دوفصلنامه محاسبات و سامانه های توزیع شده
سال چهارم، شماره اول، شماره پیاپی ۷، صفحه ۵۱ تا ۶۶، سال ۱۴۰۰

ارائه یک رویکرد جدید خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به منظور بالا بردن بهره‌وری انرژی مبتنی بر الگوریتم‌های بهینه‌سازی فاخته و عملگر ترکیب ژنتیک

محدثه آژ*[۱]، لیدا ندرلو[۲]، زهرا طیبی قصبه[۳]
[۱]دانشکده فنی و مهندسی، گروه کامپیوتر گرایش نرم‌افزار، موسسه آموزش عالی بهمنیار واحد کرمان، کرمان، ایران.
[۲]دانشکده فنی و مهندسی، گروه کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی، موسسه آموزش عالی روزبه واحد زنجان، زنجان، ایران.
[۳]مدرس، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه پیام نور گیلان، رشت.

چکیده

اخیرا شبکه‌های حسگر بیسیم به علت ماهیت مشارکتی آنها، به‌عنوان فنآوری امیدوارکننده‌ای برای شبکه هوشمند، سیستم‌های توان نسل بعدی شناخته شده‌اند. با توجه به محیط‌های ناهنجار طیف شبکه هوشمند، چالش اصلی این شبکه‌ها، برقراری ارتباطات امن، انرژی کارآمد و مقرون به صرفه است. در این مقاله، یک الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر جستجوی فاخته و ژنتیک ارائه شده است که بهره‌وری طیف را با حداقل مصرف انرژی به حداکثر می‌رساند. روش پیشنهادی برای تبادل اطلاعات بر روی روش پایه LEACH و PEGASIS ارایه شده که از الگوریتم فاخته جهت انتخاب مناسب سرخوشه در خوشه‌بندی و از الگوریتم ژنتیک به همراه عملگر ترکیب در پیش پردازش گره‌ها برای تولید لانه جدید استفاده شده است. در این پژوهش دو پارامتر اعداد تصادفی (مقادیر تصادفی اختصاص داده شده به گره‌ها و به اصطلاح پرچم‌های تولیدی برای شناسایی گره‌ها) و میزان انرژی باقی مانده در نظر گرفته شد که این پارامترها در تابع هدف به عنوان تعیین کننده خوشه‌ها در برابر برش اکتشافی و کشف سرخوشه نقش کلیدی دارد. شبیه‌سازی روش در نرم افزار MATLAB انجام شد، ارزیابی براساس تعداد گره‌های زنده در دورهای مختلف و منطقه تحت پوشش به همراه چند پارامتر اساسی شبکه‌های حسگر بود. نتیجه نشان داد میزان حیات روش پیشنهادی به نسبت روشهای مذکور بهتر عمل کرده و بهره‌وری انرژی گره‌ها در پارامتر "تعداد بسته‌های ارسالی" به اثبات رسید.

کلمات کلیدی: شبکه‌های حسگر بی‌سیم، خوشه‌بندی، افزایش بهره‌وری انرژی، الگوریتم فاخته و ژنتیک.

تاریخچه مقاله:

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۳/۲۹
تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۰/۰۵/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

Keywords:

Wireless Sensor Networks,
Clustering,
Enhancing Energy Efficiency,
Algorithms Cuckoo,
Genetic

ایمیل نویسنده مسئول:
Aj_1400@yahoo.com

A New Energy Efficient Clustering Method for Wireless Sensor Networks Based on Cuckoo Optimization Algorithms and Genetic Composition Operator

Mohadese Aj*[1], Lida Naderloo[2] and Zahra Tayyebi Qasabeh[3]
[1]Department computer, non-profit higher education institutions Bahmanyar of Kerman Branch, Kerman, Iran.
[2]Department computer, non-profit higher education institutions Rouzbeh of Zanjan Branch, Zanjan Iran.
[3]Supervisor, Department Engineering computer, Payame noor university of Guilan,Iran.

Abstract

Recently, wireless sensor networks have been recognized as the next generation power systems due to their participatory nature as a promising technology for smart grids. Due to the anomalous environments of the smart grid spectrum, the main challenge of these networks is to establish secure, energy efficient and cost-effective communication in this paper, a clustering algorithm base on cuckoo optimization algorithms and genetic is presented that maximizes spectrum efficiency with minimal energy consumption. The proposed method for exchanging information is based on the basic method of LEACH and PEGASIS, the cuckoo algorithm is used to select the cluster head in clustering and from a genetic algorithm with a combination operator in the preprocessing of nodes to generate new nests. Two parameters of random numbers (Random values assigned to nodes) and two-stage energy of each node were used, these parameters play a key role in the objective function as the determinant of clusters against exploratory shear and eclipse detection. Method simulation was performed in MATLAB software. The evaluation was based on the number of live nodes in different cycles and the area covered along with some basic parameters of sensor networks. The result showed that the life expectancy of the proposed method was better than the mentioned methods, energy efficiency of the nodes was also proved in the "number of packets sent" parameter.

۱ – مقدمه

مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده اینترنت اشیاء شبکه‌های حسگر بیسیم می‌باشند و طراحی یک پروتکل مناسب که در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرده و در طولانی شدن عمر شبکه کمک کند، ضروری است. این طراحی، روی لایه کنترل دسترسی متوسط[1] مؤثر است[۱]. یکی از مهمترین محدودیت‌ها و چالش‌های شبکه‌های حسگر بی‌سیم، کمبود منابع انرژی آن‌هاست زیرا گره‌های حسگر معمولاً حاوی منابع انرژی محدود و غیرقابل تقویت می‌باشند؛ بنابراین برخلاف شبکه‌های قدیمی که هدف اصلی، دسترسی به کیفیت سرویس می‌باشد، در پروتکل‌های شبکه‌های حسگر تکیه اصلی بر نگهداری منابع انرژی است. در واقع در این شبکه‌ها باید از مکانیزم‌های تعادلی استفاده کرد که به کاربر نهایی امکان افزایش طول عمر شبکه را از طریق پهنای باند کمتر یا افزایش تاخیر ارسال را ارائه داد[۲].

گره‌های حسگر به جمع‌آوری داده‌های گزارش شده از محیط پرداخته و این اطلاعات را به ایستگاه مرکزی ارسال می‌کنند. داده‌های حساس گزارش شده توسط گره‌های حسگر معمولا در بسیاری از موارد از یک منطقه و از پدیده‌های مشترک هستند. بنابراین افزونگی بالایی در داده‌ها رخ خواهد داد. هر بسته از داده‌ها از گام‌هایی بسیاری برای رسیدن به ایستگاه مرکزی عبور می‌کنند در نتیجه منابع بسیاری از هر گره مصرف می‌شود. اخیرا کارهایی برای از بین بردن افزونگی داده‌ها در شبکه‌های حسگر انجام شده است[۳]. از طرفی وقتی اطلاعات توسط یک گره در یک ناحیه دریافت می شود آن گره باید اطلاعات دریافتی خود را به تمام گره های همسایه خود ارسال کند اگر این امر چندین بار تکرار گردد این گره انرژی خود را از دست داده، عملا از کار میافتد، دیگر در تبادل اطلاعات شبکه تاثیری ندارد، در این شبکه تاثیری ندارد و حسگر بی سیم، دیگر از آن ناحیه اطلاعاتی دریافت نمی‌شود که این موضوع قابلیت اطمینان و طول عمر شبکه را کاهش می دهد[۴]. طراحی پروتکل جمع‌آوری داده با انرژی کافی و موثر در شبکه‌های حسگر بی‌سیم در مقیاس بزرگ به یکی از مسائل چالش برانگیز در تحقیقات تبدیل شده است. به این علت که هر گره حسگر بطور کلی به یک منبع انرژی محدود مجهز می‌شود. در تحقیقات مرتبط در این زمینه، تکنیک مبتنی بر خوشه‌بندی برای جمع‌آوری داده از کارایی بالایی به لحاظ ذخیره‌سازی انرژی برخوردار است. اگر چه ، در تحقیقات مرتبط در این زمینه اشاره شده که طراحی تکنیک خوشه‌بندی با انرژی متعادل برای به حداکثر رساندن طول عمر شبکه WSN یک مسئله NP است. برای حل این مسئله سخت-NP، پروتکلهای زیادی مبتنی برابر داده‌های اکتشافی طی سالهای اخیر پیشنهاد شده‌اند. با این حال، این پروتکل‌های خوشه‌بندی موجود با مشکل مصرف نامتعادل انرژی مواجه اند. در این پژوهش به منظور بالا بردن بهره‌وری انرژی و افزایش طول عمر شبکه رویکرد جدید خوشه بندی در شبکه های حسگر بیسیم مبتنی بر الگوریتم-های بهینه‌سازی فاخته و ژنتیک ارائه می‌شود. بخش‌های این مقاله شامل کارهای مربوط محققین، تحلیل روش پیشنهادی و در انتها نتایج تجربی شامل پیاده‌سازی روش پیشنهادی، ارزیابی‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها انجام شده و در نهایت بخش آخر جمع‌بندی و نتیجه گیری از کل مقاله ارایه شده است.

۲ – کارهای مرتبط

خدیری[2] و همکارانش (۲۰۲۱) مقاله ای تحت عنوان "یک پروتکل خوشه‌بندی بهینه برای مصرف انرژی در افزایش زمان ماندگاری شبکه های حسگر بی سیم" ارائه دادند. هدف مقاله آنها ابداع یک الگوریتم خوشه‌بندی جدید برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم است. هدف اصلی این است که استفاده از انرژی در ساختمان خوشه و سطح انتقال داده به ایستگاه پایه محدود شود. الگوریتم‌های ارائه شده به نوع خاصی از شبکه حسگر یا یک برنامه خاص اختصاص ندارند. هنگام انتخاب سرخوشه چندین پارامتر مانند انرژی، درجه و فاصله در نظر گرفته می‌شود. این پارامترها به طور جداگانه یا به صورت ترکیبی در آثار مختلف ادبی مورد مطالعه قرار گرفته و کارایی آنها از نظر استفاده از انرژی و پایداری ساختاری نشان داده شده است. روش پیشنهادی به عنوان رویکرد ارزیابی انرژی از راه دور [3] نامیده می شود. رویکرد DEE از پیچیدگی کمتری در اندازه پیام برخوردار است. روش پیشنهادی با اجرای شبیه سازی‌های مختلف MATLAB آزمایش شد. نتایج نشان می‌دهد که پروتکل پیشنهادی نسبت به سایر روش‌ها از نظر طول عمر شبکه و مصرف انرژی پیشرفت قابل توجهی داشته است[۵].

صفا[4] و همکارانش (۲۰۲۱) مقاله‌ای تحت عنوان "یک پروتکل انتخابی مناسب برای بهره وری انرژی روشهای خوشه بندی شبکه حسگر بی‌سیم" ارائه دادند. آنها معتقدند که اگرچه شبکه‌های حسگر بی سیم بیش از یک دهه است که مورد استفاده قرار می-گیرند، اما اکنون بسیاری از برنامه‌های مدرن مانند مشاهدات پزشکی، مدیریت بلایا و نظارت بر محیط زیست به شدت از این نوع

[1]Medium Access Control (MAC) Layer
[2]Khediri
[3]Distance Energy Evaluated
[4]Safa'a

شبکه‌ها استفاده می‌کنند. این نوع شبکه علاوه بر پهنای باند کانال کم، از انرژی محدود و عمر کوتاه نیز رنج می‌برد. پهنای باند به دلیل تأثیر زیاد هزینه ارتباطات در مصرف برق گره‌ها، چالش‌های عمده این سیستم ها را نشان می‌دهد. ثابت شده است که خوشه‌بندی یکی از بهترین تکنیک‌ها برای صرفه جویی در انرژی شبکه‌های WSNاست. پروتکل LEACH یکی از اساسی‌ترین روش‌های خوشه‌بندی WSN است. با این حال، این پروتکل از برخی اشکالات رنج می‌برد، به خصوص در مرحله راه‌اندازی که سرخوشه به طور تصادفی انتخاب می‌شود. این مقاله با هدف افزایش LEACH با شناسایی یک سر خوشه با توجه به کمترین میزان مصرف انرژی انجام می‌شود. این روش جهت افزایش بهره‌وری LEACH طول عمر را افزایش داده و عملکرد WSN را بهبود می‌بخشد[۶].

دانان[1] و همکارانش (۲۰۲۰) مقاله‌ای تحت عنوان " یک پروتکل مسیریابی پیشرفته با مصرف بهینه انرژی برای شبکه حسگر بی سیم " ارائه دادند. آنها معتقدند که چند سال اخیر، شبکه حسگر بی سیم (WSN) به طور فزاینده‌ای یک فناوری مهم است که تقریباً در همه حوزه‌ها، حتی در محیط‌های پیچیده که فعالیت‌های انسانی غیرممکن است، مورد استفاده قرار گرفته است. در WSN ، عوامل مختلفی مانند پروتکل‌های ارتباطی، انتقال داده‌های بسته-ای و باتری محدود برمصرف انرژی تأثیر می‌گذارند در نتیجه طول عمر شبکه‌های WSN محدود می‌شود. در این مقاله ، یک پروتکل مسیریابی LEACH تایید نشده ارائه داده شده است. پروتکل پیشنهادی بر اساس انرژی فعلی برای انتخاب سر خوشه‌ها، از یک خوشه ریشه با انرژی جریان بیشتر و فاصله کم تا مخزن برای جمع آوری تمام داده‌ها استفاده می‌کند، سپس آنها را به سینک می-فرستد. نتایج شبیه‌سازی در MATLAB تایید کرد که الگوریتم پیشنهادی عملکرد بهتری نسبت به پروتکل LEACH متعارف دارد و باعث افزایش طول عمر شبکه در WSN می‌شود[۷].

رحمان[2] و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای دو چالش چاله انرژی و چاله پوشش را بررسی کردند. در این مقاله شبکه‌های حسگر بیسیم مبتنی بر کرونا و غیر کرونا مقایسه شده‌اند. دو استراتژی گسترش گره‌های حسگر در این مقاله دسته‌بندی شده‌اند. این دسته‌بندی نشان می‌دهد که نوع توزیع گره‌ها بر طول عمر شبکه تأثیرگذار است[۸].

دولت‌داد[3] و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تأثیر نویز کرونا بر عملکرد شبکه‌های حسگر بیسیم پرداخته‌اند. همچنین نرخ از دست رفتن پکت‌های ارسالی در انتقال اطلاعات نیز در این مقاله بررسی شده‌است. این مسأله با استفاده از NS2 شبیه‌سازی شده و نتایج نشان داده‌است که در یک کانال نویزی عملکرد شبکه حسگر بیسیم تحت تأثیر قرار می‌گیرد[۹].

هالدر[4] و همکاران (۲۰۱۵) روشی را برای افزایش طول عمر شبکه‌های حسگر بیسیم پیشنهاد داده‌اند. در این مقاله ابتدا معماری لایه‌ای شبکه و شرایط دست‌یابی به بهینه‌سازی شبکه حسگر بیسیم بررسی شده‌است. شرایط بهینه برای یک شبکه حسگر بیسیم انرژی متعادل، پوشش شبکه و عمر طولانی شبکه می‌باشند. در این مقاله بر اساس تابع هر گره ارشمیدس مارپیچی پیشنهاد شده‌است. این روش توانسته‌است انرژی را متعادل نگه داشته و طول عمر شبکه را افزایش دهد. آنها نشان دادند که تابع گسترش، یک توزیع بهینه تولید کرده‌است که با محدودیت تعادل انرژی مقابله می‌کند[۱۰].

کارمونا[5] و همکاران (۲۰۱۴) یک الگوریتم مدیریت انرژی مصرفی بر اساس پارامتر کیفیت اتصال برای دست‌یابی به کاهش انرژی مصرفی در گره پیشنهاد داده‌اند. عملگر رادیویی در یک شبکه حسگر بیسیم بیشترین مصرف انرژی را دارد. بنابراین الگوریتم پیشنهادی سعی دارد سطح انرژی انتقالی را در حد انرژی مورد نیاز بهینه کند. بر اساس اطلاعات کیفیت اتصال، به منظور دست‌یابی به سطح انرژی بهینه یک شاخص تصمیم‌گیری تعریف می‌شود. برای ارزیابی انرژی بهینه داده تجربی و گره مصرفی و کیفیت اتصال استفاده شده‌است[۱۱].

سلواکانمانی[6] و همکارانش (۲۰۱۲) در مقاله خود پروتکل‌های مسیریابی را که قابل اجرا بر روی شبکه‌های حسگر رادیو شناختی هستند، بررسی کرده و سپس به توضیح اصول اساسی پراخته و در بخش اصلی پروتکل‌ها را از نظر ویژگی‌های ذاتی و عملکردی مقایسه می‌کنند. در مقاله آنها بیشتر جواب های مثبت و منفی پروتکل‌های مسیریابی، بحث و تحقیق در مورد چالش‌های آنها پرداخته شده که همه منجر به یهینگی انرژی در شبکه می‌شود. نتیجه آنها از مقاله‌شان این است که تعداد پروتکل مسیریابی مبتنی بر تقاضا بر روی شبکه‌های رادیو شناختی، شبکه‌های Ad hoc شامل پروتکل-های DSR,AODR و ترکیبی از آنها بوده که زمینه پروتکل‌های مبتنی بر تقاضا طبقه‌بندی می‌شوند. همچنین پروتکل‌های

[1]Daanoune
[2]Rahman
[3]Dowlatdad
[4]Halder
[5]Carmona
[6]Selvakanmani

مسیریابی که تغییر AODR جزی از آن است محبوب‌ترین محسوب شده و AODR مناسب‌تر از پروتکل DSR برای شبکه-های بی‌سیم رادیو شناختی می‌باشد. نتیجه مهم دیگر از پژوهش آنها این است که دلایلی که DSR کشف راه را منجرب می‌شوند ممکن است بخاطر طول بسته‌ها غیر قابل پیش‌بینی باشند که برای اتصال متناوب محیطی (پیرامون) شبکه‌های رادیویی مناسب نیستنند[۱۲].

بین[1] و همکاران (۲۰۱۲) برای حل مسأله بهینه‌سازی انرژی و انتقال اطلاعات در شبکه‌های حسگر بیسیم مبتنی بر کرونا روشی برای مسیریابی و انتقال اطلاعات ارائه داده‌اند. الگوریتم دیکسترا۲ به منظور یافتن کوتاه‌ترین مسیر انتقال بین گره منبع و گره سینک استفاده شده‌است. یک الگوریتم چند مسیره پویا برای تعادل انرژی و کمینه شدن توان مصرفی پیشنهاد شده‌است[۳].

اودی‌کومار[3] و همکاران (۲۰۱۵) مقاله ای تحت عنوان "تحلیل الگوریتم های مختلف خوشه بندی در شبکه حسگر بی‌سیم" ارائه دادند. در این مقاله، یک الگوریتم خوشه‌بندی مختلف مانند طرح-های ابتکاری-خوشه‌بندی مرتبط، خوشه‌بندی با بالاترین اتصال، خوشه MAX-MIN D، طرح‌های وزنی- خوشه‌بندی وزنی طرح-های سلسله مراتبی-LEACH ؛ طرح‌های شبکه TL LEACH ، EECS، HEED–PEGASIS به منظور کاهش مصرف انرژی و مقایسه قدرت و محدودیت های آنها را ارائه شده است[۱۸]. در واقع این مقاله به عنوان مقاله پایه جهت بهبود روش پیشنهادی استفاده می‌شود که برای بهبود روش پیشنهادی از ترکیب دو الگوریتم بهینه‌سازی فاخته و ژنتیک استفاده شده است.

۳ – تحلیل روش پیشنهادی

اهمیت اصلی این مقاله به منظور کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر در شبکه حسگر بیسیم می‌باشد و به طور کلی اهداف پژوهش به شرح زیر است:

- بررسی انرژی و افزایش طول عمر شبکه‌های حسگر بیسیم.
- بهره‌وری انرژی و افزایش طول عمر شبکه شبکه‌های حسگر بی‌سیم مبتنی بر خوشه‌بندی.
- ارائه رویکردی جدید خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بیسیم مبتنی بر الگوریتم بهینه‌سازی فاخته و ژنتیک جهت بهره وری انرژی.
- بررسی تأثیر استفاده از خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بیسیم مبتنی بر الگوریتم بهینه‌سازی فاخته و ژنتیک.

یک WSN یک سیستم همگن یا ناهمگن است که از صدها یا هزارها حسگر کوچک با توان کم و هزینه کم برای نظارت و جمع آوری بلادرنگ اطلاعات از محیطی که در آن مستقر شده اند، تشکیل شده است [۱۴،۱۳]. همه‌پخشی، چندپخشی، مسیریابی، ارسال و حفظ مسیر قابلیت‌های مشترک گره‌های WSN ها هستند؛ مشخصه مهم این شبکه‌ها عبارتند از، ارتباطات ضعیف و ارتباطات بی سیم؛ قابلیت اعتماد پایین؛ توپولوژی پویا؛ ارتباطات هاب به هاب؛ سهولت قابلیت بسط و پیکربندی (مقیاس پذیری). معماری WSNها گره‌های حسگر، نقاط تجمعی (راس خوشه)، ایستگاه‌های پایه (سرور مرکزی یا حفره)، مدیر شبکه، مدیر امنیت و واسط کاربری را به عنوان یک مولفه دارند، این مولفه‌ها با یکدیگر همکاری می‌کنند.

در معماری خوشه بندی گره‌های حسگر یک ساختار خوشه-بندی دارند؛ هر معماری خوشه بندی یک راس خوشه را انتخاب می‌کند که مستقیما با حفره در ارتباط است و دیگر گره‌های خوشه داده‌های جمع آوری شده را به راس خوشه متناظر ارسال می‌کند. در این معماری راس خوشه نقش مهمی را بازی می‌کند چرا که بیشتر عملیات ارتباطات توسط راس خوشه انجام می‌شوند و انرژی آن‌ها هدر می‌رود، مصرف می‌شود و زودتر از دیگر گره‌های انرژی آن‌ها حسگر کاهش می‌یابد.

مدل‌های روش پیشنهادی: در این مقاله یک الگوریتم خوشه‌بندی براساس انتخاب سرخوشه با الگوریتم اکتشافی فاخته با در نظر گرفتن انرژی گره و همسایه‌ها و پیوستن سایر گره‌ها به این خوشه‌ها ارایه می‌گردد.

معرفی الگوریتم فاخته: یکی از جدیدترین و قویترین روش‌های بهینه‌سازی تکاملی، الگوریتم بهینه‌سازی فاخته می‌باشد که توانایی بیشتری در پیدا کردن نقاط بهینه سراسری دارد. این الگوریتم رفتار پرنده فاخته در لانه‌سازی و تخم‌گذاری را برای حل مسائل بهینه‌سازی شبیه‌سازی می‌کند. الگوریتم فاخته با الهام از روش زندگی پرنده‌ای به نام فاخته است که در سال ۲۰۰۹ توسط شین او یانگ و دب ساوش توسعه یافته است این الگوریتم توسط پرواز levy شبیه‌سازی شده است. الگوریتم فاخته بعدها در سال ۲۰۱۱ توسط رامین رجبیون به طور کامل با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار گرفت[۲۱].

خوشه‌بندی: در یک سازمان، شبکه به تعداد گروه‌های کوچک تقسیم می‌شود که به آن‌ها خوشه گفته می‌شود که از تجمع

[1]Bin
[2]Dijkstra algorithm
[3]Udaykumar

داده پشتیبانی می‌کند؛ این پدیده گروه‌بندی گره‌های حسگر به درون خوشه‌ها را خوشه بندی گویند[۱۵].

خوشه‌ها: برای برقراری ارتباط وظایف در واحدهای سازمانی، WSN ساده‌سازی می‌شود و به خوشه‌هایی شکسته می‌شود.

راس‌های خوشه: در خوشه‌های تشکیل شده باید یک گره به عنوان راس خوشه انتخاب شود که به آنها رهبر خوشه گویند و برای سازمان دهی فعالیت در خوشه نیاز هستند[۱۶]. در پیش پردازش گره‌ها آماده می‌شوند و باید سرخوشه برای ارتباطات انتخاب شود آن دسته از گره‌هایی که اطلاعات را جمع آوری و ارسال می‌کند.

ایستگاه پایه: لینکی را بین شبکه حسگر و کاربر نهایی فراهم می‌کند. ایستگاه پایه در سطح بالاتر WSNها است.

کاربران نهایی: داده در شبکه حسگر می‌تواند برای اپلیکیشن‌های بسیاری استفاده شود و یک داده شبکه حسگر پرس وجو شده از یک کوئری جمع‌آوری می‌شود و در شبکه ارسال می‌شود. این کوئری توسط کاربر نهایی جمع‌آوری شده است، هر خوشه یک رهبر یا همان سر خوشه۱ دارد که گره حسگر است و معمولا از نظر منابع نسبت به دیگر گره‌ها غنی‌تر است. عضویت در خوشه ممکن است ثابت یا متغیر باشد و باید از مقیاس‌پذیری شبکه حمایت شود.

تجمع داده: در یک شبکه گره‌های متعددی وجود دارند که اطلاعات مشابهی را حس می‌کنند اما تمایز تجمع داده بین داده حس شده و داده سودمند وجود دارد،که یکی از مزیت‌های اصلی شبکه‌های حسگر بی سیم است[۱۷]. یکی از اهداف اصلی در الگوریتم خوشه‌بندی ترکیبی مبتنی بر بهینه‌سازی جستجوی فاخته، یافتن یک راه حل خوشه‌بندی انرژی کارآمد با پیچیدگی کم در شبکه است که تابع اطلاعات دارای حداقل فاصله اقلیدسی با ارائه لینک‌های پایدار بین گره‌های حسگر شبکه نقش کلیدی در این امر ایفاء می‌کند. در روش پیشنهادی هدف یافتن متناسب‌ترین راه حل خوشه‌بندی است که تابع برازش را برای هر خوشه فردی تولیدشده در شبکه به حداکثر برساند. در طرح توزیع پیشنهادی، گره سینک[۲] مسئول ایجاد فرایند خوشه‌بندی اولیه برای تقسیم مجموعه‌ای از گره‌ها به گروه‌های چندگانه بر اساس مقادیر شباهت (بیشترین شباهت درون خوشه در مقابل بیشترین تمایز بین خوشه‌ها بر اساس فاصله اقلیدسی) آنها است که هر گروه به یک مجموعه از خوشه‌ها متناظر است.

پخش گره‌ها: در روش پیشنهادی گره‌ها در شبکه نیمه ثابت هستند، محل گره‌ها مشخص نیست چرا که به آنتن کابلی GPS تجهیز نشده‌اند، گره‌ها اهمیت برابری دارند؛ قابلیت‌های پردازشی و ارتباطی آن‌ها مشابه است. انتخاب اولیه راس خوشه بر اساس انرژی باقی مانده هر گره است. انرژی باقی مانده به سادگی توسط انرژی مصرف شده به ازای هر بیت برای سنجش، پردازش و ارتباطات شناخته شده است. اگر بیش از یک راس خوشه وجود داشته باشد، گره ممکن است در این محدوده قرار گیرد. در پروتکل پیشنهادی چند سطحی، انرژی اولیه گره‌های حسگر به صورت تصادفی بر بازه بسته [(Eo, Eo*(1+a max)] توزیع می‌شوندکه Eo کران پایین‌تر است و یک max حداکثر مقدار انرژی را مشخص می‌کند. در درجه اول، گره si با انرژی اولیه Eo*(1+ai) تجهیز می‌شود که انرژی بیشتری نسبت به کران پایین‌تر Eo دارد. مجموع انرژی اولیه شبکه توسط (رابطه-۱) به‌دست می‌آید[۱۸]:

$$E_{total} = \sum_{i=1}^{N} E_0 - (1 + \alpha_i) = E_0 - (N + \sum_{i=1}^{N} \alpha_i)$$

(رابطه-۱)

گره‌های اولیه به صورت تصادفی در میدان قرار می‌گیرند و i امین گره در محل تصادفی قرار می‌گیرد. گره‌ها برای تشکیل یک زنجیره سازمان دهی می‌شوند و فرض می‌شود که همه گره‌ها دانش کلی از شبکه برای ساخت زنجیره و استفاده از الگوریتم حریصانه دارند.

مقداردهی اولیه (توسط الگوریتم فاخته جهت خوشه بندی): در ابتدا، یک جمعیت اولیه از پرندگان فردی (گره‌های حسگر) (به اندازه ۲۰۰ مقداری متغیر و جز فرضیات مسئله می‌باشد) با استفاده از مولد عدد تصادفی برای راه‌حل احتمالی مسئله تولید می‌شود و هر فرد(پرنده یا همان گره) توسط یک تابع برازش از پیش تعریف شده ارزیابی می‌شود. بر اساس مقادیر تابع برازش، جمعیت اولیه به طور نزولی رتبه‌بندی می‌شود و جمعیتی با بهترین جواب کیفیت، بعنوان پرنده اولیه Q_i در جمعیت موجود برای راند فعلی در منطقه R_i انتخاب می‌شود، پرندگان با ظرفیت غذاسازی Sc_n و سرعت V_i و یا انرژی E_i خود مشخص می‌شود. ظرفیت لانه‌ها برابر با حداکثر تعداد پرندگان است که ممکن است به آن لانه ملحق شوند، که در طول تمام زنجیره اجرا ثابت است. جمعیت اولیه P_{ini} پرندگان در کل فضای جستجو برای مطالعه مسئله‌ی خوشه‌بندی می‌تواند به صورت عددی به شکل (رابطه‌های ۵-۲) نشان داده شود[۲۰]:

[1]Cluster Head

[2]Sink

$$P_{ini} = \sum_{i=1}^{n} F_i \quad \text{(رابطه-۲)}$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^{k=n-1} Q_i \quad \text{(رابطه-۳)}$$

$$D_l = \sum_{i=1}^{l} D_i \quad \text{(رابطه-۴)}$$

$$Sc_i(Q_i)^{D_{bst}} = \sum_{i=1}^{n} (Sc_i)^{D_i} \quad \text{(رابطه-۵)}$$

که F_i نشان دهنده پرندگان فردی است با مقدار اولیه n= 200 است. Q_i لانه‌ها با اندازه K= 23 در مناطق مختلف $R_{1,2,...,n}$ را نشان می‌دهد. D_i باقی پرندگان با اندازه $l = 177$ را نشان می‌دهد.

پیش پردازش گره‌ها: مرحله پیش پردازش شامل گام‌های زیر است:

- **گام اول فرآیند اصلاح (مبتنی بر الگوریتم ژنتیک):** در فرآیند اصلاح، پرندگان به صورت تصادفی از لانه انتخاب می‌شوند و با استفاده از عملگر ترکیب با پرندگان دیگر ترکیب می‌شود که منجر تغییر لانه می‌شود. در اینجا به طور تقریبی از الگوریتم ژنتیک به همراه عملگر ترکیب برای تولید لانه جدید استفاده می‌شود.
- **گام دوم بهبود برازش اولاد با استفاده از عملگرهای تکاملی:** پس از ایجاد جمعیت اولیه از پرندگان جدید، ویژگی حلقه استخراج‌شده از الگوریتم فاخته، از جمله انتخاب، باز ترکیب/آمیزش و عملگرهای جهش بر روی هر اولاد فردی، تا زمانی اعمال می‌شود که معیار خاتمه‌دهی برای راه حل جامع خوشه‌بندی صدق نماید. در اینجا فرض می‌شود که عملگرهای تکاملی اعمال‌شده برابر با تعداد پرندگان هستند. با استفاده از مکانیزم انتخاب پرندگان نسل جدید تولید می‌شود که هر یک از جواب‌های فردی (جواب خوشه‌بندی به صورت رشته فردی) بر اساس ارزش برازش آن اندازه گیری می‌شود. عملگر انتخاب به هر مجموعه از جفت پرندگان (گره‌های حسگر) یک وزن مثبت در جمعیت فعلی را اختصاص می دهد تا یک گراف را پیدا کند. ارزش این وزن اختصاصی براساس تابع فاصله اقلیدسی است که متناسب با تابع برازش هر پرنده فردی است و احتمال انتخاب یک رشته (احتمالی با مقدار ۱ یا ۰) خاص از (رابطه- ۶) بدست می‌آید[۲۰]:

$$P(S_i) = \frac{Fit(S_i)}{\sum_{j=1}^{n} Fit(S_j)} \quad \text{(رابطه-۶)}$$

رشته‌هایی با مقادیر بهتر برازش، بعنوان مثال هزینه پایینتر، احتمال بالاتری برای تولید دارند. برای تشکیل جمعیت اولیه برای درصد مورد نیاز رشته‌ها در شبکه، هر پرنده انفرادی به صورت تصادفی از طریق احتمالی با مقدار ۱ یا ۰ مقداردهی اولیه می‌شود. کل انرژی مصرف شده در هنگام انتصاب سرخوشه‌ها در شبکه نیز می‌تواند بعنوان مجموع انرژی مصرف شده در طول ارتباطات اندازه گیری شود.

برای تولید یک جفت رشته از فرزندان، اپراتور عملگر باز تولید[1] مسئول تبادل جزئی بین دو رشته فردی است. در پروتکل پیشنهادی، سه نوع گره: سوپر گره، گره پیشرفته و گره معمولی وجود دارد. M کسری از مجموع تعداد N گره است و mo درصد مجموع تعداد N*m گره است که با BETA با انرژی بیشتری نسبت به گره‌های نرمال تجهیز شده اند که آن‌ها را سوپر گره گویند. مجموعه انرژی شبکه برابر است با رابطه ۷و۸[۱۸]:

$$E_{total} = N \times (1-m) \times E_0 + N \times m \times (1+m_0) \times E_0 \times (1+\alpha) + N \times m \times m_0 + E_0 \times (1+\beta) \quad \text{(رابطه-۷)}$$

$$E_{total} = N \times E_0 \times (1 + m \times (\alpha + m_0 \times \beta)) \quad \text{(رابطه-۸)}$$

لذا، مجموع انرژی شبکه با توجه به فاکتورهای ذکر شده در (رابطه-۷) و (رابطه-۸) متغیر می‌یابد.

انتخاب سرخوشه: پس از تشکیل جمعیت پرندگان (گره های شبکه) نوبت به انتخاب سرخوشه (گرهها با توانایی بالاتر جهت انتخاب رهبر) بر اساس پارامترهای سراسری به نام "وزن ترکیبی" است که با (رابطه-۹) تشریح می‌شود[۱۸]:

$$W_v = w_1\Delta_v + w_2 D_v + w_3 M_v + w_4 T_v \quad \text{(رابطه-۹)}$$

در این رابطه w1,w2,w3,w4 فاکتورهای وزن برای پارامترهای سیستمی متناظر هستند، راس خوشه بر طبق گره با کوچکترین Wv انتخاب می‌شود، مولفه (Dv) یک مورد به شدت محدود به مصرف برق و میانگین فاصله از همسایه‌ها است، مولفه (Mv) با توجه به حرکت در نظر گرفته شده است (گره‌ای که اهسته‌تر از همه حرکت کند انتخاب بهتری برای راس خوشه است)، آخرین مولفه (Pv) مستقیما به انرژی موجود در گره مربوط است. اگر گره تا به حال راس خوشه بوده باشد مقدار زیادی انرژی مصرف می‌شود لذا نباید مجدد برای راس خوشه بعدی انتخاب شود.

در ارتباطات درون خوشه‌ای، اگر سطح توان برای همه گره‌ها ثابت باشد سپس هزینه مستقیما با درجه گره متناسب است. هر گره احتمال تبدیل شدن به راس خوشه را، CH_{prob}، به صورت (رابطه-۱۰) اندازه می‌گیرد[۱۸]:

[1] Reproduction

$$CH_{prob} = \max\left(C_{prob} \times \left(\frac{Eresidual}{Emax}\right), p_{min}\right)$$

(رابطه-۱۰)

تکمیل خوشه‌بندی: در سلسله یافتن لانه، پرنده حاضر کنونی Q_i (یعنی بهترین جواب خوشه‌بندی که منجر به کمترین هزینه شبکه خوشه‌ای در منطقه R_i می‌شود) به طور تصادفی برخی از پرندگان را از فهرست جمعیت پرندگان D_n انتخاب می‌کند و با هر پرنده عضوگیری می‌کند و مقادیر غذا را در خود ذخیره می‌کند. پرندگان Q_i قبل از خروج از لانه که با مقادیر پارامتر انرژی و/یا سرعت مقداردهی اولیه شده است به صورت تصادفی بین ۰.۱ و ۱ تولید می شوند. احتمال پیوستن میان پرندگان D_i و Q_i می‌تواند بصورت عددی از (رابطه-۱۲) محاسبه شود:

$$P_b(Q_i, D_n) = \exp\left(-\frac{\Delta f}{Q^i_{V(i)}(t_i)}\right) = \exp(-|f(Q_i) - f(D_i)|) / Q^i_{v(i)}(t_i)$$

(رابطه-۱۲)

که $P_b(Q_i.D_n)$ احتمال پیوستن یک پرنده Q_i به مجموعه‌ای از پرندگان لانه D_n است. $Q^i_{V(i)}(t_i)$ سرعت ملکه در زمان t_i، $f(Q_i)$ و $f(D_i)$ به ترتیب توابع، عملکردی Q_i و D_n است. Δ به معنی اختلاف است که اینجا منظور از Δf اختلاف توابع می باشد.

تابع فوق با سرعت جمعیت بسیار مرتبط است و هنگامی که سرعت پرندگان بزرگتر است یا زمانی که تابع برازش پرندگان نزدیک به تابع برازش لانه است، مقادیر برتر ارائه می‌شوند. در اینجا، احتمال پیوستن نیز می‌تواند با تولید یک عدد تصادفی $r \in [0.1]$ اندازه‌گیری شود که عدد تصادفی $P_b(Q_i.D_n) > r$ است. اگر احتمال تولیدی بزرگتر از ۰ باشد، پرندگان D_i با موفقیت می‌تواند به لانه اضافه شود. حتی اگر فرایند پیوستن موفق باشد یا نباشد، سرعت و انرژی پرندگان بسته به زمان t_i بصورت تکرارشونده کاهش می‌یابد، که به صورت عددی می توان به صورت (رابطه-۱۳) نشان داد:

$$Q^i_{v(i)}t(i+1) = \partial Q^i_{E(i)}t(i+1) = (Q^i_{E(i)}t(i+1) - \delta Q^i_{v(i)}t(i+1))$$

(رابطه-۱۳)

که $\partial = [0.1]$ نشان دهنده ضریب شکست (فروپاشی)[1] است و δ اتلاف انرژی پس از هر تکرار را نشان می‌دهد. فرآیند فوق تا زمانی تکرار می‌شود که انرژی/سرعت پرندگان تا حداقل سطح $Q^i_{min\ [v(i)]}$ و $Q^i_{min\ [E(i)]}$ افت کند.

ارسال داده: در الگوریتم طراحی شده، یکی از اهداف اساسی، یافتن بهترین جواب فردی برای جمعیت است (بهترین جواب با توابع برازش بزرگتر). اگر جواب بهبود یافته‌ی متعلق به فردی (پرنده فرزند تولید شده جدید) نتواند برای یک بازه زمانی معین برای یک تعداد از سیکل‌های از پیش تعریف شده یافت شود، پس آن فرد قرار است که رها شود. پس جواب فعلی (بهترین پرنده فعلی) به‌عنوان بهترین جواب درنظر گرفته خواهد شد در غیر این صورت ماحل بصورت تکرارشونده تکرار می شود تا معیار توقف (یعنی عامل کنترل سیکل "محدودیتی" برای رهاسازی[2]) الگوریتم پیشنهادی برآورده شود.

۴- نتایج تجربی

ارزیابی کارآیی پروتکل‌های جدید شبکه به کمک شبیه‌سازی می‌تواند تایید کند که آیا صرف وقت و هزینه برای پیاده‌سازی آن‌ها مناسب است یا خیر؟ که جهت شبیه‌سازی روش ارائه شده از نرم-افزار Matlab استفاده شده و مشخصات سیستم شبیه‌سازی در (جدول-۱) نشان داده شده است.

ارزیابی اول: برای ارزیابی روش پیشنهادی ابتدا مراحل مختلف آن برروی سناریو در نظر گرفته شده شبیه‌سازی و نمایش داده می‌شود و در انتها با روش‌های LEACH و PEGASIS [۱۸,۱۹] (دلیل استفاده از این دو الگوریتم روش‌های اصلی مقاله پایه می‌باشد زیرا هدف بهبود مقاله پایه است) مورد مقایسه قرار می‌گیرد. روش پیشنهادی براساس الگوریتم جستجوی فاخته عمل نموده و انتخاب سرخوشه برعهده این الگوریتم است.

(جدول-۱): مشخصات سیستم جهت شبیه سازی روش

ردیف	نام	مشخصات
۱	ویندوز	7
۲	رم	4G
۳	پردازنده	Pentium(R) Dual Core CPU T4400
۴	نوع سیستم	بیت32
۵	ورژن Matlab	12

[1]Decay Coefficient

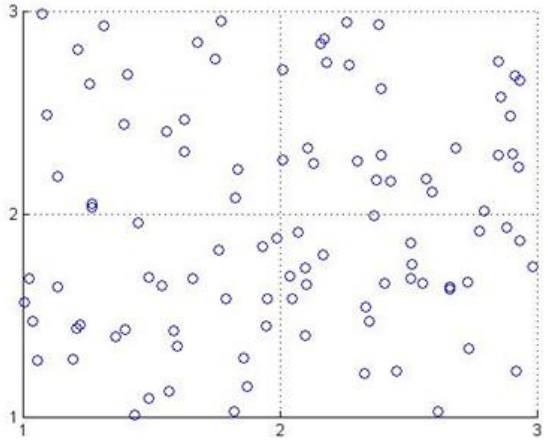
[2]Abandonment

الگوریتم‌های انتخاب شده در مقایسات بدلیل همسان بودن روش کلی بوده و براساس مقایسات انجام شده است که در (جدول-۲) نشان داده شده است. انتخاب سرخوشه و نحوه پیوستن سایر گره‌ها به آن‌ها برای تکمیل عمل خوشه‌بندی در کلیه الگوریتم‌های این رده دارای اهمیتی فراوانی بوده است و نقش تعیین کننده در نتایج حاصله از عملکرد را ایفاد می‌کند.

(جدول-۲): مقایسه الگوریتم‌های خوشه بندی گوناگون

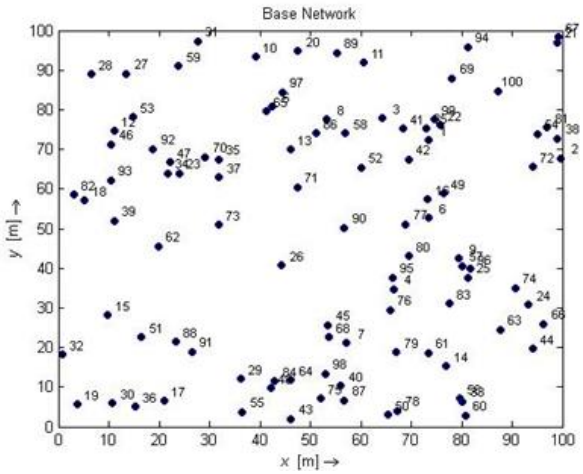
الگوریتم	مزایا	پیچیدگی	ویژگی‌ها	معایب
LCA	ساده و سریع	متغیر	گره با بالاترین تبدیل به راس خوشه.	داشتن ID منحصر برای هر گره
LCA2	سریع، ساده، خوشه‌های نسبتا پایدار	پیچیدگی زمانی ثابت است.	کمترین id برابر راس خوشه	خوشه‌های کوچک
بالاترین اتصال	گره‌ها با بالاترین درجه کاندید خوبی برای راس خوشه هستند.	پیچیدگی زمانی ثابت	انتخاب راس خوشه بر اساس بالاترین درجه	خوشه‌های ناپایدارغ
خوشه-D MIN-MAX	خوشه‌های پایدار و بزرگ	پیچیدگی حافظه و زمانی O(d)	رویه انتخاب راس خوشه توزیع شده، شعاع خوشه d	تعداد بالای پیام‌های ارسالی
WCA	انتخاب راس بر اساس وزن ترکیب شده هر گره	متغیر	قابلیت حرکت، قدرت انتقل، انرژی باقی مانده و درجه ایده‌آل گره برابر راس خوشه	مقدار زیادی انرژی مصرف می‌شود.
LEACH	بهبود طول عمر، حفظ و ایجاد خوشه	ثابت	مبتنی بر خوشه، انتخب راس خوشه در هر دور با توجه به چرخش	هر تصمیم بازه ای برای راس خوشه به صورت پویا گرفته می‌شود.
TL-LEACH	تصادفی، تطبیقی، تشکیل خوشه خود سازمان ده	ثابت	استفاده از مفاهیم همجوشی داده با کسب	محاسبات محلی جزئی در هر راس خوشه
	دستاوردهای انرژی بالا		ارتباطات بین راس خوشه و BS	
EECS	راس خوشه توزیع شده انتخاب شده با سربار کنترلی کم	ثابت		نیاز به توان باقی مانده بیشتر
HEED	استفاده از انرژی باقی مانده به عنوان پارامتر اولیه و توپولوژی شبکه	ثابت	هزینه نسبت مستقیمی با درجه گره دارد.	طول عمر شبکه حسگر محدود استو
PEGASIS	جمع آوری داده و گره‌هایی در شبکه که مستقیما خوشه‌ها را تشکیل نمی‌دهند.	پیچیدگی زمان انتقال o(n)	این از نظر انرژی بسیار کارآمد است.	زمانی که زنجیره طولانی است، تاخیر بزرگ است.
PEGASIS	جمع آوری داده و گره‌هایی در شبکه که مستقیما خوشه‌ها را تشکیل نمی‌دهند.	پیچیدگی زمان انتقال o(n)	این از نظر انرژی بسیار کارآمد است.	زمانی که زنجیره طولانی است، تاخیر بزرگ است.

در سناریو ابتدایی تعداد ۱۰۰ گره حسگر در یک محیط ۱۰۰ متر مربع به صورت تصادفی پخش و محیط در نظر گرفته شده شبکه بندی(از محورهای x و y تعداد ۴ بخش و مساحت هر بخش ۲۵ متر مربع) می شود. در ابتدا امر به هر یک از این گره‌ها یک عدد تصادفی تخصیص داده می‌شود که این عدد با تابع استاندارد تولید و تخصیص داده شده است. در (شکل-۲) نمایی از بخش‌بندی و پخش گره‌ها در یک محیط نشان داده ست.



(شکل-۲): نمایی از پخش گره ها در سناریو در نظر گرفته شده

همانگونه که در سناریو اعلام شده است تخصیص مکان به گره‌ها به صورت تصادفی بوده و اجرای دوباره پخش گره الزاماً خروجی همانند (شکل-۲) را تولید نمی‌نماید.



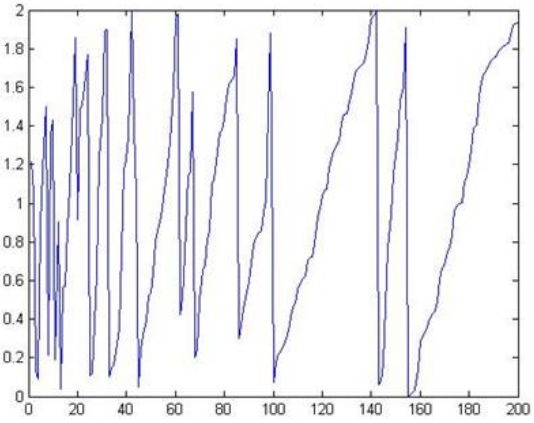
(شکل-۳): نمایی از اعداد تصادفی تولید و تخصیص به گره‌ها

فرضیات سناریو در نظر گرفته شده نیز در (جدول-۲) نشان داده شده است.

(جدول-۲): فرضیات سناریو در نظر گرفته شده

ردیف	پارامتر	مقدار
۱	طول محیط شبیه سازی	۱۰۰ متر
۲	عرض محیط شبیه سازی	۱۰۰ متر
۳	تعداد گره	۱۰۰ عدد
۴	مکان گره	تصادفی
۵	محدده رادیویی گره	۲۵ متر
۶	انرژی اولیه گره ها	۱ ژول

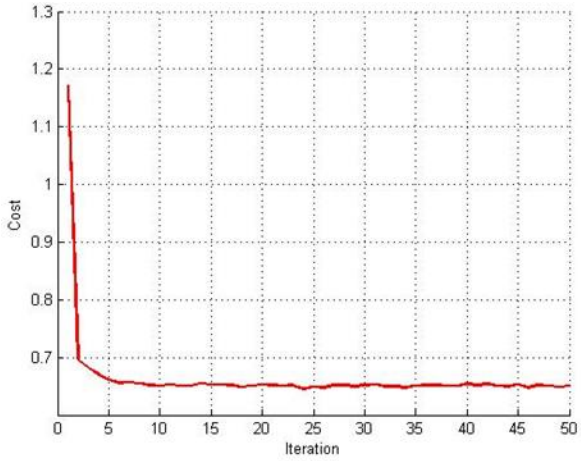
در (شکل-۳) و (شکل-۴) اعداد تصادفی تخصیص داده شده به هر گره نیز نشان داده شده است. در الگوریتم پیشنهادی کار انتخاب سرخوشه برای گره‌ها با استفاده از جستجو فاخته اتفاق خواهد افتاد که عمل هسته مرکزی برنامه‌ریزی خوشه‌بندی است. این عمل را با تولید لیست گره‌های کاندید و انتخاب نهایی تولید می‌نماید.



(شکل-۴): تولید سرخوشه‌ها برای خوشه‌بندی

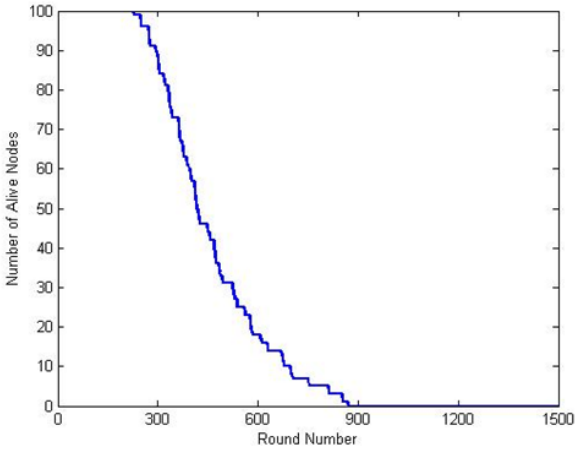
در (شکل-۴) نمایی از این تولید گره نمایش داده می‌شود. به دلیل استفاده از الگوریتم فاخته اجرای دوباره خروجی یکسان با شکل را نخواهد داد و این نشان از تغییرپذیری مناسب الگوریتم پیشنهادی می‌دهد.

الگوریتم فاخته در روش پیشنهادی سبب تعیین وضعیت گره‌ها می‌شود و در تعیین گره‌های عضو، سرخوشه، ارسال کننده و نحوه ادغام کمک می‌نماید این امر سبب بهبود مدت زمان زنده بودن و حیات شبکه خواهد شد. در الگوریتم فاخته استفاده شده در روش پیشنهادی برای انتخاب مناسب از دو ورودی موثر برروی تابع برازندگی استفاده شده است، دو ورودی این تابع مقادیر تصادفی اختصاص داده شده به گره‌ها و به اصطلاح پرچم‌های تولیدی برای شناسایی گره‌ها، میز ان انرژی باقی‌مانده گره‌ها و فاصله از همسایگان مربوط به هر گره بوده است. نمایی از یک اجرا الگوریتم فاخته در شکل-۵ نشان داده شده است.



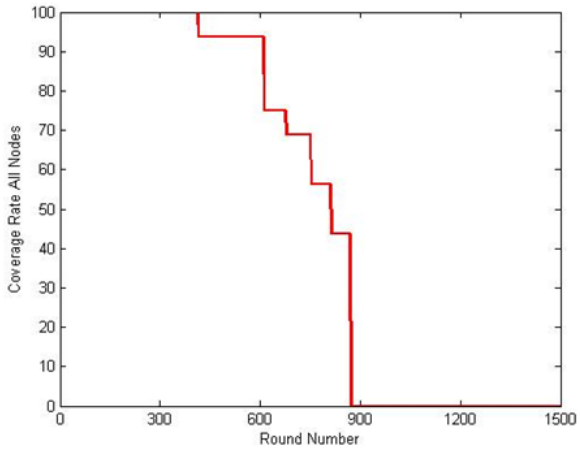
(شکل-۵): نمایی از یک اجرا الگوریتم فاخته

همانگونه که در (شکل-۵) نشان داده شده است تابع برازندگی در این الگوریتم در هر تکرار محاسبه می‌شود تا حداقل هزینه با حداکثر کارایی استخراج و استفاده شود، با توجه به پارامترهای در نظر گرفته شده مقادیر حاصل در قسمتی از دورهای تکرار نشان داده شده است. باید در انتخاب پارامترها دقت نمود زیرا این پارامترها نقش اساسی در خروجی نهایی روش‌ها ایفاد می‌نماید. روش پیشنهادی تنها به میزان انرژی باقی مانده گره‌ها توجه نمی‌کند و در مکانیزم انتخابی علاوه بر انرژی هر یک از گره‌ها و فاصله بین هر گره با گره جمع کننده و سرخوشه به میانگین فاصله گره‌ها تا گره جمع‌کننده و سرخوشه توجه می‌شود که این میانگین در مصرف انرژی آینده گره‌ها تاثیر مثبت می‌گذارد. در ادامه روش پیشنهادی بر روی سناریو در نظر گرفته شده اجرا نموده و نتایج آنرا استخراج شده است. تعداد دورهای انجام روش ۱۵۰۰، محل ایستگاه پایه برای ارسال بسته‌ها ۵۰ و ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. نمودار از بین رفتن گره‌ها یا به اصطلاح مردن گره‌ها در روش پیشنهادی در (شکل-۶) نشان داده شده است.



(شکل-۶): نمودار تعداد گره های از دست رفته در دورهای مختلف

همانگونه که در (شکل-۶) نشان داده شده است نمودار تعداد دورهای مختلف در الگوریتم پیشنهادی و سناریو در نظر گرفته شده روند کاهشی متعادلی داشته و با این فرضیات تا دور حدود ۹۰۰ شبکه دارای حیات بوده و قابلیت ارسال بسته‌ها به ایستگاه پایه را داشته است. این نشان دهنده کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر با ترتیب اتخاذ شده برای گره‌ها و الگوریتم پیشنهادی است. در (شکل-۷) میزان پوشش محیط در نظر گرفته شده با الگوریتم پیشنهادی نشان داده شده است.



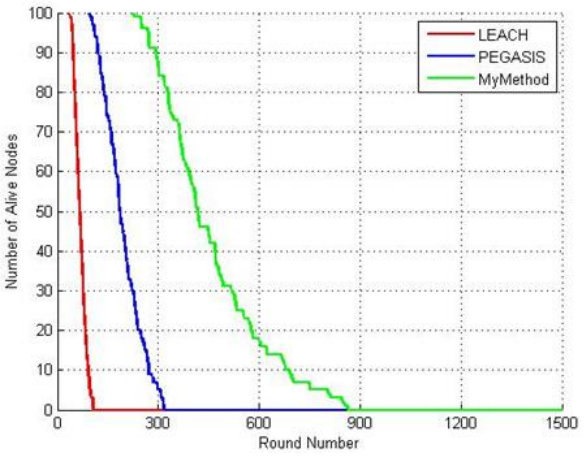
(شکل-۷): میزان پوشش منطقه در سناریو فرض شده

همانگونه که در (شکل-۷) نشان داده شده است تا دور حدود ۳۵۰ از شبیه‌سازی پوشش ۱۰۰ درصد محیط وجود داشته و با پوشش ۷۵ درصدی تا دور حدود ۷۵۰ می‌توان یک پوشش مطلوب از منطقه تحت مانیتور را داشت. همچنین تا آخرین دور از حیات شبکه با داشتن پوشش ۴۳ درصدی حداقل پوشش منطقه در اختیار بوده است. در (جدول-۳) نتایج ثبت شده در این شبیه‌سازی نشان داده شده است.

(جدول-۳): شبیه‌سازی روش روی سناریو در نظر گرفته شده

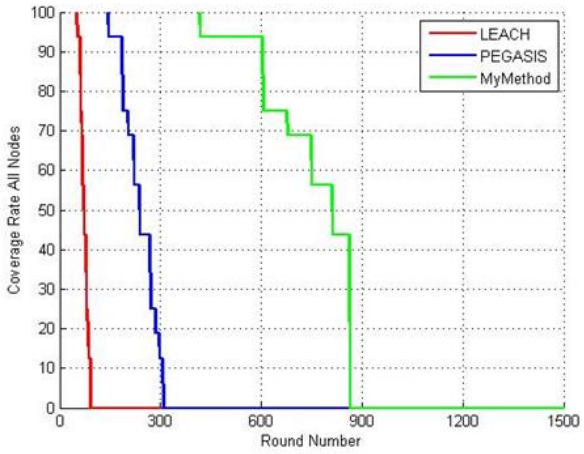
ردیف	پارامتر	مقدار
۱	میانگین سرخوشه در دورها	۵۲/۲
۲	میانگین تعداد بسته ارسال شده به ایستگاه پایه	۵۲/۲
۳	میانگین تعداد بسته ارسال شده به سرخوشه	۵۳/۵
۴	آخرین دور زنده بودن	۸۶۴

همانگونه که در (جدول-۳) نشان داده شده است میانگین سرخوشه در دورهای شبیه‌سازی برابر با ۵۲/۲ بوده است و میانگین تعداد بسته ارسالی به ایستگاه پایه نیز ۵۲/۲ است. همچنین به‌دلیل پرچم‌دار نبودن گره‌های بیکار تعداد بسته‌های ارسالی به سرخوشه به دلیل ارسال همه پخشی با میانگین ۵۳.۵ نشان‌دهنده کاهش تعداد بسته اضافی ارسالی به ایستگاه پایه است. آخرین دور حیات شبکه نیز ۸۶۴ بوده است که با توجه به مفروضات شبکه و مقایسه‌های بعدی بهبود را از خود در مقابل روش‌های LEACH و PEGASIS نشان می‌دهد.



(شکل-۸): ارزیابی نتایج گره‌های زنده پیشنهادی و روش های LEACH و PEGASIS

همانگونه که در (شکل-۸) نشان داده شده است روش LEACH و PEGASIS به ترتیب در دورهای ۱۰۸ و ۳۱۸ به انتهای حیات خود رسیده است و تا این دور گره زنده برای فعالیت داشته‌اند هرچند تا این دور و تقریبا از دورهای ابتدایی تعداد گره‌های زنده کمتری در روش LEACH و PEGASIS به نسبت روش پیشنهادی وجود داشته است ولی باید در نظر داشت که در روش پیشنهادی حیات شبکه تا دور ۸۶۴ ادامه داشته است و این ادامه حیات در مواقع حساس بسیار تاثیرگذار است. میزان پوشش مقایسه‌ای بین روش پیشنهادی و روش LEACH و PEGASIS در (شکل-۹) نشان داده شده است.



(شکل-۹): ارزیابی میزان پوشش محیط شبکه توسط روش LEACH و PEGASIS و روش پیشنهادی

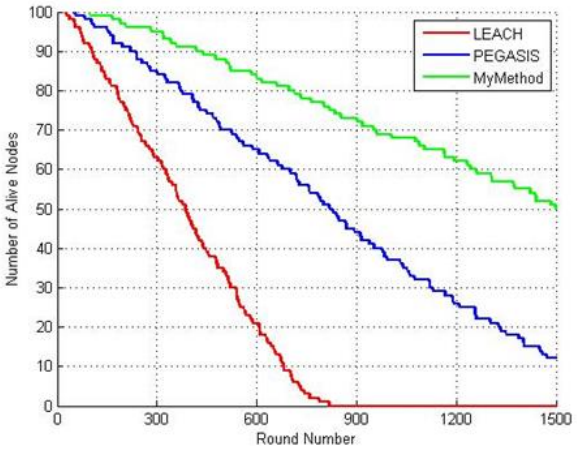
همانگونه که در (شکل-۹) نشان داده شده است پوشش ۱۰۰ درصدی منطقه در روش پیشنهادی بیشتر از روش پایه ادامه داشته است و در مواقعی که پوشش توسط روش‌های LEACH و PEGASIS به صفر درصد تقلیل پیدا نموده است روش پیشنهادی همچنان پوشش ۹۵ درصدی را دارا بوده است این برتری پوشش تا دورهای انتهایی ادامه داشته است و این بهبود تا دور انتهایی همچنان باقی مانده است. نتایج سایر پارامترها در جدول-۴ نشان داده شده است.

(جدول-۴): ارزیابی پارامترهای شبیه سازی روش پیشنهادی و روش LEACH و PEGASIS

ردیف	پارامتر	LEACH	PEGASIS	روش پیشنهادی
۱	میانگین سرخوشه در دورها	۶۰/۹۶	۵۹/۸۸	۵۲/۲۰
۲	میانگین تعداد بسته ارسال شده به ایستگاه پایه	۶۰/۹۶	۵۹/۸۸	۵۲/۲۰
۳	میانگین تعداد بسته ارسال شده به سرخوشه	۱/۰۹	۷۵/۹۵	۵۳/۵۲
۴	آخرین دور زنده بودن	۱۰۸	۳۱۸	۸۶۴

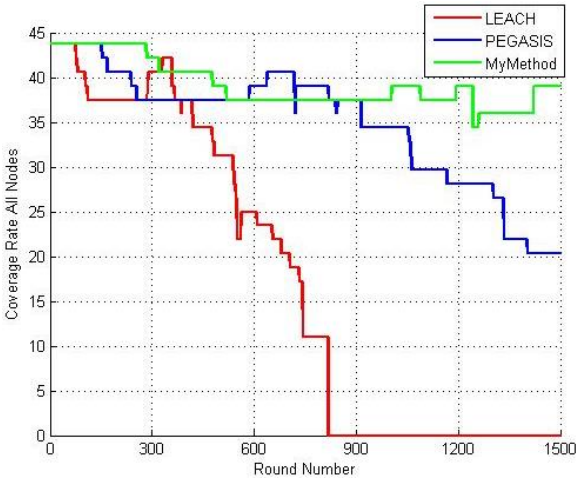
طبق نتایج ارایه شده در (جدول-۴) میانگین سرخوشه در دورهای مختلف در روش پیشنهادی ۵۲/۲۰ بوده است ولی در روش‌های LEACH و PEGASIS به ترتیب ۶۰/۹۶ و ۵۹/۸۸ است. همچنین میانگین تعداد بسته ارسال شده به ایستگاه پایه در روش پیشنهادی ۵۲/۲۰ بوده ولی در روش‌های LEACH و PEGASIS ۵۰/۹۶و ۵۹/۸۸ بوده، میانگین تعداد بسته ارسال شده به سرخوشه در روش پیشنهادی ۵۳/۵۲ بوده و در مقابل روش‌های LEACH و PEGASIS با اختلاف زیادی با میانگین ۱/۰۹ و ۷۵/۹۵ در هر دور قرار دارد. همچنین تعداد دور حیات شبکه‌ها با یکدیگر اختلاف داشته در روش‌های LEACH و PEGASIS به ترتیب ۱۰۸ و ۳۱۸ است و در روش پیشنهادی ۸۶۴ است.

ارزیابی سوم: برای اثبات کارایی سیستم ارزیابی دیگر ترتیب داده شده است. در این ارزیابی تعداد گره‌های حسگر ثابت نگه داشته و محیط شبیه سازی دو برابر شد یعنی یک محیط با طول و عرض ۲۰۰ متر همچنین محل ایستگاه پایه به مختصات ۵۰ و ۴۰۰ تغییر داده و شبیه‌سازی به انجام رسید تا نتایج آن مورد ارزیابی قرار گرفت. در (شکل-۱۰) مقایسه تعداد گره‌های زنده در دورهای مختلف به انجام رسیده است.



(شکل-۱۰): ارزیابی تعداد گره های زنده روش پیشنهادی و روش LEACH و PEGASIS در محیط ۲۰۰ متر مربع و ۱۰۰ گره حسگر

همانگونه که در (شکل-۱۰) نشان داده شده است روش‌های LEACH و PEGASIS در دور ۸۱۷ و تا انتهای ۱۵۰۰ به انتهای حیات خود رسیده است و تا این دور گره زنده برای فعالیت داشته است هرچند تا این دور و تقریبا از دورهای ابتدایی تعداد گره‌های زنده کمتری در روش‌های LEACH و PEGASIS به نسبت روش پیشنهادی وجود داشته است ولی باید در نظر داشت که در روش پیشنهادی حیات شبکه تا دور ۱۵۰۰ و حتی بیشتر از PEGASIS ادامه داشته است و این ادامه حیات در مواقع حساس بسیار تاثیرگذار است. میزان پوشش مقایسه‌ای بین روش پیشنهادی و روش‌های LEACH و PEGASIS در (شکل-۱۱) نشان داده شده است.



(شکل-۱۱): ارزیابی درصد پوشش روش پیشنهادی و روش LEACH و PEGASIS در محیط ۲۰۰ متر مربع و ۱۰۰ گره حسگر

همانگونه که در (شکل‌های ۱۰-۴) نشان داده شده است پوشش ۴۳ درصدی منطقه در روش LEACH و PEGASIS برابر با روش پیشنهادی در ابتدا شبیه سازی و در دورهای ابتدایی است و در مواقعی که پوشش توسط روش پیشنهادی حدود ۳۸ درصد بوده است روش‌های LEACH و PEGASIS همچنان ۴۳ درصدی را دارا بوده است ولی این پوشش بالاتر تا دورهای بسیاری بعد از پوشش ۲۰ توسط روش LEACH و PEGASIS ادامه داشته است و این بهبود تا دور انتهایی همچنان باقی مانده است. نتایج سایر پارامترها در (جدول‌های ۶-۴) نشان داده شده است.

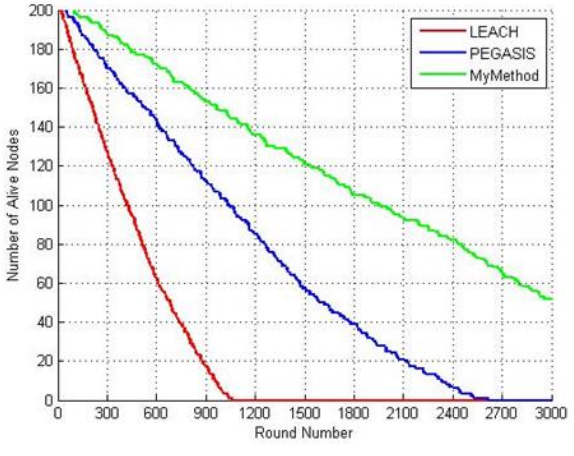
(جدول-۵): ارزیابی پارامترهای شبیه سازی شده روش پیشنهادی و روش LEACH و PEGASIS در محیط ۲۰۰ متر مربع با ۱۰۰ گره

ردیف	پارامتر	LEACH	PEGASIS	روش پیشنهادی
۱	میانگین سرخوشه در دورها	۳/۳۶۹۶	۳/۴۶۰۷	۳/۶۵۷۳
۲	میانگین تعداد بسته ارسال شده به ایستگاه پایه	۳/۳۶۹۶	۳/۴۶۰۷	۳/۶۵۷۳

۳	میانگین تعداد بسته ارسال شده به سرخوشه	۱۶۴/۷۱۵۵	۱۲۳/۵۹۲۷	۹۳/۳۲۸۴
۴	آخرین دور زنده بودن	۸۱۷	۱۵۰۰	۱۵۰۰

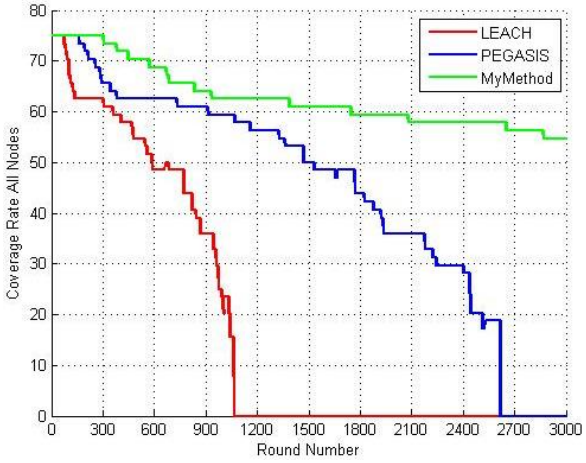
طبق نتایج ارایه شده در (جدول-۵) میانگین سرخوشه در دورهای مختلف در روش پیشنهادی ۳/۶۵۷۳ بوده است ولی در روش‌های LEACH و PEGASIS ۳/۴۶۰۷ و ۳/۳۶۹۶ بوده است. همچنین میانگین تعداد بسته ارسال شده به ایستگاه پایه در روش پیشنهادی ۳/۶۵۷۳ بوده ولی در روش‌های LEACH و PEGASIS ۳/۳۶۹۶ و ۳/۴۶۰۷ بوده، میانگین تعداد بسته ارسال شده به سرخوشه در روش پیشنهادی ۹۳/۳۲۸۴ بوده و در مقابل روش‌های LEACH و PEGASIS با اختلاف زیادی با میانگین ۱۶۴/۷۱۵۵ و ۱۲۳/۵۹۲۷ در هر دور قرار دارد. همچنین تعداد دور حیات شبکه ها با یکدیگر اختلاف بسیار بالایی داشته در روش‌های LEACH و PEGASIS ۸۱۷ و ۱۵۰۰ است و در روش پیشنهادی ۱۵۰۰ است.

ارزیابی دوم: در این ارزیابی تعداد گره‌های حسگر به ۲۰۰ افزایش داده و محیط شبیه سازی ثابت نگه داشته شد. یعنی یک محیط با طول و عرض ۲۰۰ متر، تعداد گره حسگر ۲۰۰ عدد، همچنین محل ایستگاه پایه مختصات ۵۰ و ۴۰۰ در نظر گرفته شد. شبیه‌سازی به انجام رسید و نتایج آن مورد ارزیابی قرار گرفت. در (شکل-۱۲) مقایسه تعداد گره‌های زنده در دورهای مختلف به انجام رسیده است.



(شکل-۱۲): ارزیابی تعداد گره های زنده روش پیشنهادی و روش LEACH و PEGASIS در محیط ۲۰۰ متر مربع و ۲۰۰ گره حسگر

همانگونه که در (شکل‌های ۱۱-۴) نشان داده شده است روش‌های LEACH و PEGASIS در دور ۱۰۶۳ و ۲۶۱۶ انتهای حیات خود رسیده است و تا این دور گره زنده برای فعالیت داشته است هرچند تا این دور و تقریبا از دورهای ابتدایی در هیچ دوره‌ای تعداد گره‌های زنده بالاتری در روش LEACH و PEGASIS به نسبت روش پیشنهادی وجود نداشته است ولی باید در نظر داشت که در روش پیشنهادی حیات شبکه تا دور ۳۰۰۰ ادامه داشته است و این ادامه حیات در مواقع حساس بسیار تاثیرگذار است. میزان پوشش مقایسه‌ای بین روش پیشنهادی و روش‌های LEACH و PEGASIS در (شکل-۱۳) نشان داده شده است.



(شکل-۱۳):ارزیابی درصد پوشش روش پیشنهادی و روش LEACH و PEGASIS در محیط ۲۰۰ متر مربع و ۲۰۰ گره حسگر

همانگونه که در (شکل-۱۳) نشان داده شده است پوشش ۷۲ درصدی منطقه در روش‌های LEACH و PEGASIS با روش پیشنهادی در ابتدا شبیه سازی و در دورهای ابتدایی برابر است و در مواقعی که پوشش توسط روش پیشنهادی به ۶۰ درصد تقلیل پیدا نموده است روش‌های LEACH و PEGASIS نیز پوشش ۴۰ تا ۵۰ درصدی را دارا بوده است ولی پوشش بالاتر روش پیشنهادی به نسبت روش‌های LEACH و PEGASIS تا دورهای انتهایی ادامه داشته است و این بهبود تا دور انتهایی همچنان باقی مانده است. نتایج سایر پارامترها در (جدول‌های ۷-۴) نشان داده شده است.

(جدول-۶):ارزیابی پارامترهای شبیه سازی شده روش پیشنهادی و روش LEACH و PEGASIS در محیط ۲۰۰ متر مربع با ۲۰۰ گره

ردیف	پارامتر	LEACH	PEGASIS	روش پیشنهادی
۱	میانگین سرخوشه در دورها	۵/۳۱۰۴	۵/۲۳۳۹	۶/۷۱۲۰

۲	میانگین تعداد بسته ارسال شده به ایستگاه پایه	۵/۳۱۰۴	۵/۲۳۳۹	۶/۷۱۲۰
۳	میانگین تعداد بسته ارسال شده به سرخوشه	۱۴۴/۷۸۰۶	۱۷۸/۳۰۲۵	۱۰۸/۱۸۹۹
۴	آخرین دور زنده بودن	۱۰۶۳	۲۶۱۶	۳۰۰۰

طبق نتایج ارایه شده در (جدول-۶) میانگین سرخوشه در دورهای مختلف در روش پیشنهادی ۶/۷۱۲۰ بوده است ولی در روش‌های LEACH و PEGASIS ۵/۳۱۰۴ و ۵/۲۳۳۹ بوده است. همچنین میانگین تعداد بسته ارسال شده به ایستگاه پایه در روش پیشنهادی۶۰/۷۱۲۰ بوده ولی در روش‌های LEACH و PEGASIS ۵/۳۱۰۴ و ۵/۲۳۳۹ بوده، میانگین تعداد بسته ارسال شده به سرخوشه در روش پیشنهادی ۱۰۸/۱۸۹۹ بوده و در مقابل روش‌های LEACH و PEGASIS با اختلاف زیادی با میانگین ۱۷۸/۳۰۲۵و ۱۴۴/۷۸۰۶ در هر دور قرار دارد. همچنین تعداد دور حیات شبکه ها با یکدیگر اختلاف بسیار بالایی داشته در روش‌های LEACH و PEGASIS ۱۰۶۳ و ۲۶۱۶ است و در روش پیشنهادی ۳۰۰۰ است.

۵- نتیجه‌گیری و پژوهش‌های آتی

جمع‌آوری داده‌ها در شبکه‌های حسگر بی‌سیم در یک مدت زمان حداکثری را به عنوان هدف اصلی مقاله می‌توان معرفی کرد. روش‌های مبتنی بر خوشه برای برنامه‌های کاربردی با نظارت مستمر مناسب هستند. در این مقاله یک روش مبتنی بر خوشه‌بندی و انتخاب مناسب سرخوشه مبتنی بر الگوریتم فاخته و ژنتیک در گره‌ها ارائه شده است. در واقع الگوریتم پیشنهادی جهت تبادل اطلاعات روی روش پایه LEACH و PEGASIS ارایه شده است و در آن از مکانیزم جستجو فاخته برای تشخیص و تعیین نحوه گره‌های عضو و خوشه‌بندی استفاده شده است. در روش ارایه شده دو پارامتر اعداد تصادفی و میزان انرژی دو مرحله‌ای هر گره به این معنی که میانگین میزان انرژی همسایگان یک گره و همسایه‌های همسایگان آن گره، با توجه به فاصله بین گره‌ها تا خوشه‌ها و همچنین فاصله همه آن‌ها تا گره جمع‌کننده تاثیر گذار هستند. این پارامترها در تابع هدف روش پیشنهادی به عنوان تعیین کننده خوشه‌ها در برابر برش اکتشافی و کشف سرخوشه روش‌ها استفاده شده و بدین وسیله وضعیت هر گره مشخص می‌گردد و سایر قسمت‌های خوشه‌بندی و ارسال روش نیز به مانند روش پایه است. بعد از تشریح روش ارایه شده به شبیه‌سازی روش پرداخته و سپس در انتها نیز ارزیابی برروی سه سناریو مختلف با روش پایه انجام شده است. ارزیابی صورت گرفته براساس تعداد گره‌های زنده در دورهای مختلف و منطقه تحت پوشش به همراه چند پارامتر اساسی شبکه‌های حسگر بوده است. در ارزیابی‌های انجام شده روش پیشنهادی در دورهای ابتدایی در تعداد گره‌های زنده و منطقه تحت پوشش از روش LEACH و PEGASIS بالاتر یا برابر بوده است ولی میزان حیات روش پیشنهادی به نسبت روش LEACH و PEGASIS بالاتر بوده است به طوری که این اختلاف در محیط ۲۰۰ متر مربع و ۲۰۰ گره حسگر ۳۸۴ دور به نسبت PEGASIS و ۱۹۳۷ دور به نسبت LEACH بیشتر بوده است و در محیط ۱۰۰ متر مربع با ۱۰۰ گره به ۳۴۶ دور به نسبت PEGASIS و در همین محیط به ۷۵۶ دور به نسبت LEACH رسیده است. همچنین در مقایسه پارامترها تعداد بسته‌های ارسالی کمتر در روش پیشنهادی مزیت صرفه‌جویی در انرژی گره‌ها را اثبات می‌نماید.

برای تحقیقات آینده، می‌توان بر بهبود عملکرد خوشه‌بندی با الگوریتم‌های تکاملی، کاهش پیچیدگی محاسباتی روش پیشنهادی و اعتبارسنجی پروتکل پیشنهادی در سناریوهای مختلف با سینک‌های متحرک واحد و چندگانه را پیشنهاد نمود. بیشینه‌کردن طول عمر شبکه مهمترین هدف بهینه‌سازی‌ها است.

۶ – مراجع

[1] Lin.Y, Chou.Z, Yu.C, Jan.R, (2015), *"Optimal and Maximized Configurable Power Saving Protocols for Corona-Based Wireless Sensor Networks", IEEE Transactions On Mobile Computing, Vol. 14, No. 12, pp: 2544-2559.*

[2] Pughat, Vidushi Sharma.(2014). *"A Survey on Dynamic Power Management Approach in Wireless Sensor Networks", Power India International Conference (PIICON), 2014.*

[3] Yuichi Ohsita, Takashi Miyamura, Shin'ichi Arakawa, Shohei Kamamura, Daisaku Shimazaki, Kohei Shiomoto, Atsushi Hiramatsu, Masayuki Murata.(2015). *"Aggregation of traffic information for hierarchical routing reconfiguration", Computer Networks 76 (2015) 242–258.*

[4] Bahi J, Haddad M, Hakem M and Kheddouci H.(2011)." Distributed Lifetime Optimization inWireless Sensor Networks". *2011 IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications.*

[5] El Khediri, Salim, Nejah Nasri, Rehan Ullah Khan, and Abdennaceur Kachouri. "An Improved Energy Efficient Clustering Protocol for Increasing the Life Time of Wireless Sensor Networks." Wireless Personal Communications 116, no. 1 (2021): 539-558.

[6] Safa'a, S. Saleh, Tamer F. Mabrouk, and Rana A. Tarabishi. "An improved energy-efficient head election protocol for clustering techniques of wireless sensor network (June 2020)." Egyptian Informatics Journal (2021).

[7] Daanoune, Ikram, Abdennaceur Baghdad, and Abdelhakim Ballouk. "An enhanced energy-efficient routing protocol for wireless sensor network." International Journal of Electrical & Computer Engineering (2088-8708) 10, no. 5 (2020).

[8]Rahman.A, Alharby.A, Hasbullah.H, Almuzaini.K, (2016), *"Corona based deployment strategies in wireless sensor network: A survey", journal of Network and Computer Applications 64, pp: 176–193.*

[9] Dowlatdad.F , Abouei.J, Saadat.R and Anpalagan.A, (2015), *"A Markov-Middleton Model for Corona Noise in WSN Transmission Line Monitoring", IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC).*

[10] Halder.S, Das Bit.S, *"Design of an Archimedes' spiral based node deployment scheme targeting enhancement of network lifetime in wireless sensor networks", ScienceDierct Journal of Network and Computer Applications 47, pp: 147–167.*

[11] Carmona.C, Alorda.B, Ribot.M, (2014), *"Energy consumption savings in ZigBee-based WSN adjusting power transmission at application layer", International Workshop on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation (PATMOS).*

[12]Selvakanmani S and Sumathi M.(2012). *"A REVIEW OF ROUTING PROTOCOLS FOR MOBILE COGNITIVE RADIO AD HOC NETWORKS". Computer Science : Networking and Internet Architecture.*

[13] V. Kumar, A. Kumar, Gaurav and M. Singh, "Improving network lifetime & reporting delay in wireless sensor networks using multiple mobile sinks," in 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), New Delhi, 2016.

[14] E. Fadel , V.C. Gungor , L. Nassef , N. Akkari , M.G.A. Malik , S. Almasri , et al. , A survey on wireless sensor networks for smart grid, Comput. Commun. 71 (2015) 22–33.

[15] Yu-Chee Tseng and Fang-Jing Wu. (2013), *"Opportunistic data collection for disconnected wireless sensor networks by mobile mules", Ad Hoc Networks, 11(3) pp 1150–1164.*

[16] Kriti Saini, Parveen Kumar, and Sharma, J. (2013)," A Survey on Data Aggregation Techniques for Wireless Sensor Networks", International Journal of Advanced Research in Computer En gineering &Technology, 2(3).

[17] Nisha Saini; Aashima Singla A Wireless Sensor Networks Routing Protocols Survey for Energy Efficiency Techniques, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering , Volume 4, Issue 4, April 2014.

[18] Kunkunuru Udaykumar, Tamizharasi Thirugnanam.(2015).” Analysis of Various Clustering Algorithms in Wireless Sensor Network”. Kunkunuru Udaykumar et al, / (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, Vol. 6 (2) , 2015, 1685-1691.

[19] Abdulaziz Alsayyari, Adaptive Simulated Evolution based Approach for Cluster Optimization in Wireless Sensor Networks, (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 9, No. 8, 2018.

[20] Fadel, E., Muhammad Faheem, Vehbi C. Gungor, Laila Nassef, N. Akkari, Muhammad Ghulam Abbas Malik, Suleiman Almasri, and Ian F. Akyildiz. "Spectrum-aware bio-inspired routing in cognitive radio sensor networks for smart grid applications." Computer Communications 101 (2017): 106-120.

[21]Rajabioun, Ramin. "Cuckoo optimization algorithm." Applied soft computing 11, no. 8 (2011): 5508-5518.

محدثه آژ مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار در سال ۱۳۹۳ و کارشناسی ارشد خود را در رشته کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی در سال ۱۳۹۸ از از موسسه آموزش عالی بهمنیار کرمان اخذ کرده است. نشانه رایا نامه ایشان عبارتند از :

Aj_1400@yahoo.com

لیدا ندرلو مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی فناوری اطلاعات گرایش خدمات رایانه در شهرداری در سال ۱۳۹۴ از دانشگاه علمی کاربردی زنجان اخذ نموده و اکنون (سال۱۴۰۰) دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی در موسسه آموزش عالی روزبه زنجان می‌باشد. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان عبارتند از: داده‌کاوی، سیستم پزشک‌یار، الگوریتم‌های بهینه‌سازی و احراز هویت. نشانه رایانامه ایشان عبارتند از :

lidanaderlou@gmail.com

زهرا طیبی قصبه مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار در سال۱۳۹۰ از موسسه آموزش عالی احرار رشت و کارشناسی ارشد خود را در رشته کامپیوتر گرایش نرم‌افزار در سال ۱۳۹۲ از دانشگاه پیام‌نور تهران واحد شمیرانات اخذ کرده است. ایشان در حال حاضر به عنوان مدرس دانشگاه پیام نور گیلان، رشت در رشته های تخصصی کامپیوتر، ریاضی و آمار مشغول به کار است.زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان: رایانش‌ابری، شبکه‌های حسگر، داده‌کاوی و امنیت داده‌های همگن، امنیت و مجازی‌سازی، الگوریتم‌های بهینه-سازی، امنیت در بانکداری، هوش مصنوعی در تشخیص نفوذ شبکه. نشانه رایانامه ایشان عبارتند از :

Tayyebi.shiva@gmail.com

روش ارجاع به مقاله : م. آژ، ل. ندرلو، ز. طیبی قصبه ، ارائه یک رویکرد جدید خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به منظور بالا بردن بهره‌وری انرژی مبتنی بر الگوریتم‌های بهینه‌سازی فاخته و عملگر ترکیب ژنتیک، دوفصلنامه محاسبات و سامانه های توزیع شده، سال چهارم، شماره اول، شماره پیاپی ۷، صفحه ۵۱ تا ۶۶، سال ۱۴۰۰.

How to cite: Mohadese Aj, Lida Naderloo and Zahra Tayyebi Qasabeh. A New Energy Efficient Clustering Method for Wireless Sensor Networks Based on Cuckoo Optimization Algorithms and Genetic Composition Operator, Journal of Distributed Computing and Systems(JDCS), Vol 4, Issue 1, Page 51-66, 2021.