

صاحب امتیاز: انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران
مدیر مسوول: دکتر حبیب رجیبی مشهدی
سر دبیر: دکتر جواد ساده

شورای سیاست گذاری:

دکتر ایمان احدی اخلاقی، مهندس حسن اروجی،
مهندس محمدعلی چمنیان، دکتر حبیب رجیبی مشهدی،
دکتر مصطفی رجیبی مشهدی، دکتر جواد ساده،
دکتر مهرداد شکوه صارمی، دکتر مهدی علومی بایگی،
مهندس محمد فاضل نسب، مهندس سید محمدرضا فخر
نبوی، دکتر محمد مولوی، مهندس مجید مهدیزاده،
مهندس غلامرضا یزدانی شواکند

شورای نویسندگان:

دکتر محمدرضا اکبرزاده توتونچی، دکتر سید هاشم اورعی
میرزمانی، دکتر حمید تولیت، دکتر سید حسین حسینی،
دکتر حبیب رجیبی مشهدی، دکتر مصطفی رجیبی مشهدی،
دکتر جواد ساده، دکتر مهرداد شکوه صارمی،
دکتر امیررضا عطاری، دکتر مهدی علومی بایگی، دکتر حسن
غفوری فرد، دکتر گئورگ قره پتیان، دکتر رضا لطفی،
دکتر خلیل مافی نژاد، دکتر محمد منفرد، دکتر محمد مولوی

مدیر اجرایی:

مهندس غلامرضا یزدانی شواکند

روابط عمومی:

مهندس فریده سعادت، مهندس سمیرا شمس

مدیر برنامه ریزی:

دکتر مصطفی رجیبی مشهدی

صفحه آرایی و امور گرافیک:

امواج برتر (۰۵۱-۳۸۹۴۰۱۲۰)

لیتوگرافی: (۰۵۱-.....)

چاپ: (۰۵۱-.....)

صحافی: (۰۵۱-.....)

به نام دوست

فهرست مطالب

۲	یادداشت مدیر مسوول
۳	نگاهی به فعالیت های انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران شاخه خراسان
۵	بررسی فنی و اقتصادی اثر نصب سنسور هوشمند بر تعمیرات پیشبینانه و ...
۱۶	ارایه روش جدید برای جایابی ایستگاه های شارژ سریع خودرو برقی در ...
۲۱	معرفی سایت ریسرچ گیت برای مهندسان برق
۲۵	لینک های مخابرات ماهواره ای
۲۹	بهبود پایداری گذرا در حضور ترانسفورماتور سن
۳۵	یک پروتکل مسیریابی مبتنی بر بردار در شبکه حسگر بی سیم زیر آب
۴۲	تخمین و فیلترینگ حالت در سیستم های مرتبه کسری تصادفی (چکیده رساله دکتری)
۴۲	آنالیز ناحیه ظرفیت امن کانال دستیابی چندگانه با و بدون ... (چکیده رساله دکتری)
۴۳	شناسایی خرابی های کلید قدرت گازی به کمک آنالیز داده های ... (چکیده رساله دکتری)
۴۳	مدل سازی تحلیلی ترانزیستورهای اثر میدانی سیلیسیم بر (چکیده رساله دکتری)
۴۴	حذف بازتاب در سیستم صوتی سخنرانی و امکان سنجی پیاده سازی آن با ...
۵۴	بیست و ششمین کنفرانس مهندسی برق ایران در مشهد برگزار خواهد شد
۵۵	نگاهی به فعالیت های موسسه آموزش عالی خراسان

● از مطالب و نوشته های شما استقبال می کنیم:

- «عصر برق» در استفاده، ویرایش و کوتاه کردن مطالب ارسالی آزاد بوده و مطالب ارسالی شما نزد ما به یادگار می ماند.
- نظرات و عقاید نویسندگان مطالب لزوما دیدگاه «عصر برق» نیست.
- استفاده از مطالب «عصر برق» با ذکر منبع آزاد است.
- ترتیب آثار چاپ شده بر حسب ملاحظات فنی و رعایت تناسب بوده و به معنای درجه بندی نیست.
- مقاله های ارسالی از طریق پست الكترونيك و حتما به دو صورت PDF و Word باشد.
- ترجمه ها همراه با نسخه اصلی ارسال شود.
- مسوولیت حقوقی آثار ارسالی بر عهده نویسندگان مقاله ها می باشد.



نشانی:

مشهد، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی دفتر
گروه مهندسی برق
تلفن دبیرخانه انجمن: ۰۵۱-۳۶۱۰۳۸۵۶-۷
نمبر: ۰۵۱-۳۶۱۰۳۸۵۸
وب سایت انجمن: www.kiaeee.ir
پست الكترونيك: asrebarq@gmail.com



برنامه‌ریزی یکپارچه برای حل مسایل کلان

یادداشت مدیر مسوول

عوامل تاثیرگذار در مساله را در نظر بگیرند. توجه به رسالت دانشگاه‌ها در حل مسایل میان‌مدت و بلندمدت کشور می‌تواند به عنوان یک راه حل اساسی مورد توجه قرار گیرد. به ویژه آنکه دانشگاه‌های کشور در شرایط کنونی از مجموعه‌ای از اساتید با سابقه و با مرتبه استادی بهره‌مند هستند. علاوه، معمولاً از مدیران ارشد با سابقه و با تجربه در حوزه‌های مختلف کشور، پس از بازنشستگی در حلقه‌های تصمیم‌سازی استفاده نمی‌شود. طراحی چنین اتاق فکری به صورت منطقه‌ای و ملی و استفاده از پتانسیل خرد جمعی متخصصین توسط وزارتخانه‌های مورد بحث می‌تواند راهی مناسب در شرایط کنونی برای عبور از بحران‌های ذکر شده باشد.

در کشورهایی توسعه یافته مبتنی بر ساختار سیاسی چند حزبی معمولاً چارچوب سیاست‌های کلان انرژی، محیط‌زیست، آموزش عالی و... در احزاب توسط افراد خبره تنظیم می‌شود و به نوعی مردم نیز در انتخاب این سیاست‌های کلان واکنش نشان می‌دهند. افراد متخصص و باتجربه در این ساختار حزبی فرصت این را دارند به‌ویژه هنگامی که دولت را در اختیار ندارند برنامه‌های جامعی ارائه دهند. نمونه موفق سیاست‌های پیشبرد انرژی‌های نو در یک دوره ۱۶ ساله است که احزاب توانستند با رأی مردم سیاست‌های افزایش ظرفیت‌های مبتنی بر انرژی‌های باد و خورشید را توسعه دهند و به موازات آن به طور تدریجی ظرفیت‌های اتمی را کاهش دهند.

تشکیل اتاق‌های فکر می‌تواند یک راه حل میان مدت برای چالش مواجه با مسایل کلان باشد. به هر حال علاوه بر آن بایستی در ساختار اداری کشورها و همچنین آموزش عالی مساله همه‌جانبه نگرانی در سطوح مختلف مورد توجه قرار گیرد. تربیت کارشناسانی که قدرت تجزیه و تحلیل یک مساله را از زوایای گوناگون دارند یک نیاز اساسی است و بنابراین بایستی در شیوه‌های آموزش، برنامه درسی و انجام کارهای پژوهشی تیمی تجدید نظر کرد. امید آن است که در دهه پیش رو با تغییراتی در ساختارهای اجرایی و توجه بیشتر به مقوله هم‌جانبه‌نگری بتوان گامی اساسی در جهت رفع این مشکل جدی کشور برداریم.

کشور ما در چند دهه اخیر پیشرفت‌های خوبی در بسیاری از حوزه‌ها داشته است. هنگامی که مسایل و چالش‌ها درون یک حوزه قرار می‌گیرند، برنامه‌ریزی برای حل آنها ساده‌تر می‌باشد و با شناخت دقیق مساله و بررسی راهکارهای مختلف می‌توان به حل آن مساله اقدام نمود. متأسفانه در دنیای واقعی اغلب مسایل به‌طور کامل درون یک حوزه مثلاً حوزه انرژی قرار نمی‌گیرند و نگاه تک حوزه‌ای به چنین مسایلی موجب می‌شود که بخش‌هایی از مساله دیده نشود. اگرچه ممکن است خطای فوق در ابتدا، بخوبی دیده نشود و یا آثار منفی آن قابل اغماض باشد، اما با گذشت زمان پیامدهای ناشی از این ساده‌سازی‌ها که در مدل به‌کار گرفته شده‌اند خود را نمایان می‌سازند. نگاهی به مساله‌های کلان کشور در حوزه‌های آب، انرژی، محیط زیست و آلودگی هوا، ترافیک، الگوی توسعه صنعتی و الگوی توسعه آموزش عالی و پیچیدگی‌هایی که در هریک از این مسایل وجود دارد به‌خوبی گواه بر این ادعا هستند. ضعف اصلی ما این بوده است که نگاه همه‌جانبه در برنامه‌ریزی برای این مسایل وجود نداشته است و این موجب شده است که امروزه این مسایل باطن پیچیده خود را به برنامه‌ریزان کشور نشان دهند و در خیلی از موارد منجر به بوجود آمدن یک بحران شده‌اند.

ما وقتی مساله توسعه صنعت برق را در نظر داریم، بدیهی است که بایستی با وزارت نفت در سیاست گذاری‌های کلان نفت و گاز با وزارت جهاد و کشاورزی در بخش سیاست‌های آب با سازمان محیط‌زیست و ... هماهنگی داشته باشیم. عدم وجود چنین هماهنگی در اغلب مسایل کلان کشور به چشم می‌خورد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ما بایستی به طور عمیق‌تری دنبال این سوال باشیم که چنین عارضه‌ای از کجا سرچشمه می‌گیرد و چگونه بایستی آن را رفع نمود.

بدیهی است در این نوشته مختصر مجال پرداختن به همه ابعاد این مساله نمی‌باشد و تنها قصد ما این است که اهمیت و نقش برنامه‌ریزی یکپارچه را به‌عنوان یک مساله اصلی کشور در همه‌ی حوزه‌های انرژی، آب، محیط‌زیست و ... متذکر شویم. توجه عمیق به مساله مورد مطالعه اول شرط مواجهه با این مسایل کلان است. به عبارت دیگر مسایل کلان کشور به اتاق فکریایی نیاز دارد که متخصصین کشور از حوزه‌های مختلف در آramش و با پرهیز از شتاب‌زدگی بتوانند همه

حبیب رجبی مشهدی
مدیر مسوول



نگاهی به فعالیت‌های انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران شاخه خراسان

در گفت وگو با دکتر مصطفی رجبی مشهدی

نشریه را به نشریه‌ای موفق و متفاوت تبدیل نموده است.

بازدیدهای علمی راهکاری برای آشنایی بازار برای دانشجویان

برگزاری بازدیدهای علمی و نشست‌های تخصصی و سمینارها از دیگر نقاط قوت این دوره از انجمن بود. دانشجویان گرایش‌های مختلف با انجام این بازدیدها از دیدگاه‌های خوبی برخوردار شدند و ابراز رضایت کردند. این بازدیدها که به‌طور متوسط در هر ماه یک‌بار اتفاق افتاده است مربوط به همه گرایش‌های حوزه مهندسی برق بود و علاوه بر چهار گرایش اصلی قدرت، الکترونیک، مخابرات و کنترل در رشته مهندسی پزشکی هم بازدیدهایی از مراکز مهم مانند بیمارستان امام رضا و بیمارستان رضوی صورت گرفت بازدیدهایی نیز در خارج از مشهد انجام شد که نیازمند برنامه‌ریزی‌های بیشتری بود. هدف از انجام این بازدیدها این بود که دانشجویان قبل از ورود به بازار کار با حضور در این بازدیدها و نشست‌های تخصصی از نزدیک با مراکز مهم و بازار کار آشنا شوند و درباره آنچه به‌عنوان مسایل علمی در دانشگاه فرا می‌گیرند، ابعاد کاربردی درس‌های خود را از نزدیک مشاهده کنند.

برگزاری همایش و سمینارهای تخصصی در راستای ارتباط بین صنعت و دانشگاه

برگزاری سومین همایش فناوری‌های نوین انرژی با همکاری دانشگاه صنعتی سجاد و شرکت برق منطقه‌ای خراسان که با استقبال خوبی از طرف جامعه مهندسان و نظام مهندسی و دانشگاه‌ها و همین‌طور صنعت برق و وزارت نیرو روبه‌رو شد، یکی دیگر از افتخارات این دوره هیات مدیره انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران-شاخه خراسان بود که امیدوارم در دوره‌های بعدی هم تداوم داشته باشد. این همایش که یکی از با کیفیت‌ترین همایش‌هایی بود که در مشهد برگزار شد، با سخنرانی پروفیسور شاهیده‌پور، پروفیسور قره‌پتیان و دکتر غفوری‌فرد رییس انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران همراه بود و سخنرانی‌های خوبی هم از دانشگاه و صنعت صورت گرفت که می‌توان از بین آن‌ها به سخنرانی دکتر حبیب رجبی مشهدی رییس دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی، دکتر اورعی از دانشگاه صنعتی شریف و انجمن بادی ایران، دکتر قاضی‌زاده رییس پژوهشگاه نیرو و دکتر صادق‌زاده مدیر عامل سازمان انرژی‌های نو ایران اشاره نمود که ارتباط دانشگاه و صنعت را در حوزه ملی و کشور نشان می‌داد. سطح علمی این همایش بسیار بالا بود و نشست‌های تخصصی مورد توجه مهندسان قرار گرفت که جا دارد از دانشگاه صنعتی سجاد هم در این زمینه تشکر شود.

پیشنهادهایی برای آینده

یکی از موضوعات مهمی که هم انجمن ایران و هم شاخه خراسان به‌دنبال آن هستند و امیدوارم در دوره‌های بعد هم تداوم داشته باشد، بحث صلاحیت حرفه‌ای مهندسان است. ما اعتقاد داریم دانشجویان بعد از دانش‌آموختگی شرایط لازم برای ورود به بازار کار را ندارند



با توجه به پایان دهمین دوره هیات مدیره انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران-شاخه خراسان گفت‌وگویی با دکتر مصطفی رجبی مشهدی رییس هیات مدیره شاخه خراسان انجام شد. دکتر رجبی در این گفت وگو در گزارشی از فعالیت‌ها و رویکردهای این انجمن در دو سال گذشته ارایه نمود. آنچه در ادامه خواهید خواند برگرفته از این گفت وگو است

هیات مدیره متفاوت دهم از صنعت و دانشگاه

یکی از نقاط قوت و برجسته دوره دهم انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران-شاخه خراسان حضور اشخاص مختلف از صنعت و دانشگاه‌های مختلف در هیات مدیره بود و این تنوع پتانسیل خوبی برای انجمن ایجاد کرد. این موضوع برنامه‌ریزی‌های بلند مدتی را در پی داشت که با تشکیل کارگروه‌های مختلف فعالیت‌های متفاوتی شکل گرفت. کارگروه مربوط به نشریه، یکی از فعال‌ترین کارگروه‌ها بود که باعث تعامل بیشتر صنعت و دانشگاه شد و نشریه عصربرق که در حال حاضر هفتمین شماره آن در حال انتشار است به‌طور مرتب هر فصل یک شماره منتشر شد و خوشبختانه با تلاش و حمایت‌های قابل تشکر و تقدیر آقای دکتر غفوری‌فرد رییس هیات مدیره انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران و آقای دکتر قره‌پتیان و زحمات مدیر مسوول و سردبیر، این نشریه توانست امتیاز علمی-ترویجی از وزارت علوم دریافت کند و در ترویج مهندسی برق در همه‌ی گرایش‌ها موثر باشد. یکی از نقاط متمایز این نشریه این است که تاکنون نشریه علمی-ترویجی در حوزه مهندسی برق وجود نداشت و این نیز به‌عنوان یک افتخار علمی برای انجمن شاخه خراسان که همواره به‌عنوان یک شاخه پیشرو خود را نشان داده است ثبت شد و آنچه در این نشریه شاهد هستیم علاوه بر مقاله‌های علمی، انعکاس دیدگاه‌های صاحب‌نظران در زمینه مسایل روز مهندسی برق و طرح پایان‌نامه‌های موفق و درج مقاله‌های کاربردی خوبی است که این



به‌طور قطع برای توسعه این موضوع حضور و همکاری صنعت بسیار تاثیرگذار خواهد بود.

یکی از مواردی که می‌تواند به اعتبار و شکل‌گیری بهتر فعالیت‌های انجمن کمک کند، ورود انجمن به مباحثی است که منافع اعضا را تامین کند. اگر سازمان نظام مهندسی ساختمان مورد توجه اعضای آن قرار می‌گیرد، به دلیل کسب درآمدی است که برای اعضا ایجاد نموده است. بنابراین ورود انجمن به بحث‌هایی مانند صلاحیت حرفه‌ای مهندسان می‌تواند رونق فعالیت‌های انجمن را در پی داشته باشد. انجمن اگر بتواند با برگزاری دوره‌هایی باعث ارتقای توان فنی و مهندسی اعضا برای جذب در کارهای مهندسی اعم از بخش دولتی یا خصوصی شود و از طرف دیگر باعث معرفی مهندسان صاحب صلاحیت به بازار کار گردد، نقش انجمن ارتقا پیدا خواهد کرد، جایگاه اجتماعی و حرفه‌ای خود را خواهد یافت و عضویت‌ها هم به‌صورت موثر و ثمربخش خواهد بود.

در حال حاضر جایگاهی برای دفاع از مطالبات مهندسان وجود ندارد و انجمن می‌تواند این جایگاه را به‌دست بیاورد و نقشی فراتر از آنچه تاکنون داشته‌است را بر عهده بگیرد.

ما الان در بخش‌های مختلف موضوعاتی در ارتباط با مهندسی برق داریم که یا از آن‌ها غفلت شده است یا به‌صورت جدی و عمیق به آن‌ها پرداخته نشده است. از جمله در بخش ساختمان اگر چه تعدادی از مهندسان هم در هیأت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان حضور دارند اما حقیقت این است که موضوعات مربوط به برق در آن‌جا به‌صورت عمیق و تخصصی نمی‌تواند مورد توجه قرار گیرد. موضوعی مانند عایق‌بندی هنوز به‌عنوان یک کار لوکس مورد توجه قرار می‌گیرد و آن‌چه در ساختمان سبز باید مورد توجه قرار گیرد، در اولویت نیست. امروزه بحث CHP و ساختمان‌های هوشمند و استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان‌ها به‌همراه موضوعات متعدد و متنوع دیگری که به بحث انرژی در ساختمان‌ها مربوط می‌شود شاید به این دلیل که به‌صورت تخصصی و عمیق به آن‌ها پرداخته نمی‌شود در حاشیه قرار گرفته‌اند. این موضوعات می‌تواند در یک سازمان نظام یافته مانند سازمان نظام مهندسی برق مورد توجه قرار گیرد اما در حال حاضر که چنین سازمانی وجود ندارد، انجمن می‌تواند موثرتر باشد و چنین نقشی را بر عهده گیرد.

چون در نظام آموزشی ما کمتر به آموزش‌های حرفه‌ای و کارآموزی توجه می‌شود و اشخاصی که وارد بازار کار می‌شوند یا تجربه کاری ندارند یا این که اطمینان لازم نسبت به آن مهندس وجود ندارد. کاری که انجمن باید انجام دهد این است که باید دوره‌هایی را برای این افراد برگزار کند تا صلاحیت لازم را برای ورود به بازار کار کسب نمایند و در پایان آزمون‌هایی نیز برگزار شود تا میزان موفقیت مهندسان در این دوره‌ها را مشخص نماید. این آزمون‌ها و دوره‌ها در دنیا هم با عنوان PE و PO وجود دارد و امیدواریم در ایران نیز شکل جدی‌تری به‌خود بگیرد.

یکی از خلاءهایی که در بخش آموزش وجود دارد بحث کارهای عملی و آزمایشگاهی است که انجمن می‌تواند با برگزاری سلسله بحث‌هایی در این زمینه و با ایجاد کانال‌های ارتباطی با صنعت آموزش‌های دانشگاهی را تکمیل کند.

شکل‌گیری کارگروه پژوهشی یکی دیگر از فعالیت‌هایی بود که در برنامه‌ریزی‌های این دوره وجود داشت و امیدواریم در آینده با فعالیت خود باعث ارتباط بیشتر دانشجویان دانشگاه‌ها با بدنه صنعت بشوند. به نظر می‌رسد در این قسمت اگر بیشتر و متمرکزتر کار شود آثار مفیدی برای جامعه مهندسی خواهد داشت. به هر حال انجمن یک انجمن علمی است و با ایجاد روحیه پژوهش‌های کاربردی می‌تواند در بسیاری از موضوعات روز اظهار نظر کارشناسی ارائه کند. این موضوع می‌تواند برای رشد مهندسی مفید و گامی در جهت بهبود وضعیت آموزشی باشد.

همان‌طور که اشاره شد در بخش کارآموزی، دانشجویان دچار سردرگمی هستند این که به کجا معرفی شوند و آیا مورد پذیرش از طرف صنعت قرار خواهند گرفت یا نه مشکلاتی است که با آن روبه‌رو هستند و انجمن در این رابطه می‌تواند بسیار راهگشا باشد تا در شناسایی محل‌های کارآموزی به دانشجویان کمک کند. در بسیاری از کشورها دو سال از ۵ سال دوره کارشناسی را به کارآموزی اختصاص می‌دهند اما در کشور ما این مدت به دو تابستان و به تازگی به یک دوره ۴۵ روزه کاهش یافته است که نه دانشجوی رغبت به انجام آن دارد و نه از طرف دانشگاه‌ها امکان برگزاری این دوره به‌صورت مطلوب فراهم می‌شود.

طرح رتبه‌بندی مشاوران هم از جمله مسائلی بود که باید بیشتر به آن پرداخته می‌شد اما در این دوره توفیق زیادی حاصل نشد و



بررسی فنی و اقتصادی اثر نصب سنسور هوشمند بر تعمیرات پیش‌بینانه و قابلیت اطمینان پست

زهرا کیانی خضری/ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر / دانشگاه حکیم سبزواری/zohre1992kiani@gmail.com

محمد ابراهیم حاجی‌آبادی/ استادیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر / دانشگاه حکیم سبزواری/me.hajiabadi@hsu.ac.ir

چکیده

هدف از این مقاله آنالیز هزینه‌ی کلی دو مدل ۱- تعمیر و خرابی ۲- تعمیر و نگهداری، در حضور سنسورهای هوشمند بر روی تجهیز پست است. برای رسیدن به این هدف در این مقاله راهکاری سه‌گامی ارائه شده است. در گام نخست، مدل ریاضی خرابی تجهیز در اثر نصب سنسورهای هوشمند توسعه داده شده است. در این مدل ریاضی عوامل خرابی و تعداد رخدادهای خرابی دیده شده است. همچنین میزان تأثیرپذیری نرخ خرابی در اثر نصب سنسور هوشمند با استفاده از مدل ریاضی بیان شده است. سپس با کمک روش مینیمال کات ست، قابلیت اطمینان پست در دو حالت: نخست بدون مانیتورینگ هوشمند تجهیز و دوم با مانیتورینگ هوشمند تجهیز بررسی شده است. در گام دوم به بررسی مدل‌های تعمیر و نگهداری پرداخته می‌شود. سپس مدل جدید مارکوف برای تعمیر و نگهداری پیش‌بینانه پیشنهاد می‌شود. مدل پیشنهادی ترکیبی از تعمیر و نگهداری پیشگیرانه و پیش‌بینانه Integrated Preventive and Predictive Maintenance Markov (IPPM) است. در گام سوم با ارزیابی مدل مارکوف جدید، تخمین دقیق‌تری برای زیاد شدن عمر تجهیز و هزینه‌ها خواهیم داشت. سپس با در نظر گرفتن منحنی بار Load Duration Curve (LDC)، مقدار انتظاری انرژی تامین نشده Expected Energy Not Served (EENS) را برای دو حالت اول پست بدون مانیتورینگ هوشمند و دوم پست با مانیتورینگ هوشمند بررسی شده است. در نهایت هزینه‌ی کلی مربوط به بخش فرآیند تعمیر و فرآیند تعمیر و نگهداری با یکدیگر قیاس می‌شوند. نتایج مطالعات انجام شده بر روی بریکرهای پست حلقوی مورد مطالعه نشان می‌دهد که با نصب سنسورهای هوشمند بر روی بریکر، نرخ خرابی به اندازه‌ی ۵۸.۷۷٪ بهبود می‌یابد. به علاوه به دلیل بهبود نرخ خرابی و تشخیص زودهنگام خرابی‌های جزئی، طول عمر بریکر ۱.۹۲۶ افزایش می‌یابد. از طرفی احتمال از دست رفتن پایانه در پستهای مجهز به سنسورهای هوشمند، ۴۷.۵۴٪ بهبود می‌یابد. در نهایت هزینه‌ی کلی مربوط به دو مدل: ۱- مدل تعمیر و نگهداری ۲- مدل تعمیر و خرابی، در پست‌های هوشمند ۲۸۸ هزار دلار کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: قابلیت اطمینان تجهیز، پایش شبکه هوشمند، مدل تعمیر و خرابی، مدل تعمیر و نگهداری، سنسورهای هوشمند.

ترانسفورماتورها: سیستم مانیتورینگ بایستی به صورت مداوم رانده مان و سلامت، تخمین درجه حرارت موقعیت، بار تپ چنجر مربوط به ترانسفورماتور را مانیتور کند.

بریکرها: سیستم مانیتورینگ باید یک ارزیابی از سطح عایق گازی یا روغن، عملکرد و سلامت بریکرها، برنامه‌های تعمیر و نگهداری مناسب را تهیه کند.

به همین ترتیب تشخیص خرابی‌ها راحت‌تر می‌شود. همچنین بدون دخالت اپراتور، خرابی‌ها توسط سیستم هوشمند تعبیه شده بر روی تجهیز، شناسایی می‌شوند. در مرجع [۱۴]، ابتدا به کمک آمار حوادث، عوامل مؤثر در ایجاد خطای تجهیز و درصد مشارکت هریک از عوامل تعیین می‌گردد. در نتیجه نرخ خرابی تجهیز به کمک مجموع نرخ خرابی ناشی از وقوع عوامل مختلف مدل‌سازی می‌شود. در این مرجع فرض شده است به ازای هریک از عوامل مؤثر در نرخ خرابی، یک فعالیت تعمیر پیشگیرانه وجود دارد. به‌طوری‌که با انجام هر تعمیر پیشگیرانه، اثر عامل خرابی مربوط به آن در نرخ خرابی تجهیز، به مقدار مفروض کاهش می‌یابد. مرجع [۱۵] اثر پیری را بر قابلیت اطمینان مدارشکن‌ها مدل‌سازی نموده و به کمک آن به بررسی اثر تعمیر و نگهداری بر قابلیت اطمینان مدارشکن‌ها می‌پردازد.

برخلاف برخی از مراجع که تاثیر تعمیرات را به‌صورت قطعی در نظر می‌گیرند، مدل‌های احتمالی نیز برای تعمیرات وجود دارد که فرآیندهای فرسودگی و خرابی تجهیزات به‌صورت فرآیندی تصادفی مدل می‌شود [۱۶]. خرابی‌های فاجعه‌بار تجهیزات موجب تلفات اقتصادی قابل توجهی و کاهش قابلیت اطمینان سیستم قدرت می‌شود. به منظور کاهش خرابی‌های فاجعه‌بار، تعمیر و نگهداری انجام شده است. تعمیر و نگهداری تجهیزات باید به‌صورت مطلوب باشد و تبادل بین قابلیت اطمینان و هزینه برقرار شود [۱۷].

مرجع [۱۸]، مدل ترکیبی از هر دو حالت تعمیر و پیری برای فعالیت‌های تعمیر و نگهداری را ارائه می‌دهد. بر اساس این مدل روشی برای بهینه‌سازی فاصله‌ی زمانی بازرسی بیان شده است. روش پیشنهادی در مرجع [۱۸] می‌تواند فاصله‌ی زمانی بازرسی را بهینه‌سازی کند، توسط کمینه کردن هزینه‌های کلی که شامل هزینه‌های تعمیر و نگهداری، خرابی، تعمیر، جایگزینی (تعویض)، هزینه‌های سر زدن می‌باشد.

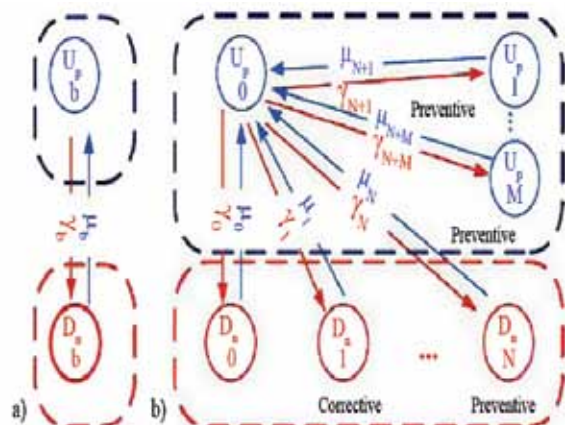
۱-۱-هدف، روش و نوآوری

اعمال مانیتورینگ هوشمند می‌تواند باعث تغییر برنامه‌های تعمیر و نگهداری تجهیزات پست شود. از طرفی نصب سنسورهای هوشمند مقادیر میانگین نرخ خروج تجهیزات در سال را دستخوش تغییر قرار می‌دهد. هدف از این مقاله بررسی اثر نصب سنسورهای هوشمند بر روی فرآیند هر دو مدل ۱- مدل تعمیر و خرابی ۲- مدل تعمیر و نگهداری بر روی تجهیزات پست می‌باشد. همچنین ارزیابی پارامترهای قابلیت اطمینان و تاثیرپذیری پارامترهایی همچون هزینه کلی مربوط به هر دو مدل و طول عمر تجهیز است. برای رسیدن به این هدف در این مقاله ۳ گام اساسی برداشته شده است.

گام نخست: در گام نخست مدل ریاضی خرابی تجهیز در اثر نصب سنسورهای هوشمند توسعه داده شده است. در این مدل ریاضی عوامل خرابی و تعداد رخدادها خرابی دیده شده است. همچنین میزان تاثیرپذیری نرخ خرابی در اثر نصب سنسور هوشمند با استفاده از مدل ریاضی بیان شده است. سپس با کمک روش مینیمال کاتست، قابلیت اطمینان پست در دو حالت: نخست بدون مانیتورینگ هوشمند تجهیزات و دوم با مانیتورینگ هوشمند تجهیزات بررسی شده است.

در دنیای روبه‌رشد امروزی، تامین انرژی مورد نیاز بخش‌های مختلف به‌خصوص بخش‌های صنعت، به شیوه مداوم و مطمئن از اهمیت بسزایی برخوردار است. از این‌رو در سال‌های اخیر، بسیاری از شرکت‌های تامین‌کننده انرژی الکتریکی به سمت بهبود کیفیت خدمات‌رسانی به مشترکان خود رفته‌اند. یک سیستم قدرت متشکل از تعداد زیادی پست فوق‌توزیع و انتقال است که عملکرد صحیح پست‌ها مضمن عملکرد صحیح سیستم قدرت است. حوادث رخ داده در پست قابلیت پخش در کل شبکه و در نتیجه منجر به قطع بار تعداد زیادی مشترک می‌شود. بنابراین حداقل نمودن قطعی مشترک ناشی از حوادث پست می‌تواند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. در سال‌های اخیر روش‌های نوین تعمیرات در پست‌های برق فشارقوی با هدف کاهش حوادث پست رشد چشم‌گیری داشته است. از طرفی شبکه‌ی هوشمند یک شبکه‌ی برق مدرن است. امروزه بیشتر از همیشه، عملکرد قابل اعتماد سیستم‌های قدرت بستگی به کاربرد گسترده‌ای از ارتباطات و فناوری دارد. همچنین ساخت سنسورهای هوشمند با قابلیت‌های ارتباطی و اتصال به شبکه، نقطه شروعی برای بهره‌مندی از کاربردهای یک سیستم اتوماسیون همگون یکپارچه است. یکی از این کاربردها استفاده در حوزه تعمیرات است. پروژه اجرا شده در سان‌دیگو، جنوب کالیفرنیا توسط کمپانی SDG&E (San Diego Gas & Electric) نشان می‌دهد که با نصب ۸۹ سنسور بی‌سیم در دو پست برق فشارقوی و مانیتورینگ آن در یک نقطه، از وقوع خطاهای اساسی در پست جلوگیری می‌شود [۱]. همچنین نقش سنسورهای هوشمند در بهبود بهره‌برداری و افزایش قابلیت اطمینان تجهیزات فشارقوی در ایالت متحده آمریکا نیز بررسی شده است [۲]. بنابراین، توسعه شبکه هوشمند قابلیت‌های جدیدی را برای مانیتورینگ هوشمند ارائه می‌دهد [۳]. مانیتورینگ شبکه هوشمند باعث بهینه‌سازی منابع، بهبود ظرفیت‌های موجود از اجزای سیستم قدرت، مدیریت و کاهش هزینه‌ها و همچنین باعث تحقق بهره‌برداری اقتصادی شبکه هوشمند می‌شود [۴]. علاوه بر این، با استفاده از مانیتورینگ هوشمند بر روی اجزای سیستم قدرت، خرابی‌های در حال پیشروی و توسعه قبل از آنکه منجر به یک شکست فاجعه‌بار شوند، شناسایی می‌شوند [۵-۸]. بنابراین نیاز به سرکشی و تعمیرات دوره‌ای منظم در پست‌ها مرتفع شده و هزینه‌های مربوطه را کاهش می‌دهد [۹].

مطالعاتی در زمینه‌ی ارزیابی قابلیت اطمینان یک سیستم قدرت با کاربرد شبکه هوشمند انجام شده است. در مرجع [۱۰] روشی برای بهبود قابلیت اطمینان سیستم قدرت با استفاده از سیستم‌های نظارت بر اساس شرایط و وضعیت ارائه شده است. همچنین CB^۱ها و ترانسفورماتورهای کلیدی به‌منظور افزایش قابلیت اطمینان سیستم قدرت شناسایی می‌شوند. فرمول ارائه شده در [۱۱] بر اساس یک مدل مارکوف چند حالت می‌باشد که نرخ خرابی و نرخ تعمیر اجزای پست را در دو حالت: با مانیتورینگ هوشمند و بدون مانیتورینگ هوشمند تعیین و مقایسه می‌شوند. با این حال تمرکز بر روی قابلیت اطمینان یک پست بوده است. مرجع [۱۲] وضعیت‌های مختلف مانیتورینگ هوشمند سیستم قدرت را معرفی می‌کند و یک مدل ریاضی بر پایه‌ی مدل مارکوف، برای بیان اثرات مثبت مانیتورینگ هوشمند بر روی قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت تعیین می‌کند. فرمول عددی برای محاسبه‌ی به‌روز نرخ‌های خرابی و نرخ‌های تعمیر تجهیزات قدرت ارائه شده است. کاربرد اصلی مانیتورینگ شبکه‌های هوشمند در سیستم قدرت شامل موارد زیر است [۱۳]:



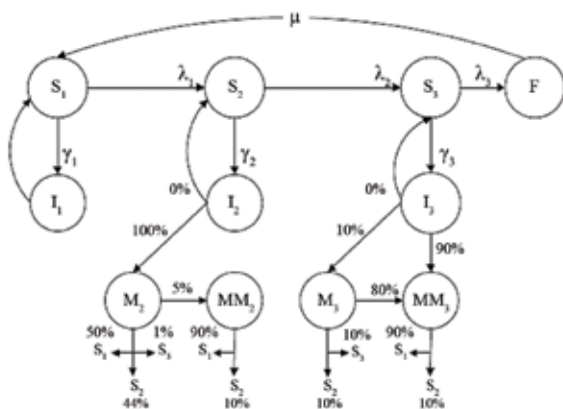
شکل ۱: مدل مارکوف تعمیر و خرابی یکی از تجهیزات قدرت (a) بدون مانیتورینگ هوشمند و (b) با مانیتورینگ هوشمند [۱۱]

در شکل (b.1)، Up_1-Up_M و Dn_0-Dn_N در حقیقت از تقسیم کردن Dn_b به دست می‌آید. Dn_0 تا Dn_N حالت‌های جدید Down پیشگیرانه است و همچنین Up_1 تا Up_M حالت‌های جدید Up پیشگیرانه برای زمانی که خرابی‌ها پیش‌بینی می‌شوند، می‌باشد. اصلاح λ در اثر نصب سنسور هوشمند نیاز به مدل ریاضیاتی خرابی تجهیز دارد. که در بخش ۳، به مدل‌سازی تحلیلی نصب سنسور هوشمند و آرایه‌ی مدل ریاضی برای خرابی تجهیز پرداخته شده است.

۳-۲- مدل تعمیر و نگهداری

در تعمیرات پیشگیرانه تجهیزات به‌صورت دوره‌ای مورد بازرسی و تعمیر و نگهداری قرار می‌گیرند. جهت بررسی کمی از تعمیرات پیشگیرانه بر فرآیند پیری و پارامترهای قابلیت اطمینان تجهیز از مدل مارکوف استفاده می‌شود.

شکل (۲)، نمونه یک state diagram برای تعمیر و نگهداری تجهیز را نشان می‌دهد که فرآیند فرسودگی تجهیز در آن لحاظ شده است [۱۶].



شکل ۲: نمونه‌ی یک دیاگرام حالت برای تعمیر و نگهداری [۱۶]

فرآیند فرسودگی تجهیز در شکل (۲) به کمک سه وضعیت S_1 ، S_2 و S_3 نشان داده شده است. در این سه وضعیت با وجود فرسودگی، تجهیز عملکرد صحیح دارد. در صورتی که هیچ نوع تعمیر و نگهداری روی تجهیز انجام نشود. با ادامه فرآیند فرسودگی و عبور از وضعیت‌های

لازم به ذکر است که مطالعات قابلیت اطمینان در گام نخست برای خروجی‌های اتفاقی و خرابی‌های برنامه‌ریزی نشده می‌باشد. برای مطالعه‌ی تعمیرات پیش‌بینانه و خروجی‌های برنامه‌ریزی شده به بیان گام دوم می‌پردازیم.

گام دوم: در گام دوم به بررسی مدل‌های تعمیر و نگهداری پرداخته می‌شود. سپس مدل جدید مارکوف برای تعمیر و نگهداری پیش‌بینانه پیشنهاد می‌شود. مدل پیشنهادی ترکیبی از تعمیر و نگهداری پیشگیرانه و پیش‌بینانه (مدل IPPM) است.

گام سوم: در گام سوم با ارزیابی مدل مارکوف جدید، تخمین دقیق‌تری برای زیاد شدن عمر تجهیز و هزینه‌ها خواهیم داشت. سپس با در نظر گرفتن منحنی LDC، مقدار EENS را برای دو حالت: نخست پست بدون مانیتورینگ هوشمند و دوم پست با مانیتورینگ هوشمند بررسی شده است. در نهایت هزینه‌ی کلی مربوط به بخش فرآیند تعمیر و فرآیند تعمیر و نگهداری با یکدیگر قیاس می‌شوند. مطالعه انجام شده بر روی بریکرهای پست رینگ انجام شده است. در این مطالعه ابتدا نشان داده شده است که با نصب سنسورهای هوشمند بر روی بریکر، نرخ خرابی به اندازه‌ی ۵۸٫۷۷٪ بهبود می‌یابد. به‌علاوه به دلیل بهبود نرخ خرابی و تشخیص زود هنگام خرابی‌های جزئی، طول عمر بریکر ۱٫۹۲۶ افزایش می‌یابد. از طرفی احتمال از دست رفتن پایانه در پست‌های مجهز به سنسورهای هوشمند، ۴۷٫۵۴٪ بهبود می‌یابد. در نهایت هزینه‌ی کلی مربوط به دو مدل: ۱- مدل تعمیر و نگهداری ۲- مدل تعمیر و خرابی، در پست‌های هوشمند ۲۸۸ هزار دلار کاهش می‌یابد.

۲-۱- ساختار مقاله

در ادامه در بخش دوم تاثیر مانیتورینگ هوشمند بر قابلیت اطمینان سیستم قدرت بررسی شده است. بخش سوم به مدل‌سازی تحلیلی نصب سنسورهای هوشمند در مطالعه‌ی قابلیت اطمینان تجهیز پرداخته شده است. در بخش چهارم مدل جدید مارکوف برای فرآیند تعمیر و نگهداری پیش‌بینانه آرایه شده است. سپس بخش پنجم به ارزیابی هزینه‌ی کلی دو مدل ۱- مدل تعمیر و خرابی ۲- مدل تعمیر و نگهداری، در حالت‌های PM^2 و PDM^2 پرداخته شده است. در نهایت در بخش ششم مطالب بررسی شده در بخش‌های قبلی بر روی مورد مطالعاتی پیاده‌سازی شده است و به تجزیه و تحلیل و آنالیز هزینه‌ها پرداخته شده است.

۲- بیان مساله

مانیتورینگ شبکه‌ی هوشمند اقدامات پیشگیرانه را به‌منظور حفظ قابلیت اطمینان شبکه انجام می‌دهد. زمانی که یک خرابی در قسمتی از شبکه‌ی قدرت رخ می‌دهد، مانیتورینگ هوشمند با اقدامات پیشگیرانه باعث می‌شود که اپراتورها قادر به تشخیص به موقع بخش‌های معیوب و همچنین کاهش زمان تعمیر و افزایش نرخ تعمیر شوند [۱۹].

۲-۱- مدل تعمیر و خرابی

سیستم قدرت در حالت بدون مانیتورینگ با دو حالت Up و Dn^f فرض شده است. شکل (a.۱)، مدل قابلیت اطمینان دو حالت مارکوف برای یکی از تجهیزات را نشان می‌دهد. توسعه و نفوذ شبکه‌ی هوشمند و آرایه‌های جدید برای افزایش قابلیت اطمینان شبکه‌های قدرت به‌واسطه‌ی افزایش زمان‌های Up بودن و کاهش زمان‌های $Down$ بودن، می‌باشد. از طرفی در حالت مانیتورینگ هوشمند، حالت‌های Up و Dn جدید ایجاد می‌شود. شکل (b.۱)، مدل چند حالتی برای یکی از تجهیزات با مانیتورینگ هوشمند را نشان می‌دهد.

احتمالی، نرخ انتقال لحظه‌ای و بردار احتمال حالت دائم را به دست می‌آوریم. با توجه به پیوسته بودن زمان، می‌توان نرخ انتقال از حالت i به حالت j را به صورت q_{ij} تعریف نمود.

ماتریس Q شامل نرخ‌های انتقال می‌باشد، که به صورت رابطه‌ی (۱) بیان می‌گردد [۲۲].

$$Q = [q_{ij}], \quad \forall i, j \in K \quad (1)$$

عناصر قطر اصلی ماتریس Q به صورت $q_{ii} = -\sum_{j \neq i} q_{ij}$ تعریف می‌گردد [۲۲].

با توجه به مستقل از زمان بودن احتمال‌های حالت دائم، می‌توان ارتباط بین احتمال حضور و نرخ‌های انتقال را برای حالت دائم به صورت رابطه‌ی (۲) نوشت [۲۲].

$$\Pi Q = 0 \quad (2)$$

با داشتن نرخ‌های انتقال و با کمک معادله (۲) و نیز با توجه به اینکه مجموع احتمال‌ها برابر واحد است می‌توان بردار احتمال‌های حالت دائم Π را به دست آورد.

ماتریس Q برای تعیین تعداد متوسط مراحل زمانی (شاخص دوره‌ای)، قبل از ورود سیستم به حالت ماندگار (وضعیت F) به کار می‌رود. پس سطر و ستون مربوط به حالت ماندگار حذف می‌شود (Q'). برای فرایند مارکوف رابطه‌ی (۳) را بیان می‌نماییم که از روش تعیین مدت میانگین MTTF قبل از ورود سیستم به وضعیت ماندگار استفاده می‌شود [۲۳].

$$MTTF = -[Q']^{-1} \quad (3)$$

از روی ماتریس $MTTF^A$ میانگین زمانی که طول می‌کشد از هر state خارج شویم به دست می‌آید.

شیوه‌ی ارزیابی شاخص فراوانی وقوع از کارافتادن بر مبنای رابطه‌ی (۴) استوار است.

$$T = \frac{1}{f_i} \quad (4)$$

$$f_i = \Pi_i \times \left(\sum_j \lambda_j \right)$$

بنابراین Π_i نمایانگر احتمال برقراری حالت i ام و همچنین نمایانگر جمع نرخ‌های خروج از حالت i ام می‌باشد.

محاسبه‌ی طول عمر یا میانگین مدت زمان برای تعویض^۹، از معکوس فراوانی وقوع حالت خرابی به دست می‌آید. برای محاسبه طول عمر رابطه‌ی (۵) را بیان می‌نماییم.

$$\text{Life Time or Mean time to Replacment} = \frac{1}{f_i} \quad (5)$$

جهت ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم قدرت از برنامه RCOPS^{۱۰} استفاده می‌شود. این برنامه تحت نرم‌افزار Matlab طراحی شده است [۲۴]. برنامه‌ی RCoPS، قابلیت اطمینان پست‌ها را با کمک روش مینیمال کاتست بررسی می‌کند. ساختار پست و اطلاعات قابلیت اطمینان تجهیزات آن به عنوان ورودی گرفته می‌شود. سپس با کمک روش مینیمال کاتست نرخ خرابی و زمان تعمیر پایانه‌های پست به همراه کاتست‌های با مد مشترک مشخص می‌شوند. شکل (۴) ساختار برنامه RCoPS را نمایش می‌دهد.

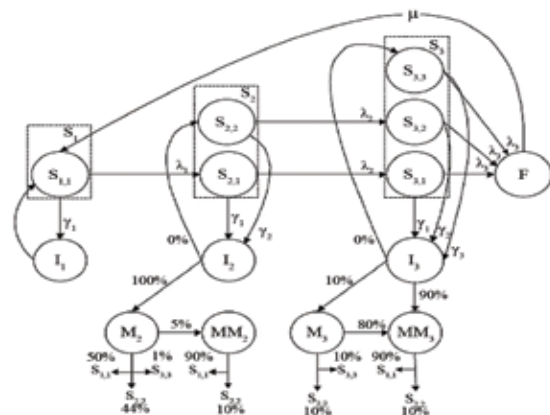
با نصب سنسور هوشمند رویکرد تعمیرات از پیشگیرانه به

S_1 ، S_2 و S_3 تجهیز سرانجام وارد وضعیت خرابی F خواهد شد. در وضعیت F تجهیز نیاز به جایگزین شدن دارد و بعد از جایگزینی تجهیز جدید دوباره به وضعیت S_1 برگردانده می‌شود.

در شکل (۲)، λ_1 ، λ_2 و λ_3 (یا نرخ روند پیری تجهیز) بین وضعیت‌های مختلف است. I_1 ، I_2 و I_3 وضعیت‌های بازرسی^۶ تجهیز است و نرخ‌های بازرسی تجهیز است. در هریک از وضعیت‌های بازرسی تصمیم گرفته می‌شود که با توجه به شرایط فیزیکی تجهیز، چه نوع تعمیری بر روی آن انجام شود. وضعیت‌های M و MM به ترتیب نشان‌دهنده تعمیرات پیشگیرانه جزئی و اساسی^۷ است. بعد از انجام تعمیرات پیشگیرانه جزئی و اساسی، با توجه به احتمال‌های نشان داده شده در شکل، ممکن است وضعیت تجهیز بهتر شود، در همان وضعیت قبلی باقی بماند و یا حتی به دلیل اشتباهات انسانی بدتر شود.

در مرجع [۲۰]، مدل اشاره شده در شکل (۲) به کمک روش شبیه‌سازی مونت کارلو توسعه داده شده است. هدف از این توسعه تعیین نرخ‌های بازبینی و بر اساس میزان فرسودگی تجهیز می‌باشد. در این مرجع میزان فرسودگی تجهیز در زمان بازبینی و یا تعمیرات مشخص شده است.

مرجع [۲۱] نیز با هدف تعیین نرخ‌های بازرسی بر اساس میزان فرسودگی تجهیز اقدام به توسعه مدل مارکوف فرسودگی مطابق شکل (۳) نموده است.



شکل ۳: دیاگرام حالت جدید مدل تعمیر و نگهداری [۲۱]

برای نمونه در مدل شکل (۳)، برای وضعیت فرسودگی S_2 دو وضعیت $S_{2,1}$ و $S_{2,2}$ در نظر گرفته شده است. در وضعیت $S_{2,1}$ تجهیز به وضعیت فرسودگی S_2 وارد شده است. ولی چون اپراتور متوجه این تغییر وضعیت نیست بازرسی همچنان با نرخ انجام می‌شود. در این حالت بعد از انجام اولین بازرسی یا تعمیر، وضعیت فرسودگی تجهیز مشخص خواهد شد. به همین دلیل بعد از وضعیت‌های M_2 ، I_2 و MM_2 امکان انتقال به وضعیت $S_{2,2}$ وجود دارد. به عبارت دیگر در وضعیت $S_{2,2}$ تجهیز به مرحله فرسودگی دوم وارد شده است و چون اپراتور از این شرایط اطلاع دارد، بازرسی با نرخ جدید انجام می‌شود.

با توجه به معادلات حاکم بر روندهای مارکوفی [۲۲]، شاخص‌های مهم قابلیت اطمینان شامل: شاخص‌های احتمالی، شاخص‌های فرکانسی، شاخص‌های دوره‌ای می‌باشد. برای محاسبه‌ی شاخص‌های

پیش‌بینانه تغییر نموده است. اما مدل مارکوف برای نشان دادن اثر PDM (سنسور هوشمند) در فرآیند تعمیر و نگهداری تجهیز ارایه نشده است. بنابراین در بخش ۴، برای مطالعه‌ی تعمیرات پیش‌بینانه و خروجی‌های برنامه‌ریزی شده، به ارایه‌ی مدل مارکوف جدیدی برای تعمیر و نگهداری می‌پردازیم. سپس در بخش ۵، با اجرای برنامه RCOPS شاخص‌های قابلیت اطمینان پست بدون سنسورهای هوشمند و پست مجهز به سنسورهای هوشمند محاسبه می‌شود.



شکل ۴: فرآیند محاسبه قابلیت اطمینان هر پست در RCOPS

۳- مدل‌سازی تحلیلی نصب سنسور هوشمند بر پارامترهای قابلیت اطمینان تجهیز

استفاده از سنسورهای هوشمند در پست‌های برق فشارقوی نقش مهمی را در بهبود بهره‌برداری، مانیتورینگ زمان واقعی، جلوگیری از خرابی‌های اساسی در تجهیزات و به طبع آن افزایش پایداری شبکه قدرت ایفا می‌کند. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که با اندازه‌گیری پارامترها و کمیت‌های ویژه در تجهیزات قدرت توسط سنسورهای هوشمند، امکان پیش‌بینی خطاهای ممکن در تجهیزات میسر می‌شود.

هدف از این زیر بخش بررسی اثر نصب سنسورهای هوشمند در پست و اعمال تعمیرات پیش‌بینانه بر قابلیت اطمینان پست فوق توزیع و انتقال می‌باشد. در برنامه‌ریزی تعمیرات پیشگیرانه که بر مبنای برنامه‌ریزی زمانی انجام می‌گیرد، تعمیرات تجهیزات بدون در نظر گرفتن وضعیت هر تجهیز، مطابق با برنامه‌های از پیش تعریف شده انجام می‌شود. این امر علاوه بر افزایش احتمال خرابی تجهیزات، باعث صرف هزینه زیادی در بخش تعمیر و نگهداری از پست‌ها می‌شود. بنابراین با نصب سنسورهای هوشمند و انجام تعمیرات پیش‌بینانه بر اساس نیاز تجهیزات می‌توان هزینه‌های تعمیرات را کاهش و قابلیت اطمینان را افزایش داد.

مسئله با نصب سنسور هوشمند بر یک تجهیز مجموعه‌ای از عوامل خرابی تجهیز قبل از تبدیل به خرابی کلی^{۱۱} در مرحله خرابی

جزئی^{۱۲} توسط سنسور هوشمند تشخیص و با خروج برنامه‌ریزی شده توسط تعمیر و نگهداری پیش‌بینانه^{۱۳} اصلاح می‌گردد. بنابراین جهت مدل‌سازی تحلیلی اثر نصب سنسور هوشمند بر قابلیت اطمینان تجهیز، نیاز به مدل نمودن عوامل خرابی به همراه فرکانس خرابی آنها در هر تجهیز می‌باشد. از این رو مجموعه عوامل خرابی تجهیز A که شامل X نوع خرابی می‌باشد در (۶) تعریف می‌نماییم:

$$A = \{A_x\}, \quad x = 1, \dots, X \quad (6)$$

که A_x عامل خرابی نوع x ام برای تجهیز A می‌باشد. مجموعه تعداد رخداد خرابی‌ها را مطابق f_A در (۷) تعریف می‌نماییم:

$$f_A = \{n_x\}, \quad x = 1, \dots, X \quad (7)$$

که n_x تعداد رخداد خرابی نوع A_x در دوره زمانی مطالعه است. در معادله (۸) رابطه‌ی کلی نرخ خرابی بیان شده است [۲۵]:

$$\lambda = \frac{\text{تعداد خرابی در یک سیکل زمانی}}{\text{زمان سیکل}} \quad (8)$$

در این صورت نرخ خرابی تجهیز A در دوره زمانی مطالعه طبق رابطه (۹) می‌باشد:

$$\lambda_A = \sum_{x=1}^k n_x \quad (9)$$

در این صورت λ_{down} بدون حضور سنسورهای هوشمند، برابر می‌باشد. **۳-۱- مدل‌سازی تحلیلی سنسور هوشمند در مطالعه قابلیت اطمینان تجهیز**

فرض می‌شود سنسور sen بتواند مجموعه‌ای از عوامل خرابی تجهیز A را مطابق با رابطه‌ی (۱۰) تشخیص دهد:

$$A_{\text{detection, sen}} = \{A_y\}, \quad y \in x \quad (10)$$

مجموعه تعداد رخدادهای خرابی‌های تشخیص داده شده با سنسور sen در (۱۱) تعریف می‌شود:

$$f_{\text{detection, sen}} = \{n_y\}, \quad y \in x \quad (11)$$

که n_y تعداد رخداد خرابی نوع A_y تشخیص داده شده توسط سنسور sen، در دوره زمانی مورد مطالعه است. در این صورت نرخ خرابی تجهیز A زمانی که سنسور sen خرابی‌ها را تشخیص می‌دهد، طبق رابطه‌ی (۱۲) می‌باشد:

$$\lambda_{\text{sen}} = \sum_{y \in x} n_y \quad (12)$$

در صورت نصب سنسور sen، مجموعه عوامل خرابی تجهیز A در حضور سنسور را مطابق معادله‌ی (۱۳) داریم:

$$A_{\text{new}} = A - A_{\text{detection, sen}} \quad (13)$$

در معادله‌ی (۱۳)، مجموعه عوامل خرابی تشخیص داده شده توسط سنسور sen، از کل مجموعه خرابی‌ها کاسته می‌شود. در صورت نصب سنسور sen، مجموعه تعداد رخدادهای خرابی تجهیز A را مطابق معادله‌ی (۱۴) نشان می‌دهیم:

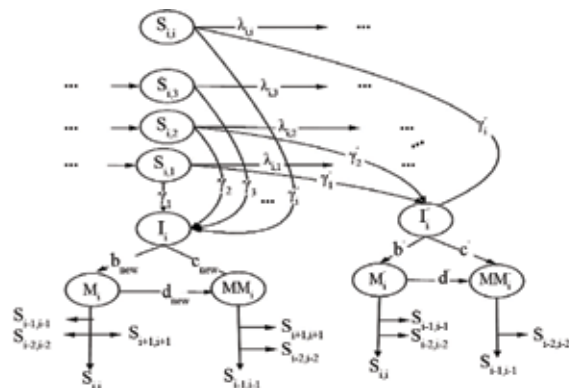
$$f_{\text{new}} = f_A - f_{\text{detection, sen}} \quad (14)$$

آنگاه طبق روابط (۹) و (۱۲)، نرخ خرابی جدید در صورت حضور

تحلیل‌های هزینه و فایده ناشی از نصب سنسور هوشمند و اعمال PDM را محاسبه نمود.

این مدل ترکیبی از تعمیر و نگهداری پیشگیرانه و پیش‌بینانه (IPPM) می‌باشد که شامل بازرسی‌های دوره‌ای و بازرسی‌های بر اساس نیاز است. با تشخیص خرابی توسط سنسورهای هوشمند، تجهیز به بازرسی بر اساس نیاز وارد می‌شود و در صورت نیاز به تعمیرات جزئی وارد می‌شود. از طرفی تجهیز به بازرسی دوره‌ای نیاز دارد تا خرابی‌هایی که توسط سنسورهای هوشمند تشخیص داده نمی‌شوند، شناسایی شوند و در مرحله‌ی خرابی‌های جزئی برطرف شود.

فرض می‌کنیم مدل ارائه‌شده شامل n مرحله فرسودگی باشد. با بررسی و تحلیل مرحله‌ی فرسودگی i ام شکل (۵) به‌دست می‌آید. اگر S_i بیانگر حالت i ام از فرآیند پیری تجهیز باشد آنگاه شکل (۵) دیگرام حالت IPPM تجهیز را در حالت پیری i ام بیان می‌نماید.



شکل ۵: دیگرام حالت جدید IPPM برای حالت فرسودگی i ام (Si)

در شکل (۵) تجهیز در مرحله‌ی فرسودگی i ام می‌باشد. با وجود فرسودگی در این مرحله تجهیز عملکرد خودش را با اندکی خرابی جزئی ادامه می‌دهد. خرابی در state شماره‌ی i ام، با بازرسی‌های دوره‌ای و بازرسی‌های هوشمند تشخیص داده می‌شوند. بعد از انجام بازرسی‌ها تجهیز به تعمیرات می‌رود.

در شکل (۵)، تعمیرات به دو صورت: دوره‌ای (پیشگیرانه) و بر اساس نیاز (پیش‌بینانه) لحاظ شده است. بیانگر نرخ‌های بازرسی

دوره‌ای در تعمیرات PM و $\gamma_1, \dots, \gamma_k$ بیانگر نرخ تشخیص خرابی‌های

minor توسط سنسورهای هوشمند در تعمیرات PDM می‌باشد. M_i, I_i, MM_i به ترتیب بیانگر حالت‌های بازرسی، تعمیر جزئی، تعمیرات کلی در صورت تشخیص سنسور می‌باشد.

نرخ‌های بازرسی هوشمند در واقع برابر نرخ تشخیص خرابی‌ها توسط سنسورهای هوشمند می‌باشد. نرخ خرابی تشخیص داده شده توسط سنسورهای هوشمند مطابق رابطه‌ی (۱۸) به‌دست می‌آید. برای محاسبه‌ی تک‌تک نرخ‌های بازرسی هوشمند رابطه‌ی (۲۱) را بیان می‌نماییم:

$$\lambda_{SEN} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{i,A} \gamma_i \right)}{\left(\sum_{i=1}^n P_{i,A} \right)} \quad (21)$$

طبق رابطه‌ی (۲۱) با جایگذاری $P_{i,k}$ نرخ‌های بازرسی هوشمند $\gamma_1, \dots, \gamma_k$ محاسبه می‌شوند.

در صورتی که مطابق با مراجع [۲۵] و [۲۹] و [۳۰] فرآیند پیری

سنسور SEN در رابطه‌ی (۱۵) تعریف می‌نماییم:

$$\lambda_{SEN} = \lambda_A - \lambda_{SEN} = \sum_{x=1}^k n_x - \sum_{y \in X} n_y \quad (15)$$

حال فرض می‌کنیم مجموعه‌ای از سنسورها که با SEN بزرگ نمایش می‌دهیم، روی المان λ ام نصب شود.

رابطه‌ی (۱۶) مجموعه عوامل خرابی‌های تشخیص داده شده توسط سنسورهای هوشمند را نشان می‌دهد:

$$A_{detection,SEN} = \bigcup_{sen=1}^{SEN} A_{detection,sen} = \bigcup_{sen=1}^{SEN} \{A_{detection,sen,y}\} \quad (16)$$

در تشخیص خرابی‌ها توسط سنسورهای هوشمند، به دلیل وجود خرابی‌های مشترک اجتماع آنها در نظر گرفته می‌شود.

مجموعه تعداد رخداد‌های خرابی‌های تشخیص داده شده توسط سنسورهای هوشمند (SEN) را در رابطه‌ی (۱۷) تعریف می‌نماییم:

$$\begin{aligned} f_{detection,SEN} &= \bigcup_{sen=1}^{SEN} f_{detection,sen} = \bigcup_{sen=1}^{SEN} \{n_{sen,y}\} \\ &= f_{detection,s_1} \cup f_{detection,s_2} \cup \dots \\ &\cup f_{detection,s_j} \cup \dots \cup f_{detection,s_{SEN}} \\ f_{detection,SEN} &\subset f_A \end{aligned} \quad (17)$$

در این صورت مجموع نرخ خرابی‌هایی از تجهیز A که توسط سنسورهای SEN تشخیص داده می‌شوند را در رابطه‌ی (۱۸) داریم:

$$\lambda_{SEN} = \sum_{y \in X} n_y \leq \sum_{sen=1}^{SEN} \lambda_{sen} \quad (18)$$

در صورت نبودن اشتراک بین خرابی‌های تشخیص داده شده توسط سنسورها، حالت مساوی رابطه‌ی (۱۸) را خواهیم داشت.

پس در حالت کلی برای زمانی که مجموعه SEN تا از سنسورها را داشته باشیم معادله‌ی (۱۹) را تعریف می‌نماییم:

$$\begin{cases} A_{total} = A - A_{detection,SEN} \\ f_{total} = f_A - f_{detection,SEN} \\ \lambda_{total} = \lambda_A - \lambda_{SEN} = \sum_{x=1}^k n_x - \sum_{y \in X} n_y \end{cases} \quad (19)$$

معادله‌ی (۱۹) در واقع حالت کلی معادلات (۱۳) و (۱۴) و (۱۵) نیز می‌باشد.

مقدار نهایی نرخ خرابی در حضور سنسورهای هوشمند (λ_{down}) را طبق معادله‌ی (۲۰) تعریف می‌نماییم:

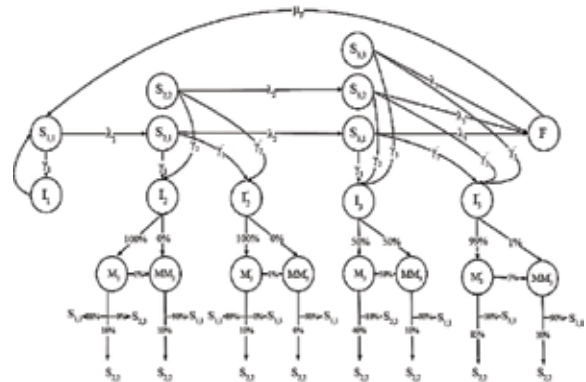
$$\lambda_{down} = \sum_{x=1}^k n_x - \sum_{y \in X} n_y \quad (20)$$

طبق شکل (b.۱)، نرخ‌های خرابی مربوط به حالت‌های جدید Up₁ تا Up_M به بخش تعمیر و نگهداری تجهیز تعلق دارد. برای ارزیابی و آنالیز نرخ‌های مربوط به حالت‌های Up، نیاز به ارزیابی مدل جدید و دقیق‌تری برای فرآیند تعمیر و نگهداری می‌باشد.

۴-ارایه‌ی مدل جدید مارکوف برای فرآیند تعمیر و نگهداری پیش‌بینانه (IPPM)

هدف از این بخش توسعه مدل State diagram با در نظر گرفتن PDM می‌باشد. با استفاده از این مدل می‌توان اثر اعمال PDM را بر پارامترهای قابلیت اطمینان تجهیز به‌دست آورد. به‌علاوه می‌توان

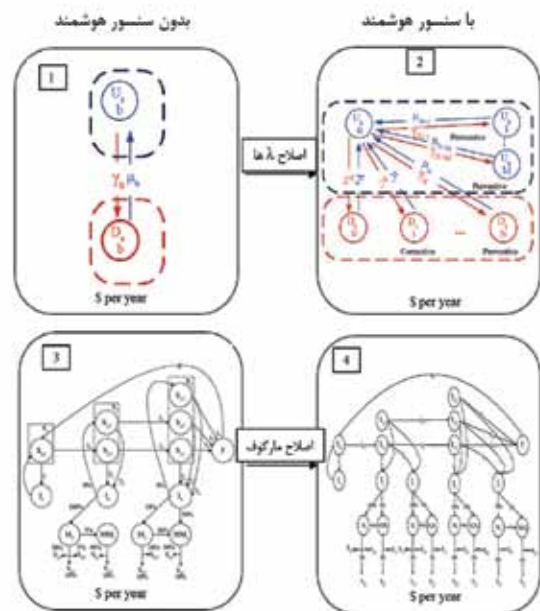
تجهیز در ۳ حالت در نظر گرفته شود، شکل (۶) مدل مارکوف ارایه شده در این مقاله را نشان می‌دهد.



شکل ۶: یک دیاگرام حالت جدید (IPPM)

با اعمال سنسورهای هوشمند احتمال حضور در stateهای $S_{1,1}$ ، $S_{2,1}$ ، $S_{3,2}$ ، $S_{3,1}$ ، $S_{2,2}$ و $S_{3,3}$ نسبت به مدلی که سنسور هوشمند ندارد بیشتر است. احتمال حضور در state F، نسبت به مدلی که سنسور هوشمند ندارد کم می‌شود، یعنی تجهیز دیرتر نیاز به تعویض دارد و طول عمر تجهیز افزایش می‌یابد. از طرفی فرکانس رفتن به تعمیرات اساسی (MM)، در حالت حضور سنسورهای هوشمند نسبت به مدل بدون سنسورهای هوشمند کم می‌شود، در واقع تجهیزات در مرحله تعمیرات جزئی، خرابی‌هایشان بهبود می‌یابد.

۵- ارزیابی هزینه کلی دو مدل ۱- مدل تعمیر و خرابی ۲- مدل تعمیر و نگهداری، در حالت‌های PM و PDM



شکل ۷: اشکال به ترتیب ۱) مدل خرابی المان بدون سیستم مانیتورینگ هوشمند ۲) مدل خرابی المان مجهز به سیستم مانیتورینگ هوشمند ۳) مدل تعمیر و نگهداری بدون مانیتورینگ هوشمند ۴) مدل تعمیر و نگهداری مجهز به سیستم مانیتورینگ هوشمند

با توجه به شکل (۷)، برای تجهیز کردن مدل تعمیر و خرابی به سیستم مانیتورینگ هوشمند به اصلاح λ ها پرداخته شده است. همچنین برای تجهیز کردن مدل تعمیر و نگهداری به سیستم

مانیتورینگ هوشمند، ارایه و اصلاح مدل مارکوف انجام شده است. هرکدام از مدل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ مربوط به شکل (۷) یک هزینهی (per Year \$) را شامل می‌شوند.

در مدل تعمیر و خرابی، تاثیر خرابی تجهیز بر روی هزینه‌های مربوط به EENS در نظر گرفته شده است. هزینه‌های مربوط به EENS در حقیقت هزینه‌ی عدم تامین برق را نتیجه می‌شود. معادله‌ی (۲۲)، هزینه‌ی مربوط به عدم تامین برق را نشان می‌دهد:

$$\text{Unreliable Cost (Customer Cost(CC)) \$ / yr} \quad (22) \\ = EENS(Mwh / yr) \times VOLL(\$ / Mwh)$$

با توجه به معادله‌ی (۲۲)، راهکار ارایه شده برای محاسبه‌ی هزینه‌ی عدم تامین برق به این صورت است که ابتدا به کمک برنامه‌ی RCOPS، شاخص‌های قابلیت اطمینان پایانه‌های پست محاسبه می‌شود. این شاخص‌ها مشتمل بر نرخ خروج پایانه (خرابی بر سال)، میانگین زمان برقرار شدن پایانه بعد از هر خروج و احتمال از دست رفتن پایانه می‌باشد. سپس با در نظر گرفتن منحنی بار، انرژی مصرفی در سال را برای نقطه‌ی بار مشخصی به دست می‌آوریم. آنگاه با استفاده از احتمال از دست رفتن پایانه و انرژی مصرفی در سال، شاخص انرژی تأمین نشده سالانه^{۱۴} به دست می‌آید. در نهایت هزینه‌ای که بابت عدم اطمینان (جریمه)^{۱۵} باید به مشتری داده شود را در انرژی تأمین نشده سالانه ضرب می‌کنیم.

تعمیر و نگهداری بر اساس مدل مارکوف پیوسته‌ای که فرآیند پیری تجهیز را نشان می‌دهد، می‌باشد که تعیین هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری از قبیل هزینه‌های بازرسی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری جزئی و کلی و هزینه‌ی تعویض و همچنین هزینه‌ی مربوط به تجهیز کردن سیستم به مانیتورینگ هوشمند را در مدل تعمیر و نگهداری شامل می‌شود. معادله‌ی (۲۳)، هزینه‌ی مربوط به تعمیر و نگهداری را نشان می‌دهد:

$$C_{Maintenance} = C_{Inspection} \sum_{i=1}^n I_i \text{ and } I_i + C_{Minor Maintenance} \sum_{i=1}^n M_i \text{ and } M_i + C_{Major Maintenance} \sum_{i=1}^n MM_i \text{ and } MM_i + C_{Replacement} \quad (23)$$

با توجه به رابطه‌ی (۲۴)، مراحل محاسبه‌ی هزینه‌ی تعمیر و نگهداری به این صورت است که ابتدا با استفاده از رابطه‌ی (۴) فرکانس رفتن به بازرسی و نگهداری و تعویض را به دست می‌آوریم. سپس فرکانس‌های رفتن به حالت‌های بازرسی و نگهداری و تعویض را در هزینه‌های مربوط به هرکدام ضرب می‌کنیم. در نهایت جمع هزینه‌ی بازرسی و هزینه‌ی نگهداری و هزینه‌ی تعویض، هزینه‌ی تعمیر و نگهداری می‌شود.

هزینه‌ی کلی مربوط به یک تجهیز برابر با مجموع هزینه‌ی تعمیر و نگهداری و هزینه‌ی عدم تامین برق است. معادله‌ی (۲۴)، هزینه‌ی کلی یک تجهیز را نشان می‌دهد:

$$\text{TOTAL COST FOR DEVICE (\$ per Year)} \quad (24) \\ = CC (\$ \text{ per Year}) + C_{Maim} (\$ \text{ per Year})$$

به همین دلیل در این مطالعه به صورت خاص بر روی هزینه‌ی کلی که مربوط به یک تجهیز است بحث می‌شود. آنالیز و تجزیه و تحلیلی بین اعمال سنسورهای هوشمند و هزینه‌ها در فصل ۶ روی مورد مطالعاتی به خوبی انجام شده است.

۶- مورد مطالعاتی

شکل (۸)، آرایش یک پست نمونه حلقوی KV ۴۰۰ را نمایش

$f_{\text{detection, sen}_2} = \{8\}$ می‌باشد.

با در نظر گرفتن هر دو سنسور و با توجه به رابطه‌ی (۱۷)، مجموعه تعداد رخدادهای خرابی تشخیص داده شده توسط سنسورهای هوشمند برابر $f_{\text{detection, sen}_1} = \{4, 1\}$ و $f_{\text{detection, sen}_2} = \{8\}$

می‌باشد. بنابراین به‌طور کلی مجموعه تعداد رخدادهای خرابی تشخیص داده شده توسط سنسورهای هوشمند برابر $f_{\text{detection, SEN}} = f_{\text{detection, sen}_1} \cup f_{\text{detection, sen}_2} = \{4, 8, 1\}$ می‌باشد.

جدول ۲: اطلاعات محاسبه‌شده برای خرابی‌های جزئی بریکر بر ۱۰ سال با وجود ۱۰۰ تجهیز

مجموعه عوامل خرابی بریکر $A = \{A_x\} = \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7\}$			
A_x	عامل خرابی	λ_x (F/year/100device)	تعداد بار خرابی
A_1	نشستی هوا یا روغن هیدرولیک	۰,۴۸۷۸	۴ بار
A_2	نشستی گاز	۰,۷۸۳۲	۸ بار
A_3	نشستی روغن خازن‌ها	۰,۰۲۲	۱ بار
A_4	مکانیکی	۰,۱۴۹۶	۱ بار
A_5	الکتریکی	۰,۰۷۲۶	۱ بار
A_6	کنترل و سیستم‌های کمکی	۰,۴۰۲۶	۴ بار
A_7	سایر	۰,۳۲۳۴	۳ بار
	کل	۲,۲	۲۲ بار

تأثیر سنسورها بر تعداد خرابی‌ها و نرخ خرابی با توجه به روابط (۱۹) را جدول (۳) نشان می‌دهد.

جدول ۳: تأثیر سنسور بر پارامترها

$A_{\text{total}} = A - A_{\text{detection, SEN}} = \{A_1, \dots, A_7\} - \{A_1, A_2, A_3\} = \{A_4, \dots, A_7\}$
$f_{\text{total}} = f_A - f_{\text{detection, SEN}} = \{4, 8, 1, 1, 1, 4, 3\} - \{4, 8, 1\} = \{1, 1, 4, 3\}$
$\lambda_{\text{total}} = \lambda_A - \lambda_{\text{SEN}} = 2.2 - 1.293 = \frac{0.907}{100} = 0.00907$ (per / year / device)

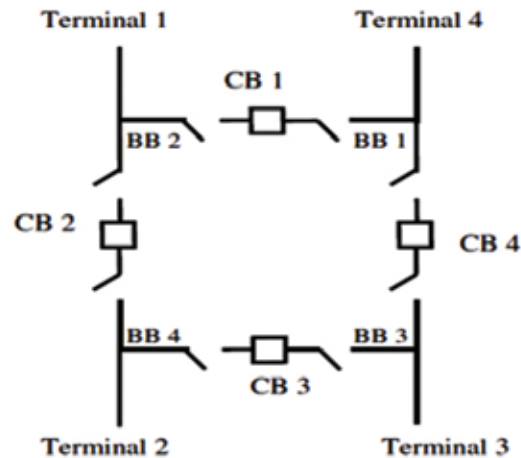
با نصب سنسورهای هوشمند برای تشخیص خرابی‌های جزئی و اطلاعات ردیف آخر جدول (۳) میزان نرخ خرابی در یک سال برای یک تجهیز بریکر با حضور سنسور هوشمند برابر با (f/yr/device) 0.00907 است. در واقع به دلیل تشخیص خرابی‌های جزئی، Passive Fail تغییر می‌کند.

بنابراین طبق رابطه‌ی (۲۱)، نرخ‌های بازرسی هوشمند $\gamma'_1 = \gamma'_2 = \gamma'_3 = 0.013$ (1 per year) می‌باشد. نرخ‌های بازرسی

هوشمند برای شکل (۶) که دیاگرام حالت جدید برای مدل IPPM است، استفاده می‌شود.

۶-۱- محاسبه‌ی هزینه‌ی مربوط به بخش تعمیر و نگهداری (CMaint)
در این بخش مورد مطالعاتی به‌عنوان نمونه مدل سه‌حالته ارایه

می‌دهد. این پست شامل چهار ترمینال، چهار مدارشکن^{۱۶} و چهار باس بار^{۱۷} است. نرخ خرابی مدارشکن‌ها، ۰,۰۲۲ در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۸: نمای تک خطی پست نمونه حلقوی [۹]

در مرجع [۲۶] انواع خرابی‌های بریکر (مدارشکن) بررسی می‌شود. خرابی‌های بریکر شامل خرابی‌های جزئی (mf) و خرابی‌های کلی (Mf) می‌باشد. جدول (۱) میزان درصد عوامل خرابی‌های جزئی مدارشکن را نشان می‌دهد.

جدول ۱: درصد عوامل خرابی‌های جزئی بریکر [۲۶]

ردیف	مدخا	درصد خطا
۱	نشستی هوا یا روغن هیدرولیک	۲۰,۳٪
۲	نشستی گاز	۳۵,۶٪
۳	نشستی روغن خازن‌ها	۱٪
۴	تغییر در ویژگی مکانیکی	۶,۸٪
۵	تغییر در ویژگی الکتریکی	۳,۳٪
۶	تغییر در کنترل و سیستم‌های کمکی	۱۸,۳٪
۷	سایر	۱۴,۷٪
۸	کل	۱۰۰٪

طبق رابطه‌ی (۶) و (۸)، مجموعه عوامل خرابی جزئی بریکر با وجود ۷ نوع عامل خرابی و همچنین نرخ خرابی در نظر گرفته شده هر عامل خرابی و تعداد دفعات خرابی هر عامل خرابی در ۱۰ سال با وجود ۱۰۰ تجهیز را جدول (۲) نشان می‌دهد.

طبق رابطه‌ی (۷)، مجموعه تعداد رخداد خرابی‌ها بریکر در ۱۰ سال برای ۱۰۰ تجهیز، $f_s = \{n_s\} = \{4, 8, 1, 1, 1, 4, 3\}$ می‌باشد.

فرض بر این است دو سنسور sen_1 و sen_2 را بر روی بریکر نصب کرده‌ایم، در این صورت خرابی‌های تشخیص داده شده توسط سنسورهای تشخیص میزان گازهای حل شده در روغن و تشخیص فشار طبق رابطه‌ی (۱۰)، به ترتیب $A_{\text{detection, sen}_1} = \{A_1, A_3\}$ و $A_{\text{detection, sen}_2} = \{A_2\}$ می‌باشد.

طبق رابطه‌ی (۱۱)، مجموع تعداد خرابی‌های تشخیص داده شده توسط سنسورهای نصب شده به ترتیب $f_{\text{detection, sen}_1} = \{4, 1\}$ و

شده شکل (۶) می باشد که برای محاسبه‌ی مدت میانگین تا وقوع از کارافتادن^{۱۸}، مدت میانگین برای تعویض^{۱۹}، هزینه‌ی بازرسی، هزینه‌ی تعمیر و نگهداری، هزینه‌ی تعمیر و هزینه‌ی کلی استفاده می شود. نرخ‌های انتقال و میانگین زمان و هزینه به ترتیب مطابق با جداول (۴) و (۵) و (۶) آورده شده است [۲۵].

جدول ۴: نرخ‌های انتقال (Years) [۱۶]

Rate	Value
λ_1	0.33
λ_2	0.29
λ_3	0.5
γ_1	0.5
γ_2	1
γ_3	1

جدول ۵: میانگین زمان [۱۶]

STATE	MEAN DURATION
I_1	1 hour
I_2	1 hour
I_3	1 hour
F	0.11 years
M_2	1 day
MM_2	6 day
M_3	1 day
MM_3	6 day

جدول ۶: هزینه‌ها (\$) [۱۶]

	average cost per activity(\$)
Inspection	200
Minor Maintenance	1200
Major Maintenance	14400
Replace	144000

داده‌ها، داده‌های واقعی مربوط به بریکر با هوای دمیده شده می باشد [۱۶]. داده‌های جداول (۵) و (۶) و (۷) برای نمودارهای حالت شکل‌های (۳) و (۶) به صورت مشابه برای هردو شکل (۳) و (۶) مورد استفاده قرار می گیرند.

اعمال مدل پیشنهادی IPPM بر روی فرآیند تعمیر و نگهداری باعث می شود که پارامترهای قابلیت اطمینان و هزینه‌ها در مقایسه با مدل PM تغییر کنند. بهبود پارامترهای قابلیت اطمینان و هزینه‌ها اعمال مدل پیشنهادی IPPM، در جدول (۷) آورده شده است. تفاوت‌های قابل توجه زیادی در نتایج به دست آمده از مدل تعمیر و نگهداری PM در شکل (۳) و مدل پیشنهادی IPPM در شکل (۶)، در جدول (۷) نشان داده شده است. با توجه به مدل ارائه شده‌ی IPPM، همان طور که از نتایج دیده می شود هزینه‌های قابلیت اطمینان، بازرسی و تعمیر و نگهداری به لیست هزینه‌ها اضافه می شود، در حالی که هزینه‌ی تعمیر و هزینه‌ی کلی کم می شود.

از طرفی هزینه‌ی نصب سنسورهای هوشمند بایستی جز هزینه‌ها برای مدل پیشنهادی IPPM شکل (۶) در نظر گرفته شوند. با کمک مدل پیشنهادی IPPM می توان میزان افزایش عمر بریکرها در اثر هوشمند سازی را محاسبه نمود. جدول (۷) نشان می دهد که با اعمال هوشمند سازی طول عمر مفید (MTTRL) تجهیز به میزان ۱,۹۲۶ افزایش می یابد. با بررسی هزینه‌ها، هزینه‌های بازرسی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری در مدل IPPM نسبت به مدل PM کاهش می یابد. در صورتی که هزینه‌ی نصب سنسورهای هوشمند به

میزان (\$ ۴۸۸,۱۶۷۰) برای برقراری تعادل بین هزینه کل مربوط به مدل های PM و IPPM در نظر گرفته شود آنگاه هزینه‌ی کلی نصب سنسورهای هوشمند بر تعداد سال عمر مفید تجهیز تقسیم می شود. پس در این نمونه برای برقراری حالت تعادل، کل هزینه‌ی نصب سنسورهای هوشمند (years/\$) ۸۶۸ لحاظ می شود. بنابراین طبق جدول (۷)، هزینه‌ی کلی باوجود سنسورهای هوشمند برابر با مدل بدون سنسور هوشمند می شود. در حالت برابر شدن هزینه‌ی کلی هر دو مدل، حالت تعادل برقرار است.

جدول ۷: پارامترهای قابلیت اطمینان و هزینه‌ها برای مدل‌های تعمیر و نگهداری

state	PM	IPPM
MTTRL(years)	23.04	24.9660
MTTF from S_1 (years)	22.9	24.8591
MTTF from S_2 (years)	19.9	21.8286
MTTF from S_3 (years)	12.4	13.2130
Annual Inspection Cost (\$/years)	108	103.1588
Annual Maintenance Cost PM(\$/years)	1101	715.0287
Annual Maintenance Cost PDM(\$/years)	0	7.0544
Annual Replace Cost(\$/years)	6251	5767.8
Annual Sensor Cost(\$/years)	0	868
Annual Total Cost(\$/years)	7461.1	7461.1

۶-۲- محاسبه‌ی هزینه‌ی مربوط به بخش خرابی‌های اتفاقی

جدول (۸)، قیاسی بین اطلاعات قابلیت اطمینان پایانه‌های پست بدون سنسورهای هوشمند و پست مجهز به سنسورهای هوشمند که خروجی برنامه‌ی RCOPS است، نشان می دهد.

جدول ۸: شاخص‌های قابلیت اطمینان (خروجی برنامه RCOPS)

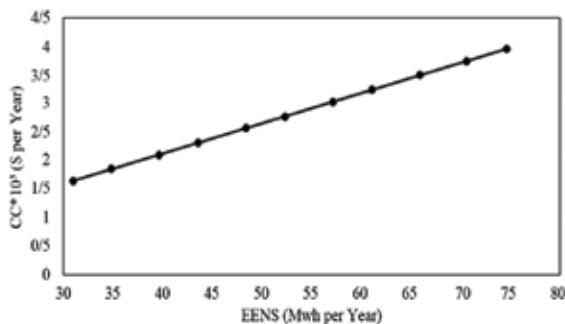
substation	λ	R	U	Probability
Without smart sensors	۰,۰۶۹۶	۱۵,۴۰۷۸	۱,۰۷۲۹	۰,۰۰۰۱۲۲
With smart sensors	۰,۰۴۷۲	۱۱,۸۷۶۲	۰,۵۶۰۷	۰,۰۰۰۰۶۴

از طرفی انرژی مصرفی در سال برای نقطه‌ی بار (MW) ۲۰ با ضرب کردن در داده‌های منحنی بار، برابر $E=10^5 \times 9,690$ است. ستون Probability جدول (۸)، احتمال از دست رفتن پایانه را نشان می دهد. با ضرب احتمال از دست رفتن پایانه و انرژی مصرفی در سال، شاخص EENS به دست می آید. سپس هزینه‌ای که بابت عدم اطمینان تامین برق (جریمه) باید به مشتری داده شود، طبق مرجع [۱۸] برابر ۵۳۰۰ (\$ per MWh) فرض می شود. بنابراین طبق رابطه‌ی (۲۲)، هزینه‌ی مربوط به بخش تعمیر و خرابی به دست می آید. همچنین هزینه‌ی کلی مربوط به خرابی تجهیز مطابق با معادله‌ی (۲۴)، از مجموع هزینه‌های ردیف دوم جدول (۹) و ردیف آخر جدول (۷) به دست می آید. جدول (۹) به ترتیب انرژی تامین نشده سالانه و هزینه‌ی عدم تامین برق و هزینه‌ی کلی یک تجهیز برای دو حالت ۱- پست بدون سنسورهای هوشمند و ۲- پست مجهز به سنسورهای هوشمند را نشان می دهد.

حضور سنسورهای هوشمند باعث بهبود نرخ خرابی کلی می شود. کاهش و افزایش میزان حضور سنسورهای هوشمند باعث تغییرات نرخ خرابی تشخیص داده شده توسط سنسورهای هوشمند می شود.

افزایش حضور سنسورهای هوشمند تعداد خرابی‌های تشخیص داده شده توسط سنسورهای هوشمند افزایش می‌یابد. سپس نرخ خرابی کلی تجهیز کاهش می‌یابد. با کاهش نرخ خرابی کلی تجهیز احتمال از دست رفتن پایانه نیز کاهش می‌یابد. در پایان میزان انرژی تأمین نشده سالانه نیز کاهش می‌یابد.

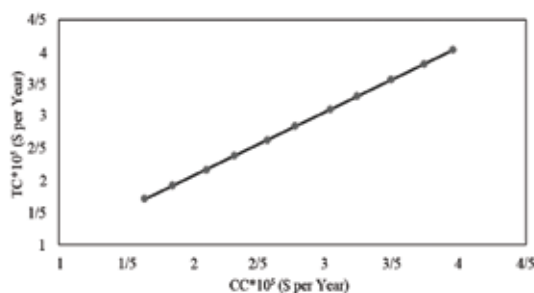
همچنین با تغییرات شاخص EENS، هزینه‌ی عدم تأمین برق تغییر می‌کند. با تغییر شاخص EENS از ۷۴،۶۱۳ تا ۳۱،۰۰۸، هزینه‌ی عدم تأمین برق بهبود می‌یابد. شکل (۱۱)، اثر تغییر شاخص EENS را بر روی هزینه‌ی عدم تأمین برق با فرض اینکه جریمه‌ی عدم اطمینان برقی را برابر ۵۳۰۰ (\$ per MWh) در نظر بگیریم، نشان می‌دهد.



شکل ۱۱: تأثیر تغییرات شاخص EENS بر روی هزینه‌ی عدم تأمین برق در حضور سنسورهای هوشمند

با توجه به شکل (۱۱)، هزینه‌ی عدم تأمین برق با شاخص EENS رابطه‌ی مستقیم دارد، به اینصورت که کاهش مقدار انرژی تأمین نشده سالانه باعث کاهش هزینه‌ی عدم تأمین برق که باید به مشتری داده شود، میشود.

هزینه‌ی کلی مربوط به تجهیز (TC) با تغییرات هزینه‌ی عدم تأمین برق تغییر میکند. شکل (۱۲)، اثر تغییرات هزینه‌ی عدم تأمین برق زمانی که هزینه‌ی نگهداری (CMaint) مطابق جدول (۷)، ۷۴۶۱،۱ (\$ per Year) فرض شود را بر روی هزینه‌ی کلی مربوط به تجهیز نشان می‌دهد.



شکل ۱۲: تأثیر تغییرات هزینه‌ی تعمیر و خرابی بر روی هزینه‌ی کلی مربوط به تجهیز در حضور سنسورهای هوشمند

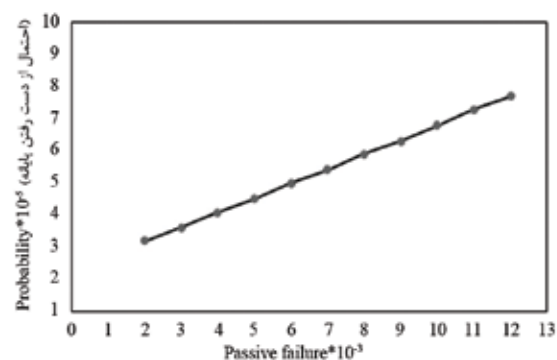
با توجه به شکل (۱۲)، با کاهش هزینه‌ی تعمیر و خرابی، هزینه‌ی کلی تجهیز کاهش می‌یابد. این در صورتی است که هزینه‌ی نگهداری (CMaint) را ثابت فرض می‌کنیم.

ردیف آخر جدول (۹) نشان می‌دهد که در پست مجهز به سنسورهای هوشمند هزینه‌ی کلی مربوط به تعمیر و خرابی و تعمیر و نگهداری، نسبت به پست بدون سنسورهای هوشمند کاهش یافته است. این

با آنالیز نرخ خرابی تشخیص داده شده توسط سنسورهای هوشمند از ۰،۰۱ تا ۰،۰۲ (یعنی زمانی که سنسور هوشمند خرابی‌ها را مقداری تشخیص می‌دهد تا زمانی که ماکزیمم خرابی‌ها توسط سنسورهای هوشمند شناسایی شوند)، نرخ خرابی کلی مربوط به تجهیز از ۰،۰۰۲ تا ۰،۰۱۲ تغییر می‌کند. با تغییرات نرخ خرابی کلی مربوط به تجهیز از ۰،۰۱۲ تا ۰،۰۰۲، احتمال از دست رفتن پایانه (Probability) نیز تغییر می‌کند. شکل (۹)، کاهش نرخ خرابی کلی تجهیز که در نتیجه‌ی اثر زیاد شدن خرابی‌های تشخیص داده شده توسط سنسورهای هوشمند می‌باشد را بر روی احتمال از دست رفتن پایانه نشان می‌دهد.

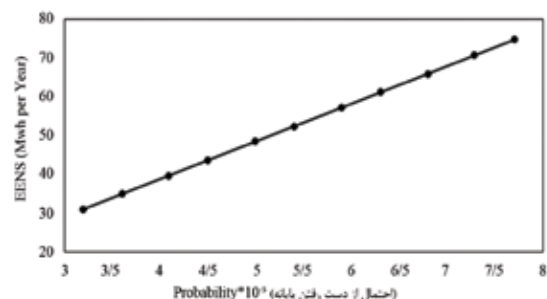
جدول ۹: پارامترها

	Without smart sensors	With smart sensors
EENS (MWh per Year)	۱۱۶،۲۸۱۲	۶۲،۰۱۶۶
CC (\$ per Year)	۶،۱۶۲۹*۱۰ ^۵	۳،۲۸۶۹*۱۰ ^۵
TC (\$ per Year)	۶،۲۳۷۵*۱۰ ^۵	۳،۳۶۱۵*۱۰ ^۵



شکل ۹: تأثیر تغییرات نرخ خرابی کلی تجهیز بر روی احتمال از دست رفتن پایانه با حضور سنسور هوشمند

با توجه به شکل (۹)، مشاهده می‌شود که با تغییر میزان خرابی‌های تشخیص داده شده توسط سنسورهای هوشمند و بهبود نرخ خرابی کل تجهیز، احتمال از دست رفتن پایانه کاهش می‌یابد. از طرفی با تغییرات احتمال از دست رفتن پایانه، شاخص EENS نیز تغییر می‌کند. شکل (۱۰)، اثر تغییرات احتمال از دست رفتن پایانه بر روی شاخص انرژی تأمین نشده سالانه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰: تأثیر تغییرات احتمال از دست رفتن پایانه بر روی شاخص EENS در حضور سنسورهای هوشمند

با توجه به شکل (۱۰)، مشاهده می‌شود که شاخص EENS رابطه‌ی مستقیم با احتمال از دست رفتن پایانه دارد. به این صورت که با

area dynamics in power network through home power-outlet signal by GPS-internet based devices, In: Proceedings of IEEE/Power Engineering Society Transmission Distribution Conference Exhibition, Vol. 2, 2002, pp. 769–774.

- [8] Kamwa, I.; Grondin, R. PMU configuration for system dynamic performance measurement in large, multiarea power systems, IEEE Trans Power Syst 2002, 17, 385–394.
- [9] Rajesh U Nighot, Incorporating Substation and Switching Station Related Outages in Composite System Reliability Evaluation, M.S. Thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon, 2003.
- [10] Eftekharijrad, S.; Heydt, G.T.; Vittal, V. Implications of smart grid technology on transmission system reliability. In: Power Systems Conference and Exposition (PSCE), 2011 IEEE/PES, Phoenix, AZ, March 2011, pp. 1–8.
- [11] Falahati, B.; Fu, Y.; Mousavi, M.J. Reliability modeling and evaluation of power systems with smart monitoring. IEEE Trans Smart Grid 2013, 4, 1087–1095.
- [12] B. Falahati and A. Kargarian, "Power system reliability enhancement considering smart monitoring," in Power & Energy Society General Meeting, 2015 IEEE, 2015, pp. 1–5.
- [13] EskandariNasab, M.; Maleksaeedi, I.; Mohammadi, M.; Ghadimi, N. A new multiobjective allocator of capacitor banks and distributed generations using a new investigated differential evolution. Complexity, in press.
- [14] Bertling, L., Allan, R., and Eriksson, R.: "A reliability-centered asset maintenance method for assessing the impact of maintenance in power distribution systems," IEEE Trans. Power Syst., vol. 20, no. 1, pp 75-82, Feb. 2005.
- [15] P. Choonhapran, Application of high voltage circuit breakers and development of aging model. PhD thesis, University of Darmstadt, Department of Electrical and Computer Engineering, Darmstadt, Germany, 2007.
- [16] Endrenyi, J., Anders, G. J., and Leite da Silva, A. M.: "Probabilistic evaluation of the effect of maintenance on reliability- An application," IEEE Trans. Power Syst., vol. 13, no. 2, pp. 576-583, May 1998.
- [17] S. K. Abeygunawardane and P. Jirutitijaroen, "Application of probabilistic maintenance models for selecting optimal inspection rates considering reliability and cost tradeoff," IEEE Trans. Power Del., vol. 29, no. 1, pp. 178–186, Feb. 2014.
- [18] Zhong J, Li W, Wang C, Yu J, Xu R. Determining Optimal Inspection Intervals in Maintenance Considering Equipment Aging Failures. IEEE Transactions on Power Systems. 2017 Mar;32(2):1474-82.
- [19] T. J. Overbye and J. D. Weber, "Visualization of power system data," in Proc. 33rd Ann. Hawaii Int'l Conf. System Sciences, (HICSS-33), 2000.
- [20] Welte, T. M.: "Using state diagrams for modeling maintenance of deteriorating systems," IEEE Trans. Power Syst., vol. 24, no. 1, pp. 58–66, Feb. 2009.
- [21] Abeygunawardane, S. K., and Jirutitijaroen, P.: "New state diagrams for probabilistic maintenance models," IEEE Trans. Power Syst., vol. 26, no. 4, pp. 2207–2213, Nov. 2011.
- [22] G. Bolch, S. Greiner, H. de Meer, K. Trivedi; Queueing Networks and Markov Chains, John Wiley & Sons, Inc. 1998.
- [23] Billinton, R., and Allan, R. N., Reliability Evaluation of Power Systems, 2nd ed. London, U.K.: Plenum, 1996.
- [24] Zaker I, Hajiabadi M E, Rajabi Mashhadi H. Analysis of the effect of unmanned operation of substations on the reliability indices of substation. ieiqp. 2014; 3 (5) :38-45.
- [25] R. Billinton and R. N. Allan, Reliability Evaluation of Engineering Systems Concepts and Techniques (second edition), Plenum Press, New York and London, 1992.
- [26] A. Janssen, D. Makareinis, and C. E. Solver, "International surveys on circuit-breaker reliability data for substation and system studies," IEEE Trans. Power Deliv., vol. 29, no. 2, pp. 808–814, 2014.

بدین معناست که نصب سنسورهای هوشمند علاوه بر افزایش طول عمر تجهیز باعث بهبود هزینه‌های کلی می‌شود. از طرفی به دلیل تفاوت زیاد بین هزینه‌ی مربوط به پست هوشمند و پست فاقد سنسورهای هوشمند، می‌توان سرمایه‌گذاری بیشتری روی نصب سنسورهای هوشمند داشته باشیم. سرمایه‌گذاری روی بخش تعمیر و نگهداری را می‌توان افزایش داد که باعث افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌شود اما در برابر بهبود فراوان هزینه‌ی کلی، افزایش هزینه بخش تعمیر و نگهداری (CMaint) قابل چشم‌پوشی است.

۷- نتیجه‌گیری

مطالعه انجام‌شده بر روی بریکرهای پست رینگ انجام‌شده است. در این مقاله ابتدا نشان داده‌شده است که با نصب سنسورهای هوشمند بر روی بریکر، احتمال از دست رفتن پایانه در پست‌های مجهز به سنسورهای هوشمند، ۴۷٫۵۴٪ بهبود می‌یابد. در نهایت هزینه‌ی کلی مربوط به دو مدل: ۱- مدل تعمیر و نگهداری ۲- مدل تعمیر و خرابی، در پست‌های هوشمند ۲۸۸ هزار دلار کاهش می‌یابد.

پی‌نوشت‌ها

- 1 Circuit Breaker (CB)
- 2 Preventive Maintenance (PM)
- 3 Predictive Maintenance (PDM)
- 4 Down (Dn)
- 5 Transition rate
- 6 Inspection states
- 7 Minor and Major maintenance
- 8 Mean Time To Failure (MTTF)
- 9 Mean Time To Replacement (MTTRL)
- 10 Reliability Calculation Of Power System
- 11 Major Failure
- 12 Minor Failure
- 13 Predictive Maintenance (PDM)
- 14 EENS
- 15 Volt
- 16 Circuit breaker (CB)
- 17 Bus bar (BB)
- 18 Mean time to failure (MTTF)
- 19 Mean time to Replacement (MTTRL)

مراجع

- [1] J. Roger Bowman, D. Wahl, "Advanced Distributed Sensor Networks For Electric Utilities", San Diego, CA 92121, Science Application International Corporation, 2012.
- [2] R. Moghe, A. Iyer, F. C. Lambert, D. Divan, "A Robust Smart Sensor for Smart Substations", IEEE Power and Energy Society General Meeting, pages 1-8, July 2012.
- [3] "Reliability consideration from the integration of smart grid," NERC, December 2010, [Online]. Available: http://www.nerc.com/files/SGTF_Report_Final_posted.pdf.
- [4] Zhong, J.; Zheng, R.; Yang, W.; Wu, F. Construction of smart grid at information age [J]. Power Syst Technol 2009, 33, 12–18.
- [5] Chow, J.H.; Chakraborty, A.; Arcak, M.; Bhargava, B.; Salazar, A. Synchronized phasor data based energy function analysis of dominant power transfer paths in large power systems, IEEE Trans Power Syst 2007, 22, 727–734.
- [6] Messina, A.R.; Vittal, V.; Ruiz-Vega, D.; Enriquez-Harper, G. Interpretation and visualization of wide-area PMU measurements using hilbert analysis, IEEE Trans Power Syst 2006, 21, 1763–1771.
- [7] Toyoda, J.; Kagaya, K.; Saitoh, H.; Sato, H. Monitoring of wide



ارایه روش جدید برای جاییابی ایستگاه‌های شارژ سریع خودرو برقی در شبکه توزیع با استفاده از الگوریتم ژنتیک

مهران آزاد / دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت، دانشگاه صنعتی سجاد / m.a@igegroup.ir

محسن قایینی / استادیار دانشکده برق، دانشگاه صنعتی سجاد / m_ghayeni@sadjad.ac.ir

چکیده

در این مقاله روش جدیدی برای جاییابی ایستگاه‌های شارژ سریع خودرو برقی در شبکه توزیع، با در نظر گرفتن پارامترهای قیمت زمین و فاصله محل احداث ایستگاه تا پست فوق توزیع پیشنهاد گردیده است. در این روش علاوه بر تعیین مکان فیزیکی ایستگاه، تعداد واحدهای شارژ (ظرفیت ایستگاه) در هر ایستگاه نیز مشخص می‌شود. برای انجام این کار بایستی در منطقه جغرافیایی مورد نظر تعدادی نقطه براساس تراکم خودروهای برقی موجود در ناحیه جهت احداث ایستگاه شارژ کاندید کرد و برای هر کدام از نقاط قیمت هر متر مربع زمین و فاصله تا نزدیک‌ترین پست فوق توزیع را مشخص نمود. سپس با استفاده از الگوریتم پیشنهادی و با حل یک مساله بهینه‌سازی مشخص می‌شود که، در کدامیک از نقاط کاندید ایستگاه شارژ سریع احداث شود و چه تعداد واحد شارژ نیز در آن ایستگاه نصب گردد. برای پیاده‌سازی روش پیشنهادی از اطلاعات واقعی منطقه وکیل آباد مشهد استفاده شده است.

کلمات کلیدی: خودرو برقی، ایستگاه شارژ سریع، جاییابی، الگوریتم ژنتیک

۱- مقدمه

صورت گرفته در تهران از سوی یک شرکت ژاپنی به نام JICA در هر روز ۱۱۹۲ تن آلودگی ایجاد می‌گردد که از این میزان ۸۸٪ مربوط به خودروهاست. این مشکل در کنار محدودیت و قیمت بالای سوخت‌های فسیلی ما را به این مسیر هدایت می‌کند تا تغییر اساسی و مهمی در تمام زیر ساخت‌های حمل و نقل ایجاد کنیم [۱].

تراکم و تجمع تعداد زیادی خودرو در یک منطقه شهری، سبب انتشار گازهای مختلفی چون CO_2 و NOX در هوای اطراف می‌شود و از طرفی آلودگی صوتی ایجاد شده از سمت موتورهای احتراق درونی مشکلات زیست محیطی فراوانی را ایجاد نموده است. در یک تحقیق



است که هزینه سرمایه‌گذاری کمترین بوده و نرخ فروش برق در حداکثر خود قرار دارد [۷]. در حال حاضر مساله جایابی با دیدگاه‌های بیان شده مورد بررسی پژوهشگران قرار گرفته است.

در این مقاله با رویکردی نوین مساله جایابی ایستگاه شارژ سریع خودرو برقی به‌صورت الگوریتم دو مرحله‌ای تعریف می‌شود. مرحله اول یافتن نقاط کاندید اولیه با توجه به پارامترهای قیمت زمین و فاصله از پست فوق توزیع می‌باشد. در مرحله دوم از بین نقاط کاندید اولیه مکان ایستگاه‌ها تعیین می‌شود. از مشخصات بارز این الگوریتم تعیین مکان فیزیکی ایستگاه با استفاده از الگوریتم ژنتیک و ظرفیت آن (تعداد واحد شارژ) می‌باشد. با توجه به تعداد واحد شارژ می‌توان مساحت زمین مورد نیاز را هم مشخص کرد. در این مساله نقاطی را به عنوان کاندید اولیه مشخص می‌کنیم، برای این نقاط تعداد واحدهای شارژ خودرو برقی را بدست می‌آوریم که عددی مشخص خواهد بود. سپس با استفاده از تعداد واحدهای شارژ می‌توان تعداد ایستگاه‌های مورد نیاز را تعیین کرد. پس از آن با استفاده از روش پیشنهادی و بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک مکان هر ایستگاه مشخص می‌گردد. برای رسیدن به اهداف فوق ادامه مقاله به‌صورت زیر تدوین می‌گردد.

در بخش دوم توضیحات و تعاریفی پیرامون ایستگاه شارژ سریع ارائه می‌گردد. در بخش سوم الگوریتم پیشنهادی برای حل مساله جایابی را توضیح خواهیم داد. در بخش چهارم با عنوان نتایج شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی را برای یک منطقه نمونه در شهر مشهد اجرا کرده و نتایج آن را ارائه می‌کنیم. در پایان نتیجه‌گیری و جمع‌بندی بحث را عنوان می‌کنیم.

۲- ایستگاه‌های شارژ سریع خودروهای برقی

هر ایستگاه شارژ سریع خودرو برقی شامل بخش‌هایی نظیر زمین مورد نیاز جهت احداث، بنای بخش اداری، واحدهای شارژ سریع و تاسیسات اتصال به شبکه می‌باشد. در شکل زیر هزینه‌های احداث ایستگاه شارژ سریع ارائه شده است.

با توجه به ظرفیت محدود کنتورهای خانگی نمی‌توانیم یک خودرو برقی با ظرفیت باتری معمول را شارژ سریع نماییم زیرا جریان مصرفی بسیار بیشتر از ظرفیت کنتور خانگی است بنابراین شارژ سریع باید در قالب ایستگاه‌های عمومی شارژ مطرح گردد [۲].

فضای مورد نیاز جهت احداث یک ایستگاه شارژ در کلان شهرها با توجه به تعداد واحدهای شارژ متفاوت است اما می‌توان گفت به‌طور رایج برای بخش اداری جایگاه مساحت مشخصی و به ازای هر واحد نیز به متراژ معلومی فضا مورد نیاز است. جایگاه شارژ سریع خودرو برقی می‌تواند مانند جایگاه‌های سوخت فسیلی از یک تا چندین واحد شارژ داشته باشد. با توجه به مصرف بالای ایستگاه‌های شارژ سریع

با توجه به رشد زیرساخت‌های شبکه برق و دستیابی به منابع جدید انرژی نظیر باد، خورشید، زمین گرمایی و انرژی امواج برای تولید برق، می‌توان انرژی الکتریکی را یکی از بهترین جایگزین‌ها برای سوخت‌های فعلی دانست. با توجه به هزینه‌های بسیار سنگینی که کارخانه‌های بزرگ تولید اتوموبیل در این زمینه انجام داده‌اند این صنعت به سرعت رشد یافته است تا جایی که امروزه خودروهای برقی با بازدهی بسیار بالا و قیمت قابل قبول تولید می‌گردند. بر این اساس پیدایش و رشد روزافزون خودروهای برقی امری لازم و بدیهی خواهد بود. با رشد خودروهای برقی دسترسی به سیستم شارژ این خودروها به یک مساله نوظهور و مهم تبدیل می‌شود. باتری‌های بسیار بزرگ این خودروها طولی در حدود ۱,۷ متر داشته و گستره ای بین ۵kwh تا ۳۰kwh دارند، بر این اساس خودروهای برقی یک بار بسیار بزرگ برای شبکه برق محسوب می‌شوند [۲].

شارژ این خودروها با روش‌های معمول به زمان زیادی نیاز دارد به طوری که شارژرهای مسکونی زمانی حدود ۱۴ ساعت برای شارژ یک خودرو برقی با باتری‌های معمولی صرف می‌کنند [۳]. از طرفی اتصال این خودروها در زمان پیک بار به شبکه، جریان ترانس‌های توزیع را از حد نامی آنها بیشتر خواهد کرد. این مساله سبب کاهش عمر مورد انتظار یک ترانس و دیگر اجزاء شبکه خواهد شد [۲].

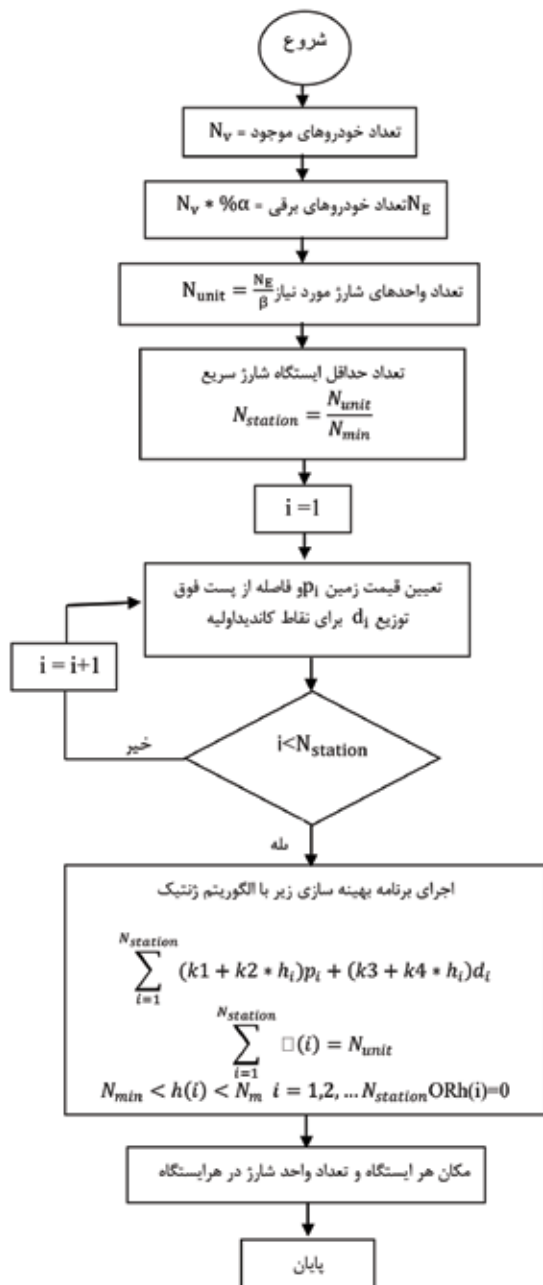
برای رشد خودروهای برقی در شهرها ایستگاه‌های شارژ سریع یک نیاز مهم به شمار می‌رود تا علاوه بر تامین انرژی خودروها بتواند آرامش خاطری برای شهروندان دارای خودرو برقی به ارمغان آورد. در این ایستگاه‌ها، خودروها با زمانی حدود ۱۰ الی ۱۵ دقیقه شارژ می‌شوند که مدت زمان نسبتاً مناسبی برای دارندگان خودروهای برقی محسوب می‌شود [۴]. با توجه به رشد و توسعه خودروهای برقی این خودروها در آینده‌ای نه چندان دور در تمام نقاط شهر دیده خواهند شد همچنین جایابی این خودروها در مسیرهای درون شهری نیازمند دسترسی آسان به ایستگاه‌های شارژ سریع است.

در سال‌های اخیر پژوهش‌های بسیار زیادی در مساله جایابی صورت گرفته است. مساله جایابی ایستگاه شارژ سریع خودرو برقی را می‌توان از دیدگاه مختلفی بررسی کرد. از دیدگاه شرکت برق بهترین مکان برای احداث جایگاه شارژ سریع نقطه‌ای است که کمترین فشار را بر شبکه توزیع، ترانس‌های توزیع و خطوط توزیع وارد آورد. توجه به شبکه توزیع در امر جایابی مسایل مختلفی را ایجاد می‌کند از آن جمله می‌توان به پژوهشی اشاره نمود که در آن هدف حداقل کردن تلفات شبکه توزیع در جایابی بهینه ایستگاه شارژ سریع است و بر اساس آن بهترین مکان برای احداث، جایی است که کمترین تلفات را در شبکه توزیع ایجاد کند [۵]. در پژوهش دیگری به وجود خودروهای برقی در محل‌های احداث ایستگاه توجه گردیده است بدین نحو که با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان حضور خودروها در مناطق مختلف را پیش‌بینی نموده و در مکان‌هایی که بیشترین احتمال حضور خودرو برقی وجود دارد ایستگاه شارژ سریع احداث می‌گردد [۶]. از دیدگاه مالک جایگاه بهترین نقطه برای احداث جایگاه شارژ سریع مکانی است که کمترین هزینه را داشته باشد. هزینه‌های احداث جایگاه شارژ سریع شامل هزینه زمین که مهم‌ترین هزینه برای سرمایه‌گذار است، هزینه تجهیزات ایستگاه شارژ که تقریباً ثابت بوده و به ظرفیت جایگاه بستگی دارد و هزینه اتصال به شبکه، که به فاصله جایگاه از پست یا خطوط توزیع بستگی دارد. در پژوهش دیگری مساله بهینه‌سازی را بر اساس بیشترین سود مالک جایگاه بررسی کرده‌اند، بدین نحو که بهترین مکان احداث ایستگاه جایی

موجود برقی هستند. اگر فرض کنیم هر واحد شارژ در طول یک شبانه روز به تعداد β خودرو برقی سرویس دهی انجام می دهد تعداد واحدهای شارژی که برای یک منطقه نیاز داریم به صورت زیر محاسبه می گردد :

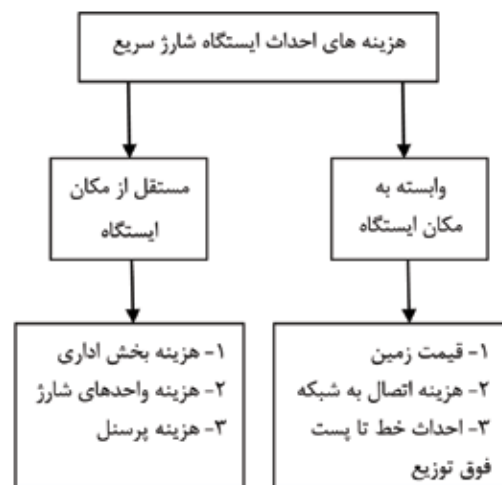
$$N_{unit} = \frac{N_v * \% \alpha}{\beta} \quad (1)$$

N_{unit} : تعداد واحدهای شارژ سریع مورد نیاز در ناحیه
 N_v : تعداد کل خودروهای موجود در ناحیه
 α : درصد خودروهای برقی
 β : تعداد خودرویی که توسط یک واحد شارژ می شود.



شکل ۲: فلوچارت روش پیشنهادی

باید این ایستگاهها را به شبکه برق توزیع فشار متوسط و پستهای فوق توزیع متصل و تغذیه کرد بنابراین هر چه ایستگاه شارژ به پست فوق توزیع نزدیکتر باشد علاوه بر کاهش هزینه اتصال، تلفات در شبکه نیز کاهش پیدا می کند. مهم ترین مساله در احداث یک ایستگاه شارژ سریع خودرو برقی مشخص کردن مکان مناسب برای احداث و راه اندازی جایگاه است. بحث مکانیابی ایستگاه شارژ را می توان از چند منظر مورد بررسی قرار داد. نخست از دید شرکت برق به مساله جایابی می نگریم. از نظر شرکت برق بهترین مکان برای احداث یک جایگاه شارژ سریع باید ویژگی هایی داشته باشد از قبیل این که، به گونه ای مکانیابی شود تا کم ترین تلفات در شبکه توزیع رخ دهد. کم ترین توسعه در شبکه توزیع از نظر افزودن خط، فیدر اختصاصی و یا ترانس را داشته باشیم. از طرفی بتوان به راحتی ایستگاه را به شبکه متصل نمود. از دید مالک جایگاه باید مکانی برگزیده شود که در آن هزینه ها کمترین مقدار را داشته باشد، هزینه هایی نظیر قیمت زمین، هزینه اتصال به شبکه، هزینه واحدهای شارژ و تعمیر و نگهداری. از طرفی مالکان خودروهای برقی می خواهند جایگاه شارژ سریع در دسترس ترین نقطه قرار داشته باشد از این رو باید ایستگاه در مکانی احداث گردد که بیشترین تراکم خودرو برقی در آن وجود دارد. عموماً ایستگاههای شارژ سریع با توجه به تراکم خودروهای برقی ظرفیتی (تعداد واحدهای شارژ) کم و یا زیاد دارند. این تعداد با توجه به وضعیت شبکه موجود و مساحت زمین در دسترس و نیازسنجی صورت گرفته بر اساس تراکم خودروهای برقی موجود مشخص می گردد. از جمله تفاوت های بارز این پژوهش با پژوهش های دیگر این است که الگوریتم خاص پیشنهادی علاوه بر تعیین مکان احداث ایستگاه شارژ سریع ظرفیت ایستگاه (تعداد واحدهای شارژ) را نیز مشخص می کند.



شکل ۱: هزینه های احداث جایگاه شارژ سریع

۳- الگوریتم پیشنهادی برای جایابی ایستگاه های شارژ سریع خودرو برقی

در این بخش از مقاله الگوریتم پیشنهادی و نحوه انجام کار ارایه می گردد که فلوچارت آن در شکل (۲) آمده است. در گام نخست باید پیش فرض صحیحی از تعداد خودروهای برقی یک شهر یا ناحیه بدست آوریم. از آنجایی که در حال حاضر خودرو برقی در کشور نداریم برای هر شهر فرض می کنیم مقدار $\alpha\%$ از کل خودروهای

۳-۱- تعیین نقاط کاندید اولیه

برای تعیین تعداد نقاط اولیه با توجه به این که در هر ایستگاه شارژ باید تعداد حداقلی برای واحدهای شارژ در نظر بگیریم، لذا تعداد حداکثر ایستگاه‌های شارژ و نقاط کاندید اولیه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$N_{station} = \frac{N_{unit}}{N_{min}} \quad (2)$$

$N_{station}$: حداکثر تعداد ایستگاه شارژ سریع و نقاط کاندید اولیه در ناحیه
 N_{unit} : تعداد واحدهای شارژ سریع مورد نیاز در ناحیه
 N_{min} : حداقل واحد شارژ در هر ایستگاه

با توجه به تعداد ایستگاه شارژ بدست آمده از مرحله قبل و در نظر گرفتن سه پارامتر میزان تراکم خودروهای برقی، فاصله ایستگاه از پست فوق توزیع، قیمت و وجود زمین، نقاط اولیه پیشنهادی را بر روی نقشه جغرافیایی مشخص می‌کنیم. از آنجایی که این کار با توجه به شناخت فرهنگی و اجتماعی از منطقه صورت می‌پذیرد و همچنین قیمت زمین و فاصله از پست در نظر گرفته شده است بنابراین مرحله اول الگوریتم را پیش برده‌ایم.

۳-۲- الگوریتم بهینه‌سازی

پس از تعیین نقاط کاندید، برای هر نقطه دو پارامتر قیمت هر متر مربع زمین (P) و فاصله از نزدیک‌ترین پست فوق توزیع بر حسب کیلومتر (d) را مشخص می‌کنیم. فرض بر این است که هر ایستگاه شارژ را می‌خواهیم به یک فیدر اختصاصی در پست فوق توزیع متصل و راه‌اندازی کنیم. تابع هدف بهینه‌سازی طوری در نظر گرفته شده است که ایستگاه در جایی احداث شود که، کم‌ترین قیمت زمین و نزدیک‌ترین فاصله از پست فوق توزیع را دارد. برای سادگی کار مساحت مورد نیاز برای ایستگاه را به صورت یک تابع درجه یک در نظر گرفته‌ایم که شامل یک بخش ثابت (k_1) و یک بخش وابسته به تعداد واحدهای شارژ (k_2) می‌باشد.

$$S = k_1 + k_2 * h_i \quad (3)$$

S : مساحت زمین مورد نیاز برای ایستگاه

K_1 : مساحت زمین مورد نیاز برای بخش اداری

K_2 : مساحت زمین مورد نیاز به ازای هر واحد شارژ

h_i : تعداد واحدهای شارژ سریع در ایستگاه i ام

بخش دوم هزینه مربوط به تامین مصرف برق ایستگاه می‌باشد که به صورت تابع درجه اول تعریف می‌کنیم. این تابع دو بخش دارد که پارامتر k_3 به مصرف داخلی ایستگاه مربوط شده و پارامتر k_4 به تعداد واحد شارژ وابسته است، هر چه مصرف داخلی و تعداد واحدهای شارژ بیشتر باشد هزینه اتصال به شبکه نیز افزایش می‌یابد.

$$E = k_3 + k_4 * h_i \quad (4)$$

E : تابع هزینه تامین مصرف برق ایستگاه شارژ سریع

k_3 : پارامتر مشخص کننده مصرف برق جایگاه

K_4 : پارامتر مشخص کننده مصرف برق هر واحد شارژ

تابع هدف مساله جاییابی به صورت جمع هزینه روابط (۳) و (۴) تعریف می‌گردد که برای کل ایستگاه‌ها به صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود:

$$\sum_{i=1}^{N_{station}} S * p_i + E * d_i \quad (5)$$

$N_{station}$: تعداد ایستگاه‌های شارژ سریع کاندید شده

P_i : قیمت هر متر مربع زمین

d_i : فاصله ایستگاه شارژ از نزدیک‌ترین پست فوق توزیع

مجموع تعداد واحدهای شارژی که به ایستگاه‌ها اختصاص داده می‌شود باید با تعداد واحدهایی که در ناحیه مورد نیاز بوده است برابر باشد. از طرفی تعداد واحد شارژ در هر ایستگاه نمی‌تواند از یک مقدار حداقلی کمتر باشد زیرا با توجه به هزینه‌های ثابت هر ایستگاه مقرون به صرفه نیست. تعداد واحدهای شارژ می‌تواند مقدار صفر را داشته باشد بدین مفهوم که در این نقطه نباید ایستگاه شارژ احداث کرد. از این رو قیود مساله به فرم زیر خواهد بود:

$$\sum_{i=1}^n h(i) = N_{unit} \quad (6)$$

$$h(i) = 0 \text{ یا } N_{min} < h(i) < N_{max} \quad (7)$$

در این مرحله می‌بایست با توجه به اطلاعات ورودی، مساله بهینه‌سازی که به ترتیب بالا تعریف کرده‌ایم را با نرم افزار متلب و الگوریتم ژنتیک حل نماییم.

۳-۳- حل مساله با الگوریتم ژنتیک

برای حل مساله با استفاده از الگوریتم ژنتیک از جعبه ابزار بهینه‌سازی نرم افزار متلب استفاده شده است. در این جعبه ابزار نوع راه حل را GA انتخاب کرده و مقادیر زیر را برای آن وارد می‌کنیم.

جمعیت (population size) را مقدار ۲۰۰۰ نفر در نظر می‌گیریم. مقدار نخبه‌گرایی (elite count) را روی ۱۰۰۰ تنظیم می‌کنیم. مقدار نسل (generation) را ۲۰۰۰ قرار می‌دهیم. خروجی برنامه متلب تعداد $h(i)$ نقطه است که به هر کدام از این نقاط عددی بین حداقلی حداکثر تعداد واحد شارژ در هر ایستگاه و یا صفر اختصاص داده شده است. نقاطی که در خروجی برنامه مقدار صفر دارند بدین معناست که، در این نقاط با توجه به تابع هزینه احداث ایستگاه مقرون به صرفه نیست و نباید ایستگاه شارژ سریع احداث گردد، در نقاط دیگر با توجه به تعداد واحدهای شارژ که در خروجی برنامه آمده است مساحت زمین نیز مشخص می‌گردد.

۴- نتایج شبیه سازی

الگوریتم پیشنهادی برای ناحیه ۵ شرکت توزیع مشهد (منطقه وکیل آباد) اجرا شده است. بر این اساس با توجه به آمارها در حال حاضر در شهر مشهد حدود یک میلیون و سیصد هزار خودرو وجود دارد. با فرض این که تنها یک درصد ($\alpha=1\%$) از این خودروها برقی باشند ۱۳۰۰۰ خودرو برقی خواهیم داشت. با توجه به شناختی که از وضعیت اجتماعی منطقه مذکور داریم می‌توان فرض کرد، از این تعداد خودرو ۲۵٪ در ناحیه ۵ شرکت توزیع مشهد و منطقه وکیل آباد حضور دارند که معادل ۳۲۵۰ عدد می‌باشد.

با فرض این که به ازای هر ۵۰ خودرو برقی نیاز به یک واحد شارژ ($\beta=50$) داریم از این رو برای این منطقه نمونه باید ۶۵ واحد شارژ پیش‌بینی کرد. تعداد نقاط کاندیدی که باید مشخص کنیم با در نظر گرفتن حداقل ۳ واحد شارژ در هر ایستگاه، معادل ۲۲ نقطه می‌باشد. بر روی نقشه جغرافیایی با توجه به شناختی که از منطقه داریم زمین مناسب از نظر ابعاد، وجود زمین مورد نیاز، قیمت و پوشش‌دهی کل ناحیه، پیش‌بینی تراکم خودروهای موجود در نقاط کاندید و فاصله از پست فوق توزیع، ۲۲ نقطه کاندید اولیه را انتخاب می‌کنیم. برای

این نقاط کاندید قیمت زمین بر حسب میلیون تومان به ازای هر متر مربع و فاصله از پست فوق توزیع بر حسب کیلومتر به صورت جدول (۱) استخراج شده است.

جدول ۱: اطلاعات نقاط کاندید اولیه

ردیف	مکان ایستگاه	قیمت زمین (میلیون تومان به ازای هر متر مربع)	فاصله از پست (کیلومتر)
۱	رازی	۲	۰,۸۸
۲	میدان بینش	۲,۴	۱,۳
۳	پاچنار	۱,۹	۲,۴
۴	میدان صیاد	۲,۶	۱,۲
۵	صدف	۲,۹	۱,۱
۶	انتهای جلال آل احمد	۲	۲,۳
۷	میدان معلم	۳,۵	۱,۸۷
۸	ابتدای امامت	۴	۲,۲
۹	انتهای هاشمیه	۲,۵	۰,۸۸
۱۰	ابتدای باهنر	۵,۵	۱,۵۴
۱۱	ذکریا	۲	۱,۵۴
۱۲	فلکه پارک	۳,۵	۲,۲
۱۳	هنرستان	۴	۱,۶۵
۱۴	گلشن	۵	۱,۲۱
۱۵	میدان سلمان	۳	۷,۷
۱۶	بلوار رضوی	۲,۵	۲,۴۲
۱۷	شهرک شادیلون	۲,۱	۱,۶۵
۱۸	بلوار نماز	۱,۵	۳,۷۴
۱۹	تقاطع کاوه و نماز	۱,۲	۳,۱۹
۲۰	شهرک آزادگان	۱,۷	۱,۵۴
۲۱	شهرک هاشمیه	۱,۵	۳,۲
۲۲	انتهای لادن	۲	۱,۹۸

در این مقاله پارامترهای تابع هدف مساله بهینه‌سازی به فرم زیر فرض شده است:

$$K_1=90m^2$$

$$K_2=20m^2$$

$$K_3=2$$

$$K_4=1.2$$

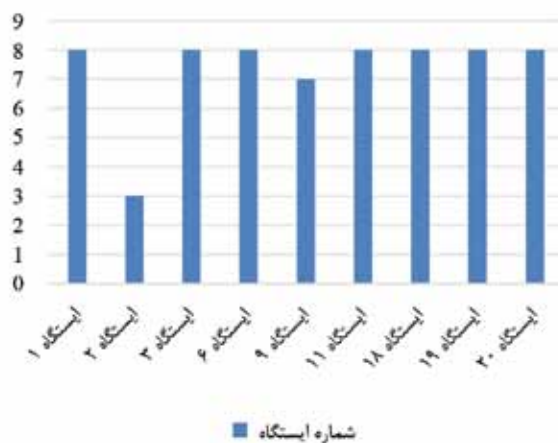
در این حالت مجموع تعداد کل واحدهای شارژ در ناحیه باید برابر ۶۵ باشد و از طرفی تعداد حداقل ۳ واحد شارژ و حداکثر ۸ واحد شارژ در هر ایستگاه را برای قیدهای شبیه‌سازی در نظر گرفته‌ایم.

خروجی برنامه با توجه به فاصله از پست و قیمت زمین مشخص می‌گردد. در نقاطی که فاصله از پست زیاد بوده و قیمت زمین هم بالا بوده است الگوریتم به طور صحیحی عدد صفر را به تعداد واحدهای شارژ آن ایستگاه اختصاص داده است بدین مفهوم که در این نقطه نباید ایستگاه شارژ سریع احداث کرد. از طرفی در نقاط نزدیک به پست با قیمت پایین زمین ایستگاهی با حداکثر ظرفیت یعنی هشت

واحد خواهیم داشت.

در نقاط متوسط قیمت با فاصله از پست نه چندان زیاد هم تعداد بین ۳ تا ۸ واحد اختصاص داده شده است. شکل شماره (۳) ایستگاه‌ها و تعداد واحد شارژ اختصاص یافته به هر ایستگاه را نشان می‌دهد. برای ایستگاه شماره یک که قیمت زمین هر متر مربع دو میلیون تومان بوده و ۰,۸۸ کیلومتر از نزدیک‌ترین پست فوق توزیع فاصله دارد ۸ واحد شارژ در نظر گرفته شده است همین طور برای ایستگاه شماره ۲ که قیمت هر متر مربع زمین ۲,۴ میلیون تومان و فاصله از نزدیک‌ترین پست فوق توزیع ۱,۳ کیلومتر بوده است مقدار ۳ واحد شارژ در نظر گرفته شده است. هر چه قیمت زمین و فاصله از پست در منطقه‌ای افزایش یابد ایستگاه‌هایی با اندازه کوچک‌تر و ظرفیت کمتر خواهیم داشت و هر چه قیمت زمین کمتر بوده و فاصله به پست نزدیک‌تر شده است تعداد حداکثر واحد شارژ اختصاص می‌یابد.

تعداد واحد شارژ



شکل ۳: تعداد واحد شارژ در هر ایستگاه

۵- نتیجه گیری

با توجه به رشد خودروهای برقی شارژ سریع این خودروها برای مالکان، اهمیت بسیار زیادی دارد و ضرورت احداث ایستگاه‌های شارژ سریع احساس می‌گردد. یکی از مباحث مهم در این زمینه تعیین مکان و ظرفیت ایستگاه‌ها در ناحیه مورد نظر است. از آنجایی که احداث یک ایستگاه شارژ سریع به پارامترهای مختلفی نظیر قیمت زمین، فاصله از پست، تراکم این خودروها، وضعیت شبکه توزیع و فوق توزیع بستگی دارد از این رو مکان یابی ایستگاه‌های شارژ سریع یک ضرورت انکار ناپذیر است. با توجه به داده‌هایی نظیر تعداد خودروهای برقی، مکان فیزیکی مالکان خودرو، وضعیت اجتماعی مناطق مختلف شهری، مکان دقیق پست‌های فوق توزیع و قیمت زمین در نواحی مختلف به راحتی می‌توان ایستگاه‌های شارژ سریع خودرو برقی را مکان یابی کرد. در این مقاله با الگوریتم دو مرحله‌ای، ابتدا نقاط کاندید برای احداث ایستگاه شارژ سریع را تعیین کردیم و پس از آن علاوه بر مشخص کردن مکان احداث ایستگاه شارژ ظرفیت آن (تعداد واحدهای شارژ) را نیز مشخص نمودیم. نتایج نشان می‌دهد که این الگوریتم به خوبی می‌تواند دو پارامتر قیمت زمین و فاصله از پست فوق توزیع را پوشش دهد. در این الگوریتم با توجه به ظرفیت

معرفی سایت ریسرچ گیت برای مهندسان برق

ایاد مدیش^{۱۱} و سورن هافمایر^{۱۲} راه اندازی شد. در این سایت، هم دانشگاه‌ها و هم کاربران رتبه‌بندی می‌شوند و این رتبه‌بندی، بر اساس ارزش محقق است که در این سایت عضو است و با RG^{۱۳} نمایش داده می‌شود. RG، ترکیبی از تعداد مقالات، ارزش مقالات، سؤال با ارزش از بقیه محققین، جواب با ارزش به محققان و ... تشکیل شده است [۳-۵].

این سایت علاوه بر عضویت رایگان، امکان دسترسی رایگان به بسیاری از مقاله‌های تمامی اساتید جهان را فراهم کرده است. حتی اگر استادی، مقاله خود را به دلیل قانون کپی رایت، در این سایت بارگذاری نکرده باشد؛ ولی با تجربه شخصی، با گذاشتن پیام خصوصی، ۱۰۰٪ اساتید، مقاله‌های خود را ارسال می‌کنند.

در این مقاله سعی شده است تا علاوه بر اطلاعات عمومی سایت ریسرچ گیت، نتایج تخصصی مهندسی برق نیز از آن استخراج شود که در بخش‌های بعدی، به آن‌ها اشاره می‌شود. در بخش دوم مقاله، دو ویژگی مهم سایت معرفی می‌شود و در بخش سوم، اطلاعات دانشگاه‌های ایران در سایت ریسرچ گیت، آورده شده است. در بخش چهارم مقاله، شاخص‌های علمی بعضی از اساتید برق ایران در سه سایت ریسرچ گیت، گوگل اسکولار^{۱۴} و اسکوپوس^{۱۵} مقایسه شده است و در انتها، نتیجه‌گیری و مراجع آورده شده است.

۲- ویژگی‌های سایت ریسرچ گیت

دو ویژگی مهم سایت ریسرچ گیت، بخش سوالات و دریافت رایگان مقاله است که به ترتیب توضیح داده می‌شود.

۲-۱- بخش سوالات

شاید یکی از مهم‌ترین بخش‌های مورد نیاز کلیه محققان و به خصوص دانشجویان، بخش سوالات ریسرچ گیت باشد. معمولاً اساتید راهنما، نه وقت کافی و نه اطلاعات جامعی در تمام زمینه‌ها دارند. ولی

مصطفی عیدپانی / موسسه آموزش عالی خراسان / eidiani@khorasan.ac.ir

چکیده

در این مقاله، به‌طور خلاصه سایت ریسرچ گیت (دروازه تحقیق)، به‌طور عمومی و به‌طور اختصاصی برای رشته برق، معرفی شده است. همچنین با کمک این سایت، شاخص‌های علمی بعضی از اساتید برق با هم و با دارندگان جایزه نوبل مقایسه شده است.

کلمات کلیدی: ریسرچ گیت، گوگل اسکولار، اسکوپوس، ارجاع، شاخص H

۱- مقدمه

شبکه‌های اجتماعی از گروه‌ها و افراد مختلفی تشکیل شده‌اند که یک وابستگی، ایده، تبادل مالی، دوستی، خویشاوندی و ... با یکدیگر دارند. بعضی از شبکه‌های اجتماعی عمومی هستند مثل فیس‌بوک^۱، توییتر^۲، اورکات^۳ و مای‌اسپیس^۴ و بعضی از شبکه‌های اجتماعی، اختصاصی هستند مثل لست اف.ام.^۵ (موسیقی)، گودریز^۶ (کتاب)، فلیکر^۷ (عکس)، اینستاگرام^۸ (عکس و ویدئو)، لینکدین^۹ (تجارت) و ریسرچ گیت^{۱۰} (محققان و دانشمندان) [۱-۲].

مهم‌ترین تفاوت بین سایت ریسرچ گیت با بقیه شبکه‌های اجتماعی، واقعی بودن و محقق بودن کاربران است و همچنین، تبلیغات، اسپم، عکس و مطالب کم ارزش در سایت وجود ندارد.

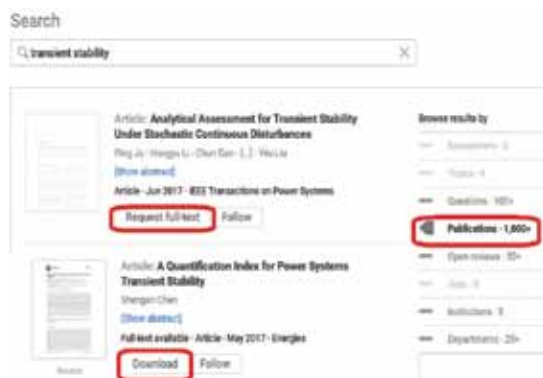
ریسرچ گیت، معتبرترین سایت اجتماعی پژوهشگران و محققان در دنیاست که تقریباً، تمامی دانشگاه‌ها و موسسات در سراسر جهان، در آن عضویت دارند و بیش از ۶ میلیون از اساتید و دانشجویان سراسر جهان نیز از کاربران این وبگاه به شمار می‌آیند [۳-۵].

ریسرچ گیت در سال ۲۰۰۸ توسط دو ویروس‌شناس به نام‌های

آن‌ها را می‌توان به‌صورت خصوصی، از نویسنده مقاله درخواست کرد. این موضوع برای کشور ما که دانشجویان و مهندسان برق، امکان پرداخت هزینه مقاله‌ها را به دلایل مالی یا وجود تحریم ندارند؛ بسیار با ارزش است.



شکل ۳: جدیدترین مقاله‌های منتشر شده توسط دو عضو هیات علمی دانشگاه تهران در سایت دانشگاه تهران در ریسرچ‌گیت [۶]



شکل ۴: جستجوی مقاله‌های مرتبط با پایداری گذرا در ریسرچ‌گیت

۳- اطلاعات دانشگاه‌ها در سایت ریسرچ‌گیت

همان‌طور که در جدول (۱) دیده می‌شود ده دانشگاه برتر ایران از نقطه نظر سایت ریسرچ‌گیت، جمعاً ۵۶ هزار نفر عضو دارد و انتشارات آن‌ها، جمعاً به ۵۲ هزار نسخه رسیده است که اهمیت این سایت، برای محققان و دانشجویان این دانشگاه‌ها را نشان می‌دهد. البته رتبه‌بندی سایت ریسرچ‌گیت با بقیه رتبه‌بندی‌ها، کمی تفاوت دارد.

جدول ۱: ده دانشگاه برتر از نقطه نظر سایت ریسرچ‌گیت

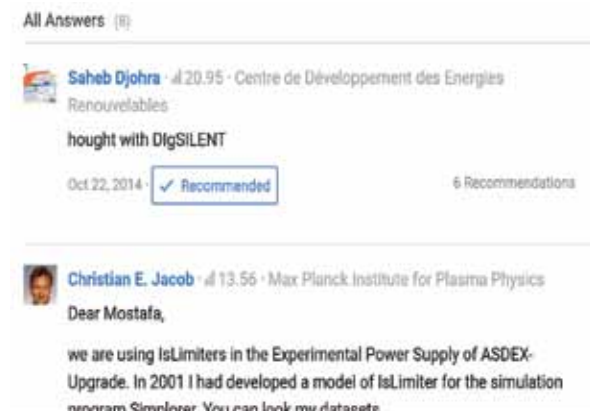
ردیف	دانشگاه	تعداداعضا	امتیاز کل	تعداد انتشارات	حداکثر RG
۱	تهران	۱۶,۵۳۶	۳۸,۸۶۶	۱۱,۵۳۸	۷۲
۲	علوم پزشکی تهران	۴,۲۸۱	۳۶,۳۶۷	۱۰,۱۹۷	۵۴
۳	تربیت مدرس	۶,۱۷۳	۲۰,۰۰۴	۵,۶۰۲	۴۵
۴	امیرکبیر	۷,۸۳۹	۱۹,۲۹۶	۳,۸۳۲	۵۴
۵	شهید بهشتی	۲,۶۰۷	۱۶,۷۵۷	۴,۰۰۶	۴۵
۶	شریف	۵,۱۷۰	۱۴,۷۰۹	۵,۸۱۳	۴۵
۷	فردوسی	۴,۶۰۷	۱۳,۹۹۰	۲,۵۷۵	۴۵
۸	پزشکی شیراز	۲,۰۴۵	۱۳,۳۸۸	۳,۷۳۷	۴۵
۹	علم و صنعت	۵,۲۵۱	۱۳,۱۹۰	۳,۲۵۰	۴۵
۱۰	اصفهان	۲,۲۱۷	۷,۷۶۶	۱,۶۷۱	۴۵
	جمع	۵۶,۷۲۶	۱۹۴,۳۳۳	۵۲,۲۲۱	-

بسیاری از محققان در دنیا، علاقه خاصی به کمک و پاسخگویی به افراد دارند. به تجربه ثابت شده است هیچ سوالی بی‌پاسخ نمی‌ماند و مهم‌ترین بخش آن این است که پاسخ‌ها از طرف افراد صاحب‌نظر در سراسر دنیا داده می‌شود و این موضوع در هیچ سایت دیگری وجود ندارد.

شکل (۱)، یک نمونه سوال را نشان می‌دهد که سوال‌کننده، به دنبال یک مدل از محدودکننده جریان خطا در نرم‌افزارهای مختلف مهندسی برق می‌باشد. در عرض چند روز (شکل ۲)، بهترین متخصصان، پاسخ‌های مناسبی با لینک‌های مناسب، نوشته‌اند که می‌تواند به این محقق در روند یک پروژه، کمک شایانی داشته باشد و این کمک، به رایگان انجام شده است.



شکل ۱: پرسیدن سوال در ریسرچ‌گیت و نمایش تعداد افراد متقاضی جواب این سوال



شکل ۲: پاسخ به سوال‌های پرسیده شده در ریسرچ‌گیت از طرف محققان واقعی و متخصص از سراسر جهان

۲-۲- دریافت رایگان مقاله‌های پولی

همان‌طور که قبلاً گفته شد؛ یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های سایت ریسرچ‌گیت، امکان دریافت جدیدترین مقاله‌های منتشر شده به‌صورت رایگان و سریع است. مثلاً در شکل (۳) دیده می‌شود که دو عضو هیات علمی دانشگاه تهران، جدیدترین مقاله‌های خود را در این سایت منتشر کرده‌اند. یکی از آن‌ها مقاله خود را بارگذاری کرده است و امکان دانلود آن وجود دارد و نفر دیگر، فقط چکیده اطلاعات آن را منتشر کرده است. ولی امکان درخواست مقاله از نویسنده به‌طور خصوصی وجود دارد.

همچنین در شکل (۴) دیده می‌شود که با جستجوی مقاله‌های مرتبط با پایداری گذرا، بیش از ده هزار مقاله پیدا شده است که بعضی از آن‌ها بارگذاری شده و به رایگان قابل دسترسی است و بقیه

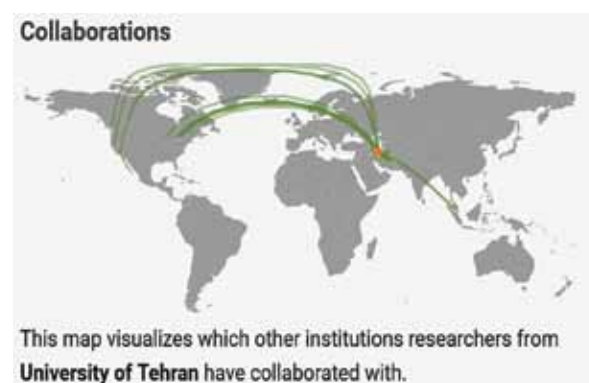


شکل ۶: نحوه همکاری دانشگاه اصفهان با جهان



شکل ۷: نحوه توزیع امتیاز اعضای یک دانشگاه

یکی از اطلاعات بسیار مفید این سایت، نحوه مشارکت هر دانشگاه با بقیه جهان است که در یک شکل و به‌طور خلاصه، این ارتباطات را نشان می‌دهد. شکل (۵) نحوه همکاری دانشگاه تهران و شکل (۶)، نحوه همکاری دانشگاه اصفهان را با جهان نشان می‌دهد. دانشگاه تهران، بیشتر با آمریکا و مالزی مقاله مشترک منتشر کرده است و دانشگاه اصفهان بیشتر با اروپا، ژاپن و استرالیا مقاله مشترک دارد.



شکل ۵: نحوه همکاری دانشگاه تهران با جهان

جدول ۲: مقایسه شاخص‌های علمی بعضی از اساتید برق ایران در سه سایت ریسرچ‌گیت، گوگل اسکولار و اسکوپوس با RG بالاتر از ۳۰

ردیف	رتبه علمی	ریسرچ گیت						گوگل اسکولار		اسکوپوس
		امتیاز RG	تعداد انتشارات	خوانده شده	ارجاعات	h-index	ارجاعات	h-index	h-index	
استاد	۱	۴۲,۶۰	۳۶۴	۱۷۰۴۵	۵۰۵۴	۳۶	۶۷۷۳	۴۱	۳۳	
	۲	۴۰,۹۸	۴۴۲	۲۹۴۲۳	۳۸۳۲	۲۹	۵۵۳۱	۳۲	۲۸	
	۳	۳۹,۴۱	۲۹۴	۲۹۸۸۷	۳۹۲۷	۳۳	۵۰۳۶	۳۷	۳۱	
	۴	۳۹,۰۹	۳۴۲	۱۹۵۳۸	۳۱۷۹	۳۱	۴۲۷۲	۳۶	۲۸	
	۵	۳۴,۱۵	۲۶۴	۱۰۷۹۱	۱۲۶۱	۱۷	۱۷۸۰	۲۱	۱۷	
	۶	۳۳,۱۸	۱۶۵	۲۶۲۰	۱۸۳۳	۲۱	۲۰۰۳	۲۱	۱۷	
	۷	۳۲,۹۳	۱۱۷	۸۸۹۴	۱۶۵۱	۲۳	۲۰۶۱	۲۴	۲۱	
	۸	۳۲,۰۱	۱۴۴	۵۱۷۹	۸۹۶	۱۸	۱۱۹۵	۱۹	۱۸	
	۹	۲۹,۹۳	۱۳۰	۳۴۱۱	۱۰۷۰	۱۹	۱۳۷۳	۲۰	۱۶	
*۱۰	استادیار	۱۰۶,۴۹	۲۹۲	۳۹۷۵۹	۱۰۷۸۸	۸۲	۳۵۳۱	۵۳	۴	

جدول ۳: مقایسه شاخص‌های علمی اساتید برق دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی در سه سایت ریسرچ‌گیت، گوگل اسکولار و اسکوپوس با RG بالاتر از بیست

ردیف	رتبه	ریسرچ گیت						گوگل اسکولار		اسکوپوس
		امتیاز RG	تعداد انتشارات	خوانده شده	ارجاعات	h-index	ارجاعات	h-index	اسکوپوس	
۱	دانشیار	۳۲,۱۲	۷۶	۱۴۲۰۵	۱۰۷۷	۱۶	۱۵۱۶	۱۸	۱۵	
۲	استاد	۳۰,۶۱	۱۱۵	۴۲۹۵	۹۱۳	۱۶	۱۲۲۷	۱۷	۱۵	
۳	دانشیار	۲۹,۹۳	۷۸	۱۸۵۶	۱۱۸۶	۲۰	۱۵۳۲	۲۰	۲۰	
۴	دانشیار	۲۹,۵۲	۷۰	۱۹۷۰	۱۰۹	۵	-	-	۴	
۵	استاد	۲۸,۰۷	۱۰۴	۵۲۵۲	۸۲۰	۱۳	۱۰۶۷	۱۶	۱۲	
۶	استاد	۲۵,۷۲	۷۳	۱۴۵۲	۶۶۹	۱۴	-	-	۸	
۷	دانشیار	۲۴,۶۹	۱۰۳	۱۸۷۶	۲۱۴	۷	۲۵۲	۹	۶	
۸	استاد	۲۴,۱۲	۱۰۸	۶۱۴۵	۶۶۱	۱۳	۹۵۱	۱۷	۱۲	
۹	استاد	۲۳,۷۲	۷۴	۲۷۳۵	۵۱۱	۱۱	-	-	۱۰	
۱۰	استاد	۲۱,۸۳	۷۴	۴۰۸۶	۳۸۳	۱۰	-	-	۸	

همچنین برای هر دانشگاه، نحوه توزیع امتیاز اعضای آن دانشگاه را در یک شکل نشان می‌دهد (شکل ۷).

۴- شاخص‌های علمی برخی از اساتید برق ایران در سه سایت ریسرچ‌گیت، گوگل اسکولار و اسکوپوس

در این بخش، اساتید برتر برق ایران با اساتید برتر برق دانشگاه فردوسی مقایسه می‌شوند. همچنین مشخصات افرادی که RG بالاتر از ۱۰۰ دارند با RG برندگان جایزه نوبل مقایسه شده‌اند که در ادامه آورده شده است.

در جدول (۲) به‌عنوان نمونه [۳]، شاخص‌های علمی بعضی از اساتیدی که در کنفرانس بین‌المللی برق همکاری می‌کنند با هم مقایسه شده‌اند. همچنین برای راستی آزمایی سایت ریسرچ‌گیت، از دو سایت گوگل اسکولار و اسکوپوس هم استفاده شده است.

نکات زیر را می‌توان به‌طور خلاصه از جدول (۲) استخراج کرد:

۱- اساتید قدیمی و بازنشسته، اطلاعاتی در سایت ریسرچ‌گیت ندارند.
۲- تعداد معدودی از اساتید، در سایت گوگل اسکولار صفحه شخصی ندارند.

۳- در اکثر موارد، تعداد ارجاعات^{۱۶} در گوگل اسکولار از ریسرچ‌گیت بیشتر است.

۴- در بیشتر موارد، تعداد ارجاعات ریسرچ‌گیت از اسکوپوس بیشتر است.

۵- امتیاز بالای صد، برای افرادی به‌دست آمده است که از در بخش پرسش و پاسخ، فعال بوده‌اند [۷].

۶- به ارجاعات ریسرچ‌گیت و گوگل اسکولار، نمی‌توان به عنوان مرجع علمی استناد کرد [۷].

۷- تعداد مقاله‌های خوانده شده، ربطی به کیفیت مقاله‌ها ندارد.

۸- رابطه مستقیمی بین رتبه علمی محقق و امتیاز او وجود ندارد. در جدول (۳) مانند جدول (۲)، شاخص‌های علمی اساتید برق دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی در سه سایت ریسرچ‌گیت، گوگل اسکولار و اسکوپوس با RG بالاتر از بیست با هم مقایسه شده‌اند.

با مقایسه دو جدول (۲) و (۳) به‌طور خلاصه به نتایج زیر می‌رسیم:
۱- بعضی از اعضای هیات علمی گروه برق دانشگاه فردوسی، در محدوده ده نفر اول اساتید برق ایران قرار دارند.

۲- شاخص‌های علمی منتشر شده در این سه سایت، نشان می‌دهند به‌طور میانگین، شاخص‌های علمی اعضای هیات علمی گروه برق دانشگاه فردوسی، نصف ده نفر اول اساتید برق ایران است.

۳- این دو جدول نشان می‌دهند که هیچ‌کدام از اساتید برق ایران، از «توانایی گوگل» استفاده نمی‌کنند.

با بررسی محققین با RG بیشتر از ۱۰۰، نتایج زیر بدست می‌آید [۷]:
۱- بیشتر محققان، امتیاز خود را از پاسخ دادن به سؤالات به‌دست آورده‌اند.

۲- فقط یک نویسنده، امتیاز اصلی خود را از سؤالات به‌دست آورده است.

۳- بیشترین امتیازی که از انتشارات به‌دست آمده است ۳۴٪ است.

همچنین با بررسی بیست نفر اول دارنده جایزه نوبل با بیشترین RG، می‌توان به نتایج زیر رسید [۷]:

۱- هیچ دارنده نوبلی، امتیاز بالاتر از ۵۵ را کسب نکرده است.

۲- تمامی دارندگان نوبل به غیر از یک نفر، امتیازات خود را از

انتشارات به‌دست آورده‌اند.

۳- دارندگان جایزه نوبل، هیچ امتیازی از طرح سوال به‌دست نیاورده‌اند.

۵- نتیجه‌گیری

استفاده از سایت ریسرچ‌گیت، برای مهندسان و محققان برق ایرانی که دسترسی به مقاله‌های پولی ندارند؛ بسیار مفید است. با این‌که تعداد اعضای عضو ریسرچ‌گیت زیاد است ولی از توانایی‌ها و امکانات رایگان این سایت استفاده نمی‌شود. در این مقاله نشان داده شد که علاوه بر دانلود رایگان مقاله، به مهم‌ترین سوال‌های تخصصی توسط معتبرترین محققان سراسر دنیا، با سرعت و رایگان پاسخ داده می‌شود. همچنین رابطه نزدیکی بین گوگل اسکولار و ریسرچ‌گیت برقرار است و پیدا کردن مقاله‌های نویسندگان، تعیین ارجاع مقاله‌ها و تعیین شاخص H هر نویسنده، با همکاری این دو سایت به‌خوبی انجام می‌شود.

۶- مراجع

- [۱] زهرا بتولی، قابلیت‌های شبکه اجتماعی ریسرچ‌گیت برای پژوهشگران، ماهنامه علمی الکترونیکی، انجمن علمی مدیریت اطلاعات، دوره ۱، شماره ۲، صص ۵۹-۶۸، اردیبهشت ۱۳۹۲.
- [۲] نیما یعقوبی ملال، انگیزه‌ها و تعاملات اطلاعاتی دانشمندان در شبکه‌ی حرفه‌ای ریسرچ‌گیت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی، ۱۳۹۳.
- [3] https://www.researchgate.net/publication/269139149_On_ResearchGate
- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/ResearchGate>
- [5] <https://fa.wikipedia.org/wiki/ریسرچ‌گیت>
- [6] https://www.researchgate.net/institution/University_of_Tehran
- [7] Enrique Orduna-Malea, Alberto Martín-Martín, Mike Thelwall and Emilio Delgado LópezCózar2, «Do ResearchGate Scores create ghost academic reputations?», accepted for publication in the journal Scientometrics, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2396-9/>, 2017.

پی‌نوشت‌ها

- 1 FaceBook
- 2 Twitter
- 3 Orkut
- 4 MySpace
- 5 Last.fm
- 6 GoodReads
- 7 Flickr
- 8 Instagram
- 9 LinkedIn
- 10 ResearchGate
- 11 Ijad Madisch
- 12 Sören Hofmaye
- 13 ResearchGate Score
- 14 Google Scholar
- 15 Scopus
- 16 Citations



لینک‌های مخابرات ماهواره‌ای

سید حسن حجازی نژاد / دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی سجاد
hassanhejazinezhad@yahoo.com

پدیده سایه، پدیده داپلر و ... دچار محوشدگی می‌شود. طول موج‌های کوچک‌تر، زمانی که به یک سطح برخورد می‌کنند، براساس این که آن سطح، صاف یا تیز باشد، به‌وسیله پدیده انعکاس یا پراش امواج، منتشر می‌گردند. باندهای فرکانسی در پیوست یک شرح داده شده‌اند. در حال حاضر، چهار نوع مدار ماهواره‌ای مرسوم که شامل مدار زمین پایین^۱، مدار زمین متوسط^۲، مدار بیضوی بالا^۳ و مدار Geostationary می‌باشد، با مزایا و معایب مختلفی وجود دارد [۱].

سیستم‌های ماهواره‌ای مدار GEO بالای خط استوا در ارتفاع ۳۵۷۸۶ کیلومتری از سطح زمین قرار داده شده‌اند و همیشه در همان مکان دیده می‌شوند. یک ماهواره در این ارتفاع می‌تواند یک قاره را پوشش دهد، بنابراین با سه ماهواره، پوشش جهانی پشتیبانی می‌شود. به دلیل کاهش زاویه ارتفاع در ارتفاعات بالا، ماهواره‌ها به سختی در دسترس هستند [۱].

۲۰ سال قبل، سیستم‌های ماهواره‌ای GEO توان تشعشی ایزوتروپیک موثر (EIRP)^۴ را توسط تقویت‌کننده‌های توان و پرتوهای نقطه‌ای باریک‌تر بهبود بخشیدند. در حال حاضر، آنتن‌های گیرنده قادرند که لینکی با عرض باند پهن‌تر ارائه دهند که موجب فراهم آوردن خدمات برای تعداد بیشتری کاربر شده است. سیستم‌های ماهواره‌ای GEO در اروپا، آمریکای شمالی و جنوبی، استرالیا و آسیا توسط کمپانی‌هایی مانند اینمارست^۵، یوتلترکس^۶، امست^۷، اپتوس^۸، ایسس^۹ و تورایا^۹ ارائه می‌شود [۱].

سیستم‌های HEO، مزیت‌های زیادی در مخابرات ماهواره‌ای دارند. این سیستم‌ها، بین ارتفاع پست ۲۰۰۰-۱۰۰۰ کیلومتر و ارتفاع اوج ۵۰۰۰-۴۰۰۰ کیلومتر هستند. توسط این سیستم‌ها، با دو الی چهار ماهواره در ارتفاعات متوسط پوشش جهانی ایجاد می‌شود. در این سیستم‌ها، تاخیر ارسال زیاد است. رادیوی ماهواره‌ای سی‌ریوس در ایالات متحده و رسانه انداس^{۱۰} در اروپا از این سیستم‌ها استفاده می‌کنند [۱].

مخابرات بی‌سیم بخشی از زندگی روزمره انسان‌ها می‌باشد، بنابراین شرکت‌های ارائه دهنده خدمات مخابرات، تلاش زیادی برای افزایش کیفیت خدمات‌شان می‌کنند و این تکنولوژی همه گیر شده است. در برخی از کشورها، روستاها نیز از پوشش خوبی برخوردارند در حالی که در برخی دیگر، حتی شهرها پوشش خوبی ندارند. بنابراین، مخابرات ماهواره‌ای با هدف ارتقای پوشش خدمات پیشنهاد می‌شود. این طرح مخصوصاً برای ارگان‌های نظامی، دریایی، خبری و ... محبوب می‌باشد. سیستم‌های مخابراتی ماهواره‌ای نسبت به سیستم‌های مخابراتی جاری می‌توانند در پخش کارآمدتر باشند و استفاده از آن‌ها، به‌عنوان مکمل برای مخابرات بی‌سیم با هدف افزایش پشتیبانی یک مزیت به حساب می‌آید که این، با هزینه کمی به‌دست می‌آید. عصر حاضر عصر ارتباطات ماهواره‌ای است، این فن‌آوری پیچیده و پیشرفته به‌عنوان شاخه‌ای مهم در تحقیقات فضایی، اکنون جایگاه عظیمی در زمینه‌های مختلف مخابراتی، پخش برنامه‌های رادیو تلویزیونی و سنجش از راه دور را دارد [۱، ۲].

ماهواره در زمینه پیشرفت علوم مختلف کمک‌های شایانی کرده است و استفاده از آن، تاثیر به‌سزائی در زندگی انسان‌ها دارد. سیستم‌های ماهواره‌ای، بسیاری از مسائل و مشکلات مربوط به هزینه و زمان ارسال را حل نموده و کارایی شبکه‌های تلویزیونی را به شکل چشم‌گیری افزایش داده است. در حال حاضر بیش از هزار ماهواره در مدارهای مختلف و برای مقاصد متفاوت در اطراف زمین در حال چرخش است [۲]. اگرچه اکثر خدمات مخابرات ماهواره‌ای در باندهای فرکانسی S و L اجرا می‌شوند، بعضی از خدمات نیز در باندهای فرکانسی VHF تا K اجرا می‌شوند. یک سیگنال پس از ارسال در لینک ماهواره‌ای از باندهای فرکانسی مختلفی عبور می‌کند و بر اثر مشکلاتی مانند نویز، محوشدگی،

محلی کانال مخابراتی ماهواره‌ای موبایل را نشان می‌دهد [۱]. مقدار تلفات در فضای آزاد به شکل رابطه (۱) است. d فاصله بین فرستنده و گیرنده و $\tilde{e}$ طول موج است.

$$FSL = 20 \log \left[\frac{d}{\tilde{e}} \right]^{(dB)} \quad (1)$$

زمانی که مسیر مستقیم فرستنده و گیرنده توسط درختان، ساختمان‌ها، تپه‌ها و... مسدود می‌شود، محو شدگی مقیاس بزرگ یا پدیده سایه رخ می‌دهد که موجب میرایی شدید سیگنال می‌شود. توان برآورد شده مولفه r_2 در شکل (۱) بستگی به تیزی سطح زمین دارد. مولفه‌های r_3 و r_4 نیز به عنوان محو شدگی مقیاس کوچک محسوب می‌شوند. همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده شده است، همه مولفه‌ها در نهایت پس از رفتار محلی با نویز افزوده‌ای گوسی^{۱۹} جمع می‌شوند [۱].

ساختار موفق MIMO^{۲۰} در کاربردهای زمینی در بیش از یک دهه با نتایج جذاب، آن را به عنوان اهرم مفیدی برای تحقق نسل بعدی بی‌سیم پیشنهاد می‌دهد. این ساختار، مزیت‌های زیادی از جمله بهره ادغام فضایی، بهره تنوع چند کاربره، بهره کدگذاری و کاهش تداخل دارد. ویژگی چشمگیر سیستم‌های MIMO این است که مزیت‌های ذکر شده، بدون اعمال پهنای باند و یا توان اضافی حاصل می‌گردند و در عوض باید از بعد فضایی بهره گرفت که این عمل، موجب افزایش هزینه و پیچیدگی سیستم می‌شود. محصول موفقیت این ساختار، جنبه‌های مختلف ساختار MIMO در استانداردهای بی‌سیم است و در سیستم‌های مخابراتی ماهواره‌ای نیز مورد استفاده قرار گرفته است، لذا شامل طبقه بندی گسترده‌ای مانند سیستم‌های تک کاربره، چند کاربره و ... است. ایده اصلی ساختار MIMO توانایی انتشار سیگنال در چند مسیر است، در حالی که در سیستم‌های قبلی که فاقد این ساختار بودند، احتمال محو شدگی سیگنال‌های ارسال شده بیشتر بود. در این سیستم، آنتن‌ها به صورت آرایه‌ای در فرستنده و گیرنده قرار دارند که موجب می‌شود نرخ خطای بیت^{۲۱} به طور قابل توجهی کاهش پیدا کند. از لحاظ ساختاری MIMO از دو بعد ساخته شده است. بعد زمانی که پیام در زمان‌های مختلف ارسال می‌شود و بعد دیگر، بعد مکانی سیستم‌های MIMO است که منظور از آن، استفاده از ابعاد مکانی و آرایه‌ها در فرستنده و گیرنده است. تلفیق این دو بعد، بهبود قابل توجهی هم در نرخ سیگنال به نویز^{۲۲} و هم نرخ خطای بیت به وجود آورده است و موجب آشکارسازی سیگنال در مکان‌ها و زمان‌های مختلفی می‌شود. به عبارتی دیگر، این ساختار از پردازش فضایی زمانی بهره می‌برد [۳-۷].

ساختار MIMO با یک کاربر، یک کانال فرکانس تخت با n آنتن در فرستنده و m آنتن در گیرنده در شکل (۲) نشان داده شده است. در این کانال رابطه ورودی خروجی به شکل زیر است [۱].

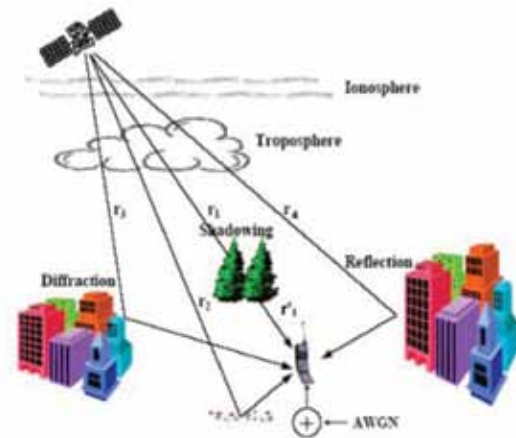
$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{s} + \mathbf{q} \quad (2)$$

در رابطه فوق پیام ارسال شده در فرستنده با ابعاد $m \times 1$ و به صورت $\mathbf{s} = [s_1 \ s_2 \ \dots \ s_m]^T$ ، پیام دریافت شده در گیرنده با ابعاد $n \times 1$ و به صورت $\mathbf{y} = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_n]^T$ نیز با ابعاد $n \times 1$ و به صورت $\mathbf{q} = [q_1 \ q_2 \ \dots \ q_n]^T$ می‌باشد. ماتریس کانال در رابطه (۳) نشان داده شده است. در این ساختار ظرفیت به مقدار زیادی به

سیستم‌های ماهواره‌ای MEO به ۱۰ الی ۲۰ ماهواره برای پوشش جهانی در ارتفاع ۲۰۰۰۰-۱۰۰۰۰ کیلومتر نیاز دارند. جی‌پی‌اس‌های نظامی نمونه‌ای از این سیستم‌ها می‌باشند. در این سیستم‌ها، تاخیر ارسال و تلفات مسیر در مقایسه با سیستم‌های HEO کم‌تر است. سیستم‌های ناوبری گلوناس^{۱۱} و گالیله^{۱۲} که به ترتیب متعلق به روسیه و اروپا هستند، نمونه‌هایی از این سیستم‌ها می‌باشند. به طور کلی، خدمات مخابراتی MEO کم است و بیشتر کاربردهای تجاری دارند. سیستم‌های ماهواره‌ای LEO در ارتفاع ۲۰۰-۷۵۰ کیلومتری هستند که در این حالت، تاخیر ارسال و تلفات مسیر به میزان زیادی بهبود می‌یابد. در این حالت، به بیش از ۳۰ ماهواره برای پوشش جهانی نیاز است. تنوع فضایی ماهواره به مقدار زیادی می‌تواند در دسترس بودن لینک را افزایش دهد [۱].

در سال ۱۹۹۰، شرکت‌هایی مانند اربکام^{۱۳}، ایریدیوم^{۱۴} و گلوبال استار^{۱۵} تلاش‌های زیادی برای ارائه خدمات صوتی ماهواره‌ای سیستم‌های LEO انجام دادند، اما همه طرح‌ها، از لحاظ اقتصادی ناموفق بودند. در حال حاضر نیز از سیستم‌های LEO، برای کاربردهای خاصی مانند مخابرات نظامی و مناطق بی‌ثمر استفاده می‌شود [۱].

در یک سیستم مخابراتی ماهواره‌ای زمینی، محو شدگی همیشه رخ می‌دهد. یکی از روش‌های کاهش محو شدگی استفاده از دو ماهواره است که تا تضمین شود که حداقل یک ماهواره در دسترس است. با استفاده از این روش، پوشش بهبود می‌یابد اما تأثیری در امکان درونی یا زیر پل‌ها ندارد. به همین دلیل، از تنوع استفاده می‌کنند و یک ماهواره با تاخیر چهار ثانیه‌ای پخش می‌کند. با این حال، حتی با استفاده از تنوع، برای رسیدن به ۹۹٪ در دسترس بودن^{۱۶} ماهواره در امکانی مانند تونل‌ها، درون ساختمان‌ها و... سیگنال، قوی مورد نیاز است [۱].



شکل ۱: تأثیرات محلی کانال مخابراتی ماهواره‌ای موبایل [۱]

تأثیرات لینک‌های مخابراتی ماهواره‌ای زمینی را می‌توان به تأثیرات یونوسفریک^{۱۷}، تروپوسفریک^{۱۸} و محلی تقسیم کرد. تأثیرات یونوسفریک، شامل تعامل بین لایه‌های شارژ شده زمین و امواج رادیویی مانند پراش یونوسفریک، چرخش فارادی، تاخیر گروه، پراکندگی و رعد و برق‌های یونوسفریک می‌باشد. تأثیرات تروپوسفریک، شامل تعامل بین لایه پایینی اتمسفر زمین و امواج رادیویی مانند میرایی باران، جذب گازی، تجزیه تروپوسفریک، رعد و برق تروپوسفریک، دیپلریزاسیون و نویز آسمان می‌باشد. تأثیرات محلی، شامل تعامل موج رادیویی با ویژگی‌های مجاور گیرنده می‌باشد. مناطق جنگلی، ساختمان‌ها، خودروها و ساختارهای دیگر می‌توانند با موج رادیویی تعامل داشته باشند که منجر به پدیده‌هایی مانند انعکاس، پراش و... می‌شود. شکل (۲-۲) تأثیرات

تغییرات ماتریس کانال (تعداد آنتن‌های فرستنده و گیرنده) و γ SNR وابسته است [۱].

$$y[k] = \sum_l h[k-l]s[l] \quad (5)$$

$$y[k] = [h[L-1] \dots h[1]h[0]] \begin{bmatrix} s[k-L+1] \\ \vdots \\ s[k-1] \\ s[k] \end{bmatrix} \quad (6)$$

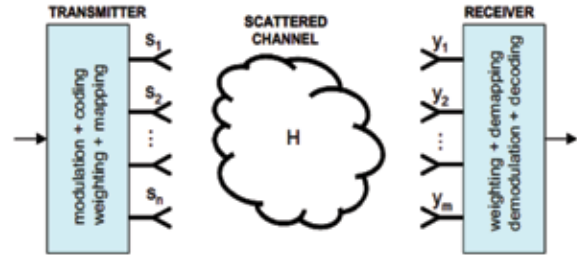
$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1m} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{n1} & h_{n2} & \dots & h_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

در حالت MIMO خروجی کانال به صورت رابطه (۷) می‌باشد. ابعاد بردار y $m \times 1$ می‌باشد. بردار کانال در رابطه (۸) نشان داده شده است.

$$\mathbf{y}[k] = \begin{bmatrix} h_{11} & \dots & h_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{m1} & \dots & h_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1[k-L+1] \\ \vdots \\ s_1[k-1] \\ s_1[k] \\ \vdots \\ s_n[k-L+1] \\ \vdots \\ s_n[k-1] \\ s_n[k] \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\mathbf{h}_{ij} = [h_{ij}[L-1] \dots h_{ij}[0]] \quad (8)$$

همان‌طور که گفته شد، سیستم‌های MIMO از مزیت‌های زیادی مانند بهره آرایه، تنوع و ادغام برخوردارند. الگوریتم‌های موجود در گیرنده و روش‌های کدگذاری مصالحه‌ای را بین ظرفیت و نرخ BER کنترل می‌کنند. به عبارت دیگر با افزایش تنوع، نرخ BER کاهش می‌یابد و در ازای افزایش ادغام، ظرفیت افزایش می‌یابد. این

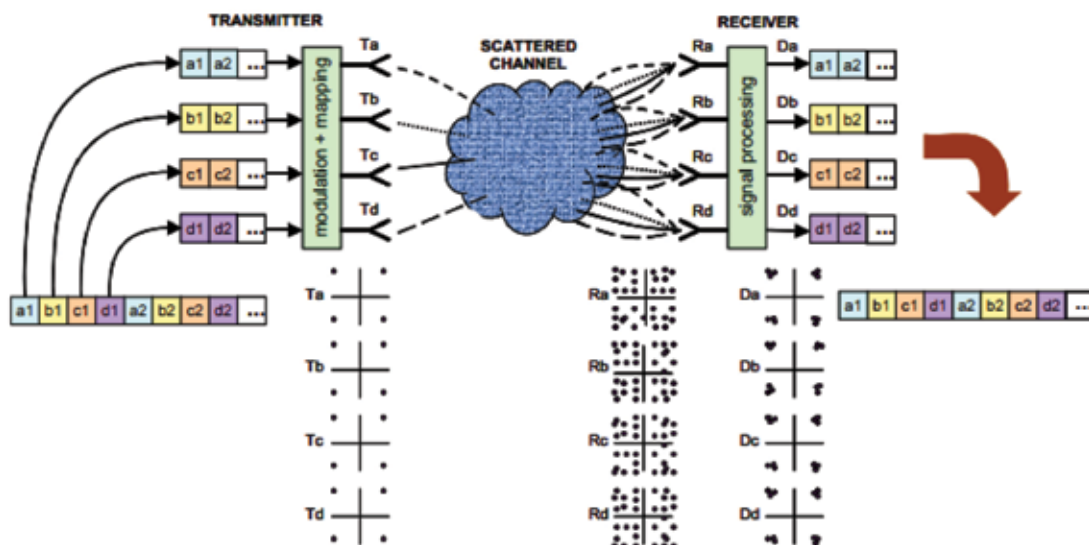


شکل ۲: مدل کانال [۱] MIMO

در حوزه زمان، خروجی یک کانال SISO را می‌توان به روش کانولوشن ورودی با کانال محاسبه نمود. خروجی کانال در رابطه (۴) نشان داده شده است.

$$y(t) = h(\tau, t) * s(t) = \int_0^{\tau_{\max}} h(\tau, t) s(t-\tau) d\tau \quad (4)$$

در شبیه سازی‌های کامپیوتری بهتر است برای یک نمونه در نظر گرفته شود. این نمونه در رابطه (۵) نشان داده شده است. $s[l]$ ($l = 0, 1, 2, \dots$) داده‌های ارسال شده است. ($l = 0, 1, \dots, L-1$) $h[l]$ کانال و L_{chan} طول کانال در دوره‌های نمونه برداری شده است. نمونه‌های دریافت شده در رابطه (۶) نشان داده شده است [۱].



شکل ۳: ادغام در ساختار MIMO [۱]

- 16- Availability
- 17- Ionospheric Effects
- 18- Tropospheric Effects
- 19- AWGN Noise
- 20- Multiple Input Multiple Output
- 21- Bit Error Rate
- 22- Signal to Noise Ratio
- 23- Signal to Noise Ratio
- 24- Single Input Single Output
- 25- Bit Error Rate
- 26- Orthogonal frequency-division multiplexing
- 27- Constellation

جدول پ-۱: دسته‌بندی باندهای فرکانسی [۱]

نام باند فرکانسی	محدوده فرکانسی (MHz)
HF	3-30
VHF	30-300
UHF	300-1000
L	1000-2000
S	2000-4000
C	4000-8000
X	8000-12000
KU	12000-18000
K	18000-27000
KA	27000-40000
m	40000-300000

مراجع

- [1] P.R.King, Modelling and Measurement of the Land Mobile Satellite MIMO Radio Propagation Channel. Thesis, University of Surrey, 2012.
- [2] <http://deyhim2009.mihanblog.com/post/109>
- [3] D.Gesbert, M.Shafi, Da-Shan Shiu, P.J.Smith and A.Naguib, "From Theory To Practice: An Overview of MIMO Space-Time Coded Wireless Systems", IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL21, NO3, APRIL 2003.
- [4] P.D.Arapoglou, K.Liolis, M.Bertinelli, A.Panagopoulos, P.Cottis, R.De Kaudenzi, "MIMO Over Satellite: A Review, IEEE Communication Surveys & Tutorials, Vol30, No1, First Quarter 2011.
- [5] A.J. Paulraj, D.A. Gore, R.U. Nabar, H. Bolcskei, "An overview of MIMO communications - A key to gigabit wireless," in Proc. IEEE, vol. 92, no. 2, pp. 198-218, 2004.
- [6] David Gesbert and H.Bolcskei and D.Gorea and A.Paluraj, "MIMO Wireless Channel: Capacity and Performance Prediction", IEEE.
- [7] L.C.Wysocki, T.A.Mertins, A.Seberry, "Complex Orthogonal Space-Time Processing in Wireless Communication, Springer Trans", 2006.
- [8] N.Diodayo, Satellite Communication, Sciyo, 2010.

مصالحة بر اساس نوع محیط و تأثیرات محلی متغیر است. در حوزه بهره آرایه، بیش از ۱۵ سال تحت عنوان آنتن‌های هوشمند، تحقیقات صورت گرفته است. آنتن‌های هوشمند به روش شکل‌دهی پرتو توسط فرستنده تداخل را کاهش داده و در نتیجه ظرفیت افزایش می‌یابد. از این‌رو توان مصرفی کاهش یافته و عمر دستگاه افزایش می‌یابد. علاوه بر این، تأخیر کاهش یافته و انسان کمتر در معرض امواج قرار می‌گیرد. برای بهتر کردن نتایج کاهش تداخل می‌توان وزن‌های مختلفی را برای آنتن به کار برد تا پرتو در جهت مستقیم به سمت گیرنده قرار گیرد [۱].

از تنوع به روش‌های مختلفی مانند تنوع زمانی، فرکانسی و فضایی استفاده می‌شود. تنوع زمانی به صورت ارسال پیام در زمان‌های مختلف می‌باشد و پیام، چندین بار با تأخیر حداقل زمان همدوس کانال، ارسال می‌شود، بنابراین این عمل موجب کاهش نرخ ارسال می‌شود. در تنوع فرکانسی، پیام در فرکانس‌های مختلف ارسال می‌شود و فاصله فرکانسی همدوس باید رعایت شود تا همبستگی صفر شود. این روش نامطلوب است، چراکه عرض باند به هدر می‌رود. انتخاب یک OFDM^{۲۶} با زیر حامل‌های خوب می‌تواند نمونه‌ای مناسب از این نوع تنوع باشد. تنوع فضایی استفاده از دو یا چند آنتن در فرستنده، گیرنده یا هر دو می‌باشد. علی‌رغم این که این تنوع نیازی به افزایش پهنای باند ندارد، افزایش هزینه و پیچیدگی سیستم را به همراه دارد. روش‌هایی از تنوع نیز وجود دارد که به صورت ترکیبی از روش‌های فوق می‌باشند. در ادغام، از هر آنتن پیام‌های مختلفی ارسال می‌شود، لذا نرخ BER افزایش می‌یابد. شکل (۳) ادغام در ساختار MIMO را نشان می‌دهد [۱].

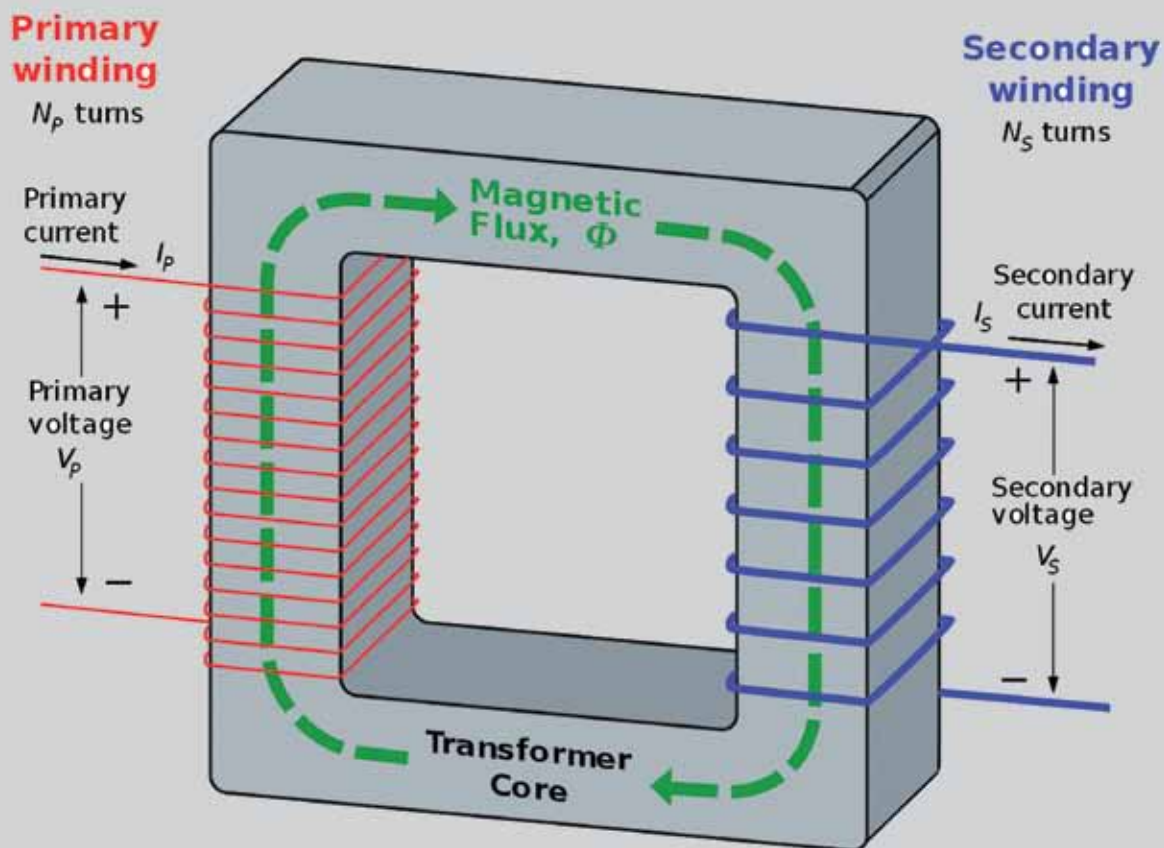
در سیستم‌های مخابراتی ماهواره‌ای MIMO باز هم عواملی همچون سایه، انسداد، محوشدگی، بالا، تأخیر زیاد، توان کم و ... رخ می‌دهد. متأسفانه حتی در فرستنده‌های با توان بالا و پرتوهای باریک با فضای منظومه‌ای^{۲۷} بالا، ممکن است ماهواره در دسترس نباشد. علی‌رغم مشکلات فوق، این سیستم‌ها با استفاده از توان زیاد، روش‌های تنوع و ... می‌توانند کیفیت خدمات مناسبی را برای کاربران ارائه دهند و امروزه از آن در کاربردهای مختلفی اعم از نظامی، تجاری و ... استفاده می‌شود.

پیوست یک: باندهای فرکانسی

باندهای فرکانسی شرح داده شده زیر در طول جنگ جهانی دوم برای باندهای رادارهای نظامی برای حفظ پیام‌ها دسته‌بندی شده است و پس از آن، توسط IEEE دسته‌بندی شد که امروزه از آن در رادارها، مخابرات ماهواره‌ای و ... در هر دو حالت تجاری و نظامی استفاده می‌شود [۱].

پی نوشت‌ها

- 1- LEO (Low Earth Orbit)
- 2- MEO (Medium Earth Orbit)
- 3- HEO (Highly Elliptic Orbit)
- 4- Effective Isotropic Radiated Power
- 5- Inmarsat
- 6- Eutelsat
- 7- Msat
- 8- Accec
- 9- Thuraya
- 10- Ondas
- 11- Glonass
- 12- Galileo
- 13- Orbcomm
- 14- Iridium
- 15- Global Star



بهبود پایداری گذرا در حضور ترانسفورماتور سن

می‌توان برای استفاده از ترانسفورماتورهای چند سیم‌پیچ بیان کرد از قبیل [۷-۱]: تغذیه چند بار با ولتاژهای تغذیه متفاوت، اتصال خطوط انتقال با سطح ولتاژهای مختلف، تصحیح ضریب توان و تنظیم ولتاژ با اتصال راکتور، خازن یا کندانسور سنکرون به یکی از سیم‌پیچ‌ها، بهبود پایداری گذرا با اتصال کندانسور سنکرون به یکی از سیم‌پیچ‌ها، اتصال چند مدل مختلف از ژنراتورهای یک نیروگاه با ولتاژهای مختلف به باس مشترک نیروگاه، کاهش هارمونیک در خطوط انتقال HVDC و ...

همچنین یکی از کاربردهای مهم ترانسفورماتور سه‌فاز چهارسیم‌پیچ، ساخت ترانسفورماتور سن^۱ است [۸-۱۸]. در سال ۲۰۰۳ آقای سن برای اولین بار این ترانسفورماتور را معرفی کرد [۸]. این ترانسفورماتور شبیه یک UPFC^۲ عمل می‌کند با این تفاوت که هزینه‌های آن بسیار کمتر می‌باشد. آقای سن ثابت کرده است که هزینه کل ترانس سن، تقریباً یک‌پنجم هزینه کل یک UPFC خواهد شد [۹]. این وسیله بر پایه فناوری تپ‌چنجر عمل می‌کند که وظیفه اصلی آن کنترل توان اکتیو و راکتیو می‌باشد.

در بخش دوم این مقاله سعی شده است مدل مداری ترانسفورماتور سه‌فاز چهارسیم‌پیچ بررسی شود. در بخش سوم، مدل و عملکرد ترانسفورماتور سن آورده شده است. در بخش چهارم، مدل سایر ادوات فکتنس از جمله، UPFC^۳، STATCOM^۴ و SSSC^۵ و TCSC^۶ به‌طور خلاصه بررسی شده است. در بخش پنجم، بهبود پایداری گذرای یک شبکه نمونه با کمک ترانسفورماتور سه‌فاز چهارسیم‌پیچ، در نرم‌افزار دیجسایلنت نشان داده شده است و در بخش ششم، ترانسفورماتور

مصطفی عیدینی/ موسسه آموزش عالی خراسان / eidiani@khorasan.ac.ir

فرزانه رحیمی/ موسسه آموزش عالی خراسان / f.rahimi@khorasan.ac.ir

چکیده

در این مقاله یک نوع جدید از ادوات فکتنس به نام ترانسفورماتور سن (TS) معرفی می‌شود. ثابت شده است که TS از بقیه ادوات فکتنس عملکرد بهتری در کنترل توان دارد و در بهبود پایداری گذرا، نقش مهم‌تری بازی می‌کند. همچنین نشان داده شده است که استفاده از TS در شبکه، باعث کاهش هزینه‌ها، افزایش قابلیت اطمینان و کارایی شبکه شده است. این مزایا با شبیه‌سازی و توضیحات تکمیلی نشان داده شده است.

کلمات کلیدی: ادوات فاکتنس، ترانسفورماتور سن، ترانسفورماتور سه فاز چهارسیم‌پیچ، پایداری گذرا

۱- مقدمه

استفاده از ترانسفورماتورهای سه‌فاز سه سیم‌پیچ در سیستم قدرت، باعث کاهش هزینه‌ها، افزایش قابلیت اطمینان و کارایی شبکه شده است [۱]. این ترانسفورماتورها در موارد مختلفی از قبیل ترانس پست ژنراتور و برای مرتبط کردن سه سطح ولتاژ استفاده شده است که سیم‌پیچ سوم، معمولاً به‌عنوان ثالثیه سیم‌پیچ‌های اصلی، نقش مصرف داخلی نیروگاه و یا کنترل ولتاژ را بازی می‌کند. فواید زیادی را

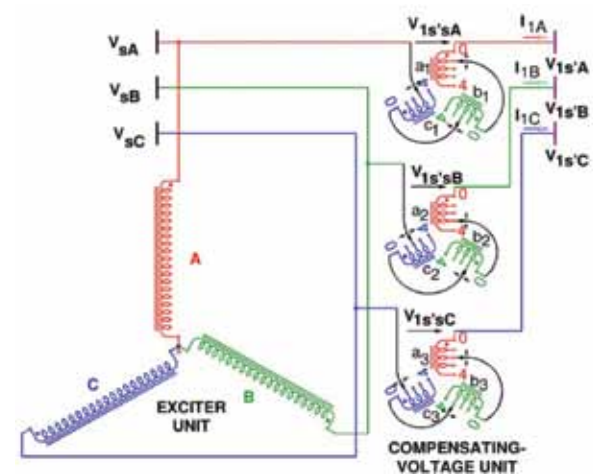
سن با سایر ادوات فکتس مقایسه شده و در انتها، نتیجه گیری و مراجع آورده شده است.

۲- ترانسفورماتور سه فاز چهارسیم پیچ

یک ترانسفورماتور سه فاز چهارسیم پیچ را در نظر بگیرید. این ترانس، ۱۲ سیم پیچ دارد و هر سیم پیچ می تواند اتصال های مختلفی از جمله ستاره، ستاره زمین، مثلث و یا زیگزاگ داشته باشد. همان طور که می دانید با این فرض که ترانسفورماتور متقارن ساخته شده باشد؛ اتصالات ترانس، تاثیری در مدل مداری مولفه های مثبت و منفی آن ندارد ولی می توان برای آن از دو مدل دقیق و ساده استفاده کرد [۵-۸]. مدار معادل مولفه های صفر ترانسفورماتورهای سه فاز، شدیداً به اتصالات آن وابسته است که در مرجع [۵] نشان داده شده است.

۳- ترانسفورماتور سن

طراحی ترانسفورماتور سن شبیه یک ترانسفورماتور سه فاز چهارسیم پیچ است که سیم پیچ های ثانویه چندگانه در هر فاز، با سیم پیچ اصلی کوپل شده است. شکل (۱) نمای کلی یک ترانسفورماتور سن را نشان می دهد [۱۱-۱۲].



شکل ۱: نمای کلی یک ترانسفورماتور سن [۱۱-۱۲]

۳-۱- مزایای ترانسفورماتور سن

به طور خلاصه می توان مزیت کلی ترانسفورماتور سن را نسبت به دیگر ادوات کنترل ولتاژ و توان، به صورت زیر خلاصه کرد [۸-۱۸]:

- قابلیت اطمینان بالا با حداقل تعداد تجهیزات
- کنترل امپدانس با استفاده از توپولوژی سری- موازی
- حداقل هزینه عملکرد با نگهداری و تلفات کم
- در دسترس بودن اجزای تشکیل دهنده با قیمت مناسب
- بازده بالا
- قابل حمل
- ابعاد بسیار کمتر در مقایسه با UPFC
- حداقل تعداد تجهیزات
- پاسخ زمانی مناسب برای کاربردهای معمولی، بدون اینکه لازم باشد از ادوات الکترونیک قدرت با هزینه بالا استفاده کرد.
- عدم منسوخ شدن اجزا (توجه داشته باشید که اجزای الکترونیک قدرت هر ۱۰ سال یکبار منسوخ می شوند).
- اجزا ST را می توان از تامین کنندگان مختلف سفارش داد و در

نتیجه با یک استاندارد جهانی، سهولت نگهداری و هزینه پایین تری خواهیم داشت.

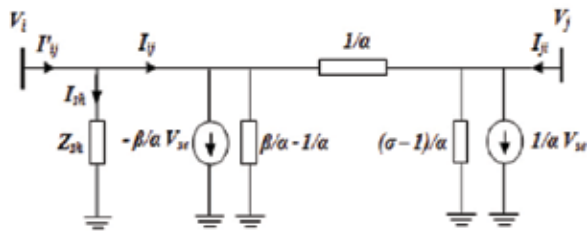
- اگر در یک شبکه متعادل یا نامتعادل خطایی رخ دهد؛ با استفاده از ST، شبکه قدرت بدون از دست دادن سنکرونیسم، می تواند در زمان خطا هم به شبکه کمک کند.

- برای کاهش تلفات خط انتقال و امنیت ولتاژ، می توان از تعیین محل بهینه ST نیز استفاده کرد.

- با استفاده از فناوری اثبات شده ترانسفورماتورها و LTC ها، می توان به راحتی نیازهای کنترلی توان را پاسخ داد.

۳-۲- مدار معادل ترانسفورماتور سن [۲۰]

شکل (۲) مدار معادل یک ST را در یک خط انتقال نمایش می دهد [۲۰].



شکل ۲: مدار معادل یک ST در یک خط انتقال [۲۰]

امپدانس سری خط و خازن شنت توسط مدل π نمایش داده می شود. همچنین ST از دو سیم پیچ جبران برای هر فاز استفاده می کند. با توجه به شکل ۲، می توان معادلات زیر را برای ترانس سن بدست آورد [۲۰]:

$$V_i = V_{se} + I_{ij} Z_{se} + V_i' \quad (1-2)$$

$$I_{ij} = \frac{V_i' - V_j}{Z_i} + j \frac{B_c}{2} V_i' \quad (2-2)$$

$$V_i' = V_j + Z_i \left(j V_j \frac{B_c}{2} - I_{ji} \right) \quad (3-2)$$

$$\beta \angle \theta_\beta = \left(1 + j \frac{B_c}{2} Z_i \right) \quad (4-2)$$

$$\alpha \angle \theta_\alpha = j \frac{B_c}{2} Z_{se} Z_i + Z_{se} + Z_i = Z_{se} \beta + Z_i \quad (5-2)$$

$$\gamma = j B_c - \frac{B_c^2}{4} Z_i \quad (6-2)$$

$$\sigma = Z_{se} \gamma + \beta \quad (7-2)$$

$$I_{ij} = \frac{\beta}{\alpha} (V_i - V_{se}) - \frac{1}{\alpha} V_j \quad (8-2)$$

$$I_{ji} = \frac{1}{\alpha} (V_{se} - V_i) + \sigma V_j \quad (9-2)$$

فرض کنید $V_j = V_j \angle \theta_j$ و $V_i = V_i \angle \theta_i$ و $V_{se} = V_{se} \angle \theta_{se}$ و $A \angle \theta_A = \frac{\beta}{\alpha}$ و $\beta = \beta \angle \theta_\beta$ توان حقیقی تزریقی در ابتدا و انتها خط

(P_{inj}^j و P_{inj}^i) به صورت زیر بدست می آیند:

$$S_{inj}^{i*} = V_i^* \left(-\frac{\beta}{\alpha} V_{se} \right) = -A V_i V_{se} \angle (\theta_{se} - \theta_i + \theta_A) \quad (10-2)$$

سپس:

$$P_{inj}^i = -A V_i V_{se} \cos(\theta_{se} - \theta_i + \theta_A) \quad (11-2)$$

و به طور مشابه:

$$S_{inj}^{j*} = V_j^* \left(\frac{1}{\alpha} V_{se} \right) = \frac{A V_{se} V_j}{\beta} \angle (\theta_{se} - \theta_j + \theta_A - \theta_\beta) \quad (12-2)$$

سپس:

$$P_{inj}^j = \frac{A V_{se} V_j}{\beta} \cos(\theta_{se} - \theta_j + \theta_A - \theta_\beta) \quad (13-2)$$

و سپس توان های خط به صورت زیر بدست می آیند:

$$S_{ij}^* = V_i^* I_{ij} \text{ and } S_{ij}^* = V_j^* I_{ji} \quad (14-2)$$

و در نتیجه:

$$P_{ij} = V_i^2 A \cos(\theta_A) - V_i V_{se} A \cos(\theta_{se} - \theta_i + \theta_A) - \frac{A V_i V_j}{\beta} \cos(\theta_j - \theta_i + \theta_A - \theta_\beta) \quad (15-2)$$

$$P_{ij} = \sigma V_j^2 A \cos(\theta_\sigma) + \frac{A V_i V_{se}}{\beta} \cos(\theta_{se} - \theta_j + \theta_A - \theta_\beta) - \frac{A V_i V_j}{\beta} \cos(\theta_i - \theta_j + \theta_A - \theta_\beta) \quad (16-2)$$

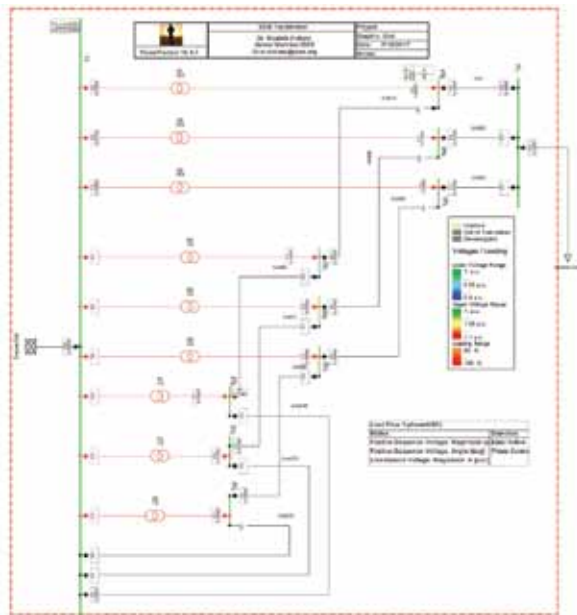
و در نهایت، تلفات حقیقی یک ST ($P_{ST \& Line (loss)}$) را می توان با استفاده از روابط زیر بدست آورد:

$$\begin{aligned} P_{ST \& Line (loss)} &= P_{sh (loss)} + P_{ij (loss)} \\ &= P_{sh (loss)} + P_{ij} + P_{ji} \\ &= V_i^2 A \cos(\theta_A) + \sigma V_j^2 A \cos(\theta_\sigma) - V_i V_{se} A \cos(\theta_A - \theta_i') \\ &\quad + \frac{A V_j V_{se}}{\beta} \cos(\theta_{ij} - \theta_i' + \theta_A - \theta_\beta) - \frac{2 A V_i V_j}{\beta} \cos(\theta_A - \theta_\beta - \theta_{ij}) \end{aligned} \quad (17-2)$$

۳-۳- مدل سازی ترانسفورماتور سن

همان طور که در شکل (۱) دیده می شود با استفاده از یک ترانسفورماتور سه فاز چهارسیم پیچ، می توان با سری کردن فازهای مختلف سرهای ثانویه، ثالثیه و رابعیه، و کنترل تپ هر سیم پیچ به طور مستقل، یک ترانسفورماتور سن ساخت.

روش دوم ساخت، استفاده از نه ترانس تک فاز است که هر ترانس، قابلیت تغییر تپ در زیر بار را دارد. این روش به این دلیل استفاده می شود که در اغلب نرم افزارهای ویرایش قدیم، (متلب، دیجسایلنت و ...) ترانسفورماتور سه فاز چهارسیم پیچ وجود ندارد. با استفاده از ترانس های تک فاز، رابطه بین شار متقابل بین فازها در نظر گرفته نشده است که ممکن است باعث برخی اختلافها در نتایج شود. شکل (۳) یک نمونه از ترانسفورماتور سن، با ۹ ترانس تک فاز را نشان می دهد که یک بار ۱۵ مگاوات را تغذیه می کند.



شکل ۳: ساخت ترانسفورماتور سن با ۹ ترانس تک فاز در دیجسایلنت [۲۲]

۴- مدل سازی STATCOM، UPFC، TCSC و SSSC

در این بخش به معرفی مدل ادوات فکتس مورد استفاده می پردازیم [۱۹].

الف- UPFC [۱۴]

UPFC یکی از مناسب ترین و تطبیق پذیرترین ادوات فکتس است که در سیستم های قدرت مورد استفاده قرار می گیرد. عملکرد اساسی UPFC در تزریق ولتاژ سری قابل کنترل (هم از نظر اندازه و هم از نظر فاز) نسبت به باسی است که در آن واقع شده است و نتیجه آن، کنترل عبور توان در خط انتقال است.

ب- SSSC [۱۹]

SSSC یک مبدل منبع ولتاژ سنکرون است که به طور سری با سیستم انتقال قرار می گیرد و از لحاظ عملکرد، مشابه ترانسفورماتور تنظیم کننده فاز PAR^v است [۱۹]. توان حقیقی مورد نیاز SSSC جهت تبادل با شبکه قدرت از سوی یک منبع انرژی DC (باتری یا خازن که در سمت DC مبدل قرار دارد) تأمین می گردد.

ج- TCSC [۱۹]

جبران گر سری خط انتقال، برخی از عملکردهای سیستم را از قبیل

رزونانس زیر سنکرون، حلقه جریان در خط انتقال موازی و بهبود ولتاژ ناپایدار و... را بهبود می‌دهد. مدل TCSC شامل کنترل زاویه آتش می‌شود و به صورت دینامیکی عمل می‌کند [۱۹].

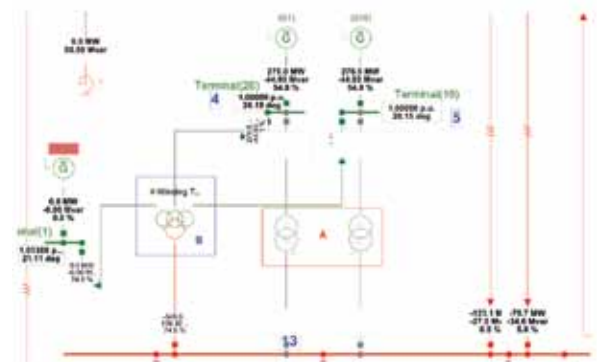
۵- STATCOM [۱۹]

جبران گر استاتیک STATCOM یک نوع از ادوات فکتهس شنت سرعت بالاست که فناوری VSC را پشت یک راکتور یا ترانسفورماتور به کار گرفته است. فناوری STATCOM تغییرات کنترل شده از منبع AC را استفاده کرده تا توان راکتیو تقاضا شده در سیستم قدرت را از بین ببرد [۱۹].

۵- بهبود پایداری گذرای یک شبکه نمونه با کمک ترانسفورماتور سه فاز چهارسیم پیچ

ایده اصلی استفاده از ترانسفورماتورهای سه فاز چند سیم پیچ در شبکه‌های ایران، وجود سطح ولتاژهای مختلف ۴۰۰، ۱۳۲، ۶۳ و ۲۰ کیلوولت در خطوط انتقال بوده و بیشتر ترانس‌های سه سیم پیچ، سه ولتاژ (۲۰/۱۳۲/۴۰۰) دارند. همچنین در بسیاری از استان‌ها، ژنراتورهای یک نیروگاه، ولتاژهای مختلفی مثل ۶، ۱۱ و ۱۳ و ... کیلوولت دارند از این رو می‌توان به جای دو ترانس دو سیم پیچ، از یک ترانس سه سیم پیچ استفاده کرد. ثابت شده است که این کار باعث کاهش هزینه‌ها، افزایش قابلیت اطمینان و کارایی سیستم خواهد شد [۱].

شبکه مورد مطالعه، یک شبکه نمونه است که در چند پروژه صنعتی مورد استفاده قرار گرفته است [۲۱]. در مقاله حاضر به جای استفاده از یک ترانس سه سیم پیچ، از یک ترانس چهارسیم پیچ استفاده می‌شود به طوری که سیم پیچ چهارم، به یک کندانسور سنکرون متصل است. نقش کندانسور سنکرون در این بررسی، کنترل توان راکتیو در حالت دینامیکی شبکه است. شکل ۴، نحوه تغییر اتصالات دو واحد از شبکه نمونه را نشان می‌دهد.



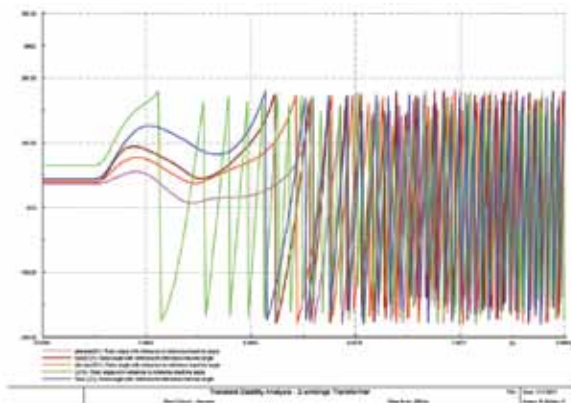
شکل ۴: نحوه تغییر استفاده از ترانس سه فاز چهارسیم پیچ به جای دو ترانس دو سیم پیچ در نیروگاه [۲۲]

شبکه نمونه در دو حالت بررسی می‌شود. در حالت اول (A)، دو ترانس نیروگاهی در مدار هستند که دو واحد نیروگاهی را به شبکه متصل می‌کنند. زمان قطع بحرانی برای اتصال کوتاه سه فاز که در خط کنار نیروگاه رخ داده است؛ محاسبه می‌شود. پس از رفع خطا، خط از مدار خارج می‌شود. شکل ۵ مرز ناپایداری ۲۰۰ میلی ثانیه را در این حالت نشان می‌دهد.

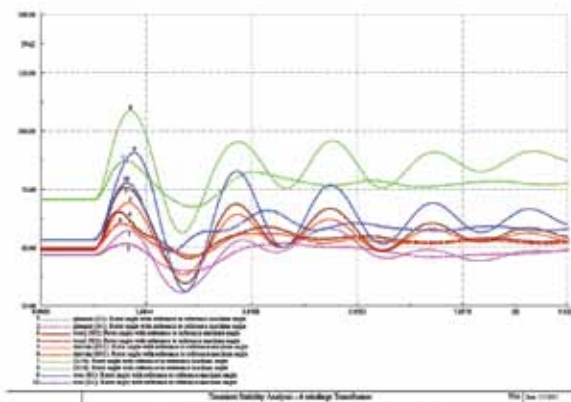
در حالت دوم (B)، به جای دو ترانس (A)، از یک ترانسفورماتور

چهارسیم پیچ استفاده شده است که سیم پیچ چهارم آن به یک کندانسور سنکرون متصل است. دو شبکه در حالت عادی کاملاً مشابه بوده و کندانسور سنکرون، هیچ توانی تولید نمی‌کند. در حالت اتصال کوتاه، کندانسور سنکرون با کنترل ولتاژ باس سیم پیچ چهارم ترانسفورماتور، نقش سازنده‌ای در بهبود پایداری گذرا دارد. شکل ۶، پایدار بودن شبکه را در همان زمان ۲۰۰ میلی ثانیه برای قطع خطا نشان می‌دهد و دیده می‌شود که حاشیه پایداری گذرا افزایش زیادی یافته است.

مزیت استفاده از کندانسور سنکرون در اتصال چهارم ترانس در اینجا است که هر کندانسور سنکرونی با هر ولتاژی که بسیار کمتر از ولتاژ خط انتقال ۴۰۰ کیلوولت است؛ کار کنترل را انجام می‌دهد بدون اینکه مستقیماً ارتباطی با واحدهای حساس نیروگاهی داشته باشد. به دلایل حفاظتی، نمی‌توان کندانسور را مستقیماً به شین ژنراتور وصل کرد و همچنین نمی‌توان کندانسور سنکرون را به شین ۴۰۰ کیلوولت وصل کرد بنابراین کندانسور سنکرون ۱۰ کیلوولتی به راحتی دو ژنراتور یک نیروگاه را کنترل می‌کند.



شکل ۵: مرز ناپایداری ۲۰۰ میلی ثانیه در حالت (A) با وجود دو ترانس دو سیم پیچ [۲۲]



شکل ۶: پایداری شبکه با زمان رفع خطای ۲۰۰ میلی ثانیه در حالت (B) با وجود یک ترانس چهارسیم پیچ [۲۲]

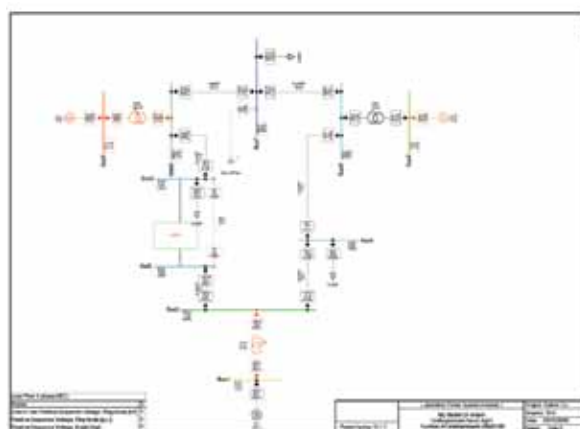
۶- مقایسه ترانسفورماتور سن با سایر ادوات فکتهس

در این بخش سیستم نه باسه IEEE مورد بررسی قرار گرفته است. در هر بررسی یکی از جبران کننده‌های TCSC، UPFC، STATCOM و SSSC و ترانس سن در خط ۲-۳ نصب می‌شود (شکل ۵).

در صورتی که هیچ جبران کننده‌ای در شبکه نباشد تلفات شبکه ۴,۶۴ مگاوات و ۹۲,۲۵ مگاوار می‌باشد. سپس یک اتصال کوتاه در خط ۳ ایجاد می‌شود و هریک از جبران کننده‌ها برای جبران تلفات و پایداری گذرا وارد شبکه می‌شوند. در این شبیه‌سازی زمان اتصال کوتاه، ۰,۱ ثانیه و زمان شبیه‌سازی نیز ۱۰ ثانیه تعریف شده است و زمان قطع خطای بحرانی برای تعیین پایداری گذرا بدست آمده است.

مقایسه‌ها نشان می‌دهد که در حضور ترانسفورماتور سن، تلفات کاهش و پایداری شبکه قدرت افزایش یافته است. زمان قطع خطای بحرانی در خط ۳ در حضور SSSC، ۰,۲۴۶۳۷۲، در حضور STATCOM، ۰,۲۶۲۲۲، در حضور TCSC، ۰,۲۳۷۱۴۱۳، در حضور UPFC، ۰,۲۵۰۱۸ و در حضور ترانسفورماتور سن، ۰,۲۹۶۷۸ شده است. خلاصه این شبیه‌سازی و نتایج شبیه‌سازی بقیه مراجع [۸-۱۸] را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد.

ترانسفورماتور سن یک کنترل کننده منحصر به فرد برای کنترل ولتاژ، زاویه فاز و جریان توان در شبکه است. UPFC و ST، هر دو از یک روش کنترل کامپیوتری یکسان و الگوریتم‌های بهینه‌سازی مستقل توان P و Q استفاده می‌کنند. اگرچه UPFC شامل یک توان الکترونیکی VSC^۹ بر پایه مدار توان می‌باشد، اما ST شامل یک ترانسفورمر و LTC بر پایه مدار توان می‌باشند که از هیچ توان الکترونیکی برای کاربردهای بیشتر استفاده نمی‌کند



شکل ۷: شبکه ۹ باس IEEE با اتصال انواع ادوات فاکتس و ترانس سن [۲۲]

مدارات الکترونیکی VSC، هزینه نصب بالاتر، هزینه تلفات و نگهداری، هزینه عملکرد، کهنگی سریع و ... را دارند در صورتی که ترانسفورمر و LTCها هزینه پایین تر، فناوری پایدار بلندمدت، در دسترس بودن تخصص گسترده‌ای برای عملکرد و نگهداری، فراهم کردن قابلیت اطمینان ترانسفورماتور و LTCها و کنترل جریان توان مستقل مساوی در مقایسه با یک VSC بر اساس راه حل هایشان دارند.

از UPFC کارآمدتر است زیرا توان از طریق ST فقط در یک مرحله باعث تلفات می‌شود در صورتی که در UPFC، چهار مرحله تلفات (دو تا در VSCها و دو تا در ترانسفورماتورهای جفت شده) داریم. همچنین اگر جبران توان راکتیو شنت مورد نیاز باشد، ST می‌تواند در اتصال با یک جبران گر راکتیو شنت نیز استفاده شود.

از آنجایی که ترانسفورماتور تنظیم کننده فاز PAR و ترانسفورماتور تنظیم کننده ولتاژ VRT^۹ طرح خود را به‌صورت خطی ارائه می‌دهند، پس توان راکتیو و راکتیو به‌طور مستقل تنظیم نمی‌شود. با توجه به این بررسی‌ها، کنترل توان با استفاده از PAR فقط می‌تواند

زاویه فاز ولتاژ خط را تنظیم کند و به‌نوبه خود اجازه می‌دهد توان اکتیو و راکتیو تغییر کند، مفاد هر دو توان با هم یا افزایش می‌یابد یا کاهش می‌یابد؛ بنابراین خط نمی‌تواند برای بالاترین مقدار توان اکتیو که بیشترین بازده را در کمترین مقدار توان اکتیو تولید می‌کند، بهینه‌سازی شود. به‌علاوه روی هم رفته ترانسفورماتور سن نسبت به PAR برای مقدار دلخواه افزایش توان اکتیو، مقدار توان راکتیو کمتری نیاز دارد.

مقدار شاخص توان راکتیو PRI^{۱۰} که در واقع یک اندازه‌گیری از کل توان راکتیو مورد نیاز برای انتقال یک واحد توان اکتیو است، در ترانسفورماتور سن کمتر از زمانی است که از یک PAR استفاده شده است. و مقدار شاخص تلفات که در واقع یک اندازه‌گیری از تلفات خط هر واحد از مقاومت است، در یک ترانسفورماتور سن همیشه کمتر از زمانی است که برای افزایش توان اکتیو از یک PAR استفاده شده است. همچنین نصب صحیح یک ترانسفورماتور سن، قابلیت کنترل مستقل توان، کنترل توان اکتیو و راکتیو را فراهم می‌کند در حالی که PAR این توانایی را ندارد.

۷- نتیجه‌گیری

همان‌طور که ترانسفورماتورهای سه سیم‌پیچه در بسیاری از موارد، به جای چند ترانسفورماتور دو سیم‌پیچه استفاده می‌شوند؛ ترانسفورماتورهای سه‌فاز چهارسیم‌پیچه هم به‌زودی، نقش خود را در شبکه واقعی قدرت نشان خواهند داد. توانایی تغییر تپ ترانس برای کنترل ولتاژ و توان در ترانسفورماتور سن، فقط بخش کوچکی از توانایی ترانسفورماتورهای چهارسیم‌پیچه می‌باشد. ثابت شده است که ترانسفورماتور سن، علاوه بر کاهش تلفات و هزینه‌های اقتصادی، مزایای زیادی مانند افزایش قابلیت اطمینان با حداقل تجهیزات، کنترل امپدانس با استفاده از توپولوژی سری- موازی، حداقل هزینه ساخت تجهیزات، پاسخ زمانی مناسب برای کاربردهای مصرفی و ... دارد.

۸- مراجع

- [1] C. A. Helfrich, R. W. Carlson, "Using three-winding transformers to save money and improve reliability and performance", IEEE Petroleum and Chemical Industry Committee Conference (PCIC), DOI: 10.1109/PCICON.2015.7435101, 2015, pp.1-6.
- [۲] [محسنی، حسین؛ احمد تقدیمی عباسپور؛ محمد منوچهریان و فریدون پرجیشور، "استفاده از سیم‌پیچ سوم ترانسفورماتورهای انتقال در شبکه توزیع"، ششمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران، ۱۳۷۰.
- [3] K. Yamashita, Y. Kameda, S. Nishikata, "A Harmonics Elimination Method Using a Novel Three-winding Transformer for HVDC Transmission Systems", 18th Int. Conf. on electrical machines and systems (ICEMS), 2015, pp. 307-311.
- [4] R. R. L. Wijayarathne, P. J. Binduhewa, S. G. Abeyaratne, J. B. Ekanayake, "Investigation the Feasibility of Distribution System Voltage Regulation with a Three Winding Transformer", 9th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS), DOI: 10.1109/ICIINFS.2014.7036647, 2014
- [5] Technical Reference Documentation, Four-Winding Transformer, DlgSILENT PowerFactory, www.digsilent.de, 2017.
- [6] G. J. Wakileh, Power System Harmonics: Fundamentals, Analysis and Filter Design., Springer, 1 ed., 2001.
- [7] A. GANGUPOMU, Multi-winding model with direct extraction of parameters from voltage measurements, A Thesis in University of FLorida, 2003.
- [8] K. K. Sen and M. L. Sen, "Introducing the family of Sen transformers: a set of power flow controlling transformers" IEEE Transactions Power Delivery, vol. 18, no. 1, Jan. 2003, pp. 149-157.

بدست آمده برای هر ایستگاه، بزرگی و کوچکی آن مشخص می‌شود. در بخش‌هایی ممکن است احداث چند ایستگاه کوچک نسبت به احداث یک ایستگاه با تعداد واحد شارژ زیاد مقرون به‌صرفه‌تر باشد. برای توسعه این الگوریتم می‌توان برنامه را برای یک شهر اجرا کرد و در آن به این نکته توجه داشت که، در نواحی با قیمت زمین بالا الگوریتم فارغ از تعداد واحدهای شارژ و ایستگاه شارژ مورد نیاز به طور هوشمند ایستگاه‌ها را در نواحی مجاور و یا حتی نواحی دورتر در نظر بگیرد.

۶- مراجع

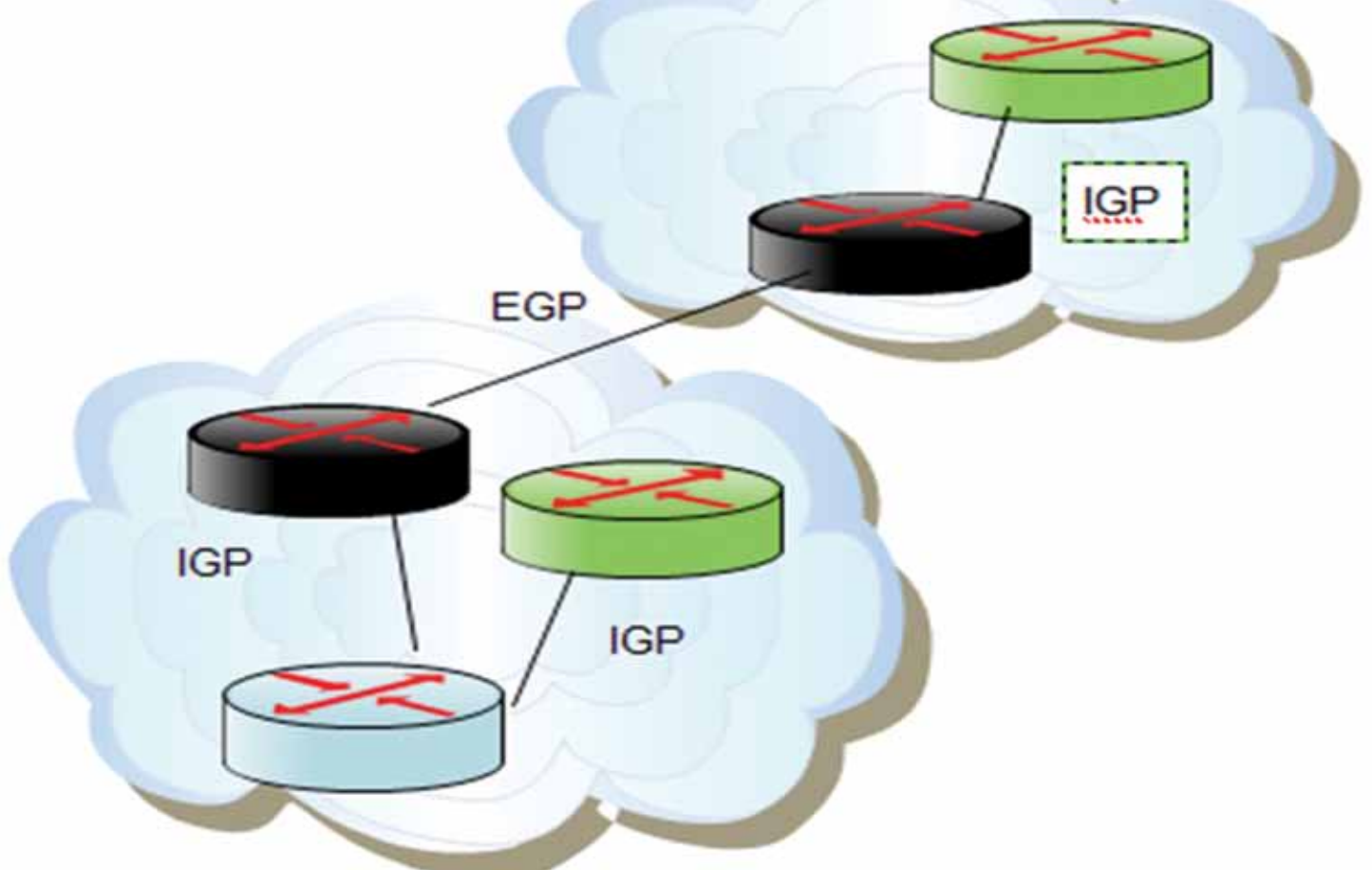
- [۱] علی مشیری ترخانی - فرامرز فقیهی - رضا شریفی، «بهینه‌سازی چند هدفه جایابی ایستگاه شارژ خودروهای الکتریکی در شبکه توزیع نمونه»، اولین کنفرانس ملی رویکردهای نو در مهندسی برق و کامپیوتر، ۱۳۹۵.
- [2] N. Rastegarfar, B. Kashanizadeh, M. Vakilian, and S. A. Barband, "Optimal Placement of Fast Charging Station in a Typical Microgrid in Iran", 10th International Conference on the European Energy Market (EEM), 2013, p: 1-7.
- [3] L. Jia, Z. Hu, W. Liang, W. Lang, and Y. Song, "A Novel Approach for Urban Electric Vehicle Charging Facility Planning Considering Combination of Slow and Fast Charging", International Conference on Power System Technology, 2014, p: 3354 - 3360.
- [4] O. Veneri, C. Capasso, L. Ferraro, A. Del Pizzo, "Performance Analysis on a Power Architecture for EV Ultra-Fast Charging Station", International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), 2013, p:183-188.
- [5] P. Phonrattanasak, and N. Leeprechanan, "Optimal Placement of EV Fast Charging Station Considering the Impact on Electrical Distribution and Traffic Condition", International Conference and Utility Exhibition on Green Energy for Sustainable Development (ICUE), 2014, p:1-6.
- [6] P. Phonrattanasak, and N. Leeprechanan, "Multi objective Ant Colony Optimization for Fast Charging Stations Planning in Residential Area", Innovation Smart Grid Technologies-Asia (ISGT Asia), 2014, p:290-295.
- [7] M. Cruz-Zambrano, C. Corchero, L. Igualada-Gonzalez, and V. Bernardo, "Optimal Location of Fast Charging Station in Barcelona: A Flow-Capturing Approach", 10th International Conference on the European Energy Market (EEM), 2013, p:1-6.
- [8] A. Rajabi-Ghahnavieh, P. Sadeghi-Barzani, "Optimal Zonal Fast-Charging Station Placement Considering Urban Traffic Circulation", IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2017, Vol. 66, No.1, P: 45 - 56.
- [9] I. Zengin, J. Vardakas, N. Zorba, C. Verikoukis, "Performance Evaluation of a Multi-standard Fast Charging Station for Electric Vehicles", IEEE Transactions on Smart Grid, 2017.
- [10] H. Zhang, S. Moura, Z. Hu, Y. Song, "PEV Fast-Charging Station Siting and Sizing on Coupled Transportation and Power Networks", IEEE Transactions on Smart Grid, 2016.
- [۱۱] حمید جلالی - سیدبایر درخشنده، «جایابی بهینه جایگاه های شارژ خودروهای برقی در شبکه های توزیع به منظور مدیریت نفوذ بالای منابع فتوولتائیک»، کنفرانس بین المللی مهندسی برق، ۱۳۹۵.

- [9] K. K. Sen, M. L. Sen, "Comparison of the Sen transformer with the unified power flow controller" IEEE Transactions Power Delivery, vol. 18, no. 3, Oct. 2003, pp. 1523-1533.
- [10] Kalyan K. Sen, Mey Ling Sen, Introduction to FACTS controllers, Theory, Modeling, and Applications, IEEE Press, 2009.
- [11] M. Omar Faruque, Venkata Dinavahi, "A Tap-Changing Algorithm for the Implementation of Sen Transformer", IEEE Transactions Power Delivery, vol. 22, no. 3, July 2007, pp. 1750-1757.
- [12] B. Asghari, M. Omar Faruque, and Venkata Dinavahi, "Detailed Real-Time Transient Model of the Sen Transformer", IEEE Transactions Power Delivery, vol. 23, no. 3, July 2008, pp. 1513-1521.
- [13] K. K. Sen and A. J. F. Keri, "Comparison of field results and digital simulation results of voltage-sourced converter-based facts controllers" IEEE Trans. Power Del., vol. 18, no. 1, Jan. 2003, pp. 300-306.
- [14] K. K. Sen and E. J. Stacey, "UPFC-unified power flow controller: Theory, modeling and applications," IEEE Trans. Power Del., vol. 13, no. 4, Oct. 1998, pp. 1453-1460.
- [15] Kalyan K Sen, "Sen Transformer: A Power Regulating Transformer", Advanced Solutions in Power Systems, 2016, pp. 651-679.
- [16] Kalyan K Sen, Mey Ling Sen, "Comparison of operational characteristics between a Sen Transformer and a phase angle regulator", Power and Energy Society General Meeting (PESGM), 2016, pp. 1-5.
- [17] Kalyan K Sen, Mey Ling Sen, "Unique capabilities of Sen Transformer: A power flow regulating transformer", Power and Energy Society General Meeting (PESGM), 2016, pp. 1-5.
- [18] K. K. Sen, M. L. Sen, "Phase Angle Regulation Versus Impedance Regulation: Which Offers Greater Control Of Power Flow On the Grid?", How2Power Today, Issue 02, 2017.
- [19] N. G. Hingorani and L. Gyugyi, Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems, December 1999, Wiley-IEEE Press
- [20] S. E. Gasim Mohamed, J. Jasni, M. A. M. Radzi, H. Hizam and M. Mirzaei, "Optimal Allocation of Sen Transformer for Active Power Loss Reduction", IEEE International Conference Power & Energy (PECON), 2014: pp. 59-64.

- [۲۱] پروژه پیاده‌سازی استاتیکی و دینامیکی اطلاعات شبکه خراسان در نرم‌افزار مطلب، شرکت برق منطقه‌ای خراسان، ۱۳۹۱.
- [۲۲] رحیمی، فرزانه، کاربردهای ترانسفورماتور سن، پایان نامه کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی خراسان، تابستان ۱۳۹۶.

پی‌نوشت‌ها

- 1-SEN Transformer
- 2 Unified power flow controller
- 3 Static Synchronous Compensator
- 4 Series Synchronous Static Compensator
- 5 Thyristor Control Series Capacitor
- 6 Load Tap Changer
- 7 Phase Angle Regulator
- 8 voltage-sourced converter
- 9 voltage-regulating transformer
- 10 Power reactive index



یک پروتکل مسیریابی مبتنی بر بردار در شبکه حسگر بی سیم زیر آب

سید مجید مزینانی/ دانشگاه بین المللی امام رضا (ع)، مشهد/ smajidmazinani@imamreza.ac.ir

هادی یوسفی/ دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور/ uosefihadi@gmail.com

مصطفی میرزایی/ دانشگاه بین المللی امام رضا (ع)، مشهد/ mostafa.mirzaie@imamreza.ac.ir

چکیده

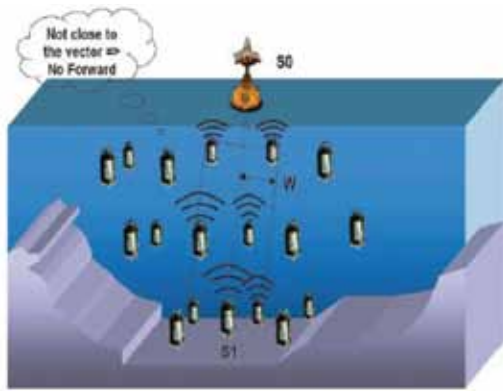
یکی از مهم ترین دغدغه های امروز پژوهشگران در شبکه های حسگر بی سیم زیر آب، با توجه به محدودیت ها و ویژگی های خاص محیط درون آب، مساله ی مسیریابی است. این محدودیت ها شامل توپولوژی سه بعدی، پهنای باند محدود، تحرک گره، تاخیر طولانی، انرژی محدود و هزینه ساخت است. پروتکل های مسیریابی جدید برای شبکه های زیر آب بر اساس مسیریابی حریصانه توسعه یافته اند. مشکل اساسی در UWSN ها پیدا کردن یک مسیر کارآمد بین منبع و مقصد است تا بتواند با مصرف انرژی پایین، تعداد بسته ی بیشتری را به مقصد برساند. در این پژوهش با بهبود الگوریتم VBF که یکی از روش های مرجع بوده و پروتکلی وابسته به شعاع لوله مسیریابی است، الگوریتمی ارایه شده است که شعاع لوله را به صورت تابعی از ابعاد محیط، برد و تعداد گره ها در نظر می گیرد. در نتیجه با تغییر یکی از این پارامترها، شعاع لوله مسیریابی نیز تغییر خواهد کرد. اما به منظور مدیریت انرژی مصرفی گره ها، تابعی وجود دارد که اگر انرژی باقی مانده گره دریافت کننده ی بسته خیلی کمتر از انرژی باقی مانده ی گره ارسال کننده باشد، با کوچک کردن شعاع لوله مسیریابی، شانس انتخاب شدن به عنوان گره هدایت کننده را کاهش می دهد، تا گره های دیگر شانس بدست آوردن گره هدایت کننده بسته را به دست آورند. الگوریتم ارایه شده با پروتکل های VBF، HHVBF و VBVA مقایسه شده است و نتایج شبیه سازی که به دست آمده از شبیه ساز NS-2 است، حاکی از آن است که روش پیشنهادی توانسته با تکیه بر تغییر عرض لوله مسیریابی متناسب با تراکم شبکه، مصرف انرژی کمتری را به ویژه در شبکه های با تعداد گره زیاد، نسبت به سایر روش ها داشته باشد و همچنین در شبکه های غیرمتراکم، بسته های بیشتری را نیز تحویل نماید.

کلمات کلیدی: شبکه های حسگر زیر آب، الگوریتم های مسیریابی، لوله مسیریابی

مقدمه

بی سیم به یک حوزه پژوهشی داغ تبدیل شدند. در آغاز، این شبکه ها تنها برنامه های کاربردی زمینی را پوشش می دادند، اما در ادامه و با توجه به اهمیت پردازش اطلاعات در سیاره ای که ۷۰ درصد سطح آن از آب پوشیده شده است، زمینه ی ورود این نوع شبکه ها به درون آب فراهم شد [۱،۲]. تعدد تحقیق و پژوهش در این حوزه نشان از

شبکه ی حسگر بی سیم موضوع مورد علاقه ی بسیاری از پژوهشگران در سال های اخیر بوده و پیشرفت های قابل ملاحظه ای نیز در این حوزه به وجود آمده است. در پایان قرن بیستم، شبکه های حسگر



شکل ۲-۲: عملکرد پروتکل VBF [۱۵]

پروتکل مسیریابی هدایت مبتنی بر بردار یا VBF، از نخستین پروتکل‌های مسیریابی ارایه شده برای محیط زیر آب است. این پروتکل با این هدف ارایه شده است که مساله حرکت گره‌ها و سیار بودن آنها را مرتفع نماید و بتواند در محیط‌هایی با توپولوژی پویا به کار گرفته شود و نیز از لحاظ مصرف انرژی کارآمد باشد. این الگوریتم یک پروتکل مبتنی بر موقعیت است. در این پروتکل در هر بسته ارسالی، موقعیت مکانی یا مختصات گره مبدا، مقصد و گره هدایت‌کننده قرار داده می‌شود تا در عمل مسیریابی از آن استفاده شود [۷، ۱۰].

در پروتکل VBF موقعیت مکانی یا مختصات گره‌ها توسط تکنیک‌های تعیین موقعیت بدست می‌آید. در این پروتکل برای عمل مسیریابی از مفهوم «بردار مسیریابی^۶» و «لوله مسیریابی^۷» استفاده می‌شود. بردار مسیریابی یک خط مستقیم از گره مبدا تا مقصد است و لوله مسیریابی یک استوانه با شعاع قابل تنظیم با مرکزیت بردار مسیریابی است. مسیر هدایت یک بسته از مبدا تا مقصد توسط بردار مسیریابی مشخص می‌شود [۷]. هنگام دریافت یک بسته، گره گیرنده موقعیت خود را نسبت به گره هدایت‌کننده قبلی که بسته را از آن دریافت نموده محاسبه می‌نماید. هرگاه گره تشخیص بدهد که به اندازه کافی به بردار مسیریابی نزدیک است، آنگاه آن گره در نقش یک گره هدایت‌کننده قلمداد می‌شود و مختصات خود را درون بسته قرار می‌دهد و آن را به گره بعدی هدایت می‌کند. در غیر این صورت گره، بسته را حذف می‌نماید. در این پروتکل، همه گره‌های هدایت‌کننده بسته، درون لوله مسیریابی قرار دارند. گره‌هایی که نزدیک به بردار مسیریابی نیستند عمل هدایت را انجام نمی‌دهند و بسته‌های دریافتی را حذف می‌کنند [۷، ۱۶]. این پروتکل نیاز به اطلاعات موقعیت همه گره‌ها ندارد. پروتکل VBF یک پروتکل مسیریابی سمت مبدا^۸ است. این بدین معنی است که مسیریابی از طرف گره مبدا آغاز می‌شود. هر بسته اطلاعات مسیریابی ساده ای را حمل می‌کند و درون هر بسته سه فیلد مختصات FP، TP، OP که به ترتیب موقعیت مکانی گره‌های مبدا، مقصد و هدایت‌کننده می‌باشند قرار می‌گیرد. برای پشتیبانی از ویژگی سیار بودن گره‌ها، هر بسته شامل یک فیلد به نام Range یا دامنه انتقال می‌باشد. هرگاه یک بسته به ناحیه‌ای که توسط فیلد TP تعیین شده است برسد، آنگاه بسته با استفاده از مقدار یک درون فیلد دامنه انتقال قرار دارد محدوده ارسال را مشخص می‌کند و به صورت سیل آسا ارسال می‌گردد. در هر بسته یک فیلد بنام Radius وجود دارد که گره‌ها برای تعیین اینکه به اندازه کافی به بردار مسیریابی نزدیکند از آن استفاده می‌نمایند. در واقع یک گره از طریق مقایسه فاصله‌اش تا بردار مسیریابی و فیلد Radius

کاربرد بالای آن دارد. از جمله‌ی این کاربردها می‌توان به حوزه‌هایی از قبیل بهداشت و درمان، عملیات نظامی، امنیت، مدیریت شهری، محیط‌زیست، ساختمان‌سازی، استحکام سازه‌های بزرگ مانند پل و تونل، عملیات‌های حیاتی مانند نظارت دریایی، شناسایی میادین نفتی، تشخیص آلودگی، پیشگیری از فاجعه سونامی، ناوبری، شناسایی معادن و جمع‌آوری داده‌های مربوط به اقیانوس‌شناسی و بسیاری از حوزه‌های دیگر اشاره کرد [۳-۸]. پروتکل‌های مسیریابی، نقش مهمی را در طراحی مدل شبکه ایفا می‌کنند. در UWSN ها، این پروتکل مسیریابی است که موجب ارسال داده‌ها از مبدا به مقصد می‌شود [۹]. داشتن یک الگوریتم مسیریابی کارآمد جهت تحویل بسته‌ها به مقصد، یک امر مهم تلقی می‌شود که طراح شبکه باید آن را با دقت انتخاب نماید. از طرفی شبکه‌های حسگر زیر آبی دارای ویژگی‌های خاصی هستند که سبب می‌شود طراحی یک الگوریتم مسیریابی کارآمد برای آنها سخت و چالش‌زا باشد. این ویژگی‌ها عبارتند از: ۱- استفاده از سیگنال‌های صوتی به جای سیگنال‌های رادیویی به دلیل تضعیف سریع سیگنال‌های رادیویی. ۲- توپولوژی بسیار پویای شبکه که در نتیجه‌ی حرکت گره‌های حسگر توسط جریان آب به وجود می‌آید. البته برخی گره‌ها را می‌توان در سطح آب یا در کف آب به صورت ثابت مستقر نمود [۱۰-۱۳]. طراحی پروتکل‌های مبتنی بر کاهش مصرف انرژی برای این نوع از شبکه‌ها امری حیاتی و چالش برانگیز است، زیرا نودهای حسگر بوسیله باتری‌هایی کار می‌کنند که جایگزینی یا شارژ مجدد آنها کار مشکلی است. صرفه‌جویی در انرژی، مهم‌ترین دغدغه و نگرانی در UWSN ها است [۷]. در این مقاله، یک روش مسیریابی مبتنی بر بردار ارایه شده است که می‌تواند با استفاده از متغیر پویای عرض لوله ی مسیریابی، فرآیند ارسال داده را از مبدا به مقصد، کنترل کند و از ارسال‌های بیهوده که منجر به اتلاف انرژی می‌شود، جلوگیری نماید. این الگوریتم با پروتکل‌های VBF، HH-VBF و VBVA مورد مقایسه قرار گرفته است. ادامه مقاله به این صورت سازمان‌دهی شده است: در بخش ۲، پیشینه تحقیق و روش‌های مسیریابی مختلف مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته شده است. الگوریتم پیشنهادی در بخش ۳ بیان شده است. در بخش ۴، ارزیابی روش ارایه شده و مقایسه آن با روش‌های دیگر و نهایتاً نتیجه‌گیری در بخش ۵ بیان می‌شود.

۲- پیشینه‌ی پژوهش

در این بخش، به توضیح و بررسی چند الگوریتم مسیریابی در شبکه حسگر بی‌سیم زیر آب، می‌پردازیم.

۱-۲- بررسی پروتکل VBF

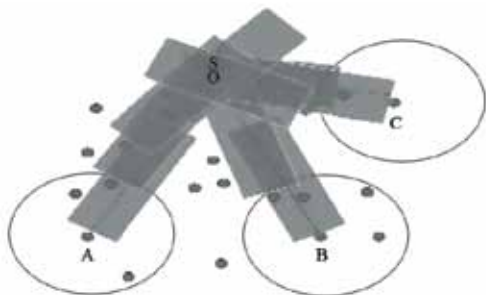
اولین الگوریتم مسیریابی مطرح شده برای شبکه‌های حسگر زیر آبی، الگوریتم VBF است. این الگوریتم یک الگوریتم مسیریابی جغرافیایی است که نیازمند یک تعیین مکان کامل است. موقعیت مکانی هر گره با تکنیک AOA^۹ یا قدرت سیگنال، تخمین زده می‌شود. اطلاعات مکانی گره منبع^{۱۰}، گره میانی^{۱۱} و گره هدف^{۱۲} در بسته‌ها حمل می‌شوند. مسیر انتقال توسط یک بردار از گره منبع تا گره مقصد تعیین می‌شود و این بردار در وسط یک لوله مسیریابی قرار می‌گیرد. تمام گره‌های درون این لوله کاندیدای ارسال بسته هستند. زمانی که یک گره بسته‌ای را دریافت کند، چنانچه این گره، درون لوله مسیریابی باشد، اقدام به ارسال (هدایت) بسته می‌کند و در غیر این صورت بسته را حذف می‌کند [۷، ۱۴].

شکل (۲-۲) یک دید سطح بالا از این الگوریتم را نشان می‌دهد.

اصولا این الگوریتم خود سازگار، اولویت بالاتری نسبت به گره مطلوب می‌دهد تا حمل و نقل بسته ادامه یابد [۷، ۱۵، ۱۶]. پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر بردارسیارحساس به شعاع لوله مسیریابی هستند. برخی از گره‌ها در لوله‌ی مسیریابی با توجه به موقعیت خاصی که دارند، به طور مداوم در معرض ارسال داده هستند که این مساله باعث مرگ زودتر گره می‌شود. همه پروتکل‌های مبتنی بر مکان مانند VBF مقیاس‌پذیر قوی هستند، اما کارایی کمی در تاخیر انتها به انتها دارند. همچنین کارایی پروتکل در شبکه‌های غیرمتراکم پایین است [۱۷].

۲-۲- بررسی پروتکل HH-VBF

به منظور رفع مشکلات VBF، الگوریتم HH-VBF مطرح شده است. این الگوریتم در واقع VBF گام به گام است. الگوریتم HH-VBF از نظر بسیاری از ویژگی‌ها نظیر نیازمندی به تعیین مکان کل گره‌ها و استفاده از لوله مسیریابی، شبیه الگوریتم VBF است. تفاوت اصلی این دو الگوریتم در این است که در الگوریتم VBF یک لوله مجازی یکتا از منبع تا سینک ایجاد می‌شود، ولی در الگوریتم HH-VBF در هر گام یک لوله مجازی مسیره‌ی ایجاد می‌شود. از این‌رو یک رویکرد گام به گام در عملیات مسیریابی استفاده می‌شود. شکل (۴-۲) یک دید سطح بالا از اجرای این الگوریتم را نشان می‌دهد [۷، ۱۵، ۱۳]. در الگوریتم HH-VBF، هر گره به محض دریافت یک بسته از یک گره منبع یا میانی، بردار از فرستنده تا سینک آن بسته را محاسبه نموده و سپس فاصله تا آن بردار را برآورد می‌کند. اگر فاصله کمتر از شعاع لوله مسیریابی باشد، این گره شرایط لازم جهت هدایت بسته را دارد و از این‌رو تبدیل به یک کاندیدا جهت هدایت بسته می‌شود.



شکل ۴-۲: عملکرد پروتکل HH-VBF

پروتکل HH-VBF در شبکه‌های غیرمتراکم می‌تواند مسیرهای زیادی را بیابد و حساسیت کمتری به شعاع لوله مسیریابی دارد [۱۷]. همچنین این الگوریتم به علت اتخاذ نمودن روش گام به گام و ایجاد لوله در هر مسیر، نرخ تحویل بسته بهتری را نسبت به VBF دارد و در صورتی که مسیری خلوت در شبکه وجود داشته باشد حتماً آن را پیدا خواهد کرد. اما مصرف انرژی بالایی دارد و در شبکه‌هایی که تحرک گره‌ها زیاد باشد به اندازه VBF کارا نیست [۱۵].

۲-۳- بررسی پروتکل VBVA

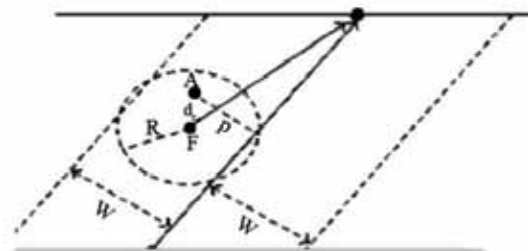
پروتکل‌های مسیریابی نظیر HH-VBF و VBF برای انتخاب گره گام بعدی از روش حریصانه استفاده می‌کنند. به کارگیری سیاست حریصانه در همه موارد موفقیت‌آمیز نیست. به عنوان مثال ممکن است یک گره نتواند هیچ یک از همسایگانش را مناسب برای هدایت بسته بیابد بنابراین نمی‌تواند بسته را به گام بعدی هدایت کند. در پروتکل‌های مسیریابی به این مفهوم چاله مسیریابی می‌گویند. VBVA نخستین پروتکلی است که جهت اجتناب از چاله در شبکه‌های

مشخص می‌کند که می‌تواند به عنوان هدایت‌کننده بسته ایفای نقش کند یا خیر [۷]. در پروتکل VBF گره‌هایی که به اندازه کافی به بردار مسیریابی نزدیک هستند و یا در واقع داخل لوله مسیریابی قرار دارند عمل هدایت بسته را انجام می‌دهند. این مساله در شبکه‌هایی که به صورت چگال توسعه داده شده‌اند و گره‌ها نزدیک به یکدیگر قرار دارند منجر به مصرف انرژی و افزایش حجم بسته‌های ارسالی غیرضروری و در نهایت افزایش سربار پروتکل می‌شود. بنابراین در این پروتکل می‌باید سیاست مناسبی در رابطه با شبکه‌های متراکم اتخاذ شود. یکی از راه‌حل‌های موجود بررسی و تعیین میزان تراکم گره‌ها و تنظیم شعاع لوله مسیریابی بر حسب تراکم گره‌هاست. پروتکل VBF از یک الگوریتم خود سازگار جهت رفع این مشکل بهره می‌گیرد. [۷، ۱۵]

این الگوریتم از مفهومی به نام فاکتور مطلوبیت جهت سنجش مناسب بودن یک گره برای عمل هدایت بسته استفاده می‌کند. در بردار s0s1 که s1 گره مبدا و s0 گره سینک است و گره F هدایت‌کننده قبلی است، میزان فاکتور مطلوبیت برای گره A به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\alpha = \frac{p}{w} + \frac{(R-d \cdot \cos \theta)}{R} \quad (1)$$

که p تصویر گره A بر روی بردار s0s1 و d فاصله بین گره A تا گره F و θ زاویه بین بردار fs0 و بردار fa است متغیر R محدوده ارسال و متغیر W شعاع لوله مسیریابی است. شکل (۲-۳) مفهوم فاکتور مطلوبیت و پارامترهای آن را نشان می‌دهد. بر اساس تعریف فاکتور مطلوبیت مشاهده می‌گردد که برای هر گره نزدیک به بردار مسیریابی یعنی $0 < p < w$ مقدار فاکتور مطلوبیت هر گره در بازه [۰، ۳] قرار دارد. نزدیک بودن میزان فاکتور مطلوبیت به صفر، بدین معنی است که گره، به موقعیت پهنه نزدیک‌تر است [۷، ۱۵].



شکل ۲-۳: مفهوم فاکتور مطلوبیت گره

در پروتکل VBF، اگر گره هدایت‌کننده در نزدیکی بردار مسیریابی، گره‌ای را برای هدایت پیدا کرد، آن بسته را برای یک دوره زمانی به منظور ایجاد سازگاری نگه می‌دارد. این دوره زمانی Tadaption نام دارد. به عبارت دیگر، هر گره واجد شرایط، توسط یک بازه زمانی، حمل و نقل بسته‌هایی را به تاخیر می‌اندازد که به شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$Tadaption = \sqrt{a} Tdelay + \frac{R-d}{v_0} \quad (2)$$

که در آن T_{delay} حداکثر تاخیر از پیش تعریف شده است، v_0 سرعت انتشار سیگنال‌های صوتی در آب است، که معمولاً برابر 1500 M/s است، و d فاصله بین این گره و هدایت‌کننده است.

مقدار نیز به مانند الگوریتم VBF و از رابطه (۲) به دست می آید. در مدت زمان $T_{adaptation}$ ، اگر یک گره، بسته‌های دیگری از طرف دیگر گره‌ها دریافت کند، در این صورت، گره فاکتور مطلوبی را برای همه آنها محاسبه می‌کند. اگر فاکتور مطلوبیت بین $(0 < \alpha < 3)$ باشد. بسته را ارسال می‌کند، در غیر این صورت بسته را حذف می‌کند. هر گره زمانی که بسته‌ای را دریافت می‌کند، ابتدا بررسی می‌کند که آیا در داخل شعاع محاسبه شده قرار دارد یا خیر. در ادامه، الگوریتم پیشنهادی در قالب یک شبه کد آورده شده است.

Algorithm 1 Proposed Protocol

```
1: pr = r_residual_energy / f_residual_energy
2: width = width_1 * Pr
3: if (projection(pkt) ≤ Width) then
4: return true;
5: else
6: return false;
7: end if
```

عرض لوله به صورت زیر تعریف می شود:

$$\text{Width}_1 = 2 \sqrt{\frac{x \cdot y + z}{R \cdot n}} \quad (3)$$

$$\text{Width} = \text{Width}_1 * pr \quad (4)$$

که x, y, z اندازه محیط، n تعداد گره‌ها و R محدوده انتقال گره است. در روابط بالا هر چقدر محیط بزرگ باشد و تعداد گره‌ها و محدوده انتقال ارسال بسته کمتر باشد، شعاع لوله‌ی مسیریابی باید بیشتر شود تا تعداد گره‌های بیشتری داخل لوله مسیریابی قرار گیرند و برعکس، هر چقدر تعداد گره‌ها بیشتر و محدوده انتقال ارسال بزرگ‌تری وجود داشته باشد، مقدار Width که همان شعاع لوله مسیریابی است باید کمتر شود. در نتیجه برخلاف الگوریتم VBF، روش پیشنهادی شعاع لوله مسیریابی مقدار ثابتی ندارد. طبق شبه‌کد، مقدار width در دو مرحله محاسبه می‌شود. ابتدا width_1 براساس رابطه (۳) محاسبه می‌شود. سپس مقدار به دست آمده را در متغیر pr ضرب می‌کنیم. در خط اول شبه کد، به نحوه‌ی محاسبه‌ی مقدار pr اشاره شده است که متغیر $r_residual_energy$ میزان انرژی باقیمانده‌ی گره دریافت کننده و متغیر $f_residual_energy$ میزان انرژی باقی مانده گره هدایت کننده است. به عنوان مثال در شکل (۱-۳)، گره F بسته‌ای را ارسال و گره A آن را دریافت کرده است. حال گره A باید بررسی کند که آیا در داخل لوله مسیریابی قرار دارد یا خیر. فرض می‌کنیم مقدار انرژی باقیمانده گره A نسبت به گره F کمتر باشد. اگر با استفاده از الگوریتم VBF بسته را ارسال کنیم گره A در داخل لوله مسیریابی است و بسته را ارسال خواهد کرد، بدون این که انرژی باقیمانده گره A را در نظر بگیرد. در خط دوم شبه کد مقدار width_1 در pr ضرب خواهد شد، لذا width نهایی به صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{Width} = 2 \sqrt{\frac{x \cdot y + z}{R \cdot n}} * pr \quad (5)$$

به این دلیل که انرژی باقیمانده گره A نسبت به گره F کمتر است بنابراین pr یک مقدار کمتر از یک خواهد بود. بنابراین گره A در روش پیشنهادی ما ممکن است بسته را ارسال نکند. چون انرژی باقیمانده‌اش نسبت به گره Forwarder کمتر است. خط سوم شبه کد،

زیر آب ارایه شده است. این پروتکل از دو مکانیزم برای عبور از چاله استفاده می‌کند. نخست، مکانیزم Vector-Shift و دوم، مکانیزم Back-Pressure. در پروتکل VBVA، وقتی یک گره تشخیص وجود چاله برای یک بسته را داد، سعی می‌کند تا با تعویض بردار هدایت بسته، از چاله عبور کند. اگر گره، هیچ عمل هدایت بسته‌ای را در بردار جدید نشود، به عنوان گره نهایی در نظر گرفته می‌شود. مکانیزم Vector-Shift برای یک گره پایانی نمی‌تواند مسیر جایگزینی پیدا کند و در این حالت باید از مکانیزم Back-Pressure استفاده شود. در مکانیزم Back-Pressure وقتی یک گره تشخیص می‌دهد که یک گره نهایی است بسته را به عقب هدایت می‌کند. این کار تا زمانی که بسته به گره‌ای برسد که بتواند از مکانیزم Vector-Shift استفاده کند ادامه می‌یابد [۱۶-۱۸]. این روش توانسته مساله‌ی حفره را حل نماید. مکانیزم اجتناب از حفره باعث ایجاد چندین بردار حمل می‌شود که منجر به بهبود و استحکام شبکه می‌شود [۱۷]. در صورت بروز حفره و استفاده از مکانیزم اجتناب از حفره، مصرف انرژی بیشتری نیاز است. ضمناً سربار اضافی به خاطر استفاده از مکانیزم اجتناب از حفره تولید می‌شود. همچنین در صورت وجود حفره تاخیر زیادی در شبکه ایجاد می‌شود.

۳- پروتکل پیشنهادی

VBF یکی از الگوریتم‌های مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم زیرآبی است. در پروتکل VBF گره‌هایی که در محدوده شعاع لوله مسیریابی باشند برای هدایت بسته به کار گرفته می‌شوند. بنابراین زمانی که شعاع لوله مسیریابی بزرگ باشد تعداد گره‌های شرکت کننده به منظور هدایت بسته بیشتر می‌شود. در این صورت انرژی بیشتری مصرف خواهد شد و اگر شعاع لوله کم باشد تعداد گره‌های کمتری به منظور هدایت بسته به کار گرفته می‌شوند. در این صورت نیز ممکن است بسته‌های کمتری توسط سینک دریافت شود. مادر روش پیشنهادی شعاع لوله را به صورت تابعی از ابعاد محیط، بردگره و تعداد کل گره‌ها در نظر گرفتیم. برای اینکه بتوانیم انرژی مصرفی گره‌ها را مدیریت کنیم، انرژی باقیمانده گره‌ها را نیز در نظر گرفتیم. الگوریتم ارایه شده مشابه الگوریتم VBF است ولی تفاوت‌های زیر را با آن دارد.

۱- انرژی باقیمانده و ۲- عرض لوله متغیر.

در روش پیشنهادی، هر بسته شامل موقعیت مبدأ و مقصد ارسال کننده و همچنین انرژی باقیمانده است. مسیر ارسال به وسیله بردار بین مبدأ و مقصد مشخص می‌شود. اگر یک گره تعیین کند که به اندازه کافی به بردار مسیریابی نزدیک است (اگر از یک حد آستانه کمتر باشد)، موقعیت محاسبه شده خود و همچنین انرژی باقیمانده خود را در داخل بسته قرار می‌دهد و آن را ارسال می‌کند، در غیر این صورت بسته را حذف می‌کند. بنابراین مسیر ارسالی به صورتی کلوله مجازی از منبع به مقصد است و گره‌های حسگر داخل این لوله، شایسته‌ی ارسال داده‌ها هستند.

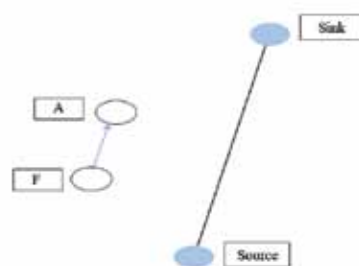
فاکتور مطلوبیت به مانند الگوریتم VBF و طبق رابطه (۱)، محاسبه می‌گردد. اگر فاکتور مطلوبیت a مقدار بزرگی داشته باشد، در این صورت گره برای ارسال بسته مناسب نیست. اگر فاکتور مطلوبیت a نزدیک به صفر باشد به این معنی است که گره به بهترین موقعیت نزدیک شده است. هنگامی که یک گره بسته‌ای را دریافت می‌کند، اول موقعیت خود را محاسبه می‌کند و تعیین می‌کند که آیا در داخل لوله مسیریابی قرار دارد یا خیر. اگر در داخل لوله مسیریابی باشد، گره بسته را برای یک فاصله زمانی $T_{adaptation}$ نگه می‌دارد. که این

بررسی می‌کند که آیا گره در داخل لوله مسیر یابی قرار دارد و یا خیر.

جدول ۴-۱ اشاره شده است.

جدول ۴-۱: پارامترهای شبیه سازی

NS2 version 2.30(Aqua-sim)	نرم افزار شبیه سازی
1000m x 1000m x 500m	مساحت مورد بررسی
500-2500	تعداد گره
100m	دامنه انتقال
100m	عرض لوله مسیر یابی
50 Bytes	اندازه بسته
1000s	مدت زمان شبیه سازی
10000	انرژی اولیه
2w	میزان مصرف انرژی در زمان ارسال
0.75w	میزان مصرف انرژی در زمان دریافت
0.008	میزان مصرف انرژی در زمان استراحت
(500 ,900 ,900)	آدرس منبع
(0 ,100 ,100)	آدرس مقصد



شکل ۳-۱: عملکرد پروتکل پیشنهادی

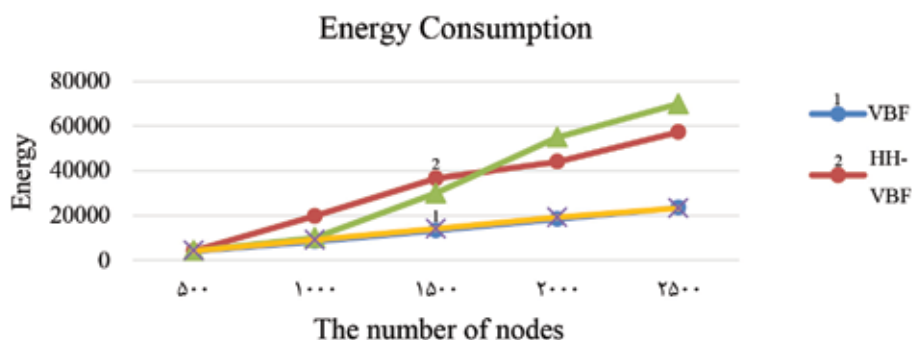
۴-عملکرد و ارزیابی

قبل از ورود به جزئیات شبیه سازی، بررسی فرضیات مدل سیستم لازم و ضروری است. این فرضیات در ادامه آورده شده است:

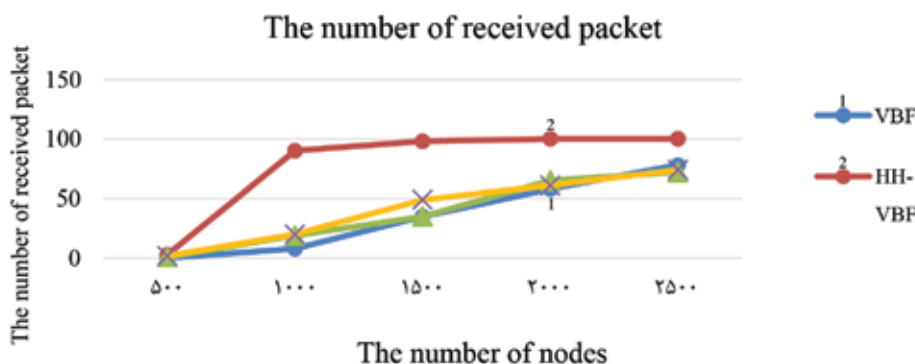
- گره ها موقعیت خود را می دانند.
- همه گره ها همگن و دارای ساختاری یکسان می باشند.
- گره های مبدا و مقصد در موقعیت خود ثابت هستند.
- گره ها از انرژی خورشید برای شارژ مجدد استفاده نمی کنند و گره ای که انرژی آن تخلیه شده از شبکه خارج می شود.

الگوریتم پیشنهادی با پروتکل های VBF و HH-VBF و VBVA، ارزیابی و مورد مقایسه قرار گرفته است. از نرم افزار NS-2 به منظور شبیه سازی روش ها استفاده شده است. به پارامترهای شبیه سازی در

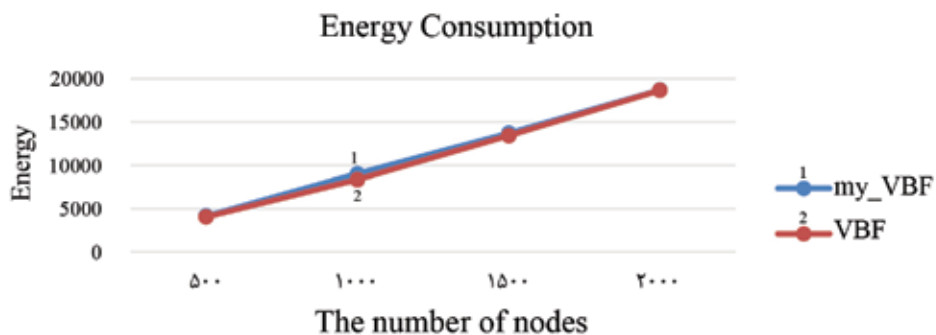
نخستین فاکتوری که بررسی شده ، میانگین مصرف انرژی کل شبکه است که در جدول ۴-۲ به مقادیر آن و در شکل ۴-۱ به نمودار تغییرات آن اشاره شده است.



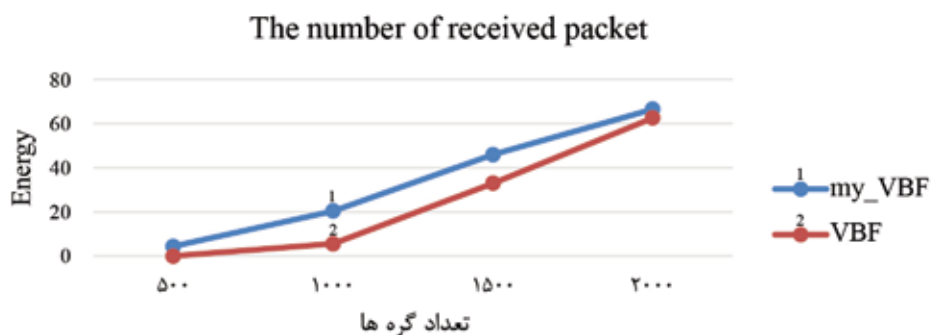
شکل ۴-۱: میزان مصرف انرژی در پروتکل های مختلف



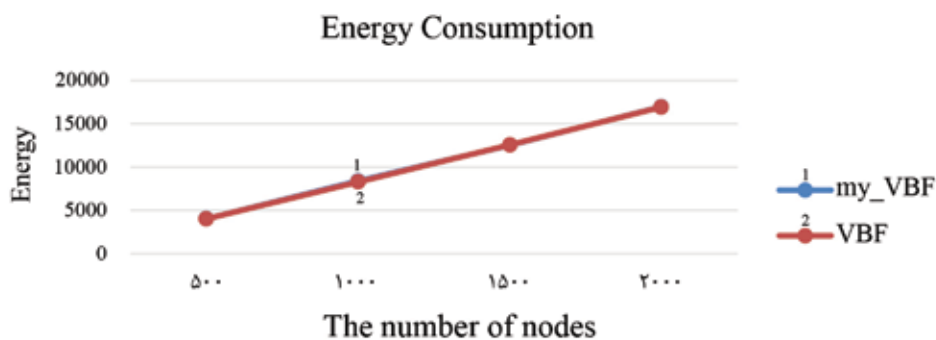
شکل ۴-۲: تعداد بسته های دریافتی در پروتکل های مختلف



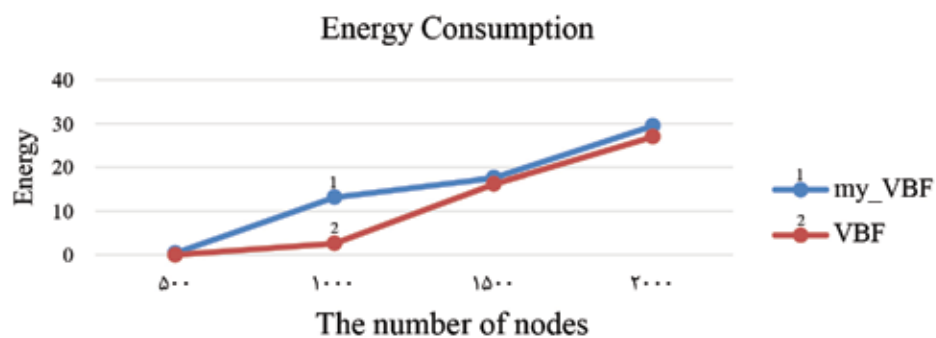
شکل ۳-۴: میزان انرژی مصرفی با انرژی اولیه ۱۰۰ ژول



شکل ۴-۴: تعداد بسته های دریافتی با انرژی اولیه ۱۰۰ ژول



شکل ۵-۴: میزان انرژی مصرفی با انرژی اولیه ۱۰ ژول



شکل ۶-۴: تعداد بسته های دریافتی با انرژی اولیه ۱۰ ژول

جدول ۲-۴: نتایج حاصل از شبیه سازی (میانگین مصرف انرژی)

تعداد گره‌ها	میانگین مصرف انرژی			
	VBVF	HH-VBF	VBVA	MY-VBF
۵۰۰	۴۰۴۶	۴۱۳۵	۴۲۱۰	۴۱۴۵
۱۰۰۰	۸۴۵۶	۱۹۸۰۰	۱۰۳۲۰	۹۰۸۸
۱۵۰۰	۱۳۳۱۷	۳۶۶۲۰	۳۰۲۰۰	۱۴۰۷۹
۲۰۰۰	۱۸۴۱۸	۴۴۳۲۰	۵۵۳۲۰	۱۹۱۷۰
۲۵۰۰	۲۳۴۸۰	۵۷۳۲۰	۷۰۱۰۰	۲۳۳۱۵

ملاحظه می‌گردد که روش پیشنهادی، در ابتدا که شبکه غیرمتراکم است، مصرف انرژی تقریباً برابر با روش‌های دیگر دارد ولی هر چه بر تعداد گره‌ها افزوده می‌شود و شبکه متراکم‌تر می‌گردد، عملکرد بهتری پیدا کرده تا جایی که از تعداد گره بیشتر از ۲۵۰۰ مصرف انرژی پایین‌تری نسبت به سایر روش‌ها پیدا می‌کند. همان‌طور در که در جزئیات روش ارایه شده توضیح داده شد، هر چه تعداد گره‌ها کمتر باشد، شعاع لوله‌ی مسیریابی باید بیشتر گردد تا بسته‌های بیشتری به مقصد هدایت شود. از طرفی دیگر با افزایش شعاع لوله، گره‌ها به منظور هدایت بسته، انرژی بیشتری را مصرف می‌کنند. از این‌رو در شبکه‌های غیرمتراکم انرژی مصرفی روش ارایه شده بیش از روش‌های دیگر است. اما هر چه بر تعداد گره‌ها افزوده می‌گردد، شعاع لوله مسیریابی نیز کمتر شده و در نتیجه آن، انرژی کمتری برای هدایت بسته‌ها مصرف می‌گردد. میانگین تعداد بسته‌های دریافتی نیز دومین فاکتوری است که به مقادیر آن در جدول ۳-۴ و به نمودار تغییرات آن در شکل ۲-۴ اشاره شده است.

جدول ۳-۴: نتایج حاصل از شبیه سازی (میانگین تعداد بسته‌های دریافتی)

تعداد گره‌ها	میانگین تعداد بسته‌های دریافتی			
	VBVF	HH-VBF	VBVA	MY-VBF
۵۰۰	۰	۳	۱	۲
۱۰۰۰	۸	۹۰	۱۹	۲۰
۱۵۰۰	۳۵	۹۸	۳۵	۴۹
۲۰۰۰	۵۸	۱۰۰	۶۵	۶۱
۲۵۰۰	۷۸	۱۰۰	۷۲	۷۴

پروتکل پیشنهادی، مصرف انرژی تقریباً برابر با میزان مصرف انرژی پروتکل VBF دارد و این در حالی است که تعداد بسته‌های بیشتری را به سینک تحویل می‌نماید و عملکرد دو پروتکل VBF و VBVA را بهبود می‌بخشد. در پروتکل پیشنهادی، گره‌هایی که توان بالاتری از ارسال کننده‌ی خود دارند، شانس بیشتری برای دریافت بسته و ارسال آن را خواهند داشت و همچنین با افزایش و کاهش شعاع لوله مسیریابی، تعداد گام‌ها برای رسیدن به سینک در روش ارایه شده، کاهش یافته است. از این‌رو مصرف انرژی روش پیشنهادی، نه تنها از سایر روش‌های مقایسه‌ای کمتر شده است، بلکه تعداد بسته‌های دریافتی نیز نسبت به روش‌های VBF و VBVA به‌ویژه در شبکه غیرمتراکم بهبود یافته است. الگوریتم HH-VBF نیز که بیشترین تعداد بسته تحویلی را دارا است، انرژی مصرفی زیادی را نیز به شبکه تحمیل می‌کند و این موضوع در شبکه‌های حسگر بی‌سیم زیر آب

که مهم‌ترین چالش آن حفظ انرژی است، می‌تواند مشکلاتی را ایجاد نماید. با توجه به نزدیک بودن معیار انرژی مصرفی روش ارایه شده و پروتکل VBF، لازم است تا با ایجاد تغییر در میزان انرژی اولیه در هر دو روش، مقایسات دقیق‌تری را بررسی کنیم. شکل‌های ۳-۴ و ۴-۴ تغییرات انرژی و تعداد بسته تحویلی را در هر دو روش و با انرژی اولیه ۱۰۰ ژول نشان می‌دهد و شکل‌های ۵-۴ و ۶-۴، تغییرات انرژی و تعداد بسته تحویلی را در هر یک از روش‌ها و با انرژی اولیه ۱۰ ژول بیان میکنند.

ملاحظه می‌گردد که با کاهش انرژی اولیه گره‌ها شاهد بهتر شدن عملکرد روش ارایه شده هستیم. با حفظ میزان مصرف انرژی نسبت به پروتکل VBF، تعداد بسته‌های بیشتری نیز تحویل سینک می‌شود. واضح است که روش پیشنهادی توانسته با تکیه بر تغییر عرض لوله مسیریابی متناسب با تراکم شبکه، مصرف انرژی کمتری را به‌ویژه در شبکه‌های با تعداد گره زیاد، نسبت به سایر روش‌ها داشته باشد و همچنین در شبکه‌های غیرمتراکم، بسته‌های بیشتری را نیز تحویل نماید. لذا در کاربردهایی که انرژی مصرفی مهم بوده و شبکه شامل تعداد گره زیاد است و همچنین در کاربردهایی که تعداد بسته تحویلی اهمیت دارد و شبکه دارای تراکم کمتری است، الگوریتم ارایه شده، به منظور یک پروتکل مسیریابی به طراح شبکه پیشنهاد می‌گردد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک پروتکل حمل و نقل مبتنی بر بردار مبتنی بر الگوریتم VBF، برای رسیدگی به چالش‌های مسیریابی در UWSN، ارایه شده است. VBF یک پروتکل مرجع برای مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم زیر آب محسوب می‌شود و عملکرد آن در مقایسه با پروتکل‌های همه‌بخشی، دارای مقیاس‌پذیری قوی و مصرف انرژی کارآمد است. کارآمدی این روش نیز به این دلیل است که فقط آن دسته از گره‌هایی که در مسیر لوله مسیریابی قرار دارند، درگیر حمل و نقل داده‌ها می‌شوند، بنابراین مصرف انرژی کارآمدی دارد. در این پژوهش با بهبود الگوریتم VBF که پروتکلی وابسته به شعاع لوله مسیریابی است، الگوریتم مسیریابی ارایه شده است که شعاع لوله را به‌صورت تابعی از ابعاد محیط، برد و تعداد گره‌ها در نظر می‌گیرد. در نتیجه با تغییر یکی از این پارامترها، شعاع لوله مسیریابی نیز تغییر خواهد کرد. اما به منظور مدیریت انرژی مصرفی گره‌ها، تابعی وجود دارد که اگر انرژی باقی‌مانده گره دریافت کننده ی بسته خیلی کمتر از انرژی باقی مانده‌ی گره ارسال کننده باشد، با کوچک کردن شعاع لوله مسیریابی، شانس انتخاب شدن به‌عنوان گره هدایت کننده را کاهش می‌دهد، تا گره‌های دیگر شانس بدست آوردن گره هدایت کننده بسته را به‌دست آورند. الگوریتم ارایه شده با پروتکل‌های VBF، HH-VBF و VBVA مقایسه شده است و نتایج شبیه‌سازی حاکی از آن است که روش پیشنهادی توانسته با تکیه بر تغییر عرض لوله مسیریابی متناسب با تراکم شبکه، مصرف انرژی کمتری را به‌ویژه در شبکه‌های با تعداد گره زیاد و همچنین تحویل بسته‌ی بیشتری را، به‌ویژه در شبکه‌های با تراکم کمتر، نسبت به سایر روش‌ها داشته باشد.

پی‌نوشت‌ها

- 1 Under Water Wireless Sensor Networks
- 2 Angle Of Arrival
- 3 Sender Node
- 4 Forwarder node
- 5 Target node

ادامه در صفحه ۵۳ >>

تخمین و فیلترینگ حالت در سیستم‌های مرتبه کسری تصادفی

سید حامد ترابی
استاد راهنما: دکتر ناصر پریز، دکتر علی کریمپور
دانشگاه فردوسی مشهد

آنالیز ناحیه ظرفیت امن کانال دستیابی چندگانه با و بدون اطلاعات جانبی

امیر منعی
استاد راهنما: دکتر قوشه عابد هدتنی
دانشگاه فردوسی مشهد

در این رساله به ارایه روش‌هایی برای تخمین حالت در سیستم‌های مرتبه کسری تصادفی خطی و غیرخطی گسسته زمان غیرتناسبی در حضور نویزهای گوسی و غیرگوسی پرداخته‌ایم. در ابتدا با بررسی مدل‌های شبیه فضای حالتی خطی و غیرخطی مرتبه کسری، با استفاده از الگوریتم بیزین و روش طراحی کالمن به طراحی هموارساز نقطه ثابت مرتبه کسری اقدام گردیده است. هموارساز کالمن مرتبه کسری طراحی شده با تخمین و هموارسازی حالت‌های سیستم مرتبه کسری، منجر به کاهش کواریانس خطای تخمین شده است. در الگوریتم دوم به ارایه روش جدیدی برای تخمین حالت‌های سیستم‌های غیرخطی مرتبه کسری پرداخته شده است. مزیت اصلی این روش استفاده از روش خطی‌سازی آماری برای خطی‌سازی مدل‌های غیرخطی فضای حالت و همچنین بهره‌گیری از تبدیل عددی مکعبی برای حل انتگرال‌های غیرخطی گوسی می‌باشد. خطی‌سازی آماری بر خلاف روش بسط سری تیلور کوتاه شده که تقریبی محلی پیرامون نقطه کار ارایه می‌دهد دارای تقریبی سراسری^۱ است. فیلتر ارایه شده که فیلتر کالمن خطی سازی آماری مکعبی مرتبه کسری نامیده شده است به خوبی توانسته است حالت‌های سیستم‌های غیرخطی مرتبه کسری را در حضور نویز گوسی تخمین بزند. الگوریتم سوم ارایه شده در این رساله، فیلتر کالمن برای سیستم مرتبه کسری با نویز اندازه‌گیری غیرگوسی با توزیع تی استیودنت^۲ می‌باشد. علت استفاده از توزیع تی، مدلسازی دقیق نویزهای محیطی زمانی که دارای مقادیر پراکندگی و یا مقادیر دورافتاده^۳ زیاد هستند، می‌باشد. مزیت اصلی الگوریتم ارایه شده استفاده از حساب تغییرات و استنباط بیزی و تقریب توزیع تی به دو توزیع گوسی و گاما با استفاده از حداقل سازی معیار کولب-لیبلر در یک حلقه تکراری با تعداد تکرار ثابت می‌باشد. نتیجتاً فیلتر طراحی شده برای سیستم‌های غیرخطی مرتبه کسری همراه با نویز اندازه‌گیری با توزیع تی دارای ساختاری مشابه فیلتر کالمن غیرخطی متداول با توزیع گوسی اما با تغییراتی در ماتریس کواریانس خطای تخمین اندازه‌گیری می‌باشد. سادگی، دقت تخمین و سرعت مناسب تخمین حالت از ویژگیهای اصلی الگوریتم جدید ارایه شده می‌باشد. کلیه فیلترهای حالت طراحی شده، بر روی سیستم‌های مختلف با مدل‌های مرتبه صحیح و همچنین مرتبه کسری از مرتبه‌های مختلف و با نویزهای گوسی و غیرگوسی با واریانس‌های مختلف، پیاده‌سازی و اجرا شده است. نتایج شبیه‌سازی‌ها، حاکی از موفقیت تخمین‌گرهای مرتبه کسری پیشنهاد شده در تخمین و ردیابی دقیق حالت‌های سیستم‌های خطی و غیرخطی مرتبه کسری غیرتناسبی می‌باشد.

کلمات کلیدی

تبدیل مکعبی، خطی‌سازی آماری، توزیع تی استیودنت، سیستم‌های مرتبه کسری خطی و غیرخطی تصادفی، فیلترینگ مقاوم

در این رساله پس از مروری اجمالی بر مفاهیم پایه امنیت نظریه اطلاعاتی و نیز تبیین معیارها و روش‌های تضمین محرمانگی و برخی کارهای اولیه انجام شده در زمینه مخابره امن بر روی کانال‌های تک کاربره و چند کاربره، اول، برای کانال نقطه به نقطه با اطلاعات جانبی بطور اکیدا علی معلوم در فرستنده، با ارائه طرح کدگذاری-کدبرداری بهبود دهنده نرخ امن نسبت به حالت بدون اطلاعات جانبی، ظرفیت امن را برای دسته خاصی از کانال‌ها بدست می‌آوریم. دوم، با معرفی کانال دستیابی چندگانه رادیو شناختی تحت الگوی پوششی برای دو ساختار الفبا گسسته-بی حافظه و الفبا پیوسته گوسی، کران‌های درونی و بیرونی ناحیه ظرفیت-ابهام و ناحیه ظرفیت امن و نیز ناحیه ظرفیت امن مجموع را برای دسته خاصی از کانال‌های گسسته-بی حافظه می‌یابیم. همچنین، برای ساختار گوسی کانال، ناحیه ظرفیت-ابهام و ناحیه ظرفیت امن را برای موقعیت شنودگر جمعی نازل نسبت به گیرنده بدست می‌آوریم. سوم، به منظور مطالعه اثر مثبت اطلاعاتی جانبی در بهبود امنیت کانال دستیابی چندگانه در حضور شنودگر خارجی و اطلاعات جانبی معلوم در یک یا هر دو فرستنده بطور مشترک، کران‌های درونی و بیرونی ناحیه ظرفیت امن را برای دو ساختار الفبا گسسته-بی حافظه و الفبا پیوسته گوسی به همراه ناحیه ظرفیت امن موقعیت مخابراتی خاصی از ساختار گوسی کانال بدست می‌آوریم و نتایج استخراجی را به‌طور عددی ترسیم و نیز سازگاری آنها با نتایج قبلی مربوط به حالت‌های خاص را بررسی می‌کنیم.

کلمات کلیدی:

امنیت نظریه اطلاعاتی، ناحیه ظرفیت امن، کانال شنود دستیابی چندگانه، کانال دستیابی چندگانه رادیو شناختی با پیام محرمانه، اطلاعات جانبی

¹Global approximation

² Student's t

³ Outlier

شناسایی خرابی‌های کلید قدرت گازی به کمک آنالیز داده‌های مقاومت دینامیکی

مریم خدام

استاد راهنما: دکتر جواد ساده

استاد مشاور: دکتر پژمان پورمحمدیان

دانشگاه فردوسی مشهد

همدم قناتیان

استاد راهنما: دکتر سید ابراهیم حسینی

دانشگاه فردوسی مشهد

مدل‌سازی تحلیلی ترانزیستورهای اثر میدانی سیلیسیم بر روی عایق (SOI) برای کاربردهای نانو الکترونیک

در میان ساختارهای MOSFETSOI ترانزیستور SOI MOSFETTrigate به دلیل ساختار سه بعدی آن، کنترل گیت بر روی کانال زیاد و در نتیجه اثرات کانال کوتاه کم است به همین دلیل شرکت اینتل از این ترانزیستور به علت مقدار بالای ION/IOFF، در فن آوری ۲۲nm استفاده کرده است. یکی از روش‌هایی که منجر به داشتن در کیمیک ترنسبته عملکرد ترانزیستورهای شود، مدل‌های تحلیلی است. مدل تحلیلی علاوه بر اینکه قابلیت پیش‌بینی رفتار ترانزیستور را دارد به علت سادگی معادلات زمان شبیه‌سازی کمتر بنسبت بهره‌روشی‌ها عددی دارد. بنابراین روش‌های لیلیدر نرم افزارها شبیه‌سازی مدار به‌طور وسیع‌تر استفاده قرار می‌گیرد. برای به‌دست آوردن مدل تحلیلی ترانزیستور Trigate SOI MOSFET به دلیل ساختار نامتقارن و سه بعدی آن نیاز به تقریب‌های بسیاری در مقایسه با ساختارهای متقارن است. در این پایان‌نامه برای به‌دست آوردن مدل تحلیلی پتانسیل ترانزیستور TrigateSOI MOSFET، تابع پتانسیل سهموی فرضی با ضرایب مجهول در راستای دو گیت جانبی و همچنین در راستای ضخامت کانال در نظر گرفته شده است. با استفاده از شرایط مرزی مناسب ضرایب تابع سهموی در راستای دو گیت جانبی که تابعی از متغیر x و z است و ضرایب تابع سهموی در راستای ضخامت کانال که تابعی بر اساس متغیر x است، به‌دست می‌آید. از آنجا که کانال بدون آرایش است اثر حامل‌ها در معادله درجه دوم به‌صورت رابطه نمایی ظاهر می‌شود. برای حل معادله غیر خطی، از دو جمله اول بسط تیلور رابطه نمایی استفاده می‌شود. این تقریب باعث می‌شود که جواب به‌دست آمده تنها در زیر آستانه صحت داشته باشد. با استفاده از مفهوم کاتد مجازی، مسیر هدایت و مشتق‌گیری از معادله پتانسیل تحلیلی سه بعدی کانال بر اساس ولتاژ گیت - سورس، رابطه تحلیلی شیب زیر آستانه به‌دست می‌آید. نتایج به‌دست آمده از مدل تحلیلی با نتایج حاصل از شبیه‌سازی با یکدیگر مقایسه و مشاهده می‌شود که مدل تحلیلی شیب زیر آستانه از دقت قابل قبولی برخوردار است.

کلمات کلیدی:

ترانزیستور Trigate SOI MOSFET، شیب زیر آستانه، کاتد مجازی، مدل تحلیلی، معادله پواسن سه بعدی

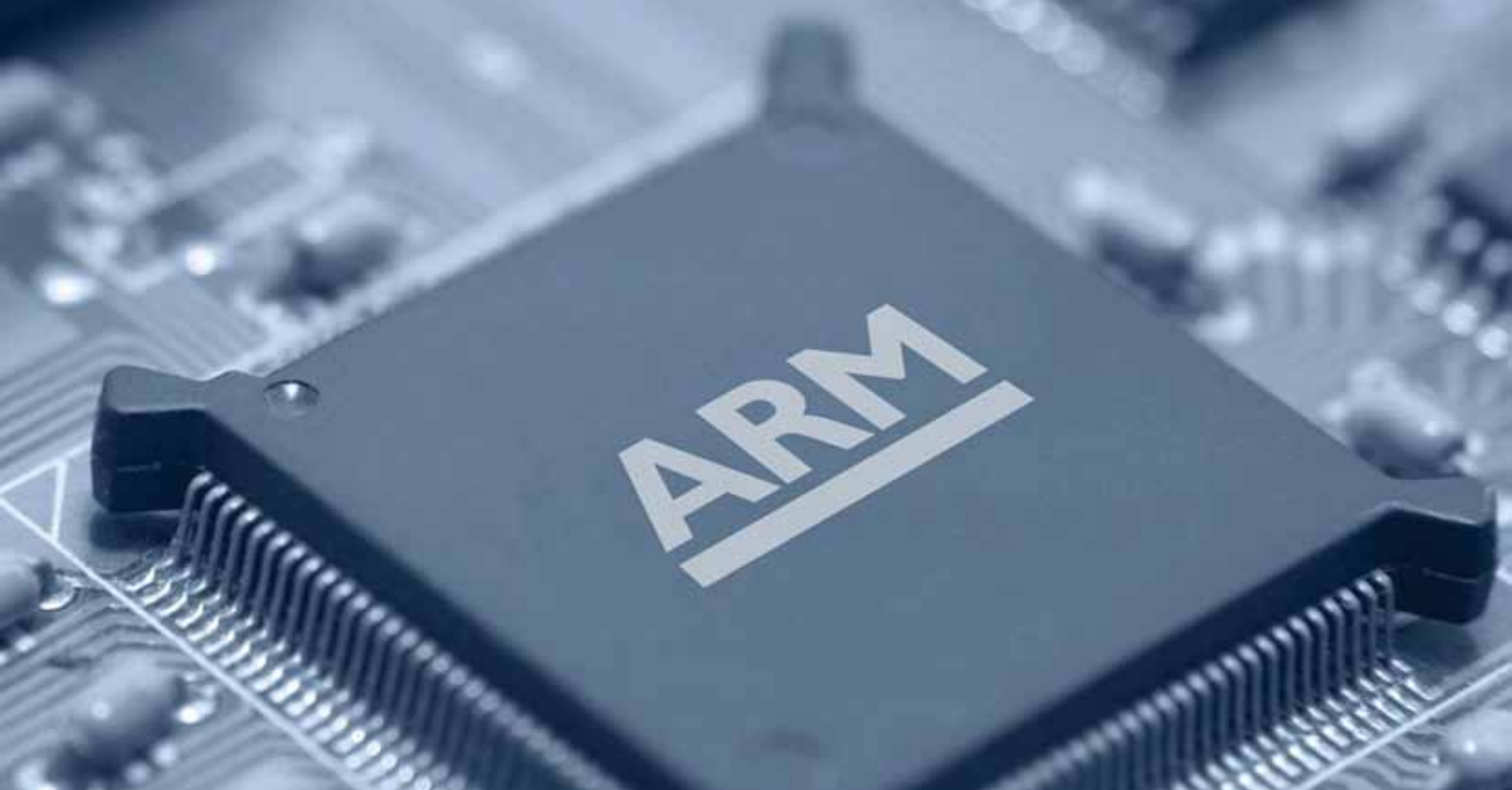
کلیدهای قدرت از مهم‌ترین تجهیزات شبکه قدرت هستند و عملکرد مناسب و مطمئن آنها تأثیر مستقیمی بر قابلیت اطمینان سیستم قدرت، افزایش پایداری شبکه، افزایش کیفیت توان و رضایت مشترکین خواهد داشت. عملکرد کلیدهای قدرت تحت جریان‌های اتصال کوتاه، همراه با شکل‌گیری قوس با دمای بسیار بالا بوده که منجر به خرابی تدریجی کنتاکت‌های آن می‌گردد. یکی از روش‌های در حال توسعه جهت ارزیابی وضعیت کنتاکت‌های کلید بدون نیاز به باز کردن آن، تست مقاومت دینامیکی است.

در این پژوهش، یک نمونه کنتاکت الکتریکی سالم به همراه سه نمونه کنتاکت الکتریکی معیوب (کنتاکت دارای خال‌جوش، کنتاکت فرسایش یافته و کنتاکت دارای انحراف محور) تحت آزمایش مقاومت دینامیکی قرار می‌گیرند. در گام نخست با به کارگیری تکنیک تحلیل مولفه‌ی اصلی و شبکه عصبی RBF، به بررسی قابلیت سیگنال مقاومت دینامیکی در تشخیص وضعیت کنتاکت الکتریکی پرداخته می‌شود. سپس با بررسی شکل موج‌های مختلف سیگنال مقاومت دینامیکی تحت شرایط مختلف خرابی و مقایسه‌ی آن با سیگنال مرجع به‌دست آمده از نمونه‌ی سالم، ویژگی‌هایی از آن استخراج می‌گردند که می‌توانند در تشخیص نوع خرابی کنتاکت الکتریکی موثر واقع شوند. به کمک بررسی رنج تغییرات این ویژگی‌ها در شرایط سالم و نیز هر یک از حالات خرابی کنتاکت الکتریکی و به کارگیری منطق فازی، الگوریتمی جهت آشکارسازی وضعیت آن ارائه می‌گردد. علاوه بر این، مطالعه‌ی میزان تغییرات این ویژگی‌ها در شرایط مختلف خرابی، منجر به دستیابی به الگوریتم دقیق دیگری در جهت شناسایی خرابی احتمالی کنتاکت الکتریکی می‌گردد. این الگوریتم قادر است بدون استفاده از شبکه‌های هوشمند، و تنها با شناسایی پارامترهای درگیر در هر نوع خرابی، وضعیت دقیق کنتاکت را به‌دست دهد.

در ادامه‌ی این پژوهش، میزان آسیب وارد شده به کنتاکت الکتریکی مشخص شده و وضعیت آن در یکی از سه گروه سالم، نسبتاً خوب (هشدار) و پرخطر، دسته‌بندی می‌گردد. به این منظور از تکنیک وزن‌دهی و امتیازدهی به ویژگی‌ها استفاده می‌شود. با مشخص شدن وضعیت کنتاکت، برنامه ریزی تعمیر و نگهداری آن با دقت بسیار بالاتری انجام خواهد گرفت.

کلمات کلیدی:

اندازه‌گیری مقاومت دینامیکی، روش‌های تشخیص خرابی، کنتاکت الکتریکی، کلید قدرت، ارزیابی وضعیت



حذف بازتاب در سیستم صوتی سخنرانی و امکان‌سنجی پیاده‌سازی آن با استفاده از میکروکنترلر ARM

همواره بخشی از صدای پخش شده از بلندگو از طریق مسیر مستقیم هوا و نیز از طریق انعکاس با سقف و دیوارها با تاخیرهای مختلف به میکروفن وارد می‌شود. شکل (۱) این موضوع را نشان می‌دهد. در نتیجه، سیگنالی که توسط میکروفن دریافت می‌شود شامل صدای سخنران و نیز تاخیر یافته‌های آن در لحظات قبل است. این پدیده باعث کاهش کیفیت صدا در سیستم صوتی می‌گردد. حذف بازتاب‌های صوتی را AEC (Acoustic Echo Cancellation) می‌نامند. یکی از روش‌های حذف بازتاب‌های صوتی از سیگنال اصلی استفاده از فیلتر وفقی است [۱].

اکثر مقالاتی که به مبحث AEC پرداخته‌اند، حذف بازتاب‌های صوتی در سیستم صوتی تلفن همراه و تلفن‌های VOIP را مورد بحث قرار داده‌اند. معروف‌ترین الگوریتم‌های جست‌وجو مورد استفاده در فیلترهای وفقی از خانواده LMS و مشتقات آن مانند NLMS [۲] و [۳]، APA (Affine Projection Algorithm) [۴] و [۵] هستند. گونه‌های بهبود یافته و سریع‌تر نیز مانند الگوریتم SVSSAPA (Variable Step Size APA) طراحی شده‌اند [۶] الی [۹]. سیستمی که از لحاظ توپولوژی شباهت بیشتری به سیستم صوتی سخنرانی داشته باشد سیستم صوتی سمعک است. هر چند که در سمعک هدف اصلی حذف فیدبک مثبت صوتی است لیکن اجزای اصلی آن به غیر از محیط انعکاس‌دهنده با سیستم صوتی سخنرانی شباهت دارد [۱۰] و [۱۱].

تعداد بسیار محدودی از مقالات به کاربرد فیلتر وفقی در سیستم صوتی سخنرانی پرداخته‌اند [۱۲] و [۱۳]. در [۱۲] یک سیستم صوتی سخنرانی با یک بلندگو به همراه فیلتر وفقی پیاده‌سازی شده بر روی پردازنده DSP موضوع تحقیق برای AEC بوده است. در پایان‌نامه کارشناسی ارشد [۱۳] به کمک یک رایانه با پردازنده پنتیوم ۴ و سیستم‌عامل لینوکس و درایور سریع برای کارت صوت یک سخت

← امیرهادی پوریامانش / دانشجوی کارشناسی ارشد الکترونیک / دانشگاه صنعتی سجاد
amir.pouriamanesh@yahoo.com

← امیرمسعود امینیان مدرس / استادیار دانشکده مهندسی برق / دانشگاه صنعتی سجاد
am_aminian@sadjad.ac.ir

چکیده

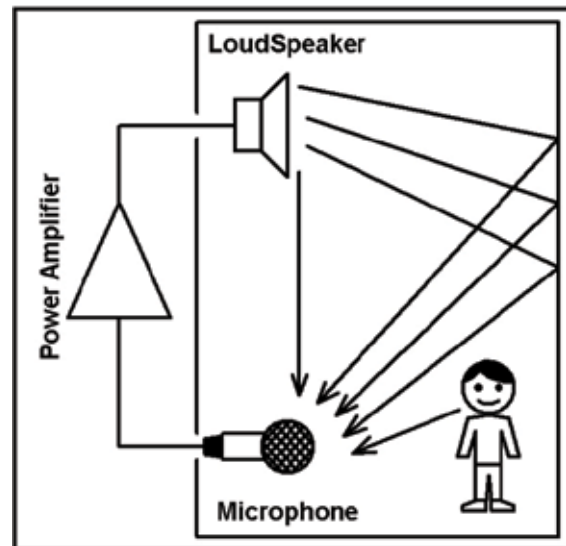
در این پژوهش به روش شبیه‌سازی، فیلتر وفقی برای حذف بازتاب در سیستم صوتی سخنرانی مورد استفاده قرار گرفته است. ابتدا مدل آکوستیکی یک اتاق واقعی با آزمایش عملی بدست آمده است. تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد استفاده در این آزمایش‌ها معرفی و مشخصات ویژه‌ی آنها بیان شده است. سپس مشخصات فنی میکروکنترلر ARM مدل Cortex M4 معرفی شده است. محدودیتهای عملی این میکروکنترلر شامل نرخ نمونه‌برداری و تعداد عملیات ریاضی و منطقی لازم، جهت پیاده‌سازی فیلتر وفقی و الگوریتم NLMS محاسبه و امکان‌پذیری پیاده‌سازی فیلتر وفقی با الگوریتم NLMS روی میکروکنترلر بررسی شده است. مدل عملی بدست آمده با استفاده از تست‌های آکوستیکی، مبنای شبیه‌سازی الگوریتم فیلتر وفقی و رفتار آکوستیکی اتاق با نرم افزار متلب قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی نشان‌دهنده بهبود بیشینه ۲۶/۱ دسیبل برای نسبت سیگنال به تداخل می‌باشد. این نتایج تاییدی برای امکان پیاده‌سازی الگوریتم بر روی میکروکنترلر ARM است که در فازهای آتی این پژوهش اجرایی خواهد شد.

کلمات کلیدی: پیاده‌سازی سخت‌افزاری، حذف بازتاب صوتی، سیستم صوتی سخنرانی، فیلتر وفقی

۱-مقدمه

در یک سیستم صوتی سخنرانی شامل میکروفن، آمپلی فایر و بلندگو،

افزار قدرتمند برای پیاده‌سازی فیلتر وقتی برای حذف بازتاب‌های صوتی در یک سیستم صوتی سخنرانی فراهم شده است.



شکل ۱: پدیده بازتاب در سیستم صوتی سخنرانی

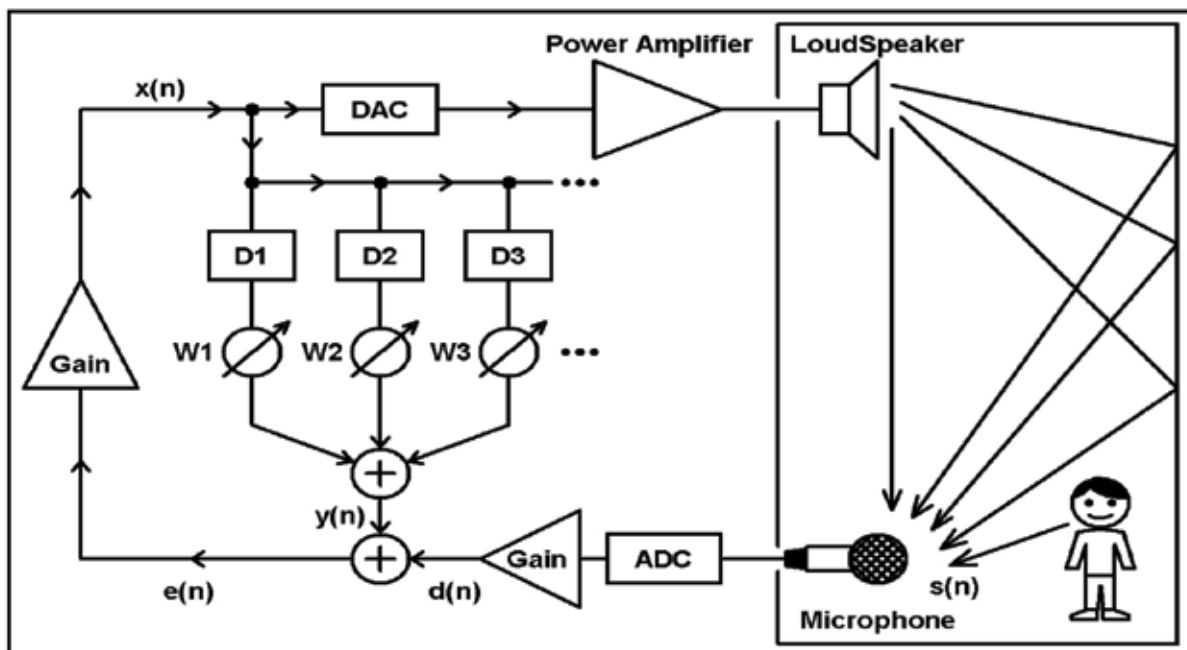
در این پژوهش هدف حذف بازتاب در سیستم صوتی سخنرانی است. برای این منظور ابتدا مدل آکوستیکی یک اتاق واقعی را با استفاده از آزمایش عملی بدست آوردیم. سخت افزارهایی که برای بدست آوردن مدل آکوستیکی اتاق مورد استفاده قرار گرفته‌اند همراه با عکس و اطلاعات فنی در متن مقاله و در بخش مراجع معرفی شده‌اند. سپس مشخصات و قابلیت‌های میکروکنترلر ARM سری Cortex M4 را مورد مطالعه قرار دادیم و پیاده‌سازی سیستم حذف بازتاب صوتی بر روی آن را بررسی نمودیم. در نهایت برنامه‌ای برای شبیه‌سازی اتاق، سیستم صوتی سخنرانی و فیلتر وقتی توسط نرم‌افزار matlab نوشتیم و در آن مدل تجربی اتاق و محدودیت‌های مربوط به میکروکنترلر را

اعمال نمودیم. با محاسبه میزان SIR در قبل و بعد از فیلتر وقتی، میزان بهبود SIR را برای این سیستم بدست آوردیم. نتایج این شبیه سازی تاییدی برای امکان پیاده‌سازی عملی این الگوریتم بر روی میکرو کنترلر ARM مدل Cortex M4 است که در فاز بعدی این پژوهش اجرایی خواهد گردید.

۲- مدل سیستم

شکل ۲ اجزای سیستم صوتی همراه با فیلتر وقتی برای حذف بازتاب‌های صوتی را نشان می‌دهد. این سیستم شامل اتاق، بلندگو، میکروفن، فیلتر وقتی و تقویت کننده صوتی است. این سیگنال صحبت سخنران با $s(n)$ نشان داده شده است. این سیگنال توسط میکروفن دریافت می‌شود. در خروجی میکروفن سیگنال الکتریکی متناسب با $s(n)$ تولید می‌گردد. این سیگنال توسط مبدل آنالوگ به دیجیتال به سیگنال دیجیتال تبدیل می‌گردد. نام این سیگنال را $d(n)$ می‌گذاریم. در فیلتر وقتی در آرایش مدلینگ، $d(n)$ نماد سیگنال مطلوب است. به این مفهوم که خروجی فیلتر وقتی سعی دارد سیگنالی مشابه این سیگنال تولید کند. بعد از این مرحله یک بلوک تفاضل قرار دارد. در این مرحله سیگنال خروجی فیلتر وقتی یعنی $y(n)$ از سیگنال $d(n)$ کم شده و سیگنال خطا یعنی $e(n)$ را تولید می‌کند. ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که در این سیستم فیلتر وقتی سعی در تولید سیگنال‌های بازتاب شده در اتاق را دارد و با حذف این سیگنال‌ها از سیگنال $d(n)$ سیگنال صدای سخنران یعنی $e(n)$ که در حالت ایده آل کاملاً مساوی با $s(n)$ است تولید خواهد شد. در چنین حالتی می‌توان گفت که فیلتر وقتی کاملاً درست عمل نموده است. سیگنال $e(n)$ پس از یک مرحله تقویت به ورودی فیلتر وقتی وارد می‌شود که ما نام آن را در این مرحله $x(n)$ می‌گذاریم.

ورودی‌های فیلتر وقتی سیگنال‌های تاخیر یافته‌ی $x(n)$ هستند. بلوک‌های D_1 ، D_2 ، D_3 و... جهت تولید سیگنال‌های تاخیر یافته‌ی $x(n)$ بکار گرفته شده‌اند. بلوک‌های W_1 ، W_2 ، W_3 و... ضرایب فیلتر



شکل ۲: اجزای سیستم با فیلتر وقتی

کانال های خود با نرخ ۱۹۲ هزار نمونه بر ثانیه نمونه برداری کند. رزولوشن هر نمونه می تواند تا ۳۲ بیت نیز باشد. تصاویر مربوط به این کارت صوت در شکل ۳ آمده است.



شکل ۳: کارت صوت مورد استفاده در این پژوهش، بالا: ورودی های کارت صوت، پایین: تصویر کارت صوت مجهز به چیپست ALC888S روی مادربرد



شکل ۴: میکسر صوتی مدل WF-4G مورد استفاده در این پژوهش

میکسر صوتی مورد استفاده در این پروژه مدل WF-4G محصول شرکت EAROE ساخت کشور چین می باشد. این میکسر دارای دو کانال ورودی میکروفن دینامیکی با سیستم تقویت کننده ی تفاضلی در طبقه ی اول جهت حذف نویزهای مد مشترک از سیگنال دریافتی از میکروفن و افزایش نسبت سیگنال به نویز می باشد. هر کانال از این میکسر مجهز به مدار تنظیم تن صدا شامل پیچ تنظیم باس (صدا های بم) و پیچ تنظیم تریبل (صدا های زیر) است. این میکسر قابلیت افکت گذاری بر روی صدا را نیز دارد. افکت های تکرار و طنین را میتوان توسط این میکسر بر روی هر کدام از سیگنال ورودی های مربوط به میکروفن اعمال کرد. این دستگاه همچنین قابلیت پخش فایل های صوتی با فرمت MP3 و WAV را از حافظه ی فلش مموری دارد. سیگنال صوت مربوط به کانال های میکروفن را می توان با سیگنال فایل های صوتی ترکیب نموده و در خروجی اعمال نمود. تقویت سیگنال میکس شده ی نهایی در خروجی این میکسر توسط یک ولیم قابل تنظیم است. شکل ۴ تصویر این میکسر را نشان می دهد.

میکروفن مورد استفاده در این پژوهش از نوع دینامیکی مدل F&M محصول شرکت Empire ساخت کشور چین است. هسته ی این میکروفن دارای سیم پیچی با امپدانس ۶۰۰ اهم می باشد. سیگنال

وقفی هستند. سیگنال خروجی فیلتر وقفی یعنی $y(n)$ از رابطه زیر بدست می آید:

$$y(n) = \sum_{i=1}^N w_i(n)x_i(n - D_i)$$

که در آن N تعداد ضرایب فیلتر وقفی است. سیگنال $x(n)$ همزمان به دو بخش وارد می شود. یکی ورودی بلوک های تاخیر که در بالا توضیح داده شد و دیگری به ورودی مبدل دیجیتال به آنالوگ، که پس از عبور از این بلوک به سیگنال آنالوگ تبدیل می گردد. سیگنال آنالوگ تولید شده در این قسمت به ورودی تقویت کننده قدرت وصل می شود. تقویت کننده قدرت این سیگنال ضعیف را تقویت نموده و توسط بلندگو پخش می کند. صدایی که توسط بلندگو پخش می شود هم از مسیر مستقیم هوا و هم از طریق انعکاس با سقف و دیوارها با تاخیرها و دامنه های مختلفی به میکروفن می رسد. در محل میکروفن این اصوات با صدای سخنران ترکیب شده و وارد میکروفن می شوند. لذا صدایی که میکروفن دریافت می کند ترکیبی از صدای سخنران در همین لحظه و تاخیر یافته های صدای او در لحظات پیشین است.

الگوریتم هایی که برای جست و جوی ضرایب فیلتر وقفی بکار می روند تلاش می کنند که ضرایب فیلتر وقفی را به گونه ای تنظیم کنند تا سیگنالی که در خروجی فیلتر وقفی تولید می شود بتواند رفتار آکوستیکی اتاق را شبیه سازی نماید. هنگامی که سیگنال خروجی فیلتر وقفی از سیگنال دریافتی از میکروفن کسر گردد باعث حذف سیگنال های انعکاسی و در نتیجه تولید سیگنال تمیز $e(n)$ یعنی سیگنالی شبیه به سیگنال صدای سخنران می گردد.

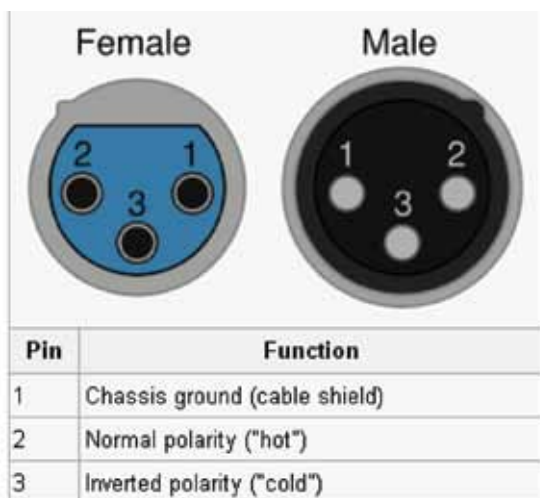
۳- طرح پیشنهادی

۳-۱- بررسی عملی رفتار آکوستیکی اتاق

در این بخش با انجام یک سری آزمایش سعی کردیم یک مدل عملی و تقریبی برای رفتار آکوستیکی یک اتاق واقعی پیدا کنیم. ایده اصلی به این صورت بود که یک سری اصوات تک فرکانس (امواج سینوسی با فرکانس ثابت) در محدوده شنوایی انسان به شکل پالسی توسط یک بلندگوی با کیفیت پخش کنیم و با دریافت و ذخیره سازی و تحلیل این امواج و مقایسه ی آن با اصل شکل موج ارسالی بتوانیم مدلی برای رفتار آکوستیکی اتاق پیدا کنیم. برای این منظور به یکسری تجهیزات نیاز داشتیم که مهمترین آنها به این شرح اند: یک دستگاه پخش کننده فایل های صوتی، یک دستگاه امپلی فایر صوتی، یک بلندگو، یک میکروفن به همراه پایه نگهدارنده، یک پیش تقویت کننده صوتی، یک کامپیوتر مجهز به کارت صوت با ورودی استریو. نکته مهم در انتخاب این تجهیزات با کیفیت بودن و در اصطلاح سیستم های صوتی HiFi (مخفف High Fidelity) بودن این تجهیزات است. تجهیزاتی که برای این آزمایش انتخاب شدند همگی دارای این مشخصه بودند.

کارت صوت مورد استفاده در این پروژه به صورت onBoard در لپتاپ acer مدل Aspire5738Z مونتاژ شده است. این کارت صوت محصول شرکت Realtech بوده و از چیپست حرفه ای و قدرتمندی به نام ALC888S استفاده می کند. این کارت صوت دارای ۳ کانال استریو است که هر کانال می تواند به صورت ورودی یا خروجی Line و یا خروجی headphone پیگیره بندی شود. یکی از ورودی ها که جک آن با رنگ صورتی مشخص شده است قابلیت بایاس و تقویت میکروفن های خازنی را نیز دارد. این کارت صوت می تواند به طور همزمان از تمامی

کلیدزنی در این تقویت کننده نزدیک به یک مگاهرتز است لیکن میزان تداخل های الکترومغناطیسی (EMI) در اثر استفاده از این تقویت کننده بسیار ناچیز است و علت آن علاوه بر کیفیت مطلوب قطعات روی برد (مخصوصا فیلتر های LC خروجی)، بهره گیری از تکنیک های موثر بکاررفته در طراحی آی سی میباشد. شکل ۷ تصویر ماژول تقویت کننده قدرت مبتنی بر آیسی TPA3116 را نشان می دهد. اطلاعات کامل این آی سی در [۱۴] ارایه شده است.



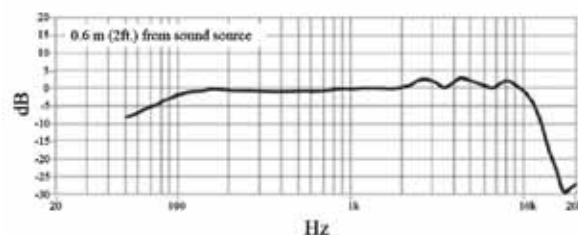
شکل ۶: نامگذاری پین های کانکتور XLR نری و مادگی



شکل ۷: ماژول تقویت کننده قدرت صوتی مبتنی بر آی سی TPA3116

بلندگوی مورد استفاده در این پژوهش به صورت یک باند با جعبه چوبی است. این باند متعلق به یک سیستم پخش صوت HiFi محصول شرکت Gasonic است. این باند دارای یک بلندگوی ووفر با قطر ۱۲ سانتی متر برای پخش اصوات با فرکانس ۲۰ تا ۲ کیلوهرتز و یک بلندگوی تویپر با قطر ۴ سانتی متر برای پخش اصوات با فرکانس ۲ تا ۲۰ کیلوهرتز است. پهنای باند ۳ دسیبل این جعبه بلندگو ۵۰ هرتز تا ۱۸ کیلوهرتز، امپدانس آن ۴ اهم و توان آن ۲۰ وات می باشد که توسط آمپلی فایر مورد استفاده در این پژوهش به راحتی راه اندازی می شود. در این پژوهش برای این که رفتار بلندگو خطی و فاقد اعوجاج باشد سعی می شود که حداکثر از نصف ظرفیت توان بلندگو استفاده شود لذا باید توجه داشت که سیگنال خروجی

خروجی این میکروفن به صورت تفاضلی بر روی کانکتور XLR و به صورت سه سیمه (سیگنال+، سیگنال- و زمین) و از طریق یک کابل شیلددار با دو سیم به هم تنیده (برای انتقال سیگنال+ و سیگنال-) و شیلد برای اتصال زمین به میکسر منتقل می شود. در شکل ۵ تصویر میکروفن به همراه نمودار پاسخ فرکانسی آن نشان داده شده است. نمودار نشان میدهد که پاسخ فرکانسی میکروفن در محدوده ۱۰۰ هرتز تا ۲ کیلو هرتز کاملا یکنواخت و در محدوده ۲ تا ۱۰ کیلوهرتز تقریبا یکنواخت است. تقریبا برای اکثر میکروفن های دینامیکی با کیفیت ساخت مرغوب، پاسخ فرکانسی به همین صورت است.



شکل ۵: میکروفن مورد استفاده در این پژوهش. بالا: میکروفن روی پایه نگهدارنده، پایین: نمودار پاسخ فرکانسی میکروفن

شکل ۶ ترتیب پایه های کانکتورهای نری و مادگی از نوع XLR را که برای انتقال سیگنال میکروفن به شکل تفاضلی است، نشان می دهد. استفاده از این نوع کانکتور و کابل شیلددار با دو رشته به هم تنیده در وسط، روش بسیار کارآمدی برای انتقال سیگنال ضعیف میکروفن در فواصل طولانی با کمترین تأثیرپذیری از نویزهای محیطی است. امپلیفایر مورد استفاده در این پژوهش شامل یک ماژول امپلیفایر کلاس D استریو با توان 50W+50W است که در اینجا تنها از یک کانال آن استفاده شده است. منبع تغذیه ی این امپلی فایر یک پاور سویچینگ ۲۴ ولت ۳ امپر است. ماژول امپلی فایر مبتنی بر آی سی تقویت کننده قدرت کلاس D به شماره TPA3116 محصول شرکت TexasInstruments است. این آی سی از جدیدترین تکنولوژی ها در ساخت مدار مجتمع و از بهترین طرح ها برای پیاده سازی یک تقویت کننده قدرت کلاس D بهره می برد. پهنای باند این تقویت کننده ۲۰ هرتز تا ۱۰۰ کیلو هرتز است و اعوجاج هارمونیک (THD) در آن کمتر از ۰٫۱ درصد است. این تقویت کننده علی رغم قدرت و توان زیادی که در خروجی خود ارایه می دهد به هیت سینک بسیار کوچکی احتیاج دارد. علت آن راندمان بسیار بالا (حدود ۹۲ درصد) و نیز عملکرد در کلاس D می باشد. علی رغم این که فرکانس

آمپلی فایر از ۱۰ وات بیشتر نشود. تصویر این باند در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸: جعبه بلندگو Gasonic با توان ۲۰ وات و کیفیت HiFi

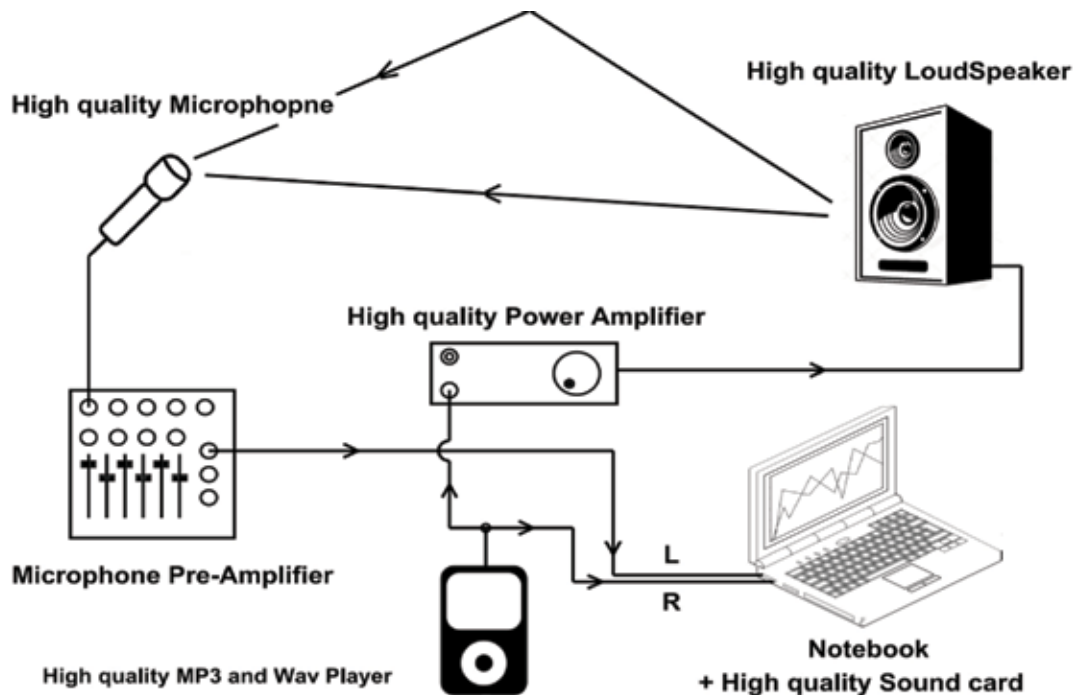
روی انواع فایل‌های صوتی انجام داد. یک فایل جدید از طرق منوی فایل به راحتی ایجاد می‌گردد. نرخ نمونه برداری و رزولوشن نمونه‌ها را به سادگی می‌توان برای این فایل جدید تنظیم کرد. حداکثر زمان ضبط صدا به حجم باقیمانده در درایوی که فایل را در آن ذخیره می‌کنیم بستگی دارد. فرکانس نمونه‌برداری و رزولوشن نمونه‌ها توسط قابلیت‌های کارت صوت محدود می‌گردد. شکل ۱۳ تنظیمات مربوط به انتخاب نرخ نمونه‌برداری و رزولوشن نمونه‌ها را در نرم‌افزار CoolEdit v2.1 نشان می‌دهد. در شکل ۱۴ تنظیمات مربوط به تولید یک شکل موج جدید با دامنه، زمان، فرکانس اصلی و فرکانس سیگنال مدوله کننده را نشان می‌دهد.

برای انجام تست آکوستیکی اتاق توسط این نرم افزار در هر مرحله یک موج سینوسی تک فرکانس به شکل متقطع تولید شد. به این مفهوم که ۲ ثانیه موج سینوسی سپس ۲ ثانیه سکوت و به همین شکل تا آخر. شکل یک سری فایل صوتی با پسوند WAV با فرکانس‌های مختلف برای موج سینوسی به همین شکل تولید شد. این فایل‌های صوتی را به دستگاه پخش کننده فایل صوتی وارد نمودیم. هنگام پخش این اصوات به شکل یکسان بر روی کانال راست و چپ خروجی صوتی این دستگاه ایجاد می‌شوند. خروجی کانال راست این پخش کننده را به ورودی تقویت کننده صوتی و خروجی کانال چپ را به ورودی کانال چپ کارت صوت وصل کردیم. خروجی پیش تقویت کننده صوتی هم که صدای دریافتی از میکروفون را تقویت می‌کند به ورودی کانال راست کارت صوت وصل کردیم.

با پخش کردن فایل صوتی توسط دستگاه پخش کننده مسیر سیگنال‌ها به این صورت خواهد بود: سیگنال صوتی به آمپلی‌فایر قدرت وارد شده و پس از تقویت تا حدود ۱۰ وات به بلندگو وارد می‌شود. بلندگو سیگنال‌های الکتریکی را به امواج صوتی تبدیل کرده و در فضای اتاق پخش می‌کند. میکروفن که در فاصله ۲۸۰ سانتی متری از بلندگو قرار گرفته است امواج صوتی را که هم از طریق

شکل (۹) چیدمان اجزای سیستم تست آکوستیکی اتاق و نحوه برقراری ارتباط بین آنها را نشان می‌دهد. شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نشان دهنده ی تصاویری از تست های عملی برای یافتن مدل آکوستیکی اتاق می باشند.

برای انجام این آزمایش به یک سری شکل موج‌های خاص احتیاج داشتیم که برای تولید آنها از نرم‌افزار CoolEdit استفاده کردیم. CoolEdit نرم‌افزاری است قدرتمند که برای ضبط، پخش، ویرایش و افکت گذاری بر روی صدا استفاده می‌شود. در شکل ۱۲ بخش‌های مختلف پنل کاربری نرم‌افزار CoolEdit معرفی شده‌اند. توسط این نرم افزار می‌توان انواع تکنیک‌های میکس و مونتاژ و افکت گذاری را



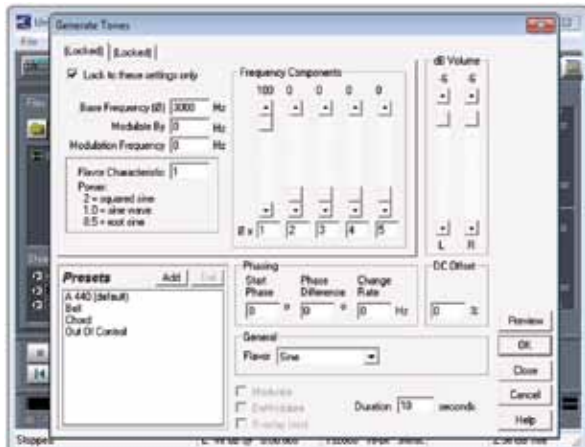
شکل ۹: اجزای سیستم تست آکوستیکی اتاق

مسیر مستقیم هوا و هم از طریق انعکاس با سقف و دیوارها به محل میکروفن رسیده‌اند. دریافت نموده و آنها را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند.



شکل ۱۰: تصویری از نخستین تست های آکوستیکی اتاق

ولت تقویت شده و به ورودی کانال راست کارت صوت اعمال می‌کند. کارت صوت توسط نرم افزار CoolEdit سیگنال‌های دریافتی از کانال راست و چپ را به سیگنال دیجیتال تبدیل نموده و آن را به صورت یک فایل استریو ذخیره می‌کند. این آزمایش در طی تنها ۱۰ ثانیه انجام گرفته و به پایان می‌رسد. نحوه اتصال تجهیزات در شکل ۹ رسم شده است.



شکل ۱۴: تنظیمات بخش تولید یک شکل موج دلخواه شامل دامنه، فرکانس، تعداد و نوع هارمونیک هادر نرم افزار CoolEdit



شکل ۱۵: سیگنال دریافتی از کارت صوت در فرکانس ۳ کیلو هرتز



شکل ۱۱: تصویر دیگری از تست های آکوستیکی اتاق

هنگامی که فایل صوتی ضبط شده توسط نرم‌افزار CoolEdit را بررسی کنیم اطلاعات مفیدی می‌توانیم از آن استخراج کنیم. شکل ۱۵ یک نمونه از سیگنال‌های ضبط شده را نشان می‌دهد. در این آزمایش فرکانس موج سینوسی ۳ کیلوهرتز انتخاب شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است بین لحظه صفر شدن سیگنال کانال چپ و سیگنال کانال راست یک فاصله زمانی وجود دارد. این فاصله زمانی مربوط به مدت زمانی است که طول می‌کشد صدا از بلندگو از مسیر مستقیم هوا به میکروفن برسد. در این آزمایش این زمان حدود ۸ میلی‌ثانیه است که با توجه به فاصله ۲۸۰ سانتی‌متری میکروفن از بلندگو و با فرض سرعت صوت در اتاق مساوی ۳۳۰ متر بر ثانیه این میزان تاخیر کاملاً منطقی است. نکته جالب دیگر دریافت سیگنال‌هایی با همان فرکانس و شکل موج توسط میکروفن پس از قطع سیگنال اصلی است. این سیگنال‌ها در واقع انعکاس‌های سیگنال اصلی هستند که مسیرهای طولانی‌تری را طی نموده و با تاخیر و البته تضعیف بیشتری به میکروفن رسیده‌اند. با اندازه‌گیری مدت زمان تاخیر و با فرض سرعت صوت مساوی ۳۳۰ متر بر ثانیه می‌توان مسافتی را که این امواج طی کرده‌اند را نیز بدست آورد. در این آزمایش ۴ دامنه قابل توجه برای سیگنال‌های منعکس شده مشاهده می‌شود لذا می‌توان نتیجه گرفت که در این اتاق و به ازای همین شرایط و موقعیت مکانی برای میکروفن و بلندگو، صدا علاوه



شکل ۱۳: تنظیمات ایجاد فایل جدید شامل فرکانس نمونه برداری و رزولوشن نمونه هادر نرم افزار CoolEdit

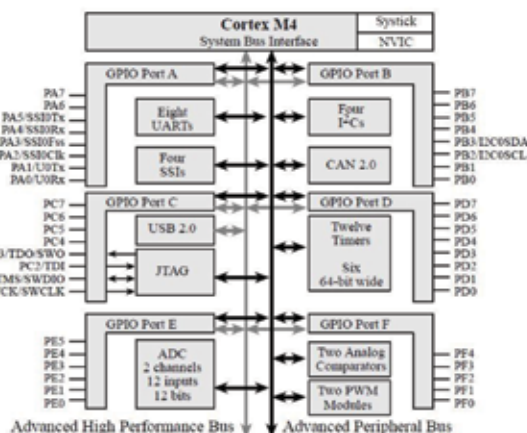
سیگنال خروجی میکروفن توسط پیش تقویت کننده تا حدود یک



شکل ۱۲: معرفی بخش های مختلف پنل کاربری نرم افزار CoolEdit V2.1

DAC با ریزولوشن ۱۲ بیت و نرخ تبدیل ۲ میلیون نمونه در ثانیه از دیگر امکانات این میکروکنترلر است. اطلاعات کامل این میکروکنترلر در [۱۵] ارایه شده است. شکل ۱۶ طرح بلوک دیاگرام داخل این میکروکنترلر را نشان می دهد. در این میکروکنترلر ساختار پایه ها به صورت مولتی پلکس است و به هر پایه می توان نقش های مختلفی داد که این نقش به هنگام برنامه ریزی میکرو تعیین می شود.

میکرو کنترلر ARM مدل Cortex M4 توسط کمپانی های مختلفی تولید می شود. اما مدلی که مد نظر ما است محصول شرکت ST می باشد. شرکت ST برای استفاده سریع و آسان از این میکروکنترلر برد Discovery را تولید کرده است که شامل میکروکنترلر STM32F407VGT6 و سخت افزارهای جانبی از جمله آنکدر و دیگر صوتی با رابط I2S، پورت micro USB برای عملکرد به عنوان Host و یک میکروکنترلر مخصوص و از قبل برنامه ریزی شده برای ارتباط با کامپیوتر از طریق رابط USB و برنامه ریزی میکروکنترلر اصلی از طریق همین رابط است. شکل ۱۷ تصویر این برد را نشان می دهد. اطلاعات کامل این برد در [۱۶] آمده است.



شکل ۱۶: طرح بلوک دیاگرام داخل میکروکنترلر ARM مدل Cortex M4

بر مسیر مستقیم هوا از طریق ۴ انعکاس با تاخیرهای مختلف به میکروفن می رسد. دامنه سیگنال های انعکاسی به ترتیب ۰/۲۲، ۰/۱۱، ۰/۱۶ و ۰/۱۳ دامنه سیگنال اصلی می باشند. تاخیرهای آنها نیز به ترتیب ۱۴ میلی ثانیه، ۲۰ میلی ثانیه، ۲۷ میلی ثانیه و ۴۶ میلی ثانیه می باشند. با استفاده از نتایج تست می توان مدلی تقریبی برای رفتار آکوستیکی این اتاق به شکل زیر ارایه داد:

$$g(t) = 0.2 s(t - 0.014) + 0.1 s(t - 0.020) + 0.6 s(t - 0.027) + 0.3 s(t - 0.046) \quad (4)$$

با استفاده از نتیجه این آزمایش می توان یک مدل تجربی و تقریبی برای اتاق به شکل کلی به صورت زیر ارایه داد:

$$g(t) = a(t - D1) + b(t - D2) + c(t - D3) + \dots \quad (5)$$

که در آن a، b، c و... دامنه سیگنال دریافتی و D1، D2، D3 و... میزان تاخیر سیگنالهای دریافتی است.

۳-۲- بررسی میکرو کنترلر ARM- Cortex M4

در این مقاله هدف طراحی فیلتر وفقی به گونه ای است که قابلیت پیاده سازی و عملکرد به شکل Real Time بر روی میکرو کنترلر ARM سری Cortex M4 مدل STM32F407VGT6 را داشته باشد. لذا لازم است که در ابتدا مشخصات فنی و محدودیت های عملی و سخت افزاری این میکروکنترلر را بررسی نموده و سپس طراحی فیلتر صورت گیرد.

میکروکنترلر ARM سری Cortex M4 از میکروکنترلرهای جدید و فراگیر در خانواده ARM هستند. این میکروکنترلرها به نسبت قیمتشان دارای امکانات سخت افزاری فراوان و قدرت پردازشی مناسبی هستند. فرکانس کلاک اصلی در این میکروکنترلر را می توان روی ۱۶۸ مگاهرتز تنظیم نمود. این میکروکنترلر دارای ۱۹۲ کیلو بایت فضای RAM و ۱ مگا بایت فضای EEPROM برای ذخیره سازی کد برنامه است. همچنین داشتن ۳ واحد ADC با ریزولوشن ۱۲ بیت و نرخ نمونه برداری ۲ میلیون نمونه بر ثانیه و ۲ واحد

چنانچه این الگوریتم را به زبان برنامه نویسی ترجمه کنیم، می توان تعداد عملیات ریاضی و منطقی مورد نیاز برای یک بار اجرای حلقه را محاسبه کرد.

میکرو کنترلر STM32F407 قادر است که هر کدام از چهار عمل اصلی ریاضی را به شکل ۱۶ بیتی در مدت زمان یک کلاک انجام دهد. لذا قادر است که در هر ثانیه تا ۱۶۸ میلیون ضرب ۱۶ بیتی در ۱۶ بیتی را انجام دهد. برای سایر عملیات و حلقه های For، if و... نیز تعداد کلاک های تقریبی توسط شرکت سازنده در برگه های اطلاعاتی این میکرو کنترلر ارائه شده است [۱۵].

در جدول ۲ فهرست عملیات مهم ریاضی و منطقی که در یک بار اجرای الگوریتم NLMS مورد نیازند برای میکرو کنترلر STM32F407 بر حسب تعداد کلاک آورده شده است. همان طور که مشاهده می شود برای اجرای یک بار الگوریتم NLMS به حدود ۱۰۷۰۴ کلاک احتیاج است. مجموع زمان مورد نیاز برای اجرای یک بار حلقه ی الگوریتم جست و جو به روش NLMS توسط میکرو کنترلر در فرکانس کلاک ۱۶۸ مگاهرتز از رابطه زیر بدست می آید:

$$algorithmTime = ClkNumbers \times Clkfreq^{-1} \quad (3)$$

$$algorithmTime = 10704 \times 168MHz^{-1} = 63.7\mu s$$

جدول ۲: تعیین مدت زمان اجرای الگوریتم NLMS توسط میکرو کنترلر ARM- Cortex M4

تعداد کلاک مورد نیاز	عملیات
About ۱۰۰	Get ADC
۱۴۹۹	For(i=1500; i<2; i--)
۱۴۹۹	Buff[i]=buff[i-1]
۱	end
۱۵۰۰+۱۵۰۰	y(i)=W*X
۱	e(i)=d(i)-y(i)
۱	x(i)=k*e(i)
۴۵۰۳	W=W+(u/(X*X+si))*e(i)*X
About ۱۰۰	DAC
About ۱۰۷۰۴	جمع کل

همان طور که مشاهده می شود این مقدار کمتر از مدت زمان نمونه برداری یعنی ۹۰/۷ میکروثانیه است لذا می توان گفت که این میکرو کنترلر قادر است به شکل RealTime فیلتر وقتی با الگوریتم جست و جوی NLMS را جهت حذف بازتاب های صوتی در سیستم صوتی سخنرانی پیاده سازی نماید.

۳-۳- شبیه سازی با نرم افزار Matlab

در این پژوهش به منظور بررسی دقیق تر عملکرد فیلتر وقتی جهت حذف بازتاب های صوتی، برنامه ای توسط نرم افزار Matlab نوشته شد. در این برنامه یک فایل صوتی با فرمت wav به عنوان ورودی به سیستم داده می شود. این فایل حاوی صدای یک گوینده رادیو است که به شکل خوب و با کیفیت ۱۱۰۲۵ نمونه بر ثانیه ضبط شده است. محیط اتاق با مدلی که در بخش ۳-۲ بدست آمد، شبیه سازی شده است. فیلتر وقتی شامل ۱۵۰۰ ضریب است. در این شبیه سازی بهره ولتاژ تقویت کننده مساوی ۴۰۰ و بهره آکوستیکی بلندگو را



شکل ۱۷: برد Dscovery محصول شرکت ST

در این مقاله هدف حذف بازتاب های صوتی در اتاقی به طول ۲۰ متر است و فرض بر این است که بلندترین مسیری که یک سیگنال صوتی انعکاس یافته طی می کند تا به میکروفن برسد ۴۰ متر باشد. در این پژوهش از سیگنال هایی که چندین بار انعکاس یافته و دامنه ی آنها به شدت تضعیف شده است صرف نظر می شود. در دمای اتاق سرعت صوت در هوا حدود ۳۳۰ متر بر ثانیه است. مدت زمانی که طول می کشد تا سیگنال صوت ۴۰ متر را طی کند حدود ۱۲۱ میلی ثانیه است. از این رو فیلتر وقتی باید بتواند هر گونه سیگنال تاخیر یافته ای که مدت زمان تاخیر آن بین صفر تا ۱۲۱ میلی ثانیه باشد را شبیه سازی نماید. تعداد ضرایب (tap های) فیلتر وقتی بستگی به حداکثر طول تاخیر و نیز نرخ نمونه برداری از سیگنال صوتی در واحد ADC دارد. اگر حداکثر زمان تاخیر مورد نظر را بر نرخ نمونه برداری تقسیم کنیم تعداد ضرایب فیلتر وقتی بدست می آید. در این پژوهش نرخ نمونه برداری را ۱۱۰۲۵ نمونه بر ثانیه در نظر گرفته ایم که برای سیگنال های صوتی مربوط به صدای انسان مناسب است. لذا تعداد ضرایب (tap های) فیلتر وقتی بدست می آید:

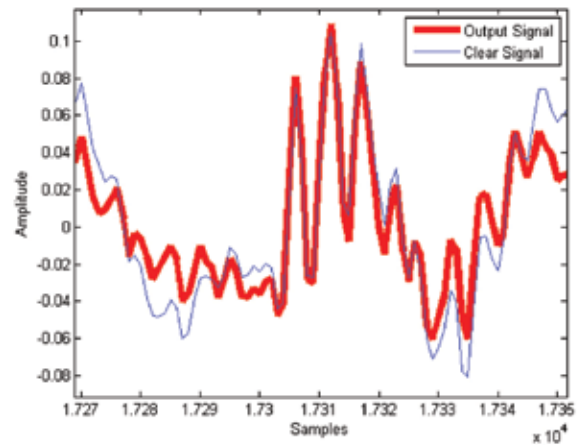
$$\frac{LongestDelay}{SamplingTime} = \frac{121ms}{1/11025s/sec} = 1334 \quad (2)$$

جدول ۱: خلاصه مراحل الگوریتم NLMS

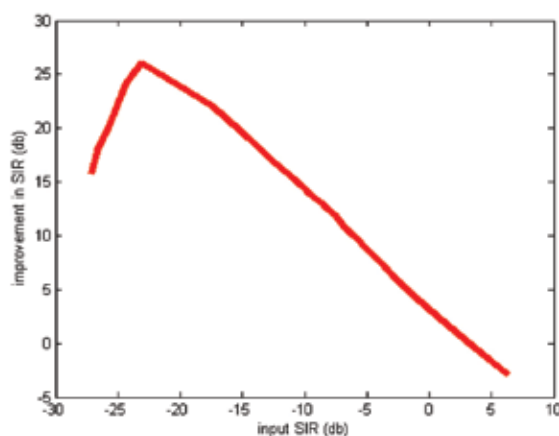
ورودی های الگوریتم	بردار ضرایب W(n)، بردار سیگنال ورودی X(n) و خروجی مطلوب d(n)
خروجی های الگوریتم	خروجی فیلتر Y(n)، بردار به روز رسانی شده ی ضرایب فیلتر وقتی W(n+۱)
مرحله ۱: فیلترینگ	y(n)=W(n)X(n)
مرحله ۲: تخمین خطا	e(n)=d(n)-y(n)
مرحله ۳: تطبیق و بروز رسانی بردار ضرایب	W(n+1)=W(n)+(u/(X(n)X(n)+ψ))e(n)X(n)

در این پژوهش ما تعداد ضرایب فیلتر وقتی را ۱۵۰۰ ضریب در نظر گرفته ایم تا فیلتر حتما بتواند شرایط و نیاز های سیستم را پاسخگو باشد. پس از این مرحله نوبت به انتخاب الگوریتم جست و جو برای یافتن ضرایب فیلتر وقتی میباشد. معمول ترین الگوریتم ها از خانواده LMS می باشند و یکی از الگوریتم های ساده ی آن که هم سرعت همگرایی بالا و هم دقت مناسبی در یافتن ضرایب دارد، الگوریتم NLMS است. در جدول ۱ فهرستی از عملیات ریاضی که باید انجام گیرد تا یک بار الگوریتم NLMS اجرا شود آورده شده است [۱].

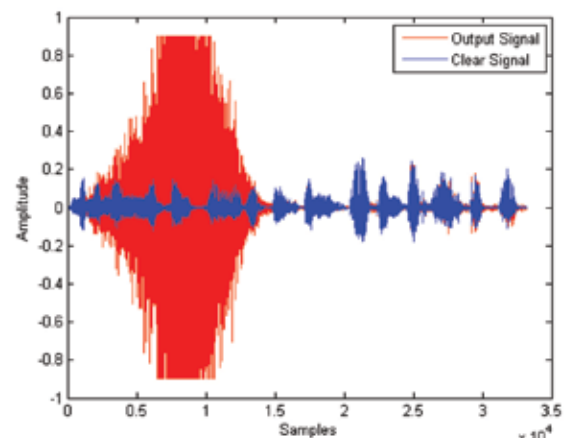
محاسبه شده است. در قبل از فیلتر وقتی و در محل میکروفن، SIR به صورت توان سیگنال تمیز یعنی صدای سخنران به توان سیگنال‌های انعکاس یافته در محل میکروفن تعریف می‌شود. در بعد از فیلتر وقتی آنچه که وجود دارد عبارت است از سیگنال تمیز به علاوه درصدی از سیگنال‌های انعکاس یافته که هنوز باقی مانده‌اند. از تفاضل سیگنال خروجی فیلتر وقتی با سیگنال تمیز (یعنی صدای سخنران) سیگنال تداخل باقی مانده بدست می‌آید. تفاضل SIR در خروجی و ورودی فیلتر وقتی میزان بهبود این پارامتر را که به مدد فیلتر وقتی حاصل شده است را نشان خواهد داد. شکل ۲۰ نمودار تغییرات SIR خروجی را نسبت به تغییرات SIR ورودی نشان می‌دهد. برای ایجاد SIR های مختلف در ورودی، توان تقویت‌کننده قدرت بین ۲۰ تا ۸۰۰ تغییر داده شد و در هر مرحله SIR ورودی و SIR خروجی محاسبه گردید. با تغییر توان تقویت‌کننده توان سیگنال‌های انعکاسی دریافتی در محل میکروفن بیشتر و میزان SIR در ورودی کاهش می‌یابد.



شکل ۱۸: ردیابی سیگنال تمیز توسط سیگنال خروجی فیلتر وقتی



شکل ۲۱: بهبود SIR نسبت به تغییرات SIR ورودی

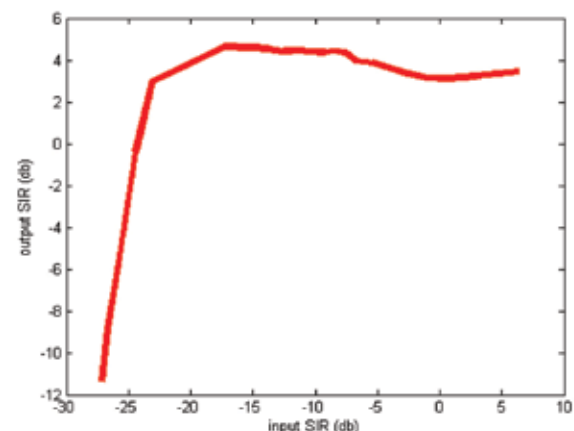


شکل ۱۹: همگرایی فیلتر وقتی پس از حدود ۳۶/۱ ثانیه

شکل (۲۱) میزان بهبود SIR (که از تفاضل SIR ورودی و SIR خروجی بدست می‌آید) نسبت به تغییرات SIR ورودی نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۹ دیده می‌شود فیلتر وقتی در این شبیه‌سازی توانسته است تا ۲۶/۱ دسیبل بهبود در SIR ایجاد کند. به عبارت دیگر SIR خروجی فیلتر وقتی در بهترین حالت به میزان ۲۶/۱ دسیبل از SIR ورودی بیشتر شده است.

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش به روش شبیه‌سازی، حذف بازتاب‌ها در سیستم صوتی سخنرانی مورد تحقیق قرار گرفت. نتایج شبیه‌سازی نشان دهنده بهبود تا ۲۶/۱ دسیبل برای نسبت سیگنال به تداخل می‌باشند. مدل اتاق با استفاده از آزمایش عملی بدست آمد و در شبیه‌سازی بکار گرفته شد. تجهیزات مورد استفاده در تست‌ها با ارایه تصویر و توضیحات تشریح شده و مشخصات ویژه‌ی آنها بیان گردید. با استفاده از برگه‌های اطلاعاتی میکروکنترلر تعداد کلاک مورد نیاز برای اجرای الگوریتم NLMS محاسبه شد و امکان پیاده سازی فیلتر وقتی بر روی میکروکنترلر بررسی گردید. در شبیه‌سازی محدودیت‌های عملی میکروکنترلر ARM سری Cortex M4 لحاظ گردید تا نتایج آن برای فاز بعدی پژوهش که پیاده‌سازی عملی بر روی میکروکنترلر است، قابل استفاده باشد. برد Discovery محصول شرکت ST جهت استفاده آسان و سریع از میکروکنترلر ARM سری



شکل ۲۰: تغییرات SIR خروجی فیلتر وقتی نسبت به تغییرات SIR ورودی

مساوی ۵ درصد فرض نموده‌ایم که در عمل نیز برای اکثر بلندگوهای با پهنای باند وسیع به همین گونه است. نتایج شبیه‌سازی در شکل‌های ۱۸ و ۱۹ نشان داده شده است. فیلتر وقتی بعد از حدود ۱۵۰۰۰ بار اجرای حلقه پایدار شده است. با فرض این که نرخ نمونه‌برداری و اجرای حلقه ۱۱۰۲۵ بار در ثانیه باشد، سیستم پس از حدود ۱/۳۶ ثانیه به پایداری رسیده است و بعد از آن هم پایدار باقی مانده است. برای بررسی عملکرد فیلتر وقتی معیار SIR (نسبت توان سیگنال تمیز به توان سیگنال تداخل ناشی از بازتاب) در قبل و بعد از فیلتر وقتی

- 6 Vector Routing
- 7 Pipe Routing
- 8 Source Routing
- 9 projection

مراجع

- [1] N. Z. Zenia, M. Aseeri, M. R. Ahmed, Z. I. Chowdhury, and M. Shamim Kaiser, «Energy-efficiency and reliability in MAC and routing protocols for underwater wireless sensor network: A survey,» *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 71, pp. 72-85, 8/ 2016.
- [2] M. T. Kheirabadi and M. M. Mohamad, «Greedy routing in underwater acoustic sensor networks: a survey,» *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 2013, 2013.
- [3] Ashutosh Kumar Singh, N Purohit, Sandeep Goutele and S.verma. (2012). An Energy Efficient Approach for Clustering in WSN using Fuzzy Logic. *International Journal of Computer Applications*, (44)18, 8-12.
- [4] Bushra Rashid, Mubashir Husain Rehmani. (2016). Applications of wireless sensor networks for urban areas: A survey. *Journal of Network and Computer Applications* (60), 192-219.
- [5] Humaira Abdus Salam, Bilal Muhammad Khan. (2016). Use of wireless system in healthcare for developing countries. *Digital Communications and Networks* (21), 35-46.
- [6] Feng Li, Yun Li, Weiliang Zhao, Qianbin Chen, Weiwen Tang. (2006). An Adaptive Coordinated MAC Protocol Based on Dynamic Power Management for Wireless Sensor Networks. *IWCMC*, pp. 1073 – 1077.
- [7] P. Xie, J.-H. Cui, and L. Lao, «VBF: vector-based forwarding protocol for underwater sensor networks,» in *Networking 2006. Networking technologies, services, and protocols; performance of computer and communication networks; mobile and wireless communications systems*, ed: Springer, 2006, pp. 1216-1221.
- [8] M. R. Khosravi, H. Rostami, and H. Basri, «Enhanced VBF for Delay-aware Routing in UWSNs,» *International Journal*, vol. 5, 2015.
- [9] Tanveer Khan¹, Israr Ahmad¹, Waqas Aman¹, Irfan Azam¹, Zahoor Ali Khan^{2,3}, Umar Qasim⁴, Sanam Avais⁵, Nadeem Javaid^{1,*}. (2016). Clustering depth based routing for underwater wireless sensor networks. 2016 IEEE 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications. DOI 10.1109/AINA.2016.168
- [10] P. Xie, Z. Zhou, N. Nicolaou, A. See, J.-H. Cui, and Z. Shi, «Efficient vector-based forwarding for underwater sensor networks,» *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, vol. 2010, pp. 1-13, 2010.
- [11] I. F. Akyildiz, D. Pompili, and T. Melodia, «Challenges for efficient communication in underwater acoustic sensor networks,» *ACM Sigbed Review*, vol. 1, pp. 3-8, 2004.
- [12] J. Jiang, G. Han, H. Guo, L. Shu, and J. J. P. C. Rodrigues, «Geographic multipath routing based on geospatial division in duty-cycled underwater wireless sensor networks,» *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 59, pp. 4-13, 1/ 2016.
- [13] S. Souiki, M. Feham, M. Feham, and N. Labraoui, «Geographic routing protocols for underwater wireless sensor networks: a survey,» *arXiv preprint arXiv:1403.3779*, 2014.
- [14] C. Namesh and B. Ramakrishnan, «Analysis of VBF protocol in Underwater Sensor Network for Static and Moving Nodes,» *International Journal of Computer Networks and Applications*, vol. 2, pp. 20-26, 2015.
- [15] N. Nicolaou, A. SEE, P. Xie, J.-H. Cui, and D. Maggiorini, «Improving the robustness of location-based routing for underwater sensor networks,» in *OCEANS 2007-Europe*, 2007, pp. 1-6.
- [16] K. M. Pouryazdanpanah, M. Anjomshoa, S. A. Salehi, A. Afroozeh, and G. M. Moshfegh, «DS-VBF: dual sink vector-based routing protocol for underwater wireless sensor network,» in *Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, 2014 IEEE 5th, 2014, pp. 227-232.
- [17] S. EL-Rabaie, D. Nabil, R. Mahmoud, and M. A. Alsharqawy, «Underwater Wireless Sensor Networks (UWSN), Architecture, Routing Protocols, Simulation and Modeling Tools, Localization, Security Issues and Some Novel Trends,» *Networking and Communication Engineering*, vol. 7, pp. 335-354, 2015.
- [18] P. Xie, Z. Zhou, Z. Peng, J.-H. Cui, and Z. Shi, «Void avoidance in three-dimensional mobile underwater sensor networks,» in *Wireless Algorithms, Systems, and Applications*, ed: Springer, 2009, pp. 305-314.

Cortex M4 معرفی شد و به عنوان یک سخت افزار مناسب برای ادامه این پژوهش و پیاده سازی عملی فیلتر وقفی بر روی میکروکنترلر ARM انتخاب گردید.

مراجع

- [1] Behrouz Farhang-Boroujeny, *Adaptive Filters - Theory and Applications*. John Wiley & Sons, pp. 492-524, 2013.
- [2] Radhika Chinaboina, D.S.Ramkiran, Habibulla Khan, M.Usha, B.T.P Madahav K.Phani Srinivas & G.V.Ganesh, «Adaptive algorithms for acoustic echo cancellation in speech processing» *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, Volume 7, Issue 1 April, 2011.
- [3] V R Metkewar, A N Kamthane, Aqeel Ahemad and S A Hashmi, «Adaptive LMS and NLMS algorithms for cancellation of Acoustic Echo», *IJCA Proceedings on National Conference on Advancement in Electronics & Telecommunication Engineering NCAETE(4):25-27*, May 2012.
- [4] Paulo.S.R.Diniz, «Adaptive filtering- Algorithms and practical implementation», *Fourth Edition*, 2013.
- [5] Simon Haykin and Bernard Widrow, *Least mean square adaptive filters*, 2003.
- [6] C.Paleologu, J.Benesty, and S.Ciochina, —A variable step-size affine projection algorithm designed for acoustic echo cancellation, *IEEE Trans. Audio, Speech, and Language Processing* vol. 16, pp. 597-600, Nov. 2008.
- [7] Albu, Felix, Constantin Paleologu, and Silviu Ciochina. «New variable step size affine projection algorithms», 2012 9th International Conference on Communications (COMM), 2012.
- [8] J.Satyanarayana, G. Amjad Khan, «Affine projection algorithm applied to adaptive noise cancellation», Vol.3, Issue 1, March 2012.
- [9] J. Benesty, T. Gaensler, D. R. Morgan, M. M. Sondhi, and S. L. Gay, *Advances in Network and Acoustic Echo Cancellation*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2001.
- [10] Tran, L. T. T., et al. «Acoustic Feedback Cancellation in hearing aids using two microphones employing variable step size affine projection algorithms.» 2015 IEEE International Conference on Digital Signal Processing (DSP). IEEE, 2015.
- [11] Rotaru, Marius, Felix Albu, and Henri Coanda. «A variable step size modified decorrelated NLMS algorithm for adaptive feedback cancellation in hearing aids.» *Proc. of ISETC 2012 (2012)*: 263-266.
- [12] Özbay, Yüksel, and Ahmet Reşit Kavsaoğlu. «An optimum algorithm for adaptive filtering on acoustic echo cancellation using TMS320C6713 DSP.» *Digital Signal Processing* 20.1 (2010), pp. 133-148.
- [13] Berdahl, Edgar. «Acoustic Feedback Cancellation For Public Address Systems.»
- [14] <http://www.ti.com/product/TPA3116D2>
- [15] POR, PDR. «ARM Cortex-M4 32b MCU+ FPU, 210DMIPS, up to 1MB Flash/192+ 4KB RAM», June 2013, http://www.st.com/content/st_com/en/products/microcontrollers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32f4-series/stm32f407-417/stm32f407vg.html
- [16] <http://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32f4discovery.html>

در دانشگاه صنعتی سجاد برگزار می شود:

بیست و ششمین کنفرانس مهندسی برق ایران

کنفرانس مهندسی برق ایران قدیمی ترین و بزرگ ترین کنفرانس سالانه مهندسی برق است که همه ساله با هدف آشنایی با آخرین دستاوردهای علمی و مهندسی، تبادل اطلاعات بین اساتید و محققان دانشگاهی و صاحبان صنایع، با حمایت دانشگاهها و سازمان های دولتی و غیردولتی برگزار می شود و دانشگاه صنعتی سجاد این بار افتخار میزبانی آن را در اردیبهشت ۱۳۹۷ دارد. این دانشگاه در راستای ارتقاء کیفیت آموزشی و پژوهشی خود و ایجاد ارتباط تنگاتنگ با صنعت و سایر دانشگاهها، داوطلب برگزاری چنین رویداد عظیم علمی و پژوهشی شده است.

محورهای کنفرانس عبارتند از: مهندسی برق گرایش الکترونیک، قدرت، کنترل و مخابرات، مهندسی پزشکی، مهندسی کامپیوتر، صنعت و اقتصاد برق که علی رغم گستردگی محورهای کنفرانس، همپوشانی طبیعی و ذاتی این گرایش ها بر غنای علمی کنفرانس می افزاید.

در این کنفرانس علاوه بر محورهای فوق، به منظور فراهم نمودن فرصتی مناسب برای بخش صنعت و تبادل نظر با محققان دانشگاهی و آرایه دستاوردهای جدید، نشست های ویژه صنعتی نیز آرایه خواهد شد.

برگزاری کنفرانس مهندسی برق ایران به همکاری کلیه سازمان ها و شرکت های بزرگ صنعتی استان نیاز دارد همان گونه که برگزار کنندگان این کنفرانس در سال های گذشته نیز همواره از حمایت مالی و معنوی کامل استاندار محترم، شهردار محترم و سایر مدیران ارشد استان خود برخوردار بوده اند. خوشحالیم که این کنفرانس در زمانی برگزار می شود که کلیه مدیران ارشد استان از شخصیت والای علمی برخوردار بوده و یقیناً از این رویداد بزرگ علمی حمایت خواهند نمود.

26th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE)
Sadjad University of Technology
دانشگاه صنعتی سجاد
8-10 May 2018
محورهای کنفرانس
الکترونیک، قدرت، کنترل، مخابرات، کامپیوتر، مهندسی پزشکی، صنعت و اقتصاد برق

تاریخ های مهم:

- مهلت ارسال مقالات به صورت کامل: ۵ دی ۱۳۹۶
- مهلت ارسال مقالات صنعتی: ۲۹ دی ۱۳۹۶
- اعلام نتایج داوری: ۱۸ اسفند ۱۳۹۶
- ارسال نسخه نهایی مقالات: ۱۹ فروردین ۱۳۹۷

نشانی دبیرخانه:
مشهد، بلوار جلال آل احمد ۶۴، دانشگاه صنعتی سجاد، ساختمان مرکزی
کدپستی: ۹۱۸۸۱-۴۸۸۴۸
تلفن: ۰۵۱۳۶۰۲۹۲۰۵
تلفکس: ۰۵۱۳۶۰۲۹۱۰۶
موبایل: ۰۹۳۹۱۶۸۸۹۱۰
وب سایت: <http://icee2018.sadjad.ac.ir>
کانال تلگرام: <https://t.me/icee2018>
پست الکترونیکی: icee2018@sadjad.ac.ir



مشهد، جلال آل احمد ۶۴، کد پستی: ۹۱۸۸۱-۴۸۸۴۸
تلفن دانشگاه: ۰۵۱-۳۶۰۲۹۰۰۰
تلفن دبیرخانه: ۰۵۱-۳۶۰۲۹۲۰۵
تلفن: ۰۵۱-۳۶۰۲۹۱۰۶
پست الکترونیکی: icee2018@sadjad.ac.ir
کانال تلگرام: <https://t.me/icee2018>
وب سایت: <http://icee2018.sadjad.ac.ir>



عصر

فصل نامه

علمی - ترویجی

انجمن مهندسين برق و الكترونیک ایران - شاخه خراسان
۵۴ سال چهارم / شماره ۷۵ / تابستان ۱۳۹۶



نگاهی به فعالیتهای موسسه آموزش عالی خراسان



دکتر خواجه‌جوی:

موسسه خراسان به یک مرکز تاثیرگذار آموزش عالی غیردولتی مهندسی برق تبدیل شده است

جمله تشکلهای و انجمن‌های فعال و کوشایی هستند که نقش بسیار بالایی در شادابی و نشاط علمی و فرهنگی این موسسه دارند. قبولی همه ساله تعدادی از دانش‌آموختگان این موسسه آموزش عالی در مقاطع تحصیلی بالاتر و به‌ویژه در مقطع کارشناسی ارشد در معتبرترین دانشگاه‌های کشور نیز، نشان از برنامه‌ریزی‌های صحیح علمی و آموزشی این موسسه دارد.

را یک مرکز آموزش عالی غیردولتی تاثیرگذار در مهندسی برق می‌داند و در ادامه می‌افزاید: «موسسه خراسان اکنون با گذشت نزدیک به یک دهه فعالیت با ۱۹۰ نفر اعضای هیات علمی تمام وقت، نیمه وقت و پاره وقت و با مجموع ۳۴ رشته - گرایش؛ ۹ رشته در مقطع کارشناسی ارشد، ۷ رشته در مقطع کارشناسی پیوسته، ۹ رشته در مقطع کارشناسی ناپیوسته، ۱ رشته در مقطع کاردانی ناپیوسته و ۸ رشته در مقطع کاردانی پیوسته، به فعالیت خود ادامه می‌دهد و با دارا بودن ۶ رشته کارشناسی ارشد برق در عمل به یک مرکز تاثیرگذار آموزش عالی غیردولتی در این رشته تبدیل شده است».

وجود ۲۱ آزمایشگاه و کارگاه و ۴ سایت کامپیوتری فعال، کتابخانه و سالن مطالعه خواهران و برادران و سالن‌های غذاخوری جداگانه و نمازخانه‌های فعال از جمله فضاهای بسیار مطلوب و جذاب برای توسعه آموزش در موسسه خراسان است. انجمن‌های علمی حقوق، روانشناسی، برق، معماری، مکانیک، کامپیوتر، رباتیک و حسابداری در کنار تشکلهای دانشجویی بسیج، کانون قرآن و عترت و انجمن خیریه ماعون از

آشنایی با موسسه آموزش عالی خراسان

موسسه آموزش عالی خراسان، در راستای تلاش علمی جمعی از ایثارگران، در مهرماه ۱۳۸۳ از شورای گسترش آموزش عالی موافقت اصولی دریافت نمود و در مهرماه ۱۳۸۴ با پذیرش ۲۰۰ دانشجو در مقطع کاردانی ناپیوسته در سه رشته نرم‌افزار و سخت‌افزار کامپیوتر و برق الکترونیک، فعالیت آموزشی و اجرایی خود را آغاز نمود. دکتر مهدی خواجه‌جوی، دکتری فیزیک گرایش اختر فیزیک که ریاست موسسه آموزش عالی خراسان را از بدو تاسیس بر عهده دارد می‌گوید: «توسعه متوازن فعالیت‌های آموزشی همراه با گسترش و تامین تجهیزات و فضای فیزیکی مورد نیاز و جذب هیات علمی کارآمد و توانمند در سایه مدیریت جهادی، سبب شده است همه‌ساله ضمن تاسیس رشته‌های تحصیلی جدید، توسعه آزمایشگاه‌ها، کارگاه‌ها و سایت‌های کامپیوتری، در اولویت برنامه‌ها قرار بگیرد و برنامه‌ریزی دقیق برای توسعه در سال‌های پیش‌رو، صورت پذیرد.

دکتر خواجه‌جوی که بیش از ده سال، معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه فردوسی را برعهده داشته است این موسسه



دکتر امیر فرهادیان:

تربیت مهندسان برای اشتغال در منطقه جغرافیایی استان، از اهداف آموزشی موسسه آموزش عالی خراسان می‌باشد.

دادن به دروس عملی و کارگاهی و آزمایشگاهی در تمام رشته‌های تحصیلی مورد توجه ویژه قرار دارد و تشویق دانشجویان مستعد رشته‌های فنی و مهندسی به سمت پروژه‌های ساخت نیز، از جمله اولویت‌های دانشگاه است. هدایت دانشجویان تحصیلات تکمیلی برای گرفتن پروژه‌های مورد نیاز صنعت (شرکت برق، پالایشگاه سرخس، وزارت دفاع و ...) به‌صورت فعال پیگیری می‌شود. این تلاش‌ها به منظور رفع بخشی از چالش‌های آموزش مهندسی توسط موسسه در حال انجام است و بدین ترتیب، تربیت مهندسان برای اشتغال در منطقه جغرافیایی استان، از اهداف آموزشی موسسه می‌باشد.

سراسری از ۳۴٪ به ۶۲٪ ارتقاء یافته است، علاوه بر آن انگیزه تحصیل در رشته‌هایی که نیاز به تلاش بسیار بیشتری نسبت به سایر رشته‌ها دارد افت علمی دانش‌آموختگان این شاخه‌ها را به دنبال داشته، مهندسان بیکار، پدیده امضاء فروشی و عدم کارآیی تعداد زیادی از دانش‌آموختگان در بخش فنی و مهندسی چالش عمده آموزش مهندسی در کشور است که بی‌انگیزگی و ضعف بودن دانشجویان در دروس علوم پایه در قبل از دانشگاه، از طرفی تمرکز بر دروس تئوری ریاضی در این شاخه در دانشگاه‌ها، ریزش بیشتر متقاضیان تحصیلی در رشته‌های فنی و مهندسی را به دنبال داشته است.

به گفته دکتر امیر فرهادیان، موسسه آموزش عالی خراسان در چهارچوب وظایف علمی، آموزشی و فرهنگی خود و با نگاه واقع‌بینانه به نیاز دانشجویان و مواردی که گذشت، در جهت ارتقای سطح کیفی و با توجه به سطوح مختلف استعدادی آن‌ها، آموزش‌های مبتنی بر مهارت‌افزایی را مورد توجه قرار داده است. به همین منظور در انتخاب اساتید مجرب از بین جمع زیادی از دانش‌آموختگان دانشگاه‌های معتبر، بر کارآمدی و ارتباط با صنعت برای صدور مجوز تدریس و عضویت در هیات علمی و ارتقا، تاکید دارد. هماهنگی گروه‌های آموزشی با اساتید و توجه به برنامه درسی و سرفصل هر درس و اشراف و نظارت بر اجرای آن در طول دوره تحصیل دانشجویان و تاکید بر کاربردی کردن دروس نظری، از جمله سیاست‌های فعال در موسسه است. در موسسه آموزش عالی خراسان، اهمیت

چالش‌های آموزش مهندسی و راه‌حل‌ها

دکتر امیر فرهادیان معاون آموزشی و پژوهشی موسسه آموزش عالی خراسان، دانش‌آموخته کارشناسی مهندسی برق الکترونیک و کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد که دکترای علوم اقتصادی خود را از دانشگاه ارمنستان دریافت نموده است با اعتقاد به این که آموزش در کلیه شئون زندگی بشری نقش ویژه‌ای دارد می‌گوید: «استعدادها و توانمندی‌های فردی، مواهب طبیعی و امکانات در سراسر مناطق این کره خاکی توزیع‌شده، تفاوت در توسعه‌یافتگی نه به دلیل اختلاف در این زمینه‌ها بلکه شکوفایی استعدادها و به‌کارگیری توانمندی و امکانات به‌صورت بهینه و صحیح، این تفاوت‌ها را ایجاد می‌کند، نوآوری، اختلاف، پژوهش و نحوه تلاش و پشتکار هم نیاز به زمینه و مقدماتی دارد.

نقش مهندسی در توسعه بر کسی پوشیده نیست و نقش آموزش در تربیت مهندسان کارآمد نیز از بدیهیات است، امروزه به دلیل رکود در صنعت و خیل مهندسان بیکار، به‌طور مستقیم در گرایش استعدادهای متناسب به رشته‌های مهندسی در دانش‌آموزان تأثیر منفی گذاشته است، به‌گونه‌ای که طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ تعداد شرکت‌کنندگان در گروه آموزشی ریاضی فنی در کنکور سراسری شیب نزولی داشته و از ۲۵٪ به ۱۶٪ رسیده است، درصورتی که طی همین دوره تعداد داوطلبان گروه آموزشی علوم تجربی در کنکور



دکتر مصطفی عیدانی:

تمهیدات تصویب شده در موسسه آموزش عالی خراسان، برای تشویق اعضای هیات علمی برای ارتباط بیشتر با صنعت است.

به‌عنوان یکی از آفت‌های پژوهش می‌داند و می‌گوید: «در موسسه آموزش عالی خراسان با توجه به نکات مهم در امر پژوهش، افزایش تعامل با صنعت در سرفصل کار پژوهش قرار گرفته است. علاوه بر کار عادی چاپ مقالات در کنفرانس‌ها و همایش‌های ملی و بین‌المللی، انجام قراردادهای پژوهشی با صنعت، اهمیت ویژه‌ای دارد و بیشترین امتیاز برای ترفیع و ارتقا اعضای هیات علمی، حداقل بالاسری برای طرح‌های پژوهشی، امکان حضور موظف اعضای هیات علمی در محل کارفرمای پژوهشی و ... از جمله تمهیدات تصویب شده در موسسه خراسان، برای تشویق اعضای هیات علمی برای ارتباط بیشتر با صنعت است.»

دکتر عیدانی با اشاره به پروژه «ارزیابی

جایگاه پژوهش و معرفی پژوهش‌های برتر

دکتر مصطفی عیدانی که از سال ۱۳۹۰ همکاری خود را با موسسه آموزش عالی خراسان آغاز نموده است و یکی از ۱۰۰ عضو ارشد موسسه بین‌المللی مهندسان برق و الکترونیک (IEEE Senior Member) در ایران، پژوهشگر برتر در استان خراسان، جشنواره فردوسی و جشنواره ملی بهره‌وری ایران، استاد نمونه بسیجی استان و مجری ۳۶ پروژه تحقیقاتی است مدیریت پژوهش و تحصیلات تکمیلی موسسه خراسان را بر عهده دارد، هدف پژوهش را تولید علم می‌داند و حفظ امانت در پژوهش را یکی از مهم‌ترین موضوعها در امر پژوهش عنوان می‌کند و خطر آمارزدگی در پژوهش را

اثرات اضافه شدن مزرعه جدید بادی مصوب خواف در شبکه خراسان از نقطه نظر قابلیت اطمینان و پایداری شبکه» با شرکت برق منطقه‌ای خراسان که در سال ۱۳۹۴ به اتمام رسید و به دلیل پذیرش به عنوان دومین طرح برگزیده در هفته پژوهش در گروه فنی مهندسی، جزء افتخارات موسسه خراسان به شمار می‌آید، گفت: «تاکنون بیش از ده طرح پژوهشی برون دانشگاهی با صنعت انجام شده است که همگی دارای حسن انجام کار، از کارفرمایان خود می‌باشند و در این زمینه، جزء معدود موسسه‌های آموزش عالی در سطح استان هستیم».

مدیر پژوهش و تحصیلات تکمیلی موسسه خراسان چشم‌انداز و نقشه راه پژوهشی موسسه آموزش عالی خراسان را در یک برنامه ۵ ساله با حفظ شرایط فعلی و روند رو به جلو

در این موسسه راه رعایت اخلاق در پژوهش با تاکید بر ارزش‌های متعالی اسلامی، ایجاد کمیته تحقیقات دانشجویی فعال در موسسه، گسترش و تعمیق فعالیت‌های پژوهشی اعضای هیات علمی و افزایش میزان انطباق فعالیت‌های پژوهشی با نیازهای کشور اعلام نمود و افزود: «تجاری‌سازی و به‌کارگیری دستاوردهای پژوهشی و فناوری دانشگاه، توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان، گسترش شرکت‌های زایشی از فارغ‌التحصیلان دانشگاه، توسعه دوره‌های پیش‌رشد برای ارتقاء توان نوآوری و افزایش فرصت‌های مطالعاتی داخلی و در صورت لزوم خارجی را از دیگر برنامه‌های چشم‌انداز این موسسه دانست. در همین راستا موسسه آموزش عالی خراسان برای نیل به چشم‌انداز ۵ ساله خود برای افزایش درصد پایان‌نامه‌های دارای

حمایت مالی، افزایش تعداد مقاله‌های معتبر به نام موسسه، افزایش طرح‌های پژوهشی برون دانشگاهی به نام موسسه، تعامل فعال با صنعت و افزایش رتبه علمی پژوهشی موسسه در سایت‌های رتبه‌بندی، تلاش خواهد نمود و حضور فعال و گسترده در مجامع بین‌المللی، جهت گسترش علم و دستیابی به دانش جهانی و برگزاری همایش‌ها و کنفرانس‌های علمی ملی، توانمندی اعضای هیات‌های آموزشی و پژوهشی در انجام پروژه‌های علمی با توجه به تجربه‌های بین‌المللی، در راستای قطع وابستگی و خودکفایی و ایجاد منابع مالی جدید با تکیه بر پژوهش و تبدیل علم به ثروت را در دستور کار خود قرار خواهد داد تا به‌عنوان یک مرکز معتبر اجرای پروژه‌های تحقیقاتی دولتی و خصوصی، مطرح شود».

ارتباط با صنعت و پژوهش‌های صنعتی

دکتر محسن عباسی جنت‌آباد، مدیر ارتباط با صنعت موسسه آموزش عالی خراسان که یکی از رسالت‌های اصلی دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی کشور را شناسایی مشکلات و نیازمندی‌های صنعت و ارائه راهکارهای نوین در راستای حل این مشکلات می‌داند و می‌گوید: «دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی کشور به‌عنوان نیروی محرکه کشور در بخش پژوهش و فناوری باید فناوری‌های نوین دنیا را شناسایی کنند و با برگزاری کارگاه‌های آموزشی، مدیران و کارشناسان صنعت را با این فناوری‌ها آشنا نمایند و راهکارهای پیاده‌سازی آنها را به صنایع مربوطه ارائه دهند». وی در ادامه در مورد نحوه‌ی ارتباط با صنعت موسسه آموزش عالی خراسان اضافه کرد: «موسسه آموزش عالی خراسان با بهره‌گیری از اعضای هیات علمی توانمند و مجرب، تلاش خود را به منظور برقراری ارتباط موثر با صنعت به کار برده است. در همین راستا این موسسه نیازمندی‌های صنایع مختلف را شناسایی کرده و در قالب‌های مختلف از جمله تعریف پایان‌نامه‌های دانشجویان تحصیلات تکمیلی، پروژه‌های اینترنشیپ، پروژه‌های پژوهشی، پروژه‌های نوآورانه و خودکفایی و ... به حل مشکلات صنعت کمک می‌نماید. همچنین اعضای هیات علمی موسسه آموزش عالی خراسان با شرکت در کارگاه‌های پژوهش و فناوری‌های نوین سازمان‌های مختلف، سعی در بروزرسانی صنعت و ارائه چشم‌انداز آتی

برای رشد تکنولوژی در سازمان‌های مختلف نموده است.

شرکت برق منطقه‌ای خراسان، شرکت پالایشگاه گاز شهید هاشمی‌نژاد سرخس، صنایع وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، دفتر نخبگان و همکارهای علمی شمال شرق شهید فهمیده، شهرداری مشهد و راه آهن خراسان، از جمله صنایع و مراکزی هستند که موسسه آموزش عالی خراسان با آنها در ارتباط بوده است».

به گفته دکتر عباسی طراحی و ساخت کیت موقعیت‌یاب و فرستنده و ضبط‌کننده علایم حیاتی آتش‌نشانان، امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بازیافت قطعات و مدارات الکترونیکی، ارائه خدمات مشاوره‌ای در زمینه بهبود فرآیندهای انجام فعالیت‌های پژوهشی و گسترش ارتباط صنعت برق و دانشگاه‌ها، ارزیابی اقتصادی و امکان‌سنجی استفاده از ذخیره‌سازهای مختلف انرژی در شبکه برق خراسان، تعیین ظرفیت بهینه تولید تجدیدپذیر در یک شبکه نمونه با توجه به محدودیت‌های بهره‌برداری، امکان‌سنجی ساخت دستگاه عیب‌یابی پروتکل Modbus، مجتمع‌سازی اتوماسیون پست‌های فشار قوی امکان‌سنجی ساخت ترانس حالت جامد از جمله پروژه‌های انجام شده توسط کارشناسان و متخصصان موسسه آموزش عالی خراسان است.

کارگاه آموزشی «چالش‌های بهره‌برداری شبکه برق کشور با ورود حجم بالای توان بادی به شبکه خراسان» در چهارمین



دکتر محسن عباسی جنت‌آباد:

شناسایی نیازمندی‌های صنایع مختلف و تعریف پروژه‌های پژوهشی و نوآورانه برای کمک به حل مشکلات صنعت از اهداف موسسه آموزش عالی خراسان است.

کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر در دانشگاه فردوسی مشهد (اسفند ۱۳۹۴) و کارگاه آموزشی «نگاه صنعتی به انرژی‌های نو» در هجدهمین کنفرانس دانشجویی (۲۷ آبان ۱۳۹۴) و کارگاه آموزشی «ارزیابی اضافه شدن واحدهای بادی مصوب خواف در شبکه خراسان» از نقطه نظر قابلیت اطمینان و پایداری شبکه در سومین کنفرانس انرژی باد در پژوهشگاه نیرو (خرداد ۱۳۹۴) نیز از جمله کارگاه‌های آموزشی است که موسسه آموزش عالی خراسان در خارج از موسسه اقدام به برگزاری آن نموده است.

نقش موسسه آموزش عالی خراسان در توسعه مهندسی به ویژه مهندسی برق

دکتر حامد ملاحمیدیان، عضو هیات علمی گروه برق و مدیر برنامه ریزی و توسعه موسسه آموزش عالی خراسان اعتقاد دارد این موسسه با طیف متنوعی از رشته های مهندسی شامل برق، مهندسی پزشکی، کامپیوتر، عمران، مکانیک و معماری، دارای جایگاه خوبی در رشته های فنی و مهندسی در سطح موسسه ها و دانشگاه های سطح استان می باشد و با استفاده از هیات علمی مجرب و باتجربه در کنار ۲۲ فضای آزمایشگاهی-کارگاهی مستقل، موسسه را به یکی از مراکز آموزش فنی و مهندسی استان تبدیل کرده است.

در بین رشته های مهندسی، رشته مهندسی برق دارای قدمت ۱۲ ساله می باشد که از سال ۱۳۸۳ و هم زمان با راه اندازی موسسه، جذب دانشجو داشته است و در حال حاضر هم تمامی گرایش های مهندسی برق در سطوح کاردانی، کارشناسی ناپیوسته، کارشناسی پیوسته و کارشناسی ارشد در موسسه فعال هستند. گروه مهندسی برق که

زمینه های کاری متنوع شامل اتوماسیون صنعتی، برق صنعتی، تاسیسات الکتریکی و ... نموده اند یا جذب مراکز مختلف صنعتی و نظامی شده اند.



دکتر حامد ملاحمیدیان:

تعداد دانش آموختگان در گروه مهندسی برق تا شهریور ۹۶ بیش از ۳۲۰۰ نفر است که تعدادی از آن ها جذب بازار کار شده اند.

مجاز جذب دانشجو در مقطع کارشناسی ارشد را از سال ۱۳۸۹ دریافت نموده است، دارای ۱۱ نفر عضو هیات علمی تمام وقت، ۲ نفر عضو هیات علمی نیمه وقت و اساتید مدعو برجسته است. ۷ گرایش کارشناسی ارشد شامل سیستم های قدرت، مدیریت و برنامه ریزی انرژی الکتریکی، الکترونیک قدرت و ماشین های الکتریکی، مخابرات سیستم، کنترل، سیستم های الکترونیک دیجیتال و ابزار دقیق و اتوماسیون صنعتی در صنایع نفت، در موسسه دایر هستند.

هم چنین دکتر حامد ملاحمیدیان گفت: «به استناد گزارش آماری سازمان سنجش کشور در آزمون کارشناسی ارشد سال ۱۳۹۵ از ۲۵۷ نفر شرکت کننده موسسه آموزش عالی خراسان ۱۳۷ نفر که معادل ۵۳،۳۱ درصد شرکت کنندگان آن بوده است پذیرفته شده اند. این درصد بالاترین درصد قبولی در بین موسسات و دانشگاه های غیرانتفاعی سطح استان می باشد.

تعداد دانش آموختگان در گروه مهندسی برق تا شهریور ۹۶ بیش از ۳۲۰۰ نفر است که تعدادی از آن ها اقدام به تاسیس شرکت با

توانمندسازی علمی و فنی دانشجویان

دکتر جاوید خراسانی، معاون دانشجویی و فرهنگی که از سال ۱۳۹۱ به عنوان عضو هیات علمی گروه برق در موسسه آموزش عالی خراسان حضور دارد، فعالیت در حوزه فرهنگی را با وجود اهمیت آن، بسیار پیچیده و گاه دارای تنش می داند و می گوید: «متأسفانه در شرایط نامتعادل اقتصادی جامعه، فعالیت و توجه به فرهنگ، رفتارهای اجتماعی، دین و مذهب و ...، بسیار سخت و کند پیش می رود. مساله دیگر در فعالیت های فرهنگی، کمبود منابع مالی مناسب است که در بیشتر سازمان ها، از جمله محدود کننده ترین عوامل به شمار می رود.

دکتر جاوید خراسانی در ادامه بیان داشت: «در موسسه خراسان، با وجود محدودیت منابع مالی، تمام دغدغه و تلاش مسوولان بر ارتقای کیفیت آموزشی، ترویج شعائر و رفتارهای مناسب دانشجویی و حل مشکلات تحصیلی و گاه غیردرسی دانشجویان متمرکز شده است و سعی بر این بوده است که توانایی ها و علاقه مندی های مختلف دانشجویان در تشکلهایی چون بسیج دانشجویی، تشکل دانشجویی خیریه ماعون، کانون هنر و رسانه خاتم، کانون

مشهد می باشد که دلسوزانه و با بهره گیری از تعداد قابل توجهی مشاور متخصص، زبده، مجرب و آشنا با ویژگی های دانشجویان، به آنها در زمینه های فکری، درسی، خانوادگی، شغلی و حتی حقوقی خدمت رسانی می کند».



دکتر جاوید خراسانی:

در موسسه خراسان، تمام دغدغه و تلاش مسوولان بر ارتقای کیفیت آموزشی، ترویج شعائر و رفتارهای مناسب دانشجویی و حل مشکلات تحصیلی و گاه غیردرسی دانشجویان متمرکز شده است

تربیت بدنی، کانون همیاران سلامت، کانون مهدویت، کانون قرآن و عترت، کانون فارغ التحصیلان و ... و نیز در انجمن های علمی مورد توجه و حمایت قرار گیرد. در این تشکلهای و انجمن ها، فرصت تجربه برگزاری همایش ها، کارگاه های آموزشی، مسابقات ورزشی، مراسم مذهبی، جشن ها و ... برای دانشجویان با استفاده از امکانات موسسه، در زیر چتر حمایتی مسوولان موسسه آموزش عالی خراسان و بهره مندی از تجربه فراوان و همفکری و همراهی ایشان، فراهم شده است».

لازم به ذکر است که انجمن علمی برق موسسه در سومین جشنواره سراسری حرکت، در بین موسسات آموزش عالی غیردولتی، رتبه نخست را کسب نموده است. دکتر خراسانی در پایان گفت: «از جمله حمایت های اجتماعی موسسه خراسان از دانشجویان عزیز، می توان به حمایت مادی از فرزندان خانواده های ارزشمند شهدا و ایثارگران، ورزشکاران، دانشجویان ممتاز و کارآفرین و نیز فعال سازی مرکز مشاوره دانشجویی اشاره نمود. مرکز مشاوره این موسسه، از جمله معدود مراکز فعال و توانمند در بین موسسات غیرانتفاعی سطح

*نام و نام خانوادگی (به فارسی) :

نام خانوادگی:	نام:
---------------	------

*نام و نام خانوادگی (به انگلیسی) :

[illegible]

شماره شناسنامه : * شماره ملی : نام پدر :

تاریخ تولد: محل تولد:

سوابق تحصیلی	گرایش تحصیل	دانشگاه محل تحصیل / شهر / کشور	توضیحات
دانشجو			مقطع:
کارشناسی			سال:
کارشناسی ارشد			سال:
دکتر			سال:

(کلیه رشته های مهندسی در گرایشهای برق و الکترونیک، کامپیوتر، مهندسی پزشکی و نظائر آن مجاز به ثبت نام می باشند)

..... سمت و محل کار :

..... آدرس مکاتبه ای:

.....*پست الکترونیکی:

شماره تلفن: * شماره همراه: شماره دورنگار:

مدارک مورد نیاز :

فرم درخواست عضویت حقیقی (تکمیل موارد * دار الزامیست)، یک قطعه عکس ۳ در ۴، یکبرگ فتوکپی آخرین مدرک تحصیلی (برای دانشجویان تنها گواهی اشتغال به تحصیل کافیست)، یکبرگ فتوکپی صفحه اول شناسنامه و صفحات توضیح دار، یکبرگ کپی کارت ملی، اصل فیش بانکی به مبلغ ۳۰۰/۰۰۰ ریال بابت حق عضویت دو ساله که به حساب جاری سیبا با شماره ۰۱۰۸۱۶۴۸۲۱۰۰۱ بانک ملی ایران به نام انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران واریز گردد. حق عضویت دانشجویان برای این مدت ۱۶۰/۰۰۰ ریال می باشد و خلاصه ای از فعالیتهای علمی و پژوهشی، لیست مقالات و تالیفات و همچنین زمینه مورد علاقه جهت همکاری در انجمن.

امضاء :

نوع عضویت :	شماره عضویت :	تاریخ عضویت :
-------------	---------------	---------------

آدرس: مشهد، بلوار وکیل آباد، نشی بلوار امامت، مجتمع فرهنگی ورزشی شرکت برق منطقه ای خراسان

تلفن: ۰۵۱-۳۶۱۰۳۸۵۷ دور نگار: ۰۵۱-۳۶۱۰۳۸۵۸

وب سایت : www.kiaeee.ir پست الکترونیک : info@kiaeee.ir



درخواست اشتراک نشریه عصر برق

(لطفاً کپی این فرم را به‌طور خوانا و دقیق تکمیل فرمایید)

شماره اشتراک:

شماره اشتراک قبل:

(مشخصات متقاضی)

نام شرکت/موسسه:

نام خانوادگی:

نام:

شغل: میزان تحصیلات: رشته تحصیلی:

استان: شهر: بلوار: خیابان:

کوچه: پلاک: طبقه: واحد: کد پستی:

صندوق پستی: پست الکترونیک: تلفن:

نمابر: پیش شماره: تلفن همراه:

تعداد نسخه در هر نوبت: ☐ ارسال از شماره: ☐ شماره‌های قبلی مورد درخواست:

سرویس پست: عادی ☐ سفارشی ☐ ارسال به: نشانی پستی ☐ صندوق پستی ☐

مبلغ واریزی: شماره رسید بانکی: بانک/شعبه:

برای برقراری اشتراک نشریه عصر برق، هزینه اشتراک مورد نظر را از جدول زیر انتخاب نموده و به حساب ۴۰۶۵۳۷۹۲۷ نزد بانک تجارت شعبه برق (قابل پرداخت در همه شعب بانک تجارت) به نام نشریه عصر برق واریز و رسید مربوطه را به همراه برگ تکمیل شده درخواست اشتراک به نشانی: مشهد. پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی گروه برق ارسال فرمایید.

هم‌چنین برای جلوگیری از عملیات پستی و سهولت کار می‌توانید فرم تکمیل شده را به‌وسیله نمابر به شماره ۰۵۱-۳۶۱۰۳۸۵۸ ارسال فرمایید.

پست سفارشی ☐ پست عادی ☐

یکساله ☐ ۲۵۰,۰۰۰ ریال ☐ ۳۰۰,۰۰۰ ریال ☐

تذکر: اشتراک بیش از یک سال پذیرفته نمی‌شود.



دانشجویان محترم، اساتید گرامی و فرهنگیان عزیز در صورت تمایل می‌توانند مبلغ فوق را پس از کسر ۱۰٪ واریز فرمایند. نسخه الکترونیکی شماره‌های قبلی نشریه در سایت انجمن موجود است و برای دریافت نسخه چاپی شماره‌های قبلی نشریه به ازای هر شماره مبلغ ۵۰,۰۰۰ ریال به حساب واریز گردد.