



استفاده از الگوریتم خفاش جهت کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم پوشش نقطه‌ای

زهرا ردایی^۱، جواد وحیدی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد واحد الکترونیکی، zahra.redaee@gmail.com

۲- دانشکده ریاضی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، jvahidi@iuct.ac.ir

چکیده

حسگرها بیشترین انرژی محدود باتری خود را صرف ارتباط با اطلاعات محیطی جمع‌آوری شده در گیرنده‌ها می‌کنند. از این رو، تعیین حسگر مانیتور کننده بهینه و مسیرهای جریان اطلاعات حسگر به مقصد و چاهک برای دوام شبکه‌های حسگر حائز اهمیت است. علاوه بر این بار سنگین ترافیک برای انتقال بسته در گره‌های نزدیک تر به چاهک باعث افزایش مصرف انرژی و کاهش طول عمر باتری می‌شود. مطلوب است که انرژی بین گره‌ها و چاهک کاهش یابد. هدف اصلی این است که با طولانی‌تر کردن عمر حسگرهای عملیاتی طول عمر شبکه را افزایش دهیم و داده‌های جمع‌آوری شده توسط سوپر نود به چاهک فرستاده می‌شود، در این مقاله از الگوریتم خفاش برای انتخاب بهینه حسگر مانیتور کننده و مسیر نتیجه دهنده از آن انتخاب جهت کاهش مصرف انرژی استفاده شده است، نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مقایسه با دیگر الگوریتم‌ها برتری الگوریتم پیشنهادی را نشان داده است.

واژه‌های کلیدی: شبکه حسگر بی‌سیم، انرژی، طول عمر، الگوریتم خفاش

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، اهمیت شبکه‌های حسگر بی‌سیم همزمان با کاربرد آن‌ها در زمینه‌های مختلف رو به افزایش است. با توجه به محدودیت توان مصرفی گره‌ها در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، چالش‌های بسیاری در رابطه با طول عمر این شبکه‌ها برای محققان و طراحان ایجاد شده است. از آنجاکه لحاظ نمودن الگوریتم‌های ذخیره انرژی در طراحی شبکه‌های حسگر با عمر طولانی، امری ضروری است، در سال‌های اخیر توجه به ابزارهای هوشمند و توانمندی نظیر روش‌های اکتشافی یا فرا ابتکاری برای کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر، افزایش یافته است. با توجه به اینکه هر کدام از روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی جایگاه خاص خودشان را در حل مسائل دارند و با در نظر گرفتن شرایط مسئله، می‌توان با استفاده از الگوریتم خفاش، بتوان به جواب بهینه نسبت به دیگر کارهای انجام شده دست یافت. الگوریتم مورد بررسی جایگاه مهم و پرکاربردی بین روش‌های مختلف

بهینه‌سازی موجود دارد؛ بنابراین انتظار می‌رود که روش ارائه شده جواب‌های بهتری را از لحاظ کیفیت، پایداری و تعادل مصرف انرژی داشته و انتخاب‌های بهتری در جهت افزایش طول عمر انجام دهد، به گونه‌ای که نتایج آن با سایر روش‌ها به رقابت بپردازد.

۲. کارهای مرتبط

۱-۲ مسئله پوشش نقطه‌ای

اینکه چه احتمالی وجود دارد که وقوع حادثه‌ای در یک منطقه، در بازه زمانی خاص شناسایی شود را به تعبیری میزان قدرت پوشش دهی شبکه می‌نامند. علاوه بر این، روابط ارائه شده برای پوشش، نقاط ضعف یک میدان حسگری را یافته و کاربرد یا بازسازی طرح‌هایی را برای بهبود کلی کیفیت سرویس‌های شبکه معرفی می‌کند [۱]. موضوع بسیار مهم دیگری که در به کارگیری شبکه‌های حسگر بی‌سیم به همراه پوشش مرتبط می‌باشد، اتصال است.

در پوشش نقطه‌ای هدف تنها پوشش نقاط خاصی از محیط می‌باشد و این نقاط در سطح محیط پراکنده‌اند. در تمام این روش‌ها نقاط موردنظر از قبل مشخص هستند و مکان آن‌ها معلوم است و به آن‌ها هدف گفته می‌شود. در پوشش نقطه‌ای حتی اگر بتوان تمام اهداف موجود در محیط را پوشش داد، در صورتی که اتصالی بین سینک و حسگرها برای انتقال اطلاعات وجود نداشته باشد، عملاً کار خاصی صورت نگرفته است [۲].

۲-۲ بهینه‌سازی طول عمر

از آن جایی که کارایی شبکه‌های حسگر به شدت به طول عمر شبکه و پوشش شبکه‌ای آن وابسته است، بنابراین لحاظ نمودن الگوریتم‌های ذخیره انرژی در طراحی شبکه‌های حسگر با عمر طولانی، امری حیاتی است. به دلیل آنکه در مطالعات فرض می‌کند که مسئله قرارگیری WSN، قرارگیری حداقل مجموعه حسگرهایی است که پوشش دریافتی را به حداکثر رسانده، بهترین اتصال شبکه را حفظ نموده و حداقل انرژی را مصرف می‌نمایند و بنابراین نحوه کشف راه حل مطلوب، اغلب نقطه داغ محققین است [۳][۴]. علاوه بر هزینه مصرف و هزینه اجرا، هزینه تعمیر و نگهداری نیز تأکید می‌گردد زیرا روش قرارگیری حسگرها بر قابلیت تغییر و هزینه WSN تأثیرگذار خواهد بود [۵]. تفکر ساده بهینه‌سازی، رابطه جایگزینی بین هزینه اجرا و کیفیت پوشش بوده در عین حال حسگرها آرایش یافته قرار داده می‌شوند [۶][۷].

۳. روش پیشنهادی

۱-۳ مقدمه

امروزه روش‌های مدیریت پویای توان که به کاهش مصرف انرژی شبکه‌های حسگر بعد از طراحی و قرارگیری آن‌ها می‌پردازند، از بالاترین اهمیت برخوردار می‌باشند. در سال‌های اخیر برای مدیریت پویای توان، توجه به ابزارهای هوشمند و توانمندی نظیر الگوریتم‌های فرا ابتکاری رونق چشمگیری یافته است. الگوریتم‌های فرا ابتکاری که معمولاً الهام گرفته شده از طبیعت و فرایندهای فیزیکی می‌باشند، در حال حاضر به عنوان یکی از روش‌های قدرتمند برای حل بسیاری از مسائل بهینه‌سازی پیچیده به کار برده می‌شوند. هدف از این پژوهش ارائه پروتکلی است که انرژی آن برای بالا بردن طول عمر شبکه کارا باشد. ما نیز بر آنیم تا با استفاده از تابع هزینه جدیدی راه حلی کارا برای بهینه‌سازی مصرف انرژی به وسیله الگوریتم خفاش این تابع هزینه را به شکلی بهینه حل نماییم. پروتکل ارائه شده به گونه‌ای طراحی شده است که در یک شبکه پوشش نقطه‌ای که در آن تعدادی هدف مورد نظارت قرار می‌گیرد، انرژی مصرفی نظارت را کاهش داده و در قسمت ارسال اطلاعات حاصله از ایجاد سربار اضافی

۲-۳ الگوریتم خفاش

خفاش‌ها تنها پستانداران بال‌دار هستند که برای شکار طعمه از انعکاس صدا استفاده می‌کنند. الگوریتم خفاش یکی از الگوریتم‌های فرا ابتکاری می‌باشد که بر اساس اصل انعکاس صدای خفاش و دریافت صدا توسط این پرنده عمل می‌کند. این الگوریتم فرا ابتکاری الهام گرفته از طبیعت، در سال ۲۰۱۰ توسط آقای یانگ معرفی گردید [۸]. این الگوریتم بر اساس اصول زندگی خفاش‌ها طراحی شده است. تاکنون از الگوریتم خفاش برای حل مسائل بهینه‌سازی دودویی [۹] و برای مسائل بهینه‌سازی چند هدفی [۱۰] استفاده شده است. جهت اطلاع از پیشرفت‌های دیگر این الگوریتم خواننده به [۱۱] ارجاع داده می‌شود. الگوریتم بهینه‌سازی خفاش الهامی از خصوصیات ردیابی خفاش‌های کوچک در جستجوی شکار می‌باشد. به طوری که خفاش‌های کوچک می‌توانند در تاریکی مطلق با انتشار صدا و دریافت آن به شکار طعمه‌های خود بپردازند. برای توسعه این الگوریتم از سه قانون آرمانی زیر استفاده می‌شود. همه خفاش‌ها از انعکاس صدا برای تشخیص فاصله استفاده می‌کنند و تفاوت بین مواد غذایی و موانع پیشرو را می‌دانند. پرواز خفاش‌ها به‌طور تصادفی با سرعت V_I در مکان X_I و با فرکانس ثابت f_{min} طول موج مختلف λ و بلندی صوت A_0 صورت می‌گیرد. همچنین آن‌ها می‌توانند امواج پخش شده و نرخ پالس‌های ارسالی خود را ($r \in [0, 1]$) با توجه به نزدیکی شکارشان به‌طور خودکار تنظیم کنند. با توجه به اینکه ممکن است بلندی صدا در جهات مختلف متفاوت باشد، فرض می‌کنیم که بلندی صدا از R_0 (بیشترین مقدار) تا R_{min} (کمترین مقدار) متغیر است. به این ترتیب، مکان i^t و سرعت v_i^t برای هر خفاش مجازی i ام در تکرار t و همچنین فرکانس f_i به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min})\beta \quad (1)$$

$$v_i^t = v_i^{t-1} + (x_i^{t-1} - x_*)f_i \quad (2)$$

$$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t \quad (3)$$

که در آن $\beta \in [0, 1]$ یک بردار تصادفی با توزیع یکنواخت است و $*$ بهترین مکان فعلی است که در هر تکرار پس از مقایسه با موقعیت خفاش‌های مجازی انتخاب می‌شود. معمولاً فرکانس f را با $f_{min}=0$ و $f_{max}=100$ در نظر می‌گیرند. در هر تکرار، یکی از جواب‌ها به عنوان بهترین جواب انتخاب و موقعیت جدید هر خفاش به‌طور محلی با گام تصادفی به صورت زیر بروز می‌شود:

$$x_{new} = x_{old} + \varepsilon A^t \quad (4)$$

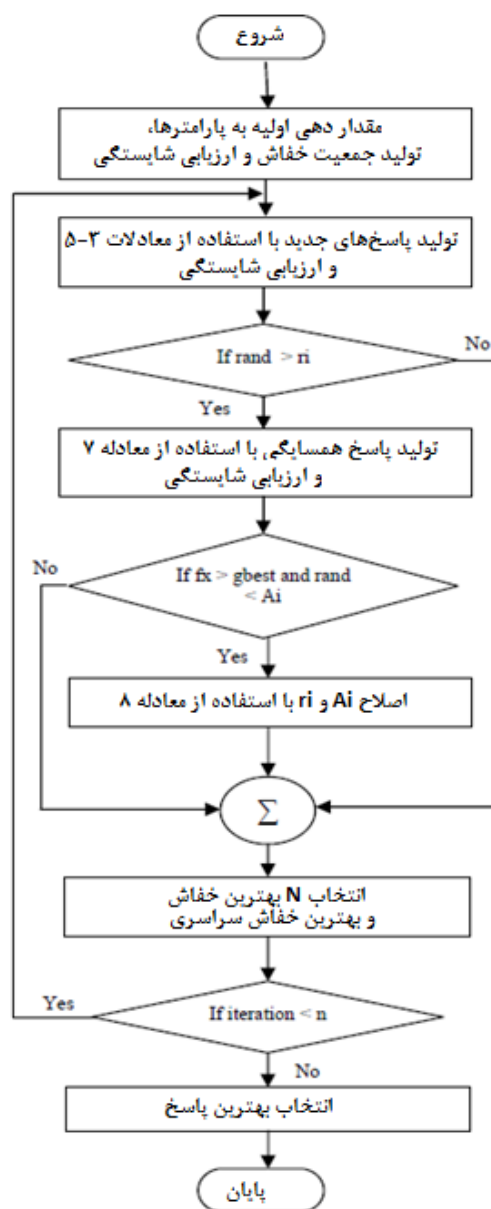
که در آن $\varepsilon \in [-1, 1]$ یک عدد تصادفی بوده و $A^t = \langle A^t_i \rangle$ میانگین بلندی صدای خفاش‌ها در تکرار t می‌باشد. همچنین بلندی صدای A_i و نرخ پالس ارسالی r در هر تکرار به صورت زیر به روز می‌شود:

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t, \quad r_i^{t+1} = r_i^o \left[1 - \exp(-\gamma t) \right] \quad (5)$$

که در آن α و γ مقادیر ثابت می‌باشند و برای هر $0 < \alpha < 1$ و $r > 0$ ، وقتی $t \rightarrow \infty$ داریم:

$$A_i^{t+1} \rightarrow 0, \quad r_i^{t+1} \rightarrow r_i^o \quad (6)$$

با توجه به مطالب ارائه شده در بالا، الگوریتم خفاش به صورت خلاصه در شکل ۱ در فلوچارتی نشان داده می‌دهد.



شکل ۱ فلوجارت الگوریتم خفاش [۱۲]

۳-۳- مدل شبکه

در مقاله ارائه شده مفروضات شبکه به شرح زیر می‌باشد.

- طول عمر: به بازه زمانی گفته می‌شود که از شروع فعالیت شبکه پوششی آغاز می‌شود و تا زمانی که همه i هدف، با استفاده از مجموعه گره‌های حسگر فعال و رله‌های آن‌ها که به یک گره مدیر متصل می‌باشند، پوشانده می‌شود ادامه می‌یابد.
- هر گره در شبکه نامتقارن ارزیابی شده دارای ID یکتاست و گره‌ها از موقعیت و مختصات خود مطلع نیستند.
- تعداد گره‌های مدیر بسیار کمتر از گره‌های عادی است و انرژی گره‌های مدیر بیشتر از گره‌های عادی و در مقیاس چند برابر در نظر گرفته شده است.

- تمام گره‌های مدیر قابلیت برقراری ارتباط با هم را دارند و همزمان شدن گره‌های مدیر از طریق ایستگاه مرکزی و سپس همزمان‌سازی گره‌های دیگر از طریق گره‌های مدیر صورت می‌گیرد.
- گره‌ها قابلیت تغییر توان ارسالی و تنظیم قدرت فرستنده با توجه به افزایش و کاهش فاصله را دارند. همچنین گره‌ها قادر به تشخیص فاصله بر مبنای انرژی سیگنال دریافتی می‌باشند.
- تعداد i هدف با موقعیت ثابت در محیط مورد پوشش قرار دارد. شبکه موردنظر ترکیبی از گره‌های مدیر، گره‌های حسگر و اهداف می‌باشد.
- مدل انرژی ارسال و دریافت ۱ بیت داده مطابق با مدل انرژی LEACH در نظر گرفته شده است [۱۳].
- بازه‌های زمانی فعالیت شبکه، زمان فعالیت سیستم را به راندهایی مشخص و به بازه‌های مساوی t تقسیم می‌کند. این تقسیم‌بندی طوری است که در هر بازه فقط دسته منتخب بعد از گزینش، به اندازه زمان t فعال می‌شوند و بقیه گره‌های شبکه به اندازه همان بازه زمانی غیرفعال و خاموش می‌مانند.
- محاسبه زمان یک راند t ، بسته به نوع دسته‌بندی و انرژی گره‌های شبکه و زمان تخمینی طول عمر شبکه متغیر است. طول این زمان با توجه به نیاز شبکه و پارامترهای فیزیکی حسگرهای مورداستفاده در شبکه قابل ارزیابی و استخراج است.

۳-۴- ساختار الگوریتم پیشنهادی

مبنای پروتکل پیشنهادی بر اساس زمان‌بندی است؛ یعنی طول عمر شبکه در الگوریتم به راندهای اجرایی مساوی تقسیم می‌شود این پروتکل از یک مکانیزم دو فازی بهره می‌برد. دو فاز عنوان شده تحت عناوین فاز برقراری و فاز حالت پایدار می‌باشند. قسمت اول به انتخاب گره‌های حسگر مورد نیاز با فعالیت شبکه می‌پردازد و در قسمت دوم یک راند شبکه اجرا می‌شود.

۳-۴-۱ انتخاب حسگر نظارت کننده با استفاده از الگوریتم خفاش

پروتکل دسته‌بندی طراحی شده در ابتدای هر راند و در قسمتی که از آن با نام برقراری یاد شد، بکار برده می‌شود. پروتکل پیشنهادی خود شامل دو مرحله است. مرحله اول از فاز اول که فاز انتخاب می‌باشد، به انتخاب گره‌های نظارت کننده (حسگر) اختصاص می‌یابد. در این مرحله یک دسته از گره‌های منتخب نظارت کننده توسط الگوریتم خفاش، تشکیل می‌شود به طوری که شروط ذکر شده در بالا (از جمله حداکثر شدن تعداد راندها و به تبع آن حداکثر شدن تعداد دسته‌ها) را برآورده کند. وقتی گره‌های منتخب نظارت کننده برای فعالیت در دسته‌ای که باید فعال باشند، انتخاب شدند، گره‌های رله مربوط به آن هم با توجه به ماهیت الگوریتم مورداستفاده مشخص می‌گردد. پس از انتخاب هر دو گروه رله و نظارت کننده، گره‌های دیگر غیر عضو غیر فعال شده و به مد خواب می‌روند. این گره‌ها انرژی خود را ذخیره می‌کنند و در فاز بعدی دوباره مورد برازش و ارزش‌دهی توسط الگوریتم خفاش قرار می‌گیرند.

تابع مربوط به الگوریتم خفاش سه پارامتر را به عنوان ورودی دریافت کرده و دارای یک پارامتر خروجی می‌باشد. پارامتر ورودی اول، ماتریس همسایگی (بر حسب فاصله و میزان انرژی باقی مانده) مربوط به تمامی گره‌های دخیل در هر مرحله از فراخوانی الگوریتم خفاش می‌باشد. در این ماتریس علاوه بر تأثیر فاصله در میزان همسایگی، انرژی باقی مانده دو گره همسایه نیز بر روی میزان همسایگی آن‌ها تأثیرگذار می‌باشند؛ یعنی مثلاً اگر دو گره از نظر مسافت به یکدیگر نزدیک باشند ولی دارای انرژی کمی باشند مقدار ارتباط آن‌ها با یکدیگر در این ماتریس عدد کوچکی خواهد بود.

پارامتر ورودی دوم، مجموعه گره‌هایی است که می‌بایست محل شروع به حرکت خفاش‌ها در نظر گرفته شوند. این پارامتر زمانی که هدف ما انتخاب گره حسگر نظارت کننده باشد، مجموعه‌ای از حسگرهای نظارت کننده که قابلیت نظارت یک هدف خاص

را دارند را در بر می‌گیرد. همچنین زمانی که هدف ما یافتن مسیر مناسب از گره‌های مدیر به سینک است مقدار این پارامتر برابر با شماره گره مدیر مدنظر می‌باشد.

پارامتر ورودی سوم نیز، مجموعه گره‌هایی است که می‌بایست مقصد خفاش‌ها در نظر گرفته شوند. این پارامتر زمانی که هدف ما انتخاب گره حسگر نظارت کننده باشد، مجموعه‌ای از گره‌های مدیر درون شبکه که متصل به یکدیگر هستند و راهی تا گره چاهک^۱ دارند را در بر می‌گیرد. همچنین زمانی که هدف ما یافتن مسیر مناسب از گره‌های مدیر به چاهک است مقدار این پارامتر برابر با شماره گره چاهک می‌باشد.

مقدار خروجی این تابع نیز در صورت وجود، مسیر بهینه از گره‌های مبدأ به گره‌های مقصد می‌باشد و در صورت عدم وجود چنین مسیری مقدار خروجی عدد صفر خواهد بود.

الگوریتم خفاش برای هر گره که مقدار حداقل انرژی برای فعالیت را دارد مورد بررسی قرار می‌گیرد. رابطه پیشنهادی برای محاسبه زمان انتظار گره، پارامترهای فیزیکی حسگر را مورد استفاده قرار می‌دهد. پارامترهایی از گره که در رابطه پیشنهادی مورد استفاده قرار می‌گیرند و مد نظر می‌باشند که شامل: تعداد اهداف میدان دید، میانگین انرژی، انرژی باقیمانده انرژی اولیه گره می‌باشند. برای انتخاب هزینه هر گره تخصیص داده می‌شود. پس از سپری شدن زمان محاسبات، حسگر طی فرایندی برای بیدار ماندن یا بخواب رفتن تصمیم‌گیری می‌کند.

۲-۴-۳ خلاصه روند انتخاب حسگر نظارت کننده

- چینش شبکه که شامل قرار گرفتن گره‌های حسگر و مدیر و هدف‌ها به صورت تصادفی در صفحه می‌باشد.
- مورد بررسی قرار دادن و یافتن مجموعه گره‌هایی که قابلیت حسگری هر هدف را دارند و این کار برای تمامی اهداف تکرار می‌شود.
- قرار دادن تمام گره‌های مدیر در یک مجموعه جهت دریافت اطلاعات از گره‌های حسگر
- ساخت ماتریس همسایگی برای تمامی گره‌ها به ازای میزان مسافت و انرژی باقی مانده هر گره
- یافتن بهترین گره از بین مجموعه گره‌هایی که قابلیت حسگری هر هدف را دارند با شرطی که دارای بهترین مسیر تا اولین گره مدیر باشد، توسط الگوریتم خفاش.
- در صورتی که از بین مجموعه گره‌های حسگر انتخاب شده گره حسگری بود که چند هدف را می‌دید آن را در اولویت قرار می‌دهیم و به همین ترتیب تا پوشش تمامی اهداف ادامه می‌دهیم.
- در صورت عدم وجود مسیری تا یک گره مدیر یا عدم وجود هیچ گره‌ای جهت حس هدف شبکه مرده است و الگوریتم خاتمه می‌یابد.
- یافتن بهترین مسیر از هر گره مدیر به چاهک توسط الگوریتم خفاش و در صورت عدم وجود مسیر، گره مدیر از لیست گره‌های مدیری که توانایی جمع آوری اطلاعات را دارند خارج می‌گردد.
- کاهش انرژی از حسگرهای نظارت کننده فعال جهت حسگری و همچنین از گره‌های رله که مابین این گره‌ها تا گره‌های مدیر می‌باشند، جهت انتقال اطلاعات.
- جمع آوری اطلاعات در گره‌های مدیر و انجام عملیات تجمیع داده و ارسال اطلاعات به چاهک و کاهش انرژی رله‌ای از گره‌هایی که در این مسیر قرار دارند.
- حذف گره‌هایی از شبکه که به دلیل اتمام انرژی دیگر قابلیت حسگری و رله‌ای ندارند.
- انجام تمامی مراحل بالا به جز سه مرحله اول تا زمانی که شبکه زنده است و شمردن تعداد راندها جهت افزایش آن‌ها و نمایش در خروجی

¹Sink

۴. شبیه سازی و بررسی نتایج

۴-۱- پارامترهای پیاده سازی

در این بخش خروجی برنامه شبیه سازی شده برای شبکه مورد نظر به ازای شرایط مشابه مقالات دیگر جهت مقایسه های لازم آورده شده است. برای شبیه سازی این پروژه و محیط شبکه از نرم افزار MATLAB استفاده شده است. مدل انرژی بکار رفته در این شبیه سازی ها، مدل انرژی است که در مرجع [۱۴، ۱۵، ۱۶] بیان شده است.

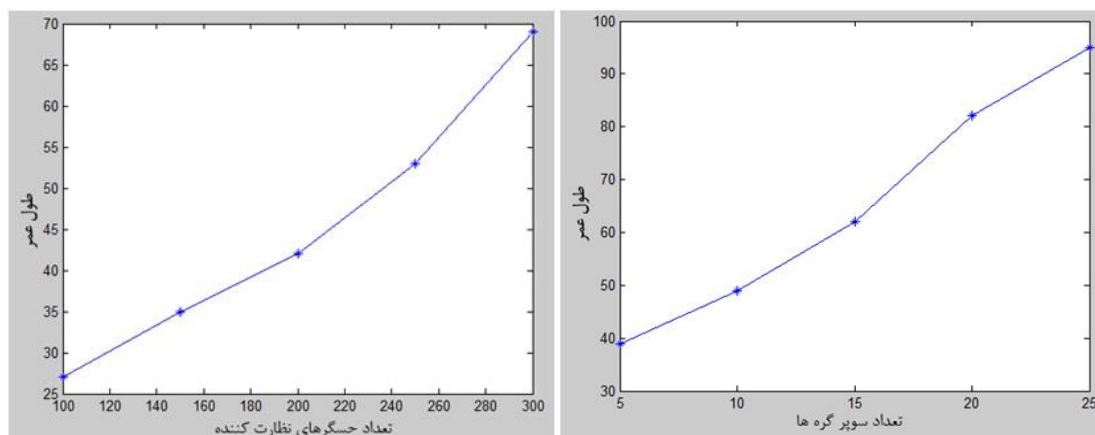
جدول ۴-۱ : مقدار پارامترهای پیاده سازی شده در الگوریتم پیشنهادی

پارامتر	مقدار
اندازه شبکه اولیه	۵۰۰ در ۵۰۰ متر
مکان های گره های مدیر	تصادفی
مکان های گره های حسگر نظارت کننده	تصادفی
انرژی اولیه گره های مدیر	۰,۱ ژول
انرژی اولیه گره های حسگر نظارت کننده	۰,۵ ژول
محدوده ارتباطی اولیه	۹۰ متر
محدوده حسگری اولیه	۶۰ متر
تعداد گره های حسگر نظارت کننده اولیه	۳۰۰
تعداد گره های مدیر اولیه	۲۵
تعداد اهداف اولیه	۲۰
حداقل انرژی جهت راه اندازی گره ها	۵۰ نانو ژول/بیت

۴-۲ بررسی شبیه سازی الگوریتم انتخاب گره های حسگر نظارت کننده

برای قیاس بهتر و درک شرایط الگوریتم پیشنهادی و به طبع آن نتیجه گیری درست، نیاز به تغییر پارامترهای شبکه می باشد. همچنین برای اینکه دریابیم یک الگوریتم برای شبکه به طور مطلوب پاسخ خواهد داد یا نه و اینکه شبکه مقیاس پذیر و توزیع پذیر هست یا نه باید شرایط شبکه را از لحاظ ابعاد و تعداد تغییر داده و مورد آزمایش قرار دهیم. در ادامه، الگوریتم پیشنهادی را برای مقادیر مختلف در شبکه اجرا کرده و نتایج حاصله در قالب اشکالی ارائه می گردد.

شکل ۲-الف میزان طول عمر شبکه به ازای تغییر تعداد گره‌های مدیر یا سرخوشه را نشان می‌دهد. روند صعودی میزان طول عمر به ازای افزایش اهداف در این شکل نشان دهنده قابلیت الگوریتم پیشنهادی در شرایط گوناگون و مقیاس‌پذیری شبکه می‌باشد.



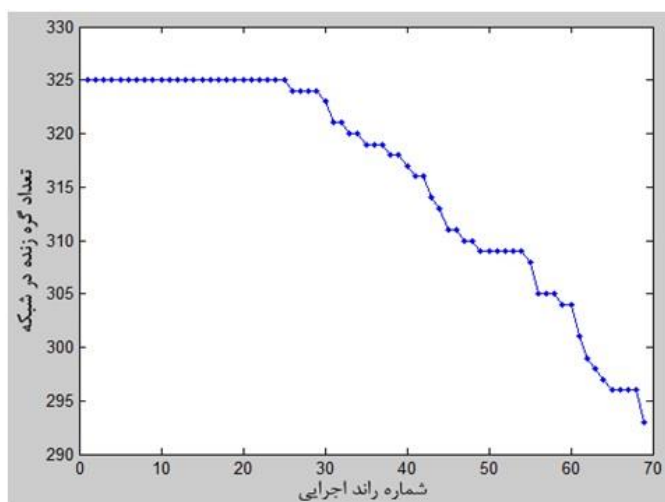
ب

الف

شکل ۲: میزان تغییر طول عمر شبکه (الف) به ازای افزایش گره‌های مدیر. (ب) به ازای افزایش تعداد گره‌های حسگر نظارت کننده

در شبکه‌های حسگر با تغییر تعداد حسگرها امکان تغییرات گسترده در عملکرد الگوریتم‌های پیشنهادی خواهد بود. همان‌طور که در شکل ۲-ب مشاهده می‌گردد تعداد گره‌های شبکه از ۱۰۰ گره تا ۳۰۰ گره تغییر داده شده است. میزان افزایش طول عمر شبکه به ازای افزایش تعداد گره‌ها از ۱۰۰ تا ۳۰۰ گره با تعداد ثابت و موقعیت یکسان اهداف و گره‌های مدیر نشان دهنده اجرای صحیح الگوریتم پیشنهادی می‌باشد.

شکل ۳ تعداد گره زنده در شبکه در هر راند اجرایی از الگوریتم را نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که در ۲۵ مرحله اول هیچ گره‌ای نمرده است و در ادامه به تدریج با اتمام انرژی گره‌ها تعداد گره‌های مرده در شبکه افزایش یافته که این امر باعث به پایان رسیدن عمر کلی شبکه نیز گشته است. با کمی توجه مشاهده می‌شود که با مردن حدود ۱۵ درصد از کل گره‌ها عمر شبکه نیز به پایان رسیده است. برای جلوگیری از این مسئله و افزایش این درصد می‌توان راهکاری پیشنهاد داد. راهکار پیشنهادی، ابتدا یافتن گره‌هایی در شبکه است که به دلیل موقعیت مکانی فعلی آن‌ها هیچ‌گونه استفاده‌ای از آن‌ها نگردیده است، سپس جابجایی موقعیت مکانی آن‌ها با گره‌هایی که با مرگ خود باعث مرگ شبکه گشته‌اند.



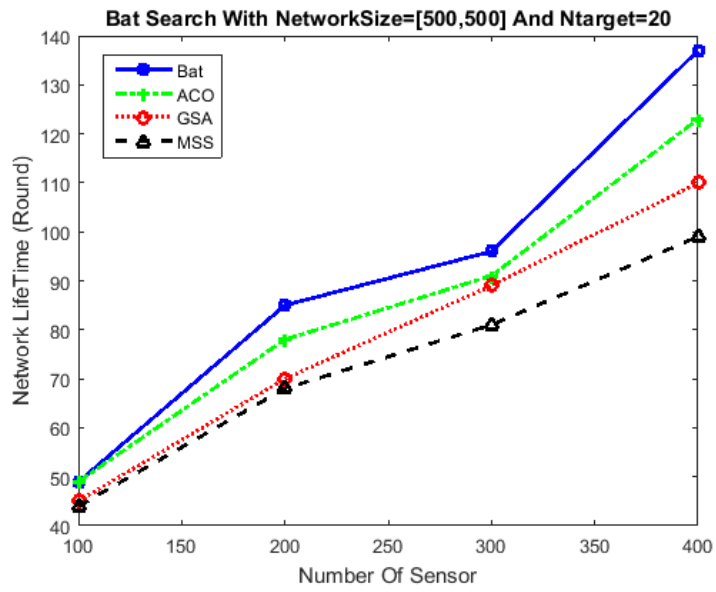
شکل ۳: تعداد گره‌های زنده در شبکه در راندهای مختلف

در صورت امکان، پوشش چند هدف تنها با یک گره حسگر نظارت کننده بسیار به صرفه‌تر از حالتی است که هر حسگر تنها یک هدف را مورد نظارت قرار دهد. در حالت نظارت گروهی اهداف توسط یک گره حسگر، به جای کم شدن انرژی به تعداد اهداف فقط درصدی از این میزان انرژی جهت این نظارت گروهی از گره حسگر مربوطه کم می‌شود که این امر باعث کاهش مصرف انرژی شبکه خواهد گردید.

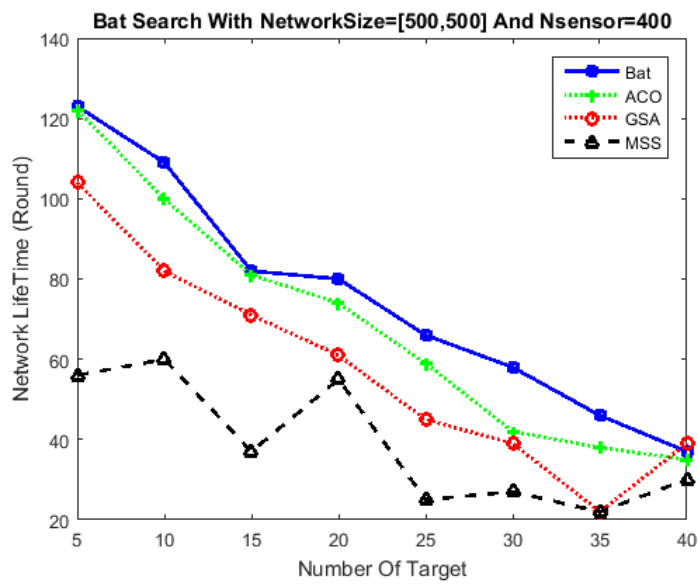
برای بررسی عملکرد الگوریتم دسته‌بندی ارائه شده پس از شبیه‌سازی، الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم‌های MSS [۱۴]، GSA [۱۵] و MSACO [۱۶] مقایسه شده است. لازم به ذکر است که [۱۶] روش پیشنهادی خود در انتخاب حسگر نظارت کننده را با دو الگوریتم دیگر مقایسه کرده و برتری روش خود را نسبت به آن‌ها نشان داده است. همانطور که در شکل‌های ۴ و ۵ ملاحظه می‌شود، در الگوریتم پیشنهادی برای انتخاب حسگرهای نظارت کننده، شبکه دارای طول عمر بیشتری نسبت به الگوریتم MSS که در [۱۴] ارائه شده و الگوریتم GSA که در [۱۵] و MSACO [۱۶] ارائه شده است، می‌باشد. این روش‌ها در گزارشات هر کدام با روش‌های دیگر مقایسه شده و برتری آن‌ها از دیگر روش‌های ارائه شده تا آن زمان، نشان داده شده بود.

با فرض انتخاب گره‌های نظارت کننده با شرایط یکسان در هر سه الگوریتم که نتایج آن آورده شده است، ملاحظه می‌شود که به‌طور متوسط میزان طول عمر شبکه در روش پیاده‌سازی شده در مقایسه با روش‌های دیگر دارای برتری‌هایی می‌باشد. در شکل ۴ مشاهده می‌شود که مصرف انرژی شبکه در الگوریتم پیشنهادی در اکثر راندها کمتر از سه الگوریتم MSS، GSA و MSACO است. همچنین طبق شکل ۴ طول عمر شبکه به ازای شبیه‌سازی‌های متعدد و متوسط‌گیری و نرمال‌سازی خروجی‌ها بیشتر از هر دو الگوریتم ارائه شده، می‌باشد. جالب توجه است اگر معیار مجموع انرژی باقیمانده گره‌های شبکه بعد از مرگ شبکه هم از پارامترهای مقایسه باشد، با توجه به شکل ۵ ملاحظه خواهد شد، شبکه در الگوریتم پیشنهادی گرچه به میزان الگوریتم GSA دارای انرژی است ولی دارای طول عمر بیشتری نیز بوده است که این خود یک مزیت می‌باشد.

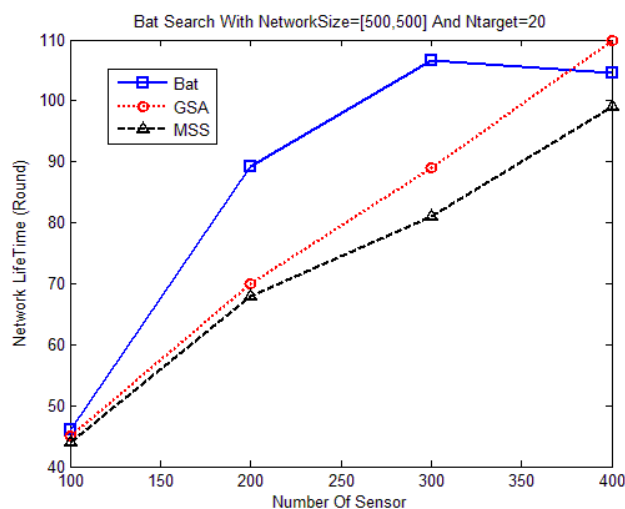
در شکل ۶ نیز طول عمر شبکه برحسب تعداد هدف در شبکه نشان داده شده است. بنا بر آنچه انتظار می‌رود، طول عمر برحسب هدف باید سیر نزولی داشته باشد. دلیل انحرافات شکل به دست آمده نیز از این حالت، تغییر توپولوژی شبکه و چیده شدن مجدد به ازای تغییر تعداد هدف است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، به‌طور متوسط الگوریتم پیشنهادی طول عمر بیشتری نسبت به سه الگوریتم دیگر دارد. الگوریتم پیشنهادی به ازای تمام حالات دارای طول عمر بیشتری نسبت به دیگر روش‌ها است.



شکل ۴: میزان مصرف انرژی شبکه در راندهای مختلف و مقایسه با الگوریتم‌های دیگر به ازای ۲۰ هدف



شکل ۵: میزان انرژی باقیمانده در شبکه با تعداد ۴۰۰ گره در راندهای مختلف و مقایسه با الگوریتم‌های دیگر



شکل ۶: میزان تغییر طول عمر شبکه به ازای افزایش تعداد سنسور به ازای تعداد ۲۰ هدف

میزان انرژی مصرفی در هر راند به خودی خود نمی‌تواند معیار قیاس قرار گیرد، اما میزان انرژی مصرفی میانگین از ابتدا تا به انتهای یک شبکه در افزایش طول عمر شبکه پارامتر بسیار مهمی است. در صورتی که میزان مصرف انرژی در شبکه در هر راند به حداقل میزان خود برسد می‌توان بیان کرد که طول عمر شبکه دارای افزایش نسبی خواهد شد. با مصرف متعادل انرژی از نواحی مختلف در شبکه، انرژی باقی‌مانده در شبکه وقتی که عمر شبکه به پایان می‌رسد بیشتر است. در برخی از حالات خواهان جایگذاری مجدد برخی از گره‌ها در شبکه هستیم و میزان انرژی باقی مانده پس از مرگ شبکه از این حیث دارای اهمیت می‌شود.

۵. نتیجه گیری

در این مقاله از الگوریتم خفاش برای انتخاب بهینه حسگر مانیتور کننده و مسیر منتج شده از آن انتخاب جهت کاهش مصرف انرژی استفاده شده است. هدف اصلی از انجام این پژوهش، افزایش طول عمر گره‌های عملیاتی شبکه حسگر بی سیم بوده که در این شبکه داده‌های جمع آوری شده از طریق گره مدیر به چاهک ارسال می‌شود. به دلیل سادگی و قابلیت انعطاف و پیاده‌سازی ساده الگوریتم خفاش، این الگوریتم مورد انتخاب قرار گرفت. نتایج مربوط به الگوریتم پیشنهادی با مقادیر مختلفی از پارامترها ارائه شد. نتایج این امر نشان دهنده مقیاس پذیری الگوریتم است؛ یعنی اینکه الگوریتم نه فقط برای یک حالت خاص بلکه برای حالت‌های مختلف شبکه پاسخ مناسبی ارائه می‌دهد. همچنین در انتها نتایج الگوریتم ارائه شده، با سه روش MSGSA، MSS و MSACO مقایسه گردید. نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مقایسه با دیگر الگوریتم‌ها برتری نسبی الگوریتم پیشنهادی را نشان داده است. نتایج این مقایسه برتری روش پیشنهادی را نسبت به دیگر الگوریتم‌ها نشان داد.

۶. منابع

[۱] D.Chen and P.K. Varshney. " Oos Support in Wireless Sensor Network: A Survey," proc.int,l conf. wireless network(INWN 4), CSREA Press, 2004, pp.227-233.

- [۲] M. k. Watfa, "Coverage issue in Wireless sensor network " A DISSERTATION APPROVED FOR THE SCHOOL OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING, NORMAN ,Oklahoma 2006.
- [۳] M. Li, P.J. Wan and O. Frieder "Coverage in wireless Ad hoc sensor network",Computers, IEEE Transactions , Vol. 52, 753 - 763 ,2003.
- [۴] D. Tian and N. D. Georrganas,"A Coverage-Preserving Node Scheduling Scheme for Large Wireless sensor network", Proc. Of the 1st SCM Workshop on wireless sensor networks and Applications.2002.
- [۵] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D.estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust communication Paradigm for sensor networks", Proc.of ACM mobile Com, 56-67, 2002.
- [۶] F. Ye, G Zhong, S.Lu ,and L.ahang, "Energy Efficient Robut Sensing Coverage in Large Sensor networks" ,Technical Report UCLA ,2002.
- [۷] H. Zhang and J. C. Hou ,"Maintaining Sensing Coverage and Connectivity in Large Sensor networks "Technical Report UIUC , UIUCDCS-R-2003-2351, June 2005.
- [۸] W. Jia and J. Wang, "Analysis of connectivity for sensor Networks using geometrical probability", IEEE Proceedings Communications ,vol 153, Issue 2, 1 pp.305-312 ,April 2006.
- [۹] J. Carle, D. Simplot,"Energy efficient area monitoring by Sensor networks ."IEEE Computer 37 (2) pp 40-46, 2004.
- [۱۰] M. Watfa, S.Commuri, "Optomal sensor Placement for Border Perambulation",IEEE International Symposium on Intelligent Control ,ISIC, Munich,Germany, Pages:143-152, October 2006.
- [۱۱] f. Xue, P .R. Kumar,"the number of neighbors needed for connectivity of Wireless networks, " wireless Networks vol. 10, no. 2,pp. 169_1812004.
- [۱۲] X. Wang, G.Xing ,Y.Zhang , C. Lu , R.Pless, and C.D.Gill, "Integrated Coverage and Connectivity Configuration in Wireless Sensor networks " Accepted to the First ACM Conference on Embedded Networked sensor System (SenSys 3), Nov 2003.
- [۱۳] M.Azami, M. Ranjbar, A. Sh. rostami, "Increasing the Network life Time by Simulated Annealing Algorithm in WSN with Point coverage", international Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing (IJASUCI), 2013.
- [۱۴] A. S. Rostami, M. R. Tanhatalab, H. M. Berneti,"Decreasing the Energy Consumption by a Distribution Classification New Algorithm in Choosing the Best Sensor Node in Wireless Sensor Network with Point Coverage", International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN),pp 269-274, IEEE2010.
- [۱۵] A. S. Rostami, H. M. Berneti, A. R. Hosseinabadi ,"A Novel and Optimized Algorithm to Select Monitoring Sensors by GSA", International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN), pp 269-274, IEEE (2012).
- [۱۶] S. J,Rezaei, Z . R. Bahabadi ; J. Vahidi ; A. Sh. Rostami,2015,Energy-aware method in connected asymmetrical point Coverage wireless sensor network using ant,IEEE. Knowledge-Based Engineering and Innovation (KBEI), 2015.