زمستان ۱۴۰۱
سال یازدهم

کهربا

فصلنامه تخصصی مهندسی برق و کامپیوتر



ISSN :2322-3723

شماره سی و هشتم

kahrobaonline.ir
Journal of Electrical and Computer Engineering

مبانی و اصول پروتکل ارتباطی DNP3

تزریق کدهای SQL و راه های مقابله با آن

بررسی آتوفلویدیک ها و عملکردشان در بیوفوتونیک

جایابی بهینه منابع پراکنده با در نظر گرفتن مدل احتمالی بار

اجرای عایق توپولوژیکی فوتونیک با استفاده از فیبر کریستال فوتونی در رژیم مرئی

ارایه یک روش حفاظت گسترده بر مبنای اطلاعات فازوری جهت پیش بینی جزیره شدگی غیرعمدی در سیستم قدرت

شماره مجوز وزارت فرهنگ و ارشاداسلامی ۷۷۸۲۱

مجله تخصصی مهندسی برق و کامپیوتر

سال یازدهم

شماره سی‌و هشتم

زمستان ۱۴۰۱



صاحب‌امتیاز

سایت نواندیشان

مدیرمسئول

مهدی عارف خیابانی

سردبیر

امین شیخ نجدی

هیئت تحریریه

دکتر امیرحسین رحمانی – دکترای برق قدرت- استاددانشگاه‌های جندی شاپور دزفول و آزاد اسلامی‌واحد درفول

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

دکتر محمد دوستی زاده- دکترای برق، قدرت- استاد دانشگاه آزاد اسلامی‌خرم آباد

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

مهندس امین شیخ نجدی-کارشناسی ارشد برق الکترونیک- استادیار مدعو گروه الکترونیک دانشگاه‌های شهدا اهواز، جندی شاپور دزفول، عصاریان دزفول و آزاد اسلامی‌واحد دزفول

دکتر موسی مجرد- دکترای کامپیوتر-نرم افزار – هیئت علمی‌دانشگاه فیروزآباد، رئیس دانشگاه آزاد اسلامی‌فراشبند

مهندس محمدحسین دوست محمدی- کارشناسی ارشد برق الکترونیک – هیئت علمی(مربی) دانشگاه صنعتی همدان

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

مهندس آزاد رحیمی- کارشناسی ارشد برق قدرت- هیئت علمی (مربی) و مدیرگروه دانشگاه فنی و حرفه‌ای سنندج

درباره کهربا	۳
یادداشت مدیرمسئول	۴
آشنایی با مشاهیر	
دکتر همایون سراجی – دانشمند ارشد رباتیک ناسا	۵
مقالات	
جایابی بهینه منابع تولید پراکنده با در نظر گرفتن مدل احتمالی بار سلمان نصرالهی، شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد عباس صابری نوقابی، شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد عباس آذری، شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد	۷
تزریق کدهای SQL و راه‌های مقابله با آن میلاد کرمی، کارشناس ارشد مهندسی نرم‌افزار علی پارسا، کارشناس مهندسی نرم‌افزار	۱۳
ارایه ی یک روش حفاظت گسترده بر مبنای اطلاعات فازوری جهت پیش بینی جزیره شدگی غیرعمدی در سیستم قدرت تورج امرایی، استاد برق دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی صادق کمالی، دکترای برق قدرت دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی	۱۸
بررسی آتوفلویدیک‌ها و عملکردشان در بیوفوتونیک مهران کریمیان ریزی، کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی مریم فریور، کارشناسی ارشد مهندسی برق الکترونیک	۲۸
مبانی و اصول پروتکل ارتباطی DNP3 سیده مهسا سرائی، کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات میدان و امواج	۳۳
اجرای عایق توپولوژیکی فوتونیک با استفاده از فیبر کریستال فوتونی در رژیم مرئی مهران کریمیان ریزی، کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی مریم فریور، کارشناسی ارشد مهندسی برق الکترونیک	۴۰
ارتباط با کهربا	۴۴

درباره کهربا

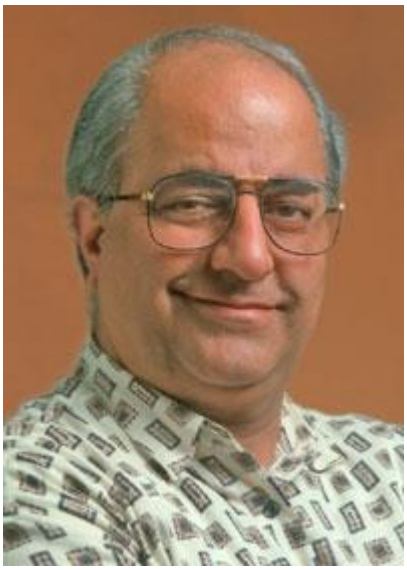
مجله الکترونیکی کهربا، با همت و تلاش جمعی از دانشجویان و مهندسین برق، بخصوص اعضای انجمن علمی‌و پژوهشی نواندیشان، در سال هزار و سیصد و نود شروع به کارکرد. کهربا از سال ۹۱ با کسب شماره بین‌المللی استاندارد مجلات (ISSN:۲۳۲۲-۳۷۲۳) و ثبت در سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران، به‌عنوان فصلنامه‌ای رسمی و تخصصی در حوزه صنعت برق شناخته‌شده است. این نشریه تخصصی در سال ۹۵ موفق به اخذ پروانه انتشار از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، با مجوز شماره ۷۷۸۲۱ و ثبت در سامانه جامع رسانه‌های کشور(e-rasaneh) و بانک اطلاعات نشریات کشور(magiran) گردید. در سال ۹۷ طی تفاهم‌نامه‌ای با بانک مقالات کشور (سیویلیکا) مورد حمایت این پایگاه قرارگرفته و مقالات ارائه‌شده به نشریه پس از انتشار در سیویلیکا نمایه شده و در نظام رتبه‌بندی دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند.

یادداشت مدیرمسئول

در یازدهمین زمستان از فعالیت نشریه کهربا و پس از انتشار سی‌و هفت شماره از مجله مفتخریم با انتشار سی‌وهشتمین شماره از این نشریه در خدمت علاقه‌مندان این مجله تخصصی باشیم. تلاش ما از روز نخست، جمع‌آوری، تهیه و ارائه مطالبی ساده و کاربردی، درعین‌حال تخصصی، به قشر فرهیخته دانش‌پژوه و کسانی که مشتاق به دانستن علوم مهندسی برق و الکترونیک یا کامپیوتر هستند، بوده است. امید است با هدایت و راهنمایی شما هر شماره بهتر و پخته‌تر از شماره پیشین گردد. امید است که باهمت و همیاری دوستان بتوانیم قدمی‌هرچند کوچک، جهت جلب رضایت و بالا بردن سطح دانش شما برداریم؛ و روزبه‌روز شاهد پیشرفت و موفقیت‌های شما عزیزان باشیم.

آشنایی با مشاهیر

دکتر همایون سراجی– دانشمند ارشد رباتیک ناسا



دکتر همایون سراجی، دانشمند ارشد رباتیک ناسا و از اساتید سابق دانشگاه صنعتی شریف که از مدیران تیم‌های رباتیک و کنترل کاوشگرهای فضایی ناسا بود،در سال ۱۳۸۶ و در سن ۶۰ سالگی در کالیفرنیا درگذشت. مرحوم دکتر سراجی در بسیاری از ماموریت‌های کاوشگرهای رباتیک ناسا از جمله ماموریت استثنایی کاوشگرهای دوقلوی «روح» و «فرصت» که زیر نظر دکتر فیروز نادری رییس وقت ماموریت‌های مریخ ناسا اجرا شد، مشارکت داشت و با ارائه طرح‌ها و روش‌های ابتکاری نقش مهمی در پیشبرد این ماموریت‌های بزرگ فضایی ایفا کرد.

دکتر سراجی در سال ۱۳۲۶در تهران متولد شد و تحصیلات خود را تا اخذ دیپلم در داخل کشور ادامه داد. وی در سال ۱۳۴۸ با اخذ مدرک کارشناسی در رشته الکترونیک با رتبه اول از دانشگاه سوزکز Sussex در انگلیس فارغ التحصیل شد و در سال ۱۹۷۲ مدرک دکتری خود را در رشته سیستم‌های کنترل از دانشگاه کمبریج در انگلیس اخذ کرد. سراجی بعنوان محقق در کالج سنت جان در کمبریج انتخاب شده بود و به مدت دو سال به تدریس و انجام تحقیقات فوق دکتری مشغول بود.

وی در سال ۱۹۷۴ به عنوان استاد مهندسی برق به هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف پیوست و مدت ۱۰ سال در رشته سیستم‌های کنترل تحقیق و تدریس کرد. دکتر سراجی در سال ۱۹۸۴ به عنوان دانشمند ممتاز سازمان ملل انتخاب شد و یک سال را به عنوان استاد میهمان در دانشگاه نیومکزیکو در آمریکا گذراند. وی در طول ۱۳ سال فعالیت دانشگاهی، مقالات متعددی در زمینه سیستم‌های کنترل چند گونه با تمرکز بر روی کنترل نوری، استقرار قطب، کنترل کننده‌های چند گونه PID و تنظیم خروجی، منتشر کرده است.

دکتر سراجی در سال ۱۹۸۵ به عنوان عضو ارشد فنی به آزمایشگاه پیشرانش جت JPL ناسا ملحق شد و به طور نیمه وقت نیز در موسسه فناوری کالیفرنیا Caltech تدریس می‌کرد. دکتر سراجی از سال ۱۹۹۱، سرپرستی و مدیریتی گروه تحقیقات تله رباتیک و کاربردهای آن را که متشکل از حدود ۲۰ مهندس و محقق بود، در مرکز JPL ناسا بر عهده داشت. وی طی فعالیتش در JPL، تحقیقات گسترده‌ای در حوزه سیستم‌های کنترل ربات به ویژه در بخش کنترل ربات تنظیم

www.kahrobaonline.ir

شونده، ردیابی ربات بر اساس دستور، کنترل ربات‌های ماهر، کنترل تماس، پیشگیری از برخورد بی درنگ و فرود ایمن فضاپیما انجام داد.

دکتر سراجی در سال ۱۹۹۲ جایزه دستاورد مهندسی استثنایی ناسا، در سال ۲۰۰۲ و ۱۹۹۱ جایزه دستاورد گروهی ناسا و از سال ۱۹۹۵ به بعد هشت جایزه عملیات فضایی اصلی ناسا را به خود اختصاص داد. همچنین در سال ۲۰۰۳ برای انتشار مقاله «تحقیقات برجسته» جایزه ادوارد استون آزمایشگاه JPL را دریافت کرد. دکتر سراجی در سال ۱۹۹۶ به دلیل تحقیقات فردی مهم در حوزه ی رباتیک به عنوان دانشمند ارشد تحقیقاتی در آزمایشگاه JPL منصوب شد. وی در سال ۱۹۹۷ برای تحقیقاتش در زمینه فناوری کنترل رباتیک و کاربردهای فضایی آن عضو محقق انجمن IEEE شد. در سال ۲۰۰۳ نیز وی با عنوان پرمقاله ترین نویسنده در تاریخ ۲۰ ساله Journal of Robotic System شناخته شد.

www.kahrobaonline.ir

KN0-0904-3801

جایابی بهینه منابع تولید پراکنده با در نظر گرفتن مدل احتمالی بار

سلمان نصرالهی[۱]، عباس صابری نوقابی[۲] ، عباس آذری [۳]
[۱] شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد، nasrollahi_s@yahoo.com
[۲] شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد ، abb.saberi@yahoo.com
[۳] شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد ، a.azary29@gmail.com

چکیده - گسترش شهرهای بزرگ و تقاضای روزافزون مصرف برق، استفاده از منابع تجدید پذیر را در نقاط مختلف شبکه رایج نموده است. بنابراین با رشد روزافزون سهم تولیدات پراکنده در تامین انرژی الکتریکی، روش های بهینه سازی متفاوتی جهت یافتن مکان و ظرفیت بهینه منابع تولید پراکنده ارائه گردیده است. در اکثر این روش ها مدل بار به صورت ثابت در نظر گرفته شده است اما مدل بار می تواند تاثیر بسزایی بر مکان و اندازه منابع تولید پراکنده داشته باشد. در این مقاله عدم قطعیت در منحنی تداوم بار به صورت احتمالی با استفاده از توزیع نرمال مدلسازی گردیده است. روش مونت کارلو به منظور شبیه سازی مدل احتمالی بار استفاده شده است. تابع هدف به صورت یک تابع هزینه شامل هزینه تلفات انرژی سالیانه شبکه ، هزینه انرژی تامین نشده سالیانه و هزینه سالیانه DG در نظر گرفته شده است و همچنین در مسئله جایابی به بررسی قیود محدودیت ولتاژ و توان عبوری از خطوط می پردازیم. از روش الگوریتم ژنتیک به منظور حل مسئله جایابی بهینه DG استفاده گردیده و روش پیشنهادی به شبکه ۳۴ شینه IEEE اعمال شده و اهمیت مدلسازی احتمالی بار سالیانه بر مکان و اندازه DG نشان داده شده است.

کلید واژه- جایابی منابع تولید پراکنده، عدم قطعیت بار ، توزیع احتمالی بار ، روش مونت کارلو ، الگوریتم ژنتیک

۳- مقدمه

امروزه حضور منابع تولید پراکنده در سیستم توزیع امکان رسیدن به عملکرد قابل انعطاف و بهره برداری بهتر از لحاظ اقتصادی و فنی را مهیا ساخته است. نصب DG در شبکه توزیع از یک طرف در تامین دیماند مصرفی برای بخش خصوصی موثر بوده و از طرفی دیگر باعث کاهش تلفات انرژی ، بهبود قابلیت اطمینان و اصلاح ولتاژ می گردد.

مقالات زیادی در زمینه جایابی منابع تولید پراکنده ارائه شده است [۱-۶] . در برخی از مراجع کاهش تلفات توان به عنوان هدف اصلی در نظر گرفته شده و بار به صورت ثابت مدل گردیده است [۱و۲]. در حالی که اندازه بار در تعیین مکان بهینه منابع تولید پراکنده بسیار موثر است[۱]. در مرجع [۲] اندازه و مکان DG با در نظر گرفتن یک مساله بهینه سازی چند هدفه تعیین می گردد.

در این مقاله هزینه توسعه شبکه، هزینه انرژی خریداری شده، هزینه تلفات انرژی، هزینه انرژی تامین نشده در تابع هدف منظور گردیده و یک روش الگوریتم GA برای حل مسئله ارائه شده و نشان داده شده که هماهنگی بین منابع تولید پراکنده و شبکه توزیع می تواند در کاهش هزینه ها موثر باشد. در نظر گرفتن بار با مدل ثابت در شبکه توزیع می تواند نتایج نادرستی را در مسئله جایابی DG به همراه داشته باشد[1].در مقالات [۳-۶] بار به صورت منحنی تداوم بار (به شکل چند پله‌ای) مدل گردیده است. در مقالات [۳و۴] نیروگاه بادی به عنوان منابع تولید پراکنده منظور گردیده و سرعت باد به صورت یک متغییر تصادفی مدلسازی شده است. نتایج نشان داده، محل بهینه DG به رفتار منبع انرژی تجدید پذیر وابسته بوده و جایابی بهینه DG در کاهش تلفات توان و بعلاوه سرمایه گذاری برای انرژی های نو برای تامین رشد دیماند آینده تاثیر گذار می باشد. از آنجا که استفاده از منابع تولید پراکنده، هزینه نصب و بهره برداری از آنها را به شبکه تحمیل می نماید در

مرجع [۵] تابع سود، برای جایابی بهینه DG استفاده گردیده و منحنی بار در سه حالت مختلف (پیک بار، متوسط بار، کم باری) مورد بررسی قرار گرفته است. در این مقاله از روش برنامه ریزی دینامیک برای حل مسئله استفاده گردیده و ماکزیمم سود با کاهش تلفات و قابلیت اطمینان حاصل شده است.

در مرجع[۶] علاوه بر کاهش هزینه های مالی، ریسک های فنی و اقتصادی و نیز قیمت فروش برق به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده است. حل مسئله جایابی DG با استفاده از روش بهینه چندهدفه انجام پذیرفته است. نتایج نشان داده، تابع هدف چند هدفه ابزار تصمیم گیری مطلوب تری در شبکه توزیع فراهم می کند.

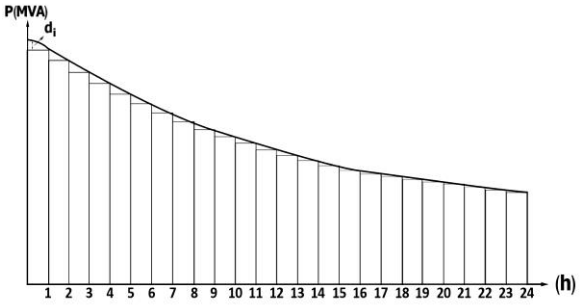
میزان بار با شرایط اقلیمی و آب و هوا در فصول سال متغییر می باشد. یافتن منحنی بار دقیق برای مشترکین توزیع در عمل امکان پذیر نبوده و در منحنی بار درصدی عدم قطعیت وجود دارد. در این مقاله عدم قطعیت بار ، به صورت احتمالاتی مدل گردیده است. روش مونت کارلو به منظور شبیه سازی منحنی سالیانه بار احتمالی استفاده شده است. تابع هدف در این مقاله بهبود قابلیت اطمینان، تلفات انرژی و هزینه های نصب و بهره برداری منظور شده است. نهایتا از روش الگوریتم ژنتیک به منظور تعیین مکان و اندازه بهینه منابع تولید پراکنده استفاده گردیده است

۴- مدل بار

در شبکه توزیع بار شامل مصارف مشترکین تجاری، صنعتی و مسکونی می باشد. مصرف این مشترکین در طول روز، ماه و سال متغییر بوده و برای هر مشترک از الگوی خاصی پیروی می کند. در این مقاله مدل بار به صورت منحنی تداوم بار سالیانه مشترکین در نظر گرفته شده است.

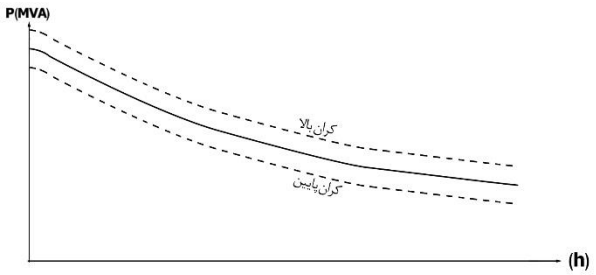
یک نمونه منحنی تداوم بار سالیانه در شکل (۱) آورده شده است. به منظور مدلسازی بار در مسئله جایابی می بایست این منحنی به صورت گسسته مدل گردد. هر چه تعداد سطوح در نظرگرفته شده بیشتر باشد، محاسبات دقیق تر خواهد بود.در این مطالعه منحنی تداوم بار مطابق شکل(۱) در ۲۴ پله در نظر گرفته شده است.

منحنی بار در مساله جایابی DG با بکارگیری روشهای برآورد بار تعیین می شود. روش های مختلف برآورد بار همواره در صدی خطا دارد. به عبارت دیگر منحنی بار در شبکه توزیع به صورت قطعی مشخص نبوده بلکه دارای درصدی عدم قطعیت است .



شکل۱ : منحنی تداوم بار

عدم قطعیت در هر نقطه از منحنی بار را می توان با یک کران بالا و پائین در آن نقطه نشان داد. بنابراین دو منحنی بار جدید به عنوان کران بالا و پایین منحنی تداوم بار مطابق شکل (۲) تعریف می گردد. چون توزیع بار بین کران بالا و پایین به صورت قطعی مشخص نبوده در این مقاله از تابع توزیع نرمال به منظور مدلسازی توزیع بار استفاده گردیده است.



شکل ۲ : کران بالا و پایین منحنی تداوم بار

تابع چگالی احتمال توزیع نرمال از متداولترین توزیع های احتمال می باشند که در اغلب مراجع برای حل مسئله عدم قطعیت از آن استفاده شده است[۷و۸]. تابع چگالی احتمال توزیع نرمال طبق رابطه (۱) دارای دو پارامتر است که یکی تعیین کننده میانگین (μ) و دیگری تعیین کننده انحراف معیار(σ) توزیع هستند.

$$f(x;\mu,\sigma^2)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}\,e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)},\ x\in R \qquad (۱)$$

۵- بیان ریاضی مسئله

هدف از جایابی بهینه منابع تولید پراکنده، تعیین مکان ، تعداد و ظرفیت بهینه هر یک از منابع تولید پراکنده در شبکه توزیع است. به نحوی که تابع هدف مسئله حداقل گردیده و قیود آن رعایت شود. در این مقاله ، مدل بار متغیر با زمان، با در نظر گرفتن عدم قطعیت، به صورت احتمالی مدل گردیده است لذا تابع هدف مسئله نیز به صورت احتمالی بدست می آید که شامل آیتم های

زیر می باشد.

انرژی تلفات سالیانه احتمالی ($\tilde{E}_{loss}$)

انرژی تامین نشده سالیانه احتمالی ($\widetilde{ENS}$)

هزینه نصب واحدهای DG (IC)

هزینه بهره برداری واحدهای DG (MC)

بنابراین تابع هدف احتمالی مسئله جایابی بهینه تولید پراکنده به صورت زیر تعریف می گردد.

$$\tilde{F} = [c_{loss}(\tilde{E}_{loss} + \widetilde{ENS}) + IC + MC)] \quad (۲)$$

در این رابطه c_{loss} قیمت هر MWh انرژی الکتریکی می باشد.

قیود مسئله شامل موارد زیر است:

محدودیت ولتاژ

$$V_{min} \le \tilde{V}_i \le V_{max} \quad (۳)$$

$\tilde{V}_i$ ولتاژ احتمالی شین i ام

V_{min} حد پائین مجاز ولتاژ در هر شین بر حسب pu و V_{max} حد بالای مجاز ولتاژ در هر شین برحسب pu

محدودیت توان عبوری از خطوط

$$|\tilde{s}_{ij}| \le s_{ij}^{max} \quad (۴)$$

$\tilde{s}_{ij}$ توان ظاهری احتمالی عبوری از خط بین شین های i و j برحسب pu و s_{ij}^{max} توان ظاهری مجاز خط بر حسب pu می باشد.

۶- شبیه سازی مونت کارلو

برای تعیین مقدار تابع هدف برای هر کروموزم لازم است مسئله پخش بار حل گردد. اما اطلاعات ورودی پخش بار از جمله منحنی تداوم بار شین‌ها به صورت قطعی مشخص نبوده و به صورت احتمالی با توزیع نرمال مدلسازی گردیده است. لذا پخش بار احتمالی به منظور محاسبه تلفات شبکه، ولتاژ شین‌ها و توان عبوری از خطوط در مدلسازی جدید پیشنهاد می گردد. یکی از روش های حل پخش بار احتمالی استفاده از روش تکرار مونت کارلو می باشد [۹و۱۰]. از روش مونت کارلو جزء روشهای شبیه سازی احتمالاتی محسوب می شود. د این روش شبیه سازی به صورت پیاپی به ازای مقادیر مختلف عدم‌قطعیت تکرار گردیده و نهایتا کران بالا و پایین و توزیع متغیرهای خروجی محاسبه می گردد.

در این مطالعه از روش مونت کارلو به منظور حل مساله پخش بار احتمال استفاده گردیده است. اندازه بار به صورت تصادفی با استفاده از مدل توزیع نرمال بار بین کران بالا و پائین در هر سطح مطابق شکل (۲) تعیین می گردد. سپس پخش بار برای این مقادیر بار انجام شده تا تلفات شبکه، انرژی تامین نشده، ولتاژ شین‌ها و توان عبوری از خطوط محاسبه گردد. این فرایند با تعداد دفعات زیاد برای هر سطح بار تکرار گردیده تا نهایتا کران بالا و پائین و توزیع احتمالی متغیرهای خروجی پخش بار برای هر سطح بار محاسبه گردد. این روند برای سطوح دیگر بار نیز تکرار می گردد تا تابع هدف کلی محاسبه و قیود مساله بررسی گردد. تعداد تکرار مونت کارلو باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا تمام نقاط منحنی توزیع نرمال را پوشش دهد.

۷- ۱-۳- هزینه کاهش تلفات انرژی سالیانه

یکی از مزایای نصب تولید پراکنده کاهش تلفات در شبکه می باشد. با نصب منابع تولید پراکنده در محل مناسب، بخشی از بار شبکه توسط این منابع تأمین شده و جریان عبوری از خطوط تغییر کرده و تلفات خطوط نیز تغییر می کند. لذا تلفات احتمالی انرژی سالیانه (E_{loss} بر حسب MWh/year) در فرمول (۵) قابل محاسبه است.

$$\tilde{E}_{loss} = \sum_{k=1}^{3}(\sum_{L=1}^{n_line} r_L \frac{\tilde{P}_{LK}^2+\tilde{Q}_{LK}^2}{\tilde{V}_{LK}^2}) * t_k \quad (۵)$$

$\tilde{P}_{LK}$ و $\tilde{Q}_{LK}$ به ترتیب توان احتمالی اکتیو و راکتیو عبوری از خط L ام در پله بار k ام ، n_line تعداد خط ، r_L و $\tilde{V}_{LK}$ به ترتیب اندازه مقاومت خط L ام و ولتاژ شین ابتدای خط L در سطح بار kام می باشد.

۲-۳- هزینه انرژی تامین نشده

با نصب DG در مکان مناسب، امکان بازیابی بار ها با در نظر گرفتن نوع خطا مهیا می گردد. بنابراین با حضور DG زمان خاموشی مشترکین کاهش یافته و انرژی تامین نشده سالیانه کاهش می یابد. انرژی تامین نشده سالیانه با رابطه (۵) قابل محاسبه است.

$$\widetilde{ENS} = \sum F_i * L_i \,(\sum_{j=1}^{n_{fault}} \tilde{P}_{L1j} * sw + \sum_{j=1}^{n_{fault}} \tilde{P}_{L2j} * re) \quad (۶)$$

در این رابطه F_i نرخ خرابی در بخش i ام فیدر در یکسال برای واحد طول خط ، L_i طول بخش i ام فیدر، $\tilde{P}_{L1j}$ بخشی از بار در نقطه بار j ام است که با وصل مجدد DG تامین گردیده و $\tilde{P}_{L2j}$ بخشی از بار در نقطه بار j ام است که تا پایان مدت تعمیر از شبکه جدا هستند. sw مدت زمان برای کلیدزنی و وصل مجدد DG در نقطه بار j ام، re مدت زمان برای تعمیر خرابی در نقطه بار j ام است.

۳-۳ - شاخص هزینه DG

هزینه DG شامل هزینه نصب و بهره برداری به صورت سالیانه مطابق روابط (۷ و ۸) محاسبه گردیده و در تابع هدف قرار می گیرد.

$$(۷) IC = \sum_{i=1}^{NN} C_{DG-ins} * P_{DG}(i)$$

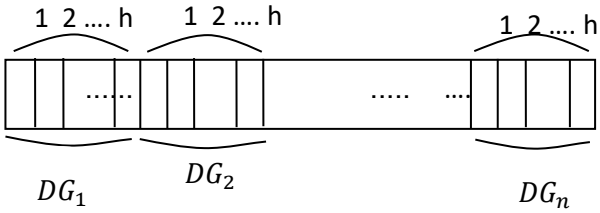
$$(۸) MC = \sum_{i=1}^{NN} C_{DG-main} * P_{DG}(i)$$

در این رابطه C_{DG-ins} هزینه نصب و راه اندازی DG ($/MVA.year)، $C_{DG_{main}}$ هزینه تعمیر و نگهداری DG ($/MVA.year) و NN تعداد کل DG های شبکه ، $P_{DG}(i)$ توان تولیدی DG ، i ام بر حسب MVA می باشد.

۴-الگوریتم حل مسئله

الگوریتم ژنتیک، یک روش جستجوی تصادفی است که می تواند برای حل معادلات بهینه سازی غیرخطی و پیچیده بکار گرفته شود. این الگوریتم با استفاده از اعداد تصادفی و بر مبنای انتخاب طبیعی عمل می کند.

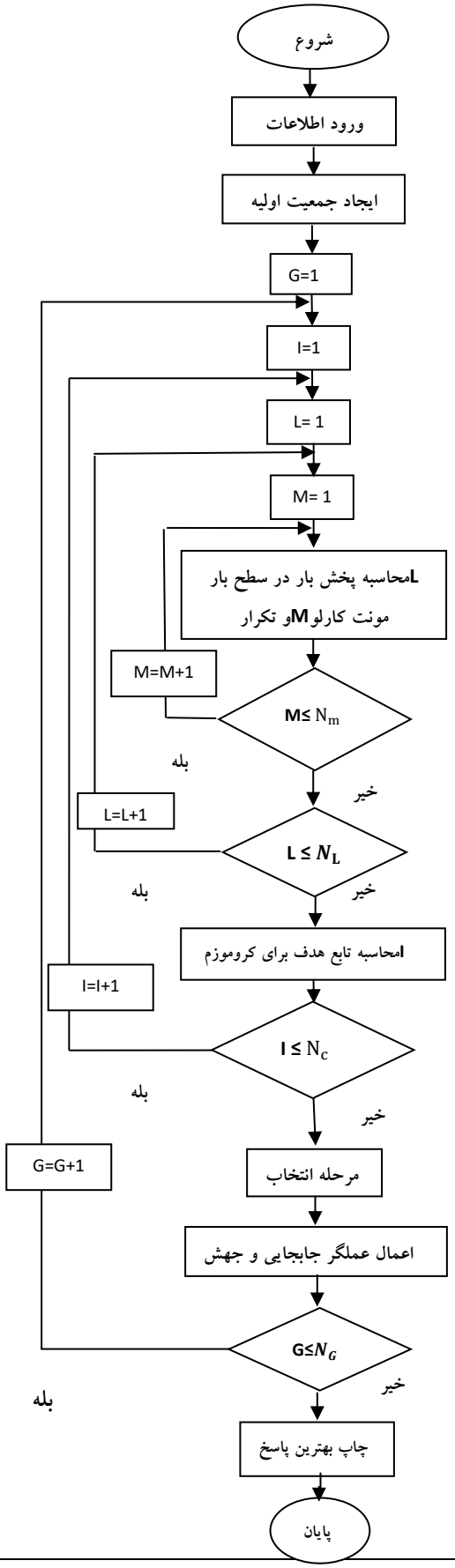
در این مطالعه، از الگوریتم ژنتیک برای تعیین مکان و اندازه بهینه DG استفاده گردیده است.کدگذاری هر کروموزم برای مسئله جایابی DG به صورت شکل زیر است.



شکل۳ : کدگذاری کروموزم

این کرموزوم دارای n خانه است. (n تعداد شین های کاندید نصب DG می باشد) و عدد داخل آن خانه نشان دهنده ظرفیت DG نصب شده روی آن شین می باشد که پبه صورت یک عدد باینری با تعداد h بیت کدگذاری گردیده است. اگر عدد داخل یک خانه صفر باشد مفهوم آن این است که در آن شین DG نصب نشده است.

الگوریتم حل مسئله جایابی بهینه DG مطابق شکل(۴) می باشد. در این الگوریتم جمعیت اولیه به صورت تصادفی تعیین می گردد. هر جمعیت شامل تعدادی کروموزم (N_C) مطابق شکل (۳) است. هر کروموزم یک پاسخ از مسئله جایابی DG می باشد که مکان و ظرفیت DG هایپ روی هر شین را نشان می دهد. برای هر کروموزم در جمعیت پخش بار احتمالی در تمام سطوح با توجه به الگوریتم مونت کارلو بخش ۴ انجام شده و مقدار تابع هدف مطابق رابطه (۲) محاسبه و قیود بررسی می گردد.



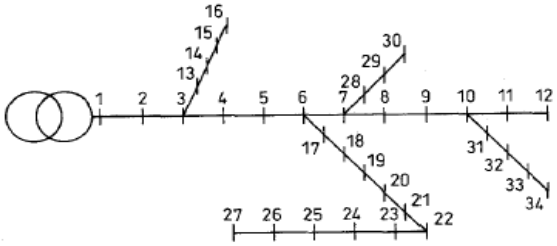
شکل ۴ : الگوریتم پیشنهادی حل مسئله

این فرایند برای تمام کروموزم های جمعیت تکرار می شود تا مقدار برازندگی براساس تابع هدف تعیین گردد. سپس تعدادی از کرموزم های بهتر (از لحاظ تابع هدف) انتخاب می گردند و عملگرهای ژنتیک (جابجایی- جهش) روی کروموزم های این جمعیت اعمال می شود تا نسل جدید تولید شود. در ادامه برای هر کروموزم نسل جدید، نیز تابع هدف محاسبه گردیده و این الگوریتم همچنان ادامه می یابد. شرط توقف الگوریتم تعداد تولید (N_G) در نظر گرفته شده است.

در این الگوریتم، G شماره نسل الگوریت ژنتیک، I شماره کروموزوم در هر نسل، L شماره سطح بار و M شماره تکرار مونت کارلو در آن سطح بار می‌باشد.

۵- نتایج عددی

جهت پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی شبکه ۳۴ شین شکل (۵) به عنوان شبکه نمونه انتخاب شده است. شبکه ۳۴ شینه با ساختار شعاعی دارای 33 نقطه بار و ۳۴ خط می باشد. اطلاعات مربوط به مقدار بار اکتیو و راکتیو روی شین های شبکه و همچنین مقادیر امپدانس خطوط شبکه های 34 شین به طور کامل در مرجع [۱۱] آورده شده است .



شکل۵ : سیستم ۳۴ شینه IEEE مورد مطالعه

در این مقاله محل منتخب حضور DG بروی شین های ۳ ، ۶ ، ۷ ، ۲۲ و ۱۰ در نظر گرفته شده است. با توجه به کدگذاری شکل (۳) هر کروموزم دارای ۵ خانه است (به تعداد شین های منتخب شبکه) و هر خانه به صورت یک متغیر ۲ بیتی در نظر گرفته شده که ظرفیت ۵۰۰ KW ، ۷۵۰ KW و۱ MW را مدل می نماید. انحراف از ولتاژ در شین ها حداکثر ($\pm 5\%$) و نرخ خرابی F_i مقدار ۸/۵، مدت زمان برای کلیدزنی و وصل مجدد DG ۰/۵ ساعت و مدت زمان برای تعمیر خرابی ۲ ساعت در نظر گرفته شده است. در جدول (۱) اطلاعات مربوط به قیمت هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی و هزینه نصب و بهره برداری سالیانه DG نشان داده است [5].

جدول ۱ : اطلاعات هزینه ها

مشخصات	واحد	مقدار
هزینه نصب و راه اندازی DG	$/MVA.year	۱۰۹۰۰
هزینه بهره برداری DG	$/MVA.year	۹۰۰
قیمت انرژی الکتریکی	$/MWh	۱۸۰

عدم قطعیت در بار به میزان حداکثر ($\pm 5\%$) و از روش مونت کارلو با ۱۰۰۰ بار تکرار به منظور شبیه‌سازی استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک با اندازه جمعیت ۱۰۰ ، تعداد تکرار ۲۰۰، احتمال جابه جایی و جهش به ترتیب ۰/۹ و ۰/۱۲۵ به این شبکه اعمال گردیده است.

به منظور تعیین میزان تاثیر هر یک از روش های مدلسازی بار الگوریتم پیشنهادی شکل ۴ در هر یک از حالت های زیر اعمال گردیده است.

الف) بدون نصب DG

ب) جایابی بهینه DG با مدل منحنی تداوم بار

ج) جایابی بهینه DG با مدل احتمالی منحنی تداوم بار

نتایج اجرای الگوریتم شامل مکان نصب DG ، اندازه آن، هزینه تلفات انرژی ، هزینه انرژی تامین نشده و هزینه های DG در جدول (۲) برای حالت های فوق، آورده شده است. در این جدول ظرفیت صفر نشان دهنده عدم نصب DG در آن شین است.

جدول ۲ : نتایج حاصل از حالت های الف، ب و ج

مدل بار	۳	٦	۷	۱۰	۲۲	هزینه‌تلفات	هزینه‌انرژی تامین‌نشده	هزینه DG	هزینه کل
حالت الف	۰	۰	۰	۰	۰	۷۱٤٦۰۰	۱٤۱۸۸	۰	۷۲۸۷۸۸
حالت ب	۰	۰/۷۵	۰	۰/۵	۱	۲۹۱۲۸۰	۹۰۲٤	۲٦۵۵۰	۳۲٦۸۵٤
حالت ج	۰	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۵	۱	۲۸۳۹۷۰	۷۸۷۰	۳۵٤۰۰	۳۲۷۲٤۰

با توجه به اینکه توزیع هزینه ها در حالت ج احتمالی بوده لذا مقادیر هزینه ها در جدول ۲ در حالت ج مقادیر متوسط هستند. نتایج حالت ج نسبت به حالت ب به دلیل مدلسازی کاملتر منحنی

تداوم بار (مدلسازی احتمالی) ، طبیعی است که محافظه کارانه‌تر باشد. نتایج عددی جدول ۲ نیز این را نشان می‌دهد که هزینه کل در حالت ج بیشتر از حالت ب شده است اما بسیار نزدیک به همدیگر است.

به منظور نشان دادن مزیت نتایج حالت ج نسبت به حالت ب، بار شبکه ۵ درصد افزایش یافته و برای دو حالت زیر پخش بار انجام شده و تابع هدف محاسبه و در جدول ۳ آورده شده است.

حالت ۱: نصب DGهای حالت ب

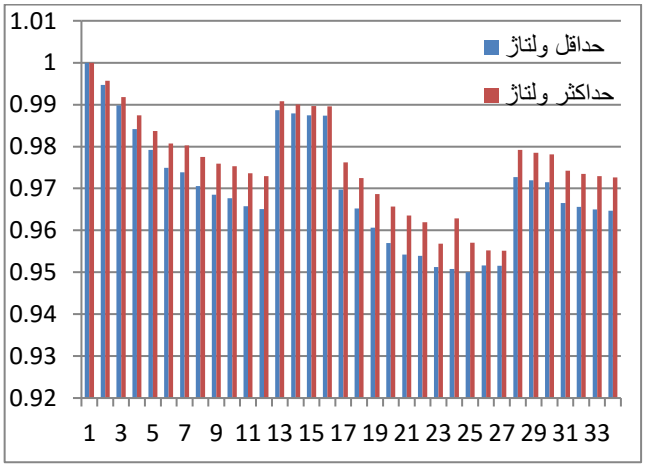
حالت ۲: نصب DGهای حالت ج

جدول ۳ : نتایج حاصل از حالت ۱ و ۲

مدل بار	۳	٦	۷	۱۰	۲۲	هزینه‌تلفات	هزینه‌انرژی تامین‌نشده	هزینه DG	هزینه کل
حالت۱	۰	۰/۷۵	۰	۰/۵	۱	۳۳۹۵۹۰	۹۷۳۳	۲٦۵۵۰	۳۷۵۸۷۳
حالت۲	۰	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۵	۱	۲۹۱۰۳۰	۸۰۱۲	۳۵٤۰۰	۳۳٤٤٤۲

مشاهده می‌گردد در حالت ۲ هزینه کل کمتر از حالت ۱ بوده که مزیت مدلسازی احتمالی نسبت به مدلسازی قطعی را نشان می-دهد.

نتایج حاصل از اعمال حالت ج شامل حداقل و حداکثر ولتاژ شینها در شکل (۶) آورده شده است. مشاهده می گردد ولتاژ شین‌ها به ازای تغییرات منحنی تداوم بار، در محدوده مجاز باقی می‌ماند.



شکل ۶ : نتایج ولتاژ ناشی از اعمال الگوریتم پیشنهادی

۶- نتیجه گیری

نصب و بهره برداری از منابع تولیدپراکنده در سیستم های توزیع اگر مبتنی بر بهینه سازی انجام گیرد، می تواند منافع فنی و اقتصادی قابل توجهی را برای شرکت های توزیع به همراه داشته باشد. مسئله جایابی بهینه منابع تولید پراکنده با هدف کاهش تلفات انرژی شبکه، انرژی تأمین نشده و با در نظر گرفتن هزینه های DG مورد بررسی قرارگرفت. با توجه به اینکه منحنی بار مشترکین به صورت قطعی مشخص نیست در این مقاله منحنی تداوم بار به صورت احتمالی مدل گردیده و از روش مونت کارلو به منظور شبیه سازی آن استفاده گردیده است. نتایج نشان داد در نظر گرفتن عدم قطعیت می تواند به نتایج مطمئن‌تر اما محافظه کارانه‌تر منجر گردد.

۷- مراجع

[1] D. Singh, R. K. Mishra, and D. Singh, “Effect of load models on distributedgeneration planning,” IEEE Trans. Power Syst., vol.22NO. 4, pp. 2204-2212,2007

[2] Celli .G., Ghaiani . E.,Mocci, S. et a1.:"A multiobjective evolutionary algorithm for the sizing and siting of distributed generation", IEEE Trans. Power Syst. , 2005, pp. 47-55 .

[3] A. Hadian, M-R. Haghifam, J. Zohrevand, E.Akhavan_Rezai,: "Probabilistic Approach for Renewable DG Placement inDistribution Systemswith Uncertain and Time Varying Loads", in Proc.2009 IEEE PES general meeting, Calgary,Alberta, 2009.

[4] A.Hadian and M-R. Haghifam: "Risk based DG placement with Consideration of Uncertainties in Generation, Load and Market Regulation", inProc., 2009 CIRED, Pruge, Czech, 2009.

[5] N. Khalesi, N. Rezaei, M.-R. Haghifam, "DG allocation with application of dynamic programming for loss reduction and reliability improvement" Electrical Power and Energy Systems 33 288 295,(2011)

[6] M.-R Haghifam, H.Falaghi, O.P. Malik,. "Riskbased distributed generation placement", IET Proc., Gener. Trans. Distrib ,pp. 252-260. 2007.

[7] H. K. Schmoller, Th. Hartmann, I. Kruck and , H. J. Haubrich, "Modeling power price uncertainty for midterm generation planning", presentation at 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23-26.

[8] R.Billinton, R.N.Allan,”Reliability Evaluation of power System”, 2th edition, Plenum Press, New York,1996

[9] Y. G. Hegazy, M. M. A. Salama, and A. Y. Chikhani, “Adequacy assessment of distributed generation systems using Mont Carlo simulation,” IEEE Trans. on Power System, vol. 18, no. 1, Feb. 2003, pp. 48 – 52

[10] A. Hadian, M-R. Haghifam, J. Zohrevand, E.Akhavan_Rezai,: "Probabilistic Approach for Renewable DG Placement inDistribution Systemswith Uncertain and Time Varying Loads", in Proc.2009 IEEE PES general meeting, Calgary,Alberta, 2009.

[11] M.Chis, M. M. A. Salama and S. Jayaram, “Capacitor Placement in distribution system using heuristic search strategies,” *IEE Proc-Gener, Transm, Distrib*, vol, 144, No.3, pp. 225-230, May 1997.

KN0-0904-3802

تزریق کدهای SQL و راه های مقابله با آن

میلاد کرمی [۱] karamimilad46@gmail.com
علی پارسا [۲] aria.parsa@gmail.com
[۱]میلاد کرمی کارشناس ارشد مهندسی نرم افزار دانشگاه یاسین
[۲]علی پارسا کارشناس مهندسی نرم افزار دانشگاه آفرینش

چکیده: تزریق کدهای SQL (SQLi) یک آسیب پذیری امنیتی وب است که به مهاجم اجازه می‌دهد در پرس و جوهایی که یک برنامه در پایگاه داده خود ایجاد می‌کند دخالت کند. به طور کلی به مهاجم اجازه می دهد تا داده هایی را مشاهده کند که معمولاً قادر به مشاهده آنها نیستند. این ممکن است شامل داده های متعلق به سایر کاربران یا هر داده دیگری باشد که خود برنامه قادر به دسترسی به آن باشد. در بسیاری از موارد یک مهاجم می‌تواند این داده‌ها را تغییر داده یا حذف کند و باعث تغییرات مداوم در محتوا یا رفتار برنامه شود، در برخی شرایط مهاجم می‌تواند یک حمله تزریق SQL را تشدید کند تا سرور زیربنایی یا دیگر زیرساخت‌های بک اند را به خطر بیاندازد.

کلید واژه‌ها: امنیت ، هک ،نفوذ ،پایگاه داده

۱. مقدمه

یک حمله موفقیت آمیز تزریق SQL می تواند منجر به دسترسی غیرمجاز به داده های حساس مانند رمز عبور، جزئیات کارت اعتباری یا اطلاعات شخصی کاربر شود. بسیاری از سرقت داده‌ها در سال‌های اخیر نتیجه حملات تزریق SQL بوده‌اند که منجر به آسیب به شهرت و جریمه‌های قانونی سرویس دهنده ها شده است. در برخی موارد مهاجم می‌تواند یک درب پشتی دائمی در سیستم‌های یک سازمان به دست آورد که می‌تواند برای مدت طولانی مورد توجه قرار نگیرد.

نمونه‌های تزریق SQL

طیف گسترده‌ای از آسیب‌پذیری‌ها ، حملات و تکنیک‌های تزریق SQL وجود دارد که در موقعیت‌های مختلف به وجود می‌آیند.

برخی از نمونه های رایج تزریق SQL عبارتند از:

بازیابی داده های پنهان ، که در آن می توانید یک پرس و جوی SQL را برای بازگرداندن نتایج اضافی تغییر دهید.

براندازی منطق برنامه ، که در آن می توانید یک پرس و جو را تغییر دهید تا با منطق برنامه تداخل داشته باشد.

حملات UNION ، که در آن می توانید داده ها را از جداول پایگاه داده مختلف بازیابی کنید.

بررسی پایگاه داده ، که در آن می توانید اطلاعات مربوط به نسخه و ساختار پایگاه داده را استخراج کنید.

تزریق کور SQL ، که در آن نتایج جستجویی که شما کنترل می‌کنید در پاسخ‌های برنامه برگردانده نمی‌شود.

بازیابی داده های پنهان

یک اپلیکیشن خرید را در نظر بگیرید که محصولات را در دسته های مختلف نمایش می دهد. وقتی کاربر روی دسته موبایل کلیک می کند، مرورگر او URL زیر را درخواست می کند:

https://Example.com/products?category=mobile

این باعث می شود که برنامه یک پرس و جوی SQL برای بازیابی جزئیات محصولات مربوطه از پایگاه داده ایجاد کند:

```
SELECT * FROM products WHERE category = '
mobile' AND released = 1
```

نتیجه کوئری فوق به صورت زیر خواهد بود :

تمام جزئیات از جدول محصولات که در آن دسته بندی برابر با موبایل و منتشر شده برابر با ۱ است.

محدودیت ۰ برای پنهان کردن محصولاتی که منتشر نشده اند استفاده می شود.

برای محصولات منتشر نشده این برنامه هیچ گونه دفاعی در برابر حملات تزریق SQL اجرا نمی کند، بنابراین یک مهاجم می تواند با تغییر URL حمله ای مانند زیر را انجام دهد :

https:// Example.com/products?category='mobile '--'

با تغییر URL دستور SQL که روی پایگاه داده اجرا میشود به صورت زیر خواهد بود :

```
SELECT * FROM products WHERE category = '
mobile'--' AND released = 1
```

نکته کلیدی در اینجا این است که دو خط تیره در SQL نشانگر نظر یا همان کامنت است ، به زبان ساده تر دستوراتی که بعد از دو خط تیره قرار میگیرند در نتیجه ی جستجو اعمال نمیشوند و SQL آنها را نادیده میگیرد و به طور موثر بقیه جستجو را حذف میکند ، بنابر این دیگر شامل AND محصولات منتشر شده نمیشود و همه محصولات از جمله محصولات منتشر نشده نمایش داده میشوند

در ادامه، یک مهاجم می‌تواند باعث شود که برنامه همه محصولات را در هر دسته‌ای نمایش دهد، از جمله دسته‌هایی که از آنها اطلاعی ندارد:

https://Example.com/products?category=mobile'+OR+1=1--

این منجر به پرس و جوی زیر می شود:

```
SELECT * FROM products WHERE category =
'mobile' OR 1=1--' AND released = 1
```

پرس و جو اصلاح شده همه مواردی را که در آن دسته موبایل برابر ۱۵ است برمی گرداند. از آنجایی که۱=۱ همیشه درست است، پرس و جو همه موارد را برمی گرداند.

براندازی منطق برنامه

برنامه ای را در نظر بگیرید که به کاربران امکان می دهد با نام کاربری و رمز عبور وارد شوند. اگر کاربر نام کاربری user1 و رمز عبور 12345 را ارسال کند، برنامه با انجام پرس و جوی SQL زیر اعتبار را بررسی می کند:

```
SELECT * FROM users WHERE username = 'user1'
AND password = '12345'
```

اگر پرس و جوی فوق جزئیات یک کاربر را برگرداند، ورود موفقیت آمیز است ، در غیر این صورت اجازه ورود را ندارد.

در اینجا یک مهاجم می تواند به عنوان هر کاربر بدون رمز عبور به سادگی با استفاده از دنباله نظرات SQL وارد شود ، به عنوان مثال با نام کاربری administrator و با استفاده از دو خط تیره برای حذف بررسی رمز عبور از عبارت WHERE منجر به درخواست زیر میشود :

```
SELECT * FROM users WHERE username
= 'administrator' -- AND password =
'12345'
```

این کوئری کاربری را که نام کاربری آن مدیر است برمی گرداند و مهاجم را با موفقیت به عنوان آن کاربر وارد می کند.

بازیابی داده ها از سایر جداول پایگاه داده

در مواردی که نتایج یک پرس و جوی SQL در پاسخ های برنامه برگردانده می شود، مهاجم می تواند از آسیب پذیری تزریق SQL برای بازیابی داده ها از جداول دیگر در پایگاه داده استفاده کند. این کار با استفاده از کلمه کلیدی UNION انجام می شود که به شما امکان می دهد یک کوئری SELECT اضافی را اجرا کنید و نتایج را به پرس و جو اصلی اضافه کنید. به عنوان مثال، اگر یک برنامه پرس و جو زیر حاوی ورودی کاربر برای دسته بندی "mobile" را اجرا کند:

```
SELECT name, description FROM products
WHERE category = 'mobile'
```

سپس یک مهاجم می تواند با اضافه کردن دستور زیر :

```
' UNION SELECT username, password FROM
users—
```

باعث شود که اپلیکیشن تمامی نام های کاربری و رمزهای عبور را به همراه نام و توضیحات محصولات برگرداند.

بررسی پایگاه داده

پس از شناسایی اولیه یک آسیب‌پذیری تزریق SQL، به‌دست آوردن اطلاعاتی در مورد خود پایگاه داده معمولاً مفید است. این اطلاعات اغلب می تواند راه را برای بهره برداری بیشتر هموار کند. شما می توانید جزئیات نسخه را برای پایگاه داده استعلام کنید. روش انجام این کار به

نوع پایگاه داده بستگی دارد، بنابراین می توانید نوع پایگاه داده را از هر تکنیکی که کار می کند استنباط کنید. به عنوان مثال، در اوراکل می توانید موارد زیر را اجرا کنید:

```
SELECT * FROM v$version
```

همچنین می توانید تعیین کنید که چه جداولی در پایگاه داده وجود دارد و چه ستون هایی را شامل می شوند. به عنوان مثال، در اکثر پایگاه های داده می توانید پرس و جوی زیر را برای لیست کردن جداول اجرا کنید:

```
SELECT * FROM information_schema.tables
```

آسیب‌پذیری‌های کور تزریق SQL

بسیاری از نمونه‌های تزریق SQL آسیب‌پذیری‌های کور هستند. این بدان معنی است که برنامه نتایج جستجوی SQL یا جزئیات خطاهای پایگاه داده را در پاسخ های خود باز نمی گرداند. آسیب‌پذیری‌های کور همچنان می‌توانند برای دسترسی به داده‌های غیرمجاز مورد سوء استفاده قرار گیرند، اما تکنیک‌های درگیر معمولاً پیچیده‌تر و انجام آن‌ها دشوار است. بسته به ماهیت آسیب‌پذیری و پایگاه داده می‌توان از تکنیک‌های زیر برای بهره‌برداری از آسیب‌پذیری‌های تزریق SQL کور استفاده کرد:

می‌توانید منطق پرس و جو را تغییر دهید تا بسته به صحت یک شرط، تفاوت قابل ت شخی صی در پا سخ برنامه ایجاد شود. . این ممکن ا ست شـــامل تزریق یک شـــرط جدید به منطق بولی یا ایجاد یک خطای مشروط مانند تقسیم بر صفر باشد.

شما می توانید به صورت مشروط یک تاخیر زمانی در پردازش پرس و جو ایجاد کنید، که به شما امکان می دهد صحت شرایط را بر اساس زمانی که برنامه برای پاسخ دادن نیاز دارد استنباط کنید.

با ا ستفاده از تکنیک های OAST می توانید یک تعامل شبکه خارج از باند را راه اندازی کنید. این تکنیک بسیار قدرتمند است و در شرایطی کار می کند که ســـایر تکنیک ها این کار را نمی کنند. اغلب می‌توانید مســـتقیماً داده‌ها را از طریق کانال خارج از باند اســـتخراج کنید، برای مثال با قرار دادن داده‌ها در جســـتجوی DNS برای دامنه‌ای که کنترل می‌کنید.

با ا ستفاده از تکنیک های OAST می توانید یک تعامل شبکه خارج از باند را راه اندازی کنید. این تکنیک بسیار قدرتمند ا ست و در شرایطی کار می کند که سایر تکنیک ها این کار را نمی کنند. اغلب می‌توانید مســـتقیماً داده‌ها را از طریق کانال خارج از باند اســـتخراج کنید، برای مثال با قرار دادن داده‌ها در جســـتجوی DNS برای دامنه‌ای که کنترل می‌کنید .

چگونه آسیب پذیری های تزریق SQL را شناسایی کنیم

اکثر آسیب‌پذیری‌های تزریق SQL را می‌توان به سرعت و با اطمینان با استفاده از اسکنر آسیب‌پذیری وب Burp Suite پیدا کرد. تزریق SQL را می توان با استفاده از مجموعه ای سیستماتیک از تست ها در برابر هر نقطه ورودی در برنامه به صورت دستی تشخیص داد. این معمولاً شامل موارد زیر است:

ارسال کاراکتر نقل قول تکی ' و جستجوی خطاها یا ناهنجاری های دیگر.

ارائه برخی از نحو خاص SQL که به ارزش پایه (اصلی) نقطه ورودی و به یک مقدار متفاوت ارزیابی می‌شود و به دنبال تفاوت‌های سیستماتیک در پاسخ‌های برنامه شده است.

ارائه شـرایط بولی مانند 1=1 OR و 2=2 OR و جسـتجوی تفاوت در پاسخ های برنامه.

ارسال بارهای طراحی شده برای ایجاد تأخیر زمانی هنگام اجرا در پرس و جوی SQL، و جستجوی تفاوت در زمان صرف شده برای پاسخ.

ارسال بارهای OAST طراحی شده برای راه اندازی یک تعامل شبکه خارج از باند هنگام اجرا در یک پرس و جوی SQL، و نظارت بر هرگونه تعامل حاصل.

تزریق SQL در قسمت های مختلف پرس و جو

اکثر آسیب‌پذیری‌های تزریق SQL در عبارت WHERE یک کوئری SELECT ایجاد می‌شوند. این نوع تزریق SQL عموماً توسط آزمایش کنندگان با تجربه به خوبی درک می شود. اما آسیب پذیری‌های تزریق SQL در اصل می‌توانند در هر مکانی در پرس و جو و در انواع مختلف پرس و جو رخ دهند. متداول ترین مکان های دیگری که در آن تزریق SQL ایجاد می شود عبارتند از: در دستورات UPDATE، در مقادیر به روز شده با عبارت WHERE. در دستورات INSERT، در داخل مقادیر درج شده. در عبارات SELECT، در نام جدول یا ستون. در عبارات SELECT، در بند ORDER BY.

تزریق SQL در زمینه های مختلف

در تمام آزمایش‌هایی که تاکنون انجام شده است، از رشته query برای تزریق بار SQL مخرب خود استفاده کرده‌اید. با این حال، مهم است که توجه داشته باشید که می توانید حملات تزریق SQL را با استفاده از هر ورودی قابل کنترلی که به عنوان یک پرس و جوی SQL توسط برنامه پردازش می شود، انجام دهید. به عنوان مثال، برخی از وب سایت ها ورودی را با فرمت JSON یا XML دریافت می کنند و از آن برای جستجو در پایگاه داده استفاده می کنند. این فرمت‌های مختلف حتی ممکن است راه‌های جایگزینی را برای شما فراهم کنند تا حملاتی را که در غیر این صورت به دلیل WAF و سایر مکانیسم‌های دفاعی مسدود شده‌اند، پنهان کنید. پیاده‌سازی‌های ضعیف اغلب فقط به دنبال کلمات کلیدی رایج تزریق SQL در درخواست می‌گردند، بنابراین ممکن است بتوانید این فیلترها را با رمزگذاری یا فرار از کاراکترها در کلمات کلیدی ممنوعه دور بزنید. به عنوان مثال، تزریق SQL مبتنی بر XML زیر از یک دنباله فرار XML برای رمزگذاری کاراکتر S در SELECT استفاده می کند:

```
<stockCheck>
  <productId>
    123
  </productId>
  <storeId>
    999 &#x53;ELECT * FROM
information_schema.tables
  </storeId>
</stockCheck>
```

قبل از ارسال به مفسر SQL، در سمت سرور رمزگشایی می شود.

تزریق SQL مرتبه دوم

تزریق مرتبه اول SQL زمانی ایجاد می شود که برنامه ورودی کاربر را از یک درخواست HTTP می گیرد و در طول پردازش آن درخواست، ورودی را به روشی ناامن در یک پرس و جوی SQL وارد می کند. در تزریق SQL مرتبه دوم (همچنین به عنوان تزریق SQL ذخیره شده نیز شناخته می شود)، برنامه ورودی کاربر را از یک درخواست HTTP می گیرد و آن را برای استفاده در آینده ذخیره می کند. این معمولاً با قرار دادن ورودی در یک پایگاه داده انجام می شود، اما هیچ آسیب پذیری در نقطه ای که داده ها ذخیره می شوند ایجاد نمی شود. بعداً، هنگام رسیدگی به درخواست HTTP متفاوت، برنامه داده‌های ذخیره‌شده را بازیابی می‌کند و آن‌ها را به روشی ناامن در یک کوئری SQL وارد می‌کند.

تزریق SQL مرتبه دوم اغلب در شرایطی ایجاد می‌شود که توسعه‌دهندگان از آسیب‌پذیری‌های تزریق SQL آگاه هستند و بنابراین با خیال راحت قرار دادن اولیه ورودی را در پایگاه داده انجام می‌دهند. وقتی داده‌ها بعداً پردازش می‌شوند، ایمن تلقی می‌شوند، زیرا قبلاً به صورت ایمن در پایگاه داده قرار داده شده بودند. در این مرحله، داده ها به روشی ناامن مدیریت می شوند، زیرا توسعه دهنده به اشتباه آنها را قابل اعتماد می داند.

عوامل خاص پایگاه داده

برخی از ویژگی‌های اصلی زبان SQL به روشی مشابه در پلتفرم‌های پایگاه داده محبوب پیاده‌سازی می‌شوند، و بسیاری از راه‌های شناسایی و بهره‌برداری از آسیب‌پذیری‌های تزریق SQL به طور یکسان در انواع مختلف پایگاه داده کار می‌کنند. با این حال، تفاوت های زیادی نیز بین پایگاه های داده رایج وجود دارد. این بدان معناست که برخی از تکنیک‌ها برای شناسایی و بهره‌برداری از تزریق SQL در پلتفرم‌های مختلف متفاوت عمل می‌کنند. به عنوان مثال: نحو برای الحاق رشته. نظرات. پرس و جوهای دسته ای (یا انباشته شده). API های مخصوص پلتفرم پیغام خطا.

چگونه از تزریق SQL جلوگیری کنیم

بیشتر نمونه‌های تزریق SQL را می‌توان با استفاده از پرس‌وجوهای پارامتری (همچنین به عنوان عبارات آماده‌شده شناخته می‌شود) به جای الحاق رشته‌ها در پرس‌وجو، جلوگیری کرد. کد زیر در برابر تزریق SQL آسیب پذیر است زیرا ورودی کاربر مستقیماً به پرس و جو متصل می شود:

```
String query = "SELECT * FROM products
WHERE category = '"+ input + "'";
Statement statement = connection.createStatement();
ResultSet resultSet =
statement.executeQuery(query);
```

این کد را می توان به راحتی به گونه ای بازنویسی کرد که از تداخل ورودی کاربر با ساختار پرس و جو جلوگیری کند:

```
PreparedStatement statement =
connection.prepareStatement("SELECT * FROM
products WHERE category = ?");
statement.setString(1, input);
ResultSet resultSet = statement.executeQuery();
```

پرس و جوهای پارامتری را می توان برای هر موقعیتی که ورودی نامعتبر به عنوان داده در پرس و جو ظاهر می شود، از جمله عبارت WHERE

و مقادیر در عبارت INSERT یا UPDATE استفاده کرد. نمی‌توان از آن‌ها برای مدیریت ورودی نامعتبر در بخش‌های دیگر پرس و جو، مانند نام جدول یا ستون، یا عبارت ORDER BY استفاده کرد. عملکرد برنامه‌ای که داده‌های غیرقابل اعتماد را در آن بخش‌های پرس‌وجو قرار می‌دهد، باید رویکرد متفاوتی داشته باشد، مانند مقادیر ورودی مجاز در فهرست سفید، یا استفاده از منطق متفاوت برای ارائه رفتار مورد نیاز. برای اینکه یک پرس و جوی پارامتری شده در جلوگیری از تزریق SQL موثر باشد، رشته ای که در پرس و جو استفاده می شود باید همیشه یک ثابت کدگذاری شده باشد و هرگز نباید حاوی داده های متغیری از هر مبدا باشد. وسوسه نشوید که مورد به مورد تصمیم بگیرید که آیا یک مورد از داده ها قابل اعتماد است یا خیر، و به استفاده از الحاق رشته در پرس و جو برای مواردی که ایمن در نظر گرفته می شوند ادامه دهید. اشتباه کردن در مورد منشاء احتمالی داده ها یا تغییرات درکدهای دیگر برای نقض فرضیات در مورد اینکه چه داده هایی آلوده شده اند بسیار آسان است.

مراجع

۱ : کتاب حملات و دفاع تزریق SQL
نویسنده جاستین کلارک
۲ : کتاب راهنمای هکر برنامه های وب
نویسنده : مارکوس پینتو

KN0-0904-3803

ارایه ی یک روش حفاظت گسترده بر مبنای اطلاعات فازوری جهت پیش بینی جزیره شدگی غیر عمدی در سیستم قدرت

تورج امرایی[۱] amraee@kntu.ac.ir
صادق کمالی[۲] s.kamali@ee.kntu.ac.ir
[۱]استاد برق دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
[۲]دکترای برق-قدرت دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی

چکیده: باز کردن عمدی خطوط انتقال و تقسیم بندی شبکه به نواحی الکتریکی جدا شده، به عنوان جزیره شدگی کنترل شده شناخته می‌شود. جزیره شدگی سیستم قدرت در شرایط بسیار اضطراری، به عنوان آخرین راهکار جهت جلوگیری از خاموشی سراسری شبکه انجام می‌شود. در این مقاله یک طرح حفاظتی گسترده برمبنای اطلاعات فازوری اندازه گیری شده در پایانه ی ژنراتوری و تحقیق این اطلاعات در صحفه ی امپدانسی جهت تعیین زمان مناسب جزیره کردن سیستم قدرت ارایه می‌شود. سناریوهای مختلفی که شامل حالت جزیره شدگی و جزیره نشدگی هستند شبیه سازی شده اند و سپس به کمک محاسبه ی امپدانس از دید باس های ژنراتوری معیار مناسب برای داده کاوی از دید باس های ژنراتوری بدست می‌آید. در واقع درخت تصمیم به کمک اطلاعات امپدانسی می‌تواند جزیره شدگی ناخواسته ی سیستم قدرت را پیش بینی نماید. طرح پیشنهایدی برای شبکه ی نمونه IEEE-39bus پیاده سازی گردیده است .

کلید واژه‌ها: خاموشی سراسری، جزیره شدگی کنترل شده، ناپایداری گذرا، درخت تصمیم گیر، پایداری زوایه ی روتور و ژنراتور های هم رفتار

۱. مقدمه

با توجه به اینکه امروزه به دلایل اقتصادی سیستم‌های قدرت در مرزهای پایداری دینامیکی و گذرای خود بهره برداری می‌شود، نیاز به ارایه طرح‌های حفاظتی پیشرفته برای رویارویی با شرایط ناپایداری بیشتر شده است. در این میان خاموشی سراسری یکی از رخداد هایی است که به علت خسارات زیادی که به هنگام رخ دادن به سیستم قدرت و جامعه وارد می‌کند دارای ریسک بالایی بوده و باید به نحو مناسب کنترل گردد[۱]. از جمله خاموشی های بزرگ که به علت نبود طرح های حفاظت مناسب سیستم های قدرت در جهان رخ داده است، می‌توان به خاموشی بزرگ اگوست ۲۰۰۳ در آمریکا و خاموشی سال ۲۰۰۰ امریکا را نام برد[۲]. کنترل جزیره سازی دارای دو جنبه یا بعد اساسی است که یکی مکان جزیره سازی و دیگری زمان جزیره سازی می باشد[۳]. مکان جزیره سازی با روش های متفاوتی تعیین می‌گردد،از جمله کمینه سازی تفاوت تولید و مصرف در هر جزیره و در نظر گرفتن اینکه هر گروه از ژنراتورهای هم رفتار در یک جزیره قرار بگیرند[۴]،[۵]و [۶]. در [۷] جزیره های سیتم قدرت با درنظر داشتن اینکه پایداری ولتاژ در هر یک از جزیره ها مورد توجه قرار بگیرد تو سط روش حذفی معکوس جزیره مرز های جزیره سازی تعیین شده است . در[۸] یک روش بر مبنای مقایسه با یک جدول از پیش تعیین شده جهت

تعیین زمان جزیره سازی معرفی شده است. بدین ترتیب که یک سری شبیه سازی ها یا اطلاعات عملی که در آن جزیره شدگی غیر عمدی اتفاق افتاده جمع آوری شده و در هر لحظه از زمان نقطه ی کار شبکه با آن مقایسه می‌شود. در صورت نیاز توسط اپراتور فرمان جزیره سازی صادر می‌گرد. در[□□], [□] یک روش بر مبنای درخت تصمیم گیر ارایه شده است، که در آن زاویه ی روتور ژنراتورها توسط PMU اندازه گیری شده و به مرکز کنترل فرستاده می‌شود. در مرکز کنترل توسط درخت تصمیم گیر تفاوت هایی که در زاویه ی روتور بین ژنراتوها اتفاق می افتد زمان جزیره سازی پیش بینی می‌گردد. عدم کارکرد الگوریتم ارایه شده در هنگام تغییر نقطه کار سیستم و بارگذاری و همچنین استفاده از چندین درخت تصمیم گیر که در حالت غیر برخط آموزش دیده شده اند و همچنین فرمانهای متفاوت در بازه های چند دهم ثانیه از عمده معایب روش مذکور می‌باشد که نیاز به تقویت دارد. با توجه به اینکه تحقیقات کمی برای تعیین زمان جزیره شدگی ناخواسته انجام شده است، در این مقاله یک الگوی مشخص و با دقت بالا برای تعیین زمان جزیره سازی قبل از وقوع آن ارایه شده است. با توجه به اینکه تشخیص زودتر زمان جزیره سازی در جهت کاهش میزان اغتشاش وارد شده به شبکه تاثیر بسیار زیادی دارد در این مقاله از متغیر هایی استفاده شده است که در کمترین زمان ممکن حالت سیستم پیش بینی گردیده و فرمان های جزیره سازی صادر گردد.

ساختار کلی این مقاله بدین صورت می‌باشد که در قسمت دوم اصول و مفاهیم اساسی و نحوه‌ی عملکرد درخت تصمیم گیر بیان می‌گردد. در قسمت سوم خروج آبشاری بر روی یک شبکه نمونه کوچک مورد بررسی قرار می‌گیرد و مفاهیم اساسی خروج آبشاری یا خاموشی سراسری بیان می‌شود. در قسمت چهارم الگوریتم ارایه شده مدل سازی می‌گردد و نحوی تشخیص جزیره ها و جزئیات مدل ارایه شده به تفضیل مورد بررسی قرار می-گیرد. در قسمت پنجم نتایج شبیه سازی و تحلیل نتایج بیان می‌شود و آخرین قسمت هم شامل نتیجه گیری این پژوهش می باشد.

۲-درخت تصمیم گیر

کلاس بندی در واقع یک مسئله‌ی پیش بینی است که در آن مدل مورد نظر بر اساس یک سری ورودی- خروجی که قبلاً بر اساس رفتار سیستم مورد نظر ثبت شده است، ایجاد می‌گردد. این داده‌های ثبت شده می‌تواند توسط شبیه سازی یک سیستم ایجاد گردد یا اینکه اطلاعات واقعی یک سیستم مورد نظر باشند. یکی از مراحل مهم در آموزش یک ماشین یا مسئله‌ی پیش بین، استفاده از پارامترها و خصوصیاتی از سیستم است که بر کلاس-بندی یا پیش بینی تأثیر فراوانی می‌گذارد [□□]. یکی از ابزارهای قوی در داده کاوی که برای مساله ی کلاس بندی بکار می‌رود روش درخت تصمیم گیر است. مقالات زیادی از درخت تصمیم گیر برای پیش بینی رخداد های متفاوت استفاده کرده اند.در [□□□], [□□□□] از درخت تصمیم گیر برای پیش بینی ناپایداری گذرا استفاده شده است. در[□□□][□□], از درخت تصمیم گیر برای پیش بینی و ارزیابی امنیت ولتاژ استفاده میشود.با توجه به اینکه پیش بینی بر مبنای درخت تصمیم‌گیر نوعی کلاس بندی است. پیش بینی بر اساس آن به‌راحتی از طریق یافتن حد آستانه ی متغیر های تصمیم گیر صورت بگیرد. از طرف دیگر بایستی یک روش ساده و مطمئن برای مسئله‌ی پیش بینی انتخاب نمود که در حالت برخط به‌راحتی بتواند در زمان خیلی کم اجرا گردد. به همین دلیل درخت تصمیم‌گیر به عنوان ابزار مورد نیاز برای تحلیل مسئله ی جزیره شدگی مورد استفاده قرار گرفته شده است. درخت تصمیم گیر بر اساس دسته بندی داده‌ها عمل پیش بینی را انجام می‌دهد. در صورتی که شاخص ورودی دارای حد آستانه‌ی مشخص برای وقوع یک رخداد باشد، می‌توان از درخت تصمیم گیر برای پیدا کردن این حد آستانه بهره گرفت. با توجه به اینکه در این مقاله داده‌های آموزشی از چندین مشخصه‌ی سیستم تأثیر پذیر هستند و خروجی متوسط پیش بین به‌صورت ۰ یا ۱ می باشد (صفر برای حالت عدم جزیره شدگی و ۱ برای حالت جزیره شدگی)..

۱- مدل ارایه شده برای حفاظت جزیره شدگی

مبانی پدیده جزیره شدگی در [۱۶] و [۱۷] شرح داده شده است. در این قسمت یک مدل پیش بین برای پیش بینی جزیره شدگی کنترل نشده و خاموشی سراسریارایه می شود.. شماتیک کلی روش ارایه شده برای حفاظت از بروز جزیره شدگی کنترل نشده در شکل۲-۱ نشان داده شده است. در واقع می‌توان گفت با این مدل حفاظت دیستانس را در مقیاس بزرگ پیاده سازی

می‌کنیم و درآن تنظیمات خطوط افقی بلندر برای تشخیص جزیره شدگی کنترل نشده بیان می‌شود و در نهایت مرزهای لازم برای این تنظیمات ایجاد می‌گردد. برای سادگی خطوط مورد نظر به صورت افقی(عدم درنظر گرفتن مقاومت) و بر اساس راکتانس پریونیت در نظر گرفته شده است. از آنجایی که جزیره شدگی کنترل نشده یک رخداد سراسری است نمی‌توان تنظیمات ایجاد شده برای یک شبکه را در شبکه های دیگر استفاده کرد و نیاز به مطالعات دقیق پایداری گذرا دارد[**Error! Bookmark not defined.**]. اما با پیاده سازی الگوریتم ارایه شده برای هر شبکه ای می‌توان یک مدل پیش بین نهایی را برای پیش بینی شرایط جزیره شدگی کنترل نشده بیان نمود. مراحل روش پیشنهادی مطابق الگوریتم ارایه شده در ادامه شرح داده شده است.



شکل ۱-۱: الگوریتم کلی حفاظت و کنترل جزیره سازی عمدی در سیستم قدرت

۱-۱- تعیین ژنراتورهای هم پا

اولین قسمت از الگوریتم تعیین شده تعیین ژنراتورهای هم پا می باشد. طبق تعریف ژنراتورهای هم پا ژنراتورهایی هستند که درحین اغتشاش به زاویه ی روتور آنها دارای تغییرات مشابهی هستند. روش های زیادی برای تعیین ژنراتورهای هم پا وجود دارد که از جمله ی آن ها همبستگی [□□□]. استفاده از مقادیر ویژه [□□□□] یا استفاده از پاسخ فرکانسی [□□□□□] می‌باشد. در این قسمت از الگوریتم ارایه شده، با استفاده از محاسبه ی همبستگی بین نمودار زاویه روتور ژنراتورها، ژنراتورهای هم‌پا تعیین می‌گردد. به گونه ای که، هرگاه همبستگی بین نمودارهای زاویه‌ی دو ژنراتور به عدد ۱ نزدیک باشد نشان دهنده ی هم پایی قوی ژنراتورهای مذکور می‌باشد. هر چه قدر این مقدار به عدد ۱- نزدیک‌تر باشد نشان دهنده ی عدم همبستگی یا غیر هم پا بودن ژنراتورهای مذکور است. بعد از محاسبه ی همبستگی بین نمودارهای زاویه ی روتور ژنراتورهای شبکه ی تحت مطالعه به راحتی می توان ان دسته از ژنراتورهایی که ضریب همبستگی دو به دوی نزدیک به یک را دارند در یک گروه هم پا قرار داد. همچنین می‌توان از نمودار تغییرات سرعت ژنراتورهای نیز ژنراتورهای هم پا را بدست آورد چرا که ژنراتورهای هم پا سرعت های تقریبا یکسانی دارند و تغییر سرعت آنها نسبت به هم خیلی کم است. در حالی که زاویه ی روتور ممکن است در یک مقدار ثابت با ژنراتورهای هم پای خود تفاوت داشته باشد[□□□]

۱-۲- تعیین مرزهای جزیره سازی

پیش بینی جزیره شدگی کنترل نشده در سیستم قدرت تعیین مرزهای جزیره شدگی می باشد. روش های متفاوتی برای تعیین این مرزها در مقالات مختلف ارایه شده است که می‌توان برای تعیین مرزها استفاده کرد. به عنوان مثال کمینه کردن تفاوت تولید و مصرف در هر یک از جزیره ها وکمینه کردن تفاوت نابرابری توان راکتیو در هر یک از جزیره ها و تامین تفاوت توان مصرفی با تولیدات پراکنده، از جمله روش های تعیین مرزهای جزیره شدگی کنترل نشده می‌باشد. بر این اساس برای تعیین مرزهای جزیره سازی کنترل شده در یک سیستم از روش اریه شده در [**Error! Bookmark not defined.**] استفاده شده است.

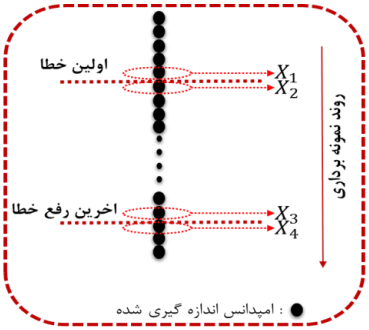
۱-۳- ایجاد سناریوهای خطا

برای شناسایی مرزهای بحرانی امپدانس دیده شده از باس های ژنراتوری،باید سیستم تحت حفاظت، شبیه سازی شده و سناریوهای محتمل بر طبق استادارد NERC روی آن اعمال شود و در ادامه از این سناریوها برای تشخیص مرزها استفاده شود. بدین منظور خطای N-1 و N-2 محتمل برای سیستم می‌تواند سناریوهای جامعی را تولید کند. از آنجایی که تولید خطاهایN-2 برای یک شبکه بزرگ کار سختی است. کافی است خطاهایی که محتمل بوده مورد بررسی قرار گیرد بدین

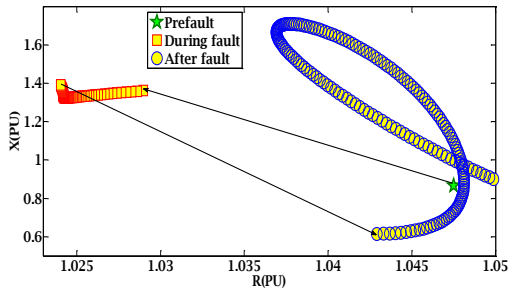
منظور تنها آن دسته از خطاهای N-2 که خروج دو خط نزدیک به هم(متصل به یک باس) را در شبکه شامل می‌شود مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورتی که این سناریوها جامع نباشد تنظیمات اتخاذ شده یا مرزهای بدست آمده دارای دقت مناسب نخواهد بود.

۱-۴- ذخیره سازی امپدانس

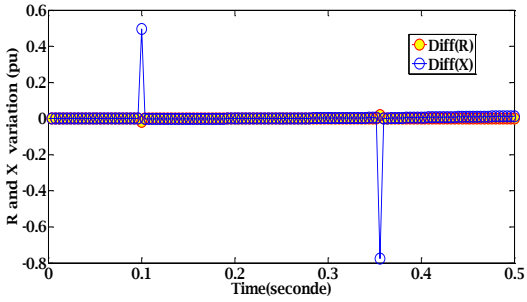
با توجه به اینکه معیار تشخیص مرز های بحرانی امپدانس های دیده شده از باس های ژنراتوری می باشد لذا بایستی تمامی تغییرات این امپدانس ها در طی روند خطا ذخیره گردد. امپدانس های قبل از خطا ، بعد از خطا ، قبل ازآخرین رفع خطا و بعد از آخرین رفع خطا مورد نیاز می‌باشد که در شکل ۴-۲ نشان داده شده است. علت استفاده از این امپدانس ها شناسایی وضعیت اولیه و نهایی سیستم برای تعیین حالت بحرانی توسط درخت تصمیم گیر و پیش بینی جزیره شدگی کنترل نشده از طریق میزان تغییرات توپولوژی سیستم تحت مطالعه می باشد. در صورتی که از زمان وقوع و رفع خطا اطلاعاتی وجود داشته باشد که به راحتی می‌توان این امپدانس ها را شناسایی کرد، در صورتی که از وقوع و رفع خطا اطلاعاتی در دست نباشد در این صورت می توان این ۴ امپدانس را بر اساس تغییرات ناگهانی راکتانس دیده شده شناسایی کرد. به عنوان مثال نحوه ی تغییر امپدانس دیده شده از یک باس ژنراتوری به ازای یک خطای اتصال کوتاه سه فاز تصادفی در ۰,۱ ثانیه و رفع خطای۲۵۵ میلی ثانیه در شبکه ی بررسی شده در قسمت شبیه سازی شده درشکل ۴-۳نشان داده شده است. طبق این شکل در وقوع خطا و رفع خطا دارای تغییر پله ای در میزان راکتانس و مقاوت دیده می‌شود. همان طوری که از شکل۴-۴ دیده می‌شود در وقوع خطا راکتانس دیده شده یک اوج مثبت و در رفع خطا یک اوج منفی دارد در حالی که تغییرات مقاومت دیده شده تقریبا صفر است. این موضوع در شکل ۵-۴نیز مشهود است. لذا میزان تغییرات راکتانس دیده شده معیار تخمین زمان رفع خطا قرار گرفته است. برای تعیین اولین و اخرین رفع خطا بایستی اطلاعات مربوط به PMU ها در کل شبکه مورد بررسی قرار گیرد در صورتی که برای یک زمان خاص این مقدار تغییر کند نشانگر تغییر در توپولوژی شبکه است که اگر این مقدار کم باشد میتواند منتجه ی تغییرات کوچک مانند تغییر بار باشد و در صورتی که زیاد باشد منتجه ی تغییرات شدید مانند خطای اتصال کوتاه نزدیک PMU باشد. همچنین اگر اطلاعات گرفتته شده از یک PMU تغییر قابل توجهی بکند نشانگر وقوع یا رفع خطاست در حالی که این خطا ممکن است تاثیر چندانی روی مقادیر اندازه گیری شده توسط PMU های دیگر نداشته باشد.



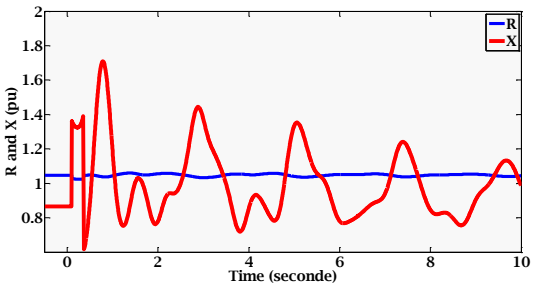
شکل ۱-۲: راکتانس های مورد نیاز برای پیش بینی حالت جزیره شدگی کنترل نشده



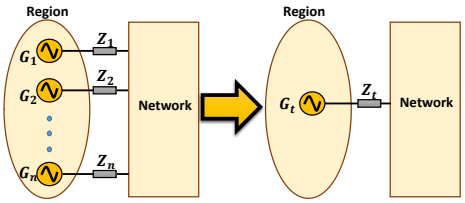
شکل ۱-۳: نحوه ی تغییرات امپدانس دیده شده از یک شین برای یک شبکه نمونه



شکل ۱-۴: اندازه‌ی تغییرات راکتانس دیده شده در هر نمونه ی اندازه گیری شده به ازای اعمال خطای سه فاز در ۰,۱ ثانیه و رفع خطای ۲۵۵ میلی ثانیه



شکل ۱-۵:نمودار راکتانس و مقاومت دیده شده از باس ژنراتوری به ازای خطای اعمالی



شکل ۱-۶: موازی کردن ژنراتورهای هم رفتار موجورد در یک ناحیه

۱-۵- امپدانس معادل جزیره ها

با توجه به اینکه ژنراتورهای هم پا تقریبا همانند ژنراتورهای موازی عمل می‌کنند [□□]. همان طوری که در شکل .. نشان داده شده است برای کاهش میزان متغیر های تصمیم گیر امپدانس های مربوط به ژنراتورهای یک جزیره با هم موازی شده و به عنوان یک مشخصه ی تصمیم درخت تصمیم گیر ارایه می‌گردد. تا تصمیم درخت بر اساس وضعیت کلی جزیره ها باشد. در نتیجه تعداد متغیر های تصمیم گیر برای کنترل جزیره سازی براساس مطالب گفته شده برابر حاصل ضرب تعداد جزیره ها در ۴ خواهد بود . به عنوان مثال یک شبکه با ۳ جزیره دارای ۱۲ مشخصه یا متغیر تصمیم‌گیر دارد که درخت تصمیم گیر باید با استفاده از این ۱۲ متغیر تصمیم گیر وضعیت سیستم را پیش بینی می کند.

۱-۶-تعیین برچسب جزیره ها

برای آموزش درخت تصمیم گیر باید هر یک از سناریوها دارای برچسب حالت نهایی(جزیره شدگی یا عدم جزیره شدگی باشند). برای برچسب دهی لازم است که حالت های جزیره شدگی مشخص شود. بدین منظور ω_{COI} برای هر یک از جزیره ها محاسبه می شود. برای محاسبه‌ی ω_{COI} داریم:

$$\delta_{COI} = \frac{\sum_{i=1}^{n} H_i \, \delta_i}{\sum_{i=1}^{n} H_i}$$

$$\omega_{COI} = \frac{d\delta_{COI}}{dt}$$

که در اون δ_i و H_i به ترتیب برابر زاویه ی روتور وثابت اینرسی ژنراتور i ، ω_{COI} و δ_{COI}به ترتیب سرعت و زاویه روتور ژنراتورهای یک جزیره در مرجع COI[xxi] می‌باشد[**Error! Bookmark not defined.**]. از بین تمامی حالت هایی که ω_{COI} های مربوط به جزیره ها می‌توانند داشته باشند تنها دوحالت شرایط جزیره شدگی را می تواند به خود تخصیص بدهد. فرض می شود بعد از وقوع خطا بر اساس رفتار ω_{COI} مربوط به هر یک از جزیره ها به تعداد n گروه ایجاد شود به نحوی که ω_{COI} جزیره ها در هر یک از گروه ها با هم تقریبا یکسان باشد.که به صورت زیر می‌توان بیان کرد.

$$\begin{cases} N_1^{group} \\ N_2^{group} \\ N_3^{group} \\ \quad . \\ \quad . \\ \quad . \\ N_n^{group} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N_k^{group} > N_m^{group} \mid m \in \{1,2,\ldots,n\}, m \neq k \quad (1) \\ N_k^{group} = N_m^{group} \mid m \in \{1,2,\ldots,n\} \quad (2) \end{cases}$$

n تعداد گروهایی ایست که در آن تمامی ژنراتورها دارای نمودار سرعت مشابهی دارند. N_k^{group} تعداد جزیره های موجود در گروه K می‌باشد. N_m^{group} تعداد جزیره های موجود در گروه m است. با توجه به این رابطه دو حالت به وجود می آید که اگر حالت(1) رخ دهد جزیره هایی که در گروه k قرار دارند برچسب 0 یا عدم جزیره شدگی و جزیره های قرار گرفته در گروه های دیگر همگی برچسب 1 یا جزیره شدگی را به خود اختصاص می‌دهند. این کار به این دلیل است که همیشه باید گروه غالب که بیشترین جزیره را در خود دارد در صورت امکان بدون عملیات اضافی به کار خود ادامه دهد. همچنین باید توجه شود در صورتی که حالت ۱ اتفاق افتد در صورت امکان باید جزیره های مربوط به یک گروه به هم متصل بمانند. در صورتی که حالت 2 رخ دهد در این صورت همه ی گروه ها از هم دیگر جدا می شود به جز گروهی که کمترین ω_{COI} را دارد. در صورتی که در آموزش درخت ها ی تصمیم گیر این موضوع رعایت شود ، درخت کمترین جداشدگی را درسیستم انتخاب خواهد کرد.

۱-۷-ایجاد درخت تصمیم گیر در حالت غیر برخط و استفاده از آن در حالت برخط

آخرین مرحله ای که در حالت غیر برخط انجام می‌شود تولید درخت های تصمیم گیر پیش بین می باشد. بدین صورت که بعد از اینکه برچسب مربوط به هر یک از سناریوها به همراه امپدانس های لازم

تعیین شد، می توان از این اطلاعات برای ایجاد درخت استفاده نمود. هم چنین لازم است که برای آموزش مستقل درخت ها برای هر جزیره یک درخت در نظر گرفته شود فرمت اطلاعات ورودی به درخت تصمیم گیر جهت پیدا کردن مرزهای راکتانسها به صورت زیر است:

$$X_k = [x_1^1 \ x_2^1 \ x_3^1 \ x_4^1 \ x_1^2 \ x_2^2 \ x_3^2 \ x_4^2 \ \dots \ x_1^n \ x_2^n \ x_3^n \ x_4^n \mid I_Bit]$$

که در آن k تعداد سناریوی شبیه سازی شده در حالت غیر برخط می‌باشد وI_Bit حالت جزیره شدگی هر یک از جزیره هاست. بعد از ایجاد درخت های تصمیم گیر با استفاده از سناریوهای شبیه سازی شده. درخت های مورد نظر درحالت آنلاین اطلاعات لازم را از طریق PMU های نصب شده در باس های ژنراتوری دریافت نموده و با پایش

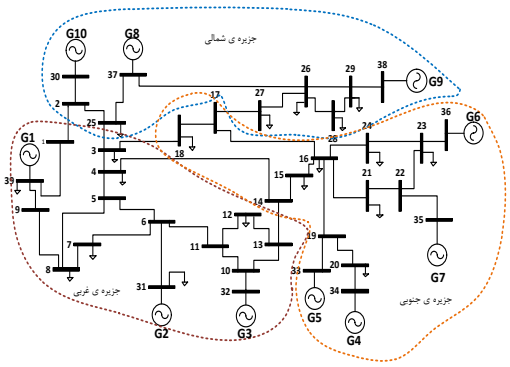
شبکه ی مورد نظر، جزیره شدگی یا عدم جزیره شدگی سیستم قدرت را پیش بینی میکند.

۲- تاثیر تغییر توپولوژی شبکه بعد از عملکرد

همان طوری که در قسمت های قبل بیان شد در پیش بینی با امپدانس یا دلتای ژنراتور تنها حالت نهایی سیستم پیش بینی می‌شود. با این فرض که هیچ اقدامی حفاظتی برای جداسازی جزیره ها صورت نگیرد. لذا در صورتی که بعد از پیش بینی جزیره ی مورد نظر از شبکه جدا شد. توپولوژی شبکه تغییر میکند و امپدانس های متفاوتی از طریق PMU ها اندازه گیری میشود لذا بایستی درخت های تصمیم گیر متفاوتی برای حالتی که هر یک از جزیره ها از سیستم جدا شده باشند در نظر گرفته شود. به عنوان مثال برای یک شبکه ی قدرت که دارای ۳جزیره میباشد. سه درخت باید آموزش داده شود که متناظر با هر جزیره یک درخت برای توپولوژی کامل سیستم و دو درخت دیگر در حالت نبود هر یک از جزیره ها می‌باشد. در روش دوم می‌توان در صورتی که هر یک از جزیره ها از سیستم جدا شد برای امپدانس محاسبه شده برای جزیره ی جدا شده مقدار امپدانس در حالت نرمال که به صورت افلاین ست شده است در نظر گرفته شود. تادرخت جزیره ی جدا شده را در حالت کاملا بی عیب فرض کند. در این مقاله روش دوم برای پیش بینی در نظر گرفته شده است.

۳- پیاده سازی مدل ارایه شده برای شبکه ی IEEE-39bus و بررسی نتایج

برای بررسی نحوه ی عملکرد الگوریتم ارایه شده برای حفاظت جزیره شدگی و کنترل آن، الگوریتم ارایه شده را در شبکه ی ۳۹ باسه استاندارد IEEE که در شکل۵-۱ نشان داده شده است پیاده سازی می‌شود. لازم به توضیح است بایستی برای شبیه سازی و ایجاد سناریوهای مورد نظر همه ی ژنراتورها دارای پایدار ساز وAVR باشند. لذا سناریوهای تولید شده در صورت جامع نبودن شبیه سازی دقت لازم را برای استفاده های عملی نخواهند داشت.



شکل ۱-۷ : شبکه‌ی استاندارد ۳۹ باسه ۱۰ ماشینه ی*IEEE*

۱-۳-ایجاد سناریوها

تولید سناریوهای طبق جدول۵-۱ صورت گرفته است. همان طوری که در این جدول دیده می‌شود دو نوع سناریو برای سیستم تحت مطالعه در نظر گرفته شده است. سناریوی اول خطای سه فاز که به هر یک از خط های شبکه ی ۳۹ باسه در زمان ۰/۱ثانیه اعمال شده و در هر کدام رفع خطا با پله های ۲۰میلی ثانیه از ۱۰۰ میلی ثانیه تا ۴۰۰میلی ثانیه تغییر کرده است. سناریوی نوع دوم، دو خطا سه فاز متوالی با تفاوت زمانی ۲۰میلی ثانیه در دو خط متصل شده به یک باس رخ داده و هر کدام با تفاوت زمانی ۵۰میلی ثانیه از شبکه خارج شدند. خروج خط اول از ۱۰۰میلی ثانیه پس از خطا تا ۴۰۰میلی ثانیه تغییر می‌کند. تمامی سناریوهای با شبیه سازی حالت گذرا الکترومکانیکی برای سیستم قدرت انجام شده است.

سناریوهای اعمال شده

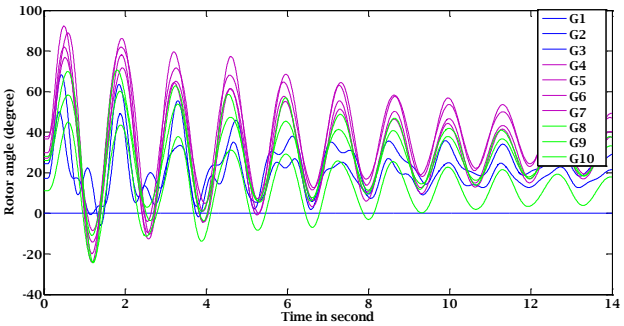
نوع خطا	خطای تک فاز با خروج یک خط	خطای سه فاز با خروج دوخط
زمان وقوع خطا	$0.1\,s$	$First\ fault\ at\ t = 0.1s$ $second\ faultat\ t = 0.12s$
زمان رفع خطا	$cl = 0.1s\ to\ 0.4s(step = 0.02s)$	$cl1 = 0.1\ to\ 0.4(step = 0.02s)$ $cl2 = cl1 + 0.05s$
توضیحات	خطای موردنظر به همه ی خطوط اعمال شده	خطاهای مورد نظر به دوخط متصل به یک باس اعمال شده و در ۱۰درصد خطوط
تعداد کل سناریوها	544	512*
سناریوهایی که دارای برچسب جزیره شدگی هستند	North: 7, South: 59, West: 5	North: 8, South: 102, West: 35

*۵۱۲عدد از کل خطاهای ایجاد شده به صورت راندم انتخاب شده است

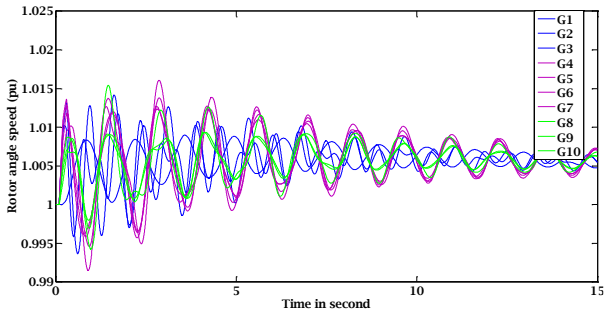
جدول۵-۱ سناریوهای تولید شده برای شبکه ی ۳۹ باسه IEEE

۲-۳-تعیین ژنراتورهای هم پا

برای تعیین ژنراتورهای هم پا برای شبکه ی مورد نظر از روشی که در بخش۴-۱ ذکر شد، استفاده شده است. بدین منظور یکی از خطاهای اعمال شده مورد بررسی قرار گرفته است و ضریب همبستگی دو به دوی ژنراتورها محاسبه شده است. نمودار زاویه ی روتور ژنراتورهای شبکه به ازای یک خطای اتفاقی در شکل ۵-۲ نشان داده شده است. شکل۵-۳ نیز تغییرات سرعت ژنراتورهای سیستم را نشان میدهد. بعد از مقایسه ی ضرایب همبستگی زنراتورها می‌توان گروه های ژنراتوری را به صورت زیر دسته بندی کرد.



شکل ۱-۸: نحوه‌ی تغییرات زاویه ی روتور ژنراتورها شبکه ی ۳۹ باسه به ازای خطای اعمال شده تصادفی



شکل ۱-۹: نحوه‌ی تغییرات سرعت ژنراتورهای سیستم ۳۹ باسه با اعمال خطای تصادفی

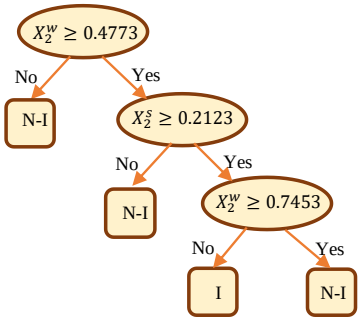
جدول۵-۲: گروه ژنراتورهای هم پا در شبکه ۳۹ باسه IEEE

نام جزیره	شماره ژنراتور
جزیره‌ی شمالی	⑧ ⑨ ⑩
جزیره‌ی جنوبی	④ ⑤ ⑥ ⑦
جزیره‌ی غربی	① ② ③

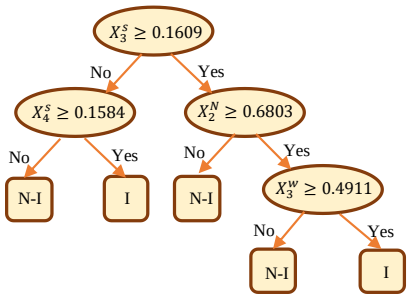
۳-۳-درخت های تصمیم گیر نهایی

بعد از تشخیص راکتانس های مورد نیاز بر طبق الگوی گفته شده در بخش های قبلی می‌توان درخت های تصمیم گیر را برای پیدا کردن حد بحرانی راکتانسهای خطوط استفاده نمود. درخت های نهایی نقش یک الگوریتم پیش بین را اجرا می‌کنند. بدین صورت که هر گاه با اندازه گیری امپدانس های دیده شده در باس های ژنراتوری و محاسبه ی ورودی درخت تصمیم گیر، تصمیم نهایی در خصوص اینکه رخداد مورد نظر منجر به جزیره شدگی کنترل نشده می‌شودیا نه توسط درخت صورت می‌گیرد. نکته ی مهم این است که برای تصمیم گیری مستقل هر یک از درخت ها باید برای هر یک ازجزیره ها یک درخت مستقل پیاده سازی نمود ولی ورودی همه ی درخت ها یکسان می-باشد.چرا که وضعیت دیگر جزیره ها در تصمصم گیری درخت ها تاثیر می‌گذارد. شکل **Error! Reference source not found.Error! Reference source not found.** درخت های تصمیم گیر نهایی برای آنالیز سیستم در حالت آنلاین میباشد. همانطوری که در این درخت ها مشاهده میشود هیچ کدام از درخت ها از امپدانس اولیه سیستم تحت تاثیر قرار نگرفته اند و این موضوع به علت یکسان بودن تمامی امپدانس اولیه برای تمامی سناریوهاست. لذا هیچ گینی به

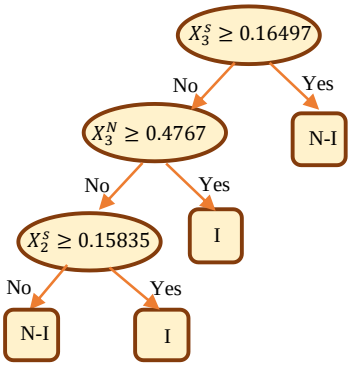
الگوریتم پیش بین نخواهد داد. همان طوری که در درخت های مورد نظر دیده می‌شود(با توجه به ویژگی های ظاهر شده در گره های تصمیم گیر) امپدانس بعد از خطا و قبل رفع خطا بیشترین تاثیر را در پیش بینی مورد نظر گذاشته است . لذا می‌توان گفت که درخت های مورد نظر به نقطه ی ابتدا و انتهای اتصال کوتاه حساسیت بیشتری دارد که نشانگر حساسیت به شدت خطا ،محل خطا و مدت زمان رفع (عوامل تاثیر گذار در این دو امپدانس (X_2, X_3))خطا می‌باشد.



شکل ۱-۱۰: درخت تصمیم گیر نهایی برای پیش بینی جزیره شدگی کنترل‌نشده ی جزیره ی جنوبی



شکل ۱-۱۱: درخت تصمیم گیر نهایی برای پیش بینی جزیره شدگی کنترل‌نشده ی جزیره ی شمالی



شکل ۱-۱۲: درخت تصمیم گیر نهایی برای پیش بینی جزیره شدگی کنترل‌نشده‌ی جزیره ی غربی

۴- نتیجه گیری

•پیش بینی دقیق و بهنگام جزیره سازی می‌تواند میزان استرس و فشارهایی که به سیستم حین جزیره شدگی غیر کنترل شونده وارد می‌شود را کم کند. با توجه به نتایجی که در قسمت نتایج شبیه سازی دیده شد با پیش بینی زمان جزیره سازی میزان حداکثر مقدار زاویه ی روتورکه حین اغتشاش وارد می¬شود کم شده و این باعث کاهش میزان استرس ناشی از اضافه ولتاژ های ایجاد شده در سیستم می گردد.

•با توجه به اینکه در هر کنترل جزیره سازی بایستی زمان و مکان آن مشخص شود و در این میان زمان کنترل جزیره سازی در این تحقیق بررسی گردید. ازنتایج بدست آمده می¬توان فهمید که جزیره سازی معیار مناسبی برای کاهش شدت اغتشاش است و تعیین زمان آن نقش مهمی در کاهش این خسارت ها دارد.

•در صورت استفاده از یک پارامتری که دارای حد مشخصی ازیک ویژگی سیستم درحالت جزیره شدگی نیست، بایستی تعداد زیادی سناریو منجر به جزیره شدگی شوند تا پیش بینی دارای اعتبار باشد. و از آنجایی که جزیره شدگی یکی از اتفاقات نادر سیستم قدرت می باشد و دارای احتمال وقوع کمتری است لذا در صورتی که از یک مسئله ی آموزش ساده در این موارد استفاده شود بایستی یک سری سناریو غیر استاندارد ایجاد گردد لذا باید متغیری انتخاب گردد که وقوع جزیره شدگی کنترل نشده نسبت به آن حساسیت بیشتری دارد.

•با توجه به احتمال عملکرد نادرست حفاظت معمولی، بایستی کنترل جزیره شدکی در تغییرات توپولوژی شبکه به خصوص خروج یک خط یا ژنراتور دارای عملکرد مطلوبی باشد تا بتواند این رخداد را به نحو خوبی کنترل کند.

همان طوری که دیده شد استفاده از راکتانس قبل و بعد از اولین خطا و قبل و بعد از اخرین رفع خطا معیار دقت قابل قبولی را در پیش بینی جزیره شدگی کنترل نشده میدهد.

مراجع

[1] Yang, Bo, Vijay Vittal, and Gerald T. Heydt. "Slow-Coherency-Based Controlled Islanding&# 8212; A Demonstration of the Approach on the August 14, 2003 Blackout Scenario." Power Systems, IEEE Transactions on 21, no. 4 (2006): 1840-1847.]

[1] Power swing and out-of-step consideration ontransmission

Transactions on 9, no. 3 (1994): 1417-1426.
[14] Diao, Ruisheng, Kai Sun, Vijay Vittal, Robert J. O'Keefe, Michael R. Richardson, Navin Bhatt, Dwayne Stradford, and Sanjoy K. Sarawgi. "Decision tree-based online voltage security assessment using PMU measurements."Power Systems, IEEE Transactions on 24, no. 2 (2009): 832-839.
[۱5] Mohammadi, Hanieh, and Maryam Dehghani. "PMU based voltage security assessment of power systems exploiting principal component analysis and decision trees." International Journal of Electrical Power & Energy Systems 64 (2015): 655-663.
[۱6]Baccalá, Luiz A., and Koichi Sameshima. "Comments on 'Is partial coherence a viable technique for identifying generators of neural oscillations?'." Biological cybernetics 95, no. 2 (2006): 135-141.
[۱7]YANG, Jing-ping, and Zheng XU. "Application of dynamic equivalence based on identification of coherent generator group in engineering [J]." Power System Technology 17 (2005): 015.
[۱8]Hiyama, T. "Identification of coherent generators using frequency response." In IEE Proceedings C (Generation, Transmission and Distribution), vol. 128, no. 5, pp. 262-268. IEE, 1981.
[19]Eliasson, B. E., and S. O. R. Lindahl. "A NEW COHERENCE APPROACH OF GENERATORS FOR INVESTIGATION OF SLOW AND SYSTEM WIDE OSCILLATIONS IN LARGE POWER SYSTEMS." In Power Systems and Power Plant Control 1989: Selected Papers from the IFAC Symposium, Seoul, Korea, 22-25 August 1989, vol. 2, no. 2, p. 183. Elsevier, 2014 [12] Ortigosa-Blanch, A., J. C. Knight, W. J. Wadsworh, J. Arriaga, B. J. Mangan, T. A. Birks, and P. S. J. Russel,.2000 "Highly birefringent photonic crystal fibers," Opt. Lett., Vol. 25, pp. 1325 1327.
[13] Ohmi M., Yamazaki R., Kunizawa N., Takahashi M., and Haruna M,.2004 "In vivo observation of micro-tissue structures by high-resolution optical coherence tomography with a femtosecond laser", Japanese Society for Medical and Biological Engineering (Japanese paper), Vol. 42, No. 4, pp. 204- 210, ISSN 1881-4379.
[14] P. Yeh, A. Yariv, E. Marom, J. Opt. Soc. Am. 68, 1196 (1978).
[15] P. J. Bennett, T. M. Monro, and D. J. Richardson,.1999 "Toward pratical Holey fiber technology: Fabrication, slicing, modeling, and characterization," Opt. Lett., vol. 24, pp. 1203–1205.

lines IEEE PSRC WG D6
[۳] Ibrahim I. Source node expansion algorithm for coherency based islanding ofpower systems master of sciences dissertation. Ontario, Canada: University ofWindsor; 2011
[1] Liu, Li, Wenxin Liu, David A. Cartes, and Il-Yop Chung. "Slow coherency and Angle Modulated Particle Swarm Optimization based islanding of large-scale power systems." Advanced Engineering Informatics 23, no. 1 (2009): 45-56.
[1] You, Haibo, Vijay Vittal, and Xiaoming Wang. "Slow coherency-based islanding." Power Systems, IEEE Transactions on 19, no. 1 (2004): 483-491.
[1] Ahmed, S. Shahnawaz, Narayan Chandra Sarker, Azhar B. Khairuddin, Mohd Ruddin B. Abd Ghani, and Hussein Ahmad. "A scheme for controlled islanding to prevent subsequent blackout." Power Systems, IEEE Transactions on 18, no. 1 (2003): 136-143.
[۷] Jabari, Farkhondeh, Heresh Seyedi, and Sajad Najafi Ravadanegh. "Large-scale power system controlled islanding based on Backward Elimination Method and Primary Maximum Expansion Areas considering static voltage stability." International Journal of Electrical Power & Energy Systems 67 (2015): 368-380.
[۸] Sun, Kai, Tarlochan S. Sidhu, and Ming Jin. "Online pre-analysis and real-time matching for controlled splitting of large-scale power networks." In Future Power Systems, 2005 International Conference on, pp. 6-pp. IEEE, 2005.
[۹] Senroy, Nilanjan, Gerald T. Heydt, and Vijay Vittal. "Decision tree assisted controlled islanding." Power Systems, IEEE Transactions on 21, no. 4 (2006): 1790-1797
[۱۰]Diao, Ruisheng, Vijay Vittal, Kai Sun, Sharma Kolluri, S. Mandal, and F. Galvan. "Decision tree assisted controlled islanding for preventing cascading events." In Power Systems Conference and Exposition, 2009. PSCE'09. IEEE/PES, pp. 1-8. IEEE, 2009.
[1۱] Alberti, Kurt George Matthew Mayer, and PZ ft Zimmet. "Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus. Provisional report of a WHO consultation." Diabetic medicine 15, no. 7 (1998): 539-553.
[12] Amraee, Turaj, and Sam Ranjbar. "Transient instability prediction using decision tree technique." Power Systems, IEEE Transactions on 28.3 (2013): 3028-3037.
[۱3] Rovnyak, Steven, Stein Kretsinger, James Thorp, and Donald Brown. "Decision trees for real-time transient stability prediction." Power Systems, IEEE

[16] P. S. J. Russell, J. C. Knight, T. A. Birks, B. J. Mangan, and W.J.Wadsworth,.2000 “Recent progress in photonic crystal fibers,” in Opt. FiberCommun. Conf. (OFC’00), March 7–10, 2000, Paper ThG1.

[17] Saitoh, K. and Koshiba, M, 2004 “Highly nonlinear dispersion-flattened photonic crystal fibers for supercontinuum generation in a telecommuinication window”, Optics Express, 12, pp. 2027 2032..

[18] Gafsi, S., Highly nonlinear fiber characterization for mid-infrared applications. 2016.

KN0-0904-3804

بررسی آتوفلویدیک‌ها و عملکردشان در بیوفوتونیک

مهران کریمیان‌ریزی [۱] mehrankarimian97@ms.tabrozu.ac.ir
مریم فریور [۲] farivar.maryam@yahoo.com

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی دانشگاه تبریز، ایران
[۲] مربی سازمان‌آموزش فنی‌وحرفه‌ای کشور، اصفهان، ایران

چکیده: امروزه از تلفیق شاره‌ها و نور در مقیاس میکرومتر و نانومتر، حوزه پژوهشی جدیدی با عنوان اپتوفلویدیک ایجاد شده است. استفاده از روش‌ها و ابزارهای مبتنی بر اپتوفلودیک منجر به ایجاد افزاره‌های فشرده و قابل تنظیم می‌شود. در چنین سیستم‌هایی از تلفیق شاره با نور و برهم کنش بین آن‌ها، برای بسیاری از کاربردها استفاده می‌شود. در سیستم‌های اپتوفلودیک، ویژگی‌های شاره، سبب تولید ادوات میکرو فوتونیک قابل انعطاف، تنظیم‌پذیر با قابلیت بازپیکربندی می‌شود. آپتوفلویدیک‌ها پیشرفت‌های قابل توجه‌ی را در چند سال گذشته به خود دیده‌اند و هنوز یک زمینه و رشته پویای پژوهشی با تأکید خاص بر کاربردهای حسی شیمیایی و زیست‌شناسی به شمار می‌رود. این مقاله در خصوص ابعاد متعدد تلفیق فوتونیک‌ها و میکروفلوییدها مرور کرده و ترکیب‌پذیری ساده روش آپتوفلوییدی را نشان می‌دهد که یک ارزش افزوده در کاربردهای بیوفوتونیک می‌باشد.

کلید واژه: *آپتوفلوید، بیوفوتونیک، حسگر آپتوفلوید*

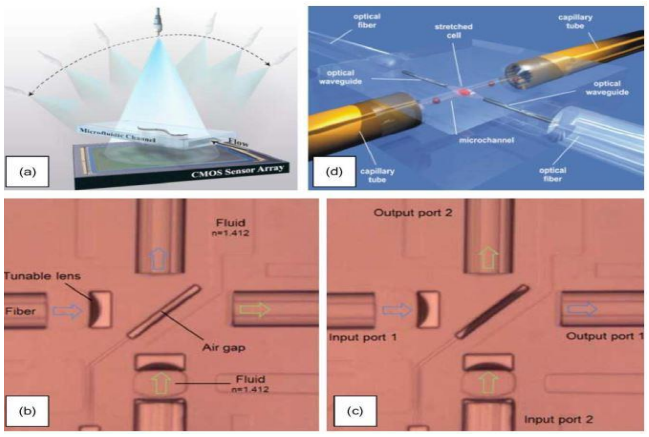
۱ . مقدمه

آپتوفلویدیک معرف یک زمینه تحقیقاتی است که ترکیبی از اپتیک‌ها و میکروفلویدها می‌باشد و از این رو می تواند هنگام استفاده از حسگرهای نوری و یا سیالات به کار برده شود لذا بیانگر برخی خواص ابزارهای فوتونیک می‌باشد (سیالات فعال لیزری، میکروسکوپ های میکروفلویید و لنز های مایع). در زمینه‌های بیوفوتونیک، ترکیب میکروفولویدها و اپتیک‌ها برای افزایش مینیاتوری شدن ابزارها در جهت یک پلتفرم اپتوفلوید تلفیقی مورد استفاده قرار می‌گیرند. چنین پلت فرمی از هر دو حیث که قبلا در تعریف اپتوفلویدها گفته شد سود می‌برد. از یک سو مقادیر اندک سیالات می‌توانند ترکیب‌پذیری بی سابقه‌ای از ابزارهای فتونیک در اختیار بگذارند و از سوی دیگر حساسیت بالای روش‌های تشخیص اپتیکی می‌تواند اندازه‌گیری‌هایی در خصوص مقدار اندک نمونه‌های سیال بیولوژیکی در اختیار بگذارد. امروزه توجه خاصی به تلفیق کار کردهای متعدد برای بدست اوردن یک میکروسیستم وجود دارد که می‌تواند آزمایش‌های شیمیایی و بیو شیمیایی را به روش اتومات و به صرفه انجام دهد. از این رو به مرور نتایج گزارش شده آن‌ها به چهار زمینه خواهیم پرداخت.۱-میکروسکوپ‌های اپتو فلویدی عاری از لنز ۲- تیمار لنزی دستگاه فوتونیک۳-حسگر های اپتوفلوید تراشه‌ای ۴- ریز دست ورزی اپتوفلویدی بیو سمپل‌ها

۲. بحث

از زمینه‌های تحقیقاتی جالب در خصوص توسعه سیستم‌های تصویربرداری بدون لنز کم‌هزینه و جایگزینی آن به جای میکروسکوپ های بزرگ سنتی است. OFM یک چنین روشی

است که دارای قدرت تصویر برداری بالا با استفاده از میکروفلوییید-های مناسب برای اسکن کردن نمونه‌ها در دستگاه ساب میکرومتر روی حسگر تصویر مکمل نیمه‌هادی اکسید فلزی نیمه‌رسانا است در سال ۲۰۱۱ تصویربرداری رنگی از نمونه‌های خونی برای شناسایی مالاریا گزارش شده است[۱].



شکل ۱:دیاگرام شماتیک از میکرو سکوپ تومور گرافی اپتو فلوییید- تصاویر میکروسکوپی از اپتو فلوییید پنوماتیک برای تراشه‌های رنگی تحت فشار. تصویر سه بعدی از تراشه‌های مونولیت توسط میکرومچینگ لیزری.

روشنایی رنگی در نیمه پیکسل های ابزارآلات اف ام با تفکیک‌پذیری ۶۶۰ نانومتر با استفاده از روشنایی قرمز-سبز-آبی برای بدست آوردن توالی با تفکیک‌پذیری اندک برای هر رنگ و سپس ترکیب آن‌ها به یک تصویر تمام رنگی با تفکیک‌پذیری بالا[۲]. یک رویکرد متفاوت گزارش شده است که در آن میکروسکوپ‌های تومور شناسی اپتوفلوید نشان داده شده است[۳]. مدالیته تصویربرداری تومورگرافی تراشه‌ای برای پلات فرم‌های تراشه‌ای میکروفلوییید که در آن تصاویر با بازده بالای سه‌بعدی از نمونه مورد نیاز است بسیار ارز شمند می‌باشد. یک منبع نوری منسجم برای روشن کردن اشیا در کانال‌های میکرو فلوییید روی حسگر دیجیتال مورد استفاده قرار می‌گیرد. همان‌طور که در شکل ۱ آ نشان داده شده است منبع نوری برای ثبت هولوگرام‌های عاری از لنز اشیا در جهات دید مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد[۴]. با قرار دادن قالب‌های محتلف در هر یک از زاویه‌های روشنایی، فنون با قدرت تفکیک بالای پیکسل برای بازسازی تصاویر عبور با تفکیک بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند[۵].

دومین زمینه تحقیقاتی مهم سیال کردن اجزای اپتیکی است. در طی چند سال گذشته، توجه قابل‌ملاحظه‌ای به توسعه اجزای اپتیکی نظیر لنزها، آینه‌ها، راهنماهای نوری و منابع نور همراه با اجزای میکرو فلوییید روی یک تراشه شده است[۶]. همان‌طور که قبلا ذکر شد، ترکیب‌پذیری یکی از مزیت‌های مهم اپتو فلویدها می‌باشد که در آن خواص اپتیکی یک وسیله را می‌توان توسط دست ورزی سیالات تیمار کرد[۷]. یک روش جدید برای ساختن میکرو لنزهای اپتو فلوییید با سهولت، انعطاف‌پذیری و قدرت بالا گزارش شده است[۸]. یک سیستم میکرو لنز مضاعف ترکیبی با چندین لنز ردیفی درون یک میکرو چیپ مونولیتیک پلی‌دی متیل سیلوکسان قرار می گیرد[۹]. تراوایی گازی این ابزارها امکان پر کردن کامل میکرو کانال‌ها و میکروچمبرها را با مایع می‌دهد و میزان الاستیسیته آن‌ها از دفورمه شدن غشاهای نازک برای تغییر لنز حصول اطمینان را به ما می‌دهد. مکانیسم‌های تغییر لنز شامل دریچه‌های پنوماتیک با زاویه حاده می‌باشند که دقیقا شکل لنز را تعدیل می‌کنند[۱۰]. این روش موجب افزایش نسبت زوم، عریض‌تر شدن زاویه دید از ۱۵ تا ۸۰ درجه، افزایش دامنه تعدیل کانونی از میلی‌متر تا سانتی‌متر، افزایش اندازه دهانه رقومی به بیش از ۰/۴۴ و کوچک شدن اندازه لنز می شود[۱۱]. دیگر مولفه مهم برای کاربردهای بیوفوتونیک نظیر اسپکترو فیلتر طیفی اپتیکی است[۱۲]. در برخی منابع یک سری فیلترهای اپتو فلوییید تراشه‌ای گزارش شده است که نواحی طیفی چندگانه با قدرت انتقال پایین و بالا با ضمیمه کردن سه لایه از امواج اپتیکی آنتی رزونانت حاصل می‌شوند[۱۳]. با استفاده از فیلترهای اپتو فلوید ۴ میلی‌متری مقدار تفکیک‌پذیری بالایی گزارش شده است. در سیستم‌های اپتیکی سنتی، معمولا یک منشور برای تغییر مسیر اپتیکی از اشعه متصاعد شده با شاخص‌های انکساری متعدد در اتاقک مثلثی استفاده می‌شده است. این منشور اپتیکی دارای برخی خصوصیات جدید می‌باشند زیرا توانایی آن برای تبدیل از حالت متقارن به غیرمتقارن با کمک جریان سوم بالاست و می‌تواند در زمینه‌های متعدد نظیر انکسار دقیق نور اپتیکی داخل سیستم تراشه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. این وسیله نقش بسیار مهمی در ترکیب پذیری تراشه‌های اپتو فلوییید ایفا می‌کند که چندین مدار فوتونیک و شبکه میکروفلوییید را می‌توان در آن تلفیق کرد. محققان یک اپتو فلوییید ۲ در ۲ متر پنتوماتیک برا برای مسیر یابی نور کنترل شده توسط هوای فشرده را اختراع کرده‌اند. تغییرپذیری اپتیکی معمولا در تراشه‌های PDMS با آینه خلأ هوا به صورت مجازی می‌شود که منعکس‌کننده نور است. زیرا به دلیل انکسار درونی یک حالت تبادلی به وجود می‌آید. هنگامی که این دستگاه در معرض فشار بالا قرار می‌گیرد خلا هوا

ریزش کرده و از این رو نور به حالت فرعی در می‌آید که در شکل نشان داده شده است[۱۳]. این تغییر می‌تواند با مدارهای میکرو فلوییدتلفیق شود و محققان یک مدار موجی ترکیب‌پذیر ساده را برای طیف سنجی دو معبری در تراشه‌های میکرو فلوییدطراحی کرده‌اند.

سومین زمینه‌ای که در آن تحقیقات در خصوص اپتوفلویدها برای کاربری‌های بیوفوتونیک نتایج بسیار خوب و امیدوارکننده‌ای را در اختیار گذاشته است مربوط به واقعی‌سازی حسگرهای اپتوفلویدهای یکپارچه روی تراشه است[۱۴]. به دلیل تنوع طیف وسیعی از روش‌های سنجش از دور در زمینه‌های بیو شمیایی و بیولوژیک این زمینه پیشرفت‌های زیادی را هم در خصوص استفاده از روش‌های جدید برای تولید تراشه‌های اپتو فلوییدو هم در زمینه تولید روش های سنجش از دور به خود دیده است[۱۵]. با توسعه روش‌های جدید، نتایج بسیار جالبی توسط میکروماچینگ لیزری فماتوسکاند حاصل شده است. این فناوری امکان تولید کانال‌های میکرو فلوییدو موجی اپتیکی و نیز شکل سه‌بعدی آن‌ها را می‌دهد. از این رو پتانسیل زیادی برای استفاده از روش های اپتو فلوید وجود دارد که توسط مطالعات زیادی گزارش شده است[۱۶]. نتایج بیشتر در این خصوص در ۲۰۱۱ منتشر شد که این فناوری برای تولید امواج اپتیکی در تراشه‌های تجاری برای شناسایی فلور سانس استفاده شده است. دومین نمونه تولید تراشه‌های آزمایشگاهی است که خود ابزارهای فشرده‌ای می‌باشند که در فیلتر پر سرعت، پایش و طبقه‌بندی جلبک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که این می‌تواند در پایش برخی اثرات نظیر اثرات اختناق دریاچه(یوتریفیکاسیون) و نیز ارزیابی کیفیت آب آبخیزها مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱۷]. در رابطه با روش‌های سنجش بر چسبی، طیف‌سنجی درون حفره‌ای اپتوفلوییدبرای تفکیک انواع متعدد سلول ها با خواص اپتیکی آن‌ها استفاده شده است. تراشه حسگر OFIS قابلیت دست‌ورزی سلول را با حفره‌های فبری پرات برای بد ست آوردن طیف‌های انتقالی که از نظر کیفی و کمی برای سلول‌های نیو پلاستیک و غیر نیوپلاستیک متفاوت می‌باشند را دارد[۱۸]. سلول‌های نیو پلاستیک تولید طیف‌های انتقالی چند بعدی می‌کنند در حالی که سلول های نیو پلا ستیک تنها ایجاد پیک‌های انتقال ضعیف بین حفره‌ها می‌کنند. دیگر روش طیف‌سنجی که در زمینه‌های مختلف کاربرد زیادی دارد انتشار رامان است. استفاده از فناوری تصویربرداری اپتیکی با استفاده از فلورسنس در یک نانوپروب دو گانه گزارش شده است. تصویربرداری فلور سنس به عنوان یک شاخص از تشخیص مولکولی محسوب می‌شود درحالی‌که تصویربرداری SERS به طور مکرر برای تعیین هویت اثرات متقابل مولکولی خاص استفاده می‌شود. به این طریق، آن‌ها استفاده از پروب‌های سنجش از SERS را برای هدف‌یابی و تصویربرداری نشانگرهای خاص سرطانی در سلول‌های زنده گزارش کردند[۱۹]. یکی از محدودیت‌های مهم در پلت فرم‌های میکروفلوید برای شناسایی SERS این است که نانو ذرات فلزی که به عنوان رامان مورد استفاده قرار می‌گیرند، در محلول منتشر می‌شوند. پلتفرم SERS فعال جدید بر اساس اپتلکتروفلوید ها ارایه شده است که در آن نانوذرات فلزی به طور همزمان متمرکز شده و با لکه‌های لیزری توسط مکانیسم های الکتروسینتیک القایی موثر تاثر می‌شوند[۲۰]. این موجب افزایش و تقویت سیگنال‌های SERS می‌شود. آن‌چه که بسیار جالب است این است که هر دو تمرکز ذرات فلزی و سیگنال رامان را می‌توان با یک اشعه لیزری حاصل کرد. یک حسگر دیگر تولید شده است که در آن یک ابزار جدید برای اندازه‌گیری فشار میکروفلوید تراشه و سرعت جریان با استفاده از اینترفرومتر غشای اپتوفلویدی تلفیقی می‌باشد[۲۱]. این وسیله متشکل از دو لایه PDMS روی سوبسترای شیشه‌ای توسط لیتوگرافی چند لایه‌ای است. OMI متشکل از حفره اپتیکی خلأ هوا انعطاف‌پذیر است که در آن نور مونوکروماتیک ایجاد الگوهایی می‌کند که وابسته به فشار می‌باشند. هنگامی که الگوهای تداخلی درون میکرو سکوپ قرار می‌گیرند و بر اساس الگوریتم تشخیص الگو آنالیز می‌شوند آن‌گاه دامنه دینامیکی با درجه صحت ۲ درصد حدود ۰psi تا ۱۰psi خواهد شد. با استفاده از دو حسگر OMI، امکان اندازه‌گیری دو سرعت در معبر وجود دارد. استفاده از این حسگر می‌تواند زمانی مفید باشد که پایش زمان واقعی جریان نمونه‌های مایع زیستی نیاز باشند[۲۲].

نهایتا این که به دلیل روش‌های تک سلولی دارای پیچیدگی بیولوژیکی بالایی می‌باشند کاربرد اپتو فلوییدها برای دست ورزی اپتیکی و آنالیز تک ذرات و سلول‌ها در مایعات بسیار حایز اهمیت است. در تحقیقات زیستی و پزشکی بالینی امکان تفکیک سلول‌های هدف خاص از جمعیت ناهمگن از اهمیت بالایی بر خوردار است. دو ابزار برای تفکیک تک سلولی‌ها در منابع گزارش شده‌اند که هر دوی آن‌ها بر اساس ترکیب میکرو فلویدها می‌باشند و این کار با استفاده از تیغ‌های خاص انجام می‌شود. در دومین مقاله، تیغ‌های لیزری اپتیکی برای انجام آنالیزهای طیفی رامان روی سلول استفاده می شوند[۲۳]. برایند اندازه‌گیری برای

تفکیک سلول‌ها با تغییر جریان بین دو کانال خروجی استفاده می شود. علی‌رغم بازده پایین سیستم‌ها هر دوی این سیستم‌ها در تفکیک انواع متعدد سلول ها کارامد بوده و می تواند در آینده برای تفکیک سلول‌های نتاج و سلول های تومور مورد ا ستفاده قرار گیرد[۲۴]. یک رویکرد کاملا متفاوت در تحلیل سلول‌ها و تک سلولی‌ها با تلفیق هر دو اپتیک‌ها و سیالات اخیرا ارایه شده است که در آن لیزری‌های دو گانه در سلول‌های خونی برای ارزیابی خواص مکانیکی کار برد دارند. یک سیستم با بازده بالا برای دست ورزی تک سلولی در منابع ارایه شده است. این سیستم میکرو فلوییدPDMS متشکل یک کانال اصلی با اجزای گیرنده سلولی و کانال‌های زهکش است که محتوی تک سلولی را جمع آوری می‌کنند[۲۵]. توالی‌های استخراج درون سلولی در آینده برای تعیین کمی تغییرات وزن مولکولی در برخی موجودات نظیر میتوکندری‌ها ا ستفاده می شوند.اکثریت روش‌های اپتوفلوید در دست ورزی میکرو بر اساس روش‌های برش اپتیکی سنتی هستند[۲۶]. و نمی‌توان از آن‌ها به طور مستقیم برای مواد نانو مقیاس استفاده کرد. برای غلبه بر این مشکل و محدودیت، یک زمینه پژوهشی جدید در خصوص دست ورزی نانو با فوتونیک‌های میدان نزدیک وجود دارد. همان‌طور که در منابع گزارش شده است، یک سری از گروه‌های پژوهشی قادر به تشریح ساختار فوتونیک نظیر امواج فوتونیک، رزو ناتور های اپتیکی و نانوذرات پلاسمونیک برای افزایش نیروهای اپتیکی و استفاده از روش های متعدد و انالیز های مولکولی و کراماتوگرافی اپتیکی هستند.

۳. بحث و نتیجه‌گیری

تحقیقات در زمینه اپتو فلوییدبسیار زیاد شده‌اند و طیف وسیعی از کاربری‌های بیوفوتونیک در این زمینه ارایه شده است. به نظر می‌رسد که راه حل فوق بسیار از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و دارای عملکرد بالا است. این زمینه بین رشته‌ای هر ساله در حال توسعه بوده و می‌تواند در علوم حیات بر ابعاد مختلف تاثیر قابل توجهی بگذارد. اپتوفلودیک، بستر مناسبی برای طراحی و ساخت افزاره‌های نوری قابل انعطاف و سازگار فراهم می‌کند. با بهره‌گیری از ویژگی‌های شاره‌ها در مقیاس میکرومتر و نانومتر، قابلیت تنظیم‌پذیری افزاره‌های نوری افزایش می‌یابد. در این مقاله مثال‌هایی از کاربردهای متعدد اپتوفلودیک، مانند چشمه‌های لیزر، تداخل سنج، افزاره‌های اپتوفلودیک موجبر نور کند بلور فوتونی و ترابرد ذرات نانو مقیاس معرفی شد[۲۶]. با طراحی‌های مناسب از تلفیق شاره‌ها و افزاره‌های نوری، نوید تولید افزاره‌های نوری فشرده با قابلیت کنترل، تنظیم و باز پیکربندی برای سیستم‌های واکافت، مخابرات نوری، تراشه‌های فوتونیکی و تولید انرژی در آینده‌ای نزدیک را می‌دهد.

۴. مراجع

[1] V. R. Horowitz, D. D. Awschalom, and S. Pennathur, "Optofluidics: Field or technique?" Lab. Chip, vol. 8, no. 11, pp. 1856-1863, Nov. 2008.

[2] D. Psaltis, S. R. Quake, and C. Yang, "Developing optofluidic technology through the fusion of microfluidics and optics," Nature, vol. 442, no. 7101, pp. 381-386, Jul. 2006.

[3] C. Monat, P. Domachuk, and B. J. Eggleton, "Integrated optofluidics: A new river of light," Nat. Photon., vol. 1, pp. 106- 114, Feb. 2007.

[4] X. Fan and I. M. White, "Optofluidic microsystems for chemical and biological analysis," Nat. Photon., vol. 5, no. 10, pp. 591-597, Oct. 2011.

[5] H. Schmidt and A. R. Hawkins, "The photonic integration of non-solid media using optofluidics," Nat. Photon., vol. 5, no. 10, pp. 598-604, Oct. 2011.

[6] X. Cui, L. M. Lee, X. Heng, W. Zhong, P. W. Sternberg, D. Psaltis, and C. Yang, "Lensless high-resolution on-chip optofluidic microscopes for Caenorhabditis elegans and cell imaging," Proc. Nat. Acad. Sci., vol. 105, no. 31, pp. 10 670-10 675, Aug. 2008.

[7] S. A. Lee, R. Leitao, G. Zheng, S. Yang, A. Rodriguez, and C. Yang, "Color capable sub-pixel resolving optofluidic microscope and its application to blood cell imaging for malaria diagnosis," PLOS ONE, vol. 6, no. 10, pp. e26127/1- e26127/6, Oct. 2011.

[8] S. O. Isikman, W. Bishara, H. Zhu, and A. Ozcan, "Optofluidic tomography on a chip," Appl. Phys. Lett., vol. 98, no. 6, p. 161 109, Apr. 2011.

[9] S. O. Isikman, W. Bishara, U. Sikora, O. Yaglidere, J. Yeah, and A. Ozcan, "Field-portable lensfree tomographic microscope," Lab Chip, vol.

11, no. 13, pp. 2222–2230, Jul. 2011.
[10] P. Fei, Z. He, C. Zheng, T. Chen, Y. Men, and Y. Huang, "Discretely tunable optofluidic compound microlenses," Lab Chip, vol. 11, no. 17, pp. 2835-2841, Aug. 2011.
[11] P. Measor, B. S. Phillips, A. Chen, A. R. Hawkins, and H. Schmidt, "Tailorable integrated optofluidic filters for biomolecular detection," Lab Chip, vol. 11, no. 5, pp. 899-904, Mar. 2011.
[12] S. Xiong, A. Q. Liu, L. K. Chin, and Y. Yang, "An optofluidic prism tuned by two laminar flows," Lab Chip, vol. 11, no. 11, pp. 1864-1869, Jun. 2011.
[13] J. G. Cuennet, A. E. Vasdekis, L. De Sio, and D. Psaltis, "Optofluidic modulator based on peristaltic nematogen microflows," Nat. Photon., vol. 5, no. 4, pp. 234-238, Apr. 2011.
[14] W. Song and D. Psaltis, "Pneumatically tunable optofluidic 2 x 2 switch for reconfigurable optical circuit," Lab Chip, vol. 11, no. 14, pp. 2397-2402, 2011.
[15] R. Osellame, H. Hoekstra, G. Cerullo, and M. Pollnau, "Femtosecond laser microstructuring: An enabling tool for optofluidic lab-on-chips," Laser Photon. Rev., vol. 5, no. 3, pp. 442-463, May 2011.
[16] C. Dongre, J. van Weerd, G. A. J. Besselink, R. Martinez Vazquez, R. Osellame, G. Cerullo, R. van Weeghel, H. H. van den Vlekkert, H. J. W. M. Hoekstra, and M. Pollnau, "Modulation-frequency encoded multi-color fluorescent DNA analysis in an optofluidic chip," Lab Chip, vol. 11, no. 4, pp. 679-683, Feb. 2011.
[17] A. Schaap, Y. Bellouard, and T. Rohrlack, "Optofluidic lab-on-a-chip for rapid algae population screening," Biomed. Opt. Exp., vol. 2, no. 3, pp. 658-664, Mar. 2011.
[18] W. Wang, D. W. Kisker, D. H. Thamm, H. Shao, and K. L. Lear, "Optofluidic intracavity spectroscopy of canine hemangiosarcoma," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 58, no. 4, pp. 853-860, Apr. 2011.
[19] S. Lee, H. Chon, S. Y. Yoon, E. K. Lee, S. I. Chang, D. W. Lim, and J. Choo, "Fabrication of SERS-fluorescence dual modal nanoprobes and application to multiplex cancer cell imaging," Nanoscale, vol. 4, no. 1, pp. 124-129, 2012.
[20] H. Hwang, D. Han, Y. J. Oh, Y. K. Cho, K. H. Jeong, and J. K. Park, "In situ dynamic measurements of the enhanced SERS signal using an optoelectrofluidic SERS platform," Lab Chip, vol. 11, no. 15, pp. 2518-2525,2011.
[21] W. Song and D. Psaltis, "Optofluidic membrane interferometer: An imaging method for measuring microfluidic pressure and flow rate simultaneously on a chip," Biomicrofluidics, vol. 5, no. 4, p. 044110, Dec. 2011.
[22] N. de Souza, "Single-cell methods," Nat. Methods, vol. 9, no. 1, p. 35, Jan. 2012.
[23] X. Wang, S. Chen, M. Kong, Z. Wang, K. D. Costa, R. A. Li, and D. Sun, "Enhanced cell sorting and manipulation with combined optical tweezer and microfluidic chip technologies," Lab Chip, vol. 11, no. 21, pp. 3656-3662, Nov. 2011.
[24] S. Dochow, C. Krafft, U. Neugebauer, T. Bocklitz, T. Henkel, G. Mayer, J. Albert, and J. Popp, "Tumour cell identification by means of Raman spectroscopy in combination with optical traps and microfluidic environments," Lab Chip, vol. 11, no. 8, pp. 1484-1490, 2011.
[25] N. Bellini, K. C. Vishnubhatla, F. Bragheri, L. Ferrara, P. Minzioni, R. Ramponi, I. Cristiani, and R. Osellame, "Femtosecond laser fabricated monolithic chip for optical trapping and stretching of single cells," Opt. Exp., vol. 18, no. 5, pp. 4679-4688, Mar. 2010.

KN0-0904-3805

مبانی و اصول پروتکل ارتباطی DNP3

سیده مهسا سرائی

کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات میدان و امواج – msaraee72@yahoo.com

چکیده: در شبکه، پروتکل مجموعه‌ای از قوانین برای قالب‌بندی و پردازش داده‌ها است. پروتکل‌های شبکه مانند یک زبان مشترک برای کامپیوترها هستند. کامپیوترهای درون یک شبکه ممکن است از نرم‌افزار و سخت‌افزار بسیار متفاوتی استفاده کنند. با این حال، استفاده از پروتکل‌ها آنها را قادر می‌سازد بدون توجه به یکدیگر با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. پروتکل‌های استاندارد مانند یک زبان رایج هستند که کامپیوترها از آن استفاده می‌کنند؛ درست مانند دو فردی که از کشورهای متفاوت و زبان‌های متفاوتی هستند اما با زبان سوم با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. اگر هر دو کامپیوتر از یک پروتکل مشترک استفاده کنند، می‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. اما اگر پروتکل آن‌ها یکی نباشد برقراری ارتباط ممکن نخواهد بود.

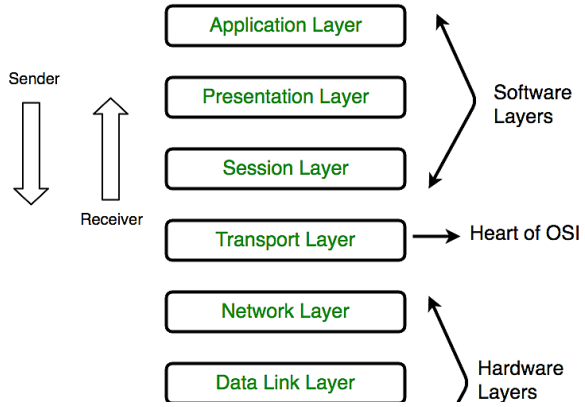
کلید واژه: پروتکل ارتباطی، شبکه، *DNP3*، *OSI*

۱ . مقدمه

پروتکل‌های ارتباطی مجموعه‌ای از قوانین هستند که برای برقراری ارتباط منظم بین دو یا چند طرف در ارتباط کامپیوتری باید رعایت شوند. آنها به منظور حصول اطمینان از اینکه تعامل بین طرفین مثمر ثمر است، و اینکه کل سیستمی که توسط هر یک از طرفین شکل می‌گیرد و تعامل آن‌ها برای همه طرف‌های مربوطه معنادار است و وظایف مورد نیاز را انجام می‌دهد، مورد نیاز هستند. توابع اصلی پروتکل شامل اتصال، قطع اتصال، آدرس دهی، کنترل خطا، کنترل جریان و همگام سازی است.

بر بستر شبکه پروتکل‌های ارتباطی فراوانی برای اهداف مختلف وجود دارد. این پروتکل‌ها غالبا براساس مدل لایه‌ای OSI معرفی می‌شوند. مدل اتصال سیستم‌های باز (OSI: Open System Interconnection) یک نمایش انتزاعی از نحوه کار اینترنت است. اصطلاح "باز" به توانایی هر دو سیستم مطابق با مدل مرجع و استانداردهای مرتبط با آن برای اتصال اشاره می کند. این شامل ۷ لایه است که هر لایه نشان دهنده دسته متفاوتی از عملکردهای شبکه است.

این مدل به روابط بین چهار عنصر اساسی محیط OSI مربوط می‌شود – مجموعه‌ای از سیستم‌های باز که توسط تعدادی رسانه برای ارسال داده به هم مرتبط شده‌اند. این سیستم‌ها عبارتند از رسانه ارسال داده، فرایند کاربرد حامل اطلاعات پردازش برای کاربردی خاص، و اتصالاتی که پردازش‌های کاربرد متصلند تا اطلاعات تبادل شوند. شکل ۱ این ارتباط را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مدل مرجع OSI

عملکرد هریک از این لایه‌ها به شرح زیر است:

- ✓ Application: لایه واسط انسان و کامپیوتر بوده که کاربردها می‌توانند به خدمات شبکه دست یابند.
- ✓ Presentation: مطمئن می‌شود که داده در فرمت مناسب بوده و عملیات کدگذاری در این لایه انجام می‌شود.
- ✓ Session: باعث برقراری و ابقای ارتباطات شده و وظیفه پورت‌های کنترلی و sessionها را برعهده دارد.
- ✓ Transport: با استفاده از TCP و UDP داده‌ها را بر بستر پروتکل‌ها منتقل می‌کند.
- ✓ Network: تصمیم‌گیرنده انتخاب مسیر فیزیکی داده است.
- ✓ Datalink: تعریف کننده فرمت داده بر بستر شبکه است.
- ✓ Physical: ارسال جریان بیت خام بر رسانه فیزیکی

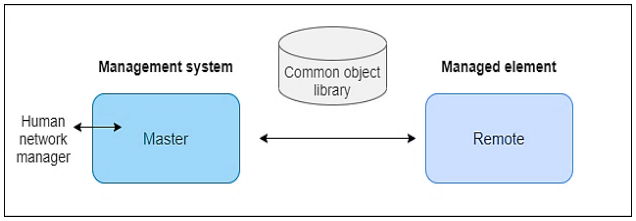
از جمله پروتکل‌های ارتباطی می‌توان به DNP3 اشاره کرد که بین المان‌هایی که در فرایند اتوماسیون شرکت دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد اصلی آن در تاسیساتی مانند شرکت‌های برق و آب است که برای برقراری ارتباطات بین انواع مختلف تجهیزات جمع‌آوری و کنترل‌داده‌ها توسعه یافته است. همچنین این پروتکل در سیستم‌های SCADA نقش مهمی ایفا می‌کند، به طوری که توسط ایستگاه‌های اصلی SCADA (معروف به مراکز کنترل)، واحدهای پایانه راه دور (RTU) و دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند (IED) استفاده می‌شود. که البته در درجه اول برای ارتباطات بین یک ایستگاه اصلی و RTU یا IED مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- DNP3 چیست؟

پروتکل شبکه توزیع شده (DNP یا DNP3) از زمان معرفی خود در سال ۱۹۹۳ به مقبولیت گسترده‌ای دست یافته است. این پروتکل یک راه حل فوری قابل استقرار برای نظارت بر سایت‌های راه دور است زیرا برای ارتباط با وضعیت زیرساخت‌های حیاتی توسعه یافته است و امکان کنترل از راه دور قابل اعتماد را فراهم می‌کند.

DNP3 از سه لایه از مدل توابع هفت لایه OSI تشکیل شده است. این لایه‌ها لایه Application، لایه Datalink و لایه Transport هستند. همچنین، DNP3 می‌تواند از طریق یک اتصال گذرگاه سریال RS-232 یا RS-485 یا از طریق یک شبکه TCP/IP منتقل شود.

DNP3 معمولاً بین Masterهای واقع در مرکز و Remoteهای توزیع شده استفاده می شود. Master ارتباط بین مدیر شبکه انسانی و سیستم نظارت را فراهم می‌کند. Remote (RTUها و دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند) رابط بین Master و دستگاه(های) فیزیکی تحت نظارت و/یا کنترل هستند (شکل ۲).



شکل ۲: معماری سیستم نظارت Master/Remote برپایه پروتکل DNP3

Master و Remote یا Outstation هر دو از کتابخانه‌ای از اشیاء مشترک برای تبادل اطلاعات استفاده می‌کنند. پروتکل DNP3 شامل قابلیت‌هایی است که با دقت طراحی شده‌اند. این قابلیت‌ها این امکان را فراهم می‌آورد که حتی روی رسانه‌هایی که ممکن است در معرض تداخل نویز قرار بگیرند، به‌طور قابل اعتمادی استفاده شود.

پروتکل DNP3 یک پروتکل بر پایه polling است. هنگامی که ایستگاه Master به یک Outstation متصل می شود، یک polling یکپارچه (Integrity Poll) انجام می‌شود. pollingهای یکپارچه برای آدرس‌دهی DNP3 مهم هستند. این به این دلیل است که آنها تمام مقادیر بافر را برای یک نقطه داده برمی‌گرداند که مقدار فعلی نقطه را نیز شامل می‌شود.

مزایای DNP3 عبارتند از:

- درخواست و پاسخ چندین نوع داده در یک پیام واحد
- پاسخ بدون درخواست یا پاسخ بلادرنگ (Unsolicited Response)
- قابلیت عملکرد Multiple Master و Peer-to-peer
- پشتیبانی از همگام‌سازی زمان (time synchronization) و فرمت زمانی استاندارد

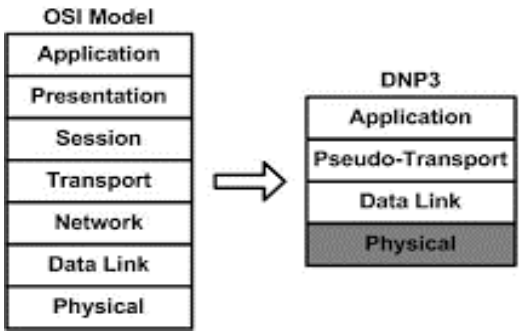
- فقط شامل داده‌های تغییر یافته در پیام‌های پاسخ (Event Poll) است.

۳- نحوه برقراری ارتباط و تبادل اطلاعات در DNP3

چارچوب DNP3 شامل کتابخانه‌ای از اشیا است که معمولاً در سیستم‌های SCADA استفاده می شوند. این اشیاء شامل مواردی مانند ورودی‌های باینری هستند که برای گزارش ویژگی‌های تجهیزاتی که دو حالت دارند استفاده می‌شوند. برق روشن یا خاموش است، یک پانل دسترسی باز یا بسته است. یکی دیگر از شی رایج یک ورودی آنالوگ است که برای گزارش ویژگی‌هایی که دارای محدوده‌ای از مقادیر هستند استفاده می‌شود. سرعت فن اگزوز می‌تواند از ۴۰ تا ۴۰۰ دور در دقیقه باشد، توان اصلی می-تواند از ۱۱۰ تا ۱۲۸ VAC متفاوت باشد. به طور کل این پروتکل از ۲۷ کد عملکرد اصلی برای تبادل اطلاعات بین Masters (مرکز کنترل) و Outstation (محوطه پمپ) استفاده می‌کند. برخی از این توابع به Master امکان می‌دهند اطلاعات وضعیت را از یک واحد کنترل از راه دور درخواست و دریافت کند. سایر توابع نیز جهت پیکربندی (کنترل و یا تنظیم) یک واحد کنترل از راه دور مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۴- ساختار پیام DNP3

همانطور که در بخش قبل گفته شد، ساختار لایه‌ای DNP3 تنها دارای چهار بخش از مدل OSI است (شکل ۳).



شکل ۳: مدل لایه‌ای DNP3

نحوه تخصیص پیام در هر یک از لایه‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است. بر اساس این شکل فرض شود پیامی به طول n موجود است. بیشینه طول پیام مورد قبول لایه Application ۲۰۴۸ بایت است. بنابراین جهت اینکه پیام وارد این لایه شود به واحدهای مورد قبول این لایه شکسته می‌شود که APDU نام دارد. جهت انتقال به لایه Transport لازم است هر واحد APDU به واحدهای مورد قبول این لایه شکسته شود به طوری که طول هر کدام به طور بیشینه ۲۵۰ بایت باشد. هر کدام از این واحدها TPDU نام دارد. سپس هر کدام از واحدهای TPDU مجدد به واحدهای کوچکتر با طول ۲۹۲ بایت به نام LPDU شکسته شده و وارد لایه Datalink می‌شود. در نهایت هر کدام از این واحدها به منظور ارسال به گیرنده وارد لایه فیزیکی شده و فرایند پردازش پیام DNP3 به پایان می‌رسد.

پروتکل DNP3 از دو طریق سریال و شبکه TCP/IP قابل انتقال است. در صورت استفاده از انتقال سریال، مونتاژ (assembly) پاکت پس از تکمیل برای تحویل روی رسانه انتقال قرار می‌گیرد. اگر بسته از طریق یک LAN/WAN ارسال شود، سه لایه DNP3 در لایه Application قرار می‌گیرند. پاکت مونتاژ شده توسط لایه Transport در پروتکل TCP و سپس توسط لایه اینترنت در پروتکل اینترنت (IP) پیچیده می‌شود. لایه Physical، لایه رابط شبکه است که در آن پاکت مونتاژ شده در واقع به نوعی رسانه انتقال (twisted pair copper, RG58 co-axial or fiber) متصل می‌شود. در حالی که این مدل چند لایه ممکن است کمی گیج‌کننده به نظر برسد، اما به طور موثر وظایف ارتباطات را جدا می‌کند و در نهایت به طراحی و پیاده‌سازی یک شبکه کمک می-کند.

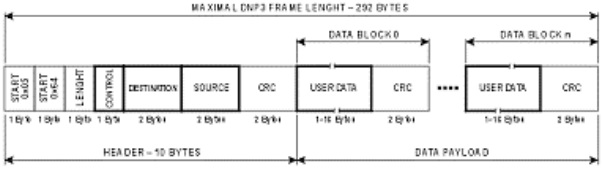
۵- بررسی فریم DNP3 در هر لایه

۵-۱- لایه Datalink

این لایه دومین لایه از مدل OSI بوده و انتقال توابع مورد نیاز لایه‌های بالاتر را پذیرفته، اجرا کرده و کنترل می‌کند. لایه Datalink دو هدف اساسی دارد؛ اول اینکه طبق استاندارد ISO-OSI موظف است شرایط ارسال اطلاعات یا واحد داده خدمات لینک (LSDU) را به لینک Physical فراهم آورد و دوم، شرایط سایر eventها مانند وضعیت لینک را نیز گزارش دهد.

در این قسمت به بررسی فرمت LPDU پرداخته می‌شود. این فریم دارای دو بخش Header و Payload است. بر اساس شکل ۵ سایز

بلوک Header ۱۰ بایت بوده و سایز بخش دوم ۲۸۲ بایت که مجموعا ۲۹۲ بایت طول این فریم ساخته می‌شود.



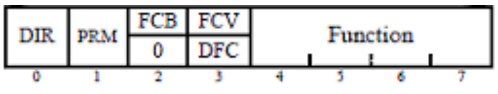
شکل ۵: فریم Datalink

این فریم شامل ۷ قسمت بوده که به شرح زیر است:

Start	۲ بایت داشته و مقدار ثابت 0x0564 را دارا است.
Length	طول آن ۱ بایت بوده و مقدار آن برابر با مجموع طول Control، Destination و Source است. کمینه مقدار آن ۵ و بیشینه مقدار ۲۵۵ است.
Control	در بخشی مجزا توضیح داده خواهد شد.
Destination	طول آن ۲ بایت بوده و بیانگر آدرس مقصد است. بایت اول LSB و بایت دوم MSB است.
Source	طول آن ۲ بایت بوده و بیانگر آدرس مبدا است. بایت اول LSB و بایت دوم MSB است.
CRC	نحوه محاسبه در [۱ و ۲] آمده است.
User Data	هر بلوک شامل User Data ۱۶ بایت داشته به غیر از آخرین بخش که می‌تواند طولی بین ۱ تا ۱۶ بایت را از آن خود کند.

- *فیلد Control*

این فیلد شامل جهت ارسال فریم، نوع فریم و جریان کنترلی اطلاعات است. طول این فیلد ۱ بایت بوده و محتوای آن به شکل زیر است:



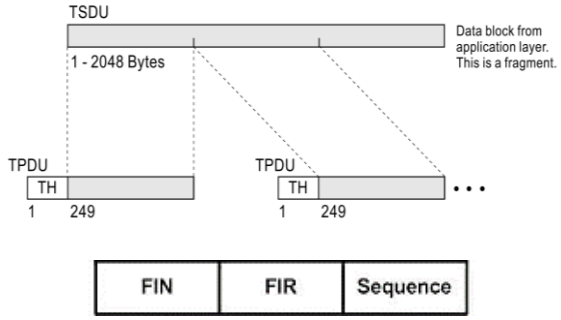
شکل ۶: فریم فیلد Control

DIR	بیانگر جهت فیزیکی فریم با توجه به نوع طراحی است. مثال: Master: A DIR = 1: جهت ارسال از A به B DIR = 0: جهت ارسال از B به A
PRM	بیانگر جهت ارسال فریم با توجه به ایستگاه آغاز کننده PRM = 1: فریم از طرف ایستگاه آغازکننده است. PRM = 0: فریم از طرف ایستگاه پاسخ‌دهنده است.
FCB	این بخش وظیفه شمردن بیت‌ها را دارد و از از دست رفتن یا تکرار فریم‌های یک ایستگاه جلوگیری می‌کند. با هر سرویس Send-Confirm موفق این بیت شمرده می‌شود. اصولا قبل از شروع هر ارتباطی با ایستگاه ثانویه و یا بعد از هر ارتباط ناموفقی، ایستگاه اولیه (Master یا Outstation) لازم است لینک داده را برای هر ایستگاه ثانویه‌ای که می‌خواهد با آن ارتباط برقرار کند، ریست کند. هر ایستگاه ثانویه پس از آغاز لینک داده یا شکست در تراکنش، نباید هیچ پیام Send-Confirm را با FCV یک بپذیرد تا زمانی که پیام Reset را دریافت کرده و به دنبال آن Confirm را ارسال کرده باشد.
FCV	فعال‌کننده FCB است. FCV = 1: FCB باید چک شود. FCV = 0: از FCB صرف‌نظر شود.
DFC	بیت جریان داده کنترلی به منظور جلوگیری از سرریز در بافرهای ایستگاه ثانویه مورد استفاده قرار می‌گیرد. ۱ شدن آن به معنی وقوع سرریز است.
Function Code	مشخص کننده نوع فریم بوده که برای ایستگاه اولیه و ثانویه فرامین متفاوتی دارد [۳].

۵-۲- لایه Transport

در اصل پروتکل DNP که ساختارش را وام‌دار مدل OSI بوده دارای ۳ لایه است. اما به جهت پشتیبانی کردن از توابع RTU پیشرفته و پیام‌هایی بزرگتر از سایز تعریف شده، DNP3 یک لایه شبه انتقال ایجاد کرد. از آنجاییکه Datalink از چنین پیام‌هایی پشتیبانی نمی‌کند، DNP3 یک لایه جداگانه به این بخش اختصاص داد.

بنابراین پس از اینکه Datalink فریمی را به طور کامل دریافت کرد، داده به لایه Transport ارسال خواهد شد. بیشینه سایز هر قطعه پیام ۲۴۹ بایت بوده و به ابتدای هر پیام یک هدر TH با طول ۱ بایت افزوده می‌شود که ساختار آن مطابق شکل ۷ است.



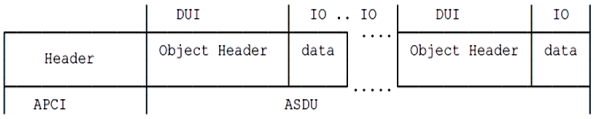
شکل ۷: فریم هدر TH

بخش‌های این فریم به شرح زیر است:

FIN	بیت آخر مبین این است که این فریم از داده آخرین فریم بوده و پیام کامل شده است. FIN = 0: فریم‌ها ادامه دارند. FIN = 1: آخرین فریم
FIR	مبین این است که این فریم از داده نخستین فریم ارسالی است. FIR = 0: اولین فریم نیست. FIR = 1: نخستین فریم از یک توالی
Sequence	چک می‌کند که آیا هر فریم در یک توالی دریافت شده‌اند یا خیر و از از دست رفتن یا تکرار فریم‌ها جلوگیری می‌کند. به محض اینکه FIR ۱ شود شروع به شمارش می‌کند. مقدار آن می‌تواند از ۰ تا ۶۳ باشد و پس از اتمام مجدد از ۰ شروع به شمارش می‌کند.

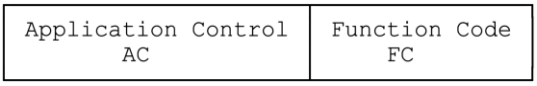
۵-۳- لایه Application

این لایه هفتمین لایه از مدل OSI است. عملکرد کلی آن بدین صورت است که کاربر داده‌ها را به این لایه فرستاده که به ASDU تبدیل می‌شود. در DNP داده‌ها به چندین ASDU تبدیل می‌شوند. سپس به هر ASDU یک واحد APCI اضافه شده و در نهایت یک APDU ساخته می‌شود که در DNP هر APDU بخشی از یک ابرAPDU بوده که هر قطعه دارای شی داده کاملی است و سایز آن حداکثر ۲۰۴۸ بایت است (شکل ۴ و ۵).

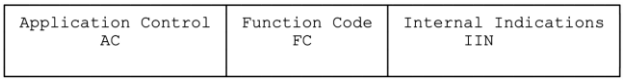


شکل ۸: فرمت کلی Application

هدر APCI بسته به اینکه پیام درخواست بوده یا پاسخ، ساختار متفاوتی خواهد داشت که به صورت شکل ۹ است.



(الف)

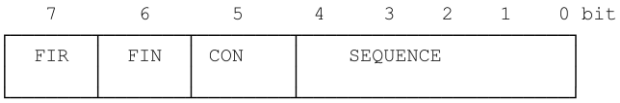


(ب)

شکل ۹: ساختار هدر APCI، (الف) درخواست، (ب) پاسخ

Application Control (AC)

سایز این فیلد ۱ بایت بوده و شامل اطلاعات مورد نیاز جهت ساخت پیام‌های چند قطعه‌ای در Application بوده و ساختار آن به صورت زیر است:



شکل ۱۰: فیلد AC

FIN	اگر ۱ باشد بدین معنیست که این قطعه پیام آخرین بخش از یک پیام کامل است.
FIR	اگر ۱ باشد بدین معنیست که این قطعه پیام نخستین بخش از یک پیام کامل است.
CON	اگر در پیام دریافت‌شده ۱ باشد بدین معنیست که پیام ارسالی از گیرنده انتظار دریافت تاییدیه (FC = 0) دارد.

Sequence	مبین تعداد قطعه پیام‌ها است. اعداد ۰ تا ۱۵ برای تمامی پیام‌های Master و Outstation و اعداد ۱۶ تا ۳۱ برای پیام‌های بلادرنگ از جانب Outstation رزرو شده است.

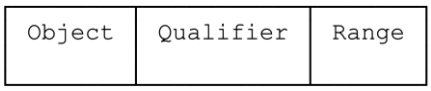
- *Function Control (FC)*

این بخش تعیین کننده هدف ارسال پیام بوده و سایز آن ۱ بایت است. به طور مثال کد تابع پاسخ برای اهداف Confirm، Response و Unsolicited به ترتیب اعداد ۰، ۱۲۹ و ۱۳۰ و کد تابع ارسال برای Confirm، Read و Write اعداد ۰، ۱ و ۲ است [۲].

- *IIN: Internal Indication*

سایز این فیلد ۲ بایت بوده و در پیام پاسخ وجود دارد و اطلاعاتی درباره پیام پاسخ به درخواست کننده ارسال می‌کند. همچنین اگر زمانی یک پاسخ به علت فرمت اشتباه یا دردسترس نبودن داده درخواستی قابل پردازش نباشد، IIN می‌تواند بیت‌های مناسبی را با توجه به نوع مشکل نشان دهد. به طور مثال اگر بیت ۰ از بایت اول ۱ شود به این معنیست که تمامی پیام ایستگاه دریافت شده است. و یا یک شدن بیت ۱ از بایت ۱ به معنی در دسترس بودن داده از نوع کلاس ۱ و ارسال آن به فرستنده است [۳].

علاوه بر APCI، ASDU نیز هدر مختص خود به نام Object را دارد. این هدر مشخص کننده و تعریف کننده IOها است. فرمت این هدر برای هر دو حالت درخواست و پاسخ یکسان است اما بسته به نوع پیام کد توابعی که استفاده می‌کند متفاوت خواهد بود. شکل ۱۱ بخش‌های مختلف این هدر را نشان می‌دهد و توضیحات مرتبط به هر قسمت در ادامه آن آمده است.



شکل ۱۱: فرمت هدر Object

Object	مشخص کننده گروه (به طور مثال ورودی آنالوگ) و تغییرات (Variation) (به طور مثال ورودی آنالوگ ۱۶ بیتی یا ۳۲ بیتی) یک شی است. سایز این فیلد ۲ بایت است که بایت اول گروه شی و بایت دوم تغییرات آن را نشان می‌دهد. و به طور کل نوع یا کلاس یک شی که مشخص کننده ساختار یک داده است را تعیین می‌کند.
Qualifier	مشخص کننده معنی فیلد Range است. سایز آن ۱ بایت بوده و تعیین می‌کند که فیلد Range چگونه باید تفسیر شود.
Range	تعداد اشیاء، شاخص شروع و پایان یا شناسه‌های اشیاء مورد نظر را نشان می‌دهد. این فیلد به طور منحصر به فرد اشیاء مورد نظر را شناسایی می‌کند. اگر بخش Qualifier مشخص کند Range وجود ندارد هرگز این فیلد ظاهر نخواهد شد. بنابراین سایز این فیلد از ۰ تا ۸ بایت متغیر است.

۶- مثال

با توجه به مطالب گفته شده در این بخش یک نمونه فریم DNP3 آورده شده است تا نحوه قرارگیری بخش‌های این پروتکل در کنار هم بهتر درک شود.

0564 0BC4 0400 0300 E42B E5C0
0102 0006 9856

0564	بایت آغازین
0B	طول که برابر است با ۱۱
C4	1100 0100 DIR = 1 / PRM = 1 / FCB = 0 / FCV = 0 / Function = 4: Send-no reply expected
0400	آدرس مقصد
0300	آدرس مبدا
E42B	CRC
E5	TH: 1110 0101 FIN = 1 / FIR = 1 / Seq. = 100101 = 37
C0	AC: 1100 0000 FIR = 1 / FIN = 1 / Seq. = 000000 = 0
01	FC: Read
0200	Object header: 02: Group: Changed binary input 00: Var
06	Qualifier: No range field
985C	CRC

۷- جمع‌بندی

هدف از این مقاله معرفی پروتکل DNP3 و بررسی فریم آن بوده است. بنابراین ابتدا به معرفی پروتکل و مدل جمع OSI پرداخته و سپس گفته شد که DNP3 تنها سه لایه از این مدل ار پشتیبانی می‌کند که عبارتند از Physical، Datalink و Application. علاوه بر این، برای اینکه این پروتکل بتواند از پیام‌های بزرگتری پشتیبانی کند یک لایه دیگر به نام شبه انتقال به آن اضافه شده و بعد از لایه دوم قرار گرفت.

سپس بیان شد تبادل اطلاعات در این پروتکل همواره بین یک Master و Outstation اتفاق می‌افتد که نحوه برقراری ارتباط می‌تواند به صورت درخواست/پاسخ و یا پاسخ بلادرنگ باشد. پاسخ بلادرنگ پیامی است که بدون درخواست از سمت Master از سوی Outstation به Master ارسال می‌شود که اغلب ناشی از تغییرات ناگهانی در سمت Outstation بوده است.

پروتکل DNP3 بر روی دو بستر سریال و اترنت می‌تواند منتقل شود که به ترتیب توسط RS232 یا RS485 و شبکه TCP/IP خواهد بود.

منابع

[1] http://www.sunshine2k.de/articles/coding/crc/understanding_crc.html

[2] http://www.sunshine2k.de/coding/javascript/crc/crc_js.html

[3] DNP users group, “DNP Product Documentation”.

[4] Timothy Day, “DNP3, Distributed Network Protocol v3 an INTRODUCTION”, Field Application Engineer, 2018.

KN0-0904-3806

اجرای عایق توپولوژیکی فوتونیک با استفاده از فیبر کریستال فوتونی در رژیم مرئی

مهران کریمیان‌ریزی [۱] mehrankarimian97@ms.tabrozu.ac.ir
مریم فریور [۲] farivar.maryam@yahoo.com

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی دانشگاه تبریز، ایران
[۲] مربی سازمان‌آموزش فنی‌وحرفه‌ای کشور، اصفهان، ایران

چکیده: نتیجه شبیه سازی فیبر کریستال فوتونی (*PCF*) به طور کامل در این تحقیق برای پیش‌بینی عایق توپولوژیکی فوتونی که به عنوان یک کاربرد جدید از فوتونیک سیلیکون نمایان می‌شود، بیان شده است. مفهوم حاضر با روش انبساط موج مسطح کار می‌کند تا جریان فوتونی را در سطح *PCF* به جای ناحیه هسته اعمال کند. در نهایت پیشنهاد فعلی بیان می‌کند که فیبر بلوری فوتونی با ساختار و پارامتر مناسب می‌تواند مورد خوبی برای کاربرد عایق توپولوژیکی فوتونیک باشد.

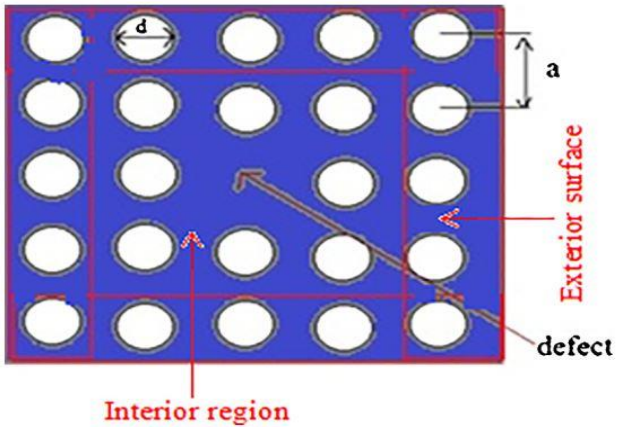
واژه‌های کلیدی: فیبر کریستال فوتونیکی، رژیم مرئی، انبساط موج صفحه

۱. مقدمه

اصطلاح توپولوژی در رابطه با ریاضیات هندسی جدید نیست. با این حال، به دلیل کاربردهای کارآمد آن در زمینه‌های مختلف، علاقه زیادی به فیزیک و فناوری آن ایجاد کرده است. تعریف لایمن می‌گوید "توپولوژی" شاخه‌ای از هندسه است که مربوط به آن دسته از خواص یک شکل هندسی است که بدون تغییر باقی می‌ماند حتی زمانی که شکل در اثر خم شدن، کشش و پیچش و غیره تغییر شکل می‌دهد. به طور مشابه فیزیک می‌گوید عایق توپولوژیکی ماده‌ای است که درون آن به عنوان عایق عمل می‌کند (نه جریان) جایی که بیرون به عنوان سطح رسانا عمل می‌کند. تا آنجا که به تحقیق در مورد عایق توپولوژیکی مربوط می‌شود، تنها به فرکانس رادیویی یا مایکروویو محدود نمی‌شود، بلکه از طریق محدوده مادون قرمز و محدوده مرئی نفوذ می‌کند. اگرچه بسیاری از کارهای مربوط به ساختار نوری با هندسه توپولوژیکی سروکار دارند، این ارتباط با فیبر نوری کریستال فوتونی دستکاری می‌شود تا عایق توپولوژیکی فوتونی را در فرکانس‌های مرئی ایجاد کند.

نویسندگان در مرجع [۱]، با انجام یک تجزیه و تحلیل مختصر از مرور مقالات قبلی عایق توپولوژیکی، پیشرفت اخیر عایق توپولوژیکی را برای تحقق عایق توپولوژیکی ثابت معکوس زمانی مورد بحث قرار می‌دهند، جایی که مرجع [۲] ساختار فاصله باند فوتونیک عایق توپولوژیکی را با استفاده از مواد دی‌الکتریک توضیح می‌دهد. همچنین مشاهدات تجربی چندگانه پیک انتقال گسسته در عایق توپولوژیکی فوتونیک در این مرجع بیان شده است. به طور مشابه در مرجع [۳]، عایق توپولوژیکی فوتونیک مایکروویو با استفاده از روش المان محدود سه بعدی و مدل همیلتونی مجدداً پیکربندی شده است. مجدداً عایق توپولوژیکی فوتونیک با تقارن معکوس زمانی شکسته در مرجع [۴] ذکر شده است. جدای از این، مرجع [۵] و [۶] نوع جدیدی از عایق توپولوژیکی را بر اساس هولوگرام‌های نانومتری و ذرات نانوپلاسمی نشان می‌دهد. اگرچه منابع ذکر شده در بالا در مورد تحقیقات اخیر مربوط به عایق توپولوژیکی فوتونیک صحبت می‌کنند، کار حاضر سعی دارد کاربرد عایق توپولوژیکی فوتونیک را با استفاده از فیبر کریستال فوتونیک

مبتنی بر سیلیکون (PCF) بیان کند. سیلیکون یک ماده دانشگاهی و مناسب برای تحقیقات الکترونیک و فوتونیک است. با تحقق بیشتر فوتونیک مبتنی بر سیلیکون، اخیراً کارهای خاصی مرتبط با فوتونیک با استفاده از ساختار یک، دو و سه بعدی برای اهداف سنجش [۷-۱۴] و ارتباطات [۱۵-۲۸] ایجاد شده است.



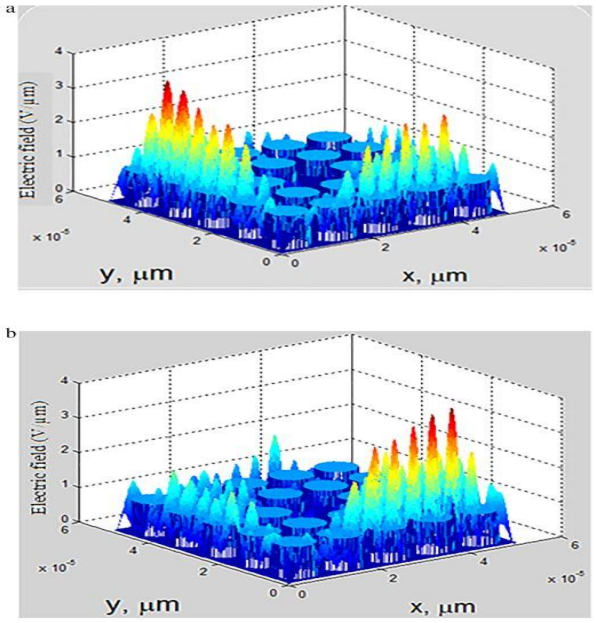
شکل ۱. نمای مقطعی فیبر نوری ریزساختار.

۲- ساختار طراحی شده

اگرچه بخش بعدی بخش قبلی ساختارها و تکنیک‌های مختلف را برای درک عایق توپولوژیکی و چندین کاربرد با استفاده از ساختار فوتونیک سیلیکونی بررسی می‌کند، کار فعلی جریان‌های را در سطح فیبر بلور فوتونی در رژیم مرئی (۴۰۰ نانومتر - ۷۵۰ نانومتر) توصیف می‌کند. فیبر کریستال فوتونیک پیشنهادی ساده است و از سیلیکون به عنوان ماده پس‌زمینه ساخته شده است، به طوری که سوراخ‌های هوای ۵×۵ با نقص در مرکز روی بستر ایجاد می‌شود. ساختار PCF طراحی شده در شکل ۱ در نظر گرفته شده است. در این حالت سیگنال‌هایی با محدوده طول موج ۴۰۰ نانومتر تا ۷۵۰ نانومتر با فیبر فوتونیک متحرک دستکاری می‌کنند به طوری که ابعاد شبکه مربعی فوق ۵۰ × ۵۰ میکرومتر مربع با ۸ میکرومتر و قطر ۱۰ میکرومتر (d) سوراخ هوا و شبکه گرفته می شود. فاصله (a) به ترتیب. دلیل انتخاب پارامترها و مواد فوق این است که جریان فوتونی در سطح فقط برای تمام طول موج های مرئی تحقق می یابد. علاوه بر این هیچ تراوش (قسمت داخلی MSOF) سیگنال در ساختارهای فوق یافت نمی شود.

۳. نتایج و بحث

برای درک جریان فوتونیک در سطح نسبتاً هسته ساختار ساختار ۱، از تکنیک انبساط موج مسطح برای شبیه سازی توزیع میدان الکتریکی از طریق فیبر کریستال فوتونی فوق الذکر استفاده شده است [۲۹]. اگرچه شبیه سازی برای تمام طول موج های رژیم مرئی انجام می‌شود، نتیجه خروجی مربوط به طول موج های ۴۰۰ نانومتر و ۷۵۰ نانومتر به ترتیب در شکل ۲(a) و ۲(b) نشان داده شده است. در شکل ۲، x هر y (m) به عنوان طول و عرض فیبر و میدان الکتریکی (V/m) در امتداد محور عمودی نشان داده شده است. یک نتیجه جالب از شکل های پایین نشان داده شده است. به عنوان مثال سیگنال‌های ارسالی (توزیع میدان) فقط از حفره هوای سطح فیبر نوری خارج می‌شوند. اما شدت پیک توزیع سوله الکتریکی با طول موج‌های مختلف متفاوت است. جدای از این، همچنین مشخص می‌شود که هیچ توزیع میدانی با بخش داخلی فیبر نوری انجام نمی‌شود. بنابراین فیبر نوری ریزساختار سیلیکونی می‌تواند کاندیدای مناسبی برای عایق توپولوژیکی باشد. جدای از دو طول موج (۴۰۰ نانومتر و ۷۵۰ نانومتر)، فیبر کریستال فوتونی فعلی با طول موج‌های کامل دیگر (۴۱۰ نانومتر، ۴۲۰ نانومتر، . . . ۷۳۰ نانومتر، ۷۴۰ نانومتر) دستکاری می‌کند. در طول دستکاری و شبیه‌سازی در تمام موارد، مشخص شد که جریان فوتونی در سطوح PCF نشان می‌دهد و علاوه بر این هیچ جریانی در نواحی هسته جریان ندارد. فیزیک نتیجه زیبای فوق در رابطه با سیلیکون به عنوان مواد پس زمینه مربوط به ضرایب شکست مختلف سیلیکون در طول موج‌های مختلف است که از مرجع استخراج شده است [۳۰]. مثلا؛ ضریب شکست سیلیکون در طول موج ۴۵۰ نانومتر (۴,۶۸) در ۴۷۰ نانومتر (۴,۴۹) یکسان نیست. بنابراین ضریب شکست متفاوت مواد زمینه سیلیکونی باعث ایجاد توزیع میدان الکتریکی متفاوت در طول موج‌های مختلف می‌شود. با این حال موقعیت و پیکربندی سازه از جمله فاصله شبکه و قطر سوراخ‌های هوا با توجه به تمام طول موج‌های رژیم مرئی ثابت می‌ماند.



شکل ۲. (الف)؛ تغییرات میدان الکتریکی در طول موج ۴۰۰ نانومتر (ب) تغییر میدان الکتریکی در طول موج ۷۵۰ نانومتر.

۴. نتیجه‌گیری

کاربرد جدیدی از فیبر کریستال فوتونیک سیلیکون در این کار در طول موج های مرئی به نمایش گذاشته شده است. یک تغییر زیبا از جریان فوتونی در سطح فیبر کریستال فوتونی به جای ناحیه هسته یافت می‌شود. فیزیک کار تأیید می‌کند که ماهیت، موقعیت و پیکربندی ساختار فوتونیک پیشنهادی نقش حیاتی برای جریان جریان فوتونیک در سطح فیبر دارد. خلاصه تحقیق حاضر نشان داد که فیبر کریستال فوتونیک مبتنی بر سیلیکون می‌تواند کاندید مناسبی برای عایق توپولوژیکی فوتونیک باشد.

۵. منابع

[1] Alexander B. Khanikaev, S. Hossein Mousavi, Wang-Kong Tse, Mehdi Kargarian, Allan H. MacDonald, Gennady Shvets, Photonic analogue of two-dimensional topological insulators and helical one-Way edge transport inBi-Anisotropic metamaterials, Nat. Mater. 12 (2013) 233, http://dx.doi.org/10.1038/nmat3520.

[2] Alexey Slobozhanyuk, S. Hossein Mousavi, Xiang Ni, Daria Smirnova, Yuri S. Kivshar, Alexander B. Khanikaev, Three-dimensional all-dielectric photonic topological insulator, Nat. Photonics 11 (2017) 130–136, http://dx.doi.org/10.1038/nphoton.2016.253.

[3] Maxim Goryachev, E. Michael Tobar, Reconfigurable microwave photonic topological insulator, Phys. Rev. Appl.A6 (no.6) (2016) (06400).

[4] Cheng He, Xiao-Chen Sun, Xiao-Ping Liu, Ming-Hui Lu, Yulin Chen, Liang Feng, Yan-Feng Chen, Photonic topological insulator with broken time-reversal symmetry, PNAS 113 (18) (2016) 4924–4928 (May 3).

[5] Weifeng Zhang, Xianfeng Chen, Fangwei Ye, Plasmonic topological insulators for topological nanophotonics, Opt.Lett42 (20) (2017)4063–4066, http://dx.doi.org/10.1364/OL.42.004063.

[6] Jun-Yu Ou, Jin-Kyu So, G. Adamo, A. Sulaev, Lan Wang, Nikolay Zheludev, Ultraviolet and visible range plasmonicsinthetopologicalinsulator Bi1.5,Sb0.5,Te1.8,Se1.2, Nat. Commun. 5 (5139) (2017) 1–7, http://dx.doi.org/10.1038/ncomms6139.

[7] G. Palai, S.K. Tripathy, A novel method for measurement of concentration using two dimensional photonic crystalstructures, Opt.Commun.285 (10–11) (2012)2765–2768(15).

[8] G. Palai, S.K. Tripathy, T. Sahu, A novel technique to measure the sucrose concentration in hydrogel sucrose solution using two dimensional photonic crystal structures, Optik – Int. J. Light Electron Opt. 125 (1) (2014) 349–352(January).

[9] G. Palai, S.K. Tripathy, Measurement of glycerol concentration in B? H? G solution using 3D photonic crystal structure, Optik–Int.J.LightElectronOpt.125 (June (12)) (2014)2875–2879.

[10] G. Palai, T.K. Dhir, Theoretical model to measure the concentration of hemoglobin in human blood using 3D photonic crystal structure, Optik–Int.J.Light Electron Opt.126 (February (4)) (2015)478–482.

[11] C.S. Mishra, G. Palai, Manipulating light with porous silicon for investigation of porosity using finite difference time domain method, Optik–Int.J.Light Electron Opt.127 (2016)1195–1197.

[12] N. Palai, S.K. Muduli, S.K. Sahoo, S.K. Tripathy Patnaik, Realization of potassium chloride sensor using photonic crystal ibersoft, Nanosci. Lett.3(2013)16–19,http://dx.doi.org/10.4236/snl.2013.

[13] G. Palai, Computation of impurity concentration in silicon photodiode based on their optical properties, Optik–Int.J.LightElectronOpt.133 (2017)108–113(March).

[14] C.S. Mishra, G. Palai, Optical nonlinearity in germanium and silicon semiconductor vis-a-vis

temperature and wave lengths for sensing application, Optik–Int.J.Light Electron Opt.137(2017)37–44.
[15] G. Palai, S.K. Trpathy, Efficient silicon grating for SOI applications, Optik–Int. J. Light Electron Opt. 124 (September (17)) (2013)2645–2649.
[16] G. Palai, Analysis and simulation of silicon grating structure for spectral beam combining application, Optik -Int.J.Light Electron Opt.126 (December (24)) (2015)4974–4976.
[17] G. Palai, Theoretical approach to 3D photonic crystal structure for realization of optical mirror using bandgap analysis: a future application, Optik–Int.J.Light ElectronOpt.126 (December (24)) (2015)5100–5101.
[18] G. Palai, Optimization of optical waveguide for optical DEMUX at optical windows, Optik–Int. J. Light ElectronOpt.127 (2016)2590–2593.
[19] C. Nayak, G. Palai, Realization of monochromatic filter using silicon grating structure: an application of siliconphotonics, Optik–Int.J.LightElectronOpt.127 (2016)8264–8268.
[20] P.S. Das, G. Palai, D. Jena, PWE approach to MSOF for beam splitting application, Optik–Int. J. Light ElectronOpt.127 (2016)10228–10231.
[21] P.K. Dalai, P. Sarkar, G. Palai, Analysis of silicon waveguide structure for realization of optical UX/DEMUX circuit: anapplication of silicon photonics, Optik–Int. J.Light Electron Opt.127 (2016)10569–10574.
[22] P.K. Dalai, P. Sarkar, G. Palai, Efficient semiconductor grating SOI structure for nanophotonic application, Optik–Int.J.LightElectronOpt.127(2016)10632–10636.
[23] G. Palai, Realization of spectral beam combination using silicon crystal structure via photonic band gap analysis, Optik–Int.J.Light ElectronOpt.127 (2016)11225–11229.
[24] G. Palai, S.K. Beura, N. Gupta, R. Sinha, Optical MUX/DEMUX using 3D photonic crystal structure: a future application of silicon photonics Optik–Int.J.LightElectronOpt.128(2016)224–228.
[25] K.P. Swain, G. Palai, J.K. Moharana, Analysis for ‘101’ channels of MUX/DEMUX using grating SOI Structure at sub nanometer scale, Optik -International Journal for Light and Electron Optics 127 (2017) 78–82.
[26] G. Palai, S.S. Nayak, S. Prusty, S. Panigrahi, S.S. Mohapatra, Highly efficient semiconductor grating structure for SOI Optical Circuits, Optik–Int. J. LightElectron Opt. 124 (September (17)) (2017) 2645–2649 (Accepted).
[27] C.S. Mishra, G. Palai, D. Prakash, S.K. Tripathy, K.D. Verma, Analysis of HLB pass filter using silicon photonics structure, Optik–Int.J.Light ElectronOpt.144(September)(2017)522–527.
[28] G. Palai, Realization of all logic gates using hybrid grating structure: an application of silicon photonics, Optik—Int.J.Light Electron Opt.147C (2017)256–262.
[29] I.A. Sukhoivanov, I.V. Guryev, Physics and Practical Modeling: Photonic Crystals, Springer, Heidelberg, 2009.
[30]E.F.Schubert, Materials-Refractive-index-and-extinction-coefficient, 2004(28.03.11) http:// www.rpi.edu/?schubert/Educational-resources/Materials-Refractiveindex-and-extinctioncoefficient.pdf.

ارتباط با کهربا

متخصصان و مهندسین گران‌قدر می‌توانند از طریق آدرس سایت مجله www.kahrobaonline.ir سایر اطلاعات مجله ازجمله نحوه ارسال مقالات جهت انتشار در نشریه و نیز فرم اشتراک مجله را دریافت کنند. همچنین به اطلاع می‌رسانیم طی توافق صورت گرفته بین پایگاه علمی‌سیویلیکا و مجله کهربا ازاین‌پس به مقاله برتر هر شماره یک کارت اشتراک رایگان دانلود از این پایگاه هدیه داده می‌شود.

اپلیکیشن این مجله را می‌توانید از مارکت نرم‌افزارهای موبایل (گوگل پلی) به آدرس زیر دریافت کنید.

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kahroba.wwwnoandishaan

ایمیل مجله kahroba@noandishaan.com پل ارتباطی ما با مهندسین و متخصصین می‌باشد، لطفاً ما را از پیشنهادها و انتقادات ارزشمند خود بهره‌مند سازید. جهت حمایت‌های مالی و معنوی از نشریه و یا معرفی محصولات خود نیز می‌توانید از طریق همین ایمیل با ما در ارتباط باشید.