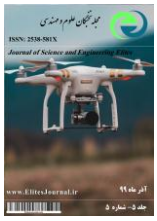
مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
جلد ۵- شماره ۵- سال ۱۳۹۹
www.ElitesJournal.ir



# خوشه بندی پویا برای کاهش مصرف انرژی شبکه حسگر بی سیم با استفاده از روش (F-WU- ARO)

صفورا اخلاقی[1*]، محمدباقر منهاج[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، نرم افزار، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

۲- استاد، گروه برق، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ایران

*Safoura.Akhlaghi@gmail.com

ارسال: آبان ماه ۹۹ پذیرش: آذر ماه ۹۹

## چکیده

شبکه های حسگر بی سیم نوع خاصی از شبکه های کامپیوتری هستند که در آن تعداد زیادی گره حسگر در یک محدوده معین پخش شده اند. هدف این گره ها، کشف رخدادهای محیطی و ارسال داده ها به گره ای به نام سینک یا ایستگاه پایه است. اصلی ترین محدودیت این شبکه ها در منبع انرژی گره های حسگر است، از اینرو تحقیقات به دنبال راهی برای استفاده موثر از منبع انرژی گره ها و افزایش طول عمر شبکه می باشد. یک راه حل بهبود کارایی عمومی شبکه و توزیع یکنواخت انرژی در آن، خوشه بندی گره های شبکه است. در مسیریابی پی در پی بر مبنای خوشه بندی، مسئولیت بر عهده سرخوشه ها می باشد که این امر موجب افزایش مصرف انرژی در سرخوشه ها می شود. در این مقاله الگوریتمی جدید با استفاده از الگوریتم تکاملی ARO ارائه نموده ایم که وظیفه خوشه‌بندی پویای سیستم را برعهده دارد و بر اساس روش فازی سازی بهترین تصمیم برای انتخاب سرخوشه به منظور کاهش مصرف انرژی صورت می پذیرد. در این تحقیق دو حالت برای گره های حسگر در نظر گرفته شده است. حالت اول مکان گره ها ثابت و حالت دوم گره ها متحرک هستند. نتایج حاصل از ارزیابی نشان می دهد با توجه به تعداد داده های ارسالی، انرژی باقیمانده کل شبکه هنگام مرگ اولین ، میانه و آخرین گره در روش پیشنهادی ترکیبی F_WU_ARO در مقایسه با روشهای F_WU_GA و F_WU_PSO،کاهش یافته و این کاهش با توجه به حجم زیاد داده های ارسالی در حالتی که گره ها متحرک هستند نیز قابل مشاهده می باشد.

**کلمات کلیدی: روش بهینه‌سازی ARO، شبکه حسگر بی سیم، کاهش مصرف انرژی، الگوریتم‌های فازی، انرژی آگاه و بافر.**

## ۱- مقدمه

شبکه‌های حسگر بی سیم به دلیل هزینه کم و ارتباطات آسان، امروزه در بسیاری از کاربردها برای فعالیت‌های نظارتی در محیط‌های مختلف استفاده می‌شوند. حسگرها در این شبکه‌ها از یک منبع تغذیه محدود استفاده می‌کنند که پس از اتمام آن، به دلیل غیر قابل تجدید بودن این منابع، عمر شبکه به پایان می‌رسد. برای استفاده بیشتر و افزایش عمر این نوع شبکه‌ها، محققان همواره به دنبال روش‌هایی هستند که بتوان به وسیله آن‌ها مصرف انرژی را کاهش داد. بیشتر انرژی مصرفی این شبکه‌ها صرف انتقال داده‌ها می‌شود. روش‌های خوشه‌بندی کردن گره‌های حسگر یکی از بهترین روش‌هایی است که می‌تواند عمر شبکه را به نسبت قابل توجهی افزایش

دهد. نحوه ساخت خوشه، روش‌های انتخاب سرخوشه و نحوه انتقال داده‌ها از جمله مسائلی هستند که در میزان مصرف انرژی نقش دارند.

خوشه بندی یکی از تکنیک های مهم برای حل مشکل انرژی در شبکه های حسگر بی سیم است که به عنوان یکی از روشهای آنالیز و ساده سازی مجموعه داده های بزرگ، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. در خوشه بندی، هدف کاهش فاصله درون خوشه ای و افزایش فاصله بین خوشه ای می باشد که هدف اصلی کمینه کردن تابع هدفی است که به خدمت گرفته می شود تا اینکه فاصله نقاط داده ای تا مراکز خوشه ها را بر اساس فاصله اقلیدسی به حداقل برساند. از این رو الگوریتم های خوشه بندی توانمند، الگوریتم هایی هستند که بتوانند بر روی مجموعه داده های مختلف، مقدار این معیار را به حداقل رسانند. الگوریتم های خوشه بندی زیادی در طی سالیان اخیر برای استخراج دانش ارائه شده اند. اگرچه بیشتر آنها برای مجموعه داده های مختلف کارا می باشند، ولی در موارد پیچیده و دشوار دقت خوشه بندی خوبی را ارائه نمی دهند[۱]. مطالعات نشان می دهد که بهترین الگوریتم برای استفاده در مورد همه ی مجموعه داده ها وجود ندارد. یکی از دلایل اصلی این موضوع، طبیعت مجموعه داده هاست. خوشه‌بندی داده‌ها جزء مسائل NP می‌باشد. یافتن راه حل برای مسائلی که از نوع NP می‌باشند بسیار مشکل است. الگوریتم‌هایی از جمله الگوریتم‌های هوش جمعی تا حدی این مشکل را حل نموده‌اند. توسط این نوع الگوریتم‌ها راه حلهایی پیدا می‌شوند که تقریباً به جواب نزدیکند. در طی سال های اخیر الگوریتم های فرااکتشافی در زمینه استخراج دانش بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. پیشنهاد کاربردی در این مقاله الگوریتم خوشه بندی مبتنی بر الگوریتم الهام گرفته از تولید مثل غیر جنسی برای حل مسئله خوشه بندی داده ها است که هدف آنها خوشه بندی موثر داده ها و بالا بردن توانایی این الگوریتم در پیدا کردن راه حل بهینه برای مسئله است. در این تحقیق با استفاده از الگوریتم ARO[1] نوعی خوشه بندی را پیشنهاد می دهیم که مناسب و کاربردی برای محیط های پویا و متغیر باشد[۲]. در این راه سعی می شود که با استفاده از شیوه های برخورد با محیط های پویا، داده های پویا را خوشه بندی کنیم و در هر لحظه این خوشه بندی به روزرسانی شود و تغییرات محلی در خوشه بندی اعمال شود. اولین و معروفترین روش مبتنی بر خوشه بندی روشی بود که LEACH خوانده می شود. این روش به عنوان اولین روش دسته بندی کردن گره های حسگر پیشنهاد گردید[۳] .در این روش به منظور انتخاب سرگروه هر خوشه، از یک آستانه استفاده می شود. بهینه‌سازی ازدحام ذرات توسط کندی [۴و۵] برای مسائل خوشه‌بندی ارائه شده که عملکرد بهتری برخلاف K-means به دست آورده بودند. Ozturk و همکاران [۶]، یک تابع هدف جدید و رضایت بخشی را بهبود داده و خوشه‌ها را به خوبی جدا و به هم پیوسته کرده است. علاوه بر این، (Aco)[2] بهینه‌سازی کلونی مورچه نیز برای مسئله خوشه‌بندی استفاده شده است[۷]. این روشن و واضح است که تعداد خوشه‌ها را نمی‌توان به راحتی در بسیاری از برنامه‌های کاربردی دنیای واقعی و مجموعه داده‌ها مشخص کرد. در تحقیقی دیگر یک الگوریتم ترکیبی شامل الگوریتم ژنتیک و بهینه سازی ذرات برای غلبه بر مشکل همگرایی الگوریتم pso[3] پیشنهاد دادند. با این حال بر اساس تنها فاصله اقلیدسی که بسیار مناسب برای مسئله خوشه‌بندی پویا نمی‌باشد، تابع تطابق هدف به کار گرفته شده است [۸]. در سال ۲۰۱۰ یک الگوریتم خوشه‌بندی تکاملی تفاضلی اصلاح شده بر اساس اطلاعات بهترین موقعیت‌های محلی و جهانی پیشنهاد کردند که به طور اتوماتیک اطلاعات را از سنجش از راه دور تصاویر استخراج می‌نماید[۹]. Das و همکاران [۱۰-۱۱] الگوریتم های مبتنی بر تکامل تفاضلی (ACDE , AFDE) پیشنهاد کردند که در آن پارامترهای مقیاس F و نرخ تقاطع به طور انطباقی مشخص می شود. Shukri و همکاران[۱۲] خوشه‌بندی بر مبنای الگوریتم‌های الهام‌گرفته از طبیعت را به عنوان یکی از حوزه‌هایی که به سرعت رشد می کنند،در نظر گرفته اند که هدف آن بهره‌گیری از چنین الگوریتم‌هایی جهت تدوین یک مساله خوشه‌بندی به عنوان یک مساله بهینه‌سازی است که در تحقیق خود قابلیت‌های جستجوی یک الگوریتم الهام‌گرفته از طبیعت به نام (MVO) را برای بهینه‌سازی مشکلات خوشه‌بندی در دو رویکرد مختلف استفاده کردند. Toumi و همکاران [۱۳] الگوریتم خوشه‌بندی پویا برای

[1] Asexual reproduction optimization
[2] Ant colony optimization
[3] Particle swarm optimization

ردیابی اهداف با سرعت بالا و متغیر (ATHVC) را پیشنهاد دادند که ردیابی هدف با شبکه‌های حسگر بی‌سیم، شناسایی و مکان‌یابی یک هدف در کل مسیر از طریق یک منطقه مورد نظر است. در تحقیق خود بررسی نمودند که شبکه‌های حسگر بی‌سیم به دلیل تطبیق پذیریشان می‌توانند در بسیاری از محیط‌های غیرقابل‌دسترس برای انسان مورد استفاده قرار گیرند . با این حال، با اندکی انرژی، آن‌ها نمی‌توانند برای همیشه فعال بمانند و این موضوع می‌تواند به طور قابل‌توجهی عمر شبکه را کاهش دهد .به همین دلیل تشکیل شبکه خوشه‌ای را به عنوان یک مکانیزم موثر در افزایش طول عمر شبکه در نظر گرفته اند و ساخت خوشه‌های دینامیکی بهینه در مسیر هدف را پیشنهاد دادند. Yuan و همکاران [۱۴] یک روش خوشه بندی پویا مبتنی بر الگوریتم ژنتیک به منظور افزایش طول عمرWSN پیشنهاد دادند. ماهیت پویای شبکه‌های حسگر بی‌سیم و تعداد زیادی از پیکربندی‌های ممکن برای خوشه‌بندی ، جستجوی ساختار بهینه شبکه یک چالش باز است. برای حل این مشکل، الگوریتمی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک ارائه کردند که چارچوبی برای بهینه‌سازی پویای خوشه‌های گره‌های حسگر بی‌سیم فراهم می‌کند. Nayak و همکاران [۱۵] یک الگوریتم خوشه بندی مبتنی بر منطق فازی برای گسترش طول عمر شبکه WSN پیشنهاد دادند. انتخاب صحیح خوشه موضوعی است که می‌تواند مصرف انرژی را به شدت کاهش دهد. روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی انرژی پایین (LEACH) مشهورترین پروتکل مسیریابی سلسله مراتبی است که در آن سرخوشه براساس یک مقدار آستانه احتمالی انتخاب می‌شود و تنها سرخوشه ها اجازه ارسال اطلاعات به ایستگاه پایه را دارند. اما در این رویکرد، یک (sch) در میان سرخوشه ها انتخاب شده که تنها با انتخاب توصیف‌کننده‌های فازی مناسب، مانند قدرت باتری باقی مانده، حرکت ایستگاه پایه و مرکزیت خوشه‌ها می‌توانند اطلاعات را به ایستگاه پایه متحرک ارسال نمایند و از موتور استنتاج فازی برای انتخاب سرخوشه استفاده کنند. تعادل مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم ناهمگن با استفاده از الگوریتم ژنتیک توسط Elhoseny و همکارانش ارائه شد[۱۶]. در یک شبکه حسگر بی سیم ناهمگن (WSN)، عواملی مانند انرژی اولیه ، توانایی پردازش داده ها و غیره تا حد زیادی بر طول عمر شبکه تأثیر می گذارد. با وجود موفقیت استراتژی های مختلف خوشه بندیWSN ، خوشه های حسگر بیشمار، جستجوی ساختار شبکه بهینه را به یک چالش باز تبدیل کرد. بر این اساس یک روش مبتنی بر الگوریتم ژنتیک را پیشنهاد کردند که خوشه بندی گره های حسگر ناهمگن را بهینه می کند. روشی نیز توسط Li و همکارانش برای تجزیه و تحلیل عملکرد و بهینه سازی برای انتقال موثر انرژی در شبکه حسگر بی سیم تصادفی پیشنهاد شد[۱۷]. یک الگوریتم خوشه‌بندی تطبیقی بر پایه بهینه‌سازی انبوه ذرات در شبکه‌های حسگر بی‌سیم پیشنهاد شد. در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، طول عمر شبکه‌ها مساله مهمی است. به منظور گسترش طول عمر شبکه، یک روش کارآمد برای کاهش مصرف انرژی شبکه‌های حسگر ارائه نمودند. به منظور تولید خوشه‌های آگاه از انرژی با انتخاب سرخوشه بهینه، یک الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات تطبیقی غیر خطی بهبود یافته پیشنهاد شده‌است[۱۸]. در تحقیقی، یک پروتکل خوشه‌بندی پویای بازده انرژی برای شبکه گیرنده بی‌سیم ارائه شده است که با استفاده از منطق فازی، سرخوشه انتخاب شده است. انتخاب سرخوشه متمرکز شده است اما جمع‌آوری داده‌ها توزیع شده است. این رویکرد نسبت به LEACH می‌تواند طول عمر شبکه حسگر را طولانی کند و همچنین می‌تواند تعداد بهینه خوشه را در هر دور به دست آورد. این الگوریتم ساده است و همچنین دارای بار محاسباتی کمتری است[۱۹]. Mohan با استفاده از الگوریتم ژنتیک خوشه‌بندی و محل سرخوشه‌ها را تعیین نمود به شیوه‌ای که مصرف انرژی حداقل باشد. انتخاب تصادفی سرخوشه‌ها در الگوریتم LEACH ممکن است باعث توزیع نامتعادل آن‌ها شود که این توزیع در الگوریتم پیشنهادی بهبود یافته است[۲۰].

### ۲- استفاده از الگوریتم های تکاملی در خوشه‌بندی داده‌ها

الگوریتم های بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت به عنوان روشهای هوشمند بهینه‌سازی در کنار روش‌های کلاسیک موفقیت قابل ملاحظه‌ای از خود نشان داده‌اند. از جمله این روش‌ها می‌توان به الگوریتم‌های ژنتیک (الهام گرفته از تکامل بیولوژیکی انسان و سایر موجودات)، بهینه سازی ازدحام ذرات (الهام گرفته از حرکت گروهی ماهیها و پرندگان) و الگوریتم بهینه سازی حیات مصنوعی ( شبیه سازی رفتارهای موجودات زنده در یک سیستم مصنوعی) اشاره کرد. این روش‌ها در حل بسیاری از مسائل بهینه‌سازی در

حوزه‌های مختلفی استفاده شده‌اند.با توجه به اینکه خوشه‌بندی داده‌ها جزء مسائل NP می‌باشد. یافتن راه حل برای مسائلی که از نوع NP می‌باشند بسیار مشکل است. الگوریتم‌هایی از جمله الگوریتم‌های هوش جمعی تا حدی این مشکل را حل نموده‌اند. توسط این نوع الگوریتم‌ها راه حلهایی پیدا می‌شوند که تقریباً به جواب نزدیکند. همچنان که بسیاری از مسائل بهینه‌سازی دنیای واقعی پیچیده‌تر می‌شوند، الگوریتم‌های بهینه‌سازی بهتری مورد نیاز می‌باشند تا بتوانند از میان یکسری راه حل‌های کاندید برای هر مسئله، بهترین راه حل را برگزینند. در سال‌های اخیر، گرایش محققان برای دستیابی به اهداف محاسباتی و بهینه‌سازی، بیشتر به سمت علوم طبیعی بوده تا از این الگوهای طبیعی برای مدل کردن محیط استفاده کنند.

**۲-۱- الگوریتم پرندگان (PSO)**

الگوریتم PSO یک الگوریتم جستجوی اجتماعی است که از روی رفتار اجتماعی دسته‌های پرندگان مدل شده است. اساس کار PSO بر این اصل استوار است که در هر لحظه هر ذره مکان خود را در فضای جستجو با توجه به بهترین مکانی که تاکنون در آن قرار گرفته است و بهترین مکانی که در کل همسایگی‌اش وجود دارد، تنظیم می‌کند. در PSO، ذرات در فضای جستجو جاری می‌شوند. تغییر مکان ذرات در فضای جستجو تحت تأثیر تجربه و دانش خودشان و همسایگانشان است. بنابراین موقعیت دیگر توده ذرات روی چگونگی جستجوی یک ذره اثر می‌گذارد. نتیجه‌ی مدل‌سازی این رفتار اجتماعی فرآیند جستجویی است که ذرات به سمت نواحی موفق میل می‌کنند. ذرات از یکدیگر می‌آموزند و بر مبنای دانش بدست آمده به سمت بهترین همسایگان خود می‌روند اساس کار PSO بر این اصل استوار است که در هر لحظه هر ذره مکان خود را در فضای جستجو با توجه به بهترین مکانی که تاکنون در آن قرار گرفته است و بهترین مکانی که در کل همسایگی‌اش وجود دارد، تنظیم می‌کند.

**۲-۲- الگوریتم ژنتیک (GA)**

الگوریتم ژنتیک (Genetic Algorithm - GA) تکنیک جستجویی برای یافتن راه‌حل تقریبی برای بهینه‌سازی و مسائل جستجو است. الگوریتم ژنتیک نوع خاصی از الگوریتم‌های تکامل است که از تکنیک‌های زیست‌شناسی مانند وراثت و جهش استفاده می‌کند.در واقع الگوریتم ژنتیک را برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کنند. الگوریتم‌های ژنتیک اغلب گزینه خوبی برای تکنیک‌های پیش‌بینی بر مبنای تصادف هستند. مختصراً گفته می‌شود که الگوریتم ژنتیک (یا GA) یک تکنیک برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می‌کند. مسأله‌ای که باید حل شود ورودی است و راه‌حل‌ها طبق یک الگو کدگذاری می‌شوند که تابع fitness نام دارد و هر راه حل کاندید را ارزیابی می‌کند که اکثر آنها به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند.

**۲-۳- الگوریتم تولید مثل غیرجنسی (ARO)**

ARO از تولید مثل غیر جنسی الهام گرفته است. تولید مثل غیر جنسی یک روش تولید مثل است که در آن یک ۱N (تعداد کروموزوم) سلول ، ۲ تا ۴ سلول با تعداد کروموزوم یکسان تولید می کند. این می تواند توسط شکافتن باینری یک مرحله متحرک و یا یک مرحله غیر متحرک انجام شود. تولید مثل غیر جنسی شامل تنها یکی از والدین است که اطلاعات ژنتیکی را به فرزندان خود منتقل می کند. این اشتراک اطلاعات ژنتیکی باعث می شود فرزندان با پدر و مادر یکسان باشند. این الگوریتم یکی از الگوریتم های جدید مبتنی بر یک فرد می باشد که از روش تولید مثل غیر جنسی الهام گرفته شده است که به عنوان یک پدیده زیستی جالب و مورد توجه شناخته می شود. در واقع ما می توانیم این الگوریتم را به عنوان یک الگوریتم تکاملی در نظر بگیریم که به صورت محاسباتی یا ریاضی روش جوانه زدن در تولید مثل غیر جنسی را مدل سازی می کند. در این الگوریتم والد از طریق اپراتورهای تولید مثل یک جوانه یا شکوفه را تولید می کند. پس از این تولید مثل و به وجود آمدن جوانه، والد و جوانه برای زنده ماندن با یکدیگر رقابت می کنند. معیار برتری در رقابت هم بر اساس شایستگی شان در تابع هدف مسئله بهینه سازی می باشد. در این الگوریتم والد و فرزندش برای زنده ماندن بر طبق یک شاخص کارایی یا یک تابع برازندگی به رقابت می‌پردازند. اگر فرزند رقابت

را برنده شود، والد طرد خواهد شد. از اینرو، فرزند جایگزین والد می‌شود و والد جدید می‌شود. در صورتیکه والد پیروز شود آنگاه، فرزند به دور خواهد افتاد. برخلاف الگوریتم‌های بر پایه جمعیت که انرژی زیادی (به عنوان مثال زمان) را برای استنتاج کردن صرف می‌کنند، ARO انرژی کمی را مصرف می‌کند که نتیجه آن یک زمان همگرایی سریع و قابل توجه است. این خصوصیت ARO آن را برای کاربردهای زمان واقعی بخصوص برای کنترل زمان واقعی ، پردازش سیگنال، داده کاوی و غیره، خیلی مناسب می‌سازد. در روش جدید پیشنهاد شده F_WU_ARO در این تحقیق شبکه حسگر بی سیمی تعریف شده، ۲۰۰ حسگر که حسگرها به طور تصادفی در یک محیط مربع شکل با ضلع ۱۰۰ متر به صورت یکنواخت توزیع شده است.

## ۳- اهداف و فرضیه ها

در روش پیشنهاد شده F_WU_ ARO که برمبنای الگوریتم ARO که یک روش بهینه‌سازی مسایل سخت می‌باشد، استفاده شده است که با ترکیب روش فازی اقدام به خوشه‌بندی پویای محیط شبیه سازی شده می‌کنند.

در روش جدید پیشنهاد شده F_WU_ ARO ، هر سرخوشه آدرس یا مکان خوشه‌های همسایه خود را دارد و می‌تواند در صورت نیاز داده‌های مربوطه را ارسال کند. همچنین فرضیات زیر در مراحل شبیه‌سازی لحاظ شده است.

- شبکه حسگر بی سیمی تعریف شده است با ۲۰۰ حسگر که حسگرها به طور تصادفی در یک محیط مربع شکل با ضلع ۱۰۰ متر به صورت یکنواخت توزیع شده است.
- دو حالت برای مکان گره های حسگر در نظر گرفته شده است . در حالت اول، مکان گره ها ثابت و فقط چند گره سیار وجود دارد و در حالت دوم، همه گره ها متحرک هستند و توانایی حرکت دارند.
- گره‌ها دارای انرژی اولیه یکسان هستند.
- انرژی باتری گره‌های حسگر محدود می‌باشد.
- هر گره حسگر پس از استقرار، موقعیت جغرافیایی خود را با استفاده از GPS و یا روش‌های دیگر از محل خود آگاه می‌شود که در سیستم پیش فرض مختصات همه نود ها را داریم.
- چاهک‌ها به دلیل قابلیت شارژ مجدد باتری، از نظر انرژی محدود نیستند و به عنوان جمع‌کننده جریان اطلاعات می‌باشند.
- گره‌های حسگر با چاهک از طریق یک محیط چندگامی ارتباط برقرار می‌کند.
- شبکه به چند خوشه تقسیم می‌شود.
- هر سرخوشه داده‌ها را جمع‌آوری و به چاهک ارسال می‌کند.
- مرکز خوشه از طریق الگوریتمهای ARO، GA و PSO محاسبه می شود.
- پارامترهای به کار رفته در جدول ۱ مشاهده می شود.

**جدول ۱- پارامترهای به کار رفته**

| نام پارامتر | مقدار |
|---|---|
| تعداد خوشه | ۱۰ |
| تعداد گره | ۲۰۰ |
| بازه شبکه | [۱۰۰ ۱۰۰] |
| بازه چاهک | [۵۰ ۵۰] |
| انرژی بیدار شدن گره | ٪۰.۱ |
| تعداد گره ی متحرک در حالت اول | ۵ |
| طول پیام | ۸ |
| مدت زمان حرکت | ۲۰ |
| ضریب صف (Landa_que) | ۲^۵ |

| | |
|---|---|
| تعداد صف(mue_que) | ۵ |
| بافر | ۱۰ |

### ۳-۱- الگوریتم پیشنهادی

در روش پیشنهاد شده مبتنی بر ترکیب سه الگوریتم قدرتمند فازی، انرژی آگاه و بافر می‌باشد که خوشه‌بندی آن مبتنی بر الگوریتم ARO می‌باشد. برای پیاده سازی پیدا کردن کمترین مسافت طی شده در الگوریتم با استفاده از سنجش مسافت‌های سرخوشه‌ها و نودهای سیار و همچنین میزان انرژی هر نود در مسیر پیموده شده می‌باشد. روش کار به این صورت است که کل فضای سیستم نودها با روش ARO خوشه‌بندی می‌شود و سرخوشه‌ها با توجه به معیارهای (انرژی نود، فاصله تا سینک، میزان چگالی و میزان نزدیکی به مراکز خوشه) انتخاب می‌شود این انتخاب به گونه ای است که سعی می‌کنند کل فضای محیط نودها به یک صورت مناسب توزیع شوند و از ایجاد گرسنگی در قسمت‌هایی از محیط جلوگیری می‌کنند و از مرگ زود هنگام جلوگیری می‌کنند. همچنین باعث می شود توزیع یکسان بار شبکه به صورت مناسبی انجام می‌گیرد.

بعد از خوشه‌بندی ، نودی که آماده انتقال اطلاعات به سینک است مسیر خودش را با توجه به نودهای سیار و نودهای ثابت و میزان انرژی مصرفی در طی مسیر را محاسبه می‌کنند و مسیر را طی می‌کنند . در این مسیر نودها شامل بافرهای هستند که پیام‌های دریافتی را اولویت بندی و ذخیره سازی می‌کنند و این بافر کردن باعث حفظ بسته‌های ارسال شده می‌شود و همچنین برای تنظیم انرژی شبکه، یک تابع بیدار شونده در نودها تعیین شده است که باعث می‌شود در زمانی که نودها نیاز به ارسال داده نداشته باشند و یا بافر آن نود به اندازه پر نشده به خواب برود تا مصرف انرژی مناسبی داشته باشد.

سیستم در شرایط زیر به حالت تنظیم مجدد خوشه‌بندی میرسد.

- چناچه نودی در شبکه از بین برود.
- چناچه نودهای سیار خارج از خوشه خود قرار گرفته باشد.
- هنگامی که شبکه در انتقال‌های خود دچار افت انرژی شود که این به انتشار پیام‌های خود در حالت‌های قبل بستگی دارد که در نسل‌های قبلی چقدر انرژی مصرف می‌شد و الان چقدر مصرف می‌شود.

در روش پیشنهادی این تحقیق دو حالت فرض شده است . حالت اول، گره حسگر ثابت هستند و مجهز به یک دستگاه GPS است که مکان و موقعیت جغرافیایی خود را پیدا می‌کند. یک چاهک مرکزی داریم و شبکه خوشه‌بندی شده و هر خوشه سرخوشه دارد و گره‌هایی به صورت متحرک هستند. حالت دوم، همه گره ها متحرک هستند و توانایی حرکت دارند. حسگرهایی که دارای داده آماده برای ارسال هستند، آن را به سرخوشه ارسال می‌کنند و سرخوشه داده‌ها را برای همسایه‌های کناری خودش خواهد فرستاد.

این روش مبتنی بر الگوریتم فازی صورت می‌گیرد طوری که مسیر حرکتی چاهک و همچنین اطلاعات و بسته‌های گره‌ها با ایجاد یک قوانین یادگیری شده از حرکت‌های پیشین خود بسته‌ها ارسال خواهد شد . برای پیاده سازی روش بالا با استفاده از یک مسافت طی شده (تعداد گره‌های دیده شده و همچنین انرژی سرخوشه و تعداد بافرهای خالی) به یک روش فازی می‌فرستیم تا بهترین گره را از میان مسیرهای انتخاب شده را به ما بدهد.

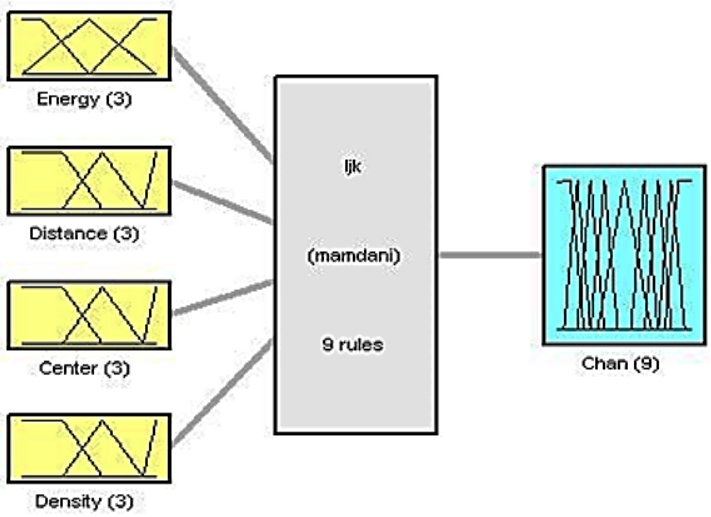
### ۳-۲- خوشه‌بندی گره‌ها و انتخاب سرخوشه‌ها

در این پژوهش از یک الگوریتم بهینه‌سازی جدید مبتنی بر شخص را که از یک تولید مثل غیرجنسی شناخته شده به عنوان یک پدیده بیولوژیکی قابل توجه، به نام بهینه‌سازی تولید مثل غیرجنسی (ARO) الهام گرفته، استفاده شده است. روش کار سیستم ARO به این صورت می‌باشد که ابتدا جمعیت اولیه بسته به حد پایین و حد بالا به صورت تصادفی تولید می‌شود سپس تابع هزینه این جمعیت محاسبه می‌شود . در اینجا تابع هزینه میزان فاصله مراکز خوشه با داده‌های داخل خوشه می‌باشد که هر چقدر این میزان کمتر باشد جمعیت بهتری است و دقیقتر مراکز خوشه‌ها انتخاب شده است. سپس در یک حلقه قرار می‌گیرد تا به نتایج

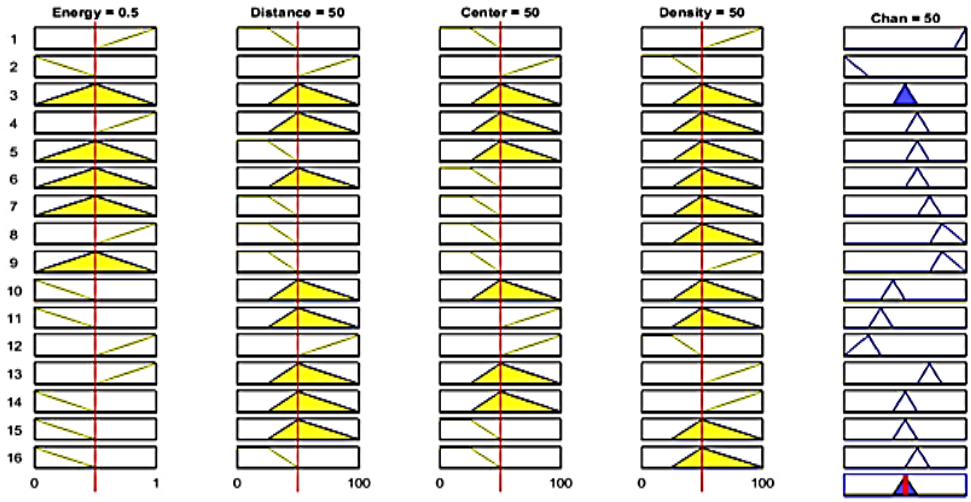
دلخواه برسد. در تولید جمعیت جدید تنها در قسمتهایی که ژن والدین فعال باشد ترکیب می‌شود و در بقیه قسمت‌ها بدون تغییر می‌مانند. این نوع ترکیب و تولید جمعیت از نظر بهینه‌سازی دارای سطح جهش بالاتری می‌باشد یعنی کنترل جمعیت جهش بهتری دارد و کل ژن دستخوش تغییر نمی‌شود. بعد از خوشه‌بندی نوبت به تعیین سرخوشه می‌رسد.

### ۳-۳- بخش فازی سازی

در روش فازی سازی با دانستن چهار ویژگی انرژی، فاصله، تراکم حسگرها و مرکزیت حسگر در خوشه، در مورد انتخاب سرخوشه تصمیم‌گیری می‌شود. در نتیجه به چهار تابع ورودی برای تبدیل ورودهای سیستم به مجموعه‌های فازی نیاز داریم. در سیستم فازی طراحی شده برای روش پیشنهادی، ۹ قانون برای استنتاج فازی وجود دارد (شکل۱و۲). این قوانین به شکل کلی "اگر A و B و C و D آنگاه E" می باشند. A و B و C و D همان چهار متغیر ورودی هستند و E متغیر خروجی سیستم می باشد. قوانین در جدول ۲ آورده شده‌اند.




**شکل ۱- سیستم فازی با ۴ ورودی و ۱ خروجی و ۹ قانون**




**شکل ۲- توابع فازی سازی سیستم**

**جدول۲- قوانین استفاده شده در بخش فازی**

| | Energy | Distance | Center | Density | Chan |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Far | Low | Low | High | Very_large |
| 2 | Far | Low | Low | Mid | Large |
| 3 | Far | Low | Low | Low | Large_low |
| 4 | Low | High | High | Low | Very low |
| 5 | Mid | Mid | Mid | Mid | Little_Mid |
| 6 | Mid | High | Mid | Mid | Little_low |
| 7 | Low | Low | Low | Low | Low |
| 8 | Far | Mid | Low | High | Large |
| 9 | Far | High | Mid | Mid | Large_low |

## ۴- نتایج یافته ها

همان طور که در جدول ۳ و ۴ مشاهده می گردد نتایج ۳ روش ترکیبی ( روش فازی، روش از خواب بیدار کردن با اولویت، روش بافرینگ ) برای الگوریتم های ARO ، GA و PSO برای حالت اول (نودهای ثابت) با هم مقایسه شده است.

**جدول ۳- مقایسه مدل‌های شبیه‌سازی شده( نودها ثابت)**

| نام مدل / نام پارامتر | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + PSO | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + GA | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + ARO |
|---|---|---|---|
| تعداد کل خوشه‌ها | ۱۲٤ | ۱۲۹ | ۱۴۴ |
| انرژی باقیمانده بر اساس مرگ اولین حسگر شبکه | ٪۱۷.۱۴۵۶ | ٪۱۶.۷۶۱۱ | ٪۱۳.۷۸۶ |
| انرژی باقیمانده بر اساس مرگ میانه حسگر شبکه | ٪۲.۶۹۸۲ | ٪۲.۵۸۷۲ | ٪۲.۲۹۸۸ |
| انرژی باقیمانده بر اساس مرگ آخرین حسگر شبکه | ٪۰.۱۵۱۹ | ٪۰.۱۴۸۲ | ٪۰.۱۳۹۲۵ |
| طول عمر شبکه (بر اساس ثانیه) | ۴۶۳.۹۰۳۹۵۷ | ۴۷۱.۲۱۹۴۹۷ | ۴۹۳.۲۱۴۴۱۰ |

**جدول ۴- مقایسه مدل‌های شبیه‌سازی شده( نودها ثابت)**

| نام مدل / نام پارامتر | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + PSO | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + GA | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + ARO |
|---|---|---|---|
| تعداد داده های ارسالی در زمان مرگ اولین حسگر شبکه | ۱۳۳۲ | ۱۳۴۰ | ۱۴۸۴ |
| تعداد داده های ارسالی در زمان مرگ میانه حسگر شبکه | ۱۶۳۰ | ۱۶۴۸ | ۱۶۵۶ |
| تعداد داده های ارسالی در زمان مرگ آخرین حسگر شبکه | ۱۷۰۶ | ۱۷۰۹ | ۱۷۸۴ |

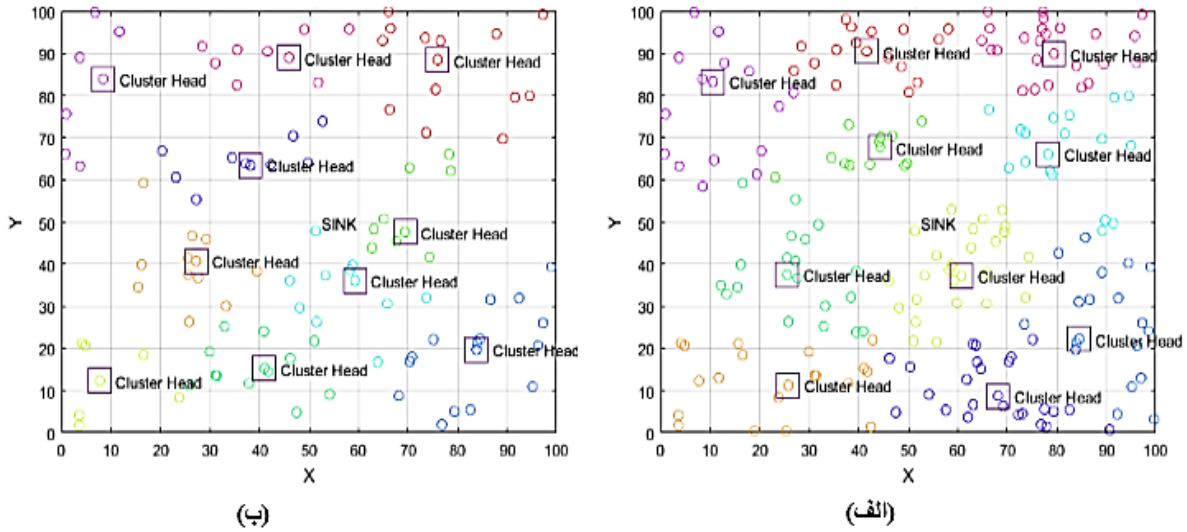
همان طور که در جدول ۵ و ۶ مشاهده می گردد نتایج ۳ روش ترکیبی ( روش فازی، روش از خواب بیدار کردن با اولویت، روش بافرینگ ) برای الگوریتم های ARO ، GA و PSO برای حالت دوم، سیستم نود های کامل متحرک با هم مقایسه شده است. نودهای کامل متحرک در هر لحظه با گام های ۰.۵ متر در ثانیه جابه جایی می شود که نیاز است در هر جابجایی خوشه بندی انجام گیرد و همچنین زمانی که نودی از بین می رود.

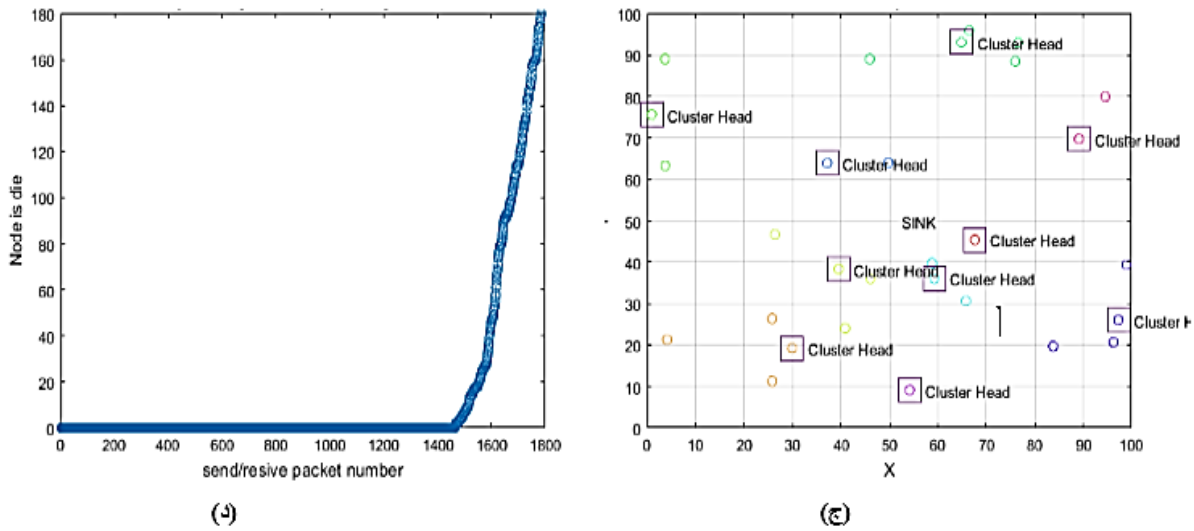
**جدول ۵- مقایسه مدل‌های شبیه‌سازی شده(نودها متحرک)**

| نام مدل / نام پارامتر | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + PSO | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + GA | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + ARO |
|---|---|---|---|
| تعداد کل خوشه‌ها | ۳۰۱ | ۳۱۱ | ۳۲۵ |
| انرژی باقیمانده بر اساس مرگ اولین حسگر شبکه | ٪۲۷.۹۳۶۲ | ٪۲۳.۹۵۳ | ٪۱۹.۳۳۲۸ |
| انرژی باقیمانده بر اساس مرگ میانه حسگر شبکه | ٪۲.۸۴۴۷ | ٪۲.۵۱۶۸ | ٪۲.۹۹۵ |
| انرژی باقیمانده بر اساس مرگ آخرین حسگر شبکه | ٪۰.۵۶۲۱۵ | ٪۰.۵۵۲۴۸ | ٪۰.۵۳۴۴۸ |
| طول عمر شبکه (بر اساس دقیقه) | ۸۰۳.۸۹۰۵۸۹ | ۸۴۲.۳۷۳۱۵ | ۹۲۹.۸۳۷۱۳۱ |

**جدول ۶- مقایسه مدل‌های شبیه‌سازی شده(نودها متحرک)**

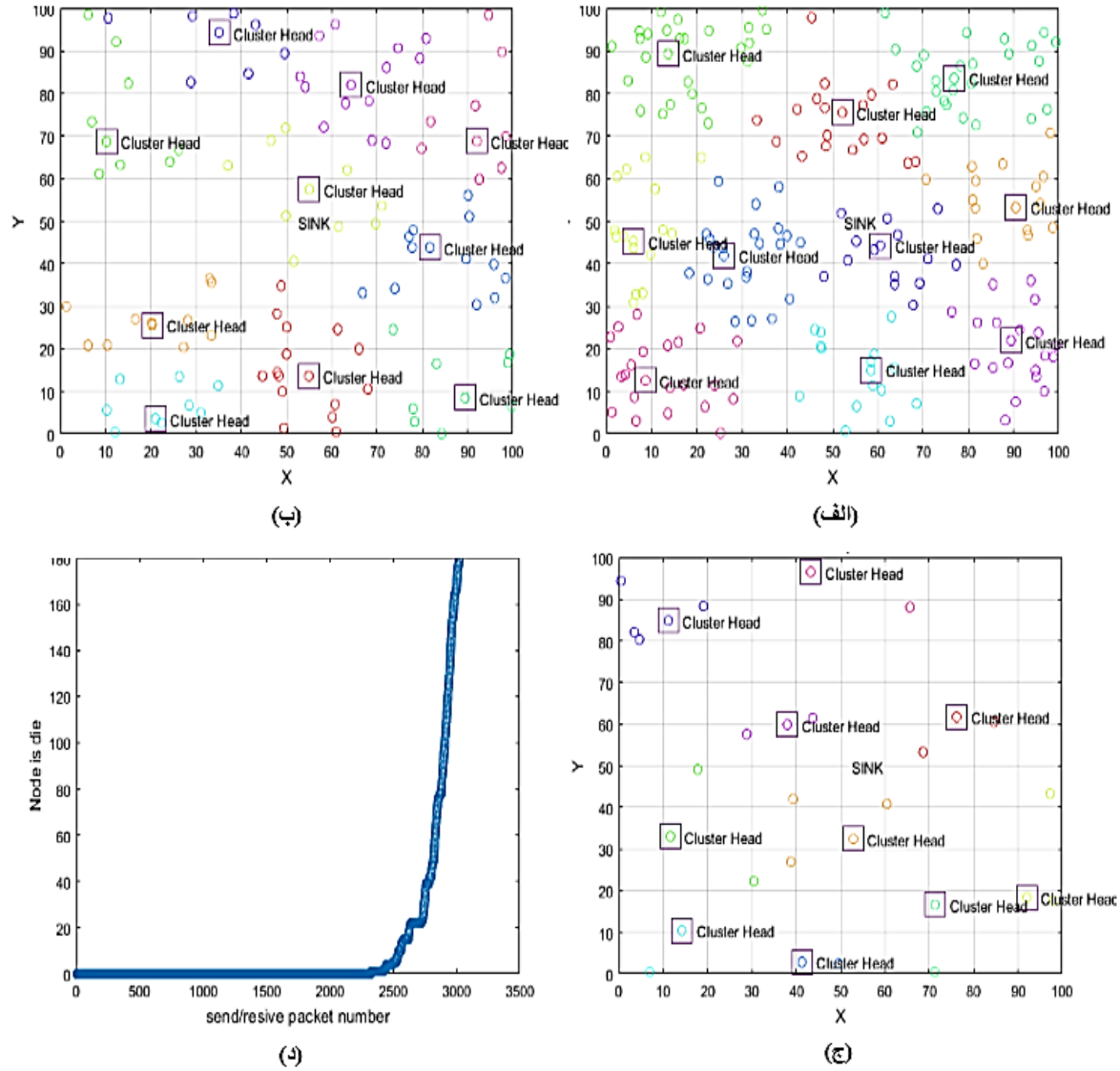
| نام مدل / نام پارامتر | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + PSO | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + GA | fuzzy + wakeup Priority + Buffer + ARO |
|---|---|---|---|
| تعداد داده های ارسالی در زمان مرگ اولین حسگر شبکه | ۱۸۱۹ | ۲۲۳۵ | ۲۳۲۳ |
| تعداد داده های ارسالی در زمان مرگ میانه حسگر شبکه | ۲۳۸۲ | ۲۶۰۴ | ۲۸۹۴ |
| تعداد داده های ارسالی در زمان مرگ آخرین حسگر شبکه | ۲۵۵۲ | ۲۷۵۸ | ۳۰۲۱ |






**شکل ۳- نتایج روش ترکیبی الگوریتم ARO در حالت اول (نودها ثابت)**

**الف) نمودار مرگ اولین گره ، ب) نمودار نیمه مرگ، ج) نمودار پایان مرگ، د) نمودار ترسیم مرگ گره**




**شکل ۴- نتایج روش ترکیبی الگوریتم ARO در حالت دوم (نودها متحرک)**

**الف) نمودار مرگ اولین گره ، ب) نمودار نیمه مرگ، ج) نمودار پایان مرگ، د) نمودار ترسیم مرگ گره**

در حالت اول که نودها ثابت هستند و فقط ۵ نود سیار وجود دارد (جدول ۳ و ۴) می‌توان به این مهم دست یافت که تعداد داده های ارسالی در زمان مرگ اولین، میانه و آخرین گره در روش پیشنهادی F_WU_ARO نسبت به روشهای F_WU_ GA و F_WU_ PSO بیشتر است و انرژی باقیمانده کل شبکه در زمان مرگ اولین، میانه و آخرین گره در روش پیشنهادی با پارامترهای استفاده شده نسبت به روشهای F_WU_ GA و F_WU_ PSO، کمتر می باشد و این نشان از پایداری سیستم برای حفظ شبکه و خوشه بندی مناسب می باشد و در بخش ارسال و دریافت داده ها و طول عمر شبکه بهبود داشته است. همانطور که در جدول ۵ و ۶ مشاهده می شود در حالت دوم که نودها متحرک هستند، در شبیه سازی با توجه به حجم داده های ارسالی که نسبت به حالت اول (گره ثابت) بیشتر می باشد، انرژی باقیمانده کل شبکه در زمان مرگ اولین، میانه و آخرین گره در روش پیشنهادی F_WU_ARO نسبت به روشهای F_WU_ GA و F_WU_ PSO کمتر می باشد و این نشان دهنده حالت پایدار شبکه ، خوشه بندی و انتخاب سرخوشه مناسب می باشد. در شکلهای ۳ و ۴ نیز نمودار مربوط به مرگ اولین، میانه و پایان مرگ گره روش پیشنهادی نشان داده شده است.

## ۵- نتیجه گیری

با توجه به اهداف اصلی این پژوهش در راستای خوشه‌بندی پویا با استفاده از الگوریتم ARO، کاهش تعداد گام برای انتقال داده از حسگر به چاهک، کاهش تاخیر تحویل داده با حرکت به موقع و کارآمد حسگر و در انتها هدف اصلی کاهش مصرف انرژی و بهبود طول عمر شبکه، نتایج قابل قبول و بهینه از کارایی روش پیشنهادی را می دهد. با محاسبه مرکز خوشه ها براساس الگوریتمهای تکاملی ARO، GA و PSO و انتخاب بهترین جمعیت از نظر تابع هزینه به عنوان مرکز خوشه ، خوشه بندی صورت می پذیرد که می توان با استفاده از روش فازی سازی و در نظر گرفتن چهار ویژگی انرژی نود، فاصله تا سینک، میزان چگالی و میزان نزدیکی به مراکز خوشه برای انتخاب بهترین سرخوشه تصمیم گیری کرد. طبق نتایج بدست آمده، در روش ترکیبی F_WU_ARO تعداد داده های ارسالی در زمان مرگ گره ها در دوحالت (گره ها ثابت و گره ها متحرک) نسبت به دو روش دیگر بیشتر است و انرژی باقیمانده کل شبکه در زمان مرگ اولین، میانه و آخرین گره نسبت به دو روش کمتر می باشد که نشان دهنده کاهش مصرف انرژی و حالت پایدار شبکه حسگر بی سیم می باشد که همه این موارد باعث افزایش طول عمر شبکه خواهد شد و به طور کلی انرژی مصرفی حاصل از دریافت اطلاعات در گره های متحرک در مقایسه با گره های ثابت بسیار کمتر است.

## ۶- مراجع


1. Xu, R. and Wunsch, D.(2008). clustering, John Wiley & Sons.

2. Mansouri, T., Farasat, A., Menhaj, M.B. and Sadeghi Moghadam, M. R.(2011). ARO: A new model free optimization algorithm for real time applications inspired by the asexual reproduction, Expert Systems with Applications 38- 4866– 4874.

3. Handy, M., Hasse, M. and Timmermann, D.(2002). Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy with Deterministic Cluster Head selection, IEEE MWCN, Stockholm, Sweden.

4. Kennedy,J. and Eberhart ,R.(1995). Particle swarm optimization, in: Proceedings of the IEEE International Joint Conference on Neural Networks, Australia, pp.1942–1945.

5. Eberhart,R. and Kennedy,J.(1995). A new optimizer using particle swarm theory, in: 6th International Symposium on Micro Machine and Human Science.

6. Ozturk, C., Hancer, E. and Karaboga, D.(2014). Improved clustering criterion for image clustering with artificial bee colony algorithm, Pattern Anal. Appl.

7. Ozturk, C., Hancer, E. and Karaboga, D.(2015). Dynamic clustering with improved binary artificial bee colony algorithm, Applied Soft Computing 28 . 69–80.

8. Kuo, R.J. , Syu, Y.J. , Chen, Z.Y. and Tien, F.C. (2012). Integration of particle swarm optimization and genetic algorithm for dynamic clustering, Inf. Sci. 195, 124–140.

9. Saha, I. and Maulik, U.(2011). Multi objective differential crisp clustering for evaluation of clusters dynamically, Advances in Intelligent and Soft Computing, AISC 103 , pp. 307-313.

10. Das, S., Abraham, A. and Konar, A.(2008). Automatic clustering using an improved differential evolution algorithm, IEEE Trans. Syst. Man Cybern. C: Syst. Hum. 38, 218–237.

11. Das, S. and Konar, A.(2009). Automatic image pixel clustering with an improved differential evolution, Appl. Soft Comput. 9, 226–236.

12. Shukri, S., Faris, H., Aljarah, I., Mirjalili, S.A. and Abraham, A.(2018). Evolutionary static and dynamic clustering algorithms based on multi-verse optimizer, Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence, ScienceDirect, Volume 72, Pages 54-66.

13. Toumi, M., Maizate, A., Ouzzif, M. and Salah, M.S.(2016). Dynamic Clustering Algorithm for Tracking Targets with High and Variable Celerity (ATHVC), Journal of Computer Networks and Communications ,Volume 2016, Article ID 7631548, 10 pages.

14. Yuan, X., Elhoseny, M., K. El-Minir, H. and M. Riad, A.(2017). A Genetic Algorithm-Based, Dynamic Clustering Method Towards Improved WSN Longevity, Journal of Network and Systems Management, Volume 25, Issue 1, pp 21–46.

15. Nayak, P. and Devulapalli, A.(2016). A fuzzy logic-based clustering algorithm for wsn to extend the network lifetime, IEEE sensors journal. J. 16(1), 137–144.

16. Elhoseny, M., Yuan, X., Yu, Z., Mao, C., El-Minir, H.K. and Riad, A.M.(2015). Balancing energy consumption in heterogeneous wireless sensor networks using genetic algorithm, IEEE Commun. Lett. 19(12), 3194–3197.

17. Li, B., Li, H., Wang, W., Yin, Q. and Liu, H.(2013). Performance analysis and optimization for energy-efficient cooperative transmission in random wireless sensor network, IEEE Trans. Wirel. 12(9), 4647–4657.

18. Li, D., Hao, H., Ji, G. and Zhao, J.(2015). An adaptive clustering algorithm based on improved particle swarm optimization in wireless sensor networks, International Journal of High Performance Computing and Networking, Volume 8, Issue 4.

19. Abdul Alim, M.(2013). A Fuzzy Based Clustering Protocol for Energy-efficient Wireless Sensor Networks, Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering.

20. Mohan, C.(2013). Fuzzy based Energy Efficient Clustering Protocols for WSN Systems, A Survey, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)National Conference on Structuring Innovation Through Quality (SITQ-2013)