

## A New Method to Improve Energy Consumption in Wireless Camera Sensor Networks

Javad Bayat<sup>1</sup>, Shiva Karimi<sup>2\*</sup>

1. MSc Student, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran.
2. Assistant Professor, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran. \*Corresponding Author [shkarimi2013@yahoo.com](mailto:shkarimi2013@yahoo.com)

### Abstract

**Introduction:** In the development of wireless camera sensor networks, there are unique challenges such as the need for high bandwidth, low latency for processing, high energy consumption, and real-time control. Each wireless camera sensor node is able to process image data locally and extract suitable data and cooperate with other cameras based on the desired application. In these networks, high bandwidth is demanded to transmit visual data, and high volume calculations in these networks must be possible with low power. In this article, a new model based on Harris's Hawk optimization algorithm is proposed to improve energy consumption in wireless camera sensor networks. The optimization algorithm of Harris's Hawk is one of the meta-heuristic algorithms that was invented in 2019.

**Method:** Harris's Hawk optimization algorithm was used to form optimal clustering. Each vector generated in Harris's Hawk optimization algorithm is calculated based on the fitness function and the most optimal vectors are selected for clustering. In the proposed model, factors such as intra-cluster distance and extra-cluster distance, and energy consumption have been considered.

**Results:** Evaluations in the environment of  $150 \times 150 \text{ m}^2$  and  $300 \times 300 \text{ m}^2$  with a different number of nodes show that the proposed model has better efficiency compared to PADT and genetic algorithm (GA).

**Discussion:** In wireless camera sensor networks, the imbalance of energy consumption among nodes is an effective factor in the network lifetime. In order to balance the energy consumption among nodes, clustering algorithms have been proposed for uniform energy distribution. In this paper, we proposed a new model for clustering camera sensor nodes based on Harris's Hawk optimization algorithm. In the proposed model, we paid attention to parameters such as intra-cluster distance, extra-cluster distance, and residual energy of sensor nodes. The cluster quality criterion is based on the intra-cluster distance, which depends on the position of the cluster head in the clusters. In the proposed model, because the distance criterion is taken into account and the distance of non-cluster head nodes with the cluster head node is evaluated and the closest nodes to the cluster head are selected.

**Keywords:** Wireless Camera Sensor Networks, Clustering, Harris Hawk Optimization Algorithm, Energy Consumption, Genetic Algorithm .

## ارائه روشی جدید برای بهبود مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر دوربین بی سیم

دوره پنجم، بهار ۱۴۰۳  
شماره اول، صص: ۲۷-۳۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۵  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

جواد بیات<sup>۱</sup>، شیوا کریمی<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجو کارشناسی ارشد، گروه برق، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.

۲. استادیار، گروه برق، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران. (نویسنده مسئول) [shkarimi2013@yahoo.com](mailto:shkarimi2013@yahoo.com)

**چکیده:** در چند سال اخیر، شبکه‌های حسگر بی سیم از زمینه‌های تحقیقاتی بسیار فعال بوده‌اند. با این حال، بیشتر حسگرهای مورد استفاده در تو سعه این شبکه‌ها، حسگرهای معمولی و غیره تصویربرداری مانند صوتی، لرزه‌ای، دما، رطوبت و غیره بوده‌اند. در تو سعه شبکه‌های حسگر دوربین بی سیم چالش‌های منحصر به فردی همانند نیاز به پهنای باند بالا، نیاز به تأخیر اندک برای پردازش، انرژی مصرفی بالا و کنترل در زمان واقعی وجود دارد. در این مقاله یک مدل پیشنهادی جدید بر مبنای الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس به منظور بهبود مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر دوربین بی سیم پیشنهاد شده است. الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس یکی از الگوریتم‌های فراابتکاری است که در سال ۲۰۱۹ ابداع شده است. از الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس برای تشکیل خوشه‌بندی بهینه استفاده می شود. هر بردار تولید شده در الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس بر مبنای تابع برازندگی محاسبه می شود و بهینه‌ترین بردارها جهت خوشه‌بندی انتخاب می شوند. در مدل پیشنهادی به فاکتورهای همانند فاصله درون خوشه‌ای و فاصله برون خوشه‌ای و انرژی مصرفی توجه شده است. ارزیابی‌ها در محیط  $150 \times 150$  و  $300 \times 300$  با تعداد گره‌های مختلف نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در مقایسه با PADT و الگوریتم ژنتیک (GA) دارای کارایی بهتری بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** شبکه‌های حسگر دوربین بی سیم، خوشه‌بندی، الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس، انرژی مصرفی، الگوریتم ژنتیک.

در روش خوشه‌بندی، شبکه به تعدادی خوشه مستقل تقسیم‌بندی می‌شود که هر کدام یک سرخوشه دارند و همه اطلاعات از گره‌های داخل خوشه توسط سرخوشه‌ها جمع‌آوری می‌شود [۹]. سپس این سرخوشه‌ها اطلاعات را مستقیماً یا به صورت گام‌به‌گام با تعداد گام‌های کمتر و صرفاً با استفاده از گره‌های سرخوشه به مرکز اصلی ارسال می‌کنند. خوشه‌بندی می‌تواند هزینه‌های ارتباطی اکثر گره‌ها را به میزان زیادی کاهش دهد. در مقاله حاضر، گره‌ها با توجه به انرژی و فاصله توسط الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس [۱۰، ۱۱]، خوشه‌بندی می‌شوند. با استفاده از این ساختار، انتقالات اضافی در شبکه را تا حد زیادی کاهش خواهیم داد و در نهایت طول عمر شبکه را افزایش می‌دهیم.

## ۲- پیشینه پژوهش

در این بخش به مطالعات پیشین در مورد شبکه‌های حسگر بی‌سیم دوربین خواهیم پرداخت.

در [۱۲] یک مدل به منظور تشخیص چهره با حداقل انرژی برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم دوربین پیشنهاد شده است. طرح تشخیص و شناسایی چهره با حداقل انرژی می‌تواند در بسیاری از حوزه‌ها مانند امنیت و نظارت در شبکه‌های چندرسانه‌ای و حسگر بصری مفید باشد. شبکه‌های حسگر بی‌سیم دوربین برای پردازش و انتقال تصاویر، مصرف انرژی بالایی را به شبکه تحمیل می‌کنند. حسگر دوربین گره‌ای است که با باتری کار می‌کند و طول عمر آن محدود است. این وضعیت منجر به مصالحه بین دقت تشخیص و مصرف انرژی می‌شود. مرحله تشخیص در گره حسگر و مرحله شناسایی در ایستگاه پایه (چاهک) انجام می‌شود. عملکرد طرح از نظر نرخ مصرف انرژی و دقت تشخیص ارزیابی شده است. نتایج نشان داده است که این مدل توانسته است در مقایسه با مدل‌های دیگر کارایی بهتری داشته باشد.

در [۱۳] مسئله پوشش در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به عنوان یک مسئله چندهدفه بررسی شده است. از الگوریتم ژنتیک چندهدفه به منظور طراحی شبکه و لحاظ کردن فاکتورهای موقعیت و مصرف انرژی استفاده شده است. در پوشش ناحیه‌ای هر نقطه در محیط تحت پوشش، باید حداقل توسط یک حسگر پوشش داده شود. نتایج عددی مزایای استفاده از الگوریتم‌های تکاملی برای تنظیم جهت‌گیری حسگرها را نشان داده است. بالقوه با استقرار و مدیریت شبکه‌های حسگر بی‌سیم دوربین می‌توان شبکه را در حالت پایدار قرارداد. الگوریتم‌های تکاملی در بسیاری از سناریوها با اجرای چندین مورد استفاده و ارزیابی شدند و نتایج نشان داد که الگوریتم‌های تکاملی در بهینه‌سازی مصرف انرژی در مقایسه با الگوریتم‌های حریصانه دارای عملکرد بهتری بودند.

با توجه به محدودیت توان حسگرها، ضروری است که با استفاده از بهینه‌سازی انرژی ذخیره شده، ضمن حفظ پوشش همه اهداف مستقر در محیط، طول عمر شبکه افزایش یابد. مسئله بهینه‌سازی طول عمر شبکه مبتنی بر زمان‌بندی تعریف می‌شود که با تقسیم حسگرها به مجموعه‌های پوششی و سپس نوبت‌بندی خواب و بیدار آن‌ها، همزمان

گسترش شبکه‌های حسگر دوربین بی‌سیم در نتیجه پیشرفت در تکنولوژی میکرو-الکترومکانیکی بوده که باعث توسعه ماژول دوربین در مقیاس کوچک و یکپارچه شدن آن با گره‌های حسگر شده است [۱]. شبکه‌های حسگر دوربین بی‌سیم شامل تعداد زیادی از گره‌های حسگر می‌باشند که به منظور رصد و بررسی محیط‌های مختلف برای یک دوره طولانی با یکدیگر همکاری می‌کنند. این شبکه‌ها شامل گره‌های حسگر دوربین بی‌سیم برای جمع‌آوری تصاویر، پردازشگر برای پردازش اطلاعات و دستگاه فرستنده و گیرنده بی‌سیم می‌باشند [۲]. منابع شبکه حسگر دوربین بی‌سیم شامل محدودیت‌هایی از قبیل انرژی، محدوده ارتباطی کوتاه، پهنای باند کم، پردازش محدود شده و میزان حافظه هر گره می‌باشند. یکی از تفاوت‌های مهم شبکه‌های حسگر دوربین بی‌سیم با دیگر شبکه‌های حسگر بی‌سیم، چگونگی دریافت اطلاعات از محیط است. اکثر گره‌های حسگرها سیگنال‌های داده یک‌بعدی فراهم می‌کنند، در صورتی که حسگرهای دوربین یک مجموعه داده دوبعدی به نام تصویر را پردازش می‌کنند. این ابعاد اضافی از مجموعه داده‌ها باعث پیچیده‌تر شدن پردازش و آنالیز داده‌ها می‌شود [۳].

هر گره حسگر دوربین بی‌سیم، قادر به پردازش داده‌های تصویر، به صورت محلی و استخراج داده‌های مناسب و همکاری با دوربین‌های دیگر بر مبنای کاربرد مورد نظر می‌باشد. در این شبکه‌ها برای انتقال داده‌های بصری به پهنای باند بالایی نیاز است و همچنین محاسبات با حجم بالا باید در این شبکه‌ها با توان پایین قابل انجام باشد [۴]. بررسی‌ها نشان داده است که مشکلات پروتکل‌های ارائه شده در این شبکه‌ها عبارتند از عدم توجه به انرژی مصرفی گره‌ها و استفاده از الگوریتم‌های حریصانه و تبادل پیام‌های کنترلی جهت ساخت جداول مسیریابی که در مواردی موجب افزایش انرژی و کاهش عمر شبکه می‌شود. مصرف انرژی در این شبکه‌ها به دلیل حجم اطلاعات تولیدی توسط گره‌های دوربین‌دار نسبت به شبکه‌های حسگر معمولی بیشتر است [۵].

اطلاعات جمع‌آوری شده به وسیله گره‌های حسگر باید به چاهک یا همان ایستگاه اصلی ارسال شوند [۶]. در ارسال مستقیم، هر گره حسگر مستقیماً اطلاعات را به چاهک ارسال می‌کند که به دلیل فاصله زیاد گره‌های حسگر از مرکز، انرژی زیادی مصرف می‌کنند. در مقابل، مدل‌هایی که فواصل ارتباطی بین گره‌های حسگر را کوتاه‌تر می‌کنند، می‌توانند طول عمر شبکه را طولانی‌تر کنند و لذا ارتباط‌های چندگامی در این گونه شبکه‌ها مناسب‌تر و مقرون به صرفه‌تر از ارتباط‌های تک‌گامی هستند [۷، ۸]. ولی در ارتباط‌های چندگامی نیز بیشتر انرژی گره‌ها صرف ایجاد ارتباط با حسگرهای دیگر می‌شود، که منجر به مصرف زیاد انرژی در گره‌های حسگر می‌گردد. یکی از روش‌های حل این مشکل، خوشه‌بندی گره‌های حسگر است.

با حفظ پوشش انجام می‌شود و باعث افزایش مدت زمان عملیات شبکه می‌گردد.

یک الگوریتم جدید مبتنی بر تبرید شبیه‌سازی شده با هدف یافتن تعداد گره‌های پوششی بیشتر از حسگرهای دارای ذخیره انرژی بالاتر، پیشنهاد شده است [۱۴]. توسط یک تابع انرژی و تولید همسایگی جدید، ضمن پرهیز از تله نقطه بهینه محلی، توزیع متوازن انرژی حسگرها در سراسر شبکه تأمین می‌شود. نتایج شبیه‌سازی نشان داده‌است که کارایی مدل نسبت به روش‌های دیگر از جمله روش‌های حریصانه، بهتر است.

در بسیاری از پروتکل‌ها، ذخیره اطلاعات همسایه‌ها از طریق ارسال پیام‌های کنترلی، باعث افزایش انرژی مصرفی در گره‌ها می‌شود. پروتکل ارسال داده انرژی-کارا (EEF) برای شبکه‌های حسگر بصری ارائه شده است [۱۵]. این پروتکل که مبتنی بر موقعیت گره‌های دوربین‌دار است، از روش انتخاب ارسال‌کننده حریصانه برای ارسال اطلاعات بدون نیاز به تبادل پیام کنترلی و با تکیه بر مکانیسم زمان انتظار استفاده می‌کند. نتایج شبیه‌سازی نشان داده‌است که پروتکل EEF تعداد داده‌های تریقی افزونه به شبکه را به حداقل رسانده و باعث ایجاد تعادل در مصرف انرژی گره‌ها در مقایسه با جدیدترین پروتکل‌ها در این زمینه شده است.

صرفه‌جویی در مصرف انرژی و به حداکثر رساندن طول عمر شبکه در طراحی و اجرای شبکه‌های حسگر معمولاً یک چالش اساسی محسوب می‌شود. در این شبکه‌ها، گره‌ها به دلیل همپوشانی بودن میدان دید، ناحیه را با درجه بالایی از همبستگی حس می‌کنند و باعث اتلاف انرژی شبکه می‌شوند. روش خوشه‌بندی تشخیص منطقه همپوشانی به‌عنوان یک روش خوشه‌بندی جدید برای کاهش جریان‌ها و غلبه بر اتلاف انرژی ارائه شده است [۱۶]. نتایج شبیه‌سازی نشان داده‌است که با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی و فعال‌سازی دوربین در گره‌ها، بار ارتباطات شبکه و مصرف انرژی به ترتیب در حدود ۷۵ و ۶۶٫۶ درصد در مقایسه با طرح مبتنی بر همبستگی کاهش یافته است.

در [۱۷] یک معماری مبتنی بر خوشه‌بندی برای داده‌های شبکه‌های حسگر بی‌سیم دوربین پیشنهاد شده است. این معماری دو مرحله اصلی دارد: انتخاب سرخوشه و انتخاب اعضای خوشه. در مرحله انتخاب سرخوشه، سرخوشه قبلی پس از تخمین محل جدید هدف با در نظر گرفتن اندازه‌گیری اعضای خوشه و استفاده از قوانین خاص، یک سرخوشه جدید از اعضای همسایه خود انتخاب می‌کند. در مرحله انتخاب اعضای خوشه، سرخوشه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی برخی از همسایگان خود را به‌عنوان اعضای خوشه انتخاب می‌کند. هدف از الگوریتم بهینه‌سازی انتخاب مجموعه‌ای از گره‌های همسایه مناسب است که تابع هزینه، مربوط به انرژی‌های باقیمانده گره‌های دوربین را به حداقل برساند. مصرف انرژی بهینه در گره‌های حسگر دوربین منجر به مسئله بهینه‌سازی انرژی در ارتباطات چندگامی در هنگام اشتراک و پردازش اطلاعات می‌گردد [۱۸]. نتایج تجربی نشان داد که روش‌های

محاسبات سلسله‌مراتبی و روش بهینه‌سازی تصادفی پویا قادر به بهبود بهره‌وری انرژی شبکه حسگر دوربین بی‌سیم و انتخاب گره سرخوشه بهینه بوده‌اند.

برای جلوگیری از مشکل حفره انرژی، یک طرح انتقال تصویر خوشه‌ای دوگامی در [۱۹] ارائه شده است. برای فشرده‌سازی و انتقال تصاویر به‌منظور کاهش مصرف انرژی گره مجهز به دوربین از طرح فشرده‌سازی در سرخوشه استفاده می‌شود. با تنظیم تطبیقی شعاع انتقال در گره سرخوشه دوربین و تخصیص وظایف براساس انرژی باقیمانده حسگرها، مصرف انرژی گره‌های شبکه متعادل می‌شود. نتایج تجربی نشان داد که این مدل توانسته طول شبکه را به‌طور چشمگیری در مورد گره‌های حسگر مستقر شده، افزایش دهد. در [۲۰] از ترکیب RSSI و روش فعال‌سازی/غیرفعال‌سازی برای افزایش کارایی گره‌های حسگر دوربین استفاده شده است. نشانگر قدرت سیگنال دریافت شده (RSSI) یک روش برای بررسی وضعیت قدرت سیگنال گره حسگر است. اگر سیگنال گره‌ها زیاد باشد آنگاه دارای قدرت بیشتری در ارسال و دریافت خواهند بود. روش فعال‌سازی/غیرفعال‌سازی حسگر که در مورد فعال‌سازی جداگانه سنسورها تصمیم‌گیری می‌کند، منجر به مصرف انرژی متعادل در بین گره‌ها می‌شود. نتایج نشان داد که این مدل، مصرف انرژی را تا حدود ۴۰ درصد کاهش داده است.

### ۳- مدل پیشنهادی

در چند دهه اخیر، الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل مشکلات بهینه‌سازی پیچیده پیشرفت چشمگیری داشته‌اند [۲۱]. الگوریتم‌های فراابتکاری با استفاده از مفاهیمی مانند ایجاد جمعیت اولیه، کاوش و استخراج می‌توانند مسائل بهینه‌سازی را بهبود دهند. این الگوریتم‌ها در مقایسه با روش‌های مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی، به یک فرم ریاضی خاص از مسائل بهینه‌سازی وابسته نیستند [۲۲]. در این مقاله از الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس که یکی از الگوریتم‌های فراابتکاری است، برای حل مسئله خوشه‌بندی گره‌های حسگر استفاده می‌شود.

در شکل (۱) فلوچارت مدل پیشنهادی آمده است. در ابتدا تعریف مدل شبکه (تعداد گره‌ها، انرژی اولیه و تعداد دور) و تعریف پارامترهای اولیه برای الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس انجام می‌شود. سپس بردارهای اولیه بر مبنای گره‌های حسگر تشکیل می‌شوند و انتخاب بهترین گره به‌عنوان سرخوشه بر مبنای تابع برازندگی انجام می‌شود. توسط الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس عملیات مربوط به جستجوی محیط و به‌روزرسانی موقعیت انجام می‌شود. گره‌ای به‌عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود که بتواند نیاز تابع برازندگی را برآورده کند و بهترین گره در بردار راه‌حل‌ها باشد. سپس عملیات ارسال داده از سرخوشه به چاهک بر مبنای یافتن کوتاه‌ترین مسیر که انرژی کمتری به‌هدر می‌رود انجام می‌شود.

### ۲.۲. جستجوی فضای مسئله

در الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس، عامل‌ها راه‌حل‌های کاندید هستند و بهینه‌ترین راه‌حل کاندید در هر مرحله به‌عنوان بهترین عامل از نظر موقعیت بهینه انتخاب می‌شود. عامل‌ها در الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس، به‌صورت تصادفی در فضای محیط پخش می‌شوند و سپس راه‌حل‌های بهینه بر مبنای دو حالت ارزیابی می‌شوند. اگر برای هر حالت یافتن راه‌حل یک شانس معادل با  $q$  در نظر گرفته شود، می‌توان بیان کرد که عامل‌ها از موقعیت سایر اعضا (هنگام کشف راه‌حل به اندازه کافی به همدیگر نزدیک باشند) و راه‌حل‌های یافته، تبعیت می‌کنند، که در این حالت  $0.5 < q$  است؛ یا اینکه عامل‌ها به‌صورت تصادفی عمل می‌کنند و در نزدیکی اعضای گروه‌ها، که آنگاه  $q \geq 0.5$  است. موقعیت عامل‌ها طبق معادله (۳) تعریف می‌شود.

$$X(t+1) = \begin{cases} X_{rand}(t) - r_1 |X_{rand}(t) - 2r_2 X(t)| & q \geq 0.5 \\ (X_{rabbit}(t) - X_m(t)) - r_3(LB + r_4(UB - LB)) & q < 0.5 \end{cases} \quad (3)$$

در معادله (۳)  $X(t+1)$  بردار موقعیت عامل‌ها در تکرار بعدی  $t$  است. پارامتر  $X_{rabbit}(t)$  موقعیت طعمه (راه‌حل بهینه) است. بردار موقعیت فعلی عامل‌ها برابر با  $X(t)$  است. پارامترهای  $r_1, r_2, r_3, r_4$  و  $q$  اعداد تصادفی در محدوده  $(0,1)$  هستند که در هر تکرار به‌روز و تغییر داده می‌شوند. توسط پارامترهای  $LB$  و  $UB$  حدهای بالا و پایین تعریف می‌شوند.  $X_{rand}(t)$  یک عامل است که به‌طور تصادفی از جمعیت فعلی انتخاب شده‌است و میانگین موقعیت از جمعیت فعلی عامل‌ها برابر با  $X_m$  است. میانگین موقعیت عامل‌ها با استفاده از معادله (۴) محاسبه می‌شود.

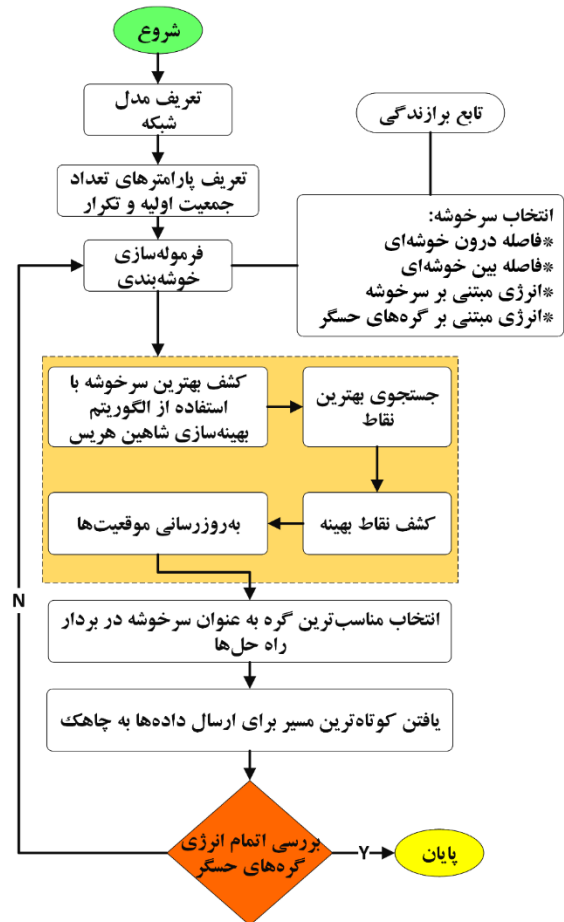
$$X_m(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i(t) \quad (4)$$

به‌طوری‌که  $X_i(t)$  موقعیت هر شاهین در تکرار  $t$  و  $N$  تعداد کل شاهین‌ها را نشان می‌دهد.

### ۳.۳. تابع برازندگی

در مدل پیشنهادی از فاکتورهایی همانند فاصله بین خوشه‌ای، فاصله درون خوشه‌ای، سطح انرژی گره‌ها، و سطح انرژی سرخوشه برای تابع برازندگی استفاده می‌کنیم. وظایفی همانند جمع‌آوری، تجمع و انتقال داده‌ها، منجر به مصرف انرژی در گره‌های سرخوشه می‌شود. بنابراین، چرخش دوره‌ای بر اساس انرژی باقیمانده ضروری است. انرژی باقیمانده یک گره، مهمترین فاکتور در تنظیم تابع برازندگی است.

از تابع برازندگی به‌منظور انتخاب بهترین سرخوشه استفاده می‌شود. پس از انتخاب سرخوشه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس، از تابع برازندگی برای ارزیابی انتخاب سرخوشه استفاده می‌شود. در الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس هر یک از راه‌حل‌ها در یک بردار هستند و هر بردار بر مبنای تابع برازندگی ارزیابی می‌شود. عملکرد فرموله‌سازی تابع برازندگی بر مبنای چهار پارامتر مختلف مانند فاصله



شکل ۱: فلوجارت مدل پیشنهادی

### ۱.۳. کدگذاری مسئله

توسط هر بردار راه‌حل، عمل انتخاب گره از میان گره‌های حسگر دوربین بی‌سیم به‌عنوان سرخوشه انجام می‌شود. بر این اساس، گره با حداقل فاصله و حداکثر انرژی به‌عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود که گره‌های سرخوشه می‌توانند روند مسیریابی را به روشی بهینه انجام دهند. الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس از تعدادی عامل (شاهین) تشکیل شده‌است. هر عامل یک راه‌حل کامل برای مسئله خوشه‌بندی گره‌های حسگر است. یک عامل در جمعیت اولیه شامل  $d$  بعد است. نمایش یک عامل در فضای مسئله طبق معادله (۱) تعریف می‌شود. هر عامل توسط یک تابع برازندگی ارزیابی می‌شود تا کیفیت راه‌حل‌های مسئله کشف و نمایان شوند.

$$H_i = [X_{i,1}, X_{i,2}, X_{i,3}, \dots, X_{i,d}] \quad (1)$$

الگوریتم بهینه‌سازی شاهین یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت است. در معادله (۲)  $h$  تعداد عامل‌ها و  $d$  تعداد ابعاد است، راه‌حل‌های مسئله را می‌توان توسط موقعیت عامل‌ها به‌دست‌آورد.

$$S = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1d} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2d} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{h1} & h_{h2} & \dots & h_{hd} \end{bmatrix} \quad (2)$$

فصلنامه سامانه‌های پردازشی و ارتباطی چندرسانه‌ای هوشمند- سال پنجم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

درون خوشه‌ای، فاصله بین خوشه‌ای، انرژی مبتنی بر سرخوشه و انرژی مبتنی بر گره‌های حسگر انجام شده است. تعریف تابع برازندگی براساس معادله (۵) انجام می‌شود.

$$\begin{aligned} F1 &= \alpha S_i^{intra} + \beta S_i^{inter} + \delta S_i^{HC} + \gamma S_i^{SN} \\ F2 &= \alpha + \beta + \delta + \gamma \\ Fitness &= \frac{F1}{F2} \end{aligned} \quad (5)$$

به طوری که  $S_i^{intra}$  و  $S_i^{inter}$  به ترتیب فاصله درون خوشه‌ای و فاصله بین خوشه‌ای را نشان می‌دهند. محاسبه انرژی سرخوشه‌ها و گره‌های حسگر بر مبنای  $S_i^{SN}$  و  $S_i^{HC}$  تعریف می‌شوند. پارامترهای  $\alpha$ ،  $\beta$ ،  $\delta$ ، و  $\gamma$  به منظور متعادل سازی تابع برازندگی استفاده می‌شوند و در بازه 0 و 1 تعریف هستند. به عبارتی، هدف این پارامترها این است که مقدار تابع برازندگی برابر با صفر نباشد.

**فاصله درون خوشه‌ای:** فاصله درون خوشه‌ای براساس معادله (۶) تعریف می‌شود. در معادله (۶)،  $SN_i$  تعداد گره‌های موجود در شبکه حسگر، BS نشان دهنده گره چاهک،  $D_q$  فاصله بین هر گره‌های حسگر با سرخوشه و  $C_j^H$  تعداد سرخوشه‌های انتخاب شده در شبکه را نشان می‌دهد.

$$S_i^{intra} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=i, j \in i}^S \|NS_i - C_j^H\| + \|C_j^H - BS\|}{\sum_{i=1}^N \sum_{q=1}^Q \|SN_i - D_q\|} \quad (6)$$

از صورت معادله (۶) برای محاسبه مسافت طی شده بسته‌ها از سرخوشه تا اعضای خوشه و سرخوشه تا چاهک استفاده می‌شود و از مخرج معادله (۶) برای یافتن مسافت طی شده بسته‌ها از سرخوشه تا چاهک استفاده می‌شود. بنابراین، فاصله درون خوشه‌ای در محدوده صفر تا یک محاسبه می‌شود. اگر فاصله گره‌های حسگر تا سرخوشه بسیار زیاد باشد آنگاه مقدار فاصله درون خوشه‌ای زیاد خواهد بود.

**فاصله بین خوشه‌ای:** فاصله بین خوشه‌ای فاصله بین خوشه‌های انتخاب شده، است و طبق معادله (۷) تعریف می‌شود. اگر فاصله بین سرخوشه‌ها در حالت بهینه باشد، یعنی سرخوشه‌ها زیاد از هم دور نباشند آنگاه انرژی کمتری هدر می‌رود و سرخوشه طول عمر بیشتری خواهد داشت و نقاط مختلف شبکه بدون مشکل کار می‌کنند.

$$S_i^{inter} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^S \sum_{p=j+1}^S \|C_j^H - C_p^H\|}{\sum_{i=1}^N \sum_{q=1}^Q \|SN_i - D_q\|} \quad (7)$$

در معادله (۷) عدد به دست آمده، فاصله بین هر سرخوشه را نشان می‌دهد. سپس، فاصله بین هر گره حسگر و سرخوشه‌های انتخاب شده در مخرج محاسبه می‌شود. اساساً، مقدار  $S_i^{inter}$  باید زیاد باشد زیرا فاصله بین سرخوشه‌ها برای انتخاب بهتر خوشه بندی باید حداکثر باشد.

**انرژی سرخوشه:** اصولاً گره سرخوشه براساس حداکثر انرژی ذخیره شده، انتخاب می‌شود. در میان گره‌های حسگر، گره‌ای انتخاب می‌شود که دارای انرژی بیشتری است. اگر گره دارای انرژی بالا نباشد بعد از چند

دور، پوشش شبکه از بین خواهد رفت و نقاط مختلف شبکه با مشکل ارسال و دریافت داده مواجه می‌شوند. بر این اساس، انرژی سرخوشه طبق معادله (۸) تعریف می‌شود.

$$S_i^{HC} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^S (1 - E(C_j^H))}{s} \quad (8)$$

در معادله (۸)  $s$  به عنوان تعداد کل سرخوشه‌های انتخاب شده و  $E(C_j^H)$  به عنوان انرژی سرخوشه  $j$  بیان می‌شود.

**انرژی گره‌های حسگر:** اصولاً انرژی گره‌های حسگر باید از انرژی سرخوشه کمتر باشد. انرژی گره‌های حسگر طبق معادله (۹) تعریف می‌شود.

$$S_i^{SN} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (1 - E(SN_i))}{N} \quad (9)$$

در معادله (۹)  $N$  به عنوان تعداد کل گره‌های موجود در شبکه و  $E(SN_i)$  به عنوان انرژی گره‌های حسگر تعریف می‌شود.

#### ۴.۳. مدل مصرف انرژی

یکی از مهمترین و حیاتی ترین مباحث در شبکه‌های حسگر بی سیم دوربین بحث مصرف انرژی است. گره‌های حسگر به منظور فعال بودن و حس کردن داده‌ها، انرژی مصرف می‌کنند. جهت محاسبه میزان مصرف انرژی در انتقال داده توسط حسگرها یک مدل نسبت مرتبه اول به کار گرفته می‌شود. بخش رادیویی گره‌های حسگر بی سیم دوربین دارای قابلیت کنترل توان مصرفی می‌باشد و می‌تواند حداقل انرژی لازم را برای ارسال پیام به یک گیرنده مشخص صرف کند.

گره‌های آرایش یافته در ناحیه نظارتی پس از دریافت داده از محیط و تبدیل آن به سیگنال الکتریکی باید اطلاعات جمع آوری شده را به چاهک منتقل کنند. مقداری انرژی، برای ارسال و دریافت بسته‌های داده، از منبع انرژی حسگر کم می‌شود. هرچه فاصله گره‌ها از چاهک طولانی تر باشد، میزان انرژی مصرف شده نیز بیشتر خواهد بود. انرژی اختصاص یافته برای ارسال پیام با طول  $L$ -bit در مسافت  $d$  طبق معادله (۱۰) تعریف شده است.

$$E_{TX}(L, D) = \begin{cases} L \cdot E_{elec} + L \cdot E_{fs} \times d^2 & (d < d_0) \\ L \cdot E_{elec} + L \cdot E_{mp} \times d^2 & (d \geq d_0) \end{cases} \quad (10)$$

$$E_{RX}(L) = L \times E_{elec} \quad (11)$$

$$d_0 = \sqrt{E_{fs} / E_{mp}} \quad (12)$$

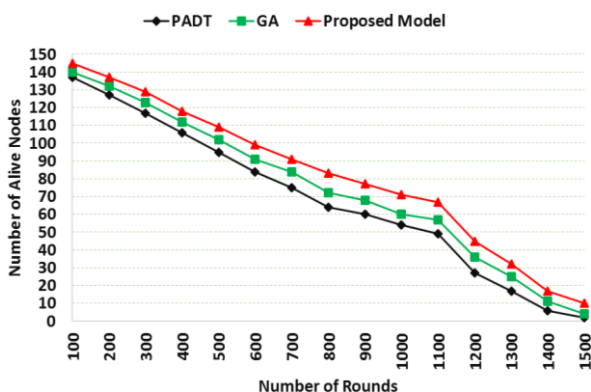
انرژی مصرفی به ازای هر بیت در مدار فرستنده یا گیرنده توسط پارامتر  $E_{elec}$  تعریف می‌شود. پارامترهای  $E_{fs}$  و  $E_{mp}$  وابسته به مدل تقویت کننده مدار ارسال کننده هستند و  $d$  فاصله بین فرستنده و گیرنده است که  $E_{TX}(L, d)$  و  $E_{RX}(L)$  به ترتیب بیانگر انرژی مصرفی برای ارسال و دریافت، یک بسته داده  $L$  بیتی بر روی مسیری به فاصله  $d$  می‌باشند. پارامتر  $d$  فاصله بین فرستنده و گیرنده و  $d_0$  نیز مقدار فاصله آستانه

جدول ۱: پارامترهای استفاده شده در شبیه سازی

پارامترها	مقادیر
اندازه محیط شبکه	۱۵۰×۱۵۰
	۳۰۰×۳۰۰
تعداد گره های حسگر دوربین	۳۰۰، ۲۰۰، ۱۵۰
تعداد چاهک	۱
موقعیت چاهک	(۵۰، ۵۰)
اندازه بسته ها	۱۰۲۴-۳۲ بایت
انرژی اولیه گره ها	۰،۵ ژول
انرژی ارسال و دریافت	۵۰ (nj/bit)
برد رادیویی	۸ متر
تعداد جمعیت اولیه	۵۰
تعداد تکرار الگوریتم بهینه سازی شاهین هریس	۲۰۰
تعداد دور	۱۵۰۰

#### ۱.۴. تعداد گره های زنده

در شکل (۲) نمودار مقایسه تعداد گره های زنده برای مدل پیشنهادی و پروتکل های PADT<sup>۱</sup> و الگوریتم ژنتیک (GA) بر مبنای ۱۵۰ گره حسگر در محیط ۱۵۰×۱۵۰ ترسیم شده است. تعداد گره های زنده شبکه های حسگر دوربین بی سیم بسیار حیاتی است. تعداد گره های زنده به وضوح طول عمر شبکه را نشان می دهند. هرچه تعداد گره های زنده بیشتر باشد، طول عمر شبکه بیشتر می شود. همان طور که در شکل (۲) دیده می شود، تعداد گره های مرده در مدل پیشنهادی در مقایسه با PADT و GA کمترند لذا طول عمر شبکه افزایش می یابد. این امر به علت تشکیل خوشه های مناسب با استفاده از الگوریتم بهینه سازی شاهین هریس با در نظر گرفتن معیار انرژی برای توزیع مناسب انرژی گره های سرخوشه ها است. همچنین در مدل پیشنهادی به فاصله درون-خوشه ای و فاصله بین خوشه ای توجه شده است. در PADT گره ها بر اساس همسایگی به عنوان سرخوشه انتخاب می شوند. لحاظ نکردن پارامتر انرژی در تشکیل خوشه ها باعث کوتاه تر شدن عمر گره های حسگر می شود، در نتیجه طول عمر شبکه کاهش می یابد.



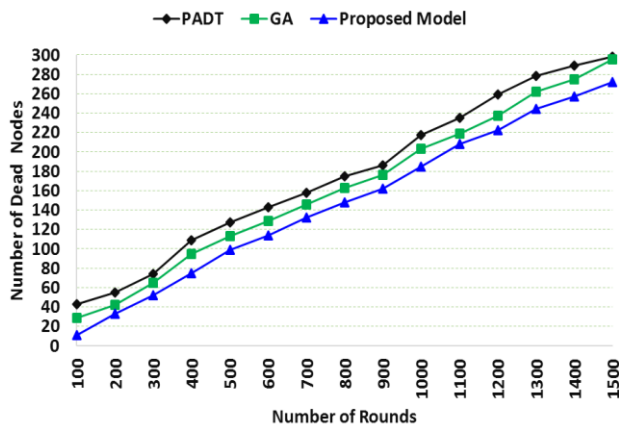
شکل ۲: نمودار مقایسه تعداد گره های زنده برای ۱۵۰ گره حسگر در محیط ۱۵۰×۱۵۰

است. مقداری است که تعیین شده است و باید فاصله بر مبنای آن باشد. پارامتر  $E_{fs}$  انرژی مصرفی (مورد نیاز) تقویت کننده انتقال برای مسیریابی آزاد و همکاری بین گره ها را بیان می کند. این مقادیر به صورت ثابت تعیین می شوند. پارامتر  $E_{mp}$  انرژی مصرفی (مورد نیاز) تقویت کننده انتقال برای مسیریابی چندمسیره را بیان می کند. هدف انرژی مصرفی (مورد نیاز) تقویت کننده انتقال است. این مقادیر ثابت تعیین می شوند. هنگامی که یک گره حسگر دوربین یک بسته  $l$  بیتی را دریافت می کند، انرژی مصرفی آن طبق معادله (۱۱) محاسبه می شود.

#### ۴. ارزیابی و نتایج

انتخاب سرخوشه در مدل پیشنهادی با استفاده از الگوریتم بهینه سازی شاهین هریس انجام می شود. مدل پیشنهادی با استفاده از برنامه نویسی پایتون در محیط آناکوندا و سیستم عامل ۶۴ بیتی شبیه سازی شده است. در این طرح، اندازه شبکه به صورت مربعی با ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گره حسگر تست شده است. انرژی اولیه هر گره برابر با ۰،۵ ژول است و ایستگاه پایه یا چاهک در مرکز محیط قرار دارد. تعداد خوشه ها به صورت تصادفی در بازه ۱۰ تا ۲۰ خوشه در نظر گرفته می شود.

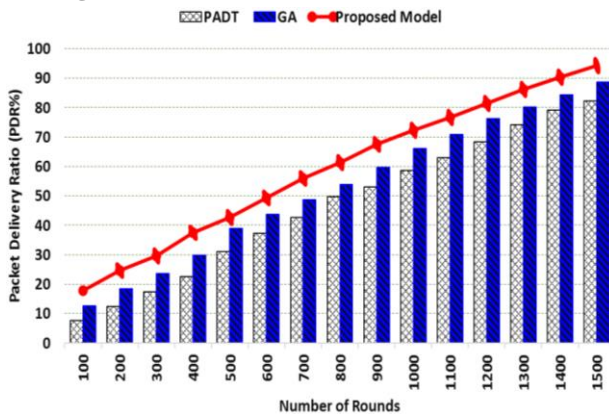
پارامترهای استفاده شده در شبیه سازی همراه مقادیر مرتبط با آن ها در جدول (۱) آمده است. شبکه شامل ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گره حسگر است که به صورت تصادفی در محیطی با اندازه مربعی توزیع شده اند. هنگامی که یک گره پیغامی را ارسال می کند، این پیغام تنها توسط گره هایی که در دامنه ارتباطی فرستنده و همسایه های آن هستند، دریافت می شود. برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهادی از الگوریتم های PADT [۲۳] و الگوریتم ژنتیک (GA) به عنوان الگوریتم های مقایسه، استفاده می شود. انرژی مصرفی در الگوریتم PADT\* با استفاده از روش همه پخشی هدر می رود. در این الگوریتم، گره ارسال کننده داده های خود را به گره های همسایه همه پخشی می کند. گره ای که در مقایسه با سایر گره ها فاصله اش از چاهک کمتر باشد و دارای انرژی بیشتری باشد، به عنوان گره ارسال کننده بعدی انتخاب می شود. الگوریتم خوشه بندی ژنتیک دارای کاربرد گسترده و عملکرد قوی در زمینه های مختلف بوده است.



شکل ۴: نمودار مقایسه تعداد گره‌های مرده بر مبنای ۳۰۰ گره

### ۳.۴. نرخ بسته‌های تحویل داده شده

در شکل (۵) نمودار مقایسه نرخ بسته‌های تحویل داده شده بر مبنای ۳۰۰ گره حسگر در اندازه  $300 \times 300$  آمده است. اگر تعداد دور برابر با ۷۰۰ باشد، آنگاه نرخ بسته‌های تحویلی در مدل پیشنهادی، GA و PADT به ترتیب برابر با ۵۵،۹۴ درصد، ۴۸،۶۴ درصد و ۴۲،۷۸ درصد می‌باشد. اگر تعداد دور برابر با ۱۰۰۰ باشد آنگاه نرخ بسته‌های تحویل داده شده در مدل پیشنهادی، GA و PADT به ترتیب برابر با ۷۲،۳۵ درصد، ۶۶،۱۸ درصد و ۵۸،۶۷ درصد می‌باشد. اگر تعداد دور برابر با ۱۵۰۰ باشد آنگاه نرخ بسته‌های تحویل داده شده در مدل پیشنهادی، GA و PADT به ترتیب برابر با ۹۴،۳۵ درصد، ۸۸،۶۷ درصد و ۸۲،۳۶ درصد می‌باشد.

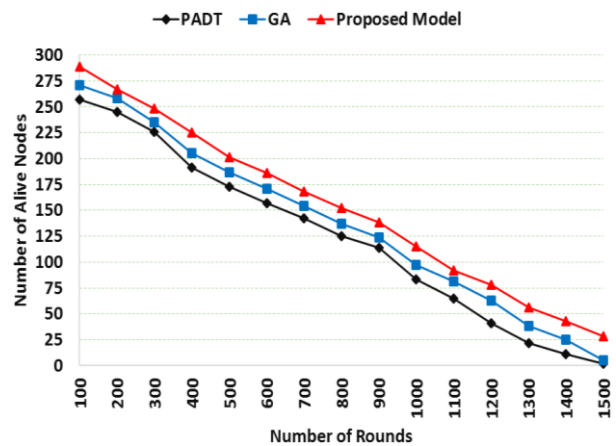


شکل ۵: نمودار مقایسه نرخ بسته‌های تحویلی برای ۳۰۰ گره حسگر در اندازه  $300 \times 300$

### ۴.۴. توان عملیاتی

اگر نرخ توان عملیاتی بالاتر باشد نشانگر راندمان بهتر شبکه است. به بیانی دیگر، جریان داده بیشتر در واحد زمان فعال است. در شکل (۶) نمودار مقایسه توان عملیاتی بر مبنای تعداد گره‌های مختلف در اندازه  $300 \times 300$  آمده است. طبق شکل (۶) واضح است اگر تعداد گره‌ها برابر با ۱۵۰ باشد، آنگاه توان عملیاتی در مدل پیشنهادی، GA و PADT به ترتیب برابر با ۸۵،۶۲، ۶۱،۳۴ و ۴۷،۳۵ است. اگر تعداد گره‌ها برابر با ۲۰۰ باشد، آنگاه توان عملیاتی در مدل پیشنهادی، GA و PADT به ترتیب برابر با ۱۹۲،۱۴، ۱۵۶،۹۴ و ۱۴۶،۲۸ و اگر تعداد گره‌ها برابر با

در شکل (۳) نمودار مقایسه تعداد گره‌های زنده برای مدل پیشنهادی و پروتکل PADT و GA بر مبنای ۳۰۰ گره حسگر در محیط  $300 \times 300$  نشان داده شده است. طبق شکل (۳) مشخص است که اگر تعداد دور برابر با ۳۰۰ باشد آنگاه تعداد گره‌های زنده در مدل پیشنهادی و PADT به ترتیب برابر با ۲۴۸ و ۲۲۶ می‌باشند. اگر تعداد دور برابر با ۷۰۰ باشد آنگاه تعداد گره‌های زنده در مدل پیشنهادی و PADT به ترتیب برابر با ۱۶۸ و ۱۴۲ می‌باشند. اگر تعداد دور برابر با ۱۰۰۰ باشد آنگاه تعداد گره‌های زنده در مدل پیشنهادی و PADT به ترتیب برابر با ۱۱۵ و ۸۳ می‌باشند. طبق مقایسه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که مدل پیشنهادی دارای کارایی بهتری بوده است. اگر تعداد دور برابر با ۱۳۰۰ باشد آنگاه تعداد گره‌های زنده در مدل پیشنهادی و GA به ترتیب برابر با ۵۶ و ۳۸ می‌باشند. طبق مقایسه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که مدل پیشنهادی در مقایسه با PADT و GA دارای عملکرد بهتری است.



شکل ۳: نمودار مقایسه تعداد گره‌های زنده برای ۳۰۰ گره حسگر در محیط  $300 \times 300$

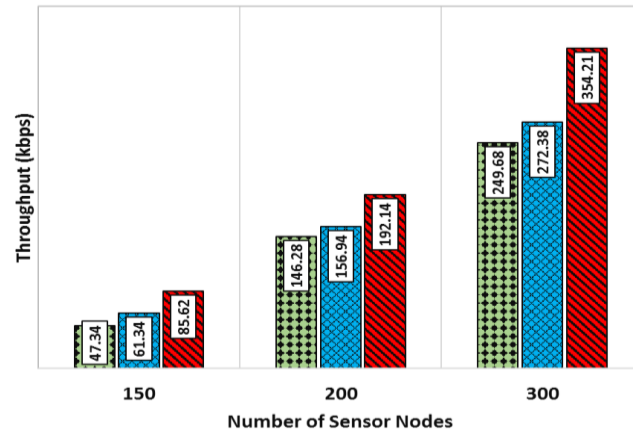
### ۲.۴. تعداد گره‌های مرده

در شکل (۴) نمودار مقایسه تعداد گره‌های مرده بر مبنای ۳۰۰ گره حسگر در اندازه  $300 \times 300$  آمده است. اگر تعداد تکرار برابر با ۵۰۰ باشد، آنگاه تعداد گره‌های مرده برای مدل پیشنهادی و PADT به ترتیب برابر با ۹۹ و ۱۲۷ است. اگر تعداد تکرار برابر با ۱۰۰۰ باشد، آنگاه تعداد گره‌های مرده برای مدل پیشنهادی و PADT به ترتیب برابر با ۱۸۵ و ۲۱۷ و اگر تعداد تکرار برابر با ۱۴۰۰ باشد، آنگاه تعداد گره‌های مرده برای مدل پیشنهادی و PADT به ترتیب برابر با ۲۵۷ و ۲۸۹ است.



۳۰۰ باشد، آنگاه توان عملیاتی در مدل پیشنهادی، GA و PADT به ترتیب برابر با ۳۵۴،۲۱، ۲۷۲،۳۸ و ۲۴۹،۶۸ است.

■ PADT ■ GA ■ Proposed Model

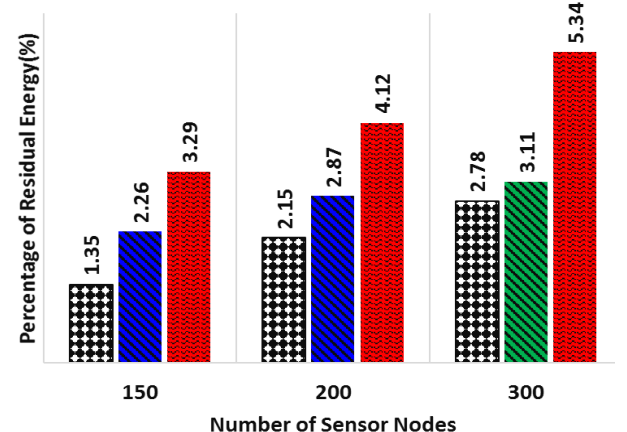


شکل ۶: نمودار مقایسه توان عملیاتی بر مبنای تعداد گره‌های مختلف

#### ۵.۴. انرژی باقیمانده

در شکل (۷) نمودار مقایسه درصد انرژی باقیمانده بر مبنای ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گره حسگر در اندازه ۳۰۰×۳۰۰ آمده است. طبق شکل (۷) مشخص است که اگر تعداد گره‌ها برابر با ۱۵۰ باشد، آنگاه درصد انرژی باقیمانده برای مدل پیشنهادی و پروتکل PADT به ترتیب برابر با ۳،۲۹ درصد و ۱،۳۵ درصد است. اگر تعداد گره‌ها برابر با ۲۰۰ باشد، آنگاه درصد انرژی باقیمانده برای مدل پیشنهادی و پروتکل PADT به ترتیب برابر با ۴،۱۲ درصد و ۲،۱۵ درصد می‌باشد. اگر تعداد گره‌ها برابر با ۳۰۰ باشد، آنگاه درصد انرژی باقیمانده برای مدل پیشنهادی و پروتکل PADT به ترتیب برابر با ۵،۳۴ درصد و ۲،۷۸ درصد و اگر تعداد گره‌ها برابر با ۳۰۰ باشد، آنگاه درصد انرژی باقیمانده برای مدل پیشنهادی و الگوریتم ژنتیک به ترتیب برابر با ۵،۳۴ درصد و ۲،۱۱ درصد می‌باشد.

■ PADT ■ GA ■ Proposed Model



شکل ۷: نمودار مقایسه درصد انرژی باقیمانده بر مبنای تعداد گره‌های مختلف در اندازه ۳۰۰×۳۰۰

مصرف انرژی تأثیر مستقیمی در تعداد گره‌های زنده دارد. به بیان دیگر، اگر مصرف انرژی افزایش یابد، تعداد گره‌های زنده نیز کاهش می‌یابد. طبق

شکل (۷) مشخص است که اگر تعداد گره‌ها برابر با ۱۵۰ باشد در این حالت به دلیل فاصله زیاد گره‌ها و خوشه‌ها امکان هدررفت انرژی بیشتر است، لذا انرژی گره‌ها زودتر مصرف می‌شود و طول عمر شبکه کاهش می‌یابد. در مقابل، اگر تعداد گره‌ها برابر با ۳۰۰ باشد، در این حالت به دلیل کاهش فاصله گره‌ها و خوشه‌ها امکان هدررفت انرژی کمتر است، انرژی گره‌ها زودتر مصرف نمی‌شود و طول عمر شبکه افزایش می‌یابد.

#### ۶. نتیجه‌گیری و کارهای آینده

در شبکه‌های حسگر دوربین بی‌سیم، عدم تعادل مصرف انرژی در میان گره‌ها عامل موثر بر طول عمر شبکه است. به منظور متعادل‌سازی مصرف انرژی در بین گره‌ها، الگوریتم‌های خوشه‌بندی برای توزیع یکنواخت انرژی پیشنهاد شده‌اند. در این مقاله یک مدل جدید به منظور خوشه‌بندی گره‌های حسگر دوربین بر مبنای الگوریتم بهینه‌سازی شاهین هریس پیشنهاد دادیم. در مدل پیشنهادی به مواردی مانند فاصله درون خوشه‌ای، فاصله برون خوشه‌ای و انرژی باقیمانده گره‌های حسگر توجه کردیم. معیار کیفیت خوشه‌ها بر مبنای فاصله درون خوشه‌ای است که به موقعیت سرخوشه در خوشه‌ها بستگی دارد. در مدل پیشنهادی به دلیل اینکه به معیار فاصله توجه شده است و فاصله گره‌های غیرسرخوشه با گره سرخوشه ارزیابی می‌شود، نزدیکترین گره‌ها به سرخوشه انتخاب می‌شوند. آزمایش‌های مدل پیشنهادی در محیط‌های ۱۵۰×۱۵۰ و ۳۰۰×۳۰۰ انجام شد. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی در مقایسه با PADT و GA دارای کارایی بهتر و توان عملیاتی بالاتری است. مدل پیشنهادی حتی در دوره‌های آخر هم دارای تعداد گره‌های زنده بیشتری در مقایسه با PADT و GA بود. برای تحقیقات آینده در جهت افزایش کارایی شبکه‌های حسگر بی‌سیم دوربین، مسیریابی بهینه و چندانگامی در شبکه‌های حسگر دوربین بی‌سیم را پیشنهاد می‌کنیم.

#### مراجع

- [1] X. Liu, "A Survey on Wireless Camera Sensor Networks," in *Frontier and Future Development of Information Technology in Medicine and Education*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2014.
- [2] M. Rouan Serik and M. Kaddour, "Optimizing Deployment Cost in Camera-Based Wireless Sensor Networks," in *Computer Science and Its Applications*, Cham: Springer International Publishing, 2015.
- [3] A. Mosaif and S. Rakrak, "A Survey of Cross-Layer Design for Wireless Visual Sensor Networks," in *Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications*, Cham: Springer International Publishing, 2018.
- [4] W. Li and W. Zhang, "Multiple target localization in wireless visual sensor networks," *Frontiers of Computer Science*, Vol. 7, No. 4, pp. 496-504, 2013.
- [5] R. Priyadarshi, B. Gupta, and A. Anurag, "Deployment techniques in wireless sensor networks: a survey, classification, challenges, and future research issues," *The Journal of Supercomputing*, Vol. 76, No. 9, pp. 7333-7373, 2020.

- networks,” *Computer Communications*, Vol. 35, No. 1, pp. 100-108, 2012.
- [20] A. De San Bernabe, J.R. Martinez-de Dios, and A. Ollero, “Efficient integration of RSSI for tracking using Wireless Camera Networks,” *Information Fusion*, Vol. 36, No., pp. 296-312, 2017.
- [21] F.S. Gharehchopogh and H. Gholizadeh, “A comprehensive survey: Whale Optimization Algorithm and its applications,” *Swarm and Evolutionary Computation*, Vol. 48, No., pp. 1-24, 2019.
- [22] M. Ehsan, N. Amir, and A. Mojtaba, “An Enhanced Dynamic Source Routing Algorithm for the Mobile Ad-Hoc Network using Reinforcement learning under the COVID-19 Conditions,” *Journal of Computer Science*, Vol. 16, No. 10, pp. 2020.
- [23] S. Rhee, H.-Y. Choi, H.-J. Lee, and M.-S. Park, “Power-Aware Data Transmission for Real-Time Communication in Multimedia Sensor Networks,” *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Vol. 10, No. 6, pp. 405171, 2014.
- [6] D.G. Costa and L.A. Guedes, “Exploiting the sensing relevancies of source nodes for optimizations in visual sensor networks,” *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 64, No. 3, pp. 549-579, 2013.
- [7] A. Zam, M.R. Khayyambashi, and A. Bohlooli, “Energy-aware strategy for collaborative target-detection in wireless multimedia sensor network,” *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 78, No. 13, pp. 18921-18941, 2019.
- [8] A. Tavli, K. Bicakci, R. Zilan, and J.M. Barcelo-Ordinas, “A survey of visual sensor network platforms,” *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 60, No. 3, pp. 689-726, 2012.
- [9] H. Medeiros, J. Park, and A. Kak, “A Light-Weight Event-Driven Protocol for Sensor Clustering in Wireless Camera Networks,” in *2007 First ACM/IEEE International Conference on Distributed Smart Cameras*, 2007.
- [10] A.A. Heidari, S. Mirjalili, H. Faris, I. Aljarah, M. Mafarja, and H. Chen, “Harris hawks optimization: Algorithm and applications,” *Future Generation Computer Systems*, Vol. 97, No., pp. 849-872, 2019.
- [11] F.S. Gharehchopogh and B. Abdollahzadeh, “An efficient harris hawk optimization algorithm for solving the travelling salesman problem,” *Cluster Computing*, Vol. No., pp. 2021.
- [12] A. Zam, M.R. Khayyambashi, and A. Bohlooli, “Energy-efficient face detection and recognition scheme for wireless visual sensor networks,” *Applied Soft Computing*, Vol. 89, No., pp. 106014, 2020.
- [13] E.O. Rangel, D.G. Costa, and A. Loula, “On redundant coverage maximization in wireless visual sensor networks: Evolutionary algorithms for multi-objective optimization,” *Applied Soft Computing*, Vol. 82, No., pp. 105578, 2019.
- [14] Behrooz Shahrokhzadeh, Mehdi Dehghan, and M.R. Shahrokhzadeh, “Improving Target Coverage in Visual Sensor Networks by Adjusting the Cameras’ Field-of-View and Scheduling the Cover sets Using Simulated Annealing,” *NASHRIYYAH-I MUHANDESI-I BARQ VA MUHANDESI-I KAMPYUTAR-I IRAN (PERSIAN)*, Vol. 14, No. 4, pp. 271-285, 2016.
- [15] M. Parandeh and S.H. Aghdasi, “Position-based Energy-Efficient Data Forwarding Protocol for Visual Sensor Networks,” *TABRIZ JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING*, Vol. 47, No. 1, pp. 29-38, 2017.
- [16] M.M. Kheirkhah and M. Khansari, “Clustering wireless camera sensor networks based on overlapped region detection,” in *7th International Symposium on Telecommunications (IST’2014)*, 2014.
- [17] L. Liu, M. Anlong, H. Ma, and X. Zhang, “A binary-classification-tree based framework for distributed target classification in multimedia sensor networks,” in *2012 Proceedings IEEE INFOCOM*, Orlando, FL, USA, 2012.
- [18] R.P. Meenaakshi Sundhari and K. Jaikumar, “IoT assisted Hierarchical Computation Strategic Making (HCSM) and Dynamic Stochastic Optimization Technique (DSOT) for energy optimization in wireless sensor networks for smart city monitoring,” *Computer Communications*, Vol. 150, No., pp. 226-234, 2020.
- [19] [19] Z. Zuo, Q. Lu, and W. Luo, “A two-hop clustered image transmission scheme for maximizing network lifetime in wireless multimedia sensor

### پی‌نوشت

1. Power- Aware Data Transmission