

PEAK

سالنامه علمی تخصصی پیک

نشریه اتحادیه انجمن های علمی دانشجویی مهندسی برق کشور

شماره یازدهم - اردیبهشت ۱۴۰۱

چکیده ای از مقالات برگزیده بیستمین
کنفرانس ملی دانشجویی مهندسی برق ایران



معرفی نشریات انتشار یافته زیر نظر
شورای حمایت از نشریات اتحادیه



گفت و گو با پروفسور
گئورگ قره پتیان



پیش به سوی آینده
و فراتر از آن





نام نشریه: سالنامه‌ی علمی تخصصی پیک

صاحب امتیاز: اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق ایران

مدیرمسئول: روشنک مرادی غریبوند

سر دبیر: علیرضا جراح

ویراستار ادبی: علیرضا جراح

طراح و گرافیکست: رضا کریمی

هیئت علمی نظرات بر مقالات:

دکتر محمود احمدی، دکتر سمیه بهرامی، دکتر محمد سعید جهانگیری، دکتر محسن حیاتی، دکتر علیرضا خسروی، دکتر صبا خسروی، دکتر مزدک رادملکشاهی، دکتر ثمین روانشادی، دکتر حمیدی، دکتر عبدالحسین فتحی، دکتر شهرام کریمی، دکتر غلامرضا کریمی، دکتر محمد مرادی، دکتر زهرا مروج، دکتر حامد منکرسی، دکتر امیرحسین نیکوفرد، دکتر مجید ولی زاده، دکتر کمیل یزدانی، دکتر مختار یعقوبی

هیئت تحریریه:

دکتر مینا امیرمزلقانی، دکتر مهدی بکرانی، دکتر محمود جورابیانی، دکتر منصور رفیعی، دکتر هادی زبانی، دکتر سید علی سادات نوری، دکتر سعید سید طبایی، دکتر بهروز شاهرخ زاده، دکتر علیرضا صفاریان، دکتر مصطفی طاهری، دکتر جبار گنجی، دکتر محمد مصطفوی، دانش امانی، محدثه انصاریفر، محمدعلی بندری درازنوی، علیرضا جراح، رویا دلگشا، مصطفی دهقانی اشکذری، علیرضا رحمانی، محمد ژیان نسب، علی سوایی، علیرضا شکری، محمد امین شکری، صالح شیخکانلوی، علی صداقت هانیه، علیرضا، محمد محمدی، روشنک مرادی غریبوند، فاطمه مزرعه، امیررضا ملک پور شهرکی احسان میری، کوثر نیکنام

با تشکر و قدردانی از:

استاد مشاور محترم اتحادیه، جناب آقای دکتر امیرحسین نیکوفرد
آقایان امیر آبادیانی، اشکان اسدی، محمد بلادی‌نژاد، حسین بلوچی، پارسا رضایی، محمدامین رنجیر، حسین سعادت، احسان سلیمانی، میثم شاکری، امیرمحمد شهبازی، فاطمه طاهری، سعید عبدی، هانیه معیری‌منش، امیر نیک‌پی، اعضای محترم اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق ایران و تمامی عزیزانی که به ما در این مجموعه یاری رساندند.

تمامی حق این اثر برای اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق ایران محفوظ است

سخن سرپر



تو بشو که دانش نکرده کهن

اگر دانشی مرد گوید سخن

نظر به لطف و عنایت الهی در خدمت شماییم تا نسخه‌ی یازدهم نشریه‌ی علمی تخصصی پیک را منتشر کنیم. خوشحالیم که توانستیم علی‌رغم وجود چالش‌های بسیار و همچنین مشکلاتی پاگیر همچون ویروس کرونا از عرصه‌ی انتشار و ارتقای جایگاه علم و دانش جا نمانده و به فعالیت‌های خود ادامه دهیم و با کمک دوستان و همکارانمان گامی هرچند کوچک در راستای ارتقای جایگاه علم در این مرز و بوم برداریم. امیدواریم این گام‌های کوچک و حساب شده جمع گردند و ما را بیش از پیش به قله‌های افتخار نزدیک کنند.

نشریه‌ی مذبور در طی سالیان متمادی سعی بر به کارگیری منابع مختلف علمی داشته تا با استفاده از جدیدترین و به‌روزترین دست یافته‌های علمی برای دانشجویان و جویندگان علم مفید واقع گردد. امیدواریم تا نهال تلاش‌هایمان به بار نشیند و روز به روز بر ثمره‌ی آن افزوده شود. هدف از دو زبانه بودن نشریه‌ی پیش رو برای نخستین بار، بیان اهمیت استفاده و مطالعه‌ی منابع معتبر و انگلیسی زبان برای تمامی دانشجویان، علی‌الخصوص دانشجویان رشته‌ی مهندسی برق می‌باشد. با تشکر و قدردانی از زحمات و همت خستگی ناپذیر و غیرقابل وصف تمامی دست اندرکاران این مجموعه و تمامی عزیزانی که به ما در این مجموعه یاری رساندند.

بنده به عنوان عضو کوچکی از این کار بزرگ، نسخه‌ی یازدهم نشریه‌ی علمی تخصصی پیک را تقدیم نگاهتان می‌کنم.

علیرضا جراح
اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۱



سخن مدیرمسئول

به نام آفریننده‌ی خاک طلایه‌دار وطن آغاز میکنم
این شماره از نشریه‌ی پیک ثمره‌ی تلاش و پشتکار فرزندان سخت کوش سرزمین خوارزمی و ابن سینا و
زکریاست؛
از غیرت آریوبرزن در جان شیرینشان دمیدن گرفته و منزلت قلم‌شان فیروزه‌ی کلام فردوسی و عطار و بهار
است.
خداوندگار را سپاس که خورشید دانایی و توانایی هنوز هم از خاک پاک سرزمین سیاوش و آرش و سورنا
بر زمین میتابد و سرشت وجود این جوانان، متوقع و امیدوار و نیک است، از این رو راه می‌سازند از دل سنگ
ها به فردایی روشن، که ذات پاک خداوند رهنمود روان‌های پاک است.
و هرآنکه در اندیشه‌ی ایرانی آباد و امن سر به سجاده‌ی ایثار نهاد نخبه است، که این پندار شقایق‌های روییده
در خاک وطن است.
میراثی از سلسله‌ی عشق را پاس می‌داریم و به قلم سرخ و اندیشه‌ی سبز و جان سفید در هارمونی رنگ‌ها
نقش می‌زنیم، آبادانی ایرانمان را در دستگاه شور

به کوشش همه دست‌نیک‌ی بریم
همان به که نیک‌ی بود یادگار

بیاتاجان را به بد نسپریم
نباشد همی نیک و بد، پایدار

در آخر سپاسگزار وجود تک‌تک همراهان و خوانندگان این شماره از نشریه پیک می‌باشم، امید است که این
شماره نیز مورد توجه‌تان قرارگیرد.

روشنک مرادی غریبوند
اردیبهشت‌ماه سال ۱۴۰۱

فهرست

بخش تخصصی

۱ یک روش تطبیقی به عنوان حفاظت پشتیبان خطوط انتقال با استفاده از PMU با هدف بهبود عملکرد زون ۳ رله دیستانس

۸ جریان کننده دینامیک ولتاژ (DVR) بدون استفاده از ترانسفورماتور با کاهش تعداد کلیدها

۱۳ مدل افزایشده مبتنی بر ساختار مبدل بوست با سلف تزویج سه سیم پیچه برای افزایش قابلیت کلیدزنی نرم برای کلبردهای منابع انرژی تجدیدپذیر

۱۹ طراحی و شبیه سازی حسگر گاز در ابعاد نانو با تأثیر شارژ پلاسما و تکنیک الکترواستاتیک

۲۲ روشی برای شناسایی هویت از طریق تصاویر عنبیه با استفاده از یک شبکه عصبی سه لایه

۲۶ طراحی مدولاتور سیگما دلتای دیجیتال بدون تن های نامطلوب بالرنش تصادفی مؤثر

۲۹ طراحی کنترل کننده بهینه معادله ریکاتی وابسته به حالت (SDRE) برای کنترل همه گیری بیماری

۳۲ تخمین زاویه ورود با الگوریتم های افقی بهبود یافته خانواده LMS

۳۶ ارائه یک الگوریتم جدید مبتنی بر گره نگهبان، انرژی محیط و الگوریتم بهینه سازی حرکت ذرات برای بالا بردن امنیت شبکه های حسگر بی سیم در مقابل حملات گودال و کرم چاله





Design of a Mixer for 5G applications ۴۴

Improvement the confidentiality of data in the ۴۷
body wireless sensor networks using cryptographic
algorithms

Multi-Class Motor Imagery Classification ۵۴

بخش عمومی

۶۰

• تازه‌های تکنولوژی

۶۵

• گفت و گو با پروفسور گئورگ قره‌پتیان

۷۱

• معرفی نشریات انتشار یافته زیر نظر اتحادیه

۷۵

بخش ویژه



بخش اول

مقالات علمي تخصصي

PEAK

مقالات تخصصی فارسی زبان

با توجه به آنکه رویکرد اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق، مهندسی پزشکی، انرژی و راه آهن ایران در انتشار نشریه علمی تخصصی پیک، استفاده از دانش بومی و توانمندی‌های دانشجویان و متخصصان رشته‌های مهندسی فوق در سراسر کشور است، بدین وسیله از شما فرهیختگان گرامی در زمینه‌ی ارائه‌ی مقالات تخصصی انگلیسی و فارسی زبان به منظور چاپ در این مجله دعوت به عمل می‌آید.

اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق، مهندسی پزشکی، انرژی و راه آهن ایران از طریق رایانامه زیر آماده دریافت مقالات تخصصی شما دانشجویان و دانش آموختگان گرامی است.



nssoee2021@gmail.com



مقاله برگزیده گرایش قدرت بیستمین کنفرانس
ملی دانشجویی مهندسی برق ایران

یک روش تطبیقی به عنوان حفاظت پشتیبان خطوط انتقال با استفاده از PMU با هدف بهبود عملکرد زون ۳ رله دیستانس

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر شبکه‌های برق با هدف تامین برق اقتصادی و با قابلیت اطمینان بالا، با وسعت و پیچیدگی روزافزونی روبرو شده‌اند و نزدیک به محدودیت‌هایشان نیز بهره‌برداری می‌شوند. با این وجود، این سیستم‌ها در صورت وقوع اغتشاشات شدید، مستعد عملکرد اشتباه هستند. مطالعه و بررسی خاموشی‌های اخیر نشان می‌دهند که این خاموشی‌ها عمدتاً ناشی از عملکرد اشتباه رله‌های حفاظتی نظیر عملکرد زون ۳ رله دیستانس در حین وجود تنش‌هایی نظیر تداخل بار، نوسان توان و ... هستند. این تصمیم نادرست رله‌ها، منجر به افزایش تنش در شبکه و متعاقباً خرابی‌ها و قطعی‌های آبشاری می‌شود [۱-۴]. این رله‌ها اغلب با اندازه‌گیری‌های محلی و صرف‌نظر از مقاومت خطا عمل می‌کنند [۵]. لذا به نظر می‌رسد نیاز به وجود و ارائه راهکارهایی جدید برای طرح‌های حفاظت‌های پشتیبان نوآورانه‌ای می‌باشد.

یکی از پیشرفت‌های اخیر تکنولوژی، معرفی و استفاده از واحدهای اندازه‌گیری فازور (PMU) می‌باشد که فازور سنکرون ولتاژ و جریان را ارائه می‌دهد. با استفاده از این PMUها، اندازه‌گیری و حفاظت ناحیه گسترده (WAMPAC) در سطح شبکه قدرت، میسر شده که کاربردهایی نظیر طرح‌های حفاظت ویژه، تخمین حالت، میرایی نوسانات و ... را داراست [۶، ۷]. روش‌های مورد استفاده برای حفاظت ناحیه گسترده ممکن است از وضعیت رله‌های موجود در شبکه [۸]، ولتاژ [۹]، ولتاژ و جریان [۱۰] برای حفاظت پشتیبان خطوط و بهبود عملکرد رله دیستانس استفاده کنند. معمولاً در طرح‌های بلوکه کردن رله دیستانس در شرایط نوسان توان از نرخ تغییر امپدانس برای تشخیص نوسان توان استفاده می‌شود

نویسندگان

علیرضا صفاریان

استادیار، گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران، اهواز

علی سوابی

دانشجوی دکتری، گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران، اهواز

محمود جورابیان

استاد، گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران، اهواز

چکیده

این مقاله یک روش حفاظت پشتیبان ناحیه گسترده را برای خطوط انتقال ارائه می‌دهد. در این روش کل شبکه باتوجه به نحوه‌ی جانمایی PMUها و آرایش شبکه، به تعدادی زون‌های حفاظتی پشتیبان (BPZ) تقسیم می‌شود. با وقوع خطا، جریان‌های توالی مثبت و صفر ورودی به BPZ نسبت به شرایط پیش از خطا، به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابند و لذا بر این اساس BPZ خطادار قابل شناسایی است. سپس باتوجه به آنکه در هنگام شرایط تنش شبکه (تداخل بار، نوسان توان و ...) تمامی رله‌های یک BPZ همزمان خطا را در زون‌های خود نمی‌بینند، خطا بودن اغتشاش یا تنش بودن آن بررسی و در صورت خطا بودن آن، نوع خطا نیز تعیین می‌گردد. نهایتاً با استفاده از روش حداقل مربعات و داده‌های ولتاژ و جریان دریافتی از PMUها، خط خطادار و محل آن تعیین می‌شود. به منظور بررسی کارآمدی روش، رویکرد پیشنهادی در شبکه‌های نمونه ۹ شینه IEEE، سیستم ۳۹ شینه New England و همچنین شبکه خوزستان تست و ارزیابی شده است. نتایج نشان از قابلیت روش در تعیین BPZ خطادار و محل دقیق خطا، تمایز بین شرایط تنش و خطا، تعیین محل خطا در خطوط سه ترمیناله و همچنین وابستگی بسیار کم به مقاومت خطا را دارد.

کلمات کلیدی: رله‌های دیستانس، عملکرد زون ۳، حفاظت ناحیه گسترده، واحد اندازه‌گیری فازور (PMU)، زون حفاظتی پشتیبان (BPZ)

۲- روش حفاظتی پیشنهادی

روش حفاظتی پیشنهادی در این مقاله، دارای رویکردی سه لایه برای حفاظت خطوط انتقال است. در لایه اول، ضمن بررسی تمامی BPZها از نظر وقوع اغتشاش در آنها، BPZ دارای اغتشاش توسط الگوریتم اولیه آشکار می‌شود. در لایه دوم طرح حفاظتی، خطا از دیگر تنش‌های شبکه تمایز داده شده و بررسی می‌شود که آیا اغتشاش آشکار شده در الگوریتم اولیه، خطا است یا خیر. نهایتاً الگوریتم ثالثیه نیز محل خطا را اعلام می‌کند.

به بیان دیگر، برای اجرای الگوریتم در وهله اول، می‌بایست پس از جابایی بهینه PMUها، شبکه را به نواحی حفاظتی با نام نواحی حفاظتی پشتیبان یا به اختصار BPZ (Back Up protection Zone) تقسیم کرد. سپس توسط الگوریتم‌های اولیه، ثانویه و ثالثیه به ترتیب BPZ دارای اغتشاش، BPZ خطادار و محل خطا را شناسایی کرد.

در ادامه روش و مبانی عملکرد هر یک از این لایه‌ها، با نام‌های الگوریتم اولیه، ثانویه و ثالثیه توضیح داده می‌شود.

۲-۱- جابایی بهینه PMUها

جابایی بهینه PMUها، با هدف مشاهده‌پذیر بودن شبکه حین خطا و با کمترین تعداد PMU، صورت می‌گیرد. باتوجه به پیشرفت تکنولوژی، فرض می‌شود PMU نصب شده در یک شین، ولتاژ فاز در باس مربوطه و جریان را در خطوط متصل به این شین را اندازه‌گیری می‌کند [۱۷]. در ادامه می‌توان قیدهایی به مسأله اضافه نمود تا اهداف بیشتری را در بر بگیرد. جزئیات بیشتر از شبیه‌سازی این روش به همراه قیدهای دیگری نظیر قید وجود باس‌های تزریق صفر و قید ترکیب باس‌های ترانسفورماتوری در شبکه‌های نمونه در مرجع [۱۵] توسط همین نویسندگان بررسی شده است. در ادامه از نتایج جابایی PMU، ارائه شده در همان مقاله مذکور، برای بررسی عملکرد الگوریتم‌های اولیه، ثانویه و ثالثیه استفاده می‌شود. شایان ذکر است که باس‌های ژنراتوری نیز باتوجه به نیاز الگوریتم‌های معرفی شده، باید دارای PMU باشند.

۲-۲- تقسیم شبکه به BPZهای مختلف

پس از جابایی بهینه PMUها در شبکه، شبکه می‌بایست به چندین ناحیه حفاظتی یا BPZ تقسیم‌بندی شود. شکل BPZها، به نحوه چینش PMUها در شبکه و آرایش خود شبکه بستگی دارد. هر BPZ شامل مجموعه‌ای از خطوط و باس‌ها می‌باشد که به وسیله باس‌های دارای PMU محاصره شده‌اند. به این معنی که باس‌های مرزی در هر BPZ الزاماً دارای PMU می‌باشند [۵].

اما در این روش تنظیم مناسب تایمر به علت تغییر فرکانس نوسان از ۰/۱ تا ۵ هرتز مشکل می‌باشد. محدودیت دیگر این روش مربوط به آشکارسازی خطا در زمان نوسان توان است. برای غلبه بر این مشکل در [۱۱] روشی به نام r-dot برای تشخیص نوسان توان از خطا ارائه شده است، اما زمان تصمیم‌گیری آن طولانی است. روش آشکارسازی خطا که در [۱۲] ارائه شده است از یک مؤلفه اضافه جریان برای تشخیص خطا استفاده می‌کند که عملکرد آن در زوایای توان نزدیک به ۱۸۰ درجه و برای خطاهای مقاومت بالا صحیح نمی‌باشد.

معمولاً با انتخاب دقیق محدوده ناحیه سه و شکل مشخصه مناسب برای رله، می‌توان از تداخل مشخصه بار و مشخصه امپدانس جلودگیری کرد؛ اما تنظیم شکل مشخصه رله در یک سیستم بزرگ مسئله‌ای پیچیده می‌باشد. در [۱۱] روشی پیشنهاد شده که از نرخ تغییر ولتاژ نسبت به زمان استفاده می‌کند؛ اما این روش نیاز به تعیین دقیق مقادیر آستانه دارد تا قادر به تشخیص کلیدزنی خط، کلیدزنی خازن و راکتور باشد. در [۱۳] روش‌هایی مبتنی بر سیستم‌های عصبی فازی و ماشین بردار پشتیبان ارائه شده که عیب این روش‌ها نیاز به تعداد زیادی الگوی اولیه و قادر نبودن به تشخیص حالت خطا از دیگر حالت‌های تنش در شبکه در صورت ایجاد تغییرات در شبکه می‌باشد. در [۱۴] روشی مبتنی بر تبدیل موجک پیشنهاد شده است. عملکرد مناسب این روش‌ها، وابسته به انتخاب مناسب تابع تبدیل موجک می‌باشد.

در بسیاری از طرح‌های معرفی شده، به‌علت استفاده از اندازه‌گیری‌های محلی، رله‌های دیستانس در تشخیص خطا از دیگر وقایع دچار خطا می‌شوند. از سوی دیگر، برای تشخیص خطا از شرایط مختلف تنش در شبکه قدرت یک روش جامع و کامل مورد نیاز است.

در مقاله پیش رو، روش ترکیبی جدیدی برای تشخیص خطا و تمایز آن از تنش‌هایی نظیر نوسان توان و تداخل بار و نهایتاً یافتن محل خطا، ارائه شده است. ابتدا یک روش بهینه‌سازی برای کمینه کردن تعداد PMUهای نصب شده، استفاده می‌شود [۱۵]. این کار باعث غلبه بر مشکل محدودیت فضای ذخیره‌سازی و زیرساخت‌های ارتباطی می‌شود. سپس الگوریتم پیشنهادی ارائه می‌گردد. بخش اول الگوریتم پیشنهادی، آشکارسازی اغتشاش و تمایز آن از تنش‌های شبکه و تعیین ناحیه حفاظتی پشتیبان (BPZ) دارای خطا [۱۶] و بخش دوم الگوریتم یافتن خط خطادار و محل خطا در آن خط است [۵]. این روش به عنوان پشتیبان حفاظت اولیه خط، قابل استفاده است.

بخش‌های مختلف مقاله در ادامه بدین شرح است: در بخش دوم روش حفاظتی پیشنهادی و مراحل آن توصیف می‌گردد. نتایج تست روش پیشنهادی بر روی شبکه‌های نمونه شامل سیستم ۳۹ شینه New England و همچنین شبکه خوزستان در بخش سوم، ارائه شده است. نهایتاً در بخش چهارم، مقاله با ارائه نتیجه‌گیری پایان می‌یابد.

۲-۳- الگوریتم اولیه تعیین ناحیه خطا

زمانی که مقدار امیدانس محاسبه شده توسط باس P کمتر از میزان تنظیمی رله باشد، مقدار این پارامتر کمتر از یک می‌گردد. هنگام وقوع خطا مقدار Z_d همه باس‌های P در یک گروه کمتر از یک خواهد بود. Z_{set1ln} و Z_{set2ln} و Z_{set3ln} تنظیمات 1، 2، و 3 zone مربوط به I امین خط متصل به n امین باس اندازه‌گیری هستند. معیار آشکارساز خطا که با پارامتر f_d شناخته می‌شود، به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$f_d = \sum Z_{d_{jln}} \times W_j, W_j = \begin{cases} -10, & \text{if } j = 1 \\ -5, & \text{if } j = 2 \\ -2, & \text{if } j = 3 \text{ } Z_{d_{j3}} \leq 1 \\ +1, & \text{if } j = 3 \text{ } Z_{d_{j3}} > 1 \end{cases} \quad (3)$$

هنگام بروز خطا مقدار f_d منفی خواهد بود زیرا همه رله‌های موجود در گروه مربوطه، امیدانس ظاهری را کمتر از میزان تنظیمی خود خواهند دید؛ اما در دیگر وضعیت‌های اغتشاش در شبکه، این معیار مثبت خواهد بود. هدف این الگوریتم جلوگیری از عملکرد اشتباه zone 3 می‌باشد بنابراین به zone‌های پایین‌تر، وزن بیشتری اختصاص می‌یابد [۱۶].

۲-۵- الگوریتم ثالثیه تشخیص محل خطا با هدف تعیین دقیق خطا و محل دقیق وقوع خطا

هدف این الگوریتم شناسایی خط انتقالی در BPZ است که در آن خطا رخ داده است. طبق الگوریتم پیشنهادی برای جایابی بهینه PMU و تقسیم‌بندی BPZ ها، همه باس‌های مرزی در BPZ ها مجهز به PMU هستند و در باس‌های داخلی هیچ PMU نصب نشده است. در الگوریتم ثالثیه، ناحیه‌ای که در آن خطا رخ داده را می‌توان به صورت یک زیر شبکه در نظر گرفت که از طریق باس‌های مرزی حاوی PMU به بقیه قسمت‌های شبکه متصل شده و بقیه شبکه به صورت منابع جریان معادل مدل شده است. نهایتاً در این روش با استفاده از اصول مداری و روش حداقل مربعات، محل خطا (X)، محاسبه می‌شود. جزئیات این روش در [۵] توضیح داده است. همان‌گونه که بیان شد هدف اصلی این الگوریتم تشخیص خط انتقالی از BPZ است که در آن خطا رخ داده است. این الگوریتم ابتدا با فرض وقوع خطا در یک خط مشخص، فاصله محل خطا یا X را به دست می‌آورد. اگر X بین صفر و یک بود نتیجه می‌گیرد که خطا در خط اتفاق افتاده است. این رویه برای کلیه خطوط موجود در یک BPZ تکرار می‌شود. اگر الگوریتم خطا را در بیش از یک خط انتقال تشخیص داد، با کمک فرمول $J(u)$ [۵] مقدار خطای باقیمانده را برای هر خط محاسبه می‌کند. هر خطی که خطای باقیمانده کمتری داشته باشد به عنوان خطی که خطا در آن اتفاق افتاده معرفی می‌شود. یادآور می‌شود که برای اجرای الگوریتم مقدار هفت ضرب داخلی را محاسبه کنیم؛ بنابراین این الگوریتم بار محاسباتی بسیار کمی داشته و به سرعت می‌تواند محل خطا را مشخص نماید.

هدف این الگوریتم یافتن باس‌های نزدیک به محل خطا است. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، همه باس‌های مرزی در یک BPZ دارای PMU هستند بنابراین کلیه جریان‌های ورودی به هر BPZ با این PMU ها اندازه‌گیری می‌شوند. پس اگر خطایی در k امین BPZ رخ بدهد، مجموع جریان‌های توالی صفر و مثبت ورودی به این BPZ یعنی I_{ent,BPZ_k}^s افزایش یافته و به میزان قابل ملاحظه‌ای از مقادیر جریان‌ها پیش از وقوع خطا بیشتر خواهد بود. اگر جریان‌های ورودی به یک BPZ از یک مقدار آستانه بیشتر I_{th,BPZ_k}^s باشد، در آن BPZ خطا رخ داده است؛ بنابراین اگر معادله زیر برای یک BPZ صدق کند، در آن BPZ خطا رخ داده است.

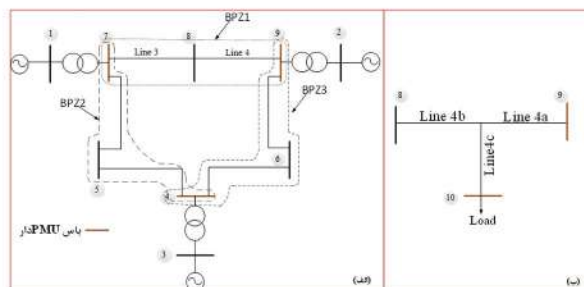
$$I_{ent,BPZ_k}^s > I_{th,BPZ_k}^s \quad (1)$$

I_{ent,BPZ_k}^s بیان‌کننده جریان توالی S ورودی به k امین BPZ بوده و I_{th,BPZ_k}^s جریان آستانه خطا برای k امین BPZ در توالی S ام می‌باشد. مقادیر جریان آستانه و ورودی را می‌توان با کمک فرمول‌های ارائه شده در [۵] به دست آورد.

۲-۴- الگوریتم ثانویه تعیین ناحیه خطا با در نظر گرفتن احتمال وقوع وضعیت تنش در شبکه

حال که وقوع اغتشاش در شبکه تشخیص داده شده و گروه‌های با بیشترین I_{dis} نیز شناسایی شده‌اند، می‌بایست وضعیت رخداد خطا از وضعیت تنش در شبکه تشخیص داده شود. الگوریتمی که در این قسمت استفاده شده مبتنی بر امیدانس ظاهری است. برای BPZ شناسایی شده در الگوریتم اولیه، امیدانس ظاهری با استفاده از فازورهای ولتاژ و جریانی که توسط PMU اندازه‌گیری شده است، محاسبه می‌گردد. نقاط اندازه‌گیری سیستم به گونه‌ای هستند که zone های عملکرد رله در نقاط مختلف اندازه‌گیری هم‌پوشانی دارند. ایده اصلی الگوریتم این بخش به این صورت است که به عنوان مثال برای خطای رخ داده در zone 3 در گروهی که بیشترین میزان انحراف را در I_{dis} دارد، مسیر امیدانس محاسبه شده در رله‌های باس‌های P (باس‌های دارای PMU) آن گروه وارد ناحیه zone 3 رله دیستانس می‌گردد اما اگر به جای خطا یکی از حالت‌های نوسان توان رخ داده بود، در همه باس‌های یک گروه، مسیر امیدانس وارد ناحیه zone 3 نمی‌گردد. پارامتر Z_d با استفاده از فرمول زیر برای هر خط انتقال متصل به باس‌های اندازه‌گیری محاسبه می‌گردد [۱۶]:

$$Z_{d_{jln}} = \frac{Z_{appln}}{Z_{setjln}}, j = \begin{cases} 1, & \text{if } Z_{set1ln} > Z_{appln} \\ 2, & \text{if } Z_{set1ln} < Z_{appln} < Z_{set2ln} \\ 3, & \text{if } Z_{set2ln} < Z_{appln} \end{cases} \quad (2)$$



شکل ۲ الف) شبکه ۹ شینه IEEE (ب) قرار دادن خط سه ترمیناله به جای خط ۴ شبکه ۹ شینه IEEE به همراه نامگذاری خطوط

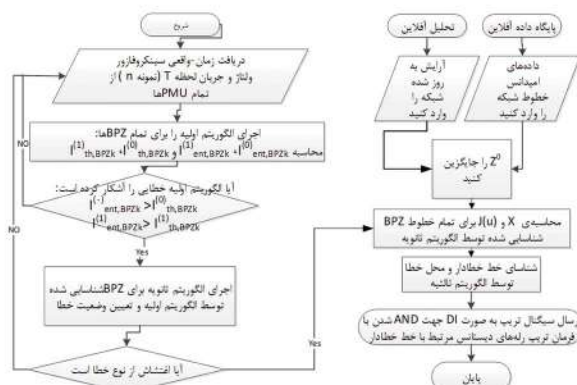
در ادامه به عنوان نمونه به ازای چند خطای مختلف، عملکرد الگوریتم بررسی می گردد

۳-۱-۳ اعمال خطای تک فاز در یکی از خطوط BPZ1 شبکه ۹ شینه IEEE

برای ارزیابی عملکرد الگوریتم، ابتدا یک خطای تک فاز، در ۵۰ درصدی خط ۳ (خط ۷-۸) در شبکه ۹ شینه IEEE اعمال می شود. شماره خطوط و شین های این شبکه و BPZ ها در شکل ۲ الف مشخص شده و مطابق شکل، این خط در BPZ1 واقع شده است. این خطا در لحظه ۰/۱ ثانیه اعمال و در لحظه ۰/۲ ثانیه پاک می شود.

۳-۱-۳ بررسی عملکرد الگوریتم اولیه (تعیین BPZ خطا دار در شبکه)، ثانویه و ثالثیه

بر اساس مطالب بیان شده ابتدا الگوریتم اولیه باید پیاده سازی شود تا BPZ خطا دار را در شبکه شناسایی کند. از آنجایی که خط خطا دار در BPZ1 واقع است، باید مقدار Disturbance Status در زمان خطا و برای این BPZ برابر یک گردد و در بقیه ی زمان ها و دیگر BPZ ها این معیار صفر باشد. مقدار Disturbance Status زمانی که شرط درج شده در رابطه (۱) برآورده شود برابر یک می شود و در غیر این صورت مقدار صفر را دارد. مقادیر آستانه محاسبه شده برای هر BPZ و مقدار جریان ورودی به هر BPZ در لحظات مختلف برای BPZ1 در شکل ۳ نشان داده شده است. ملاحظه می گردد که در BPZ1 جریان های ورودی توالی مثبت و صفر، از مقدار آستانه این جریان ها بیشتر است و لذا در این BPZ معیار وضعیت اغتشاش یک می شود. مقدار این معیار برای هر سه BPZ نیز به صورت جداگانه در شکل ۴ الف نشان داده شده است. همان گونه که ملاحظه می گردد مطابق این نمودارها فقط BPZ1 دارای اغتشاش است. همچنین تاخیر الگوریتم نیز به اندازه یک نمونه است. حال باید تشخیص داده شود که آیا این اغتشاش، خطا است یا خیر. در این مرحله، چون فقط BPZ1 طبق الگوریتم اولیه مشکوک به وجود خطا است، الگوریتم ثانویه فقط برای آن چک می شود.



شکل ۱ فلوچارت طرح پیشنهادی برای الگوریتم تشخیص محل خطا [۵]

شایان ذکر است در هنگام شبیه سازی و تست بر روی شبکه خوزستان، به ناچار برای حل مسئله حداقل مربعات، روش از حداقل مربعات به روش تجزیه QR تغییر داده شد تا دقت لازم به دست آید. همچنین با توجه به معادلات فوق، به جای خطای باقی مانده نسبی تخمین، از معیار نرم خطا استفاده شد. نهایتاً فلوچارت روش پیشنهادی مطابق شکل ۱ قابل ترسیم است [۵].

۳-نتایج شبیه سازی و تست الگوریتم بر روی شبکه های نمونه

مطابق توضیحات ارائه شده در بخش قبل، روش عملکرد الگوریتم بدین صورت است که ابتدا باید در شبکه، PMU ها جانمایی و سپس BPZ ها تشکیل شود و با کاهش شبکه، مدار ساده شده ی مربوط به هر BPZ به دست آید. سپس داده های مربوط به تمامی PMU های شبکه (ولتاژها و جریان ها)، توسط الگوریتم اولیه ارزیابی تا BPZ دارای اغتشاش شناسایی شود. در مرحله ی بعد، توسط الگوریتم ثانویه، نوع خطا را تشخیص داده و بین خطا و دیگر شرایط تنش احتمالی (نظیر نوسان توان، تداخل بار و ...)، تمایز قائل شود. سپس در صورت تایید وجود خطا، توسط الگوریتم ثالثیه محل دقیق خطا و خط خطا دار شناسایی شود. در این بخش ابتدا، الگوریتم مذکور بر روی شبکه ۹ شینه ی IEEE تست و ارزیابی می گردد و نتایج آن در ادامه ارائه خواهد شد.

شبکه ۹ شینه IEEE در شکل ۲ الف نشان داده شده است. نتیجه جایابی PMU ها بر روی این شبکه با استفاده از روش توضیح داده شده در بخش ۱-۲ با قید حذف ترانسفورماتورها و در نظر گرفتن شین های تزریق صفر و قید داشتن PMU در شین های ژنراتوری این خواهد شد که نصب PMU در شین های B4، B7 و B9 این شبکه لازم است. نهایتاً، BPZ های این شبکه نیز در شکل ۲ الف نشان داده شده است. ملاحظه می گردد که باتوجه به تعداد PMU ها که سه عدد هستند، برای این شبکه، سه عدد BPZ با نام های BPZ1، BPZ2 و BPZ3 تشکیل می شود که به ترتیب خطوط ۳ و ۴، خطوط ۱ و ۲ و خطوط ۵ و ۶ را شامل می شوند.

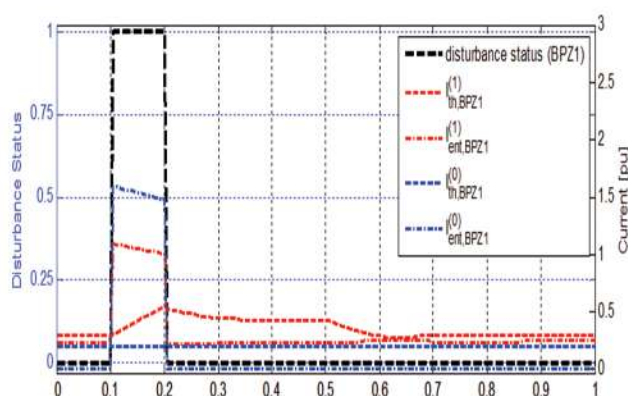
۳-۲- عملکرد الگوریتم در خط سه ترمیناله

به منظور بررسی عملکرد الگوریتم در خطوط چند ترمیناله، یک خط سه ترمیناله به جای خط ۴، در BPZ1 قرار داده شد که خطوط اضافه شده به همراه نام آن‌ها، در شکل ۲-ب، نشان داده شده است. بر روی یکی از این خطوط یعنی خط 4a، و در فاصله‌ی ۸۰ درصدی از ترمینال خط سه ترمیناله، یک خطای سه فاز در لحظه‌ی ۰/۲ ثانیه اعمال و در لحظه‌ی ۰/۳ ثانیه پاک شد. برای تشخیص خط خطادار، اطلاعات PMUهای BPZ1 به الگوریتم داده می‌شود. شایان ذکر است که در محاسبات، ترمینال خط سه ترمیناله به عنوان یک شین در نظر گرفته می‌شود و سپس ماتریس امپدانس آن محاسبه می‌شود. با این فرض که الگوریتم فرض کند محل خطا، همان خط 4a است و محاسبات محل خطا برای این خط انجام شود، الگوریتم محل خطا را در فاصله‌ی ۸۰/۷۳ درصدی از ترمینال خط سه ترمیناله، به دست آورده است؛ به بیان دیگر خطای تخمین در این حالت، ۰/۷۳ درصد است. از سویی چون برای تمامی خطوط، محل تخمینی خطا از یک کمتر است باید با توجه مقدار $j(u)$ خط خطادار تعیین شود و از آنجایی که کمترین مقدار j در لحظات وقوع خطا، مربوط به خط 4a است لذا این خط، خط خطادار محسوب می‌شود.

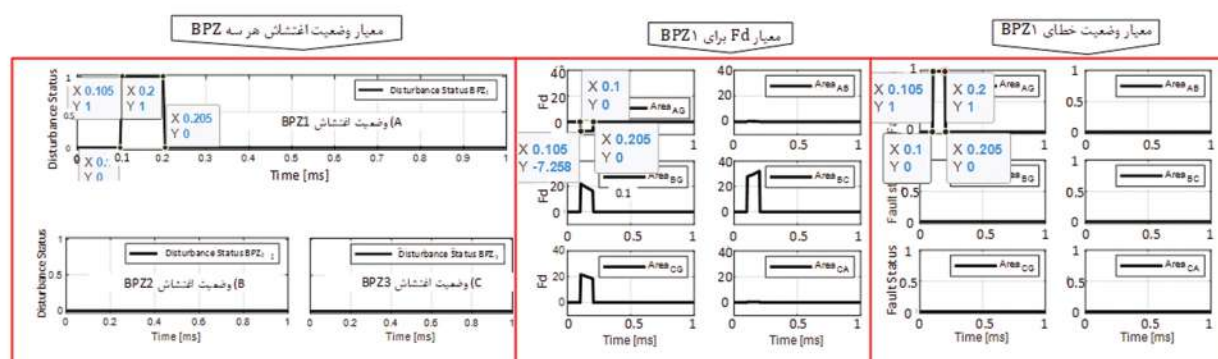
۳-۳- بررسی عملکرد الگوریتم اولیه و ثانویه در حین تنش‌های شبکه

افزایش بار ممکن است منجر شود که مسیر امپدانی برخی رله‌ها وارد ناحیه ۳ عملکردشان شود. این پدیده به اصطلاح تداخل بار نامیده می‌شود. رله دیستانس ممکن است این اتفاق را اشتباهاً وقوع خطا تصور کند و سیگنال قطع را بریکرهای خود ارسال کند. برای شبیه‌سازی این حالت، باید سیستم در حالت تنش پرباری باشد؛ و سپس تغییر بار ناگهانی در یک یا چند شین رخ دهد

باتوجه به اینکه رله‌های BPZ1، خطا را در ناحیه‌های خود می‌بینند انتظار داریم که در BPZ1 شاخص F_d منفی و معیار وضعیت خطا (Fault Status) برای فاز A، برابر یک باشد و در دیگر BPZها، این معیار صفر باشد. در شکل ۴-ب (نمودار وسطی)، معیار F_d محاسبه شده برای ۶ واحد رله دیستانس BPZ1 نشان داده شده است. همان‌گونه که انتظار می‌رود، مقدار این معیار در بازه‌ی زمانی خطا برای فاز A در BPZ1، منفی است. از سویی دیگر می‌دانیم که منفی شدن F_d سبب یک شدن معیار وضعیت خطا (Fault Status) می‌شود. در شکل ۴-ج (نمودار سمت راست)، نمودار معیار وضعیت خطای محاسبه شده نیز نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، فقط وضعیت خطای فاز A در BPZ1، برابر یک است که بیانگر آن است که خطا در BPZ1 و در فاز A رخ داده است. همچنین تأخیر الگوریتم به اندازه‌ی یک نمونه یا ۵ میلی‌ثانیه است. الگوریتم ثالثیه نیز به درستی محل خطا را در ۵۰/۰۷ درصدی خط، تخمین می‌زند که بیانگر خطای تخمین ۰/۰۷ درصد است. از ارائه شکل آن به دلیل محدودیت فضا صرف نظر شده است.



شکل ۳- نمودار مقایسه جریان‌های آستانه مؤلفه مثبت و صفر با مجموع جریان‌های مؤلفه مثبت و صفر وارد شده به BPZ1 به همراه نمودار وضعیت اغتشاش به ازای خطای تکفاز به زمین در فاز A خط ۳ واقع در BPZ1



شکل ۴ نمودار شاخص وضعیت اغتشاش مربوط به BPZ یک تا سه (شکل سمت چپ)، معیار F_d مربوط به BPZ1 (شکل وسط) و معیار وضعیت خطای BPZ1 (شکل سمت راست) بر حسب زمان به ازای وقوع خطای تکفاز به زمین AG خط ۳ (واقع در BPZ1) در شبکه‌ی ۹ شینه‌ی IEEE

۴-۳- بررسی عملکرد طرح حفاظتی در شبکه خوزستان

به منظور بررسی بیشتر صحت و کیفیت عملکرد الگوریتم، عملکرد آن در شبکه خوزستان نیز تست شد. بدین منظور اطلاعات مربوط به تعدادی از حوادث واقعی شبکه خوزستان دریافت شد. به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات دو طرف خط، زمان وقوع و رفع خطا از داده‌های واقعی استخراج و حادثه توسط نرم افزار Digsilent Power Factory شبیه‌سازی شد. از اطلاعات حاصله برای ارزیابی کیفیت عملکرد الگوریتم استفاده شد.

به عنوان نمونه، یکی از این حوادث در ۰/۱ ثانیه به صورت خطای تک فاز BG در ۲۰ درصدی خط ER905 رخ می‌دهد. در ۰/۱۵ ثانیه رفع و در ۰/۱۶ ثانیه، بریکرهای دو طرف خط باز می‌شود. باتوجه به آنکه دو طرف خط مذکور، PMU، جانمایی شده است این خط به عنوان یک BPZ تک خطی، به حساب می‌آید. این BPZ، BPZ10 نامیده می‌شود.

انتظار می‌رود که وضعیت خطای BPZ10، در بازه خطا به دلیل کمتر شدن جریان آستانه‌ای BPZ از جریان ورودی، یک شود. نمودار مقایسه جریان‌های آستانه و ورودی و همچنین نمودار وضعیت اغتشاش BPZها، در شکل ۶ در نمودارهای سمت چپ نشان داده شده که مؤید صحت عملکرد الگوریتم با تاخیر یک نمونه است.

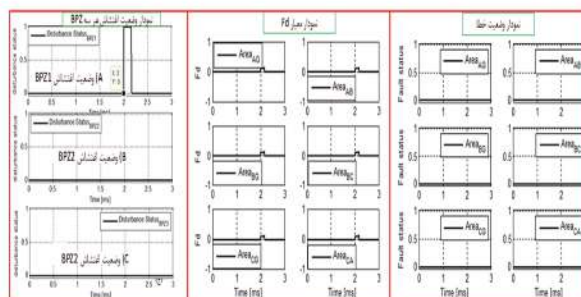
باتوجه به آنکه خطا از نوع فاز B به زمین است، انتظار داریم در BPZ10 در لحظات خطا معیار F_d واحد BG منفی و متعاقب آن وضعیت خطای آن واحد برابر یک گردد. به دلیل محدودیت فضا از ارائه این شکل‌ها صرف نظر شده است. در این شرایط به درستی معیار F_d واحد BG منفی و لذا وضعیت خطای آن واحد یک می‌گردد. لذا الگوریتم به درستی وقوع خطا را از اغتشاش تمایز می‌دهد.

نمودار محل تخمینی خطا برای تنها خط واقع در BPZ10 به صورت فاصله از شین‌های دو طرف خط در شکل ۶ در نمودارهای سمت راست، ارائه شده‌اند. ملاحظه می‌گردد که الگوریتم محل خطا را ۲۰/۰۴ درصدی شین امیدیه ۲ و ۷۹/۸۶ درصدی شین شهید عباسپور تخمین می‌زند که بیانگر خطای تخمین ۰/۱۴ درصدی است. به هر حال خطای تخمین کمتر از ۰/۱۴ درصد است. شایان ذکر است حدود یک بودن مجموع فاصله‌ی تخمینی خطا از دو شین دو طرف خط خطادار (ER905)، نشان از صحت برنامه نوشته شده و عملکرد الگوریتم دارد.

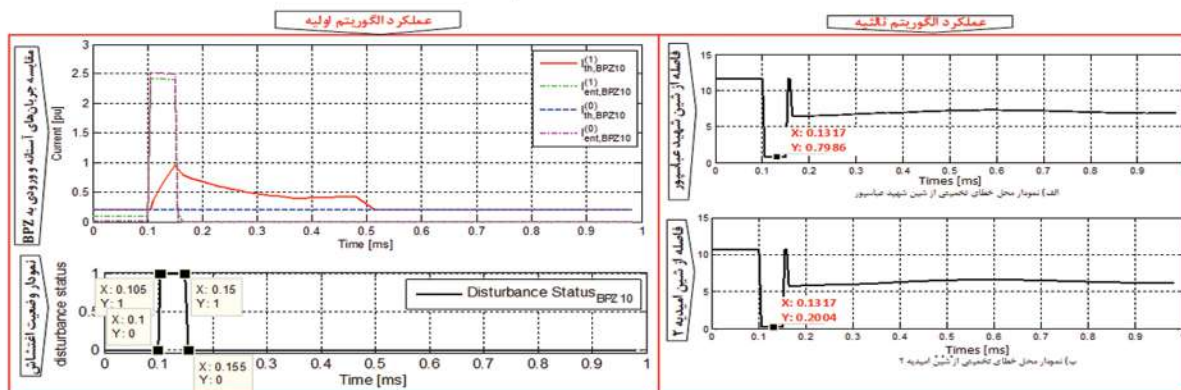
برای شبیه‌سازی این حالت در شبکه ۹ شینه، بار شین‌های مختلف زیاد شد در لحظه $t=2s$ باری به صورت ناگهانی به شین ۸ اضافه شد. در این حالت، مسیر امپدانس وارد ناحیه ۳ رله واقع در شین ۷ خط ۷-۸ می‌شود. حال باید داده‌ها به الگوریتم داده شود تا بررسی گردد که الگوریتم این حالت را به عنوان خطا می‌بیند یا خیر.

وضعیت اغتشاش BPZهای مختلف شبکه، در شکل ۵-الف نمایش داده شده است. همان گونه که ملاحظه می‌گردد این معیار فقط برای BPZ1 می‌گردد. برابر یک می‌گردد که حاکی از تغییر ناگهانی جریان ورودی به این BPZ است. حال باید بررسی گردد که این اغتشاش خطا است یا خیر. نمودار F_d و وضعیت خطا برای BPZ1 در شکل ۵-ب (وسطی) ارائه شده است. ملاحظه می‌گردد که به دلیل مثبت بودن معیار F_d ، الگوریتم به درستی این حالت را خطا تشخیص نمی‌دهد. علت آن است که رله‌های موجود در این BPZ به طور هم‌زمان حادثه را درون ناحیه‌های خود نمی‌بینند.

شایان ذکر است که روش در شبکه ۳۹ شینه New England، برای حالت نوسان توان هم بررسی شده و ملاحظه گردید که معیار F_d در این حالت نیز مثبت شده و نوسان توان را به درستی شرایط عادی و غیر خطا، تشخیص می‌دهد.



شکل ۵ نمودار وضعیت اغتشاش هر سه BPZ (شامل BPZ1، BPZ2 و BPZ3) (شکل الف)، معیار F_d برای BPZ1 (شکل ب) و وضعیت اغتشاش BPZ1 (شکل ج) در شرایط تداخل بار به ازای ورود ناگهانی بار به شین ۸ در لحظه $t=2s$



شکل ۶ نمودار عملکرد الگوریتم اولیه (سمت چپ) به صورت مقایسه جریان‌های آستانه و ورودی (بالا-چپ) و وضعیت اغتشاش BPZ10 (پایین چپ) و محل تخمینی خطا (سمت راست) به صورت فاصله از شین عباسپور (بالا-راست) و فاصله از شین امیدیه ۲ (پایین-راست) به ازای خطای BG در خط ER905 واقع در BPZ7 (حادثه واقعی ۴)

- [4] NERC, Disturbance Reports, North American Electric Reliability Council, NJ, USA, 2001.
- [5] Neyestanaki, M.K. and A.M. Ranjbar, "An Adaptive PMU-Based Wide Area Backup Protection Scheme for Power Transmission Lines", IEEE Transactions on Smart Grid, 2015, 6(3): p. 1550-1559.
- [6] A. G. Phadke and J. S. Thorp, "Synchronized Phasor Measurements and Their Applications", New York, NY, USA: Springer, 2008.
- [7] Chen, M., et al., "Research on a Distance Relay-Based Wide-Area Backup Protection Algorithm for Transmission Lines", IEEE Transactions on Power Delivery, 2017, 32(1): p. 97-105.
- [8] Sharafi, A., M. Sanaye-Pasand, and S.M. Hashemi, "Improved zone-3 distance protection based on adjacent relays data", International Transactions on Electrical Energy Systems, 2018, 29(2).
- [9] Yu, F., et al., "Wide-area backup protection and protection performance analysis scheme using PMU data", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2019, 110, p. 630-641.
- [10] Dobakhshari, A.S., "Fast accurate fault location on transmission system utilizing wide-area unsynchronized measurements", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2018, 101, p. 234-242.
- [11] Gao, Z.D. and G.B. Wang, "A new power swing block in distance protection based on a microcomputer-principle and performance analysis", International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, APSCOM-91, 1991.
- [12] Apostolov, A.P., D. Tholomier, and S.H. Richards, "Superimposed components based sub-cycle protection of transmission lines", in IEEE PES Power Systems Conference and Exposition, 2004.
- [13] Seethalekshmi, K., S.N. Singh, and S.C. Srivastava, "A Classification Approach Using Support Vector Machines to Prevent Distance Relay Maloperation Under Power Swing and Voltage Instability", IEEE Transactions on Power Delivery, 2012, 27(3): p. 1124-1133.
- [14] Brahma, S.M., "Distance Relay With Out-of-Step Blocking Function Using Wavelet Transform", IEEE Transactions on Power Delivery, 2007, 22(3): p. 1360-1366.
- [15] مهدی حاجوی، علیرضا صفاریان، محمود جوراییان، با هدف (PMU) "جایابی بهینه واحدهای اندازه گیری فازور رویت پذیری خطا در شبکه انتقال"، اولین همایش بین المللی مهندسی برق، اولین همایش بین المللی مهندسی برق، علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات، همدان، 1396.
- [16] Kundu, P. and A.K. Pradhan, "Synchrophasor-Assisted Zone 3 Operation", IEEE Transactions on Power Delivery, 2014, 29(2): p. 660-667.
- [17] ABB, "Technical Reference Manual-Phasor measurement terminal RES521*1.0", Vasteras, Sweden, 2008.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله، یک طرح حفاظت پشتیبان ناحیه گسترده برای خطوط انتقال ارائه شده است. این طرح از اطلاعات PMU های نصب شده در شبکه و ماتریس امپدانس BPZ ها به جای داده های محلی و امپدانس خط خطا دار استفاده می کند. این طرح در مقایسه با دیگر طرح های مبتنی بر PMUT، از PMU کمتری استفاده می کند. همچنین این طرح خود را با شرایط سیستم قدرت، تطبیق می دهد.

از شبکه های نمونه ۹ شینه IEEE، سیستم ۳۹ شینه New England و همچنین شبکه خوزستان به عنوان یک شبکه واقعی و بزرگ، به منظور بررسی و ارزیابی کیفیت عملکرد طرح حفاظتی پیشنهادی استفاده شده است. شبیه سازی های انجام شده حاکی از قابلیت روش پیشنهادی در تعیین دقیق محل خطا و BPZ خطا دار به ازای انواع مختلف خطاها، مکان های مختلف وقوع خطا و خطاهای با مقاومت بالا، تمایز بین وقوع خطا یا شرایط تنش (نظیر نوسان توان و تداخل بار)، مکان یابی خطا در خطوط سه ترمیناله است. با توسعه زیرساخت های ارتباطی و اندازه گیری های ناحیه گسترده، طرح پیشنهادی در شبکه های هوشمند نیز قابل استفاده است.

۵- قدردانی

این طرح از محل قرارداد پژوهشی شماره ۹۵/۵۰۶۵۰۱۳ شرکت سهامی برق منطقه ای خوزستان حمایت مالی شده است. بدین وسیله از این شرکت تقدیر و تشکر می شود.

۶- مراجع

- [1] Jonsson, M. and J.E. Daalder, "An adaptive scheme to prevent undesirable distance protection operation during voltage instability", IEEE Transactions on Power Delivery, 2003, 18(4): p. 1174-1180.
- [2] Sahoo, B., et al., "An Effective Zone-3 Supervision of Distance Relay for Enhancing Wide Area Back-up Protection of Transmission System", IEEE Transactions on Power Delivery, 2020.
- [3] Powergrid, "Report of the enquiry committee on grid disturbance in northern region on 30th July 2012 and in Northern, Eastern and North-Eastern Region on 31st July 2012," New Delhi, India, Tech Rep, GRID_ENQ_REP_16_8_12, 2012.



جبران کننده دینامیک ولتاژ (DVR) بدون استفاده از ترانسفورماتور با کاهش تعداد کلیدها

۱- مقدمه

امروزه کیفیت توان، یکی از مهم‌ترین مسائل در کاربردهای صنعتی و تجاری است. به همین دلیل لازم است که در کارخانه‌های صنعتی، جایی که بهره‌وری بالا یک عامل مهم است، برای جلوگیری از صدمه خوردن به تجهیزات گران‌قیمت و بالا رفتن دقت عملکرد آن‌ها، کیفیت انرژی ورودی این تجهیزات کنترل شود. از مشکلاتی که کیفیت توان با آن روبه‌رو است می‌توان به حالت گذار، افتادگی، برآمدگی، قطعی ولتاژ و هارمونیک‌ها اشاره کرد. بنابراین برای مقابله با تغییرات کوتاه مدت ولتاژ نیاز به یک جبران‌ساز است [۱-۴].

DVR یک تجهیز الکتریکی، که به‌صورت سری متصل می‌گردد تا در صورت بروز خطا با تزریق ولتاژ مورد نیاز از نوسانات ولتاژ در بارهای حساس جلوگیری کند. DVR مرسوم از المان‌های ذخیره‌ساز انرژی، اینورتر و ترانسفورماتور تشکیل شده است [۵]. از طرفی دیگر DVR در شرایط افت ولتاژ و برآمدگی ولتاژ، پروفیل ولتاژ را کنترل می‌کند [۶، ۷]. علاوه بر این، می‌توان با اضافه کردن سیستم ذخیره انرژی باتری، عملکرد DVR را مستقل از شبکه کرد [۸]. همچنین به دلیل وزن بیش از حد المان ذخیره‌ساز انرژی، ترانسفورماتور و محدودیت‌های دیگر، توپولوژی‌های مرسوم DVR قادر به جبران ولتاژ در تغییرات شدید طولانی‌مدت نیستند که همین امر موجب شد پژوهشگران به دنبال راهکارهای بهتری باشند [۹]. در [۱۰] علاوه بر نمای کلی سیستم DVR، مشکلات کیفیت توان و ولتاژ مانند، افت ولتاژ، برآمدگی ولتاژ، هارمونیک و قطعی ارائه شده است. از مزایای این سیستم می‌توان به پاسخ سریع، حجم کوچک و هزینه کم در مقایسه با دیگر سیستم‌های جبران‌ساز اشاره کرد. در این مقاله ویژگی‌های جدیدی به سیستم اضافه شده است که علاوه بر اصلاح ضریب قدرت، هارمونیک‌ها را نیز اصلاح کند و در نتیجه تجهیزات را در مقابل خطاهای به وجود آمده محافظت کند.

نویسندگان

امیررضا ملک‌پور شهری

دانش آموخته دانشکده مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

صالح شیخکانلو

دانش آموخته دانشکده مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

منصور رفیعی

عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

در این مقاله یک توپولوژی جدید برای جبران ولتاژ به‌صورت دینامیک (DVR) ارائه شده است. این توپولوژی توانایی جبران انواع اغتشاشات ولتاژ از جمله بالا زدگی، فرو رفتگی و نوسان را بدون تغییر در زاویه فاز دارا می‌باشد. همچنین به دلیل حذف ترانسفورماتور، حجم DVR به‌صورت قابل توجهی کاهش یافته است. علاوه بر این در توپولوژی پیشنهاد شده علاوه بر حذف ترانسفورماتور، تعداد کلیدهای قدرت (Power Mosfet) نیز نسبت به توپولوژی‌های ارائه شده در گذشته کاهش یافته است که به کاهش حجم و وزن DVR و کاهش هزینه آن منجر شده است. به‌منظور تایید کارایی توپولوژی پیشنهاد شده، نتایج شبیه‌سازی در محیط نرم‌افزار MATLAB/SIMULINK ارائه شده است.

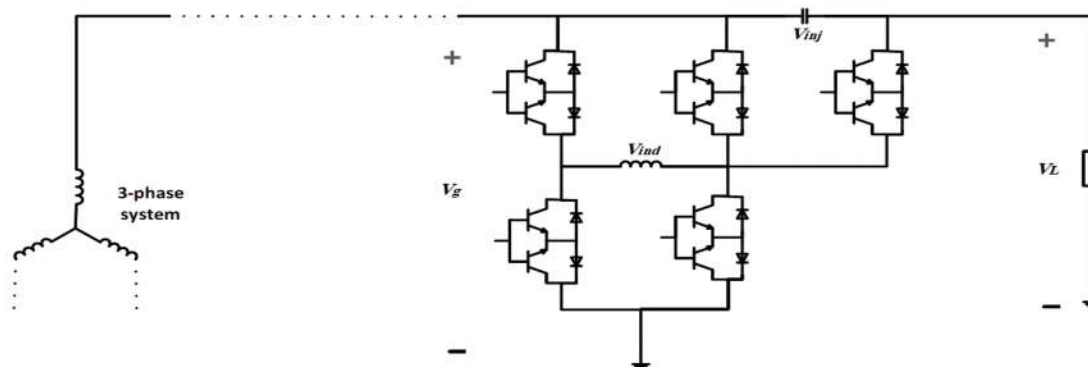
کلمات کلیدی: جبران‌کننده دینامیک ولتاژ، ترانسفورماتور، اغتشاشات ولتاژ، کلیدهای قدرت

[۱۰] یک توپولوژی جدید از DVR بدون ترانسفورماتور ارائه داده است. در این توپولوژی از مبدل ac/ac ، buck-boost ولتاژ مورد نیاز استفاده شده است. همچنین به دلیل نبود ترانسفورماتور تریزیک ولتاژ وزن جبران سازی DVR در این توپولوژی کاهش یافته است و همینطور به دلیل اینکه DVR به طور مستقیم به شبکه وصل است نیازی به عناصر ذخیره سازی انرژی نمی باشد. در این مقاله یک توپولوژی جدید برای جبران ولتاژ به صورت دینامیک (DVR) پیشنهاد شده است که قابلیت جبران انواع اغتشاشات ولتاژ را دارد. در این توپولوژی علاوه بر حذف ترانسفورماتور، تعداد کلیدهای قدرت نیز نسبت به توپولوژی های مرسوم کاهش یافته است که موجب کاهش حجم و وزن DVR و کاهش هزینه شده است.

۲- توپولوژی مبنا

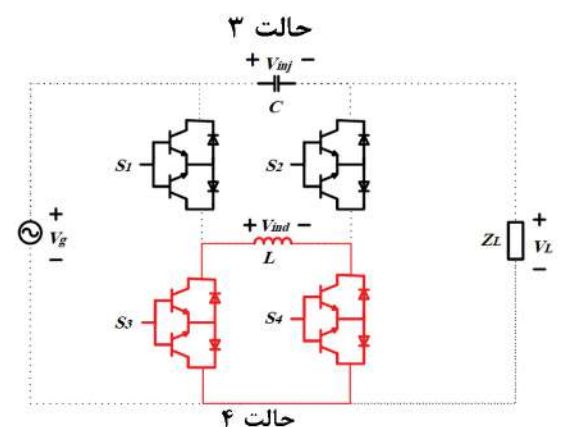
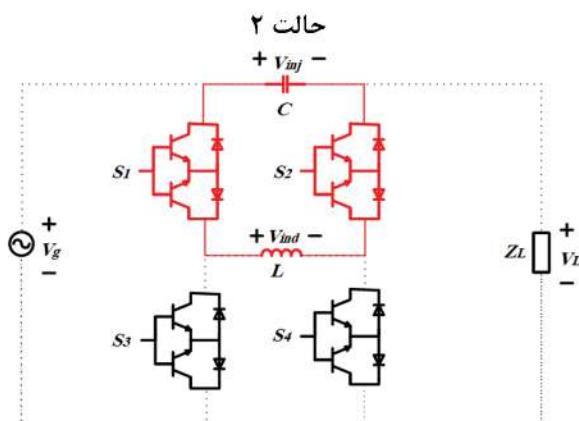
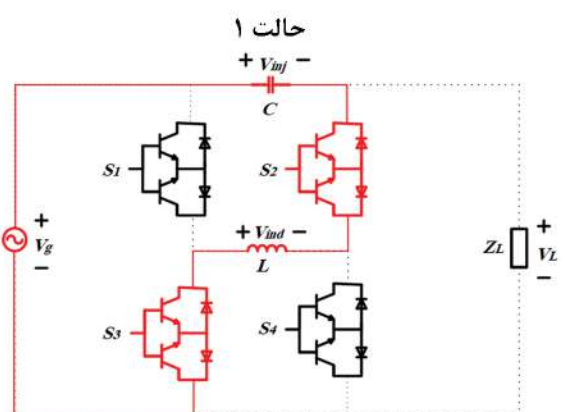
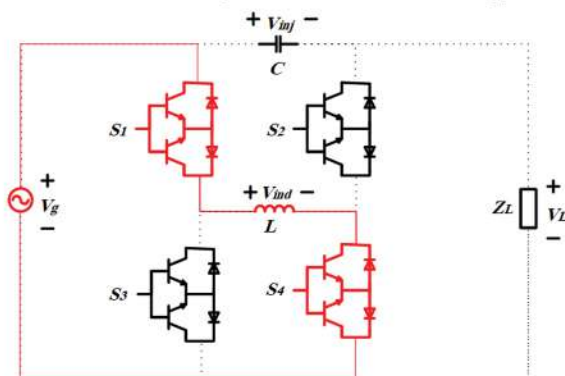
توپولوژی مبنا که به عنوان مرجع در این مقاله استفاده شده است در شکل ۱ قابل مشاهده می باشد. بر اساس شماتیک، این توپولوژی بر پایه مبدل AC/AC باک-بوست ولتاژ جبرانی را تولید می کند. این ساختار شامل ۵ کلید دو طرفه می باشد. ویژگی برجسته این ساختار عدم وجود ترانسفورماتور در آن می باشد. ترانسفورماتورها باعث افزایش وزن و حجم DVR ها می شوند. علاوه بر این فرکانس کاری، محدود به پارامترهای طراحی ترانسفورماتور است. به عبارت دیگر DVR های با ترانسفورماتور تریزیک، نمی توانند در فرکانس های پایین از جمله ولتاژ DC کار کنند. همچنین ترانسفورماتورها به دلیل داشتن تلفات هیستریزس و جریان گردابی، باعث افزایش تلفات کل می شوند. تست و نگهداری ترانسفورماتورها در قیاس با سلف ها و خازن ها نیاز به صرف زمان و هزینه بیش تری دارند. یک ویژگی مهم دیگر این توپولوژی عدم وجود خازن های لینک DC در آن می باشد. در ساختارهای DVR مرسوم، برای ذخیره انرژی مورد نیاز از خازن های لینک DC حجیم استفاده می شود. به خاطر همین موضوع، توپولوژی های مرسوم قادر به جبران اغتشاش های شدید در بازه های زمانی طولانی نمی باشند. علاوه بر این خازن های لینک DC سنگین و گران هستند.

در [۱۱] برای حل مشکل ترانسفورماتور تپ چنجر از مبدل AC ولتاژ-ولتاژ به منظور اصلاح افت ولتاژ استفاده کرده اند. در این توپولوژی از فن آوری سوئیچینگ ترائزیستور با سرعت بالا بهره می برد تا سرعت و کارایی مورد نظر را برای مصرف کنندگان صنعتی تأمین کند. کارایی و انعطاف پذیری این توپولوژی در پست های توزیع مورد بحث قرار گرفته است و نشان داده شده که یک راه حل مناسب برای رفع مشکلات فعلی کیفیت توان می باشد. در [۱۲] بهبود پایداری ولتاژ با استفاده از جبران سازهای DVR و D-STATCOM مورد مقایسه قرار گرفته است. در این مقاله از شبکه توزیع ۱۳-باس، IEEE استفاده شده است که DVR به صورت سری و D-STATCOM به صورت موازی به باس شبکه متصل بوده است. نتایج شبیه سازی نشان داد که جبران ساز DVR برای جبران افت ولتاژ در سمت بار مناسب است در حالی که جبران ساز D-STATCOM می تواند پایداری ولتاژ باس های که D-STATCOM در شبکه توزیع به آن متصل است را افزایش دهد. مقاله [۱۳] به تجزیه و تحلیل عملکرد سه جبران ساز D-STATCOM، DVR، و UPQC برای بهبود کیفیت توان به روش های کنترلی مختلف پرداخته است. در این مقاله تنظیم DVR با کنترل کننده منطق فازی صورت گرفته است. نتایج نشان داد که DVR هارمونیک های ناشی از بار را به طور موثر کاهش داده و باعث مسطح شدن آن می شود. در [۱۴] برای کنترل ژنراتور القایی دوسو تغذیه در توربین های بادی از DVR به منظور بهبود نامتعادلی ولتاژ استفاده کردند. در این پیکربندی DVR به صورت سری بین ژنراتور و شبکه قرار می گیرد و با اعمال ولتاژ سری توسط DVR از نوسانات گشتاور ناشی از عملکرد نامتعادل دستگاه جلوگیری می شود. [۱۵] یک بازیابی ولتاژ دینامیک (DVR) با استفاده از یک ساختار کنترل شده بردار در سیستم مختصات $\alpha\beta$ استاتیکی با ترکیبی از کنترل ولتاژ و کنترل جریان برای به حداقل رساندن افت ولتاژ در شبکه ارائه می دهد. [۱۶] استفاده از تکنیک مدولاسیون دلتا دو شیب (DSDM) برای کنترل ترمیم کننده ولتاژ پویا (DVR) را بررسی می کند که می تواند مشکلات کاهش ولتاژ در سیستم های قدرت را کاهش دهد. [۱۷] یک مبدل جدید غیرقابل تبدیل buck-boost $ac-ac$ را پیشنهاد می کند که می تواند با غیرفعال کردن دیودهای بدنه سوئیچ ها و استفاده از دیودهای بازیابی سریع خارجی برای چرخ های آزاد فعلی، تلفات بازیابی معکوس را به حداقل برساند. در [۱۸] مبدل $ac-ac$ مستقیم PWM دوقطبی از نوع آشبار چند فرکانسی جدا شده با فرکانس بالا پیشنهاد شده است. مبدل می تواند با آشبار سلول های N-unit، افزایش ولتاژ دوقطبی متقارن $\pm ND$ را تولید کند.



شکل ۱: توپولوژی مبنا

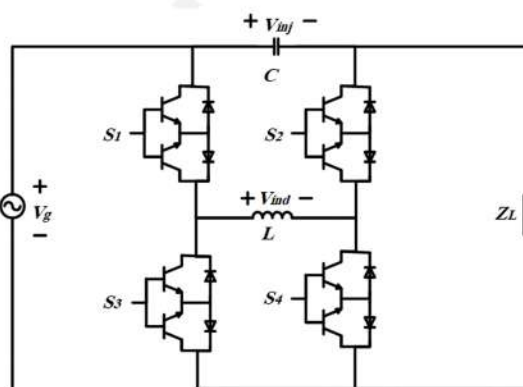
علاوه بر سه حالت ذکر شده در بالا، یک حالت دیگر هم وجود دارد که باعث ایجاد ولتاژ صفر بر روی سلف می‌شود. این حالت در حالت ۴ قابل مشاهده است. تنظیمات کلیدزنی در هر حالت در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۳: حالت‌های کاری توپولوژی پیشنهاد شده

۳. توپولوژی پیشنهاد شده با کاهش تعداد کلیدها

توپولوژی پیشنهاد شده در شکل ۲ نشان داده شده است. این ساختار شامل ۴ کلید دو طرفه، یک اندوتانس، یک خازن برای تنظیم ولتاژ خروجی می‌باشد. برای رسیدن به انتقال دو سویه توان، کلیدها در آرایش دو طرفه به کار گرفته شده‌اند. خازن خروجی C به صورت سری با شبکه متصل شده است و ولتاژ آن با V_{inj} نشان داده شده است. امپدانس بار با Z_L نشان داده شده است. V_g و V_L به ترتیب نشان‌دهنده ولتاژ شبکه و بار نسبت به نقطه نول هستند. اندوکتانس مبدل باک-بوست با L و ولتاژ آن با V_{ind} نشان داده می‌شود.

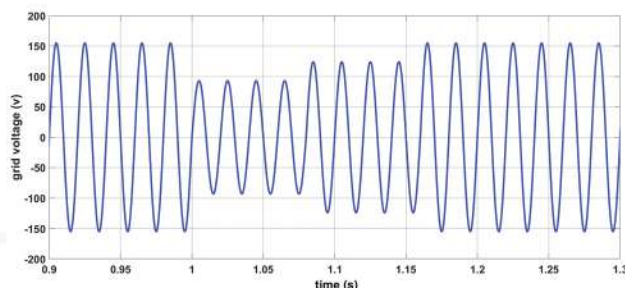


شکل ۱: توپولوژی پیشنهاد

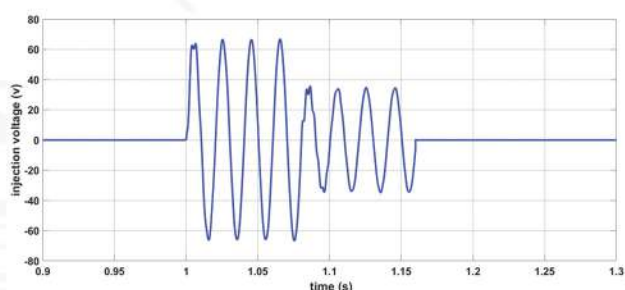
۴- حالت‌های کاری توپولوژی پیشنهاد شده

مسیر عبور جریان در هر حالت کلیدزنی در شکل ۳ نشان داده شده است. برای انتقال توان بین شبکه و سلف به یک مدار دو طرفه نیاز است. در حالت ۱، سلف از طریق کلیدهای S_4 و S_1 به فاز و نقطه نول متصل شده است. همانند حالت ۱، سلف در حالت ۲ هم به شبکه متصل می‌شود با این تفاوت که در این حالت در جهت مخالف به شبکه متصل می‌شود. بر اساس حالت‌های کلیدزنی ولتاژ سلف به ترتیب برابر V_g و $-V_{inj}$ است و DVR انرژی را بر اساس شرایط از شبکه گرفته و یا به شبکه انتقال می‌دهد. تنها تفاوت توپولوژی پیشنهادی با توپولوژی مبنای ارائه شده در بخش اول در حالت ۲ می‌باشد. در این حالت در توپولوژی مبنای ولتاژ $-V_g$ به سلف اعمال می‌شود، در حالی که در توپولوژی پیشنهادی ولتاژ اعمال شده به سلف در حالت ۲ معادل $V_{inj} - V_g$ می‌باشد. در حالت ۳ سلف به صورت موازی با خازن تزریق قرار گرفته و توان مطلوب را می‌دهد و یا دریافت می‌کند تا ولتاژ خروجی متعادل شود.

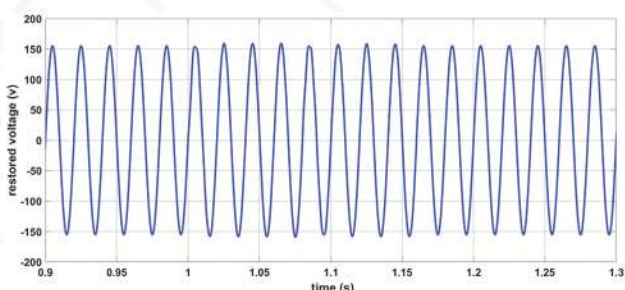
برای سناریو اول حالتی فرض شده است که ابتدا به اندازه ۴۰٪ voltage sag در زمان ۴ سیکل رخ داده و سپس به اندازه ۴ سیکل دیگر voltage sag به ۲۰٪ رسیده و در نهایت ولتاژ شبکه به حالت عادی برگشته است. نتایج حاصل در شکل ۴ نشان داده شده است



الف) ولتاژ شبکه



ب) ولتاژ تزریق شده



ج) ولتاژ خروجی پس از جبران

شکل ۴: نتایج شبیه‌سازی برای حالت رخ دادن voltage sag

همان‌طور که قابل مشاهده است ولتاژی معادل تفاضل ولتاژ مرجع و ولتاژ اندازه‌گیری شده در خازن القا شده است. ولتاژ خازن سری با ولتاژ ورودی شبکه جمع شده و ولتاژی معادل مرجع ایجاد می‌کند که به بار اعمال می‌شود. مطابق شکل ۴-ب پس از تغییر ولتاژ شبکه نسبت به مقدار مرجع ولتاژ جبران شده در سیکل اول دچار نوساناتی می‌شود که ناشی از زمان پاسخگویی کنترل‌کننده می‌باشد. در سناریو دوم حالتی فرض شده که ابتدا ۴ سیکل پدیده voltage swell به میزان ۴۰٪ رخ داده و سپس میزان آن به مدت ۴ سیکل به ۲۰٪ رسیده و در نهایت ولتاژ شبکه به شرایط عادی خود برگشته است. نتایج برای این حالت در شکل ۵ نمایش داده شده است.

حالت	کلیدهای روشن	V_{ind}	مورد استفاده
1	S4 و S1	V_g	swell
2	S3 و S2	$V_{inj} - V_g$	sag
3	S2 و S1	V_{inj}	swell و Sag
4	S4 و S3	0	swell و Sag

جدول ۱: تنظیمات کلیدزنی در هر حالت

بر اساس شماتیک، ولتاژ بار حاصل جمع ولتاژ شبکه و ولتاژ تزریق شده است.

$$v_l = v_g + v_{inj} \quad (1)$$

وظیفه DVR تولید ولتاژ جبران‌ساز مطلوب بر اساس سیگنال مرجعی است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$v_{inj}^{ref} = v_l^{ref} - v_g \quad (2)$$

جایی که v_l^{ref} ولتاژ مرجع بار در شرایط نامی را نشان می‌دهد. از طرفی می‌دانیم که:

$$G = \frac{v_{inj}}{v_g} \quad (3)$$

باتوجه به این موضوع که ولتاژ متوسط سلف باید برابر صفر باشد برای حالت رخ دادن swell می‌توان نوشت:

$$v_{ind,mean} = d_1 \cdot v_g + d_2 \cdot v_{inj} = 0 \quad (4)$$

که در رابطه فوق d_1 نشان‌دهنده بازه زمانی اعمال حالت ۱ و d_2 نشان‌دهنده بازه زمانی اعمال حالت ۳ می‌باشد. از رابطه فوق مقدار d_1 به صورت زیر به دست می‌آید.

$$d_1 = \frac{G}{G-1} \quad (5)$$

همچنین در حالتی که پدیده sag رخ داده باشد داریم:

$$v_{ind,mean} = d_1 \cdot (v_{inj} - v_g) + d_2 \cdot v_{inj} = 0 \quad (6)$$

در این حالت مقدار d_1 به صورت زیر قابل محاسبه است:

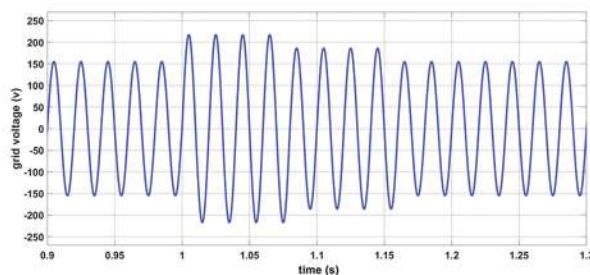
$$d_1 = G \quad (7)$$

۵. شبیه‌سازی

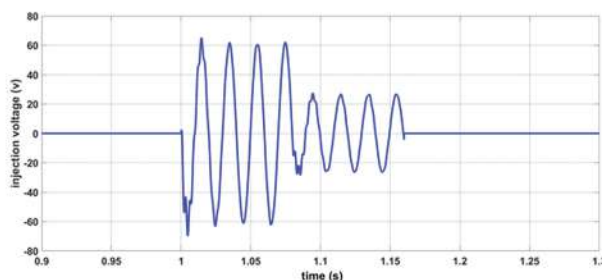
در این قسمت نتایج شبیه‌سازی برای ارزیابی کارایی مبدل پیشنهاد شده آورده شده است. در سناریو اول حالتی بررسی شده که پدیده voltage sag رخ داده باشد و در سناریو دوم نتایج شبیه‌سازی برای وقوع voltage swell آورده شده است.

۷. مراجع

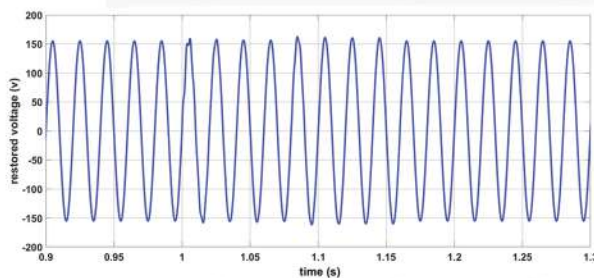
1. M. H. J. Bollen, "The influence of motor reacceleration on voltage sags," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 31, no. 4, pp. 667-674, 1995, doi: 10.1109/28.395271.
2. M. H. J. Bollen, "Characterisation of voltage sags experienced by three-phase adjustable-speed drives," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 12, no. 4, pp. 1666-1671, 1997, doi: 10.1109/61.634188.
3. M. McGranaghan, D. Mueller, and M. Samotyj, "Voltage sags in industrial systems," in Conference Record. Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference 1991, 6-9 May 1991 1991, pp. 18-24, doi: 10.1109/ICPS.1991.153061.
4. H. G. Sarmiento and E. Estrada, "A voltage sag study in an industry with adjustable speed drives," IEEE Industry Applications Magazine, vol. 2, no. 1, pp. 16-19, 1996, doi: 10.1109/2943.476593.
5. B. Wang and M. Illindala, "Operation and control of a dynamic voltage restorer using transformer coupled H-bridge converters," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 21, no. 4, pp. 1053-1061, 2006, doi: 10.1109/TPEL.2006.876836.
6. T. Devaraju, V. Reddy, and M. Kumar, "Performance of DVR under different voltage sag and swell conditions," vol. 5, 10/01 2010.
7. R. Omar and N. Abd Rahim, "Mitigation of voltage sags/swells using dynamic voltage restorer (DVR)," ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 4, no. 4, pp. 50-56, 2009.
8. P. Jayaprakash, B. Singh, D. Kothari, A. Chandra, and K. Al-Haddad, "Control of reduced-rating dynamic voltage restorer with a battery energy storage system," IEEE transactions on industry applications, vol. 50, no. 2, pp. 1295-1303, 2013.
9. A.-H. h, A. Gole, and D. Jacobson, "A novel configuration for a Cascade Inverter Based Dynamic Voltage restorer with reduced energy storage requirements," in 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 20-24 July 2008 2008, pp. 1-1, doi: 10.1109/PES.2008.4595979.
10. D. Nazarpour, M. Farzinnia, and H. Nouhi, "Transformer-less dynamic voltage restorer based on buck-boost converter," IET Power Electronics, vol. 10, no. 13, pp. 1767-1777, 2017.
11. S. M. Hietpas and M. Naden, "Automatic voltage regulator using an AC voltage-voltage converter," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 36, no. 1, pp. 33-38, 2000.
12. N. Van Minh, B. Q. Khanh, and P. V. Phuong, "Comparative simulation results of DVR and D-STATCOM to improve voltage quality in distributed power system," in 2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), 2017: IEEE, pp. 196-199.
13. M. A. A. Yahya and M. A. R. Uzair, "Performance analysis of DVR, DSTATCOM and UPQC for improving the power quality with various control strategies," in 2016 biennial international conference on power and energy systems: towards sustainable energy (PESTSE), 2016: IEEE, pp. 1-4.
14. V. P. Suppioni, A. P. Grilo, and J. C. Teixeira, "Improving network voltage unbalance levels by controlling DFIG wind turbine using a dynamic voltage restorer," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 96, pp. 185-193, 2018.
15. T. T. Duy, T. B. Trung and D. V. Tien, "Voltage Sag Reduction using a Dynamic Voltage Restorer under Different Types of Faults in The Power System," 2021 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), 2021, pp. 246-251.
16. S. Hasan, K. M. Muttaqi, D. Sutanto and M. A. Rahman, "A Novel Dual Slope Delta Modulation Technique for a Current Source Inverter Based Dynamic Voltage Restorer for Mitigation of Voltage Sags," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 57, no. 5, pp. 5437-5447, Sept.-Oct. 2021.
17. U. A. Khan, H. -K. Yang, A. A. Khan and J. -W. Park, "Design and Implementation of Novel Noninverting Buck-Boost AC-AC Converter for DVR Applications," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 68, no. 10, pp. 9346-9357, Oct. 2021.
18. H. F. Ahmed, M. S. E. Moursi, B. Zahawi and K. A. Hosani, "A High-Frequency Isolated Multilevel Cascaded-Type Bipolar Direct PWM AC-AC Converter for Utility Voltage Compensation," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 57, no. 3, pp. 3188-3201, May-June 2021.



الف) ولتاژ شبکه



ب) ولتاژ تزریق شده



ج) ولتاژ خروجی پس از جبران

شکل ۵: نتایج شبیه‌سازی برای حالت رخ دادن voltage swell

همان‌طور که قابل مشاهده است ولتاژی معادل تفاضل ولتاژ مرجع و ولتاژ اندازه‌گیری شده در خازن القا شده است. مطابق شکل ۵-ب ولتاژ القا شده در این حالت ۱۸۰ درجه الکتریکی با ولتاژ شبکه اختلاف فاز دارد. به‌دلیل سری بودن خازن با شبکه و اختلاف فاز ۱۸۰ درجه‌ای ولتاژ خازن با ولتاژ شبکه، swell یا بالا زدگی ولتاژ کاهش پیدا کرده و در سمت بار ولتاژ ثابتی معادل ولتاژ مرجع دیده می‌شود.

۶. نتیجه‌گیری

در این مقاله یک جبران‌کننده دینامیک ولتاژ (DVR) معرفی شد. این توپولوژی جدید بدون ترانسفورماتور بوده که باعث شده هزینه‌ها، تلفات و محدودیت‌های طراحی ناشی از نصب ترانسفورماتور و خازن لینک DC از بین برود. همچنین در ساختار پیشنهاد شده یک کلید دوطرفه قدرت نسبت به مبدل مشابه ارائه شده در گذشته کاهش یافته است که باعث کاهش هزینه، کاهش حجم مبدل، کاهش تلفات ناشی از کلیدزنی، عدم نیاز به یک گیت درایور و ساده شدن کنترل‌کننده گیت درایورها شده است.



مبدل افزایشده مبتنی بر ساختار مبدل بوست با سلف تزویج سه سیم پیچه دارای قابلیت کلیدزنی نرم برای کاربردهای منابع انرژی تجدیدپذیر

۱- مقدمه

امروزه، باتوجه به نیاز رو به گسترش بهمنظور دسترسی و بهره‌گیری از انرژی الکتریکی و همچنین کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی جهت تولید انرژی الکتریکی، بهره‌گیری از منابع انرژی تجدیدپذیر با رشد چشم‌گیری مواجه شده است [۱]، [۲]. این منابع همچون انرژی خورشیدی، پیل‌های سوختی، انرژی بادی دارای ولتاژ تولیدی رگوله نشده‌ای هستند. به همین سبب استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت جهت افزایش ولتاژ خروجی آن‌ها و رگوله کردن آن امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود [۳]، [۴]. تحقیق‌های زیادی توسط محققان جهت ارائه ساختارهای افزایشده، ارائه شده که با استفاده از مبدل افزایشده سطح ولتاژ ورودی به سطح ولتاژ شبکه افزایش داده می‌شود. همچنین ساختارهای افزایشده متفاوتی با بهره ولتاژ بالا در پژوهش‌های مختلف برای به‌کارگیری در کاربردهای انرژی خورشیدی و پیل‌های سوختی ارائه شده است [۵]، [۶]. به‌منظور افزایش ولتاژ، می‌توان از مبدل بوست پایه استفاده کرد اما به‌دلیل غیرایده‌آل بودن قطعات استفاده شده همچون مقاومت سلف ورودی، مقاومت درین-سورس سوئیچ قدرت، افت ولتاژ دو سر دیود خروجی در عمل بهره ولتاژ مبدل بوست پایه بیش از سه یا چهار برابر نخواهد بود. علاوه‌بر این، مادامی‌که چرخه کار (زمان روشن بودن سوئیچ در هر دوره تناوب) زیاد باشد مشکلاتی اعم از جریان معکوس بالای دیود خروجی و استرس زیاد جریان سوئیچ قدرت رخ می‌دهد که این امر منجر به کاهش شدید بازده مدار می‌شود. افزون بر موارد یاد شده، برای اینکه سلف ورودی در حالت هدایت پیوسته (CCM^2) کار کند باید مقدار بزرگی داشته باشد. بنابراین، استفاده از یک سلف با اندازه‌ی بزرگ امری ناگزیر خواهد بود [۷]، [۸]. به همین سبب ساختارهای مختلف تازه‌ای که با مبدل بوست پایه ادغام شده ارائه شده‌اند به نحوی که مشکلاتی که در بالا بدان اشاره شده را برطرف نمایند.

نویسنده

دانش امانی

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

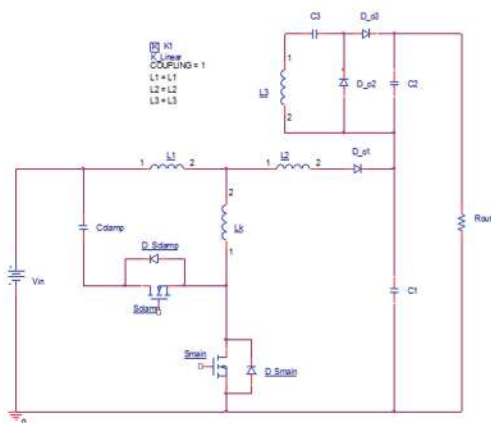
چکیده

در این مقاله یک مبدل بوست افزایشده با سلف تزویج سه سیم پیچه و مدار برشگر فعال ارائه شده است. با استفاده از مدار برشگر فعال انرژی سلف نشستی سلف تزویج بازیابی شده، در نتیجه از ایجاد تنش‌های ناگهانی ولتاژ در دو سر سوئیچ‌ها در هنگام روشن شدن نشان جلوگیری می‌شود. نظر به اینکه هر دو سوئیچ مدار در شرایط کلیدزنی با ولتاژ صفر روشن شده و دیودها در شرایط کلیدزنی با جریان صفر خاموش می‌شوند تلفات کلیدزنی و اختلالات الکترومغناطیسی (EMI) به‌شدت کاهش می‌یابد. این امر منجر به افزایش بازده کلی مدار می‌شود. ساختار پیشنهادی دارای تنش ولتاژ کمی بر روی هر دو سوئیچ مدار است، در نتیجه می‌توان از سوئیچ‌هایی با مقاومت هدایت کمتر برای ساخت مبدل استفاده کرد. ساختار ارائه شده به ازای تغییرات ولتاژ ورودی در گستره‌ی $48V - 80V$ و تغییرات توان خروجی در گستره‌ی $100W - 500W$ طراحی شده است. به‌منظور ارزیابی و اطمینان از صحت عملکرد مبدل پیشنهادی نتایج شبیه سازی در بدترین شرایط کاری مدار ارائه شده است.

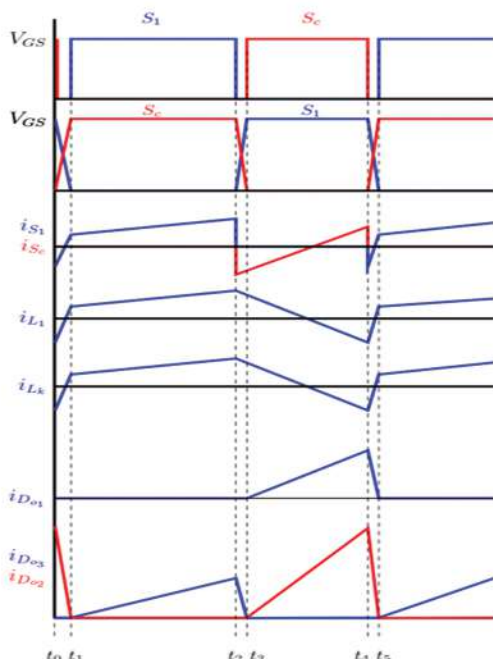
کلمات کلیدی: سلف تزویج سه سیم پیچه، کلیدزنی نرم در جریان صفر، کلیدزنی نرم در ولتاژ صفر، مبدل افزایشده DC/DC

۲- مدهای کاری مبدل پیشنهادی

مبدل پیشنهادی در شکل ۱ نمایش داده شده است. این مبدل دارای یک سوئیچ اصلی (S_{main})، یک سلف تزویجی سه سیم پیچه، یک سوئیچ فعال برشگر (S_{clamp}) با یک خازن سری با آن (C_{clamp}) و سلف (L_k) جهت رسیدن به شرایط کلیدزنی نرم در ولتاژ صفر برای هر دو سوئیچ است. به منظور افزایش ولتاژ خروجی (به عبارتی افزایش بهره ولتاژ مدار) علاوه بر سلف تزویج شده (L_2 و L_1) از یک سلول افزایش ولتاژ نیز استفاده شده است که سلف آن (L_3) با سلفهای L_1 و L_2 تزویج شده است. در شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب شکل موج‌های کلیدی مدار و مدهای کاری آن نمایش داده شده است. عملکرد مبدل مذکور در یک دوره تناوب در زیر شرح داده شده است.



شکل ۱: مبدل افزایش ولتاژ مبتنی بر ساختار بوست پیشنهادی



شکل ۲: شکل موج‌های کلیدی مبدل پیشنهادی

از جمله این ساختارها می‌توان به ساختار آبخاری [۹]، سلول‌های چند برابر کننده ولتاژ [۱۰]، سوئیچ سلفی/سوئیچ خازنی [۱۱]، [۱۲]، سلف تزویج شده [۱۳] و ترکیبی از این روش‌ها [۱۴]، [۱۵] اشاره کرد.

در مبدل‌های مبتنی بر سلف تزویجی می‌توان با انتخاب تعداد دور بهینه برای سلف تزویجی، استرس ولتاژ سوئیچ قدرت را کاهش داد. همچنین با بهره‌گیری از سلف نشستی سلف تزویجی می‌توان مشکلات ناشی از جریان بازبایی معکوس دیود خروجی را تقلیل داد. افزون بر این مورد، با استفاده از مدار برشگر فعال^۳ یا برشگر غیرفعال^۴ بازبایی انرژی سلف نشستی می‌توان به کلیدزنی نرم در ولتاژ صفر (5ZVS) سوئیچ اصلی دست پیدا کرد [۱۳].

در مرجع [۱۶] یک مبدل بوست پایه با یک دیود اضافی و یک سلف تزویج شده به منظور افزایش ولتاژ ارائه شده است. اگرچه در این ساختار تمام نیمه‌مدهای دارای کلیدزنی نرم هستند اما به دلیل تنش ولتاژ ایجاد شده در دو سر سوئیچ در هنگام روشن شدن آن که دو برابر ولتاژ دو سر سوئیچ می‌باشد، این مبدل دارای بازده پایینی است. علاوه بر تنش ولتاژی اشاره شده، ولتاژ دو سر سوئیچ برابر با ولتاژ خروجی است که این امر سبب می‌شود ساختار پیشنهادی برای کاربردهای ولتاژ بالا از جذابیت کمتری برخوردار باشد. در مرجع [۱۷] به منظور بهبود بازده کلی مدار از ساختار برشگر غیرفعال دیود خازنی استفاده شده است. اگرچه این ساختار در مقایسه با ساختار پیشنهادی در مرجع [۱۶] دارای بازده بالاتری است اما تعداد المان‌های آن بیشتر بوده و بهره ولتاژ پایین‌تری نیز دارد. در ساختار ایزوله‌ای ارائه شده در مرجع [۱۸] به منظور بازبایی انرژی سلف نشستی ترانسفورماتور از اسنابر بدون تلفات غیرفعال^۷ استفاده شده است. به منظور کاهش ریپل جریان ورودی، در مرجع [۱۹] از ساختار چند برگی^۸ استفاده شده است. در این مبدل به دلیل پایین بودن فرکانس کلیدزنی اندازه دو سلف تزویجی سه سیم پیچه حجیم بوده در نتیجه اندازه کلی مدار بزرگ است. همچنین در ساختارهای زیادی به منظور کاهش ریپل جریان ورودی از ساختار چند برگی استفاده شده است [۲۰]–[۲۲].

در این مقاله یک مبدل بوست افزایش ولتاژ مبتنی بر مبدل بوست با یک سلف تزویجی سه سیم پیچه، سلول افزایش ولتاژ (9VMC) و سوئیچ فعال برشگر ارائه شده است. با استفاده از سلف تزویجی و سلول افزایش ولتاژ، بهره ولتاژ مدار افزایش می‌یابد. همچنین با بهره‌گیری از سوئیچ فعال برشگر^{۱۰} شرایط کلیدزنی نرم برای سوئیچ اصلی در تمام بازه کاری مبدل فراهم می‌شود. علاوه بر این، به منظور کاهش جریان بازبایی معکوس دیودها از سلف نشستی سلف تزویجی استفاده شده است. باتوجه به ایجاد شرایط کلیدزنی نرم برای تمام نیمه هادی‌ها، مدار پیشنهادی دارای بازده کلی بالایی است.

در بخش ۲ مدهای کاری مختلف مدار نشان داده شده است. در بخش ۳ تحلیل حالت پایدار مدار ارائه شده مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش ۴ نتایج شبیه‌سازی برای بدترین حالات کاری مبدل آورده شده است. و در نهایت در بخش ۵ نیز نتیجه‌گیری ارائه شده است.

مد ۱ ($t_0 - t_1$): در این مد سوئیچ برشگر (S_{CLAMP}) خاموش بوده و دیود بدنه سوئیچ اصلی (DS_{MAIN}) در حال هدایت است. سلفهای L_1 و L_k نیز در حال شارژ شدن هستند. در سلول افزاینده ولتاژ دیود D_{O2} در حال هدایت بوده اما دیود D_{O3} خاموش است در نتیجه خازن C_3 در حال شارژ شدن می‌باشد. در این مد دیود D_{O1} نیز خاموش بوده و جریانی از آن عبور نمی‌کند. شیب کاهش جریان دیود D_{O1} توسط سلف نشستی L_2 سلف محدود شده که این امر منجر به کاهش جریان بازپایی معکوس دیود می‌شود. جریان عبوری از سلف L_1 به شکل خطی کاهش یافته و رابطه آن به صورت زیر است:

$$i_{L1}(t) = \frac{L_1}{L_1 + L_k} V_{in}(t - t_0) + i_{L1}(t_0) \quad (1)$$

مد ۲ ($t_1 - t_2$): با روشن شدن سوئیچ اصلی در لحظه T_1 این مد آغاز می‌شود. نظر به اینکه دیود بدنه سوئیچ اصلی در مد قبل در حال هدایت بوده لذا انرژی خازن پراکندگی دو سر درین-سورس این سوئیچ صفر بوده و سوئیچ S_{MAIN} می‌تواند در شرایط کلیدزنی نرم در ولتاژ صفر روشن شود. همچنین در آغاز این مد دیود D_{O2} خاموش شده و دیود D_{O3} شروع به هدایت می‌کند. روابط مربوط به ولتاژ دو سر سلفهای L_1 و L_2 به صورت زیر است.

$$V_{L1} = V_{in} - V_{Lk} \quad (2)$$

$$V_{L3} = V_{C2} + V_{C3} \quad (3)$$

مد ۳ ($t_2 - t_3$): مادامی‌که دیود بدنه سوئیچ برشگر فعال (DS_{CLAMP}) شروع به هدایت کرده و سوئیچ اصلی خاموش شود این مد آغاز می‌شود. در این مد سلف L_k با خازن C_{CLAMP} رزونانس می‌کنند. به همین سبب سلف L_k شارژ شده و خازن C_{CLAMP} شارژ می‌شود. در انتهای این مد، دیود D_{O3} در شرایط کلیدزنی نرم در جریان صفر (ZCS) خاموش می‌شود.

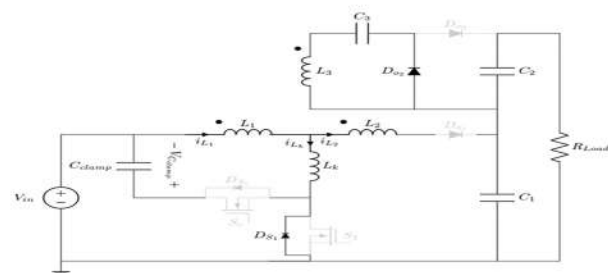
مد ۴ ($t_3 - t_4$): در این مد ابتدا دیود بدنه سوئیچ برشگر فعال شروع به هدایت کرده و انرژی خازن پراکنده دو سر سوئیچ تخلیه می‌شود. سپس سوئیچ برشگر فعال در شرایط کلیدزنی نرم در ولتاژ صفر روشن می‌شود. همچنین دیود D_{O3} در شرایط کلیدزنی نرم در جریان صفر خاموش می‌شود. دیودهای D_{O1} و D_{O2} روشن شده در نتیجه سیپ-پیچ ثانویه (L_2) شروع به شارژ شدن می‌کند.

$$V_{L1} = V_{C_{clamp}} - V_{Lk} \quad (4)$$

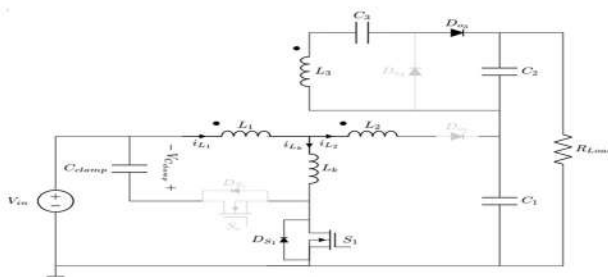
$$V_{L3} = V_{C3} \quad (5)$$

مد ۵ ($t_4 - t_5$): در این مد دیود بدنه سوئیچ اصلی روشن شده در نتیجه شرایط کلیدزنی نرم در ولتاژ صفر برای سوئیچ اصلی فراهم می‌شود. به دلیل وجود سلف نشستی سلف تزویج دیودهای D_{O1} و D_{O2} در شرایط کلیدزنی نرم در جریان صفر خاموش می‌شوند. جریان عبوری از سلف L_1 در این مد به صورت زیر خواهد بود.

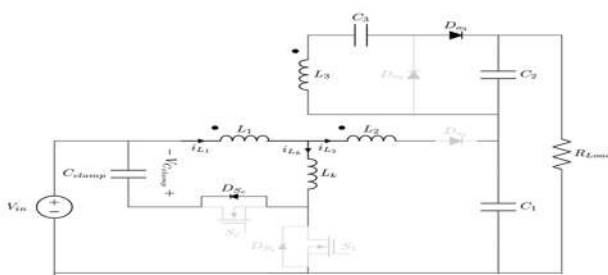
$$i_{L1}(t) = \frac{L_1}{L_1 + L_k} V_{in}(t - t_4) + i_{L1}(t_4) \quad (6)$$



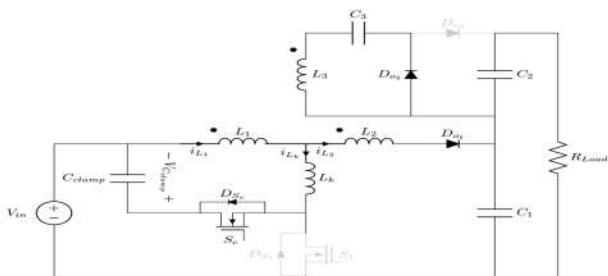
(الف)



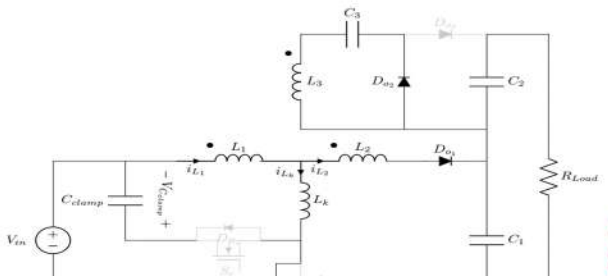
(ب)



(پ)



(ت)



(ث)

شکل ۳: مدهای کاری مبدا ارائه شده (الف) مد کاری ۱ (ب) مد کاری ۲ (پ) مد کاری ۳ (ت) مد کاری ۴ (ث) مد کاری ۵

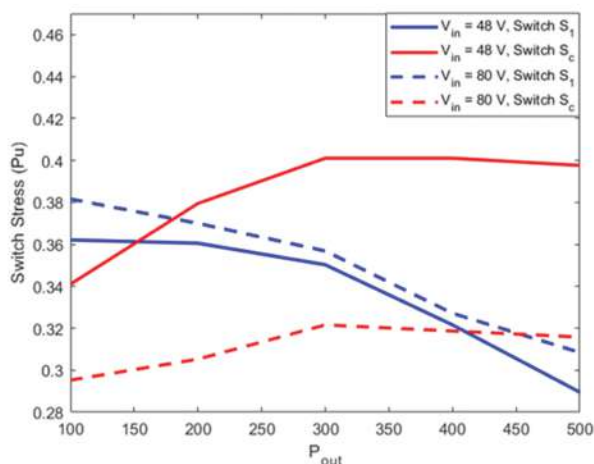
۳- تحلیل مدار در حالت ماندگار

۳-۲- استرس ولتاژ سوئیچ‌ها

باتوجه به مدهای کاری، استرس ولتاژ هر دو سوئیچ اصلی و برشگر مدار به صورت زیر خواهد بود:

$$V_{S_{main}} = V_{S_c} = V_{in} + V_{C_{clamp}} \quad (11)$$

در شکل ۵ استرس ولتاژ نرمالیزه شده هر دو سوئیچ به ازای دو ولتاژ کمینه و بیشینه مدار و برای توان‌های کاری مختلف بر اساس داده‌های حاصل از شبیه‌سازی نشان داده شده است. باتوجه به شکل ۵ می‌توان استنتاج کرد که در تمام بازه کاری، ولتاژ دو سر هر کدام از سوئیچ‌ها تقریباً کمتر از ۰.۴ ولتاژ خروجی است. در نتیجه استرس ولتاژ سوئیچ‌ها پایین بوده و می‌توان از سوئیچ‌هایی با مقاومت درین-سورس ($R_{ds(on)}$) کمتری استفاده کرد. این امر منجر به کاهش تلفات هدایت سوئیچ‌ها شده که نتیجه آن افزایش بازده کلی مدار است.



شکل ۵: استرس ولتاژ سوئیچ‌های مدار به ازای ولتاژهای ورودی مختلف و توان‌های خروجی متفاوت

۴- نتایج شبیه‌سازی

به منظور ارزیابی و اطمینان از عملکرد صحیح مبدل پیشنهادی، مبدل مذکور در نرم‌افزار PSpice شبیه‌سازی شده است. در جدول ۱ مقدار هر یک از المان‌های شبیه‌سازی شده آورده شده است. باتوجه به موارد ذکر شده در بخش‌های قبل، تمامی عناصر نیمه‌هادی مدار دارای کلیدزنی نرم هستند. به منظور بررسی این امر در شکل‌های ۶ الی ۹ شکل موج‌های کلیدزنی تمام عناصر نیمه‌هادی به ازای بدترین شرایط کاری یعنی (ولتاژ ورودی کمینه - توان خروجی بیشینه) و (ولتاژ ورودی بیشینه - توان خروجی کمینه) آورده شده است. در شکل‌های ۶ و ۷ شکل موج‌های مربوط به کلیدزنی هر دو سوئیچ نشان داده شده است.

۳-۱- تحلیل سلول افزایشنده ولتاژ و ولتاژ خازن برشگر

نظر به اینکه مدهای کاری ۱، ۳ و ۵ در مقایسه با مدهای کاری ۲ و ۴ دارای بازه‌ی زمانی خیلی کوچک‌تری هستند می‌توان از آن‌ها برای تحلیل حالت ماندگار صرف‌نظر کرد. همچنین DTS به عنوان زمان روشن بودن سوئیچ اصلی در نظر گرفته شده و TS همان دوره تناوب مدار است. به منظور تحلیل مبدل فرض‌های زیر در نظر گرفته شده است:

- مدار در حالت ماندگار کار می‌کند.
- تمام المان‌های مدار اعم از سوئیچ‌ها، دیودها و عناصر غیرفعال ایده‌آل در نظر گرفته شده‌اند.
- مقدار خازن‌ها به اندازه‌ی کافی بزرگ بوده در نتیجه می‌توان ولتاژ دو سر آن‌ها را در یک دوره‌ی تناوب ثابت در نظر گرفت.

با اعمال توازن ولت-ثانیه^{۱۲} برای سلف ورودی L_1 داریم:

$$DT_S(V_{in} - V_{L_k}) + (1 - D)T_S(-V_{C_{clamp}} - V_{L_k}) = 0 \quad (7)$$

با صرف‌نظر کردن از سلف L_k استرس ولتاژ خازن برشگر به صورت زیر به دست می‌آید:

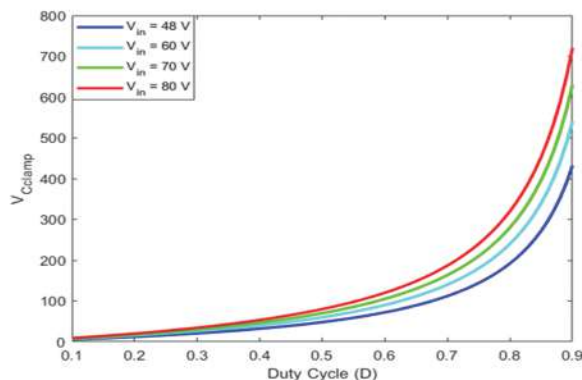
$$V_{C_{clamp}} = \frac{D}{1-D} V_{in} \quad (8)$$

در شکل ۴ استرس ولتاژ خازن برشگر به ازای مقادیر مختلفی از ولتاژ ورودی و چرخه کار نشان داده شده است. باتوجه به نمودار رسم شده به ازای چرخه کار ۰.۷ و به ازای بیشترین ولتاژ ورودی، ولتاژ خازن تقریباً برابر با نصف ولتاژ خروجی است.

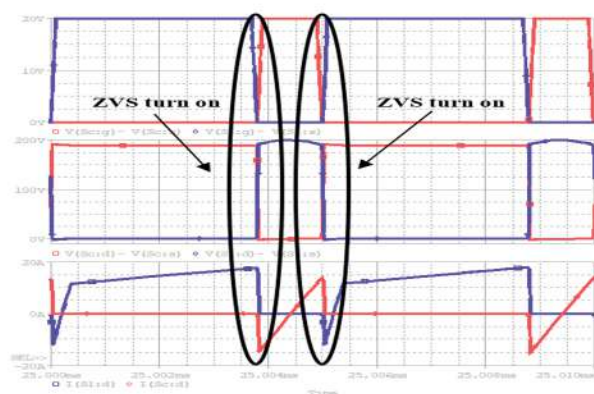
در صورت اعمال توازن ولت-ثانیه بر روی سلف L_3 و توازن آمپر-ثانیه بر روی خازن C_3 خواهیم داشت:

$$V_{C_3} = DV_{C_2} \quad (9)$$

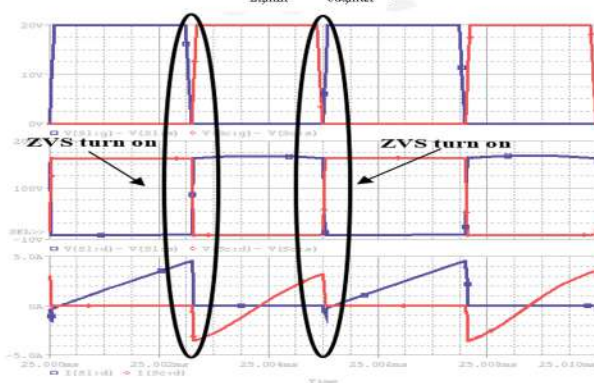
$$i_{D_{O2}} = \frac{D}{1-D} i_{D_{O3}} \quad (10)$$



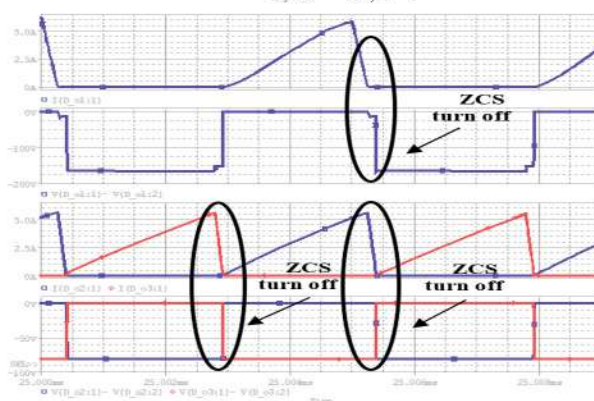
شکل ۴: ولتاژ خازن برشگر به ازای ولتاژهای ورودی مختلف در چرخه‌های کاری متفاوت



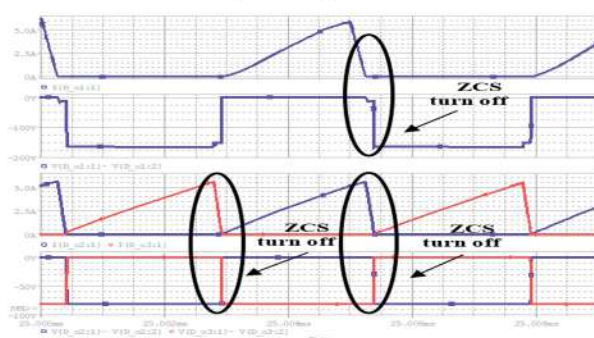
شکل ۶: روشن شدن هر دو سوئیچ تحت شرایط کلیدزنی نرم ولتاژ صفر در $(V_{in,min} - P_{out,max})$



شکل ۷: روشن شدن هر دو سوئیچ تحت شرایط کلیدزنی نرم ولتاژ صفر در $(V_{in,max} - P_{out,min})$



شکل ۸: خاموش شدن دیودها تحت شرایط کلیدزنی نرم جریان صفر در $(V_{in,min} - P_{out,max})$



شکل ۹: خاموش شدن دیودها تحت شرایط کلیدزنی نرم جریان صفر در $(V_{in,max} - P_{out,min})$

در شکل‌های ۸ و ۹ نیز شکل موج‌های مربوط به کلیدزنی تمام دیودها نشان داده شده است. باتوجه به شکل‌های مذکور کلیدزنی نرم سوئیچ‌ها تحت شرایط ولتاژ صفر (ZVS) در هنگام روشن شدن آن‌ها حتی در بدترین شرایط کاری حفظ شده است. همچنین کلیدزنی نرم دیودها تحت شرایط جریان صفر (ZCS) در هنگام خاموش شدنشان نیز به‌دست آمده است. در نتیجه مشکلات ناشی از جریان بازتابی معکوس دیودها نیز تا حد زیادی بهبود یافته و می‌توان انتظار داشت که بازده مدار افزایش یابد.

در جدول ۲ مبدل پیشنهادی با چند ساختار دیگر مقایسه شده است. باتوجه به این جدول می‌توان استدلال کرد که مبدل پیشنهادی می‌تواند در گستره وسیع‌تری از تغییرات ولتاژ ورودی و توان خروجی عملکرد داشته باشد.

پارامتر	مقدار
ولتاژ ورودی V_{in}	48 V – 80 V
ولتاژ خروجی V_{out}	380V
توان خروجی P_{out}	100 W- 500 W
فرکانس کلیدزنی f_s	200 kHz
سلف تزویجی سه سیم پیچه $(L_1:L_2:L_3)$	50 μ H : 50 μ H : 50 μ H
سلف L_k	2 μ H
خازن‌ها C_1, C_2, C_3	47 μ F
خازن برشگر C_{clamp}	470 nF

جدول ۱: مقادیر استفاده شده در شبیه‌سازی

مبدل پیشنهادی	[17]	[16]	[11]	مرجع
ولتاژ ورودی	20 - 70 ولت	25 ولت	40 - 56 ولت	ولتاژ ورودی
ولتاژ خروجی	200 ولت	230 ولت	380 ولت	ولتاژ خروجی
توان خروجی	11 - 220 وات	150 وات	100 - 500 وات	توان خروجی
فرکانس کلیدزنی	85 کیلوهرتز	100 کیلوهرتز	100 کیلوهرتز	فرکانس کلیدزنی
سوئیچ	1	1	2	سوئیچ
دیود	3	2	2	دیود
هسته سلف	3	1	1	هسته سلف

جدول ۲: مقایسه با مبدل‌های مشابه

- [5] J. Liu, Z. Zheng, K. Wang, and Y. D. Li, "Comparison of boost and LLC converter and active clamp isolated full-bridge boost converter for photovoltaic DC system," *J. Eng.*, vol. 2019, no. 16, pp. 3007–3011, 2019.
- [6] M. V. Naik and P. Samuel, "Analysis of ripple current, power losses and high efficiency of DC-DC converters for fuel cell power generating systems," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 59, pp. 1080–1088, 2016.
- [7] F. L. Tofoli, D. de C. Pereira, W. J. de Paula, and D. de S. Oliveira Júnior, "Survey on non-isolated high-voltage step-up dc-dc topologies based on the boost converter," *IET Power Electron.*, vol. 8, no. 10, pp. 2044–2057, 2015.
- [8] A. Alzahrani, M. Ferdowsi, and P. Shamsi, "A family of scalable non-isolated interleaved DC-DC boost converters with voltage multiplier cells," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 11707–11721, 2019.
- [9] J. A. Morales-Saldana, E. E. C. Gutierrez, and J. Leyva-Ramos, "Modeling of switch-mode DC-DC cascade converters," *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, vol. 38, no. 1, pp. 295–299, 2002.
- [10] Y. Berkovich, B. Axelrod, and A. Shenkman, "A novel diode-capacitor voltage multiplier for increasing the voltage of photovoltaic cells," in *2008 11th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics*, 2008, pp. 1–5.
- [11] Y. Zhao, W. Li, and X. He, "Single-phase improved active clamp coupled-inductor-based converter with extended voltage doubler cell," *IEEE Trans. power Electron.*, vol. 27, no. 6, pp. 2869–2878, 2011.
- [12] R. Beiranvand, "Analysis of a Switched-Capacitor Converter Above its Resonant Frequency to Overcome Voltage Regulation Issue of Resonant SCCs," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 63, no. 9, pp. 5315–5325, 2016.
- [13] T. Wu et al., "Boost converter with coupled inductors and buck-boost type of active clamp," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 1, pp. 154–162, 2008.
- [14] G. Wu, X. Ruan, and Z. Ye, "High step-up DC-DC converter based on switched capacitor and coupled inductor," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 65, no. 7, pp. 5572–5579, 2017.
- [15] X. Hu, J. Wang, L. Li, and Y. Li, "A Three-Winding Coupled-Inductor DC-DC Converter Topology with High Voltage Gain and Reduced Switch Stress," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 33, no. 2, pp. 1453–1462, 2018.
- [16] Y. Berkovich and B. Axelrod, "Switched-coupled inductor cell for DC-DC converters with very large conversion ratio," *IET power Electron.*, vol. 4, no. 3, pp. 309–315, 2011.
- [17] W. Yu et al., "High efficiency converter with charge pump and coupled inductor for wide input photovoltaic AC module applications," in *2009 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition*, 2009, pp. 3895–3900.
- [18] J.-H. Lee, T.-J. Liang, and J.-F. Chen, "Isolated coupled-inductor-integrated DC-DC converter with nondissipative snubber for solar energy applications," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 61, no. 7, pp. 3337–3348, 2013.
- [19] T. Nouri, S. H. Hosseini, E. Babaei, and J. Ebrahimi, "Interleaved high step-up DC-DC converter based on three-winding high-frequency coupled inductor and voltage multiplier cell," *IET Power Electron.*, vol. 8, no. 2, pp. 175–189, 2014.
- [20] W. Li, X. Xiang, C. Li, W. Li, and X. He, "Interleaved high step-up ZVT converter with built-in transformer voltage doubler cell for distributed PV generation system," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 28, no. 1, pp. 300–313, 2012.
- [21] D. Wang, Y. Deng, J. Wu, and X. He, "ZVT interleaved boost converter with intrinsic voltage-doubler characteristic," *IECON Proc. (Industrial Electron. Conf.)*, pp. 2371–2377, 2008.
- [22] S. Salehi, N. Zahedi, and E. Babaei, "An interleaved high step-up DC-DC converter with low input current ripple," *9th Annu. Int. Power Electron. Drive Syst. Technol. Conf. PEDSTC 2018*, vol. 2018-Janua, no. Pedstc, pp. 437–442, 2018.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله یک مبدل افزایشده جدید مبتنی بر ساختار مبدل بوست با یک سلول افزایشده ولتاژ و سلف تزویجی سه سیم پیچه ارائه شده است. با استفاده از مدار برشگر فعال، تنش‌های ولتاژی ایجاد شده بر روی سوئیچ اصلی حذف شده و امکان روشن شدن هر دو سوئیچ تحت شرایط کلیدزنی نرم در ولتاژ صفر ایجاد شده است. بنابراین تلفات کلیدزنی کاهش یافته و می‌توان از سوئیچ‌هایی با مقاومت داخلی ($R_{ds,on}$) کوچک‌تر استفاده کرد. علاوه بر این تمام دیودهای مدار در شرایط کلیدزنی با جریان صفر خاموش می‌شوند. این امر منجر به بهبود مشکلات ناشی از بازیابی معکوس دیودها می‌شود. باتوجه به این موارد مبدل پیشنهادی دارای بازده بالا و اختلالات الکترومغناطیسی (EMI) پایین بوده و می‌توان جهت کاهش اندازه‌ی مدار و بهبود چگالی توان آن فرکانس کلیدزنی را بالا برد.

۶- مراجع

- [1] U. Patil and N. Harischandrapa, "Analysis and Design of a High-Frequency Isolated Full-Bridge ZVT CLL Resonant DC-DC Converter," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 55, no. 5, pp. 4993–5004, 2019.
- [2] M. R. Mojallizadeh and M. A. Badamchizadeh, "Switched linear control of interleaved boost converters," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 109, no. June 2018, pp. 526–534, 2019.
- [3] M. Maalandish, S. H. Hosseini, S. Ghasemzadeh, E. Babaei, R. Shalchi Alishah, and T. Jalilzadeh, "Six-phase interleaved boost dc/dc converter with high-voltage gain and reduced voltage stress," *IET Power Electron.*, vol. 10, no. 14, pp. 1904–1914, 2017.
- [4] B. Salhi, H. El Fadil, T. Ahmed Ali, E. Magarotto, and F. Giri, "Adaptive output feedback control of interleaved parallel boost converters associated with fuel cell," *Electr. Power Components Syst.*, vol. 43, no. 8–10, pp. 1141–1158, 2015.
- [5] J. Liu, Z. Zheng, K. Wang, and Y. D. Li, "Comparison of boost and LLC converter and active clamp isolated full-bridge boost converter for photovoltaic DC system," *J. Eng.*, vol. 2019, no. 16, pp. 3007–3011, 2019.



مقاله برگزیده گرایش الکترونیک بیستمین
کنفرانس ملی دانشجویی مهندسی برق ایران

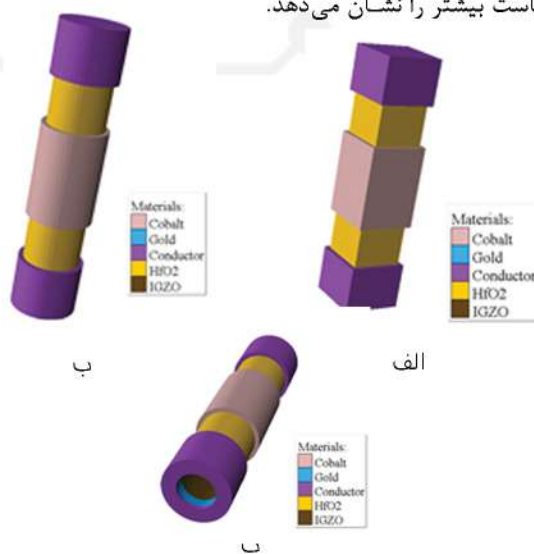
طراحی و شبیه‌سازی حسگر گاز در ابعاد نانو با تأثیر شارژ پلاسما و تکنیک الکترواستاتیک

۱. مقدمه

با ایجاد تغییرات امکان بهره‌وری بیشتر به وجود می‌آید، به همین منظور این مقاله با تغییر ساختار بر روی تغییر شاخص‌هایی همچون حساسیت، توان مصرفی و بازده متمرکز شده است. ابتدا سه ساختار با هم مقایسه می‌شوند و روابط حاکم بر فلز کاتالیزوری گیت بر اثر تزریق گاز آورده شده و در ادامه تحلیل‌ها به صورت نموداری ارائه می‌گردد.

۲. ساختار

ساختار شکل ۱-الف ساختار اصلی بوده که با تغییر سطح مقطع به صورت استوانه‌ای تبدیل شده است (شکل ۱-ب) و با خارج کردن استوانه‌ای از داخل مدل استوانه‌ای ساختار شکل ۱-ج به دست می‌آید. نتایج شبیه‌سازی بهبود در جریان‌های روشن و خاموش و به تبع آن بهبود در بازده و حساسیت بیشتر را نشان می‌دهد.



شکل ۱

نویسندگان

علی صداقت

دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تربیت‌دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

علیرضا رحمانی

دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تربیت‌دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

علیرضا شکری

دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تربیت‌دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

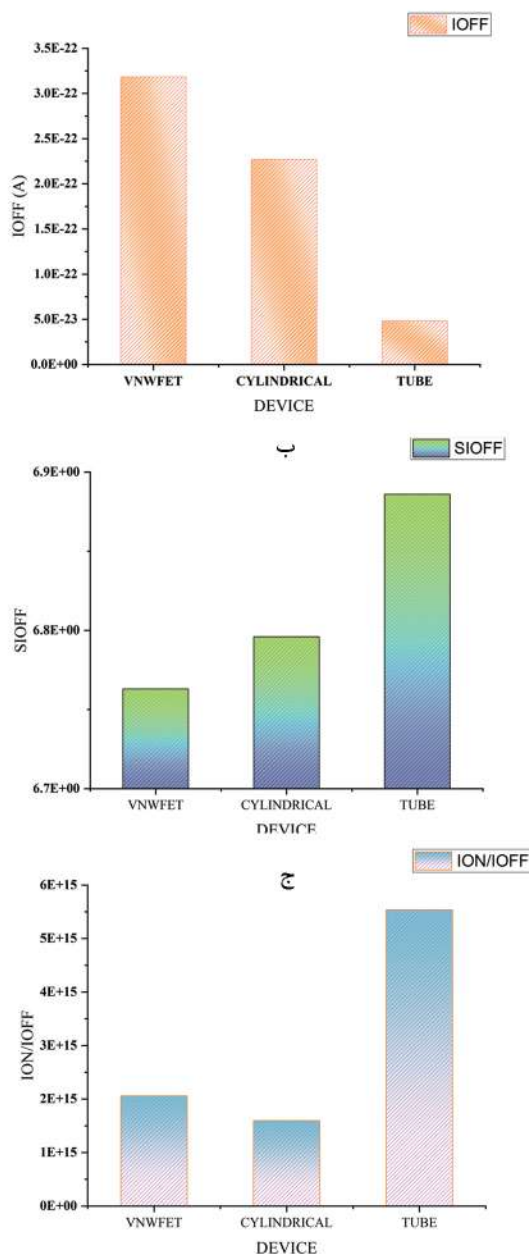
مینا امیرمزلقانی

استادیار، گروه الکترونیک، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تربیت‌دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

چکیده

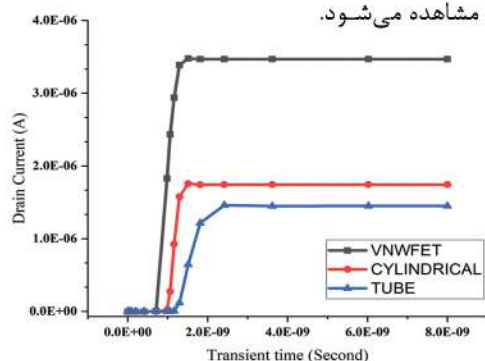
سنسورهای تشخیصی در بسیاری از صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از انواع این سنسورها حسگرهای گازی است که کاربرد فراوانی در صنایع شیمیایی، پزشکی و ... دارند. در این مقاله حسگرهای گازی بر مبنای آشکارسازی گاز آمونیاک با تغییر در تابع کار فلز کاتالیزوری گیت بر پایه ساختار نانوسیم و نانولوله با ساختار FET طراحی و شبیه‌سازی شده است. طرح اول ترانزیستور نانوسیم عمودی، طرح دوم ترانزیستور نانوسیم استوانه‌ای و طرح سوم ترانزیستور نانولوله هستند که جریان روشن، جریان خاموش، نسبت جریان‌های روشن به خاموش، حساسیت خاموش و زمان پاسخ هر یک به عنوان یک حسگر گاز مورد دقت قرار گرفته است. کاهش ۶۰ درصدی جریان روشن و ۸۴ درصدی جریان خاموش و ۲.۵ برابر شدن نسبت جریان روشن به خاموش و همچنین افزایش حساسیت خاموش در ساختار لوله‌ای نسبت به طرح نانوسیم عمودی مشاهده می‌گردد.

کلمات کلیدی: نانوسیم، نانوحسگر، حسگر گاز، آمونیاک



شکل ۲

در شکل ۳ تغییرات جریان درین نسبت به زمان در غلظت متناسب با تغییر تابع کار برابر با 50meV مشاهده می‌شود. علاوه بر تغییر جریان روشن و کاهش آن در ساختار لوله‌ای، کاهش زمان روشن و افزایش حساسیت مشاهده می‌شود.



شکل ۳ تغییرات جریان در زمان

۳. روابط

کبالت که واکنش پذیری خوبی با گاز آمونیاک دارد به عنوان فلز کاتالیزوری گیت انتخاب شده است؛ با واکنش گاز آمونیاک با فلز کاتالیزوری گیت تابع کار فلز با توجه به معادله (۱) تغییر می‌کند: [۳]

$$\Delta\phi_m = \text{cont} - \left(\frac{RT}{4F}\right) \ln P \quad (1)$$

تغییرات در تابع کار باعث تغییر در ولتاژ باند تخت با رابطه (۲) می‌گردد: [۴]

$$V_{fb} = \phi_m - \phi_s \pm \Delta\phi_m \quad (2)$$

و تغییرات ولتاژ فلت بند باعث تغییر در ولتاژ و جریان آستانه می‌گردد:

$$V_{th} = V_{fb} + \phi_{smtn-th} - \frac{\lambda_q N_a}{4\epsilon_{sl}} \left(1 - \frac{t_{sl}^2}{\lambda}\right) - 2\sqrt{AB} \left(1 - \frac{t_{sl}^2}{\lambda}\right) \quad (3)$$

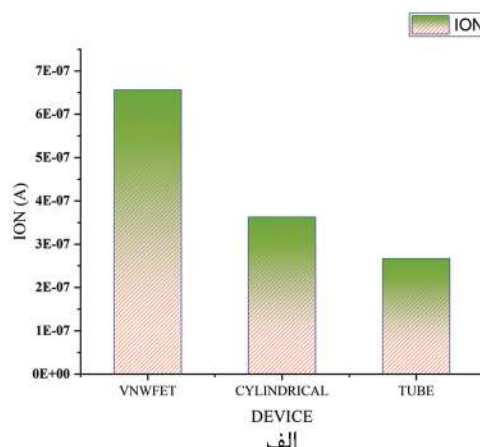
با بررسی جریان‌های روشن و خاموش با معادله (۴) حساسیت خاموش محاسبه می‌شود: [۳]

$$S_{IOFF} = \frac{I_{OFF}(\text{Before gas adsorption})}{I_{OFF}(\text{After gas adsorption})} \quad (4)$$

۴. تحلیل داده‌ها

بر اثر واکنش گاز آمونیاک با فلز کاتالیزوری گیت بر اساس فرمول‌های بیان شده در بخش روابط، تابع کار تغییر کرده و باعث تغییرات در جریان‌های روشن و خاموش و ولتاژ آستانه می‌شود و از این پارامترها می‌توان برای تعیین حساسیت و تشخیص گاز استفاده کرد. در نمودارهای شکل ۲ تغییرات برای سه ساختار مشاهده می‌شود.

در شکل ۲-الف الی ۲-د به ترتیب تغییرات جریان روشن، تغییرات جریان خاموش، حساسیت جریان خاموش و نسبت جریان روشن به خاموش نشان داده شده است.



۵. نتیجه گیری

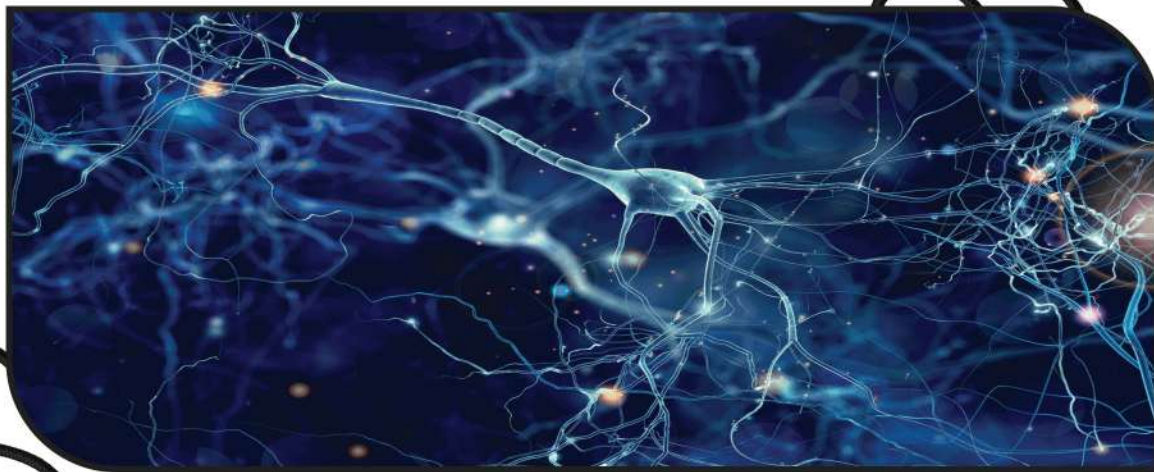
۶. مراجع

- [1] NSTC (U.S. National Science and Technology Council), 2000, "National Nanotechnology Initiative: The Initiative and Its Implementation Plan", Washington.
- [2] Jayaswal, N., Raman, A., Kumar, N., & Singh, S. (2019). Design and analysis of electrostatic-charge plasma based dopingless IGZO vertical nanowire FET for ammonia gas sensing. *Superlattices and Microstructures*, 125, 256-270.
- [3] Gautam, R., Saxena, M., Gupta, R. S., & Gupta, M. (2013). Gate-all-around nanowire MOSFET with catalytic metal gate for gas sensing applications. *IEEE transactions on nanotechnology*, 12(6), 939-944.
- [4] Butzen, P. F., & Ribas, R. P. (2006). Leakage current in sub-micrometer cmos gates. *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, 1-28.

در این مقاله سه طرح بررسی شد. طرح اول ترانزیستور نانوسیم عمودی، طرح دوم ترانزیستور نانوسیم استوانه‌ای و طرح سوم ترانزیستور نانولوله بودند که جریان روشن، جریان خاموش، نسبت جریان‌های روشن به خاموش، حساسیت خاموش و زمان پاسخ هر یک به عنوان یک حسگر گاز مورد دقت قرار گرفت.

از فلز گیت کاتالیزوری کبالت برای تشخیص گاز آمونیاک در این بررسی استفاده شد. بعد از واکنش مولکول‌های گاز با فلز گیت تابع کار فلز تغییر کرده و با تغییر بر ولتاژ باند تخت باعث تغییر ولتاژ آستانه و جریان زیر آستانه می‌شود. با تحلیل‌های انجام گرفته نتایج زیر حاصل گردید:

حساسیت خاموش در ساختار لوله‌ای بیشترین مقدار و بعد از آن در ساختار استوانه‌ای و در ساختار عمودی کمترین مقدار را دارد. جریان روشن در ساختار استوانه‌ای و ساختار لوله‌ای به ترتیب ۴۹ و ۶۰ درصد و جریان خاموش در ساختار استوانه‌ای و ساختار لوله‌ای به ترتیب ۲۸ و ۸۴ درصد کاهش یافته است. نسبت جریان روشن به خاموش در ساختار استوانه‌ای ۲۹ درصد کاهش اما و در ساختار لوله‌ای ۲/۵ برابر شده است. کاهش جریان‌های روشن و خاموش باعث کاهش مصرف و کاهش تلفات شده و افزایش نسبت جریان‌های روشن به خاموش در ساختار لوله‌ای باعث افزایش بازده می‌گردد.



روشی برای شناسایی هویت از طریق تصاویر عنبیه با استفاده از یک شبکه عصبی سه لایه

۱. مقدمه

انسان‌ها از دیرباز و به‌طور طبیعی از ویژگی‌های بیومتریک دیگران مانند صورت و صدا یا دست خط برای شناسایی و تشخیص هویت آن‌ها استفاده می‌کرده‌اند. در جوامع امروزی تشخیص هویت افراد به ویژه در مورد مسائل امنیتی اهمیت زیادی پیدا کرده است.

هر عنبیه دارای یک الگوی پیچیده منحصر به فرد است. به‌طوری که عنبیه چپ و راست یک فرد کاملاً متفاوت هستند. ادعا می‌شود سیستم‌های عنبیه‌نگاری خطاناپذیر هستند. زیرا کپی برداری مصنوعی از عنبیه به‌خاطر ویژگی‌ها و تعداد خصوصیات قابل سنجش آن غیرممکن است. از این‌رو عنبیه‌نگاری دارای سطح امنیت بسیار بالا است.

۲. پیشینه تحقیق

مرجع [۱] روشی را برای قطعه‌بندی تصویر چشم بر مبنای عملگرهای انتگرال دیفرانسیل و تبدیل هاف ارائه کرده و با این‌کار زمان محاسباتی روش داگمن را کاهش داده و احتمال قرار گرفتن مرکز خارج از تصویر چشم را از بین برده است. اما هنوز مبحث نويز تصاویر در نظر گرفته نشده بود.

مرجع [۲] عمل قطعه‌بندی را با استفاده از عملگر هیستوگرام و فیلتر کردن، انجام داده و برای پیدا کردن لبه‌های پلک‌ها، آن‌ها به سهمی‌های افقی مدل‌سازی می‌کند. نویزهای ناشی از مردمک و مژه‌ها در نظر گرفته نشده‌اند. مرجع [۳] روشی برای تشخیص مژه‌ها ارائه دادند. در این روش مژه‌ها با استفاده از فیلترهای گابور یک بعدی و مژه‌های به هم چسبیده با استفاده از واریانس شدت نور شناسایی می‌شوند.

نویسندگان

فاطمه مزرعه

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه الکترونیک واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران

جبار گنجی

استادیار، گروه الکترونیک واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران

سید علی سادات نوری

استادیار، گروه الکترونیک واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

چکیده

انسان‌ها از دیرباز و به‌طور طبیعی از ویژگی‌های بیومتریک افراد مانند چهره، صدا و دست خط برای شناسایی و تشخیص هویت استفاده می‌کرده‌اند. این مقاله شامل طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه شناسایی جدید بر مبنای تحلیل تصاویر عنبیه چشم است. رگه‌های عنبیه هر فرد دارای یک الگوی پیچیده منحصر به فرد است. به‌طوری که عنبیه چپ و راست یک فرد به‌طور کامل با یکدیگر تفاوت دارند. در این مقاله با استفاده از نمونه‌های عنبیه افراد مختلف، روشی برای تشخیص هویت با استفاده از شبکه عصبی سه لایه ارائه می‌گردد. بعد از اینکه چشم‌های چپ از راست تمیز یافتند، از دو شبکه عصبی دیگر جهت تشخیص شماره چشم موردنظر استفاده می‌گردد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این روش تشخیص هویت می‌تواند با دقت و کارایی بالایی عمل کند. همچنین پاسخ این سیستم به نمونه‌های نویزدار نیز بررسی خواهد شد.

کلمات کلیدی: تشخیص هویت، بیومتریک، شناسایی عنبیه، شبکه عصبی مصنوعی

در سطح بعدی، شبکه عصبی سلسله مراتبی بکار برده می‌شود تا عنبیه واقعی با کمک ویژگی‌های آموخته شده شناخته شوند. برای اطمینان از کارایی روش پیشنهادی، یک تجزیه و تحلیل تجربی دقیق انجام می‌شود. نتیجه شبیه‌سازی به‌دست آمده خصوصیات برتر مدل ارائه شده را تأیید می‌کند.

مرجع [۱۵] یک رویکرد بخش‌بندی عنبیه مبتنی بر یادگیری عمیق با کارایی بالا را ارائه می‌دهد. روش پیشنهادی یک راه‌حل کامل بخش‌بندی عنبیه است، یعنی ماسک عنبیه و مرزهای عنبیه داخلی و خارجی پارامتر شده به‌طور مشترک به‌دست می‌آیند. علاوه‌بر این، یک مازول دقیق طراحی شده در آن گنجانده شده است تا عملکرد بخش‌بندی را بهبود بخشد. برای آموزش و ارزیابی رویکرد پیشنهادی، سه پایگاه داده عنبیه چشم به‌عنوان الگو و چالش برچسب‌گذاری می‌شود. علاوه‌بر این، چندین پروتکل ارزیابی واحد برای مقایسه منصفانه ساخته شده است.

۳. روش پیشنهادی

در این بخش، با استفاده از عنبیه چشم، هویت افراد و نوع چشم آن‌ها (چپ و راست بودن) تشخیص داده می‌شود. برای این کار از شبکه‌های عصبی پرسپترون (MLP) با دو لایه فعال استفاده شده و از الگوریتم پس انتشار خطا بهره‌گیری می‌شود.

داده‌های ما شامل ۶۴ نوع عنبیه چشم بوده که از هر نوع سه نمونه چشم چپ و سه نمونه چشم راست موجود می‌باشد. بنابراین دو نمونه از آن‌ها را به عنوان مجموعه آموزشی برای آموزش شبکه عصبی استفاده شده و از یک نمونه دیگر آن به‌عنوان مجموعه آزمایش استفاده می‌شود. برای آموزش و تشخیص چشم‌های چپ از راست از یک شبکه عصبی بهره‌گیری خواهد شد. بعد از اینکه چشم‌های چپ از راست تمیز یافتند، از دو شبکه عصبی دیگر جهت تشخیص شماره چشم مورد نظر استفاده می‌گردد.

در روش پیشنهاد شده، یک شبکه عصبی پرسپترون با یک لایه فعال سازماندهی شده که با روش پس انتشار خطا آموزش می‌بیند و برای شناسایی چشم‌های چپ از راست به کار می‌رود. شبکه عصبی مورد نظر از نوع پرسپترون چند لایه (MLP) بوده و دارای سه لایه می‌باشد که عبارتند از: لایه ورودی، لایه میانی و لایه خروجی. تعداد ورودی‌های شبکه ۳۶۹۲ پیکسل بوده و تعداد خروجی‌های آن ۲ واحد می‌باشد. شکل ۱ شبکه عصبی MLP مورد نظر را نشان می‌دهد.

برای آموزش این شبکه از الگوریتم پس انتشار خطا استفاده می‌گردد. این الگوریتم دارای ۳ مرحله می‌باشد که عبارتند از:

۱- پیشروی الگوی آموزشی ورودی به سمت خروجی و تعیین مقادیر خروجی شبکه

۲- محاسبه و پس انتشار خطای به‌دست آمده به سمت ورودی

۳- تنظیم وزن‌ها

فرض می‌کنیم وزن‌های لایه اول ماتریس W^1 بوده که دارای 8×3692 ابعاد می‌باشد. همچنین وزن‌های لایه دوم ماتریس W^2 است که ابعادی برابر با 8×2 خواهد داشت. بایاس‌های هر لایه با اندیس صفر نشان داده می‌شوند.

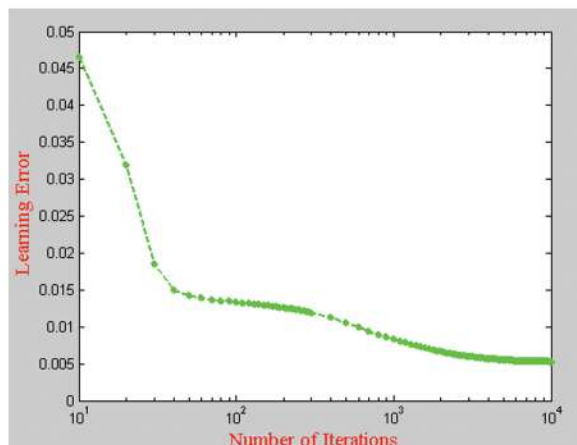
سپس ناحیه حلقوی عنبیه با تبدیل مختصات دایروی به کارتزین به یک نوار نگاشته شده و با استفاده از لبه‌یابیanny و تبدیل هاف، مرزها به‌دست می‌آیند.

روش‌های [۴,۵,۶,۷] شیوه‌های دیگری جهت تشخیص هویت بر مبنای الگوهای عنبیه هستند که هیچ‌کدام آن‌ها از شبکه عصبی جهت تشخیص هویت استفاده نمی‌نمایند و معمولاً تنها به ارائه روشی جهت تشخیص عنبیه در چهره شخص بسنده می‌کنند.

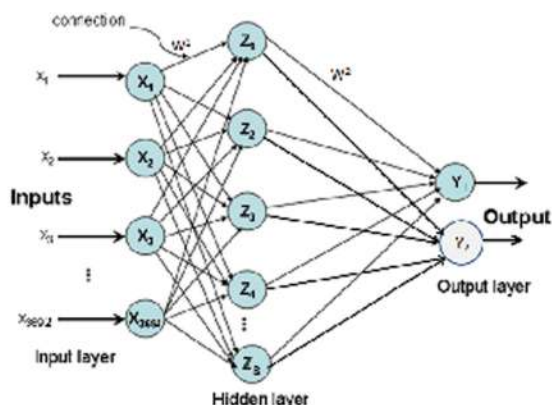
سامانه اصلی در این زمینه توسط پروفیسور جان داگمن در دانشگاه کمبریج انگلستان انجام شده است [۸,۹] این سامانه مطمئن‌ترین سامانه در بین سامانه‌های تشخیص هویتی باشد و در شرایط گوناگون و برای تعداد زیادی از افراد مورد آزمایش قرار گرفته و هیچ‌گونه خطایی از خود نشان نداده است و موفقیت آن ۱۰۰٪ بوده است، به‌همین دلیل در بیشتر محصولات تجاری از این سامانه استفاده می‌شود. سامانه دیگری که نرخ موفقیت بالایی را نشان داده است، سامانه وایلدر است [۱۲]. این سامانه بر روی ۵۲۰ تصویر هیچ‌گونه خطایی از خود نشان نداده است. سامانه دیگر سامانه لیم [۱۰] است که بر روی ۶۰۰۰ تصویر نرخ موفقیت ۹۸.۴٪ را نشان داده است. باتوجه به نتایج انجام شده در روش‌های مختلف، می‌توان نتیجه گرفت که در مقایسه با سایر روش‌های بیومتریک مثل اثر انگشت و صورت یا صدا، سامانه‌های مبتنی بر تصاویر عنبیه از قابلیت اطمینان بالاتری برخوردار هستند. [۹] مشکل اصلی در آزمایشات مربوط به این بیومتریک، نبود تصاویر زیاد از عنبیه است که باعث می‌شود نتایج به‌دست آمده فقط شامل نمونه‌های کمی از تصاویر عنبیه انجام گیرد. در ضمن در اکثر آزمایشات از تصاویر با کیفیت بالا استفاده می‌شود. [۱۱] به‌منظور تصویربرداری خوب و با کیفیت مناسب از بافت عنبیه، سامانه تصویربرداری باید در راستای شعاع عنبیه حداقل ۷۰ پیکسل را نمونه‌برداری کند. امروزه در سامانه‌ها از ۱۰۰ تا ۱۴۰ پیکسل نمونه‌برداری می‌شود.

مرجع [۱۲] یک رویکرد جدید برای تشخیص عنبیه با استفاده از هر دو چشم اجرا و آزمایش می‌کند. از چشم راست و چپ سه نفر از پایگاه داده CASIA Iris V3 استفاده می‌شود. عنبیه از کل چشم استخراج شده، بهینه‌سازی و تقویت می‌شود. یک تبدیل موجک گسسته یک‌سطحی روی ورق عنبیه تقویت شده اعمال می‌شود. مرجع [۱۳] یک روش تشخیص عنبیه چشم انسان با هدف مطابقت عنبیه را ارائه می‌دهد در این پژوهش، با طراحی مدل شبکه عصبی پیچیدگی کارآمد (CNN)، تصویر عنبیه چشم شناسایی می‌شود. در مرحله اول، با پیش پردازش تصویر عنبیه، منطقه عنبیه استخراج شده و به هشت زیر منطقه مستطیل شکل تقسیم می‌شود.

مرجع [۱۴] یک مدل زیست متریک زمان واقعی جدید مبتنی بر معماری یادگیری عمیق (DL) به نام شبکه عصبی سلسله مراتبی همبستگی (HCNN) ارائه می‌دهد. مدل پیشنهادی شامل چندین مرحله است. در سطح اولیه، مرزها از تصویر داده شده برای تهیه منطقه مورد نظر (RoI) به سطح بعدی به‌دست می‌آیند. سپس، تصویر حاصل شامل نواحی پلک بالا، پایین و نواحی باقی مانده مانند پوست، مژه‌ها و صلبیه است.



شکل ۳: روند تغییرات مقدار خطا با توجه به تعداد تکرارها



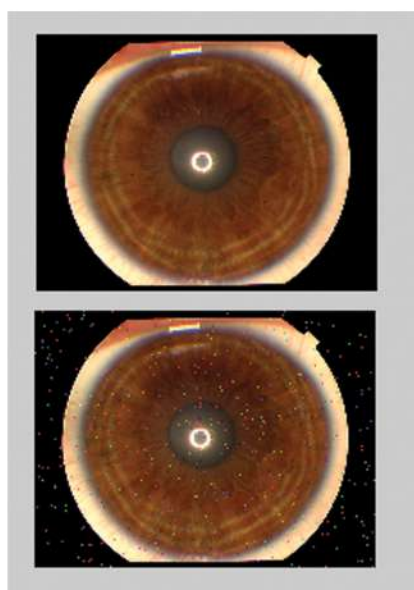
شکل ۱: شبکه عصبی مورد استفاده برای تعیین نوع چشم

تعداد پیش‌بینی‌های درست، در تمامی مجموعه آزمایشی با هم جمع شده و بر تعداد کل خروجی‌های مجموعه تقسیم خواهد شد تا کارایی شبکه عصبی به دست آید. بنابراین می‌توان کارایی شبکه را به صورت زیر تعریف نمود:

$$performance = \frac{1}{k} \sum_{n=1}^n \sum_{outputs} successful..solved..problem \quad (1)$$

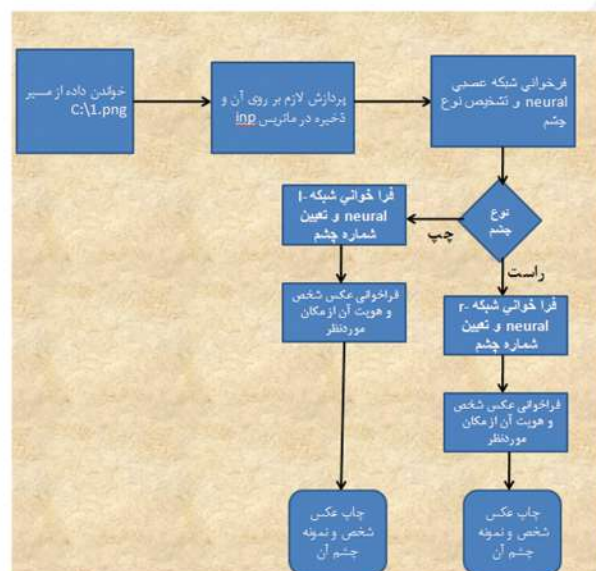
در این رابطه $k = outputs \times n$ می‌باشد.

مهم‌ترین نويز يك تصوير به صورت زیر است. نويز فلفل نمکی (salt&pepper): در این نويز به‌طور تصادفی برخی از پیکسل‌های تصویر به مقادیر دانه‌های سفید یا سیاه تبدیل خواهند شد. معمولاً آن را برحسب چگالی نويز بیان می‌کنند. برای حذف این نويز از فیلتر غیرخطی میانه استفاده می‌گردد. شکل ۴ یک تصویر عنبیه با ۱۵ درصد نويز فلفل نمکی را نشانمی‌دهد.



شکل ۴: یک تصویر عنبیه با اعمال ۱۵ درصد نويز فلفل نمکی به آن

شکل ۲ الگوریتم عملکرد سیستم تشخیص هویت را نشان می‌دهد.



شکل ۲: الگوریتم عملکرد سیستم شناسایی عنبیه

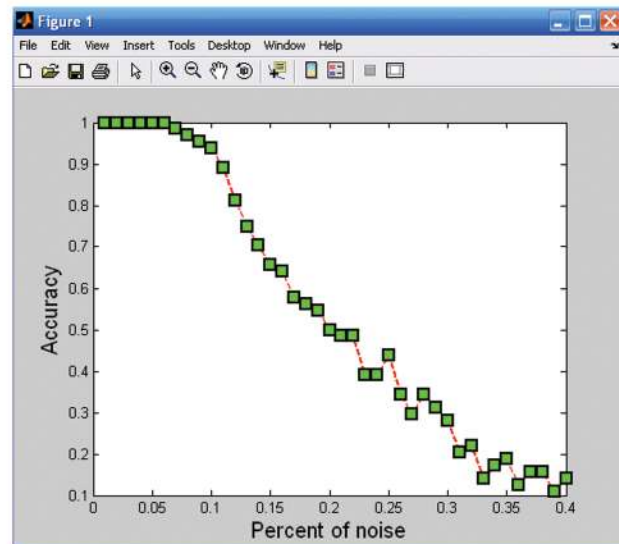
۴. نتایج شبیه‌سازی

برای پیاده‌سازی شبکه از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده می‌شود، مقدار خطا با افزایش تعداد تکرارها کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که با ۱۰۰۰۰ تکرار میزان خطای یادگیری به حدود ۰.۵ درصد تنزل می‌کند. بنابراین می‌توان مقادیر هویت شخص را با استفاده از این شبکه عصبی پرسپترون، با دقت بالایی پیش‌بینی نمود.

۶. مراجع

1. C. Tisse, L. Martin, L. Torres, and M. Robert. (2002), "Person identification technique using human iris recognition" In Proceedings of ICVI'02, pages 294-299.
2. R. Wildes. (1997), "Iris recognition: An emerging biometric technology." Proceedings of the IEEE, 85(9):1348-1363.
3. W. Kong, D. Zhang. (2001), "Accurate iris segmentation based on novel reflection and eyelash detection model." In Proceedings of ISIMVSP, pages 263-266.
4. Crompton, M., (2020), "Biometrics and Privacy. The End of The World as We Know It or The White Knight of Privacy?" Biometrics - Security and Authentication Biometrics Institute Conference Sydney, 20.03.
5. Jain, A.K., Pankanti, S. and Prabhakar S., (2018), "Biometric Recognition: Security and Privacy Concerns", IEEE Security & Privacy, pp. 33-42.
6. Negin, M., Chmielewski, T.A., Salganicoff, M., Camus, T.A., Cahn von Seelen, U.M., Venetianer, P.L., Zhang, G.G. (2012), "An Iris Biometric System for Public and Personal Use", IEEE Computer, vol.33, no.2, pp.70-75.
7. Sanderson, S., Erbetta, J.H., (2012), "Authentication for secure Environments based on Iris Scanning Technology" IEEE Colloquium on Visual Biometrics, vol.8, pp.1-7.
8. J. Daugman., (2002), "How iris recognition works?", in Proceedings of International Conference on Image Processing, vol. 1, pp. 22-25, New York.
9. S. Sanderson and J. Erbetta, (2000), "Authentication for secure environments based on iris scanning technology", in IEEE Colloquium on Visual Biometrics, vol. 8, pp. 1-7.
10. S. Lim, K. Lee, O. Byeon and T. Kim, (2001), "Efficient iris recognition through improvement of feature vector and classifier," ETRI Journal, Volume 23, Number 2.
11. J. D. Woodward, N. M. Orlans, and P. T. Higgins, (2003), Biometric identity assurance in the information age. Published by McGraw Hill.
12. M. Sharkas, (2016), A neural network based approach for iris recognition based on both eyes, 2016 SAI Computing Conference (SAI), London, UK.
13. W. Zhang, C. Wang ; P. Xue, (2018), Application of convolution neural network in Iris recognition technology, 2017 4th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI), Hangzhou, China.
14. E. Gunasekaran ; V. Muthuraman, (2020), Hierarchical Convolutional Neural Network based Iris Segmentation and Recognition System for Biometric Authentication, 2020 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), Chennai, India.
15. C. Wang, J. Muhammad ; Y. Wang ; Z. He ; Z. Sun, (2020), Towards Complete and Accurate Iris Segmentation Using Deep Multi-Task Attention Network for Non-Cooperative Iris Recognition, IEEE Transactions on Information Forensics and Security , Vol: 15, PP: 2944-2959.

شکل ۵ چگونگی تغییرات دقت شبکه عصبی را با توجه به درصد نویز اعمال شده نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود، با افزایش درصد نویز تصویر دقت سیستم کاهش می‌یابد. بنابراین با این سیستم می‌توان تا ۱۵ درصد نویز فلفل نمکی به تصویر اعمال کرده و با دقت بالای ۶۵ درصد، آن نمونه عنبیه چشم را تشخیص داد.

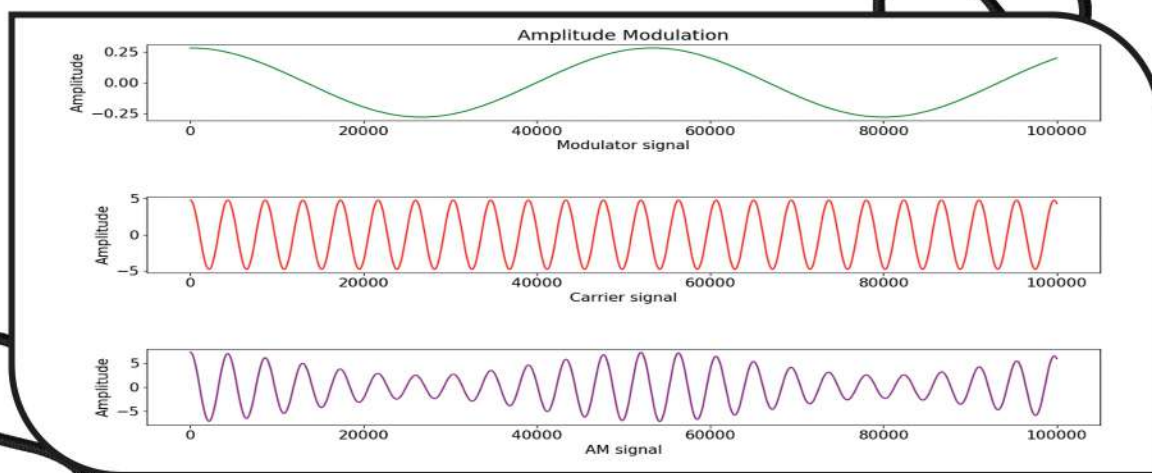


شکل ۵: چگونگی تغییرات دقت شبکه تشخیص عنبیه چشم با توجه به درصد نویز اعمال شده به تصویر

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی برای تعیین هویت افراد بر مبنای الگوهای عنبیه چشم آن‌ها ارائه شده است. از آنجایی که عنبیه هر شخص دارای الگوی پیچیده منحصر به فردی است، از این ویژگی برای تعیین هویت اشخاص استفاده می‌گردد. برای ادامه این پژوهش می‌توان پیشنهادات زیر را ارائه نمود.

- استفاده از شبکه‌های عصبی دیگر برای آموزش شبکه نظیر هافیلد و کوهونن
- استفاده از الگوریتم فازی برای آموزش شبکه عصبی
- استفاده از روش تحقیق موردی
- آزمایش شبکه عصبی با نمونه‌های نویزی دیگر نظیر نویز پواسن



طراحی مدولاتور سیگما دلتای دیجیتال بدون تن‌های نامطلوب بالرزش تصادفی مؤثر

مقدمه

در مدارات PLL دیجیتال، سنتزکننده‌های کسری و مبدل‌های داده به‌طور گسترده از تکنیک شکل‌دهی نویز کوانتیزاسیون از طریق مدولاتور سیگما دلتا استفاده می‌شود. در مدولاتور سیگما دلتای دیجیتال، ورودی زمان گسسته فرا نمونه‌برداری و کوانتیزه می‌شود تا یک سیگنال خروجی با دقت پایین‌تر تولید کند و توان نویز کوانتیزاسیون در باند فرکانسی مطلوب کاهش پیدا نماید.

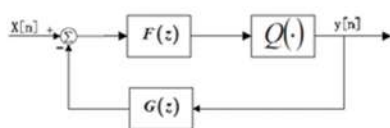
بلوک دیاگرام یک مدولاتور سیگما دلتای دیجیتال مرتبه اول در شکل ۱ نشان داده می‌شود. توابع $F(z)$, $G(z)$ به ترتیب توابع فیلتر مسیر پیشرو و فیدبک هستند و $Q(\cdot)$ کوانتیزر است. توابع تبدیل سیگنال و نویز این مدولاتور $STF(z)$, $NTF(z)$ با رابطه زیر بیان می‌شوند:

$$STF(z) = \frac{F(z)}{1+F(z)G(z)}, NTF(z) = \frac{1}{1+F(z)G(z)} \quad (1)$$

بنابراین مدل حوزه Z خروجی مدولاتور برابر با رابطه (۲) بیان می‌شود.

$$Y(z) = STF(z)X(z) + NTF(z)E(z) \quad (2)$$

که در آن $E(z)$ نویز کوانتیزاسیون بوده که به‌صورت نویز سفید مدل می‌شود.



شکل ۱: بلوک دیاگرام مدولاتور DDSM مرتبه اول

نویسندگان

سید علی سادات نوری

استادیار، گروه مکترونیک واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

محمدعلی بندری درازنوی

دانشجو کارشناسی ارشد، گروه مکترونیک واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

خلاصه

این مقاله یک روش جدید برای پیاده‌سازی لرزش تصادفی در مدولاتور MASH 1-1-1 ارائه می‌دهد. دو روش مختلف برای از بین بردن تن‌های نامطلوب خروجی مدولاتور MASH وجود دارد که عبارتند از: روش قطعی و اتفاقی. روش‌های قطعی شامل تنظیم شرایط اولیه ثبات‌های درونی، استفاده از کوانتیزر مادل اول و ساختار HK-MASH است. از سوی دیگر روش اتفاقی شامل اعمال سیگنال لرزش تصادفی با روش‌های مختلف به مدار است تا رفتار دوره‌ای رشته خروجی از بین برود. روش‌های قطعی برای اکثر کاربردهای عملی مفید نیستند. در اکثر کاربردهای عملی لرزش روش مناسبی است. در این مقاله معایب روش‌های لرزشی مختلف بررسی خواهد شد و یک روش لرزش جدید برای مدولاتورهای سیگما دلتای MASH جهت استفاده در سنتزکننده‌های فرکانس اعشاری ارائه می‌شود.

کلمات کلیدی: مدولاتور سیگما دلتای دیجیتال، لرزش، تن نامطلوب

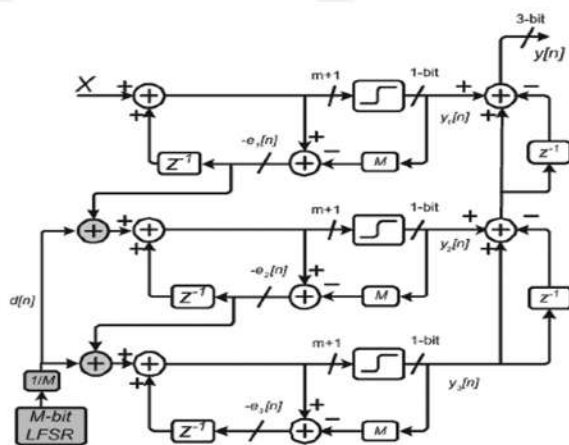
مدولاتور خطای فیدبک اصلاح شده (HK): حسینی و کندی یک روش جدید برای افزایش طول رشته مدولاتور MASH ارائه کردند که از حلقه فیدبک استفاده می‌کند. در این MASH MEFM هر انبارشگر دارای یک جمع کننده اضافی است. لذا سخت افزار مدولاتور MASH افزایش خواهد یافت. [۵,۶]

لرزش جمع شونده شکل دهی شده: در این روش یک سیگنال لرزش یک بیتی به ورودی مدولاتور اضافه خواهد شد تا تن‌های نامطلوب کاهش پیدا کنند. با استفاده از لرزش فیلتر شده می‌توان این مشکل را برطرف نمود. در این مقاله پیشنهاد می‌شود که لرزش به طبقات انبارشگر دیگر مدولاتور MASH اضافه شود تا لرزش شکل دهی شده حاصل گردد. [۷,۸,۹]

۳. روش پیشنهادی برای اعمال لرزش

اگر سیگنال لرزش از منبع شبه تصادفی به ورودی طبقه سوم اضافه شود تا نویز کوانتیزاسیون فرکانس کم کاهش پیدا کند، دامنه تن‌های نامطلوب کاهش نخواهند یافت، مگر اینکه طول رشته لرزش خیلی بزرگ باشد. اما اگر سیگنال لرزش به مسیر دیگری اعمال شود، می‌تواند دامنه تن‌های نامطلوب را بسیار کاهش دهد. چند مسیر مختلف برای اعمال لرزش وجود دارد. در این مسیرها لازم است میان کم شدن دوره تناوب رشته و افزایش نویز فرکانس پایین مصالحه‌ای در نظر گرفت. در این مقاله بهترین مسیر برای اضافه نمودن لرزش در مدولاتور MASH 1-1-1 در شکل ۳ نشان داده می‌شود. این لرزش می‌تواند به ورودی دو طبقه آخر مدولاتور اعمال شود. اینکار سخت‌افزار مدار را افزایش نخواهد داد. در این مدار خروجی سه بیتی دارای رابطه زیر است.

$$Y(z) = X(z) + \frac{1}{M} D(z) ((1 - z^{-1})^1 + (1 - z^{-1})^2) + (1 - z^{-1})^3 E_3(z) \quad (6)$$



شکل ۳: مدولاتور سیگما دلتای MASH 1-1-1 با سیگنال لرزشی موثر پیشنهادی

شکل ۲ بلوک دیاگرام مدولاتور سیگما دلتای دیجیتال MASH مرتبه سوم لرزشی نوعی را نشان می‌دهد که از اتصال کاسکد سه بلوک مرتبه اول و یک شبکه حذف نویز ساخته می‌شود. در این ساختار خروجی هر طبقه به شبکه حذف نویز وارد می‌شود که نویز کوانتیزر با فیلتر $D(z)$ مدوله و حذف خواهد شد. رابطه خروجی مدولاتور به صورت زیر است.

$$Y(z) = STF_{out}(z)X(z) + NTF_{out}(z)E_3(z) \quad (3)$$

که STF_{out} و NTF_{out} توابع تبدیل سیگنال و نویز کلی هستند که با رابطه زیر بیان می‌شوند.

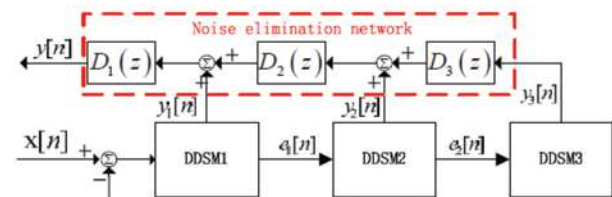
$$STF_{out}(z) = STF_1(z)D_1(z), NTF_{out}(z) = \prod_{i=1}^3 NTF_i(z) \quad (4)$$

که در آن $STF_i(z)$ و $NTF_i(z)$ توابع تبدیل سیگنال و نویز طبقه i ام هستند. در این مقاله توابع تبدیل سیگنال و نویز مدولاتور MASH 1-1-1 به صورت زیر در نظر گرفته می‌شوند.

$$F_1(z) = F_2(z) = F_3(z) = \frac{1}{1-z^{-1}} \quad (5)$$

$$G_1(z) = G_2(z) = G_3(z) = z^{-1}$$

$$D_1(z) = 1, D_2(z) = D_3(z) = -(1 - z^{-1})$$



شکل ۲: بلوک دیاگرام MASH 1-1-1

۲. کاهش تن‌های نامطلوب در مدولاتورهای MASH

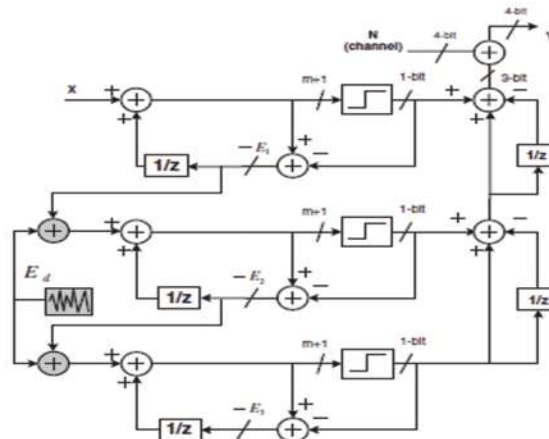
برخی روش‌های مهم که برای کاهش تن‌های نامطلوب در مدولاتورهای MASH ارائه شده‌اند عبارتند از: کوانتیزر مادول اول: در این مدولاتورهای MASH، شرایط اولیه رجیسترهای درونی باید به درستی انتخاب شوند. حسینی و کندی نشان دادند که طول رشته خروجی برابر سطح کوانتیزاسیون M است، اگر مقدار مادول M اول باشد. این طراحی دامنه تن‌های نامطلوب را کاهش می‌دهد. اما کوانتیزرهای با مادول عدد اول نسبت به کوانتیزرهای توان ۲ پیچیده‌تر هستند. همچنین باید شرایط اولیه خطای کوانتیزاسیون در مدولاتور صفر باشد. [۱,۲]

فیدبک خروجی: Lie یک روش جدید برای تصادفی نمودن رشته خروجی مدولاتور سیگما دلتای دیجیتال ارائه می‌دهد. در این روش خروجی مدولاتور MASH به یک انبارشگر دیجیتالی وارد شده و پردازش می‌شود. خروجی این انبارشگر نقلی طبقه بعدی را فراهم می‌کند. [۳,۴]

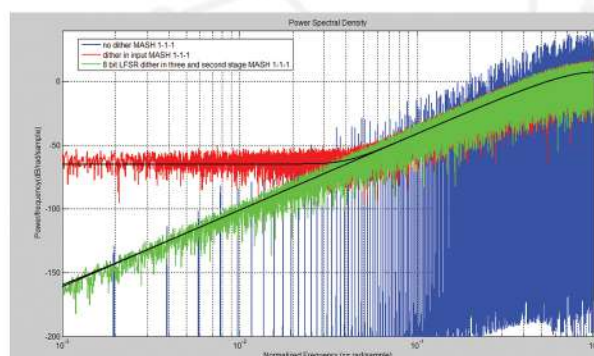
۵. مراجع

1. Hosseini, K., and Kennedy, M.P., "Mathematical analysis of a prime modulus quantizer MASH digital delta-sigma modulator," IEEE Transactions on Circuits and Systems Part II: Express Briefs, vol. 54, no. 12, pp. 1105-1109, Dec. 2007.
2. Hosseini, K., Kennedy, M.P., (2011), "Minimizing Spurious Tones in Digital Delta-Sigma Modulators", Analog Circuits and Signal Processing, Springer, New York.
3. Kennedy, M. P., Mo, H., Fitzgibbon, B., "Spurious tones in digital delta-sigma modulators resulting from pseudorandom dither", journal of the Franklin Institute, vol: 352, No: 08, 2015, pp. 1-20.
4. Kennedy, M.P., Fitzgibbon, B., Dobmeier, K., "Spurious tones in digital delta sigma modulators with pseudorandom dither", in 2013 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), Beijing, China, 2013, pp. 2747-50.
5. Sadatnoori, S.A. Farshidi, E. Sadughi, S. A novel structure of dithered nested digital delta sigma modulator with low-complexity low-spur for fractional frequency synthesizers, COMPEL - The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic, 35(1), 157-171, (2016).
6. Sadatnoori, S.A. Farshidi, E. Sadughi, S. A Novel Architecture of Pseudorandom Dithered MASH Digital Delta-Sigma Modulator with Lower Spur, Journal of Circuits, Systems and Computers, 25(7):1650072 · (2016).
7. Liao, Y.; Fan, X.; Hua, Z. Influence of LFSR Dither on the Periods of a MASH Digital Delta-Sigma Modulator, IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, 66 (1), 66-70, (2019).
8. Mazzaro, V.; Kennedy, M.P.; Mitigation of "Horn Spurs" in a MASH-Based Fractional-N CP-PLL; IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, 67 (5), 821-825, (2020).
9. Mai, D.; Kennedy, M.P.; Analysis of Wandering Spur Patterns in a Fractional- N Frequency Synthesizer With a MASH-Based Divider Controller; IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, 67 (3), 729-742, (2020).

در این بخش یک روش بهینه اعمال لرزش به مدولاتورهای سیگما دلتای دیجیتال MASH ارائه می‌شود تا تن‌های نامطلوب طیف خروجی کاهش پیدا کنند. در این روش سیگنال لرزش دیجیتال مطابق شکل ۴ اعمال می‌شود. در این ساختار شکل‌دهی نویز فرکانس بالا انجام شده و تن‌های نامطلوب کاهش پیدا می‌کنند. طیف خروجی مدولاتور MASH 1-1-1 با سیگنال لرزش در شکل ۵ نشان داده می‌شود. سیگنال لرزش شکل‌دهی شده و نویز فرکانس پایین کاهش پیدا می‌کند.



شکل ۴: روش لرزش پیشنهادی به مدولاتور سیگما دلتای MASH 1-1-1



شکل ۵: طیف خروجی مدولاتور MASH 1-1-1 بدون لرزش، با لرزش در ورودی و لرزش ۸ بیتی در ورودی طبقه دوم و سوم

۴. نتیجه گیری

یک ساختار لرزش بهینه برای مدولاتور سیگما دلتای MASH 1-1-1 در سنتزکننده‌های فرکانس اعشاری پیشنهاد می‌شود. در این روش از مولد رشته شبه تصادفی ساده استفاده شده تا طیف خروجی بدون افزایش توان و سطح اشغالی تصادفی گردد. لرزش به ورودی مدولاتور سیگما دلتا وابسته نیست و شکل‌دهی آن به‌درستی انجام می‌شود. نویز فاز خروجی سنتزکننده در فرکانس بالا دارای تن‌های نامطلوب نیست؛ لذا فیلتر حلقه می‌تواند با محدودیت‌های کمتری طراحی شود.



طراحی کنترل کننده بهینه معادله ریکاتی وابسته به حالت (SDRE) برای کنترل همه گیری بیماری

۱. مقدمه

ابولا یک ویروس بسیار خطرناک و همه گیر است که در بیشتر مواقع باعث مرگ انسان ها می شود. این ویروس موجب بروز بیماری جدی و حادی می شود که در صورت عدم درمان اغلب، مرگ را در پی دارد. این بیماری برای اولین بار در سال ۱۹۷۶، با شیوع همزمان در نیوزلند (سودان جنوبی) و یامبوکو (جمهوری دموکراتیک کنگو) پدیدار شد [۱]. مورد اخیر، در روستایی در نزدیکی رودخانه ابولا رخ داد که نام این بیماری نیز از آن گرفته شده است. همه گیری ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ این بیماری در غرب آفریقا، بزرگترین شیوع آن از زمان کشف این ویروس در سال ۱۹۷۶ بود. شیوع این بیماری در گینه آغاز شد و سپس از مرزهای زمینی به سیرالئون و لیبریا انتقال یافت [۲]. متوسط میزان مرگ و میر ناشی از این بیماری حدود ۵۰٪ است، اما اگر میزان شیوع به موقع کنترل شود روند مرگ و میر کاهش و روند درمان افزایش می یابد [۳]. در نتیجه کنترل این بیماری بسیار حائز اهمیت است. سیستمی که در این مطالعه معرفی می شود از مقاله [۴] انتخاب شده است و مدل، مربوط به همه گیری SIR^1 می باشد. برای کنترل این بیماری از روش کنترلی بهینه معادله ریکاتی وابسته به حالت استفاده شده است. مهم ترین ویژگی این روش طراحی، حفظ خصوصیات غیرخطی سیستم است. از اواسط دهه ۹۰، روش های SDRE به عنوان روش های طراحی کلی ظاهر شده اند که ابزارهای سیستماتیک و موثری را برای طراحی کنترل کننده ها، رهیگرها و فیلترهای غیرخطی فراهم می کنند.

نویسندگان

کوثر نیکنام

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش کنترل، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

رویا دلگشا

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش کنترل، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

خلاصه

در طول تاریخ، انواع گوناگون بیماری های همه گیر، زندگی بشر را تهدید کرده و میلیون ها انسان را به کام مرگ کشانده است. شیوع یک بیماری زمانی اتفاق می افتد که یک نوع بیماری مسری، تعداد قابل توجهی از جمعیت یک شهر یا منطقه را مبتلا می کند و در صورتی که جمعیت مبتلا به این بیماری از منطقه وسیع تر باشد، شیوع این بیماری، عالم گیر و کنترل بیماری سخت تر خواهد شد. هنوز هیچ روش درمانی خاصی برای درمان بیماری ابولا کشف نشده و به همین دلیل کنترل این بیماری به یک دغدغه جدی تبدیل شده است. در این مطالعه، یک کنترل کننده بهینه پایدار برای یک مدل اپیدمیولوژیک (SIR) که تعداد نظری افراد آلوده به بیماری مسری مانند ابولا را محاسبه می کند؛ پیشنهاد شده است. کنترل کننده پیشنهادی، با استفاده از روش معادله ریکاتی مبتنی بر حالت (SDRE) به کنترل سیستم می پردازد. شبیه سازی بر روی جمعیت افراد بیمار، مستعد و بهبود یافته انجام گرفته است. نتایج حاصل از این شبیه سازی اثر بخشی و مطلوب بودن روش پیشنهادی برای کنترل بیماری را نشان می دهد. کلمات کلیدی: SDRE، کنترل سیستم غیرخطی، ماتریس های وزنی، SIR ، خطی سازی شبه گسترده.

متغیرهای $R(t)$ و $S(t)$ به ترتیب نشان‌دهنده افراد مستعد، افراد آلوده و افراد بهبود یافته هستند و متغیر $N(t)=S(t)+I(t)+R(t)$ جمعیت را نشان می‌دهد. همچنین پارامترهای $\alpha, b, d, \beta > 0$ به ترتیب نرخ‌های تولد، مرگ، بهبودی و تماس هستند. $r=b-d$ نرخ رشد طبیعی، μ ثابت ترکیبی محدب، K ظرفیت انتقال جمعیت و $\tau \geq 0$ نشان‌دهنده‌ی یک تاخیر روی جمعیت بیمار و کل جمعیت در طول انتشار بیماری می‌باشد. در ادامه یکی از حالت‌های شبه‌خطی سیستم غیرخطی، به صورت ماتریس $A(x_i)$ آمده است [۷]:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ 0 & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad (8)$$

که در رابطه بالا:

$$\begin{aligned} a_{11} &= b - \frac{r\mu N(t)}{K} - \frac{\beta I(t-\tau)}{N(t-\tau)} - \left(d + r(1-\mu) \frac{N(t)}{K} \right), a_{12} = a_{13} = b - \frac{r\mu N(t)}{K} \\ a_{21} &= \frac{\beta I(t-\tau)}{N(t-\tau)} - (1-\mu) \frac{rI(t)}{K}, a_{22} = - \left(d + (1-\mu) \frac{rI(t)}{K} \right) - \alpha, a_{23} = -(1-\mu) \frac{rI(t)}{K} \\ a_{32} &= \alpha, a_{33} = - \left(d + (1-\mu) \frac{rN(t)}{K} \right) \end{aligned}$$

۳. نتایج شبیه‌سازی کنترل‌کننده SDRE

در این بخش، کنترل‌کننده SDRE به سیستم تعریف شده اعمال و نتایج آن مشاهده خواهد شد. لازم است تا ابتدا ماتریس‌های Q و R جهت تعریف تابع هزینه تعیین شوند. این دو ماتریس به ترتیب تعیین‌کننده‌ی اهمیت حالت‌ها و ورودی هستند. در صورتی که مصرف ورودی کنترلی از اهمیت بیشتری برخوردار باشد (برای مثال در تامین منابع مالی برای واردات دارو و واکسن مشکل وجود داشته باشد)، ماتریس R میبایست مقدار بزرگتری را اختیار کند. تحت چنین شرایطی سیگنال کنترلی u برای کمینه‌سازی تابع هزینه دارای مقادیر کوچکتری خواهد بود. از طرفی اگر کوچک بودن مقدار متغیرهای حالت دارای اهمیت بیشتری باشد (برای مثال پایین بودن تعداد افراد بیمار در تمام زمان‌ها بسیار اهمیت داشته باشد)، ماتریس Q باید مقدار بزرگتری داشته باشد [۸].

باتوجه به توضیحات داده شده در بند قبل، دو حالت برای ماتریس‌های Q و R انتخاب می‌شود. در انتخاب اول (Q_1 و R_1) متغیرهای حالت و در انتخاب دوم (Q_2 و R_2) ورودی کنترلی از اهمیت بیشتری برخوردار است. پس:

۲. روش کار

۱.۲. کنترل‌گر SDRE

با در نظر گرفتن سیستم غیرخطی $\dot{x} = f(x, u)$ ، برای اینکه بتوان SDRE را به سیستم اعمال کرد، باید آن را به صورت شبه خطی نوشت که این فرم یکتا نیست.

$$\dot{x}(t) = A(x)x(t) + B(x)u(t) \quad (1)$$

در این رابطه $f(x) = A(x)x(t)$ و $A: R^n \rightarrow R^{(n \times n)}$ است. در رابطه‌ی (۱)، پایدار بودن مقادیر ویژه ماتریس $A(x)$ به معنای پایداری کل سیستم نیست [۵]. برای حل معادله ریکاتی وابسته به حالت عموماً از روش‌های عددی استفاده می‌شود [۶].

تابع هزینه و قانون کنترلی برای کنترل بهینه سیستم غیرخطی به ترتیب در معادلات (۲) و (۳) بیان شده است؛ همچنین معادله وابسته به حالت را می‌توان در معادله (۴) مشاهده کرد.

$$J = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{\infty} [x^T(t)Qx(t) + u^T(t)Ru(t)] dt \quad (2)$$

$$u(t) = -R^{-1}B^T(x)P(x)x \quad (3)$$

$$P(x)A(x) + A^T(x)P(x) - P(x)B(x)R^{-1}B^T(x)P(x) + Q(x) = 0 \quad (4)$$

لازم به ذکر است که روش SDRE فقط برای حالتی است که سیستم غیرخطی را بتوان به فرم شبه‌خطی نوشت اگر نتوان این حالت را برآورده کرد؛ باید به سراغ کنترل‌کننده‌های دیگر مانند کنترل پیش‌بین غیرخطی رفت که برای دسته‌ی گسترده‌تری از سیستم‌های غیرخطی کاربرد دارد.

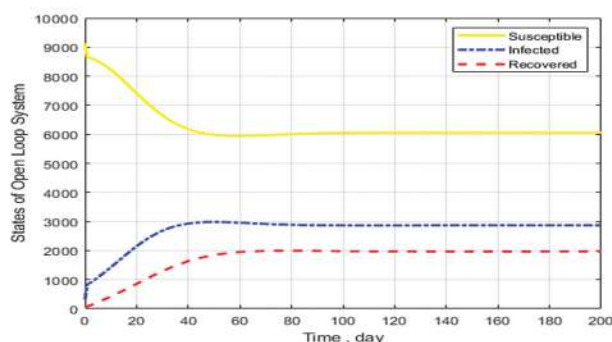
۲.۲. معادلات سیستم [۴]

روابط ریاضی مدل به صورت زیر است:

$$\dot{S}(t) = \left(b - \mu \frac{rN(t)}{K} \right) N(t) - \frac{\beta S(t)I(t-\tau)}{N(t-\tau)} - \left(d + (1-\mu) \frac{rN(t)}{K} \right) S(t) \quad (5)$$

$$\dot{I}(t) = \frac{\beta S(t)I(t-\tau)}{N(t-\tau)} - \left(d + (1-\mu) \frac{rN(t)}{K} \right) I(t) - \alpha I(t) \quad (6)$$

$$\dot{R}(t) = \alpha I(t) - \left(d + (1-\mu) \frac{rN(t)}{K} \right) R(t) \quad (7)$$



شکل ۴- متغیرهای حالت بدون اعمال کنترل گر SDRE

۴. نتیجه گیری

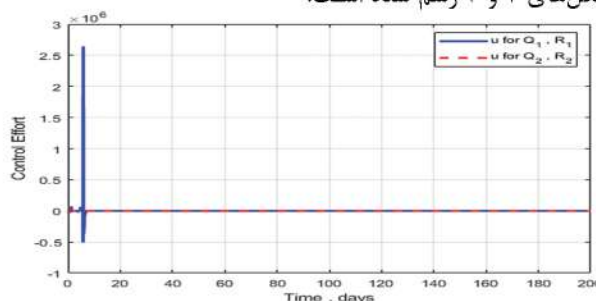
در این مقاله مدل ارائه شده برای بیماری ابولا در کشور کنگو با استفاده از کنترل کننده SDRE تحت کنترل قرار گرفت. مشاهده شد که بدون اعمال کنترل کننده مناسب بیماری در جامعه باقی می ماند و باید حتما بر روی جامعه ی بیمار کنترل صورت بگیرد. همچنین اثر هزینه ی بیشتر در از بین بردن بیماری و سرعت از بین رفتن آن مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس لازم است تا برای جلوگیری از مبتلا شدن افراد بیشتر و خروج هر چه سریعتر بیماری از جامعه هزینه های بیشتری صرف شود.

۵. مراجع

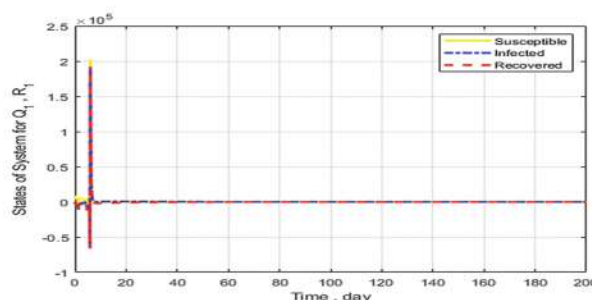
- [1] J. Burke, R. Decker, and G. Ghysebrechts, "Ebola haemorrhagic fever in Zaire, 1976. Report of an international commission," Bull. World Health Organ., vol. 56, no. 2, pp. 271–293, 1978.
- [2] J. E. Pinzon, J. M. Wilson, C. J. Tucker, R. Arthur, P. B. Jahrling, and P. Formenty, "Trigger events: Enviroclimatic coupling of Ebola hemorrhagic fever outbreaks," Am. J. Trop. Med. Hyg., vol. 71, no. 5, pp. 664–674, Nov. 2004.
- [3] A. Nanbo, S. Watanabe, P. Halfmann, and Y. Kawaoka, "The spatio-temporal distribution dynamics of Ebola virus proteins and RNA in infected cells," Sci. Rep., vol. 3, no. 1, pp. 1–9, Feb. 2013.
- [4] N. Yoshida and T. Hara, "Global stability of a delayed SIR epidemic model with density dependent birth and death rates," J. Comput. Appl. Math., vol. 201, no. 2, pp. 339–347, 2007.
- [5] T. Çimen, "Systematic and effective design of nonlinear feedback controllers via the state-dependent Riccati equation (SDRE) method," Annu. Rev. Control, vol. 34, no. 1, pp. 32–51, 2010.
- [6] Y. Pala and M. Ozgur Ertas, "A New Analytical Method for Solving General Riccati Equation," Univers. J. Appl. Math., vol. 5, no. 2, pp. 11–16, 2017.
- [7] "y. batmani and h. khaloozadeh, 'on the design of observer for nonlinear time-delay systems,' asian j. control, jul. 2014.
- [8] "OPTIMAL CONTROL. Third Edition ... Optimal control / Frank L. Lewis, Draguna L. Vrabie, Vassilis L. Syrmos.—3rd ed.

$$Q_1 = \begin{bmatrix} 5 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 5 \end{bmatrix}, R_1 = 1, Q_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, R_2 = 5$$

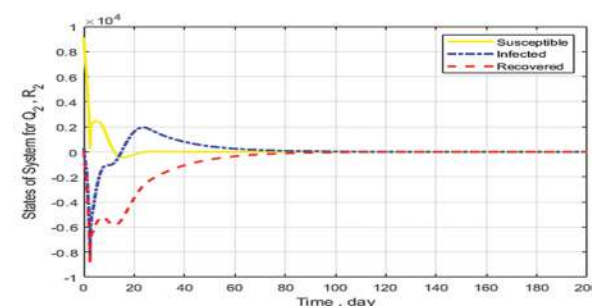
ورودی کنترلی برای انتخاب اول و دوم در شکل ۱ و متغیرهای حالت برای انتخاب های اول و دوم به ترتیب در شکل های ۲ و ۳ رسم شده است.



شکل ۱- ورودی کنترلی برای انتخاب های اول و دوم ماتریس های وزنی

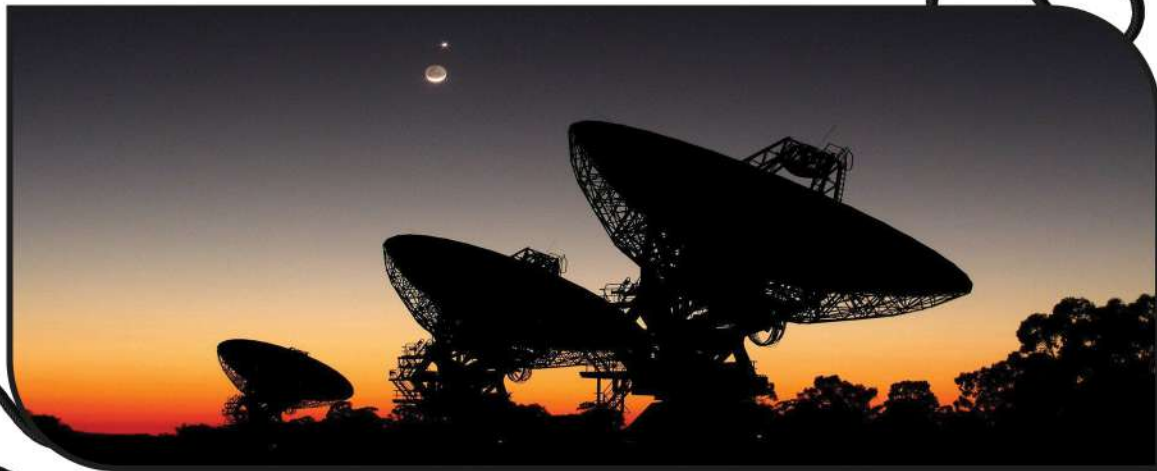


شکل ۲- متغیرهای حالت با اعمال کنترل گر SDRE برای انتخاب اول ماتریس های وزنی



شکل ۳- متغیرهای حالت با اعمال کنترل گر SDRE برای انتخاب دوم ماتریس های وزنی

در شکل ۱ نمودار آبی رنگ سیگنال کنترلی انتخاب اول میباشد که در ابتدای زمان شبیه سازی دارای یک فراجش بسیار بزرگ است اما به ازای آن، همان گونه که در شکل ۲ مشخص است، متغیرهای حالت به سرعت به صفر می رسند. همچنین باتوجه به اینکه ورودی کنترلی در انتخاب دوم دارای دامنه ی کوچکتر است، متغیرهای حالت را دیرتر کنترل می کند (شکل ۳). برای درک بهتر اثر کنترل گر SDRE، تعداد افراد بیمار، مستعد و بهبود یافته در شرایطی که هیچ گونه کنترل کننده ای به سیستم اعمال نشده است، در شکل ۴ رسم شده اند. باتوجه به این شکل در صورتی که برای درمان بیماری هزینه نشود و یا تلاشی برای کنترل آن انجام نشود، بیماری برای همیشه در جامعه باقی خواهد ماند.



تخمین زاویه ورود با الگوریتم‌های وفقی بهبود یافته خانواده LMS

نویسندگان

مصطفی دهقانی اشکذری

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات سیستم دانشگاه صنعتی قم

هادی زبانی

دانشیار دانشگاه صنعتی قم، گروه مخابرات

مهدی بکرانی

استادیار دانشگاه صنعتی قم، گروه مخابرات

چکیده

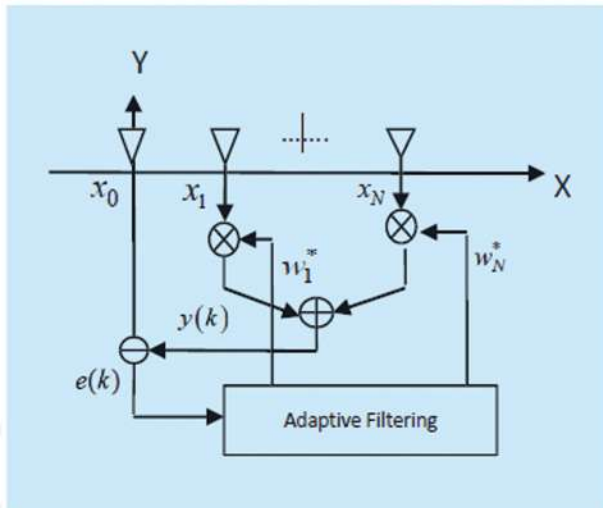
امروزه، تخمین زاویه ورود از مسائل اساسی در کاربردهای صنایع هوافضا، مخابراتی، نظامی، رباتیک، امنیتی و دیگر زمینه‌ها می‌باشد. روش‌های متنوعی برای تخمین زاویه ورود از جمله کلاسیک، زیرفضا و پردازش تنک وجود دارد اما به لحاظ اقتصادی و پیچیدگی محاسبات ممکن است در برخی مطالعات، مطلوب نباشند. در این مقاله، تخمین زاویه ورود به کمک الگوریتم وفقی مورد نظر است که محدودیت روش‌های پیشین را برطرف می‌کند. الگوریتم‌های وفقی نوع LMS با تکنیک مدل شده آنتن تهی می‌توانند در هر حلقه تکرار، خطای خروجی را کم کرده و طی چند مرحله تکرار، خطای تخمین زاویه را به حداقل برسانند. روش LMS در مقایسه با روش‌های زیرفضا، دقت کمتری دارد که برای رفع این نقص، در این مقاله روش‌های الگوریتم وفقی LMS ، $LEAKY$ ، LMS و LMS و LMS پیشنهاد می‌شوند.

در این مقاله، برای مقایسه عملکرد روش‌ها، از معیارهای وضعیت همگرایی و دقت تخمین زوایای بازبایی شده استفاده می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهد روش NLMS، دقت LMS را بهبود می‌دهد ولی در مقایسه با روش‌های زیرفضا و به‌طور خاص MUSIC^۱ همچنان کم دقت است. همچنین مشاهده می‌شود که روش LEAKY LMS حتی عملکرد بدتری نسبت به LMS دارد. در شبیه‌سازی صورت گرفته، با استفاده از وضعیت همگرایی، LMS و LMS با دیگر روش‌ها مقایسه شد و مشاهده می‌شود که الگوریتم مبتنی بر نرم یک برخلاف نرم صفر همگرا نمی‌شود و در نتیجه مقایسه خانواده LMS، شاخص‌های عملکرد نرم یک مطلوب نیستند.

کلمات کلیدی: تخمین زاویه ورود، آرایه خطی، آنتن تهی، بردار ویژه، طبقه‌بندی سیگنال‌های چندگانه، فیلتر وفقی، زیرفضا، سرعت همگرایی

۱. مقدمه

امروزه روش‌های تخمین زاویه ورود^۲، در کاربردها و حوزه‌های متعددی توسعه یافته است. در صنایع نظامی می‌توان با وجود تداخل‌های موجود در محیط و به عنوان خاص، اثرات متقابل بین حسگرها (MCM^۳) و یا الگوریتم وفقی بدون هزینه‌های اضافی، با استفاده از پردازش سیگنال‌های دریافتی، اهداف را با دقت قابل قبول، شناسایی کرد. همچنین در صنایع پیشرفته، مانند خودروسازی یا مخابرات با پیشرفت در شبکه‌های نسل پنجم موبایل برای جهت‌گیری بهتر با کاربر مورد نظر، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. روش تخمین زاویه ورود، برای اولین بار در الگوریتم شکل دهی پرتوهای کلاسیک استفاده شد. ایده اصلی آن، این است که در یک زمان معین، تمام آرایه‌ها مسیر خاصی را تخمین و توان خروجی را اندازه‌گیری می‌کنند.



شکل ۱- ساختار فیلتر فضایی

در این معادله، بردار سیگنال تداخل را نشان می‌دهد که به مقدار θ_m تخمین زاویه ورود سیگنال تداخل بستگی دارد.

۳. ایده اساسی برای آنتن تهی

اگر یک سیگنال مطلوب $d(k)$ مشابه سیگنال‌های تداخل وجود داشته باشد، داریم:

$$d(k) = \sum_{m=1}^M s_m(k) \quad (3)$$

$$e(k) = y(k) - d(k) = \underline{w}^H(k)x(k) - d(k) \quad (4)$$

جمع وزنی $y(k)$ آرایه، برابر با سیگنال منبع خواهد شد. متقابلاً اگر خطای e را به عنوان خروجی نهایی در نظر بگیریم، خطای تداخل‌ها کمتر خواهد شد [۶]. بنابراین:

$$d(k) = x_0(k) \approx \sum_{m=1}^M s_m(k) + n_0(k) \quad (5)$$

بردار آرایه مدل سیگنال به صورت زیر است:

$$x(k) = \begin{bmatrix} x_1(k) \\ \vdots \\ x_N(k) \end{bmatrix} \approx \sum_{m=1}^M s_m(k) v(\theta_m) + n(k) \quad (6)$$

از مقایسه $d(k) = \sum_{m=1}^M s_m(k)$ و $d(k) = x_0(k) \approx \sum_{m=1}^M s_m(k) + n_0(k)$ نویز $n_0(k)$ فقط متفاوت است. بنابراین تداخل، خیلی قوی‌تر از نویز است و آرایه می‌تواند اثر تداخل را کاهش دهد [۷].

ضعف اصلی روش کلاسیک آن است که تمام درجه آزادی در آرایه برای ایجاد پرتو در جهت مورد نظر، هنگامی که منابع سیگنال چندگانه اتفاق می‌افتد، مورد استفاده قرار گرفته است. روش، محدود به ارتفاع و عرض پرتو و لوب جانبی است، بنابراین دقت آن پایین است [۲].

روش‌های الگوریتم وفقی به دلیل این که برخلاف فیلترهای کلاسیک با مشخصات ثابت و از پیش تعیین شده، می‌توانند شاخص‌های خود را به نحوی تغییر دهند که توانایی پاسخ به تغییرات محیط اطراف خود را بتواند به اهداف خاصی دارا باشند، مورد توجه هستند [۳]. برخلاف الگوریتم MUSIC، روش‌های وفقی پیشنهادی، پیچیدگی محاسباتی کمتری دارند. روش‌ها، از نظر تشکیل پهنای باریکی از پیک، دقت بیشتری از روش MUSIC و MUSIC-LIKE دارند.

در ادامه و در بخش دوم به مدل‌سازی روش الگوریتم وفقی پرداخته شده است. در بخش سوم، روش‌های پیشنهادی ارائه می‌گردد. در این بخش، روش‌های تخمین زاویه ورود به کمک خانواده LMS از جمله NLMS، LEAKY، I_0 -LMS و I_1 -LMS معرفی می‌شوند. در بخش چهارم با شبیه‌سازی به مقایسه خانواده LMS پرداخته می‌شود. همچنین برتری دقت روش‌های زیرفضا و به طور خاص روش MUSIC نشان داده می‌شود و در نهایت در بخش پنجم، نتایج مقاله بیان می‌شوند.

۲. مدل سیگنال

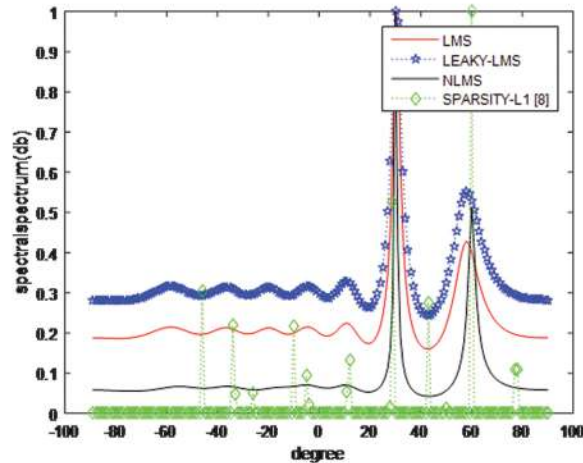
فرض کنید در سیستم آرایه خطی با $N+1$ عنصر مطابق شکل وجود دارد. اولین عنصر در مختصات اصلی جانمایی شده است و مکان N عنصر دیگر تقریبی است. فرض می‌کنیم که سیگنال به عنصر اول آرایه به عنوان یک سیگنال مرجع برخورد می‌کند [۴]:

$$x_0(k) = s_0(k) + \sum_{m=1}^M s_m(k) + n_0(k) \quad (1)$$

$x_0(k)$ سیگنال دریافتی اولین عنصر، $s_0(k)$ یک سیگنال هدف، $s_m(k)$ سیگنال‌های تداخل، $n_0(k)$ نویز و M تعداد سیگنال تداخل است. با فرض این که سیگنال تداخل و سیگنال هدف از سیگنال‌های باند باریک هستند، سیگنال دریافتی به صورت زیر است [۵]:

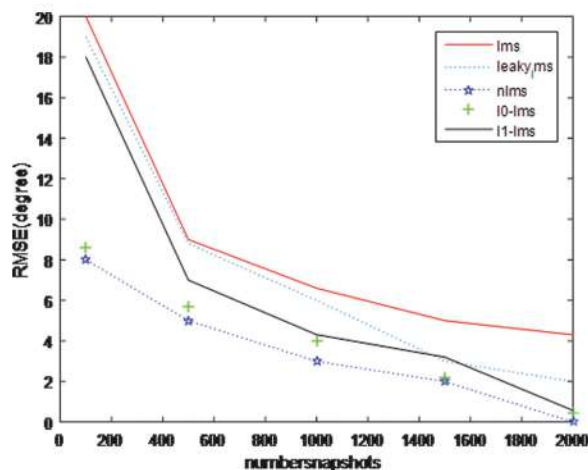
$$x(k) = \begin{bmatrix} x_1(k) \\ \vdots \\ x_N(k) \end{bmatrix} \approx s_0(k) v(\theta_0) + \sum_{m=1}^M s_m(k) v(\theta_m) + n(k) \quad (2)$$

در ابتدا از لحاظ دقت تخمین زاویه و همگرایی روش LMS را با NLMS و LEAKY LMS مقایسه می‌شود. شکل ۲ مقایسه روش‌های تخمین زاویه ورود با دو هدف را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمودار مقایسه روش‌های تخمین زاویه ورود دو هدفه

مطابق نمودار، عملکرد NLMS از لحاظ قدرت تفکیک پذیری بهتر و پهنای طیف باریک‌تری را برای بهتر شناسایی کردن اهداف دارد. همچنین در زوایای غیرهدف، طیف‌هایی فرعی ایجاد شده‌اند که از نظر خطای تخمین در روش NLMS کمتر است.



شکل ۳- نمودار RMSE برحسب تعداد برداشت داده‌ها در روش‌های تخمین زاویه ورود با الگوریتم‌های فوقی

شکل ۳ نمودار RMSE برحسب تعداد برداشت داده‌ها در روش‌های تخمین فوقی زاویه ورود را نشان می‌دهد. مطابق نمودار، عملکرد LEAKY LMS و LMS مشابه است و عملکرد NLMS و l_0 -LMS بهتر است. از LEAKY LMS، LMS و l_1 -LMS بهتر است. در مقایسه روش MUSIC و خانواده LMS نمودار شکل ۷ حاصل می‌شود.

۴. تخمین زاویه ورود به کمک الگوریتم فوقی l_1 -LMS و l_0 -LMS

الگوریتم‌های LMS و NLMS تنگی را برای بهبود شناسایی ساختار در نظر نمی‌گیرند. ایده آن است که با معرفی یک تابع هزینه تنک، توانایی بهره‌برداری از پایداری سیستم افزایش یابد. از آن جایی که اکثر عبارات تابع هزینه تنک غیرخطی و غیرمحدب هستند الگوریتم‌های LMS را می‌توان با اعمال تغییرات تحلیل کرد [۸].

به همین منظور، برای بهبود عملکرد سیستم LMS از نظر همگرایی، می‌توان از l_0 -LMS و l_1 -LMS در طراحی فیلتر فوقی استفاده کرد و نتایج آن را مورد بررسی قرار داد.

فیلتر فوقی نرم صفر LMS سیگنال دریافتی به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$w_{n+1} = w_n + \mu e_n x_n + kg(w_n) \quad (7)$$

$$g(w_n) = [g(w_{0,n}), g(w_{1,n}), \dots, g(w_{L-1,n})]^T \quad (8)$$

$$g(t) = \begin{cases} 2\alpha^2 - 2\alpha \cdot \text{sgn}(t) & |t| < 1/\alpha \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (9)$$

در رابطه فوق، L طول فیلتر و α محدوده جذب است.

فیلتر فوقی نرم یک LMS سیگنال دریافتی به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$g^Z = -\text{sgn}(t) \quad (10)$$

$$w_{n+1} = w_n + \mu e_n x_n + \rho g^Z(x_n) \quad (11)$$

ρ شاخص کنترل اندازه طول سیگنال تنک شده است.

۵. شبیه‌سازی

در این مقاله تعداد دو هدف در نظر گرفته می‌شود. سیگنال مرجع برابر با واحد و سیگنال دومی که تداخل محسوب می‌شود با ضریب ۰.۶ واحد در نظر گرفته می‌شود. تعداد عناصر آرایه ۸ عدد به صورت یکنواخت به فاصله $\lambda/2$ توزیع شده است که λ طول موج سیگنال باشد باریک است. همچنین $\text{SNR} = 10 \text{ dB}$ است و باتوجه به استفاده از الگوریتم فوقی به تعداد ۲۰۰۰ بار برداشت داده و به روزرسانی برای همگرایی صورت می‌گیرد. طول گام برابر ۰.۰۰۲ است. زوایای اهداف به‌طور تصادفی بین $[-90, 90]$ درجه انتخاب می‌شود. زوایای واقعی اهداف، ۳۰ و ۶۰ در نظر گرفته شده است.

همچنین در مقایسه کلی شاخص‌های روش NLMS از I_0 -LMS، I_1 -LMS و LMS-LEAKY LMST، I_1 -LMS بهتر عمل می‌کند.

۷. مراجع

[1] B. Rao and K. Hari, "DOA Estimation Algorithm Based on Adaptive Filtering in Spatial Domain," IEEE Trans. Acoust., vol. 37, no. 12, pp. 1939–1949, Dec. 2016.

[2] J. Li, X. Zhang, R. Cao, and M. Zhou, "Reduced-dimension MUSIC for angle and array gain-phase error estimation in bistatic MIMO radar," IEEE Comm. Lett., vol. 17, no. 3, pp. 443–446, March 2019.

[3] R. Roy, A. Paulraj, and T. Kailath, "Leaky LMS Algorithm: MSE Analysis for Gaussian Data," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process., vol. 34, no. 5, pp. 1340–1342, Oct. 1986.

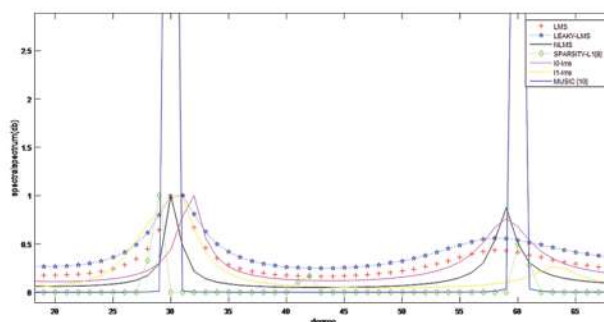
[4] X. Zhang and D. Xu, "Efficient DOA Estimation Method Using Bias-compensated Adaptive Filtering," Electron. Lett., vol. 47, no. 4, pp. 283–284, Feb. 2011.

[5] M. Carlin, P. Rocca, G. Oliveri, F. Viani, and A. Massa, "Direction of arrival estimation through Bayesian compressive sensing strategies," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 61, no. 7, pp. 3828–3838, July 2013.

[6] S. Qin, Y. D. Zhang, and M. G. Amin, "DOA estimation of mixed coherent and uncorrelated signals exploiting a nested MIMO system," in Proc. IEEE Benjamin Franklin Symp. on Microwave and Antenna Sub-systems, Philadelphia, PA, Sept. 2014.

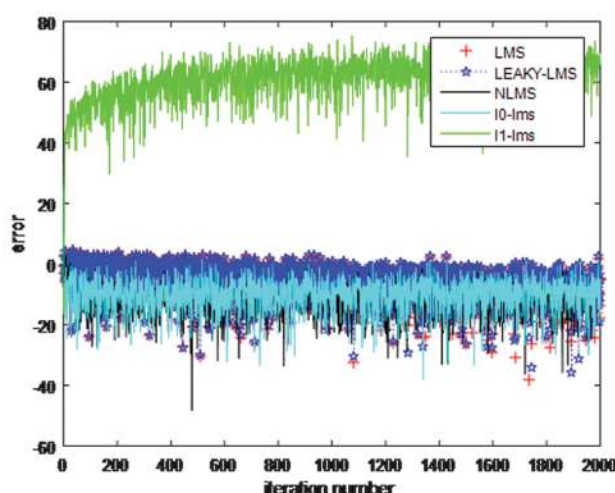
[7] S. Qin, Y. D. Zhang, Q. Wu, and M. G. Amin, "DOA estimation of nonparametric spreading spatial spectrum based on Bayesian compressive sensing exploiting intra-task dependency," in Proc. IEEE ICASSP, Brisbane, Australia, April 2015, pp. 2399–2403.

[8] B. Liao and S. C. Chan, "DOA estimation of coherent signals for uniform linear arrays with leaky lms," in Proc. ISCAS, Rio de Janeiro, Brazil, 2011, pp. 377.



شکل ۴- نمودار مقایسه روش‌های تخمین زاویه پیشنهادی با MUSIC

هر چند خانواده LMS از لحاظ محاسباتی بهتر از روش‌های زیرفضا و به‌طور خاص، MUSIC هستند اما دقت کمتری دارند. همچنین مشاهده می‌شود که روش MUSIC، خطای طیف ندارد و فقط در زوایای اهداف، پیک زده است. I_0 -LMS و I_1 -LMS در نمودار خطای خروجی، برحسب تعداد تکرار حلقه، در مقایسه با سایر روش‌ها به‌صورت شکل ۸ است.



شکل ۵- نمودار مقایسه خطای روش‌های تخمین زاویه ورود دو هدفه براساس نرم ۱ و ۲ برحسب تعداد تکرار

مشاهده می‌شود نرم صفر به همگرایی و نرم یک LMS به واگرایی می‌انجامد. همگرایی نرم صفر، تقریباً مشابه NLMS است. در نتیجه، واگرایی نرم یک، دقت شاخص‌های اندازه‌گیری تخمین زاویه را کم می‌کند.

۶. نتیجه

در حالت کلی روش‌های خانواده LMS از روش‌های زیرفضا و به‌عنوان مثال، MUSIC دقت کمتری دارند. در مقایسه خانواده LMS، وضعیت همگرایی نرم صفر و نرم یک بررسی شد و مشاهده شد نرم صفر به‌علت همگرایی بودن نسبت به نرم یک که واگراست دقت بهتری در شاخص‌های اندازه‌گیری دقت تخمین دارد.



ارائه یک الگوریتم جدید مبتنی بر گره نگهبان، انرژی محیط و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت ذرات برای بالا بردن امنیت شبکه‌های حسگر بی سیم در مقابل حملات گودال و کرم‌چاله

نویسندگان

محمد امین شکری

دانشجوی مقطع دکتری دانشگاه زنجان،
گرایش الکترونیک دیجیتال

مصطفی طاهری

استادیار دانشکده مهندسی برق دانشگاه زنجان،
گرایش شبکه‌های حسگر بی سیم

محمد مصطفوی

استادیار دانشکده مهندسی برق دانشگاه زنجان،
گرایش مخابرات دیجیتال

۱. مقدمه

شبکه‌های حسگر بی سیم^۱ شبکه‌هایی پرکاربرد و گسترده هستند. امروزه شبکه‌های WSN با کاربردهای فراوانی که دارند جایگاه قابل توجهی برای خود ایجاد کرده‌اند. شبکه حسگر عمدتاً از چند دسته گره‌های حسگر و یک گره مرکزی^۲ تشکیل شده است. شرایط شبکه همیشه یکسان نیست. تحرک گره‌ها و مکان sink را می‌توان از متغیرهای شبکه دانست. گاهی اوقات شبکه‌های حسگر مورد هجوم انواع حمله توسط گره و یا گره‌های بدخواه قرار می‌گیرند. یکی از چالش‌های مهم که در این زمینه امنیت در این شبکه‌ها است. شبکه‌های حسگر بی سیم با توجه به نوع ارتباط گره‌ها باهم و محدودیت‌های متعدد آن که مشکلاتی همچون انرژی و حافظه را به وجود می‌آورد، عمدتاً از امنیت کمی برخوردارند. پروتکل^۴ های مسیریابی نیز به این موضوع دامن می‌زنند.

چکیده

شبکه‌های حسگر بی سیم به علت کاربردهای فراوان در زمینه‌های مختلف مانند مطالعات بر روی طبیعت، کار در صنعت و کاربردهای نظامی و پزشکی امروزه مورد توجه قرار گرفته‌اند. بحث امنیت در این شبکه‌ها از چالش‌های پر اهمیت است. در این مقاله یک روش جدید در زمینه امنیت شبکه‌های حسگر بی سیم معرفی می‌گردد که علاوه بر بالا بردن امنیت در شبکه پروتکلی سازگارتر با شبکه‌های حسگر دارد. این روش با کمک گرفتن از الگوریتم بهینه‌سازی حرکت ذرات و انرژی محیط الگوریتمی را معرفی می‌کند که در آن سربار ارسالی در گره‌های حسگر کاهش یافته و باعث افزایش طول عمر شبکه می‌شود.

۴. الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات

هوش جمعی یکی از زیر مجموعه‌های الگوریتم‌های تکاملی است که خود شامل یک مجموعه از الگوریتم‌ها می‌شود. هوش جمعی خاصیتی است سیستماتیک که در این سیستم، عامل‌ها به‌طور محلی با هم همکاری می‌نمایند و رفتار جمعی تمام عامل‌ها باعث یک همگرایی در نقطه‌های نزدیک به جواب بهینه سراسری می‌شود. نقطه قوت این الگوریتم‌ها عدم نیاز آن‌ها به یک کنترل سراسری می‌باشد. هر ذره در این الگوریتم‌ها خود مختاری نسبی دارد که می‌تواند در سراسر فضای جواب‌ها حرکت کند و باید با سایر ذرات همکاری داشته باشد. دو الگوریتم مشهور هوش جمعی، بهینه‌سازی لانه مورچگان و بهینه‌سازی توده ذرات می‌باشند.

الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات یا به اختصار PSO یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌ها است. PSO سرعت بالایی در همگرایی به هدف دارد. این موضوع دلیل انتخاب این الگوریتم است [۱۲]. الگوریتم PSO به این شکل است که گروهی از ذرات در آغاز کار به‌صورت تصادفی مقادیری می‌شوند و در فضای جستجو پخش می‌شوند. سپس با به‌روزرسانی کردن مقادیر سعی در یافتن بهینه‌ترین جواب می‌نمایند. در هر دور هر ذره با استفاده از دو کمیت به روزرسانی می‌شود. اولین مورد، بهترین موقعیتی است که تاکنون ذره موفق به رسیدن به آن شده است و دومین مورد بهترین موقعیتی است که تاکنون توسط جمعیت ذرات به‌دست آمده است. موقعیت ذره در دور بعدی توسط رابطه (۱) محاسبه می‌شود [۱۳]:

$$v(t+1) = wv(t) + (c1)ran(pbest - position(t)) + (c2)ran(gbest - position(t)) \quad (1)$$

که به ترتیب v سرعت اولیه ذره، ran یک عدد تصادفی بین صفر و یک، c ضرایب یادگیری، $pbest$ و $gbest$ بهترین موقعیت فردی و گروهی ذره و $position$ موقعیت کنونی ذره هستند. و w وزن سرعت است. نهایتاً:

$$position(t+1) = position(t) + v(t+1) \quad (2)$$

بدین ترتیب با رابطه (۲) موقعیت جدید هر ذره به‌روزرسانی شده و الگوریتم تکرار می‌شود [۱۳]. پارامترهای $c1$ و $c2$ که مقدار آن حدود ۲ است. اهمیت هوش جمعی و فردی را مشخص می‌کنند. با صفر قرار دادن یا ندادن پارامترها حالت‌های زیر به‌وجود می‌آید:

حالت اول: وزن فردی را صفر نموده و فقط براساس هوش جمعی و لختی عمل کنیم. سرعت همگرایی بالا می‌رود و جستجو کوچک می‌شود.

حالت دوم: وزن هوش جمعی را صفر نموده و فقط براساس وزن فردی و لختی عمل کنیم. ذرات حول محل اولیه خود جستجوی محلی انجام می‌دهند.

در این میان هوش محاسباتی و زیستی کمک بسزایی در تامین امنیت شبکه کرده است. در این مقاله به‌کمک الگوریتم‌های تکاملی^۵ روش جدیدی را برای مقابله با حملات شبکه معرفی می‌کنیم تا بتواند در مقابل گره‌های بدخواه با راندمان بالاتری عمل کرده و امنیت شبکه را تامین نماید. این الگوریتم سازگاری بیشتری با شبکه WSN نسبت به الگوریتم‌های دیگر داشته و تلاش دارد که با ایجاد کمترین اختلال در کار شبکه بیشترین امنیت را در مقابل مهاجمان تامین نماید [۱].

در بخش دو و سه به بیان مسئله و توضیح روش‌های پیشین پرداخته و در بخش چهار روش پیشنهادی و در قسمت پنجم نتایج شبیه‌سازی مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش ششم نتایج با روش‌های پیشین مقایسه و به جمع‌بندی مسائل پرداخته خواهد شد.

۲. بیان مسئله حملات منع سرویس^۶

حملات منع سرویس شامل انواع مختلفی است که هر کدام رفتار خاص خود را دارند. در واقع هر حمله‌ای علیه دسترس‌پذیری به‌عنوان حمله منع سرویس تلقی می‌شود. کندی در شبکه و افزایش چشم‌گیر تعداد پیام‌ها از نشانه‌های حملات منع سرویس هستند [۲].

اگر یک گره اقدام به حمله به شبکه کند حمله DOS است. اما زمانی که چند گره اقدام به حمله می‌کنند حمله منع سرویس توزیع شده یا DDOS است. معروف‌ترین حملات در شبکه‌های WSN حملات کرم‌چاله^۷ گودال^۸ و برگشت پراکنده^۹ هستند [۳]، [۴].

۳. مروری بر پژوهش‌های پیشین

در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی برای مقابله با حملات انجام شده است. از جمله کارهای انجام شده در این زمینه می‌توان به یک الگوریتم اشاره کرد که از طریق ایجاد یک گراف جریان کار^{۱۰} اقدام به کشف گره‌های مهاجم می‌کند [۵]. در [۶] از گره‌نگهبان^{۱۱} برای تشخیص مهاجمین استفاده شده است که بر اساس فاصله تصمیم‌گیری می‌شود و یا از طریق ارسال بسته‌های از پیش تعیین شده اقدام به شناسایی می‌شود.

در [۷] بسته‌های دریافتی را با توجه به نسبت سیگنال به نویز^{۱۲} با بسته‌های سالم مقایسه کرده و گره مهاجم را تشخیص می‌دهد. در [۸] از پروتکل‌های رمزنگاری و فاکتور ریسک استفاده شده است. در [۹] بسته کنترلی از پیش تعیین شده برای تشخیص پیام‌های سالم ارسال می‌شود با این کار گره‌های مهاجم را که از محتوای آن بی‌خبرند تشخیص می‌دهد. در [۱۰] از هوش جمعی^{۱۳} برای تشخیص مهاجم استفاده می‌شود. گاهی گره‌های همسایه اقدام به ارسال مستقیم بسته‌ها به یکدیگر می‌کنند. اگر گره مهاجم در بین آن‌ها باشد مانع انجام این کار شده و آن را تشخیص می‌دهند [۱۱]. در روشی دیگر برای تشخیص گره‌های مهاجم ابتدا میزان فاصله از سینک را اندازه‌گیری کرده سپس با تشخیص تعداد گام از رو شعاع حسگری مهاجم را تشخیص می‌دهند.

تهیه نقشه مصرف انرژی در شبکه، در هر دور راه اندازی شبکه به کمک گره‌های نگهبان و یا گراف جریان داده، و مقایسه آن با نقشه مصرف انرژی بعد از حمله این مشکل را حل می‌کند.

در این پژوهش برای تنظیم ضرایب از منبع [۱۴] استفاده شده است. این مقاله بهترین ضرایب را برای الگوریتم PSO این گونه تعریف کرده است که: اگر ضریب $\phi_1 = \phi_2$ را برابر عدد $0.5/2$ و ضریب ϕ را برابر $1/4$ بگیریم، آنگاه داریم:

$$chi = \frac{2}{(\phi - 2 + \sqrt{\phi^2 - 4 \times \phi})} \quad (3)$$

و در نتیجه:

$$w = chi \quad (4)$$

$$c1 = chi \times \phi_1 \quad (5)$$

$$c2 = chi \times \phi_2 \quad (6)$$

اینگونه می‌توانیم بهترین عملکرد را داشته باشیم.

۶. شبیه‌سازی

برای شبیه‌سازی حمله به شبکه ابتدا باید یک شبکه ساده موجود باشد. لذا ابتدا با نرم‌افزار متلب اقدام به پخش گره‌ها به صورت تصادفی کرده، سپس شبکه با اتصالات^{۱۴} کامل تشکیل شود.

مسیریابی در شبکه‌های WSN را می‌توان بین هفت تا نه دسته تقسیم‌بندی کرد. این دسته‌ها شامل مسیریابی‌های داده محور، مبتنی بر موقعیت، سلسله مراتبی و سایر دسته‌ها می‌شوند. هر دسته متشکل از روش‌های مختلف است که بر اساس چالش‌های شبکه‌های حسگر طراحی شده است [۱۵]. در این پژوهش از اطلاعات همسایگی و شعاع حسگری برای مسیریابی کمک گرفته می‌شود. در این شبیه‌سازی sink ابتدا به صورت سیل آسا در شبکه اعلام وجود می‌کند. تمام راه‌های منتهی به سینک برای هر گره تشکیل می‌شود. از بین تمام راه‌ها، کوتاه‌ترین راه توسط گره حسگر انتخاب می‌شود. این کار را از روی شمارش تعداد گام‌های منتهی به sink انجام می‌دهد. سپس گره حسگر انرژی هر راه را بررسی می‌کند. اگر انرژی راه منتخب کمتر از کوتاه‌ترین راه دوم در لیست گره باشد، اقدام به تغییر راه انتخابی می‌کند. به این ترتیب داده از کوتاه‌ترین مسیر ممکن که بیشترین انرژی را دارد منتقل می‌شود. ترتیب کاهش انرژی گره‌ها به اینگونه است که در هر بار مراجعه به گره یک واحد از انرژی اولیه گره کاهش می‌یابد. باتوجه به شعاع حسگری در گره‌ها و مسیریابی به صورت گام به گام و همچنین باتوجه به فاصله‌های گره‌ها از sink و موقعیت گره‌های واسطه، هر گره یک تعداد گام اجباری را باید طی کند تا به sink برسد. در شکل ۱ حداکثر شعاع متناظر با حداقل گام رسم شده و با این کار شبکه به صورت دایره‌های هم مرکز گروه‌بندی می‌گردد. این گروه‌بندی برابر با لایه‌های مصرف انرژی در شبکه گرفته می‌شود. که نتایج شبیه‌سازی این موضوع را تایید می‌نماید.

۵. ایده اصلی

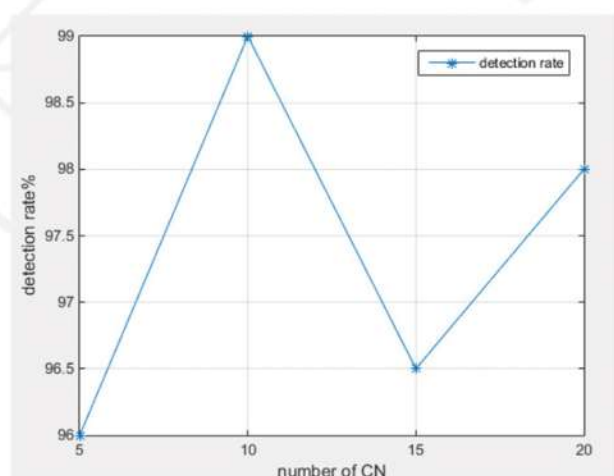
ایده اصلی در این طرح برای تشخیص حمله مجموع انرژی سیگنال‌های دریافتی در اطراف گره مهاجم در واحد زمان است.

گره‌های حسگر در برخی کاربردها موردی و در برخی کاربردها دوره‌ای اقدام به فرستادن پیام برای گره مرکزی می‌کنند و چون شعاع حسگری گره‌های حسگر کم است از گره‌های نزدیکتر به گره مرکزی برای ارسال پیام کمک می‌گیرند. این امر موجب می‌شود تا باتوجه به مقادیر شعاع حسگری و فاصله از گره مرکزی، هر پیام تعداد گام‌هایی را برای رسیدن به گره مرکزی طی کند. بنابراین طبیعتاً گره‌های نزدیک به گره مرکزی همواره تعداد پیام‌های بیشتری را در واحد زمان ارسال می‌کنند. پس مجموع انرژی سیگنال‌های دریافتی در واحد زمان در آن نقاط بیشتر است. به نوعی می‌توان با توجه به فاصله از گره مرکزی یک سری لایه‌های مصرف انرژی در واحد زمان برای شبکه در نظر گرفت. گره‌های نگهبان می‌توانند در ابتدای راه‌اندازی شبکه با ایستادن در یک نقطه به مدت زمان مشخص (بسته به کاربرد شبکه و رفتار گره‌ها) و جمع کردن انرژی سیگنال‌های دریافتی میزان انرژی در واحد زمان را اندازه‌گیری کنند و مجدداً این کار را در نقاط دیگر تکرار کنند. این کار رفتار طبیعی مصرف انرژی در شبکه را می‌تواند همانند یک گراف به مشخص کند. زمانی که شبکه مورد تهاجم قرار می‌گیرد، سطح مصرف انرژی در آن نقطه با رفتار شبکه همخوانی ندارد. بنابراین می‌توان گره مهاجم و مکان آن را تشخیص داد. علاوه بر آن گلوگاه‌های شبکه نیز با این جستجو پیدا می‌شود. الگوریتم حرکت گره‌های نگهبان در فضای شبکه را الگوریتم تکاملی PSO می‌گیریم. نزدیک بودن گره بدخواه به گره مرکزی باعث می‌شود که حجم انرژی مصرفی کمتر دیده شود. زیرا انرژی در اطراف گره مرکزی بالا است.

۷. نتایج شبیه‌سازی

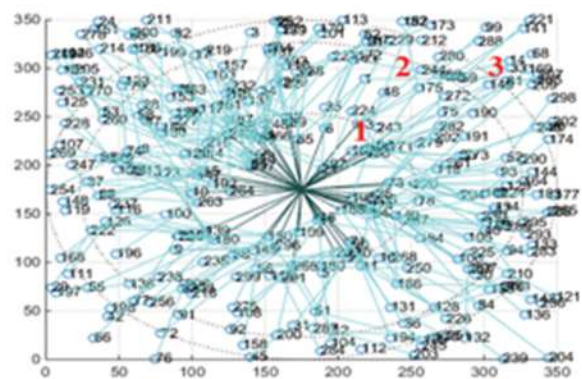
در این بخش نتایج و نمودارهای حاصل از شبیه‌سازی بررسی می‌گردد. تعداد گره‌ها از ۵۰ تا ۳۰۰ عدد و شعاع حسگری را ۸۰ واحد و ابعاد زمین را ۳۵۰ در ۳۵۰ و انرژی هر گره را ۱۰۰۰ واحد و شعاع حسگری برای گره مهاجم ۱۵۰ واحد منظور می‌گردد و همچنین تعداد تکرار مراحل انجام الگوریتم PSO از ۵ تا ۱۰۰ مرحله و تعداد گره‌های نگهبان از ۵ تا ۲۰ درصد تعداد گره‌های حسگر گرفته می‌شود. هر آزمایش را ۱۰۰ بار به صورت تصادفی تکرار و نتایج ثبت می‌شود. که در بخش‌های بعد نتایج آن کامل توضیح داده خواهد شد.

تغییر تعداد گره‌های نگهبان: نتایج آزمایش افزایش تعداد گره‌های نگهبان از ۵ تا ۲۰ درصد تعداد گره‌های حسگر و انجام ۱۰۰ آزمایش تصادفی در هر مرحله و میانگین‌گیری از نتایج آزمایش نشان می‌دهد که بهترین عملکرد در تعداد گره‌های نگهبان در زمانی است که به تعداد ۱۰ درصد کل گره‌ها، گره نگهبان وجود دارد و در این حالت نرخ تشخیص صحیح^{۱۵} حمله برابر ۹۹ درصد است. نرخ تشخیص خطا ۱ درصد بوده و نرخ عدم تشخیص ۰ می‌باشد، و بدترین عملکرد مربوط به تعداد ۵ درصد است که نرخ تشخیص صحیح آن ۹۶ درصد می‌باشد. نرخ تشخیص خطا ۱ درصد و نرخ عدم تشخیص حمله ۳ درصد است. در تعداد گره‌های نگهبان بیش از ۱۰ درصد نرخ عدم تشخیص صفر شده اما خطای تشخیص بالا می‌رود. و این به خاطر وجود لختی در ذرات PSO است. در این آزمایش تعداد تکرار مراحل انجام الگوریتم PSO، ۱۰۰ مرتبه و تعداد گره‌های حسگر ۳۰۰ عدد است.

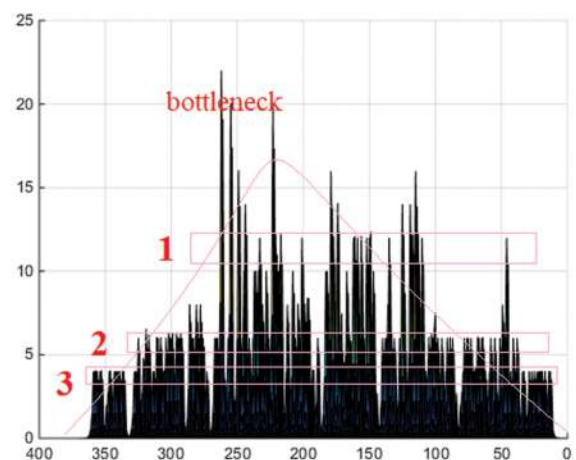


شکل ۴: نرخ تشخیص صحیح و تعداد گره‌های نگهبان

همچنین نتیجه دیگر این آزمایش مربوط به فاصله مکان تشخیص حمله توسط گره‌های نگهبان تا مکان حقیقی حمله می‌باشد. در این نمودار میزان خطای تشخیص فاصله را در مقابل میزان افزایش تعداد گره‌های نگهبان آورده شده است.

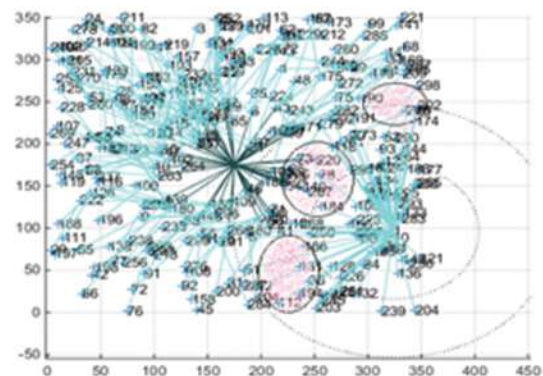


شکل ۱: ایجاد مسیر در شبکه

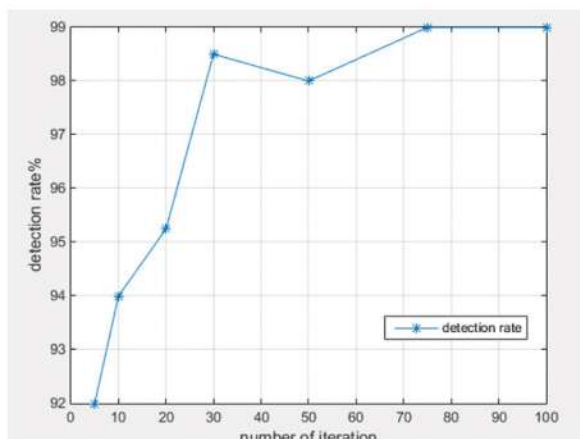


شکل ۲: تحلیل لایه‌های انرژی

برای بررسی حمله، حمله گودال یا سیاه‌چاله در نظر گرفته شده است. علت این انتخاب این است که تعداد ارسال و دریافت‌ها در این حمله از سایرین کمتر است. بنابراین کمترین انرژی در مکان حمله مصرف می‌شود. اگر الگوریتم با این سطح انرژی کار کند با سایر سطوح انرژی نیز می‌تواند به کار خود ادامه دهد. با دقت در تصویر متوجه می‌شوید که فضاهایی خالی در اطراف حمله به وجود می‌آید. سرعت ذرات در گام‌های PSO نباید کمتر از طول این فضاها باشد.

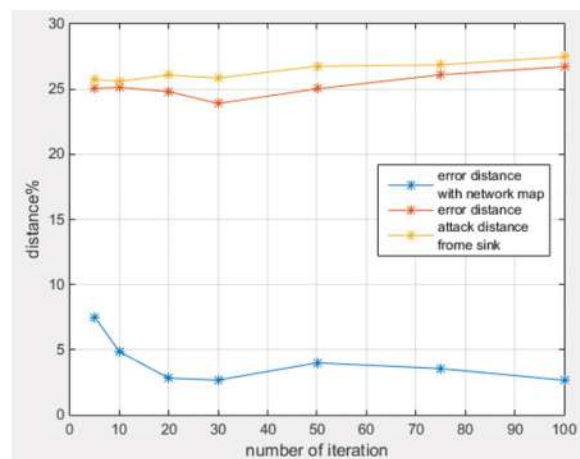


شکل ۳: فضاهای خالی اطراف مهاجم



شکل ۶: نرخ تشخیص صحیح و تعداد تکرار الگوریتم PSO

نتایج آزمایش خطا در تشخیص مکان حمله نیز اعداد ۳۰ و ۷۰ تکرار را مجدداً تایید می‌کند. همچنین این آزمایش برای تعداد ۵ و ۱۰ بار تکرار، خطاهای ۵/۷ و ۸۵/۴ درصدی را ثبت می‌کند که غیر قابل قبول است



شکل ۷: خطای فاصله و تعداد تکرار الگوریتم PSO

تعداد تکرارها	درصد خطا در تشخیص مکان حمله یا پروفایل	درصد خطا در تشخیص مکان بدون پروفایل	فاصله حمله از گره مرکزی (به درصد)	نرخ تشخیص اشتباه حمله	نرخ تشخیص حمله	نرخ عدم تشخیص حمله
5	7/51	25/06	25/728	92	2	6
10	4/85	25/14	25/6	94	3	3
20	2/82	24/8	26/08	95/25	4/75	0
30	2/68	23/9	25/85	98/5	1/5	0
50	3/996	25/02	26/76	98	0	2
75	3/56	26/1	26/86	99	0	1
100	2/66	26/72	27/48	99	0	0

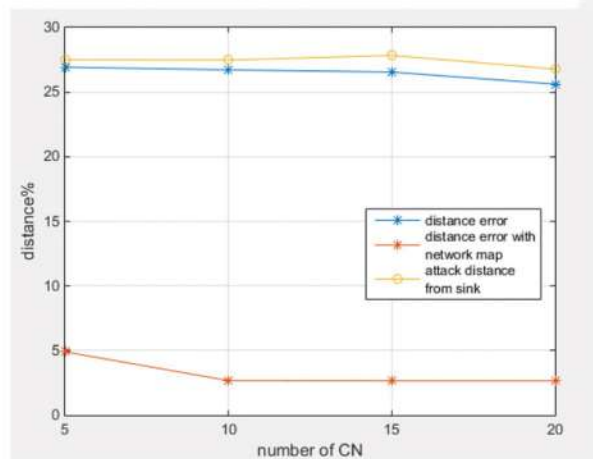
جدول ۲: تعداد تکرار الگوریتم PSO

درصد گره نگهبان	درصد خطا در تشخیص مکان حمله با پروفایل	درصد خطا در تشخیص مکان بدون پروفایل	فاصله حمله از گره مرکزی (به درصد)	نرخ تشخیص صحیح حمله	نرخ تشخیص اشتباه حمله	نرخ عدم تشخیص حمله
5	9/4	932/26	5/27	96	1	3
10	68/2	72/26	48/27	99	1	0
15	66/2	55/26	84/27	5/96	5/3	0
20	656/2	616/25	784/26	98	2	0

جدول ۱: افزایش گره‌های نگهبان

از طرفی این الگوریتم بدون داشتن پروفایلی از رفتار عادی شبکه و لایه‌های انرژی آن، اجرا و خطای فاصله آن در کنار خطای الگوریتم مذکور قرار گرفته و همچنین فاصله خود گره مهاجم از گره مرکزی نیز در این نمودار گنجانده شده است. میزان خطا به درصد و دورترین نقاط در صفحه برابر ۱۰۰ درصد خطای فاصله منظور می‌شود. نتایج در شکل ۵ نشان می‌دهد الگوریتم فوق در بدترین حالت، یعنی تعداد گره‌های نگهبان ۵ درصد با ۹/۴ درصد خطا و در بهترین حالت، یعنی وجود ۲۰ درصد گره نگهبان با ۶۵۶/۲ درصد خطا مکان مهاجم را نشان می‌دهد

تغییر تعداد تکرارها برای الگوریتم PSO: نتایج در این آزمایش نشان می‌دهد که هرچه تعداد تکرارها در الگوریتم PSO بالا می‌رود، نرخ تشخیص صحیح حمله نیز افزایش می‌یابد. اما برای تحلیل نتایج نمودار به سه بخش تقسیم می‌شود. بخش اول از ۵ تا ۳۰ تکرار است. این تعداد تکرار کمتر از ۹۲ تا حدود ۹۷ درصد تشخیص صحیح دارد. اما به‌طور میانگین ۴ درصد عدم تشخیص، و ۴ درصد خطا در تشخیص دارد. بخش دوم از ۳۰ تکرار تا ۷۰ تکرار است که حداقل ۹۸ درصد تشخیص صحیح دارد. اما همچنان نرخ خطا و عدم تشخیص وجود دارد. بخش سوم بالای ۷۰ تکرار است که ۹۹ درصد تشخیص صحیح دارد. اگر زمان، مدنظر ما باشد ۳۰ تکرار می‌تواند عدد مناسبی باشد. اما اگر مشکل زمان وجود نداشته باشد، بهترین میزان ۸۰ تا ۸۵ تکرار است. در این آزمایش تعداد گره‌ها ۳۰۰ عدد و گره‌های نگهبان ۱۰ درصد است.



شکل ۵: خطای فاصله و تعداد گره‌های نگهبان



تعداد تکرارها در الگوریتم	درصد خطا در تشخیص مکان حمله با پرو فایل	درصد خطا در تشخیص مکان بدون پرو فایل	فاصله حمله از گره مرکزی (به درصد)	نرخ تشخیص صحیح حمله	نرخ تشخیص اشتباه حمله	نرخ عدم تشخیص حمله
50	2/5	29/89	26/64	100	0	0
100	5/2	29/5	28/7	97	0	3
150	3/94	24/11	25/278	97/5	0/5	2
200	3/16	25/2	26/8	98	1	1
250	3/27	25/6	27/4	98	1	1
300	2/664	26/72	27/48	99	1	0

جدول ۳: افزایش تعداد گره حسگر

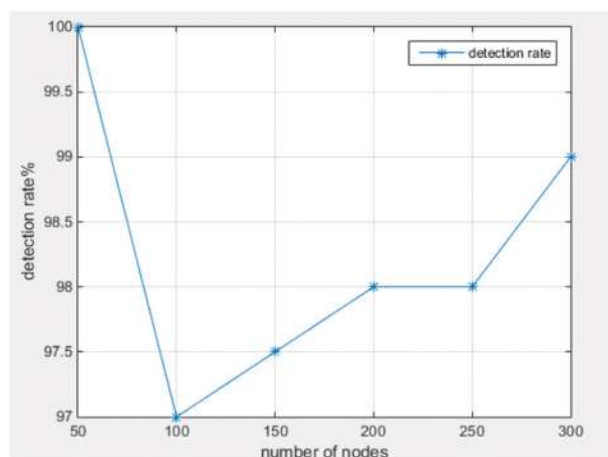
۸. نتیجه گیری

الگوریتم پیشنهادی به طور میانگین با نرخ تشخیص صحیح ۹۷/۳۳۸ درصد و نرخ تشخیص خطای ۱/۳۶۷ درصد عمل می کند. و در مقایسه با الگوریتم های دیگر عملکرد مطلوبی دارد. در این راستا نتایج الگوریتم های مختلف در جدول ۴ مقایسه شده است. این روش با احتمال خطای ۴/۰۲۹ درصد می تواند حملات را تشخیص داده و مکان آن را با خطای ۲/۶۸ درصد گزارش دهد. این روش در شبکه هایی که مبتنی بر خوشه بندی نیستند می تواند مفید واقع شده و در صورت امکان استفاده از آن توصیه می شود.

الگوریتم	نرخ تشخیص صحیح	نرخ تشخیص اشتباه
کلونی مورچگان [16]	87/062	10/648
الگوریتم بهینه سازی حرکت ذرات و هوش جمعی [10]	88/622	9/656
الگوریتم بهینه سازی حرکت ذرات پیشرفته و هوش جمعی [10]	90/076	8/472
مکالمه مستقیم [10]	90/0	8/00
الگوریتم کرم شب تاب و شبکه عصبی هاپفیلد [17]	93/92	6/00
الگوریتم هدف	97/338	1/367

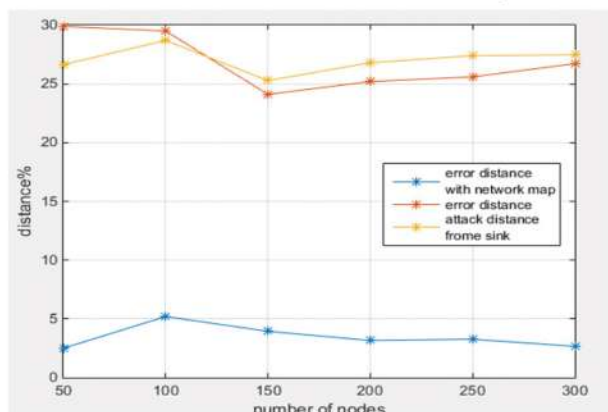
جدول ۴: مقایسه الگوریتم های امنیتی

تغییر تعداد گره های حسگر: آزمایش آخر تغییر تعداد گره های حسگر است. در این آزمایش تعداد تکرار ۸۵ و تعداد گره های نگهبان ۱۰٪ قرار داده می شود. نتایج این آزمایش نشان می دهد زمانی که تعداد گره ها کم است، به طوری که قادر به پوشاندن تمام صفحه نیستند، تشخیص نقاط پر انرژی برای الگوریتم راحت تر بوده و الگوریتم حملات را ردیابی می کند. اما زمانی که گره های کم به حدی برسند که بتوانند صفحه را بپوشانند الگوریتم را به چالش کشیده و تا ۹۷ درصد نرخ تشخیص صحیح را کاهش می دهند. این در حالی است که ۳ درصد باقی مانده نرخ تشخیص خطا نیست، بلکه نرخ عدم تشخیص حمله است. پس می توان نتیجه گرفت که فواصل بین گره ها باعث به دام افتادن ذرات PSO یا همان گره های نگهبان در محوطه هایی با انرژی کم می شوند. خوشبختانه چون یک شبکه باید به طور کامل متصل باشد این اتفاق کمتر رخ می دهد. با بالا رفتن تعداد گره ها نرخ تشخیص صحیح نیز بالا می رود و از نرخ عدم تشخیص حمله کم می شود، اما از طرفی نرخ تشخیص خطا نیز افزایش یافته که به علت افزایش میزان انرژی ها و گلوگاه ها در شبکه است. اما سرعت افزایش نرخ تشخیص خطا به حدی نیست که مانع رشد نرخ تشخیص صحیح شود و این عدد تا ۹۸ و بعد از آن تا ۹۹ درصد نیز بالا می رود.



شکل ۸: نرخ تشخیص صحیح حمله و تعداد گره های حسگر

نتایج آزمایش خطا در تشخیص مکان نیز این روند را تایید می کند و از خطای ۵/۲ درصد شروع کرده و تا ۲/۶۶ نیز بهبود می یابد.



شکل ۹: خطای فاصله و تعداد گره

۹. مراجع

M. T. MA. Shokri, Increasing the security of wireless sensor networks by using combined methods and multilayer defense in the physical layer of the network, zanzan: university of zanzan, 2020.

S. Patil, "DoS attack prevention technique in Wireless Sensor Networks," ScienceDirect, pp. 715-721, 2016.

S. P. Dongare, "Optimal Cluster Head Selection Based Energy Efficient Technique for Defending against Gray Hole and Black Hole Attacks in Wireless Sensor Networks," Procedia Computer Science, pp. 423-430, 2016.

P. Amish, "Detection and Prevention of Wormhole Attack in Wireless Sensor Network using AOMDV protocol," ScienceDirect, pp. 700-707, 2016.

J. L. a. M. L. E. C. H. Ngai, "On the intruder detection for sinkhole attack in wireless sensor networks," IEEE International Conference on Communications , 2006.

R. H. a. e. al, "Detecting and Locating Wormhole Attacks in Wireless Sensor Networks Using Beacon Nodes," World Academy of Science Engineering and Technology, vol. 55, 2009.

E. C. J. K. C. H. a. J. K. C.B. Goo, "A sinkhole attack detection mechanism for LQI based mesh routing in WSN," pp. 1-5, 2009.

F. L. F. A. C. V. a. C. S. A. Papadimitriou, "Cryptographic protocols to fight sinkhole attacks on tree-based routing in wireless sensor networks," pp. 43-48, 2009.

M. Y. A. Y. a. S. S. M. Bahekmatt, "A novel algorithm for detecting sinkhole attacks in WSNs," International Journal of Computer Theory and Engineering, 2012.

G. P. G. Keerthana, "Detecting Sinkhole Attack in Wireless Sensor Network using Enhanced Particle Swarm Optimization Technique," International Journal of Security and Its Applications, pp. 41-54, 2016.

A. A. M. K. K. Sookhak Mehdi, "Geographic Wormhole Detection in Wireless Sensor Networks," 2015.

S. Prasad, "PAPR reduction in OFDM using scaled particle swarm optimisation based partial transmit sequence technique," 2019.

H. Daoping, "Node Task Allocation based on PSO in WSN Multi-target Tracking," 2010.

C. J. Kennedy Maurice, "The Particle Swarm Explosion, Stability, and Convergence in a Multidimensional Complex Space," 2002.

H. M. Salman, Survey of routing protocols in wireless sensor networks, online January (http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ijssn), 2014.

K. E. Nwankwo, "Sinkhole Attack Detection in A Wireless Sensor Networks using Enhanced Ant Colony Optimization to Improve Detection Rate," 2020.

R. F. e. al, "A Novel Countermeasure Technique to Protect WSN against Denial-of-Sleep Attacks Using Firefly and Hopfield Neural Networks (HNN) Algorithms," in IEEE, 2020.

specialized English language articles

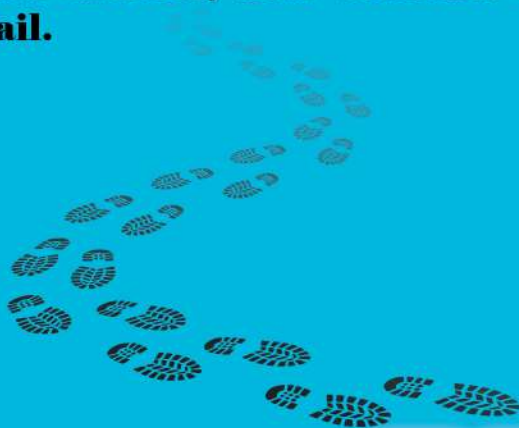
Considering that the approach of the Union of Student Scientific Associations of Electrical Engineering, Medical Engineering, Energy and Railway of Iran in publishing the specialized scientific journal of PEAK is to use local knowledge and abilities of students and specialists of the above engineering all over the country.

The subject of submitting specialized English and Persian language articles for publication in this magazine is invited.

The Union of Electrical Engineering, Medical Engineering, Energy and Railway Student Scientific Associations of Iran is ready to receive your specialized articles, dear students and graduates, via the following e-mail.



sssoee2021@gmail.com



PEAK



Design of a Mixer for 5G applications

Author

Mohammad Mohammadi

University of Zanjan, Department of engineering,
Faculty of electrical engineering

1. Introduction

Wireless communications is, by any measure the fastest growing segments of communications industry [1]. The realization of transmit functions in the digital domain offers many advantages [3]. In recent years, new generation wireless communications standard such as 5G cellular standard is being developed to provide Gb/s data transfer in the wireless data traffic. As broadband spectrum can be used to support Gb/s data transfers, many countries such as the US, EU, Korea, China, and Japan have planned to use the millimeter band for 5G communication services [4]. Development of 5G wireless communication requires high data rates, wide signal bandwidth, good signal to noise ratios(SNR) and efficient systems has pushed the telecommunication industry to strive beyond operating frequencies such as under 6 GHz, as has been the norm in older communication standards. Millimeter wave frequencies ranging from around 10 GHz up to several hundreds of GHz, contain spectral resources that are still infrequently used, and could provide a platform in expected growth in wireless communications in the future [5]. In normal mixer operation, there is a large signal which is the local oscillator and two other small signals which are the RF and IF signals.

Abstract

In this paper we are going to design an ultra-wideband mixer for 5G applications. In this paper we have designed a 5G mixer that it has a noise figure (NF) between 9-15 dB and a gain of 20 dB in the operating frequency of 29GHz. In this paper the proposed mixer is designed in TSMC 180nm. has a reversed Isolation of -10dB in this frequency and it has a OP1 dB of 25 dBm in the RF port of 20dBm. The IP3 of the proposed mixer is about 50 dBm. The techniques that we have used for designing the proposed mixer is the current mirror PMOS transistors with inductive degeneration in current mirror transistors to increase the gain and improve linearity and inductive source degeneration technique is used to improve the IP3.

Keywords: UWB mixer, 5G applications, Noise Figure, Gain.

Upon driving a mixer's input toward large signal regime (either of IF or RF signals) depending on the fact that the mixer is up converter or down converter, the output can pass through saturation [6]. Fig. 1 shows the CMOS Gilbert cell mixer, including trans conductance stage, switch stages and load network. The switch stages are driver by a local oscillation signal. The LO signal must be large to make M3-M6 act as switches [7].

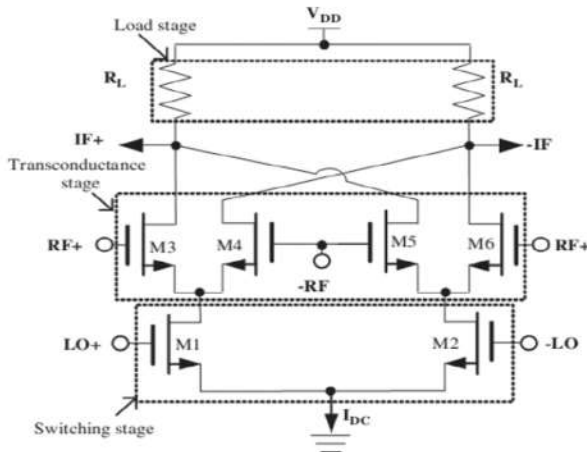


Fig 1. CMOS Gilbert Cell Mixer.

2. Proposed Mixer Design

Figure 2 shows the proposed down-conversion mixer. The expression for total noise output is expressed in terms of bias quantities by replacing g_m for a short channel MOSFET by $I/(V_{GS}-V_{th})$, then we would have:

$$V_{o,n}^2 = 8kTR_L(1 + \gamma R_L I / [2(V_{GS}-V_{th})] + \gamma R_L I / [\pi A]) \quad (1)$$

$$NF = 1 + (V_{o,n}^2 / 4KTR_s A^2) \quad (2)$$

This shows that the relative noise contribution of the switches to the trans conductance FET is $2(V_{GS}-V_{th}) / \pi A$. As the gate over-drive bias on the trans conductance FET approaches the sine-wave LO amplitude, the switches, and trans conductance stage contribute comparable noise at the mixer output. This is the fundamental trade-off between noise and linearity in active mixers. Linear mixers may bias the trans conductance FET at a Large over-drive to enhance the linearity, accompanied by the modest LO swing to keep the switch transistors operating in saturation [8]. Figure 3. Shows the NF of the proposed down- conversion Mixer.

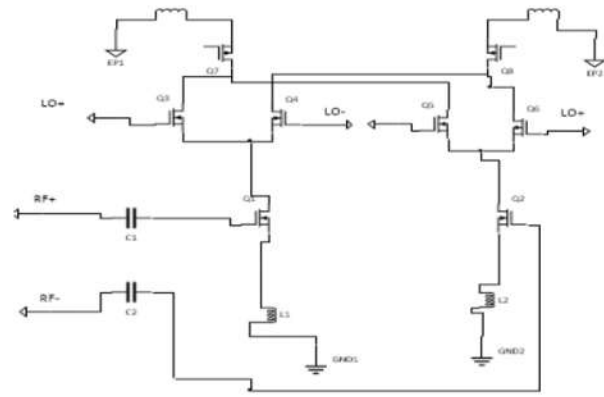


Fig 2. Proposed down-conversion Mixer.

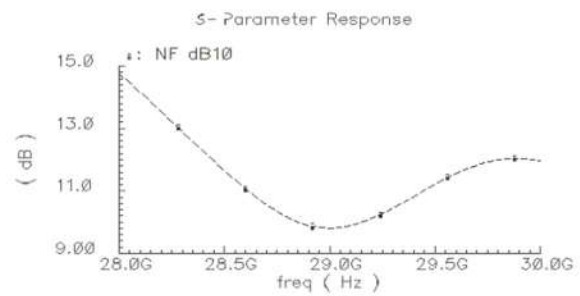


Fig 3. The NF of proposed down-conversion Mixer.

The small signal gain of a circuit is usually obtained with the assumption that harmonics are negligible. However our formulation of harmonics is equal to $\alpha_1 + 3\alpha_3 A^2/4$ and hence varies appreciably as A becomes larger. The OP1dB is as the equation below [9]:

$$20\text{Log}|\alpha_1 + 3\alpha_3 A^2/4| = 20\text{Log}|\alpha_1| - 1 \text{ dB} \quad (1)$$

$$A_{in,1dB} = (0.145 |\alpha_1/\alpha_3|)^{0.5} \quad (2)$$

And the third order intermodulation is equal to the equation below:

$$IIP3 = (|4\alpha_1/(3\alpha_3)|)^{0.5} \quad (3)$$

The small signal gain of the proposed down conversion Mixer at very low frequencies would be equal to:

$$A = (2/\pi) g_m r_o \quad (4)$$

The degeneration inductors of L1 and L2 are 50 pF which reduces the consumption area and the quality factor of inductors will increase and hence the gain. as the gain increases the NF decreases. And we used LO gate capacitors (C1 and C2) to improve the gain and the impedance matching. Their value are equal to 1pF.

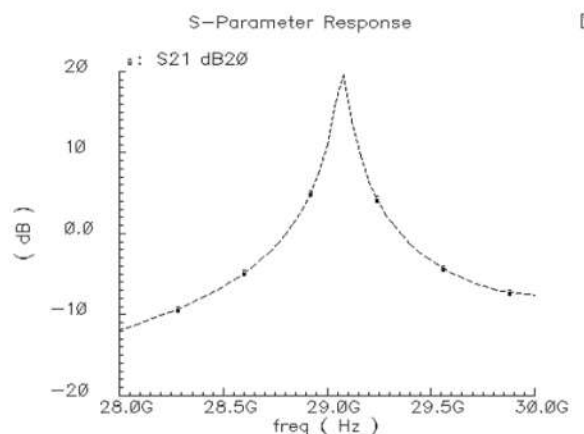
3.Simulation results

Figure 1 is a plot titled "S-Parameter Response". The y-axis is labeled "(dB)" and ranges from 0.0 to -30. The x-axis is labeled "freq (Hz)" and ranges from 28.00 to 30.00. The plot shows a resonance dip. A legend indicates:

- : S11 dB20 (dashed line)
- : S11 dB20 (solid dots)

 The data points and the dashed line show a sharp dip reaching approximately -28 dB at 29.6 GHz.

4. References



Periodic Steady State Response

* : trace="1dB/dB";compressionCurves
 : trace="1st Order";compressionCurves

(dBm)

PORT30 (dBm)

Periodic Steady State Response

Y: trace="1dB/dB";PORa: trace="3dB/dB";
 X: trace="1dB/dB";PORa: trace="3dB/dB";

(dBm)

Port = "/PORT30"

3rd Order freq = 30G

1st Order freq = 0

(dBm)

Fig 7. IIP3 of the proposed down-conversion Mixer

- [1] A. Goldsmith, wireless communications, Cambridge university press, 2005.
- [2] C. K. Liang and B. Razavi, Transmitter linearization by beam forming, IEEE JOURNAL of solid state circuits, VOL. 46, NO. 9, SEPTEMBER 2011.
- [3] M. Babamir and B. Razavi, A Digital RF transmitter with Background Nonlinearity corrections, IEEE journal of solid state circuits, 2020.
- [4] C. Kim, M. Kim, Y. Jeon, O. Lee, J. H. Son, I. Nam, A 28-GHz CMOS Down conversion Mixer with Low-magnetic-coupled Source degeneration inductors for 5G applications, Journal of Semiconductor technology and science, VOL.19, NO. 4, August 2019.
- [5] H. Hurskainen, Design of a 20-80 GHz Down-conversion Mixer for 5G Wireless communication with 22nm CMOS, 2nd 6G Wireless summit, 2020.
- [6] A. Fotowat, F. Farzaneh, M. Kamarei, A. Nikoofard, M. Elmi, Introduction to wireless communication circuits, River publisher, 2018.
- [7] M. Yargholi, F. Darvishi, A Low voltage high- Linearity UWB down-conversion Mixer in 0.18 μm CMOS Technology, The 22nd Iranian Conference on electrical engineering, May 20-22, 2014.
- [8] H. Darabi, A. Abidi, Noise in RF-CMOS Mixers: A Simple Physical model, IEEE TRANSACTIONS ON SOLID STATE CIRCUITS, VOL. 35, NO. 1, January 2000.
- [9] B. Razavi, RF Microelectronics, 2nd edition, PRENTICE HALL, 2012.



Improvement the confidentiality of data in the body wireless sensor networks using cryptographic algorithms

Authors

Ehsan miri

Faculty of Computer and Information Technology Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

Dr.Behrooz Shahrokhzadeh

Faculty of Computer and Information Technology Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

In this paper, the combined use of encryption advance standard (AES) encryption algorithms and signatures based on chaos theory and hash function are proposed to increase security and accuracy. The proposed method is robust against Sybil and Spoofing attacks, and the accuracy of the proposed method is better in identifying message authenticity and restricting invalid senders than previous methods.

Keywords: Wireless body area networks, Cryptographic algorithms, Confidentiality of data, Chaos and hash function

Abstract

Wireless sensor networks have important usages in the scientific, medical, commercial, and military areas. Additionally, their application is significant in medicine. In recent years, the wireless body area networks (WBAN) has been developed as a new technology for healthcare applications. WBAN technology comes with challenges that include; Security threats in medical applications and the dangerous conditions that may be created for the patient. Therefore, the use of robust security mechanisms at WBAN is essential. Various cryptographic algorithms have been used to provide security and privacy of information in physical wireless sensor networks.

1.Introduction

In recent years, wireless body area networks (WBAN) has been proved as a new technology for healthcare applications, and it expected that, WBAN will revolutionize the human health Supervision. However, this technology is in its early stages of development. WBAN is used for the wireless communication of network devices (sensors) on the body, inside the body or near the human body (yet not limited to humans) (Yang, 2006). New developments in the fields of integrated circuits, wireless communications, semiconductor technologies and science mines have led to the growth of the use of sensor networks in a wide range of applications, including medical and healthcare organizations (Yang, 2006) (Sana et al., 2009).

The main objective of the body wireless sensors is the safety of people's life, while they involve the human body, and by sending physiological values to its physical wireless networks, health care providers will enable them to take responsibility of emergency situations (such as heart attack) and take the right measurements at the right time (Maman, et al., 2014) (Sangari et al., 2015).

Researches of the body surface sensor networks focuses on the patient's relational communication, patient's mobility and routing, and energy efficiency. However, the use of new technologies in healthcare applications, regardless of the security, patient privacy and secrets and patient records of the patient (electronic patient records), puts the patient at risk. Moreover, the physiological data of a person is very sensitive. Therefore, security is a main demand in health care programs (Jang et al., 2008). Security is an important part of any system. Wireless transmission media have always been invaded. The attack is far more dangerous in health care programs as security breaches can threaten the lives of people under care. Different levels of health security can be defined. The security threats could be occur during routing, the attackers may change the destination of data, or they can steal information by eavesdropping. An attack can steal or modify data routing through GPRS or similar networks. One of the security threats is the implementation of various encryption techniques (Al Ameen et al., 2011). Since the WBAN nodes collect sensitive information (vital signs of the body) and may be in hostile environments, the use of robust security mechanisms is essential. In medical applications, security threats may create dangerous conditions for the patient and sometimes cause death (Shinyoung et al., 2010). The physiological data collected by the sensors is personal information whose safety needs to be preserved, and sensor networks are commonly used in open environments, and the possibility of hacking and penetrating to their wireless systems. Most hackers are looking for data, and for this purpose, physical access to wireless devices can be manipulated. In this paper, the combination of encryption Advanced Encryption Standard (AES) and signature algorithms has been used (using chaos theory), and hash function has been proposed to increase security and accuracy.

The rest of this paper is organized as follows: Section 2 presents related works; in section 3, the proposed approach is described. Implementation of the proposed approach as well as evaluation results are provided in section 4. Finally, the paper is concluded in section 5.

2. Related works

In terms of security, data from the body wireless sensor networks must be protected from unauthorized access by strong encryption and other security methods. This cryptography requires the extensive resources and calculations. Considering the resource constraints, (requirements energy) that are the nodes of the body wireless sensor networks there should be a compromise between maximizing security and minimizing resource utilization. In addition, due to the high dynamic nature of the body wireless sensor networks, authentication methods that are considered for static environments cannot be implemented. Even symmetric cryptographic methods, which are used for ad hoc networks, impose heavy calculations on the applications of physical wireless sensor networks. On the other hand, reliability of the network directly affects the quality of the patient's surveillance, and in the worst case, it may lead to death due to the lack of recognition of the event that threatens the life of the patient.

Researchers have proposed complementary methods to improve reliability. The easiest way is to send it a few times to get it. These multi-threaded posts impose excessive overhead on the network. Another way to increase reliability is by using error correction codes. In (Yusuke et al., 2011) the Lobby Conversion Codes used for error correction, are regarded as method to increase the reliability. Method is proposed to enhance reliability. The Lobby Conversion codes are based on XOR information bits. As the structure of this code is simple, little energy is consumed. The network connection process suffers from fading and shading instabilities, which can be attributed to the close proximity of the human body to the physical environment. In the usual configuration of body networks we may encounter prolonged fading conditions. Therefore, the proximity of physical networks near the human body can be considered as a challenging environment for the design of communication protocols for physical networks. According to the results of Combined method are presented to reduce fast and slow fading condensation during human displacement, The use of collaborative communication can improve PER performance and with energy consumption According to the results of the analysis obtained,

(Maman, et al., 2014) a flexible, an adaptive, and a self-organizing protocol designed as BATMAC, which parameters and communication protocols IEEE 802.15.4 to Super frame and able to automatically detect the effects of shadowing and quickly Relay scheduling for network changes.

In (Sangari et al., 2015), researchers have converted signals which received from ECG/PPG sensors by FFT/DWT series into indicators. Eventually, these indicators are quantized. In practical quantization, the signals are converted to digital mode that led to produce the key in RC6 encryption derived from RCS for medical information security. The secure communication between sensors in the body wireless network requires the same cryptographic key in communication. The author suggests in (Venkatasubramanian et al., 2008) that the same keys are generated from the ECG / EKG signals and have two main aspects: Index production and key agreement. This method works by first establishing the characteristics of the ECG input using the Fast Fourier Transform (FFT). The generated attributes are collected in the form of a block and horizontally concentrated to create a vector of indexes. Then the generated attributes are quantized. In action, quantization of signals is transformed to digitally; the production phase of the key, the blocks are exchanged to produce keys between the two nodes; the blocks are inverted before the exchange of home-based algorithms (SHA-256). In the end, the integrity of the received block is checked using the message account code (MAC).

In (Kalaivani et al., 2016), the Kalaivani plan is based on bio-key management. This design provides stability to the system by providing a plan. This method is based on bio-key management and is used to ensure the security of the flow of medical data in telecommunications, the encryption in this plan is as follows: An ECG sensor is used to supervision the ECG signal in the human body. A Nyquist rate case is applied at a rate of 120 Hz for sampling in an ECG signal. 512 dots quickly convert Fourier to sampled data. Since the process of the symmetric Fourier series with the first coefficients is 256, it also includes 512 coefficients. All coefficients whose values are the most valuable values are used for specific features. A polynomial equation with degree N is created and produces the K key Patient data is calculated by generating the K key and the Hash cryptography based on the SHA-1 algorithm. The sender sends packets containing encrypted messages of the coefficients and Hash values to the receiver.

For the NIST, which is responsible for improving the standards of the federal government in the United States, It became apparent that the government needed a new cryptographic standard for its unclassified documents. In this way, in January 1997, all of the world's cryptographic researchers were invited to submit their proposal for a new standard, and finally, five of final plans were finalized at the last conference.

The RC6 algorithm proposed in (A. Siva et al., 2015). Authors in (A. Siva et al., 2015) proposed secure communication between the sensor nodes using selective encryption. The RC6 algorithm is applied for selective encryption. They proposed biometric crypto system which combines the features of bio metrics and light weight cryptography to enhance the security and privacy of the WBAN. The proposed system is primarily aimed at using bio metric data to generate key for the security. They had selected light weight cryptography algorithm for WBAN.

Despite the studies, there are still some challenges that have been made to improve them in this research, including:

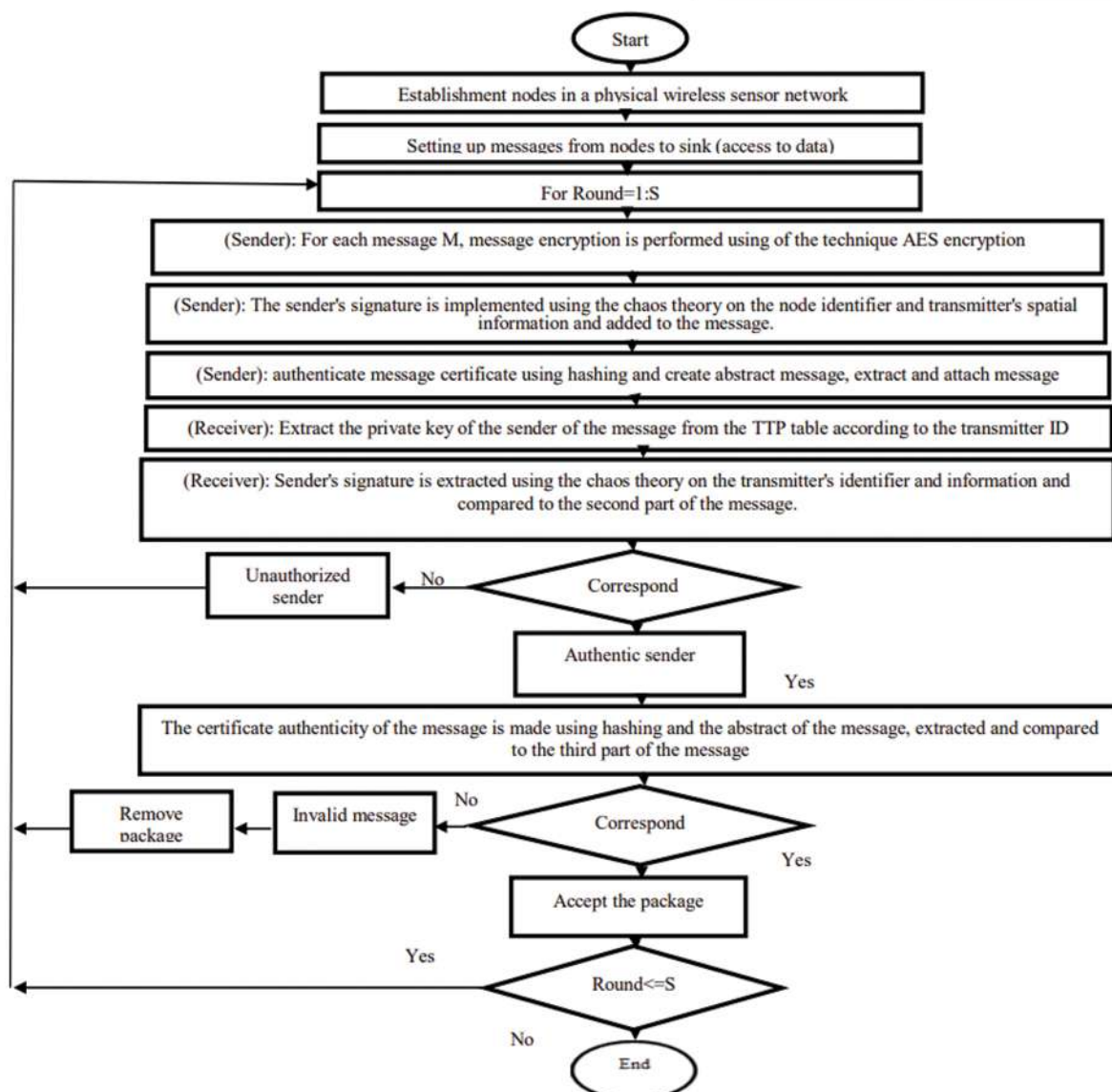
1. If an attacker's location has a signal strength indicator equal to the signal strength of a legitimate node, it can easily incorporate incorrect information and compromise data integrity.
2. The location fault in the calculation of the received signal strength from the noise and the signal attenuation in the environment can affect the accuracy of the attacker's detection from the legal node and increase the false detection rate in the system.
3. As the original data is not encrypted, the provided method does not have confidentiality, and the patient status information can be exploited for the attacker node in case of theft. In other words, as the schema lacks the estimation of the authenticity of the message, the attacker's node by creating crash attacks and distorting the packets makes the node traffic to itself, it manipulates the information and sends it to the aggregation node, then, as the unification and adjustment of the indicator The packet RSS packet with the received signal strength, although difficult but feasible, is packaged by the authentication server, while its content is distorted.

In the proposed method, using the combination of the AES encryption algorithm and signature with the use of chaos theory, together with the hash function, we can obtain more security against the intruders and the authenticity of the sender and receiver. Using the proposed method, a better percentage of the parameters can be obtained. Security, accuracy, secure communication, and identity recognition over other cryptographic algorithms. The proposed method is described in the following.

3. Proposed method

To improve the security parameters, accuracy, secure communication, and identification of the proposed model is presented. The proposed model consists of a node as a trusted third party that performs as an aggregator and authentication role.

As the collector node does not perform authentication on the encrypted data of the data, so there is no need for decrypting operations and its computational overhead, this node is adjacent to the sensor nodes which is deployed from the patient's body surface, hence, in terms of packet sending intervals it is optimal and will consume less energy. Each message which is sent from the sensor nodes to the aggregator node had consisted of three main data parts, a node signature with a chaos function, and a message authenticity certificate. In the proposed model, the original data is encrypted with a combination of AES. In the second section, the signature of the node with chaos function was performed in order to determine the originality function of the packet sender, and in the third section, the authenticity of the message with the hashing is As the aggregator node does not perform authentication on the encrypted data, it does not require false decryption and its computational overhead.



4. Evaluation

In order to evaluate the proposed method in this paper, evaluation criteria such as precision, positive position, undesired position and sensitivity are used to measure and evaluate the message. And the results will be compared with the approach (Rani et al., 2016). Table 1 lists the criteria for the evaluation of the research. This paper has been used to improve the data privacy in physical wireless sensor networks using the AES encryption algorithm. Therefore, in compared with other existing methods, in addition to comparing the results with (Rani et al., 2016), the efficiency of other encryption algorithms was introduced by (A. Siva et al., 2015), (Sameer et al., 2018) and (CH. Radhika Rani et al., 2018) will also be compared with the proposed method.

Note: For the higher effectiveness of each of the methods discussed in the evaluation criteria of the article, several independent tests will be performed for the different values of the data packets in the network.

The implications of each of the parameters in Table 1 are as follows:

- 1) False Negative (FN): Mistakenly, a message with a valid sender is identified as a false message.
- 2) True Negative (TN): Correctly identify an invalid sender message as invalid message.
- 3) False Positive (FP): In error, misdiagnosis identifies an invalid sender as a valid message.

The R2014 software has been used to simulate the proposed model. The simulation consists of 100 data accesses that are set up by 30 nodes in a range of 20 meters in size. Each node has an initial energy of 0.1 J. System characteristics are given in Table 2.

Criterion	Description	Formula
Accuracy	Accuracy is the result of dividing the total actual and negative positive cases into all cases.	$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$
False positive rate	The false positive rate resulting from the division of the cases considered to be a false positive is based on the sum of the positive cases and the cases that are considered to be a false positive.	$FPR = \frac{FP}{TN + FP}$
False negative rate	The false negative rate resulting from the division of cases that are considered to be a false negative is based on the sum of the positive cases and the cases that are considered to be negative in the wrong way.	$FNR = \frac{FN}{TP + FN}$
sensitive	The sensitivity of the division of actual positive cases into the sum of positive cases and false negative cases.	$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN}$

Table 1: Introduction of Research Evaluation Criteria

Classification	Characteristic / Parameter	Amount
Simulation environment	CPU	Core i5
	RAM	4 GB
	OS	Windows 7
Body wireless sensor network	Network Dimensions	20*20 square rate
	Number of network nodes	30 Node
	The primary energy of each node	0.1 Joule
	Number of packets sent	100, 200, 300

Table 2: System Specification for implementing the proposed algorithm

4.1. Review the efficiency of the proposed method in the accuracy evaluation criterion

4.2. Checking the effectiveness of the proposed method in the sensitivity assessment criteria

Simulation with different values of data packets (100, 200, and 300) was performed on the network to check the accuracy of the proposed method in recognizing the authenticity of the message and limiting the transmitters. The figure 2 shows the findings of this review.

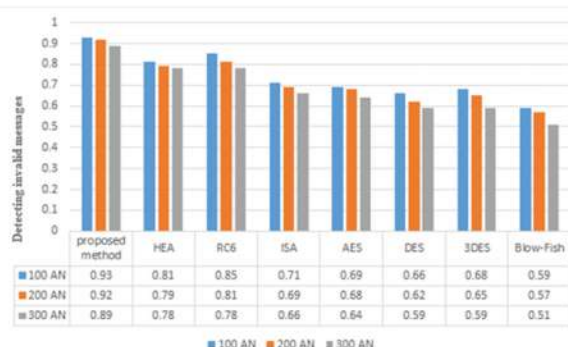


Figure 2: The proposed scheme's performance in terms of the accuracy of detecting invalid and distorted messages

According to the results of the proposed method, the average value in different data packets is obtained 13% in compared to the HEA-based protocol (Sameer et al., 2018), 10% in compared to the RC6-based protocol (A. Siva et al., 2015), 25% in compared to the ISA-based protocol (CH. Radhika Rani et al., 2018), 26% compared to the AES-based protocol (Sathya et al., 2016), 31% of the DES based protocol (Coppersmith, 1994), 29% of the DES3-based protocol (Singh, 2013) and 39% of the Blow-fish-based protocols (Nie et al., 2009) ISA, have higher accuracy in detecting message authenticity and restricting invalid senders.

The specific attention to the extent of equilibrium test, with an extra decrease in the rate of FP, indicates its high stability. Although the sensitivity addresses this mentioned issue. Sensitivity (positive real rate) measures the positive amount that is correctly detected (for example, the percentage of legitimate people who are correctly identified) is preferable to detection. That the test can correctly detect the attacks (a good sensitivity) and, as far as possible, reduce the number of FP reports (the attribute value is appropriate). To test the sensitivity of the proposed method in recognizing the authenticity of the message and limitation of transmitters, the simulations were performed with different values of data packets (100, 200, and 300) in the network. The figure 3 shows the findings of this review.

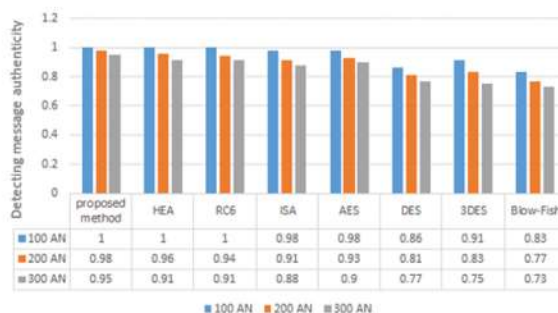


Figure 3. The proposed scheme's performance in terms of detecting message authenticity and restricting invalid senders

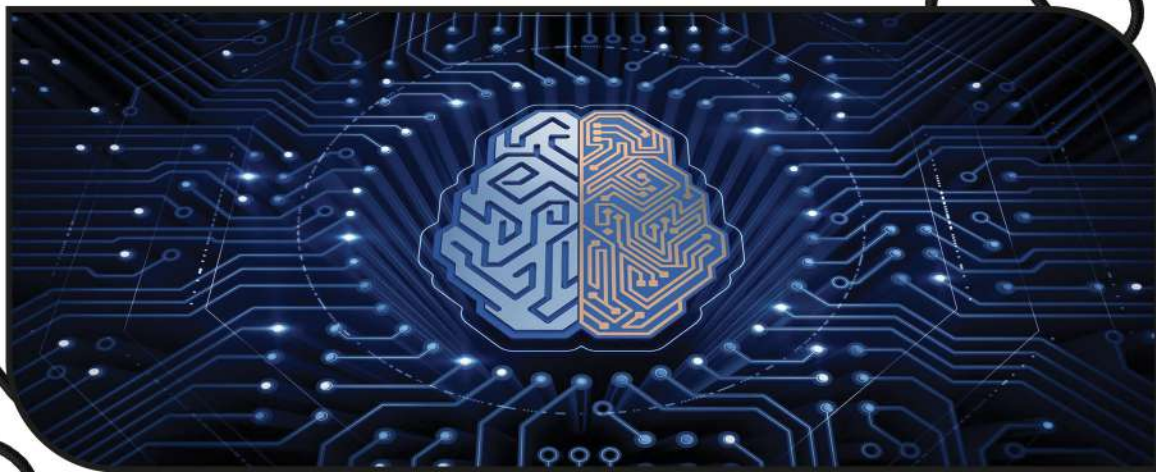
According to the findings, it is suggested that the proposed method is average of different data packets, 2% compared to the HEA-based protocol, 2% compared to the RC6-based protocol, 5% compared to the ISA-based protocol, 4% compared to The AES-based protocol, 16% relative to the DES-based protocol, 14% compared to the DES3-based protocol and 20% relative to the Blow-fish-based protocol, have a better accuracy in detecting message authenticity and restricting invalid senders.

5. Conclusion

The proposed solution is presented for the integrity and confidentiality of WBAN data. Includes a node as a trusted third party that performs an aggregator and authentication role. This node is in the vicinity of sensor nodes located on the patient's body surface, resulting in optimal post-messaging intervals and less energy consumption. This node is in the proximity of sensor nodes pitched on the patient's body surface, resulting in optimal post-messaging intervals and less energy consumption. As the aggregator node does not perform authentication on the encrypted data, it does not require false decryption and its computational overhead. The node signature is created by executing a chaos function, the input of which is the previous amount of the chaos function, the sensor ID node, the spatial information, and the node's private key. The proposed method is resistant to Sybil and Spoofing against attack. According to the obtained results, the proposed method of the article in the criteria for assessing the accuracy and sensitivity of performance is better than the similar methods. However, in the two criteria of false positive and false positive rates, the proposed method has lower rates than other methods. This suggests that the proposed approach of the paper can be considered as a suitable method for the confidentiality of data from physical wireless sensor networks.

6. References

- A.SIVA SANGARI, J.MARTIN LEO MANICKAM, R.M.GOMATHI. (2015). RC6 BASED SECURITY IN WIRELESS BODY AREA NETWORK. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 74(1), 31-34.
- Al Ameen, M., & Kwak, K. S. (2011). Social Issues in wireless sensor networks with healthcare perspective. *Int. Arab J. Inf. Technol.*, 8(1), 52-58.
- CH. Radhika Rani, Lakku Sai Jagan, Ch. Lakshmi Harika, V.V. Durga Ravali Amara. (2018). ight weight encryption algorithms for wireless body area networks. *International Journal of Engineering & Technology*, 64-66.
- D, C. (1994). The Data Encryption Standard (DES) and its strength against attacks. *IBM journal of research and develop-ment*, 38(3), 243-250.
- G, S. (2013). A study of encryption algorithms (RSA, DES, 3DES and AES) for information security. *International Journal of Computer Applications*, 67(19).
- Jang, C. S., Lee, D. G., & Han, J. W. . (2008). A proposal of security framework for wireless body area network. . *SECTECH'08. International Conference on Security Technology*.
- Kalaivani, K., & Sivakumar, R. (2016). Robust Bio-Key Management Scheme for Telemedicine Applications in Body Area Networks. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 24(2), 227-233.
- Krishna Kumar, Ayan Banerjee, and Sandeep KS Gupta. (2008). EKG-based key agreement in body sensor networks. *INFOCOM Workshops 2008, IEEE*. .
- Maman, M., Denis, B., & D'Errico, R. (2014). Research trends in wireless body area networks: From On-Body to Body-to-Body cooperation. *2014 8th International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT)* (pp. 1-5). .
- Nie T & Zhang T. (2009). A study of DES and Blowfish encryption algorithm. *IEEE Region 10 Conference Tencon*, 1-4.
- Sana ollah, Pervez khan, shahnaz saleem and kyung sup kwak. (2009). A Review of Wireless Body Area Network for Medical Application. *Int'l J. of Communications, Network and System Sciences*, 2(8), 797-803.
- Sangari, A. S., & Leo, J. M. (2015). Polynomial based light weight security in wireless body area network. *2015 IEEE 9th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)*.
- Sathya D, Kokilavani S & Krithika S, . (2016). Providing Security to Medi-cal Data. *Wireless Communication*, 8(2), 86-89.
- Shinyoung Lim, Tae Hwan Oh, Young B. Choi, Tamil Lakshman. (2010). Security Issues on Wireless Body Area Network for Remote Healthcare Monitoring. *2010 IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing*.
- Venkatasubramanian, K. K., Banerjee, A., & Gupta, S. K. . (2008). (2008, April). "EKG-based key agreement in body sensor networks. *INFOCOM Workshops 2008, IEEE* .
- Yang, G. Z. (2006). *Body sensor network C*. Springer-Verlag London Limited.
- Yusuke Hamada, Kenichi Takizawa, and Tetsushi Ikegami. (2011). Highly reliable wireless body area network using error correcting codes .



Multi-Class Motor Imagery Classification

Authors

M. Jiannasab

Elec. Eng. Dept., Shahed University

S. Seyedtabaai

Elec. Eng. Dept., Shahed University

Abstract

The Motor imagery (MI) classification task is a high dimension multivariate and complicated subject. In this respect, the original signals are analyzed and minimal unique features of the classes are extracted to facilitate accurate classification of the actions performed. The fusion of common spatial pattern, Fisher discriminate ratio, and filter bank alongside the SVM and CNN-LSTM classifiers are incorporated to provide accurate grouping. As a result, and after extensive simulations, it is shown that the CSP+ FDR + CNN-LSTM setup more accurately differentiates classes.

Keywords: Motor Imagery Classification, SVM, LSTM, CSP, CNN

1. Introduction

People with neurological disease may find trouble in walking, speaking, and writing due to the lack of functioning of the motor control. Brain-computer interface (BCI) technology can help them to back to the quality of normal life.

The problem of systems action interpretation may be advanced by model-based (Shams and Seyedtabaai 2017, Nemati and Seyedtabaai 2020) and/or signal-based (Qaedi and Seyedtabaai 2012, Seyedtabaai 2012, Fasihipour and Seyedtabaai 2020) approaches; wherein the case of MI the signal based is the method of choice. Signal-based BCI consists of two modules: feature extraction and command interpretation. The overall subject is complicated and various investigations have been conducted during the past years. Low SNR, fewer data, and being multi-channels are among the difficulties related to this study.

In this paper, four-class MI classification algorithms are studied. Various features from the common spatial pattern (CSP), filter bank idea, and Fisher discrimination ratio (FDR) are derived. Both SVM and CNN-LSTM deep learning are utilized for the classification where the best results obtained are the product of the CSP+FDR+CNN+LSTM algorithm.

2. BRIEF DESCRIPTION OF SUB-ALGORITHMS

Basic CSP

Consider two tasks, H and F where each has been tried M times and the recorded signals are $X_H(i) \in \mathbb{R}^{N \times T}$ and $X_F(i) \in \mathbb{R}^{N \times T}$ where N is the number of channels and T is the number of samples. The main idea is to use a linear transformation to project the two sets of the multi-channel EEG data into another space with maximum distance to be easily classified. In the multiclass case, where one versus rest (OVR) is computed, the following average for the rests are computed,

$$X_F(i) = \overline{X_{F1} + X_{F2} + X_{F3}} \quad (1)$$

Then, the normalized spatial covariance of the matrixes such as $X_H(i)$ and its average is computed using the following equations (Wang, Gao et al. 2006),

$$C_H(i) = \frac{X_H(i)X_H^T(i)}{\text{trace}(X_H(i)X_H^T(i))}, \quad \bar{C}_H = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M C_H(i)$$

where R is an N by N matrix. Trace(A) computes the sum of the diagonal elements of A. For one versus one (OVO) CSP computation, the following composite spatial covariance is calculated and decomposed as below,

$$C = \bar{C}_H + \bar{C}_F = URU^T$$

where U is the eigenvectors and R is the diagonal matrix of eigenvalues.

Then the whitening transformation matrix transforms the average covariance matrices tp

$$P = R^{-\frac{1}{2}}U^T \Rightarrow S_H = P\bar{C}_H P^T, \quad S_F = P\bar{C}_F P^T$$

The eigenvectors with the largest eigenvalues of SH have the smallest eigenvalues in SF and vice versa. Thus, by employing the projection matrix W, the original samples are converted to the uncorrelated Z counterparts,

$$W = U^T P \Rightarrow Z = WX \quad (2)$$

The columns of W-1 are the CSPs filters. For order reduction, the d rows from the top and the d rows from the bottom of Z may be selected which often d=1 is adequate to reach the reduced size signal feature vector ZR (Jamaloo and Mikaeili 2015).

$$Z_R = Z(k, t), \quad K = 1, \dots, d, N - d, \dots, N \quad (3)$$

Signal features

From the two selected rows of Z, the scalar variances are the features that are fed to the classifier section as below (Olivas-Padilla and Chacon-Murguia 2019),

$$f(i) = \text{var}(Z_R(i, t)), \quad i = 1, \dots, M, \quad t = 1, \dots, T \quad (5)$$

where j is the Z row numbers, M the total number of trials, and t is the signal samples.

Fisher's discriminant ratio

The Fisher criterion for optimal class separability aims at maximizing the between class-variance while minimizing the within class-variance, i.e., the distance between the feature vectors from the same class. This is done by the V vector mapping the feature from one space to another with better classification capacity (Veksler).

$$f_f = V^T f \quad (6)$$

where ff is the feature vector (5) and V is the FDR transformation matrix.

FILTER BANK (FB)

Physiologically, the content of the discriminative information in the different frequency ranges differs for individuals. Therefore, decomposing the signal in terms of filter bands is helpful in better MI signal classification (Park, Lee et al. 2017). By filtering the signals into K bands, the covariance matrix for each band is obtained,

$$C_i^k, \quad i = 1, \dots, M \text{ and } k = 1, \dots, K \quad (7)$$

and then separately undergoes the CSP operation for each band and the feature vector f is computed. The best band is the one with the highest d computed by,

$$d(k) = \text{mean}(\sum_{i=1}^M (f_{H,1}(i, k) - f_{H,2}(i, k)) - \text{mean}(\sum_{i=1}^M (f_{F,1}(i, k) - f_{F,2}(i, k)))$$

LSTM (long short-term memory)

LSTM has three layers (Wiki). The first layer is defined by the following equations which receive the input pattern xt and the past hidden layer output ht-1 to produces,

$$\begin{aligned} \bar{c}_t &= \tanh(W_c[h_{t-1}, x_t] + b_c) \\ i_t &= \text{sig}(W_i[h_{t-1}, x_t] + b_i) \end{aligned}$$

where b^* , W^* , i_t , and $\bar{C}_t$ are the biases, weights, input gate, and the input tangent hyperbolic function output.

The second layer is described by,

$$f_t = \text{sig}(W_f[h_{t-1}, x_t] + b_f)$$

$$C_t = f_t C_{t-1} + i_t \bar{C}_t$$

where f_t is the forgetting gate and C_t is the updated cell output.

Finally, the output of the current state and the hidden layer output is calculated as below,

$$o_t = \text{sig}(W_o[h_{t-1}, x_t] + b_o)$$

$$C_t = f_t C_{t-1} + i_t \bar{C}_t$$

CNN

CNNs are comprised of four layers (Wiki). These are input layers, convolutional layers, pooling layers, and fully connected network layers.

The input layer holds the input pattern.

The convolutional layer with 1 hidden layers operates as given by the following equations,

$$hc_l = R(\text{conv}(W_l, x_l) + b_l)$$

$$R(\alpha) = \max(0, \alpha)$$

where b_l , x_l , w_l , and R are the bias, input pattern, weight, and the rectified linear unit (RELU) of the l th hidden layer.

The pooling layer will then simply perform down sampling along with the spatial dimensionality of the given input, further reducing the number of parameters within that activation.

The fully connected layers will then perform the same as the conventional neural network for classification.

SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)

SVM is a binary classifier that linearly optimally maps the input x onto binary decision variable $y \in [\pm 1]$. In the case of linear separation, the problem is expressed by the following optimization problem,

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2$$

$$s.t. y_i \times (w \cdot x_i + b) > M(1 - \varepsilon_i), \varepsilon_i > 0, \sum \varepsilon_i < C$$

where $y \in [1, -1]$ is the class label, x is the input, b is the bias, and ε is the margin which improves the performance in a case of not linearly separable problems. By minimizing w , the size of M gap between the two classes is maximized.

3. MI CLASSIFICATION METHODS

Data set

The dataset used in this study was taken from BCI competition IV-II-a provided by Graz University [3]. It includes signals with the following specifications:

- 9 healthy subjects
- 4 operations: movement of the left hand, right hand, both feet, and tongue.
- 22 EEG channels: The signals were sampled at 250 Hz and band-pass filtered between 0.5 Hz and 100 Hz and notch filtered at 50Hz.
- 6 runs per subject per session.
- 12 trial * 4 task for each run per subject (72 trail per task per subject and overall of 288 trial per subject)

The μ rhythms (8–12 Hz) and β rhythms (14–30 Hz) of EEG signals amplitudes and powers vary due to the intention for performing actions. In addition, the high-frequency components in EEG signals were usually nebulous, so the raw EEG signals were filtered by a band-pass filter (3–34 Hz).

Therefore, there are 288 matrices of X (N , T) with 22 channels by 313 samples. From the 72 trials, 50 trails are randomly assigned for training and the remaining 22 trails are assigned for the test and validation.

3.1.SVM classification

In this section, several feature extraction approaches are incorporated and a set of SVMs are utilized for the MI classification.

CSP+SVM

In this approach, four similar parallel classifiers are developed where each takes care of one of the classes. The test success rates are presented in the training, test, and overall groups as depicted in Table I.

CSPFDR+HSVM & FB+CSP+HSVM

In this test, 10 classifiers with almost similar configurations are arranged. 6 for one versus one (OVO) and 4 for one versus rest (OVR) using (1). The test success rates are presented in the training, test, and overall groups as depicted in Table I. Besides their confusion matrixes have also been provided in Fig. 1.



Fig. 1. The CSP+FDR+HSVM confusion matrixes

		Class 1	class 2	class 3	class 4	Overall
CSP+SVM	train	68.0	78.0	52	86	71.0
	test	50.0	54.5	27.3	81.8	53.4
	overall	62.5	70.8	44.4	84.7	65.69
CSP+FDR+HSVM	train	88.0	78.0	78.0	92.0	84.0
	test	86.4	68.2	77.3	86.4	79.5
	overall	87.5	75.0	77.8	90.3	82.6
FBCSP+HSVM	train	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	test	86.4	59.1	31.8	45.5	55.7
	overall	95.8	87.5	79.2	83.3	86.5

TABLE I. Algorithms' performances

3.2.CSP+ Deep learning

The CNN-LSTM configuration shown in Fig. 3 is used for MI classification where the OVR features first derive separate CNNs and the result is applied to LSTM for final multiclass MI classification. Various tests using different features are conducted which are detailed in the sequel.

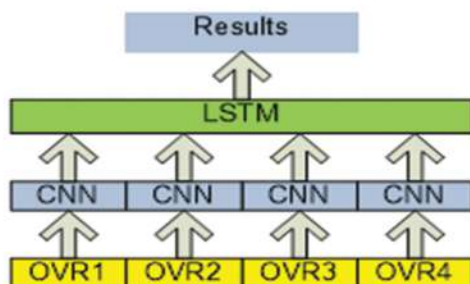


Fig. 2. The CNN-LSTM configuration

CSP+CNN-LSTM & CSP+FDR+CNN-LSTM

In this test, four OVR features are calculated and applied to the CNN-LSTM for test and training as elaborated below. The test success rates are presented in the training, test, and overall groups as depicted in Table II.

FBCSP+CNN-LSTM

A filter bank is employed to decompose the EEG in every time window into 16 frequency passbands by using causal Chebyshev Type II filter. The test success rates are presented in the training, test, and overall groups as depicted in Table II.

		Class 1	class 2	class 3	class 4	Overall
CSP+CNN-LSTM	Train	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Test	45.54	59.09	31.82	63.64	50.0
	Overall	83.83	87.50	79.17	88.89	84.72
CSP+FDR+CNN-LSTM	Train	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Test	90.0	89.75	90.0	86.45	89.05
	Overall	100.0	98.61	100.0	98.61	92.8
FBCSP+CNN-LSTM	Train	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Test	27.27	77.27	40.91	59.09	51.14
	Overall	77.78	93.06	81.94	87.50	85.07

TABLE II. Table II The results obtained using CNN-LSTM classifier.

4.CONCLUSION

In this paper, a four-class MI classification is studied. Features from the common spatial pattern (CSP), Fisher discrimination ratio (FDR) are integrated to provide distinctive features for SVM and deep learning classifiers. The results indicate that the algorithm consists of CSP+FDR+CNN+LSTM yields the best success rate as high as 89%.

5.Acknowledgment

This work has been supported by the research department of the Shahed University, Tehran, IRAN.

6.References

Fasihipour, H. and S. Seyedtabaai (2020). "Fault detection and faulty phase (s) identification in TCSC compensated transmission lines." *IET Generation, Transmission & Distribution* 14(6): 1042-1050.

Jamaloo, F. and M. Mikaeili (2015). "Discriminative common spatial pattern sub-bands weighting based on distinction sensitive learning vector quantization method in motor imagery based brain-computer interface." *Journal of medical signals and sensors* 5(3): 156.

Nemati, M. and S. Seyedtabaai (2020). "Fault severity estimation in a vehicle cooling system." *Asian Journal of Control* 22(6): 2543-2548.

Olivas-Padilla, B. E. and M. I. Chacon-Murguia (2019). "Classification of multiple motor imagery using deep convolutional neural networks and spatial filters." *Applied Soft Computing* 75: 461-472.

Park, S.-H., D. Lee and S.-G. Lee (2017). "Filter bank regularized common spatial pattern ensemble for small sample motor imagery classification." *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 26(2): 498-505.

Qaedi, S. and S. Seyedtabaai (2012). "Improvement in power transformer intelligent dissolved gas analysis method." *World Academy of Science, Engineering and Technology* 61: 1144-1147.

Seyedtabaai, S. (2012). "Performance evaluation of neural network based pulse-echo weld defect classifiers." *Measurement Science Review* 12(5).

Shams, Z. and S. Seyedtabaai (2017). Assessment of observer based fault estimators for TS fuzzy models. 2017 5th Iranian Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems (CFIS), IEEE.

Veksler, O. "Pattern Recognition." from https://www.csd.uwo.ca/~oveksler/Courses/CS434a_541a/Lecture8.pdf.

Wang, Y., S. Gao and X. Gao (2006). Common spatial pattern method for channel selection in motor imagery based brain-computer interface. 2005 IEEE engineering in medicine and biology 27th annual conference, IEEE.

Wiki, A. I. "A Beginner's Guide to LSTMs and Recurrent Neural Networks." from <https://wiki.pathmind.com/lstm>.

بخش دوم

مطالب عمومی

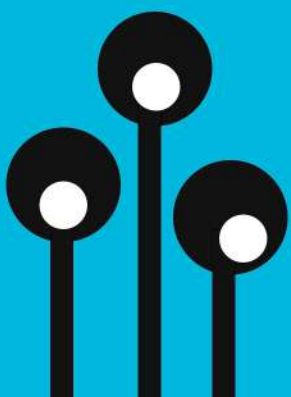
شما دانشجویان گرامی همچنین می‌توانید مطالبی عمومی اعم از طنزپردازی، کاریکاتور، مصاحبه، گزارشات تحقیقاتی و آزمایشگاهی و مواردی از این قبیل را به جهت چاپ و انتشار در مجله علمی تخصصی پیک به رایانامه زیر ارسال نمایید.



nssoee2021@gmail.com



PEAK



NEORHYTHM



TESLA
BOT



پیش به سوی آینده و فراتر از آن

محدثه انصاری فر

دانشجوی کارشناسی مهندسی برق
دانشگاه سمنان



هانیه علیپور

دانشجوی کارشناسی مهندسی برق
دانشگاه سمنان



DJI FPV
COMBO



RAZER'S
PROJECT
HAZEL



NeoRhythm



NeoRhythm یک گجت

کنترلی است که از فناوری PEMF برای

کمک به آرامش، تمرکز، انرژی، مدیتیشن، تسکین

درد و خواب بهتر استفاده می‌شود. این گجت در سال ۲۰۱۶

توسط استارت‌آپ اسلوونیایی MDCN Technologies ساخته و با نام تجاری OmniPEMF

شروع به فعالیت کرد. در حقیقت با انتشار میدان الکترومغناطیسی در نواحی خاص، به همگام‌سازی حالت مغز کمک می‌کند. این گجت می‌تواند با انتشار پالس‌های ریتمیک بی‌ضرر، امواج مغز را همگام‌سازی کند، به این صورت که مغز را وادار می‌کند به حالت‌های مختلف برود. به عنوان مثال می‌تواند باعث خواب، کاهش درد، افزایش انرژی و تمرکز، تحریک مدیتیشن و بسیاری موارد دیگر شود.

این گجت دارای پیچ مولد میدان مغناطیسی با موقعیت استراتژیک است که در سرتاسر هدبند قرار گرفته‌اند و به‌طور جداگانه و هماهنگ مناطق خاصی از مغز (قشر پیش پیشانی، لوب‌های تمپورال، مخچه، لوب جداری، لوب پس سری) و نخاع را هدف قرار می‌دهند. این

گجت شش برنامه کنترلی برای کاربر فراهم می‌کند که

همه آن‌ها با مطالعات علمی در زمینه های مختلف

PEMF و تحریک مغناطیسی ترانس کرانیال

مکرر (rTMS) به‌دست

آمده‌اند:

* بهبود خواب: با انتشار فرکانس

امواج مغزی تتا و دلتا که به‌طور طبیعی توسط

مغز هنگام خواب تولید می‌شوند، به مغز کمک می‌کند با

سرعت بیشتری به حالت خواب برود.

* آرامش عمیق: امواج مغزی آلفا زمانی که آرام و در عین حال هوشیار

هستیم در مغز ما غالب است. این هدبند فرکانس امواج آلفا را ساطع می‌کند

و مغز برای رسیدن به حالت آرامش با آن هماهنگ می‌شود.

* افزایش ظرفیت ذهنی: در این حالت، گجت فرکانس غالب امواج مغزی

یعنی بتا را منتشر می‌کند، همراه با فرکانس ضعیف‌تری از گاما.

* کنترل درد: گجت، فرکانس امواج مغزی گامای غالب را با فرکانس امواج مغزی

آلفا خنثی می‌کند تا حساسیت به درد کاهش یابد.

* مدیتیشن: با امواج تتای غالب که برای مدیتیشن ایده‌آل است و با امواج

آلفای غالب که سبب تمرکز بهتر می‌شود، مغز را تحریک می‌کند.

* انرژی پلاس: به بدن و ذهن از طریق دو مکانیسم مختلف انرژی

می‌دهد: حباب امواج مغزی برای ترغیب مغز به حالت ادراک

بالا تر و انرژی مجدد مستقیم سلول‌ها از طریق

میدان‌های الکترومغناطیسی تولید شده با

کنترل حرکتی سر و بدن.

موفقیت‌های علمی این

گجت سبب شد که این شرکت به

سرعت تحقیقات علمی خود بیفزاید و

شروع به توسعه برنامه‌های آتی خود برای

دستگاه تخصصی پزشکی کند. این کار علمی که

همراه با متخصصان برجسته اروپایی در زمینه

افسردگی صورت گرفته، به دنبال بهینه‌سازی مداوم

برنامه‌های NeoRhythm است تا به هدبند PEMF

اجازه دهد علاوه‌بر کارکردهای اساسی و اثبات شده

آن، در درمان افسردگی، بیماری پارکینسون و حتی

سرطان کمک کند. به همان اندازه ایمن و

مقرون به صرفه باقی بماند و البته موثرتر

و کارآمدتر عمل کند.

Tesla Bot



از

گذشته‌های دور تا به اکنون
همواره فناوری‌های زیربنایی ربات‌های
انسان‌نما و اهداف پشت آن‌ها باعث نگرانی
جوامع بشری بود. بررسی خطرات هوش مصنوعی و
ربات‌های هوشمند از چند دریچه مختلف امکان‌پذیر است.
برخی بر این باور هستند که انسان برای به انجام رساندن
تصمیمات منفی و شوم از هوش مصنوعی استفاده خواهد کرد. ساده
ترین توضیح می‌تواند ربات‌های جنگی باشد. باور دیگر آن است که
ربات یا هوش مصنوعی ممکن است برای عملی مفید برنامه‌ریزی شود
اما راهی اشتباه و خطرناک را برای دستیابی به نتیجه انتخاب کند. انتخاب
های یک ربات ممکن است با سیستم فکری انسان متفاوت باشد،
انتخاب‌هایی که هرچند برای ایده‌ای مثبت انجام می‌شوند، اما می‌تواند
جان انسان را به خطر بیندازد. ایلان ماسک مدیر عامل شرکت تسلا رباتی
انسان‌نما را معرفی کرد که به گفته‌ی خود برای انجام کارهای تکراری و
همیشگی که مردم از انجام آن‌ها متنفرند طراحی شده است. همچنین این
ربات باید برای صاحبان خود، مواد غذایی تهیه کرده و سایر کارهای
مهم آن‌ها را نیز انجام دهد. مدیر عامل شرکت تسلا می‌گوید که این
ربات کاملاً با اهدافی انسان دوستانه ساخته شده است و یک ربات
شرور بر ضد بشریت نیست و قرار است در دنیایی که برای انسان
ها ساخته شده است حرکت کند. این ربات انسان‌نما از
هوش مصنوعی خودرو و فناوری‌های خلبان خودکار تسلا
برای برنامه‌ریزی و دنبال کردن مسیرها، هدایت
ترافیک و اجتناب از موانع استفاده می‌کند.

ایلان ماسک در حال حاضر

فقط تصویری از تسلا بات را ارائه کرده

است. همچنین او در این رویداد خصوصیات

ربات تسلا را ذکر کرد. به گفته او، ارتفاع آن ۸۵

اینچ و وزن آن ۱۲۵ پوند است. در سر این ربات از

دوربین‌های اتوپایلوت استفاده شده که در خودروهای

تسلا برای درک محیط اطراف ماشین کاربرد داشته‌اند.

همچنین این ربات دارای یک صفحه نمایش اطلاعات

نیز می‌باشد. علاوه‌بر آن دستگاه قادر است که

کمی بیشتر از سرعت متوسط انسان یعنی ۵

مایل در ساعت راه برود و ظرفیت حمل

بار تا ۴۵ پوند را دارد.

منتقدان

معتقدند که ربات تسلا با

مجموعه‌ای کامل از خطرات همراه است. این

خطرات شامل تهدیدات احتمالی برای حریم خصوصی

و استقلال است زیرا ربات اطلاعات حساس بالقوه را جمع

آوری می‌کند، به اشتراک می‌گذارد و عمل

می‌کند. همچنین باید در نظر بگیرند که چگونه یک ربات انسان‌نما

می‌تواند امنیت شغلی را تهدید کند، یا اینکه چگونه یک ربات شامل

سیستم‌های نظارتی پیشرفته می‌تواند حریم خصوصی را تضعیف کند.

ایلان ماسک اذعان کرد که قطعاً تسلا در آینده تحولات بزرگی در

زمینه‌ی ربات‌ها رقم خواهد زد اما تصور

می‌شود که هنوز فاصله زیادی میان ربات انسان‌نمای تسلا و

جزئیات بیان شده توسط این شرکت وجود دارد و زمان

زیادی طول می‌کشد تا این ربات را از نزدیک

مشاهده کنیم.

DJI FPV Combo



کمپانی چینی DJI در سال ۲۰۲۱ از یکی از جدیدترین کوادکوپترهای خود رونمایی کرد و توانست به سرعت، نظر کاربران را به سمت خود جلب کند. DJI همه ساله در صدد طراحی و تولید کوادکوپتر و هلیشات‌های پر قابلیت بوده که همیشه نیز پیروز این میدان بوده است. DJI FPV در واقع یک پهپاد هیبریدی منحصر به فرد و ترکیبی از پهپاد دوربین‌دار و پهپاد مسابقه‌ای است که به کمک عینک می‌توانید نسبت به هدایت و کنترل آن اقدام کنید. لغت FPV خلاصه عبارت First Person View به معنای دید اول شخص می‌باشد، به این منظور که خلبان با استفاده از قابلیت FPV می‌تواند به وسیله عینک مخصوص، تصاویر را به صورت ۳ بعدی مشاهده کند و هیجان لذت پرواز خود را تا چندین برابر بالا ببرد. سرعت این هلیشات به ۱۴۰ کیلومتر بر ساعت می‌رسد. از این رو این مدل در رده‌ی هلیشات‌های مسابقه‌ای قرار می‌گیرد.

این کوادکوپتر برای کمک به جلوگیری از سقوط و خراب شدن، دارای چندین حسگر است که هم ارتفاع و هم موقعیت زمین و همچنین آنچه در پیش است را کنترل می‌کند. FPV همچون دیگر پهپادهای DJI دارای قابلیت با عنوان Failsafe Return to Home است که با فشردن این دکمه در شرایطی که سیگنال از دست برود، پهپاد به منطقه‌ی تیکاف برمی‌گردد.

خلبان‌های این پهپاد می‌توانند با استفاده از عینک مخصوص با نام Goggles V2، محتوای ویدئویی را با کیفیت بالا، از فاصله‌ی دور و با تأخیر پایین مشاهده کنند. دوربین FPV از لرزش گیر Rocksteady استفاده می‌کند و می‌تواند با دوربین 4K خود با نرخ ۶۰ فریم بر ثانیه در حالت ۱۲۰ مگابیت بر ثانیه فیلم برداری کند. همچنین ویدئوهای ضبط شده در فرمت‌های H.264 یا H.265 روی کارت حافظه ذخیره می‌شوند. تمامی قطعات DJI FPV شامل موتورها، گیمبال، قاب بیرونی و غیره، مازولار هستند و امکان تعویض آن‌ها وجود دارد. خلبان‌های مسابقه‌ای، پهپادها را تحت فشار زیادی قرار می‌دهند و با در نظر گرفتن این موضوع، مازولار بودن DJI FPV نکته‌ی مثبتی است.

سه راه

برای کنترل FPV وجود

دارد. روش اول استفاده از کنترلی است

که شبیه به کنترلر کنسول‌های بازی به

نظر می‌رسد. روش دوم، کنترلی دیگر با نام

Motion Controller است که با یک دست باید از

آن استفاده کرد و روش سوم با تکان دادن سرتان حرکت

کوادکوپتر را از طریق قابلیت FPV کنترل می‌کنید.

وقتی عینک روی صورت شماست، هر حرکت صورت سبب

هدایت کوادکوپتر می‌شود، به این معنا که شما لازم

نیست هر لحظه تشخیص دهید که طرف چپ و راست

کوادکوپتر کدام است تا بتوانید آن را جهت‌دهی کنید.

زمانی که قصد حرکت به سمت چپ را دارید،

سرتان را به سمت چپ و برای حرکت به

راست نیز سرتان را به راست

بچرخانید.

Razer's Project Hazel



شرکت سنگاپوری-آمریکایی Razer از ماسک هوشمند N95 خود در CES ۲۰۲۱ رونمایی کرد. این ماسک فوق پیشرفته با نام Razer Zephyr تنها یک نمونه اولیه بود اما Razer در نهایت تصمیم گرفت این ماسک را به واقعیت تبدیل کند. در ماه مارس ۲۰۲۱ مین لیانگ تان، مدیرعامل Razer تایید کرد که پروژه ماسک Hazel با استاندارد FFP2 ساخته و فروخته خواهد شد و اولین سری آن‌ها در سه ماهه چهارم سال ۲۰۲۱ برای سفارش در دسترس می‌باشند. Razer's Project Hazel بر اساس کلاس حفاظتی N95 ساخته شده و دارای ویژگی‌هایی است که در عین حفظ سلامتی به تعامل اجتماعی نیز کمک می‌کند. طراحی این ماسک با تمرکز بر پنج حوزه کلیدی تضمین ایمنی سلامت انجام شده است: بی‌خطر، اجتماعی، پایدار و بادوام، راحت، شخصی‌سازی شده.

این ماسک برای استفاده طولانی مدت طراحی شده است و دو هواکش فعال با فن‌های دو سرعت دارد که می‌توانند از دستگاه جدا شوند. همچنین فیلترهای آن‌ها قابل تعویض‌اند و با راندمان بالای فیلتراسیون باکتریایی، حداقل ۹۵ درصد ذرات موجود در هوا را فیلتر می‌کنند. با نرم‌افزار این دستگاه می‌توان جریان هوای داخل ماسک را برای بهینه‌سازی تنفس، به‌طور دلخواه تنظیم کرد. تهویه فعال آن هوای خنک را وارد کرده و گرمای حاصل از بازدم را آزاد می‌کند به‌طوری که از تجمع CO2 که باعث سردرد و سرگیجه می‌شود جلوگیری می‌کند.

این ماسک هوشمند در یک کیس شارژ ویژه با نور فرابنفش که باکتری‌ها و ویروس‌ها را از بین می‌برد به صورت بی‌سیم شارژ می‌شود. عمر باتری بالایی دارد و هر بار شارژ آن حدود ۳ ساعت طول می‌کشد که طی آن از قرمز به سبز تغییر رنگ می‌دهد. پس از هر بار شارژ، فن‌ها با سرعت پایین ۴۲۰۰ دور در دقیقه حداکثر ۸ ساعت کار می‌کنند و در سرعت بالای ۶۲۰۰ دور در دقیقه، زمان کار به ۳.۵ ساعت کاهش می‌یابد. میزان شارژ باقی‌مانده را هم در نرم‌افزار مخصوص آن می‌توان چک کرد.

این ماسک هوشمند هنگام تاریکی به‌طور خودکار روشن می‌شود و باعث می‌گردد حالات صورت و حرکات لب به راحتی شناسایی شوند. نورپردازی در دو ناحیه فیلترها هم دارای ۱۶.۸ میلیون رنگ و مجموعه‌ای از جلوه‌های نمادین است که توسط Razer Chroma™ RGB طراحی شده‌اند. این ماسک ضد آب در برابر خش مقاوم است، از پلاستیک قابل بازیافت ساخته شده و با اکثر اندازه‌های سر متناسب است. محافظ سیلیکونی این ماسک به خوبی در اطراف صورت قرار می‌گیرد و از نشت هوا جلوگیری می‌کند اما با دهان تماس ندارد و به‌طور طبیعی و راحت می‌توان صحبت کرد. حلقه‌های گوش آن هم قابل تنظیم هستند و می‌توان آن‌ها را به‌طور دلخواه و مطمئن‌تر تنظیم کرد. وزن این ماسک ۲۰۶ گرم است.

Razer Zephyr Pro ماسک Razer Zephyr Pro را هم در CES ۲۰۲۲ معرفی کرد. همان‌طور که از نام آن مشخص است، ارتقا یافته Zephyr اصلی است و علاوه بر تمام ویژگی‌های آن تقویت صدای بهتری روی آن ارائه کرده‌اند به‌طوری که صدای شخص با وضوح بهتری شنیده می‌شود.

مدل قبلی با قیمت ۱۰۰ دلار به فروش می‌رسید، اما قیمت نسخه به‌روز شده احتمالاً با ۱۵۰ دلار آمریکا در سال جاری عرضه خواهد شد.

گفت و گو با پروفسور گئورگ قره‌پتیان

عضو هیات علمی و استاد تمام مهندسی برق
دانشگاه امیرکبیر

رتبه ۱ گرنت پژوهشی اساتید دانشگاه صنعتی
امیرکبیر

پژوهشگر برتر ایران منتخب انرژی ایران
(IEA) در سال ۱۳۹۶

عضو ارشد انجمن مهندسين برق و الكترونيك
ایران و عضو ارشد IEEE

سردبير مجله علمی - پژوهشی انجمن
مهندسين برق و الكترونيك ایران
(۱۳۸۳ تا کنون)

در زمره ۱٪ دانشمندان و نخبگان علمی جهان
(۲۰۱۵ تا کنون)



مصاحبه کنندگان

علیرضا جراح، روشنک مرادی غریبوند

گئورگ قره‌پتیان در سال ۱۳۴۱ شمسی در تهران متولد شد. تحصیلات متوسطه را در دبیرستان کوشش ارمنیان گذراند و در سال ۱۳۵۹ با کسب رتبه نخست در حوزه آزمون نهایی فارغ‌التحصیل شد. در سال ۱۳۶۲ پس از پذیرش در اولین آزمون پس از بازگشایی دانشگاه‌های کشور وارد دانشکده مهندسی برق دانشگاه تبریز شده و پس سه سال و نیم، با کسب رتبه نخست فارغ‌التحصیل گردید. در سال ۱۳۶۸ مدرک کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی برق گرایش قدرت با کسب رتبه نخست از دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران دریافت کرد و بلافاصله در همین دانشکده مشغول به کار شد. وی در سال ۱۳۷۰ با کسب رتبه نخست آزمون دکتری رشته مهندسی برق گرایش قدرت، به دانشکده فنی دانشگاه تهران راه یافت و پس از گذراندن دوره آموزشی دکتری در سال ۱۳۷۲ موفق به دریافت بورس تحصیلی دولت آلمان (DAAD) شد. پس از گذراندن دوره تحقیقاتی دکترای خود در دانشگاه صنعتی آخن در سال ۱۳۷۶ و تحریر رساله خود به زبان آلمانی به کشور بازگشت و در سال ۱۳۷۶ مدرک دکتری مهندسی برق خود را با درجه عالی از دانشکده فنی دانشگاه تهران دریافت کرد. او پس از فارغ‌التحصیلی، فعالیت خود را در سمت استادیار در دانشگاه صنعتی امیرکبیر مجدداً آغاز و مدارج ترقی را به سرعت طی کرد، به طوری که در ۱۳۸۳ به درجه دانشیاری و در ۱۳۸۶ به رتبه استادی ارتقا یافت.



در کارها همیشه به یک برنامه و یک هدف قناعت نمی‌کنم. به آن معنا که برای تمامی کارهایم یک برنامه دومی نیز دارم که اگر برنامه اولم موفقیت آمیز نبود، برنامه دومی نیز داشته باشم. بدین ترتیب با این روش برای بنده مسئله شکست دیگر مطرح نمی‌شود. بنده مرتباً با قشر جوان و دانشجو سر و کار دارم، چیزی که متأسفانه در قشر جوان دیده می‌شود آن است که همیشه هدفی را برای خود تعیین می‌کنند اما اگر موفق نشوند انگار دنیا به آخر رسیده است. واقعیت آن است که انسان باید اهدافش را مشخص کرده و این اهداف را در مراحل مختلف بازبینی کند. اگر این کار را به درستی انجام دهد طبیعتاً موفقیت برایش حاصل شده و به آنچه می‌خواهد دست پیدا می‌کند. خیلی اوقات نمی‌توان به هدف ایده‌آل دست یافت اما می‌توان به هدفی که مطلوب باشد دست پیدا کرد.

اگر از منظر ملی به موضوع نگاه کنیم جایگاه اول باید در بحث انرژی باشد چون توسعه کشور بر پایه انرژی است. انرژی شامل نفت، گاز، برق و آب می‌باشد. مدتی است که در بحث انرژی در حال توسعه هستیم. هدف‌گذاری دشمنان کشور بر روی این موضوعات بسیار واضح است، آن‌ها به دنبال این هستند که مسیرهای تولید انرژی ایران را با مشکلات زیادی مواجه کنند و در این مسیرها ما را محدود کنند چون اگر بتوانند کشورمان را در این حوزه‌ها با مشکل مواجه کنند جلوی توسعه‌ی ما را می‌گیرند.

قابل مشاهده است که کشور در این موضوعات از واقعیت‌ها عقب افتاده که در حقیقت می‌توان گفت یک مقدار اولویت‌ها را مواردی قرار داده‌ایم که اهداف ملی را در وهله اول تأمین نخواهند کرد. اهداف ملی متمرکز روی بحث انرژی خواهند بود. اگر بخواهیم آن را محقق کنیم باید تمرکز خود را روی بحث انرژی بگذاریم.

بنابراین می‌فرمایید جایگاه مهندسی انرژی روز به روز در حال افزایش است؟

جایگاه این رشته در ایران تنزل پیدا کرده اما در سطح جهانی رو به رشد است. ما متأسفانه این جایگاه را از دیدگاه دانشجویی جا به جا کرده‌ایم. قابل مشاهده است که دانشجویان دانشگاه‌های برتر کشور اکثراً قصد دارند پذیرش خود را راحت‌تر اخذ کنند. شما می‌دانید که رشته‌های مهندسی بسیار رشته‌های دشواری هستند، طبیعتاً رشته‌های دیگری که پذیرش گرفتن در آن‌ها ساده‌تر و راحت‌تر می‌باشد سبب این تغییر شده است. در خود کشور هم این جایگاه اهمیت خود را به این صورت از دست داده است. شما ببینید در تمامی گرایش‌ها وزنی که برای تربیت افراد از طرف وزارت علوم تحقیقات و فناوری گذاشته شده مساوی است، یعنی دیدگاهی که برای تربیت دانشجویان وجود دارد با یکدیگر فرقی ندارد و برای تمامی دانشجویان یکی است در حالی که اولویت‌های ملی خودشان را بروز نداده‌اند.

به عنوان مثال می‌توانم بگویم در مسائلی که اولویت ملی کشور است اخذ دانشجو در آن گرایش‌ها باید با حمایت‌هایی مانند بورس مالی همراه باشد تا افراد را جذب آن مواردی کند که کشور به آن نیاز دارد و باید آن سرمایه‌ها را حفظ کنیم. اما متأسفانه دیدگاه‌ها مساویست.

موردی که در دانشگاه‌های کشور مشاهده می‌کنیم آن است که تمامی دانشگاه‌ها تمایل به پذیرش دانشجوی مقطع دکتری دارند، اما آیا واقعاً تمام دانشگاه‌های کشور لازم است که دانشجوی دکتری پذیرش کنند؟ آیا بهتر نیست مقاطع تکنسینی یعنی فوق دیپلم تقویت شود؟ چنین دانشگاهی که تمرکزش در تربیت تکنسین باشد را نداریم. همه‌ی سوق به آن سمت است که دانشجوی دکتری تربیت شود.

دانشجویان برای دست یافتن به درجات بالای علمی باید همین فاکتورها را داشته باشند یا فاکتورهای دیگری نیز وجود دارد؟

بله به نظر من این‌ها حداقل‌ها هستند. اگر این حداقل‌ها را داشته باشیم به آنچه طلب می‌کنیم دست خواهیم یافت. دقت کنید که می‌گوییم استعداد و توانایی در مرحله‌ی آخر مهم است. استعداد را مرحله آخر در نظر می‌گیرم. تعداد زیادی از دانشجویان بیان می‌کنند که من استعداد دارم بنابراین به اهدافم دست پیدا می‌کنم. بدیهی است که اینگونه نیست. در ماشین‌ها مفهوم رانندگی را تعریف می‌کنیم، شما فرض کنید استعداد بالایی دارید، معادل آن است که یک ماشین با رانندگی خیلی بالا فرضاً ۹۹٪ در اختیار دارید. زمانی که توان ورودی به آن ماشین صفر باشد توان خروجی نیز صفر خواهد بود. می‌توان نتیجه گرفت که استعداد کافی نیست، باید برنامه‌ریزی و نقشه و پشتکار داشته باشید. پشتکار به معنای انرژی است، انرژی یعنی به این ماشین توان بدهید تا خروجی داشته باشید.

جایگاه مهندسی برق در مقایسه با علوم دیگر و وضعیت کنونی این رشته در دانشگاه‌های داخل کشور را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

در چند سال گذشته مشاهده می‌کنیم که جایگاه مهندسی برق به رتبه دوم تنزل یافته است. ۲۵ سال پیش در دوران دانشجویی خودم مهندسی برق جایگاه اول را در کشور داشت اما در حال حاضر جایگاهش به رتبه دوم تنزل پیدا کرده است.

تمایز رشته‌های مهندسی تضعیف شده‌اند یا فقط برخی از آن‌ها؟

در واقع در تمامی علوم مهندسی چنین است و شما نمی‌توانید بگویید کدام مهندسی شرایط مناسب یا نامناسبی دارد. شرایطی که اکنون در آن هستیم استثنائیت، طولانی شدن تحریم‌های اقتصادی سبب مختل شدن بازار فعالیت‌های اقتصادی کشور از جمله مهندسی شده است. به طور مثال در ساخت یک ساختمان شما نیاز به مهندس عمران دارید اما می‌بیند که رکود بازار باعث توقف این حوزه شده است.

جایگاه علمی مهندسی برق را در مجامع علمی خارجی در مقایسه با ایران چگونه ارزیابی می‌کنید؟

در حال حاضر همکاران آلمانی از ما درخواست دانشجوی دکتری را می‌نمایند که به طور مثال فلان درس را با بنده گذرانده باشد.

در واقع آنان روی سطح علمی ما حساب باز می‌کنند با این حال با وجود چنین متخصصانی باید چه اقداماتی انجام دهیم؟ اگر این دانشجویان را تشویق به ماندن کنیم قطعاً خواهند پرسید: بازار کار ما کجاست؟ این موضوع بیانگر آن است که اگر بازار کار وجود داشته باشد، افراد ضمن ماندن در کشور به فعالیت‌های موثر خود نیز ادامه می‌دهند؛ اما خوبی در انتظار آن‌ها نباشد به صورت اتوماتیک دانشجویان به خارج از کشور متمایل می‌شوند. درست همانند اختلاف پتانسیلی که سبب حرکت الکترون‌ها در مدار الکتریکی است. این دانشجویان توانایی و پتانسیل مناسبی دارند؛ ضمناً در خارج از کشور به این موضوع واقفند که در اینجا چه دانشجوی مستعدی تربیت می‌شود. خوشبختانه خروجی‌های ما در بهترین دانشگاه‌ها پذیرفته می‌شوند به طوری که می‌دانند دانشجویان ما نیاز به امتحان ورودی نداشته و برایشان مهم است که دانشجو هر چه سریع‌تر کارهای تحقیقاتی خود را آغاز نماید.

با توجه به وجود موافقان و مخالفان در مورد مهاجرت دانشجویان، نظر شما در این رابطه چیست؟

دیدگاه بنده اینگونه است که شرایط کنونی آنان را مانند آهن ربا دفع می‌کند. اگر این افراد در اینجا می‌ماندند مانند آبی که در یک جا ساکن است امکان داشت راكد شوند. در این صورت احتمال آنکه دانشجو وارد بازارهای فرعی و غیر مفید شود افزایش می‌یابد اما با توجه به مهیا بودن یک بازار کار مفید در خارج از کشور، می‌توانند تجربه، حرفه و مهارت لازم را کسب کنند.

در نهایت آن‌ها دکتر می‌شوند و نتیجه می‌شود مجموعه‌ی بزرگی از دانشجویان فارغ التحصیل که اگر بازار کار نداشته باشند کشور را رها می‌کنند و می‌روند.

مهندسی انرژی در خارج از کشور به جایگاه خودش رسیده یا در حال رشد است؟ بین مهندسی برق و انرژی اولویت در جوامع مختلف کدام است؟

مهندسی انرژی را نمی‌توان تفکیک کرد چرا که علوم مختلف مهندسی از جمله مهندسی نفت، شیمی، مکانیک، برق و غیره هر کدام به نحوی با مهندسی انرژی در ارتباط هستند و نمی‌توان آن‌ها را از یکدیگر تفکیک کرد. در خارج از کشور نیز بحث مهندسی انرژی را به صورت میان رشته‌ای پیش می‌برند به خصوص در مباحث به روز مانند شبکه‌های هوشمند که در واقع یک مبحث میان رشته‌ای است و همانند پل ارتباطی میان مهندسی برق گرایش‌های قدرت، مخابرات، الکترونیک، کامپیوتر و مباحث مربوط به اینترنت اشیا می‌باشد.

پیشرفت‌های صورت گرفته در رشته مهندسی برق طی سالیان اخیر در کشور را چگونه ارزیابی می‌کنید و چه آینده‌ای را برای این رشته متصورید؟

اکنون در حوزه مهندسی برق در سطحی قرار داریم که می‌توانیم خدمات مهندسی را صادر کنیم. در واقع در کشورهای دیگر مشکلات مهندسی برق آن‌ها را حل، اجرا، پیاده و تحویل می‌دهیم که در نوع خودش استثنائیت است که ما در خدمات مهندسی به این سطح و رشد رسیده‌ایم. این پیشرفت به یکی دو روز باز نمی‌گردد. همانطور که گفتیم از زمان دانشجویی بنده مهندسی برق اولویت اول را در میان برترین‌ها داشت که در نتیجه‌ی آن خروجی‌های بهتری داشتیم. در حال حاضر وزارت نیرو از لحاظ بدنه کارشناسی بسیار قوی است و با توجه به خروجی‌های سالیان اخیر دانشگاه‌ها، بدنه کارشناسی بسیار تقویت شده است. خدمات مهندسی در مهندسی برق جزئی از ساختار اقتصادی کشور است اما به دلیل آنکه زنجیره اقتصادی کشور دچار مشکل شده و اصطلاحاً چرخ اقتصادی به خوبی نمی‌چرخد، این چرخش نتوانسته توزیع فعالیت را در مهندسی گسترش دهد. فعالیت‌های اقتصادی کم و رکود اقتصادی منجر به رکود فعالیت‌های مهندسی از جمله مهندسی برق گردیده و اکنون شاهد آن هستیم که بسیاری از شرکت‌های خصوصی با دشواری‌هایی همچون پرداخت حقوق، تامین هزینه‌ها و غیره مواجه هستند. در نتیجه از نظر نیروی کارشناسی و بدنه بسیار قوی اما از نظر بازار کار تضعیف شده‌ایم.

این موضوع باز می‌گردد به آنکه آیا کافرما توانسته محور تحقیقاتی خود را خط دهد که پس از اتمام آن در جهت یک کار گسترده‌تر و مفیدتر پروژه‌ی دیگری را در راستای آن برنامه‌ریزی کند یا خیر؟ اغلب آن پروژه‌ها به‌صورت جرقه‌ای است. بدان معنا که کوتاه مدت است و برنامه‌ریزی برای آن انجام نمی‌شود. متأسفانه ما در برنامه‌ریزی حمایتی از پژوهش‌هایمان مشکلات بسیاری داریم. در واقع پژوهش‌هایمان به‌دلیل عدم وجود یک ذره‌بین به‌جهت متمرکز کردن آن، متمرکز نیستند. ذره‌بین اصلی هم یک نهاد مرکزی است که بتواند بودجه خوبی را در اختیار دانشگاه‌ها قرار دهد تا در نتیجه‌ی آن، محققین بتوانند در جهت منافع ملی کار کنند. اما تقسیم بودجه بدین گونه است که مقدار آن را به‌طور مساوی میان ۱۰۰ دانشگاه تقسیم می‌کنند در حالی که باید بر اساس اهدافی که برای آن‌ها در نظر می‌گیریم برایشان بودجه تخصیص دهیم. سال‌های گذشته چنین بوده که تمامی دانشگاه‌ها یک پروژه را انجام می‌دادند، این رویه اشتباه است و نباید چنین باشد.

زمانی که چندین دانشگاه هم‌زمان روی یک پروژه کار می‌کنند سبب می‌گردد این بودجه‌ی محدود به‌طور مساوی میان تمامی آن‌ها تقسیم شود. بدیهی است که نتیجه مطابق میل نخواهد بود. بهترین راه‌کار آن است که بودجه را به‌صورت تخصصی و ماموریت محور به دانشگاه‌ها اختصاص دهیم.

بودجه‌های پژوهشی چگونه و از کجا تأمین می‌شوند؟

نمی‌توان با بودجه‌ی دانشگاه کار کرد. در اکثر دانشگاه‌های کشور بودجه‌های پژوهشی تماماً با قراردادهای صنعتی تأمین می‌شود. توجه نمایید که میزان موفقیت به میزان بودجه صنعتی و همچنین آنکه مدیر صنعتی به چه میزان قصد سرمایه‌گذاری در کار پژوهشی را دارد وابسته است. در صنعت معمولاً مدیریت‌ها کوتاه مدت هستند در نتیجه مدیران علاقه‌مندند که در کوتاه مدت نتیجه بگیرند اما حقیقت آن است که کارهای پژوهشی معمولاً در طولانی مدت نتیجه می‌دهند.

تصور کنید یک استادیار جوان استخدام شده و قصد انجام کار پژوهشی‌اش را دارد. برای ادامه‌ی آن کار پژوهشی باید یک نفر به عنوان حامی مالی برای چندین سال روی این استادیار جوان، پژوهش‌ها و دانشجویانش متمرکز شود، بودجه اختصاص دهد و از آن‌ها کار بگیرد. پس از ۱۰ سال آن استادیار به استاد تمام با تخصص ویژه در آن موضوع خاص تبدیل می‌شود.

در حال حاضر این روند به درستی انجام نمی‌شود، استادیار جوان باید پروپوزال تنظیم و برای برق منطقه‌ای، شرکت توزیع و توانیر ارسال نماید تا شاید توسط یک مجموعه پذیرفته شود. استادیار روی موضوعی پژوهش می‌کند، پژوهش به اتمام می‌رسد و به سراغ موضوعی دیگر می‌رود که نتیجه‌ی آن ریشه و عمق نگرفتن کار است.

وضعیت اقتصادی کشور نامساعد است اما آیا تا آخرالزمان به همین شکل باقی خواهد ماند؟ از نظر بنده که آدم مثبتی هستم شرایط اقتصادی کشور بهتر می‌شود و قطب‌های آهن ربا جا به جا خواهند شد و با استفاده از همان جاذبه، افرادی که از کشور خارج شده‌اند با تخصص‌ها و مهارت‌هایی که فرا گرفته‌اند به کشور باز خواهند گشت و مفید واقع خواهند شد. در چین نیز چنین الگویی وجود دارد که با توجه به شرایط این کشور سابقاً به شدت در حال صادرات مغز بود اما اکنون همان متخصصین در حال بازگشت به کشورشان هستند چرا که شرایط در کشور خودشان به مراتب بهتر شده است. بنابراین در خصوص مهاجرت مغزها نمی‌توان گفت که درست است یا غلط. علی‌رغم اینکه در کوتاه مدت و میان مدت به ضرر ماست اما با بهتر شدن شرایط و بازگشت آن‌ها به کشور در بلند مدت به نفع ما خواهد بود.

دیدگاه شما درخصوص میزان بودجه پژوهشی در کشور چیست؟ اختصاصاً وضعیت بودجه در حوزه پژوهشی شما تا چه حد پاسخگوی نیازهای شماست؟ بودجه از طرف وزارت علوم اختصاص داده می‌شود یا دانشگاه؟

متأسفانه هیچکدام! شرایط ما در حال حاضر به گونه‌ای است که اگر قصد فعالیت بر روی موضوعی داشته باشیم باید خودمان هزینه را تأمین کنیم. تحت عنوان گرنت، بودجه‌ای پژوهشی در اختیار داریم اما متأسفانه مقدارش به قدری کم است که اگر آن را به دانشجویان دکترا، ارشد و کارشناسی که در اختیارمان است تخصیص دهیم، خجالت‌آور است به دانشجوی بگوئیم چنین مبلغ ناچیزی به شما تعلق گرفته است! لذا روی بودجه‌های دانشگاهی نمی‌توان حساب کرد اما معمولاً فعالیت‌های ما به‌عنوان پروپوزال و پیشنهادهای قراردادی تحقیقاتی است که آن هم به قبول و یا عدم قبول پروپوزال طی یک پروسه طولانی در صنعت بستگی دارد تا بودجه پژوهشی را تأمین کنند. از طرفی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران و همچنین بنیاد ملی نخبگان هم در طرح‌های خاصی حمایت‌های خود را انجام می‌دهند. با این حال مبلغ حمایتی آن‌ها با توجه به تعداد دانشجویان و اساتید درصد بسیار پایینی را پوشش می‌دهد. در نتیجه اگر استادی بودجه نداشته باشد، بر روی موضوعات دلخواه کار می‌کند. بنابراین عملاً جهت دهی به اساتید برای انجام فعالیت‌های خاص با اهداف خاص وجود نخواهد داشت.

به‌طور مثال بودجه‌ای تحت عنوان بودجه حمایت از پروژه‌های کارشناسی ارشد به دانشجویان اختصاص داده می‌شود. فرضاً دانشجوی مقطع ارشدی دارم که روی پروژه‌ای فعالیت می‌کند و پس از یک سال کار تحویل داده شده و بودجه‌ی مربوط به دانشجوی، استاد و دانشگاه نیز پرداخت می‌گردد. اما آیا کار روی پروژه ادامه پیدا خواهد کرد یا خیر؟



ظرفیت دانشگاه‌ها در رشته‌های مهندسی افزایش زیادی داشته و افراد با هر سطحی وارد دانشگاه و رشته‌های سخت می‌شوند در حالی که در زیرگروه‌های پزشکی ظرفیت به قدری کم است که تنها افراد با سطح علمی بسیار بالا وارد آن می‌شوند.

این موضوع باز می‌گردد به ضعف برنامه‌ریزی ما و آنکه وزارت علوم بر چه اساسی این تعداد دانشجو را پذیرش می‌کند؟ در حالی که کشور به این تعداد مهندس نیاز ندارد و جذب دانشجو با نیاز ما متعادل نیست. در حال حاضر دیدگاهمان اینگونه است که در یک رشته خاص ۲۰ استاد داریم و قصد آن است که برای آن‌ها ۳ دانشجوی ارشد جذب کنیم، در نتیجه سال آینده ظرفیت گروه به ۶۰ نفر می‌رسد که درواقع براساس توانایی و ظرفیت اساتید، دانشجو گرفته می‌شود. در حالی که باید بر عکس باشد یعنی بررسی کنند که صنعت در رشته مهندسی برق به چه تعداد دانشجو در شهرهای مختلف نیاز دارد. به‌عنوان مثال صنعت در سمنان یا آذربایجان شرقی به چند دانشجو احتیاج دارد تا دانشگاه‌های مراکز استان‌ها ظرفیت‌ها را برطبق این نیاز مشخص کنند و به جای پذیرش ۶۰ دانشجو، فرضاً ۶ دانشجو پذیرش کنند. در حالی که در زیرگروه‌های پزشکی به‌صورت حرفه‌ای به موضوع نگاه کرده و بر اساس نیاز بازار ظرفیت‌ها را تعیین می‌نمایند.

آیا صحبتی در خصوص کاهش ظرفیت رشته‌های مهندسی شده است؟

ما صحبت‌هایمان را در سطح انجمن‌ها، برگزاری میزگردها و موارد دیگر مطرح کرده‌ایم اما این کاهش بالاخره دیر یا زود باید صورت بگیرد. به هر حال وزارت علوم باید این جسارت را داشته باشد که چنین طرحی را انجام دهد و یا حتی در صورت لزوم برخی دانشگاه‌ها و گرایش‌ها را تعطیل کند.

همانطور که در یک بازه زمانی گرایش‌های مختلف به‌صورت پی در پی به دانشگاه‌ها اضافه گردیدند و به‌صورت انبساطی گسترش یافتند، اکنون نیز باید شرایط انقباضی در پیش گرفته شود. با این حال می‌توان مقاطع تحصیلی مختلف را به برخی از دانشگاه‌های خاص سپرد. به‌عنوان مثال تربیت لیسانس برای یک سری از دانشگاه‌ها، تربیت دانشجوی ارشد برای یک سری دیگر از دانشگاه‌ها و تربیت دانشجوی دکترا نیز در برخی از دانشگاه‌ها صورت بگیرد. به طور کلی دانشگاه‌ها ماموریت محور پیش بروند.

از دیدگاه شما کدام یک از بخش‌های دولتی و خصوصی در زمینه‌های تحقیقاتی پیشرفته‌تر عمل می‌کنند؟ چرا؟

در موضوعات پیشرفته باتوجه به بالا بودن هزینه‌ها معمولاً دولت سرمایه‌گذاری می‌کند که اصولاً شامل مباحث بنیادی می‌باشند. چنین الگویی را دولت آلمان نیز دنبال می‌کند؛ پروژه‌های کاربردی که سریع‌تر به نتیجه می‌رسند را به بخش خصوصی واگذار می‌کنند

در صنعت باید با داشتن بلند پروازی برای افراد هزینه کنیم و به فکر آن باشیم که کار در طولانی مدت نتیجه دهد و نه آنکه من تا یک سال دیگر پشت این میز هستم بنابراین تنها به دستاوردهای همین یکسال فکر می‌کنم و به اینکه سال آینده چه فردی جایگزین من خواهد شد و به چه نتایجی دست خواهد یافت اهمیتی نمی‌دهم.

موردی که در بسیاری از شهرها دیده می‌شود، طرحی را آغاز کرده و بودجه‌ای به آن پروژه اختصاص می‌دهند اما پس از چند سال نیمه کاره‌ها می‌شود. آیا نظارتی وجود ندارد؟

این اتفاق ممکن است در هر پروژه‌ای رخ دهد چرا که از دیدگاه علم مدیریت، برای به نتیجه رسیدن یک طرح بایستی ۳ مرحله به‌طور کامل طی شود. این مراحل به ترتیب شامل سیاست‌گذاری، حمایت و نظارت بر انجام آن است. پس از وضع سیاست کلی جهت آغاز پروژه، بودجه‌ای به آن اختصاص می‌یابد اما پس از مدتی نیمه کاره رها می‌شود. با بررسی دقیق‌تر در می‌یابیم که مرحله دوم یعنی حمایت به درستی شکل نگرفته و در نتیجه به مرحله آخر نمی‌رسیم. لذا شما به عنوان سیاست‌گذار باید تا انتهای پروژه و نظارت بر خروجی، حمایت‌های خود را ادامه دهید. در صورتی که مراحل بالا به درستی طی نشود پروژه به سرانجام نمی‌رسد کما اینکه چنین اتفاقی ممکن است برای هر سازمانی رخ دهد.

نظر شما در خصوص افت سطح علمی دانشجویان در تسمای رشته‌ها چیست؟ چه عواملی سبب این افت سطح علمی شده‌اند؟

علی‌رغم آنکه آموزش مجازی است اما خروجی‌های واقعی دارد و شاهد افت کیفی آموزش هستیم. ما در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی چهار یا پنج صندلی را کنار یکدیگر جهت تبادل افکار قرار می‌دادیم اما اکنون کنار هم قرار گرفتن افراد را نیز از دست داده‌ایم. در حالی که در فضای سایبرنتیکی تاثیر این تبادل افکار از بین رفته است. به طوری که اکنون در کلاس مجازی نهایتاً دو نفر سوال می‌پرسند در حالی که در آموزش حضوری ۱۰ الی ۱۵ دقیقه پس از پایان کلاس در راهروها دانشجویان اطراف استاد را می‌گرفتند و سوال جواب انجام می‌دادند. در دوران حضوری دانشجویان به اتاق اساتید می‌آمدند و سوال می‌پرسیدند، اکنون شبکه‌های مجازی شده اتفاق بنده! متأسفانه برخی از دانشجویان در آموزش مجازی انگیزه و کشش کافی جهت دنبال کردن مطالب را ندارند؛ این در حالیست که در آموزش حضوری تحت تاثیر جو کلاس و دوستانشان، کشش لازم در آن‌ها ایجاد می‌شد.

به نظرم آموزش مجازی برای علوم انسانی مفید بوده اما برای رشته‌های مهندسی اصلاً مفید نیست چرا که مطالب با کیفیت مطلوب منتقل نمی‌شود. در آموزش حضوری نقش استاد و دانشجو ۵۰-۵۰ است در حالی که در مجازی نقش دانشجو پررنگ‌تر است و حدود ۷۰ درصد وزن آموزش را آن‌ها به دوش می‌کشند. اگر دانشجویی مطالب را به خوبی فرانگیرد تقریباً بخش عمده‌ی آموزش را از دست می‌دهد و عملاً در صورت یادگیری ۳۰ درصد باقی‌مانده که توسط استاد تدریس می‌شود، فراگیری مطالب ناقص خواهد ماند.

بعد اجرایی شامل آن می‌شود که یک استاد از لحاظ اجرایی چه فعالیت‌های اجرایی را در سطح‌های آموزشی و پژوهشی درون دانشگاه انجام داده است. سپس بر اساس این معیارها شخص مورد نظر انتخاب می‌گردد. معمولاً اینگونه است که یک مجموعه‌ای از اساتید تمام دانشگاه‌ها انتخاب می‌شوند و مرحله به مرحله فیلتر می‌گردند و در نهایت فرد منتخب اعلام می‌گردد.

امروزه برخی دانشگاه‌ها اقدام به برگزاری جشنواره ای تحت عنوان "دانشجوی برتر کشوری" در مقاطع مختلف می‌کنند. نظر شما درمورد این جشنواره چیست؟

این موضوع به آن بستگی دارد که در جشنواره با چه ترازو و معیاری وزن می‌کنند؟ چه چیزی وزن می‌شود؟ چرا که معیار هر فرد ممکن است فرق کند. در نتیجه با تغییر معیار، نتیجه هم تغییر می‌کند.

ضمن سپاس فراوان به جهت حضور جنابعالی در این مصاحبه، سخنان پایانی شما را می‌شنویم

امروزه نگاه به آینده در جوانان با ترس مواجه بوده و این موضوع تاثیر منفی روی عملکردشان گذاشته است. در صورتی که باید به جای ترس، مثبت‌اندیشی بوده و باور داشته باشند که آینده برای آنان مثبت خواهد بود تا به موفقیت نزدیک‌تر شوند. همیشه به صورت مثبت به آینده نگاه کنند. اگر با ترس به آینده بنگرند ناخداگاه انرژی درونی آن‌ها از بین رفته و شانس کمتری برای موفقیت خواهند داشت. این تنها توصیه‌ی من به دانشجویان برطبق تجربه‌ی کار با آنان است.



همانند پروژه‌هایی که شرکت‌های معروفی همچون BMW انجام می‌دهند در حالی که موسسه‌ای مانند Max Planck بر روی مباحث بنیادی به طور مثال ذرات بنیادی متمرکز می‌شود. به عبارتی با نزدیک شدن پژوهش‌ها و تحقیقات به موضوعات بنیادی، تامین بودجه بیشتر از طرف دولت خواهد بود در حالی که هر چه تحقیقات کاربردی‌تر باشد تامین بودجه به بخش خصوصی اختصاص داده می‌شود. در کشور ما به علت ضعف بخش خصوصی و علاوه بر آن عدم رشد آن‌ها، در بخش پژوهش‌های کاربردی به شدت محدود هستیم. لذا هنگامی که از یک مدیر بخش خصوصی درخواست بودجه می‌کنید در وهله اول از شما می‌پرسد: محصول کجا است؟! این در حالی است که با دیدگاه سرمایه‌گذاری جهت دست یافتن به نتیجه، به مسئله نمی‌نگرند و عملاً بر روی ریال به ریال پروژه حساب باز می‌کنند. در واقع شما ابتدا بایستی با تامین بودجه از سایر بخش‌ها محصول خود را آماده نموده سپس با بخش خصوصی همکاری کنید.

چه مقدار از پروژه‌های کاربردی - بنیادی به نتیجه مطلوب می‌رسند و چه مقدار با شکست مواجه می‌شوند؟

شکست استارت‌آپ‌ها یک اتفاق معمول در دنیای امروز است. از دیدگاه بنده این استارت‌آپ‌ها مجموعه‌ای کوچک‌اند که فعالیت‌هایی در مقیاس کوچک انجام می‌دهند. با این وجود می‌توان پژوهش‌های دانشگاهی را به صورت بنیادی توسعه داده و به مرحله کاربردی برسانیم در حالی که دیدگاه شرکت‌های دانش بنیان در این خصوص متفاوت است.

جنابعالی در سال ۹۷ به عنوان استاد برجسته مهندسی برق کشور منتخب فرهنگستان علوم و پژوهشگر برگزیده منتخب کشوری در گروه فنی مهندسی وزارت علوم دست یافتید. لطفاً درخصوص این افتخارات توضیحاتی ارائه بفرمایید.

در واقع اساتید را در ۳ بُعد می‌توان بررسی نمود: بعد آموزشی که کیفیت و نحوه تدریس استاد و نظرخواهی از دانشجویان است، بعد دوم بعد پژوهشی است که در واقع خروجی فعالیت اساتید از جمله ثبت اختراع، قراردادهای پژوهشی و همچنین انتشارات آنان است که البته می‌تواند کم یا زیاد باشد اما چیزی که در بحث انتشارات حائز اهمیت است ارجاعات به آن مقالات است. ممکن است شخصی ۲ یا ۳ یا حتی ۱۰۰ مقاله بنویسد اما اگر کسی به آن ارجاع نکند گویا این مقاله را برای خودش نوشته است.

بنابراین یک فعالیت پژوهشی زمانی موثر است که توسط دیگران قابل استفاده بوده و در کارها به آن ارجاع شده باشد. در نهایت این‌ها بعد پژوهشی را تشکیل می‌دهند.

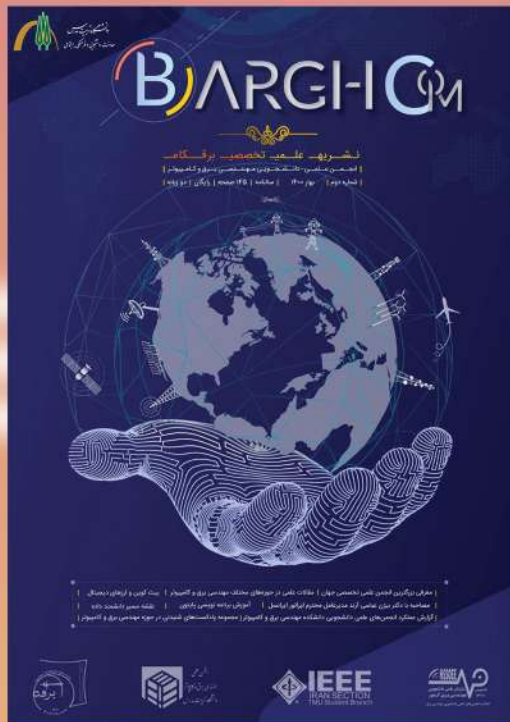
بنابراین چه فرهنگستان علوم چه وزارت علوم این بعد آموزشی و پژوهشی را بررسی می‌نمایند و معمولاً بعد اجرایی خیلی کم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نشریات انتشار یافته زیر نظر شورای حمایت از نشریات اتحادیه



شماره‌های ۱ الی ۴ نشریه هوش ایده‌آل دانشگاه خوارزمی
مدیرمسئول و سردبیر: بهار حمزه‌ای





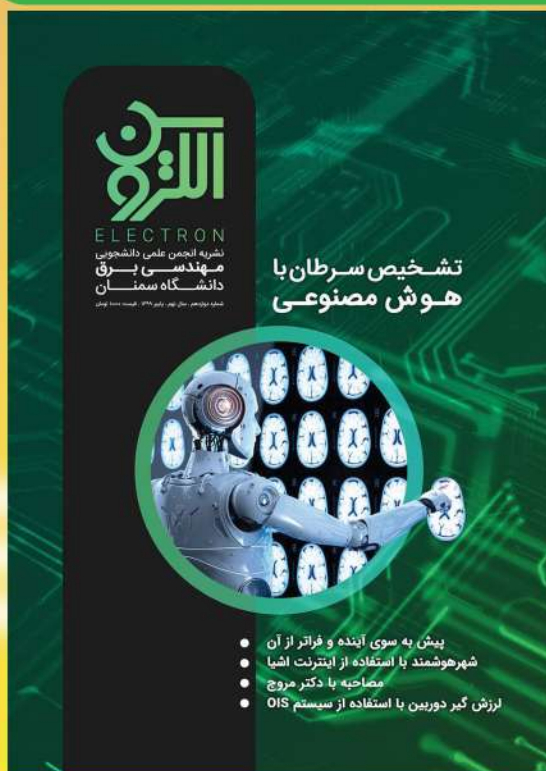
شماره ۲ نشریه علمی تخصصی برقکام
انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه
تربیت مدرس
مدیرمسئول: بشیر فعله‌گری
سرمدیر: مینا عکرس



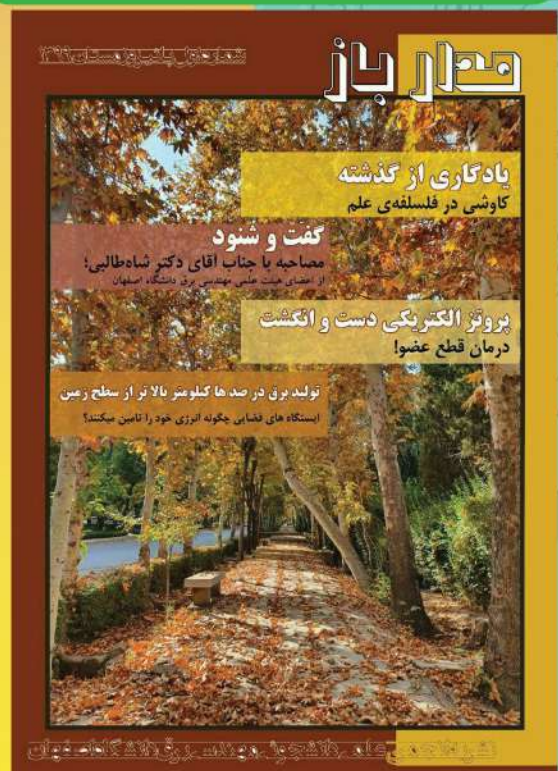
شماره ۱ نشریه علمی تخصصی برقکام
انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه
تربیت مدرس
مدیرمسئول و سرمدیر: بشیر فعله‌گری

شماره ۱۲ نشریه علمی تخصصی الکترون
انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق دانشگاه سمنان
مدیرمسئول: علیرضا جراح
سرمدیر: احسان شاهی

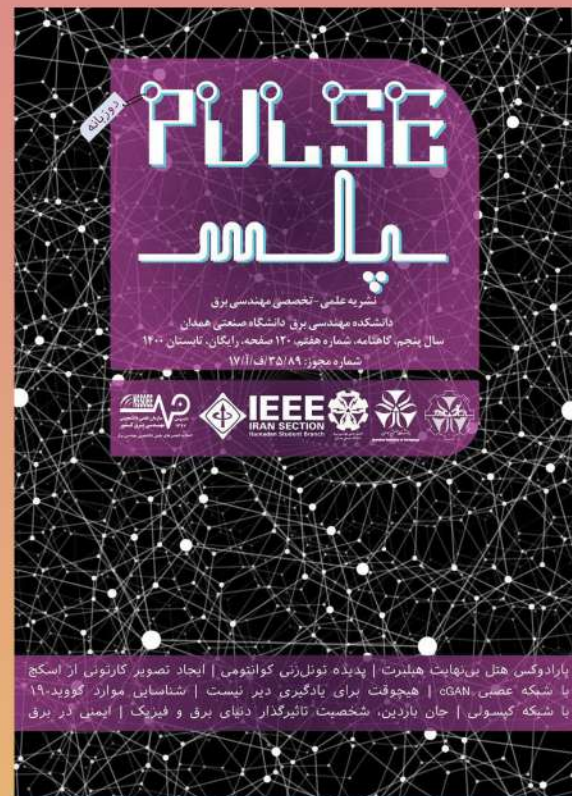
شماره ۱ نشریه علمی دانشجویی مدار باز
انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق دانشگاه اصفهان
مدیرمسئول: روشنگ مرادی غریبوند
سرمدیر: امیرمسعود علیخانی



- پیش به سوی آینده و فراتر از آن
- شهروشدن با استفاده از اینترنت اشیا
- مصاحبه با دکتر مروج
- ارزش گیر دوربین با استفاده از سیستم OIS



شماره ۷ نشریه علمی تخصصی پالس
انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق دانشگاه صنعتی همدان
مدیرمسئول: سهیلا کریمی
سر دبیر: حسین نیک نژاد



پارادوکس هتل بی‌نهایت هیلبرت | پدیده تونل‌زنی کوانتومی | ایجاد تصویر کارتونی از اسکچ
با شبکه عصبی COAN | هیچوقت برای یادگیری دیر نیست | شناسایی موارد گلوید ۱۹۰
با شبکه کیسونی | جان یازدین، شخصیت تأثیرگذار دنیای برق و فیزیک | ایمنی در برق

شماره ۴ نشریه علمی دانشجویی تخصصی نويز
انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق دانشگاه شاهد تهران
مدیرمسئول و سردبیر: امیر خاوه‌ای



cryptocurrency
قدرت در تعداد است
شبکه Lora
ارتباط بین قاره‌ای، با یک باتری قلمی!
خاک‌های واگرا
سد سازی‌های چالش برانگیز

شماره ۴ نشریه BME+
انجمن علمی دانشجویی مهندسی پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران مرکز
مدیرمسئول و سردبیر: احسان طاهری



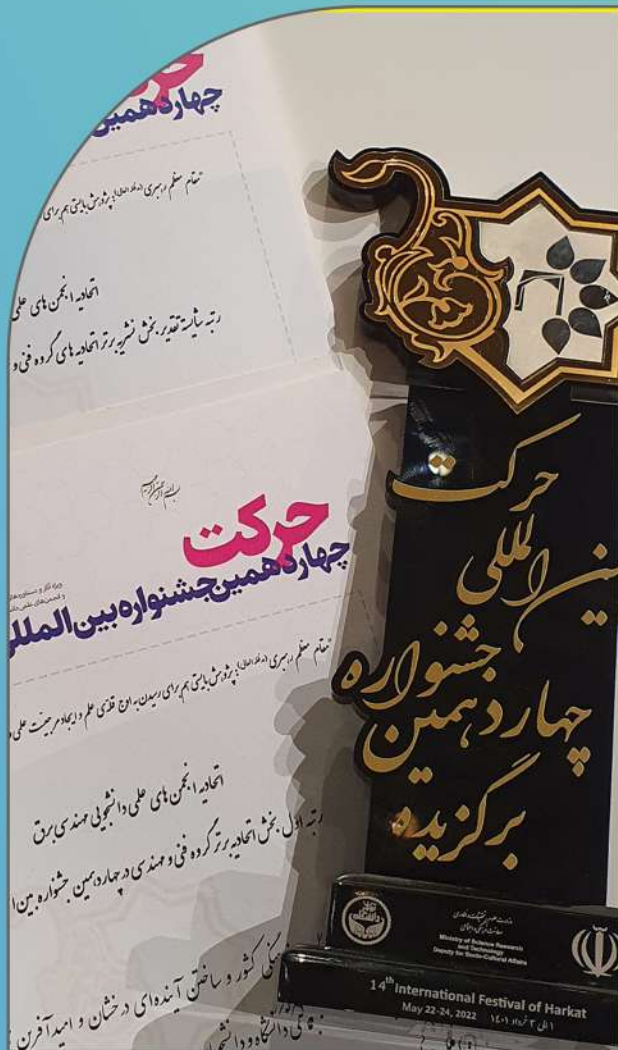
دستگاه قلب و عروق
معرفی دستگاه‌ها و تکنولوژی‌های نوین
ساخت دریچه قلب مصنوعی
مصاحبه با دکتر شجاعی و دکتر یآوری

افتخارات اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق کشور در چهاردهمین جشنواره بین‌المللی حرکت

چهاردهمین جشنواره بین‌المللی حرکت، در روزهای ۱ الی ۳ خرداد ۱۴۰۱ به میزبانی دانشگاه تهران برگزار گردید. این جشنواره در یکم خرداد با حضور وزیر محترم علوم، فناوری و تحقیقات، جناب آقای دکتر زلفی گل افتتاح و در سوم خرداد در تالار علامه امینی دانشگاه تهران پایان یافت.

در مراسم اختتامیه که با حضور وزیر محترم تعاون، کار و رفاه اجتماعی، جناب آقای دکتر عبدالملکی و معاون محترم فرهنگی و اجتماعی وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، جناب آقای دکتر چکشیان و مسئولین جشنواره به میزبانی دانشگاه تهران برگزار گردید، اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق کشور توانست رتبه اول بخش اتحادیه برتر گروه اتحادیه‌های فنی و مهندسی را کسب کند و مورد تقدیر قرار گیرد.

گفتنی است که در این اختتامیه، اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق کشور رتبه شایسته تقدیر بخش نشریه برتر اتحادیه‌های گروه فنی و مهندسی برای شماره‌ی دهم نشریه علمی تخصصی PEAK را از آن خود کرد.



جای بسی خرسندی و شادمانیست که پس از سال‌ها تلاش بی وقفه جهت ارتقای جایگاه علم مهندسی برق، مهندسی پزشکی، انرژی و راه‌آهن در کشور، تلاش اعضای اتحادیه و دبیران انجمن‌های علمی و دانشجویان رشته‌های مذکور در سراسر کشور ثمره داده و این رشته به جایگاه اصلی خود بازگشته و نهال تلاش‌هایمان مثمر ثمر واقع شده است.

با سپاس و قدردانی از تمامی انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق، مهندسی پزشکی، انرژی و راه‌آهن کشور و همچنین تمامی عزیزانی که در یک سال گذشته ما را همراهی کردند. امیدواریم این راه با حضور دانشجویان دغدغه‌مند و جویای علم و دانش کشور عزیزمان ادامه یابد.

از اعضای فعلی اتحادیه، دبیران انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق، مهندسی پزشکی، انرژی و راه‌آهن کشور، تمامی دبیران ادوار، دکتر کامیل یزدانی و مهندس احسان سلیمانی و همچنین اعضای ۲۴ دوره‌ی گذشته‌ی اتحادیه صمیمانه سپاسگزاریم که پایه‌گذار مسیر توسعه‌ی فضای علمی دانشجویی کشور عزیزمان ایران بوده‌اند.



اعضای اتحادیه

استاد مشاور اتحادیه: جناب آقای دکتر امیرحسین نیکوفرد
 دبیر اتحادیه: روشنگ مرادی غریبوند
 نایب دبیر اتحادیه: حسین بلوچی
 دبیر کمیسیون نشریات: علیرضا جراح
 دبیر کمیسیون همایشات و مسابقات: آیدا ریحانی
 دبیر کمیسیون آموزش: محسن بروغنی
 دبیر کمیسیون راه آهن: مسعود افروغ
 دبیر کمیسیون روابط عمومی: محمدجواد سلطانی - مهدی محمدی
 دبیر کمیسیون شورای مناطق: مجتبی کلانتری
 دبیر کمیسیون نخبگان: محمد شفيعی
 دبیر کمیسیون مهندسی انرژی: آرين تبریزی
 دبیر کمیسیون مهندسی پزشکی: احسان طاهری
 دبیر کمیسیون ارتباط با صنعت: علیرضا ولیان ایرج
 بازرسین اتحادیه: ابوالفضل تاج الدین پور، مهسا صبوری
 مشاورین اتحادیه: دکتر کمال یزدانی - مهندس احسان سلیمانی



PEAK



شورای حمایت از نشریات



سازمان علمی دانشجویی
مهندسی برق کشور

تاسیس
۱۳۷۷

اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

با ما در ارتباط باشید...



www.nssoee.ir



[nssoee_ir](https://www.instagram.com/nssoee_ir)



nssoee2021@gmail.com



[@NSSOEE_IR](https://www.t.me/@NSSOEE_IR)