

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

صفورا اخلاقی<sup>۱\*</sup>، محمدباقر منهاج<sup>۲</sup>

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 رخداد های 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 این رو 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 خوشه بندی پویای سیستم را بر عهده 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 بهینه سازی ARO، شبکه حسگر بی سیم، کاهش مصرف انرژی، الگوریتم های فازی، انرژی آگاه و بافر.

### ۱- مقدمه

شبکه های حسگر بی سیم به دلیل هزینه کم و ارتباطات آسان، امروزه در بسیاری از کاربردها برای فعالیت های نظارتی در محیط های مختلف استفاده می شوند. حسگرها در این شبکه ها از یک منبع تغذیه محدود استفاده می کنند که پس از اتمام آن، به دلیل غیر قابل تجدید بودن این منابع، عمر شبکه به پایان می رسد. برای استفاده بیشتر و افزایش عمر این نوع شبکه ها، محققان همواره به دنبال روش هایی هستند که بتوان به وسیله آن ها مصرف انرژی را کاهش داد. بیشتر انرژی مصرفی این شبکه ها صرف انتقال داده ها می شود. روش های خوشه بندی کردن گره های حسگر یکی از بهترین روش هایی است که می تواند عمر شبکه را به نسبت قابل توجهی افزایش

دهد. نحوه ساخت خوشه، روش های انتخاب سرخوشه و نحوه انتقال داده ها 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. خوشه بندی داده ها جزء مسائل NP می باشد. یافتن راه حل برای مسائلی که از نوع NP می باشند بسیار مشکل است. الگوریتم هایی از جمله الگوریتم های هوش جمعی تا حدی این مشکل را حل نموده اند. توسط این نوع الگوریتم ها راه حلهایی پیدا می شوند که تقریباً به جواب نزدیکند. در طی سال های اخیر الگوریتم های فراکتشافی 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<sup>۱</sup> 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. بهینه سازی ازدحام ذرات توسط کندی [۴] و [۵] برای مسائل خوشه بندی 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 خوشه ها را به خوبی جدا و به هم پیوسته کرده است. علاوه بر این، Aco<sup>۲</sup> بهینه سازی کلونی مورچه نیز برای مسئله خوشه بندی استفاده شده است [۷]. این روش و واضح است که تعداد خوشه ها را نمی توان به راحتی در بسیاری از برنامه های کاربردی دنیای واقعی و مجموعه داده ها مشخص کرد. در تحقیقی دیگر یک الگوریتم ترکیبی شامل الگوریتم ژنتیک و بهینه سازی ذرات برای غلبه بر مشکل همگرایی الگوریتم PSO<sup>۳</sup> پیشنهاد دادند. با این حال بر اساس تنها فاصله اقلیدسی که بسیار مناسب برای مسئله خوشه بندی پویا نمی باشد، تابع تطابق هدف به کار گرفته شده است [۸]. در سال ۲۰۱۰ یک الگوریتم خوشه بندی تکاملی تفاضلی اصلاح شده بر اساس اطلاعات بهترین موقعیت های محلی و جهانی پیشنهاد کردند که به طور اتوماتیک اطلاعات را از سنجش از راه دور تصاویر استخراج می نماید [۹]. Das و همکاران [۱۰-۱۱] الگوریتم های مبتنی بر تکامل تفاضلی (AFDE, ACDE) پیشنهاد کردند که در آن پارامترهای مقیاس F و نرخ تقاطع به طور انطباقی مشخص می شود. Shukri و همکاران [۱۲] خوشه بندی بر مبنای الگوریتم های الهام گرفته از طبیعت را به عنوان یکی از حوزه هایی که به سرعت رشد می کنند، در نظر گرفته اند که هدف آن بهره گیری از چنین الگوریتم هایی جهت تدوین یک مساله خوشه بندی به عنوان یک مساله بهینه سازی است که در تحقیق خود قابلیت های جستجوی یک الگوریتم الهام گرفته از طبیعت به نام (MVO) را برای بهینه سازی مشکلات خوشه بندی در دو رویکرد مختلف استفاده کردند. Toumi و همکاران [۱۳] الگوریتم خوشه بندی پویا برای

<sup>1</sup> Asexual reproduction optimization

<sup>2</sup> Ant colony optimization

<sup>3</sup> 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 غیر قابل دسترس برای انسان مورد استفاده قرار گیرند. با این حال، با اندکی انرژی، آن‌ها نمی‌توانند برای همیشه فعال بمانند و این موضوع می‌تواند به طور قابل توجهی 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 عمر WSN پیشنهاد دادند. ماهیت پویای شبکه‌های حسگر بی‌سیم و تعداد زیادی از پیکربندی‌های ممکن برای خوشه بندی، 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 خوشه بندی سلسله مراتبی انرژی پایین (LEACH) مشهورترین پروتکل مسیریابی سلسله مراتبی است که در آن سرخوشه بر اساس یک مقدار آستانه احتمالی انتخاب می‌شود و تنها سرخوشه‌ها اجازه ارسال اطلاعات به ایستگاه پایه را دارند. اما در این رویکرد، یک (sch) در میان سرخوشه‌ها انتخاب شده که تنها با انتخاب توصیف کننده‌های فازی مناسب، مانند قدرت باتری باقی مانده، حرکت ایستگاه پایه و مرکزیت خوشه‌ها می‌تواند اطلاعات را به ایستگاه پایه متحرک ارسال نمایند و از موتور استنتاج فازی برای انتخاب سرخوشه استفاده کنند. تعادل مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم ناهمگن با استفاده از الگوریتم ژنتیک توسط Elhoseny و همکارانش ارائه شد [۱۶]. در یک شبکه حسگر بی‌سیم ناهمگن (WSN)، عواملی مانند انرژی اولیه، توانایی پردازش داده‌ها و غیره تا حد زیادی بر طول عمر شبکه تأثیر می‌گذارد. با وجود موفقیت استراتژی‌های مختلف خوشه بندی WSN، خوشه‌های حسگر بیشتر، 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 گره‌های حسگر ناهمگن را بهینه می‌کند. روشی نیز توسط Li و همکارانش برای تجزیه و تحلیل عملکرد و بهینه سازی برای انتقال موثر انرژی در شبکه حسگر بی‌سیم تصادفی پیشنهاد شد [۱۷]. یک الگوریتم خوشه بندی 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 شده است [۱۸]. در تحقیقی، یک پروتکل خوشه بندی 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 خوشه بندی 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 الگوریتم‌های تکاملی در خوشه بندی داده‌ها

الگوریتم‌های 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)، بهینه‌سازی ازدحام ذرات (الهام گرفته از حرکت گروهی ماهیها و پرندگان) و الگوریتم بهینه‌سازی 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 راه‌حلهایی 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 راه‌حل‌های 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 راه‌حل کاندید را ارزیابی می‌کند که اکثر آنها به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند.

#### ۲-۳- الگوریتم تولید مثل غیر جنسی (ARO)

ARO از تولید مثل غیر جنسی الهام گرفته است. تولید مثل غیر جنسی یک روش تولید مثل است که در آن یک  $N$  (تعداد کروموزوم) سلول، ۲ تا ۴ سلول با تعداد کروموزوم یکسان تولید می‌کند. این می‌تواند 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 می‌کند. این اشتراک اطلاعات ژنتیکی باعث می‌شود فرزندان با پدر و مادر یکسان باشند. این الگوریتم یکی از الگوریتم‌های جدید مبتنی بر یک فرد می‌باشد که از روش تولید مثل غیر جنسی الهام گرفته شده است که به عنوان یک پدیده زیستی جالب و مورد توجه شناخته می‌شود. در واقع ما می‌توانیم 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 مدل‌سازی می‌کند. در این الگوریتم والد از طریق اپراتورهای تولید مثل یک جوانه یا شکوفه را تولید می‌کند. پس از این تولید مثل و به وجود آمدن جوانه، والد و جوانه برای زنده ماندن با یکدیگر رقابت می‌کنند. معیار برتری در رقابت هم بر اساس شایستگی‌شان در تابع هدف مسئله بهینه‌سازی می‌باشد. 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 می شود و والد جدید می شود. در صورتیکه والد پیروز شود آنگاه، فرزند به دور خواهد افتاد. برخلاف الگوریتم های بر پایه جمعیت که انرژی زیادی (به عنوان مثال زمان) را برای استخراج کردن صرف می کنند، ARO انرژی کمی را مصرف می کند 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 می سازد. 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 بر مبنای الگوریتم ARO که یک روش بهینه سازی مسایل سخت می باشد، استفاده شده است که با ترکیب روش فازی اقدام به خوشه بندی پویای محیط شبیه سازی شده می کنند. در روش جدید پیشنهاد شده F\_WU\_ARO، هر سرخوشه آدرس یا مکان خوشه های همسایه خود را دارد و می تواند در صورت نیاز داده های مربوطه را ارسال کند. همچنین فرضیات زیر در مراحل شبیه سازی 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.
- گره ها دارای انرژی اولیه یکسان هستند.
- انرژی باتری گره های حسگر محدود می باشد.
- هر گره حسگر پس از استقرار، موقعیت جغرافیایی خود را با استفاده از GPS و یا روش های دیگر از محل خود آگاه می شود که در سیستم پیش فرض مختصات همه نود ها را داریم.
- چاهک ها به دلیل قابلیت شارژ مجدد باتری، از نظر انرژی محدود نیستند و به عنوان جمع کننده جریان اطلاعات می باشند.
- گره های حسگر با چاهک از طریق یک محیط چند گامی ارتباط برقرار می کند.
- شبکه به چند خوشه تقسیم می شود.
- هر سرخوشه داده ها را جمع آوری و به چاهک ارسال می کند.
- مرکز خوشه از طریق الگوریتم های ARO، GA و PSO محاسبه می شود.
- پارامترهای به کار رفته در جدول ۱ مشاهده می شود.

جدول ۱- پارامترهای به کار رفته

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

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 می باشد که خوشه بندی آن مبتنی بر الگوریتم ARO می باشد. برای پیاده سازی پیدا کردن کمترین مسافت طی شده در الگوریتم با استفاده از سنجش مسافت های سرخوشه ها و نودهای سیار و همچنین میزان انرژی هر نود در مسیر پیموده شده می باشد. روش کار به این صورت است که کل فضای سیستم نودها با روش ARO خوشه بندی می شود و سرخوشه ها با توجه به معیارهای (انرژی نود، فاصله تا سینک، میزان چگالی و میزان نزدیکی به مراکز خوشه) انتخاب می شود این انتخاب به گونه ای است که سعی می کنند کل فضای محیط نودها به یک صورت مناسب توزیع شوند و از ایجاد گرسنگی در قسمت هایی از محیط جلوگیری می کنند و از مرگ زود هنگام جلوگیری می کنند. همچنین باعث می شود توزیع یکسان بار شبکه به صورت مناسبی انجام می گیرد.

بعد از خوشه بندی، 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 می کنند و مسیر را طی می کنند. در این مسیر نودها شامل بافرهای هستند که پیام های دریافتی را اولویت بندی و ذخیره سازی می کنند و این بافر کردن باعث حفظ بسته های ارسال شده می شود و همچنین برای تنظیم انرژی شبکه، یک تابع بیدار شونده در نودها تعیین شده است که باعث می شود 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 خوشه بندی میرسد.

- چنانچه نودی در شبکه از بین برود.
- چنانچه نودهای سیار خارج از خوشه خود قرار گرفته باشد.
- هنگامی که شبکه در انتقال های خود دچار افت انرژی شود که این به انتشار پیام های خود در حالت های قبل بستگی دارد که در نسل های قبلی چقدر انرژی مصرف می شد و الان چقدر مصرف می شود.

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 می کند. یک چاهک مرکزی داریم و شبکه خوشه بندی شده و هر خوشه سرخوشه دارد و گره هایی 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 می کنند و سرخوشه داده ها را برای همسایه های کناری خودش خواهد فرستاد.

این روش مبتنی بر الگوریتم فازی صورت می گیرد طوری که مسیر حرکتی چاهک و همچنین اطلاعات و بسته های گره ها با ایجاد یک قوانین یادگیری شده از حرکت های پیشین خود بسته ها ارسال خواهد شد. برای پیاده سازی روش بالا با استفاده از یک مسافت طی شده (تعداد گره های دیده شده و همچنین انرژی سرخوشه و تعداد بافرهای خالی) به یک روش فازی می فرستیم تا بهترین گره را از میان مسیرهای انتخاب شده را به ما بدهد.

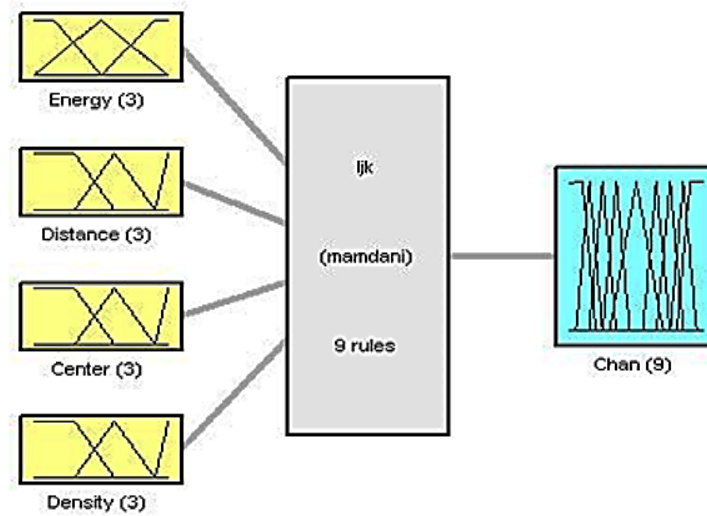
### ۳-۲- خوشه بندی گره ها و انتخاب سرخوشه ها

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

دلخواه برسد. در تولید جمعیت جدید تنها در قسمتهایی که ژن والدین فعال باشد ترکیب می شود و در بقیه قسمت ها بدون تغییر می ماند. این نوع ترکیب و تولید جمعیت از نظر بهینه سازی دارای سطح جهش بالاتری می باشد یعنی کنترل جمعیت جهش بهتری دارد و کل ژن دستخوش تغییر نمی شود. بعد از خوشه بندی نوبت به تعیین سرخوشه می رسد.

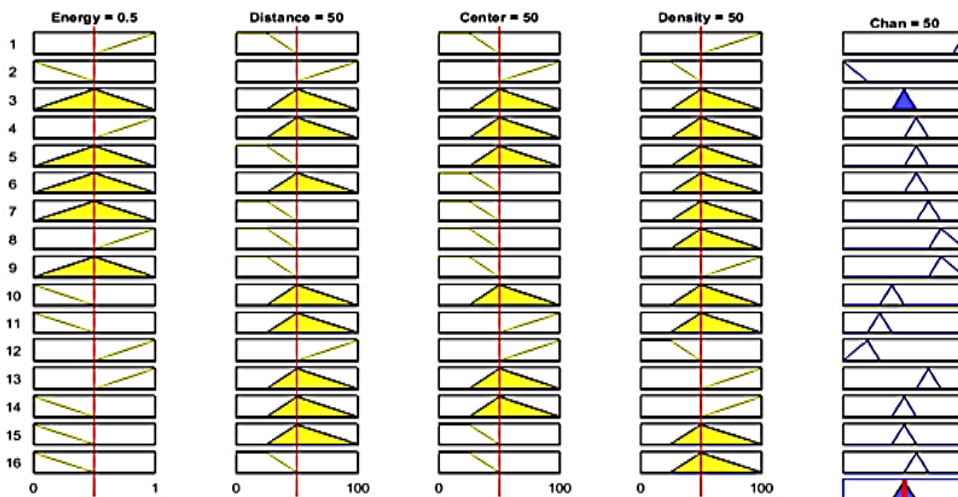
### ۳-۳- بخش فازی سازی

در روش فازی سازی با دانستن چهار ویژگی انرژی، فاصله، تراکم حسگرها و مرکزیت حسگر در خوشه، در مورد انتخاب سرخوشه تصمیم گیری می شود. در نتیجه به چهار تابع ورودی برای تبدیل ورودی های سیستم به مجموعه های فازی نیاز داریم. در سیستم فازی طراحی شده برای روش پیشنهادی، ۹ قانون برای استنتاج فازی وجود دارد (شکل ۱ و ۲). 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 شده اند.



System ljk: 4 inputs, 1 outputs, 9 rules

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



شکل ۲- توابع فازی سازی سیستم



جدول ۲- 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 مدل های شبیه سازی شده (نودها ثابت)

نام پارامتر	نام مدل	fuzzy + wakeup Priority + Buffer + PSO	fuzzy + wakeup Priority + Buffer + GA	fuzzy + wakeup Priority + Buffer + ARO
تعداد کل خوشه ها		۱۲۴	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	۴۷۱.۲۱۹۶۹۷	۴۹۳.۲۱۴۴۱۰

جدول ۴- مقایسه مدل های شبیه سازی شده (نودها ثابت)

نام پارامتر	نام مدل	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.

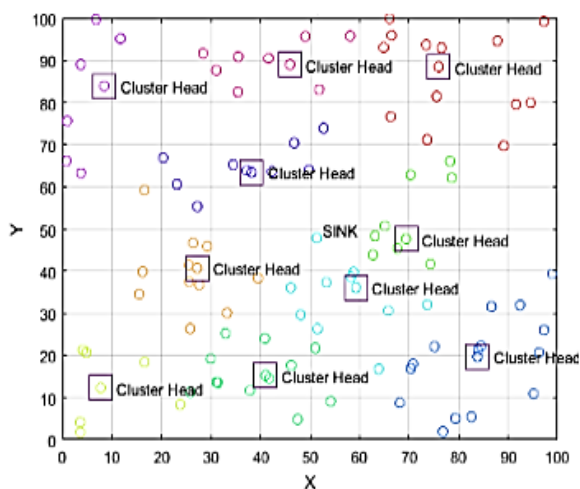


جدول ۵- مقایسه مدل‌های شبیه‌سازی شده (نودها متحرک)

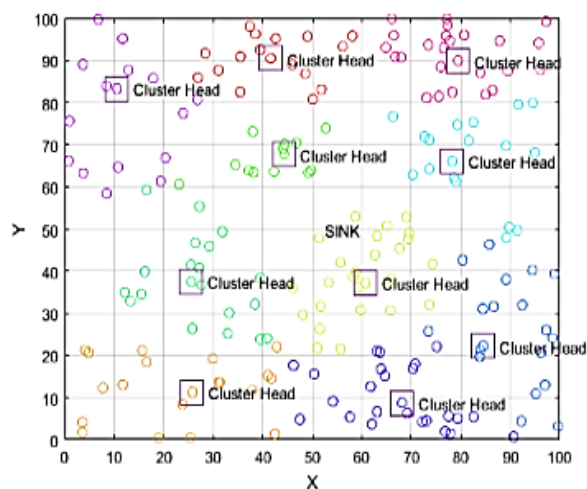
fuzzy + wakeup Priority + Buffer + ARO	fuzzy + wakeup Priority + Buffer + GA	fuzzy + wakeup Priority + Buffer + PSO	نام مدل / نام پارامتر
۳۲۵	۳۱۱	۳۰۱	تعداد کل خوشه‌ها
%۱۹.۳۳۲۸	%۲۳.۹۵۳	%۲۷.۹۳۶۲	انرژی باقیمانده بر اساس مرگ اولین حسگر شبکه
%۲.۹۹۵	%۲.۵۱۶۸	%۲.۸۴۴۷	انرژی باقیمانده بر اساس مرگ میانه حسگر شبکه
%۰.۵۳۴۴۸	%۰.۵۵۲۴۸	%۰.۵۶۲۱۵	انرژی باقیمانده بر اساس مرگ آخرین حسگر شبکه
۹۳۹.۸۳۷۱۳۱	۸۴۲.۳۷۳۱۵	۸۰۳.۸۹۰۵۸۹	طول عمر شبکه (بر اساس دقیقه)

جدول ۶- مقایسه مدل‌های شبیه‌سازی شده (نودها متحرک)

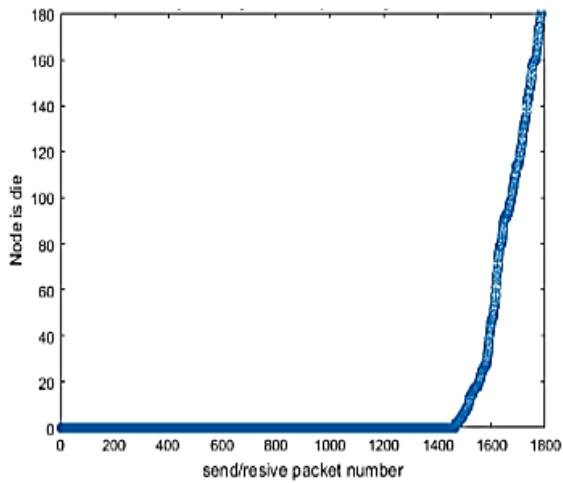
fuzzy + wakeup Priority + Buffer + ARO	fuzzy + wakeup Priority + Buffer + GA	fuzzy + wakeup Priority + Buffer + PSO	نام مدل / نام پارامتر
۲۳۲۳	۲۳۳۵	۱۸۱۹	تعداد داده های ارسالی در زمان مرگ اولین حسگر شبکه
۲۸۹۴	۲۶۰۴	۲۳۸۲	تعداد داده های ارسالی در زمان مرگ میانه حسگر شبکه
۳۰۲۱	۲۷۵۸	۲۵۵۲	تعداد داده های ارسالی در زمان مرگ آخرین حسگر شبکه



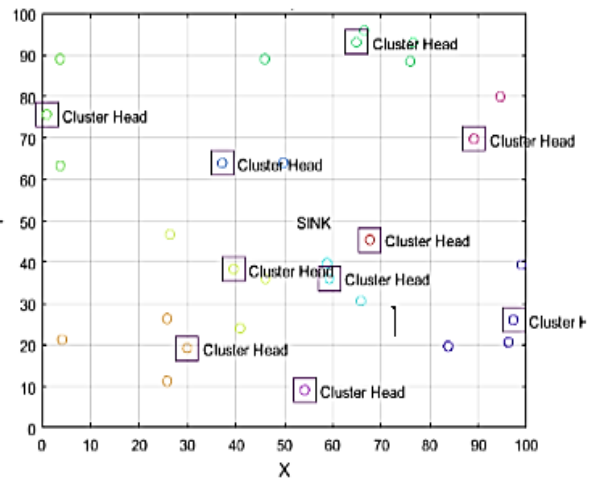
(ب)



(الف)



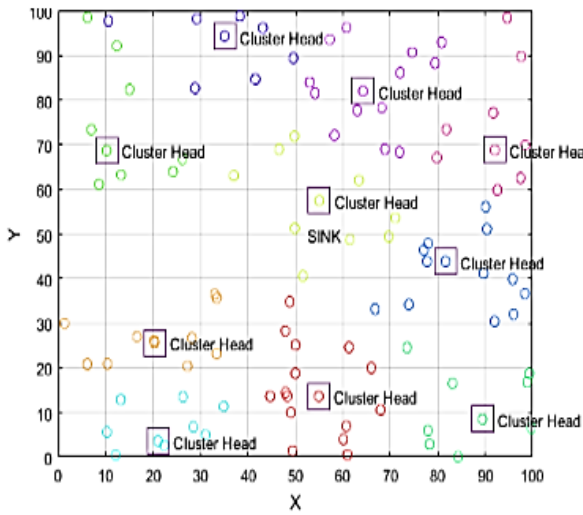
(د)



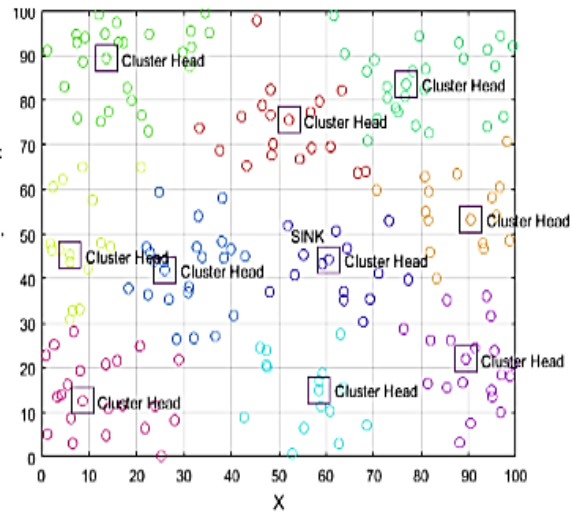
(ج)

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

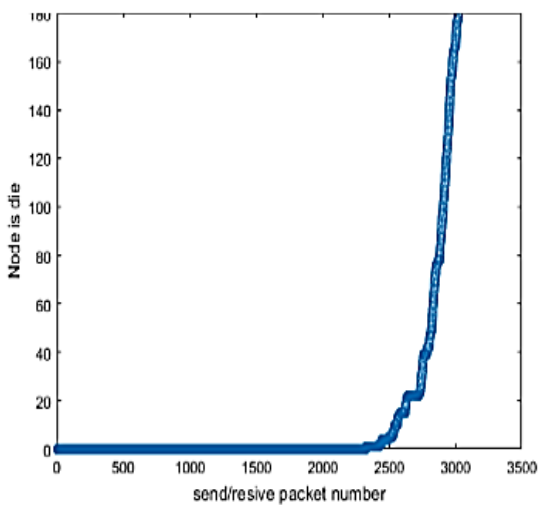
الف) نمودار مرگ اولین گره ، ب) نمودار نیمه مرگ، ج) نمودار پایان مرگ، د) نمودار ترسیم مرگ گره



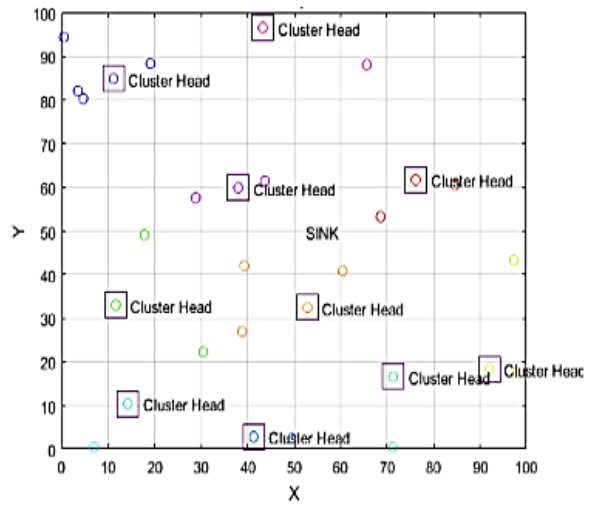
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

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) می توان 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 شکل های 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 خوشه بندی 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 دو حالت (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)*