مقاله پژوهشی

رویکردی نوین برای افزایش طول عمر و امنیت شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده ترکیبی ازالگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات وکا-مین همراه با سیستم تشخیص نفوذ هوشمند

Doi: 10.30508/kdip.2025.494127.1124

علی عزتی(نویسنده مسئول)[۱]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران
محمد مهدی شیرمحمدی [۲]
۲- استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱
صفحه: ۴۹ - ۴۰

چکیده

در دهه‌ی اخیر شبکه‌های حسگر بی‌سیم با کاربردهاي مختلفي که پیدا کرده‌اند با مشکلات و چالش‌هایي هم روبه‌رو شده‌اند. یکی از مشکلات اساسی آنها امنیت و حملات در این شبکه‌ها است. پیشرفت‌های اخیر در اتصال شبکه و قابلیت‌های محاسباتی، کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم در صنایع مختلف را گسترش داده است. جمع‌آوری داده‌ها و انتقال آن به یک سرور دور، که اغلب در مکان‌های ایزوله قرار دارد، هدف اصلی شبکه‌های حسگر بی‌سیم است. کارایی انرژی، محدودیت‌های منابع ذخیره‌سازی و پردازش، پهنای باند، نرخ خطا، مقیاس‌پذیری و بقا در شرایط سخت باید مورد توجه قرار گیرند. با استفاده از برخی روش‌های امنیت شبکه می‌توان با حملات مقابله کرد اما این روش‌ها بر طول عمر حسگرهای شبکه اثر منفی می‌گذارند و باعث اتلاف انرژی کلی شبکه می‌شوند. در این مقاله، الگوریتمی مبتنی بر بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) و K-Means برای بهینه‌سازی مکان گره‌ها و بهبود طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم ارائه شده است. هدف اصلی این الگوریتم، افزایش بهره‌وری انرژی و مقابله با حملات احتمالی در شبکه است. براي شبیه‌سازی روش پیشنهادی به نام IPSO، با روش‌هاي قبلي LEACH-EA و PSOR، مقایسه انجام شده و نتایج حاصل از مصرف انرژی در برابر حملات تحلیل شده است. در این مقاله همچنین یک سیستم تشخیص نفوذ (IDS) مبتنی بر تشخیص ناهنجاری به پروتکل اضافه شده که با تحلیل تعداد پیام‌های دریافتی گره‌ها، گره‌های مشکوک به نفوذ را شناسایی می‌کند. در بخش امنیت پروتکل نیز نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در مقایسه با روش‌های دیگر، توانسته است ضمن کشف حمله به خنثي سازي حمله پرداخته و بهینه‌تر عمل نماید و طول عمر شبکه را هم افزایش دهد.

کلمات کلیدی: شبکه‌های حسگر بی‌سیم، بهینه‌سازی ازدحام ذرات، کا - مین، تشخیص نفوذ، مصرف انرژی، خوشه‌بندی.

۱- مقدمه

شبکه حسگر بیسیم شامل گره‌های مذکور دارای شیوه عملیاتی مشابه با نگهبانان دیجیتال هستند که به طور فعال داده‌هایی را در مورد مجموعه‌ای متنوع از ویژگی‌ها جمع‌آوری می‌کنند، اما نه محدود به فشار، رطوبت، دما، سطح آلودگی، صدا و سایر عوامل مرتبط، همان‌طور که نیازهای خاص برنامه مورد نظر ایجاب می‌کند (ژائو، ژانگ و هانگ[1]، ۲۰۲۱؛ مجیدیان و شیرمحمدی[2]، ۲۰۲۲). در حوزه شبکه‌های حسگر بی‌سیم، گنجاندن تعداد قابل توجهی از گره‌ها که دارای ارتباط قوی هستند، در حیطه شبکه در نظر گرفته می‌شود. این شبکه ممکن است شامل تعداد متغیری از گره‌ها باشد که از چند صد تا چند هزار متغیر است. این گره‌ها تحت هدایت توپولوژی‌های از پیش تعیین‌شده همکاری می‌کنند تا داده‌های ضروری را جمع‌آوری کرده و آن را به یک گره سرور مشخص منتقل کنند (ژائو و همکاران، ۲۰۲۱). طبیعت پویا و شبکه‌های حسگر بی‌سیم نیازمند مطالعه مداوم است، با تمرکز خاص بر توسعه الگوریتم‌های مسیریابی ترکیبی که اکنون به عنوان یک حوزه تحقیقاتی برجسته و پرجنب‌وجوش شناخته می‌شود. هماهنگی مؤثر انتقال داده‌ها از گره‌های عضو به گره مقصد، جایی که فرآیند تجمیع داده‌ها انجام می‌شود، نیازمند استفاده از استراتژی‌های مسیریابی است که از اهمیت بالایی برخوردارند و تأثیر قابل توجهی دارند (جیانگ، ژائو، ژوو، وانگ و دوو[3]، ۲۰۲۲؛ عزتی و شیرمحمدی[4]، ۲۰۲۴).

توسعه الگوریتم‌های مسیریابی برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم هم چالش‌های زیادی دارد، و به موارد مربوط به کارایی انرژی، دوام شبکه، حفاظت از شبکه، تأخیر شبکه و ساختار شبکه است. موانع در مسیریابی شبکه سنسور بیسیم قابل غلبه هستند؛ ولی همچنان بسیاری از چالش‌ها وجود دارد. پس احتمال مواجهه با چالش‌های بیشتر همیشه وجود دارد. رشته تکنیک‌های بهینه‌سازی که در دهه‌های اخیر به‌طور سیستماتیک در بسیاری از بخش‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، راهی قابل قبول برای پرداختن به چالش‌های چندوجهی ارائه می‌دهد. به‌طور قابل توجهی، استراتژی‌های بهینه‌سازی راه‌حلی مناسب برای مسئله حیاتی کنترل مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم فراهم می‌کنند و بدین ترتیب به ظهور دوره‌ای جدید که با مدیریت شبکه‌ای آگاهانه و دوستدار محیط زیست مشخص می‌شود، کمک می‌کنند (فانگ و همکاران[5]، ۲۰۲۲؛ هان و همکاران[6]، ۲۰۲۲؛ میرزایی[7]، ۲۰۲۵). پیشرفت مداوم شبکه‌های حسگر بی‌سیم به عنوان یک نمونه قابل توجه از منظر هوش مصنوعی، از پتانسیل هم‌افزایی که می‌تواند از طریق ادغام فناوری‌های پیشرفته و رویکردهای هوشمندانه حل مسئله به وجود آید (اکسیو و همکاران[8]، ۲۰۲۱). دستیابی به هم‌افزایی می‌تواند به عنوان راهی برای غلبه مؤثر بر چالش‌های پیچیده‌ای که توسط زمینه جهانی متصل ما ایجاد می‌شود، دنبال شود. ایجاد این هم‌افزایی می‌تواند از طریق ادغام فناوری پیشرفته با استراتژی‌های هوشمندانه حل مسئله حاصل شود، که به افراد این امکان را می‌دهد تا به طور مؤثر به بسیاری از دشواری‌های ارائه شده توسط جامعه جهانی متصل ما پاسخ دهند (لیو[9]، ۲۰۲۳؛ عزتی و شیرمحمدی، ۲۰۲۴). در حوضه امنیت، مهاجم قادر است اطلاعات رمزنگاری گران‌بهایی را برای تغییر عملکرد به دست آورد (شیرمحمدی، مولوی، و میرعباسی[10]، ۲۰۲۴). در ادامه چند نمونه از حمله هاي متداول در این شبکه‌ها بیان می‌شود.

حمله کانال جانبی: اشیاء اینترنت اشیا عملیات عادی خود را اجرا می‌کنند، بنابراین احتمال افشای اطلاعات قابل توجهی وجود دارد. ممکن است حتی در مواردی که هیچ پروتکل بی سیمی برای انتقال داده توسط آنها پیاده سازی نشده باشد، اجرا شود. استراق سمع: این حمله معمولاً با

1- Zhou, Zhang, & Huang
2- Majidian, & Shirmohammadi
3- Jiang, Zhao, Zhu, Wang, & Du
4- Ezzatie, & Shirmohammadi
5- Fang, etal
6- Han, etal
7- Mirzaei
8- Xu, etal
9- Liu
10- Shirmohammadi, Molavi, & Mirabbasi

پروتکل‌های ارتباطی مرتبط است، بنابراین احتمال وقوع آن در این سطح، مخصوصاً برای برچسب های RFID وجود دارد. هدف اساسی از حمله شنود این است که پیام‌ها رهگیری می‌شوند، خوانده می‌شوند و برای انجام کاوش بیشتر اصلاح می‌شوند. شبیه‌سازی برچسب: این یک نوع حمله است که برای هکرها بسیار مفید است و می‌تواند برای شهرت شرکت نیز خطرناک باشد. مهاجم قادر است به کمک کپی کردن برچسب‌ها به داده‌های حساس و مناطق بسته دسترسی پیدا کند (ایفزارن، تبا، هافیدی و لامگری[1]، ۲۰۲۱). پروتکل LEACH به صورت تصادفی و بدون در نظر گرفتن عواملی مانند انرژی باقیمانده گره‌ها و مکان آنها را انتخاب می‌کند که منجر به تسریع مرگ برخی خوشه‌ها می‌شود. پس در، LEACH-EA نسبت به LEACH عملکرد بهتری دارد (وانگ و تانگ[2]، ۲۰۲۰). لازم است که یک سیستم شبکه سنسور نسبت به تغییرات و رویدادهای محیطی مانند خراب شدن سنسور انعطاف پذیر باشد این تغییر می‌تواند به عنوان مثال در اضافه شدن گره‌های بیشتر و یا حذف تعدادی از گره‌ها به علت تمام شدن انرژی و یا دلایل دیگر باشد (میرزایی، ۲۰۲۵). این تحقیق ظرفیت استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، ابتکاری، فراابتکاری و چندین الگوریتم دیگر را برای محافظت، بهینه‌سازی مصرف انرژی و قابل اتکاء بودن شبکه حسگر بیسیم را نشان می‌دهد. ساختار مقاله بدین ترتیب است که پس از بخش مقدمه که بیان شد در بخش دوم مبانی نظری مرتبط با موضوع این مقاله اشاره می‌شود و در جدولي روش‌هاي پيشين با هم مقايسه مي‌شوند. در ادامه نيز پروتكل پيشنهادي و كار انجام شده ارائه مي‌شود. مدل شبكه، شبيه‌سازي و ارزيابي پارامترهاي كارايي و در نهايت نتيجه‌گيري ارائه شده است.

۲- مبانی نظری

به دنبال گسترش دامنه کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم، مجموعه‌ای غنی از پیشرفت‌های فنی منحصر به فرد به عنوان نتیجه تحقیقات مشترکی که در سال‌های اخیر انجام شده، توسعه یافته است. این امر به دلیل سرعت شگفت‌انگیزی است که شبکه‌های حسگر بی‌سیم در حال افزایش محبوبیت هستند (چهاردولی[3]، ۲۰۲۵؛ میرزایی، ۲۰۲۵). نمی‌توان این وضعیت را از دیدگاه موجودی که هوش آن در آزمایشگاه ساخته شده است، نادیده گرفت. به‌ویژه، این شبکه‌ها شاهد افزایش استفاده از الگوریتم‌های مسیریابی پیشرفته بوده‌اند که برای ورود به عصر مدرن ارتباطات بسیار مهم هستند، زیرا این الگوریتم‌ها برای به‌روز کردن آنها در عصر کنونی ارتباطات حیاتی هستند (لیو و همکاران[4]، ۲۰۲۳).

بنابراین FA، GA، ACO، ABC، PSO و BFO برخی از استراتژی‌هایی هستند که پتانسیل کشف در چشم‌انداز وسیع بهینه‌سازی شبکه‌های حسگر بی‌سیم را دارند. برای عبور مؤثر از حوزه‌های پیچیده‌ای که برای حل آن‌ها طراحی شده‌اند، این استراتژی‌ها از مفاهیم هوش غیرمتمرکز و هوش جمعی استفاده می‌کنند. ریشه‌های این استراتژی‌ها را می‌توان در دنیای طبیعی یافت (محمدی، شیرمحمدی، پاکان، قاسمی‌پور و آلیقرداشی[5]، ۲۰۲۲). آن‌ها نمایانگر همکاری ممکن بین سیستم‌های کامپیوتری و سیستم‌های زیستی هستند تا راه‌حل‌هایی ایجاد کنند که نه تنها از نظر عملی مفید باشند بلکه از نظر زیبایی‌شناختی نیز دل‌پذیر باشند.

این همکاری ممکن است به منظور تولید راه‌حل‌هایی باشد که هم از نظر بصری جذاب و هم از نظر عملی مفید باشند. نتیجه نهایی این همکاری تولید راه‌حل‌هایی خواهد بود که نه تنها کارآمد بلکه از نظر زیبایی نیز دلپذیر هستند (اکسائو، و همکاران[6]، ۲۰۲۳؛ چنگ، ژوو، ژائو، و چن[7]، ۲۰۱۶). TOPSIS و MCDM در برنامه های شبکه‌های حسگر بی‌سیم بسیار مفید هستند MCDM با ارزیابی معیارهای متعدد مانند بهره‌وری انرژی، پوشش و هزینه،

1- Ifzarne, Tabbaa, Hafidi, & Lamghari
2- Wang, & Tong
3- Chahardoli
4- Liu, etal
5- Mohammadi, Shirmohammadi, Pakan, Ghasempour, & Alighardashi
6- Xiao, etal
7- Cheng, Zhu, Zhao, & Chen

تصمیم‌گیری آگاهانه را ممکن می‌سازد. در همین حال، TOPSISراه حل‌های جایگزین شبکه‌های حسگر بی‌سیم را بر اساس شباهت آنها به یک راه حل ایده‌آل رتبه‌بندی می‌کند. با استفاده از این روش‌ها، فرآیندهای تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی در استقرار شبکه‌های حسگر بی‌سیم می‌تواند به طور قابل توجهی افزایش یابد. در این شبکه‌ها، مصرف انرژی یک مسئله اصلی است. رویکرد MCDMبا استفاده از TOPSIS برای انتخاب سرخوشه‌هاي کارآمد که دقت وطول عمر شبکه را افزایش می دهد و سربار مصرف انرژی مرتبط با سرخوشه را کاهش می‌دهد (سن، سائو، تیاوری، سیمیک، و سنپاتی[1]، ۲۰۲۳). از دیدگاه یک موجودی که تحت کنترل هوش مصنوعی است، شبکه‌های حسگر بی‌سیم به عنوان یک شبکه وسیع از گره‌های حسگری به نظر می‌رسند که به دقت در مکان‌های دورافتاده و در بسیاری از موارد، غیرقابل دسترس قرار داده شده‌اند (چن، هیو، ژائو، و گوش[2]، ۲۰۲۲).

در مطالعه دیگر یک الگوریتم خوشه‌بندی اصلاح‌شده مبتنی بر LEACH را با تنظیم محدوده گیربکس خودکار و یک جمع‌آورنده داده موبایل مبتنی بر (ferry MDC) ادغام می‌کند. این به منظور افزایش جمع آوری داده ها و طول عمر شبکه انجام می شود. به دلیل تلاشی که برای این تحقیق انجام شد، هر دوی این پیشرفت ها توانستند محقق شوند (پندی، کومار، پریادریش، و ناث[3]، ۲۰۲۲؛ ساتیش، دوتا، پریادریش، و ناث[4]، ۲۰۲۰). در پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر PSO، PSO برای تعیین مسیرهای مسیریابی بهینه برای انتقال داده ها به BS انجام می‌شود. روش GA-PSO پیشنهاد شده است که در آن PSO برای ارائه گره رله خروجی انرژی هر سرخوشه ارائه می شود تا طول عمر شبکه افزایش یابد. مانند PSO مبتنی بر، اجزای موجود در هر ذره با ابعاد D (برابر با تعداد سرخوشه ها) به طور تصادفی با اعداد تولید شده از ۰ تا ۱ مقداردهی اولیه می‌شوند که می‌توانند به شاخص‌های گره‌های رله مربوطه نگاشت شوند. و ذرات Np جمعیت اولیه را تشکیل می‌دهند. سپس با در نظر گرفتن فاصله و شمارش هاپ بین سرخوشه و BS برای محاسبه بهترین موضعی و جهانی یک تابع fitness ساخته می‌شود. در نهایت، موقعیت و سرعت ذرات به طور مکرر با توجه به بهترین‌های محلی و جهانی به روز می‌شوند تا زمانی که به بهترین جهانی بهینه برسد یا به حداکثر تعداد تکرارهای از پیش تعیین شده برسد. بهترین مسیرها را می‌توان با اجرای GA-PSO به دست آورد که ارتباط بین CH ها و BS را پشتیبانی و تسهیل می‌کند و همچنین کارایی انرژی را بهبود می‌بخشد. با این حال، CH ها با انرژی کم ممکن است به عنوان گره‌های رله برای انجام وظایف انتقال داده‌های بیشتر بدون شک زودتر از موعد بمیرند (آناند و پندی[5]، ۲۰۲۰).

پروتکل LEACH به صورت تصادفی و بدون در نظر گرفتن عواملی مانند انرژی باقیمانده گره‌ها و مکان آنها را انتخاب می‌کند که منجر به تسریع مرگ برخی خوشه‌ها می‌شود. بنابراین، پروتکل LEACH-EA را برای بهبود عملکرد WSN ها پیشنهاد شده است. پارامترهای منطقی فازی برای بهینه‌سازی آستانه انتخاب گره‌های خوشه‌ای اضافه شدند و شعاع رقابتی گره‌های حسگر خوشه‌ای برای بهبود کیفیت تولید خوشه معرفی شد. با بهبود الگوریتم کلونی مورچگان، مسیریابی شبکه برای تولید مسیر انتقال بهینه شد. با این حال، مقداردهی اولیه تصادفی استقرار گره حسگر منجر به پوشش ناپایدار گره شبکه و بار ناهموار انتقال داده می‌شود. علاوه بر این، در این مقاله، ما بر استقرار گره‌های حسگر تمرکز شده و یک الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات بهبود یافته را برای مکان اولیه گره‌های مستقر شده پیشنهاد می‌شود که می‌تواند برای گسترش پوشش شبکه در پروتکل LEACH-EA اعمال شود. در مقایسه با الگوریتم بهینه‌سازی نهنگ و الگوریتم ازدحام fsh مصنوعی، الگوریتم ازدحام ذرات سریعتر همگرا می‌شود و بدون قرار گرفتن در بهینه موضعی، بهینه‌سازی جهانی آسان‌تر است. این با هدف استقرار برای جستجوی حداکثر پوشش شبکه سازگار است. علاوه بر این، به طور تطبیقی مقادیر وزن‌های اینرسی ازدحام ذرات تنظیم می‌شود، که تنوع جستجوی جمعیت را در تکرار اولیه

1- Sen, Sahoo, Tiwary, Simic, & Senapati
2- Chen, Hu, Zhao, & Ghosh
3- Pandey, Kumar, Priyadarshi, & Nath
4- Sateesh, Dutta, Priyadarshi, & Nath
5- Anand, & Pandey

تضمین می‌کند و قابلیت جستجوی محلی بعدی را افزایش می‌دهد (جاشیتا، کانکاراجا، بهاوین، رامان و سراوانی[1]، ۲۰۲۱). مقایسه چند الگوریتم مرتبط در جدول شماره (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱): مقایسه مزایا، معایب و کاربرد چند الگوریتم مرتبط

الگوریتم	محققین	مزایا	معایب	کاربرد
PSO (بهینه‌سازی ازدحام ذرات)	احمد وهمکاران (۲۰۲۲)	کارایی بالا در حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته با هزینه محاسباتی کمتر نسبت به سایر متاهیوریستیک‌ها	حساس به گیر کردن در مینیمم‌های محلی، وابسته به تنظیمات هایپرپارامترها	بهینه‌سازی انرژی شبکه، شبکه‌های حسگر، الگوریتم‌های مسیریابی
GA (الگوریتم ژنتیک)	احمد وهمکاران (۲۰۲۲)	مقاوم، مناسب برای مسائل گسسته و پیوسته، مناسب برای مسائل مقیاس‌پذیر و پیچیده	هزینه محاسباتی بیشتر نسبت به PSO، همگرایی آهسته‌تر-	مدیریت انرژی، مسیریابی، انتخاب سر خوشه‌ها، شبکه‌های حسگر
K-Means	پاپازاگلو و بیسکاس (۲۰۲۳)	ساده برای پیاده‌سازی، مقیاس‌پذیر برای داده‌های بزرگ،مناسب برای خوشه‌های دایره‌ای	حساس به مراکز اولیه خوشه‌ها، عملکرد ضعیف در خوشه‌های غیر دایره‌ای	طراحی شبکه، خوشه‌بندی گره‌ها در شبکه‌های حسگر
LEACH (خوشه‌بندی تطبیقی با مصرف کم انرژی)-	پاپازاگلو و بیسکاس (۲۰۲۳)	بسیار مناسب برای کاهش مصرف انرژی در شبکه‌ها، مقاوم در برابر شبکه‌های بزرگ	ممکن است در شبکه‌های با تراکم بالا عملکرد ضعیفی داشته باشد، ارتباط یک‌حسی محدودیت‌هایی ایجاد می‌کند	خوشه‌بندی، بهینه‌سازی عمر شبکه در شبکه‌های حسگر
HybridABC-SD (الگوریتم زنبور عسل مصنوعی + هوش ازدحام)-	پاپازاگلو و بیسکاس (۲۰۲۳)	ترکیب قدرت‌های روش‌های هوش ازدحامی،انطباق باشرایط متغیرشبکه	پیچیدگی بیشتر، مشکلات مقیاس‌پذیری در شبکه‌های بزرگ	مسیریابی بهینه انرژی، خوشه‌بندی و بهینه‌سازی شبکه

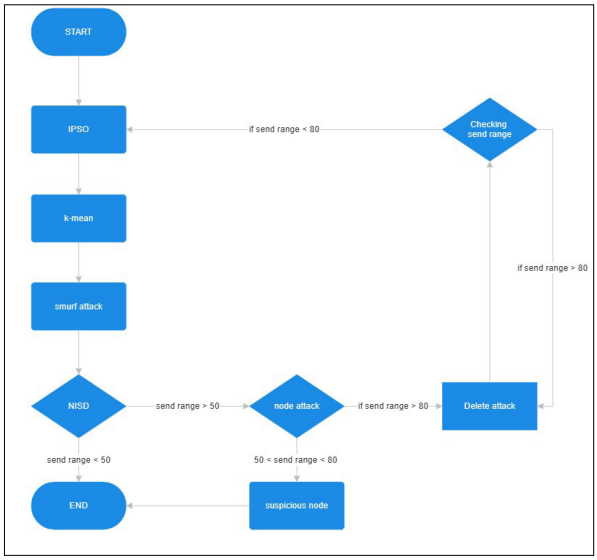
۳- روش تحقیق

همانطور که بیان شد در روش پیشنهادي رویکردی نوین ارائه شده است تا بتواند با فرآیندي که پیشنهاد مي‌دهد برای افزایش طول عمر شبکه راهکار داشته باشد و از سوي دیگر در فرآیند ارائه شده در این روش تاکیدي بر امنیت شبکه‌های حسگر بی‌سیم دارد و با استفاده ترکیبی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات وکا-مین الگویي معرفي مي‌کند که سیستم تشخیص نفوذ هوشمند را نیز در بر بگیرد براي اینکه روش به خوبي بیان شود در این مقاله ابتدا حسگرها را در یک محیط ۱۰۰*۱۰۰ و در محیط متلب به صورت تصادفي پخش مي‌شود سپس با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات بهبود یافته مسیریابی بهینه‌ای انجام می‌شود مکان بهینه برای هرگره انتخاب می‌شود و سپس با استفاده از الگوریتم K-MEAN به خوشه‌بندی و طبقه‌بندی حسگرها پرداخته شده است. معیارهای بهینه‌سازی سازی در این مقاله را مي‌توان به فاصله گره ها از هم؛ فاصله گره ها از سر خوشه؛ فاصله خوشه از ایستگاه پایه؛ محاسبه بهینه ترین مسیر ارسال پیام برای هر

1- Joshitha, Kanakaraja, Bhavani, Raman, & Sravani

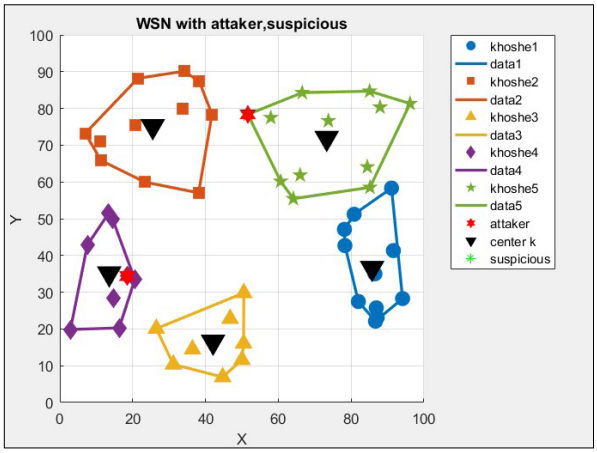
حسگر دسته بندي كرد. با استفاده از الگوريتم ازدحام ذرات بهبود يافته و الگوريتم كا-مين مراحل به گونه‌اي كه در شكل شماره (۱) نشان داده شده است، اتفاق مي‌افتد. بعد از مسيريابي بهينه و خوشه‌بندی يک حمله اسمورف شبيه‌سازی مي‌شود كه باعث ارسال بيش از اندازه پيام از بعضی از گره‌های شبكه مي‌شود. حمله اسمورف يكی از حملات DoS است كه علاوه بر درگيری‌های شبكه، سبب افت انرژی كلی شبكه می شود. از اين رو ويژگی اطمينان شبكه را با خطر مواجه می‌كند. طبق شكل ۱ با استفاده از يک سيستم تشخيص نفوذ (IDS) مبتنی بر شبكه شبكه مورد ارزيابی قرار مي‌گيرد.

در شكل شماره (۱) نمودار كار انجام شده به وضوح فرآيند هر راند شبكه را نشان می‌دهد همانطور كه در نمودار مشخص است. در ابتدا توزيع نودها در محيط شروع می‌شود و سپس الگوريتم ازدحام ذرات بهبود يافته باعث بهينه شدن مكان و مسيريابی بهينه در شبكه می‌شود اين امر باعث می‌شود خوشه‌بندی و انتخاب سرخوشه در گام بعدی بهبود داشته باشد. در گام بعدی الگوريتم كا-مين با استفاده از داده‌های مرحله قبلی خيلی بهتر خوشه‌بندی و انتخاب سرخوشه را انجام می‌دهد. حال حمله شبيه‌سازی شده اسمورف رخ می‌دهد كه باعث افت شديد انرژی مصرفی در شبكه می‌شود اين امر با ايجاد تعداد پيام‌های ارسالی بيش از اندازه در هر گره انجام می‌شود. سپس سيستم تشخيص نفوذ وارد شده و با ارزيابی نرخ ارسال پيام از گره‌ها و مقايسه با حالت عادی به نفوذ پی برده و ناهنجاری را در شبكه تشخيص می‌دهد. علاوه بر تشخيص ناهنجاری اين سيستم گره‌های مشكوک و حمله كننده را تشخيص می‌دهد و اگر نياز باشد حمله گره‌ها را حذف می‌كند.



شكل(۱): نمودار مراحل روش پيشنهادي سيستم تشخيص نفوذ براي افزايش طول عمر و امنيت شبكه‌های حسگر بی‌سيم

طبق تشخيص اين سيستم اگر پيام‌های ارسالی گره‌های خوشه‌ها از حد مجاز بيشتر شود سيستم تشخيص می‌دهد كه حمله‌ای رخ داده است. با استفاده از نرخ مجاز پيام‌ها شروع به شناسايی گره‌های حمله كننده می‌كند. تفاوت سيستم تشخيص نفوذ اين مقاله با سيستم‌های ديگر در اين است كه سيستم تشخيص علاوه بر تشخيص گره‌های حمله كننده به تشخيص گره‌های مشكوک نيز می‌پردازد. چون برخي گره‌ها ممكن است در آينده به گره حمله كننده تبديل شوند. اين سيستم قابليت اين را دارد كه حمله به گره‌ها را كاهش داده و آنها را به وضعيت عادی برگرداند كه با استفاده از اين عمر مفيد شبكه افزايش پيدا مي‌كند. همانطور كه در شكل شماره (۲) نمايش داده شده الگوريتم طبقه‌بندی گره‌ها را در پنج دسته طبقه بندی كرده است. هر خوشه سرخوشه خود را دارد كه با سرخوشه به شكل مثلث برعكس نمايش داده شده سپس با ايجاد حمله اسمورف سيستم تشخيص نفوذ وارد عمل شده و با شناسايی گره‌های مشكوک و حمله كننده و سپس تغييير وضعيت به حالت عادی، كار خود را انجام داده است.



شکل (۲): خوشه‌بندی گره عادی، نمایش گره مشکوک و حمله کننده

الگوریتم ازدحام ذرات بهبود یافته با استفاده از دو مولفه سرعت و موقعیت برای هر گره باعث می‌شود که مکان بهینه گره در شبکه تعیین شود سپس برای هر گره بهترین موقعیت محلی و بهترین موقعیت گروهی محاسبه می‌شود سپس هزینه‌های هر گره با بهترین موقعیت محلی و گروهی مقایسه می‌شود اگر بهتر باشد جایگزین می‌شود، ولی اگر بهتر نباشد همان موقعیت طبق بهترین موقعیت محلی و گروهی انتخاب می‌شود. این منطق در هر راند تکرار می‌شود و به روزرسانی موقعیت گره‌ها به حالت بهینه را تسریع می‌کند.

در کل الگوریتم ازدحام ذرات در این مجموعه سبب حداقل رساندن انرژی مصرفی و به حداکثر رساندن پوشش و کارایی شبکه شده است. تفاوت الگوریتم ازدحام ذرات این مقاله با الگوریتم اولیه ازدحام ذرات در این است که این الگوریتم اهمیت بیشتری نسبت به الگوریتم اولیه برای انرژی مصرفی نسبت به مسیریابی قائل می‌شود . تصور کنید شبکه حسگر بی‌سیمی دارید که نودهای زیادی در یک منطقه پراکنده‌اند. این نودها باید اطلاعات را ارسال کنند و انرژی مصرف می‌کنند. اگر نودهایی که به هم نزدیک هستند در گروه‌های جداگانه‌ای (به نام خوشه) قرار داده شود، ارتباطات داخل خوشه بهینه‌تر می‌شود الگوریتم کا-مین این کار را انجام می‌دهد:

الف)نودهایی که نزدیک به هم هستند را در یک گروه قرار می‌دهد.

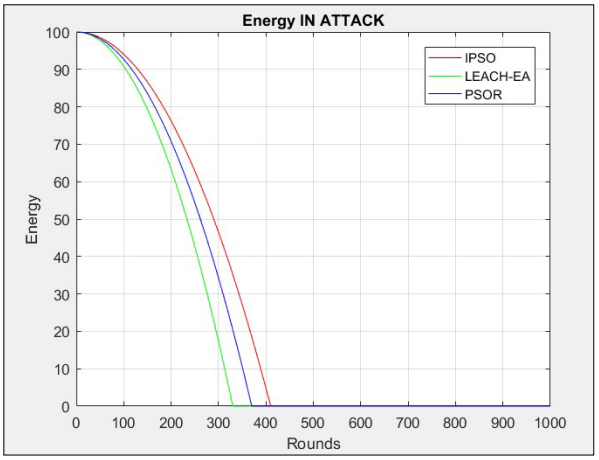
ب)به هر گروه یک مرکز اختصاص می‌دهد که بقیه نودها به آن نزدیک هستند.

این روند باعث بهبودی در مصرف انرژی می شود که الگوریتم کا-مین باعث این بهبودی است. همچنین تفاوت عمده این روش استفاده از یک سیستم تشخیص نفوذ یادگیرنده است همچنین الگوریتم ازدحام ذرات در این پژوهش باعث بهینه شدن انتخاب سرخوشه و بهینه سازی خوشه بندی الگوریتم کا-مین می شود.که این دومورد تفاوت پژوهش حاضر با الگوریتم PSOامی باشد.

۴- یافته‌های تحقیق

براي شبيه‌سازي روش پيشنهادي و مقايسه آن با روش‌هاي قبلي يک محيط شبيه‌سازي ۱۰۰ در ۱۰۰ در محيط متلب در نظر گرفته مي‌شود. انواع حملات امنیتی به شبکه‌های حسگر بیسیم هم باعث افت چشمگیر انرژی گره‌های شبکه می‌شوند که بر اساس نوع حمله این آسیب‌ها متفاوت هستند. یکی از راه‌های مقابله با این نوع حملات سیستم‌های تشخیص نفوذ مبتنی بر شبکه هستند. سیستم مبتنی برنفوذ روش پیشنهادي این مقاله با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات بهبود یافته و الگوریتم کا-مین سبب بهبود انرژی گره‌های مورد تهاجم شده که این امر در نرخ انرژی کلی شبکه حسگر بی‌سیم و حفظ انرژی گره‌ها تاثیر گذار است. شبیه‌سازی در محیط متلب ۲۰۲۴ انجام شده است. در این شبیه‌سازی از مقایسه الگوریتم پیشنهادی با دو الگوریتم PSOR و LEACH-EA استفاده شده است.

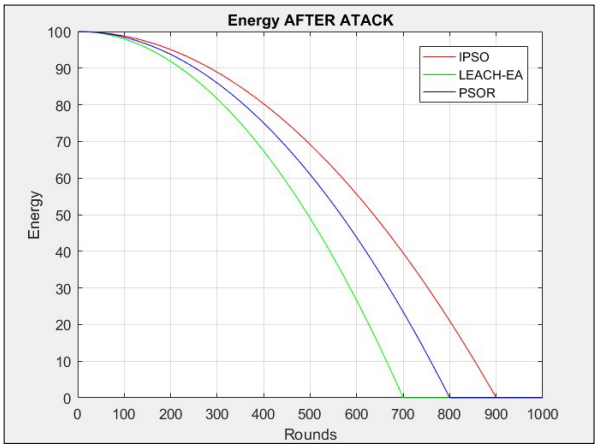
پس از شبيه‌سازي براساس فلوچارت شکل۱ و اجراي مراحل مربوطه مي‌توان خروجي لازم را در شکل شماره (۳) مشاهده کرد. شکل شماره (۳) انرژی مصرفی کل گره‌ها را بعد از حمله اسمورف و عدم دخالت سیستم تشخیص نفوذ مبتنی بر شبکه نشان می‌دهد. همانطور که از شکل پیداست حمله اسمورف با مصرف انرژی بسیار زیاد از هر گره باعث مرگ همه گره و انرژی کل گره‌ها قبل از دور ۵۰۰ شده که این امر پایداری و حالت امنیت سیستم را با ناهنجاری بسیاری مواجه می‌کند.



شکل (۳): انرژی کل گره‌ها بعد از حمله اسمورف

همانطور که در شکل شماره (۳) نمایش داده شده است در دور۵۰۰ کل انرژی گره‌ها مصرف شده و شبکه عملا از دسترس خارج شده و ویژگی قابلیت اطمینان به طور کامل نقض شده این به این علت است که پس از حمله اسمورف انرژی چند گره به سرعت تخلیه می‌شود و حتی با خوشه‌بندی هم نمی‌توان مانع آن شد و بار شبکه به دوش بقیه گره‌ها انداخته می‌شود که این باعث می‌شود عمرکلی شبکه زودتر از حد انتظار به پایان برسد. اما با وجود حمله مشخص است که الگوریتم پیشنهادی باز هم از دو الگوریتم دیگر عملکرد بهتری داشته و توانسته مصرف انرژی بهتری داشته باشد. اما شکل ۴ که پس از حمله اسمورف است و با استفاده از سیستم تشخیص نفوذ مبتنی بر شبکه انرژی گره‌ها سنجیده شده نشان می‌دهد علاوه بر حفظ انرژی کلی شبکه باعث تامین قابلیت اعتماد شبکه می‌شود.

همانطور که از شکل شماره (۴) نشان داده شده است پس از بکارگیری سیستم تشخیص نفوذ، هر سه الگوریتم به عملکرد طبیعی خود بازگشته‌اند اما باز هم الگوریتم پیشنهادی که ترکیبی از دو الگوریتم ازدحام ذرات بهبود یافته و الگوریتم کا-مین است توانسته انرژی مصرفی کمتری در هر دور داشته باشد. چنان که از شکل مشخص است الگوریتم پیشنهادی در دور ۹۰۰ انرژی شبکه را تمام می کند اما دو الگوریتم دیگر به ترتیب الگوریتم PSOR و LEACH-EA در دور ۸۰۰ و ۷۰۰ تمامی انرژی شبکه خود را از دست داده اند پس الگوریتم پیشنهادی ۲۰۰ دور از الگوریتم LEACH-EA و ۱۰۰ دور بیشتر از الگوریتم PSOR توانسته انرژی شبکه را حفظ و بهبود بخشد.



شکل (۴): انرژی کل گره‌ها با سیستم تشخیص نفوذ

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، بهینه‌سازی شبکه‌های حسگر بی‌سیم در مواجهه با حملات اسمورف با ترکیب الگوریتم خوشه‌بندی کا-مین و بهینه‌سازی ازدحام ذرات مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی این مطالعه، کاهش مصرف انرژی نودها و افزایش طول عمر شبکه، در عین مقابله با تهدیدات امنیتی بود. با تقسیم نودهای شبکه به چند خوشه مجزا، ارتباطات داخلی بهینه شد و مصرف انرژی به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. این امر موجب شد نودهای غیرهدف به دلیل حمله به یک خوشه خاص، طول عمر بیشتری داشته باشند. سیستم تشخیص نفوذ به‌خوبی توانست نودهای هدف قرارگرفته را با استفاده از تحلیل تعداد پیام‌های دریافتی شناسایی کند. این امر به حفظ امنیت شبکه و جلوگیری از تخلیه بی‌مورد منابع انرژی کمک کرد. ادغام الگوریتم ازدحام ذرات برای بهینه‌سازی موقعیت خوشه‌ها و کا-مین برای خوشه‌بندی نودها، یک راهکار موثر برای افزایش طول عمر شبکه حسگر بی‌سیم و مقابله با حملات امنیتی ارائه کرد.

این روش علاوه بر بهبود مدیریت مصرف انرژی، امکان شناسایی حملات و نودهای مشکوک را فراهم کرده و می‌تواند به‌عنوان رویکردی نوین در سیستم‌های اینترنت اشیاء و شبکه‌های حسگر مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده از الگوریتم‌های پیشرفته‌تر مانند ترکیب الگوریتم ازدحام ذرات با

الگوریتم‌های ژنتیک و همچنین استفاده از شبکه‌های یادگیری عمیق برای بهبود دقت تشخیص حملات بهره گرفته شود.

منابع

1-Zhou, G., Zhang, R., & Huang, S. (2021). Generalized buffering algorithm. *IEEE access*, *9*, 27140-27157.

2-Jiang, S., Zhao, C., Zhu, Y., Wang, C., & Du, Y. (2022). A practical and economical ultrawideband base station placement approach for indoor autonomous driving systems. *Journal of advanced transportation*, *2022*(1), 3815306.

3-Han, Y., Wang, B., Guan, T., Tian, D., Yang, G., Wei, W., ... & Chuah, J. H. (2022). Research on road environmental sense method of intelligent vehicle based on tracking check. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, *24*(1), 1261-1275.

4-Fang, Y., Min, H., Wu, X., Wang, W., Zhao, X., & Mao, G. (2022). On-ramp merging strategies of connected and automated vehicles considering communication delay. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *23*(9), 15298-15312.

5-Xu, K. D., Guo, Y. J., Liu, Y., Deng, X., Chen, Q., & Ma, Z. (2021). 60-GHz compact dual-mode on-chip bandpass filter using GaAs technology. *IEEE Electron Device Letters*, *42*(8), 1120-1123.

6-Liu, G. (2023). A Q-Learning-based distributed routing protocol for frequency-switchable magnetic induction-based wireless underground sensor networks. *Future Generation Computer Systems*, *139*, 253-266.

7-Ifzarne, S., Tabbaa, H., Hafidi, I., & Lamghari, N. (2021). Anomaly detection using machine learning techniques in wireless sensor networks. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1743, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.

8-Wang, W., & Tong, G. (2020). Multipath unequal clustering protocol based on ant colony algorithm in wireless sensor networks. *IET Networks*, *9*(2), 56-63.

9-Mirzaei, M. (2025). Artificial Intelligence-based Smart Wireless Sensor Networks for Smart Healthcare and Patient Monitoring: Challenges, Technologies, and Emerging Trends. *Intelligent Information Systems Journal*, *4*(8), 83-98.

10-Liu, X., Shi, T., Zhou, G., Liu, M., Yin, Z., Yin, L., & Zheng, W. (2023). Emotion classification for short texts: an improved multi-label method. *Humanities and Social Sciences Communications*, *10*(1), 1-9.

11-Cheng, B., Zhu, D., Zhao, S., & Chen, J. (2016). Situation-aware IoT service coordination using the event-driven SOA paradigm. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, *13*(2), 349-361.

12-Xiao, Z., Li, H., Jiang, H., Li, Y., Alazab, M., Zhu, Y., & Dustdar, S. (2023). Predicting urban

region heat via learning arrive-stay-leave behaviors of private cars. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, *24*(10), 10843-10856.
13-Sen, S., Sahoo, L., Tiwary, K., Simic, V., & Senapati, T. (2023). Wireless sensor network lifetime extension via K-Medoids and MCDM techniques in uncertain environment. *Applied Sciences*, *13*(5), 3196.
14-Chen, B., Hu, J., Zhao, Y., & Ghosh, B. K. (2022). Finite-time velocity-free rendezvous control of multiple AUV systems with intermittent communication. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, *52*(10), 6618-6629.
15-Sateesh, V. A., Dutta, I., Priyadarshi, R., & Nath, V. (2020, September). Fractional frequency reuse scheme for noise-limited cellular networks. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Microelectronics, Computing and Communication Systems: MCCS 2019* (pp. 995-1004). Singapore: Springer Singapore.
16-Pandey, A., Kumar, D., Priyadarshi, R., & Nath, V. (2022). Development of smart village for better lifestyle of farmers by crop and health monitoring system. In *Microelectronics, Communication Systems, Machine Learning and Internet of Things: Select Proceedings of MCMI 2020* (pp. 689-694). Singapore: Springer Nature Singapore.
17-Anand, V., & Pandey, S. (2020). New approach of GA–PSObased clustering and routing in wireless sensor networks. *International Journal of Communication Systems*, *33*(16), e4571.
18-Joshitha, C., Kanakaraja, P., Bhavani, M. D., Raman, Y. N. V., & Sravani, T. (2021, February). Lorawan based cattle monitoring smart system. In *2021 7th International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES)* (pp. 548-552). IEEE.
19-Ahmed, R., Sultan, M., Abose, S., Assefa, B., Nuramo, A., Alemu, A., ... & Mosa, H. (2022). Levels and associated factors of the maternal healthcare continuum in Hadiya zone, Southern Ethiopia: A multilevel analysis. *PLoS One*, *17*(10), e0275752.
20-Papazoglou, G., & Biskas, P. (2023). Review and comparison of genetic algorithm and particle swarm optimization in the optimal power flow problem. *Energies*, *16*(3), 1152.
21-Majidian, S. Z., & Shirmohammadi, M. (2022). Clustering and Routing in Wireless Sensor Networks Using Multi-Objective Cuckoo Search and Game Theory. *Electronic and Cyber Defense*, *10*(3), 11-20.
22-Ezzatie, A., & Shirmohammadi, M. M. (2024). Optimum increase of lifetime of wireless sensor network after smurf attack with system utilization Network-based intrusion detection and K-MEAM clustering algorithm. *Intelligent Knowledge Exploration and Processing*, *4*(13), 52-59.
23-Shirmohammadi, B., Molavi, R., & Mirabbasi, S. (2024, May). A Low-Power Non-Uniform Third-Derivative-Based Sampling Technique for ECG Applications. In *2024 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)* (pp. 1-5). IEEE.
24-Chahardoli, M. (2025). Methods for reducing energy consumption in wireless sensor networks. *Intelligent Information Systems Journal*, *4*(8), 63-70.
25-Mohammadi, S., Shirmohammadi, R., Pakan, M., Ghasempour, R., & Alighardashi, A. (2022). Optimization of a threedimensional electrochemical process with granular activated carbon for diclofenac removal using response surface methodology. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, *41*(1), e13715.

©Authors, Published by Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).