

ردیابی اهداف متحرک در شبکه های حسگر بی سیم به کمک الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی با هدف افزایش پوشش و ارتباطات

محمدعلی رهنما^{۱*}، مجید محمدی^۲، وحید ستاری نائینی^۳.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی کامپیوتر دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهیدباهنر کرمان

۲- دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهیدباهنر کرمان

۳- دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهیدباهنر کرمان

*نویسنده مسئول: rahnama@eng.uk.ac.ir

خلاصه

سازماندهی شبکه های حسگر بر اساس معماری گروهی در سالهای اخیر به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است و این امر باعث به وجود آمدن تعداد زیادی پروتکل های گروهی با وظایف خاص شده است. استفاده از گره های روشن و خاموش یکی از رویکرد های اصلی برای طراحی شبکه های حسگر توزیعی قوی و سطح بالا با بازه انرژی و درصد پوشش بالا می باشد. در صورتی که خاموش و روشن شدن گره ها به درستی مدیریت شود نه تنها ارتباطات بین گره ها افزایش پیدا خواهد کرد بلکه به موجب آن مصرف انرژی کاهش و پوشش در گره های حسگر افزایش یافته و در نتیجه ردیابی اهداف در این نوع از شبکه ها بهبود میابد. یکی از چالش ها در زمینه ارسال اطلاعات در شبکه های حسگر بیسیم وجود اهداف متحرک و پوشش این اهداف برای دریافت اطلاعات می باشد. این اهداف متحرک به صورت مداوم و به صورت غیر قابل پیش بینی در شبکه حرکت می کنند، بنابراین حفظ انرژی و پوشش مناسب برای انتقال اطلاعات بدست آمده از این اهداف متحرک بسیار حائز اهمیت می باشد. در این پژوهش از الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی برای روشن و خاموش کردن گره های حسگر برای پوشش بهتر اهداف متحرک استفاده شده است. بر این اساس ابتدا به مدل سازی و سپس به بررسی یک تابع برازندگی با الویت انرژی، پوشش و حفظ ارتباطات در شبکه های حسگر بیسیم پرداخته شده و در نهایت الگوریتم پیشنهادی برای تعیین گره های روشن و خاموش بر اساس الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی ارائه شده است. ارزیابی الگوریتم ارائه شده برای فعال کردن حسگرها در شبکه های حسگر بیسیم بر اساس الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی و بررسی نتایج حاصل از آزمایشات مختلف نشان دهنده کارایی الگوریتم ارائه شده برای این منظور بوده است.

کلمات کلیدی: ردیابی اهداف متحرک، شبکه های حسگر بی سیم، تابع برازندگی، الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی، زمانبندی، طول عمر شبکه

توضیحات مربوط به نویسنده اول: * Corresponding author:

Email:

۱. مقدمه

امروزه با توجه به فناوری های پیشرفته و فضای گسترده ی کاربردهای شبکه حسگر بی سیم^{*}، این شبکه توجه جمع کثیری از دانشگاهیان و صنعتیان را به خود جلب کرده است. شبکه های حسگر بی سیم دارای قابلیت محبوب و با نفوذ بالا برای برنامه های مختلف در مناطق مختلف می باشد. این گره های کوچک دارای توان سنجش[†]، محاسبات و امکان ارتباطات بی سیم محدود می باشد. گره های حسگر به طور معمول داده های حس شده را به ایستگاه پایه[‡] ارسال می کنند. گره های حسگر محدودیت منابع دارند، اندازه ی باتری های گره بسیار کوچک است و امکان تعویض یا شارژ مجدد آن ها وجود ندارد. طول عمر شبکه یکی از نگرانی های اصلی در زمینه ی شبکه های حسگر بی سیم است، انرژی دلیلی برای ادامه ی کار شبکه یا توقف کامل شبکه است [۱، ۲]. انرژی باتری ها در طی مسیریابی و عملیات انتقال داده مصرف می شود. مسیریابی یکی از مسائل چالش برانگیز مطرح شده است و تاثیر مستقیمی بر مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم، شبکه های موردی و شبکه های سلولی دارد. تکنیک های خوشه بندی[§] برای مسیریابی در شبکه های حسگر بی سیم در نظر گرفته شده است، این تکنیک ها با داشتن ویژگی هایی مانند انرژی کارآمد، مقیاس پذیری^{**} و زمان تاخیر پایین تر و غیره قابلیت سازگاری با شبکه های حسگر را دارند [۳، ۴]. پروتکل های مسیریابی یکی از مهم ترین مسائل در شبکه های حسگر بی سیم است، چون این پروتکل ها مسئول تشکیل مسیرهای ارتباطی بی سیم هستند. برخی از انواع مختلف الگوریتم های ساخت و ساز وجود دارد، یکی از این الگوریتم ها پروتکل های مسیریابی سلسله مراتبی^{††} است. در این پروتکل، گره ها به صورت مساوی در نظر گرفته نمی شود. سرخوشه^{‡‡} مسئول جمع آوری داده های حس شده ی گره های معمولی خوشه ها و ارسال آن ها به سینک^{§§} است. مصرف انرژی را می توان به طور متوسط بین گره ها توزیع کرد و داده های ارسال شده در شبکه را می توان با ادغام داده ها کاهش داد [۵]. یک مسئله ی کلیدی در شبکه های حسگر بی سیم به حداکثر رساندن طول عمر شبکه است. طول عمر شبکه به خصوص در شبکه های حسگر بی سیم که در آن گره های حسگر، معمولاً از راه دور کنترل می شوند، مهم است. با توجه به استقرار متراکم و ماهیت بی مراقبت از شبکه های حسگر بی سیم شارژ کردن باتری های گره کاری بسیار دشوار است. بنابراین، یک مسئله ی کلیدی برای شبکه های حسگر بی سیم به حداقل رساندن مصرف انرژی برای افزایش طول عمر شبکه است [۶].

یکی از مهم ترین کاربردهای شبکه های حسگر نظارت خودکار است. در این حالت با استفاده از شبکه های حسگر حرکت اهداف مورد نظر بررسی و تحلیل خواهد شد. هدف اصلی این پایان نامه نیز ارائه یک روش مبتنی بر شبکه های حسگر بی سیم جهت بهبود عملکرد نظارت خودکار و کنترل حرکت اهداف می باشد. ادامه توضیحات در این مقاله بدین صورت می باشد: در بخش دوم به بررسی کارهای انجام شده می پردازیم، سپس در بخش سوم به بررسی راهکار پیشنهادی پرداخته می شود، در مرحله بعد در بخش های چهارم به بررسی شبیه سازی و نتایج و یافته ها پرداخته می شود و در آخر در بخش پنجم به نتیجه گیری و راهکار آتی می پردازیم.

* Wireless sensor network

† Sensing

‡ Base station

§ Clustering

** ytilib ala§

†† Hierarchical

‡‡ Cluster head

§§ Sink

۲. کارهای مرتبط

با توجه به پیشرفت های اخیر در تکنولوژی حسگر و ساخت کم هزینه ی آن، میکرو حسگرها به لحاظ فنی و اقتصادی در حسگرهای بی سیم عملی شده اند. حسگرها اقداماتی پیرامون شرایط محیطی انجام می دهند و سپس به طور واضحی به برخی از ویژگی ها در مورد پدیده ی واقع شده در منطقه ی سنجش انتقال می یابند. تعداد زیادی از حسگرها به عنوان گره می تواند در برنامه هایی مانند بسیاری از هدف های نظامی، در جنگل، و غیره عمل کنند، که نیاز به عملیات مراقبت از شبکه دارند [۷].

این شبکه ها به عنوان شبکه های حسگر بی سیم نامیده شده اند. تنظیمات شبکه متشکل از گره های حسگر، داده های خودشان را به ایستگاه کنترل مرکزی یا ایستگاه پایه انتقال می دهند تا در آن کاربر نهایی بتواند به داده ها دسترسی داشته باشد. گره ی حسگر باتری صفحه ای است که گره را به منابع انرژی محدود شده تحمیل می کند. شارژ یا جایگزین باتری حسگر ممکن است ناخوشایند باشد یا بگویند در محیط کار غیرممکن هستند [۸].

بنابراین، هنگامی که گره انرژی خود را از دست داد، می توان آن را برای سنجش و نظارت کارآمد دانست، احتمالاً تجزیه ی پوشش و اتصال تمام شبکه را در بر می گیرد. این بدین معناست که، باید منابع انرژی خوبی وجود داشته باشد. شبکه های حسگر بی سیم، شبکه هایی هستند که از گره های کوچکی به نام حسگر تشکیل یافته اند که بطور متراکم در محدوده مشخصی گسترده شده و بطور بی سیم بهم متصل شده اند که عمل بازیابی و نظارت بر داده ها را به عهده داشته و قادر به نگهداری، پردازش، مرتب سازی و ترکیب داده ها می باشند. شبکه های حسگر بی سیم از لحاظ نحوه جمع آوری و ارسال داده به دو دسته مبتنی بر رخداد و مبتنی بر جریان داده تقسیم می شوند. در هر دو روش، جریان داده ای از گره های مبدأ به طرف ایستگاه پایه تشکیل می شود که می تواند موجب به وجود آمدن ازدحام* در شبکه گردد. به بیانی دیگر، ازدحام در این شبکه ها موقعی رخ می دهد که گره های حسگر تعداد بسته های بیشتری را نسبت به آن تعدادی که می توانند ارسال کنند، دریافت کنند. در واقع عدم مطابقت نرخ داده دریافتی و ارسالی موجب به وجود آمدن ازدحام در شبکه می شود. هنگامی که ازدحام رخ می دهد، بسته های دریافتی در یک صف در داخل گره ها ذخیره می شوند و در صورت پر بودن ظرفیت صف، بسته های دریافتی حذف می گردند. در نتیجه میزان قابلیت اطمینان در ارسال بسته ها و همچنین توان عملیاتی شبکه کاهش می یابد.

معمولاً برای تخمین موقعیت هدف از روش های مثلث بندی استفاده می شود. در این روش حداقل سه نود سنسوری باید از هدف نمونه برداری کرده باشند تا بتوان با روش مثلث بندی مکان هدف را تقریب زد. به منظور تخمین مسیر هدف، مکان هدف باید حداقل در دو نقطه تخمین زده شود. یک خط مستقیم بین این دو نقطه، مسیر هدف را مشخص می کند که جهت آن به سمت تخمین آخر می باشد. تخمین مسیر فقط با دو نقطه باعث افزایش خطا می گردد. با تخمین های بیشتر می توان به اعمال تطبیق منحنی با درجه بیشتر پرداخت که دقت تخمین مسیر هدف را بالاتر می برد [۹].

روش های ردیابی هدف متحرک در شبکه های حسگر بی سیم از دیدگاه های مختلفی تقسیم بندی میشوند. اما تقسیم بندی کلی در پنج گروه روش های مبتنی بر درخت، روش های مبتنی بر خوشه بندی، روش های مبتنی بر پیش بینی، روش های حرکتی و روش های ترکیبی قابل ارائه است [۱۰].

* Congestion

از دیدگاه توپولوژی شبکه، الگوریتم های ردیابی هدف در سه دسته: روش های مرکز، روش های توزیع شده و روش های سلسله مراتبی جای می گیرند. در روش متمرکز یک گره مرکزی اطلاعاتی از تمام شبکه به دست می آورد و سپس براساس این اطلاعات سراسری، ساختار بهینه (درخت یا خوشه) تشکیل می شود. در روش توزیع شده، گره ها با تبادل اطلاعات با همسایه های خود، ساختار موردنظر را برای ردیابی تشکیل می دهند. هرچند که ممکن است ساختار ایجاد شده در روش های توزیع شده بهینه نباشد، اما با استفاده از اطلاعات محلی، سربار تبادل اطلاعات و مصرف انرژی تا حد زیادی کاهش می یابد، به گونه ای که عملاً در پیاده سازی یک روش ردیابی، روش های متمرکز به صرفه نیستند [۱۱].

در روش های مبتنی بر خوشه بندی، پیش از شروع به کار شبکه (خوشه بندی ایستا) و یا همزمان با تشخیص هدف (خوشه بندی پویا)، بین گره ها خوشه تشکیل می شود و برای هر خوشه یک سرخوشه مشخص می شود. گره ها اطلاعات خود از هدف را به سرخوشه خود ارسال می کنند و سرخوشه پس از جمع آوری اطلاعات، محل هدف را مشخص کرده و گزارش مربوطه را به سمت گره مرکزی جهت پردازش می فرستد [۱۲].

روش های مبتنی بر پیش بینی نیز به این صورت ارائه شده اند که به محض ورود هدف به محیط فیزیکی اطلاعات هدف به نود مرکزی ارسال می شود. بنابراین در هر زمان نود مرکزی تاریخچه ای از حرکت های هدف را ذخیره دارد و از این حرکت ها برای پیش بینی مکان بعدی هدف استفاده می کند. در این روش ها الگوریتم های مکان یابی برای پیش بینی استفاده می شوند و نود مرکزی باید از توان پردازشی و منبع انرژی قوی تری برخوردار باشد [۱۳].

در سال ۲۰۱۶ روشی مبتنی بر الگوریتم کلونی مورچه ها با استفاده از دو نوع حسگر ثابت و متحرک ارائه شد. در این روش حسگرهای متحرک به منظور افزایش کیفیت ردیابی در محیط حرکت می کنند. درحالی که حسگرهای ثابت به طور یکنواخت در محیط توزیع شده اند تا مستقل از حرکت حسگرهای پویا محیط را بپوشانند. در این روش هر حسگر متحرک با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه در یک مکان جدید مستقر می شود تا اطلاعات تکمیلی را برای نودهای مرکزی ارسال کند [۱۴].

حسگرهای شبکه حسگر با توجه به نوع وظیفه محوله شان دارای انواع مختلفی هستند. بعضی از حسگرها تنها وظیفه دریافت اطلاعات هدف و ارسال آن اطلاعات به سمت نودهای مرکزی را برعهده دارند. بعضی دیگر باید بر روی اطلاعات دریافتی پردازش انجام دهند. در سال ۲۰۱۸ الگوریتمی ارائه شد که این تخصیص وظیفه به نودهای حسگر با استفاده از الگوریتم بهینه سازی PSO انجام شد [۱۵].

۳. بررسی راهکار پیشنهادی

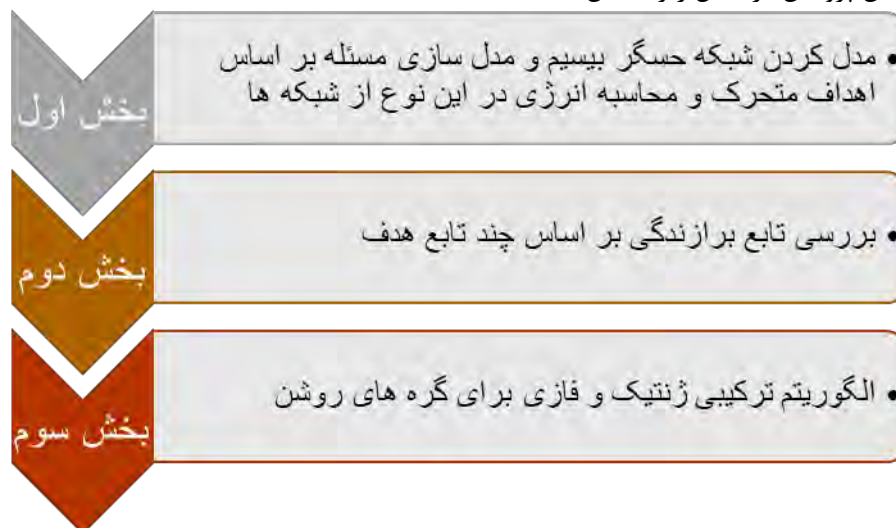
در این پژوهش هدف بهینه سازی شبکه در جهت افزایش طول عمر شبکه و پوشش دهی بیشتر میباشد زیرا اگر شبکه دارای طول عمر کمی باشد و گره های زنده لازم برای ارسال اطلاعات و پوشش محیط در اختیار نداشته باشد نمیتواند به ردیابی و پوشش اهداف متحرک پردازد بر این اساس باید از الگوریتم های برای روشن و خاموش بودن گره ها در این شبکه ها استفاده نمود تا طول عمر و پوشش دهی شبکه را افزایش دهد بر اساس این الگوریتم گره هایی روشن و بقیه خاموش میشوند تا بتوان اطلاعات لازم از اهداف متحرک در شبکه با مصرف کم انرژی و پوشش دهی بیشتر ارسال نمود.

به منظور به حداکثر رساندن طول عمر شبکه ، فقط مجموعه ای از گره های سنسور منتخب از S برای نظارت بر تمام K اهداف فعال می شوند.

بدیهی است که مجموعه منتخب گره های حسگر که در واقع سر خوشه ها هستند باید ارتباط بین گره ها را به همراه BS (اهداف متحرک) برای انتقال داده حفظ کند. در اینجا ، به جای فعال کردن تمام گره های سنسور ، مجموعه منتخب گره های سنسور فقط فعال می شوند تا زمانیکه شبکه عملیاتی شود.

در حالی که ، به دلیل کاهش کامل انرژی برای یک یا چند گره سنسور ، شبکه کشف یا قطع می شود ، مجموعه جدیدی از گره های حسگر از تعداد باقیمانده گره های حسگر فعال می شوند. این روند تا زمانی که دیگر مجموعه ای برای ایجاد پوشش کامل اهداف و اتصال بین گره های سنسور و BS وجود داشته باشد ادامه یابد ، بنابراین ، بدیهی است که فعال بودن گره های کمتر ، عمر شبکه بیشتر است.

برای تعیین گره های روشن در این پژوهش از الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی استفاده شده است . بخش های مورد بررسی در این پژوهش در شکل زیر نمایش داده شده است.

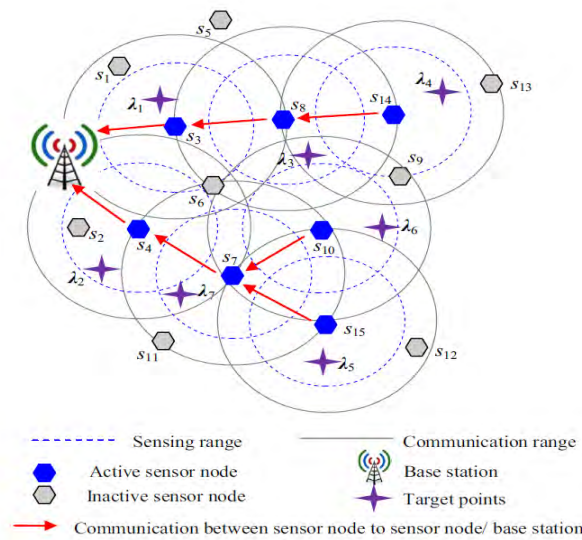


شکل ۱- بخش های راهکار پیشنهادی

۳-۱. مدل کردن شبکه حسگر بی سیم

پیشرفت های اخیر در ارتباطات بیسیم و سیستم های تعبیه شده موجب پیشرفت شبکه های سنسوری بیسیم شده است و استفاده از سنسورها ی بیسیم در بیشتر وسایل الکترونیکی را ممکن نموده است. یک شبکه سنسور بیسیم شامل تعداد زیادی سنسور است که دارای توان محاسباتی، و با فرکانس های رادیویی (RF) با هم ارتباط دارند و در کارهایی مانند: شناسایی و جمع آوری اطلاعات، و کنترل وضعیت استفاده میشوند. شبکه های سنسور بیسیم که در موضوعات : نظامی، بهداشت، محیط، صنعت، کشاورزی، سرگرمی و ... کاربرد دارند نظر پژوهشگران بسیاری را بخود جلب کرده اند و انقلاب کوچکی را در تحول اطلاعات بوجود آورده اند.

معماری شبکه های سنسور به این ترتیب است که سنسورها بصورت تصادفی (یا یکنواخت) در یک ناحیه پراکنده می شوند و رویدادها را شناسایی، کنترل و پردازش میکنند و سپس به اطلاع ایستگاهی به نام sink می رسانند.



شکل ۲ - خوشه بندی در شبکه های سنسور بیسیم بر اساس اهداف متحرک

ویژگیهای مهم و اصلی شبکه های سنسور بیسیم اینست که قابلیت خود سازماندهی در محیط دارند و با برد کوتاه و مسیریابی چندگامی با یکدیگر ارتباط برقرار میکنند. همچنین این شبکه ها بعلاوه خرابی، محدودیتهای انرژی، حافظه و توان ایجاد ارتباط، دارای توپولوژی متغییر هستند.

یک شبکه حسگر بی سیم با گره های ثابت در نظر بگیرید. هر گره حسگر میتواند با گره هایی که در برد رادیویی اش قرار دارد، انتقال داده داشته باشد. توان حسگرها متغییر و حداکثر برد رادیویی گره های حسگر یکسان است. الگوی مصرف انرژی مطابق رابطه (۱) و (۲) محاسبه می شود [۱۶].

$$E_r = E_{elec} \times l + E_{amp} \times l \times d^2 \quad (1)$$

$$E_R = E_{elec} \times l \quad (2)$$

که در این رابطه E_r انرژی مصرفی برای گره ارسال کننده اطلاعات میباشد. E_{elec} انرژی لازم برای ارسال یا دریافت یک بیت اطلاعات میباشد که به مسافت بستگی ندارد. E_{amp} انرژی لازم جهت تقویت سیگنال ارسالی در طول مسافت مورد نظر است. l طول پیام میباشد. d مسافت تا گره دریافت کننده اطلاعات است. E_R انرژی مصرفی برای گره دریافت کننده اطلاعات می باشد.

بر اساس این رابطه میتوان میزان انرژی باقیمانده در شبکه را محاسبه نمود بر اساس این رابطه هر چه فاصله دو حسگر از یکدیگر بیشتر باشد انرژی مصرفی افزایش میابد بر اساس این رابطه مهمترین پارامتر تعیین کننده فاصله میباشد بر این اساس یک گره به عنوان گره مرکزی انتخاب میشود که فاصله کمتری نسبت به گره های دیگر داشته باشد تا گره های دیگری انرژی کمتری برای ارسال داده مصرف کنند.

بر اساس این رابطه باید گره های همسایه در موج رادیویی هر گره باشند زیرا اگر گرهی بخواهد اطلاعات خود را به فاصله دورتری بفرستد انرژی زیاد صرف کرده و در نتیجه گره از سیستم حذف میشود پس باید بر اساس این رابطه به فاصله گره های همسایه دقت نمود.

هدف این پژوهش انتخاب گره های سر خوشه می باشد. برای این منظور، شبکه حسگر بیسیم را به صورت یک گراف و برای هر گره یک شماره منحصر به فرد در نظر گرفته میشود.

۳-۲. تابع برازندگی بر اساس انرژی و پوشش

در این پژوهش بر اساس مقاله [۱۷] از سه پارامتر برای محاسبه تابع برازندگی استفاده خواهد شد که شامل موارد زیر می باشد

۳-۲-۱. مجموع گره های روشن (g):

این تعداد نشان دهنده مجموع گر هایی می باشد که برای روشن ماندن انتخاب شده اند و بر اساس رابطه زیر محاسبه میشود. که باید مقداری کمینه باشد. N تعداد حسگر های بی سیم می باشد.

$$\text{Minimize } f_1 = \sum_{i=1}^N g_i \quad (3)$$

۳-۲-۲. مجموع اهداف پوشش داده شده توسط سنسورهای انتخابی γ:

بر اساس این پارامتر اگر اهداف در محدوده رادیویی سنسور های روشن باشد مقدار این پارامتر یک میشود و در غیر اینصورت صفر خواهد بود. که بر اساس رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\text{Maximize } f_1 = \sum_{i=1}^K \gamma_{cost}^{(\lambda i)} \quad (4)$$

۳-۲-۳. میزان پوشش سنسورها توسط یکدیگر:

بر اساس این پارامتر میزان پوشش سنسور ها توسط یکدیگر محاسبه میشود که با استفاده از پارامتر η و پارامتر g محاسبه میشود بر اساس پارامتر η اگر سنسوری حداقل در محدوده یک سنسور باشد مقدار یک و اگر در محدوده هیچ سنسوری نباشد مقدار صفر به خود می گیرد. که بر اساس رابطه نهایی زیر پوشش سنسورها محاسبه میشود. بر اساس این رابطه N تعداد سنسور ها می باشد.

$$\text{Maximize } f_3 = \sum_{i=1}^N g_i \times \eta_{cost}^{(Si)} \quad (5)$$

۳-۲-۴. کمترین میزان انرژی:

بر اساس این پارامتر میزان انرژی گر ها روشن بر اساس فاصله از هم و فاصله از ایستگاه اصلی بر اساس روابط (۱) و (۲) محاسبه می شود و مجموع مقادیر انرژی بدست آمده برای هر سنسور باید کمترین مقدار ممکن باشد که به شکل زیر نشان داده می شود.

$$\text{Maximize } f_4 = \text{Min}\{E_R(S_i) | g_i = 1, \forall i, 1 \leq i \leq N\} \quad (6)$$

بر اساس این روابط تابع برازندگی نهایی بر اساس مقاله [۱۷] به شکل زیر می باشد. بر اساس این رابطه K تعداد اهداف متحرک و N تعداد سنسورها و W1, W2, W3, W4 ضرایب تناسب می باشد که مجموع این ضرایب باید برابر یک باشد.

$$\text{Fitness} = \left\{ W1 \times \left(1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g_i \right) + W2 \times \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \gamma_{cost}^{(\lambda i)} + W3 \times \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g_i \times \eta_{cost}^{(Si)} + W4 \times \frac{E_{MIN}}{E_{MAX}} \right\} \quad (7)$$

حال بر اساس این تابع برازندگی به ارائه الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی برای بیشینه کردن تابع برازندگی پرداخته خواهد شد

۳-۳. ساختار الگوریتم های ژنتیکی

به طور کلی، الگوریتم های ژنتیکی از اجزاء زیر تشکیل می شوند:

• کروموزوم*

در الگوریتم های ژنتیکی، هر کروموزوم نشان دهنده یک نقطه در فضای جستجو و یک راه حل ممکن برای مسئله مورد نظر است. خود کروموزوم ها (راه حل ها) از تعداد ثابتی ژن (متغیر) تشکیل می شوند. برای نمایش کروموزوم ها، معمولاً از کدگذاری های دودویی (رشته های بیتی) استفاده می شود. در این تحقیق کروموزوم بر اساس شکل ۳ است در این پژوهش نیز مانند مقاله [۱۷] هر کروموزوم نشان دهنده سنسورهای روشن می باشد که بر اساس شکل ۳ اعداد یک نشان دهنده و گر های فعال می باشد و بقیه گر ها نشان دهنده گر های غیر فعال می باشد.

Sensor nodes	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}
Gene value	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0

شکل ۳ - کروموزوم

• جمعیت†

مجموعه ای از کروموزوم ها یک جمعیت را تشکیل می دهند. با تأثیر عملگرهای ژنتیکی بر روی هر جمعیت، جمعیت جدیدی با همان تعداد کروموزوم تشکیل می شود.

• عملگرهای ژنتیکی

در الگوریتم های ژنتیکی، در طی مرحله تولیدمثل از عملگرهای ژنتیکی استفاده می شود. با تأثیر این عملگرها بر روی یک جمعیت، نسل بعدی آن جمعیت تولید می شود. عملگرهای انتخاب، آمیزش و جهش معمولاً بیشترین کاربرد را در الگوریتم های ژنتیکی دارند.

• عملگر انتخاب

این عملگر از بین کروموزوم های موجود در یک جمعیت، تعدادی کروموزوم را برای تولیدمثل انتخاب می کند. کروموزوم های برانزده شانس بیشتری دارند تا برای تولیدمثل انتخاب شوند. در این تحقیق از روش انتخاب بر اساس بهترین ها*** استفاده شده است.

انتخاب بر اساس بهترین ها زمانی که از اپراتورهای ژنتیکی (تقاطع و جهش) استفاده می شود، ممکن است بهترین کروموزوم ها از دست بروند. الیتسم، روشی برای نگهداری یک کپی از بهترین کروموزوم ها در نسل جدید است. مکانیسم فوق، الگوریتم ژنتیک را مجبور می سازد تا همواره تعدادی از بهترین ها را در هر نسل نگه دارد. به تجربه ثابت شده

* Chromosome

† Gene

‡ Population

§ Reproduction

** Generation

†† Selection

‡‡ Crossover

§§ Mutation

*** Elitist Selection

††† Elitism

است که این مکانیسم عملکرد الگوریتم ژنتیک را بهبود داده و در ضمن زمان همگرایی را کوتاه می نماید. در این پژوهش از این روش با کمی تغییرات استفاده شده است. به این نحو که پس از هر تولید نسل افراد نسل جدید و نسل قبل را بر اساس برازندگی مرتب می کنیم در این حالت اگر فردی از نسل قبل نسبت به افراد نسل جدید مقدار تابع برازندگی بهتری داشته باشد جزو افراد بالای جمعیت قرار می گیرد و در انتخاب جمعیت در نسل جدید جزء جمعیت انتخابی قرار می گیرد.

• عملگر آمیزش

عملگر آمیزش بر روی یک زوج کروموزوم از نسل مولد عمل کرده و یک زوج کروموزوم جدید تولید می کند. در الگوریتم آمیزش باید نکاتی رعایت شود تا این الگوریتم به بهترین نحو عمل کند:

هر فرزند باید خصوصیتی را از هر والدش به ارث ببرد (اگر اپراتوری چنین واقعیتی را تضمین نکند، اپراتور جهش است). اپراتور آمیزش*، باید به گونه ای طراحی شود که کروموزوم ها را باهم عطف† کند (لذا این اپراتور همواره فاجعه آمیز‡ نیست)

اپراتور آمیزش باید منجر به یک کروموزوم معتبر شود.

اپراتور تقاطع حداکثر دو کروموزوم را دریافت نموده و حداکثر دو فرزند ایجاد می کند.

در این پژوهش از روش آمیزش تقاطع یکنواخت§ استفاده شده است، این الگوریتم به این نحو عمل می کند یک کروموزوم تصادفی بنام Mask هم طول با کروموزوم های موجود تولید می کند. کروموزوم ماسک تعیین می کند که کدام ژن از والد اول و کدام ژن از والد دوم به فرزند منتقل شود.

• عملگر جهش

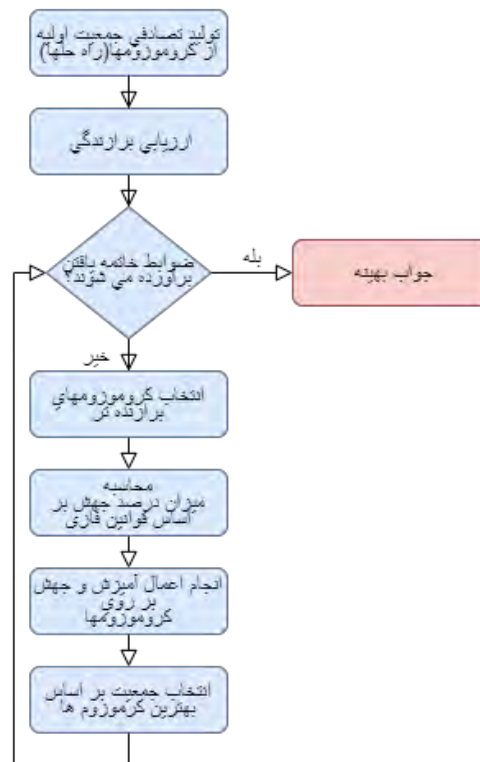
پس از اتمام عمل آمیزش، عملگر جهش بر روی کروموزوم ها اثر داده می شود. این عملگر یک ژن از یک کروموزوم را به طور تصادفی انتخاب نموده و سپس محتوای آن ژن را تغییر می دهد. در فلوچارت شکل ۴ مراحل الگوریتم ژنتیک نمایش داده شده است.

* Recombination

† Conjunction

‡ Catastrophic

§ Uniform crossover



شکل ۴- فلوجارت الگوریتم ژنتیک و فازی

۴-۳. استفاده از منطق فازی در روش پیشنهادی

ابتدا باید در منطق فازی یک مجموعه به عنوان مجموعه فازی انتخاب نمود مجموعه فازی بر اساس تابع عضویت تعریف می شود که تصویر مجموعه فراگیر در بازه [صفر و یک] است. هر یک از اعضا درجه عضویت دارند. مجموعه فازی از تعمیم و عمومیت دادن تئوری مجموعه های کلاسیک ایجاد شد. در تئوری مجموعه های کلاسیک، عضویت اعضا در یک مجموعه به صورت جملات باینری بر اساس شرط دودویی تعیین می شوند که به یک عضو یا یک مجموعه تعلق دارد یا ندارد. درحالی که در تئوری فازی درجات نسبی عضویت اعضا در مجموعه مجاز است.

در این پژوهش با استفاده از قوانین فازی به افزایش فضای جستجوی الگوریتم ژنتیک پرداخته خواهد شد. بر این اساس ابتدا بر اساس رابطه زیر به محاسبه مقدار D پرداخته خواهد شد برای این منظور در هر تکرار از الگوریتم از رابطه زیر برای تعیین نرخ جهش استفاده خواهد شد. بر اساس این رابطه $best Q$ بهترین کروموزوم است و مخرج این رابطه نشان دهنده مجموع Q ها است بنابراین هر چه این رابطه مقدار کمتری داشته باشد میزان جهش افزایش میابد زیرا فاصله زیادی بین بهترین مقدار Q های کروموزوم های دیگر وجود دارد پس جمعیت تصادفی بیشتری تولید خواهد شد تا به نتایج بهتری رسید.

$$D = \frac{best\ Q}{\sum_{i=1}^{pop\ size} Q_i}$$

جدول ۱- فرضیات الگوریتم

D	فازی	Mutation rate
$0 \leq D \leq 0.28$	Very Low	٪80
$0.25 \leq D \leq 0.5$	Low	٪60
$0.5 \leq D \leq 0.75$	Normal	٪40
$0.75 \leq D \leq 1$	High	٪20

۴. شبیه سازی، ارزیابی و نتایج

برای شبیه سازی این پژوهش از زبان برنامه نویسی MATLAB استفاده و نسخه نرم افزاری MATLAB 2017 b استفاده شده است. MATLAB یک زبان سطح بالا و با محیطی جذاب می باشد، که در ابتدا براساس زبان برنامه نویسی C توسعه داده شد. متلب یک محیط نرم افزاری برای انجام محاسبات عددی و یک زبان برنامه نویسی نسل چهارم است. واژه می متلب هم به معنی محیط محاسبات رقمی و هم به معنی خود زبان برنامه نویسی مربوطه است که از ترکیب دو واژه می ماتریس و آزمایشگاه ایجاد شده است. این نام حاکی از رویکرد ماتریس محور برنامه است، که در آن حتی اعداد منفرد هم به عنوان ماتریس در نظر گرفته می شوند.

۴-۱. فرضیات شبکه

یکی از نکات مهم در هر شبیه سازی تعیین فرضیات لازم برای شبیه سازی می باشد در این پژوهش سه فرضیه اصلی برای شبکه وجود دارد:

- ۱- گره های حسگر بصورت تصادفی مستقر شده اند.
- ۲- همه گره های حسگر در ابتدای استقرار دارای انرژی متفاوت می باشند هستند.
- ۳- اهداف متحرک به شکل تصادفی در محیط تقسیم شده اند .

۴-۲. پارامترهای ارزیابی

پارامتر های ارزیابی در این پژوهش شامل سه مورد می باشد :

- ۱- تعداد گره های فعال (Selected active sensor nodes): بر اساس این پارامتر میتوان به خوبی تعداد گره های فعال در این پژوهش را برای مقایسه ارائه داد . هر چه میزان این گره ها کمتر باشد نتایج الگوریتم مطلوبتر خواهد بود .
- ۲- تابع برازندگی :این تابع در واقع ترکیبی از اهداف چند گانه بر اساس میزان پوشش دهی گره های سنسور و اهداف متحرک و میزان انرژی مصرفی می باشد که در فصل قبل به آن اشاره شده است .

۳- میانگین انرژی مصرفی*: میزان انرژی باقی مانده در شبکه میباشد. که واحد آن ژول میباشد. این پارامتر بر اساس روابط زیر قابل محاسبه میباشد.

هر سه پارامتر با تعداد گره ها و فاصله بین گره ها رابطه عکس دارد یعنی هر چه این دو مقدار افزایش یابد مقادیر پارامترها کاهش میابد.

۳-۴. ارزیابی روش پیشنهادی

برای ارزیابی روش پیشنهادی ابتدا نتایج را با استفاده از الگوریتم پیشنهادی و سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک [۱۷] و الگوریتم ژنتیک فازی پیشنهادی آزمایشاتی انجام شده.

پارامترهای به کار رفته در الگوریتم ژنتیک به صورت زیر میباشند:

Pop_size: تعداد جمعیت اولیه برابر ۲۰ کروموزوم در نظر گرفته شده است.

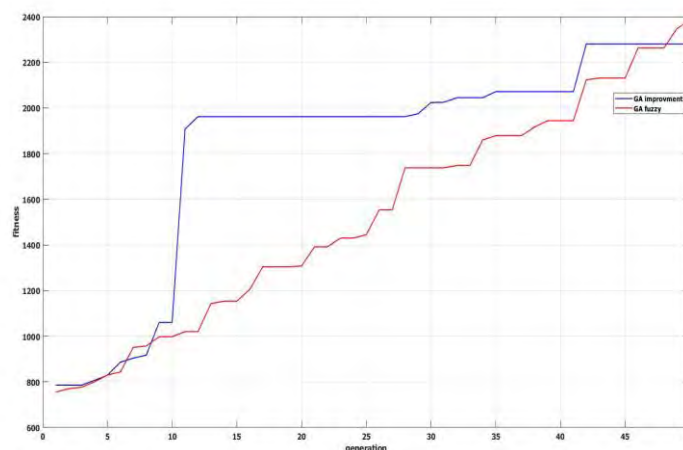
Generation: تعداد تکرار برابر ۵۰ در نظر گرفته شده است

پارامترهای شبکه بر اساس جدول زیر میباشد.

جدول ۲- پارامترهای شبکه در شبیه سازی

عنوان پارامتر	مقدار پارامتر
تعداد گره های حسگر	350,300,250,200,150
تعداد اهداف متحرک	75
W1	۰,۳
W2	۰,۲
W3	۰,۲
W4	۰,۳
اندازه فضای قرار گیری گره ها	500×500

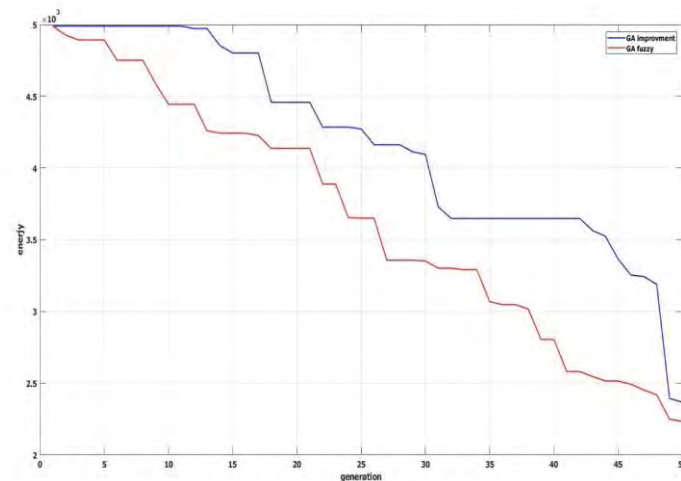
در ادامه به نتایج بدست آمده از آزمایشات پرداخته خواهد شد.



شکل ۵- میزان تابع برازندگی بر اساس ۳۵۰ حسگر

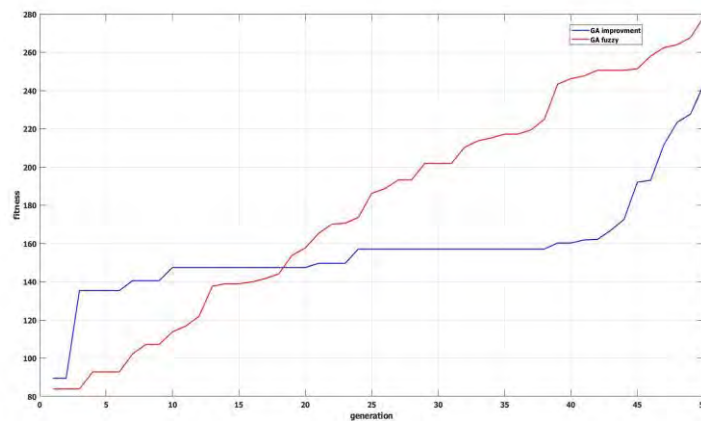
* Energy consumption

در این نمودار مقدار تابع برازندگی بر اساس ۳۵۰ گره حسگر بیسیم نمایش داده شده است این تعداد بیشترین تعداد گره ها میباشد که در این پژوهش مورد آزمایش قرار گرفته شده است بر اساس این نمودار میتوان به خوبی برتری الگوریتم پیشنهادی را مشاهده نمود با اینکه الگوریتم پیشنهادی در برخی از تکرار ها نتایجی به خوبی الگوریتم مورد مقایسه نداشته است اما در نهایت توانسته بهترین نتیجه را نمایش دهد .



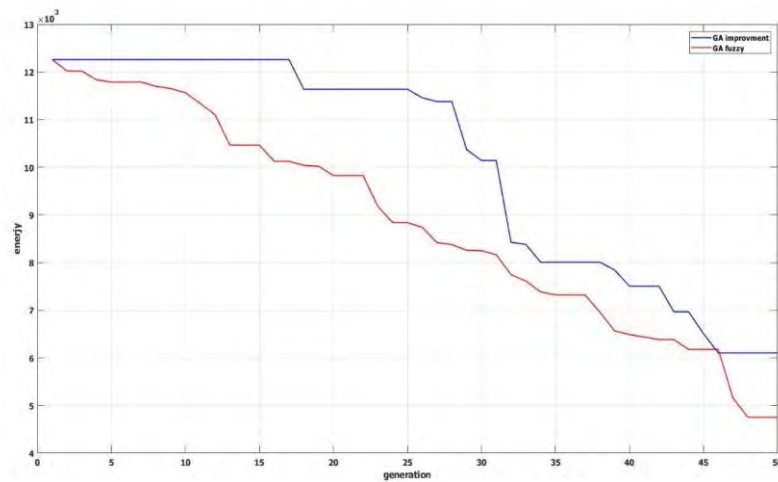
شکل ۶- میزان انرژی مصرفی در ۳۵۰ حسگر

در این نمودار مقدار انرژی مصرفی به ازاء ۳۵۰ گره نمایش داده شده است که الگوریتم پیشنهادی توانسته در تمامی تکرارها کمترین مقدار انرژی را نمایش دهد و در نهایت کمترین انرژی را بدست آورده است .



شکل ۷- میزان تابع برازندگی بر اساس ۱۵۰ حسگر

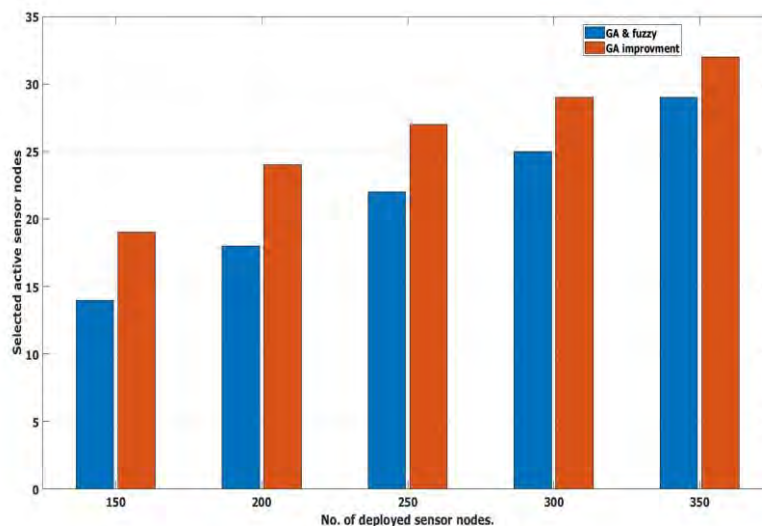
در این نمودار مقدار تابع برازندگی بر اساس ۱۵۰ گره حسگر بیسیم نمایش داده شده است این مقدار کمترین تعداد گره های حسگر میباشد که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته شده است .



شکل ۸- میزان انرژی مصرفی در ۱۵۰ حسگر

در این نمودار مقدار انرژی مصرفی به ازاء ۱۵۰ گره نمایش داده شده است که الگوریتم پیشنهادی بازهم توانسته در تکرار آخر کمترین انرژی را ثبت کند .

در این بخش به مقایسه تعداد گره های فعال در هر دو الگوریتم به ازاء گره های مختلف پرداخته خواهد شد. براساس این نمودار میتوان به خوبی میزان گره هایی که برای پوشش دهی شبکه در بهینه ترین حالت برای هر دو الگوریتم را در تعداد گره های حسگر مختلف مشاهده نمود.



شکل ۹- تعداد گره های فعال در هر دو الگوریتم

بر اساس این رابطه میتوان به خوبی تعداد گره های فعال را مشاهده نمود . بر اساس این نمودار گره های فعال در تمامی تعداد گره ها در الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم مورد مقایسه کمتر میباشد که نشان از برتری الگوریتم پیشنهادی دارد که با کمترین تعداد گره ها میتواند بیشترین پوشش و کمترین انرژی در شبکه را ایجاد کند .

۵. نتیجه گیری و راهکار آتی

25 mm

هر شبکه حسگر، مجموعه ای شامل گره های کوچک می باشند که هر گره یک حسگر بی سیم را شامل می شود بعلاوه هر شبکه حسگر یک ایستگاه پایه مرکزی دارد که اطلاعات محیط را جمع آوری می کند. شبکه حسگر با محیط فیزیکی در تعامل است. هر گره این قابلیت را دارد که اطلاعات محیط فیزیکی شامل دما، رطوبت، فشار، دود و غیره را درک کند و در نهایت داده ها را به ایستگاه پایه مرکزی مخابره کند. گره های حسگر، بی سیم* هستند و گره ها از طریق فرکانس رادیویی با یکدیگر و ایستگاه پایه ارتباط برقرار می کنند. اندازه حسگرهای بی سیم از لحاظ فیزیکی بسیار کوچک هستند و دارای محدودیت هایی در قدرت پردازش، ظرفیت حافظه، منبع تغذیه و غیره می باشند. محدودیت های مذکور چالش هایی را بوجود آورده است که منشأ بسیاری از مباحث پژوهشی مطرح در این زمینه است. اما چالش این نوع شبکه ها زمانی افزایش میابد که نیاز به پوشش دهی اهداف متحرک در این نوع از شبکه ها باشد و با توجه به محدودیت انرژی باید بتوان با کمترین تعداد گره های فعال بیشترین پوشش دهی برای اهداف متحرک ایجاد نمود که هم پوشش دهی این گره ها افزایش یابد و هم گره های فعال بتوانند در شعاع رادیویی یکدیگر قرار گیرند تا بتوانند اطلاعات را از اهداف متحرک دریافت کرده و به ایستگاه مرکزی ارسال کنند.

بر این اساس در این پژوهش برای تعیین گره های روشن ابتدا به بررسی رابطه ریاضی و تابع برازندگی بر اساس اهداف چندگانه پرداخته شد در این مرحله پارامترهای اصلی در این زمینه مورد بررسی قرار گرفت و رابطه ریاضی بر اساس این اهداف محاسبه شد. سپس با استفاده از الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی به ارائه روشی برای تعیین گره های روشن در شبکه پرداخته شد به طوری که بیشترین پوشش دهی و کمترین انرژی را شامل شود. بر اساس نتایج بدست آمده بر اساس پارامترهای مورد بررسی الگوریتم پیشنهادی توانست گره هایی به عنوان گره های فعال انتخاب کند که بیشترین پوشش و کمترین میزان انرژی در شبکه را نشان دهد.

۵-۱. راهکارهای آتی

به عنوان کارهای پیشنهادی و آتی می توان موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- بهبود الگوریتم ارائه شده با ترکیب با الگوریتم های دیگر
- ۲- استفاده از رویکردهای تکاملی دیگر مانند زنبور عسل و رقابت استعماری
- ۳- استفاده از این الگوریتم برای بهینه سازی پارامترهای دیگر شبکه حسگر بی سیم

25 mm

۶. مراجع

1. Davoli, L., A. Cilfone, L. Belli and G. Ferrari (2019). "Design and experimental performance analysis of a B.A.T.M.A.N.-based double Wi-Fi interface mesh network." *Future Generation Computer Systems* 92: 593-603.
2. Thangaramya, K., K. Kulothungan, R. Logambigai, M. Selvi, S. Ganapathy and A. Kannan (2019). "Energy aware cluster and neuro-fuzzy based routing algorithm for wireless sensor networks in IoT." *Computer Networks* 151: 211-223.
3. Elshrkawey, M., S. M. Elsherif and M. Elsayed Wahed (2018). "An Enhancement Approach for Reducing the Energy Consumption in Wireless Sensor Networks." *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* 30(2): 259-267
4. Jianjian, D., T. Yang and Y. Feiyue (2018). "A Novel Intrusion Detection System based on IABRFSVM for Wireless Sensor Networks." *Procedia Computer Science* 131: 1113-1121.

* wireless

5. Zhong, H., L. Shao, J. Cui and Y. Xu (2018). "An efficient and secure recoverable data aggregation scheme for heterogeneous wireless sensor networks." *Journal of Parallel and Distributed Computing* 111: 1-12.
6. Yang, H. and F. Wang (2019). "Wireless Network Intrusion Detection Based on Improved Convolutional Neural Network." *IEEE Access* 7: 64366-64374.
7. Leyva-Mayorga, I., V. Pla, J. Martinez-Bauset and M. E. Rivero-Angeles (2017). "A hybrid method for the QoS analysis and parameter optimization in time-critical random access wireless sensor networks." *Journal of Network and Computer Applications* 83: 190-203.
8. Zahedi, Z. M., R. Akbari, M. Shokouhifar, F. Safaei and A. Jalali (2016). "Swarm intelligence based fuzzy routing protocol for clustered wireless sensor networks." *Expert Systems with Applications* 55: 313-328.
9. Aslam, J., Z. Butler, F. Constantin, V. Crespi, G. Cybenko and D. Rus (2003). "Tracking a moving object with a binary sensor network". *Proceedings of the 1st international conference on Embedded networked sensor systems*, ACM.
10. Ramya, K., K. P. Kumar and V. S. Rao (2012). "A survey on target tracking techniques in wireless sensor networks." *International Journal of Computer Science and Engineering Survey* 3(4): 93.
11. Guo, Z., M. Zhou and L. Zakrevski (2005). "Optimal tracking interval for predictive tracking in wireless sensor network." *IEEE Communications Letters* 9(9): 805-807.
12. Fayyaz, M. (2011). "Classification of object tracking techniques in wireless sensor networks." *Wireless Sensor Network* 3(04): 121.
13. Feng, Y., Q. Wu and G. He (2017). Motion target detection algorithm based on monocular vision. *Proceedings of the 6th International Conference on Software and Computer Applications*, ACM.
14. Meuel, H., L. Angerstein, R. Henschel, B. Rosenhahn and J. Ostermann (2016). Moving object tracking for aerial video coding using linear motion prediction and block matching. *2016 Picture Coding Symposium (PCS)*, IEEE.
15. Xiao, S., W. Li, H. Jiang, Z. Xu and Z. Hu (2018). "Trajectory prediction for target tracking using acoustic and image hybrid wireless multimedia sensors networks." *Multimedia Tools and Applications* 77(10): 12003-12022.
16. Mann, P. S. and S. Singh (2017). "Energy-efficient hierarchical routing for wireless sensor networks: a swarm intelligence approach." *Wireless Personal Communications* 92(2): 785-805.
17. Harizan, S. and P. Kuila (2019). "Coverage and connectivity aware energy efficient scheduling in target based wireless sensor networks: an improved genetic algorithm based approach." *Wireless Networks* 25(4): 1995-2011.