخیص هویت، سؤالات راستی آزمایی، محرمانه بودن دسترسی و مجوز) است.



شکل ۲ : تهدیدات بالقوه در سیستم‌های اینترنت اشیا

مکانیسم‌های فعلی امنیت باید با توجه به سیستم اینترنت اشیا تقویت شوند. بااین‌حال، اگر عملیات امنیتی فقط در برابر نوع خاصی از تهدیدات ایمن شود قطعاً به‌زودی مدل‌های جدید حمله آن را تسخیر کرده و به‌راحتی حمله‌کنندگان راه‌حل‌های فعلی را دور می‌زنند. برای مثال : حمله‌های قدرتمند(Denial Distributed of Service) DDoS از آدرس‌های تقلبی استفاده می‌کنند تا توسط مدافعین سیستم‌های امنیتی غیرقابل ردیابی باشند. بنابراین حمله‌های بسیار پیچیده‌تر و مخرب‌تر از Mirai برای سیستم‌های آسیب‌پذیر اینترنت اشیا مورد انتظار است. همچنین پی بردن به اینکه کدام روش، برای محافظت از سیستم‌های اینترنت اشیا بهتر است، خود به دلیل گستردگی و متفاوت بودن این سیستم‌ها یک مشکل جدی است[۳].

همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، قابلیت نظارت بر سیستم‌های اینترنت اشیا به‌صورت هوشمندانه می‌تواند برای ما یک روز بدون حمله‌ی را ایجاد کند. یادگیری ماشین و یادگیری عمیق روش‌های بسیار قدرتمند برای کاوش اطلاعات هستند، که می‌توانند رفتارهای عادی و غیرعادی را در رابطه با هرکدام از ابزار اینترنت اشیا با بقیه قسمت‌ها در یک محیط متوجه شوند. اطلاعات ورودی در هر قسمت از سیستم‌های اینترنت اشیا می‌تواند جمع‌آوری‌شده و مورد پژوهش قرار گیرد تا یک الگوی نرمال برای رفتار مقابل عادی مشخص شود، درنتیجه یک رفتار مخرب در همان ابتدا قابل تشخیص است. همچنین، روش‌های ML/DL می‌توانند برای پیش‌بینی حمله‌های آینده مورداستفاده قرار گیرند. این روش‌ها می‌توانند بر اساس مثال‌های فعلی آموزش ببینند، پس می‌توانند حمله‌های ناشناخته جدید را که با تحول نسبت به حمله‌های قبلی صورت می‌گیرد را نیز به‌صورت هوشمندانه پیش‌بینی کنند.



شکل ۳ : نقش بالقوه روش‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در محافظت از اینترنت اشیا

امنیت اینترنت اشیا می‌تواند در ۵ دسته تقسیم‌بندی شود : اینترنت اشیا، تهدیدات امنیتی اینترنت اشیا، روش‌های یادگیری برای امنیت اینترنت اشیا، ML/DL برای امنیت لایه‌ای و مشکلات و چالش‌ها و مسیرهای پیش رو. در ادامه هرکدام از این قسمت‌ها به‌تفصیل موردبحث قرار خواهد گرفت.

سیستم‌های اینترنت اشیا: جنبه‌ای که مشکلات امنیتی اینترنت اشیا را از دیگر مقوله‌های امنیتی متمایز می‌کند این است که در هرلحظه سیستم‌های اینترنت اشیا با گستردگی و پراکندگی بسیار زیاد به‌عنوان یک شبکه، گسترده شده است. این جنبه از ناهمگونی و پیچیدگی موجب معضل در امنیت اینترنت اشیا شده است[۷].

تهدیدات امنیتی اینترنت اشیا: هر لایه از اینترنت اشیا به دلیل سوراخ‌های امنیتی و فعالیت‌هایشان بسیار آسیب‌پذیر هستند. این فعالیت‌ها می‌تواند فعال یا غیرفعال باشد و همچنین می‌تواند از داخل و یا خارج شبکه کنترل شود. یک حمله فعال اپراتور سرویس‌دهنده را تخریب می‌کند درحالی‌که یک حمله منفعل می‌تواند به یکایک اطلاعات شبکه اینترنت اشیا بدون تخریب سرویس‌دهنده حمله کند. تمام لایه‌های دستگاه‌های اینترنت اشیا و سرویس‌های آن‌ها می‌توانند از حمله‌های DoS آسیب ببینند. درنتیجه دستگاه‌ها و

منابع شبکه در مقابل سرویس دادن به مشتری‌ها غیر پاسخگو و از رده خارج می‌شوند[۸].

روش‌های یادگیری برای امنیت اینترنت اشیا: روش‌های یادگیری برای امنیت اینترنت اشیا به دسته‌های ML، DL و(Reinforcement Learning) RL دسته‌بندی می‌شوند. روش‌های ML به دو رویکرد نظارت‌شده و نظارت‌نشده تقسیم می‌شود. رویکرد نظارت‌شده علاوه بر این به دسته‌های(Decision Trees) DT، (Support Vector Machines) SVM، Naive Bayes) NB، (K-Nearest Neighbor) KNN، Random Forest) RF، (Association Rule) AR و(Ensemble Learning) EL نیز دسته‌بندی می‌شود. همچنین روش‌های غیر نظارت‌شده تنها به دو روش(K-Means Clustering) K و (Principal Component Analysis) PCA طبقه‌بندی می‌شود. روش‌های DL نیز به سه رویکرد نظارت‌شده و غیر نظارت‌شده و ترکیبی تقسیم‌شده‌اند. رویکردهای نظارت‌شده به دو دسته(Convolutional Neural Network) CNN و(Recurrent Neural Network) RNN و رویکردهای غیر نظارت‌شده نیز به(Deep Auto Encoder) AE، (Restricted Boltzmann Machines) RBMs و(Deep Belief Network) DBNs دسته‌بندی می‌شوند. به‌تازگی رویکرد ترکیبی نیز به روش‌های(Generative Adversarial Network) GAN و(Ensemble of DL Networks) EDLNs طبقه‌بندی‌شده است. دسته‌بندی برای RL ها وجود ندارد.

ML/DL عمیق برای لایه‌های امنیتی: در این متغیر، لایه‌ها به دسته‌های امنیت لایه‌های حسی ML/DL، امنیت لایه شبکه ML/DL، امنیت لایه کاربردی ML/DL و تکنولوژی‌های در دسترس برای توسعه ML/DL برای اینترنت اشیا گروه‌بندی می‌شوند.

مشکلات و چالش‌ها و مسیرهای پیش رو: در ذیل این متغیر، لیستی از مشکلات و چالش‌ها و مسیرهای پیش رو وجود دارد که استفاده از روش‌های ML/DL می‌تواند این ضعف امنیتی در اینترنت اشیا را کاهش دهد. این مشکلات در دسته‌های اطلاعات، استراتژی‌های یادگیری برای امنیت تأثیرگذار اینترنت اشیا ، چالش‌های ML و DL، ادغام ML/DL با دیگر تکنولوژی‌ها برای امنیت اینترنت اشیا، استفاده از ML/DL برای امنیت بخشی به اینترنت اشیا وابسته به هم، ارتباطات داخلی و محیط اجتماعی، پیچیدگی‌های محاسباتی و مقایسه کردن‌های امنیتی برای برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا تقسیم می‌شوند.

۴- مروری بر استفاده از برنامه‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در امنیت اینترنت اشیا

الگوریتم‌های یادگیری به‌صورت بسیار گسترده‌ای در جهان به دلیل ماهیت خاص حل مسئله آن‌ها موردپذیرش واقع شده‌اند. بعضی از الگوریتم‌ها ساختار ماشین‌هایی که به‌صورت خودکار به دلیل تجربه پیشرفت کرده‌اند را پشتیبانی می‌کنند. اخیراً، یادگیری الگوریتم‌ها بسیار کاربردی شده است. پیشرفت‌های اخیر در بحث الگوریتم‌های یادگیری به دلیل ساختارهای جدید الگوریتمی و در دسترس بودن اطلاعات حجیم و همچنین ظهور الگوریتم‌های محاسباتی کم‌هزینه، اتفاق افتاده است. یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در چند سال اخیر پیشرفت قابل‌توجهی داشته‌اند و شروع این پیشرفت به دلیل تغییر از تحقیقات و پیشرفت‌های کتابخانه‌ای به ماشین‌های کاربردی با برنامه‌های گسترده و کارآمد اتفاق افتاده است[۹]. روش‌های یادگیری ماشین به نیازهای مهندسی آینده توجه دارد درصورتی‌که روش‌های یادگیری عمیق به روش‌های پیشرفته یادگیری جدید که از چندین لایه پردازنده غیرخطی برای متمایز کردن و تولید مفاهیم آینده و دگرگونی الگوهای تجزیه تحلیل استفاده می‌کند رجوع کرده است[۱۰].

در حالت کلی، هدف از الگوریتم‌های یادگیری پیشرفت در کارایی و انجام وظیفه‌ها با کمک تمرین و یادگیری از طریق تجربه است. برای نمونه، در یادگیری تشخیص مهاجم، وظیفه الگوریتم دسته‌بندی رفتارهای سیستم بر اساس طبیعی و غیرطبیعی است. پیشرفت در کارایی، به‌وسیله بالا بردن دقت در دسته‌بندی‌ها و تجربه‌های ناشی

از الگوریتم‌هایی که یاد می‌دهند تا رفتارهای طبیعی یک سیستم شناخته بشود، حاصل می‌گردد. الگوریتم‌های یادگیری به سه دسته مهم تقسیم‌بندی می‌شوند: نظارت‌شده، نظارت‌نشده و یادگیری تقویت‌شده (RL).

روش‌های یادگیری نظارت‌شده بر اساس نقشه‌های آموخته‌شده یک مدل را دسته‌بندی یا پیش‌بینی می‌کنند و با در نظر گرفتن پارامتر-های ورودی به تولید می‌پردازند. به معنای دیگر، این روش‌ها یک رابطه بین پارامترهای ورودی و خروجی‌های موردنیاز برقرار می‌کنند. ازاین‌رو، گام اول در یادگیری نظارت‌شده این است که، مثال-های آموزشی نیازمند هستند تا الگوریتم‌ها را تمرین دهند که بتوانند برای پیش‌بینی یا دسته‌بندی ورودی‌های جدید استفاده شوند. پیشرفت شگفت‌انگیز جدید که در یادگیری نظارت‌شده اتفاق افتاده است ارتباط تنگاتنگ آن با شبکه‌های عمیق است. این شبکه‌ها می‌توانند به‌صورت شبکه‌های چندلایه با واحدهای ورودی که هرکدام از آن‌ها می‌توانند ورودی‌های خود را محاسبه کنند، دیده شود[۱۱،۱۲]

بااینکه بسیاری از مفاهیم یادگیری عمیق، ریشه در روش‌های یادگیری نظارت‌شده دارند، پیشرفت‌های اخیر موجب این شده است که برای سیستم‌های یادگیری عمیق، به اطلاعات آموزشی برچسب خورده ضروری نیازی نیست. این الگوریتم‌های یادگیری جزء روش‌های یادگیری غیر نظارت‌شده است که به‌صورت کلی تلاش در تجزیه‌وتحلیل اطلاعات غیر برچسب خورده دارند. هدف الگوریتم‌های یادگیری غیر نظارت شده دسته‌بندی اطلاعات ورودی در گروه‌های متمایز با بررسی کردن شباهت‌های موجود بین آن‌ها می‌باشد.

نوع سوم یادگیری ماشین، یادگیری تقویت شده است. الگوریتم‌های RL توسط اطلاعات محیطی تعلیم داده می‌شوند. هدف RL این است که محیط اطراف خود را بفهمد و بهترین رویکرد را با توجه به عوامل معین محیط‌های مختلف پیرامون خود پیدا کند. اطلاعات آموزشی در RL در میان یادگیری نظارت شده و غیر نظارت شده قرار می‌گیرد. در تمرین‌های آموزشی، خروجی درست بر اساس ورودی مشخص تعیین می‌شود. در اطلاعات آموزشی RL این‌گونه است که اقدامات به دو دسته صحیح و غلط تقسیم می‌شوند. اگر اقدام صورت گرفته صحیح نباشد، مسئله به‌صورت حل نشده باقی می‌ماند تا اقدام صحیح یافت شود. پس بدین ترتیب، RL یک یادگیری با روش سعی و خطا می‌باشد[۹].

جدول ۱ : روش‌های بالقوه یادگیری ماشین برای امنیت سیستم اینترنت اشیا

روش	کار اصلی	مزایا	معایب	کاربرد بالقوه در امنیت اینترنت اشیا
DT	روش‌های بر پایه DT از یک DT برای ایجاد یک مدل یادگیری استفاده می‌کند تا مدل‌های آموزشی را دوباره به‌صورت شاخه و برگ ارائه کنند. مدل‌های پیش تمرین شده بعداً برای پیش‌بینی کلاس‌های جدید استفاده می‌شوند	DT ساده و بسیار آسان برای استفاده و یک روش بسیار واضح است.	DT به دلیل ساختار طبیعی آن به حافظه زیادی نیازمند است. روش-های بر پایه DT به‌شرط آنکه از فقط چند DT استفاده شود آسان خواهد بود.	شناسایی مهاجمین و همچنین منابع ترافیک مشکوک [۱۳]
SVM	SVM ها، ناشی از تقسیم ابر صفحه‌های ترکیبی چندبعدی به دو یا چند کلاس هستند که فاصله بین ابر صفحه تا بیشترین تعداد نقاط هم‌جوار در هر کلاس به حداکثر خود رسیده باشد.[۱۴]	SVM تا به دلیل قابلیت تعمیم و سازگاری با اطلاعاتی که شامل تعداد زیادی صفت می‌شوند ولی نقاط نمونه آن‌ها بسیار کم است شناخته می‌شوند.	انتخاب بهینه هسته بسیار مشکل است و همچنین فهمیدن و تفسیر مدل‌های بر پایه SVM بسیار دشوار است.	شناسایی مهاجمین، بدافزارها و همچنین حمله‌ها در شبکه-های هوشمند
NB	NB احتمالات بعدی را محاسبه می‌کند. NB از تئوری بیز استفاده می‌کند تا احتمال اینکه یک ویژگی خاص در دسته‌ای از نمونه‌های برچسب نخورده، متناسب با یک برچسب مشخص ، باشد را پیش‌بینی می‌کند.	NB ها بواسطه آسانی، راحتی در عمل، تعداد کم نمونه‌های موردنیاز و قدرتمندی در تفکیک ویژگی‌ها شناخته می‌شوند.	NB ها ویژگی‌ها را به‌صورت کاملاً مستقل بررسی می‌کنند و بنابراین نمی‌توانند ارتباط بین ویژگی‌ها را مشخص کنند.	شناسایی مهاجمین شبکه

KNN	KNN نمونه‌های جدید را بر اساس اراء تعداد انتخاب‌شده نزدیک‌ترین همسایه طبقه‌بندی می‌کند. KNN تصمیم می‌گیرد تا طبقه‌بندی یک نمونه ناشناخته بر اساس اکثریت آرا نزدیک‌ترین همسایه صورت گیرد.	KNN محبوب‌ترین و مؤثرترین روش یادگیری ماشین برای تشخیص مهاجمین است.	معمولاً مقدار بهینه K از یک مجموعه داده به دیگری بسیار متفاوت است. بنابراین، مشخص کردن مقدار بهینه K می‌تواند مشکل و زمان‌بر باشد.	تشخیص مهاجمین و ناهنجاری‌ها
RF	در یک RF چندین DT در کنار هم قرار گرفته است تا یک مدل پیش‌بینی بسیار دقیق جهت پیشرفت کلی نتایج ایجاد شود.	RF در برابر بیش برازش بسیار قدرتمند است. RF برای انتخاب ویژگی‌ها از میانبرها استفاده می‌کند و به پارامترهای ورودی کمی نیازمند است.	RF بر اساس چند DT تشکیل شده است؛ بنابراین امکان دارد در رایانش بی‌درنگ که نیازمند مجموعه داده‌های بزرگ است درست عمل نکند.	تشخیص مهاجمین، ناهنجاری‌ها، حمله‌های DDoS و دستگاه‌های بدون مجوز اینترنت اشیا [۱۵]
AR	هدف الگویتم‌های AR بررسی ارتباط بین متغیرها در مجموعه داده‌های آموزشی T است تا همبستگی را پیدا کنند و یک مدل را بسازند. این مدل بعداً برای کلاس‌بندی داده‌های جدید استفاده می‌شود.	الگوریتم‌های AR بسیار ساده و راحت هستند.	پیچیدگی زمانی در این الگوریتم بسیار بالاست. الگوریتم AR از فرضیات ساده در بین متغیرها استفاده می‌کند. این فرضیات مخصوصاً در مبحث برنامه‌های امنیتی می‌توانند غیرمناسب باشند.	تشخیص مهاجمین
EL	EL خروجی‌های تعداد زیادی از روش‌های دسته‌بندی را باهم ترکیب می‌کند تا یک مجموعه از خروجی‌ها را بسازد و متعاقباً عملکرد دسته‌بندی را پیشرفت دهد.	EL واریانس را کاهش می‌دهد و همچنین در برابر بیش برازش بسیار قدرتمند است. EL نتایج فراتر از فرضیات اصلی می‌سازد؛ بدین ترتیب ELمی‌تواند سازگاری بهتری از یک روش پایه‌ای طبقه‌بندی با یک مسئله داشته باشد.	پیچیدگی زمانی در سیستم EL بسیار بیشتر از یک سیستم پایه‌ای طبقه‌بندی است.	تشخیص مهاجمین، ناهنجاری‌ها و بدافزارها
K-Means	خوشه‌بندی K-Means یک رویکرد یادگیری غیر نظارت‌شده است که خوشه‌های اطلاعات را بر اساس شباهت ویژگی‌ها شناسایی می‌کند. مقدار K نشان‌دهنده تعداد خوشه‌هایی است که توسط الگوریتم تولید شده است.	به‌طورکلی الگوریتم‌های غیر نظارت شده وقتی‌که تولید اطلاعات برچسب‌دار دشوار است انتخاب خوبی است. خوشه-بندی‌های K-Means می‌تواند برای ناشناس کردن اطلاعات خصوصی مورداستفاده قرار گیرد زیرا نیازی به اطلاعات برچسب‌دار نیست.	خوشه‌بندی‌های K-Means نسبت به روش‌های یادگیری نظارت‌شده کمتر مؤثر است، مخصوصاً در مواقعی که حمله‌های شناخته شده صورت گیرد[۱۶]	در شیکه‌های حسگر بیسیم صنعتی می‌تواند Sybil را تشخیص دهد همچنین می‌تواند اطلاعات خصوصی را در سیستم‌های اینترنت اشیا ناشناس کند.
PCA	فرآیند PCA می‌تواند تعداد محتملی از ویژگی-های به هم وابسته را به تعداد کمتری ویژگی مستقل تبدیل کند که هرکدام از آن‌ها یک مؤلفه اصلی است.	PCA می‌تواند ابعاد را کاهش دهد و متعاقباً پیچیدگی مدل را کاهش دهد.	PCA یک روش کاهش ویژگی‌ها است و باید با دیگر روش‌های یادگیری ماشین همراه شود تا بتواند یک رویکرد امنیتی مؤثر را ایجاد کند	PCA به دلیل کاهش ویژگی‌های مدل می‌تواند در تشخیص بی‌درنگ محیط پیرامونی اینترنت اشیا بکار گرفته شود.

جدول ۲ : روش‌های بالقوه یادگیری عمیق برای امنیت سیستم اینترنت اشیا

روش	کار اصلی	مزایا	معایب	کاربرد بالقوه در امنیت اینترنت اشیا
CNN	هدف اصلیCNNها این است که پارامترهای اطلاعاتی که به‌وسیله اعمال پراکندگی اثر متقابل، به اشتراک‌گذاری پارامترها و یا دوباره ارائه شدن ایجادشده است را کاهش دهد. درنتیجه، ارتباط بین لایه‌ها از چیزی که در ANNها است کمتر خواهد شد.	به‌واسطه ویژگی‌های جدید CCNها، مقیاس‌پذیری آن‌ها افزایش‌یافته و همچنین زمان آموزش نیز کاهش یافته است. CNNها ابزاری بسیار کارآمد برای امنیت اینترنت اشیا شمرده می‌شوند زیرا آن‌ها ویژگی‌ها را به‌خوبی از اطلاعات خام، به‌صورت خودکار فرا می‌گیرند.	CNNها هزینه بسیار بالای محاسباتی دارند بدین ترتیب، نصب آن‌ها بر روی دستگاه‌های با منابع محدود برای پشتیبانی از امنیت سیستم‌های on-board یک چالش محسوب می‌شود.	شناسایی بدافزارها، CNNها می‌توانند به‌صورت خودکار ویژگی‌ها را از داده‌های خام بدست آورند. آن‌ها می‌توانند یک مدل end-to-end برای امنیت سیستم‌های اینترنت اشیا بسازند.
RNN	RNNها لایه‌های موقتی را به‌منظور دریافت اطلاعات پی‌درپی باهم ادغام می‌کنند سپس به یادگیری متغیرهای چندوجهی با اجزای پنهان سلول‌های بازگشت کننده می‌پردازند.	RNNها و انواع آن به عملکردی بسیار عالی برای برنامه‌های با توالی اطلاعات رسیده‌اند. اطلاعات امنیتی اینترنت اشیا شامل توالی داده می‌شود بنابراین RNNها ابزاری بالقوه کاربردی برای امنیت در اینترنت اشیا بشمار می‌رود.	مشکل اصلی RNNها از بین رفتن یا بیش‌ازحد شدن شیب در آن‌ها می‌باشد.	RNNها می‌توانند ترافیک شبکه را با دقت بالا در شناسایی رفتار خرابکارانه تشخیص دهند. RNNها، پتانسیل خوبی برای پیشرفت در امنیت سیستم‌های اینترنت اشیا مخصوصاً در تهدیدات پست سر هم از خود نشان داده‌اند
AE	AEها لایه‌ای مخفی به اسم h دارند که کدی برای ارائه ورودی‌ها دارد. شبکه‌های عصبی AE به دو قسمت تقسیم می‌شوند: یک عملگر کد کننده $h=f(x)$ و یک عملگر دی کد که سعی می‌کند تا ورودی‌ها را دوباره بسازد$r=g(h)$. کد کننده ورودی را به‌به دست آورده و آن را به‌صورت کد درمی‌آورد. متعاقباً، دی‌کدرها کد ساخته‌شده را بدست‌آورده و دوباره ورودی اصلی را می‌سازد.	AEها به‌صورت بالقوه برای استخراج ویژگی‌ها بسیار مهم است. AEها می‌توانند به‌صورت مؤثری برای یادگیری ویژگی‌ها به‌جای سیستم مهندسی شده دستی در ML بکار گرفته شوند و می‌توانند ابعاد را بدون دانش قبلی اطلاعات کاهش دهند.	AEها وقت محاسباتی قابل توجهی را مصرف می‌کنند. بااینکه AEها می‌توانند به‌صورت مؤثری آموزش ببینند تا مشخصه اطلاعات آموزشی را دریابند، اما اگر مجموعه داده‌ها قابل‌ارائه برای امتحان کردن نباشد، آنگاه AEها فقط روند یادگیری را مشکل خواهند کرد.	AEها می‌توانند برای شناسایی بدافزارها بکار برده شوند. AEها باید با DBCها ترکیب شوند تا بتوانند روند شناسایی بدافزارها را ایجاد کنند[۱۷]
RBM	RBMها یک مدل تولیدشده عمیق برای یادگیری پیشرفته غیرنظارت شده هستند. این مدل کاملاً بدون مسیر بوده و هیچ ارتباطی بین دو نقطه از یک لایه وجود ندارد.	مکانیسم پرسش و پاسخ بر روی RBMها اجازه می‌دهد تا تعداد بسیار زیادی ویژگی مهم با رویکرد غیر نظارت‌شده استخراج شود.	RBMها هزینه محاسباتی بالایی دارند، بدین ترتیب، نصب آن‌ها بر روی دستگاه‌های با منابع محدود برای پشتیبانی از امنیت سیستم-های on-board یک چالش محسوب می‌شود.	RBMها می‌توانند برای شناسایی ناهنجاری‌های شبکه استفاده شوند.
DBN	DBNها از RBMها استفاده کرده و یک لایه هوشمند آموزشی ایجاد می‌کنند تا بتوانند عملکردی قدرتمند در محیط غیر نظارت‌شده داشته باشند.	DBNها روش یادگیری بدون نظارت هستند که به‌وسیله اطلاعات بدون برچسب به‌طور متوالی برای ارائه ویژگی-های مهم آموزش می‌بینند.	DBNها به دلیل روند ابتدایی وسیع خود که به‌موجب تعداد بالای پارامترها می‌باشد، هزینه محاسباتی بالایی دارند	DBNها می‌توانند برای شناسایی حمله‌های مخرب بکار روند.
GAN	فریم‌ورک GAN به‌طور هم‌زمان قادر به آموزش دو مدل با روندهای مخالف است. مدل مولد انتشار اطلاعات و تولید اطلاعات نمونه را آموزش می‌بیند درحالی‌که مدل متمایزکننده احتمال اینکه نمونه‌ها از مجموعه داده‌های	در GNAها، تولید یک نمونه تنها نیازمند یک مدل است، درحالی‌که در DBNها و RBMها به تعداد نامشخصی از توالی برحسب زنجیره مارکو نیاز است.	آموزش GAN غیرپایا و سخت است. آموزش دادن برای تولید اطلاعات مجزا به‌وسیله GAN بسیار مشکل است.	GANها می‌توانند برای امنیت فضای سایبری سیستم‌های اینترنت اشیا بکار روند.

	آموزشی نشاءت گرفته باشد را به‌جای مدل مولد پیش‌بینی می‌کند.			
EDLN	EDLNها می‌توانند با ترکیب مولدها، متمایز کننده‌ها و یا مدل‌های ترکیبی ایجاد شوند.	ترکیب دسته کننده‌های DL می‌تواند برای رسیدن به مدل متنوع، پیشرفت در عملکرد مدل و همچنین توسعه مولد مدل کمک کند.	پیچیدگی زمانی می‌تواند به‌صورت محسوسی افزایش یابد.	استفاده از GANها برای امنیت اینترنت اشیا نیازمند تحقیقات بیشتری است،
DRL	DRL به عامل یادگیری سیاست‌های خود را تنظیم کند و راه‌حل بهینه‌شده را با سعی و خطا به دست آورد.	عامل DRL چندین عمل بهینه‌شده پی‌درپی با یا بدون اطلاعات قبلی از محیط انجام می‌دهد بنابراین رویکرد DRL می‌تواند به‌صورت مؤثری با محیط‌های مخالف سازگار بشود.	DRL به یک سری فرضیات بسیار نزدیک به عمل واقعی نیازمند است.	مسدود کردن، کلاه‌برداری، تزریق اطلاعات غلط، بدافزار، DoS، DDoS، نیروهای وحشیانه[18]

۵- جمع‌بندی

امنیت دستگاه‌های اینترنت اشیا به دلیل وجود چندین تکنولوژی توأمان از دستگاه‌های فیزیکی و انتقال‌های وایرلس تا موبایل‌ها و معماری ابری، بسیار پیچیده شده است. پیشرفت‌ها در مباحث یادگیری ماشین و یادگیری عمیق به توسعه‌دهندگان اجازه داده است تا روش‌های تحلیلی قدرتمندی که بتوانند برای افزایش امنیت اینترنت اشیا استفاده بشوند را بکار برند.

در این تحقیق، تهدیدات مختلف امنیت اینترنت اشیا و حمله به آن مورد بررسی قرار گرفت. همچنین یک بازنگری کلی برای روش‌های بالقوه یادگیری ماشین و یادگیری عمیق جهت امنیت اینترنت اشیا ارائه شده است. این متدها باهم از طریق بررسی مزایا و معایب باهم مقایسه شده‌اند. درنهایت یک لیست گسترده از مشکلات، چالش‌ها و راهکارهایی برای آینده جهت استفاده از یادگیری ماشین و یادگیری عمیق که به‌طور مؤثر برای سیستم اینترنت اشیا عمل کند ارائه و طبقه‌بندی شده است.

۶-منابع

[1] Evans, D., “The internet of things: How the next evolution of the internet is changing everything”, *CISCO white Pap.*, **1**(2011), pp. 1–11 (2011).

[2] Ray, S., Jin, Y., and Raychowdhury, A., “The changing computing paradigm with internet of things: A tutorial introduction”, *IEEE Des. Test*, **33**(2), pp. 76–96 (2016).

[3] Bertino, E. and Islam, N., “Botnets and internet of things security”, *Computer (Long. Beach. Calif).*, **50**(2), pp. 76–79 (2017).

[4] Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., and Ayyash, M., “Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications”, *IEEE Commun. Surv. tutorials*, **17**(4), pp. 2347–2376 (2015).

[5] Zhao, K. and Ge, L., “A survey on the internet of things security”, *2013 Ninth Int. Conf. Comput. Intell. Secur.*, IEEE, pp. 663–667 (2013).

[6] Abomhara, M., “Cyber security and the internet of things: vulnerabilities, threats, intruders and attacks”, *J. Cyber Secur. Mobil.*, **4**(1), pp. 65–88 (2015).

[7] Zhang, Z.-K., Cho, M. C. Y., Wang, C.-W., Hsu, C.-W., Chen, C.-K., and Shieh, S., “IoT security: ongoing challenges and research opportunities”, *2014 IEEE 7th Int. Conf. Serv. Comput. Appl.*, IEEE, pp. 230–234 (2014).

[8] Mahmoud, R., Yousuf, T., Aloul, F., and Zualkernan, I., “Internet of things (IoT) security: Current status, challenges and prospective measures”, *2015 10th Int. Conf. Internet Technol. Secur. Trans.*, IEEE, pp. 336–341 (2015).

[9] Jordan, M. I. and Mitchell, T. M., “Machine learning: Trends, perspectives, and prospects”, *Science (80-.).*, **349**(6245), pp. 255–260 (2015).

[10] LeCun, Y., Bengio, Y., and Hinton, G., “Deep learning. nature 521” (2015).

[11] Schmidhuber, J., “Deep learning in neural

networks: An overview", *Neural networks*, **61**, pp. 85–117 (2015).

[12] Bengio, Y., "Learning deep architectures for AI", *Found. trends® Mach. Learn.*, **2**(1), pp. 1–127 (2009).

[13] Alharbi, S., Rodriguez, P., Maharaja, R., Iyer, P., Subaschandrabose, N., and Ye, Z., "Secure the internet of things with challenge response authentication in fog computing", *2017 IEEE 36th Int. Perform. Comput. Commun. Conf.*, IEEE, pp. 1–2 (2017).

[14] Tong, S. and Koller, D., "Support vector machine active learning with applications to text classification", *J. Mach. Learn. Res.*, **2**(Nov), pp. 45–66 (2001).

[15] Meidan, Y., Bohadana, M., Shabtai, A., Ochoa, M., Tippenhauer, N. O., Guarnizo, J. D., and Elovici, Y., "Detection of unauthorized IoT devices using machine learning techniques", *arXiv Prepr. arXiv1709.04647* (2017).

[16] Laskov, P., Düssel, P., Schäfer, C., and Rieck, K., "Learning intrusion detection: supervised or unsupervised?", *Int. Conf. Image Anal. Process.*, Springer, pp. 50–57 (2005).

[17] Yousefi-Azar, M., Varadharajan, V., Hamey, L., and Tupakula, U., "Autoencoder-based feature learning for cyber security applications", *2017 Int. Jt. Conf. Neural Networks*, IEEE, pp. 3854–3861 (2017).

[18] Dulac-Arnold, G., Mankowitz, D., and Hester, T., "Challenges of real-world reinforcement learning", *arXiv Prepr. arXiv1904.12901* (2019).

قابلیتهای آزمایشگاه مجازی آنلاین مهندسی برق بر مبنای اینترنت در زمان شیوع اپیدمی کرونا

آزاد رحیمی[۱]

[۱]هیئت علمی، دپارتمان مهندسی برق دانشگاه فنی و حرفه ای کردستان، ایران

چکیده: این مقاله به بررسی یک مدل شبیه سازی برای قوانین آزمایشگاه که از ارتباطات و تکنولوژی کنترل استفاده می‌کنند برای برای دانشجویان مهندسی که در دوره اپیدمی کرونا به راحتی نمی‌توانند به آزمایشگاه برای انجام کارهایشان ملحق شوند، می پردازد. نوعی آزمایشگاه مجازی مهندسی برق بر مبنای اینترنت با استفاده از مدل سازی یکپارچه که در آن، آزمایش هایی در چهار دوره تئوری مدارهای الکتریکی، تکنیک الکترونیکی آنالوگ، تکنیک الکترونیکی دیجیتال و میکرو الکترونیک با استفاده از مدلسازی برای هر دو مدل سازی سطح بالا و سطح پایین انجام شده است. این آزمایشگاه به کاربران امکان می دهد مدار خود را طراحی کرده و همزمان نتیجه شبیه سازی را بدست آورند. اساتید ممکن است مؤلفه های جدیدی را با نرم افزار مدلسازی طراحی کرده و برای استفاده دانش آموزان به آزمایشگاه اضافه کنند. نتایج نشان می دهد که این نرم افزار می تواند نیاز مدل سازی یکپارچه به دوره های مهندسی برق را به طور مؤثر برآورده کند.

کلیدواژه‌ها: *آزمایشگاه مجازی، آموزش از راه دور، اپیدمی کرونا، مدل سازی یکپارچه*

۱- مقدمه

ورود تکنولوژی به عرصه اطلاعات و پدید آمدن فناوری اطلاعات تمام ابعاد زندگی بشری را متحول کرد و روند انجام امور کلی با گذشته های نه چندان دور از نظر کیفی وکمی تغییرکرده که در نتیجه این تغیر وتحولات، دانشگاهها و مراکز آموزشی با پدیده جدیدی به عنوان تکنولوژی آموزشی رو به رو شده اند که این پدیده آموزش را از حالت سنتی خارج ساخته و جریان خاصی به آن بخشیده است. با پیدایش کامپیوتر و به دنبال آن شبکه های کامپیوتری و وب جهانی در دهه های آخر قرن بیستم نوع دیگری از آموزش و مکانهای آموزشی را فرا روی دانشجویان و فراگیران قرار داده است. تحول ابزار ها و روش های آموزش در جهتی است که هر فرد در هر زمان و هر مکان بتواند با امکانات خودش و در بازه زمانی که خودش مشخص می کند مشغول یادگیری شود. آموزش به کمک فناوری های نوین در مدت زمان کوتاهی که از زمان پیدایش آن می گذرد توانسته شیوه های آموزشی را در سطح بسیار گسترده دگرگون کند. فناوری اطلاعات می‌تواند به ازای هر واقعیت یا پدیده، یک بدل مجازی بسازد. مواردی همچون تجارت الکترونیک، فروشگاه الکترونیک، بانک الکترونیک، بازی‌های کامپیوتری، پست الکترونیک و دهها و صدها مورد دیگر مؤید این مدعاست. یکی از مظاهر بسیار مهم فناوری اطلاعات در بعد آموزش متجلی گشته است که از آن با عبارتی مثل آموزش مجازی یا آموزش آنلاین و یا آموزش الکترونیکی و... یاد می‌شود[۲] .

۲- ضرورت ایجاد آزمایشگاه‌های آنلاین

در دوره های مهندسی، دروس آزمایشگاهی و کارگاهی نقش مهمی را در آموزش مهارتی ایفا می کنند زیرا می توانند توانایی عملی دانش آموزان را پرورش داده و اطلاعات بصری و دقیقی را تأمین کرده و علاقه دانشجویان را بر انگیزند. براین اساس، آزمایشگاههای مختلف اینترنت محور با چارچوب های گوناگون جهت گسترش زمان و فاصله میان دانش آموزان و منابع تجربی و همچنین شرایط بحارنی نظیر شیوع اپیدمی

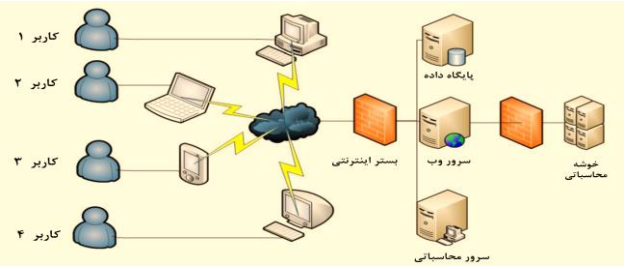
بیماریهای تنفسی نظیر کوید ۱۹ ایجاد شده است که از یک طرف باعث کاهش هزینه تجهیزات و فراهم آوردن شانس برای مردم در زمینه راه‌اندازی تجهیزات آزمایشگاهی گران قیمت از راه دور می شود وازطرف دیگر و مهمتر اینکه تنهارو ستضمین سلامت دانشجویان و در پی آن جامعه برای کاهش شیوع بیماری است.

در دوره های مهندسی برق ، لازم است از ابزارهای EDA مانند Multisim , Proteus, MATLAB, PsPice , E-plan و... برای تجزیه و تحلیل و شبیه سازی مدارات و پروژه های کنترلی طراحی شده استفاده کرده و نتیجه را با آزمایش واقعی مقایسه کنید. با این حال ضمن اینکه ایجاد شرایط استاندارد برای یادگیری همه دانشجویان ممکن نیست، تجمع دانشجویان در فضای بسته آزمایشگاهها در زمان شیوع بیماری، مشکلات متعددی بوجود می آورد و تهدیدی واقعی برای سلامت کل جامعه محسوب می شود. بنابراین توسعه آزمایش های شبیه سازی مجازی برای دوره های خاص از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در حال حاضر آزمایش های شبیه سازی مجازی متعددی برای دانش آموزان و کاربران علاقه مند، به منظور استفاده و بارگیری وجود دارد. مرجع (۱) ، یک تمرین آزمایشگاهی برمبنای وب با دسترسی از راه دور را برای شبیه سازی ارائه داده است تا مشکلات کنترل و بازخورد را تجزیه و تحلیل کند. مرجع (۲) از موتور محاسباتی قدرتمند MATLAB / SIMULINK برای انجام شبیه سازی و انیمیشن تعاملی آزمایشهای مهندسی کنترل در واقعیت مجازی استفاده می کند. یک محیط شبیه‌سازی برای یادگیری الکترونیکی در الکترونیک دیجیتال در (۳) ارائه شده‌است که شبکه‌های منطقی ترکیبی و ترتیبی، طراحی محدود ماشین محور، و رابط ریز کامپیوترها و برنامه‌نویسی کامپیوتری را پوشش می‌دهد. در منابع (۴) و (۵) دوباره از MATLAB برای ساخت آزمایشگاه های مجازی و پردازش سیگنالی و الکترومغناطیسی استفاده می شود. با این حال، به صورت موردی با زبان های معماری و برنامه نویسی مختلف اجرا می شوند. بنابراین لازم است برای یکپارچه سازی آزمایش های مجازی مختلف دوره های مهندسی برق، یک پلت فرم یکپارچه طراحی شود و همچنین مدل های آزمایشی تعریف شده توسط کاربر ارائه شود. طرح آزمایشگاه مجازی مهندسی برق بر مبنای اینترنت یک زبان مدل سازی سیستم های فیزیکی شیء گرای مدرن است. این امر برای مدلسازی سیستم الکتریکی، مدل سازی سطح بالای سیستم مدارو مدل‌سازی سطح پایین یک جزئی مناسب است. علاوه بر مدل سازی الکتریکی، این طرح برای انجام مدل سازی در مهندسی کنترل، مکانیک و میدان مغناطیسی نیز مناسب است. [۱و۳]

۳- طرح سیستم

سامانه شناسایی امواج رادیویی که قادر به تبادل داده‌ها به‌وسیله برقراری اطلاعات بین برچسب که بر روی یک شیء، انسان و یا حیوان نصب شده است و یک کدخوان می‌باشد. این سامانه از سیگنال‌های الکترومغناطیسی و الکترونیکی برای خواندن و نوشتن داده‌ها بهره برده‌اند. لذا سیستمی که توانایی خواندن و تشخیص اطلاعات اشیاء، افراد و ... داشته باشد را سیستم شناسایی گویند[۱۷].

در طراحی آزمایشگاه مجازی یکپارچه باید تمامی جوانب سیستم مانند رابط کاربری ، ارتباطات و ماژول شبیه سازی و غیره را در نظر گرفت. طرح پیشنهادی دارای یک چارچوب و رابط یکپارچه است که واسط کاربری مناسبی را برای کاربران فراهم می کند تا آزمایش های موجود یا طراحی آزمایش های نوآورانه را انجام دهند و قابلیت گسترش عظیمی را برای اساتید فراهم می کند تا دستگاه ها و آزمایش های مجازی جدید را بدون تغییر کد برنامه اضافه کنند [۱۵].



شکل ۱: معماری کلی سیستم

شکل ۱ چارچوب کلی آزمایشگاه مجازی مهندسی برق برمبنای اینترنت را نشان می دهد. آزمایشگاه مجازی مهندسی برق برمبنای اینترنت شامل سه مؤلفه اصلی است:

۳-۱- سمت سرویس دهنده :

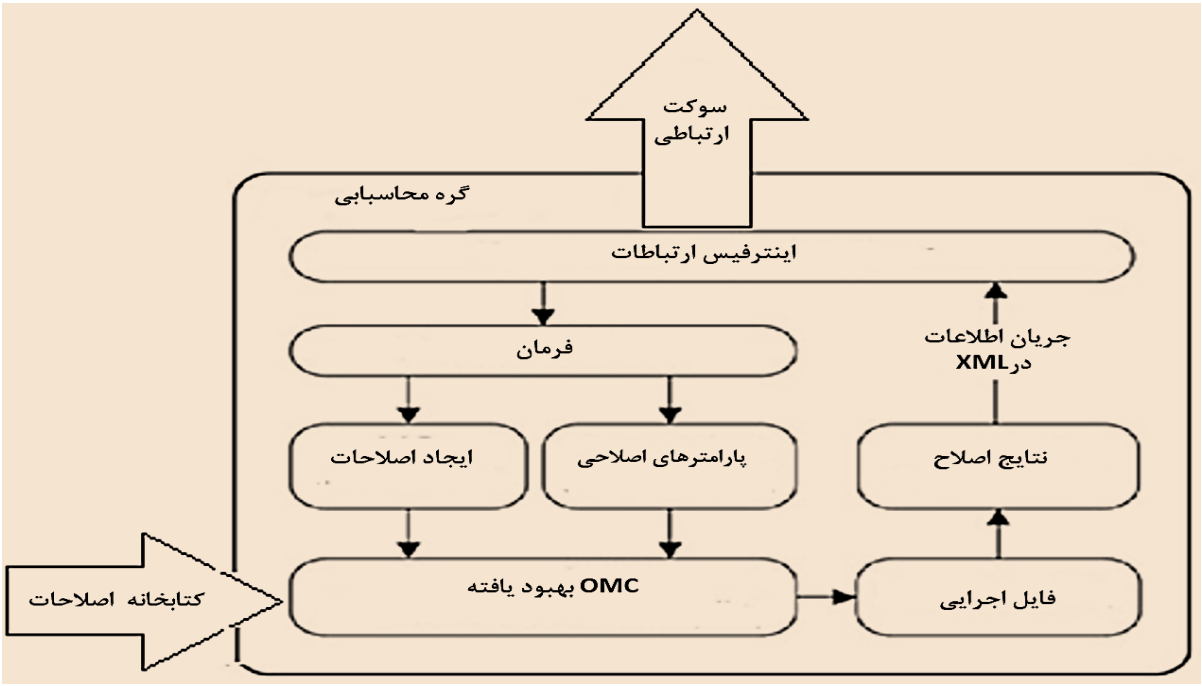
سمت سرویس دهنده، یک پورتال وب است که درآن کاربران نیازی به تنظیم برنامه سیستم ندارند. هرکسی که به شبکه دسترسی داشته باشد می تواند آزمایشگاه مجازی را از طریق مرورگر وب وارد سیستم کند. سمت سرویس دهنده حاوی رابط کاربری است تا بتواند اطلاعات شخصی کاربران و محیط را برای کاربران مدیریت کند تا آزمایش های مجازی دوره های مختلف را انجام دهند. هر دوره یک پلاگین است که شامل چندین آزمایش است. آزمایشات به صورت درختی در سمت چپ پورتال وب ترتیب بندی شده اند. بنابراین افزودن دوره های جدید یا آزمایش های جدید در پرتال قابل تغییر است .

۳-۲- مولتی سرور:

سمت سرور از سه سرور مستقل شامل سرور پایگاه داده، سرور وب و سرور محاسباتی تشکیل شده است که هر کدام مستقل هستند و نقش مهمی در سیستم دارند. سرور بانک اطلاعاتی، اطلاعات کاربران مانند مدیریت ورود به سیستم و کنترل اختیارات را مدیریت می کند. همچنین داده های تجربی را ذخیره می کند. وب سرور، پورتال وب متشکل از صفحات وب و پلاگین های آزمایش مختلف را در اختیار مشتری قرار می دهد. در ضمن، درخواست کاربرانی که در صفحات وب کار می کنند را نیز کنترل می کند. سرور محاسبات، درخواست را از پلاگین های درگاه وب دریافت کرده و سپس کارتوزیع متوازن درخواست ها را به گره های خوشه محاسباتی انجام می دهد. [۱،۴].

۳-۳- خوشه محاسباتی :

خوشه محاسباتی از چندین گره تشکیل شده است که درخواست شبیه سازی را از پورتال وب به اشتراک می گذارند. بنابراین ، هر یک از گره ها همان عملکرد را دارند که در شکل ۲ نشان داده شده است. [۱،۸]

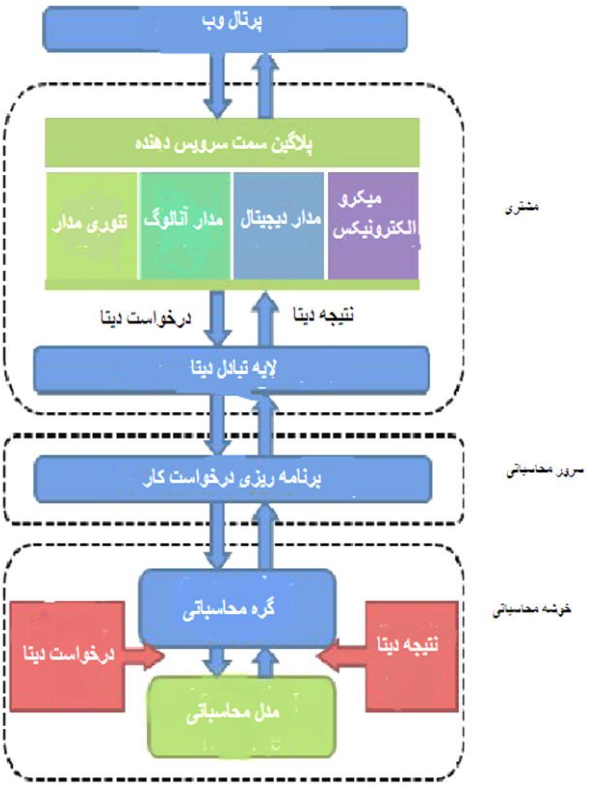


شکل ۲: جریان کاری هر گره محاسباتی

هنگامی که یک گره محاسباتی درخواست را دریافت می کند، فرمان کاربران را تجزیه و تحلیل می کند. در صورت درخواست کاربر برای شبیه سازی یک آزمایش خاص، گره محاسبه، داده های صحنه آزمایش را با فرمت XML دریافت می کند که حمل و نقل آن از طریق اینترنت راحت است و به راحتی قابل تجزیه است. به منظور سازگاری و قابلیت توسعه شبیه سازی موضوعات متمایز مهندسی برق، ماژول محاسبه بر اساس یک زبان مدل سازی یکپارچه ی چند دامنه ای [۱۰] است. هر مؤلفه ی آزمایش دارای یک مدل یکپارچه است که کتابخانه اصلاحات

را تشکیل می دهد. ماژول محاسبه ابتدا اطلاعات را از درخواست XML استخراج کرده و مدل یکپارچه آزمایش را ایجاد می کند ، سپس با کامپایلر [۱۱] تماس می گیرد تا مدل را محاسبه کرده و داده های نتیجه را به سرویس دهنده باز می گرداند]۹[.

شکل ۳ گردش کار سیستم در انجام آزمایش را نشان می دهد.



شکل ۳: جریان کاری سیستم کاربر یا استفاده از تجارب

در مرحله اول، کاربر از طریق وب پورتال با اعتبار وارد می شود. کاربران مختلف معتبر با اختیارات مربوطه تعیین خواهند شد.

در مرحله دوم، کاربر یکی از آزمایش های ذکر شده در سمت چپ صفحه وب را انتخاب می کند. سپس کاربر ممکن است شروع به طراحی آزمایش در پلاگین کند.

در مرحله سوم، پلاگین درخواست را از کاربر دریافت می کند و داده های درخواست شده ی بسته بندی شده را از طریق لایه تبادل داده به سرور محاسباتی می فرستد.

در مرحله چهارم، سرور، محاسبات درخواست را به یک گره محاسباتی خاص منتقل می کند. سرانجام، گره محاسبه نتیجه را محاسبه می کند و برای نمایش بصری به صورت معکوس به پلاگین مشتری ارسال می کند. [۱،۶]

۴- پیاده سازی سیستم :

الف) مدیریت سیستم J2EE

Enterprise Edition ،Java 2 Platform استانداردی را برای توسعه برنامه های سازمانی چند منظوره تعریف می کند. این پلاتفورم با قرار دادن آنها بر روی اجزای استاندارد پیمانه ای، با ارائه مجموعه ای کامل از خدمات به آن مؤلفه ها و با انجام بسیاری از جزئیات رفتار برنامه بطور خودکار، بدون برنامه نویسی پیچیده، برنامه های سازمانی را ساده تر می کند. بر این اساس، چارچوب های باز متن از قبیل struts، spring و hibernate برای کمک به ساخت یک سیستم وب قابل استفاده مجدد، پایگاه داده ای متقابل و چند لایه ساخته شده است. طرح پیشنهادی چارچوب محبوب Struts + Spring + Hibernate (SSH) را برای اجرای یک سیستم سه لایه که شامل لایه ارائه، لایه کسب و کار و لایه ماندگاری است، بکار می گیرد. چارچوب SSH به راحتی قابل تنظیم و کم حجم است. این چارچوب همچنین ماژولی به نام امنیت spring را برای مدیریت اختیارات فراهم می کند. با امنیت spring ، مدیریت مرجع می تواند به راحتی با نوشتن یک فایل تنظیمات انجام گیرد که در آن اخیارات مربوطه متعلق به نقش های مختلف قرار دارند. [۷]

ب) ارتباط داده مبتنی بر XML

Extensional Markup Language (XML) یک فرمت داده متنی است که اهداف طراحی آن بر سادگی، کلی بودن و قابلیت استفاده در اینترنت تأکید دارد. طرح ارائه شده از XML برای برقراری ارتباط بین ماژول های مختلف سیستم استفاده می کند. هر مؤلفه ی آزمایش دارای ارائه ی XML است که حاوی نام مؤلفه، شناسه، ویژگی ها، اطلاعات پورت، مدل تجسم ست. کل صحنه آزمایش شامل بازنمودهای اجزاء XML و اطلاعات اتصال بین اجزای مختلف است. این پلاگین ؛ داده های صحنه را به XML بسته بندی می کند. برای شبیه سازی ماژول محاسبات یک سیستم ، نه تنها توپولوژی سیستم بلکه جزئیات اطلاعات هر مؤلفه سیستم مورد نیاز است. پس از شبیه سازی ماژول سیستم، داده های نتیجه به XML بسته بندی شده و به سرویس دهنده ارسال می شوند.

ج) اجرای سرور چندگانه

مدل ارائه شده یکپارچه برای افزایش قابلیت اطمینان سیستم و امکان پشتیبانی از سرویس های مختلف وب، چندین سرور را برای ارائه خدمات مختلف در نظر می گیرد. یک سرور پایگاه داده، MySQL را نصب می کند که یک سیستم مدیریت پایگاه داده ارتباطی برای دسترسی چند کاربره به پایگاه داده است. موتور servlet Apache Tomcat به عنوان وب سرور، وظیفه دارد منابع وب ، مانند HTML و JSP را در اختیار کاربران قرار دهد تا کاربران بتوانند بطور مستقیم از طریق اینترنت وارد سیستم شوند. هر سرور مسئولیت خود را به طور جداگانه انجام می دهد ، که این امر باعث می شود سیستم قابل اطمینان و پایدار باشد.

د) مدل سازی یکپارچه :

اگرچه تعدادی از نرم افزارهای مختلف مانند Pspice و Multisim برای طراحی مدار طراحی شده اند، اما تجاری بوده و برای فرمت کاربردی سخت هستند. با این حال ، ظهور این نوع مدا یکپارچه امکان توسعه مدل سازی و شبیه سازی سیستم یکپارچه را امکان پذیر کرد. کتابخانه استاندارد برای پوشش دادن حوزه مهندسی برق، مکانیک، مهندسی کنترل و مهندسی مغناطیسی تهیه شده است. کتابخانه برق اکثر مؤلفه های آزمایش اصلی مانند مقاومت، خازن، سلف و مدل های ساده دیودها و ترانزیستورها را در بر می گیرد. همچنین می توان مدل جدیدی از اجزای موجود در کتابخانه استاندارد را به راحتی به آن اضافه کرد.

۱)مدل سازی مؤلفه ها: طرح پیشنهادی فقط معادلات ریاضی را می فهمد، نه دانش خاص دامنه را. بنابراین مدل فیزیکی یک مؤلفه، ابتدا باید فرموله شود. از آنجا که این طرح یک زبان مدل سازی پیشرفته ی شی ء گرا است، درک آن با داشتن تجربه اندکی در زمینه ی برنامه نویسی ، بسیار آسان است.

شکل ۴ مدل آمپلی فایر عملیاتی ایده آل را نشان می دهد. این مدل شامل دو بخش اصلی است. بخش اول درگاه و پارامترهای مدل را توصیف می کند و بخش دوم معادله ای که رابطه فعلی و ولتاژ تقویت کننده ایده آل را تشکیل می دهد.

```
مدل آمپلی فایر عملیاتی ایده آل دارای محدودیت

                                    پین مثبت پُرت داخلی  ";
  مداخلات پین مثبت      in_p "
  مداخلات پین منفی      in_n "    پین منفی پُرت داخلی  ";
  مداخلات پین مثبت      out "     پین خروجی  ";
  مداخلات پین مثبت      VMax "    محدودیت ولتاژ خروجی مثبت

  مداخلات پین منفی      VMin "    محدودیت ولتاژ خروجی منفی"

    ولتاژ SI  vin "    ولتاژ داخلی    ";
محافظت شده
  واقعی s(یونیت نهایی"1") "    متغیر کمکی    ";
  مقدار ثابت modelica .SIunits.Voltage unitVoltage= 1;
equation
  in_p.i = 0;
  in_n.i = 0;
  VMax.i = 0;
  VMin.i = 0;
  vin = in_p.v - in_n.v;
  in_p.v - in_n.v = unitVoltage*smooth(0,(if s < -1 then s + 1
else if s > 1 then s - 1 else 0));
  out.v = smooth(0,if s < -1 then VMin.v else if s > 1 then VM
ax.v else (VMax.v - VMin.v)*s/2 + (VMax.v + VMin.v)/2);
end IdealOpAmpLimited;
```

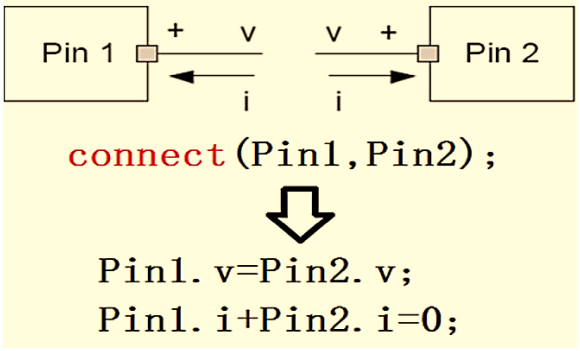
شکل ۴: مدل آمپلی فایر عملیاتی ایده آل

تعامل بین دو مؤلفه با پورت فیزیکی که به آن کانکتور گفته می شود. در کتابخانه برق، پین مثبت همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است تعریف می شود.

```
" پین مثبت جزء الکتریکی "  کانکتور پین مثبت
SI.  ولتاژ      "    پتانسیل پین      ";
جریان  SI.  رایج    i "    جریان رایج پین      ";
                    پایان پین مثبت
```

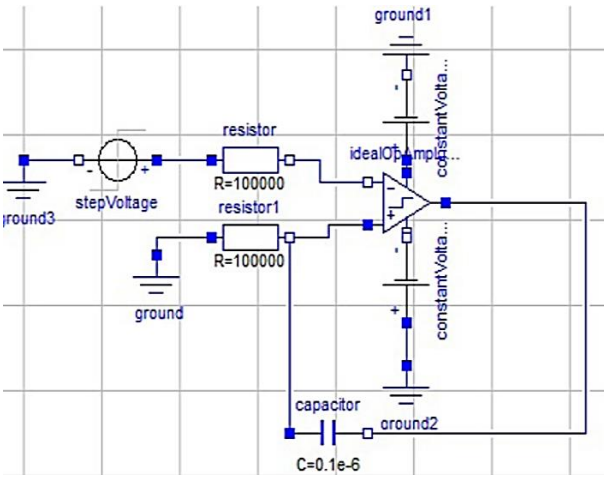
شکل ۵ : مدل کانکتور

هنگامیکه دو پورت بهم وصل می شوند، این بدان معنی است که متغیرهای اتصال دهنده متناظر بدون پیشوند "جریان" (در اینجا v) یکسان هستند و متغیرهای جریان (در اینجا i) با معادلات جمع صفر تعریف می شوند. شکل ۶ این مورد را نشان می دهد.



شکل ۶: توضیح جزء ارتباطی پُرت

۲) مدل سازی سیستم: یک مدل سیستم از مدلهای پایه با اتصال کانکتورهای مدل و تسریع مدلها با مقادیر مناسب پارامترهای مدل ، تشکیل شده است. شکل ۷ یک سیستم مدار و مدل سیستم مربوطه آن را شرح می دهد.



شکل۷: نمونه ی سسیتم مدار

۵- نتیجه گیری

با ورود بحران‌های جدید در حوزه سلامت جوامع انسانی، دانشجویان زیادی با چالش آموزش مهارتی و عملی واحدهای درسی مواجه می شوند. برای پاسخگویی به تقاضای آزمایش دانشجویان از تمام مراکز با منابع با قابلیت اطمینان بالا، استفاده از سیستمهایی نظیر آزمایشگاه مجازی مهندسی برق بر مبنای اینترنت همچنین دانشجویان را قادر می سازد تا بصورت آنلاین و همزمان با اموزش الکترونیکی سایر دروس، نتایج آزمایش تا شبیه سازی آنلاین را بین ابزارهای فیزیکی و ماژول شبیه سازی مجازی مقایسه کنند که باعث می شود دانشجویان عمیق تر آزمایش ها را درک کنند. مدل سازی یکپارچه با اضافه کردن مدل های جدید ، اساتید را از توسعه برنامه آزمایش جدید معاف می سازد. این شیوه آموزش برای دانشجویان مهندسی برق در زمان اپیدمی، ضمن کاهش مخاطرات شیوع بیماری، آسیب های ناشی ازعدمحضور در کلاسهای فیزیکی را تا حد زیادی جبران می شازد.

مراجع

[1] Zhengyin Shi, Shenglin Zhao, Shan-an Zhu "An Internet-based electrical engineering virtual lab: Using Modelica for unified modeling", College of Electrical Engineering, Zhejiang University, n 03 March 2017.

[2] William Gerard Hurley, Senior Member, IEEE, and Chi Kwan Lee, "Development, Implementation, and Assessment of a Web-Based Power Electronics Laboratory", IEEE TRANSA TIONS ON EDUCATION, VOL.48, NO.4, Nov. 2005, pp.567-573.

[3] C. Schmid, "The virtual control lab VCLab for education on the web", Proc. Amer. Control Conf., vol. 2, pp.1314 -1318 1998.

[4] Donzellini, G. Ponta, D. "A Simulation Environment for e-Learning in Digital Design", Industrial Electronics, IEEE Transactions on, Volume: 54 Issue 6 pp. 3078 - 3085, Dec. 2007.

[5] B. L. Sturm and J. D. Gibson, "Signals and systems using MATLAB:An integrated suite of applications for exploring and teaching media signal processing," in Proc .. 35th Frontiers in Education Cont', Indianapolis, IN, Oct. 2005, pp. F2E-21-F2E-25.

[6] M. de Magistris, "A MATLAB-based virtual laboratory for teaching introductory quasi-stationary electromagnetics," IEEE Trans. Educ., vol.48, no. I, pp. 81-88, Feb. 2005 .

[7] P. Fritzson, "Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1", Wiley-IEEE Press, Piscataway, NJ, 2004 .

[8] Dempsey, M. "Dymola for Multi-Engineering Modelling and Simulation", Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC '06. 1 EEE, pp.l, 2006 .

[9] W. Li, A. Abel, K. Todtennuschke, and T. Zhang, "Hybrid Vehicle Power Transmission Modeling and Simulation with SimulationX", Proceedings of International Conference on Mechatronics and Automation (lCMA'07), Linkiiping, Sweden, pp.l71 0-1717, 2007.

[10] V. Hiupic, "Simulation software an Operational Research Society survey of academic and industrial users", Proceedings of the 32nd Conference on Winter Simulation, Orlando, Florida, Vo1.2, pp.1676-1683, 2000.

[11] http://java.sun.com/j2ee/overview.html

کنترل گلوکز بیماران دیابتی با استفاده از الگوریتم کنترل مقاوم غیرخطی

مهران کریمیان ریزی[۱]، مریم فریور[۲]

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

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

چکیده: دیابت یکی از مشکلات سلامتی رو به رشد در کل جهان میباشد. به ویژه، بیمارانی که مبتلا به نوع ۱ دیابت هستند، نیازمند کنترل های قند خون دقیق هستند. امروزه، هدف تحقیقات توسعه دادن یک سیستم کنترل حلقه بسته ی کاملا خودکار (یعنی پانکراس مصنوعی که بتواند گلوکز را به صورت پیوسته در بدن بررسی کرده و آن را تنظیم کند) میباشد که بتواند کار سلول های بتا پانکراس را تکرار کند. این تجهیزات باید بتواند سطح گلوکز خون را مطابق با سطح نرمال (***4-6.2 mmol/L***) حفظ کرده و تمام عوامل موثر بر روی گلوکز خون را در نظر بگیرد بدون این که منجر به افزایش شدید یا کاهش شدید قند خون شود.

در این مقاله، کنترل مدل های ریاضی حداقلی برگمن مورد استفاده قرار گرفته است تا تنظیم گلوکز خونی مورد بررسی قرار بگیرد. مسئله ی کنترلی ، با در نظر داشتن عدم قطعیت این مدل ها، پیچیده میشود. علاوه بر این، برای توسعه ی کنترل فقط سطح گلوکز خون در دسترس میباشد و دیگر حالت ها مانند غلظت انسولین و انسولین پلاسما ، داده هایی هستند که اندازه گیری آن ها ممکن نیست. یک کنترل کننده ی مقاوم جدید در این مطالعه پیشنهاد شده است تا ردگیری عملی غلظت مطلوب گلوکز را تضمین کند.

کلیدواژه‌ها: *قند، دیابت، گلوکز، دیابت نوع یک*

۱- مقدمه

دیابت یکی از رایج ترین بیماری های مزمن در جهان میباشد. بر اساس سازمان بهداشت جهانی بیش از ۱۸۰ میلیون نفر در جهان از دیابت رنج میبرند و تخمین زده شده است که این تعداد در ۳۰ سال آینده، دو برابر میشود. همچنین پیش بینی شده است که تقریبا ۹٪ از تمام مرگ ها سراسر جهان به دلیل دیابت رخ میدهد. دیابت قندی زمانی که ترشح انسولین، یک هورمون که در سلول های بتا وجود دارد که غلظت گلوکز خونی را تنظیم میکنند، به دلیل تخریب سلول های پانکراسی کاهش پیدا میکند (نوع یک دیابت و یا نوع مبتنی بر انسولین) و یا زمانی که انسولین ترشح میشود اما بدن نسبت به آن به صورت مناسب واکنش نشان نمیدهد (نوع دو دیابت یا نوع مستقل از انسولین) ایجاد میشود.

در نوع ۱ دیابت، پانکراس انسولین را از خودش ترشح نمیکند زیرا سلول های بتا تخریب شده اند. بنابراین تاثیر هورمون گلوکاژن که موجب افزایش سطح گلوکز در خون میشود، باز داشته نمیشود. ازین رو، بیماران نیازمند تزریق خارجی انسولین برای تنظیم کردن غلظت گلوکز خون مطابق با سطح نرمال میباشند. دو شرایط مبتنی بر غلظت گلوکز در خون وجود دارد که با نام افزایش قند خون و کاهش قند خون، تعریف میشود. افزایش قند خون در صورتی رخ میدهد که غلظت گلوکز بسیار بیشتر از حد عادی (بیشتر از $8mmol/L$) باشد. کاهش قند خون نیز زمانی اتفاق می افتد که گلوکز در خون بسیار کمتر از حد مطلوب باشد (کمتر از$3mmol/L$). هر دوی این شرایط بر روی سلامت و زندگی بیمار تاثیر گذاشته و می‌تواند منجر

به مشکلات مختلف شود. مشکلات کلیوی، بیماری های قلبی، کوری، در اثر افزایش قند خون در بلند مدت ایجاد میشود در حالی که کاهش قند خون تاثیرات موثری به صورت کوتاه مدت دارند، مانند بیهوش شدن یا به کما رفتن و یا حتی مرگ.

بعضی از تکنولوژی های نظارت بر گلوکز مانند دستگاه های بررسی گلوکز خون به صورت فردی (SMBG) ها و سیستم های نظارت پیوسته بر گلوکز خون (CGM) برای کنترل گلوکز توسعه پیدا کرده است. دستگاه های SMBG به صورت تجاری در دسترس هستند و بیمار میتواند با استفاده از آن ها، سطح گلوکز خون خودش را ارزیابی کند. اما، این دستگاه ها نیازمند چهار یا تعداد بیشتری از تزریق انسولین در روز میباشند. به دلیل این که این روش دردناک، نا مطلوب و غیر مطمئن است، نمیتواند تنظیم و مشاهده ی دائمی را برای بیمار فراهم کند. ازین رو، اجتناب از حمله های کاهش قند خون با استفاده از دستگاه های SMBG غیر ممکن میباشد. دستگاه های CGM دارای سنسور های تهاجمی و غیر تهاجمی بوده و نیازمند اندازه گیری های برچسبی متداول انگشتی برای کالیبراسیون مجدد هستند. در مطالعه های اخیر، گزارش شده است که دستگاه های CGM برای سطح بالای گلوکز موفقیت بهتری داشته اند اما برای شناسایی کاهش قند خون، خیلی مفید نبوده اند.

از نقطه نظر کنترلی، دو برنامه ی راهبردی برای ارائه ی انسولین به بدن وجود دارد : حلقه باز و حلقه بسته. بیشتر سیستم های تجاری موجود ، تحویل انسولین را به صورت حلقه باز پمپ میکنند و مقدار از پیش تعیین شده ی انسولین را به بدن بیمار میدهند. ازین رو آن ها میزان دوز انسولین را مبتنی بر سطح گلوکز خون، مشخص نمیکنند. علاوه بر این، بیشتر پمپ های حلقه باز انسولین، نیازمند توجه کاربر برای تزریق به موقع و صحیح میباشند.

همانطور که پیش از این بیان شد، روش های درمانی موجود برای نوع ۱ دیابت ، تزریق انسولین به صورت زیر پوستی و تزریق دائمی انسولین میباشد. امروزه، هر دوی این روش ها ضروری هستند. در طرف دیگر، این روش ها مشکلاتی را هم دارند. به عنوان مثال، در درمان های زیر پوستی تزریق انسولین، بیمار ممکن است مطابق با زمان های مصرف وعده های روزانه، نیازمند تزریق انسولین باشد. این تزریق ها مبتنی بر مقدار مشخص شده گلوکز خون از برچسب های انگشتی میباشد که هر دوی آن ها دردناک و ناراحت کننده هستند. متاسفانه، زمانی که دیگر مشکلات مانند تنش، مریضی، ورزش و مصرف غذا و اختلال های دیگر در نظر گرفته شود، میتوان بیان کرد که استفاده از دوز های از پیش تعیین شده برای تزریق انسولین تا حدی غیر قابل اعتماد میباشد. علاوه بر این، اندازه گیری های دوره ای نیز ممکن است منجر به افزایش رخداد کاهش شدید قند خون شود. در مقابل این روش اندازه گیری نوبتی ، نظارت پیوسته بر روی گلوکز خون و سیستم های حسگر پیوسته، میتوانند قابلیت اعتماد بیشتری را فراهم کنند.

مشابه با پمپ های انسولین، رایج ترین مسئله ایجاد لخته اطراف کاتتر و یا جابجا شدن آن ، ته نشین شدن انسولین و التهاب اطراف مکان کاتتر میباشد. همچنین این روش ها به دلیل این که هیچ فیدبکی را ارائه نمیکنند، نمیتوانند درمان موثر و قابل اعتماد را برای بیماران فراهم کنند.

تحقق دستگاه های حلقه بسته کاملا خودکار (یعنی پانکراس های مصنوعی) ، میتواند سطح نرمال گلوکز را به صورت نرمال را به صورت روزانه بدون ایجاد کردن افت قند خون و افزایش قند خون، میتواند به صورت محسوس کیفیت زندگی افراد مبتلا به دیابت به خصوص دیابت نوع ۱ را بهبود ببخشد. این دستگاه باید سه بخش اصلی را داشته باشد :

۱) یک پمپ انسولین

۲) یک سنسور گلوکز

۳) یک الگوریتم کنترل برای تنظیم کردن مقدار انسولین تحویل داده شده بر اساس اندازه گیری های غلظت گلوکز.

تحقیقات ابعاد مختلف پانکراس مصنوعی را در طول ۴۰ سال مورد بررسی قرار داده است. اما، یک دستگاه حلقه بسته ی خودکار هنوز به مرحله ی تجاری سازی نرسیده است. Kadish و همکارانش یک مکانیزم موتور خود تنظیم را برای کنترل گلوکز خون در دهه ی ۱۹۶۰ معرفی کردند. Clarc و Lyons اولین سنسور گلوکز را در سال ۱۹۶۲ توسعه دادند. اولین محصول تجاری که با نام استاتور زیستی

عرفی شده بود، توسط Clemens در دهه ی ۱۹۷۰ معرفی شد. این دستگاه دارای دو کاتتر بود که یکی از آن ها برای اندازه گیری سطح گلوکز و دیگری برای تحویل دادن انسولین مورد نیاز، استفاده میشد. اما، این دستگاه برای مصرف روزانه مناسب نبود زیرا اندازه ی آن تقریبا به اندازه ی یک یخچال بود. Albissier به بررسی درون ریزی های پانکراس مصنوعی پرداخت و سپس یک دستگاه دستی برای مدیریت شخصی را توسعه داد. Parker و همکارناش، Bequette و همکارانش نیز در این زمینه با مطالعه کردن کنترل مدل پیش بینی کننده (MPC) ، سهم مفیدی را در این زمینه ایفا کردند. Farmer و همکارانش مدل های ریاضی مختلف مانند برگمن در حالت حداقلی، مدل Hovorka و مدل Sorenson و انواع مختلف کنترل مانند مشتق – انتگرال – متناسب (PID) ، کنترل پیش خورد و متناسب را بررسی کردند. تکنیک های مختلف مانند کنترل PID ، PID فازی ، کنترل مشتق متناسب (PD) ، MPC ، جایگذاری قطبی ، کنترل اجرا – به – اجرا، کنترل H_∞، کنترل منطق فازی و غیره را برای استفاده برای تنظیم غلظت گلوکز، مورد استفاده قرار داده اند. در کنترل PID ، مقدار انسولین تحویل داده شده ممکن است نسبت به سطح انسولین مورد نیاز به دلیل عبارت انتگرالی، بیشتر باشد ؛ ازین رو ممکن است منجر به کاهش قند خون بعد از درمان انسولین شود. ازین رو، نتیجه ی کمبود عبارت انتگرال، موجب میشود که کنترل PD نتایج بهتری را نسبت به PID ایجاد کند. کنترل MPC نیز نسبت به کنترل PD بهتر است، اما در این نوع از کنترل، این مدل باید در هر مرحله به روز رسانی شود تا تفاوت های بین خروجی اندازه گیری شده و خروجی پیش بینی شده، جبران شود و این کنترل از یک الگوریتم کنترل خطی استفاده میکند تا سیستم های غیر خطی را تنظیم کند که همین موضوع میتواند منجر به ایجاد ناپایداری شود. کنترل اجرا به اجرا از اجرا های قبلی استفاده میکند تا بتواند ورودی را برای اجرای بعدی به دست آورده و باید به صورت منفرد برای هر بیمار، مشخص شود. همچنین در مقالات، بیشتر این مطالعه ها بر روی تکنیک های خطی سازی متمرکز بوده است ، به همین دلیل مشخصات غیر خطی دینامیک غلظت گلوکز را در نظر نمیگیرد. مرور مقالات مرتبط نشان دهنده ی این حقیقت است که برای تنظیم بهتر و دقیق تر گلوکز خونی در بیماران دیابتی، یک کنترل الگوریتم باید توسعه پیدا کند ه نیازمند دانش دقیق در مورد پارامتر های بیمار میباشد (یعنی کنترل مقاوم). علاوه بر این، این الگوریتم باید از اندازه گیری های غلظت گلوکز خون برای تنظیم گلوکز در بیماران دیابتی، استفاده کند.

بعضی از بخش های تحقیقات قبلی بر روی توسعه ی مدل های ریاضی متمرکز بوده است تا دینامیک غلظت گلوکز خونی را نشان دهد. مدل های ریاضی مختلف که توصیف کننده ی رابطه ی غلظت های انسولین و گلوکز است، در طول سال های اخیر توسعه پیدا کرده است. برگمن یک مدل ریاضی با نام مدل حداقلی برگمن را توصیف کرد که شامل سه معادله ی مرتبه ای دیفرانسیل میباشد که برای توصیف دینامیک سیستم مورد استفاده قرار میگیرد. Furler و همکارانش نیز یک مدل تعمیم یافته از این مدل حداقلی را با حذف کردن ترشح انسولین پانکراسی و اضافه کردن آنتی بادی های انسولین به مدل اصلی برگمن، معرفی کردند. Fisher یک مدل اصلاح شده از این مدل را با استفاده از مدل حداقلی توصیف کرد که ترشح انسولین در این مدل حذف شده بود و عبارت تزریق انسولین به آن اضافه شده بود. مدل حداقلی برگمن، مدل سورنسون، و مدل هورکا ، مدل مشخص کننده ی دو انسولین به صورت خودکار (AIDA) ، سیستم تنظیم انسولین دیابتی (DIAS) ، و سیستم های تنظیم دیابتی کارلسبورگ (KADIS) بعضی از مدل هایی هستند که در مقالات در این زمینه توصیف شده است.

در این مقاله، یک الگوریتم کنترل غیر خطی بر اساس مدل حداقلی برگمن توسعه یافته است که برای تنظیم غلظت گلوکز مورد استفاده قرار میگیرد. بر خلاف بیشتر مطالعه های قبلی، در این مطالعه، مدل های ریاضی غلظت گلوکز به صورت غیر قطعی در نظر گرفته شده است . علاوه بر این، برای واقعی بودن طراحی ها، تنها سطح گلوکز برای توسعه ی کنترل در دسترس در نظر گرفته شده است و دیگر حالت ها (غلظت انسولین و غلظت انسولین پلاسما) به صورت پارامتر های غیر قابل اندازه گیری در نظر گرفته شده است. مدل ریاضی این مدل دست کاری شده است تا یک حالت فشرده را ایجاد کند که تنها شامل غلظت گلوکز

خونی و مشتق های زمانی باشد و سپس سیستم خطای آن توسعه یافته است. به دلیل این که تنها غلظت های گلوکز خونی در دسترس میباشد، سیگنال های شاهد بهره بالا در این مطالعه معرفی شده است تا کمبود اندازه گیری های حالت جبران شود. نتایج از مرجع شماره ی ۲۶ را میتوان برای تضمین کردن حالت نیمه سراسری این کنترل کننده ، کران دار بودن یکنواخت و نهایی سیگنال های خطا مورد استفاده قرار داد.

۲- مدل سیستم

در زمینه تشخیص اجتماعات در شبکه‌های اجتماعی، تحقیقات متعددی صورت گرفته است. در این بخش به تحلیل و بررسی برخی از جدیدترین تحقیق‌های مرتبط در زمینه می‌پردازیم.

در [۱۰] تأثیر روش‌های کشف اجتماعات در شناسایی گره-های تأثیرگذار و بیشینه‌سازی اثر در شبکه‌های اجتماعی را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق با توجه به مفروض بودن ساختار کلی شبکه اجتماعی و مدل انتشار، نه‌تنها بیشینه‌سازی تأثیر در کل شبکه، بلکه پوشش حداکثری اجتماعات در شبکه نیز موردتوجه قرار گرفته است.

در [۱۱] حداکثرسازی شیوع اطلاعات در شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر اجتماعات را پیشنهاد دادند. در این تحقیق با استفاده از مدل انتشار اطلاعات آبشاری مستقل و روش‌های شناسایی اجتماعات مختلف، روشی در شناسایی گره‌های تأثیرگذار ارائه شده است.

در [۱۲] یک روش خوشه‌بندی فازی سلسله مراتبی جهت شناسایی ساختار اجتماعات در شبکه‌های اجتماعی ارائه شده است. در این تحقیق یک الگوریتم ترکیبی فازی در سه مرحله ارائه شده است که در مرحله اول سعی بر تشخیص اجتماعات روش خوشه‌بندی فازی دارد و در مرحله دوم اجتماعات را در سطوح بالاتر به روش خوشه-بندی سلسله مراتبی ترکیب کرده و در مرحله سوم با استفاده از معیار ارزیابی کیفیت بهینه‌سازی ماژولاریتی، اجتماعات به‌دست‌آمده از دو مرحله قبل ارزیابی می‌شود.

روش CC-GA در [۱۳] ارائه شد. این روش از یک الگوریتم ژنتیک مبتنی بر ضریب خوشه‌ای برای تشخیص جوامع در شبکه‌های اجتماعی استفاده می‌کند. روش CC-GA از لحاظ سیاست تولید جمعیت اولیه و همچنین عملگر جهش نسبت به سایر روش‌های مشابه برتری دارد که باعث افزایش کارایی و دقت آن شده است.

در [۱۴] الگوریتم انتشار برچسب براساس تأثیر مبتنی بر شواهد برای تشخیص جامعه توزیع شده در شبکه‌های اجتماعی را مورد بررسی قرار دادند. در این مقاله الگوریتم LPAجدیدی برای تشخیص جامعه توزیع‌شده براساس تئوری شواهد ارائه می‌شود که در بررسی اطلاعات راندمان بالایی نشان داده است. در این مدل تخصیص انبوه و میزان معقول بودن بر اساس تأثیر اجتماعی برای تشخیص برچسب دامنه هر گره محاسبه می‌شود.

روش MDCL در [۱۵] ارائه شد. این روش از یک الگوریتم جستجوی چندهدفه فاخته با جستجو محلی برای تشخیص اجتماعات در شبکه‌های اجتماعی پیچیده استفاده می‌کند. در روش MDCL دو تابع هدف نرخ تجمع منفی و نرخ شکاف تعریف شده است که از طریق محدودیت پیمانگی حداقل‌سازی می‌شوند. برای ایجاد جمعیت اولیه از یک استراتژی جستجو محلی و یک اپراتور کلون استفاده می-شود.

در [۱۶] الگوریتم انتشار برچسب بر مبنای مرکزیت (CenLP) برای شناسایی اجتماع در شبکه‌های اجتماعی معرفی کردند. این الگوریتم یک تابع جدید را برای اندازه‌گیری مرکزیت گره‌ها به‌طور کمی بدون هیچ‌گونه تعامل با کاربر به‌وسیله محاسبه تراکم محلی و شباهت با همسایه‌های با تراکم بالا برای هر گره معرفی می‌کند.

در [۱۷] الگوریتم‌ها و برنامه‌های کاربردی برای تشخیص اجتماع در شبکه‌های وزن‌دار را مورد بررسی قرار دادند. در این مقاله به رفع مشکل تشخیص اجتماع در شبکه‌های وزن‌دار می‌پردازد.

در [۱۸] کشف جامعه کاربری از شبکه‌های چند ارتباطی را پیشنهاد دادند. بررسی‌های اولیه با دو مجموعه اطلاعاتی در دنیای واقعی نشان می‌دهد که این مدل می‌تواند اجتماع-هایی مشهود را مشخص کند، که در میان کاربران آن، دوستی‌های جدی و اشتراک‌های فراوان در زمینه علایق وجود دارد.

در [۱۹] تشخیص جوامع همپوشان در شبکه‌های اجتماعی بررسی شده است. این مقاله جدیدترین تکنولوژی الگوریتم

تشخیص جامعه همپوشان، معیارهای و مقیاس‌های کیفی را مورد تجدیدنظر قرار می‌دهد.

روش TSC در [۲۰] ارائه شد که یک الگوریتم تشخیص اجتماعات ترکیبی برای شبکه‌های اجتماعی است. این روش یک خوشه‌بندی سری زمانی را برای تشخیص اجتماعات در نظر می‌گیرد. به‌طورکلی، نقطه اصلی این روش، تبدیل سری زمانی از دامنه زمان فضا به دامنه توپولوژیک است.

روش DLA در [۲۱] به‌منظور تشخیص کاربرانی با توئیت-های خشونت‌آمیز ارائه شد. DLA از یک الگوریتم مبتنی بر یادگیری ماشین با توجه به نظرات کاربران استفاده می-کند. تکنیک استفاده شده در DLA، یادگیری عمیق است که به‌صورت پیشرفته‌ای توسعه داده شده است.

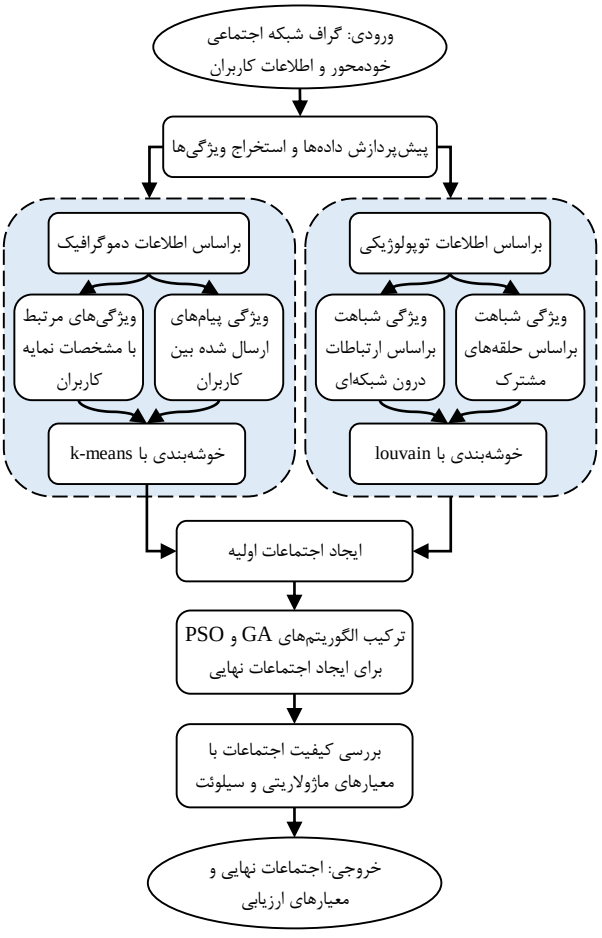
روش ACD-TC در [۲۲] ارائه شد که یک روش شناسایی اجتماعات تطبیقی با ترکیب توپولوژی و محتوا است. در اینجا برای ترکیب توپولوژی و محتوای از یک پارامتر تطبیقی استفاده شده تا تأثیر محتوا را در کشف اجتماعات به‌طور مؤثر کنترل کند. در نهایت یک الگوریتم کشف اجتماعات همپوشانی روی نتیجه پارتیشن‌بندی اجتماعات مرحله قبل اعمال می‌شود.

روش HICODE در [۲۳] برای تشخیص اجتماعات مخفی در شبکه‌های اجتماعی ارائه شد. از نکات برجسته این تحقیق می‌توان به پیشنهاد یک مفهوم جدید از جامعه پنهان برای تجزیه‌وتحلیل شبکه، ارائه متا-روش HICODE برای تشخیص اجتماعات مخفی، پیشنهاد روش‌هایی برای کاهش تأثیر ساختارهای تشخیصی و قابلیت استفاده برای هر دو اجتماعات غالب و اجتماعات مخفی اشاره کرد.

۳- روش پیشنهادی

در این تحقیق از الگوریتم‌های ژنتیک، ازدحام ذرات، خوشه‌بندی k-means و خوشه‌بندی louvain برای ارائه الگوریتم تشخیص اجتماعات پیشنهادی استفاده می‌شود. این الگوریتم مبتنی بر شبکه‌های اجتماعی خودمحور است. به‌طورکلی این شبکه‌ها روابط کاربر ego و دوستانشان را نشان می‌دهد. در گراف این شبکه‌ها کاربر ego در مرکز گراف قرار دارد و حلقه‌های تشکیل شده اطراف این کاربر حاوی روابط فردی خاص آن است. بنابراین در این نوع شبکه‌ها ارتباطات توسط ego معرفی می‌گردد.

ویژگی‌های استفاده شده از کاربران برای تشخیص اجتماعات، اطلاعات توپولوژیکی و دموگرافیکی (محتوا) آن‌ها می‌باشد. اطلاعات توپولوژیکی با ویژگی‌های شبکه-های خودمحور مرتبط است و از حلقه‌های مشترک و ارتباطات درون‌شبکه‌ای خودمحور تشکیل شده است. اطلاعات دموگرافیکی نیز مربوط به مشخصات نمایه کاربران و همچنین کلمات کلیدی استفاده شده در پیام(توئیت)های آن‌ها می‌باشد. روش پیشنهادی برای تشخیص اجتماعات از یک الگوریتم خوشه‌بندی ترکیبی بر مبنای الگوریتم‌های تکاملی بهره می‌گیرد. معماری روش پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: معماری روش پیشنهادی

به‌طورکلی کاربران موجود در یک اجتماع باید بیشترین تراکم را با همدیگر داشته باشند و از طرفی باید دارای

کمترین تراکم با سایر اجتماعات باشند. در این مسئله تراکم به مفهوم ارتباطات بین کاربران از لحاظ ویژگی‌های مختلفی است. برای مثال کاربران درون یک اجتماع باید دارای بیشترین ارتباط با همدیگر و کمترین ارتباط با سایر کاربران باشند. شاخص‌های اعتبارسنجی برای سنجش میزان صحت نتایج خوشه‌بندی به‌منظور مقایسه بین روش-های خوشه‌بندی مختلف یا مقایسه نتایج حاصل از یک روش با پارامترهای مختلف مورداستفاده قرار می‌گیرند. ازاین‌رو از معیارهای ارزیابی ماژولاریتی و سیلوئت جهت ارزیابی عملکرد اجتماعات تشخیص داده شده و همچنین مقایسه با سایر روش‌ها استفاده می‌کنیم. معیار ماژولاریتی از جمله معیارهای اندازه‌گیری است که در زمان حداکثر بودن، منجر به ایجاد اجتماعات در یک چنین شبکه‌ی داده شده‌ای می‌شود. معیار سیلوئت یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی درونی خوشه‌بندی به‌منظور ارزیابی اجتماعات است که بر کیفیت اجتماعات و پراکندگی داده‌ها تمرکز دارد.

۳-۱- پیش‌پردازش داده‌ها

در پیش‌پردازش، ابتدا ماتریس هم‌جواری بین هر جفت کاربر ایجاد می‌شود. این ماتریس به‌صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود.

$$Adj(u,v)=\begin{cases}0 & if\ u \nrightarrow v\\ 1 & if\ u \rightarrow v\end{cases} \qquad (۱)$$

سپس، با توجه به وجود چندین شبکه ego در ساختار اطلاعات در دسترس، ارتباطات موجود در شبکه ego، i-ام نیز به‌صورت ماتریس هم‌جواری A_i در رابطه (۲) نشان داده می‌شود.

$$A_i(u,v)=\begin{cases}0 & if\ u \overset{i}{\nrightarrow} v\\ 1 & if\ u \overset{i}{\rightarrow} v\end{cases} \qquad (۲)$$

جایی که $u \overset{i}{\rightarrow} v$ وجود ارتباط بین دو کاربر در i-مین شبکه ego را نشان می‌دهد. در این مرحله اطلاعات نمایه کاربران نیز نرمال‌سازی می‌شود. در اینجا فیلدهای مشخصات کاربران که به‌صورت کیفی بیان شده به‌صورت کمی کدگذاری می‌شوند.

۳-۲- استخراج ویژگی‌ها

در این تحقیق چهار ویژگی «شباهت براساس حلقه‌های مشترک» و «شباهت براساس ارتباطات درون‌شبکه‌ای» از اطلاعات توپولوژیکی و «پیام‌های ارسال‌شده بین کاربران» و «فیلدهای مرتبط با مشخصات نمایه کاربران» از اطلاعات دموگرافیکی کاربران استخراج می‌شود.

ویژگی شباهت براساس حلقه‌های مشترک: اغلب در شبکه‌های اجتماعی خودمحور کاربران از طریق مسیرهایی از حلقه‌های مختلف شبکه‌های ego مرتبط هستند. یک مسیر خودمحور به‌صورت $u \xrightarrow{follows} w \xrightarrow{friends} v$ نشان داده می‌شود، جائیکه کاربر w واسط ارتباط بین کاربران u و v است. مقدار ویژگی شباهت براساس حلقه‌های مشترک برای دو کاربر u و v برمبنای تعداد کاربران مشابه w که حداقل با یکی از کاربران u و v در حلقه مشترکی باشند، محاسبه می‌گردد.

ویژگی شباهت براساس ارتباطات درون‌شبکه‌ای: برای محاسبه این ویژگی از ساختار معیار شباهت معروف کاتز به‌صورت محلی درون هر شبکه ego استفاده می‌شود. مقدار این ویژگی براساس تعداد مسیرهای خودمحور نظیر $u \rightarrow w \rightarrow v$ با طول‌های متفاوت بین کاربران درنظر گرفته می-شود، جایی که هر کاربر نظیر w باید حداقل با یکی از کاربران u و v در شبکه ego یکسانی باشد. شاخص توسعه‌یافته کاتز برای شبکه‌های خودمحور به‌صورت رابطه (۳) تعریف شده است.

$$KATZ_{ext}(u,v) = \sum_{l=2}^{L} \beta^l . \left|EgoPaths_{u,v}^{l}\right| \qquad (۳)$$

جایی که β ضریب ثابت (کمتر از ۱) جهت کاهش تأثیر مسیرهای طولانی، L حداکثر طول مسیر مورد بررسی (در اینجا ۲، ۳ و ۴) و $\left|EgoPaths_{u,v}^{l}\right|$ تعداد مسیرهای خودمحور با طول l بین دو کاربر u و v می‌باشد. β^l باعث افزایش ارزش این ویژگی برای مسیرهایی با طول کوتاه‌تر می‌شود، چون هر چه طول مسیر کمتر باشد تراکم بیشتری وجود خواهد داشت.

ویژگی پیام‌های ارسال‌شده بین کاربران: این ویژگی برمبنای کلمات کلیدی استفاده‌شده مشابه در پیام‌ها و توئیت‌های کاربران محاسبه می‌شود. $T(u)$ کلمات کلیدی استفاده‌شده برای کاربر u است و به‌صورت $T(u) =$

$[t_1, t_2, \dots, t_m]$ نشان داده می‌شود. جایی که t_i به‌صورت باینری نشان‌دهنده استفاده یا عدم استفاده از i-مین کلمه کلیدی توسط کاربر u می‌باشد. مقدار ویژگی «پیام‌های ارسال‌شده» برای دو کاربر u و v به‌صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود.

$$CM(u,v) = \|T(u) \cap T(v)\| \quad (۴)$$

در این رابطه ∩ اشتراک بین دو بردار $T(u)$ و $T(v)$ است و $\|*\|$ مجموع تعداد عضوهای مشترک را محاسبه می‌کند.

ویژگی فیلدهای مرتبط با مشخصات نمایه کاربران: این ویژگی برمبنای فیلدهای «سن»، «جنسیت»، «میزان تحصیلات»، «شغل» و «موقعیت جغرافیایی» از هر کاربر در قالب یک ماتریس $N \times 5$ به‌منظور تشخیص اجتماعات استخراج می‌شود.

۳-۳- خوشه‌بندی کاربران

در این تحقیق برای کار خوشه‌بندی از دو الگوریتم معروف k-means و louvain به ترتیب برای خوشه‌بندی کاربران براساس اطلاعات دموگرافیکی و توپولوژیکی استفاده می‌شود. در ویژگی‌های بخش دموگرافیک چندین فیلد برای هر نمونه در اختیار است و به همین دلیل با ساختار الگوریتم k-means همخوانی دارد. ویژگی‌های بخش توپولوژیکی یک شباهت برای هر کاربر دارد و ساختار آن گراف است. به همین دلیل برای خوشه‌بندی آن از الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر گراف louvain استفاده می‌شود.

برای هر چهار ویژگی استخراج‌شده، خوشه‌بندی‌های متفاوتی برای کاربران ایجاد می‌شود که از اطلاعات آن‌ها در جهت ایجاد اجتماعات نهایی استفاده می‌شود.

۳-۴- ایجاد اجتماعات اولیه کاربران

اجتماعات اولیه، شباهت‌های حداکثری بین کاربران را به تصویر می‌کشد و دارای اندازه‌های نسبتاً کوچکی هستند. در اینجا همه خوشه‌ها را یکپارچه و در یک مجموعه به‌صورت $C = \{\{c_1\}, \{c_2\}, \{c_3\}, \{c_4\}\}$ در نظر می‌گیریم که c_i خوشه‌های مربوط به i-مین خوشه‌بندی انجام شده است. سپس شباهت بین هر جفت کاربر را براساس C محاسبه می‌کنیم. شباهت بین دو کاربر u و v به‌صورت $s_{u,v}$ نشان داده می‌شود و مقدار آن برابر است با جمع وزنی تعداد دفعاتی که این دو کاربر در خوشه‌های یکسانی دیده شده است. $s_{u,v}$ با توجه به رابطه (۵) محاسبه می‌گردد.

$$s_{u,v} = \sum_c \frac{1}{N_c}, \quad if\ (u,v) \in c \quad (۵)$$

در اینجا N_c تعداد کاربران خوشه c است. هر چه دو کاربر در یک خوشه با تعداد اعضاء کمتر دیده شوند، شباهت بیشتری دارند. این فرایند منجر به ایجاد ماتریس شباهت S می‌شود که یک ماتریس $N \times N$ است. در ادامه براساس تعیین حداکثر شباهت‌ها روی ماتریس S، اجتماعات اولیه ایجاد می‌شود. حداکثر شباهت‌های کاربران به‌صورت رابطه (۶) تعریف می‌گردد.

$$S_{MAX} = \begin{bmatrix} S^1_{max} \\ S^2_{max} \\ \vdots \\ S^N_{max} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \max[s_{1,1}, & s_{1,2}, & \cdots & s_{1,N}] \\ \max[s_{2,1}, & s_{2,2}, & \cdots & s_{2,N}] \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \max[s_{N,1}, & s_{N,2}, & \cdots & s_{N,N}] \end{bmatrix} \quad (۶)$$

برای محاسبه حداکثر شباهت بین کاربران هر سطر از ماتریس S مورد توجه می‌باشد. S_{MAX} نشان می‌دهد که کاربر i-ام با تمام کاربران (در هر سطر) به مقدار S^i_{max} رسیده است. اجتماعات اولیه براساس S_{MAX} ایجاد می‌شود. کاربران متعلق به اجتماع اول براساس سطر اول ماتریس یعنی S^1_{max} ایجاد می‌شوند. در اینجا همه کاربرانی که مقدار شباهت آن‌ها برابر S^1_{max} است، به اجتماع اول $(cluster_1)$ تعلق دارند. برای تعیین کاربران متعلق به اجتماعات بعدی به‌صورت زیر عمل می‌کنیم. جایی که فرض می‌شود اجتماع بعدی $cluster_z$ است.

۱. کاربر j جایی که $j = 2,3, \dots N$ مورد بررسی قرار می‌گیرد.
۲. اگر کاربر j قبلاً به اجتماع خاصی تخصیص داده شده، متعلق به $cluster_z$ نمی‌باشد در غیر این صورت کاربر j متعلق به اجتماع $cluster_z$ است.
۳. همه کاربرانی با مقدار شباهت S^j_{max} (سطر j-ام از S_{MAX}) که قبلاً به اجتماع خاصی تخصیص داده نشده‌اند، متعلق به اجتماع $cluster_z$ هستند.

براساس مراحل فوق درنهایت Z اجتماع اولیه ایجاد می‌شود، جایی که $cluster_z \in [1,2, \dots, z, \dots, Z]$ می‌باشد.

۳-۵- ایجاد اجتماعات نهایی

در این تحقیق برای ایجاد اجتماعات نهایی از یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر الگوریتم‌های ژنتیک و ازدحام ذرات استفاده شده است. تعداد اجتماعات نهایی در طی پروسه بهینه‌سازی و ادغام اجتماعات کوچک‌تر به‌صورت خودکار محاسبه می‌شود. هدف الگوریتم ترکیبی پیشنهادی ادغام اجتماعات کوچک‌تر و ایجاد اجتماعات بزرگ و نهایی به نحوی است که بهترین بهره‌وری حاصل شود. در اینجا اجتماعات کوچک‌تر براساس الگوریتم ژنتیک ادغام شده و به‌منظور افزایش کیفیت اجتماعات یک الگوریتم ازدحام ذرات در هر نسل اعمال می‌شود. الگوریتم ازدحام ذرات وظیفه جابه‌جایی گره‌ها بین اجتماعات ادغام‌شده را بر عهده دارد و این در حالی است که الگوریتم ژنتیک ادغام اجتماعات را انجام می‌دهد.

ساختار راه‌حل پیشنهادی به‌صورت یک بردار به طول Z است، جایی که Z تعداد اجتماع اولیه است. هر عنصر در بردار تعریف شده بیانگر یک اجتماع اولیه و مقدار منتسب به آن شماره اجتماع نهایی را نشان می‌دهد. با توجه به ساختار راه‌حل پیشنهادی جمعیت اولیه به‌صورت تصادفی ایجاد می‌شود.

در این مقاله برای محاسبه برازندگی راه‌حل‌ها از معیارها ماژولاریتی و سیلوئت به‌صورت مقایسه‌ای استفاده شده است. برای انتخاب والدین و تولیدمثل از عملگر انتخاب چرخ رولت استفاده شده و عملگر برش تک-نقطه‌ای با احتمال C_r است. علاوه بر این، عملگر جهش استفاده شده با احتمال M_r روی هر بیت از راه‌حل اعمال شده و مقدار منتسب به آن را یک واحد به‌صورت تصادفی اضافه یا کم می‌کند.

پس از ایجاد جمعیت جدید در هر نسل، یک الگوریتم ازدحام ذرات به‌منظور افزایش کیفیت اجتماعات یک الگوریتم ازدحام ذرات روی جمعیت اعمال می‌شود.

موقعیت هر ذره در فضای جستجو به‌صورت یک بردار به طول تعداد کاربران (N) است که هر عنصر آن شماره اجتماع تشخیص داده شده از راه‌حل الگوریتم ژنتیک است. در اینجا جمعیت اولیه ذرات همان جمعیت اولیه از الگوریتم ژنتیک می‌باشد. هر ذره یک مقدار شایستگی دارد که همان معیارهای سیلوئت و ماژولاریتی هستند. در هر گام، هر ذره با استفاده از دو بهترین مقدار به‌روز می‌شود. اولین مورد، بهترین موقعیتی است که تاکنون ذره موفق به رسیدن به آن شده است (pbest). بهترین مقدار دیگر، بهترین موقعیتی است که تاکنون توسط جمعیت ذرات به‌دست‌آمده است و مصداق هوش جمعی است (gbest).

سرعت برای هر ذره با بردار v نشان داده شده که ابعادی مشابه بردار موقعیت ذرات دارد. مقادیر اولیه بردار v برای هر ذره در ابتدا در بازه ۰ تا ۱ به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شود. پس از یافتن بهترین مقادیر (pbest و gbest)، سرعت و مکان هر ذره به‌روزرسانی می‌شوند. با توجه به محیط گسسته در مسئله، موقعیت ذرات به‌صورت زیر تغییر می‌کند:

۱. برای هر اجتماع نهایی یک عنصر (کاربر) از بردار ذره انتخاب می‌شود. این انتخاب بر مبنای بردار سرعت و با استفاده از عملگر چرخ رولت انجام می‌شود.
۲. برای هر عنصر انتخاب‌شده، به‌صورت تصادفی یک شماره اجتماع تخصیص داده می‌شود.
۳. ذره جدید در صورت بهبود معیارهای برازندگی به موقعیت جدید می‌رود.

۳-۶- بررسی کیفیت اجتماعات

اجتماعات شامل کاربرانی است که نسبت به همدیگر بیشترین تراکم (ارتباطات) را دارند و از طرفی کمترین تراکم را با کاربران موجود در سایر اجتماعات دارند. تراکم به ارتباطات میان کاربران براساس ویژگی‌های استخراج شده از گراف شبکه اجتماعی اشاره دارد. از جمله معروف‌ترین معیارهای ارزیابی کیفیت اجتماعات در شبکه‌های اجتماعی بر اساس تراکم، ماژولاریتی و سیلوئت است. این معیارها زمانی استفاده می‌شود که نتایج واقعی خوشه‌های برای هر نمونه را نداشته باشیم.

معیار ماژولاریتی برای اجتماعات $C = \{C_1, C_2, \dots, C_c\}$ با توجه به رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$M(C) = \sum_{c} \left(\frac{1}{2\xi} \sum_{u \in c,\ v \in c'} \left[A_{u,v} - \frac{k_u \times k_v}{2\xi} \right] \delta(u,v) \right) \quad (۷)$$

جایی که c به کاربران اجتماع c و c' به کاربران سایر اجتماعات غیر از c اشاره دارد. $A_{u,v}$ وزن بین دو کاربر u و

v است که به‌صورت میانگین وزنی برای همه ویژگی‌های محاسبه شده بین دو کاربر در نظر گرفته می‌شود، k_u و k_v به ترتیب نشان‌دهنده مجموع وزن‌های یال‌های متصل به کاربران u و v می‌باشد. ξ مجموع همه وزن‌های گراف شبکه اجتماعی است و درنهایت $\delta(u,v)$ یک تابع دلتا ساده برای نشان دادن ارتباط و یا عدم ارتباط بین کاربران u و v است (۰ عدم ارتباط و ۱ ارتباط).

معیار سیلوئت بر محاسبه پراکندگی داده‌ها در اجتماعات مختلف متمرکز است و معیارهای فواصل درون خوشه‌ای و برون خوشه‌ای را به‌طور هم‌زمان لحاظ می‌کند. معیار سیلوئت به‌صورت رابطه (۸) تعریف می‌شود.

$$S = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{b_i - a_i}{\max(b_i, a_i)} \qquad (۸)$$

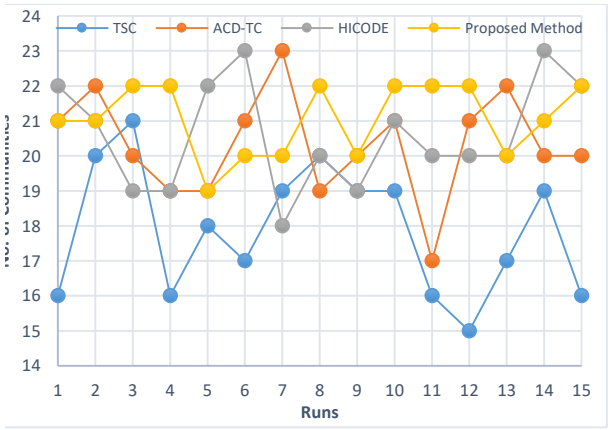
جایی که N تعداد کل کاربران، a_i متوسط فاصله (وزن) کاربر u_i از سایر کاربران در خوشه خودش و b_i متوسط فاصله کاربر u_i از سایر کاربران در سایر خوشه‌ها می‌باشد. b_i برای هر خوشه یک ارزش دارد که مقدار نهایی آن به‌صورت کمترین در نظر گرفته می‌شود.

۴- نتایج و بحث

در این تحقیق آزمایش‌های گسترده‌ای را برای نشان داده برتری الگوریتم پیشنهادی ارائه شده است. نتایج در مقابل الگوریتم‌های ACD-TC [۲۲]، HICODE [۲۳] و TSC [۲۰] با توجه به معیارهای ماژولاریتی [۲۴]، سیلوئت [۲۵] و تعداد اجتماعات مورد مقایسه قرار می‌گیرد. برای انجام شبیه-سازی از نرم‌افزار MATLAB ورژن 2017a و یک کامپیوتر شخصی با پیکربندی پردازنده اینتل ۵ هسته و فرکانس ۲,۴ گیگاهرتز، حافظه ۱۶ گیگابایت استفاده شده است.

شبیه‌سازی روی مجموعه داده شبکه اجتماعی خودمحور فیس‌بوک انجام شده است. با توجه به حجم بالای تعداد کاربران، در این مقاله تنها از ۳ شبکه ego ابتدایی با ۲۱۶۷ کاربر و ۴۵۴۲۳ لینک استفاده شده است. در هر مرحله از اعتبارسنجی کاربران به دو بخش آموزشی (E^T) و آزمایشی (E^P) تفکیک می‌شوند. این فرایند مطابق 10-fold اجرا شده و نتایج نهایی به‌صورت میانگین ارائه می‌گردد. بنابراین $E^T \cap E^P = \emptyset$ و $E = E^T \cup E^P$ است، جائیکه E ارتباطات کل شبکه را نشان می‌دهد.

در ابتدا از معیار تعداد اجتماعات برای مقایسه روش‌های مختلف بهره می‌گیریم. تعداد اجتماعات نشان می‌دهد که الگوریتم ارائه شده در نهایت با چه تعداد اجتماع، تراکم کاربران را نشان می‌دهد. در تکرارهای متوالی هر چه یک الگوریتم بتواند تعداد اجتماعات تشخیص داده شده مشابهی حاصل کند، الگوریتم پایداری بیشتری دارد. بدین منظور در این آزمایش نتایج تعداد خوشه‌های نهایی برای روش پیشنهادی و سایر روش‌های مورد مقایسه در ۱۵ اجرای مختلف گزارش شده است. شکل ۲ نتایج این آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۲: مقایسه تعداد اجتماعات کشف‌شده در روش‌های مختلف

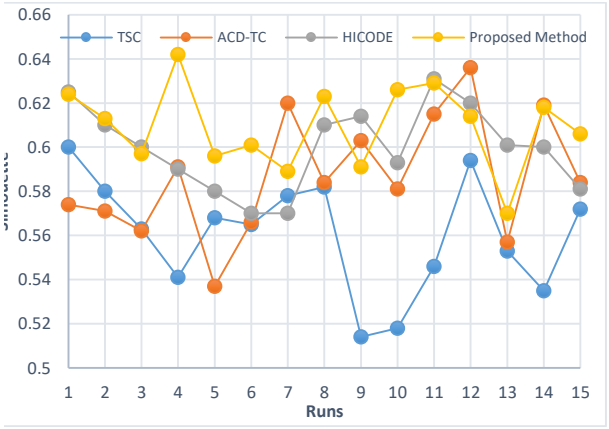
با توجه به نتایج این آزمایش، روش پیشنهادی کمترین پراکندگی را در بین سایر روش‌ها در تشخیص تعداد اجتماعات دارد. در اینجا تعداد اجتماعات تشخیص داده شده برای روش پیشنهادی تنها در محدوده ۱۹ تا ۲۲ اجتماع در نوسان است و به‌طور میانگین این تعداد حدود ۲۱ است. این در حالی است که روش TSC دارای بیشترین پراکندگی تعداد اجتماعات تشخیص داده شده است. این روش به‌طور میانگین تعداد اجتماعات را حدود ۱۸ تخمین می‌زند و نوسانات آن بین ۱۵ تا ۲۱ است. روش‌های ACD-TC و HICODE نیز عملکرد مناسبی دارند هرچند از روش پیشنهادی نتایج ضعیف‌تری را ارائه می‌دهند. به‌طور خاص میانگین تعداد اجتماعات در این دو روش حدود ۲۰ است. از بین روش‌های ACD-TC و HICODE؛ روش

ACD-TC پراکندگی بیشتری را در تعداد اجتماعات تشخیص داده شده گزارش می‌دهد به نحوی این پراکندگی بین ۱۷ تا ۲۳ است. این در حالی است که پراکندگی تعداد اجتماعات روش HICODE بین ۱۸ تا ۲۳ می‌باشد.

بنابراین نتایج این آزمایش نشان داد که روش پیشنهادی به چند مرحله کردن تشخیص اجتماعات و استفاده از دو جنبه مختلف توپولوژی و محتوا توانسته است نسبت به سایر روش‌های مشابه تعداد اجتماعات پایدارتری را ارائه دهد.

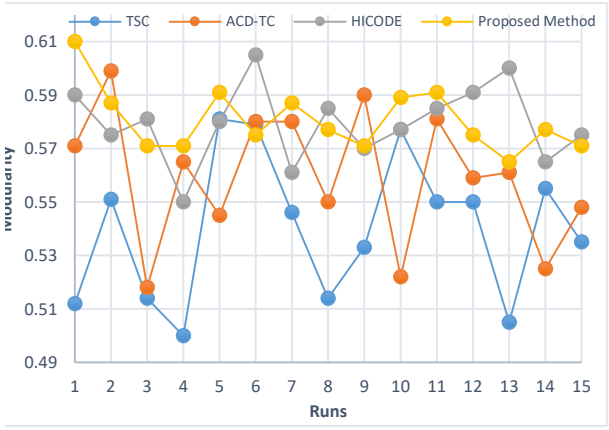
در ادامه روش‌های مختلف از لحاظ معیار سیلوئت بررسی و مقایسه می‌شود. شکل ۳ نتایج این آزمایش را برای روش پیشنهادی و سه روش TSC، ACD-TC و HICODE نشان می‌دهد. در اینجا معیار سیلوئت به‌صورت میانگین برای همه کاربران آزمایشی و برای ۱۵ اجرای متمایز گزارش شده است.

نتایج شاخص سیلوئت نشان می‌دهد که روش پیشنهادی با میانگین ۰٫۶۱ بهترین عملکرد را در بین سایر روش‌ها دارد. در رتبه دوم روش HICODE با میانگین سیلوئت ۰٫۶ قرار دارد. علاوه بر این، روش‌های ACD-TC و TSC نیز به ترتیب به ۰٫۵۹ و ۰٫۵۶ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در بهترین اجرا روش پیشنهادی به درجه سیلوئت ۰٫۶۴۲ رسیده است، این در حالی است که بهترین معیار سیلوئت روش HICODE مقدار ۰٫۶۳۱ است. هرچند در برخی از اجراها روش HICODE نسبت به روش پیشنهادی برتری دارد اما در حالت میانگین روش پیشنهادی اجتماعات بهتری را ارائه می‌دهد، هرچند این برتری ناچیز است.



شکل ۳: مقایسه روش‌های مختلف در شاخص سیلوئت

در آزمایش دیگری روش‌های مختلف را از لحاظ معیار ماژولاریتی مورد مقایسه قرار داده‌ایم. ماژولاریتی به چگالی (تراکم) ارتباطات اجتماعات ایجاد شده تمرکز دارد. هر چه ماژولاریتی برای یک روش بیشتری باشد، این امر نشان‌دهنده عملکرد مناسب و ایجاد اجتماعات قوی‌تری است. نتایج این مقایسه در شکل ۴ برای ۱۵ اجرای مختلف ارائه شده است.



شکل ۴: مقایسه روش‌های مختلف در شاخص ماژولاریتی

نتایج این آزمایش نیز برتری نسبی روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. میانگین نتایج شاخص ماژولاریتی برای روش پیشنهادی ۰٫۵۸ است، این در حالی است که روش HICODE با اختلاف ناچیزی به شاخص ماژولاریتی ۰٫۵۷۹ رسیده است. در برخی از اجراها روش HICODE برتری دارد اما درمجموع روش پیشنهادی نتایج بهتری را گزارش کرده است. بهترین شاخص ماژولاریتی برای روش پیشنهادی ۰٫۶۱ است درحالی‌که برای روش HICODE این عدد برابر ۰٫۶۰۵ است. علاوه بر این روش پیشنهادی نسبت به دو روش TSC و ACD-TC برتری قابل‌توجهی دارد. شاخص ماژولاریتی برای این دو روش به ترتیب ۰٫۵۴ و ۰٫۵۶ است. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که روش پیشنهاد با استفاده از خوشه‌بندی ترکیبی موفق به ایجاد اجتماعات متراکم‌تری نسبت به سایر روش‌های مشابه شده است.

در انتها نتایج مقایسه برای معیارهای تعداد اجتماعات، سیلوئت و ماژولاریتی برای روش‌های TSC، ACD-TC، HICODE و همچنین روش پیشنهادی برای مقایسه دقیق‌تر به‌صورت عددی گزارش می‌شوند. نتایج این مقایسه

در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج ارائه شده بر مبنای میانگین ۱۵ اجرای متمایز اندازه‌گیری شده است. نتایج اثبات می‌کنند که روش پیشنهادی به اجتماعات پایدارتری در میانگین اجراها رسیده است.

جدول ۱: مقایسه روش پیشنهادی نسبت به سایر روش‌ها

روش‌ها	ماژولاریتی	سیلوئت	تعداد اجتماعات
TSC	۰,۵۴۰	۰,۵۶۰	۲۰,۳۳
ACD-TC	۰,۵۵۹	۰,۵۸۵	۱۷,۸۷
HICODE	۰,۵۷۹	۰,۶۰۱	۲۰,۴۵
روش پیشنهادی	۰,۵۸۱	۰,۶۰۸	۲۱,۰۶

به‌طورکلی میزان بهبود روش پیشنهادی نسبت به روش HICODE در شاخص سیلوئت ۱,۲ و برای ماژولاریتی ۰,۵ درصد است. هرچند این برتری ناچیز است اما روش پیشنهادی به‌طور میانگین نتایج بهتری را گزارش داده است. علاوه بر این برتری روش پیشنهادی در شاخص سیلوئت نسبت به روش‌های TSC و ACD-TC به ترتیب ۷,۵ درصد و ۳,۹ درصد و برای شاخص ماژولاریتی به ترتیب ۸,۵ درصد و ۳,۸ درصد است.

۵- نتیجه‌گیری

یکی از چالش‌های اصلی در آنالیز شبکه‌های اجتماعی، تشخیص اجتماعات (جوامع) است. در این مقاله از یک روش ترکیبی برای تشخیص اجتماعات بر مبنای ویژگی-های توپولوژیکی و دموگرافیکی استفاده شد. اطلاعات توپولوژیکی با ویژگی‌های شبکه‌های خودمحور مرتبط است و از حلقه‌های مشترک و ارتباطات درون‌شبکه‌ای خودمحور تشکیل شده است. اطلاعات دموگرافیکی نیز مربوط به مشخصات نمایه کاربران و همچنین توئیت‌های مشترک آن‌ها می‌باشد. اجتماعات اولیه براساس شباهت‌های حداکثری و اجتماعات نهایی براساس ترکیب دو الگوریتم ژنتیک و ازدحام ذرات ایجاد شد. الگوریتم ترکیبی ارائه شده با هدف حداکثر بهره‌وری سعی در ادغام خوشه‌ها و اجتماعات کوچک دارد.

استفاده از سایر شاخص‌های ارزیابی درون خوشه‌ای نظیر جاکارد برای بررسی اجتماعات نهایی کاربران از پیشنهادات این تحقیق برای کارهای آتی است.

مراجع

[1] Bliss, C.A. , Frank, M.R. , Danforth, Ch.M. , Dodds, .P.Sh. (2014). An evolutionary algorithm approach to link prediction in dynamicsocial networks. Journal of Computational Science,5(5), 750-764.

[2] Cui, W., Pu, C., Xu, Z., Cai, S., Yang, J., & Michaelson, A. (2016). Bounded link prediction in very large networks. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 457, 202-214.

[3] Han, S., & Xu, Y. (2016). Link Prediction in Microblog Network Using Supervised Learning with Multiple Features. JCP, 11(1), 72-82.

[4] Liu, F., Liu, B., Sun, C., Liu, M., & Wang, X. (2015). Deep belief network-based approaches for link prediction in signed social networks. Entropy, 17(4), 2140-2169.

[5] Naderipour, M., Bastani, S., & Zarandi, M. F. (2016). A Type-2 Fuzzy Model for Link Prediction in Social Network. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, 10(7), 1355-1360.

[6] Nguyen, Trung LT, and Tru H. Cao. (2014). Multi-group-based User Perceptions for Friend Recommendation in Social Networks. In Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Springer, Cham. 525-534

[7] Sun, Z., Han, L., Huang, W., Wang, X., Zeng, X., Wang, M., & Yan, H. (2015). Recommender systems based on social networks. Journal of Systems and Software, 99, 109-119.

[8] Laishram, R., Mehrotra, K., & Mohan, C. K. (2016, November). Link Prediction in Social Networks with Edge Aging. In Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), 2016 IEEE 28th International Conference on (pp. 606-613). IEEE.

[9] Jalili, M., Orouskhani, Y., Asgari, M., Alipourfard, N., & Perc, M. (2017). Link prediction in multiplex online social networks. Royal Society Open Science, 4(2), 160863.

[10] Szczepański, P. L., Barcz, A. S., Michalak, T. P., & Rahwan, T. (2015, June). The game-theoretic interaction index on social networks with applications to link prediction and community detection. In Twenty-Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence.

[11] Zhao, J., Miao, L., Yang, J., Fang, H., Zhang, Q. M., Nie, M., ... & Zhou, T. (2015). Prediction of links and weights in networks by reliable routes. Scientific reports, 5.

[12] L. L¨u, T. Zhou, Link prediction in complex networks: A survey, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 390 (2011) 1150–1170.

[13] Said, A., Abbasi, R. A., Maqbool, O., Daud, A., & Aljohani, N. R. (2018). CC-GA: A clustering coefficient based genetic algorithm for detecting communities in social networks. Applied Soft Computing, 63, 59-70.

[14] Azaouzi, M., & Romdhane, L. B. (2017). An evidential influence-based label propagation algorithm for distributed community detection in social networks. Procedia Computer Science, 112, 407-416.

[15] Zhou, X., Liu, Y., & Li, B. (2016). A multi-objective discrete cuckoo search algorithm with local search for community detection in complex networks. Modern Physics Letters B, 30(7), 1650080.

[16] Sun, H., Liu, J., Huang, J., Wang, G., Yang, Z., Song, Q., & Jia, X. (2016). CenLP: A centrality-based label propagation algorithm for community detection in networks. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 436, 767-780.

[17] Lu, Z., Sun, X., Wen, Y., Cao, G., & La Porta, T. (2015). Algorithms and applications for community detection in weighted networks. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 26(11), 2916-2926.

[18] Zhang, Z., Li, Q., Zeng, D., & Gao, H. (2013). User community discovery from multi-relational networks. Decision Support Systems, 54(2), 870-879.

[19] Xie, J., Kelley, S., & Szymanski, B. K. (2013). Overlapping community detection in networks: The state-of-the-art and comparative study. Acm computing surveys (csur), 45(4) 43.

[20] Ferreira, L. N., & Zhao, L. (2016). Time series clustering via community detection in networks. Information Sciences, 326, 227-242.

[21] Dadhe, M. M. S., Masidkar, M. P. S., Vaidya, M. V., & Jalan, P. A. (2018). Detection of Abusive Language from Tweets in Social Networks. International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication, 6(3), 148-151.

[22] Qin, M., Jin, D., Lei, K., Gabrys, B., & Musial-Gabrys, K. (2018). Adaptive community detection incorporating topology and content in social networks. Knowledge-Based Systems, 161, 342-356.

[23] He, K., Li, Y., Soundarajan, S., & Hopcroft, J. E. (2018). Hidden community detection in social networks. Information Sciences, 425, 92-106.

[24] Azaouzi, M., & Romdhane, L. B. (2017). An evidential influence-based label propagation algorithm for distributed community detection in social networks. Procedia Computer Science, 112, 407-416.

[25] Xie, J., Kelley, S., & Szymanski, B. K. (2013). Overlapping community detection in networks: The state-of-the-art and comparative study. Acm computing surveys (csur), 45(4), 43.

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 (مایکت) و یا http://noandishaan.com/kahroba/kahroba.apk دریافت کنید.

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.