

## بررسی مسئله و بهینه‌سازی میزان پوشش انرژی در شبکه‌های حس گر بی سیم به کمک الگوریتم‌های فرا ابتکاری جستجوی گرانشی

حامد امین زاده<sup>۱\*</sup>، عباسعلی رضایی<sup>۲</sup>

دانشکده مهندسی برق، دانشگاه پیام نور، ۶۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران hamedmr1@yahoo.com

دانشکده مهندسی برق، دانشگاه پیام‌نور، ۶۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران abasrezae@gmail.com

### چکیده

شبکه‌های حس گر کاربردهای فراوانی در شاخه‌های مختلف مهندسی پیدا کرده‌اند. یک شبکه حس گر از تعداد زیادی حس گر کوچک تشکیل شده است که با کمک یکدیگر اطلاعاتی را در مورد میدان اطراف در اختیار کاربران قرار می‌دهند. یکی از مسائل مهم و اساسی در شبکه‌های حس گر بی سیم، مسئله پوشش است که محیط فیزیکی اطراف تا چه اندازه تحت نظارت حس گرهای اطراف قرار دارد. اهمیت این مسئله تا بدان حد است که از آن به عنوان یکی از پارامترهای کیفیت سرویس‌دهی یاد می‌شود. با توجه به این نکته، روش‌هایی که بتوانند پوشش شبکه را به طور دقیق محاسبه کنند از اهمیت خاصی برخوردار هستند. با استفاده از الگوریتم فراابتکاری جستجوی گرانشی، در این مقاله جواب بهینه‌ای برای مسئله پوشش در شبکه‌های حس گر بی سیم ارائه گردیده است. با در نظر گرفتن یک گره گذرگاه، توان شبکه بهینه‌سازی شده به میزان پنج برابر افزایش یافته است.

عبارت‌های کلیدی: الگوریتم جستجوی گرانشی، پوشش انرژی، شبکه حس گر، مهندسی مخابرات.

### ۱. مقدمه

شبکه‌های حس گر بی سیم<sup>۱</sup> یکی از مهمترین ابزار کسب اطلاعات و درک محیط است که امروزه تحقیقات گسترده‌ای بر روی آن انجام می‌شود. پیشرفت‌های اخیر در زمینه الکترونیک و ارتباطات بی سیم باعث شده‌اند که بتوان گره‌های حس گر چندکاره با توان مصرفی پایین و هزینه کم داشت. این گره حس گرهای کوچک طبق نظریه شبکه‌های حس گر بی سیم، دارای تجهیزات حس کردن<sup>۲</sup>، پردازش داده‌ها و مخابره هستند [۱]. تفاوت اصلی شبکه‌های حس گر با سایر شبکه‌های ارتباطی در ماهیت داده محور بودن<sup>۳</sup>، منابع انرژی و پردازش بسیار محدود در آن‌ها است، روند توسعه این شبکه‌ها به حدی است که در آینده نزدیک، این شبکه‌ها نقش مهمی را در زندگی روزمره انسان ایفا خواهند کرد [۲]. شبکه حس گر، شبکه‌ای است متشکل از تعداد زیادی گره کوچک که به صورت خودمختار برای جمع‌آوری اطلاعات محیطی فعالیت می‌کنند. در هر گره، حس‌گری وجود دارد که کاملاً با محیط فیزیکی تعامل دارد. حس‌گرها اطلاعات محیط را گرفته و به مرکز جمع‌آوری داده به نام ایستگاه پایه<sup>۴</sup> یا چاهک<sup>۵</sup> انتقال می‌دهند. هرگره بطور مستقل و بدون دخالت انسان کار می‌کند و نوعاً از لحاظ فیزیکی بسیار کوچک است و دارای محدودیت‌هایی در قدرت پردازش،

<sup>1</sup>Wireless Sensor Network

<sup>2</sup>Sensing Equipment

<sup>3</sup>Data-Centric

<sup>4</sup>Base Station (BS)

<sup>5</sup>Sink

ظرفیت حافظه، انرژی و غیره است. در بسیاری از موارد خاموش شدن یک گره موجب از کار افتادن کل شبکه می شود. شبکه‌ها، از پشته پروتکلی شبکه‌های سنتی پیروی می کنند ولی به دلیل محدودیت‌ها و تفاوت‌های وابسته به کاربرد، همواره باید در پی اصلاح، ابداع و نوآوری این پروتکل‌ها بود [۳]. مسأله محدودیت شدید انرژی یکی از مهمترین مسایل در شبکه‌های حس گر بی سیم است. معمولاً به دلیل موقعیت جغرافیایی این نوع شبکه‌ها در محیط‌های خطرناک و غیرقابل دسترس، امکان شارژ مجدد یا تعویض گره‌های حس گر وجود ندارد [۴]. همچنین از آن جایی که کارایی شبکه‌های حس گر به شدت به طول عمر شبکه و پوشش شبکه‌ای آن وابسته است، بنابراین لحاظ نمودن الگوریتم‌های ذخیره انرژی در طراحی شبکه‌های حس گر با عمر طولانی، امری حیاتی است. یکی از مشکلات اصلی در شبکه‌های حس گر بی سیم، استقرار، پوشش و میزان تحرک گره حس گر است. استقرار گره‌های حس گر را می توان به طور تصادفی در یک منطقه هدف قرار داد. هنگامی که اندازه شبکه ای بزرگ و محل قرارگیری حس گر نامناسب است، تنها انتخاب پخش انرژی با استفاده از هواپیما است. با این حال، زمانی که گره‌های حس گر به طور تصادفی پراکنده می شوند، پیدا کردن بهترین استراتژی استقرار تصادفی است که می تواند پوشش و سربرابر ارتباط را به حداقل برساند [۵]. در اغلب کاربردها، هدف حداکثر کردن پوشش با حداقل تعداد حس گر است [۶]. مسأله پوشش در شبکه‌های حس گر بی سیم در دهه ی گذشته مورد تحقیقات وسیعی بوده است. این مسأله تعدادی زیر مجموعه از قبیل پوشش سطح<sup>۱</sup>، پوشش هدف<sup>۲</sup>، پوشش K\_گانه<sup>۳</sup> دارد که هر کدام نیازمند استراتژی متفاوتی برای حل هستند [۷]. در مسأله پوشش، هدف ضروری آن است که حس گرها به طور پیوسته همه اهداف را در یک زمان نظارت کنند. شارژ یا تعویض باتری حس گرهایی که یکبار به طور تصادفی پخش شده اند به سختی ممکن است. در چنین شرایطی، برای حداکثر کردن طول عمر شبکه باید هر حس گر مصرف انرژی خود را به حداقل برساند [۸]. روش های پیشنهادی گذشته اغلب تک هدفه هستند و میزان حافظه و پیچیدگی محاسباتی بالایی دارند. لذا در این تحقیق سعی شده است تا یک الگوریتم فرابتکاری چند هدفه برای بهینه سازی مسأله پوشش در شبکه های حس گر بی سیم ارائه گردد به گونه ای که چندین هدف از جمله کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه را در نظر بگیرد. به منظور حل مسأله پوشش در شبکه های حس گر بی سیم، در این تحقیق از الگوریتم جستجوی گرانشی بهبود یافته استفاده شده است که با الهام از قانون گرانش در طبیعت و با استفاده از قوانین گرانش نیوتن نوشته شده است [۹]. عامل‌های جستجوکننده، مجموعه ای از اجسام هستند که می‌توانند به صورت سیاره‌های یک منظومه متصور شوند. منطقه بهینه، مثل یک سیاه‌چاله سیاره‌ها را به سمت خود می‌کشد. اطلاعات مربوط به برازندگی هر جسم، در قالب جرم‌های گرانشی و اینرسی ذخیره می‌شوند. تبادل اطلاعات و اثرگذاری اجسام بر روی یکدیگر، تحت نیروی گرانش انجام می‌پذیرد. در ادامه این مقاله، در ابتدا به مرور روش‌های پیشین به منظور بهینه‌سازی شبکه های حس گر بی سیم پرداخته و سپس بهینه سازی مسأله پوشش انرژی با استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی انجام خواهد شد.

## ۲. مروری بر کارهای مرتبط

در سال های اخیر، محققان زیادی در حوزه شبکه های حس گر بی سیم فعالیت کرده و چالش هایی نظیر پوشش، اتصال و طول عمر را مورد بررسی قرار دادند. بسیاری از آنها، چالش های مورد نظر را به صورت تک‌هدفه در نظر گرفته و دیگر چالش ها را نادیده گرفتند. همچنین بسیاری، توجه خود را به همگن<sup>۴</sup> یا ناهمگن<sup>۵</sup> شبکه معطوف کرده اند و چالش ها را به صورت کلی مورد بررسی قرار نداده‌اند. در ادامه برخی از تحقیقات مربوط به موضوع مقاله مرور خواهد شد. پروتکل تنظیمات پوشش<sup>۶</sup> (CCP)، یک پروتکل کنترل

<sup>1</sup>Surface Coverage

<sup>2</sup>Target Coverage

<sup>3</sup>K-Coverage

<sup>4</sup>Homogeneous

<sup>5</sup>Heterogeneous

<sup>6</sup>Coverage Configuration Protocol (CCP)

پوشش است که در مقاله [۱۰] پیشنهاد شده است. در این پروتکل، هر گره اطلاعات مربوط به همسایگان خود را در خود نگه می‌دارد و به صورت تناوبی یک پیام «سلام» را به بقیه گره‌ها می‌فرستد. متأسفانه در حالتی که فقط یک نقطه تلاقی از گره به وسیله همسایه آن پوشش نشده باشد، پروتکل این گره فعال می‌شود که این امر ممکن است باعث فعال شدن گره‌های زیادی شود و در نتیجه مصرف انرژی افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان گفت که این پروتکل، اگر در یک شبکه مقیاس بزرگ مورد استفاده قرار گیرد، در اصطلاح «انرژی آگاه» نخواهد بود. در مقاله [۱۱]، محققان از گره‌های ذخیره برای بهبود مصرف انرژی متعادل استفاده کرده و یک طرح استقرار گره ناهمگن به نام <sup>۱</sup>HNDS را پیشنهاد داده‌اند. در [۱۲] نیز محققان الگوریتم‌های تقریبی<sup>۲</sup> را برای افزایش طول عمر شبکه و کاهش هزینه مسئله پوشش پیشنهاد دادند اما اتصال شبکه مورد بررسی قرار نگرفته است. کنترل چگالی جغرافیایی باز<sup>۳</sup> (OGDC) یکی از معروفترین الگوریتم‌های پوشش است [۱۳]. در این روش، مصرف انرژی می‌تواند با استفاده از کنترل کردن چگالی حس‌گرهای فعال کاهش یابد. در این الگوریتم، جایابی گره‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد اما این جایابی فقط در شبکه‌های مقیاس کوچک مقدور است. در [۱۴]، برای پوشش منطقه در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم از نسخه درجه-متغیر وزن-مینیمم مسئله مجموعه نقاط برتر متصل<sup>۴</sup> (CDS) با نام مجموعه نقاط برتر متصل درجه-متغیر<sup>۵</sup> (DCDS) استفاده شده است و از روشی بر پایه اتوماتای یادگیر<sup>۶</sup> (LA) با نام اتوماتای یادگیر مبتنی بر پوشش انرژی آگاه<sup>۷</sup> (LAEEC) برای یافتن جواب بهینه بهره گرفته شده است. روش پیشنهادی باعث تعادل بار شبکه بر روی گره‌های فعال می‌شود و طول عمر شبکه و پوشش آن را بهبود می‌دهد. در [۱۵]، نویسندگان بیان می‌کنند که تمامی مدل‌های پوشش حس‌گر به عنوان تابعی از مسافت و زاویه هستند و به صورت ریاضی رابطه می‌شوند و بین حس‌گر و نقطه یا از محیط تعریف می‌شوند. ورودی تابع اندازه (میزان) پوشش مسافت و زاویه بوده و خروجی آن که مقدار پوشش نامیده می‌شود، یک عدد حقیقی غیر منفی است. همچنین به معرفی و تحلیل رفتاری پنج مدل پوشش به نام‌های پوشش قطاع بولی، دیسک بولی، دیسک تضعیفی، تضعیف شده تقریبی و تشخیصی پرداخته شده است. نتایج ارائه شده حاکی از آن است که مدل‌های تضعیف شده تقریبی و تشخیصی به نسبت سایر مدل‌ها از درصد خطای کمتر و موفقیت بیشتر در درصد تحقق اهداف مدنظر برخوردارند. موضوع پوشش هدف در شبکه‌های حس‌گر جهتدار در چندین مطالعه انجام شده، بحث شده است که هدف آن، افزایش طول عمر شبکه به وسیله پیدا کردن مجموعه پوشش بوده است [۱۶]. ای‌آی و ابوزید در سال ۲۰۰۶ پیشگامانی بودند که روی مسئله پوشش هدف در شبکه‌های حس‌گر جهتدار مطالعه کرده‌اند. آنها مدلی دارند که مسئله بیشترین پوشش با کمترین حس‌گرها را برای تعداد اهداف پوشش داده شده با کمترین تعداد حس‌گرهای فعال، حداکثر می‌کند. حس‌گرهای درون مجموعه‌های پوشش ساخته شده نباید همپوشانی داشته باشند [۱۷].

در سال ۲۰۱۱، یانگ و همکاران فرض نمودند که هر هدف مطابق نقش، نیازمند پوشش مخصوصی است که در کاربرد آن مفید است و فاصله بین هدف و حس‌گر کیفیت پوشش را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آنها از یک مدل حسی جهتدار استفاده کردند که فقط یک جهت از حس‌گر می‌تواند در یک زمان کار کند. به علاوه، آنها برای پیدا کردن یک الگوریتم زمانبندی حریم‌بندی که دربرگیرنده ترتیبی از مجموعه‌های پوشش عملی که می‌تواند طول عمر شبکه را طولانی‌تر کند کوشش بسیار کردند. اگرچه الگوریتم‌های حریم‌بندی قادر به حل مساله هستند، کارایی این الگوریتم‌ها بسیار به تراکم اولین نامزدها برای راه حل بهینه بستگی دارد. بنابراین الگوریتم‌های حریم‌بندی می‌توانند در کمترین محل به دلیل جستجوی ابتکاری، نتیجه دهند [۱۸]. کای و همکاران مساله مجموعه‌های پوشش جهتدار چندتایی را معرفی کرده‌اند. آنها چندین الگوریتم پیشنهادی برای حل مساله از طریق پیدا کردن زیرمجموعه‌های

<sup>1</sup>Heterogeneous Node Deployment Scheme (HNDS)

<sup>2</sup>Approximation Algorithms

<sup>3</sup>Open Geographic Density Control (OGDC)

<sup>4</sup>Connected Dominating Set (CDS)

<sup>5</sup>Degree-constrained Connected Dominating Set (DCDS)

<sup>6</sup>Learning Automata (LA)

<sup>7</sup>Learning Automata based Energy-Efficient Coverage (LAEEC)

گسسته حس گرها، دارند. از آنجایی که آنها از برنامه ریزی خطی استفاده می کنند، الگوریتم هایشان از پیچیدگی بالا و زمان اجرای طولانی رنج می برند. به علاوه، الگوریتم هایشان با برخوردهای زیادی در میان جهت ها، مواجه می شوند. مضافاً آنها برای حل مسئله، الگوریتم حریشانهای پیشنهاد داده اند [۱۹]. جیل و هان در سال ۲۰۱۱ دو الگوریتم پیشنهادی برای حل مساله پوشش هدف دارند، یکی روش الگوریتم حریشان و دیگری الگوریتم ژنتیک. اولی (الگوریتم حریشان) می تواند راه حلی پیدا کند که در مقایسه با دیگر الگوریتم های ابتکاری سریعتر است، اما ممکن است برای پیدا کردن راه حلی بهینه به دلیل جستجوی محلی به شکست منجر شود. دومی (الگوریتم ژنتیک) به یک کران بالاتر روی تعدادی از پوشش ها نیاز دارد درحالی که نمیتواند به آسانی به دست آید [۲۰].

### ۳. روش پیشنهادی

الگوریتم جستجوی گرانشی در سال ۲۰۰۹ توسط راشدی<sup>۱</sup> بر طبق قانون نیوتن ابداع شد [۹]. هر جسمی جسم دیگر را به سمت خود جذب می کند و مقدار نیروی جاذبه بین دو جسم با جرم های  $M_1$  و  $M_2$  و فاصله،  $R$  حاصل ضرب جرم آن دو جسم و عکس توان دوم فاصله بین آنها متناسب است. با محاسبه  $G$  که ثابت گرانش نامیده می شود، رابطه (۱) را برای میزان نیروی جاذبه بین دو جسم ارائه شده است:

$$F = G \frac{M_1 \times M_2}{R^2} \quad (1)$$

این رابطه نشان می دهد که هر جسم به واسطه نیروی جاذبه، محل و جرم سایر اجسام را درک می کند و هر جسم به نسبت میزان جرمش و فاصله ای که با دیگر اجسام دارد، روی سایر اجسام تأثیر می گذارد و به آنها نیرو وارد می کند. طبق قانون اول نیوتن، هر جسم حالت سکون یا حرکت یکنواخت خود را بر روی خط راست حفظ می کند مگر اینکه تحت تأثیر نیرو یا نیروهایی مجبور به تغییر آن حالت شود. طبق قانون دوم نیوتن، وقتی به جسمی نیرویی وارد می شود شتابی می گیرد که به نیرو و جرم جسم بستگی دارد. هر چه نیرو بزرگتر باشد شتاب نیز بزرگتر است و هر چه جرم جسم بیشتر باشد شتاب آن کوچکتر است. نیوتن، رابطه بین شتاب، نیرو و جرم را طبق رابطه (۲) به دست آورد. در این رابطه شتاب با  $a$  نیرو با  $F$  و جرم با  $M$  نشان داده شده است.

$$a = \frac{F}{M} \quad (2)$$

روابط (۱) و (۲) بیان می کند که هر جسم، جسم دیگر را به سمت خود دعوت می کند؛ اما تأثیر جسم بزرگتر و نزدیکتر بیشتر است. با در نظر گرفتن قانون جاذبه و قوانین حرکت، میزان و جهت حرکت هر جسم، تابع رابطه ای بین تأثیر نیروی ثقل وارد بر آن و سرعت فعلی جسم است. در یک سیستم با دو جسم  $a_1$  و  $a_2$ ، از جانب جسم ۲ نیروی گرانشی به مقدار  $F_{12}$  بر جسم  $a_1$  وارد می شود که مطابق رابطه (۳) محاسبه می شود. جسم  $a_1$  تحت تأثیر نیروی جاذبه جسم  $a_2$  شتابی برابر  $a_1$  می گیرد که با رابطه (۴) محاسبه می شود. در این روابط  $M_{p1}$  و  $M_{i1}$  به ترتیب جرم گرانشی غیرفعال و جرم اینرسی جسم اول و  $M_{a2}$  جرم گرانشی فعال جسم دوم می باشند.  $R$  بیانگر فاصله دو جسم می باشد. ضریب  $G$  نیز ثابت گرانش نیوتن است.

$$F_{12} = G \frac{M_{a2} M_{p1}}{R^2} \quad (3)$$

$$a_1 = \frac{F_{12}}{M_{i1}} \quad (4)$$

در یک سیستم با چند جسم، به هر جسم، از جانب سایر اجسام نیروی گرانشی وارد می شود. در نتیجه جسم فوق به سمت برآیند این نیروها که در شکل (۱) با  $F_r$  نشان داده می شود، شتاب می گیرد. بهینه یابی به کمک طرح قوانین گرانشی و حرکت در یک سیستم

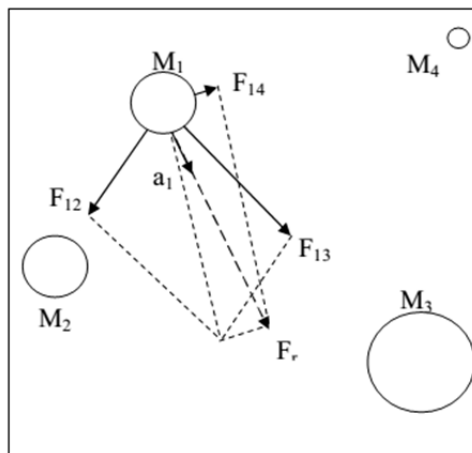
<sup>1</sup>Rashedi

مصنوعی با زمان گسسته انجام می‌شود. محیط سیستم، همان محدوده تعریف مسئله است. طبق قانون گرانش، هر جرم محل و وضعیت سایر اجرام را از طریق قانون جاذبه گرانشی درک می‌کند. هر جرم در سیستم مصنوعی تمام اجرام دیگر را به سمت خود جذب می‌کند. مقدار این نیرو متناسب است با حاصلضرب جرم گرانشی فعال آن جرم و جرم گرانشی غیرفعال جرم دوم و عکس فاصله آن دو جرم. سرعت فعلی هر جرم برابر است با مجموع ضربی از سرعت قبلی جرم و تغییر سرعت آن، تغییر سرعت یا شتاب هر جرم نیز برابر است با نیروی وارد بر آن تقسیم بر جرم اینرسی. حال سیستم را به صورت مجموعه‌ای از  $N$  جرم تصور کنید. موقعیت هر جرم، نقطه‌ای از فضا است که جوابی از مسئله می‌باشد. موقعیت بعد  $d$  از جرم  $i$  با  $x_i^d$  در رابطه (5) نشان داده شده است.

$$X_i = (x_i^1, \dots, x_i^d, \dots, x_i^n) \quad (5)$$

که در آن  $n$  بعد مسئله است. در لحظه شروع، عامل‌ها به صورت تصادفی موقعیت‌یابی می‌شوند. در این سیستم بدون از دست دادن جامعیت الگوریتم در حل مسئله، فرض شده است که فضای جستجو در تمام ابعاد دارای گسترده‌گی یکسانی است. در صورتی که شرط فوق برقرار نباشد، با مقیاس کردن شرط فوق برقرار می‌شود. در این سیستم، در زمان  $t$  به جرم  $i$  از سوی جرم  $j$  در جهت بعد  $d$  نیرویی به اندازه  $F_{ij}^d(t)$  وارد می‌شود. مقدار این نیرو طبق رابطه (3-6) محاسبه می‌شود. در این رابطه،  $M_{aj}$  جرم گرانشی فعال جرم  $M_{pi}$  جرم گرانش غیرفعال جرم  $i$ ،  $G(t)$  ثابت گرانش در زمان  $t$  و  $R_{ij}$  فاصله بین دو جرم  $i$  و  $j$  است. برای تعیین فاصله بین اجرام از فاصله اقلیدسی استفاده شده است.

$$F_{ij}^d(t) = G(t) \frac{M_{pi}(t) \times M_{aj}(t)}{R_{ij}(t) + \varepsilon} (x_j^d(t) - x_i^d(t)) \quad (6)$$



شکل ۱: تأثیر نیروی گرانشی بر روی اجسام

نیروی وارد بر جرم  $i$  در جهت بعد  $d$  در زمان  $t$  طبق رابطه (7) برابر است با مجموع تمام نیروهایی که سایر اجرام سیستم بر این جرم وارد می‌کنند. در این رابطه  $rand_j$  یک عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه 0 تا 1 است که برای حفظ خصوصیت تصادفی بودن جستجو در نظر گرفته شده است.

$$F_i^d(t) = \sum_{j=1, j \neq i}^N rand_j F_{ij}^d(t) \quad (7)$$

طبق قانون دوم نیوتن، هر جرم در جهت بعد  $d$  شتابی می‌گیرد که متناسب است با نیروی وارد بر آن جرم در آن بعد، بخش بر جرم اینرسی آنکه در رابطه (8) بیان شده است.

$$a_i^d(t) = \frac{F_i^d(t)}{M_{ii}(t)} \quad (8)$$

در این رابطه، شتاب عامل  $a_i^d(t)$  در جهت بعد  $d$  در زمان  $t$  با  $a_i^d(t)$  و جرم اینرسی عامل  $M_{ii}$  نشان داده شده است. با ترکیب روابط بالا رابطه (۳-۹) به شکل زیر بازنویسی می‌شود.

$$a_i^d(t) = G(t) \sum_{j=1, j \neq i}^N \left[ rand_j \frac{M_j(t)}{R_{ij}(t) + \varepsilon} (x_j^d(t) - x_i^d(t)) \right] \quad (9)$$

از طرف دیگر، سرعت هر عامل در زمان بعد، برابر است با مجموع ضریبی از سرعت فعلی عامل و شتاب عامل که طبق رابطه (۱۰) تعریف می‌شود. موقعیت جدید عامل  $d$  طی رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود.

$$v_i^d(t+1) = rand_i \times v_i^d(t) + a_i^d(t) \quad (10)$$

$$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + v_i^d(t) \quad (11)$$

که در این روابط  $v_i^d(t)$  سرعت بعد  $d$  عامل  $i$  در زمان  $t$  و  $rand_i$  یک عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه ۰ تا ۱ است که برای حفظ خصوصیت تصادفی بودن جستجو استفاده شده است. ثابت گرانش، یک پارامتر مناسب برای کنترل توانایی‌های جستجو در این الگوریتم بشمار می‌آید. مقادیر بزرگ برای این پارامتر باعث تقویت توانایی کاوش الگوریتم و مقادیر کوچک آن باعث افزایش توانایی بهره‌وری الگوریتم می‌شود. تنظیم جرم عامل‌ها بر مبنای تابع هدف آن‌ها انجام می‌شود به گونه‌ای که به عامل‌های با شایستگی بیشتر، جرم بیشتری نسبت داده می‌شود و این امر با استفاده از رابطه (۱۲) میسر می‌شود. در نهایت اندازه جرم عامل‌ها طبق رابطه (۱۳) نرمالیزه می‌شود.

$$m_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{best(t) - worst(t)} \quad (12)$$

$$M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{j=1}^N m_j(t)} \quad (13)$$

در این روابط،  $fit_i(t)$  بیانگر میزان برازندگی و جرم عامل  $i$  در زمان  $t$  است.  $best(t)$  و  $worst(t)$  به ترتیب بیانگر میزان شایستگی قویترین و ضعیف‌ترین عامل جمعیت در زمان  $t$  هستند. در ابتدای تشکیل سیستم، عمل به صورت تصادفی در یک نقطه از فضا قرار می‌گیرد که جوابی از مسئله است. در هر لحظه از زمان، عامل‌ها ارزیابی شده، تغییر مکان هر جرم پس از محاسبه روابط (۱۰) تا (۱۱) محاسبه شده، در زمان بعد جرم در آن موقعیت قرار می‌گیرد. پارامترهای سیستم شامل جرم گرانشی، جرم اینرسی و ثابت گرانش نیوتن می‌باشند که در هر مرحله طبق روابط (۱۲) و (۱۳) بروز رسانی می‌شوند. شرط توقف می‌تواند پس از طی مدت زمان مشخصی یا تعداد تکرارهای مشخص تعیین شود. فرض می‌کنیم که تمامی گره‌های حس گر بی سیم (که به طور خلاصه گره حس گر یا گره نیز نام دارند) و گره سینک<sup>۱</sup> بعد از موضع گیری، مکان ثابت خواهند داشت. گره‌ها همگن<sup>۲</sup> و با ظرفیت ارتباطاتی، محدوده حس گری و ظرفیت پردازش داده یکسان فرض می‌شوند. به علاوه مکان هر گره حس گر از قبل مشخص و سینک از مکان تمامی گره‌ها مطلع است. محیط حس گری برای یک گره، دیسک شکل و با شعاع مشخص ( $r_s$ ) فرض می‌شود. اما در واقع می‌تواند به محیط‌های با شکل غیر عادی اعمال شود به شرطی که مدل‌های پوشش حس گری مشخص باشند. رویکرد پیشنهادی مسئله پوشش نقطه‌ای را در یک محیط معین مد نظر می‌گیرد. نقاط مورد علاقه<sup>۳</sup> (POI) مکانی است که در آن واقعه<sup>۴</sup> اتفاق می‌افتد. فرض می‌کنیم که سیگنال واقعه همیشه در تمامی POI‌ها تولید می‌شود. همانگونه که در شکل (۲) نشان داده شده است، هر POI توسط تعدادی

<sup>1</sup>Sink

<sup>2</sup> Homogenous

<sup>3</sup> Points of Interest

<sup>4</sup> Event

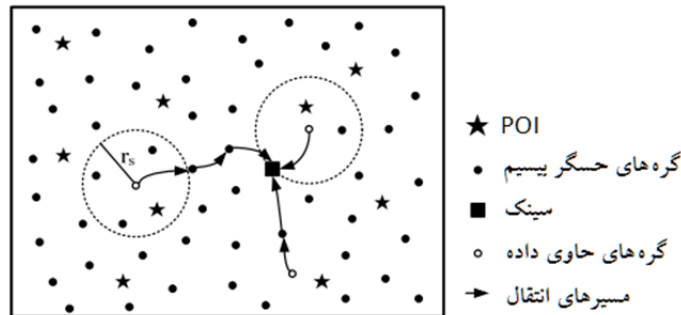
گره حس گر محاصره شده است. اگر POI در محدوده حس گری  $r_s$  یک گره حس گر معین قرار داشته باشد، گره حس گر سیگنال واقعه را شناسایی می‌کند و داده اندازه گیری شده را به صورت چند-گامی<sup>۱</sup> به سینک می‌فرستد. محیط مقصد  $R$  یک صفحه دو-بعدی  $L_x \times L_y$  مترمربع است. یک مجموعه گره حس گر در  $R$  به صورت  $C = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_N\}$  تعریف می‌شود که در آن  $c_i = \{x_i, y_i, r_s\}, i \in [1, N]$  و تعداد کل گره های حس گر است. مختصات و شعاع حس گری یک گره حس گر به ترتیب  $\{x_i, y_i\}$  و  $r_s$  است. یک مجموعه POI توزیع شده در منطقه  $R$  به صورت  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_M\}$  تعریف می‌شود که در آن  $p_j$  در مکان  $\{x_j, y_j\}, j \in [1, M]$  قرار دارد و  $M$  تعداد POI ها است. به علاوه متغیر باینری  $\mathfrak{R}_{i,j}$  مشخص می‌کند که آیا  $c_i$  قادر به پوشش  $p_j$  است یا نه.  $\mathfrak{R}_{i,j}$  بدین صورت تعریف می‌شود:

$$\mathfrak{R}_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 < r_s^2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

اگر فاصله بین  $p_j$  و  $c_i$  کمتر از  $r_s$  باشد، آنگاه  $p_j$  توسط  $c_i$  پوشش شده است. از اینرو، سیگنال واقعه تولید شده در POI می‌تواند شناسایی شود. هرچند  $p_j$  می‌تواند همزمان توسط  $v$  گره حس گر پوشش شود. برای یک  $p_j$  مشخص، اگر توسط دو یا بیشتر گره حس گر پوشش داده شود، اجتماع  $\mathfrak{R}_{1,j}, \mathfrak{R}_{2,j}, \dots, \mathfrak{R}_{v,j}$  برای  $p_j$  توسط عملگر بولین<sup>۲</sup> محاسبه می‌شود:

$$\mathfrak{R}_{1,j} \vee \mathfrak{R}_{2,j} \dots \mathfrak{R}_{v,j} = 1 - \bar{\mathfrak{R}}_{1,j} \wedge \bar{\mathfrak{R}}_{2,j} \dots \wedge \bar{\mathfrak{R}}_{v,j} \quad (15)$$

که در آن  $\mathfrak{R}_{i,j}$  معکوس بولینی  $\bar{\mathfrak{R}}_{i,j}$  است. عملگر  $\vee$  اجتماع بولینی و عملگر  $\wedge$  اشتراک بولینی است.



شکل ۲: گزارش وقایعی که با ستاره نشان داده شده اند به گره سینک توسط گره های همسایه

با توجه به تحقیق انجام شده در [۲۱]، شبکه حس گر بی سیم خوشه ای (CWSN) باید به گونه ای بهینه شود که اتلاف انرژی در تمام شبکه به صورت مساوی پخش شود و طول عمر شبکه افزایش پیدا کند. مدل مصرف انرژی در شکل (۳) نشان داده شده است. از این رو که انرژی مصرف شده در انتقال رادیویی اغلب بیشتر از عملیات کلی حس گر و دسترسی به حافظه است، تنها انرژی مصرف شده در انتقال رادیویی را در نظر می‌گیریم و از سایر عملیات مصرف انرژی چشم پوشی می‌کنیم. در شکل (۳)،  $E_{elec}$  نمایانگر انرژی تلف شده در مدار ارسال یا مدار دریافت به ازای هر بیت است (با واحد نانو ژول)،  $E_{amp}$  نشانگر انرژی مصرف شده توسط تقویت کننده توان<sup>۳</sup> به ازای هر بیت و  $\beta$  توان مسیر است. در نتیجه، زمانی که یک بسته  $H$  بیتی به گیرنده ارسال می‌شود، کل انرژی مصرف شده بدین صورت محاسبه می‌شود:

<sup>1</sup>Multi-hop

<sup>2</sup>Boolean

<sup>3</sup>Power amplifier

$$E_{Tx}(d, H) = E_{elec} \times H + E_{amp} \times H \times d^\beta$$

$$E_{Rx}(d, H) = E_{elec} \times H \quad (16)$$

که در آن  $E_{Tx}$  و  $E_{Rx}$  به ترتیب کل انرژی مصرف شده برای ارسال و دریافت یک بسته  $H$  بی‌تی است. از آن جا که تمامی گره های حس گر همگن فرض می شوند، انرژی اولیه آن ها یکسان است. اما، سینک انرژی بالا، شامل این مدل مصرف انرژی ناست و انرژی آن از منابع انرژی با عرضه بالا گرفته می شود. SCP، از مسائل NP-کامل است که بار اول در [۲۲] تعریف شده است. این مفهوم را به بهینه سازی برنامه ریزی گره ها اعمال می کنیم. در این تحقیق، SCP شامل مسئله مدیریت پوشش به همراه بهره وری انرژی است. SCP مسئله یافتن مجموعه از گره ها با هزینه حداقل به گونه ای که هر POI توسط حداقل یک گره پوشش داده شده باشد. از این رو SCP را می توان به صورت ریاضی به صورت زیر تعریف کرد:

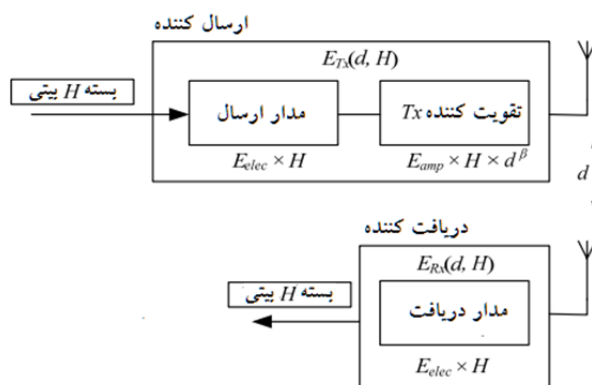
$$\min \sum_i g_i \cdot x_i \quad i \in [1, N] \quad (17)$$

با شرط:

$$\sum_i \mathcal{R}_{i,j} \cdot x_i \geq 1, \quad j \in [1, M] \quad (18)$$

$$x_i \in (0,1), \quad i \in [1, N]$$

در رابطه بالا،  $g_i$  هزینه فعال سازی هر گره و  $x_i$  برابر با ۱ نشانگر فعال بودن و  $x_i$  برابر با ۰ نشانگر غیرفعال بودن است. محدودیت رابطه (۱۸) پوشش هر  $p_j$  توسط حداقل یک گره را قید می کند. زمانی که شبکه فعال می شود، استفاده از مدل بهینه سازی شرح داده شده



شکل ۳. مدل مصرف انرژی استفاده شده

در روابط (۱۷) و (۱۸) حیاتی است زیرا این مدل، مصرف انرژی در شبکه را بهینه می کند. در الگوریتم جستجوی گرانشی، هر ذره نمایانگر یک جواب با یک مقدار برازندگی<sup>۱</sup> متناظر است که از تابع برازندگی مشتق می شود. از تابع برازندگی یا تابع هدف برای یافتن کیفیت یک جواب استفاده می شود. پس از به کارگیری الگوریتم، یک جمعیت جدید با اعضای بهتر تولید می شود. همچنین پروسه زمانی که به شرط توقف برسد متوقف می شود. کدگذاری بهتر ذرات می تواند عملکرد الگوریتم را بهبود دهد. برای بهینه سازی پوشش انرژی-آگاه، نیاز است که برنامه ریزی گره ها کدگذاری شوند. در این تحقیق یک برنامه ریزی بهینه گره ها برای فعال سازی و غیرفعال سازی گره های حس گر بی سیم در یک زمان خاص به گونه ای که طول عمر شبکه را افزایش دهد، استفاده می شود. برای برنامه ریزی، جواب ها به صورت رشته های باینری نمایش داده می شوند. به طور مثال، ۰ نشان دهنده غیرفعال بودن گره

<sup>۱</sup>Fitness





$$\omega(k) = (\ell_{k,1} \cdot \pi_1) \vee (\ell_{k,2} \cdot \pi_2) \vee \dots \vee (\ell_{k,N} \cdot \pi_N) \quad (20)$$

پروسه بررسی پوشش به عملگرهای باینری ساده سازی شده اند. نسبت پوشش برای هر ذره  $k$  عبارت است از:

$$\varepsilon^k = \frac{\|\omega(k)\|^2}{M} \quad (21)$$

که در آن  $\|\omega(k)\|^2$  نشانگر تعداد گره های فعال است. نسبت سودمندی<sup>۱</sup> گره ها،  $\aleph_t^k$ ، برای ذره  $k$  بدین صورت محاسبه می شود:

$$\aleph_t^k = \frac{\sum_{g=1}^N \ell_{k,g}}{N} \quad (22)$$

که در آن  $\sum_{g=1}^N \ell_{k,g}$  نمایانگر تعداد گره های انتخاب شده برای فعال سازی است. کیفیت ذره  $k$  را  $f_c^k$  تعریف می کند:

$$f_c^k = \alpha_1 \cdot (\varepsilon^k)^{\lambda_1} - \alpha_2 \cdot (\aleph_t^k)^{\lambda_2} \quad (23)$$

با جایگذاری  $\varepsilon^k$  و  $\aleph_t^k$  در رابطه های (۲۳) و (۲۴) در معادله بالا،  $f_c^k$  می شود:

$$f_c^k = \alpha_1 \cdot \left( \frac{\|\omega(k)\|^2}{M} \right)^{\lambda_1} - \alpha_2 \cdot \left( \frac{\sum_{g=1}^N \ell_{k,g}}{N} \right)^{\lambda_2} \quad (24)$$

که در آن  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  ثابت های وزن دهی و  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  فاکتورهای توان می باشند.

#### ۴. ارزیابی نتایج

در این تحقیق از ۴ پارامتر برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی استفاده شده است:

۱- منطقه پوشش: منطقه پوشش یا حس گری شامل نواحی می شود که هر گره می تواند پوشش دهد.

۲- طول عمر شبکه: طول عمر شبکه شامل بازه زمانی از شروع کار اولین گره تا زمانی که آخرین گره می میرد است.

۳- توان شبکه: تعداد بسته های دریافتی توسط ایستگاه پایه با تعداد بسته های ارسالی توسط گره ها مقایسه می شود.

۴- انرژی باقی مانده: انرژی باقی مانده در باتری گره های حس گر برای تحلیل انرژی مصرفی در هر روش استفاده می شود.

در این سناریو، پایگاه در مرکز شبکه حس گر بی سیم قرار داده می شود. هر سر خوشه داده های مترکم را بطور مستقیم و بدون استفاده از یک گره کمکی به پایگاه می فرستد. پیکربندی این سناریو در جدول (۱) نشان داده شده است. نتایج حاصل از این سناریو عبارت است از:

۱- منطقه پوشش: در شکل (۶) سمت چپ، گره های حس گر به صورت تصادفی در شبکه بخش شده اند و منطقه تحت پوشش آنها نیز به وسیله دایره ها نشان داده شده است. در سمت راست الگوریتم جستجوی گرانشی بر روی این شبکه اعمال شده است و همانطور که مشخص است منطقه پوشش و تعداد گره های فعال بهینه سازی شده است. این تعداد اندک از گره های حس گر منجر به کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر می انجامد.

۲- طول عمر شبکه<sup>۲</sup>: در شکل (۷) طول عمر شبکه برای روش پیشنهادی و روش LEACH نشان داده شده است. گره های حس گر بعد از مصرف نیم ژول از کار خواهند افتاد. همانطور که در این شکل قابل مشاهده است روش پیشنهادی طول عمر شبکه را

<sup>1</sup>Utility ratio

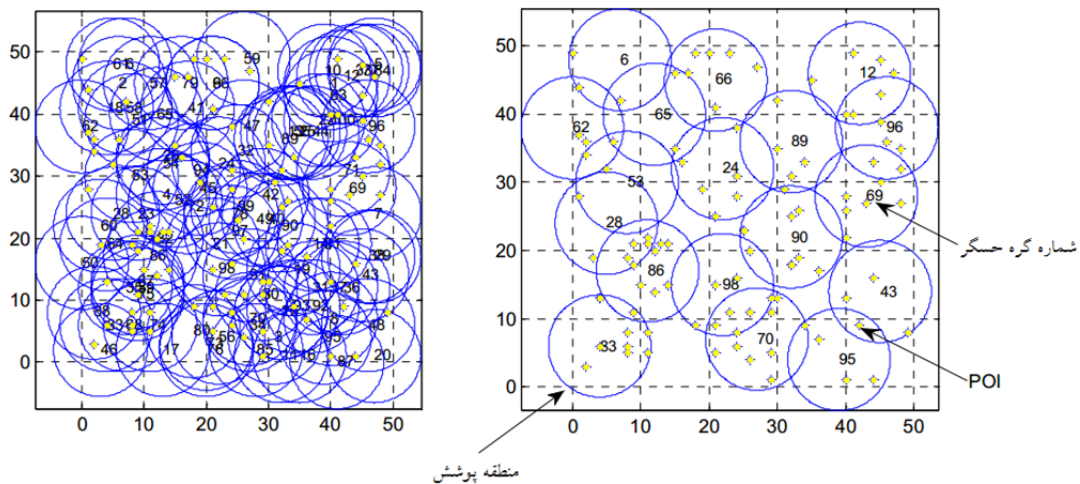
<sup>2</sup>Network Lifetime

قطعه‌بندی تصاویر با استفاده از روش خوشه‌بندی طیفی مبتنی بر سوپرپیکسل

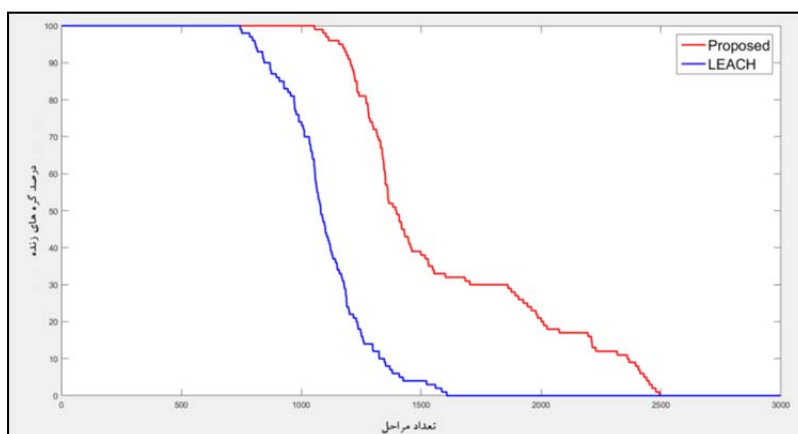
افزایش داده است. این به علت آن است که روش پیشنهادی مصرف انرژی را به صورت متوازن بین گره‌های شبکه تقسیم کرده است. ناحیه شبکه بی سیم به نواحی مختلف تقسیم شده است که دو زیر ناحیه آن خوشه بندی شده است. از طرف دیگر در الگوریتم LEACH شبکه خیلی زودتر از کار افتاده است که می تواند به این علت باشد که سرخوشه ها در یک منطقه نزدیک به هم انتخاب شده باشند. همانطور که مشاهده می شود، در حدود ۱۰۰۰ مرحله تفاوت بین روش پیشنهادی تا روش LEACH برای طول عمر شبکه است.

جدول ۱: تنظیمات سناریو ۱

| مقدار    | پارامتر             |
|----------|---------------------|
| ۱۰۰*۱۰۰  | اندازه شبکه         |
| (۵۰،۱۲۰) | مکان ایستگاه اصلی   |
| ۱۰۰      | تعداد گره های حس گر |
| (۵۰،۵۰)  | مکان گذرگاه         |
| ۵۰۰ بایت | اندازه بسته داده    |
| ۰.۵ ژول  | انرژی اولیه         |
| ۱۰       | $\epsilon_{fs}$     |
| ۰.۰۰۱۰   | $\epsilon_{amp}$    |
| ۵۰       | $E_{Elect}$         |



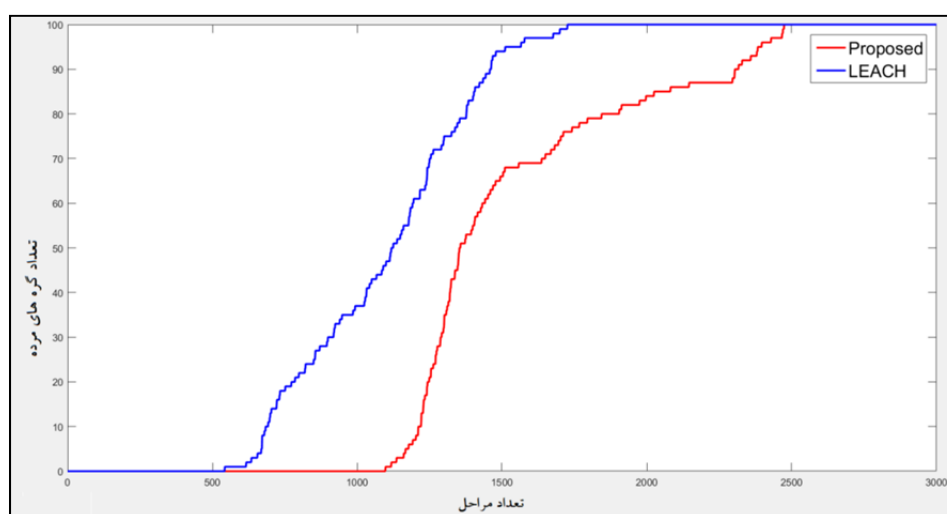
شکل ۶. نمایش پوشش در شبکه حس گر بی سیم در دو حالت تصادفی (سمت چپ) و بعد از اعمال روش پیشنهادی (سمت راست).



شکل ۷: نتایج طول عمر شبکه.

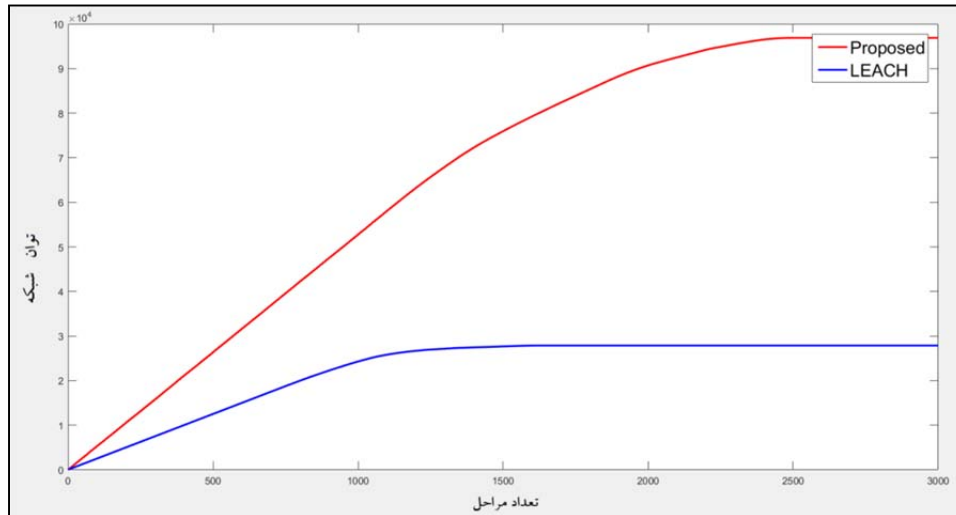
۳- تعداد گره های مرده: در شکل (۸) تعداد گره های مرده هر دو روش نشان داده شده است. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، تمامی گره های شبکه در روش LEACH بعد از ۱۵۰۰ مرحله کاملاً انرژی خود را از دست داده اند ولی در روش پیشنهادی بعد از ۲۵۰۰ مرحله این گره ها از دور خارج شده اند که این خود دلیل دیگری برای بهبود طول عمر شبکه در روش پیشنهادی است.

۴- توان شبکه<sup>۱</sup>: توان شبکه با استفاده از دو معیار قابل محاسبه است: ۱- میانگین بسته های ارسالی به ایستگاه پایه (BS) که در شکل (۹) نشان داده شده است. ۲- میانگین بسته های دریافتی در کل شبکه که در شکل (۱۰) نشان داده شده است. میانگین بسته های ارسالی به BS از طریق انجام آزمایش های زیاد قابل محاسبه است. نتایج آزمایش توان شبکه برای روش پیشنهادی نشان می دهند که روش پیشنهادی باعث افزایش توان شبکه شده است. این نتایج در شکل (۹) نشان داده شده است. برای محاسبه توان در این تحقیق، ما فرض کرده ایم که سرخوشه ها می توانند با گره گذرگاه ارتباط داشته باشند. وجود این گره گذرگاه که یکی از نوآوری های این تحقیق است باعث افزایش ۵ برابری توان شبکه روش پیشنهادی نسبت به روش LEACH است.



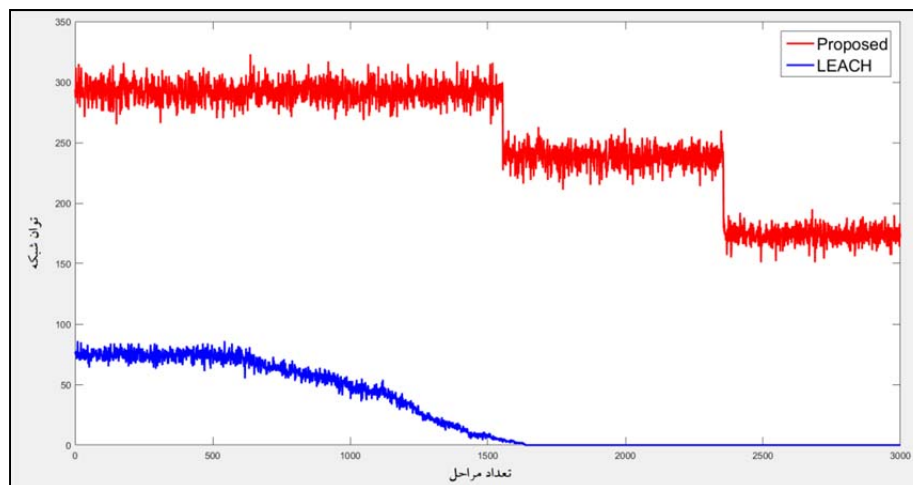
شکل ۸: نتایج تعداد گره های مرده.

<sup>۱</sup> Throughput



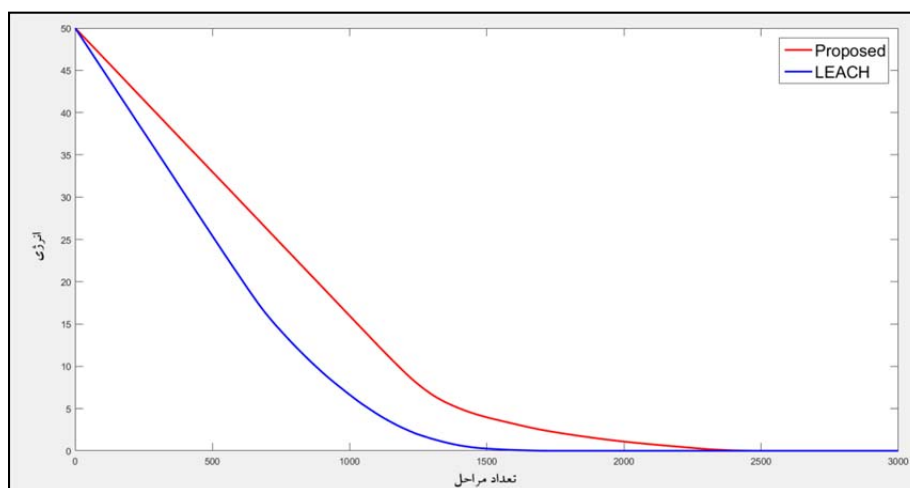
شکل ۹: نتایج توان شبکه (بسته های ارسالی به BS).

۵- انرژی باقی مانده<sup>۱</sup>: شکل (۱۱) میانگین انرژی باقی مانده در هر مرحله را برای هر دو روش نشان می دهد. در این تحقیق فرض شد که هر گره ۰.۵ ژول انرژی دارد. کلیه انرژی شبکه با اندازه ۱۰۰ گره برابر ۵۰ ژول است. همانطور که مشاهده می شود روش پیشنهادی مصرف انرژی کمتری را نسبت به LEACH دارد. این شکل کاملاً عملکرد روش پیشنهادی را در مصرف انرژی نشان می دهد که خیلی بهتر از روش مشهور LEACH است. قرار دادن گذرگاه در مرکز شبکه و افزایش احتمال انتخاب شدن سرخوشه در هر منطقه باعث کاهش مصرف انرژی در روش پیشنهادی شده است.



شکل ۱۰: نتایج توان شبکه (بسته های دریافتی شبکه).

<sup>۱</sup>Residual Energy



شکل ۱۱: نتایج انرژی باقی مانده گره های شبکه.

#### ۵. نتیجه گیری

امروزه شبکه های حس گر در شاخه های مختلف علم، کاربردهای زیادی پیدا کرده است. یک شبکه حس گر از تعداد زیادی حس گر کوچک تشکیل شده است. این حس گرها با کمک یکدیگر اطلاعاتی را در مورد میدان حسی قرار گرفته در آن به کاربران می دهند. یکی از مسائل مهم در این شبکه ها، مسئله پوشش است. هدف این نوع پوشش نظارت حس گرهای گوناگون بر تمام نقاط میدان حسی است. با توجه به محدود بودن انرژی حس گرها، مسئله مهم دیگر که در شبکه های حس گر مورد بررسی قرار می گیرد ذخیره انرژی می باشد که باعث افزایش طول عمر شبکه نیز خواهد شد. در این تحقیق، مسئله بهبود مصرف انرژی در شبکه های حس گر با پوشش شبکه های حس گر بی سیم مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و الگوریتم بهینه ای برای افزایش کارایی انرژی حس گرها بر اساس الگوریتم جستجوی گرانشی پیشنهاد شده است. نتایج این تحقیق نشان می دهند که الگوریتم پیشنهادی توانسته است منطقه پوشش، مصرف انرژی و طول عمر شبکه را بهینه سازی کند.

#### ۶- مراجع

1. Akyildiz, I.F., et al., 2002, *Wireless sensor networks: a survey*. Computer networks. 38(4): p. 393-422.
2. Yang, K., 2014, *Wireless sensor networks*. Principles, Design and Applications.
3. Arampatzis, T., J. Lygeros, and S. Manesis. 2005, *A survey of applications of wireless sensors and wireless sensor networks*. in *Intelligent Control, 2005. Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on, Mediterrean Conference on Control and Automation*. IEEE.
4. Karaboga, D., S. Okdem, and C. Ozturk, 2012, *Cluster based wireless sensor network routing using artificial bee colony algorithm*. Wireless Networks. 18(7): p. 847-860.
5. Cardei, M. and J. Wu, 2006, *Energy-efficient coverage problems in wireless ad-hoc sensor networks*. Computer communications. 29 (1): p. 413-420.
6. Li, M., Z. Li, and A.V. Vasilakos, 2013, *A survey on topology control in wireless sensor networks: Taxonomy, comparative study, and open issues*. Proceedings of the IEEE.

101(12): p. 2538-2557.

7. Jameii, S.M., K. Faez, and M. Dehghan, 2015, *Multiobjective optimization for topology and coverage control in wireless sensor networks*. International Journal of Distributed Sensor Networks.
8. Wang, X., et al., 2013, *Coverage and energy consumption control in mobile heterogeneous wireless sensor networks*. IEEE Transactions on Automatic Control. 58(4): p. 975-988.
9. Rashedi, E., H. Nezamabadi-Pour, and S. Saryazdi, 2009, *GSA: a gravitational search algorithm*. Information sciences. 179(13): p. 2232-2248.
10. Wang, X., et al. 2003, *Integrated coverage and connectivity configuration in wireless sensor networks*. in *Proceedings of the 1st international conference on Embedded networked sensor systems*. ACM.
11. Halder, S. and S.D. Bit, 2014, *Enhancement of wireless sensor network lifetime by deploying heterogeneous nodes*. Journal of Network and Computer Applications. 38: p. 106-124.
12. Wan, P.-J., X. Xu, and Z. Wang. 2011, *Wireless coverage with disparate ranges*. in *Proceedings of the Twelfth ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*. ACM.
13. Zhang, H. and J.C. Hou, 2005, *Maintaining sensing coverage and connectivity in large sensor networks*. Ad Hoc & Sensor Wireless Networks. 1(1-2): p. 89-124.
14. Torkestani, J.A., 2013, *An adaptive energy-efficient area coverage algorithm for wireless sensor networks*. Ad hoc networks. 11(6): p. 1655-1666.
15. Tian, D. and N.D. Georganas. 2002, *A coverage-preserving node scheduling scheme for large wireless sensor networks*. in *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications*. ACM.
16. Kim, Y.-h., et al., 2013, *Lifetime maximization considering target coverage and connectivity in directional image/video sensor networks*. The Journal of Supercomputing: p. 1-18.
17. Ai, J. and A.A. Abouzeid, 2006, *Coverage by directional sensors in randomly deployed wireless sensor networks*. Journal of Combinatorial Optimization. 11(1): p. 21-41.
18. Yang, Y., A. Ambrose, and M. Cardei, 2011, *Coverage for composite event detection in wireless sensor networks*. Wireless Communications and Mobile Computing. 11(8): p. 1168-1181.
19. Cai, Y., et al., 2009, *Energy efficient target-oriented scheduling in directional sensor networks*. IEEE Transactions on Computers. 58(9): p. 1259-1274.
20. Gil, J.-M. and Y.-H. Han, 2011, *A target coverage scheduling scheme based on genetic algorithms in directional sensor networks*. Sensors. 11(2): p. 1888-1906.
21. Heinzelman, W.R., A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan. 2000, *Energy-efficient*

*communication protocol for wireless microsensor networks. in System sciences, 2000. Proceedings of the 33rd annual Hawaii international conference on. IEEE.*

22. Daskin, M.S., 2011, *Network and discrete location: models, algorithms, and applications*. John Wiley & Sons.



## Energy Coverage Control in Wireless Sensor Networks Using Gravity Search Algorithm

---

Hamed Aminzadeh<sup>1\*</sup>, Abbasali Rezaee<sup>2</sup>

---

Department of Electrical Engineering, Payame Noor University, 19395-4697, Tehran, Iran  
hamedmr1@yahoo.com

Department of Electrical Engineering, Payame Noor University, 19395-4697, Tehran, Iran  
[abasrezae@gmail.com](mailto:abasrezae@gmail.com)

### Abstract:

Sensor networks have found many applications in different branches of science. A sensor grid is made up of a large number of small sensors. These sensors help each other to provide information about the sensory field. One of the major issues in sensor networks is the problem of coverage. The problem of coverage explores the answer to the question of how far the physical environment of a sensor network is properly monitored by the nodes of the network. The importance of this issue is to the extent that it is considered as one of the parameters of the quality of service in such networks. In all cases, the need for the methods that can accurately calculate network coverage is well known. In this paper, we try to provide an optimal solution to the problem of coverage in a wireless sensor network with the help of a modified gravitational search algorithm.

---

**Keywords:** Gravitational Search Algorithm, Energy Coverage, Sensor Network, Telecommunication Engineering.