پاییز ۹۸
سال هشتم

کهربا

فصلنامه تخصصی مهندسی برق و کامپیوتر











شماره
۲۵

kahroba

تدوین راهکارهای امنیتی شبکه های مجازی

شبیه سازی یک شبکه 9 باسه برای انواع فالتهای سری و شنت با نرم افزار متلب

یک روش یادگیری عمیق مبتنی بر شبکه های عصبی برای نفوذ در شبکه های کامپیوتری

ایمنی تصویر برداری تشدید مغناطیسی در بیماران دارای ضربان سازی دفیبریلاتور قلبی قابل کاشت

یک روش جدید برای پیش بینی لینک در شبکه های اجتماعی بر اساس الگوریتمهای فرا ابتکاری

طراحی و ساخت دستگاه تمیز کننده فلزات با استفاده از امواج آلتراسونیک

ISSN :2322-3723

شماره مجوز وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی ۷۷۸۲۱

www.kahrobaonline.ir



سال هشتم

شماره بیست و پنجم

پاییز ۹۸

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- عضو هیئت علمی(دانشیار) دانشگاه آزاد دزفول

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

مهندس مهسا سرائی کارشناس ارشد برق مخابرات

مهندس علی کمالی- کارشناس ارشد برق قدرت

مهندس آرام قادری کارشناس ارشد برق الکترونیک

درباره کهربا	۳
یادداشت مدیرمسئول	۴
آشنایی با مشاهیر برق	
دکتر علی حاجی میری- مخترع و کارآفرین حوزه صنعت برق	۵
مقالات	
تدوین راهکارهای امنیتی شبکه های خصوصی مجازی امیرعباس برادران – کارشناس ارشد فناوری اطلاعات	۶
یک روش یادگیری عمیق مبتنی بر شبکه های عصبی برای تشخیص نفوذ در شبکه های کامپیوتری غلامرضا خان عزیزی- کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر حسین غفاریان- کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر مهدی صادق زاده – کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر	۱۱
شبیه سازی یک شبکه ۹ باسه برای انواع فالتهای سری و شنت با نرم افزار MATLAB مریم فریور- کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک سیدپرویز موسوی – کارشناسی مهندسی برق- قدرت روح الله محمدی- کارشناسی متالوژی	۲۰
طراحی و ساخت دستگاه تمیزکننده فلزات با استفاده از امواج آلتراسونیک طاهره پورسیف- کارشناسی ارشد مهندسی برق - کنترل دیانا معالجی، پرنیان مبهوت، ملیکا کجوری – پژوهشگر دپارتمان الکترونیک و رباتیک راحیل اکبری- کارشناسی مهندسی برق - مخابرات	۲۸
ارائه یک روش جدید برای پیش بینی لینک در شبکه های اجتماعی بر اساس الگوریتم های فراابتکاری یزدان پیلتن – کارشناس ارشد کامپیوتر موسی مجرد – کارشناس ارشد کامپیوتر حسن ارفعی نیا– کارشناس ارشد کامپیوتر	۳۹
ایمنی تصویربرداری تشدید مغناطیسی در بیماران دارای ضربان ساز و دفیبریلاتور قلبی قابل کاشت مهران کریمیان ریزی- کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت مریم فریور- کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک	۴۵
ارتباط با کهربا	۶۵

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 هشتمین پاییز از فعالیت نشریه کهربا و پس از انتشار بیست‌وچهار شماره از مجله مفتخریم با انتشار بیست و پنجمین شماره از این نشریه در خدمت علاقه‌مندان این مجله تخصصی باشیم. تلاش ما از روز نخست، جمع‌آوری، تهیه و ارائه مطالبی ساده و کاربردی، درعین‌حال تخصصی، به قشر فرهیخته دانش‌پژوه و کسانی که مشتاق به دانستن علوم مهندسی برق و الکترونیک یا کامپیوتر هستند، بوده است. امید است با هدایت و راهنمایی شما هر شماره بهتر و پخته‌تر از شماره پیشین گردد. . 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.

آشنایی با مشاهیر



دکتر علی حاجی میری، مخترع و کارآفرین حوزه مهندسی برق

علی حاجی میری استاد، مخترع و کارآفرین حوزه مهندسی برق است که در حال حاضر دارای کرسی استادی تامسی جی. مایزر مهندسی برق در موسسه کالیفرنیا (کلتک) است.

او لیسانس مهندسی برق خود را از دانشگاه صنعتی شریف و فوق لیسانس و پی اچ دی خود را از دانشگاه استنفورد دریافت کرد. او که برنده مدال طلای المپیاد ملی فیزیک و مدال برنز بیستو یکمین المپیاد بین‌المللی فیزیک در هلند است، در سال ۱۹۹۸ به عنوان دانشیار مهندسی الکترونیک و رییس آزمایشگاه‌های میکروالکترونیک و نویز به موسسه فنی کالیفرنیا ملحق شد. زمینه‌های اصلی تحقیقات وی مدارهای پیوسته با سرعت بالا و RF است. وی در آزمایشگاههای بل، نیمه هادی های فیلیپس و سان مایکروسیستمز کار کرده است. در ۲۰۰۲ او به همراه دانشجویان سابقش اکسیم مایکرودیوایسز را بر اساس اختراع ترانسفورماتور فعال توزیع شده که تجمیع تقویت کننده های سیماس آر اف مناسب تلفن های همراه را در فناوری سیماس ممکن می کند، بنیان نهاد. او و دانشجویانش در ۲۰۰۴ اولین رادار- روی چیپ جهان را در فناوری سیلیکون نشان دادند. او در ۳۲ سالگی به عنوان یکی از ۳۵ نوآور برتر زیر ۳۵ سال جهان انتخاب شد. او عضو پیوسته IEEE و برنده جوایز بسیار دیگر است .

از وی کتاب های مهمی به قلم در آورده شده است از جمله کتاب طراحی نویزهای کم نویز با همکاری یکی از همکارانش به نام توماس هیل لی که در سال ۱۹۹۹ به چاپ رسید.

دکتر حاجی میری نویسنده کتاب «طراحی برای نوسانگر صدای پایین» بوده و چندین نشست آمریکایی و اروپایی برگزار کرده است. او همچنین دستیار سردبیر انتقالات بر مدارها و سیستم‌ها و مجله مدارهای حالت جامد (jssc) موسسه IEEE و عضو هیات برنامه فنی کنفرانس بین‌المللی این مجله و هیات برنامه فنی کنفرانس بین‌المللی طراحی هدفمند رایانه‌ای (ICCAD) می‌باشد. دکتر حاجی‌میری همچنین سردبیر میهمان IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques است. وی برنده مشترک جایزه مقاله ۱۹۹۷ Jack kilby از کنفرانس بین‌المللی مدارهایISSCC بوده و سه بار نیز برنده جایزه همکاری دانشکده IBM و جایزه موسسه ملی علوم CAREER شده است.

www.kahrobaonline.ir

تدوین راهکارهای امنیتی شبکه های خصوصی مجازی

نویسنده: امیرعباس برادران –a.baradaran24@yahoo.com

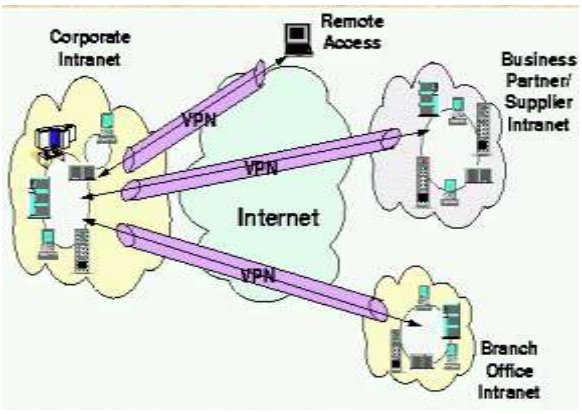
چکیده: *VPN*، شبکه‌ای اختصاصی بوده که از یک شبکه عمومی برای ارتباط با سایت‌های راه دور و ارتباط کاربران با یکدیگر استفاده می‌نماید. این نوع شبکه‌ها به جای استفاده از خطوط واقعی مثل خطوط اجاره‌ای، از یک ارتباط مجازی به کمک اینترنت برای شبکه اختصاصی به منظور ارتباط با سایت‌ها استفاده می‌کنند. استفاده از این نوع شبکه در سازمان‌های مختلف می‌تواند روش‌های متفاوتی داشته باشد. به طور کلی سازمان‌های مجری باید به طور کامل با ساختار این نوع شبکه آشنایی کامل داشته باشند. استفاده وسیع این نوع شبکه، به خصوص در محیط‌هایی که انتقال داده حساس است، روزبه‌روز در حال افزایش است. درنتیجه طرحی جامع از ساختار کلی این شبکه، ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق برآنیم تا به طور کامل ساختار این نوع شبکه را مورد واکاوی قرار داده تا رویکردهای جدیدی برای حل مشکلات این نوع شبکه ارائه دهیم. هدف اصلی این تحقیق، ارائه ساختاری جامع از شبکه *VPN* و تبیین یک راهکار امنیتی می‌باشد که به کمک این ساختار سازمان‌های درخواست‌کننده بتوانند شبکه مورد نظر و ایمن خود را راه‌اندازی کنند.

کلیدواژه: شبکه‌های خصوصی مجازی، امنیت، معماری *VPN*، نفوذ

۱- مقدمه

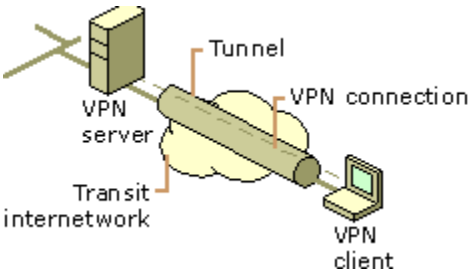
در طی سال‌های گذشته دنیا دستخوش تحولات فراوانی در عرصه ارتباطات بوده است. اغلب سازمان‌ها و موسسات ارائه دهنده کالا و خدمات که در گذشته بسیار محدود و منطقه‌ای مسائل را دنبال و در صدد ارائه راهکارهای مربوطه بودند، امروزه بیش از گذشته نیازمند تفکر در محدوده جهانی برای ارائه خدمات و کالای تولیده شده هستند. اکنون با سازمانهای بسیاری برخورد می‌نمائیم که در سطح یک کشور یا دنیا دارای دفاتر فعال و متفاوتی می‌باشند. همه این سازمانها قبل از هر چیز به دنبال یک اصل بسیار مهم و آن پیداکردن یک روش سریع، ایمن و قابل اعتماد به منظور برقراری ارتباط با دفاتر و نمایندگی‌های خود می‌باشند. اکثر سازمان‌ها و مؤسسات به منظور ایجاد یک شبکه WAN از خطوط اختصاصی یا استیجاری استفاده می-نمایند. این خطوط دارای انواع متفاوتی می‌باشند. بعنوان مثال، ISDN با سرعت ۱۲۸ کیلو بیت در ثانیه یا OC3 با سرعت ۱۵۵ مگابیت در ثانیه، دامنه وسیع خطوط اختصاصی را پشتیبانی می‌کنند. یک شبکه WAN دارای مزایای عمده‌ای نسبت به یک شبکه عمومی نظیر اینترنت از بعد امنیت وکارآئی است. پشتیانی و نگهداری یک شبکه WAN در عمل و زمانی که از خطوط اختصاصی استفاده می‌گردد ، مستلزم صرف هزینه بالائی است[1,2,3]. همزمان با عمومیت یافتن اینترنت، اغلب سازمانها و مؤسسات، ضرورت توسعه شبکه اختصاصی خود را به درستی احساس کرده‌اند. در ابتدا «شبکه‌های اینترانت» مطرح شدند. این نوع شبکه بصورت کاملا اختصاصی بوده و کارمندان یک سازمان با استفاده از رمز عبور تعریف شده، قادر به ورود به شبکه و استفاده از منابع موجود بودند. اخیراً، تعداد زیادی از مؤسسات و سازمان‌ها با توجه به مطرح شدن خواسته‌های جدید (کارمندان از راه دور، ادارات از راه دور) اقدام به ایجاد شبکه‌های اختصاصی مجازی یا VPN نموده‌اند. دو نوع عمده شبکه‌های VPN بنام دستیابی از راه دور و سایت به سایت وجود دارد[1,4,5]. در VPN دسترسی از راه دور شبکه از مدل ارتباط کاربر به یک شبکه محلی استفاده می‌شود. سازمان‌هایی که از این مدل استفاده می‌کنند، به دنبال ایجاد تسهیلات لازم برای ارتباط پرسنل (عموماً کاربران از راه دور که در هر مکانی می‌توانند حضور داشته باشند) به شبکه سازمان می‌باشند. سازمان‌هایی که

تمایل به برپاسازی یک شبکه بزرگ دستیابی از راه دور دارند، می‌بایست از امکانات یک مرکز ارائه‌دهنده خدمات اینترنت جهانی ISP استفاده نمایند. سرویس دهنده ISP، برای نصب و پیکربندی VPN، یک NAS را پیکربندی کرده و نرم‌افزاری را در اختیار کاربران از راه دور برای ارتباط با سایت قرار خواهد داد. کاربران در ادامه با برقراری ارتباط قادر به دستیابی به NAS و استفاده از نرم افزار مربوطه به منظور دستیابی به شبکه سازمان خود خواهند بود[6,8,10]. در VPN سایت به سایت، یک سازمان با توجه به سیاست‌های موجود، قادر به اتصال چندین سایت ثابت از طریق یک شبکه عمومی نظیر اینترنت می‌باشد. شبکه‌های VPN که از این روش استفاده می‌کنند ، دارای انواع خاصی در این زمینه می‌باشند که عبارتند از: مبتنی بر اینترانت، مبتنی بر اکسترانت. چنانچه سازمانی دارای یک و یا بیش از یک محل (راه دور) بوده و تمایل به الحاق آنها در یک شبکه اختصاصی داشته باشد، می‌تواند یک اینترانت VPN را به منظور برقراری ارتباط هر یک از شبکه‌های محلی با یکدیگر ایجاد کند. در مواردی که سازمانی در تعامل اطلاعاتی بسیار نزدیک با سازمان دیگر باشد، می‌تواند یک اکسترانت VPN را به منظور ارتباط شبکه‌های محلی هر یک از سازمان‌ها ایجاد کند. شکل ۱ معماری کلی VPN مبتنی بر اینترانت را نشان می-دهد[7,11,12,13].



شکل۱: شبکه VPN مبتنی بر اینترانت

VPN دارای سرور، سرویس‌گیرنده و تونل می‌باشد. سرور VPN درخواست مشتریان VPN و سرویس‌گیرنده‌ی VPN خدمات سرور VPN که می‌تواند یک مسیریاب یا PC نیز باشد را دریافت می‌کنند. تونل VPN نیز قسمتی از اتصال است که داده‌ها در آن بسته بندی می‌شوند. به عبارت دیگر، تونل، داده‌ها را به صورت مجازی کوتاه می‌کند. شکل ۲ اجزای VPN بهمراه ارتباط آنها با یکدیگر را نشان می‌دهد.



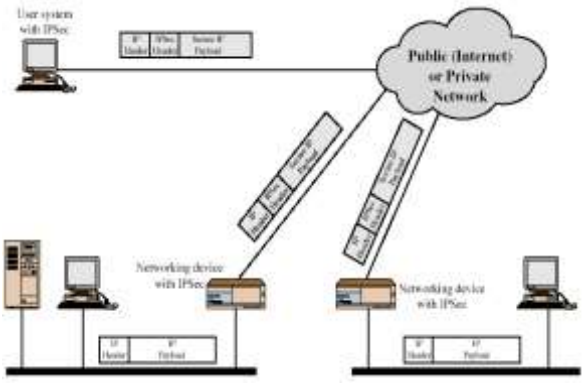
شکل۲: اجزاء VPN

۲- سیاست‌های امنیتی VPN

شبکه‌های VPN به منظور تأمین امنیت داده‌ها و ارتباطات از روشهای متعددی استفاده می‌کنند. یکی از این روش‌ها استفاده از «دیواره آتش» است. دیواره آتش یک دیواره مجازی بین شبکه اختصاصی یک سازمان و اینترنت ایجاد می‌کند. با استفاده از دیواره آتش می‌توان عملیات متفاوتی را جهت اعمال سیاست‌های امنیتی یک سازمان انجام داد. ایجاد محدودیت در تعداد پورت‌های فعال، پروتکل‌های خاص و نوع بسته‌های اطلاعاتی، نمونه‌هایی از عملیاتی است که می توان با استفاده از یک دیواره آتش انجام داد. یکی دیگر از این سیاست‌ها استفاده از رمزنگاری است. رمزنگاری فرآیندی است که با استفاده از آن کامپیوتر مبدأ، اطلاعاتی رمزشده را برای کامپیوتر دیگر ارسال می‌کند[14,15,16]. سایر کامپیوترهای مجاز، قادر به رمزگشایی اطلاعات ارسالی خواهند بود. بدین ترتیب پس از ارسال اطلاعات توسط فرستنده، دریافت‌کنندگان، قبل از استفاده از اطلاعات می‌بایست اقدام به رمزگشائی اطلاعات ارسال شده نمایند. سیستم‌های رمزنگاری به دو گروه رمزنگاری کلید متقارن و رمزنگاری کلید عمومی تقسیم می‌شوند. روش دیگر امنیتی، استفاده از پروتکلهای امنیتی می‌باشد [17,18,19,20,21,22]. این پروتکل‌ها شامل پروتکل‌های IPSec، SSL VPN، PPTP، PPP و L2TP می‌باشند.

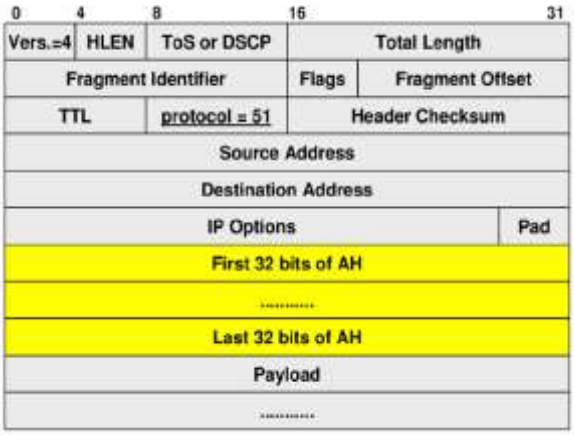
۲-۱- پروتکل IPSec

IPSec یک پروتکل تونل‌زنی لایه سوم است که از روش ESP برای بسته بندی کردن و رمزنگاری اطلاعات IP برای تبادل امن اطلاعات از طریق یک شبکه کاری IP عمومی یا خصوصی استفاده می‌کند. IPSec با استفاده از روش ESP می‌تواند اطلاعات IP را به صورت کامل بسته بندی و رمزنگاری کند. به محض دریافت اطلاعات رمزگذاری شده، تونل سرور، سرایند اضافه‌شده به IP را پردازش کرده و سپس کنار می‌گذارد و بعد از آن رمزهای ESP و بسته را باز می‌کند. بعد از این مراحل است که بسته IP به صورت عادی پردازش می‌شود. پردازش عادی ممکن است شامل مسیریابی و ارسال بسته به مقصد نهایی آن باشد. به طور کلی IPSec یک پروتکل تنها نیست بلکه مجموعه‌ای از الگوریتم‌های امنیتی می‌باشد که چارچوبی کلی فراهم می‌کند تا به کمک آن بتواند ارتباط امنی را برقرار کند. سرویس‌های امنیتی فراهم شده توسط IPSec، هویت‌شناسی به همراه کنترل جامعیت داده‌ها، محرمانگی بسته‌ها و مدیریت کلید(تبادل امن کلید) می‌باشند[22,23,15,16]. از کاربردهای این پروتکل می‌توان به مواردی از قبیل ایجاد VPN برای قسمت‌های مختلف یک سازمان از طریق اینترنت، دسترسی امن کارمندان شرکت به منابع شبکه از طریق اینترنت، امکان ارتباط امن بین چند سازمان و به وجود آوردن خدمات امنیتی برای کاربردهای دیگر(مثل تجارت الکترونیک) اشاره کرد. شکل ۳ نحوه استفاده از این پروتکل را نشان می‌دهد[24,25].

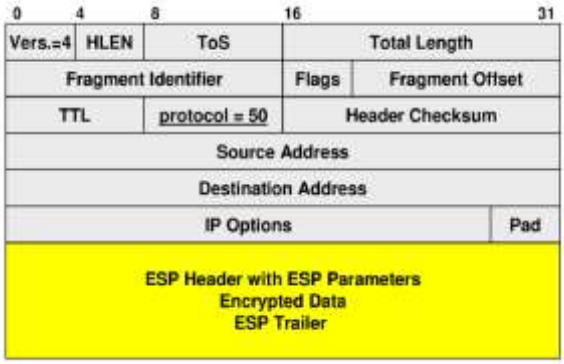


شکل ۳: نحوه استفاده از پروتکل IPSec

از مزایای مهم این پروتکل می‌توان به تأمین امنیت قوی بین داخل و خارج LAN در صورت به‌کارگیری در مسیریاب‌ها و دیواره آتش‌ها، عدم سربار رمزنگاری در نقاط انتهایی، شفافیت از دید کاربران و برنامه‌های کاربردی لایه‌های بالاتر و ایجاد ارتباط امن بین کارکنان سازمان از خارج به داخل اشاره کرد. این پروتکل دارای توصیف نسبتاً مشکلی است و در IPV6 الزامی و در IPV4 اختیاری است. این پروتکل در سرآیندهای توسعه یافته و بعد از سرآیند اصلی IP پیاده‌سازی می‌شود و مستندات آن بسیار حجیم بوده و به اجزای معماری، ESP، AH و مدیریت کلید دسته‌بندی می‌شود. شکل ۴ جایگاه AH در بسته IPV4 و شکل ۵ جایگاه ESP در IPV4 را نشان می‌دهد[26,27,28].



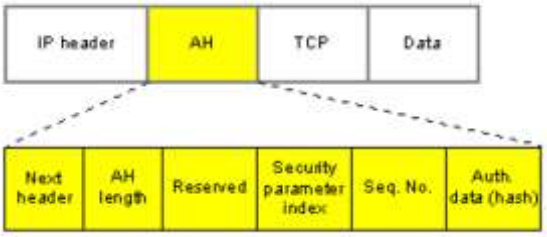
شکل ۴: جایگاه AH در IPV4



شکل ۵: جایگاه ESP در IPV4

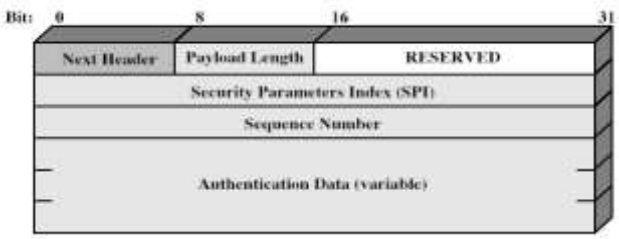
ESP برای رمزنگاری بسته‌هاست که احراز هویت در آن اختیاری است. همچنین AH تشخیص هویت بسته‌ها می‌باشد. به

طورکلی IPSec یک سیستم را قادر می‌سازد تا پروتکل‌های امن و مورد نیاز و مواردی از این قبیل را برای ارتباطات خود انتخاب کند که این کار را به وسیله دو پروتکل AH و ESP انجام می-دهد که AH سندیّت و صحت منبع و بسته‌های IP را فراهم می‌کند. شکل ۶ ساختار پروتکل IPSec را به همراه AH نشان می‌دهد[30,31,32].



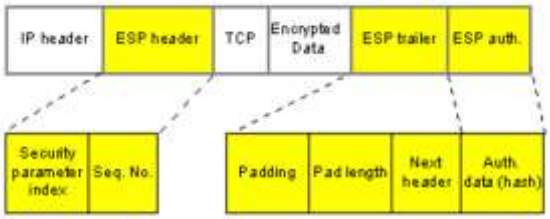
شکل۶: پروتکل IPSec به همراه AH

طول بسته AH، ۳۲ بیت می‌باشد. Next Header نوع سرآیند بعدی موجود در بسته و AH Length طول AH می‌باشد که هرکدام ۸ بیتی می‌باشند. SPI نیز پارامتر امنیت می‌باشد که ۳۲ بیتی است. Seq.No شمارنده ۳۲ بیتی و AD نیز دربرگیرنده MAC یا ICV می‌باشد. همچنین فیلد Reserved نیز برای استفاده‌های آتی است که ۱۶ بیتی است. شکل ۷ نوع دیگری از ساختار AH را نشان می‌دهد[7,32,34,35].



شکل ۷: ساختار AH

پروتکل ESP محرمانگی داده را فراهم می‌کند و توسط آن جامعیت و درستی منبع تایید می‌شود و در هر بار فقط قادر است یکی از این موارد را پشتیبانی کند. ESP از الگوریتم‌های رمزنگاری متقارن مانند 3DES استفاده می‌کند تا داده‌ها مخفی شوند. شکل ۸ ساختار این پروتکل را نشان می‌دهد[7,36,37,38].



شکل۸: پروتکل IPSec به همراه ESP

در AH و ESP دو حالت انتقال و تونل وجود دارد. در حالت انتقال تغییرات تنها روی محتوای بسته صورت می‌گیرد (بدون تغییر سرآیند IP) و در حالت تونل تغییرات روی کل بسته IP (سرآیند به همراه Payload) انجام می‌شود. IPSec می‌تواند خدماتی مانند کنترل دسترسی، تضمین صحت داده‌ها در ارتباطات بدون اتصال، احراز هویت منبع داده‌ها، تشخیص بسته-های دوباره ارسال شده و عدم پذیرش آنها، محرمانگی بسته‌ها و محرمانگی جریان ترافیک را فراهم کند. جدول ۱ مقایسه بین دو پروتکل AH و ESP و جدول۲ مقایسه بین دو حالت انتقال و تونل در AH و ESP را نشان می‌دهد[1,5,7,9].

جدول ۱: مقایسه بین AH و ESP در IPSec

	AH	ESP (encryption only)	ESP (encryption plus authentication)
کنترل دسترسی	✓	✓	✓
صحت connectionless	✓		✓
احراز اصالت منبع داده	✓		✓
رد بسته‌های بازارسال شده	✓	✓	✓
محرمانگی بسته‌ها		✓	✓
محرمانگی جریان ترافیک		✓	✓

جدول۲: مقایسه بین دو حالت انتقال و تونل در AH و ESP

	مد انتقال	مد تونل
AH	احراز بخش داده‌ای IP و بخشهایی از سرآیند IP	احراز اصالت کل بسته IP داخلی به انضمام بخشهایی از سرآیند IP بسته بیرونی
ESP	رمز بخش داده‌ای IP که به دنبال سرآیند ESP قرار دارد	رمز کل بسته IP داخلی
ESP with Authentication	رمز بخش داده‌ای IP که به دنبال سرآیند ESP قرار دارد. احراز اصالت بخش داده‌ای IP و به سرآیند آن	رمز کل بسته IP داخلی. احراز اصالت بسته IP داخلی

۲-۲- پروتکل PPP

PPP امکان استفاده از TCP/IP بر روی کابل‌های سریال مثل خطوط تلفن را فراهم می‌نماید. با استفاده از این پروتکل، کاربران می‌توانند توسط یک کامپیوتر و مودم به اینترنت متصل شوند. PPP دارای مزایایی از قبیل امکان مبادله اطلاعات به صورت همزمان و غیرهمزمان، ارائه امکانات لازم برای تصحیح خطا، فشرده‌سازی، نسبت‌دهی آدرسها به صورت پویا و استفاده از چندین پروتکل بر روی لینکهای PPP می‌باشد. در هنگام استفاده از این پروتکل، به مواردی از قبیل اکانتی از نوع PPP ، نصب نرم‌افزارهای TCP/IP و PPP بر روی کامپیوتر کاربر و آدرس IP (دائم یا پویا) نیاز است.

۲-۳- پروتکل PPTP

این پروتکل طبق پروتکل PPP ایجاد شد. PPTP یک پروتکل چندگانه می‌باشد که کاربران راه دور به وسیله PPP به یک شبکه خصوصی دسترسی دارند. به طور کلی چون PPP فقط ارتباط بین دو نقطه را برقرار می‌کند و نمی تواند چندین کاربر راه دور را پشتیبانی کند، برای حل این مشکل از PPTP استفاده می‌شود. PPTP اجازه یک نشست PPP را بدون پروتکل TCP/IP می‌دهد (مثلاً IPX و یا NetBeuI). این پروتکل در RFC2637 به‌عنوان یک پیش‌نویس اطلاعاتی مستند شد که از مکانیسم تصدیق هویت مشابهی برای اتصالات PPP در یک ارتباط VPN مبتنی بر PPTP پشتیبانی می‌کند. این مکانیسم شامل پروتکل تصدیق توسعه‌پذیر یا EAP، پروتکل احراز هویت (MSCHAP یا CHAP)، پروتکل تصدیق رمز Shiva (SPAP) و پروتکل تصدیق رمز (PAP) می‌باشد.

۲-۴- پروتکل L2TP

این پروتکل ترکیبی از پروتکل‌های PPTP و L2F (ارسال دولایه) می‌باشد. L2TP می‌تواند به‌عنوان یک پروتکل تونل‌زنی برای بسته بندی کردن قاب‌های PPP استفاده شود تا قاب‌ها سرتاسر یک شبکه ATM ، X.25 یا Frame Relay ارسال شوند. به وسیله این پروتکل، ارتباطات چندگانه از طریق یک تونل انجام می‌شوند. مشابه L2F و PPTP، پروتکل L2TP روی دو لایه OSI کار می‌کند. پروتکل‌های VPN دولایه، داده‌ها را در قاب‌های PPP بسته بندی می‌کنند و قادر به انتقال بسته‌های بدون IP سرتاسر یک شبکه مبتنی بر IP هستند. این پروتکل در RFC3931 مستند شد. ارتباطات L2TP از برخی مکانیسم‌های تصدیق پروتکل PPP مانند CHAP، MS-CHAP، EAP، PAP و SPAP استفاده می‌کند. تونل‌زنی L2TP از طریق سطوح چندگانه فرایند بسته بندی انجام می‌شود. داده PPP داخل یک سرایند PPP و یک سرایند L2TP بسته بندی می‌شود. بسته L2TP، بیشتر با یک سرایند UDP با پورتهای منبع و مقصد پوشش داده می‌شود. آخرین بسته با یک سرایند IP شامل آدرس‌های IP منبع و مقصد سرویس‌دهنده و سرویس‌گیرنده VPN کپسوله می‌شود. به دلیل فقدان محرمانگی L2TP، اغلب به صورت ترکیبی با IPSec استفاده می‌شود که به این حالت عموماً L2TP/IPsec گفته می‌شود. هنگامی که L2TP سرتاسر IPSec در حال اجرا می‌باشد، خدمات و سرویس‌های امنیتی توسط IPSec فراهم می‌شوند (AH و ESP) و همه کنترل‌ها و داده‌های L2TP به‌عنوان بسته‌های داده IP همگن برای سیستم IPSec آشکار می‌شوند.

۲-۵- پروتکل SSL

SSL راه‌حلی برای برقراری ارتباطات ایمن میان یک سرویس‌دهنده و یک سرویس‌گیرنده می‌باشد که توسط شرکت Netscape ارائه شده است. در واقع SSL پروتکلی است که پایین‌تر از لایه کاربرد قرار می‌گیرد. مزیت استفاده از این پروتکل بهره‌گیری از موارد امنیتی تعبیه شده‌ی آن برای امن کردن پروتکل‌های ناامن لایه کاربرد مثل ، LDAP و IMAP می‌باشد که براساس آن الگوریتم‌های رمزنگاری روی داده‌های خام که قرار است از یک کانال ارتباطی غیرامن مثل اینترنت عبور کنند، اعمال می‌شود و محرمانه بودن داده‌ها را در طول کانال انتقال تضمین می‌کند. به بیان دیگر شرکتی که صلاحیت صدور و اعطاء گواهی‌های دیجیتال SSL را دارد برای هر کدام از دو طرفی که قرار است ارتباطات میان شبکه‌ای امن داشته باشند، گواهی‌های مخصوص سرویس‌دهنده و سرویس‌گیرنده را صادر می‌کند و با مکانیزم‌های احراز هویت خاص خود، هویت هر کدام از طرفین را برای طرف مقابل تأیید می‌کند. به علاوه باید تضمین کند که اگر اطلاعات حین انتقال مورد سرقت قرار گرفت، برای رباینده قابل درک و استفاده نباشد که اینکار را با کمک الگوریتم‌های رمزنگاری و کلیدهای رمزنگاری متقارن و نامتقارن انجام می‌دهد. برای داشتن ارتباطات امن مبتنی بر SSL عموماً به دو

نوع گواهی دیجیتال SSL یکی برای سرویس‌دهنده و دیگری برای سرویس‌گیرنده و یک مرکز صدور و اعطای گواهینامه دیجیتال یا CA نیاز می‌باشد. وظیفه CA این است که هویت طرفین ارتباط، نشانی‌ها، حساب‌ها و تاریخ انقضای گواهینامه را بداند و براساس آن هویت‌ها را تعیین نماید. پروتکل SSL دارای دو زیر پروتکل بنام SSL Record و SSL Handshake می‌باشد. تفکیک پروتکل SSL به دو زیر پروتکل دارای مزایای متعددی است. اولاً در ابتدای کار و طی مراحل اولیه ارتباط، هویت سرویس‌دهنده برای سرویس‌گیرنده مشخص می‌گردد. و ثانیا در همان ابتدای شروع تبادلات، سرویس‌دهنده و سرویس‌گیرنده بر سر نوع الگوریتم رمزنگاری تبادلی توافق می‌کنند. همچنین در صورت لزوم، هویت سرویس‌گیرنده نیز برای سرویس‌دهنده احراز می‌گردد و در صورت استفاده از تکنیک‌های رمزنگاری مبتنی بر کلید عمومی، می‌توانند کلیدهای اشتراکی مخفی را ایجاد نمایند. ارتباطات بر مبنای SSL رمزنگاری می‌شوند. الگوریتم‌های رمزنگاری پشتیبانی شده در SSL از اغلب الگورتیم‌های عمومی رمزنگاری و تبادل کلید مثل DES، DSA، KEA، MD5، RC2، RC4، RSA، RSA Key Exchange، SHA-1، Skipjack و DES3 پشتیبانی می‌کنند و بسته به اینکه نرم‌افزارهای سمت سرویس‌دهنده و سرویس‌گیرنده نیز از موارد مذکور پشتیبانی میکنند، ارتباطات SSL می‌توانند بر اساس هر کدام از این الگوریتم‌ها انجام شوند. البته بسته به طول کلید مورد استفاده در الگوریتم و قدرت ذاتی الگوریتم، می‌توان آن‌ها را در رده‌های مختلفی قرار داد که توصیه می‌شود با توجه به سناریوهای مورد نظر، از الگوریتم‌های قوی‌تر نظیرDes3 با کلید ۱۶۸ بیتی برای رمزنگاری داده‌ها و همچنین الگوریتم SHA-1 برای مکانیزم‌های تأیید پیغام MD5 استفاده شود و یا این‌که اگر امنیت در این حد مورد نیاز نبود، می‌توان در مواردی خاص از الگوریتم رمزنگاری RC4 با کلید ۴۰ بیتی و الگوریتم تأیید پیغام MD5 استفاده نمود. SSL می‌تواند از ترکیب رمزنگاری متقارن و نامتقارن استفاده کند. رمزنگاری کلید متقارن سریع‌تر از رمزنگاری کلید عمومی است و از طرف دیگر رمزنگاری کلید عمومی تکنیک‌های احراز هویت قوی‌تری را ارائه می‌کند. یک نشست SSL با یک تبادل پیغام ساده تحت عنوان SSL Handshakeشروع می‌شود. این پیغام اولیه به سرویس‌دهنده این امکان را می‌دهد تا خودش را به سرویس‌دهنده دارای کلید عمومی معرفی نماید و سپس به سرویس‌گیرنده و سرویس‌دهنده این اجازه را می‌دهد که یک کلید متقارن را ایجاد نمایند تا برای رمزنگاری‌ها و رمزگشایی سریع‌تر در جریان ادامه مبادلات مورد استفاده قرار گیرد. جداول ۳، ۴ و ۵ به ترتیب دسته‌بندی VPN براساس رمزنگاری، پیاده‌سازی لایه‌ای و پروتکلها را نشان می‌دهند.

۳- مخاطرات VPN

حملاتی که ممکن است در یک شبکه مبتنی بر VPN رخ دهند شامل حملات هک، تصدیق کاربر، سرویس‌گیرنده، ویروسها (کرمها) و حملات ناشی از قوانین نادرست دسترسی به شبکه می‌باشند. ممکن است درون یک شبکه ارتباطی، ماشین سرویس‌گیرنده یا مشتری، هدف حمله قرار گیرد یا یک نقطه جاسوسی برای مهاجم تلقی شود. یک مهاجم یا هکر می‌تواند به طور مخفیانه از شبکه استفاده کند و یا پیکربندی نامناسبی را برای سرویس‌گیرنده ایجاد کند. همچنین هکر می‌تواند انواع مختلفی از ابزارهای هک و نفوذ را برای یک حمله به کار گیرد. حملات نفوذ به دو دسته‌ی سرقت VPN و man-in-the-middle تقسیم می‌شوند. سرقت VPN، تسخیر کامل یک ارتباط قانونی VPN از یک سرویس‌گیرنده راه دور و جعل هویت آن می‌باشد. حملاتی که به واسطه انسان ایجاد می‌شوند، ترافیک بین گروههای ارتباطی را تحت تاثیر قرار داده و شامل قطع، الحاق، حذف و اصلاح پیامها، بازگشت به فرستنده و ارسال مجدد آنها می‌باشد. یک ارتباط VPN باید به وسیله یک کاربر تأیید شده و مجاز، قانونی شود.

جدول۳: دسته‌بندی VPN براساس رمزنگاری

شبکه	وظایف	انواع
VPN رمزشده	استفاده از رمزنگاری برای انتقال امن اطلاعات	شبکه‌های خصوصی مجازی به کمک IPSEC
VPN رمزنشده	اتصال دو یا چند شبکه خصوصی به منظور استفاده از منابع شبکه، عدم اهمیت چندان امنیت در حین تبادل و	روش تفکیک مسیریابی (فقط اطلاعات در حال تبادل بین دو شبکه-ی خصوصی به هر

	ایجاد امنیت با روشهایی غیر از رمزنگاری	یک از آنها مسیردهی می‌شوند)

جدول ۴: دسته‌بندی VPN بر اساس لایه‌های پیاده‌سازی

نام لایه	مشخصات	معایب
پیوند داده	ایجاد دو شبکه خصوصی با استفاده از پروتکل‌های ATM و Frame relay	استفاده از ATM و Frame relay هزینه بالایی دارد، نیاز به مسیر اختصاصی، امنیت پایین، عدم رمزنگاری توسط ATM و Frame relay
شبکه	استفاده از تونل‌زنی و تکنیکهای رمزنگاری مثل IPSec، GRE و L2TP، بهترین لایه برای رمزنگاری	-
کاربرد	هدف اصلی ایجاد کار با برنامه‌های کاربردی است، SSH و SSL VPN نمونه‌های مناسبی از این روش می‌باشند.	با افزایش خدمات و برنامه-های جدید، نیاز به فرایندهای پشتیبانی جدید نیز می‌باشد.

اگر تصدیق برای دسترسی محدود به اندازه کافی قوی نباشد، هر کسی می‌تواند به ارتباطات شبکه و منابع آن دسترسی داشته باشد. اکثر پیاده‌سازی‌های VPN، روشهای محدودی از تصدیق و سندیّت را فراهم می‌کنند. به عنوان مثال، پروتکل PAP مورد استفاده در PPTP، نام کاربری و رمز عبور را در قالب یک متن واضح و آشکاری انتقال می‌دهد. طرف ثالثی می‌تواند این اطلاعات را تسخیر کرده و آنها را برای دسترسی‌های بعدی به شبکه به کار گیرد.

سرویس‌گیرنده VPN که اغلب کاربران خانگی هستند ممکن است به وسیله اینترنت و یا ارتباط WAN در تماس باشند که ممکن است این ارتباطات صورت گرفته از طریق VPN منجر به خطراتی شود. همچنین یک سرویس‌گیرنده ممکن است با سایر گروه‌هایی که از سیاست‌های امنیتی اطلاعات کافی ندارند، اطلاعاتی را به اشتراک بگذارد و یا از اطلاعات به صورت مشترک استفاده کند. بنابراین تمهیدات امنیتی برای اغلب کاربردهای مبتنی بر VPN کافی نیستند. حتی اگر سرویس‌گیرنده VPN، قبل یا در طول ارتباط بر روی سیاست‌های امنیتی خاصی نیز توافق کند، باز هم وقوع تهدیدات امنیتی دور از ذهن نیست. اگر یک شبکه ارتباطی تحت تأثیر ویروس‌ها یا کرم‌ها قرار گیرد، ممکن است رمز VPN برای مهاجمان آشکار شود. به طورکلی اگر یک VPN اکسترانت یا اینترانت تحت تأثیر ویروس‌هایی قرار گیرد که خیلی زود در سطح شبکه توزیع شوند، آنگاه سیستم‌های ضدویروس و حفاظت از ویروس نیز مؤثر نخواهند بود.

جدول۵: دسته‌بندی VPN بر اساس نوع پروتکل

نوع پروتکل	وظایف و مشخصات
PPP VPN	- امکان مبادله اطلاعات به صورت همزمان و غیر همزمان و استفاده از چندین پروتکل بر روی لینکهای PPP - ارائه امکانات لازم به منظور تصحیح خطا، فشرده‌سازی، نسبت‌دهی آدرسها به صورت پویا - عملکرد کند پروکسی به علت رمزگذاری ، رمزگشایی و بازرسی محتویات - AT نیاز به موتور مترجم دارد.
PPTP VPN	- مناسب برای انتقال NetBEUI روی یک شبکه بر پایهIP و پیاده سازی روی لایه پیوند داده - نگهداری و مدیریت تونل به وسیله مکانیزم نگهداری فعال(KA) و توسعه یافته پروتکل PPP - رمزگذاری اطلاعات با نرخ ۱۲۸ بیت و ارتباط به صورت TCP، استفاده از PPP برای ارتباطات WAN - دارای قابلیت فشرده سازی سرایند(سرایند ۶ بایتی فشرده شده)، استانداردهای امنیتی پایین - فقط روی شبکه‌های مبتنی بر IP کار می‌کند، نرخ انتقال و امنیت پایین(در گذشته) - PPTP بدون IPSec ، امنیت کمتری نسبت به L2TP دارد. - نداشتن مکانیزمی برای حفظ تمامیت و تصدیق اطلاعات مبداء - کارایی پایین در شبکه‌های ناپایدار، استفاده از رمزگذاریPPP - پشتیبانی توسط دیوارهای اتش ISA Sever یا Cisco PIX و Sonic Wall
L2TP VPN	- ترکیبی است از بهترین خصوصیات موجود در L2F وPPTP - مناسب برای شبکه های مبتنی بر IP و مبتنی برX.25 ، Frame Relay و یاATM - استفاده از اتصال UDP و دارای قابلیت فشرده سازی سرایند(سرایند ۴ بایتی فشرده شده) - برخورداری از ویژگی های امنیتی بیشتری نسبت بهPPTP ، استفاده از پروتکل IPSec برای رمزنگاری - سرعت کمتر نسبت به PPTP به علت افزایش امنیت و طولانی شدن مراحل امنیتی - نیاز به انجام تنظیمات رجیستری در برخی سیستم عاملها مثل Server 2008 و Vista - عدم تطابق بین کلیدهای امنیتی و ناسازگاری با NAT ، مناسب برای زمانیکه امنیت مهم است نه سرعت
SSL VPN	- برقراری ارتباط بین سرور و کلاینت و انجام درخواستهای داخلی و ترجمه و عبور اطلاعات به سرورهای دیگر - ترجمه اطلاعات از یک پروتکل به پروتکل دیگر، ارتباط ایمن با چندین سرور - توسعه شبکه، کارکرد در لایه انتقال داده و پورت TCP443 - مراحل پیاده‌سازی شامل ، شناسایی نیازهای سازمان، طراحی راه‌حل، پیاده‌سازی و تست نمونه اولیه، مدیریت راه‌حل اجرائده - سازگار با مرورگرهایی که بتوانند از محتوی فعال (Active) پشتیبانی کنند. مانند : Flash, Java Script, Java ActiveX - دارای دو نوع Full Tunnel و Split Tunnel می باشد.
IPSec VPN	- ارسال اطلاعات به صورت رمزگذاری به همراه یک سرایند IP ، تعیین اعتبار توسط AH ، رمزگذاری از طریق ESP - استفاده از Diffie-Hellman برای مبادله کلیدها میان ایستگاههای دو سر ارتباط - استفاده از امضاهای دیجیتال برای تعیین اعتبارهای دیجیتالی، پیاده‌سازی IKE سخت - مراحل پیاده‌سازی شامل، طی کردن پارامترهای پروتکل، مبادله کلیدهای عمومی، تایید هویت هر دو طرف، مدیریت کلیدها پس از مبادله - پیاده‌سازی و کارکرد روی لایه شبکه، تونل‌زنی به شیوه اجباری و اختیاری - رمز گذاری Public Key برای تبت و اطمینان از کلیدهای مبادله شده و همچنین اطمینان از هویت ایستگاههای سهیم در ارتباط - استفاده از الگوریتم‌های رمز گذاری مانند DES برای اطمینان از درستی داده‌های انتقالی - استفاده از الگوریتم‌های درهم ریزی (Hash) برای تعیین اعتبار تک تکPacket ها - پیاده سازی های دستی و غیر قابل تغییرIPSec که توسط IKE قابل حل است.

۴- ملاحظات امنیتی در VPN

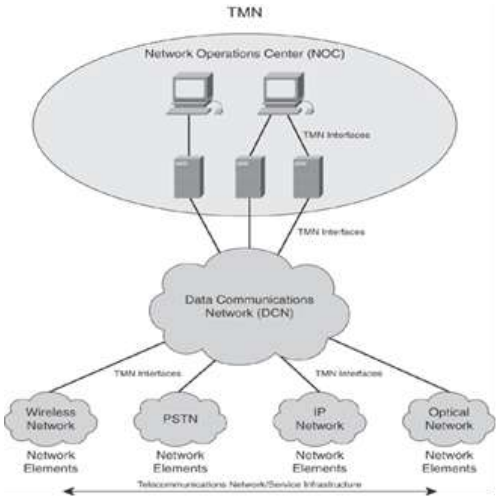
ملاحظات امنیتی در VPN به سه دسته: ۱) عمومی، ۲) اکسترانت و ۳) ملاحظات سرویس‌گیرنده دسته‌بندی می‌شوند. این ملاحظات بیشتر در هنگام انتخاب و یا استفاده از یکی از محصولات یا تولیدات VPN مطرح می‌شوند. یک VPN به منظور حفظ امنیت باید سه وظیفه مهم را انجام دهد. ابتدا باید اعتبار کاربر تأیید شود. این عمل، تأیید ارتباط رمزنگاری‌شده نام دارد. ثانیاً داده‌هایی که تبادل می‌شوند باید با کدگذاری اطلاعات در زمان بارگذاری، ایمن شوند. ثالثاً، VPN باید ترافیک شبکه را بین شبکه‌های ایمن حفظ کند. به این عمل بسته بندی کردنIP گفته می‌شود.

۴-۱- کیفیت سرویس در VPN مبتنی بر IP

به طور کلی کیفیت سرویس(QoS) به معنای کم‌ترین تأخیر یا گم‌شدن بسته‌ها است که برای انواع مشخصی از کاربردها یا ترافیک تعریف شود. شبکه‌های سنتی می‌توانستند سطوح ثابتی را برای در دسترس بودن منابع در همه وضعیت‌ها تضمین کنند که این تضمین با استفاده از مدارهای اجاره‌ای اختصاصی صورت می‌گرفت. VPNهای دولایه می‌توانند کارایی قابل قبول و قابل مقایسه با راه‌حل‌های خطوط اختصاصی، ایجاد کنند. همچنین انتظار می‌رود که تهیه‌کنندگان سرویس IPVPN نیز QoS را به همین شکل پشتیبانی کنند. به وسیله IETF دو چارچوب به عنوان معماری QoS در شبکه‌های مبتنی بر IP به وجود آمده است که عبارتند از: سرویس‌های مجتمع یا IntServ و سرویس‌های متمایز یا DiffServ. همچنین MPLS همراه با مدیریت ترافیک و مسیریابی مبتنی بر محدودیت نیز ابزارهای جدیدی را برای مدیریت و کنترل QoS تهیه می‌کنند که این روش‌ها قابل استفاده در VPNهای مبتنی بر IP نیز هستند.

۴-۲- نیازمندیهای مدیریت QOS در VPN

از آنجا که VPNها معمولا ارتباطات شبکه خصوصی امنی هستند که روی یک زیرساخت قابل دسترس عمومی مانند اینترنت یا شبکه تلفن عمومی ایجاد می‌شوند، بنابراین یک VPN باید شبیه به یک شبکه خصوصی رفتار کند. به طور معمول بر طبق مدل TMN، رفتار جداگانه‌ای برای مدیریت شبکه و کنترل آن در نظر گرفته می‌شود. شکل ۹ یک شبکه TMN را نشان می‌دهد.



شکل ۹: شبکه TMN

توابع مدیریتی اغلب به صورت یک لایه پوششی که عملیات مخصوص FCAPS را انجام می‌دهند، پیاده‌سازی می‌شوند. امروزه این جداسازی واضح بین سطح کنترلی و سطح مدیریتی چندان آشکار نیست. انواع ویژه‌ای از مدیریت شبکه تاکنون در پروتکل‌ها (مخصوصا در لایه بالا) قرار گرفته‌اند و حرکت آنها به سمت سرمایه‌گذاری بالا در مدیریت خدمات و توسعه مکانیزم‌های مدیریتی سطح بالا برای خودکار کردن زیربرنامه‌های خاص مدیریتی و کاهش زمان تحویل می‌باشد. یکی از موضوعات کلیدی برای موفقیت VPN، مساله کیفیت سرویس است. ترکیب VPN با QoS منجر به محصولاتی با قابلیت رقابتی بالا می‌شود. بنابراین هم VPNو هم QoS باید بصورت ترکیبی مدیریت شوند، بدون توجه به اینکه چه نوع معماری برای VPN انتخاب می‌شود یا چه فناوری، QoS را پشتیبانی می‌کند. سرویس‌های IPVPN (VPN مبتنی بر IP) فرصت خوبی را برای فراهم‌کنندگان خدمات فراهم می‌کنند تا منافع جدید و بیش‌تری را دریافت کنند. فراهم‌کنندگانی که بتوانند سرویس‌های IPVPN قابل مدیریت و به سرعت قابل گسترشی را عرضه کنند، سود رقابتی بالایی را به دست خواهند آورد. کلید موفقیت خدمات IPVPN را می‌توان به طور ساده در فناوری ایجاد شده جست‌وجو کرد. مدیریت‌پذیری سرویس و مدیریت کل دوره‌ی زمانی یعنی برنامه‌ریزی، تدارک، مانیتورینگ، عملیات و صورت‌حساب، مهم هستند. تهیه‌کنندگان سرویس، دیگر روی قیمت با یکدیگر رقابت نمی‌کنند بلکه بر روی زمان تحویل سرویس

رقابت می‌کنند. بنابراین کلید گسترش سودآور سرویس VPN، مدیریت است.

۴-۳- قابلیتهای عمومی مدیریت QOS برای تدارک IP-VPN

قابلیتهای عمومی مدیریت QoS برای تدارک IPVPN شامل پشتیبانی از نیازمندی‌های گوناگون ترافیک کاربر، ارائه، پشتیبانی و نگه‌داری سطوح توافق شده سرویس (مثل پیکربندی، خرابی، کارآیی، امنیت و...) می‌باشند. هر FCAPS باید با SLA مقایسه شود و هر تخطی از QoS و SLA باید به طور خودکار کشف شود. فراهم‌سازی هر نوع اطلاعاتی باید متناسب با نیازمندی‌های QoS و SLA باشد. برخی از قابلیت‌های مدیریتی باید در SLAها قرار گیرند و مدیریت SLA باید چنان باشد که سطح خدمات (مثل قابلیت انتقال IP، پارامترهای QoS، در دسترس بودن، اطمینان‌پذیری، تثبیت و تایید تحویل، پشتیبانی پویا و قابلیت حمل ونقل، امنیت، پهنای باند، اولویتها، تشخیص هویت، پروتکل‌های پشتیبانی شده، گسترش انعطاف‌پذیری و متصل بودن و مدت زمان SLA) مشخص باشد. همچنین مانیتورینگ QoS باید با اهداف فوق، ردیابی جریان ترافیکی، تهیه و ارائه گزارش‌های مورد نیاز، سود و زیان مالی، صورت‌حساب، جریمه‌ها، قیمت‌گذاری و هزینه‌های خاتمه‌ی زود هنگام سرویس و موارد مشابه همسو باشد. برای این که بتوانیم به طور واقعی مدیریت SLA را انجام دهیم، لازم است تا در همه سرویس‌های وابسته و اطلاعات مشتریان، یک مدیریت مؤثر داشته باشیم. توابع مدیریت SLAباید گستره وسیعی از منابع داده را ترکیب، وابستگی آنها را پیدا و در نهایت این موارد را ارزیابی و مدیریت کنند تا بتوانند به گونه‌ای مؤثر، حصول SLA ها را مدیریت و ضمانت کنند. مدل لایه‌ای به عنوان روشی اساسی برای مدیریت شبکه و QoS مناسب است. با این مدل، مدیریت شبکه، QoS، کارآیی و مانیتورینگ می‌تواند بر اساس اهداف مورد نظر کاربر انتخاب شوند. سیستم‌های مدیریت QoSباید برای انواع مختلف ترافیک انتها به انتها و برای ویژگیهای ارتباطی VPNها طراحی شوند.

۵- مدل‌های پیشنهادی

برای پیاده‌سازی، مدیریت، مستندسازی، ذخیره‌سازی و نیز پردازش داده‌ها باید یک پایگاه داده‌ی استاندارد به کار گرفته شود و سیستم‌های پایگاه داده پشتیبان عملیات و مدیریت باید به صورت مجتمع وجود داشته باشند. برای مدیریت خرابی‌ها، پیاده‌سازی ثبت رخدادها و مانیتور کردن وضعیت، علاوه بر سطوح هشدار، مجتمع‌سازی گزارش خرابی و سیستمهای trouble ticket نیز پیشنهاد می‌شود. برای پشتیبانی از خودکارسازی مدیریت پیکربندی، مدل تحویل سرویس IPVPN بر مبنای مدل ارائه‌ی اصلی پیشنهاد می‌شود. عملیاتی از قبیل پیش بینی ترافیک (مثل ظرفیت و نوع ترافیکی که قرار است انتقال یابد)، تقاضا در رزرو منابع و تغییرات موجود در آن، توجه به کاربر و رسیدگی به دستورات سیستم پشتیبانی از زمان تحویل سرویس، به صورت ترکیبی می‌توانند بر مبنای این مدل انجام شوند. پیاده‌سازی سیستمهای پشتیبانی استاندارد که برای اهدافی نظیر تشخیص هویت و مدیریت حسابرسی به کار برده می‌شوند نیز می‌تواند موثر باشد. همچنین استفاده از معماری مبتنی بر امنیت برای پیاده‌سازی یا ایجاد زیرساختهای امنیتی نیز مناسب می‌باشد. طبق استاندارد IETFچهار گزینه برای گسترش سیستم‌های مدیریت VPNو سیستم‌های پشتیبانی QoS برای تحویل سرویس VPNوجود دارد که عبارتند از:

- استفاده از یک مدل call-centre برای کنترل مشتری
- گسترش سیستم‌های مدیریتی سفارشی و اغلب اختصاصی
- کنترل سیستم‌ها، مانیتورکردن راه‌حل‌های پیاده‌سازی شده برای مدیریت backbone شبکه IPVPN و تحویل سرویس
- پیاده‌سازی استانداردها و نیز راه حل‌های مدیریت VPN بر اساس سیاست‌های شبکه

۶- خلاصه و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، مروری کلی بر VPN و معماری آن داشتیم و پروتکلهای امنیتی و مورد استفاده در VPN را مورد نقد

و بررسی قرار دادیم. پروتکل‌هایی مانند IPSec ، PPTP ، PPP و L2TP به همراه ویژگی‌های آنها معرفی شدند و در انتها پروتکل SSL تعریف و نقاط قوت آن ارائه شد. سپس مخاطرات امنیتی در VPN را بیان کردیم و در یک تقسیم-بندی مجزا، ملاحظات امنیتی را به سه دسته عمومی، اکسترانت و سرویس‌گیرنده تقسیم و برای هر یک به طور جداگانه، موارد امنیتی بیان شد. در انتها نیز سیاست‌های کلی امنیتی در VPN مطرح شدند. همچنین در بخشی مجزا، نفوذ و روشهای تشخیص نفوذ ارائه و مواردی از قبیل انواع سیستم‌های تشخیص نفوذ، مدل فرایندی برای تشخیص نفوذ معرفی و بیان شدند. در انتها نیز مفاهیم مدیریتی و راهکار پیشنهادی ارائه شد.

مراجع

[1] T. Braun, M. Günter, M. Kasumi, I. Khalil,"Virtual Private Network Architecture", Institut für Informatik und Angewandte Mathematik (IAM), Uni Bern Neubrückstr. 10, CH-3012 Bern,1999

[2] Michael Stines,"Remote Access VPN – Security Concerns and Policy Enforcement", GSEC Practical 1.4b – option 1,2003

[3] Abd Karim Bin Md Sah,"A Study of Scalability Over MPLS VPN,In Partial Fulfillment of Requirement for the Bachelor of Science (hons)",In Data Communication and Networking, April 2005

[4] Vertical Systems Group,"Enterprise VPNs:Choose performance and Reliability and Low Cost", 2008

[5] Chen Lin , Wang Guowei, "Security Research of VPN Technology Based on MPLS", Proceedings of the Third International Symposium on Computer Science and Computational Technology(ISCSCT '10) Jiaozuo, P. R. China, 14-15,August 2010, pp. 168-170

[6] Jared Lewis and Devin Kahrs , "An Analysis of Virtual Private Networks", June 6, 2004

[7] Mark Bouchard ,"SSL VPN: The Ideal Approach for Establishing Secure Access to Virtual Desktop Infrastructure Solutions", Juniper Networks,2009

[8] Roy Hills, NTA Monitor Ltd, "Common VPN Security Flaws"

[9] Anwar Haque, Pin-Han Ho," Design of Survivable Optical Virtual Private Networks (O-VPNs)", School of Computer Science University of Waterloo Ontario, Canada, N2L 3G1,2009

[10] Akira Misawa, Satoru Okamoto,Masaru Katayama,Naoaki Yamanaka," Optical VPN Service Using OUNI/GMPLS Signaling for Service Assignment With HIKRAI Router ",ECOC IOOC 2003 Proceedings,VOL.3,2008

[11] Hamid Ould-Brahim, Yakov Rekhter, Luyuan Fang and etc," Service Requirements for Optical VPNs", 51th IETF, London, August 2001

[12] Mira Yun ," Differentiated Optical QoS Service Framework in Next Generation Optical VPN", Thesis for Degree of Master of Engineering, Department of Telematics Engineering, Pukyong National University, February 2004

[13] Timothy K. Shih," Advanced Penetration Testing Methodology for VPN", Journal of Security Engineering,2008

[14] Priyanka Gupta, Ashok Verma," Establishing a Service Model of Private Elastic VPN for cloud computing", International Journal of Computer Science and Network (IJCSN) Volume 1, Issue 4, August 2012

[15] Sanjay Jha,Anil Sood,"A Framework for QOS Enabled IP-VPN Management ",2009

[16] Isaias Martinez-Yelmo, David Larrabeiti, Ignacio Soto, Piotr Pacyna," Multicast Traffic Aggregation in MPLS-based VPN networks", Departamento de Ingenier´ıa Telem´atica Universidad Carlos III de Madrid,2010

[17] Pham Ngoc Thanh, Keecheon Kim," A methodology for implementation and integration Two-Factor Authentication into VPN",2012

[18] Yue Tian, Xiangqing Tian, Lufeng Leng, Tong Ye, Yikai Su," Optical VPN Connecting ONUs in Different PONs", State Key Lab of Advanced Optical Communication Systems and Networks,2007

[19] Bill Uliasz," Verizon Optical Network Strategic Vision", Verizon – Core Network & Technology Director – Access & Transport Network Architecture, February 25, 2008

[20] D. Papadimitriou, E. Mannie, D. Brungard, S. Dharanikota, J. Lang, G.

[21] Li, B. Rajagopalan, and Y. Rekhter, "Analysis of Generalized MPLS-based RecoveryMechanisms (including Protection

and Restoration)", Internet Draft, working in progress, May 2003.
[21] K. Sriram, D. Griffith, S. Lee, and N. Golmie, "Backup Resource Pooling in (M:N)n Fault Recovery Schemes in GMPLS Optical Networks", Opticomm 2003.
[22] P. –H. Ho and H. T. Mouftah, "Reconfiguration of Spare Capacity for MPLS-based Recovery in the Internet Backbone Networks", IEEE/ACM Transaction on Networking, Vol. 12, No. 1, Feb. 2004.
[23] P. –H. Ho and H. T. Mouftah, "A Framework of a Survivable Optical Internet using Short Leap Shared Protection (SLSP)", IEEE Workshop on High Performance Switching and Routing (HPSR 2001), Dallas, May, 2001
[24] B. Ramamurthy and A. Ramakrishnan, "Design of Virtual Private Networks (VPNs) over Optical Wavelength Division Multiplexed (WDM) Networks", SPIE Optical Networks Magazine, Vol. 3, Issue 1, Jan./Feb. 2002
[25] P. –H. Ho and H. T. Mouftah, "On Optimal Diverse Routing for Shared Protection in Mesh WDM Networks", IEEE Transactions on Reliability (to appear in March 2004).
[26] Yang Qin, K. M. Sivalingam and Bo Li, " QoS for Virtual Private Networks (VPN) over Optical WDM Networks ",Optical Communications and Networking Conference, (Dallas, TX), Oct. 2000
[27] D. Xu, C. Qiao, and Y Xiong, "An Ultra-fast Shared Path Protection Scheme Distributed Partial Information Management, Part II", Proceedings IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP 2002), Paris, France , Nov. 2002.
[28] S. Ramamuthy and B. Mukherjee, "Survivable WDM mesh networks: Part I-Protection," Infocom'99, New York, Mar. 1999.
[29] R. R. Iraschko and W. D. Grover, "A Highly Efficient Path-Restoration Protocol for Management of Optical Network TransportIntegrity", IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC), vol. 18, no. 5, May 2000, pp.779-793.
[30] Jian C, Chin L, "A restorable MPLS-based hose-model VPN network, " Computer Networks, vol. 5l, pp. 4836- 4848, 2007
[31] Myoungju Y, Jongmin L, Tai-Won U, "A new mechanism for seamless mobility based on MPLS LSP in BCN," IEICE Transactions on Communications, vol. 91, pp. 593- 596, 2008.
[32] Rosen E, Rekhter Y, RFC 4364 BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs)[S], IETF, 2006.
[33] Yang Yanyan, Martel Charles U, Fu Zhi, Wu Shyhtsun Felix, "IPSec/VPN security policy correctness and assurance," Journal of High Speed Networks, vol. 15, pp. 275-289, 2006.VPN Consortium,
[34] "VPN Technologies: Definitions and Requirements", 2008. http://www.vpnc.org/vpntechnologies.html
[35] H. Hiroaki, Y. Kamizuru, A. Honda, T. Hashimoto, K. Shimizu, and H.Yao, "Dynamic IP-VPN architecture for cloud computing", in nformation and Telecommunication Technologies (APSITT), 2010 8th Asia-Pacific Symposium on, 2010.
[36] S. Yasukawa, Signaling Requirements for Point-to-Multipoint Traffic-Engineered MPLS Label Switched Paths (LSPs), RFC 4461 (Informational), Apr. 2006. [Online]. Available: http: //www.ietf.org/rfc/rfc4461.txt

یک روش یادگیری عمیق مبتنی بر شبکه‌های عصبی برای تشخیص نفوذ در شبکه‌های کامپیوتری

نویسندگان: غلامرضا خان عزیزی- reza.azizi499@gmail.com – کارشناسی ارشد کامپیوتر
حسین غفاریان- hossein.ghaffarian@gmail.com –دکترای کامپیوتر دانشگاه علم و صنعت
مهدی صادق زاده -sadegh_1999@yahoo.com- هیئت علمی دانشگاه قوچان

چکیده: یکی از راهکارهای مورد استفاده جهت ایجاد امنیت در شبکه‌های کامپیوتری استفاده از سیستم‌های تشخیص نفوذ می‌باشد. معماری‌های امروزی استفاده شده برای تشخیص نفوذ، طراحان این سیستم‌ها را در انتخاب نوع معماری کارایی که بتواند قابلیت اطمینان بیشتری در مورد تشخیص تهاجمات داشته باشد با دشواری‌هایی مواجه کرده است. از جمله راهکارهایی که در راستای امن‌سازی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری به وجود آمده است، پیدایش سیستم‌های تشخیص نفوذ است. در این تحقیق روشی برای ترکیب یادگیری عمیق و یادگیری با ناظر در تشخیص نمونه‌های نفوذ با هدف افزایش امنیت شبکه‌های کامپیوتری ارائه شده است. یادگیری با ناظر به منظور آموزش پارامترهای یک الگوریتم شبکه عصبی عمیق ارائه شده که از ترکیب خطی و بازنمایی ویژگی‌های مؤثر استفاده می‌کند. این روش بر مبنای یک الگوریتم یادگیری با ناظر و یک شبکه عصبی عمیق می‌باشد که تعداد مناسب لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌ها در هر لایه را با توجه به یک مقدار آستانه بهینه‌سازی می‌کند. نتایج آزمایش‌ها روی مجموعه داده *NSL-KDD* برتری روش پیشنهادی را با دقت ۹۷٫۶۴٪ نسبت به روش‌های *MARS* و *DLNN* نشان می‌دهد.

کلیدواژه: تشخیص نفوذ، یادگیری عمیق، شبکه عصبی، امنیت شبکه.

۱ – مقدمه

سیستم تشخیص نفوذ، در داخل خود، دارای مجموعه داده‌هایی است که حملات مختلف را دارا می‌باشند و اگر برنامه کامپیوتری یا فردی قصد نفوذ و یا ورود بدون مجوز به پایگاه داده را داشته باشد، ابتدا با داده‌های حملات از پیش تعریف شده در خود مطابقت می‌دهد. اگر به نتیجه‌ای برسد که برنامه کامپیوتری یا فردی که قصد دسترسی به پایگاه داده سیار را دارند، به صورت بدون مجوز از آن استفاده خواهند کرد، آن را به صورت یک نفوذ تلقی می‌کند و سعی بر جلوگیری از حملات خواهد داشت. اما اگر این تطابق به نتیجه‌ای نرسد، یعنی با داده‌های حملات در سیستم تشخیص نفوذ همخوانی نداشته باشد، عملیات ورود انجام می‌گیرد[۱، ۲].

با توجه به این که حملات مختلفی در سطح یک پایگاه داده سیار رخ می‌دهد، لذا ارائه یک سیستم تشخیص نفوذ در آن امری ضروری است. شناسایی حملاتی همچون محرومیت از خدمات و همین‌طور حمله محرومیت از خدمات توزیع شده به عنوان حملات اصلی جهت تشخیص، مدنظر واقع می‌گردد. در این پژوهش به ارائه یک سیستم تشخیص نفوذ چند هدفه در پایگاه داده‌های سیار بر پایه یادگیری عمیق پرداخته می‌شود. یادگیری عمیق شاخه‌ای از بحث یادگیری ماشینی و مجموعه‌ای از الگوریتم‌هایی است که تلاش می‌کنند مفاهیم انتزاعی سطح بالا را با استفاده از یادگیری در سطوح و لایه‌های مختلف مدل کنند [۳].

بیشتر مدل‌های یادگیری عمیق مدرن، بر شبکه‌های عصبی مصنوعی مبتنی هستند، گرچه ممکن است شامل فرمول‌های گزاره‌ای یا متغیرهای پنهان سازمان یافته لایه‌ای در مدل‌های مولد همچون گره‌ها در شبکه‌های باور عمیق و ماشین‌های بولتزمن عمیق نیز باشند. واژه «عمیق» در «یادگیری عمیق» به تعداد لایه‌هایی که داده‌ها از آنها منتقل می‌شوند اشاره دارد[۴]. بطور دقیق‌تر، سیستم‌های

یادگیری عمیق، دارای یک عمق اساسی برای مسیر تخصیص اعتبار می‌باشند. معماری‌های یادگیری عمیق را اغلب با یک روش لایه‌به‌لایه حریصانه می‌سازند. یادگیری عمیق به بازگشایی این انتزاعات و انتخاب ویژگی‌هایی که عملکرد را بهبود می‌دهند کمک می‌کند. ویژگی‌ها، عملکرد را بهبود می‌دهند. برای کارهای یادگیری نظارت شده، روش‌های یادگیری عمیق با انتقال داده‌ها به نمایش‌های میانی فشرده، مشابه مؤلفه‌های اصلی، نیاز به مهندسی ویژگی را برطرف می‌کنند و ساختارهایی لایه‌ای بدست می‌دهند که افزونگی را از نمایش حذف می‌کنند.

ادامه این تحقیق به این شرح خواهد بود: در بخش دوم به بررسی برخی از جدیدترین کارهای انجام شده در تشخیص نفوذ می‌پردازیم. روش پیشنهادی در بخش سوم مطرح شده و نتایج حاصل از آن در بخش چهارم آورده شده است. در نهایت در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات بیان می‌شود.

۲- پیشینه تحقیق

یانگ و همکاران، یک سیستم تشخیص نفوذ چند بعدی برای شبکه SCADA پیشنهاد دادند[۵]. این تحقیق سیستم تشخیص نفوذی چندلایه‌ای را پیشنهاد و گسترش داده است که بر محیط فیزیکی خاص و داده‌های برنامه ایستگاه فرعی محافظت شده متمرکز است. وانگ و همکاران، حداکثر تاثیر نفوذ در شبکه‌های اجتماعی تحت شرایط یک مدل آبشاری مستقل را ارائه دادند[۶]. مدل پیشنهاد شده برای توسعه اطلاعات، به منظور توضیح دادن اینکه چگونه کاربر نظرات خودش را می‌سازد، معرفی شده است. کریمی و همکاران، موضوعات نفوذ فتوولتائیک و اثرات آن در شبکه توزیع را مورد بررسی قرار دادند[۷]. در این تحقیق اثرات PV بعنوان یک RES روی شبکه توزیع و موضوع نفوذ همراه با آن در سیستم‌های الکتریکی بطور کامل ارائه شده است. آل-جراه و ارفات، سیستم تشخیص نفوذ شبکه با استفاده از طبقه‌بندی رفتار حمله را پیشنهاد دادند[۸]. این تحقیق از شبکه‌ی عصبی TDDNN برای تشخیص رفتار زمانی حملات شبکه استفاده می‌کند.

برگوهاین، روش FuGeIDS را که به مفهوم الگوهای ژنتیکی مبهم در سیستم‌های کشف نفوذ است، پیشنهاد دادند[۹]. رویکرد استفاده از الگوریتم ژنتیک و منطق فازی برای کشف ناهنجاری‌ها استفاده می‌کند. کوک و همکاران، یک سیستم کشف نفوذ مبتنی بر دسته‌بندی ترکیبی را مبتنی بر بیزین مخفی توسعه دادند[۱۰]. هارین و ورموتا، سیستم تشخیص نفوذ مبتنی بر قانون وابستگی فازی همراه با برنامه‌نویسی شبکه ژنتیک را ارائه دادند[۱۱]. این روش با بهره‌برداری از ویژگی‌های فرعی و دسته‌بندی مبتنی بر قوانین استخراج شده پیشنهاد شده است. وانگ و همکاران، یک رویکرد نوین برای شناسایی نفوذ با استفاده از شبکه-های عصبی مصنوعی و خوشه بندی فازی توسعه داده اند[۱۲]. در تحقیقی دیگر گواش و همکاران، استفاده از برنامه پروفایل‌های رفتاری برای تشخیص نفوذ را مطرح ساختند[۱۳].

مارکام و دوبی، یک بررسی کلی در مورد کاوش قوانین فازی در سیستم تشخیص نفوذ انجام دادند[۱۴]. این تحقیق سرعت و دقت شناسایی را بهبود بخشیده و روش کاوش قوانین رابطه‌ای کارآمدتری را در چارچوب الگوریتم مقایسه‌ای برای شناسایی غیرعادی تجارب مبتنی بر شبکه پیشنهاد نموده و در نهایت به مقایسه و تحلیل نتایج تجربه می‌پردازد. زارپلو و همکاران، بررسی تشخیص نفوذ در اینترنت اشیاء را انجام داده‌اند[۱۵]. دریفوت و همکاران، یک مدل تشخیص نفوذ هوشمند برای رایانش ابری ارائه دادند[۱۶]. این روش یک مدل تشخیص نفوذ هوشمند براساس اصل همکاری است و بر پایه نفوذ مبتنی بر میزبان کار می‌کند. باروت و توشنیوال، تشخیص نفوذ در شبکه‌های هیبریدی، مبتنی بر تکنیک داده کاوی را ارائه داده‌اند[۱۷]. قلعه گلابی و رضایی پناه (۲۰۱۷)، سیستم‌های تشخیص نفوذ با کاهش ویژگی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و تکنیک-های داده‌کاوی را بهبود داده‌اند[۱۸]. به دلیل وجود مشخصه‌های زیاد در داده‌های مربوط به سیستم‌های تشخیص نفوذ در این تحقیق مشخصه‌های مطلوب و مؤثر با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهبود یافته انتخاب شده و سپس با استفاده از تکنیک‌های داده کاوی استاندارد، مدلی برای طبقه‌بندی داده‌ها ارائه شده است. وارسی، انتخاب تکراری بر اساس الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات را (IPPSO) برای سیستم‌های تشخیص نفوذ ارائه داد[۱۹]. این روش یک روش ترکیبی است که بر اساس استخراج قوانین رابطه‌ای و انتخاب تکراری آنها بر اساس الگوریتم ازدحام ذرات عمل می‌کند.

۳- روش پیشنهادی

در این تحقیق برای تشخیص نفوذ از یک مدل مبتنی بر یادگیری عمیق در شبکه عصبی MLP استفاده می‌شود. به طور کلی شبکه عصبی و یادگیری عمیق زیر مجموعه‌ای از یادگیری ماشین است و خود یادگیری ماشین زیرمجموعه‌ای از هوش مصنوعی می‌باشد. یادگیری شبکه عصبی عمیق براساس یادگیری چندسطحی سعی بر استخراج اطلاعات می‌کند در حالی‌که شبکه عصبی کلاسیک حداکثر از دو لایه تشکیل می‌شود. در شبکه عصبی عمیق، ستونی از لایه‌های نرونی وجود دارد و پایین‌ترین سطح لایه، وظیفه جمع‌آوری داده‌های اولیه را برعهده دارد. هر نرون سعی در ذخیره‌سازی اطلاعات و انتقال آن به لایه‌های بعدی دارد. این فرایند به نحوی انجام می‌شود که اطلاعات درون نرون‌ها همراه با لایه پنهانی از اطلاعات نرونی استخراج می‌شود. بنابراین از این طریق داده‌ها از پایین‌ترین سطح لایه به بالاترین سطح لایه رفته و به جمع‌آوری اطلاعات می‌پردازند.

روش ارائه شده در این تحقیق بر مبنای یک الگوریتم یادگیری با ناظر حریصانه و یک شبکه عصبی عمیق مطابق شکل ۱ می‌باشد. ورودی روش پیشنهادی، داده‌های پیش‌پردازش شده سیستم تشخیص نفوذ می‌باشد. تعداد مناسب لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌ها در هر لایه در یک فرایند تکراری با توجه به یک مقدار آستانه انجام می‌شود. همچنین به منظور تنظیم دقیق‌تر ویژگی‌های انتخابی در هر تکرار بهینه‌سازی، مقادیر تکرار قبل به عنوان ورودی شبکه عصبی عمیق در نظر گرفته می‌شود. در مرحله بعد بر مبنای پارامترهای ورودی تعیین شده الگوریتم شبکه عصبی عمیق بر روی داده‌های ورودی تشخیص نفوذ آموزش می‌بینند. در اینجا ورودی اولیه (در تکرار اول) ویژگی‌های انتخابی، پارامترهای لایه پنهان و وزن‌ها به صورت تصادفی تنظیم می‌شود.

شبکه‌های عصبی عمیق، اصطلاحی برای مجموعه‌ای از شبکه‌های عصبی با معماری چند لایه است که نشان می‌دهند چگونه شبکه‌های عصبی با تعداد زیادی از لایه‌ها می‌توانند در ایجاد ساختارهای بازنمایی مورد نیاز در یادگیری عمیق عملکرد مناسبی داشته باشند. الگوریتم‌های یادگیری می‌توانند در تنظیم وزن‌های این شبکه‌ها به کار گرفته شوند. هر چه تعداد لایه‌ها در شبکه عصبی بیشتر شود، مسئله بهینه‌سازی پیچیده‌تر می‌شود و برای حل آن می‌توان از الگوریتم‌های با ناظر و لایه‌ای حریصانه استفاده کرد. در این روش ابتدا هر لایه به صورت مجزا با فرض ثابت بودن سایر لایه‌ها آموزش داده می‌شود و در نهایت روی کل شبکه تنظیم دقیق و یکپارچه‌ای انجام می‌گیرد. به طور کلی در الگوریتم پیشنهادی وزن لایه‌ها به صورت مرحله‌ای بروزرسانی می‌شود و در هر مرحله وزن یک لایه تنظیم می‌شود. همچنین به منظور بهبود کارایی شبکه در تشخیص ویژگی‌های مؤثر ورودی، ورودی بخش انتخاب ویژگی به صورت ۰ یا ۱ مقداردهی می‌شود که ۰ به معنی عدم انتخاب ویژگی و ۱ به معنی انتخاب آن ویژگی در تشخیص نفوذ است.

پس از آموزش شبکه عصبی عمیق و بررسی نتایج پیش‌بینی، به‌روزرسانی ویژگی‌های انتخابی، تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌ها در هر لایه پنهان براساس خروجی به دست‌آمده انجام می‌شود. بر مبنای تغییرات انجام شده یادگیری شبکه عصبی عمیق تکرار شده و این فرایند تا زمان محقق شدن دقت خروجی تکرار می‌گردد.



شکل ۱: فلوچارت روش پیشنهادی

۳-۱ پیش‌پردازش داده‌های تشخیص نفوذ

پیش‌پردازش به منظور آماده‌سازی داده‌ها جهت پردازش و همچنین بهبود کیفیت داده‌های واقعی انجام می‌شود. در این مرحله به ویژگی‌های کیفی، مقادیر کمی انتساب داده می‌شود. سپس نمونه‌هایی با مقادیر از دست رفته از پایگاه داده حذف می‌شوند. پس از آن از روش Z-score برای نرمال‌سازی داده‌ها مطابق رابطه (۱) استفاده می‌شود.

$$x_{i,j}^{Z-score} = \frac{x_{i,j} - \mu_j}{\sigma_j} \qquad (۱)$$

جائیکه $x_{i,j}$ و $x_{i,j}^{Z-score}$ به ترتیب مقدار واقعی و مقدار نرمال شده j-مین ویژگی در نمونه i-ام است. μ_j و σ_j نیز به ترتیب میانگین و انحراف معیار مقادیر تمام نمونه‌ها برای j-مین ویژگی می‌باشد.

۳-۲ مقداردهی اولیه پارامترهای شبکه عصبی عمیق

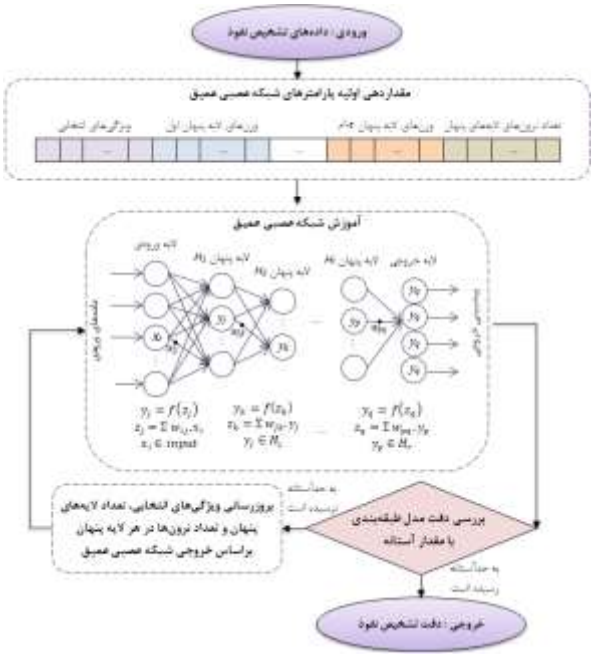
مطابق شکل ۲ پارامترهای شبکه عصبی مقداردهی می‌شوند. این پارامترها شامل وزن‌های هر لایه از شبکه و همچنین مشخصات لایه‌های پنهان می‌باشد. در ابتدا این پارامترها در بازه‌های خاصی به صورت تصادفی مقداردهی شده و پس از آن در هر مرحله براساس خروجی شبکه به روزرسانی می‌شوند. به منظور بهبود کارایی شبکه در تشخیص ویژگی‌های مؤثر ورودی، وزن لایه ورودی نیز در نظر گرفته شده و به صورت ۰ یا ۱ مقداردهی می‌شود که ۰ به معنی عدم انتخاب ویژگی و ۱ به معنی انتخاب آن ویژگی در تشخیص نفوذ است.

تعداد ویژگی‌های ورودی m، تعداد لایه‌های پنهان r و H_j تعداد نرون‌های j-مین لایه پنهان است. تعداد وزن‌های لایه پنهان اول برابر $m \times H_1$ و به طور مشابه تعداد وزن‌های لایه پنهان دوم برابر $H_1 \times H_2$ خواهد بود. در نهایت تعداد وزن‌های r-مین لایه پنهان برابر H_r می‌باشد. در این تحقیق خروجی چهار نرون (تعداد حملات) در نظر گرفته شده است. بنابراین تعداد کل پارامترهای وزنی جهت مقداردهی به صورت رابطه (۲) می‌باشد.

$$\#W = [m \times H_1] + [H_1 \times H_2] + \cdots + [H_{r-1} \times H_r] \qquad (۲)$$

پارامتر تعداد نرون‌ها برای هر لایه پنهان متناسب با تعداد لایه‌های پنهان (r) مشخص می‌شود. همچنین تعداد پارامترهای ویژگی‌های انتخابی برابر m است؛ بنابراین تعداد آیتم‌های نهایی جهت مقداردهی برای شبکه عصبی به صورت رابطه (۳) می‌باشد.

$$\#Items = \mathrm{m} + \#W + r \qquad (۳)$$



شکل ۲: روند جریان به‌روزرسانی وزن‌ها در شبکه عصبی عمیق

۳-۳ آموزش شبکه عصبی عمیق

در این تحقیق برای یادگیری وزن‌ها از روش BP[۱] استفاده شده است. در این روش با استفاده از چندین تکنیک مختلف نظیر GD[۲]، RB[۳] و LM[۴] سعی شده تا مربع خطای بین خروجی‌های شبکه و تابع هدف کمینه شود. در اینجا از تابع فعال‌سازی غیرخطی sigmoid استفاده شده که نگاشت ورودی‌ها به خروجی‌ها را مدیریت می‌کند.

در مرحله یادگیری شبکه عصبی عمیق از معیار «خطای میانگین مربعات (MSE)» برای ارزیابی وزن‌های تخصیص داده شده استفاده می‌شود. در فرایند یادگیری شبکه عصبی عمیق وزن لایه ورودی را به صورت ۰ یا ۱ درنظرگرفته تا ویژگی‌های ورودی به سیستم یادگیری مشخص شوند. از

[۱] BackPropagation
[۲] Gradient Descent
[۳] Resilient Backpropagation
[۴] Levenberg- Marquardt

این تکنیک برای شناسایی ویژگی‌های مؤثر به صورت خودکار استفاده شده است.

۳-۴ به‌روزرسانی پارامترهای شبکه عصبی عمیق

شبکه عصبی عمیق طراحی شده دارای سه پارامتر ویژگی-های انتخابی، وزن‌های شبکه عصبی و مشخصات لایه‌های پنهان می‌باشد. این پارامترها در ابتدای کار به صورت تصادفی در بازه‌های خاصی مقداردهی شد. ویژگی‌های انتخابی مقدار ۰ یا ۱، وزن‌ها بین [+1, -1] و تعداد لایه‌های پنهان بین $[1, r_{max}]$ مقداردهی می‌شوند (اندازه نرون‌ها در هر لایه مخفی نیز بین $[0, H_{max}]$). پس از آموزش شبکه عصبی بر مبنای این پارامترها، وزن‌های شبکه در طی فرایند یادگیری براساس داده‌های آموزشی (روش BP) تنظیم شده و وزن‌های جدید بر مبنای وزن‌های آموزش دیده شده، مقداردهی می‌شود. با توجه به ثابت بودن بخش مشخصات لایه‌های پنهان در فرایند آموزش شبکه عصبی، باید بهینه‌ترین تنظیمات (ابعاد شبکه) برای شبکه عصبی جستجو شود. برای این کار از یک فرایند بهینه‌سازی محلی مطابق شکل ۲ استفاده شده است.

دقت خروجی شبکه عصبی روی داده‌های آموزشی برازندگی راه‌حل‌ها در فرایند بهینه‌سازی است. هر راه‌حل شامل ترکیبی از ویژگی‌های انتخابی، وزن‌های شبکه عصبی و مشخصات لایه‌های پنهان است. به منظور به‌روزرسانی مشخصات لایه‌های پنهان در هر تکرار به احتمال Γ مقدار هر بخش یک واحد کم یا زیاد می‌شود. این بخش‌ها شامل «تعداد لایه‌های پنهان r» و «اندازه نرون‌های لایه پنهان H_j، جائی که $j = 1,2,\dots,r$» می‌باشند. روابط (۴ و ۵) بروزرسانی هر بخش را نشان می‌دهد.

$$r_{new} = \begin{cases} r & \Gamma < RND \\ r \pm 1 & otherwise \end{cases} \quad (۴)$$

$$H_{new,j} = \begin{cases} H_j & \Gamma < RND \\ H_j \pm 1 & otherwise \end{cases} \quad (۵)$$

در نهایت به‌روزرسانی ویژگی‌های انتخاب شده انجام می-شود. در این مرحله نیز یک راه‌حل جدید تولید شده و به عنوان ورودی شبکه عصبی در نظر گرفته می‌شود. ویژگی-های انتخابی جدید از یک روش ابتکاری و از طریق ویژگی-های انتخاب شده جاری تولید می‌شود (همسایه راه‌حل جاری). تعیین ویژگی‌های انتخابی جدید از طریق میزان سودمندی ویژگی‌ها انجام می‌شود. مراحل این کار به صورت زیر می‌باشد:

۱. مجموعه داده اصلی را تنها با ویژگی‌های انتخابی (از راه‌حل جاری) در S قرار بده.
۲. آنتروپی مجموعه داده S را محاسبه کن.
۳. میزان سودمندی (بهره) اطلاعات همه ویژگی-های مجموعه داده S محاسبه شود.
۴. مجموعه داده اصلی تنها با ویژگی‌های انتخاب نشده در S' کپی شود.
۵. برای ویژگی‌های انتخاب شده جدید؛ به احتمال Γ ویژگی با کمترین سودمندی از بخش ویژگی-های انتخاب شده حذف می‌شود و به احتمال Γ ویژگی‌ای که دارای بیشترین سودمندی در بخش ویژگی‌های انتخاب نشده است، به بخش ویژگی-های انتخاب اضافه می‌شود.

۴- نتایج و بحث

برای شبیه‌سازی از نرم‌افزار MATLAB ورژن 2016a روی یک PC با پیکربندی: پردازنده اینتل ۷ هسته‌ای با فرکانس ۳,۰ گیگاهرتز، حافظه ۸ گیگابایت و سیستم عامل ویندوز ۱۰ نسخه ۶۴ بیتی استفاده شده است.

فرایند اعتبارسنجی 10-Fold است که روی مجموعه داده NSL-KDD اعمال شده است. اطلاعات این مجموعه داده از مرجع [۲۰] دردسترس است. مجموعه داده NSL-KDD از سه بخش Test Set، Train set و Percent Training Set مطابق جدول ۱ تشکیل شده است. جدول ۲، برچسب کلاس‌های این مجموعه داده را نشان می‌دهد.

جدول ۱: اطلاعات بخش‌های مجموعه داده NSL-KDD

بخش‌ها	تعداد ویژگی‌ها	تعداد نمونه‌ها	تعداد کلاس
Test Set	۴۱	۲۲۵۴۳	۵ کلاس
Train set	۴۱	۱۲۵۹۷۳	۵ کلاس
Percent Training Set	۴۱	۲۵۱۹۳	۲ کلاس

جدول ۲: کلاس‌های مجموعه داده NSL-KDD

نوع حمله	تعداد نمونه آزمایش	تعداد نمونه آموزش
Normal	۹۷۱۰	۶۷۳۴۳
DOS	۷۴۵۸	۴۵۹۲۷
R2L	۲۷۵۴	۹۹۵
U2R	۲۰۰	۵۲
Probe	۲۴۲۱	۱۱۶۵۶

پارامترهای الگوریتم پیشنهادی مطابق زیر به صورت سعی و خطا در بهترین حالت تنظیم شده است.

$$\Gamma = 0.4, epoch = 1000, r_{max} = 10, H_{max} = 10$$

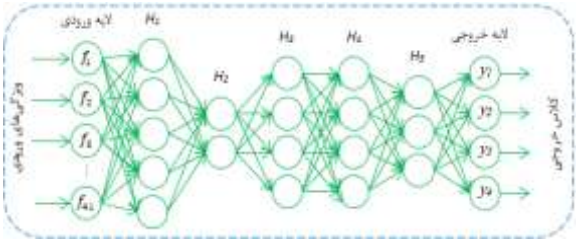
در این تحقیق از معیارهای مختلفی برای ارزیابی روش پیشنهادی مطابق جدول ۳ استفاده شده است.

جدول ۳ : معیارهای ارزیابی

معیارها	رابطه
دقت	$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$
درستی	$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$
یاداور	$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$
اندازه‌گیری F	$F - Measure = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall}$
اتصالات	$Connection = \alpha \times \beta + \beta \times Y + \beta + Y$ α تعداد ویژگی‌ها، β اندازه لایه مخفی و Y اندازه لایه خروجی
زمان اجرا	زمان اجرای الگوریتم بر حسب ثانیه

در این تحقیق از دو مدل طبقه‌بندی کلاسیک شبکه عصبی BPNN و SVM و همچنین روش‌های MARS [۲۱] و DLNN [۲۲] که به تازگی ارائه شده‌اند، جهت مقایسه با روش پیشنهادی استفاده شده است. MARS توسط موباراک (۲۰۱۶) ارائه شد که در آن از الگوریتم‌های متفاوتی برای تشخیص نفوذ استفاده کرد که از جمله میتوان به ترکیب SVM و شبکه عصبی SOM اشاره کرد. DLNN نیز توسط روی و همکاران (۲۰۱۷) ارائه شد. این الگوریتم یک شبکه عصبی مصنوعی مبتنی بر یادگیری عمیق برای تشخیص نفوذ است که از ماشین‌های بولتزمن محدود و یک الگوریتم حریصانه برای یادگیری استفاده می‌کند.

نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که شبکه عصبی نهایی مطابق شکل ۳ دارای ۵ لایه مخفی به ترتیب با تعداد نرون‌های ۵، ۲، ۴، ۴ و ۳ می‌باشد.



شکل ۳: ساختار شبکه عصبی نهایی

در این تحقیق مقایسه‌ای بین تکنیک‌های پس انتشار خطا RP، LM و GD ارائه شده است. جدول ۴ نتایج الگوریتم پیشنهادی با تکنیک‌های مختلف پس انتشار خطا در معیارهای دقت، درستی، یاداور و اندازه‌گیری F را نشان می‌دهد.

جدول ۴: نتایج الگوریتم پیشنهادی با روش‌های مختلف یادگیری پس انتشار خطا

تکنیک‌های یادگیری	دقت	درستی	یاداور	اندازه‌گیری F
RP	۹۷,۶۴	۹۸,۲۳	۹۵,۸۹	۹۷,۰۵
LM	۹۶,۸۹	۹۷,۵۰	۹۵,۰۶	۹۶,۲۶
GD	۹۷,۱۱	۹۸,۰۰	۹۵,۶۴	۹۶,۸۱

با توجه به این آزمایش تکنیک پس انتشار خطا RP بهترین نتایج را نسبت به دو تکنیک LM و GD بدست آورده است. در اینجا دقت روش پیشنهادی برمبنای تکنیک RP به طور متوسط ۹۷,۶۴٪ است. این درحالی است که روش‌های LM و GD به ترتیب به دقت‌های ۹۶,۸۹٪ و ۹۷,۱۱٪ رسیده

است. نتایج مربوط به معیارهای اتصالات و زمان اجرا در جدول ۵ گزارش شده است.

جدول ۵: نتایج معیارهای اتصالات و زمان اجرا با روش‌های مختلف یادگیری پس انتشار خطا

تکنیک‌های یادگیری	اتصالات	زمان اجرا (ثانیه)
RP	۱۳۱	۸۸۳
LM	۱۳۵	۹۷۵
GD	۱۲۴	۹۱۳

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که تکنیک یادگیری RP که دارای بهترین دقت تشخیص نفوذ برای روش پیشنهادی بود، دارای پیچیدگی اتصالات ۱۳۱ می‌باشد و این در حالیست که بهترین شبکه تولید شده از طریق GD تنها دارای ۱۲۴ اتصال است. همچنین نتایج زمان اجرا نشان می‌دهد که استفاده از تکنیک RP برای ساخت مدل طبقه-بندی با متوسط زمان اجرا ۸۸۳ ثانیه نسبت به دو تکنیک دیگر سریع‌تر است. به طور کلی با توجه به نتایج حاصل شده، تکنیک RP نسبت به دو تکنیک دیگر برای تشخیص نفوذ مناسب‌تر است و از این رو برای کار مقایسه از این تکنیک استفاده می‌شود. نتایج مقایسه روش پیشنهادی با مدل‌های طبقه‌بندی SVM و BPNN و همچنین دو الگوریتم MARS و DLNN در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج برای روش‌های مختلف در شرایط یکسانی روی مجموعه داده NSL-KDD محاسبه شده و برمبنای کلاس‌های مختلف مجموعه داده گزارش شده است.

جدول ۶: مقایسه نتایج روش پیشنهادی با سایر روش‌ها به تفکیک نوع کلاس

الگوریتم‌ها	Normal	DOS	U2R	R2L	Probe	اتصالات	دقت
SVM	۷۴,۱۲	۶۱,۲۰	۶۴,۹۱	۷۱,۰۶	۷۳,۱۸	-	۷۳,۸۰
BPNN	۷۱,۴۵	۶۰,۲۳	۶۲,۸۷	۶۹,۶۵	۷۱,۹۰	-	۷۱,۰۵
MARS	۹۰,۷۵	۹۶,۸۵	۹۵,۷۵	۷۳,۰۰	۹۶,۹۷	-	۹۶,۷۱
DLNN	۹۷,۳۲	۹۹,۱۷	۷۴,۶۵	۸۱,۵۱	۹۹,۷۸	۱۴۰	۹۷,۴۱
روش پیشنهادی	۹۸,۰۱	۹۹,۲۴	۶۶,۵۰	۹۴,۶۳	۹۶,۷۰	۱۳۱	۹۷,۶۴

نتایج نشان دهنده برتری، مدل طبقه‌بندی کلاسیک SVM نسبت به BPNN است. همچنین از بین دو الگوریتم MARS و DLNN، الگوریتم DLNN با دقت ۹۷,۴۱٪ عملکرد بهتری برای تشخیص نفوذ داشته است. هرچند نتایج در حالت میانگین برتری روش پیشنهادی را نسبت به مدل‌های طبقه‌بندی SVM و BPNN به ترتیب با ۳۲,۳۰٪ و ۳۷,۴۲٪ در معیار دقت نشان می‌دهد. به طور متوسط این برتری نسبت به روش‌های MARS و DLNN به ترتیب ۰,۹۶٪ و ۰,۲۴٪ است. دلیل برتری روش پیشنهادی بهینه-سازی همزمان پارامترهای شبکه عصبی (اندازه لایه‌های مخفی، تعداد نرون‌های هر لایه و همچنین مقادیر وزن‌ها) می‌باشد که از طریق یادگیری عمیق حاصل شده است. نتایج این مقایسه بر مبنای معیار تعداد اتصالات شبکه تنها بین روش پیشنهادی و DLNN گزارش شده است، چون تنها این دو روش به دنبال بهترین ساختار شبکه عصبی برای ایجاد مدل طبقه‌بندی می‌باشد. در هر حال روش پیشنهادی شبکه فشرده‌تری نسبت به روش DLNN تولید می‌نماید که این مورد از نظر محاسباتی برتری قابل توجهی برای روش پیشنهای است. روش پیشنهادی با ایجاد یک شبکه عصبی با تعداد اتصالات ۱۳۱ نسبت به روش DLNN حدود ۶,۸۷٪ برتری داشته است.

۵- نتیجه‌گیری

وظیفه سیستم‌های تشخیص نفوذ، شناسایی حملات به شبکه‌های کامپیوتری، تشخیص ضعف‌های کلی سیستم و گزارش آن به مدیر سیستم است. در این تحقیق برای افزایش دقت سیستم تشخیص نفوذ از یک تکنیک یادگیری عمیق مبتنی بر شبکه‌های عصبی استفاده شد که نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهد. رویکرد یادگیری با ناظر ارائه شده به منظور آموزش پارامترهای شبکه عصبی عمیق از ترکیب خطی و بازنمایی ویژگی‌های مؤثر استفاده می‌کند.

این روش بر مبنای یک الگوریتم یادگیری با ناظر حریصانه و یک شبکه عصبی عمیق می‌باشد. ساختار شبکه عصبی نهایی برای مجموعه داده NSL-KDD با ۵ لایه مخفی به ترتیب با تعداد نرون‌های ۵، ۲، ۴، ۴ و ۳ ایجاد شده که به نسبت الگوریتم‌های MARS و DLNN شبکه کوچک‌تر با دقت بالاتری ارائه شده است.

مراجع

[1] M. A. Faisal, Z. Aung, J. R. Williams, and A. Sanchez, "Data-Stream-Based Intrusion Detection System for Advanced Metering Infrastructure in Smart Grid: A Feasibility Study". IEEE Systems journal, Vol. 9, No. (1), pp. 31-44, 2015.

[2] R. A. R. Ashfaq, Z. Z. Wang, J. Z. Huang, H. Abbas, and Y. L. He, "Fuzziness based semi-supervised learning approach for intrusion detection system". Information Sciences, Vol. 378, pp. 484-497, 2017.

[3] P. Garcia-Teodoro, J. Diaz-Verdejo, G. Maciá-Fernández, and E. Vázquez, "Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, systems and challenges". computers & security, Vol. 28, No. 1, pp. 18-28, 2009.

[4] Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning. Nature", Vol. 521, no. 7553, pp. 436, 2005.

[5] Y. Yang, H. Q. Xu, L. Gao, Y. B. Yuan, K. McLaughlin, anf S. Sezer, "Multidimensional intrusion detection system for IEC 61850-based SCADA networks". IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 32, No. 2, pp. 1068-1078, 2017.

[6] Q. Wang, Y. Jin, Z. Lin, S. Cheng, and T. Yang, "Influence maximization in social networks under an independent cascade-based model". Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol. 444, pp. 20-34, 2016.

[7] M. Karimi, H. Mokhlis, K. Naidu, S. Uddin, and A. H. A. Bakar, "Photovoltaic penetration issues and impacts in distribution network–A review". Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 53, pp. 594-605, 2016

[8] O. Al-Jarrah, and A. Arafat, "Network Intrusion Detection System using attack behavior classification". In Information and Communication Systems (ICICS), 2014 5th International Conference on (pp. 1-6). IEEE, 2014.

[9] R. Borgohain, "Fugeids: Fuzzy genetic paradigms in intrusion detection systems". arXiv preprint arXiv:1204.6416, 2012.

[10] L. Koc, T. A. Mazzuchi, and S. Sarkani, "A network intrusion detection system based on a Hidden Naïve Bayes multiclass classifier". Expert Systems with Applications, Vol. 39, No. 18, pp. 13492-13500, 2012.

[11] K. Harinee, and A. Veeramuthu, "Intrusion Detection System Based on Fuzzy Association Rule with Genetic Network Programming", International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 3, No. 4, pp. 11077-11083, 2014.

[12] G. Wang, J. Hao, J. Ma, and L. Huang, "A new approach to intrusion detection using Artificial Neural Networks and fuzzy clustering". Expert systems with applications, Vol. 37, No. 9, pp. 6225-6232, 2010.

[13] A. K. Ghosh, A. Schwartzbard, and M. Schatz, "Using Program Behavior Pro les for Intrusion Detection". 2014

[14] V. Markam, and L. S. M. Dubey, "A general study of associations rule mining in intrusion detection system". International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 347-356, 2012.

[15] B. B. Zarpelão, R. S. Miani, C. T. Kawakani, and S. C. Alvarenga, "A survey of intrusion detection in Internet of Things". Journal of Network and Computer Applications, Vol. 84, pp. 25-37, 2017.

[16] M. Derfouf, M. Eleuldj, S. Enniari, and O. Diouri, "Smart intrusion detection model for the cloud computing". In Europe and MENA Cooperation Advances in Information and Communication Technologies (pp. 411-421). Springer, Cham, 2017.

[17] V. Barot, and D. Toshniwal, "A new data mining based hybrid network Intrusion Detection model". In Data Science & Engineering (ICDSE), 2012 International Conference on (pp. 52-57). IEEE, 2012.

[18] M. Ghalehgolabi, and A. Rezaeipanah, "Intrusion Detection System Using Genetic Algorithm and Data Mining Techniques Based on the Reduction". International Journal of Computer Applications Technology and Research, Vol. 6, no. 12, pp. 1-6, 2017.

[19] S. Warsi, R. Yogesh, and S. Kushwaha, "Selective Iteration based Particle Swarm Optimization (SIPSO) for Intrusion Detection

System". International Journal of Computer Applications, Vol. 124, No. 17, 2015.
[20] http://nsl.cs.unb.ca/KDD/NSL-KDD.html
[21] S. L. Mubarak, "Intrusion Detection System using SVM, SOM& NN", 2016.
[22] S. S. Roy, A. Mallik, R. Gulati, M. S. Obaidat, and P. V. Krishna, "A deep learning based artificial neural network approach for intrusion detection". In International Conference on Mathematics and Computing (pp. 44-53). Springer, Singapore, 2017.

شبیه سازی یک شبکه ۹ باسه برای انواع فالتهای سری و شنت با نرم افزار MATLAB

نویسنده: مریم فریور- farivar.maryam@yahoo.com - استادمدعو دانشگاه صنعتی اصفهان
سیدپرویز موسوی – ip.adrapana2@gmail.com –مربی سازمان آموزش فنی و حرفه ای – همدان
روح الله محمدی - mohammadi@yahoo.com – مربی سازمان آموزش فنی و حرفه ای - همدان

چکیده: باس بار یا شینه عبارت است از یک هادی به شکل لوله ای یا سیمی و یا تسمه ای که انرژی الکتریکی از نیروگاهها, ترانسفورماتورها و یا خطوط انتقال و از طریق آن به مراکز مصرف منتقل می شود بعبارت ساده تر شینه یک هادی است که بوسیلهٔ انشعابات متعدد به منابع تولید و مراکز مصرف متصل است. دراین مقاله به شبیه سازی یک شبکه ۹ باسه پرداخته ایم و فالیت های سری و شنت را به مدار داده و عملکرد مدار در حضور فالت ها را بررسی نموده ایم.

کلیدواژه: ضربان‌ساز قلبی، تصویربرداری تشدید مغناطیسی قلبی‌عروقی، ***ICD***، دفیبریلاتور قلبی قابل‌کاشت، دستگاه‌های ***MRI*** مشروط، ایمنی ***MRI***

۱ – مقدمه

باس بار یا شینه عبارت است از یک هادی به شکل لوله ای یا سیمی و یا تسمه ای که انرژی الکتریکی از نیروگاهها, ترانسفورماتورها و یا خطوط انتقال و از طریق آن به مراکز مصرف منتقل می شود بعبارت ساده تر شینه یک هادی است که بوسیلهٔ انشعابات متعدد به منابع تولید و مراکز مصرف متصل است.

در شین تمام انرژی ژنراتورها و یا ترانسفورماتورها و یا هر دو بهم می‌پیوندند و از آن جا به طور مستقیم با همان ولتاژ و یا به کمک ترانسفورماتور افزاینده و یا کاهنده با ولتاژ دیگر به مصرف کننده ها و یا شین‌های دیگر هدایت می‌گردند . پس می‌توان گفت که شین وسیلهٔ جمع و پخش انرژی در آن واحد است.

۱-۱- عوامل موثر بر شینه بندی

- قابلیت اطمینان و تداوم سرویس دهی
- موقعیت پست در شبکه
- ولتاژ و ظرفیت پست
- اهمیت مصرف کننده
- وضعیت پست از نظر توسعهٔ و تعمیردر حالت کار عادی شبکه Switching

۲- مقایسه انواع شینه بندی از جنبه های مختلف :

انواع شینه بندی های مختلف در جدول شماره ۱ آمده است:

جدول ۱: مقایسه انواع شینه بندی

رتبه آرایش	کیفیت سیستمهای حفاظتی	کمترین هزینه پست	کمترین سطح زیربنا	وقوع خطا در کار عادی	وقوع خطا در زمان تعمیرات
۱	دو بریکری	ساده	ساده	دو بریکری	یک و نیم بریکری
۲	یک و نیم بریکری	نوع π	یک و نیم بریکری	دوبل با شین فرعی	دو بریکری

۳	نوع H	حلقوی	حلقوی	یک و نیم بریکری	دوبل با شین فرعی
۴	دوبل	نوع H	نوع π	دوبل	اصلی - فرعی
۵	دوبل با شین فرعی	دوبل	دو بریکری	نوع H	دوبل
۶	ساده	یک و نیم بریکری	دوبل	اصلی - فرعی	حلقوی
۷	حلقوی	اصلی - فرعی	نوع H	حلقوی	ساده
۸	اصلی- فرعی	دو بریکری	اصلی - فرعی	نوع π	نوع H
۹	نوع π	دوبل با شین فرعی	دوبل با شین فرعی	ساده	نوع π

برای یافتن مناسب ترین آرایش شینه بندی جهت یک بخش مشخص لازم است که یک بررسی مقایسه ای بین انواع مختلف این آرایش ها انجام گیرد، در اصل چنین تجربه و تحلیلی باید در ارتباط با معیارهای طراحی یک سیستم قدرت مجتمع، شامل خطوط ارتباطی به پست و مسائلی از قبیل حفاظت و کنترل صورت بگیرد، اما در عمل از تعدادی از فرضیات جهت ساده سازی استفاده خواهد شد.

جنبه های مختلف زیر جهت انتخاب آرایش مناسب یک پست نمونه در نظر گرفته می شود:

- تغذیه مصرف کننده

- عملکرد مطلوب

- قابلیت انعطاف نسبت به مسائلی از قبیل تعمیرات، توسعه و آزمایش تجهیزات

- حفاظت

- سطح زیربنا

- هزینه

در فاز اول برای کلیه آرایش ها دو فیدر خط و دو فیدر ترانس در نظر گرفته شده اند.

در فاز دوم و برای توسعه دو فیدر خط و دو فیدر ترانس دیگر اضافه می شود.

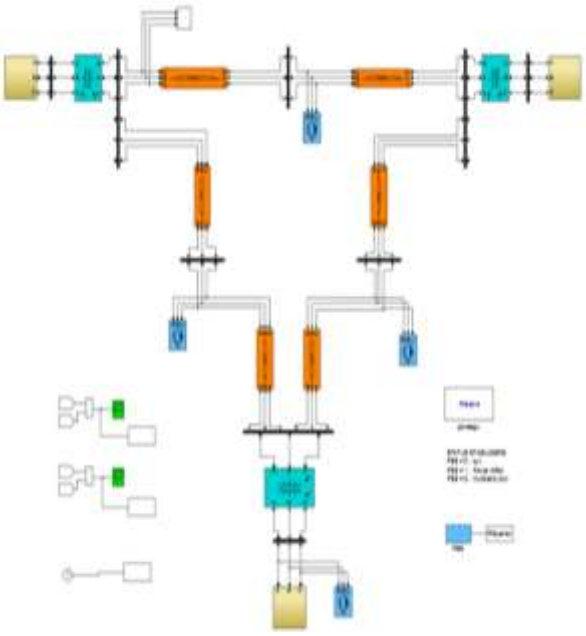
در بررسی اثر خطا روی شینه باید بین «خروج موقت» و «خروج دایمی» یک فیدر تفاوتی را قائل شد. خروج موقت زمانی حاصل می شود که بعد از وقوع یک خطا و خروج یک فیدر، با عملیات کلیدزنی و مانور روی کلیدها این فیدر فوراً به مدار باز گردد. اما در خروج دائمی حتی با عملیات کلیدزنی نیز فیدر وارد مدار نخواهد شد.

نتایج هر کدام از جنبه های مختلف بررسی مقایسه ای در یک جدول نشان داده است که ترتیب مطلوب بودن آن نوع آرایش از آن جنبه به خصوص از بالا به پایین لیست می شود.

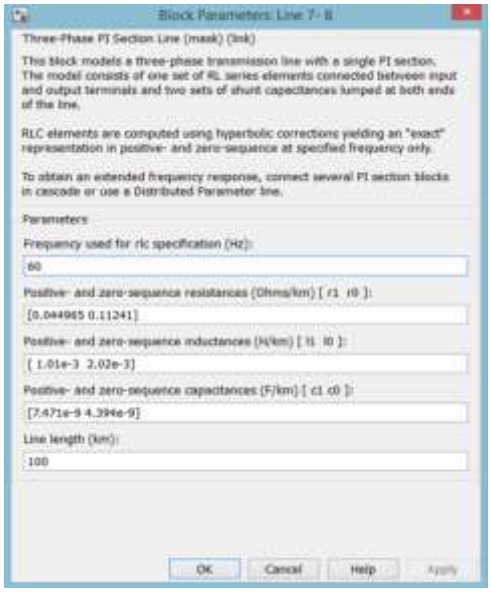
این بررسی تنها به تجهیزات اساسی پست (کلیدها و سکسیونرها و شینه) محدود شده و اثرات دیگر تجهیزات شامل ترانس های جریان ولتاژ، سکسیونرهای زمین، برفگیرا و غیره در نظر گرفته نشده است.

۲-شبیه سازی شبکه ۹ باسه

سیستم شبیه سازی یک شبکه ۹ باسه در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل۱: شبیه سازی شبکه ۹ باسه



شکل۲: تنظیمات line

این سیستم قدرت بیشتر در مطالعات دینامیکی استفاده می شود و اولین بار در کتاب اندرسون این سیستم معرفی شده است. این سیستم در محیط سیمولینک شبیه سازی شده و اطلاعات آن بر اساس مقالات و کتاب سیستم قدرت اندرسون می باشد. بخش های مختلف این شبیه سازی را در ادامه شرح می دهیم.

۳- نحوه عملکرد

این سیستم قدرت از ۳ ژنراتور تشکیل شده است که ۴ بار دارد بارها بصورت محلی و بین نواحی مختلف قرار دارند و این ۳ ژنراتور توان مورد نیاز ۴ بار را تامین می کنند. از طریق خطوط ارتباطی که خطوط آنها بر اساس مدل پی هست به یکدیگر وصل شده اند. و از طریق شین ها مشخصات وارد شده است روی هر کدام از خطها line که کلیک کنیم پنجره ای باز می شود که مشخصات خط شامل فرکانس، مقاومت در حالت توالی مثبت و توالی منفی و توالی صفر و همچنین مقاومت، سلف ، خازن خط و طول خط را از آن می توان تنظیم کرد.

مدلی که در محاسبات در نظر گرفته شده بصورت مدل پی است.

المان های busbar هم همان اندازه گیری هایی هستند که ما بصورت busbar در نظر گرفته ایم. و ولتاژها و جریان ها را به یکدیگر متصل می کنند و تقریبا به عنوان آمپرمتری هست که ما در سیمولینک simpower system داریم استفاده می کنیم و ولتاژ و جریان های خط قدرتی که به آن متصل است را اندازه می گیرد. ما رنگ آن را به صورت مشکی در آورده ایم که شبیه bus باشد.



شکل۳: تنظیمات bus

ترانسفورماتورهایی که در اینجا داریم به صورت yground است یعنی اتصال ستاره آنها ground شده است . با دبل کلیک روی هر کدام می توان به مشخصات آن شامل مگاولت آمپر، فرکانس، ولتاژ اولیه ۱۸ کیلو ولت و ولتاژ ثانویه ۲۳۰ کیلو ولت دست یافت .



شکل۴: تنظیمات ترانسفورماتور

ترانسفورماتور دوم ولتاژ اولیه ۱۳,۸ کیلو ولت و ولتاژ ثانویه ۲۳۰ کیلو ولت دارد یعنی خطوط ارتباطی و ولتاژ کاری بارها ۲۳ کیلو ولت می باشد. ترانسفورماتور سوم ولتاژ اولیه ۱۶,۵ کیلو ولت و ولتاژ ثانویه ۲۳۰ کیلو ولت دارد. همانطور که مشاهده می شود ۳ تاژنراتور داریم که هر کدام یک ولتاژ خاص تولید می کنند. یعنی سه تا نیروگاه مختلف که ولتاژهای مختلف تولید می کنند و از طریق ترانسفورماتور به شبکه سیستم قدرت ۲۳۰ کیلو ولت متصل هستند.

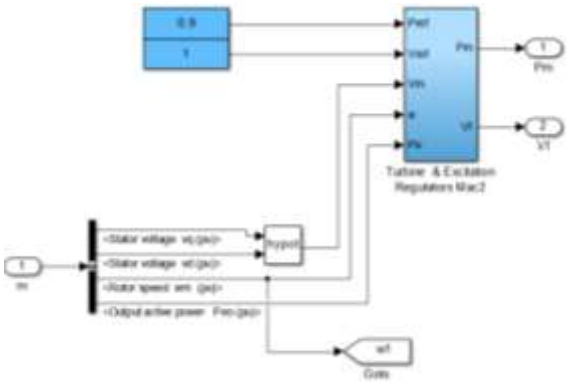
۳- ۱- بخش ژنراتور

اکنون وارد ژنراتورها می شویم:

یک ژنراتور سنکرون دارد که پارامترهای آن شامل ولتاژ ، فرکانس، توان نامی و بر خی از دیگر پارامارها را با دبل کلیک روی آن می توان مشاهده کرد. این ژنراتور دو ورودی دارد یکی مربوط به pm و دیگری مربوط به vf .

pm مربوط به توان مکانیکی است که از طریق شفت به توربین وارد می شود و vf همان ولتاژ تحریک روی سیم پیچ های موجود بر روی روتور ژنراتور سنکرون هست که برای ایجاد میدان در نظر گرفته شده اند. با این دو عامل ورودی می توان ولتاژ خروجی ژنراتور سنکرون و توان اکتیو و راکتیو آن را کنترل کرد. با تغییر pm می توان توان اکتیو و با تغییر vf می توان توان راکتیو را کنترل نمود که در بحث پایداری مورد استفاده قرار می گیرند.

M مربوط به پارامترهای اندازه گیری ژنراتور هست که نیاز داریم استفاده کینم و اگر وارد آن شویم بصورت زیر شبیه سازی شده است:

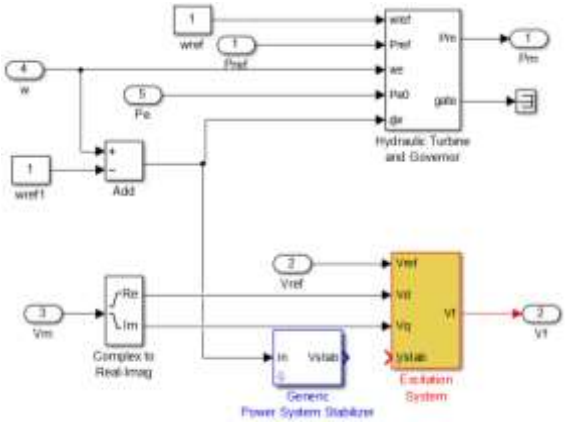


شکل۵: شبیه سازی بخش ژنراتور

در این شبیه سازی Pref برابر ۰,۹ و ولتاژ Vref برابر ۱ ولت در نظر گرفته شده است. پارامترهایی که برای آن در نظر گرفته شده که شامل ولتاژ و جریان استاتور و توان الکتریکی استاتور می باشند.

۳-۲- بخش توربین

وارد بخش توربین می شویم.

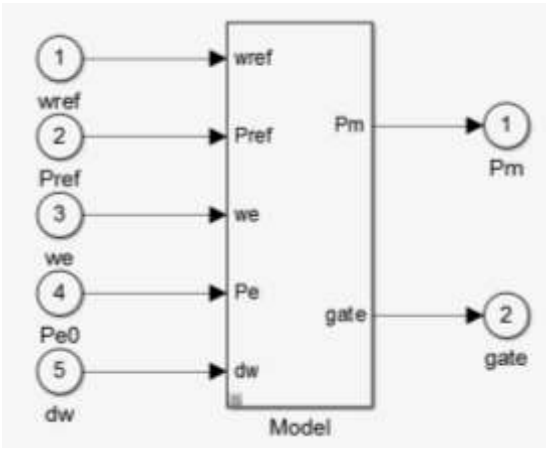


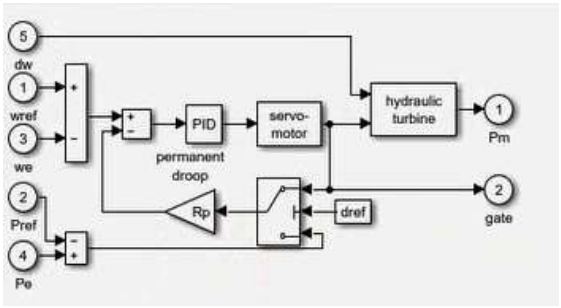
شکل۶: شبیه سازی بخش توربین

توربین از نوع هیدرولیک بوده که بصورت نیروگاه های آبی می باشد که شامل توربین و گاورنر است. ورودی آن Wref است مقدار آن در اینجا ۱ در نظر گرفته شده است. همانطور که می دانیم $Wref=2\pi f$ می باشد و ما فرکانس ۵۰ هرتز را در نظر گرفته ایم. ما Wref را ۱ در نظر گرفته ایم . اگر متناسب با W که خود سیستم در نظر میگیرد تغییراتی روی ژنراتور اتفاق بیفتد، با توجه به تغییراتی که در سیستم اتفاق می افتد توان الکتریکی ژنراتور را تغییر می دهد و باعث پایداری سیستم می شود. که این موضوع در بحث low frequency control کاربرد دارد. ما با توجه به نوسانات فرکانس روی توان تولیدی ژنراتور بحث می کنیم که ببینیم آیا به ازای تغییرات بارهای مختلف چه اتفاقی می افتد و ژنراتور باید چطور در تامین این بار کمک کند .

این مجموعه توان الکتریکی ورودی ها را دارد و خروجی های آن همان توان مکانیکی است .

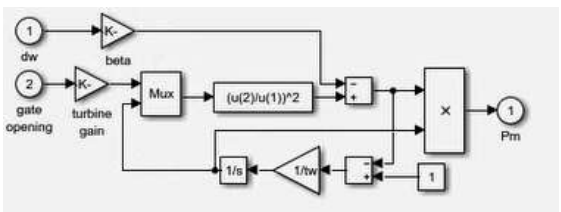
وارد این توربین هیدرولیک می شویم





شکل۷: توربین هیدرولیک

Dw تغییرات فرکانسی یا سرعت ژنراتور ما هست . Wref مقدار در نظر گرفته شده است . مقدار Rp بعنوان control droop که در نظر گرفتیم از طریق یک PID controller کنترل را روی گاورنر هیدرولیک انجام می دهد که وارد این بخش می شویم و مداری مشابه زیر شبیه سازی شده است



شکل۸: گاورنر هیدرولیک

بلوک hydraulic turbine and governer بصورت یک بلوک از پیش آماده در مجموعه sympower system در نرم افزار matlab موجود می باشد. این بلوک را وارد می کنیم و سپس پارامترهای آن را تنظیم می کنیم .



شکل۸: تنظیمات بلوک hydraulic turbine and governer

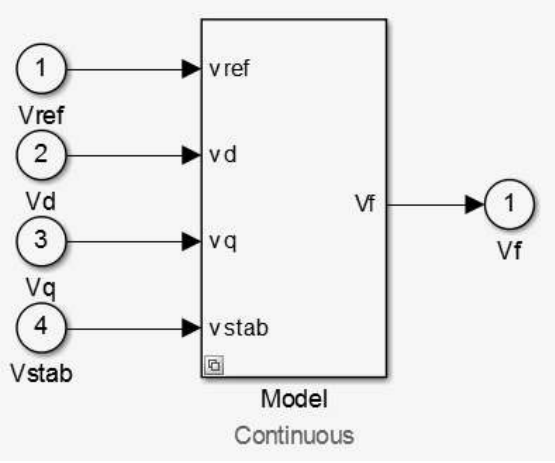
به سراغ بخش excitation system می رویم که همان سیستم تحریک ما است برای تحریک ولتاژ مرجعی داریم که ولتاژی است که از استاتور می گیریم و آن را اندازه گیری می کنیم. قسمتی مربوط به Vstab داریم . از سرعت نمونه می گیریم و آن را به یک سیستم پایدار ساز می دهیم که در ساختار آن از یک فیلتر wash-out استفاده شده است که در حالت پایدار سیگنال رو فیلتر می کند و فرکانس های بالا را فیلتر می کند و دو تا جبران ساز lag و lead داریم . تنظیمات این بخش بصورت زیر است

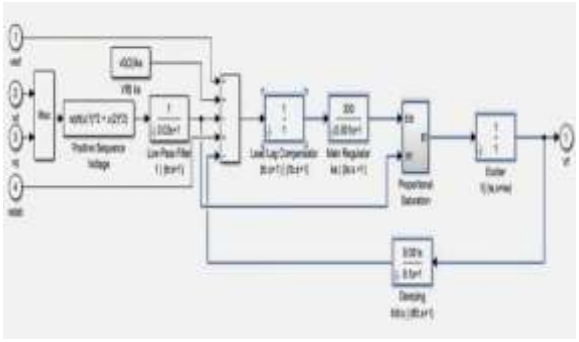


شکل۹: تنظیمات بخش Generic Power System Stabilizer

این پایدارساز در مطالعات دینامیکی استفاده شده وقتی نوسانی در سیستم رخ می دهد و یا اتصال کوتاهی بصورت کوتاه مدت و یا بلند مدت در سیستم اتفاق می افتد باعث ایجاد نوسان می شود که بلوک stabilizer با ایجاد یک سیگنال مدوله شده یک پایداری به قسمت avr ژنراتور سنکرون اضافه می کند و باعث تولید توان راکتیو بیشتر و در نتیجه میرایی نوسانات می شود که به این میراسازی نوسانات فرکانس پایین.

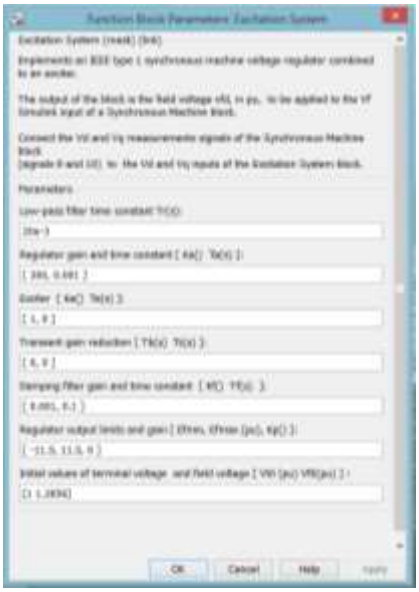
وارد بخش نوسان ساز می شویم





شکل۱۰: بخش نوسان ساز

در اینجا یک قسمت avr داریم و یک قسمت Vstab که با آن جمع می شود. قسمت سمت چپ مدار avr می باشد و بلوک های سمت راست که در شکل با خطوط آبی مشخص شده است بخش مربوط به مدلسازی ecitation می باشد. که همان سیستم تحریک را مدل کرده است . مشخصات بخش تحریک را هم می توان با دبل کلیک روی بلوک ecitation system تنظیم نمود.

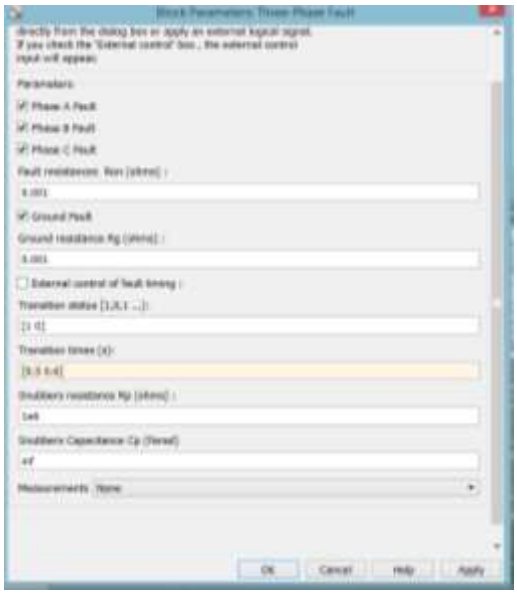


شکل۱۱: تنظیمات بخش excitation system

بلوک excitation system نیز در نرم افزار matlab موجود می باشد و ما فقط آن را فراخوانی کرده ایم.

تا اینجا توضیحات مربوط به بلوک توربین را ارائه دادیم. برای همه ژنراتورها این قسمت ها را داریم. با توجه به اینکه ما شبیه سازی را برای مطالعات سیستم های دینامیکی انجام داده ایم باید این بخش ها را حتما داشته باشیم ولی در موارد دیگر می توان بای آنها مقادیر ثابت در نظر گرفت.

برای اینکه بتوانیم مطالعات دینامیکی فرکانس پایین داشته باشیم یک خطای سه فاز با مشخصات زیر را به سیستم اعمال می کنیم.



شکل۱۲: تنظیمات بخش three phase fault

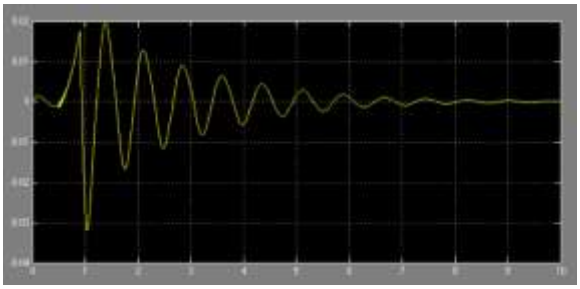
در اینجا تعیین می کنیم از چه زمانی تا چه زمانی این خطا اتفاق بیفتد که در اینجا از ۰,۵ تا ۰,۶ یعنی ۱۰۰ میلی ثانیه تعیین شده است در زمان ۱۰۰ میلی ثانیه خطایی اعمال می شود و پش از آن خطا رفع می شود. خطا هم بصورت سه فاز به زمین هست یعنی در این بازه زمانی ۱۰۰ میلی ثانیه سه تا فاز به زمین متصل می شود. این خطا هر اتفاقی می تواند باشد و محل خطا را نیز می توان در قسمت های مختلف جابجا کرد.

نکته ای که باید به آن اشاره کنیم این است که نحوه حل این سیمولینک بصورت فازور هست. ما سه روش حل برای مسائل داریم بصورت گسسته ، پیوسته و فازور که در این شبیه سازی از روش فازور استفاده کرده ایم. روش فازور برای مطالعات دینامیکی گذرا مناسب می باشد.

قسمت زیر هم برای اختلاف سرعت بین ژنراتورهای مختلف است. این نشان می دهد که اگر اختلاف w1 و w3 و یا w1

و w2 بعد از اجرای سیستم و بعد از اینکه خطا اتفاق افتاد به حالت میرایی رسید یعنی اختلاف آن صفر شد می گوییم که سیستم حالت پایدار دارد . حالت پایدار آن به این شکل است که ژنراتورهای ما فرکانسشان با هم یکی هست . اگر wها با مقادیر مثبت یا منفی با هم اختلاف داشته باشند و یا بصورت متناوب باشد این یعنی اینکه سیستم دچار ناپایداری هست و ژنراتورها حالت سنکرون بودن خودشان را از دست می دهند و به این خاطر باید balck out شوند یعنی قسمت هایی از آنها از سیستم خارج شود و سیستم بی برق می شود به هیمن خاطر هست که ما از ادوات pssها استفاده می کنیم تا نوسان ها میرا شده و پایداری بهبود یابد.

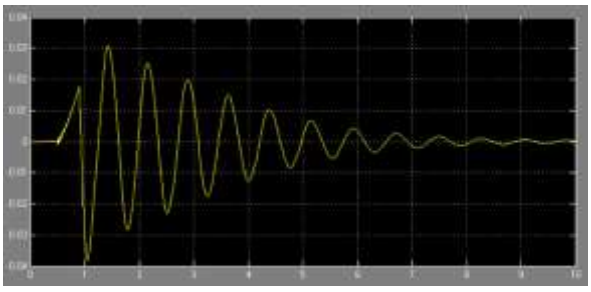
اکنون سیستم را اجرا می کنیم و شکل موج ها را بررسی می کنیم.



شکل۱۳: شکل موج خطای w13

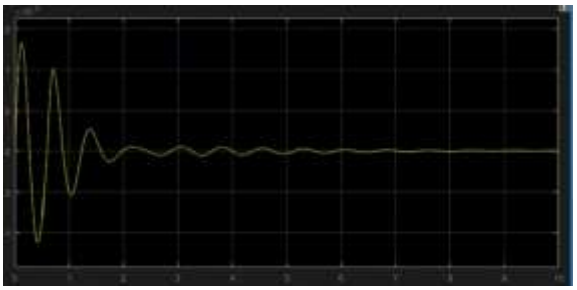
همانگونه که مشاهده می شود برای w13 خطا در زمان ۰,۵ اتفاق افتاده و سیستم حالت نوسانی پیدا کرده است و این شدت نوسانات بعد از چند ثانیه به سمت میرایی می رود.

در مورد بعدی یعنی w12 نیز به همین ترتیب بررسی می گردد



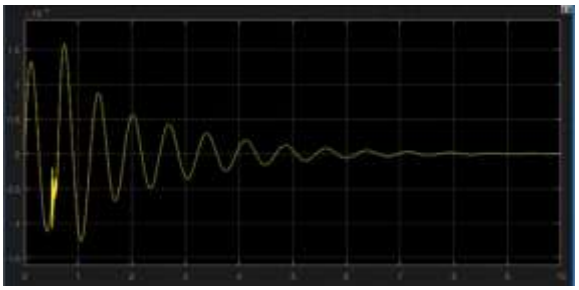
شکل۱۴: شکل موج خطای w12

حال خطا را جابجا کرده و به قسمت line 4-5 متصل می کنیم خروجی ها را بررسی می کنیم (به ترتیب w13 و w12)

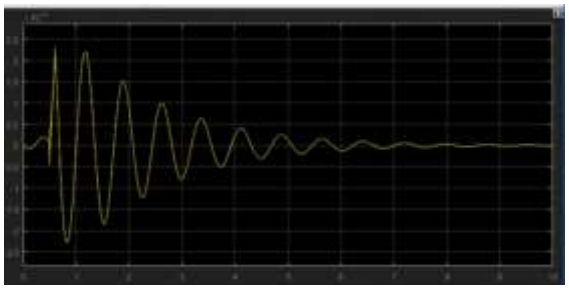


شکل۱۵: شکل موج خطای w13 در line4-5

حال خطا را جابجا کرده و به قسمت line 8-9 متصل می کنیم خروجی ها را بررسی می کنیم (به ترتیب w13 و w12)



شکل۱۶: شکل موج خطای w13 در line8-9



شکل۱۷: شکل موج خطای w12 در line8-9

مراجع

۱- کتاب دینامیک و کنترل سیستم های قدرت – گوران اندرسون

طراحی و ساخت دستگاه تمیز کننده فلزات با استفاده از امواج آلتراسونیک

نویسندگان: طاهره پورسیف- t.pourseif@gmail.com –کارشناسی ارشد برق دانشگاه شهید بهشتی
دیانا معالجی، پرنیان مبهوت، ملیکا کجوری
راحیل اکبری- akbari.rahil@gmail.com

چکیده: امروزه در صنعت پزشکی، غذایی، خودروسازی، طلاسازی و سیستم‌های مجهز به بردهای الکترونیکی مانند صنایع نظامی، برای تمیز کردن و شستن قطعات به ویژه قطعات ظریف از آلتراسونیک (امواج فراصوت) استفاده می‌کنند. این امواج توسط مبدل پیزوالکتریک تولید می‌شود، بدین صورت که برای به حرکت درآوردن این قطعه از یک مدار راه‌انداز استفاده می‌شود که با دادن پالسی که دارای فرکانس رزنانس خود مبدل میباشد به ورودی مدار پیزو، مرتعش شده و امواج تولید میگردند. درپی تولید این امواج و انتقال آن به آب حاوی مایع شوینده عملیات شستشو انجام می‌گردد. در این مقاله به طراحی و ساخت سیستمی با این ویژگی‌ها پرداخته شده است که عملکرد مناسب این سیستم در تمیز کردن زیورآلات و قطعات فلزی را نشان داده است.

کلید واژه: امواج آلتراسونیک، پیزوالکتریک، مدار راه‌انداز پیزوالکتریک، کاویتاسون، مایع الما

۱- مقدمه

در سال ۱۸۷۶ میلادی ، فرانسیس گالتون برای اولین بار پی بوجود امواج فراصوت برد. در زمان جنگ جهانی اول کشور انگلستان برای کمک به جلوگیری از غرق شدن غم انگیز کشتی‌هایش توسط زیردریاییهای کشور آلمان در اقیانوس آتلانتیک شمالی دستگاه کشف‌کننده زیردریایی‌ها به کمک امواج صوتی به نام Sonar ابداع کرد. این دستگاه امواج فراصوت تولید می‌کرد که در پیدا کردن مسیر کشتی-ها استفاده می‌شد.

این تکنیک در زمان جنگ جهانی دوم تکمیل گردید و بعدها بطور گسترده‌ای در صنعت این کشور برای آشکار سازی شکاف‌ها در فلزات و سایر موارد مورد استفاده قرار می گرفت. بخاطر کاربرد بخصوصی که انعکاس صوت در جنگ و صنعت داشت Sonar به علم پزشکی وارد شد و تبدیل به یک وسیله تشخیصی بزرگ در علم پزشکی گردید[۱].

گوش انسان قادر است موج‌های صوتی با فرکانس ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ سیکل در ثانیه را بشنود موج های صوتی با فرکانس کمتر از ۲۰ سیکل در ثانیه را اینفراسونیک (فرو صوت) و به دسته‌ای از امواج مکانیکی که فرکانس نوسانشان بیش از محدوده شنوایی انسان (۲۰ کیلو هرتز) باشد امواج اولتراسونیک (فراصوت) گفته میشود. این امواج بدلیل خواصی که دارند کاربردهای متنوع وبعضاً جالبی دارند. امواج صوتی که کاربرد صنعتی دارند حداکثر ۱۰۰.۰۰۰ سیکل در ثانیه است. موج اولتراسونیک با عبور یک جریان الکتریکی (معمولاً ۶۰ سیکل متناوب) از یک ژنراتور مناسب که مبدل تراندیوسر[۵] نام دارد ایجاد می‌شود. در حالت کلی دو نوع تراندیوسر موجود است که که نوع اول از طریق اجسام و نوع دوم از طریق هوا منتشر می‌شوند. در این مقاله این امواج از طریق اجسام که پیزوالکتریک منتقل‌کننده آن است، منتشر می‌شوند [۲].

امواج آلتراسونیک، کاربردهای مختلفی داشته که به اختصار توضیح داده خواهد شد. جوشکاری اولتراسونیک روشی متداول و فراگیر در کشورهای پیشرفته و صنعتی است.

[۵] Transducer

برای جوشکاری عمدتا قطعات پلاستیکی و بعضا قطعات فلزات بوده و در دسته‌بندی روش‌های جوشکاری زیر مجموعه روش جوشکاری با گرم کردن داخلی مکانیکی می‌باشد[۳-۴]. یکی دیگر از کاربردهای آن، فرآیند مدرن ماشینکاری مکانیکی می‌باشد. این فرآیند به منظور ماشینکاری مواد سخت و یا شکننده (رسانا و غیررسانا) که سختی آن‌ها معمولا بیش از ۴۰ RC است به کار گرفته می‌شود. این روش ماشینکاری از یک ابزار به شکل معین و حرکت مکانیکی با بسامد بالا و یک دوغاب ساینده استفاده می‌کند[۵]. در USM برداشت مواد توسط دانه‌های ساینده‌ای صورت می‌گیرد که به وسیله یک ابزار در حال ارتعاش (به صورت عمود بر سطح قطعه‌کار) به حرکت واداشته شده‌اند[۶]. در [۷-۸] نخستین دستگاه تولید کننده امواج فراصوت در پزشکی ، در سال ۱۹۳۷ میلادی توسط دوسیک اختراع شد و روی مغز انسان امتحان شد. اگر چه آلتراسونیک در ابتدا فقط برای مشخص کردن خط وسط مغز بود، اکنون بصورت یک روش تشخیصی و درمانی مهم در آمده و پیشرفت روز به روز انواع نسل‌های دستگاه-های تولید آلتراسونیک ، تحولات عظیمی در تشخیص و درمان در علم پزشکی بوجود آورده است. در بررسی‌های تشخیصی با امواج فراصوت، صوت با فرکانس بسیار زیاد از یک مبدل مماس با پوست به داخل بدن فرستاده می‌شود. برای ایجاد تماس صوتی خوب، ماده ژله مانندی روی پوست مالیده می‌شود. هنگامی که صوت از داخل بد عبور می‌کند توسط فعل مشترک بافت‌ها انعکاس می‌یابد تا اکوهایی ایجاد نماید که توسط همان مبدل جذب می‌شوند و به یک علامت الکتریکی تبدیل می‌گردند. در صنایع غذایی نحوه استفاده از امواج آلتراسونیک به دو گونه با شدت بالا و پایین مورد استفاده قرار می‌گیرد. با شدت پایین برای اندازه‌گیری ضخامت، تشخیص جسم خارجی، اندازه‌گیری فلوریت، تعیین ترکیبات متشکله، اندازه ذرات، و غیره استفاده می-گردد و با شدت بالا برای تغییر ویژگی‌های مواد غذایی نظیر هموژنیزه کردن، تمیز کردن، استریل کردن، حرارت دادن، امولسیفیه کردن، مهار فعالیت آنزیم‌ها و میکروب‌ها و متلاشی کردن سلول، تشدید واکنش‌های اکسیداسیون، اصلاح گوشت، اصلاح کریستالیزاسیون، و . . . استفاده می-شود[۹-۱۰].

آنچه در این مقاله مورد بررسی، طراحی، ساخت و تحلیل قرار گرفته است، استفاده از امواج فراصوت در شستشوی قطعات فلزی ظریف مانند طلا و بردهای الکترونیکی حساس می‌باشد. در این مقاله، سیستمی طراحی شده که نمونه ایرانی آن در بازار موجود نمی‌باشد، دارای طراحی آسان، شامل دو حالت کاری پیزوالکتریک که امواج با شدت پایین و بالا تولید شده و برای هم قطعات سنگین و هم قطعات ظریف کاربرد دارد. سیستم فوق به دلیل طراحی آسان، از قطعات کمتری استفاده شده لذا مقرون به صرفه بوده و نسبت به مدل‌های خارجی ارزان‌تر و نگهداری و تعمیر آن ساده‌تر می‌باشد. همچنین مصرف انرژی پایینی داشته و مناسب با محیط زیست به دلیل کاهش آلودگی-هایی همچون کاهش حجم آب آلوده و استفاده نکردن از مواد شیمیایی مضر می‌باشد.

پیکره‌بندی این مقاله بدین صورت می‌باشد که بعد از بخش مقدمه، در بخش بعدی به معرفی سیستم تمیزکننده پرداخته می‌شود. سپس در بخش سوم طراحی سیستم تمیزکننده با استفاده از امواج آلتراسونیک، بیان می‌شود که دارای دو بخش اصلی آنالوگ و دیجیتال می‌باشد. در بخش مورد نظر مدار راه‌انداز پیزوالکتریک طراحی شده و در نهایت عملکرد کلی سیستم نمایش داده شده است. در نهایت در بخش چهارم به نتیجه‌گیری در مورد عملکرد مناسب سیستم نسبت به نمونه‌های خارجی پرداخته شده است.

۲- معرفی سیستم تمیزکننده با استفاده از امواج آلتراسونیک

۲-۱ بخش‌های اصلی سیستم تمیزکننده با استفاده از امواج فراصوت

یک سیستم تمیزکننده با استفاده از امواج فراصوت، از سه بخش اصلی زیر تشکیل شده است:

۱) مجموعه‌ای از ترانسدیوسرهای آلتراسونیک که روی دیافراگم مشترک و درون یک جعبه آب بندی شده قرار گرفته‌اند

۲)یک مولد الکتریکی موج‌های تحریک ترانسدیوسر یا همان تقویت‌کننده

۳) یک تانک محتوی محلول شوینده .

با توجه به سه بخش فوق، جزء کلیدی این سیستم ترانسدیوسر است که انرژی ارتعاشی مکانیکی با فرکانس بالا تولید می‌کند. دو نوع ترانسدیوسر آلتراسونیک وجود دارد که در نوع اول از پیزوالکتریک‌ها برای تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی استفاده می‌شود و در دومی از خاصیت مغناطیسی مواد برای این منظور استفاده می‌گردد. فرکانس‌های مورد استفاده در شستشوی آلتراسونیک در محدوده ۲۰ کیلو هرتز تا بیش از ۱۰۰ کیلو هرتز هستند. فرکانس‌های معمول در شستشوی صنعتی بین ۲۰ کیلو هرتز تا ۴۰ کیلو هرتز می‌باشد. فرکانس‌های بیش از ۵۰ کیلو هرتز معمولاً در ماشین‌های شستشوی آلتراسونیک رومیزی مثلاً در جواهرسازی یا دندانپزشکی مورد استفاده قرار می-گیرند .مولد انرژی الکتریکی، معمولاً ولتاژ ۱۰۰ ولت را با فرکانس مورد نظر برای رزونانس، تولید می‌نماید. این مولد مجهز به سیستم یافتن فرکانس رزونانس و تغییر فرکانس در محدوده مشخصی حول فرکانس رزونانس برای جلوگیری از ایجاد نقاط کور شستشو درون تانک می‌باشد. محلول شستشو، معمولاً یک حلال می‌باشد که با آن مواد پاک‌کننده مخلوط شده است. برای افزایش بازده شستشو درجه حرارت محلول تا حدود ۷۰ درجه سانتیگراد بالا برده می‌شود و در باند تغییرات کوچکی کنترل و حفظ می‌گردد. سیستم فیلتراسیون ذرات مختلف آلودگی را از محلول جدا می‌نماید.

معمولاً آلودگیها در منافذ، زبری‌ها، فرورفتگی‌ها، گوشه‌ها و کنج‌های قطعات به سطح قطعه می‌چسبند و جدا کردن آنها به سادگی امکان‌پذیر نیست. حتی مواد شیمیایی در شرایط گرم نیز به راحتی قادر به زدودن این آلودگی‌ها نیستند و برای این منظور باید زمان زیادی را با روش‌های شیمیایی صرف کرد. اما با کاویتاسیون ناشی از انفجار میلیون‌ها حباب بخار آب یا ماده حلال با دفعات بیش از ۲۰ هزار بار در ثانیه، از سوی سیستم‌های آلتراسونیک، این آلودگی‌ها متلاشی و پراکنده می‌شود و اگر حلال وجود داشته باشد به راحتی در آن حل می‌شوند.

اصول کلی این روش مبتنی بر غوطه‌وری قطعات مورد نظر در یک مایع واسطه است که این مایع، به وسیله یک مولد امواج آلتراسونیک با فرکانس و شدت بسیار بالایی مرتعش می‌شود و کاویتاسیون به وجود آمده، عمل شستشو و پاک کردن قطعه را انجام می‌دهد. برای سرعت در شستشوی قطعات از محلول شستشویی استفاده می‌کنند که نام این شوینده مایع الما است .شکل ۱ نمایی از این مایع را نشان داده است[۱۱].



شکل۱- مایع الما، مایع شستشوی سیستم تمیزکننده با استفاده از امواج آلتراسونیک

۲-۲ مزیت‌های سیستم تمیز کننده طراحی شده

۱) امکان شستشوی قطعات در زمان بسیار کوتاه

۲) آسیب نرساندن به قطعه، اجزا و سطوح آن

۳) نیاز نداشتن به کار نیروی انسانی به صورت دستی

۴) عملکرد دقیق و قابل اطمینان و شستشوی حفره‌ها، مجراهای تنگ و نیز گوشه‌های غیر قابل دسترس با بازده زیاد

۵) کم مصرف بودن هم از لحاظ مواد شوینده و مصرفی و هم از لحاظ انرژی، بدین صورت که دستگاه‌های آلتراسونیک فوق‌العاده کم مصرف هستند، توان مصرفی این دستگاه‌ها ۲ وات یعنی معادل ۳٪ توان مصرفی یک لامپ کم مصرف معمولی است، لذا توان مصرفی هر دستگاه حدود ۲ وات و در یک ماه مساوی با ۱۴۸۸ وات می‌باشد که بسیار اندک است.

۶) حداقل آلودگی محیط زیست

۷) امکان انجام عمل شستشو در تمام محل‌های مورد نیاز این محل‌ها طیف گسترده‌ای از اتاق عمل و آشپزخانه

و آزمایشگاه‌ها تا محیط‌های آلوده تولید صنعتی را شامل می شود .

۸) همزمانی شستشوی قطعات زیاد با هم

۹) امکان تنظیم سیستم برای شرایط کاری و قطعات مختلف

۱۰) قابلیت اتوماسیون

۱۱) شکست باند اتصال پلیسه‌های ظریف

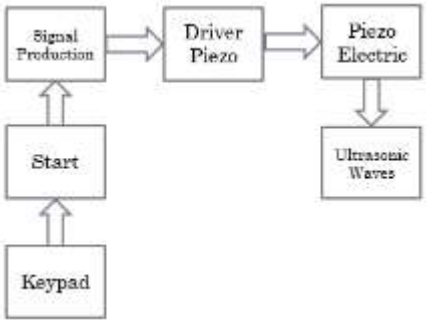
۱۲) کاهش فوق‌العاده زیاد هزینه شستشو

۱۳) این سیستم قادر است قطعات بسیار ظریف در ابعاد میکرون یک هزارم میلیمتر تا قطعات بزرگی مانند بدنه خودرو را با طراحی مناسب سیستم، شستشو نماید.

۱۴)عمر دستگاه‌هایی که با امواج آلتراسونیک کار می‌کند بین ۱۰ تا ۱۵ سال می‌باشد.

۳- طراحی سیستم تمیزکننده با استفاده از امواج آلتراسونیک

طراحی سیستم فوق دارای دو بخش است: بخش آنالوگ و بخش دیجیتال. در بخش آنالوگ مداری طراحی می‌گردد که پیزوالکتریک را به حرکت درآورد و بر اساس آن امواج آلتراسومیک تولید شوند. در بخش دیجیتال، باید نیرویی ورودی بخش آنالوگ داده شود تا مدار راه افتاده و پیزوالکتریک را به حرکت درآورد. نیروی وارد شده باید پالس مربعی باشد، لذا در بخش دیجیتال به تولید این پالس پرداخته می‌شود. شکل ۲ بلوک دیاگرام سیستم تمیز کننده را نمایش داده است.



شکل۲- بلوک دیاگرام سیستم تمیزکننده با استفاده از امواج آلتراسونیک

با توجه به شکل فوق، برای تولید امواج آلتراسونیک نیاز به مدار راه‌انداز پیزوالکتریک جهت تحریک آن و همچنین تولید پالس مربعی برای راه کار انداختن مدار راه‌انداز است. لذا سیستم فوق دارای هم بخش آنالوگ و هم بخش دیجیتال می‌باشد.

۳-۱ طراحی بخش آنالوگ

۳-۱-۱ پیزوالکتریک

پیزوالکتریسیته از واژه یونانی Piezin به معنی فشار مشتق می‌شود. اعمال فشار به برخی کریستال‌ها مانند کوارتز یا برخی سرامیک‌ها الکتریسیته تولید می‌کند. فشار یا تنش مکانیکی وارد شده به برخی کریستال‌ها باعث جابه‌جایی دو قطبی‌های ایجاد شده و پدید آمدن میدان الکتریکی می‌شود. آرایش یون‌های مثبت و منفی، تعیین‌کننده ایجاد یا عدم ایجاد اثر پیزوالکتریسیته است[۱۲]. به همین دلیل اثر پیزوالکتریسیته یا ایجاد جریان الکتریسیته القایی توسط وارد کردن فشار، در مواد کریستالی که مرکز تقارن ندارند، ایجاد میشود. شکل ۳ نوعی از این سنسورها را نمایش داده است [۱۳].

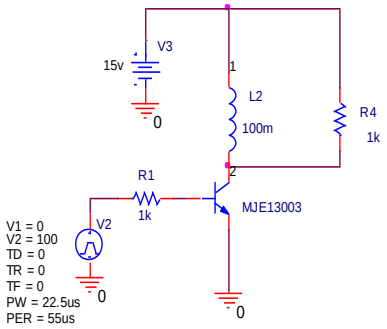


شکل۳- پیزوالکتریک نوع سرامیک استفاده شده در سیستم

۳-۱-۲ مدار راه‌انداز پیزوالکتریک

با توجه به توضیح بخش قبل با دادن پالس الکتریکی به پیزوالکتریک، باعث تحریک آن و درآخر تولید امواج آلتراسونیک شده و این امواج وظیفه شستشوی قطعات را دارند. پالسی که داده می‌شود به پیزو به اندازه‌ای باید باشد که باعث تحریک آن شود ،پس پالسی به این مدار داده می‌شود که مدار راه‌انداز پیزوالکتریک گفته می‌شود. یک پیزو باید در فرکانس رزنانس به حرکت در بیاید یعنی پالسی

که تولید شده است همان فرکانس رزنانس می‌باشد. آنچه در این طراحی مورد استفاده قرار گرفته است، پالس دومی است که از هارمونیک دوم پیزو تولید شده است و در واقع سیستم فوق در دو فرکانس کاری، کاربرد دارد. کار کردن پیزو در فرکانس رزنانس باعث می‌شود با کمترین انرژی بیشترین دامنه را داشته باشد، یعنی این انرژی صرف سوئیچ کردن شود تا بهترین دامنه را داشته باشد. شکل ۴ مدار راه‌انداز پیزوالکتریک را نمایش داده است.



شکل۴- مدار راه‌انداز ساده پیزوالکتریک

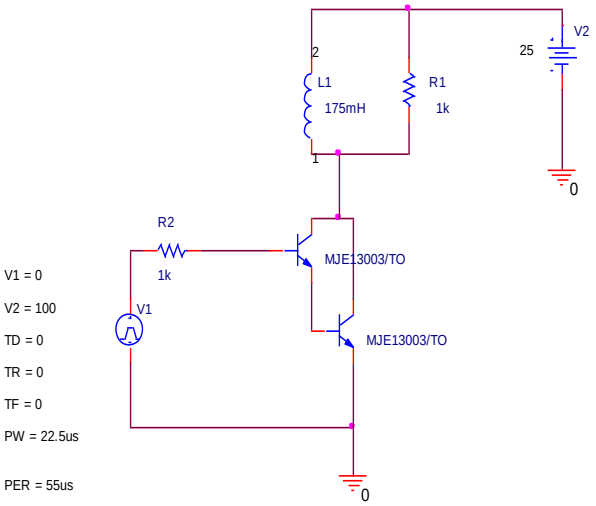
مدار فوق برای راه‌اندازی پیزوالکتریک طراحی شده است. با دادن پالسی حدود ۵۵میکرو ثانیه یعنی فرکانسی معادل ۱۸ کیلو هرتز به مدار پیزو باید حرکت مکانیکی ظریفی داشته باشد به طوریکه وقتی ذرات ریز شن روی پیزو ریخته می‌شود ،این ذرات به حرکت درآمده و از کناره‌های پیزو ریخته شود. همچنین جای پیزوالکتریک مقاومتی تقریبا ۱کیلو در کلکتور قرار داده شده است، که خروجی مدار پیزوالکتریک می‌باشد.

۳-۱-۳ اجزای اصلی مدار راه‌انداز پیروالکتریک

- ترانزیستورMJE13003

به دلیل بالا بودن میزان فرکانس داده شده به سیستم، باید از ترانزیستوری استفاده شود که در فرکانس‌های بالا سوئیچینگ می‌شود. همچنین پیزوالکتریک با ولتاژ بالا کار می‌کند، لذا ترانزیستوری که انتخاب می‌شود باید در برابر ولتاژهای بالا مقاوم باشد[۱۴]. در نتیجه از ترانزیستور MJE13003 استفاده می‌گردد. ترانزیستور مورد نظر توانی معادل ۷۰۰ وات و جریانی برار با ۰.۵ تا ۱.۵آمپر را تحمل می‌نماید.

برای بهتر سوئیچ کردن ترانزیستور از دو ترانزیستوربه صورت دارلینگتون استفاده می‌شود. شکل۵ مدار راه‌انداز دارلینگتون دو ترانزیستور را نمایش داده است.



شکل۵- مدار راه‌انداز دارلینگتون

با توجه به مدار فوق، در حالت دارلینگتون میزان بتا β که ضریب تقویت آن نامیده می‌شود، افزایش می‌یابد یعنی β دو ترانزیستور در هم ضرب می‌شود $\beta = \beta_1 \times \beta_2$ در نتیجه با توجه به فرمول:

$$I_C = \beta I_B \qquad (1)$$

مقدار جریان بیس کاهش یافته وبا توجه به مقدار ثابت جریان کلکتور ترانزیستور بهتر سوئیچ می‌شود. باید دقت کرد که این ترانزیستور در حالت اشباع و قطع کار می‌کند. عملکرد ترانزیستور به این صورت است که با آمدن پالس ۱ترانزیستور درحالت اشباع قرار می‌گیرد و روشن است و با آمدن پالس صفر ترانزیستور قطع و خاموش می‌باشد. هنگامیکه در حالت اشباع است، به صورت یک تقویت‌کننده عمل کرده و باعث تحریک پیزوالکتریک می‌گردد.

- سلف

همانگونه که بیان شد، پیزوالکتریک با ولتاژ بالا کار می‌کند ،این ولتاژ بالا را سلف برای پیزو فراهم می‌کند به این صورت که هنگامیکه پالس ۱ وارد مدار می‌شود، مدار جریان داشته در نتیجه ترانزیستور روشن می‌شود و جریان داخل سلف ذخیره می‌گردد، همچنین ولتاژ ۲۵ ولت دو سر سلف افتاده اما چون این ولتاژ برای بکار افتادن پیزوالکتریک کافی نیست، پس هیچ حرکتی ندارد. زمانی که پالس صفر وارد

مدار می‌شود جریان نداشته، در نتیجه ترانزیستور قطع شده و حالت مدار باز ایجاد می‌گردد، در اینصورت جریان داخل سلف بطور پیوسته آزاد می‌شود که به این جریان I_{L_0} گویند.

فرموی ولتاژسلف برابراست:

$$V_L = L\frac{di}{dt} \qquad (2)$$

که در زمان گذر پالس از ۱ به ۰ وقتی از جریان مشتق گرفته شود ولتاژی بسیار زیاد دو سر سلف میافتد (در واقع جریان بصورت لحظه‌ای است) و باعث به حرکت درآمدن پیزوالکتریک می‌کند. سلفی که در این مدار استفاده شده است باید در برابر ولتاژ بالا تحمل داشته باشد. لذا برای پیدا کردن مقدار سلف از روش زیر استفاده می‌گردد:

پیزوالکتریک مثل یک خازن می‌باشد به طوریکه دارای دو صفحه فلزی است که وسط آن دی‌الکتریک قرار دارد پس می‌توان ظرفیت این خازن را با مولتی‌متر بدست آورد که ۲.۸ نانو فاراد می‌باشد، این پیزوالکتریک با سلف تشکیل یک مدار تانک را می‌دهند که در فرکانس رزنانس کار می‌کند، در نتیجه فرکانس رزنانس پیزو را دانسته که ۱۸کیلو هرتز است، پس با توجه به فرمول زیر مقدار سلف بدست می‌آید:

$$f = \frac{1}{\sqrt{2\times\pi\times LC}} \qquad (3)$$

$$L = \frac{1}{2\times\pi\times 2.8\times10^{9}\times18000^{2}}$$

$$L = 175mL \qquad (4)$$

پس مقدار این سلف را بین ۱۷۵ تا ۲۰۰ میلی هانری می‌توان در نظر گرفت.

- ترانس وپل دیودی:

برای اینکه مدار شروع به کار کند باید آن را به برق شهر وصل می‌شود، لذا از یک ترانس۹ ولت سه سر استفاده شده است که یک سیم قرمز با سبز ۹ ولت و سیم دیگر قرمز با سبز ۹ ولت دیگر می‌دهد، دراینجا به دلیل نیاز به ولتاژ بالا، هردو سیم قرمز را به مدار وصل کرده تا ۱۸ولت شود، اما ازآنجایی که برق شهر AC و منبع تغذیه مدار DC می‌باشد، لذا باید این۱۸ولت AC رابه DC تبدیل نمود، درنتیجه نیاز به یکسوکننده که مبدل AC به DC است، می‌باشد[۱۵].

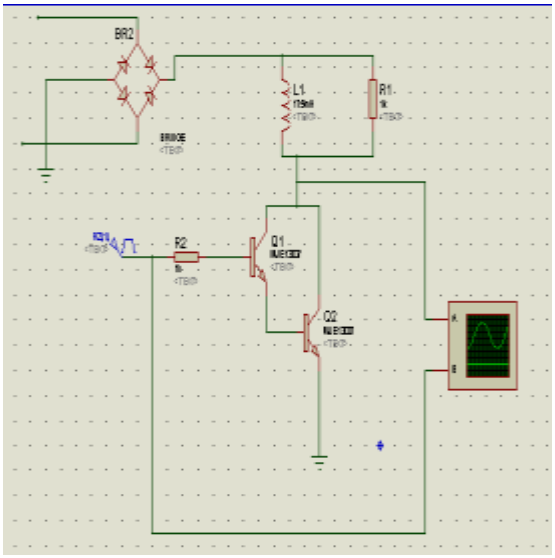
در ادامه از یک پل دیودی برای یکسوسازی استفاده می‌گردد، در این صورت مقدار ولتاژ DC برابراست با:

$$18\times\sqrt{2} = 25.2 \qquad (5)$$

این $\sqrt{2}$ بدلیل آنست که ۱۸ولت rms دارد که برای تبدیل به DC در $\sqrt{2}$ ضرب می‌شود.

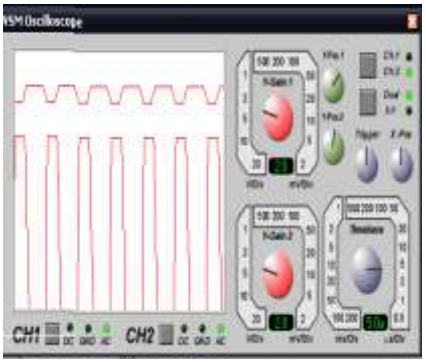
۳-۱-۴ شبیه‌سازی مدار راه‌انداز پیزوالکتریک

در این بخش، پس از معرفی قطعات لازم برای طراحی مدار راه‌انداز، مدار فوق را شبیه‌سازی کرده و خروجی را مشاهده می‌نماید. شکل۶ شبیه‌سازی مدار راه‌انداز پیزوالکتریک در محیط پروتئوس را نشان می‌دهد.



شکل۶- شبیه‌سازی مدار راه‌انداز

با توجه به شکل فوق، با تولید پالس مربعی به عنوان ورودی به مدار از طریق کانال A، خروجی مدار که پیزوالکتریک است و کانال B میباشد باید حرکت کرده و سبب تولید امواج آلتراسونیک شود. شکل ۷ خروجی مدار راه‌انداز را با دادن ورودی پالس مربعی نمایش داده است.



شکل۷- خروجی شبیه‌سازی مدار راه‌انداز

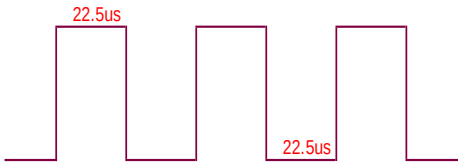
۳-۲ طراحی بخش دیجیتال

در بخش دیجیتال، پالس ورودی به مدار راه‌انداز را با استفاده از میکرو AVR در محیط کدویژن ساخته می‌شود. با وارد کردن عدد ۳رقمی بوسیله Keypad آن روی LCD نمایش داده و تا زمانیکه کلید Start کیپد فشارداده نشده، بخش دیجیتال خاموش است و با فشار دادن کلید 'S' که مخفف کلید Start است سیستم شروع به کار میکند، بدین صورت که عدد ۳رقمی به صورت نزولی روی LCD نمایش داده میشود ودر طول این مدت پالس تولید شده روی یکی از پایه‌های پورت خروجی میکرو atmega32 قرار می‌گیرد. با تمام شدن مقدار عدد ۳ رقمی پالس تولید شده قطع می‌شود و مدار از کار میفتد. دراینجا ۲ پالس تولید می‌شود، بنابراین ازکلید ON/OFF استفاده شده است. به طوریکه اگر حالت کلید را تغییر دهیم مقدار پالس نیز تغییر می‌کند.

ابتدا پالس‌های مربعی متناسب با فرکانس کاری پیزوالکتریک طراحی می‌شود. با توجه به اینکه فرکانس‌های کاری پیزوالکتریک برابر با کیلو هرتز ۱۸ وکیلو هرتز ۳۸ است، لذا دوره تناوب آن به صورت زیر است:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{18KHz} = 5.5\times10^{-5} = 55\,us \qquad (6)$$

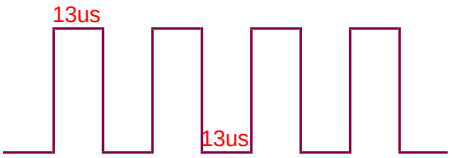
با توجه به فرمول بالا، یعنی ۲۲.۵ میکرو ثانیه روشن و ۲۲.۵ میکرو ثانیه خاموش است که در شکل ۸ نشان داده شده است:



شکل۸- پالس ۱۸ کیلو هرتز

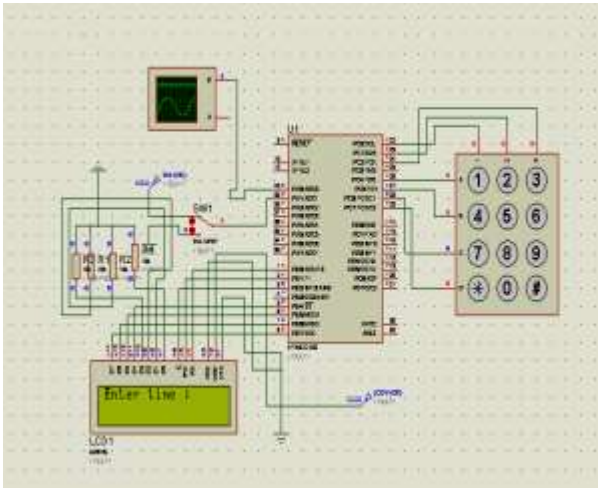
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{38KHz} = 2.6\times10^{-5} = 26\,us \qquad (7)$$

یعنی ۱۳ میکرو ثانیه روشن و۱۳میکرو ثانیه خاموش است. شکل ۹ بیانگر این مطلب میباشد:



شکل۹- پالس ۳۸ کیلو هرتز

پس از تولید پالس مربعی، شبیه‌سازی بخش دیجیتال به صورت زیر نشان داده شده است:

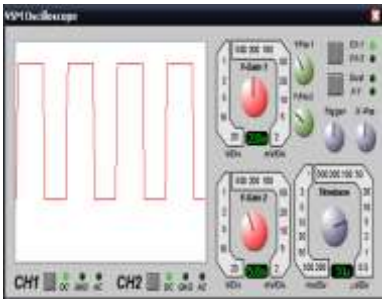


شکل ۱۰- شبیه‌سازی قسمت دیجیتال

با توجه به شکل ۱۰، پیزوالکتریک با دو فرکانس کار می‌کند یکی فرکانس رزنانس و دیگری هارمونیک دوم، پس برای اینکه هر۲ فرکانس تولید و از آن استفاده شود، یک کلید در مدار قرار داده شده است که با تغییر وضعیت آن هر۲ پالس وارد مدار شده و پیزوالکتریک به حرکت درآید.

همچنین به دلیل اینکه این مدار دارای دو ولتاژ یکی ۵ ولت برای قسمت دیجیتال و دیگری ۲۵ ولت برای قسمت آنالوگ می‌باشد و ورودی منبع تغذیه ۲۵ ولت است ،از رگولاتور ۷۸۰۵ برای تولید ولتاژ ۵ ولت استفاده گردیده است.

با توجه به مدار بالا، با وارد کردن عدد به کیپد تایمر شروع به شمردن می‌کند، در شکل۱۱ پالس مربعی در خروجی مدار دیده می‌شود:

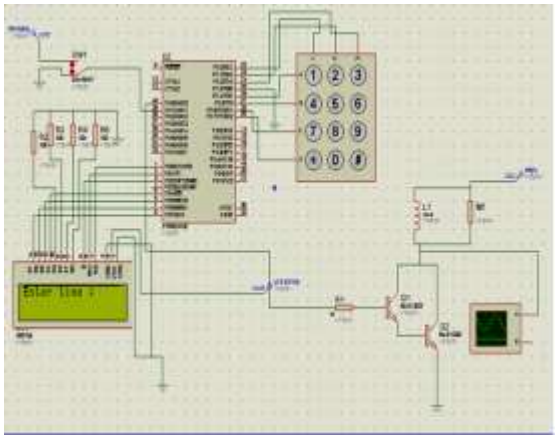


شکل۱۱- خروجی قسمت دیجیتال

با تمام شدن مدت زمانی که به کیپد وارد شده است و پایان شمارش تایمر دیگر در خروجی پالس مربعی تولید نمی-شود.

۳-۳ عملکرد کلی سیستم تمیزکننده با امواج آلتراسونیک

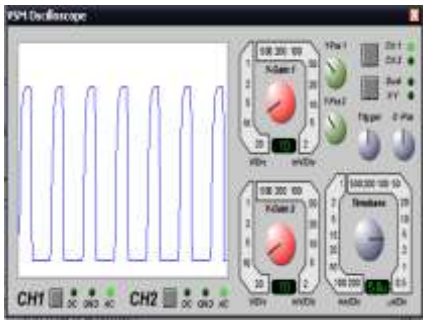
قسمت دیجیتال را که پالس مربعی خروجی آن است به ورودی قسمت آنالوگ یا همان ورودی مدار راه‌انداز وصل شده است، در این صورت خروجی میکرو، ورودی مدار راه‌انداز می‌شود. شکل ۱۲ شبیه‌سازی کلی سیستم را نمایش داده است:



شکل۱۲- شبیه‌سازی کل سیستم تمیزکننده با استفاده از امواج آلتراسونیک

در این زمان با وارد کردن عدد روی کیپد تایمر شروع به شمردن نموده و پالس مربعی وارد مدار می‌شود و باعث تحریک پیزوالکتریک می‌شود:

در این حالت، با وارد کردن عدد توسط کیپد و فشردن دکمه شروع، عدد وارد شده بر روی نمایشگر نشان داده شده است و شروع به شمردن به صورت نزولی می‌کند. با روشن شدن سیستم، پالس مربعی تولید شده و به عنوان ورودی مدار راه‌انداز پیزوالکتریک، به بخش آنالوگ وارد می‌شود. با اعمال پالس مربعی به بخش مذکور، پیزوالکتریک تحریک شده و امواج آلتراسونیک تولید می‌گردند. خروجی سیستم به صورت زیر می‌باشد:



شکل۱۳- خروجی شبیه‌سازی کل مدار

با توجه به خروجی سیستم در شکل ۱۳، با تمام شدن زمان نمایش داده روی نمایشگر، سیستم از کار افتاده و پالسی تولید نمی‌شود. حال این سنسور را زیر ظرفی فلزی مانند پر از آب به طور ثابت قرار داده، اما باید توجه نمود که

سنسور با ظرف ارتباط مستقیم نداشته باشد و بین آنها یک ورقه تلق مانند قرار می‌دهیم زیرا اگر به طور مستقیم با هم در ارتباط باشند، هنگامیکه مدار را روشن می‌کنیم جریان-کشی مدار زیاد شده و باعث سوختن سنسور می‌شود. بعد از ثابت نگهداشتن پیزو در زیر ظرف، مدار روشن می‌گردد. دراین زمان با وارد کردن عدد روی کیپد دکمه Start را فشار داده (در شبیه‌سازی همان دکمه * می‌باشد) و مدار شروع به کار کرده و پالس وارد تقویت‌کننده شده و پس از تقویت باعث تحریک پیزو می‌شود.

با به حرکت درآمدن پیزو امواج آلتراسونیک تولید می‌شود، در نتیجه بعد از مدتی حباب‌هایی در آب بوجود آمده که همان اثر کاویتاسیون است، در این صورت با ریختن مایع شستشو (مایع الما) قطعه تمیز می‌شود. با قرار دادن کلید در سیستم، می‌توان مقدار فرکانس را تغییر داد به طوریکه با زدن کلید یا همان یک کردن آن مدار روی فرکانس ۳۸ کیلو هرتز کار می‌کند و با قطع کردن یا همان صفر کردن آن مدار روی فرکانس ۱۸کیلو هرتز کار می‌کند. در زمانی‌که مدار روی فرکانس ۳۸ کیلو هرتز کار می‌کند سرعت شستشوی مدار بیشتر بوده و در مدت زمان کمتری قطعه تمیز می‌شود، زیرا میزان ضربات یا پالس‌هایی که وارد می-شود حباب‌های بیشتری تولید می‌کند، در نتیجه عمل کاویتاسیون سریع‌تر صورت گرفته و نهایتاً زمان شستشو کمتر می‌باشد. شکل ۱۴ نمایی از ساختار کلی سیستم را نمایش می‌دهد.



شکل۱۴- ساختار کلی سیستم تمیزکننده با استفاده از امواج آلتراسونیک

با توجه به ساختار کلی سیستم، با استفاده از آن قطعاتی به عنوان نمونه شستشو داده شده است. در ادامه در شکل ۱۵ چند مورد که با دستگاه فوق تمیز شده است، نشان داده است:



شکل۱۵- نمونه‌هایی از قطعات شستشو شده با سیستم طراحی شده

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله به طراحی و ساخت سیستمی پرداخته شد که با امواج آلتراسونیک کار کرده و برای شستشوی قطعات فلزی استفاده می‌شود. سیستم فوق به دلیل طراحی ساده، از قطعات کمتری استفاده شده لذا نگهدای و تعمیر آن آسان‌تر و مقرون به صرفه‌تر می‌باشد. همچنین استفاده از این نوع سیستم‌ها که با امواج آلتراسونیک کار می‌کنند، سبب کاهش مصرف انرژی، کاهش آلودگی و همچنین کاهش زمان شستشو و اتلاف وقت به دلیل تسریع در عملیات تمیز کردن، می‌شود. نمونه ایرانی ساخته شده به دلیل تحریک پیزوالکتریک در دو فرکانس کاری، سبب طراحی سیستم در دو مد کاری شده و این باعث شستشوی قطعات بیشتری اعم از قطعات سنگین، قطعات ظریف، بردهای حساس الکترونیکی و... می‌شود.

مراجع

[1] Laugier, Pascal, and Guillaume Haïat. (2011), "Introduction to the physics of ultrasound." In *Bone quantitative ultrasound*, pp. 29-45. Springer, Dordrecht.

[2] Arciniegas, Andrés, Flavio Prieto, Loïc Brancheriau, and Philippe Lasaygues. (2014), "Literature review of acoustic and ultrasonic tomography in standing trees." *Trees* **28** (6), p. 1559-1567.

[3] Vlad, Maria. (2007), "Ultrasonic welding of aluminum: a practical study in consistency, part marking and control modes."

[4] Dobrotă, Dan, and Valentin Petrescu. (2018), "Use of Ultrasound in Reconditioning by Welding of Tools Used in the Process of Regenerating Rubber." *Materials* **11**(2), p. 276.

[5] Asami, Takuya, and Hikaru Miura. (2015), "Study of ultrasonic machining by longitudinal-torsional vibration for processing brittle materials-observation of machining marks." *Physics Procedia* **70**, p. 118-121.

[6] Ji, Ruinan, Jiamei Jin, Liang Wang, and Jianhui Zhang. (2017), "A novel ultrasonic surface machining tool utilizing elastic traveling waves." *Ultrasonics* **80**, p. 78-86.

[7] Ely, Gregory Tsiang. (2019), "Applications of a fast helmholtz solver in exploration seismology." PhD diss., Massachusetts Institute of Technology.

[8] Insana, Michael F. (2019), "Exploiting data sparsity to enhance sensitivity in medical images (Conference Presentation)." In *Optics and Photonics for Information Processing XIII*, **11136**, p. 1113602. International Society for Optics and Photonics.

[9] Dolas, Rupali, Chakkaravarthi Saravanan, and Barjinder Pal Kaur. (2019), "Emergence and Era of Ultrasonic's in Fruit Juice Preservation: A Review." *Ultrasonics sonochemistry*.

[10] Arefi-Oskoui, Samira, Alireza Khataee, Mahdie Safarpour, Yasin Orooji, and Vahid Vatanpour. (2019), "A review on the applications of ultrasonic technology in membrane bioreactors." *Ultrasonics sonochemistry*, p. 104633.

[11] Jiménez, M. A., A. Mexicano, F. García, M. Osorio, I. Garza, A. Azuara, and R. Echartea. (2018), "Ultrasound used to guarantee process control in the manufacture of components. A case study." *The International Journal of Advanced*

Manufacturing Technology **96**(1-4), p. 669-676.

[12] Sappati, Kiran, and Sharmistha Bhadra. (2018), "Piezoelectric polymer and paper substrates: a review." *Sensors* **18**(11), p. 3605.

[13] Heller, Hadas, Adi Arieli, Ilan Beitlitum, Raphael Pilo, and Shifra Levartovsky. (2019), "Load-Bearing Capacity of Zirconia Crowns Screwed to Multi-Unit Abutments with and without a Titanium Base: An In Vitro Pilot Study." *Materials* **12**(19), 3056.

[14] Jahdi, Saeed, Mohammad Hedayati, Bernard H. Stark, and Phil H. Mellor. (2019), "The Impact of Temperature and Switching Rate on Dynamic Transients of High Voltage Silicon and 4H-SiC NPN BJTs: A Technology Evaluation." *IEEE Transactions on Industrial Electronics*.

[15] Sheelvant, Vidyasagar, R. Kalpana, Bhim Singh, and Prakash P. Saravana. (2017), "Improvement in harmonic reduction of a zigzag autoconnected transformer based 12-pulse diode bridge rectifier by current injection at DC side." *IEEE Transactions on Industry Applications* **53**(6), p. 5634-5644.

ارائه یک روش جدید برای پیش‌بینی لینک در شبکه‌های اجتماعی براساس الگوریتم‌های فراابتکاری

نویسندگان: یزدان پیلتن- piltan.yazdan@gmail.com – ارشد کامپیوتر موسسه آموزش عالی لیان بوشهر
موسی مجرد –m.mojarad@iauf.ac.ir
حسن ارفعی نیا–msc.harfaeinia@gmail.com

چکیده: امروزه تحلیل شبکه‌های اجتماعی یکی از مهمترین زمینه‌های تحقیقاتی در داده‌کاوی است. هدف از تحلیل این شبکه-های استخراج دانش نهفته در مجموعه داده‌ها و یادگیری رفتار کاربران در محیط شبکه‌های اجتماعی می‌باشد. یکی از جذاب‌ترین و اصلی‌ترین کاربردهای تحلیل شبکه‌های اجتماعی، مسئله پیش‌بینی لینک است. هدف از پیش‌بینی لینک در شبکه‌های اجتماعی، شناسایی اطلاعات گم شده و ناشناخته از کاربران و یا پیش‌بینی ایجاد لینک بین دو کاربر در آینده است. در سال‌های اخیر، الگوریتم‌های هوش مصنوعی مختلفی بعنوان یکی از مهمترین ابزارهای حل مسائل پیش‌بینی لینک و داده‌های حجیم معرفی شده‌اند. در این تحقیق راهکاری مبتنی بر یک الگوریتم فراابتکاری برای بهبود پیش‌بینی لینک در شبکه‌های اجتماعی استفاده شده است. روش پیشنهادی بر اساس خصوصیات شبکه‌های اجتماعی علامتدار ارائه شده و مسئله پیش‌بینی لینک را به یک مسئله دسته‌بندی دوکلاسه تبدیل می‌کند. سپس از قابلیت الگوریتم ازدحام ذرات و ویژگی‌های توپولوژیکی گراف شبکه اجتماعی برای ایجاد یک پایگاه داده با دو کلاس استفاده کرده که کلاس اول به وجود ارتباط بین کاربران و کلاس دوم به عدم وجود این ارتباط اشاره دارد. با ایجاد پایگاه داده از مدل ماشین بردار پشتیبان برای کار دسته‌بندی و از معیار شباهت کلاسیک کاتز برای پیشنهادهای نهایی کاربران استفاده می‌شود. برای مقایسه و ارزیابی روش پیشنهادی از اطلاعات شبکه اجتماعی توییتر بهره گرفته شده است. نتایج آزمایش‌ها برتری ۰/۲۳، ۹۹/ و ۶/۳۲ روش پیشنهادی را به ترتیب نسبت به الگوریتم‌های Meta-Path، Katz و CN در معیار اندازه‌گیری F نشان می‌دهد.

کلید واژه: شبکه‌هایی اجتماعی، پیش‌بینی لینک، الگوریتم‌های فراابتکاری، معیارهای شباهت.

۱- مقدمه

شبکه‌های اجتماعی به عنوان ساختارهای اجتماعی از اشخاص تعریف می‌شوند که بصورت مستقیم یا غیرمستقیم و برمبنای یکسری روابط مثل دوستی، اشتراک فایل، ارسال ایمیل و غیره با هم ارتباط دارند. فیسبوک و توییتر نمونه-های مهمی از این شبکه‌ها هستند. شبکه‌های اجتماعی یک راه محبوب برای مدل‌سازی تعاملات میان افراد در یک گروه یا جامعه می‌باشد. این شبکه‌ها حاصل ترکیبی از مفاهیم علوم مختلف بخصوص علوم اجتماعی و علوم کامپیوتری است[۱]. با گسترش جوامع اجتماعی مجازی، تحلیل شبکه و استخراج جوامع نیز تکامل یافته‌اند.

شبکه‌های اجتماعی می‌توانند به صورت گراف تجسم شوند، جایی که یک گره مربوط به یک فرد در یک گروه است و یک لبه نشان دهنده نوعی ارتباط بین افراد مرتبط است[۲]. شبکه‌های اجتماعی بسیار پویا هستند، زیرا لبه‌ها و گره‌های جدید در طول زمان به گراف اضافه می‌شوند[۳-۵]. درک پویایی‌هایی که تکامل شبکه اجتماعی را به وجود می‌آورند به دلیل تعداد زیادی از پارامترهای متغیر یک مشکل

پیچیده است. اما یک مشکل نسبتاً ساده‌تر این است که ارتباط بین دو گره خاص را درک کنید. به عنوان مثال، برخی از سوالات جالب که می‌توانند مطرح شوند عبارتند از: چگونه الگوهای ارتباطی در طول زمان تغییر می‌کنند؟ عواملی که انجمن را مدیریت می‌کنند چیست؟ ارتباط بین دو گره تحت تاثیر گره‌های دیگر چطور است؟

در واقع مسئله اصلی که در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد، پیش‌بینی احتمال اتصال بین دو گره در آینده است با این فرض که هیچ ارتباطی بین دوگره در وضعیت فعلی گراف وجود ندارد. این مشکل معمولاً به عنوان پیش بینی لینک[۶] شناخته می‌شود. اگر شبکه اجتماعی با یک گراف G=(V,E) که V مجموعه ای از گره‌ها و E مجموعه ای از یال‌های گراف باشد، نمایش دهیم، آنگاه مسئله پیش بینی لینک، شناسایی مجموعه یال E' است که در حال حاضر در گراف G وجود ندارند ولی ممکن است در یک بازه زمانی در آینده به گراف G اضافه شوند[۷]. این یال‌ها یک گراف پیچیده با حداکثر تعداد یال ممکن را مطابق رابطه (۱) تشکیل می‌دهند.

$$U = \frac{|V| \times (|V| - 1)}{2} \qquad (۱)$$

در چنین چیدمانی، مجموعه یال‌های موجود E و مجموعه یال‌هایی که ممکن است در آینده اضافه شوند (E') با یکدیگر اشتراکی ندارند ($E \cap E' = \emptyset$). پیش‌بینی لینک، یال‌های مجموعه E' را با استفاده از خواص چهارچوب گراف در شبکه‌های اجتماعی مشخص می‌کند. همچنین $E + E' = U$ و پیش‌بینی لینک سعی در یافتن مجموعه E' دارد برای مثال $E' = U - E$.

در ادامه این تحقیق؛ معیارهای شباهت کلاسیک در بخش دوم ارائه می‌شوند. در بخش سوم به بررسی برخی از جدیدترین کارهای انجام شده در زمینه پیش‌بینی لینک در شبکه‌های اجتماعی می‌پردازیم. روش پیشنهادی در بخش چهارم مطرح شده و نتایج حاصل از آن در بخش پنجم ارائه می‌گردد. در نهایت در بخش ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات مطرح می‌شود.

۲- معیارهای شباهت

در این بخش برخی از معروف‌ترین معیارهایی که به طور تجربی در پیش‌بینی لینک، استفاده شده‌اند را مورد بررسی قرار می‌دهیم. از معیارهای شباهت جهت محاسبه احتمال برقراری لینک (ارتباط) در آینده بین دو کاربر استفاده می‌شود. این معیارها مبتنی بر توپولوژی گراف هستند.

۲-۱ معیار کاتز

شاخص کاتز از مجموع تمام مسیرهای بین جفت گره‌ها در گراف G بصورت نمایی توسط طول مسیرهای کوتاه برای محاسبه شباهت استفاده می‌کند. این معیار، شباهت بین گره‌های u و v را با رابطه (۲) محاسبه می‌کند [۸].

$$Score(u,v) = \sum_{l=1}^{\infty} \beta^l . |paths_{u,v}^l| \qquad (۲)$$

در این رابطه، برای کاهش اثر مسیرهای طولانی در تعیین امتیاز یک لینک، از ضریب ثابت β استفاده شده است. استفاده از β^l در این رابطه باعث می‌شود که مقدار محاسبه شده برای پیش‌بینی لینک در مسیرهایی با طول کوتاه‌تر بیشتر شود. $|paths_{u,v}^l|$ نیز تعداد مسیرهایی به طول l بین دو کاربر u و v است.

۲-۲ معیار دوست یک دوست

معیار دوست یک دوست به تعداد دوستانی که در گره‌های u و v مشترک هستند بستگی دارد، که در رابطه (۳) نشان داده شده است[۹].

$$Score(u,v) = \Gamma(u) \cap \Gamma(v) \qquad (۳)$$

در این رابطه $\Gamma(u)$ و $\Gamma(v)$ مجموع همسایه‌های u و v هستند.

۲-۳ معیار همسایه مشترک

شاخص همسایگان مشترک، تعداد همسایگان مشترک بین u و v را اندازه‌گیری می‌کند. ثابت شده که این معیار احتمال وقوع لینک‌های آینده در یک شبکه همکاری با تعداد همسایه مشترک را به خوبی محاسبه می‌کند. رابطه (۴) نحوه محاسبه این معیار را نشان می‌دهد[۱۰].

$$Score(u,v) = |\Gamma(u) \cap \Gamma(v)| \qquad (۴)$$

۲-۴ معیار پیوند دوست

معیار پیوند دوست با توجه به فرکانس و طول مسیر بین دو گره u و v معیار شباهت را اندازه‌گیری می‌کند. رابطه (۵) معیار پیوند دوست را نشان می‌دهد[۱۱].

$$Score(u,v)=\sum_{i=2}^{l}\frac{1}{i-1}.\frac{|paths_{u,v}^{i}|}{\prod_{j=2}^{i}(n-j)} \quad (۵)$$

جایی که n تعداد گره‌ها؛ l حداکثر طول یک مسیر در نظر گرفته شده بین گره‌های u و v می‌باشد. ترم $1/(i-1)$ یک فاکتور تضعیف کننده است که وزن مسیرها را با توجه به طول l تعیین می‌کند. $|path_{vi,vj}^{i}|$ تعداد تمام مسیرهای با طول l بین u و v است. $\sum_{j=2}^{i}(n-j)$ تعداد کل مسیرهای امکان‌پذیر بین u و v در صورتی است که هر گره از گراف با تمام گره‌های دیگر لینک داشته باشد.

۲-۵ معیار جاکارد

شاخص جاکارد، احتمال اینکه یک همسایه از u و v، همسایه هر دو گره u و v باشد را اندازه‌گیری می‌کند. این اندازه‌گیری، روش تعیین خصوصیات محتوای به اشتراک گذاشته شده است و در بازیابی اطلاعات معنی‌دار می‌باشد. رابطه (۶) این معیار را نشان می‌دهد[۱۲].

$$Score(u,v)=\frac{|\Gamma(u)\cap\Gamma(v)|}{|\Gamma(u)\cup\Gamma(v)|} \quad (۵)$$

۳- پیشینه تحقیق

بلیس و همکاران[۱۰]، استراتژی تکامل انطباق ماتریس کوواریانس(CMA-ES) را برای پیش‌بینی پیوندها در شبکه اجتماعی توییتر پیشنهاد کرده‌اند. ماتریس امتیاز با در نظر گرفتن ۱۶ معیار تشابه متفاوت ساخته شده و در آن از روش الگوریتم تکاملی برای یافتن ضرایب بهینه استفاده شده است. آل‌حسن و همکاران[۱۳]، نشان دادند که استفاده از داده‌های خارجی خارج از محدوده توپولوژی گراف می‌تواند به‌طور قابل توجهی نتایج پیش‌بینی لینک در شبکه‌های اجتماعی را بهبود دهد. همچنین آنها از معیارهای شباهت متفاوتی به عنوان ویژگی در یک برنامه یادگیری با نظارت استفاده کردند که در آن مسئله پیش بینی لینک به عنوان یک مسئله دسته‌بندی دودویی مطرح شده است. از آن به بعد، روش طبقه‌بندی با نظارت در پیش بینی‌های لینک محبوبیت بسیاری یافت[۱۴].

دوپا و همکاران [۱۵]، یک الگوریتم یادگیری برای پیش بینی پیوند براساس محدودیت‌های احتمالی پیشنهاد دادند. آنها یادگیری را با مجموعه بردارهای ویژگی محاسبه شده از داده‌های آموزشی انجام داده سپس از این مدل برای پیش بینی لینک‌های آینده استفاده کردند. لی و همکاران[۱۶]، یک روش برای پیش‌بینی لینک در شبکه‌های ناهمگون براساس شبکه عصبی پس انتشار ارائه داده‌اند. آنها در روش خود از ویژگی‌های فرا-مسیر استفاده کرده‌اند. در این تحقیق پس از استخراج این ویژگی‌ها یک مدل پیش‌بینی لینک نظارت شده با استفاده از شبکه‌ی عصبی پس‌انتشار سه لایه‌ای ایجاد شده است.

میبدی و مرادآبادی[۱۷]، یک روش براساس یادگیری آتوماتا برای پیش‌بینی ایجاد لینک بین دو گره در آینده ارائه دادند. مطالعه آنها متمرکز بر روی استراتژی یادگیری آتوماتا در شبکه‌های اجتماعی وزن‌دار بوده است. هدف آنها برآورد وزن هر لینک تستی با استفاده از از اطلاعات سایر وزن‌ها در شبکه است. ترابی و همکاران[۱۸]، یک روش طبقه‌بندی ترکیبی برای پیش‌بینی لینک در شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر مکان ارائه داده‌اند. آنها گره‌های شبکه را با توجه به موقعیت خود در ۸ گروه تقسیم کرده و سپس به این نتیجه رسیدند که میانگین گره‌ها در هر گروهی که بالاتر از ۶۰۰ گره باشد، آن گروه تراکم بالایی است.

سریلاتا و ماجولا[۱۹]، یک روش مبتنی بر الگوریتم کرم شب‌تاب برای پیش‌بینی لینک در شبکه‌های اجتماعی ارائه کرده‌اند. آنها روش کاوش‌گرانه کرم‌های شب‌تاب را برای پیش‌بینی لینک بکار بردند. امتیاز شباهت بین جفت گره در انتهای تکرارها محاسبه می‌شود و جفت گره با بالاترین امتیاز احتمال تشکیل لینک در آینده را دارند. در تحقیقی دیگر سان و همکاران[۲۰]، یک رویکرد منظم اجتماعی حاوی اطلاعات شبکه‌های اجتماعی برای ایجاد یک سیستم توصیه‌گر ارائه دادند. در این تحقیق از سوابق امتیازات و دوستی‌های بین کاربران جهت پیش‌بینی لینک‌های از دست رفته در ماتریس کاربر-آیتم استفاده شده است.

استفان و همکاران[۲۱]، یک تحقیق مقایسه‌ای بین روش-های محاسبه شباهت در سیستم پیشنهاد دهنده مبتنی بر فیلترینگ مشترک با حافظه ارائه دادند. این مطالعه به منظور افزایش درک علاقه کاربر از دامنه گسترده به منظور ارائه توصیه‌های بهتر و همچنین برای کاهش داده‌های

اسپارتی می‌باشد. در پژوهشی مشابه اسپرلی و همکاران[۲۲]، به ارائه پژوهش در زمینه سیستم پیشنهاد دهنده به منظور بهبود رویکرد شبکه‌های اجتماعی پرداختند. در این تحقیق، یک سیستم پیشنهاد دهنده برای برنامه های داده بزرگ طراحی شده برای ارائه توصیه های مفیدی در شبکه های اجتماعی آنلاین استفاده می‌شود. تکنیک پیشنهادی، یک رویکرد مشارکتی و کاربر محور است که سوءاستفاده از تعامل بین کاربران و ایجاد محتوای چندرسانه‌ای در یک یا چند شبکه اجتماعی را در یک روش جدید و مؤثر ایجاد می‌کند.

مدحالی و همکاران[۲۳]، برای پیش‌بینی پیوند در شبکه-های اجتماعی، از تجزیه و تحلیل ویژگی‌های گرافیکی(پروفایل) کاربران استفاده کردند. آنها بیان کرده‌اند که به طور کلی سه روش برای حل مسئله پیش‌بینی پیوند وجود دارد: مدل‌های مبتنی بر ویژگی، مدل‌های احتمالاتی بیزی و مدل‌های رابطه‌ای احتمالی. در روش‌های مبتنی بر ویژگی، ویژگی‌های گرافیکی استخراج شده و برای طبقه-بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً این ویژگی‌ها به سه گروه مبتنی بر همسایگی، مبتنی بر مسیر و مبتنی بر گره تقسیم‌بندی می‌شوند. این تحقیق بر استخراج اطلاعات توپولوژیکی مبتنی بر ویژگی تأیید می‌کند که در مطالعات قبلی به آن توجه نشده است. در نهایت نتایج مقایسه ویژگی‌های استخراج شده حاکی از مؤثر بودن ضریب خوشه‌ای و کوتاه‌ترین مسیر در پیش‌بینی لینک با معیار درستی ۰/۹۷ است.

آقابزرگی و خیامامشی[۲۴]، یک معیار شباهت جدید برای پیش‌بینی پیوند بر اساس ساختارهای محلی در شبکه‌های اجتماعی پیشنهاد دادند. این معیار شباهت از طریق یک مدل یادگیری با ناظر در دو مرحله ارائه می‌شود. در مرحله اول، یک پایگاه داده بزرگ شامل اطلاعات یالهای شبکه اجتماعی با اندازه‌گیری شباهت رأس‌های مبدأ و مقصد ایجاد می‌شود. این پایگاه داده علاوه براین حاوی اطلاعات ساختاری مرتبط با رأس‌ها نیز می‌باشد. در مرحله دوم یک مدل یادگیری با ناظر بر مبنای پیش‌بینی پیوند ارائه می-شود. دقت این روش Highschool حدود ۹۳٪ گزارش شده است. پروازه و همکاران[۲۵]، از نظریه گراف و مشخصات کاربران برای دوست‌یابی در شبکه های اجتماعی استفاده کردند. در مرحله اول سیستم پیشنهادی، تمام کاربران با توجه به شباهت ساختاری و پروفایل و با استفاده از روش K_Medoids خوشه‌بندی می‌شوند. در مرحله دوم، الگوریتم FriendLink به کاربران هر خوشه اعمال شده و میزان تشابه بین کاربران محاسبه می‌شود. نتایج حاصل از آزمایش‌ها، معیار F را در پیش‌بینی لینک برای شبکه اجتماعی Google+ حدود ۰/۳ و برای شبکه اجتماعی Last.fm حدود ۰/۲۵ نشان می‌دهد.

چن و چن[۲۶]، با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان و شاخص شباهت همسایگان مشترک برای پیش بینی لینک‌های گم شده در شبکه اجتماعی استفاده کردند. شرکات و همکاران[۲۷]، الگوریتمی برای پیش‌بینی لینک مبتنی بر بهینه‌سازی کلونی مورچگان(ACOLP) ارائه دادند. در این روش ساختارهای مثلثی با استفاده از بهینه سازی کلونی مورچگان پیش‌بینی شده و سپس زیر ساختارهایی از گراف‌ها که ممکن است در آینده لینک‌ها را ایجاد کنند، پیش‌بینی می‌شود.

جلیلی و همکاران[۲۸]، الگوریتم Meta-Path را برای پیش‌بینی لینک در شبکه‌های اجتماعی چندگانه مبتنی بر مدل‌های دسته‌بندی ارائه دادند. این الگوریتم مبتنی بر متا-مسیر است و از سه روش NB، SVM و KNN برای کار دسته‌بندی استفاده می‌شود. در تعریف متا-مسیر، u و v دو کاربر در شبکه اجتماعی چندگانه می‌باشند. یک متا-مسیر با طول ۲ از u در شبکه نظیر توییتر به v در شبکه نظیر چهارضلعی بصورت $u \xrightarrow{follows} w \xrightarrow{friends} v$ نشان داده شده که برای ارتباط بین u و v در نظر گرفته می‌شود؛ u به دنبال w در توییتر است و w با v در چهارضلعی دوست است. به منظور تعریف ویژگی‌های مرتبط با مسئله پیش-بینی لینک در الگوریتم دسته‌بندی، در اینجا طول و نوع ارتباطات در متا-مسیر بین دو کاربر تعیین می‌شود.

۴- روش پیشنهادی

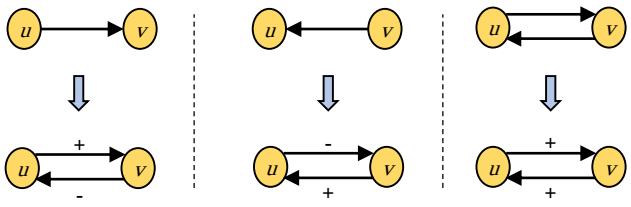
این تحقیق یک روش بهینه جهت پیش‌بینی لینک در شبکه‌های اجتماعی با رویکرد فراابتکاری ارائه می‌دهد. روش پیشنهادی برگرفته از استخراج ویژگی‌های توپولوژیک گراف بر مبنای شبکه‌های اجتماعی خودمحور(مبتنی بر EGO) ارائه می‌شود. شبکه‌های اجتماعی خودمحور نوعی از شبکه‌های اجتماعی می‌باشند که ارتباطات بین کاربران را از طریق شبکه‌هایی با نام EGO سنجیده و به تصویر می‌کشد. در تجسم گراف چنین شبکه‌هایی، کاربر EGO معمولا در مرکز گراف قرار دارد.

روش پیشنهادی براساس خصوصیات شبکه‌های اجتماعی علامتدار ارائه شده و مسئله پیش‌بینی لینک را به یک مسئله دسته‌بندی دوکلاسه تبدیل می‌کند. سپس از قابلیت الگوریتم ازدحام ذرات و ویژگی‌های توپولوژیکی گراف شبکه اجتماعی برای ایجاد یک پایگاه داده با دو کلاس استفاده کرده که کلاس اول به وجود ارتباط بین کاربران و کلاس دوم به عدم وجود این ارتباط اشاره دارد. در اینجا برای کار دسته‌بندی از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده می‌شود. ایجاد پایگاه داده بر مبنای هر جفت کاربر انجام می‌شود. به این منظور هر جفت کاربر دارای یک نمونه در پایگاه داده خواهند بود. کلاس این نمونه بر مبنای اطلاعات شبکه اجتماعی تعیین می‌گردد. اگر بین این دو کاربر لینک وجود داشته باشد، کلاس «ارتباط» و در غیراین‌صورت کلاس «عدم ارتباط» تخصیص داده می‌شود. شبکه‌های اجتماعی واقعی، معمولا بسیار پراکنده می‌باشند و این مورد باعث کاهش کارایی الگوریتم‌های دسته‌بندی می‌شود. چون در یک شبکه اجتماعی تعداد کاربران بسیار زیاد است و یک کاربر در مقیاس با تعداد کل کاربران فقط با تعداد اندکی از آنها ارتباط دارد. این حالت موجب بی-نظمی بسیار بالا داده‌ها در پایگاه داده می‌شود. به طور کلی این بی‌نظمی به دلیل افزایش نمونه‌هایی با کلاس «عدم ارتباط» در مقایسه با کلاس «ارتباط» در پایگاه داده می-باشد. این مورد یک چالش و مشکل اساسی برای الگوریتم پیشنهادی است که در اینجا تلاش است تأثیر منفی آن از طریق انتخاب بخشی از نمونه‌های کلاس «عدم ارتباط»، توسط الگوریتم ازدحام ذرات کاهش داده شود. روش فراابتکاری پیشنهادی با ادغام نمونه‌های مشابه و نزدیک به هم از کلاس عدم ارتباط قبل از اعمال الگوریتم ازدحام ذرات بهبود داده می‌شود.

با ایجاد پایگاه داده از مدل ماشین بردار پشتیبان برای کار دسته‌بندی و از معیار شباهت کلاسیک کاتز برای پیشنهادهای نهایی کاربران استفاده می‌شود.

۴-۱ پیش‌پردازش و علامت‌دار کردن شبکه اجتماعی

در این بخش کاربران بخش‌های آموزش(E^T) و آزمایش(E^P) تعیین می‌شوند. در اینجا تقسیم‌بندی کاربران برمبنای اعتبارسنجی 10-Fold انجام می‌شود. در مرحله بعد ساختار شبکه اجتماعی جهتدار با تخصیص علامت اصلاح می‌شود. بین هر دو کاربری که حداقل یکی، دیگری را دنبال کرده باشد، یک علامت مثبت در جهت دنبال‌کننده و علامت منفی در جهت مخالف تخصیص داده می‌شود. شکل۱ چگونگی علامتدار کردن شبکه اجتماعی را نشان می‌دهد.



شکل ۱ : تخصیص علامت به لینک‌های شبکه اجتماعی

۴-۲ استخراج ویژگی

برای ساخت پایگاه داده چندین ویژگی‌های توپولوژیکی از گراف شبکه اجتماعی استخراج می‌شود. در اینجا برای هر دو کاربر u و v در کاربران آموزشی ۶ ویژگی استخراج می-شود.

ویژگی اعتبار برای کاربر u : این ویژگی در [۲۸] ارائه شده و به محبوبیت کاربر u در یک شبکه اجتماعی علامت‌دار مرتبط است. $\boldsymbol{RP(u)}$ ویژگی اعتبار نرمال شده کاربر u است و به صورت رابطه (۶) تعریف می‌شود.

$$\boldsymbol{RP(u)} = \frac{\boldsymbol{d_{in}^{+}(u) - d_{in}^{-}(u)}}{\boldsymbol{d_{in}^{+}(u) + d_{in}^{-}(u)}} \qquad (۶)$$

در این رابطه، $d_{in}^{+}(u)$ و $d_{in}^{-}(u)$ به ترتیب تعداد لینک-های ورودی با علامت «مثبت» و «منفی» به کاربر u می-باشد.

ویژگی اعتبار برای کاربر v : این ویژگی مشابه ویژگی قبل برای کاربر v محاسبه می‌شود. $RP(v)$ ویژگی اعتبار نرمال شده کاربر v است.

ویژگی خوش‌بینی برای کاربر u : خوش‌بینی یکی دیگر از ویژگی‌های ساختاری از توپولوژی گراف است که در [۲۸] ارائه شده است. $OP(u)$ ویژگی خوش‌بینی نرمال شده کاربر u است و به صورت رابطه (۷) تعریف می‌شود.

$$OP(u) = \frac{d_{out}^{+}(u) - d_{out}^{-}(u)}{d_{out}^{+}(u) + d_{out}^{-}(u)} \qquad (۷)$$

در این رابطه، $d_{out}^{+}(u)$ و $d_{out}^{-}(u)$ به ترتیب تعداد لینک‌های خروجی با علامت «مثبت» و «منفی» از u می-باشد.

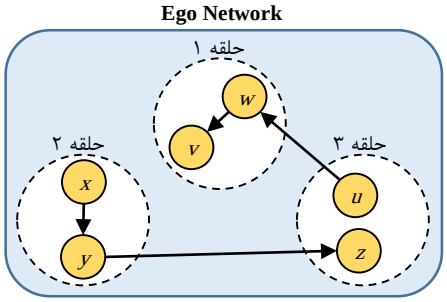
ویژگی خوش‌بینی برای کاربر v : مقدار $OP(v)$ نیز مشابه ویژگی خوش‌بینی برای کاربر u تعریف می‌گردد.

ویژگی توییت‌های مشترک : این ویژگی با توجه به تعداد کلمات کلیدی مشابه استفاده شده در توییت‌های دو کاربر محاسبه می‌شود. رابطه (۸) مقدار این ویژگی را برای دو کاربر u و v تعریف می‌کند.

$$CT(u,v) = |feat_u \cap feat_v| \qquad (۸)$$

در این رابطه، $feat_u$ و $feat_v$ به ترتیب لیست کلمات کلیدی استفاده شده توییت‌های کاربران u و v می‌باشد.

ویژگی حلقه‌های مشترک : در یک شبکه اجتماعی خودمحور کاربران از طریق مسیرهایی که از حلقه‌های مختلف شبکه عبور می‌کنند، با همدیگر ارتباط دارند. ارزش ویژگی حلقه‌های مشترک برای دو کاربر u و v با توجه به تعداد مسیرهای خودمحور با حلقه‌های مشترک بین این دو کاربر محاسبه می‌گردد. مسیر خود محور $u \xrightarrow{follows} w \xrightarrow{friends} v$ با طول ۲ تعریف شده، جائی که کاربر w بین دو کاربر u و v ارتباط برقرار می‌کند. یک مسیر خودمحور می‌تواند با طول‌های متفاوتی ارائه شود، به طوری که کاربر مشابه w باید حداقل با یکی از کاربران u یا v در حلقه مشترکی از یک شبکه EGO باشند. ویژگی حلقه‌های مشترک بین کاربران u و v به صورت $CC(u,v)$ نشان داده شده و برای هر طول مسیر به صورت تعداد کاربران مشابه w تعریف می‌شود که حداقل با یکی از کاربران u یا v در حلقه مشترکی قرار داشته باشد. طول‌های درنظر گرفته شده ۲، ۳ و ۴ می‌باشد. شکل ۲ مثالی از این ویژگی را نشان می‌دهد.



شکل ۲ : مثالی از ویژگی حلقه‌های مشترک

این مثال شامل سه حلقه در یک شبکه EGO و دو مسیر خودمحور با طول ۲ می‌باشد. مسیر اول به صورت $u \rightarrow w \rightarrow v$ است که کاربر w در حلقه مشترکی (حلقه ۱) با کاربر v قرار دارد. مسیر دوم نیز به صورت $x \rightarrow y \rightarrow z$ است که کاربر y بعنوان ارتباط دهنده با کاربر x در حلقه مشترکی (حلقه ۲) هستند.

۴-۳ ایجاد پایگاه داده

ویژگی‌های توپولوژیکی استخراج شده برای ایجاد پایگاه داده با دو کلاس استفاده می‌شود، جایی که کلاس اول به وجود ارتباط بین کاربران و کلاس دوم به عدم وجود این ارتباط اشاره دارد. نمونه‌های پایگاه داده بر مبنای هر جفت کاربر ایجاد می‌شوند. بدین منظور هر جفت کاربر دارای یک نمونه در پایگاه داده خواهند بود. کلاس این نمونه بر مبنای اطلاعات شبکه اجتماعی تعیین می‌گردد. اگر بین این دو کاربر لینک وجود داشته باشد، کلاس «ارتباط» و درغیر این صورت کلاس «عدم ارتباط» تخصیص داده می‌شود.

با در نظر گرفتن N کاربر، برای هر کاربر حدود N^2 نمونه ایجاد خواهد شد. این تعداد نمونه با توجه به حجم بالای تعداد کاربران منجر به ایجاد یک پایگاه داده بزرگ می‌کند. از طرفی تعداد نمونه‌هایی با کلاس «عدم ارتباط» نسبت به کلاس «ارتباط» بسیار زیاد می‌باشد. برای رفع این دو

چالش از فرایند ادغام نمونه‌های مشابه و همچنین کاهش پراکندگی داده‌ها استفاده شده است.

۴-۴ ادغام نمونه‌های مشابه

در پایگاه داده ایجاد شده بسیاری از نمونه‌ها با تشابه بسیار زیاد دیده می‌شوند. از این رو، نمونه‌هایی از پایگاه داده که فاصله‌ای کمتر از مقدار حدآستانه θ دارند، ادغام می‌شوند. $D(i,j)$ فاصله بین دو نمونه i و j را نشان می‌دهد و با رابطه (۹) تعریف می‌گردد.

$$D(i,j)=\frac{1}{M}\sum_{k=1}^{M}|f_k(i)-f_k(j)| \qquad (۹)$$

در این رابطه، $f_k(i)$ و $f_k(j)$ به ترتیب مقدار ویژگی k-ام در نمونه i و j است و M تعداد نمونه‌های استخراج شده است. با توجه به این فاصله، ادغام دو نمونه تنها در صورت مشترک بودن برچسب کلاس آنها امکان‌پذیر است. ادغام دو نمونه بصورت مقدار میانگین برای هر ویژگی انجام می‌شود.

۴-۵ کاهش پراکندگی پایگاه داده

شبکه‌های اجتماعی واقعی، معمولاً بسیار پراکنده می‌باشند و این مورد باعث کاهش کارایی الگوریتم‌های دسته‌بندی می‌شود. چون در یک شبکه اجتماعی تعداد کاربران بسیار زیاد است و یک کاربر در مقیاس با همه کاربران شبکه اجتماعی تنها با تعداد کمی از آنها لینک دارد. برای رفع این مشکل از یک الگوریتم ازدحام ذرات در قالب یک الگوریتم فراابتکاری برای انتخاب و حذف نمونه‌هایی از کلاس «عدم ارتباط» به منظور کاهش پراکندگی داده‌ها استفاده می‌شود. مراحل این الگوریتم به صورت زیر است:

۱. ساختار ذرات : ساختار موقعیت هر ذره در فضای جستجو با توجه به هدف مسئله به صورت شکل ۳ است.

s_1	s_2	⋯	s_i	⋯	s_w

شکل ۳ : ساختار موقعیت ذرات در الگوریتم ازدحام ذرات

در این ساختار s_i بیانگر i-مین نمونه از پایگاه داده در کلاس عدم ارتباط است و به صورت باینری تعریف می‌گردد. w تعداد کل نمونه‌هایی با کلاس عدم ارتباط است. با توجه به این ساختار، هر راه‌حل به صورت یک رشته باینری تعریف شده که ۰ در آن به مفهوم حذف نمونه از پایگاه داده و ۱ بیانگر استفاده از آن نمونه است.

۲. جمعیت اولیه : با توجه به ساختار ذره جمعیت اولیه به صورت تصادفی ایجاد می‌گردد.

۳. تابع هدف : تابع هدف مسئله براساس آنتروپی تعریف می‌شود. آنتروپی در یک پایگاه داده میزان بی‌نظمی (پراکندگی) را نشان می‌دهد. این شاخص برای یک پایگاه داده با دو کلاس، زمانی حداقل (مقدار صفر) می‌شود که نیمی از نمونه‌ها دارای کلاس ۱ و نیمی دیگر دارای کلاس ۲ باشند. از طرفی زمانی که همه نمونه‌ها تنها متعلق به یک کلاس باشند، آنتروپی حداکثر (مقدار یک) می‌شود. بنابراین آنتروپی کم نشان دهنده پراکندگی کمتری در پایگاه داده است و این امر شرایط مناسب‌تری را برای مدل-های دسته‌بندی مهیا می‌سازد. از اینرو، تابع هدف برمبنای آنتروپی و همچنین دقت مدل دسته‌بندی SVM بصورت رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود.

$$F(P_i)=\frac{ACC(S,P_i)}{I(S,P_i)} \qquad (۱۰)$$

در این رابطه $F(P_i)$ برازندگی ذره i-ام، $I(S,P_i)$ و $ACC(S,P_i)$ به ترتیب آنتروپی و دقت دسته‌بندی SVM روی پایگاه داده S با توجه به نمونه‌های انتخاب شده در P_i می‌باشد.

۴. پارامترها : بردار سرعت (V) برای هر ذره مطابق با ابعاد بردار موقعیت در ابتدا به صورت تصادفی تعیین می‌گردد. علاوه بر این، پارامتر pBest به بهترین موقعیت ذره که موفق به رسیدن به آن شده، اشاره دارد و gBest به بهترین موقعیتی اشاره دارد که تاکنون توسط جمعیت ذرات کشف شده است.

۵. به‌روزرسانی سرعت و موقعیت ذرات : در هر تکرار الگوریتم، سرعت و موقعیت هر ذره برمبنای پارامترهای pBest و gBest مطابق روابط (۱۱) و (۱۲) بروز می‌شود.

$$V_{k+1} = V_k + c_1 \times r_1 \times (pBest_k - P_k) + c_2 \times r_2 \times (gBest - P_k) \quad (۱۱)$$

$$P_{k+1} = \langle P_k + V_k \rangle \quad (۱۲)$$

در این روابط، V_k و P_k به ترتیب سرعت و موقعیت فعلی ذره k-ام، c_1 و c_2 پارامترهای ثابت یادگیری و r_1 و r_2 اعداد تصادفی بین [0, 1] هستند. $pBest_k$ بهترین موقعیت ذره k-ام و $gBest$ بهترین موقعیت سراسری در جمعیت است. در این تحقیق به دلیل محیط گسسته از ترم $\langle P_k + V_k \rangle$ برای بروزرسانی موقعیت ذرات استفاده می‌شود. این ترم به صورت عدد گرد برای هر نمونه در نظر گرفته می‌شود. حداقل و حداکثر محدوده سرعت و موقعیت پس از بروزرسانی بررسی می‌شود. حداقل و حداکثر سرعت در محدوده [0, 1] تنظیم شده و بردار موقعیت همواره دارای یکی از دو مقدار ۰ یا ۱ است.

۶. شرط خاتمه : در این تحقیق شرط توقف الگوریتم، تکرار به تعداد نسل ثابت است.

۴-۶ فرایند پیش‌بینی لینک

فرایند پیش‌بینی لینک برای هر کاربر آزمایش به صورت مجزا با توجه به مدل دسته‌بندی انجام می‌شود. برای هر کاربر آزمایش، تعداد Top-K کاربر از بخش آموزش به او پیشنهاد داده می‌شود. فرایند پیش‌بینی لینک در ۵ مرحله انجام می‌شود. ۱- ویژگی‌های کاربر هدف با تمام کاربران آموزش استخراج می‌شود. ۲- یک پایگاه داده کوچک برای کاربر هدف با توجه به ویژگی‌های استخراج شده ایجاد می‌شود. ۳- نمونه‌های مشابه از کلاس عدم ارتباط ادغام می‌شوند. ۴- مدل دسته‌بندی SVM روی پایگاه داده اعمال شده و کاربران آموزشی با کلاس پیش‌بینی شده «ارتباط» انتخاب می‌شوند. ۵- رتبه‌بندی کاربران انتخاب شده با معیار شباهت کاتز انجام شده و Top-K کاربر با بالاترین رتبه به کاربر هدف پیشنهاد می‌گردد.

۴- نتایج و بحث

در این تحقیق آزمایشات گسترده‌ای را برای نشان داده برتری الگوریتم پیشنهادی ارائه شده است. نتایج در مقابل معیارهای شباهت کلاسیک Katz (کاتز)، CN (همسایه مشترک) و همچنین الگوریتم Meta-Path که به تازگی ارائه شده، مورد مقایسه قرار می‌گیرد. برای انجام شبیه‌سازی از نرم افزار MATLAB ورژن 2017a استفاده شده که امکانان و جعبه افزارهای آن اجازه تجزیه و تحلیل دقیق‌تر نتایج روش پیشنهادی را می‌دهد. شبیه‌سازی با استفاده از یک کامپیوتر شخصی با پیکربندی پردازنده اینتل ۵ هسته و فرکانس ۲,۴ گیگاهرتز، حافظه ۱۶ گیگابایت و سیستم عامل ویندوز ۱۰ انجام شده است.

برای حصول اطمینان، در همه مقایسه‌ها از شبکه اجتماعی و پارامترهای یکسانی استفاده شده و به منظور ارائه دقیق‌تر، نتایج به صورت میانگین ۱۰ اجرای متمایز گزارش می‌شوند. علاوه بر این، برای اعتبارسنجی روش 10-Fold استفاده شده است. الگوریتم ازدحام ذرات پیشنهادی با تعداد جمعیت ۳۵ و حداکثر تعداد تکرار ۲۰۰ پیکربندی شده است. سایر پارامترهای استفاده شده در شبیه‌سازی بصورت زیر است:

$\theta = 0.15, \beta = 0.05, c_1 = 0.6, c_2 = 0.4$

برای شبیه‌سازی از مجموعه داده شبکه اجتماعی خودمحور توییتر استفاده شده که یک اطلاعات ان جهتدار می‌باشد. این مجموعه داده از وبسایت SNAP قابل دسترسی آزاد است. مجموعه داده توییتر از تعدادی شبکه EGO تشکیل شده که هر شبکه EGO دارای یک کاربر EGO و تعدادی «حلقه» است. حلقه‌ها لیستی از کاربران را نشان می‌دهند که حول کاربر EGO پخش شده‌اند. با توجه به حجیم بودن داده‌های شبکه اجتماعی توییتر و بالا بودن تعداد شبکه‌های EGO، کاربران و ارتباطات بین آنها، در این پژوهش تنها از بخشی از این اطلاعات برای کار مقایسه و ارزیابی استفاده شده است. در اینجا از ۲۰ شبکه EGO ابتدایی با ۲۱۰۱ کاربر و ۳۴۰۲۳ ارتباط استفاده شده است.

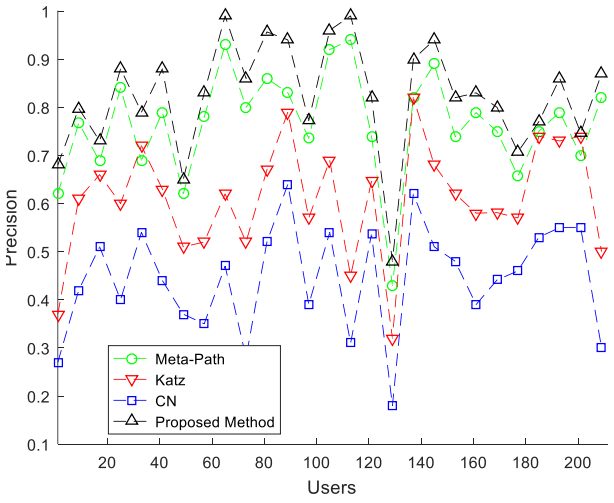
اطلاعات دردست از هر شبکه EGO شامل «لینک‌های جهت‌دار بین کاربران»، «حلقه‌های بین کاربران» و «توییت‌های استفاده شده کاربران» می‌باشد.

در اینجا از معیارهای مختلف و استاندارد Precision (صحت)، Recall (یادآور) و F-Measure (اندازه‌گیری F)، برای ارزیابی و مقایسه نتایج استفاده می‌شود. این معیارها

برای هر کاربر و با توجه به لیست کاربران مرتبط واقعی و لیست کاربران مرتبط پیش‌بینی شده محاسبه می‌شود. معیار Precision نسبت تعداد کاربران مرتبط از لیست Top-K را به تعداد کاربران Top-K محاسبه می‌کند. معیار Recall نسبت تعداد کاربران مرتبط از لیست Top-K را به تعداد به تعداد کل کاربران مرتبط محاسبه می‌کند و معیار F-Measure میانگین هارمونیک نرمال شده معیارهای Precision و Recall است.

مقایسه‌های انجام شده با توجه به دو لیست «کاربران دوست واقعی» و «کاربران دوست پیشنهادی» انجام می‌شود. علاوه بر این، آزمایش‌ها برای هر معیار در دو حالت «ارزیابی برمبنای کاربر» و «ارزیابی برمبنای تعداد پیشنهادات» انجام می‌شود.

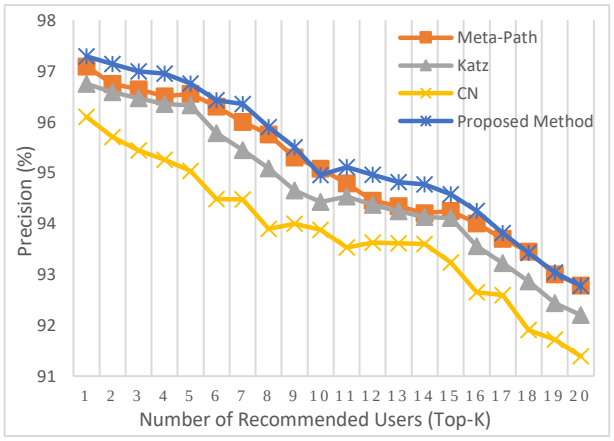
ارزیابی برمبنای کاربر، به این مفهوم است که هر یک از معیارهای ارزیابی براساس اندازه لیست Top-K برای هر یک از کاربران آزمایش محاسبه و ارائه می‌شود. همچنین ارزیابی برمبنای تعداد پیشنهادات، به مفهوم محاسبه هر یک از معیارهای ارزیابی برای تمام کاربران آموزش با اندازه لیست Top-K مشخص و گزارش هر معیار بصورت میانگین است. در اولین آزمایش Top-K را برابر ۱۰ در نظر گرفته و معیار Precision برای هر کاربر آزمایش در شکل ۱ گزارش شده است.



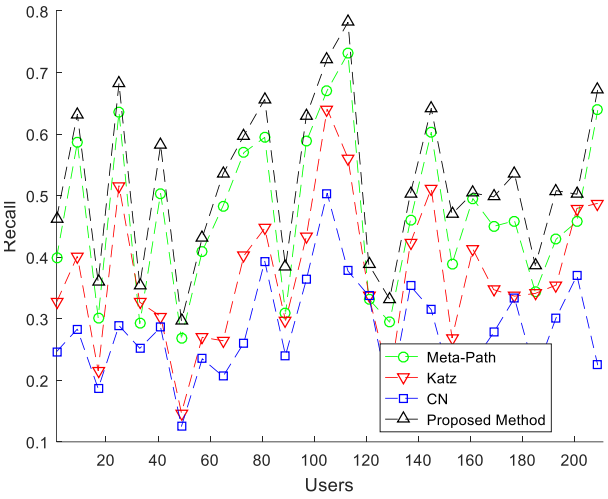
شکل ۱ : نتایج معیار Precision برای هر کاربر

نتایج این مقایسه برتری روش پیشنهادی را برای اغلب کاربران نشان می‌دهد. پس از روش پیشنهادی، الگوریتم‌های Meta-Path، Katz و CN در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در آزمایش دیگری مقدار Top-K از ۱ تا ۲۰ بصورت میانگین این معیار برای همه کاربران آزمایش ارائه شده است. اینکار عملکرد بهتری را برای مقایسه از معیار Precision ارائه می‌دهد. شکل ۲ نتایج این مقایسه را نشان می‌دهد.

نتایج برتری محسوس روش پیشنهادی در اغلب Top-Kها را نشان می‌دهد. بجز در تعداد ۱۰، ۱۸، ۱۹ و ۲۰، در سایر موارد روش پیشنهادی از الگوریتم Meta-Path عملکرد بهتری دارد. در بهترین حالت معیار Precision برای روش پیشنهادی ۹۷/۳ درصد است و این دقت با Top-K=1 حاصل شده است. در آزمایش بعدی نتایج مقایسه معیار Recall در شکل ۳ برای هر کاربر آزمایش و Top-K = 10 ارائه شده است.

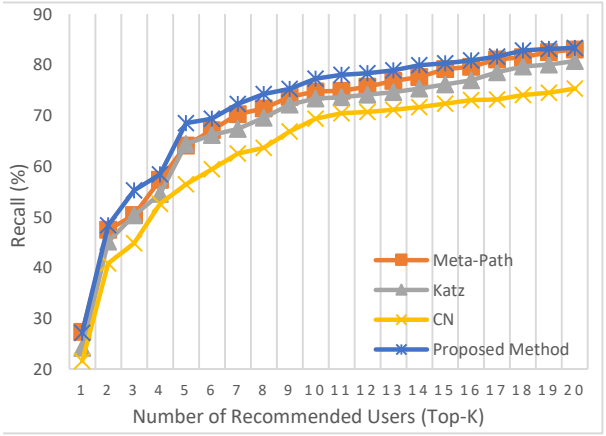


شکل ۲ : نتایج معیار Precision با تعداد کاربران پیشنهادی مختلف



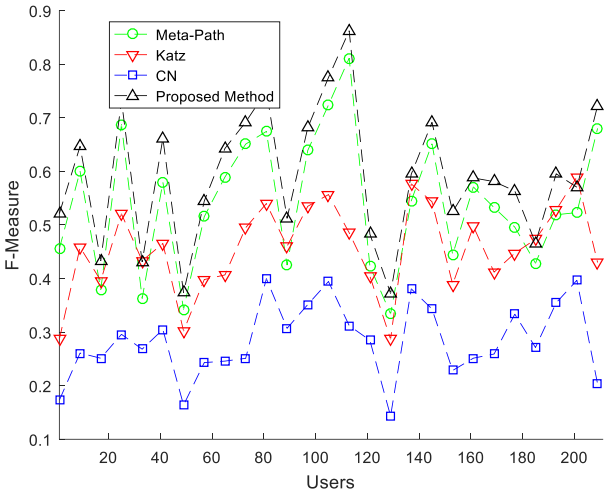
شکل ۳ : نتایج مقایسه معیار Recall برای هر کاربر

مشابه معیار Precision، در این معیار نیز اندازه Top-K بر روی دقت حاصل شده تأثیر دارد. از اینرو نتایج این معیار برای روش‌های مختلف و Top-Kهای ۱ تا ۲۰ مورد بررسی قرار داده شده است. شکل ۴ نتایج این مقایسه را نشان می‌دهد.



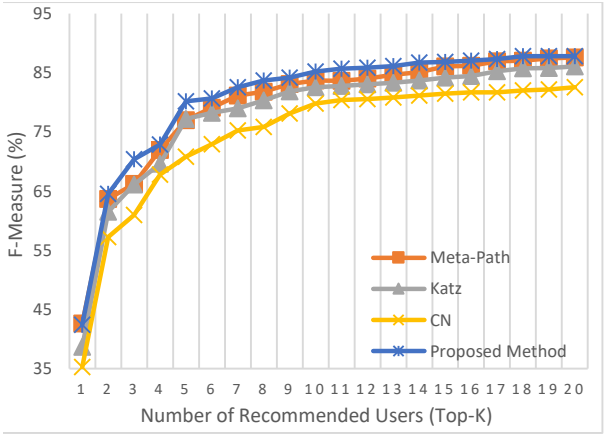
شکل ۴ : نتایج معیار Recall با تعداد کاربران پیشنهادی مختلف

نتایج این مقایسه نشان می‌دهد که در همه تعداد مختلف از Top-K به جزء ۲ و ۲۰، روش پیشنهادی نسبت به همه روش‌ها برتر است. پس از روش پیشنهادی، الگوریتم‌های Meta-Path، Katz و CN به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در حالت میانگین معیار Recall در روش پیشنهادی با تعداد کاربران پیشنهادی ۲۰ برابر ۸۳/۳۱ درصد است. این در حالی است که در بهترین حالت گاهی دقت روش پیشنهادی به حدود ۸۸ درصد نیز می‌رسد. در نهایت شکل ۵ نتایج مقایسه معیار F-Measure را برای روش پیشنهادی و روش‌های Meta-Path، Katz و CN نشان می‌دهد. این آزمایش برای هر کاربر آزمایش و براساس Top-K = 10 انجام شده است.



شکل ۵ : نتایج معیار F-Measure برای هر کاربر

در آزمایش دیگری به منظور بررسی دقیق‌تر، نتایج معیار F-Measure برای تعداد کاربران پیشنهاد شده مختلف بررسی شده است. در اینجا تعداد تعداد کاربران پیشنهاد شده از ۱ تا ۲۰ در شکل ۶ مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۶ : نتایج معیار F-Measure با تعداد کاربران پیشنهادی مختلف

نتایج این مقایسه برتری روش پیشنهادی را به وضوح نشان می‌دهد. بهترین عملکرد روش پیشنهادی در این معیار با Top-K = 18 و دقت ۸۷/۷۹ درصد حاصل شده است. پس از روش پیشنهادی Meta-Path با Top-K = 20 و دقت ۸۷/۵۹ درصد در رتبه دوم قرار دارد. الگوریتم‌های Katz و CN نیز به ترتیب با ۸۶/۰۷ و ۸۲/۵۷ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. به طور کلی نتایج برتری روش پیشنهادی را در اغلب آزمایش‌ها و به ازای برخی معیارها نشان می‌دهد. در سایر موارد نیز روش پیشنهادی نتایج قابل قبولی را گزارش داده است.

نتایج مقایسه‌ها نشان می‌دهد که در اغلب مواقع دو روش CN و Katz عملکرد ضعیف‌تری در مقابل روش‌های پیشنهادی و MetaPath دارند. دلیل این امر خصوصیت این الگوریتم است. در CN فقط به تعداد همسایگان و در Katz به فرکانس و طول مسیر توجه می‌شود و اهمیتی به ویژگی‌های شبکه‌های اجتماعی خودمحور داده نمی‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که این دو الگوریتم که تنها بر اساس خصوصیت گراف محلی کار می‌کنند چندان برای شبکه‌های اجتماعی خودمحور مناسب نیستند.

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک روش ترکیبی مبتنی بر الگوریتم‌های فراابتکاری برای بهبود مسئله پیش‌بینی لینک در شبکه اجتماعی توییتر ارائه شد. الگوریتم ازدحام ذرات برای ایجاد یک پایگاه داده دو کلاسه از ویژگی‌های توپولوژیکی گراف شبکه اجتماعی و الگوریتم دسته‌بندی ماشین بردار پشتیبان برای مدل کردن این پایگاه داده استفاده شد. به طور کلی استفاده از ویژگی‌های محلی و توپولوژیکی مختلف استخراج شده یکی از عوامل برتری روش پیشنهادی است. از دیگر عوامل این برتری می‌توان به ساختار الگوریتم ازدحام ذرات در کاهش پراکندگی داده‌های پایگاه داده اشاره کرد. همچنین در نظر گرفتن توییت‌های مشترک کاربران در افزایش دقت روش پیشنهادی مؤثر بوده است. به طور کلی، برتری روش پیشنهادی در معیار F-Measure و در مقابل روش‌های Meta-Path، Katz و CN به ترتیب ۰/۲۳، ۱/۹۹ و ۶/۳۲ درصد می‌باشد.

مراجع

[1] Acquisti, A., & Gross, R. (2009). Predicting social security numbers from public data. Proceedings of the National academy of sciences, 106(27), 10975-10980.
[2] Barabâsi, A. L., Jeong, H., Néda, Z., Ravasz, E., Schubert, A., & Vicsek, T. (2002). Evolution of the social network of scientific collaborations. Physica A: Statistical mechanics and its applications, 311(3), 590-614.
[3] Papadimitriou, A., Symeonidis, P., & Manolopoulos, Y. (2012). Fast and accurate link prediction in social networking systems. Journal of Systems and Software, 85(9) 2119-2132.
[4] Jalili, M., Orouskhani, Y., Asgari, M., Alipourfard, N., & Perc, M. (2017). Link prediction in multiplex online social networks. Royal Society Open Science, 4(2), 160-863.
[5] Szczepański, P. L., Barcz, A. S., Michalak, T. P., & Rahwan, T. (2015). 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.
[6] 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.

2016 24th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE) (pp. 529-532). IEEE.
[18] Srilatha, P., & Manjula, R. (2017, August). Structural similarity based link prediction in social networks using firefly algorithm. In 2017 International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon) (pp. 560-564). IEEE.
[19] 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.

[20] Stephen, S. C., Xie, H., & Rai, S. (2017, July). Measures of Similarity in Memory-Based Collaborative Filtering Recommender System: A Comparison. In Proceedings of the 4th Multidisciplinary International Social Networks Conference on ZZZ (p. 32). ACM.

[21] Sperlì, G., Amato, F., Mercorio, F., Mezzanzanica, M., Moscato, V., & Picariello, A. (2018). A Social Media Recommender System. International Journal of Multimedia Data Engineering and Management (IJMDEM), 9(1), 36-50.
[22] Madahali, L., Najjar, L., & Hall, M. (2019, March). Exploratory Factor Analysis of Graphical Features for Link Prediction in Social Networks. In International Workshop on Complex Networks (pp. 17-31). Springer, Cham.
[23] Aghabozorgi, F., & Khayyambashi, M. R. (2018). A new similarity measure for link prediction based on local structures in social networks. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 501, 12-23.
[24] Parvazeh, F., Harounabadi, A., & Naizari, M. A. (2016). A Recommender System for Making Friendship in Social Networks Using Graph Theory and users profile. Journal of Current Research in Science, (1), 535.

[25] Chen, B., & Chen, L. (2014). A link prediction algorithm based on ant colony optimization. Applied Intelligence, 41(3), 694-708.

[26] Sherkat, E., Maseud R., and Masoud A.(2015) "Structural link prediction based on ant colony approach in social networks." Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 419 : 80-94.

[7] Katz, L. (1953). A new status index derived from sociometric analysis. Psychometrika, 18(1), 39-43.
[8] Al Hasan, M. and Mohammed J. Z. (2011). A survey of link prediction in social networks. In Social network data analytics, Springer US. 243-275.
[9] Bliss, C. A., Frank, M. R., Danforth, C. M., Dodds, P. S. (2014). An evolutionary algorithm approach to link prediction in dynamicsocial networks. Journal of Computational Science, 5(5), 750-764.
[10] Papadimitriou, A., Panagiotis s., & Yannis M. (2014). Fast and accurate link prediction in social networking systems. Journal of Systems and Software, 85(9), 2119-2132.
[11] Niwattanakul, S., Singthongchai, J., Naenudorn, E., & Wanapu, S. (2013, March). Using of Jaccard coefficient for keywords similarity. In Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 1(6).
[12] Al Hasan, M., Chaoji, V., Salem, S., & Zaki, M. (2006, April). Link prediction using supervised learning. In SDM06: workshop on link analysis, counter-terrorism and security.
[13] Bilgic, M., Namata, G. M., & Getoor, L. (2007, October). Combining collective classification and link prediction. In Seventh IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW 2007) (pp. 381-386). IEEE.
[14] Doppa, J. R., Yu, J., Tadepalli, P., & Getoor, L. (2010, September). Learning algorithms for link prediction based on chance constraints. In Joint European conference on machine learning and knowledge discovery in databases (pp. 344-360). Springer, Berlin, Heidelberg.
[15] Li, J. C., Zhao, D. L., Ge, B. F., Yang, K. W., & Chen, Y. W. (2018). A link prediction method for heterogeneous networks based on BP neural network. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 495, 1-17.
[16] Moradabadi, B., & Meybodi, M. R. (2018). Link prediction in weighted social networks using learning automata. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 70, 16-24.
[17] Torabi, N., Shakibian, H., & Charkari, N. M. (2016, May). An ensemble classifier for link prediction in location based social network. In

ایمنی تصویربرداری تشدید مغناطیسی در بیماران دارای ضربان‌ساز و دفیبریلاتور قلبی قابل‌کاشت

نویسندگان: مهران کریمیان ریزی –mehrankarimian97@ms.tabrizu.ac.ir – دانشگاه تبریز
مریم فریور- farivar.maryam@yahoo.com - استاد مدعو دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده: تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)، در بیمارانی که دستگاه‌های الکترونی قلبی – عروقی کاشته شده مانند ضربان‌ساز قلبی یا دفیبریلاتور قلبی (ICD) دارند، مدتهاست که ممنوع است که دلیل آن ریسک عوارض شدید و حتی مرگ در اثر برهم‌کنش‌های تشدید مغناطیسی (MR) در پیرامون دستگاه‌های الکترونیکی است. در دهه گذشته، درک بهتر مکانیسم-هایی که عوارض تهدیدکننده حیات ایجاد می‌کنند و همچنین پیشرفت‌های فنی، منجر به افزایش تعداد بیماران ICD و ضربان‌سازی شده است که به صورت ایمن تحت MRI قرار می‌گیرند. این مقاله مروری، یافته‌های کلیدی را بر اساس تحقیقات پایه و آزمایش‌های بالینی در طول ۲۰ سال گذشته و تاثیر آن بر اقدامات بالینی کنونی فهرست می‌کند. امروزه که دستگاه‌های MR مشروط به عنوان استاندارد مراقبت به کار می‌روند، MRI در بیماران دارای ضربان‌ساز و ICD به صورت یک روش رایج بالینی به کار گرفته می‌شود. بااین‌وجود، مراقبت‌ها و توصیه‌های خاص ارائه شده برای این دستگاه‌ها باید به دقت انجام شود تا ریسکی برای بیمار ایجاد نشود که این امکان می‌تواند سبب ظهور فناوری‌های MR جدید و افزایش شاخص‌ها و تعداد بیماران در آینده شود.

کلیدواژه‌ها: *ضربان‌ساز قلبی، تصویربرداری تشدید مغناطیسی قلبی‌عروقی،* ICD، *دفیبریلاتور قلبی قابل‌کاشت، دستگاه‌های* MRI *مشروط، ایمنی* MRI

۱-مقدمه

تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)، تکنیک تصویربرداری‌ای است که در انواع کارهای تشخیصی در رابطه با بی‌نظمی‌های عصبی، بیماری‌های عضلانی و اسکلتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهم‌تر اینکه، MRI، کنتراست بافت نرم بهتری را در مقایسه با دیگر روش‌های تصویربرداری ارائه می‌کند بدون اینکه تابش را یونیده کند. در حوزه قلبی‌عروقی، MRI امروزه یک روش عالی برای ارزیابی عملکرد موضعی و عمومی قلب، شناسایی آسیب میوکاردیال و احتمال حیات بعد از سکته قلبی، بیماری قلبی مادرزادی و شناسایی التهاب یا انفیلتراسیون قلبی در بیماری‌های نادر مانند بیماری فابری یا بی‌نظمی‌های هماتولوژیکی خاص است [۱]. همزمان، تعداد بیمارانی که دستگاه الکترونیکی قلبی‌عروقی کاشته شده (CIED) را دریافت کرده‌اند به‌سرعت و پیوسته در حال افزایش است و اکنون چندین میلیون نفر در سراسر جهان را شامل می‌شود. در اوایل ۲۰۰۵، برآورد شد که تقریباً ۷۵٪ همه بیماران با سیستم‌های ضربان‌ساز یا دفیبریلاتور قلبی قابل‌کاشت (ICD) در آینده نیاز به بررسی MRI دارند که به علت احتمال بالای بیماری‌های همزمان مانند سکته، بیماری‌های کمر، آرتروز یا سرطان در این گروه از بیماران است [۲]. بااین‌وجود، یک دهه پیش در بیمارانی که دستگاه‌های قلبی کاشته‌شده داشتند، MRI به علت نگرانی‌های ایمنی جدی، ممنوع بود. در سال ۲۰۱۱ بود که FDA، اولین سیستم ضربان‌ساز کاندیشنال تشدید مغناطیسی (MR) را تأیید

کرد. در ادامه، ما توسعه دستگاه‌ها و آزمون‌های بالینی را در ده سال گذشته مرور می‌کنیم که منجر به تأیید EMA کنونی شده است که اکنون به کمک آن می‌توان نه‌تنها ضربان‌ساز بلکه حتی بیمارانی که ICD را دارند نیز با اسکنرهای ۱/۵ و ۳T بررسی کرد که مقدار آن وابسته به پیش‌نیازهای خاص است.

۲- عوارض جانبی

ایمنی آزمایش‌های MRI در بیمارانی که دستگاه‌های ریتمی کاشته‌شده دارند، همواره در انجمن‌های ریتم‌شناسی و تصویربرداری، مورد بحث بوده است. بااین‌وجود، چندین مورد مرگ‌ومیر در سراسر جهان در قرن بیستم رخ داده است. بااین‌وجود، این رویدادها عموماً به خوبی مستند نشده‌اند زیرا کارکنان MRI، از وجود این دستگاه‌ها آگاهی نداشته‌اند و در نتیجه، آزمایش‌های MRI توسط کاردیولوژیست‌های آموزش‌دیده متخصص صورت نگرفته‌اند [۳ – ۸].

بر اساس مطالعات درون‌تنی و برون‌تنی که تمرکز آن‌ها بر فرکانس رادیویی (RF) بوده است که نوک ضربان‌ساز قلبی را در اثر MRI گرم می‌کنند، نگرانی ایمنی بازهم افزایش یافته است [۹ – ۱۰]. در شرایط بالینی کاملاً مستند مشابه، جراحات شدید و دائمی در اثر سوختگی‌های RF حاصل از الکترودهای کاشته شده برای تحریک عمقی مغز در طول MRI ثبت شده است [۱۱]. گزارش‌های ارائه شده راجع به افزایش آستانه‌های ضربان در برخی بیماران ضربان‌ساز بعد از MRI نیز نشان داده است که گرمایش RF در نوک دستگاه، می‌تواند منجر به ایجاد خطر برای بیمار شود [۱۲، ۱۳]. دیگر نگرانی‌های ایمنی، مربوط به نقص دستگاه‌های الکترونیکی و باطری در درجه بالاتر است [۱۳، ۱۴]. مطالعات تجربی بر روی مدل خوکی، پتانسیل واقعی ایجاد تاکی‌کاردی قلبی را در اثر تصویربرداری MR از ضربان‌سازهای قلبی نشان داده است [۱۰]؛ بنابراین، دستورالعمل‌های اولیه، نشان داده است که در ICD ها و ضربان‌سازها، MRI مرسوم، منع استعمال دارد [۱۵].

۲- ملاحظات فنی

زمانی که از تکنیک MRI برای تصویربرداری بهره می‌گیریم، انواع مختلف میدان‌های الکترومغناطیسی که این پتانسیل را داشته‌اند که با الکترودهای ضربان‌سازهای قلبی یا ICD ها تداخل کنند، مانند میدان مغناطیسی استاتیک، میدان‌های گرادیان پالسی و میدان‌های RF. بیماران با CIED که در محیط MRI قرار می‌گیرند، در معرض انواع ریسک‌هایی هستند که از این میدان‌های الکترومغناطیسی مختلف نشئت می‌گیرد که سه اثر مجزا را می‌توان تمایزیابی کرد: آثار مکانیکی، آثار الکترومغناطیسی و آثار گرمایی.

۲-۱ آثار مکانیکی

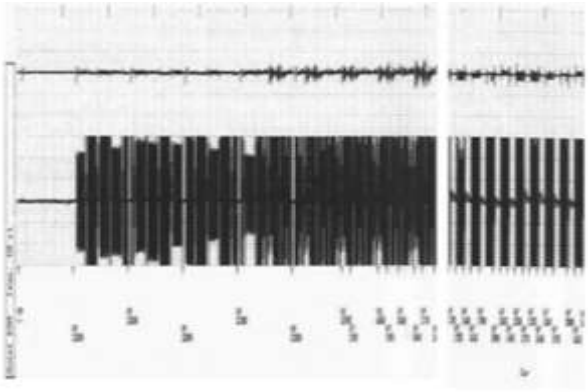
درحالی‌که که حرکت مکانیکی (که درنهایت منجر به جابه‌جایی الکترود یا دستگاه می‌شود) در اصل یکی از تهدیدهای نگران‌کننده بود، حتی الکترودهای ضربان‌سازهای قدیمی نیز مواد فرومغناطیسی قوی نداشتند [۱۶]؛ بنابراین، میدان مغناطیسی استاتیک که امروزه در شرایط MRI بالینی روزمره مورد استفاده قرار می‌گیرد (تا 3T)، یا تداخلی با الکترودها نشان نمی‌دهد یا تداخل آن قابل چشم‌پوشی است. این امر برای دستگاه‌های الکترونیکی که شامل چندین مؤلفه فرومغناطیس هستند صادق نیست. اگرچه مؤلفه‌های این دستگاه‌های فرومغناطیسی در دستگاه‌های ریتمی قلبی همچنان درحال کاهش هستند، برخی از بخش‌های ضروری مانند باتری و مبدل برای بارگیری خازن‌ها در ICD همچنان ضروری هستند. تهدید حرکت دستگاه ICD یا ضربان‌سازهای مکانیکی، با شدت میدان مغناطیسی، حرکت مواد فرومغناطیسی در دستگاه، فاصله از سوراخ اسکنر MR و پایداری دستگاه در جعبه افزایش می‌یابد (ایمپلنت‌های قدیمی، پوشش فیبروتیک دارند) [۱۷]. تحقیقات تجربی بیشتر ثابت کرده است که آثار گشتاوری و نیروی مکانیکی در اقدامات بالینی رایج امروزه در اسکنرهای ۱/۵T از رده آثار گرانشی و شتاب فیزیولوژیکی هستند [۱۸]. منجر به نمایندگی صحیح و انتخاب مدل (گروه) شود. این را می‌توان با تغییر اندکی در اصطلاح داده‌ها در (۲،۶) انجام داد. برای هر بردار داده

x_iیک خطای بازسازی با استفاده از تنها عناصر مشاهده شده محاسبه می‌شود. توجه داشته باشید که اجزاء گمشده بر سایر شرایط معادله تأثیر نمی‌گذارند.

۲-۲ آثار الکترومغناطیسی

علاوه بر جابه‌جایی مکانیکی دستگاه، میدان مغناطیسی استاتیک می‌تواند بر عملکرد دستگاه نیز تأثیر داشته باشد بدین‌صورت که بر رفتار ریدسوئیچ تأثیرگذار است. در تئوری، فعال‌سازی ریدسوئیچ با یک آهنربا، ضربان‌ساز را در مد غیرهمزمان قرار می‌دهد و آشکارسازی تاکی‌کاری را ناممکن می‌سازد و/یا در مورد تاکی‌کاردی بطنی سبب مرگ‌ومیر می‌شود و بلافاصله به کمک کارکنان مدنظر پایان نمی‌گیرد.

میدان‌های گرادیان پالسی و RF این اسکنرها نیز جریان-های الکتریکی را در الکترودهای ضربان‌ساز القا می‌کنند که می‌تواند منجر به حسگری بیش‌ازحد یا کمتر از حد در CIED شود که سبب می‌شود ضربان قلبی لازم در دستگاه تولید نشود یا ضربان ضد تاکی‌کاردی یا شوک ایجاد شود (شکل ۱). بااین‌وجود، انتقال شوک ICD واقعی در حفره اسکنر، در اغلب موارد به علت آثار میدان مغناطیسی خارجی روی خازن ICD ممکن نیست [۱۹]. این امر نه‌تنها منجر به تخلیه باتری می‌شود بلکه ممکن است تاکی‌کاردی حاد در حفره اسکنر رخ دهد. به‌علاوه، میدان‌های گرادیان پالسی ممکن است آن‌قدر قوی باشند که قلب را به‌صورت الکتریکی تحریک کنند و درنهایت سبب اریتمی بطنی شوند [۲۰، ۲۱]. در بیماران کاملاً نظارت شده، خطرات نظری به‌صورت تجربی تکرار شده‌اند که بیانگر این است که در مدل خوکی، این آثار می‌توانند سبب القای تاکی‌کاردی بالینی شوند [۱۰، ۲۳]؛ بنابراین، القای اریتمی ممکن است محتمل‌ترین توضیح برای چند مرگ گزارش شده در بیماران درای ضربان‌ساز در اثر MRI باشد [۴، ۸].

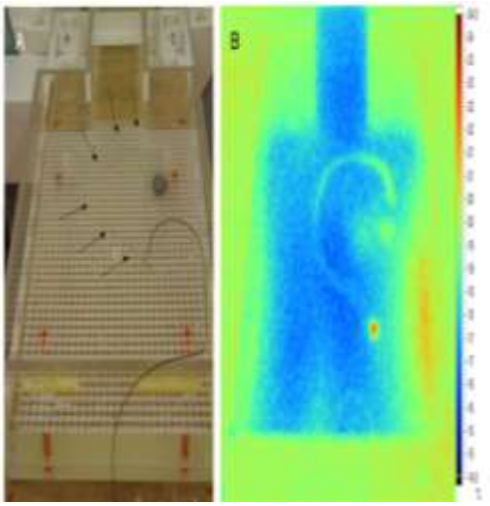


شکل ۱: میدان‌های گرادیان پالسی

۲-۳ آثار گرمایشی

برخلاف میدان‌های گرادیان پالسی به کار رفته در کدگذاری موضعی در MRI که اساساً تداخل الکتریکی با CIED را نشان می‌دهند، پالس‌های RF تکرارشده که برای القای سیگنال در MRI به کار می‌روند، میدان‌های الکتریکی قوی در بدن ایجاد می‌کنند که منجر به نهشت انرژی RF در بافت می‌شود [۲۴]. این امر، منجر به گرمایش بافت بدن تا چندین درجه سلسیوس حتی در بیماران بدون CIED می-شود. میزان جذب انرژی واقعی در بافت پیرامونی، اساساً حاصل آهنگ جذب ویژه است و به اندازه و شکل بدن و پروتکل تصویربرداری نیز بستگی دارد. الکترودهای CIED، آثار جفت‌شدگی الکترومغناطیسی قوی با میدان‌های RF ایجاد شده در بدن را نشان می‌دهند [۲۵ – ۲۷]. این اثر که اثر آنتنی نام دارد، احتمال گرمایش موضعی شدید (شکل ۲) و درنتیجه تخریب بافت را به علت آدِم یا نکروز در فصل مشترک دستگاه و بافت از جمله نوک الکترود ایجاد می‌کند [۲۸]. این آثار گرمایی، درنهایت منجر به افزایش آستانه ضربان، افت عملکرد یا القای اریتمی می‌شوند. آهنگ جذب ویژه، طرح الکترود و پیکربندی این الکترودها در بدن، تعیین‌کننده‌های کلیدی جذب انرژی RF موضعی هستند [۲۱، ۲۸]. الکترودهای شکسته‌شده یا رهاشده یا الکترودهای اپی‌کاردیال که با جریان خون خنک نمی‌شوند، ممکن است ریسک گرمایش شدید را افزایش دهند [۲۹]. همچنین انتخاب خوب دستگاه تشدید مغناطیسی می‌تواند،

خطرات گرمایش بالقوه را در بیماران CIED بسیار کاهش دهد [۳۰].



شکل ۲: اثر آنتنی

۳- تصویربرداری تشدید مغناطیسی و دستگاه الکترونیکی کاشته‌شده قلبی در اوایل قرن بیستم

یک دهه پیش، توسعه سریع و کاربرد MRI و CIED در اقدامات بالینی، ملاحظات فنی و گزارش‌های بالینی متعدد درباره وقوع یا عدم وقوع عوارض جانبی، منجر به جلب توجه سریع کاردیولوژیست‌ها و رادیولوژیست‌ها به این حوزه شد و توجه صنایع دستگاه‌های قلبی را نیز به این حوزه جلب کرد. در یک سرمقاله راجع به این موضوع در سال ۲۰۰۵، بیان شد که به‌منظور اسکن MR در ایمن‌ترین حد ممکن، باید تلاش صنعتی گسترده از مفهوم تا بازار در طراحی و ساخت دستگاه‌های قلبی قابل کاشت و الکترودهای آن‌ها در محیط MRI صورت گیرد [۳۱]. در این زمینه، همه مؤلفه‌های یک سیستم قابل کاشت باید در فناوری‌های کنونی و در حال تکامل MRI توسعه یافته، آزمایش شوند و ایمنی آن‌ها اثبات شود. این دیدگاه با شرکت‌های سازنده نیز در میان گذاشته شده است و آن‌ها چالش بررسی این نیاز پزشکی برآورده نشده را در طراحی‌های آتی دستگاه به‌منظور ایمنی حتمی دستگاه پذیرفته‌اند [۳۲ – ۳۴].

۴- آزمایش‌های بالینی روی تصویربرداری تشدید مغناطیسی در بیمارانی با PM های مرسوم و دفیبریلاتورهای قلبی قابل کاشت

در سال ۲۰۰۷، داده‌ها و مشاهدات فهرست شده در بالا، در دستورالعمل‌های متمرکز بر ایمنی MRI و بیماران دارای دستگاه قلبی به کار گرفته شدند که توسط سازمان‌های کلیدی مختلف رادیولوژی و کاردیوگرافی ارائه شده است و در آن، اسکن MRI بیماران با PM و ICD ممنوع شده است [۱۵]. بااین‌وجود، در طول ۲۰ سال گذشته، انواع مطالعات بالینی کوچک‌تر، جنبه‌های ایمنی اسکن‌های MRI بالینی را در بیماران ضربان‌ساز بررسی کرده‌اند. این مطالعات، از نظر شدت میدان (T3-۰/۲)، نوع و ناحیه بدن تحت MRI، پروتکل تصویربرداری، محدودیت‌های آهنگ جذب خاص و البته نوع ضربان‌ساز (تک یا دومحفظه) و سازنده دستگاه با همدیگر متفاوت هستند.

۴-۱- بیماران ضربان‌ساز

اغلب مطالعات اولیه بر آزمایش‌های اسکنرهای 0.5T متمرکز شده بودند [۳۵ – ۳۸]. در کل ۹۹ بیمار، هیچ عارضه جانبی مهمی گزارش نشد. مشکلات گزارش شده، فعال‌سازی رید سوئیچ و کاهش ولتاژ باتری در بیماران انتخابی بود [۳۸]. یک مطالعه جدید که این آثار را در اسکنرهای MRI میدان کوچک امروزی بررسی می‌کرد، در 0.2 T انجام شد [۳۹]. در ۱۱۴ بیمار، هیچ عوارض جانبی-ای آشکارسازی نشد.

تاکنون،۱۴ مطالعه، خروجی اسکنرهای MR T ۱/۵ را در ۸۰۶ بیمار بررسی کرده است [۱۲، ۱۳، ۴۰ – ۵۱]. هیچ مشکل شدید یا عوارض جانبی‌ای گزارش نشد. مشابه با آزمون‌های توموگراف‌های ۰/۵TR، تأثیر بر عملکرد دستگاه در چندین مورد دیده شد که شامل کاهش ولتاژ باتری، افزایش آستانه‌های ضربان، یا راه‌اندازی مجدد بود. تغییرات آشکارشده در پارامترهای الکترود، نیازمند برنامه‌نویسی یا جراحی مجدد نبودند. آخرین مطالعه نیز آثار بلندمدت را بررسی کرد. یک‌صد و پانزده آزمایش روی ۸۲ بیمار انجام

شد. افزایش آستانه ضربان به بیش از ۱،۰ ولت در ۰٫۳ الکترودها گزارش شد. در هفت بیمار، راه‌اندازی مجدد ضربان‌ساز به همراه برنامه‌نویسی جدید برای دستگاه لازم شد [۱۳]. یک مطالعه در اسپانیا که بر ۲/۰T MRI انجام شد، اسکن بی‌وقفه ۱۳ بیمار را بررسی کرد [۵۲].

اخیراً، اولین مطالعات در ۳/۰T انجام شدند تا ایمنی ایمپلنت‌های الکتریکی قلبی در شدت‌های میدان مغناطیسی بالاتر ارزیابی شود. در کل ۴۴ بیمار که همگی تحت اسکن‌های جمجمه‌ای MR با استفاده از کویل اصلی گیرنده – فرستنده قرار گرفته بودند، هیچ تغییر بالینی در پارامترها و پیکربندی دستگاه مشاهده نشد و اریتمی یا راه-اندازی الکتریکی مجدد رؤیت نشد [۵۳]. یک آزمایش روی ۱۴ بیمار که محدودیت اسکن نداشتند، نیز عوارض جانبی را نشان نداد [۵۴].

مطالعات بالینی مهم MRI روی بیماران دارای ضربان‌ساز قلبی در جدول ۱ جمع‌بندی شده‌اند. البته ۱۵ آزمون (از ۲۴ مورد) بیماران وابسته به ضربان‌ساز نداشتند. این امر می‌تواند نتیجه‌گیری درباره ایمنی اسکن‌های MR را در این بیماران تحت شعاع قرار دهد.

جدول ۱: مطالعات بالینی MRI روی بیماران دارای ضربان‌ساز قلبی

No. of patients	Trial	Field strength
۱۱۴	۳۹	۰,۲
۱۸	۳۶	۰,۵
۴۴	۳۷	
۳۲	۳۸	
۵	۳۵	
۵۴	۱۲	۱,۵
۴۰	۴۰	
۸۲	۱۳	
(نهایی ۵۵) ۳۱	۴۱	
(نهایی ۳۷) ۳۲	۴۲	
(نهایی ۵۲) ۴۶	۴۴	
۴۷	۴۳	
(نهایی ۱۲۷) ۱۰۵	۴۵	
(نهایی ۱۸) ۹	۴۶	
(نهایی ۳۸) ۲۴	۴۷	
(نهایی ۳۳) ۲۸	۴۸	
(نهایی ۴۳۸) ۲۳۷	۴۹	
(نهایی ۱۰۹) ۶۹	۵۰	
۳۲	۵۱	
۱۳	۵۲	۴
۴۴	۵۳	۳
۱۴	۵۴	

۴-۲- بیماران دارای دفیبریلاتور قلبی قابل‌کاشت

تأثیر اسکن 1.5 T MR روی عملکرد دستگاه در بیماران ICD در ۱۳ مطالعه بررسی شده است [۴۱ – ۵۰، ۵۵ – ۵۸]. در کل، ۳۶۵ بیمار وارد نشده‌اند. قدرتمندترین آزمون از نظر تعداد بیماران در ارزیابی ایمنی MRI در بیماران ICD، روی ۲۰۱ بیمار انجام شد [۴۹]. برای ارزیابی آثار جانبی بلندمدت، بعد از ۳ و ۶ ماه از انجام MRI، دستگاه بررسی شد. اگرچه آثار کوچکی گزارش شد، اما تغییر بالینی قابل‌توجهی وجود نداشت که نیازمند برنامه‌ریزی مجدد دستگاه یا مشاهده مولد یا الکترودها باشد. البته، سه بیمار، راه‌اندازی مجدد دستگاه را در طول اسکن‌های MR قلبی یا بطنی تجربه کردند. این مطالعه نتیجه گرفت که MRI را می‌توان روی بیماران ICD به کار برد به شرطی که تصویربرداری جایگزین وجود نداشته باشد مشروط بر اینکه MRI در مراکزی با تجهیزات و تجربه کافی صورت گیرد.

مطالعات بالینی اصلی اسکن‌های MRI که روی بیمارانی با ICD انجام شدند، در جدول ۲ جمع‌بندی شده‌اند.

جدول ۲: مطالعات بالینی اصلی اسکن‌های MRI که روی بیمارانی با ICD انجام شدند

No. of patients	Trial	Field strength
۱۱	۵۵	
۷	۵۸	
۲۴ (نهایی ۵۵)	۴۱	
۵ (نهایی ۳۷)	۴۲	
۸	۵۷	
۲۲ (نهایی ۱۲۷)	۴۴	۱,۵
۹ (نهایی ۱۸)	۴۶	
۱۴ (نهایی ۳۸)	۴۷	
۵ (نهایی ۳۳)	۴۸	
۲۰۱ (نهایی ۴۳۸)	۴۹	
۴۰ (نهایی ۱۰۹)	۵۰	

بسیاری از آزمون‌های MRI روی بیماران CIED، شامل بیمارانی است که به اسکن سینه نیاز دارند. اگرچه، ملاحظات نظری و یافته‌های تجربی، افزایش ریسک [۳۰] را در این بیماران نشان می‌دهند، هیچ مدرک مشخصی هنوز در این آزمون‌های بالینی ارائه نشده است که اسکن سینه، بیش از اسکن نواحی خارج از قفسه سینه، عوارض جانبی ایجاد کند.

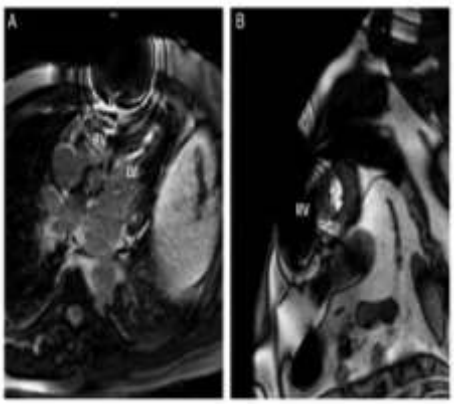
۴-۳- تصویربرداری از قطعات در بیمارانی با دستگاه الکترونیکی کاشته‌شده قلبی

دستگاه‌های پزشکی فلزی و دیگر دستگاه‌های رسانای الکتریسیته، نه‌تنها سبب آسیب مستقیم به بیمار در محیط MRI می‌شوند بلکه ریسک اختلال در تصاویر MR را نیز ایجاد می‌کنند. این امر می‌تواند توان تشخیصی MRI را بسیار کاهش دهد به‌ویژه اگر دستگاه‌های قلبی‌عروقی نزدیک به ناحیه مدنظر نصب شده باشند مانند تصویربرداری قلبی یا سینه (شکل ۳). درحالی‌که بررسی‌های مربوطه دریافته‌اند که سیستم‌های ضربان‌ساز مدرن، تنها اثر اندکی روی تصاویر MR قلبی ایجاد می‌کنند (حداقل زمانی که در ناحیه صدری راست نصب شده باشند) و به‌ویژه سیستم‌های ICD معمولاً سبب اختلال بیشتر در تصویربرداری یا حتی عدم وجود سیگنال در تصاویر قلبی می‌شوند که اساساً به علت باتری بزرگ‌تر است [۵۹، ۶۰]. این اثر را حتی می‌توان در دستگاه‌های شرطی MR نیز تجربه کرد و باید قبل از انجام MRI روی بیماران در نظر گرفته شود تا در صورت امکان تکنیک تشخیصی جایگزین ارائه شود.

۵- دستگاه‌های الکترونیکی قلبی‌عروقی شرطی – تشدید مغناطیسی

اصلاحات زیر به‌عنوان یک سیستم فوق‌منظم برای طبقه‌بندی ایمنی MRI در محصولات پزشکی به کار می‌روند [۱۵].

* MRI ایمن: این مورد، ایمنی کاربرد MRI در تمامی شرایط است.
* MRI ناایمن: این مورد، عدم ایمنی کاربرد MRI در تمامی شرایط است.
* MRI شرطی: در این مورد، کاربرد MRI تنها تحت شرایط خاص ایمن است.



شکل ۳: تصویربرداری قلبی یا سینه

تحقیقات جامعه در دهه گذشته منجر به توسعه CIED با MR – شرطی شده است. این سیستم‌ها شامل مؤلفه‌های

سخت‌افزاری و نرم‌افزاری خاص هستند که در محیط MRI تحت شرایط از پیش تعیین شده خاص، آزمایش شده و به‌صورت رسمی تأیید شده‌اند. این اصلاحات سخت‌افزاری شامل کمینه‌سازی مواد فرومغناطیسی برای کاهش نیروها و ارتعاشات مکانیکی، کاربرد فیلترهای خاص برای جلوگیری از حسگری کمتر و بیش‌ازحد واقعی و جایگزینی رید سوئیچ با حسگر هال برای عدم فعال‌سازی پیش‌بینی-نشده میدان مغناطیسی هستند. ضربان‌سازها و ICD ها با تصویربرداری تشدیدمغناطیسی مشروط نیز، یک مد نرم-افزاری MRI مخصوص دارند که باید قبل از اینکه بیمار وارد MRI شود، توسط پزشک فعال شوند. این مد نرم-افزاری معمولاً شامل ویژگی‌هایی مانند تحریک دوقطبی با خروجی ولتاژ بالا در مد VOO برای بیماران وابسته به ضربان‌ساز یا درمان با خاموشی موقت دستگاه است.

ریسک جفت‌شدگی ناخواسته الکترودها با میدان‌های RF و گرادیانی، با اصلاحات خاص در طراحی الکترود کاهش یافته است که اساساً ریسک تولید ضربان کنترل نشده و گرمایش اضافی در نوک الکترود را کاهش می‌دهد [۲۱، ۲۸، ۶۱، ۶۲]. در طول سال‌های گذشته، چندین مدل دیگر نیز تأیید FDA یا EMA را برای کاربرد بالینی دریافت کرده‌اند. اولین دستگاهی که رسماً در اتحادیه اروپا عنوان MR مشروط را گرفت، در سال ۲۰۱۱ ارائه شد. یک آزمایش بالینی تصادفی که آثار MRI را در این دستگاه بررسی می‌کرد، هیچ عوارض شدیدی را نشان نداد و تنها تغییرات ملایم در مقادیر حسگری و ثبت شده ایجاد شدند که تأییدکننده پروفایل ایمنی مناسب در کاربرد بالینی بود [۶۳]. مزیت اصلی این دستگاه نسبت به دستگاه‌های شرطی MR پیشین این بود که این سیستم شرطی MR برای اسکن کل بدون توسط MRI تأیید شده است. این سیستم، در مطالعه بالینی غیرکور ارزیابی شده است [۶۲] که هیچ عارضه مهمی را نشان نمی‌دهد. شرکت‌های تولیدکننده دیگر بر این اساس، ضربان‌سازها با MR مشروط را در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ راه‌اندازی کردند.

اخیراً، تعداد بیشتری از دستگاه‌های قلبی عروقی توسط مقامات مسئول برای MRI تأیید شده‌اند و توسعه انرژتیکی پیوسته در این حوزه وجود دارد. ملاحظات اصلی وابسته به دستگاه مربوط به شدت میدان اسکنر (اغلب 1.5T)، ناحیه اسکن مجاز (نه ناحیه غیرمجاز) و SAR خاص (کمتر از 2.0 W/kg) هستند. در نوامبر ۲۰۱۱، برای اولین بار، یک سیستم ICD با شدت ۱٫۵ برای کاربرد مشروط MR ارائه شد. امروزه، حتی MRI با شدت ۳٫۰ تسلا هم در چندین دستگاه امکان‌پذیر است و اولین سیستم CRT-D برای MRI تأییدیه را به دست آورد. توصیه‌های سازندگان مختلف نیز در بخش تکمیلی آنلاین در جدول S1 ارائه شده‌اند. مروری بر CIED هایی که امروزه برچسب MR مشروط دارند، در بخش تکمیلی آنلاین جداول S2 و S3 ارائه شده است. اطلاعات اضافی نیز از وب‌سایت‌های غیرتجاری درباره این موضوع به‌دست‌آمده است.

۵-۱- تصویربرداری تشدیدمغناطیسی بدون برچسب با دستگاه الکترونیکی قلبی عروقی کاشته شده

در نتیجه تحقیقات جامع و آزمون‌های بالینی متعدد که در سال‌های گذشته انجام شده‌اند و همچنین نیاز بالینی تصدیق‌شده، اکثر دستگاه‌های جدید که در آینده وارد بازار خواهند شد، به احتمال زیاد برچسب MR شرطی را خواهد داشت. در این دستگاه‌ها، توصیه‌های سازنده باید به جدیت توسط پزشک اجراکننده انجام شود تا از خطرات بلندمدت یا حاد غیرضروری روی بیمار جلوگیری شود. برخلاف این حقیقت، هنوز هم ممکن است نشانه‌هایی از تأیید و/یا توصیه‌های بیش‌ازحد سازنده دیده شود. به‌علاوه، بسیاری از بیماران با CIED قدیمی‌تر که برچسب MR شرطی را ندارند، در آینده نزدیک برای MRI وجود خواهند داشت به‌ویژه با بهبود تکنیک در MRI های جدید و شاخص‌های تشخیصی که به‌طور پیوسته در حال ظهور هستند. اخیراً، نویسندگان متعدد ادعا کرده‌اند که MRI باید در این بیماران یک گزینه تشخیصی در نظر گرفته شود [۱۹، ۵۹] زیرا بر اساس یافته‌های مربوط به مطالعات بالینی جدید منتشر شده، پیش‌بینی می‌شود که عوارض کمتر شوند.

بااین‌وجود، روش انجام MRI در بیماران که CIED با MR غیرشرطی دارند، نیازمند دانش و تخصص پس‌زمینه کافی است و همچنین به منابع اضافی مانند توانایی برنامه‌نویسی دستگاه و نظارت بر بیمار نیاز دارد [۶۴]؛ بنابراین، این رویکرد، به احتمال زیاد در آینده نزدیک در دست چند مرکز تخصصی باقی خواهد ماند. با انواع مؤلفه‌های CIED کاشته شده پیین و پیشرفت فناوری MR با تکنیک‌های تصویربرداری پیشرفته‌تر و احتمالاً شدت‌های میدان بالاتر، MRI در بیمارانی با سیستم‌های ضربان‌ساز و ICD ناایمن در سال‌های آتی باز هم به‌صورت یک مشکل باقی خواهد ماند.

۵-۲- توصیه‌های عمومی برای دستگاه الکترونیکی کاشته شده قلبی عروقی ناایمن نسبت به تشدید مغناطیسی

مسائل حل نشده درباره ایمنی MR در بیماران زیر وجود دارد:

- بیمارانی که دستگاه با MR مشروط ندارند.
- بیمارانی که دستگاه با MR مشروط و الکترود رهاشده دارند.
- بیمارانی که دستگاه‌های MR مشروط (مولد پالسی) دارند اما الکترود غیرمشروط دارند.
- بیمارانی که دستگاه‌هایی با برچسب MR مشروط جداگانه دارند اما سیستم کلی این برچسب را ندارد.

اگر MRI در این بیماران به کار رود، یک تحلیل ریسک به سود وابسته به بیمار باید انجام شود و تمرکز خاص آن بر روش‌های تصویربرداری جایگزین بالقوه باشد. برخی از جنبه‌های در نظر گرفته شده در این زمینه، در ذیل فهرست می‌شوند. برخلاف این حقیقت که برخی از معیارها در دستورالعمل‌های ESC 2013 درباره ضربان قلب ارائه شده‌اند [۶۴]، این توصیه‌ها بر اساس دستورالعمل‌های رسمی نیستند بلکه بر اساس یافته‌های مجموعه تحقیقات پایه، مطالعات بالینی و/یا نظرات متخصصان هستند؛ بنابراین، پیشنهادهای زیر، دیدگاه نویسندگان را درباره این موضوع بر اساس یافته‌های دیگران و تجربه شخصی نشان می‌دهد.

- حسگری، آستانه ضربان و امپدانس الکترودها باید در محدوده نرمال باشد [۱۳].
- هیچ ایمپلنت دیگری نباید در بدن بیمار باشد [۲۱].
- هیچ الکترود رهاشده یا اپی‌کاردیالی نباید وجود داشته باشد [۲۹].
- باید بیش از ۴ – ۶ هفته از زمان نصب همه دستگاه‌ها گذشته باشد.
- دستگاه‌ها باید در ناحیه صدری/داخلی نصب شده باشد [۲۱].
- بیمار باید وزن و ساختار نرمال داشته باشد (غیر کودکان) و بیماری‌های حاد یا مزمن خاص مانند تب یا دیابت، ممکن است ریسک بیمار را افزایش دهند.

در موردی که تحلیل ریست به سود دقیق، به نفع انجام MRI است، توصیه‌های عمومی زیر درباره برنامه‌نویسی دستگاه و تصویربرداری MR باید در نظر گرفته شود [۴۹].

- دستگاه‌ها باید برای مد MRI خاص برنامه‌ریزی شوند (در صورت وجود).
- در ضربان‌سازهای شرطی غیر MRI: D00/V00 با خروجی بیشینه برای بیماران وابسته به ضربان‌ساز باید تنظیم شود در غیر این صورت ضربان‌ساز متوقف باشد (مانند 0D0).
- شناسایی و درمان تاکی‌کاردی (ICD) خاموش باشد.
- آهنگ حرکت گرادیانی نباید بیش از 200T/m/s باشد [۲۰].
- دفیبریلاتور خارجی/تجهیزات اضطراری و همچنین برنامه‌نویس دستگاه باید در طول MRI حاضر باشند.
- نظارت پیوسته بر بیمار (الکتروکاردیوگرافی/اکسیمتری پالسی) در طول MRI باید صورت گیرد.

- مکان پشت بیمار نظارت شود [۲۸].
- شاخص تصویربرداری نباید به دستگاه نزدیک شود [۳۰].
- سیم‌پیچ‌های گیرنده موضعی نباید وجود داشته باشند.
- SAR و زمان اسکن باید محدود باشد [۴۵].

اگر امکان داشته باشد، این مسائل ایمنی عمومی باید در ضربان‌سازها/ICD های مرسوم و در دستگاه‌های شرطی MRI به کار گرفته شوند.

۶- نتیجه‌گیری

تصویربرداری تشدید مغناطیسی در بیمارانی با دستگاه الکترونیکی کاشته شده قلبی عروقی، از نظر تاریخی، دارای منع استعمال بوده است. بااین‌وجود، تحقیقات در دهه گذشته منجر به ارائه توصیه‌هایی در دستورالعمل 2013 ESC شده است که در آن، MRI در صورت برآورده کردن پیش‌نیازهای خاص امکان‌پذیر است [۶۴]. امروزه، سیستم-های متعددی هستند که برای MRI تحت شرایط تعریف-شده خاص تأیید شده‌اند و شامل مد MRI وابسته به دستگاه نیز هستند. هم رادیولوژیست و هم کاردیوگراف باید این توصیه‌های سازندگان را به‌طور کامل به‌کارگیرند تا از ریسک‌های غیرضروری برای بیمار جلوگیری شود. در مواردی که این توصیه‌ها اجرا نمی‌شوند یا دستگاهی که برچسب MR شرطی داشته باشد، به کار گرفته نشده است، باید تحلیل موردبه‌مورد دقیق توسط پزشکان مسئول به‌ویژه در مورد تکنیک‌های تصویربرداری جایگزین موجود انجام شود تا بین ریسک بیمار و سود تشخیصی تعادل ایجاد شود. اگر این تحلیل به این نتیجه بینجامد که انجام MRI سودمند است، باید مراقبت‌های عمومی ویژه بر اساس مطالعات پیش‌بالینی و بالینی صورت گیرد و نظارت پیوسته بر بیمار در طول انجام روند انجام شود و گزینه‌های مرسوم برای برنامه‌ریزی مجدد دستگاه قبل و بعد از MRI با دقت انجام شوند

مراجع

[1] Hundley WG, Bluemke DA, Finn JP, Flamm SD, Fogel MA, Friedrich MG, Ho VB, Jerosch-Herold M, Kramer CM, Manning WJ, Patel M, Pohost GM, Stillman AE, White RD, Woodard PK. ACCF /ACR /AHA /NASCI /SCMR 2010 expert consensus document on cardiovascular magnetic resonance: a report of the American college of cardiology foundationtask forceon expert consensus documents. J Am CollCardiol 2010;55:2614–2662.

[2] Kalin R, Stanton MS. Current clinical issues for MRI scanning of pacemaker and defibrillator patients. PACE 2005;28:326–328.

[3] Bartsch C, Irnich W, Risse M, Weiler G. Unexpected sudden death of pacemaker patients during or shortly after magnetic resonance imaging [MRI]. XIX Congress of International Academy of Legal Medicine 2003.

[4] Irnich W, Irnich B, Bartsch C, Stertmann WA, Gufler H, Weiler G. Do we need pacemakers resistant to magnetic resonance imaging? Europace 2005;7:353–365.

[5] Alagona P Jr, Toole JC, Maniscalco BS, GloverMU, Abernathy GT, Prida XE. Nuclear magnetic resonance imaging in a patient with a DDD pacemaker. PACE 1989;12:619.

[6] Inbar S, Larson J, Burt T, MafeeM, Ezri MD. Case report: nuclear magnetic resonance imaging in a patient with a pacemaker. Am J Med Sci 1993;305:174–175.

[7] Garcia-Bolao I, Albaladejo V, Benito A, Alegria E, Zubieta JL. Magnetic resonance imaging in a patient with a dual-chamber pacemaker. Acta Cardiologica. 1998;53: 33–35.

[8] Fontaine JM, Mohamed FB, Gottlieb C, Callans DJ, Marchlinski FE. Rapid ventricular pacing in a pacemaker patient undergoing magnetic resonance imaging. PACE 1998; 21:1336–1339.

[9] Achenbach S, Moshage W, Diem B, Bieberle T, Schibgilla V, Bachmann K. Effects of magnetic resonance imaging on cardiac pacemakers and electrodes. Am Heart J 1997; 134:467–473.

[10] Luechinger R, Zeijlemaker VA, Pedersen EM, Mortensen P, Falk E, Duru F, Candinas R, Boesiger P. In vivo heating of

‘short-bore’ 1.5- and 3.0-tesla MR systems. J Cardiovasc MR 2003;5:387–397.
[18] Luechinger R, Duru F, Scheidegger MB, Boesiger P, Candinas R. Force and torque effects of a 1.5-tesla MRI scanner on cardiac pacemakers and ICDs. PACE 2001;24: 199–205.
[19] Roguin A, Schwitter J, Vahlhaus C, Lombardi M, Brugada J, Vardas P, Auricchio A, Priori S, Sommer T. Magnetic resonance imaging in individuals with cardiovascular implantable electronic devices. Europace 2008;10:336–346.
[20] Babouri A, Hedjeidj A. In vitro investigation of eddy current effect on pacemaker operation generated by low frequency magnetic field. IEEE Eng Med Biol Soc Annu Conf 2007;2007:5684–5687.
[21] Nordbeck P, Weiss I, Ehses P, Ritter O, Warmuth M, Fidler F, Herold V, Jakob PM, Ladd ME, Quick HH, Bauer WR. Measuring RF-induced currents inside implants: impact of device configuration on MRI safety of cardiac pacemaker leads. Magn Reson Med. 2009;61:570–578.
[22] Nyenhuis J, Park SM, Kamondetdacha R, Amjad A, Shellock F, Rezai A. MRI and implanted medical devices: basic interactions with an emphasis on heating. IEEE Trans Device Mater Reliab. 2005;5:467–480.
[23] Tandri H, Zviman MM, Wedan SR, Lloyd T, Berger RD, Halperin H. Determinants of gradient field-induced current in a pacemaker lead system in a magnetic resonance imaging environment. Heart Rhythm 2008;5:462–468.
[24] Nordbeck P, Fidler F, Weiss I, Warmuth M, Friedrich MT, Ehses P, Geistert W, Ritter O, Jakob PM, Ladd ME, Quick HH, Bauer WR. Spatial distribution of RF-induced e-fields and implant heating in MRI. Magn Reson Med 2008;60:312–319.
[25] Calcagnini G, Triventi M, Censi F, Mattei E, Bartolini P, Kainz W, Bassen HI. In vitro investigation of pacemaker lead heating induced by magnetic resonance imaging: role of implant geometry. JMRI 2008;28:879–886.
[26] Mattei E, Triventi M, Calcagnini G, Censi F, Kainz W, Mendoza G, Bassen HI, pacemaker leads during magnetic resonance imaging. Eur Heart J. 2005;26:376–383.
[11] Henderson JM, Tkach J, PhillipsM, BakerK, Shellock FG,Rezai AR. Permanent neurological deficit related tomagnetic resonance imaging in a patientwith implanted deep brain stimulation electrodes for Parkinson’s disease: case report. Neurosurgery. 2005;57:E1063.
[12] Martin ET, Coman JA, Shellock FG, Pulling CC, Fair R, Jenkins K. Magnetic resonance imaging and cardiac pacemaker safety at 1.5-tesla. J Am Coll Cardiol 2004;43: 1315–1324
[13] Sommer T, Naehle CP, Yang A, Zeijlemaker V, Hackenbroch M, Schmiedel A, Meyer C, Strach K, Skowatsch D, Vahlhaus C, Litt H, Schild H. Strategy for safe performance of extrathoracicmagnetic resonance imaging at 1.5 tesla in the presence of cardiac pacemakers in non-pacemaker-dependent patients: a prospective studywith 115 examinations. Circulation 2006;114:1285–1292.
[14] Fiek M, Remp T, Reithmann C, Steinbeck G. Complete loss of ICD programmability after magnetic resonance imaging. PACE 2004;27:1002–1004.
[15] Levine GN, Gomes AS, Arai AE, Bluemke DA, Flamm SD, Kanal E, Manning WJ, Martin ET, Smith JM, Wilke N, Shellock FS. Safety of magnetic resonance imaging in patients with cardiovascular devices: an American heart association scientific statement from the Committee on Diagnostic and Interventional Cardiac Catheterization, Council on Clinical Cardiology, and the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention: endorsed by the American College of Cardiology Foundation, the North American Society for Cardiac Imaging, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. Circulation 2007;116:2878–2891.
[16] Irnich W. Risks to pacemaker patients undergoing magnetic resonance imaging examinations. Europace 2010;12:918–920.
[17] Shellock FG, Tkach JA, Ruggieri PM, Masaryk TJ. Cardiac pacemakers, ICDs, and loop recorder: evaluation of translational attraction using conventional (‘long-bore’) and

Bartolini P. Complexity of MRI induced heating on metallic leads: experimental measurements of 374 configurations. Biomed Eng Online. 2008;7:11.
[27] Park SM, Kamondetdacha R, Nyenhuis JA. Calculation of MRI-induced heating of an implanted medical lead wire with an electric field transfer function. JMRI 2007;26: 1278–1285.
[28] Nordbeck P, Fidler F, Friedrich MT, Weiss I, Warmuth M, Gensler D, Herold V, Geistert W, Jakob PM, Ertl G, Ritter O, Ladd ME, Bauer WR, Quick HH. Reducing RF-related heating of cardiac pacemaker leads in MRI: implementation and experimental verification of practical design changes. Magn Reson Med 2012;68: 1963–1972.
[29] Langman DA, Goldberg IB, Finn JP, Ennis DB. Pacemaker lead tip heating in abandoned and pacemaker-attached leads at 1.5 tesla MRI. JMRI 2011;33:426–431.
[30] Nordbeck P, Ritter O, Weiss I, Warmuth M, Gensler D, Burkard N, Herold V, Jakob PM, Ertl G, Ladd ME, Quick HH, Bauer WR. Impact of imaging landmark on the risk of MRI-related heating near implanted medical devices like cardiac pacemaker leads. Magn Reson Med 2011;65:44–50.
[31] Fisher JD. MRI: safety in patients with pacemakers or defibrillators: is it prime time yet? PACE 2005;28:263.
[32] Levine PA. Industry viewpoint: St. Jude medical: pacemakers, ICDs and MRI. PACE 2005;28:266–267.
[33] Stanton MS. Industry viewpoint: Medtronic: pacemakers, ICDs, and MRI. PACE 2005;28:265.
[34] Smith JM. Industry viewpoint: Guidant: pacemakers, ICDs, and MRI. PACE 2005;28:264.
[35] Gimbel JR, Johnson D, Levine PA, Wilkoff BL. Safe performance of magnetic resonance imaging on five patients with permanent cardiac pacemakers. PACE 1996;19:913–919.
[36] Sommer T, Lauck G, Schimpf R, von Smekal A, Wolke S, Block W, Gieseke J, Schneider C, Funke HD, Schild H. MRI in patients with cardiac pacemakers: in vitro and in vivo evaluation at 0.5 tesla. RoFo 1998;168:36–43.
[37] Sommer T, Vahlhaus C, Lauck G, von Smekal A, Reinke M, Hofer U, Block W, Traber F, Schneider C, Gieseke J, Jung W, Schild H. MR imaging and cardiac pacemakers: in-vitro evaluation and in-vivo studies in 51 patients at 0.5 t. Radiology.2000;215:869–879.
[38] Vahlhaus C, Sommer T, Lewalter T, Schimpf R, Schumacher B, Jung W, Luderitz B. Interference with cardiac pacemakers by magnetic resonance imaging: are there irreversible changes at 0.5 tesla? PACE 2001;24:489–495.
[39] Strach K, Naehle CP, Muhlsteffen A, Hinz M, Bernstein A, Thomas D, Linhart M, Meyer C, Bitaraf S, Schild H, Sommer T. Low-field magnetic resonance imaging: increased safety for pacemaker patients? Europace. 2010;12:952–960.
[40] Gimbel JR, Bailey SM, Tchou PJ, Ruggieri PM, Wilkoff BL. Strategies for the safe magnetic resonance imaging of pacemaker-dependent patients. PACE 2005;28: 1041–1046.
[41] Nazarian S, Roguin A, Zviman MM, Lardo AC, Dickfeld TL, Calkins H, Weiss RG, Berger RD, Bluemke DA, Halperin HR. Clinical utility and safety of a protocol for noncardiac and cardiac magnetic resonance imaging of patients with permanent pacemakers and implantable-cardioverter defibrillators at 1.5 tesla. Circulation 2006;114:1277–1284.
[42] MollerusM, AlbinG, LipinskiM, Lucca J.Cardiacbiomarkers in patientswith permanent pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators undergoing a MRI scan. PACE 2008;31:1241–1245.
[43] Naehle CP, Zeijlemaker V, Thomas D, Meyer C, Strach K, Fimmers R, Schild H, Sommer T. Evaluation of cumulative effects of MR imaging on pacemaker systems at 1.5 tesla. PACE 2009;32:1526–1535.
[44] Mollerus M, Albin G, Lipinski M, Lucca J. Ectopy in patients with permanent pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators undergoing a MRI scan. PACE 2009;32:772–778.
[45] MollerusME, AlbinG, LipinskiM, Lucca

[53] Naehle CP, Meyer C, Thomas D, Remerie S, Krautmacher C, Litt H, Luechinger R, Fimmers R, Schild H, Sommer T. Safetyof brain 3-t MR imaging with transmit-receive head coil in patients with cardiac pacemakers: pilot prospective study with 51 examinations. Radiology 2008;249:991–1001.
[54] Gimbel JR. Magnetic resonance imaging of implantable cardiac rhythm devices at 3.0 tesla. PACE 2008;31:795–801.
[55] Coman JA, Sandler DA, Thomas JR. Implantable cardiac defibrillator interactions with magnetic resonance imaging at 1,5 tesla. Am Heart Assoc 2004;43:138A.
[56] Naehle CP, Strach K, Thomas D, Meyer C, Linhart M, Bitaraf S, Litt H, Schwab JO, Schild H, Sommer T.Magnetic resonance imaging at 1.5-t in patientswith implantable cardioverter-defibrillators. J Am Coll Cardiol 2009;54:549–555.
[57] Pulver AF, Puchalski MD, Bradley DJ, Minich LL, Su JT, Saarel EV, Whitaker P, Etheridge SP. Safety and imaging quality of MRI in pediatric and adult congenital heart disease patients with pacemakers. PACE 2009;32:450–456.
[58] Gimbel JR, Kanal E, Schwartz KM, Wilkoff BL. Outcome of magnetic resonance imaging (MRI) in selected patients with implantable cardioverter defibrillators (ICDs). PACE 2005;28:270–273.
[59] Naehle CP, Kreuz J, StrachK, Schwab JO, Pingel S, Luechinger R, Fimmers R, Schild H, Thomas D. Safety, feasibility, and diagnostic value of cardiac magnetic resonance imaging in patients with cardiac pacemakers and implantable cardioverters/defibrillators at 1.5 t. Am Heart J 2011;161:1096–1105.
[60] Mesubi O, Ahmad G, Jeudy J, Jimenez A, Kuk R, Saliaris A, See V, Shorofsky S, Dickfeld T. Impact of icd artifact burden on late gadolinium enhancement cardiac MR imaging in patients undergoing ventricular tachycardia ablation. PACE 2014;37: 1274–1283.
[61] van der Graaf AW, Bhagirath P, Gotte MJ. MRI and cardiac implantable electronic devices: current status and required safety conditions. Netherlands Heart J 2014; 22:269–276.
J.Magnetic resonance imaging of pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators without specific absorption rate restrictions. Europace 2010;12:947–951.
[46] Halshtok O, Goitein O, Abu Sham'a R, Granit H, Glikson M, Konen E. Pacemakers and magnetic resonance imaging: no longer an absolute contraindication when scanned correctly. IMAJ 2010;12:391–395.
[47] Burke PT, Ghanbari H, Alexander PB, Shaw MK, Daccarett M, Machado C. A protocol for patients with cardiovascular implantable devices undergoing magnetic resonance imaging (MRI): should defibrillationthresholdtesting be performed post-(MRI). J Interv Card Electrophysiol 2010;28:59–66
[48] Buendia F, Sanchez-Gomez JM, Sancho-Tello MJ, Olague J, Osca J, Cano O, Arnau MA, Igual B. Nuclear magnetic resonance imaging in patients with cardiac pacing devices. Revista Espanola de Cardiologia 2010;63:735–739.
[49] Nazarian S, Hansford R, Roguin A, Goldsher D, Zviman MM, Lardo AC, Caffo BS, Frick KD, Kraut MA, Kamel IR, Calkins H, Berger RD, Bluemke DA, Halperin HR. A prospective evaluation of a protocol for magnetic resonance imaging of patients with implanted cardiac devices. An Int Med 2011;155:415–424.
[50] Cohen JD, Costa HS, Russo RJ. Determining the risks ofmagnetic resonance imaging at 1.5 tesla for patients with pacemakers and implantable cardioverter defibrillators. Am J Cardiol 2012;110:1631–1636.
[51] Boilson BA, Wokhlu A, Acker NG, Felmlee JP, Watson RE Jr, Julsrud PR, Friedman PA, Cha YM, Rea RF, Hayes DL, Shen WK. Safety of magnetic resonance imaging in patients with permanent pacemakers: a collaborative clinical approach. J Intervent Card Electrophysiol 2012;33:59–67.
[52] Del Ojo JL, Moya F, Villalba J, Sanz O, Pavon R, Garcia D, Pastor L. Is magnetic resonance imaging safe in cardiac pacemaker recipients? PACE 2005;28:274–278.

[62] Gray RW, Bibens WT, Shellock FG. Simple design changes to wires to substantially reduce MRI-induced heating at 1.5 t: implications for implanted leads. Magn Reson Imaging 2005;23:887–891.
[63] Wilkoff BL, Bello D, Taborsky M, Vymazal J, Kanal E, Heuer H, Hecking K, Johnson WB, Young W, Ramza B, Akhtar N, Kuepper B, Hunold P, Luechinger R, Puererfellner H, Duru F, Gotte MJ, Sutton R, Sommer T. Magnetic resonance imaging in patients with a pacemaker system designed for the magnetic resonance environment. Heart Rhythm 2011;8:65–73.
[64] Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G, Bordachar P, Boriani G, Breithardt OA, Cleland J, Deharo JC, Delgado V, Elliott PM, Gorenek B, Israel CW, Leclercq C, Linde C, Mont L, Padeletti L, Sutton R, Vardas PE, Zamorano JL, Achenbach S, Baumgartner H, Bax JJ, Bueno H, Dean V, Deaton C, Erol C, Fagard R, Ferrari R, Hasdai D, Hoes AW, Kirchhof P, Knuuti J, Kolh P, Lancellotti P, Linhart A, Nihoyannopoulos P, Piepoli MF, Ponikowski P, Sirnes PA, Tamargo JL, Tendera M, Torbicki A, Wijns W, Windecker S, Blomstrom-Lundqvist C, Badano LP, Aliyev F, Bansch D, Bsata W, Buser P, Charron P, Daubert JC, Dobreanu D, Faerestrand S, Le Heuzey JY, Mavrakis H, McDonagh T, Merino JL, Nawar MM, Nielsen JC, Pieske B, Poposka L, Ruschitzka F, Van Gelder IC, Wilson CM. 2013 ESC guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the task force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). Eur Heart J 2013;34:2281–2329.

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.