یک الگوریتم آگاه از انرژی نوین جهت تشخیص مؤثر حفرهٔ پوششی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم

مریم یوسف‌پور قهفرخی[1] و بهرنگ برکتین*[1و2]

[1]دانشکده مهندسی کامپیوتر، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

[2]مرکز تحقیقات کلان داده، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

چکیده

مهم‌ترین مانع بر سر افزایش سطح پوشش در شبکه‌های بی‌سیم، مصرف انرژی حس‌گرها است که باعث اتمام انرژی آن‌ها می‌شود. این رخداد به‌عنوان یک مسأله بحرانی با نام حفرهٔ پوششی شناخته می‌شود و در آن منطقهٔ خاصی تحت پوشش هیچ حس‌گری نیست. درنتیجه رخدادهای واقعی در آن نقاط قابل‌شناسایی و ردیابی نخواهند بود. در این راستا، این پژوهش یک الگوریتم نوین مبتنی بر سامانه مدیریت اعتماد اعتبار در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم را جهت بیشینه‌سازی میزان پوشش‌دهی شبکه با تنظیم هوشمندانه شعاع حس‌گری گره‌ها معرفی کرده است. این الگوریتم میزان حفره پوششی را با استفاده از ماشین بردار پشتیبان و ضمن مصرف کم انرژی در شبکه، به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌دهد. به عبارتی، با جمع‌آوری اطلاعات در بازه زمانی‌های مختلف و تعاملات بین گره‌ها، میزان رضایت‌مندی آن‌ها ارزیابی و بر این اساس پاداش یا جریمه‌ای برای آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. ارزیابی‌ها نشان می‌دهند که طول عمر شبکه و اندازه شعاع حس‌گری گره‌ها به‌لحاظ تعداد گره‌های حس‌گر در محیطی با درنظرگرفتن شعاع متحرک گره‌ها، گره‌های متحرک و آتوماتای سلولی در مقایسه با محیطی با درنظرگرفتن شعاع ثابت گره‌ها، گره‌های متحرک و بدون آتوماتای سلولی به‌ترتیب معادل ۱۲/۴۲٪ و ۲۰/۴٪ بهبود یافته‌اند.

واژگان کلیدی: حفره‌های پوششی، شعاع حس‌گری شبکه بی‌سیم، مدیریت اعتماد، مصرف انرژی، ماشین بردار پشتیبان.

A Novel Efficient Energy-Aware Coverage Hole Detection Algorithm in Wireless Sensor Networks

Maryam YousefPour Ghahfarokhi[1] & Behrang Barekatain[1,2*]

[1]Faculty of Computer Engineering, Najafabad Branch,
Islamic Azad University, Najafabad, Iran

[2]Bigdata Research Center, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

Abstract

One of the most widely researched areas in wireless sensor networks is the issue of coverage. Coverage is directly related to the degree of quality, how and how long the sensors are able to detect predetermined targets in areas. Standard coverage for calculating network Quality of Service (QoS) greatly affects network performance. The most important factor in maximum coverage in wireless sensor networks is to consider the energy consumption constraints. Sensor nodes typically use a battery to supply power, which in most cases is not rechargeable; therefore, it is very important to carry out operations to reduce energy consumption and increase the life of the sensor node. Full network coverage is such that all areas of interest must be monitored and covered by diffused sensors. Now, if a certain area is not covered by any sensor, it is known as a cover hole and the real events in the cover points will not be recognizable and traceable. The aim of this study is to identify cover holes to reduce energy consumption in wireless sensor networks; which is applied by presenting a new model of credit management system. In this system, the sensor radius of the nodes is adjusted for maximum coverage in the network. In the

* نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات

* Corresponding author

● تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۸/۲/۱۶ ● تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۲۹ ● تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۷/۱۷ ● نوع مطالعه: پژوهشی

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]

[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

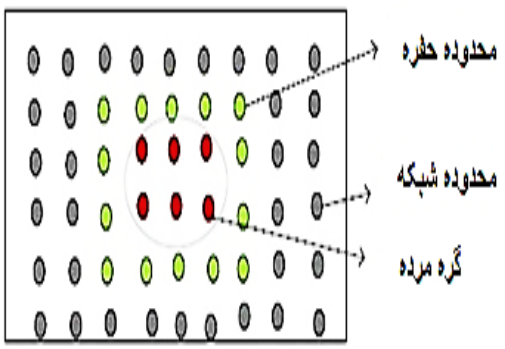
simulation presented, decisions are made by gathering information at different time intervals and interactions among nodes; According to this decision, the evaluation is applied for the level of satisfaction of the nodes and based on the level of satisfaction of the nodes, rewards and fines are considered for the nodes and finally, using the support vector machine tool, cover holes in the sensor network are identified. Thus, the effect of identifying holes in reducing energy consumption, performance and quality of services provided in the network is expressed. Evaluations show that the longevity of the network and the size of the sensor radius of the nodes have improved 12.42% and 20.4%, respectively in terms of the number of sensor nodes in the environment with respect to the moving radius of the nodes, mobile nodes and cellular automata compared to the environment considering the constant radius of the nodes, mobile nodes and without automata.

Keywords: Coverage Cavities, Wireless Network Sensing Radius, Trust Management, Energy Consumption, Support Vector Machine.

۱-مقدمه

شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم (WSN[1]) به‌عنوان یکی از فناوری‌های مهم و تأثیرگذار در قرن حاضر مطرح شده‌اند. این شبکه‌ها از تعداد بسیار زیادی گره حس‌گر با ابعاد کوچک، قابلیت‌های مخابراتی و محاسباتی محدود، برقراری ارتباط بی‌سیم و تشخیص یک یا چند پدیده فیزیکی یا شیمیایی تشکیل‌شده‌اند که به‌منظور جمع‌آوری و انتقال اطلاعات از یک محیط به سمت یک کاربر و یا ایستگاه پایه[2] به‌کار برده می‌شود [1-4]. این نوع شبکه‌ها بیش‌تر در محیط‌های خشن و مناطقی که حضور انسان در آنجا مشکل است، استفاده می‌شوند [5]. شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم به‌علت موارد استفاده فراوانی که در زمینه‌های مختلفی چون کاربردهای: عملیات امداد سانحه، نگاشت تنوع زیستی، ساختمان‌های (پل) هوشمند، نظامی، بهداشت، محیط و غیره دارند، در طی سالیان اخیر موردتوجه پژوهش‌گران زیادی قرارگرفته‌اند [6-52]. علاوه‌بر این از چالش‌های شبکه‌های حس‌گر می‌توان به نبود زیرساخت در شبکه؛ برای پشتیبانی از عملیاتی مانند ارتباطات و مسیریابی، گره‌های مستعد ضبط و جاسوسی؛ که عملیات شبکه را به خطر می‌اندازند، گره‌های متخلف؛ که اطلاعات مربوط به مسیریابی گمراه‌کننده را به WSN منتقل و شبکه غیرعملیاتی (سیاه‌چاله، کرم‌چاله) را رها می‌کند، ارتباطات بی‌سیم حساس به استراق سمع؛ که باعث DoS[3] در شبکه می‌شود و غیره اشاره کرد [7-8].

در میان چالش‌های بالا دو مورد میزان پوشش[4] و دیگری طول عمر شبکه[5] در کارایی و میزان کیفیت خدمات[6] شبکه‌های حس‌گر از اهمیت خاصی برخوردار هستند [9-11]. به‌طورکلی مسأله پوشش بدین گونه است که باید مجموعه‌ای از نقاط (اهداف) مجزا با مکان‌های مشخص به‌وسیلهٔ حس‌گرهای پخش‌شده سنجش و پوشش داده شود [12]. مسأله مهم دیگر در شبکه‌های حس‌گر محدودبودن منابع انرژی حس‌گرهاست [9]؛ با وجود پیشرفت گسترده در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، مصرف انرژی هنوز به‌عنوان مهم‌ترین چالش در این نوع شبکه محسوب می‌شود [13]؛ ازآنجایی‌که گره‌های حس‌گر به‌طورمعمول از یک باتری جهت تأمین انرژی استفاده می‌کنند که در اغلب موارد قابل شارژ و تعویض نیستند؛ بنابراین کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر گره حس‌گر امری مهم به نظر می‌رسد. با توجه به محدودبودن منابع انرژی گره‌های حس‌گر که باعث کاهش طول عمر شبکه می‌شود، مهم‌ترین مسأله‌ای که عمر شبکه را کاهش می‌دهد حفره‌ها هستند که در این پژوهش، روش بهبودیافته‌ای جهت تشخیص حفرها با استفاده از فناوری ماشین بردار پشتیبان به‌منظور کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه ارائه می‌دهیم.



(شکل-۱): تشخیص حفره‌ها [12]
(Figure-1): Hole Detection [12]

هر حس‌گر موجود در شبکه دارای یک بازه حس‌گری است که به نقاط موجود در آن بازه دسترسی کامل دارد. یکی از اهداف اصلی و مهم در شبکه‌های حس‌گری این است که هر نقطه از فضای شبکه دست‌کم در بازه حس‌گری یک گره قرار گیرد تا شبکه قابلیت

[1] Wireless Sensor Network
[2] Base Station
[3] Denial of Service
[4] Coverage
[5] Lifetime Network
[6] Quality-of-Service (QoS)

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]
[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

پوشش همه مناطق موردنظر را فراهم کند. حال با اینکه توجه زیادی به پوشش کامل منطقه توسط حس‌گرها می‌شود، احتمال دارد نقاطی تحت پوشش هیچ حس‌گری قرار نگیرد. این نقاط تحت عنوان حفره‌های پوششی[1] نامیده می‌شوند [14]. یک مسأله مهم در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، تشخیص مرز شبکه است. گره‌هایی که در مرز شبکه و مرز حفره وجود دارند یک حفره را احاطه کرده‌اند (شکل (۱)) [12].

وجود این حفره‌ها در شبکه باعث عدم نظارت و تشخیص رویدادها در منطقه موردنظر، عدم بهره‌برداری برخی از زیرمنطقه‌ها در شبکه، عدم‌تشخیص خطا و مصرف انرژی بیهوده می‌شود که آسیبی جدی در کیفیت نظارت در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم را در بر دارد [12, 15-17]. در چند سال گذشته، بسیاری از ایده‌های نوآورانه توسط پژوهش‌گران برای حل مسأله تشخیص حفره‌های پوششی در WSNها ارائه شده است؛ که از ابزارهایی از قبیل نمودار Voronoi [18-19]، کوتاه‌ترین مسیر درخت [20]، خطوط کانتور [21]، الگوریتم مکاشفهٔ حریصانه توزیع‌شده [22]، نقاط مرز بحرانی [23]، مقیاس جغرافیایی [24] و غیره استفاده کرده‌اند. در راه‌حل‌هایی که تاکنون ارائه‌شده معایبی همچون مصرف انرژی زیاد، افزایش بسته‌های ارسالی در شبکه، استقرار یکنواخت گره‌ها و شکاف ارتباطی مورد توجه کافی قرار نگرفته‌اند. به همین دلیل همچنان پژوهش در این زمینه به‌طورجدی در حال انجام است [12, 22, 23, 25].

ساختار این مقاله بدین شرح است: در بخش دوم کارهای مرتبط موردبررسی قرار می‌گیرد. بخش سوم در خصوص بیان مسأله توضیح می‌دهد. در بخش چهارم به بیان روش پیشنهادی پرداخته می‌شود. در بخش پنجم ارزیابی روش پیشنهادی توضیح داده شده و درنهایت در بخش ششم مقاله مورد نتیجه‌گیری قرار خواهد گرفت.

۲-پیشینه پژوهش

یکی از معیارهای تشخیص حفره‌ها در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، پوشش است [9]. از محدودیت‌های گره‌های حس‌گر که می‌توان به محدودبودن منابع انرژی، قدرت پردازش و ظرفیت حافظه اشاره کرد، مشکلاتی را به‌وجود می‌آورند که منشأ بسیاری از مباحث پژوهشی مطرح در این زمینه است. بخش زیادی از پژوهش‌ها در طی چند سال گذشته درخصوص پیرامون سنجش هدف و تنظیم شعاع حس‌گری جهت پوشش هدف‌ها، مدل مصرف انرژی مرتبط با عمل حس‌گری، تشخیص حفره‌های پوششی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، روش‌های یادگیری ماشین و اینترنت اشیا (IoT)[2] بوده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌کنیم.

کراک و همکاران، در سال ۲۰۰۷ الگوریتم نامتمرکزی جهت تشخیص حفره‌های محلی پیشنهاد دادند [26]. راه حل پیشنهادی بر اساس درخواست Ping گره‌ها است. مزایای الگوریتم این است که مبتنی بر ترافیک پیام نرمال است، حفره‌ها را کشف می‌کند و الگوریتم‌های نامتمرکز مصرف انرژی کمتری نسبت به الگوریتم‌های متمرکز دارد و از معایب آن، نیازمند اطلاعات اولیه و اطلاعات محلی است و الگوریتم‌های نامتمرکز پیچیدگی بیشتری نسبت به الگوریتم‌های متمرکز دارد.

یانگ و فِی، در سال ۲۰۱۰ الگوریتم تشخیص حفره و تطبیق مسیریابی جغرافیایی (HDAR)[3] را پیشنهاد دادند [27]. در این الگوریتم اگر زاویه بین دو لبه مجاور از یک گره بزرگ‌تر از ۱۲۰ درجه باشد الگوریتم تشخیص حفره آغاز می‌شود. از مزایای الگوریتم این است که تنها گره جهت تشخیص حفره مؤثر است و از معایب الگوریتم می‌توان نیازمندبودن به گره‌های محلی را نام برد.

ژائو و همکاران، در سال ۲۰۱۱ روش تشخیص حفره پوششی (CHDM)[4] را با استفاده از تجزیه‌وتحلیل ریاضی پیشنهاد دادند [28]. از مزایای این الگوریتم می‌توان به مواردی ازجمله آگاه‌بودن هر حس‌گر از محل جغرافیایی خود، هر گره رفتارهای خود را به‌طور مستقل تعیین می‌کند و اجرای توزیع‌شده اشاره کرد؛ و از معایب روش می‌توان وجود حفره‌های پوششی را نام برد.

م.خان و همکاران، در سال ۲۰۱۲ یک رویکرد مبتنی بر گام[5] را جهت پیداکردن حفره‌ها پیشنهاد دادند [29] این الگوریتم برای درجه گره هفت یا بیشتر کار می‌کند که از برخی روش‌های دیگر بهتر است؛ اما سربار ارتباطات زیادی برای شناسایی همسایگان x-hop وجود دارد.

کانگ و همکاران، در سال ۲۰۱۳ تشخیص حفره بر اساس نقاط مرز بحرانی (BCPs)[6] را پیشنهاد دادند [23]. از مزایای الگوریتم می‌توان اتصال قابل‌اعتماد و تحرک گره‌ها را و از معایب آن می‌توان، مصرف انرژی زیاد،

[1] Coverage Holes

[2] Internet of Things
[2] Hole Detection and Adaptive Geographical Routing
[4] Coverage Hole Detection Method
[5] Hop
[6] Boundary Critical Point Sensor

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]

[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

داشتن حفره‌های پوششی و استقرار یکنواخت گره‌ها را نام برد.

یان ژائوژانگ و همکاران، در سال ۲۰۱۴ الگوریتم تشخیص حفره پوششی با انرژی باقیمانده (HDRE)[1] را پیشنهاد دادند [30]. از مزایای این الگوریتم می‌توان به کاهش خرابی گره‌ها و به کمینه‌رساندن هزینه و از معایب آن، سربار ارتباطی، داشتن حفره‌های پوششی، شکاف ارتباطی و مصرف انرژی زیاد اشاره کرد.

چو و سو و همکاران، در سال ۲۰۱۴ الگوریتم تشخیص مرز توزیع‌شده (DBD)[2] را پیشنهاد دادند [21] که با استفاده از روش توپولوژیکی، گره‌های حس‌گر نزدیک به حفره شناسایی می‌شوند. این الگوریتم، محدودیت UDG ندارد و جهت تشخیص حفره‌های پویا مناسب است و دارای سربار ارتباطی بالا و مصرف انرژی زیاد است.

جاسپریت کار و همکاران، در سال ۲۰۱۴ الگوریتم BHDP (تشخیص و پیشگیری حفره) را پیشنهاد دادند [31]. این الگوریتم نیز بسیار امن و قابل‌اعتماد به‌منظور بهبود امنیت در بخش دفاع و حوزه غیرنظامی است.

پاتل و همکاران، در سال ۲۰۱۵ الگوریتم تشخیص گره‌های مخرب با فناوری ماشین بردار پشتیبان (SVM) را پیشنهاد دادند [32]؛ که به‌طوراساسی طبقه‌بندی گره‌های مخرب و طبیعی را با توجه به رفتار گره‌ها به‌ترتیب $w,x=b<0$ و $w,x=b>0$ انجام می‌دهد. صبا رمضانی و همکارانش، در سال ۲۰۱۶ یک روش متمرکز جدید برای تشخیص و محلی‌سازی نسبی حفره‌های پوششی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم معرفی می‌کند [33]. نتایج شبیه‌سازی برای نشان‌دادن روش پیشنهادشده و ارزیابی دقت آن و زمان اجرا ارائه شده است.

آموت و همکارش، در سال ۲۰۱۷ الگوریتم جدیدی به نام CHD-CR[3] پیشنهاد داده‌اند [17] که پس از تشخیص یک حفره پوششی در ناحیه هدف، بازمی‌گردد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که الگوریتم CHD-CR از الگوریتم‌های موجود به‌لحاظ حفظ پوشش برای مدت‌زمان طولانی‌تر عمل می‌کند.

یی و همکاران، در سال ۲۰۱۷ به مسأله شناسایی حفره‌های پوششی اطلاعاتی مطمئن (LCICHD)[4] در اینترنت اشیا پرداخته‌اند [34]؛ که با بهره‌برداری از حس‌گرهای همسایه یک گام، بر اساس مدل پوشش اطلاعاتی مطمئن (CIC)[5] اعمال می‌شود. شبیه‌سازی‌های تجربی نشان می‌دهد که طرح‌های پیشنهادی می‌توانند به‌طور مؤثری حفره‌های پوششی ازجمله مکان و تعداد را تشخیص دهند و الگوریتم LCICHD در مقایسه با راه‌حل‌های دیگر عملی و کارآمدتر است.

کاتر و همکاران، در سال ۲۰۱۸ طرح جدیدی ارائه داده‌اند [35] که شامل الگوریتم‌های توزیع‌شده جهت تشخیص حفره‌های ناشی از استقرار تصادفی و شکست گره در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم است. این طرح، الگوریتم بهبود حفره پوششی را ارائه می‌دهد که می‌تواند به‌طور مؤثر تحرک را جهت بهینه‌سازی نرخ به‌وسیلهٔ پوشش و میانگین فاصله حرکت گره‌های متحرک را ارتقا دهد. نتایج عملکرد طرح پیشنهادی از نظر پوشش و صرفه‌جویی در انرژی عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم‌های موجود دارد.

ورما و همکاران، در سال ۲۰۱۸ رویکرد حریصانه‌ای برای شناسایی و بازسازی حفره‌های پوششی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم پیشنهاد دادند [36]. انتظار می‌رود که الگوریتم پیشنهادی به‌لحاظ پارامترهای انرژی و مدت‌زمان مصرف انرژی حفره‌های محدب و غیر محدب نسبت به الگوریتم‌های موجود دارای کارایی بهتری باشد. شن و همکاران، در سال ۲۰۱۸ به‌منظور کاهش احتمال مصرف انرژی و افزایش طول عمر چرخه حس‌گر متحرک، یک الگوریتم پوشش بهینه‌سازی‌شده پیشنهاد داده‌اند [37]؛ این الگوریتم می‌تواند مسیر مطلوب یک گره را در منطقه موردنظر (هدف) به‌دست آورد. آزمایش‌های شبیه‌سازی وسیعی برای مطالعه طول مسیر در دو حالت با موانع و بدون موانع انجام شده است.

چیو و همکاران، در سال ۲۰۱۸ یک روش توزیع‌شده برای طرح همکاری مبتنی بر توزیع Voronoi (DVOC) که در آن گره‌ها با تشخیص و بازیابی حفره همکاری می‌کنند، پیشنهاد دادند [18]. DVOC، گره‌ها را قادر می‌سازد که دیگر نقاط بحرانی در اطراف خود را با ایجاد نمودارهای محلی Voronoi ها (LVD) کنترل کنند. علاوه‌براین، DVOC محدودیت حرکت هر گره را برای جلوگیری از ایجاد حفره‌های جدید محدود می‌کند. نتایج تجربی نشان می‌دهد که DVOC از طرح‌های قبلی برتر است.

دنگ و همکاران، در سال ۲۰۱۸ به مسأله کشف حفره‌های پوششی در اینترنت اشیا به‌لحاظ کارایی انرژی

[1] Coverage Hole Detection with Residual Energy
[2] Decentralized Boundary Detection
[3] Coverage Hole Detection-Coverage Restoration
[4] Ocalized Confident Information Coverage Hole Detection (LCICHD)
[5] Confident Information Coverage (CIC)

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]
[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

پرداخته‌اند [38]. با استفاده از مدل پوشش اطلاعاتی مطمئن (CIC) یک EECICHD توسعه‌یافته که با درنظرگرفتن اتلاف انرژی گره‌های حس‌گر و همچنین توانایی‌های ارتباطی آن‌ها، حفره‌های CIC شناسایی می‌شوند.

لیو و همکاران، در سال ۲۰۱۸ به طراحی و تجزیه‌وتحلیل حملات حفره sink به‌منظور امنیت در اینترنت اشیا پرداخته‌اند [39]. در این مقاله، یک طرح مبتنی بر حملات حفره سینک دفاعی مبتنی بر مسیریاب (PRDSA)[1] برای مقاومت در برابر حفرهSink و تضمین امنیت IoT پیشنهاد شده است. این طرح نخستین روشی است که می‌تواند هم‌زمان، یک دریچه حفره را شناسایی و مکان‌یابی کند. تئوری و آزمایش‌ها نشان می‌دهد که این طرح ازلحاظ امنیت شبکه و طول عمر می‌تواند به عملکرد بهتری نسبت به طرح‌های موجود برسد.

نیلساز و همکاران، در سال ۲۰۱۹ الگوریتم کارآمد توزیع‌شده‌ای برای اطمینان از پوشش شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم پیشنهاد دادند [24]. این پژوهش روشی ارائه می‌دهد که شبکه را به سلول‌های مربع بر اساس مقیاس جغرافیایی تقسیم می‌کند. پوشش پیشنهادشده در این پژوهش به‌وسیلهٔ روش پیشنهادی با گره‌های کمتر و کاهش سی درصدی تقاضای انرژی ارائه شده است. دانگ و همکاران، در سال ۲۰۱۹ الگوریتم پوشش را برای شناسایی هدف با استفاده از پراکندگی سه‌بعدی Voronoi در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم سه‌بعدی پیشنهاد دادند [40]. این پژوهش عملکرد قابل‌اعتماد کل شبکه را اطمینان دهد. آزمایش‌های شبیه‌سازی برای ارزیابی عملکرد و دقت الگوریتم پیشنهاد شده است، که می‌تواند به‌طور مؤثر عملکرد پوشش شبکه و درعین‌حال اطمینان از میزان بالای پوشش کلی شبکه را بهبود بخشد.

با توجه به پژوهش‌های پیشین انتظار می‌رود تنظیم شعاع حس‌گری موجب بیشینه‌رساندن پوشش‌دهی اهداف (مناطق موردنظر) و شناسایی حفره‌های پوششی به‌طوری‌که با مصرف انرژی کمتر همراه باشد، سبب افزایش طول عمر و قابلیت اطمینان[2] شبکه و درنتیجه عملکرد و بازدهی شبکه بالاتر می‌شود. جدول (۱) مقایسه الگوریتم‌های تشخیص حفره‌های پوششی مختلف را نشان می‌دهد.

(جدول-۱). مقایسه الگوریتم‌های تشخیص حفره‌های پوششی مختلف

(Table-1): Comparing Different Hole Detection Algorithms

نویسنده	طول عمر شبکه	بازدهی شبکه (بسته‌های ارسالی)	مصرف انرژی	سربار ارتباطی
Mr Chu and Ssu [21]	کم	بالا	بالا	بالا
Mr Smita et al. [41]	کم	کم	بالا	بالا
Mr Yunzhou et al. [30]	بالا	کم	کم	بالا
Mr Zhiping et al. [23]	کم	بالا	بالا	بالا

۳- بیان مسأله

در بخش‌های قبلی، چالش‌های موجود در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم و روش‌هایی که درهمین اواخر پیشنهاد شده، مورد بحث و بررسی قرار گرفت. اگر بخواهیم این چالش‌ها را به‌صورت مناسب دسته‌بندی کنیم، می‌توان به مواد زیر اشاره کرد:

- به‌طورمعمول تعداد زیادی گره حس‌گر در فضای گسترده‌ای مستقر می‌شوند تا پدیده‌های فیزیکی و غیرطبیعی را سنجش و نتایج تشخیص داده‌شده را به گره سینک ارسال کنند. یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خدمات در شبکه‌های حس‌گر، بیشینه سنجش توسط گره‌های حس‌گر جهت پوشش کامل است، طوری که همهٔ مناطق جغرافیایی توسط حس‌گرهای پخش‌شده پوشش داده شود. حال اگر منطقهٔ خاصی تحت پوشش هیچ حس‌گری نباشد، تحت عنوان حفرهٔ پوششی شناخته شده و رویدادهای واقع در نقاط پوششی قابل نظارت و ردیابی نخواهد بود؛ علاوه‌بر این ممکن است، زیرمنطقه‌ای به‌وسیلهٔ حس‌گر پوشش داده نشود و یا به دلایلی چون خرابی گره، نبود نظارت و تشخیص رویدادها در منطقه مورد نظر، عدم تشخیص خطا و مصرف انرژی بیهوده باعث ایجاد حفره‌های پوششی در شبکه شود.
- افزایش شعاع حس‌گری گره S که باعث افزایش سنجش بیشتر تعداد اهداف می‌شود، منجر به افزایش انرژی مصرفی آن گره نیز می‌شود؛ بنابراین به‌طورکلی قطعات سنجش از یک گره حس‌گر باید به‌طوری کارآمد طراحی شود. ازآنجایی‌که برای پژوهش‌گران در پژوهش‌های گذشته در جهت به‌دست‌آوردن یک مدل

[1] Probe Route based Defense Sink hole Attack (PRDSA)
[2] Reliability

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]
[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

کلی یا منحصربه‌فرد برای مصرف انرژی حس‌گرها با توجه به طیف گسترده‌ای از انواع حس‌گرها و پارامترهای مختلف مؤثر بر مصرف انرژی به‌طورتقریبی غیرممکن بوده [22] و همچنین با وجود حفره‌ها و استقرار یک‌نواخت گره‌ها در شبکه، در این پژوهش انتظار می‌رود با تنظیم شعاع حس‌گری، بیشینه‌رساندن پوشش‌دهی و شناسایی حفره‌های پوششی با مصرف انرژی کمتری همراه باشد. دست‌یابی به یک بیان تقریبی در این زمینه نیاز به تعیین کاربرد و ویژگی‌های نوع حس‌گر دارد.

- محدودبودن منابع انرژی حس‌گرها عامل مهمی در شبکه‌های حس‌گر است؛ ازآن‌جایی‌که گره‌های حس‌گر به‌طورمعمول از یک باتری جهت تأمین انرژی استفاده می‌کنند که در اغلبِ موارد قابل شارژ و تعویض نیستند؛ بنابراین کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر گره حس‌گر امری مهم به نظر می‌رسد.
- ازآنجایی‌که از طریق ارتباطات چندپرشه، داده‌ها در میان حس‌گرها هدایت می‌شوند تا به سینک (مقصد) برسند؛ بنابراین حس‌گرهای نزدیک به سینک کار بیشتری را نسبت به بقیه انجام می‌دهند و عمرشان زودتر به پایان خواهد رسید؛ که این مسأله جداشدن سینک از بقیه شبکه را در پی خواهد داشت. این مسأله مشکل حفره را در پیش دارد و تأثیر قابل‌توجهی بر بازدهی شبکه دارد.

ازاین‌رو راه‌حل پیشنهادی باید:

- قابلیت تنظیم‌کردن شعاع‌های حس‌گری گره‌ها را داشته باشد؛
- شبکه‌ای با بیشینه پوشش‌دهی اهداف را ارائه دهد؛
- اقداماتی به‌منظور کاهش مصرف انرژی و اطمینان از طول عمر شبکه را اعمال کند؛
- علاوه بر حس‌گرهای ثابت با به‌کارگیری حس‌گرهای متحرک اعمال شود.

برای اجرای این الزامات و حل مشکلات بالا، ما الگوریتم پیشنهادی را پیشنهاد می‌کنیم؛ که در بخش بعدی توضیح داده شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که تشخیص بهینه حفره‌ها به‌وسیلهٔ الگوریتم پیشنهادی باعث کاهش مصرف انرژی، افزایش طول عمر شبکه و درنتیجه افزایش بازدهی مفید شبکه شده است.

۴-روش پیشنهادی

با توجه به محدودبودن منابع انرژی گره‌های حس‌گر و مسأله حفره‌های پوششی، در این مقاله، الگوریتم پیشنهادی در شکل (۲) به‌عنوان یک روش نوین و بهبودیافته جهت تشخیص حفره‌های پوششی با استفاده از فناوری ماشین بردار پشتیبان (SVM) با توجه به پویایی شبکه دارای مراحل زیر است:

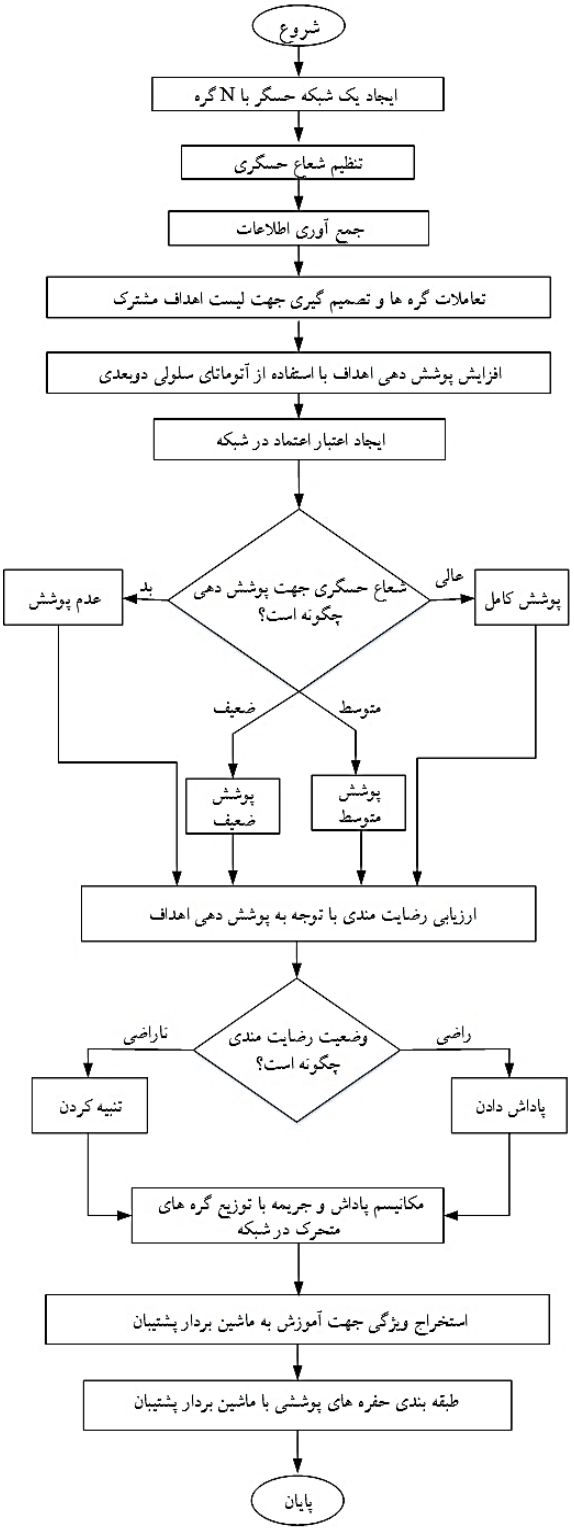
- ایجاد یک شبکه حس‌گر بی‌سیم با N گره؛
- تنظیم شعاع حس‌گری؛
- جمع‌آوری اطلاعات؛
- تعاملات گره‌ها و تصمیم‌گیری جهت فهرست اهداف مشترک؛
- افزایش پوشش‌دهی اهداف با استفاده از آتوماتای سلولی دوبعدی؛
- ایجاد اعتبار اعتماد در شبکه؛
- چگونگی شعاع حس‌گری جهت پوشش‌دهی اهداف؛
- ارزیابی رضایت‌مندی با توجه به پوشش‌دهی اهداف؛
- چگونگی وضعیت رضایت‌مندی؛
- سازوکار پاداش و جریمه با توزیع گره‌های متحرک در شبکه؛
- استخراج ویژگی جهت آموزش به ماشین بردار پشتیبان؛
- طبقه‌بندی حفره‌های پوششی با ماشین بردار پشتیبان.

گفتنی است که خدمت‌دهی به گره‌های حس‌گر تا زمانی که گره زنده‌ای موجود باشد، برقرار است.

در این پژوهش تنظیم شعاع حس‌گری با استفاده از سامانه مدیریت اعتماد اعتبار جهت بیشینه پوشش‌دهی اهداف در شبکه به کار گرفته می‌شود (درصد از پیش تعیین‌شده‌ای از منطقه کنترل‌شده پوشش یابد). گره‌های حس‌گرِ متفاوت، شعاع‌های حس‌گری متفاوتی دارند که با افزایش شعاع‌های حس‌گری گره‌ها، علاوه‌براینکه تعداد اهداف بیشتری پوشش داده می‌شود، انرژی بیشتری هم مصرف می‌شود. در این پژوهش به‌منظور کاهش مصرف انرژی و اطمینان از طول عمر و بیشینه پوشش‌دهی شبکه، علاوه‌بر حس‌گرهای ثابت با به‌کارگیری حس‌گرهای متحرک و آتوماتای سلولی و همچنین با توجه به ارزیابی میزان رضایت‌مندی گره‌ها پاداش و جریمه‌ای برای گره‌ها در نظر گرفته می‌شود. با توجه به پژوهش‌های پیشین انتظار می‌رود که با تنظیم شعاع حس‌گری، پارامترهایی همچون شناسایی حفره‌های پوششی، بهبود پارامترهای طول عمر شبکه بر اساس زمان آخرین گره مرده، بازدهی شبکه (بسته‌های ارسالی) و انرژی باقی‌مانده گره‌ها بهبود حاصل کنند.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]

[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]



(شکل-۲): الگوریتم پیشنهادی
(Figure-2): The Proposed Algorithm

در برخی از مطالعات اخیر نشان داده شده است که با تنظیم محدوده سنجش (شعاع حس‌گری) مصرف انرژی مربوط به عملیات سنجش بهینه‌سازی می‌شود. روش کلی ارائه‌شده در این مقاله، تنظیم شعاع حس‌گری گره‌ها مبتنی بر سامانه مدیریت اعتماد اعتبار است که در آن همکاری و تعاملات گره‌ها در بازه‌های زمانی متوالی انجام و سپس تصمیم‌گیری اعمال می‌شود. کسب اعتماد اعتبار بر اساس تعاملات محاوره‌ای گره‌ها در شبکه از نقطه‌نظر نظارت و سنجش محیط پیرامون خود در شبکه صورت می‌گیرد. ازآن‌جایی‌که مصرف انرژی حس‌گرها یک امر حیاتی برای شبکه محسوب می‌شود، بر اساس سامانه مدیریت اعتماد اعتبار، مصرف انرژی حس‌گرها و بیشینه پوشش‌دهی، با توزیع گره‌های متحرک در کنار گره‌های ثابت، شبکه نیز بهینه‌تر می‌شود. هدف اصلی این پژوهش، تشخیص حفره‌های پوششی شبکه با بهره‌گیری از ماشین بردار پشتیبان است. در این مقاله فرض‌ها و تعاریفی جهت درک بهتر الگوریتم پیشنهادی به شرح جدول (۲) ارائه شده است.

(جدول-۲): نشانه‌گذاری‌ها و واژه‌های الگوریتم پیشنهادی
(Table-2): Marking and Words of the Proposed Algorithm

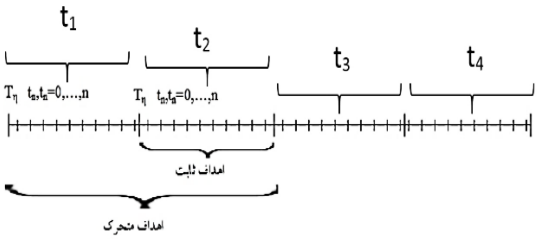
واژه‌های الگوریتم	
گره‌های حس‌گر در شبکه	$S=\{s_1,s_2,\ldots,s_n\}$
اهداف متحرک در شبکه	$\|Goal\|= m$ $Goal=\{m_1,m_2,\ldots,m_n\}$
شاخص‌هایی برای اهداف متحرک؛ که $m_1=(j,k)$	$j=1,\ldots,M$
اهداف پوشش داده‌شده توسط گره s_n	$Targ(s_n)=\{m_1,m_2,\ldots,m_n\}$
مجموعه‌ای از همسایگان گره S_n	$NBR(s_n)=\{s_1,s_2,\ldots,s_n\}$
فاصله اقلیدسی بین حس‌گر S_n و هدف j	$d(s_n,j)$
محدوده حس‌گری $Dis_threshold^{min} \leq s_n$، $Dis_threshold \leq Dis_threshold^{max}$	$Dis_threshold^{min}=5$ $Dis_threshold^{max}=30$
بازه‌های زمانی	$T_n=\{t_1,t_2,\ldots,t_4\}$

مدت زمان کل سنجش هدف‌ها به بازه‌های زمانی $T_\eta=\{t_1,t_2,\ldots,t_4\}$ تقسیم و فرض می‌شود هدف‌ها در این بازه‌ها ثابت هستند؛ ولی در بازه‌های متوالی قابلیت جابه‌جاشدن از یک گره حس‌گر به سمت یکی از همسایه‌های نزدیک خود را دارند؛ بنابراین، مدل حرکتی هدف‌ها تصادفی در نظر گرفته می‌شود. ازآنجایی‌که زمان‌سنج در حال حرکت است، هر بازه زمانی T_η از تعدادی تکرار t_η, $t_\eta=0,\ldots,n$ (بازه زمانی) تشکیل می‌شود؛ به‌طوری‌که شبکه پس از سپری‌شدن تعدادی تکرار هم‌گرا شده و به جواب‌های بهینه‌ی می‌رسد (مطابق شکل (۳)).

تنظیم شعاع حس‌گری در یک محیط با گره‌های حس‌گر ثابت و با هدف‌های متحرک بیان می‌شود. فرض می‌شود که هدف‌های متحرک حرکت سریعی ندارند و در

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]
[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

بازه‌های زمانی مشخص ثابت، ولی در دو بازه متوالی محل آن‌ها به‌الزام یکسان نیست. درواقع به این ترتیب حرکت آهسته و تصادفی هدف‌ها مدل می‌شود. هر چند در مسأله یادشده تنظیم پارامتر شعاع حس‌گری مد نظر است، ولی در به‌دست‌آوردن جواب نهایی پوشش هدف‌ها نیز بررسی می‌شوند؛ طوری که اگر گره‌ای با بیشینه شعاع حس‌گری خود هدفی را پوشش ندهد، غیرفعال بوده و از فهرست گره‌های فعال خارج و باعث ایجاد حفره می‌شود.



(شکل-۳): تقسیم طول عمر شبکه به تعدادی بازه زمانی (چهار بازه زمانی)

(Figure-3): Divide the network life into a number of time (intervals (four intervals)

فرض کنید شبکه‌ای با مجموعه گره‌های حس‌گر S که $|S| = N$ و مجموعه اهداف O که $|O| = M$ تشکیل شده است. هر گره حس‌گر s با شعاع r_s (که r_s بین دو مقدار بیشینه و کمینه قرار دارد $r_s^{min} \le r_s \le r_s^{max}$)، مجموعه‌ای از هدف‌ها را می‌پوشاند که با Targ(s) نشان داده می‌شود. برای پوشش هدف توسط شعاع حس‌گری از مدل حس‌گری بولی استفاده می‌شود که در آن فرض می‌شود هدف‌هایی که در فاصله $r_s^{min} \le r_s \le r_s^{max}$ قرار دارند، باقطعیت به‌وسیلهٔ حس‌گر تشخیص داده می‌شوند (با احتمال یک) و خارج از این ناحیه به‌هیچ‌وجه تشخیص داده نمی‌شوند.

در سامانه‌های مدیریت اعتماد، اطلاعات به‌صورت توزیع‌شده و متمرکز جمع‌آوری می‌شوند. در سامانه‌های توزیع‌شده هر گره اندازه‌گیری‌های خود (اطلاعات دست اول و دست دوم) را حفظ می‌کند و جهت به‌دست‌آوردن اطلاعات در مورد رفتار گره‌های حس‌گر نسبت به رویدادهای نظارتی توسط خود و همسایگان خود از طریق مشاهده و تجربه (اطلاعات دست‌اول) و یا به اشتراک‌گذاری وقایع مشاهده شده به‌وسیلهٔ گره‌های دیگر (اطلاعات دست دوم) صورت می‌گیرد. در سامانه‌های مدیریت اعتماد، نهاد اعتماد[1] مسئول محاسبهٔ ارزش اعتماد و حفظ اعتبار است. هنگامی‌که اطلاعات (دست اول یا دست دوم) جمع‌آوری شد، نهاد اعتماد بر اساس ارزش اعتبار موجود، قادر به اندازه‌گیری اعتماد است. نهاد اعتماد با استفاده از فهرست رویدادها به استنباط و ذخیره اعتبار رفتار گره‌های حس‌گر می‌پردازد و نیز اعتبار به‌وسیلهٔ نهاد اعتماد جهت به‌دست‌آوردن ارزش‌های اعتماد استفاده می‌شود و قادر به تصمیم‌گیری جهت انتخاب بهترین شریک برای عملیات خاص و یا کشف رفتار مخرب است. یکی از عوامل قابل‌توجه در محاسبه اعتماد درجه نفوذ یک آستانه است و مقدار اعتماد را به‌عنوان مطمئن یا نامطمئن برچسب‌گذاری می‌کند.

به‌طورکلی ماشین بردار پشتیبان به‌کاررفته در الگوریتم پیشنهادی دسته‌بندی‌کننده‌ای است که جزء شاخه روش‌های کرنل[2] در یادگیری ماشین محسوب می‌شود. هدف این دسته الگوریتم‌ها تشخیص و متمایزکردن الگوهای پیچیده در داده‌ها است (از طریق دسته‌بندی، کلاسترینگ، پاک‌سازی و غیره). ایده اصلی این الگوریتم‌ها با فرض اینکه دسته‌ها به‌صورت خطی جداپذیر باشند، ابرصفحه‌هایی مطابق فرمول (۱) با بیشینه شبیه‌سازی را به‌دست می‌آورد که دسته‌ها را جدا کنند و در مسائلی که داده‌ها به‌صورت خطی جداپذیر نباشند، داده‌ها به فضای با ابعاد بیشتر نگاشت پیدا می‌کنند تا بتوان آن‌ها را در این فضای جدید به‌صورت خطی جدا کرد. در شبیه‌سازی انجام‌شده یک‌سری نمونه‌های تعلیم برای ماشین بردار پشتیبان مورد نیاز است. درواقع نمونه‌های تعلیم از ویژگی‌هایی استخراج می‌شود که به‌منظور تشخیص حفره‌های پوششی به ماشین بردار پشتیبان آموزش داده می‌شود.

در الگوریتم پیشنهادی این ویژگی‌های استخراج‌شده در بردار پشتیبان قرارگرفته و با توجه به آموزش انجام‌شده نیز ماشین بردار پشتیبان تشخیص می‌دهد که به رویدادهای ورودی چه برچسبی تعلق می‌گیرد. ماشین بردار پشتیبان دارای دو ردهٔ (صفر و یک) است که بر اساس یادگیری انجام‌شده به رویدادهای ورودی یا برچسب ردهٔ یک و یا برچسب ردهٔ صفر می‌زند.

$$w^T\phi(x) + b = 0 \qquad (۱)$$

در این رابطه، بردار وزن *w*، برداری عمود برابر صفحه، b بردار بایاس است که به‌منظور اندازه‌گیری فاصله ابر صفحه تا مبدأ استفاده می‌شود و $\phi(\cdot)$ کرنلی برای انتقال داده به فضای با ابعاد بالاتر است.

[1] Trust Entity

[2] Kernel Methods

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]

[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

۴-۱- ایجاد یک شبکه حس‌گر بی‌سیم با N گره

در ابتدا زیرساختی برای اجرای شبکه‌ای با تعدادی گره‌های ثابت به‌طور تصادفی و اهدافی متحرک به‌صورت تصادفی و با حرکتی آهسته ایجاد می‌شود؛ سپس برای بیشینه پوشش‌دهی و کاهش مصرف انرژی تعدادی گره متحرکِ قابل تنظیم به شبکه اضافه می‌شود. گفتنی است که مدل مصرف انرژی در شبکه، رادیویی مرتبه نخست و شعاع گره‌های حس‌گر قابل تنظیم هستند. اکنون نوبت این است که شعاع حس‌گری گره‌ها در شبکه با سامانه مدیریت اعتماد تنظیم شوند.

۴-۲- تنظیم شعاع حس‌گری

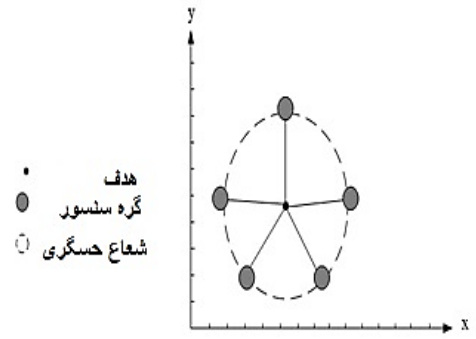
با توجه به نتیجه‌گیری بخش قبل، در این بخش تنظیم شعاع حس‌گری گره‌ها در الگوریتم پیشنهادی، جهت بیشینه‌سازی میزان پوشش‌دهی و کاهش مصرف انرژی، با سامانه مدیریت اعتماد اجرا می‌شود که شامل بخش‌های زیر است:

۴-۲-۱- جمع‌آوری اطلاعات

تنظیم شعاع حس‌گری گره‌ها در الگوریتم، با استفاده از سامانه مدیریت اعتماد بر اساس جمع‌آوری اطلاعات اجرا می‌شود؛ که مبانی جمع‌آوری اطلاعات در سامانه مدیریت اعتماد با توجه به رفتار گره‌های شبکه (مبتنی بر رفتار) اعمال می‌شود. جمع‌آوری اطلاعات در سامانه‌های توزیع‌شده (شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم) بدین‌صورت اعمال می‌شود که هر گره حس‌گر اطلاعات دست اول و دست دومِ اندازه‌گیری خود (اهداف سنجش‌شده) را نگه می‌دارد. ازاین‌رو با توجه به مدل حرکتی آهسته و تصادفی هدف‌ها، اهداف در بازه زمانی (T_1) ثابت هستند ولی در بازه‌های متوالی (T_1,T_2,T_3,T_4) قابلیت جابه‌جاشدن از یک گره حس‌گر به سمت یکی از همسایه‌های نزدیک خود را دارند. گره‌های حس‌گر با توجه به بازه‌های زمانی مختلف اطلاعات متفاوتی (نظارت و سنجش اهداف) را جمع‌آوری می‌کنند؛ بدین‌صورت که در بازه زمانی T_1 که آغازگر اجرای شبکه محسوب می‌شود حس‌گرها اطلاعات دست اول را جمع‌آوری و در بازه زمانی دیگر (T_2) علاوه‌بر جمع‌آوری اطلاعات در این بازه (دست‌اول) اطلاعات بازه زمانی T_1 (دست‌دوم) را نیز جمع‌آوری می‌کنند. هنگامی‌که اجرای شبکه آغاز می‌شود و در فاز جمع‌آوری اطلاعات اولیه، هر گره علاوه‌براین‌که همسایه‌هایش را با فرستادن پیغام Hello شناسایی کرده و اطلاعات مربوط به آن‌ها را در جدولی به نام جدول همسایه نگهداری می‌کند. فهرست هدف‌هایی را که نظارت و سنجش می‌کند، نیز در جدول همسایه نگه می‌دارد. ساختار جدول همسایه شامل شناسه گره‌ها، شعاع حس‌گری گره‌ها و فهرست اهدافی که تحت پوشش هر گره قرارگرفته است. فهرست هدف‌هایی که گره‌های حس‌گر نظارت و سنجش می‌کند؛ مطابق شکل (۴) بر اساس محاسبه فاصله اقلیدسی، گره‌ها و اهداف (فرمول (۲)) [42] تخمین زده می‌شود؛ بدین‌گونه که اگر فاصله اقلیدسی گره‌ها و اهداف، کمتر و مساوی شعاع حس‌گری باشد، هدف تحت پوشش گره قرارگرفته است. در فرمول (۲) X_node(p) گره حس‌گر با نقطه p در محور X، Y_node(p) گره حس‌گر با نقطه p در محور Y، X_goal(r) هدف با شعاع حس‌گری r در محور X، Y_goal(r) هدف با شعاع حس‌گری r در محور Y و distance فاصله اقلیدسی است.

$$\text{distance} = \sqrt{((\text{X_node(p)} - \text{X_goal(r)})^2 + (\text{Y}_{\text{node(p)}} - \text{Y}_{\text{goal(r)}})^2)} \quad (۲)$$

در این بخش مشاهده شد که چگونه جمع‌آوری اطلاعات در بازه‌های زمانی مختلف بر اساس فاصله اقلیدسی گره‌ها و اهداف، اعمال می‌شود و اینک در ادامه گره‌های حس‌گر به بررسی فهرست اهداف پوششی خود و همسایگان خود پرداخته و سپس به تعریف سیاست‌هایی جهت تصمیم‌گیری برحسب میزان نقاط پوششی گره‌ها می‌پردازد.



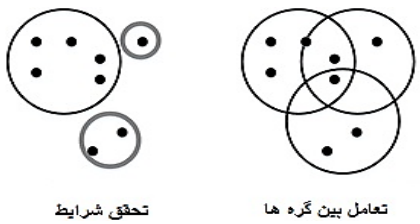
(شکل-۴): شناسایی اهداف توسط گره‌ها
(Figure-4): Identify Goals by Nodes

۴-۲-۲- تعاملات گره‌ها و تصمیم‌گیری جهت فهرست اهداف مشترک

پس از جمع‌آوری اطلاعات در بازه‌های زمانی مختلف لازم است گره‌های حس‌گر همسایگان خود را به نحو مؤثر شناسایی کنند؛ ازاین‌رو گره‌های حس‌گر تعاملاتی با همسایگان خود در بازه زمانی‌های مختلف جهت بررسی فهرست اهداف خود و همسایگان خود برقرار می‌کنند که

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]
[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

ممکن است، نقاطی بین دو گره به‌طور مشترک سنجش شده باشد. در این حالت اقدام به تعریف سیاستی جهت تصمیم‌گیری برحسب میزان نقاط پوششی گره‌ها می‌کنند؛ بدین‌صورت که هر گره با همسایگان خود با فرستادن پیغام Hello، تعاملاتی برقرار می‌کند تا به میزان نقاط سنجش (فهرست اهداف) گره‌های همسایگان خود آگاه شود تا درصورتی‌که اگر گره‌ای هدف‌های آن را پوشش می‌دهد، آن را از فهرست هدف‌های خود خارج کند. برای درک بهتر این مطلب، در شکل (۵) دو گره سمت بالا با فرستادن پیغام Hello فهرست اهداف یکدیگر را شناسایی می‌کنند که دارای اهداف پوششی مشترکی هستند و شرط اعمال‌شدهٔ اینکه هر گره‌ای که دارای اهداف پوششی بیشتری است اهداف مشترک در برد حس‌گری آن گره قرار گیرد و گره دیگر شعاع حس‌گری خود را کاهش دهد. گفتنی است که با کاهش شعاع حس‌گری گره‌ای سبب کاهش مصرف انرژی گره حس‌گر می‌شود. به‌طورکلی در این بخش بررسی شد که چگونه گره‌ها جهت بررسی میزان نقاط پوششی گره‌ها تعاملاتی برقرار می‌کنند و در بازه زمانی‌هایی که اهداف مشترکی را پوشش می‌دهند چه تصمیماتی در خصوص اهداف مشترک گرفته می‌شود. در محیط شبکه نقاطی وجود دارند که تحت هیچ گره حس‌گری، پوشش داده نشده است، ازاین‌رو در ادامه جهت بیشینه پوشش‌دهی در شبکه از آتوماتای سلولی دوبعدی استفاده می‌شود که نقاط مختلف پوشش داده‌نشده در شبکه را بر اساس قواعد تعریف‌شده، پوشش‌دهی می‌کند.



(شکل-۵): تعاملات بین گره‌ها و شرط اعمال‌شده بر روی آن‌ها
(Figure-5): Interactions between Nodes and the Condition Applied to Them

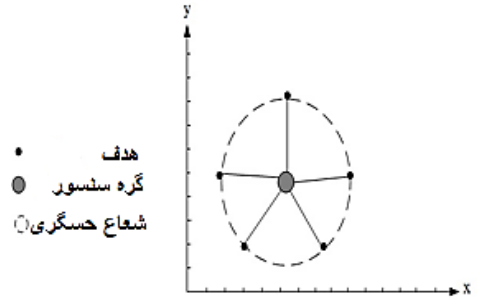
۳-۲-۴- افزایش پوشش‌دهی اهداف با استفاده از آتوماتای سلولی دوبعدی

با توجه به نتیجه‌گیری بخش قبل تاکنون با جمع‌آوری اطلاعات و تعاملات گره‌ها در الگوریتم پیشنهادی، اهدافی به‌وسیلهٔ گره‌های حس‌گر پوشش داده شده است. با این‌حال نقاطی در محیط وجود دارد که تحت هیچ گره حس‌گری، پوشش داده نشده است. برای حل این مسأله از یک آتوماتای سلولی دوبعدی جهت بیشینه پوشش‌دهی اهداف استفاده می‌شود. آتوماتای سلولی دوبعدی مکان‌های اهداف (پوشش داده‌نشده) را شناسایی و فاصله اقلیدسی اهداف تا گره‌های حس‌گر را محاسبه می‌کند. اهداف در نقاط مختلف شبکه ممکن است، تحت پوشش گره‌ای و یا تحت پوشش هیچ گره حس‌گری نباشد؛ ازاین رو نقاط (اهداف) در شبکه دسته‌بندی می‌شوند؛ به‌طوری‌که هر نقاطی دارای یک مقدار فاصله و هر دسته دارای وضعیتی[1] از میزان پوشش‌دهی اهداف است. برای دسته‌بندی اهداف ابتدا سلول‌های آتوماتا بر روی اهداف نگاشت می‌شوند و بر اساس قوانین تعریف‌شده در زیر، اهداف متناظر هر سلول در یک دسته‌ای از میزان اهداف پوششی قرار می‌گیرند؛ سپس تمام سلول‌های مکان اهداف با گره‌های حس‌گر مطابق فرمول (۳) و شکل (۶) محاسبه می‌شوند که آیا این اهداف در محدودهٔ حس‌گری گره‌ای قرار دارند یا خیر؟ در فرمول (۳) m X_goal(m) هدف در محور x، m Y_goal(m) هدف در محور Y و X_node(n) n گره در محور x، n Y_node(n) گره در محور Y و d فاصله هدف تا گره‌ها است.

$$d = \sqrt{((X_goal(m) - X_node(n))^2 + (Y_goal(m) - Y_node(n))^2)} \quad (۳)$$

در این مسأله ابتدا بر اساس محاسبه فاصله اقلیدسی بین اهداف و گره‌های حس‌گر، اهداف دارای سه وضعیت هستند؛ که برای نشان‌دادن وضعیت‌ها مطابق شکل (۷) از الگوهای متفاوتی استفاده شده است. به‌طورکلی هر سلول می‌تواند دارای سه وضعیت الگوی پرکردن[2] باشد، بدین‌صورت که:

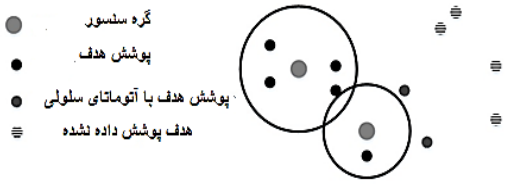
- الگوی: اهداف تحت پوشش گره‌های حس‌گری هستند.
- الگوی: اهدافی هستند که به‌وسیلهٔ هیچ گره حس‌گری پوشش داده نمی‌شوند.
- الگوی: اهدافی هستند که به‌وسیلهٔ گره‌های حس‌گری به‌کمک آتوماتای سلولی پوشش داده می‌شوند.



(شکل-۶): مقایسه اهداف با گره‌های حس‌گر
(Figure-6): Comparing Goals with Sensor Nodes

[1] Status
[2] Pattern Fill

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]
[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]



(شکل-۷): وضعیت گره‌های حس‌گر
(Figure-7): The Status of Sensor Nodes

در این مرحله آتوماتای سلولی با توجه به وضعیت نقاط، بیشینه پوشش‌دهی اهداف را آغاز می‌کند که طبق قوانین زیر عمل می‌کند: (قابل‌توجه است که اعداد یادشده به‌صورت تجربی به‌دست آمده‌اند).

- اهدافی که در شعاع حس‌گری گره‌ای باشند (اهدافی با وضعیت سیاه) یعنی در فاصلهٔ کمتر مساوی شعاع حس‌گری (سی متر) باشند، به‌دلیل اینکه تحت پوشش گره قرار دارند؛ اهداف در نظر گرفته نمی‌شوند.
- اهدافی که در شعاع حس‌گری گره‌ای نباشند (اهدافی با وضعیت خط‌دار و نقطه‌دار) یعنی در فاصلهٔ کمتر مساوی شعاع حس‌گری (سی متر) نباشند، به‌دلیل بیشینه پوشش‌دهی این اهداف شناسایی می‌شوند.
- اهداف شناسایی‌شده‌ای که در شعاع حس‌گری گره‌ای نیستند و کمینه فاصله شعاعش نسبت به حس‌گرهای دیگر کمتر از سی متر باشند (گره‌ای که شعاع حس‌گری‌اش کاهش‌یافته) در نظر گرفته می‌شوند.
- اهداف شناسایی‌شده‌ای که در شعاع حس‌گری گره‌ای نیستند و در فاصله کمتر مساوی شعاع حس‌گری گره‌هایی با کمینه شعاع باشند (اهدافی با وضعیت نقطه‌دار و گره‌ای که شعاع حس‌گری‌اش کاهش یافته است)، گره‌های حس‌گر شعاع خود را بیشینه کرده و اهداف را پوشش می‌دهند.

گفتنی است که اهداف شناسایی‌شده (با توجه به فاصله اقلیدسی بین گره‌ها و اهداف) در شعاع حس‌گری هیچ گره‌ای نیستند؛ یعنی در خارج از محدوده حس‌گری گره‌ها قرار دارند. اهداف یادشده در کنار حالت‌های مختلف گره‌ها از نظر میزان پوشش‌دهی اهداف (عدم پوشش، پوشش کامل، پوشش ضعیف و پوشش متوسط) قرار می‌گیرند که باید مصرف انرژی گره‌ها را جهت افزایش شعاع حس‌گری گره‌ای برای بیشینه پوشش‌دهی در نظر گرفته شود که آتوماتای سلولی از قواعد زیر تبعیت می‌کند:

- اگر هدف شناسایی‌شده در کنار گره‌هایی با شرایط عدم پوشش قرار گیرد نزدیک‌ترین گره حس‌گر به هدف شناسایی شده و شعاع خود را افزایش می‌دهد تا هدف در شعاع حس‌گری گره قرار گیرد.
- اگر هدف شناسایی‌شده در کنار گره‌ای با شرایط نبود پوشش و گره با شرایط پوشش کامل قرار گیرد، گره‌ای که دارای نبود پوشش‌دهی است، شعاع خود را افزایش می‌دهد تا هدف در شعاع حس‌گری گره قرار گیرد.
- اگر هدف شناسایی‌شده در کنار گره‌ای با شرایط نبود پوشش و گره‌ای با شرایط پوشش متوسط قرار گیرد، گره‌ای که دارای پوشش متوسط است، شعاع خود را افزایش می‌دهد تا هدف در شعاع حس‌گری گره قرار گیرد.
- اگر هدف شناسایی‌شده در کنار گره‌ای با شرایط نبود پوشش و گره‌ای با شرایط پوشش ضعیف، قرار گیرد، گره‌ای که دارای پوشش ضعیف است شعاع خود را افزایش می‌دهد تا هدف در شعاع حس‌گری گره قرار گیرد.

نتایج حاصل از این قوانین در الگوریتم پیشنهادی، اهدافی با وضعیت نقطه‌دار توسط گره‌های حس‌گری با کمینه شعاع مطابق فرمول (۴) پوشش داده می‌شوند، اهدافی با وضعیت خط‌دار هرگز پوشش داده نمی‌شوند و اهدافی با وضعیت سیاه نیز درقبل پوشش داده شده و در نظر گرفته نمی‌شوند. در فرمول (۴) Dis_threshold نشان‌دهنده شعاع حس‌گری گره است. با توجه به قوانین مطرح‌شده، شعاع گره‌های حس‌گری که دارای کمینه شعاع هستند، مطابق فرمول (۴) بیشینه شده و اهدافی با وضعیت نقطه‌دار را پوشش می‌دهد.

$$Dis_threshold+1; =Dis_threshold \qquad (۴)$$

به‌طورکلی در این بخش بررسی شد که چگونه آتوماتای سلولی با محاسبه فاصله اقلیدسی اهداف تا گره‌های حس‌گر و با توجه به وضعیت نقاط و قواعد تعریف‌شده بیشینه پوشش‌دهی در شبکه را ایجاد می‌کند. اکنون نوبت این است که با توجه به رفتار گره‌ها چگونگی کسب اعتبار در شبکه محاسبه شود که در ادامه بر اساس میزان اطلاعات جمع‌آوری‌شده اعتبار در شبکه محاسبه می‌شود.

۴-۲-۴- ایجاد اعتبار اعتماد در شبکه

پس از بیشینه پوشش‌دهی در شبکه با استفاده از آتوماتای سلولی، کسب اعتبار در شبکه مطرح که با توجه به رفتار گره‌ها در شبکه، اعتبار در شبکه کسب می‌شود؛ که این اعتبار برای ارزیابی قابلیت اعتماد به‌کار می‌رود. درواقع

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]
[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

مجموع اطلاعات جمع‌آوری‌شده (دست اول و دست دوم) مطابق فرمول (۵) تعیین خواهد کرد که چگونه ارزش اعتبار اعتماد یک گره محاسبه می‌شود. یک گره نه‌تنها گزارش‌های تولیدشده به‌وسیلهٔ خود (اطلاعات دست اول) را در نظر می‌گیرد، بلکه گزارش‌های همسایه‌های دیگر (اطلاعات دست دوم) در بازه‌های زمانی مختلف هم در نظر می‌گیرد. هنگامی‌که اطلاعات جمع‌آوری شد، موجودیت اعتماد قادر به اندازه‌گیری اعتماد خروجی مبتنی بر ارزش اعتبار است. همان‌طور که در شکل (۸) نشان داده شده است، گره‌هایی که بیشتر از پنج هدف را پوشش می‌دهند، دارای اعتبار پوشش‌دهی کامل هستند. گره‌هایی که یک هدف را پوشش می‌دهند، دارای اعتبار پوشش‌دهی ضعیف هستند. گره‌هایی که بین دو تا چهار هدف را پوشش می‌دهند، دارای اعتبار پوشش‌دهی متوسط و گره‌هایی که هیچ هدفی را پوشش نمی‌دهند، دارای اعتبار عدم پوشش در شبکه هستند. مدل ریاضی اساسی برای محاسبه اعتماد و یا اعتبار ارزش‌های گره بعد از جمع‌آوری اطلاعات (اهداف قابل‌سنجش) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$\text{ارزش اعتبار اعتماد} = \sum(Information_a(t_1), Information_b(t_2)) \quad (۵)$$

در فرمول (۵) $Information_a(t_1)$ اطلاعات دست اول و $Information_b(t_2)$ اطلاعات دست دوم است، به‌طوری که اگر

$\text{Dis_threshold} \leq 30\,, if\ goal \geq 5$

گره حس‌گری با اعتبار عالی (پوشش‌دهی کامل)

$\text{Dis_threshold} \leq 30, if\ goal = 1$

گره حس‌گری با اعتبار ضعیف (پوشش‌دهی ضعیف)

$\text{Dis_threshold} \leq 30,\ if\ 2 \leq goal \leq 4$

گره حس‌گری با اعتبار متوسط (پوشش‌دهی متوسط)

$\text{Dis_threshold} \leq 30,\quad if\ goal = 0$

گره حس‌گری با اعتبار بد (عدم پوشش‌دهی)

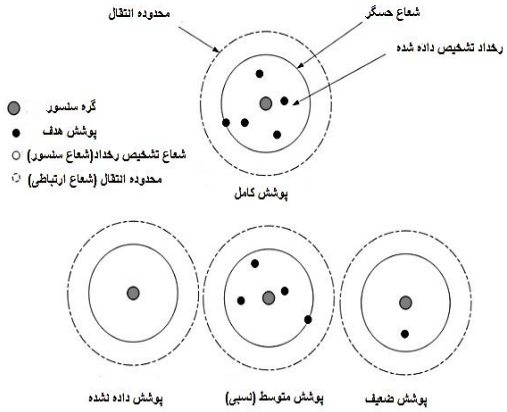
$\text{Dis_threshold} \geq 30$

اهداف در خارج از شعاع حس‌گری

$\text{Dis}_{\text{threshold}} \leq 30$

اهداف در داخل شعاع حس‌گری

گفتنی است که اعداد یادشده به‌صورت تجربی و بر اساس آزمایش‌های متعدد به‌دست آمده‌اند. در این بخش چگونگی اعتباردهی گره‌ها جهت ارزیابی اعتماد بر اساس تعداد هدف‌های پوشش داده‌شده گره‌ها بررسی شد. در ادامه بر اساس پوشش‌دهی اهداف، معیارهایی برای گره‌ها در نظر گرفته می‌شود که مورد بررسی قرار خواهد گرفت.



(شکل-۸): اعتبار گره‌های حس‌گر در شبکه
(Figure-8): Validity of Sensor Nodes in the Network

۴-۲-۵- چگونگی شعاع حس‌گری با پوشش‌دهی اهداف

در الگوریتم پیشنهادی هر گره با توجه به کسب اعتباردهی گره‌ها مطابق بخش قبل برحسب میزان پوشش‌دهی اهداف، سنجیده می‌شود. چنانچه در شکل (۸) و رابطه بخش قبل نشان داده شده است. اگر گره‌ای تمام نقاط اهداف را به‌طور کامل پوشش دهد، به‌عنوان یک معیار عالی (پوشش‌دهی کامل) محسوب می‌شود. اگر گره‌ای هیچ یک از نقاط اهداف را پوشش ندهد، به‌عنوان یک معیار بد (عدم پوشش‌دهی) محسوب می‌شود. اگر میزان پوشش‌دهی گره‌ای به‌طور متوسط باشد، یک معیار متوسط (پوشش‌دهی متوسط) محسوب می‌شود و اگر میزان پوشش‌دهی گره‌ای به‌طور ضعیف باشد، یک معیار ضعیف (پوشش‌دهی ضعیف) محسوب می‌شود. در این بخش میزان پوشش‌دهی (معیارها) گره‌ها بررسی شد. در ادامه کار با توجه به سیاست‌های تصمیم‌گیری، سطح رضایت‌مندی سامانه ارزیابی خواهد شد.

۴-۲-۶- ارزیابی رضایت‌مندی با توجه به پوشش‌دهی اهداف

در این بخش با توجه به سیاست‌های تصمیم‌گیری انجام‌شده در بخش (۴-۲-۴) در مورد میزان پوشش‌دهی اهداف، معیارهای رضایت و نارضایتی ارزیابی می‌شود، به‌طوری‌که گره‌هایی که بیشتر از پنج هدف و گره‌هایی که بین دو تا چهار هدف را پوشش می‌دهند، دارای اعتبار پوشش‌دهی کامل و متوسط بوده و دارای معیار رضایت هستند. در این راستا، گره‌های حس‌گری که میزان پوشش‌دهی راضی‌کننده‌ای در شبکه دارند، پاداشی به آن‌ها تعلق می‌گیرد؛ علاوه بر این گره‌هایی که یک هدف را

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]
[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

پوشش و گره‌هایی که هیچ هدفی را پوشش نمی‌دهند، اعتبار پوشش‌دهی ضعیف و عدم پوشش‌دهی دارند که دارای معیار نارضایتی هستند و گره‌های حس‌گری که میزان پوشش‌دهی راضی‌کننده‌ای در شبکه ندارند، جریمه‌ای به آن‌ها تعلق می‌گیرد. (اعداد یادشده به‌صورت تجربی به‌دست آمده‌اند).

$\text{Dis_threshold} \leq 30\,, \quad if\ \text{goal} \geq 5$
معیار رضایت

$\text{Dis_threshold} \leq 30, \quad if\ \text{goal} = 1$
معیار نا رضایت

$\text{Dis_threshold} \leq 30, \quad if\ 2 \leq \text{goal} \leq 4$
معیار رضایت

$\text{Dis_threshold} \leq 30, \quad \text{if goal} = 0$
معیار نا رضایت

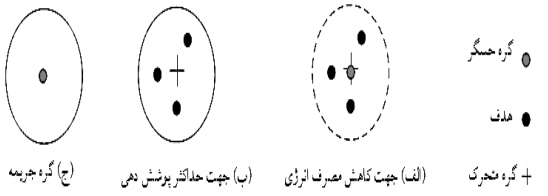
در این بخش بررسی شد که رضایت‌مندی گره‌ها چگونه و بر اساس چه سیاستی ارزیابی می‌شود و در ادامه سازوکار پاداش و جریمه گره‌ها را با توجه به میزان رضایتمندی گره‌ها بررسی خواهد شد.

۴-۲-۷- سازوکار پاداش و جریمه با توزیع گره‌های متحرک در شبکه

با توجه به نتیجه‌گیری بخش قبل، تاکنون با توجه به اهداف پوشش‌دهی گره‌ها میزان رضایت‌مندی گره‌ها بررسی شد؛ ازاین‌رو جهت سازوکار پاداش و جریمه به گره‌ها در شبکه حس‌گر بی‌سیم گره‌های متحرکی به‌منظور بیشینه پوشش‌دهی شبکه و کاهش مصرف انرژی به‌طور منظم در شبکه توزیع می‌شود. طبق آنچه گفته شد که رضایت‌مندی بر اساس میزان نقاط پوششی گره‌ها ارزیابی می‌شود، گره‌هایی که دارای میزان پوشش‌دهی راضی‌کننده‌ای (پوشش‌دهی اهداف ۲ به بالا) هستند با قراردادن گره متحرکی در کنار این گره‌ها، به‌عنوان پاداش گره‌ها در نظر گرفته می‌شود؛ طوری که گره متحرک مسئولیت ارسال اطلاعات گره حس‌گر ثابت را بر عهده می‌گیرد و مصرف انرژی خود را صرف پوشش‌دهی اهداف می‌کند؛ ازاین‌رو باعث کاهش مصرف انرژی گره حس‌گر ثابت با میزان رضایت‌مندی خواهد شد؛ علاوه‌براین در محیط‌هایی از شبکه نقاطی پوشش داده نشده است (نقاط خط‌دار) که ابتدا نقاطی که دارای تراکم بیشتری هستند شناسایی شده، سپس گره متحرکی در این محیط قرار داده شده و نقاط با گره متحرک پوشش داده می‌شود؛ ازاین‌رو بیشینه پوشش‌دهی در شبکه را خواهیم داشت. با توجه به ارزیابی رضایت‌مندی، گره‌هایی با نبود پوشش‌دهی در شبکه وجود دارند که این گره‌ها نیز مسئولیت ارسال اطلاعات به سینک و نظارت محیط در شبکه را بر عهده دارند و به‌عنوان جریمه در سامانه مدیریت اعتماد به‌حساب می‌آیند. همان‌طور که در شکل (۹) نشان داده شده است.

$d \leq 30\,, if\ goal \geq 2$
گره‌های حس‌گری که پاداش تعلق می‌گیرد.

$d \leq 30, \quad if\ goal = 0$
گره‌های حس‌گری که جریمه تعلق می‌گیرد.



(شکل-۹): سازوکار پاداش و جریمه گره‌ها
(Figure-9): Node Reward and Penalty Mechanism

تاکنون مطابق فلوچارت پیشنهادی در شکل (۲)، تنظیم شعاع حس‌گری با استفاده از سیستم مدیریت اعتماد بررسی‌شده است. در راستای تشخیص حفره‌های پوششی نیاز به استخراج ویژگی‌هایی جهت آموزش به ماشین بردار پشتیبان است که در ادامه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۴-۳- استخراج ویژگی‌ها جهت آموزش به ماشین بردار پشتیبان (SVM)

با توجه به پایان‌یافتن مرحلهٔ تنظیم شعاع حس‌گری در الگوریتم پیشنهادی، باید ویژگی‌هایی جهت آموزش و تعلیم به ماشین بردار پشتیبان استخراج شود. چون یادگیری ماشین یکی از مهم‌ترین بخش‌های هوش مصنوعی است، برای هوشمندبودن یک سامانه که در محیطی در شرایط متغیر قرار دارد، باید توانایی آموختن داشته باشد. یادگیری ماشین در پی راهی برای ایجاد برنامه‌ای است که عملکرد را به‌صورت خودکار و با توجه به تجربیات ارتقا دهد. برای مثال تشخیص حفره‌های پوششی را در نظر بگیرید که با توجه به نبود پوشش‌دهی اهداف توسط گره‌های حس‌گر به‌عنوان حفره در شبکه اعلام می‌شود و سعی در بهبود و عملکرد شبکه را دارد و به این صورت عمل می‌کند:

- عمل طبقه‌بندی گره‌ها به دو گروهِ گره‌های فعال/گره‌های غیرفعال؛
- پی‌گیری گره‌های حس‌گر که به‌عنوان گره‌های فعال اعلام می‌شوند؛

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]
[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

- پی‌گیری محیط‌هایی از شبکه که تحت هیچ گره‌ای پوشش داده نمی‌شوند.

برای برخی مسائل مانند تشخیص حفره‌های پوششی نمی‌توان یک الگوریتم نوشت؛ که باید نمونه داده‌هایی (ویژگی) را استخراج کنیم. درجاهایی که نمی‌توانیم به‌طورمستقیم برنامهٔ موردنظر را بنویسیم، به یادگیری احتیاج داریم که با کمک یک سری ویژگی‌های استخراج‌شده یا تجربیات صورت می‌گیرد. یادگیری تحت نظارت نیازمند نمونه‌های تعلیم است که با استفاده از ویژگی‌های استخراج‌شده، به‌منظور تشخیص حفره‌های پوششی به ماشین آموزش داده می‌شود. در این پژوهش با توجه به ویژگی‌های استخراج‌شدهٔ محاسبه فاصلهٔ اقلیدسی گره جدید (موقعیتی در شبکه) با حس‌گرهای شبکه سنجیده شده، سپس اختلاف فاصله و شعاع حس‌گرها محاسبه و پنج تا از کمترین اختلاف‌ها را به‌عنوان پنج ویژگی به ماشین بردار پشتیبان داده می‌شود که اگر نتیجه مثبت باشد، یعنی اهداف در خارج از محدوده حس‌گری گره‌ها قرار دارند و توسط گره‌ها پوشش داده نمی‌شود و اگر نتیجه به‌طور منفی باشد، به معنای این است که اهداف در محدوده حس‌گری گره قرار دارند و به‌وسیلهٔ گره‌ها پوشش داده می‌شود (همان‌طور که در شبه‌کد شکل (۱۰) نمایش داده شده است).

```
Dis_threshold_Final=[Dis_threshold30*ones(1,numel(X_N
ode_Seeker))];//
    تنظیم شعاع حس‌گری نسبت به فاصله ۳۰ متر برای هر گره


for j=1 to X_Final
     d=norm(test_Loc-[X_Final(1,j) Y_Final(1,j)]);
     Dis=[Dis d-Dis_threshold_Final(j)];
 end///
محاسبه فاصلهٔ اقلیدسی نود جدید (موقعیتی در شبکه) با
حس‌گرهای شبکه


Dis=sort(Dis);
Dis=Di(1:5);
If (num (find(dis<=0)>0)
Train(-target (I,1)=1//
```

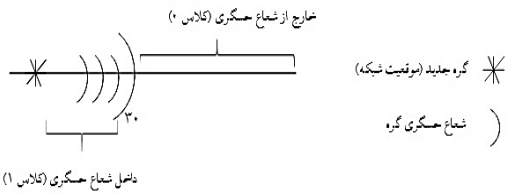
(شکل-۱۰): استخراج ویژگی‌ها در روش پیشنهادی
(Figure-10): Extract Properties in the Proposed Method

پنج‌تا از نزدیک‌ترین فاصله‌ها را معیاری برای آموزش ماشین بردار پشتیبان در نظر گرفته می‌شود. با توجه به آزمایش‌های انجام‌شده، پنج تا از نزدیک‌ترین فاصله‌ها را معیاری برای آموزش ماشین بردار پشتیبان در نظر گرفته می‌شود. در این بخش ویژگی‌هایی جهت تعلیم به ماشین بردار پشتیبان استخراج شد؛ که با توجه به تعلیم و آموزش، ماشین بردار پشتیبان عملیات طبقه‌بندی حفره‌های پوششی را اجرا می‌کند که در بخش بعدی به‌طور کامل شرح داده شده است.

۴-۴- طبقه‌بندی حفره‌های پوششی با ماشین بردار پشتیبان (SVM)

چنانچه ویژگی‌های آموزشی استخراج شد، عملیات طبقه‌بندی توسط ماشین بردار پشتیبان اجرا می‌شود؛ که ماشین بردار پشتیبان، یک دسته‌بند یا رده‌بندی‌کننده‌ای است که معیار قراردادن بردارهای پشتیبان، بهترین دسته‌بندی و تفکیک داده‌ها را مشخص می‌کند. در ماشین بردار پشتیبان فقط داده‌های قرارگرفته در بردار پشتیبان مبنای یادگیری ماشین و ساخت مدل قرار می‌گیرند. بردار پشتیبان مجموعه‌ای از نقاط در فضای n بعدی داده‌ها هستند که مرز دسته‌ها را مشخص می‌کند و مرزبندی و دسته‌بندی داده‌ها بر اساس آن‌ها انجام می‌شود.

یک فرض بسیار قوی در ماشین بردار پشتیبان این بود که داده‌ها به‌صورت خطی جداپذیر باشند؛ درحالی‌که درعمل در بسیاری مواقع این فرض صحیح نیست. اگر داده‌ها به‌صورت خطی قابل تفکیک باشند، الگوریتم بالا می‌تواند بهترین ماشین را برای تفکیک داده‌ها و دسته‌بندی داده‌ها ایجاد کند؛ اما اگر داده‌ها به‌صورت غیرخطی توزیع شوند به‌کمک یک تابع ریاضی (Kernel Function) که دارای هیچ پارامتری نیست، به یک فضای دیگر نگاشت می‌شوند که در آن فضا، داده به‌صورت خطی تفکیک‌پذیر می‌شوند و تعیین درست این تابع نگاشت در عملکرد ماشین بردار پشتیبان مؤثر است. ماشین بردار پشتیبان گره‌ها را بر اساس ویژگی‌های تعریف‌شده‌ای که مبنای آموزش به SVM هستند؛ به دو رده گره‌های فعال (یک) و گره‌های غیرفعال (صفر) طبق شکل (۱۱) طبقه‌بندی می‌کند. برای درک بهتر طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان شبه‌کد زیر را بیان می‌کنیم. بر اساس آموزش پنج ویژگی استخراج‌شده به ماشین دارای دو رده صفر و یک است که این رده‌بند به‌صورت خطی اعمال می‌شود:



(شکل-۱۱): طبقه‌بندی گره‌های حس‌گر
(Figure-11): Classification of Sensor Nodes

تاکنون مراحل الگوریتم پیشنهادی ارائه‌شده در این پژوهش، تنظیم شعاع حس‌گری گره‌ها مبتنی بر سامانه

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]
[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

مدیریت اعتماد اعتبار است که در آن همکاری و تعاملات گره‌ها در بازه‌های زمانی متوالی انجام شده و سپس تصمیم‌گیری اعمال می‌شود. کسب اعتماد اعتبار بر اساس تعاملات محاوره‌ای گره‌ها در شبکه ازنقطه نظر نظارت و سنجش محیط پیرامون خود در شبکه صورت می‌گیرد.

ازآن‌جایی‌که مصرف انرژی حس‌گرها یک امر حیاتی برای شبکه محسوب می‌شود، بر اساس سامانه مدیریت اعتماد اعتبار، مصرف انرژی حس‌گرها و بیشینه پوشش‌دهی، با توزیع گره‌های متحرک در کنار گره‌های ثابت در شبکه اعمال می‌شود. در ادامه به ارزیابی نتایج شبیه‌سازی سامانه پیشنهادی می‌پردازیم.

۵- ارزیابی نتایج

در این بخش به بررسی و ارزیابی نتایج شبیه‌سازی سامانه پیشنهادی خواهیم پرداخت.

۵-۱-محیط شبیه‌سازی

زیرساخت محیط شبکه حس‌گر بی‌سیم برای سامانه پیشنهادی با ابعاد ۴۰۰×۴۰۰ به همراه بیشینه دویست گره حس‌گر ثابت، بیست گره حس‌گر متحرک با سرعت تصادفی و صد هدف متحرک طراحی شده است. در این مقاله الگوریتم تشخیص حفره‌های پوششی با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز MATLAB[1] پیاده‌سازی می‌شود.

۵-۲- پارامترهای ارزیابی

در این مقاله به‌کمک ماشین بردار پشتیبان (SVM) با توجه به پویایی شبکه روش نوینی جهت تشخیص حفره‌های پوششی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم به‌واسطه تنظیم شعاع حس‌گری جهت بیشینه پوشش‌دهی اهداف و کاهش مصرف انرژی مرتبط با عمل حس‌گری که چگونگی تعداد حس‌گرها و شعاع حس‌گری را مدنظر دارد که به‌عنوان متغیرهای مستقل بر برآورد دقت تشخیص حفره، بازدهی شبکه (مجموع بسته‌های ارسالی)، طول عمر شبکه (زمان مرگ آخرین گره) و انرژی باقی‌مانده گره‌ها به‌عنوان متغیر وابسته، تأثیرگذار است.

- **متغیرهای مستقل**: اندازه شعاع حس‌گری، تعداد گره‌ها
- **متغیرهای وابسته:** دقت تشخیص حفره‌ها (حفره پوششی)، طول عمر شبکه، بازدهی شبکه

[1] MATrix LABoratory

۵-۳- پارامترهای شبیه‌سازی

پارامترها و ویژگی‌های پیاده‌سازی استفاده‌شده در این پژوهش مطابق جدول (۳) بیان می‌شود:

(جدول-۳): پارامترهای شبیه‌سازی
(Table-3): Simulation Parameters

پارامترها و ویژگی‌های پیاده‌سازی	مقادیر
مدل مصرف انرژی	رادیویی مرتبه اول
انرژی اولیه گره‌ها	0. 2~0. 05ژول
چینش گره‌ها در شبکه	تصادفی
تعداد گره‌های متحرک	۲۰
تعداد گره‌های ثابت	۲۰۰-۱۲۰-۱۰۰-۷۰
تعداد اهداف	۱۰۰
زمان شبیه‌سازی	۴۰۰ ثانیه
زمان پایان شبیه‌سازی	اتمام زمان شبیه‌سازی
حداکثر شعاع حس‌گری گره‌ها	۳۰ متر
حداقل شعاع حس‌گری گره‌ها	۵ متر
بازه‌های زمانی	۲۱ بازه
مدل حرکت اهداف	تصادفی
ابعاد شبکه (مترمربع)	۴۰۰*۴۰۰
تعداد تکرار هر آزمایش	۲۰

۵-۴-ارزیابی نتایج

در این بخش ارزیابی نتایج بر اساس متغیرهای وابسته مورد بررسی قرار می‌گیرد.

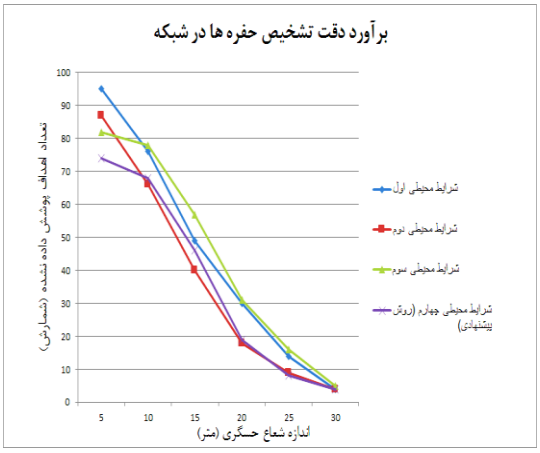
۵-۴-۱- ارزیابی معیار تعداد اهداف پوشش داده‌نشده به‌وسیلهٔ گره‌های حس‌گر در بازه‌های زمانی مختلف

همان‌طور که در بخش قبل بیان شد، گره‌های حس‌گر در شبکه دارای شعاع حس‌گری تا برد سی متر هستند که برحسب تصمیمات اخذشده به‌منظور کاهش مصرف انرژی در شبکه امکان تغییر شعاع گره‌ها بسته به شرایط مختلف وجود دارد؛ علاوه‌براین جهت بیشینه پوشش‌دهی در شبکه با توزیع گره‌های متحرک به‌طور منظم در کنار گره‌های ثابت نیز با استفاده از آتوماتای سلولی اعمال شد. در این بخش جهت مقایسه محیط‌های مختلف شبکه، روش‌های مقایسه‌ای مختلفی در نظر گرفته‌شده که عبارت‌اند از:

- **روش مقایسه‌ای نخست:** با درنظرگرفتن شعاع ثابت گره‌ها-بدون استفاده از گره‌های متحرک- بدون درنظرگرفتن آتوماتای سلولی؛
- **روش مقایسه‌ای دوم:** با درنظرگرفتن شعاع ثابت گره‌ها-با درنظرگرفتن گره‌های متحرک- بدون درنظرگرفتن آتوماتای سلولی؛

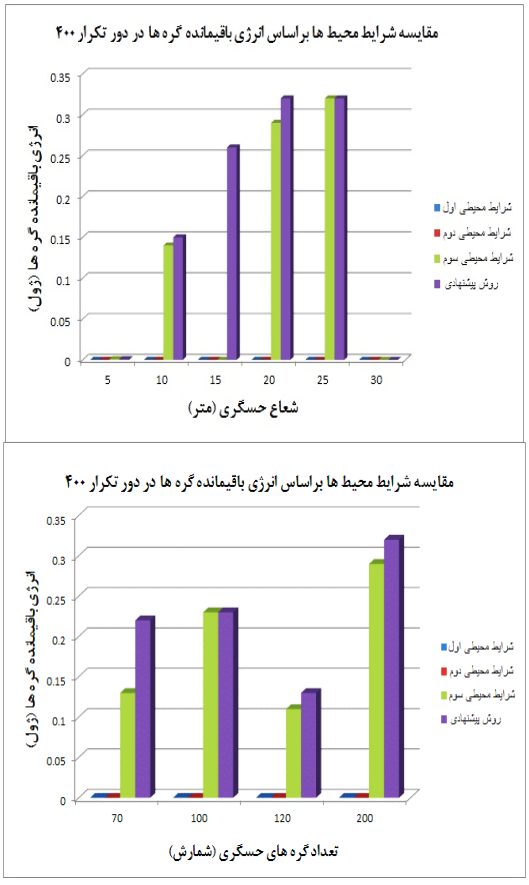
[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]
[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

- **روش مقایسه‌ای سوم:** با درنظرگرفتن شعاع متحرک گره‌ها-بدون درنظرگرفتن گره‌های متحرک- با درنظرگرفتن آتوماتای سلولی؛
- **روش مقایسه‌ای پیشنهادی:** با درنظرگرفتن شعاع متحرک گره‌ها-با درنظرگرفتن گره‌های متحرک- با درنظرگرفتن آتوماتای سلولی



(شکل-۱۲): برآورد دقت تشخیص حفره‌ها در شبکه

(Figure-12): Estimating the Accuracy of Detecting Holes in the Network



(شکل-۱۳): مقایسه روش‌ها بر اساس انرژی باقیمانده در دور تکرار چهارصد

(Figure-13): Comparison of Methods Based on Residual Energy in Repetition Cycle 400

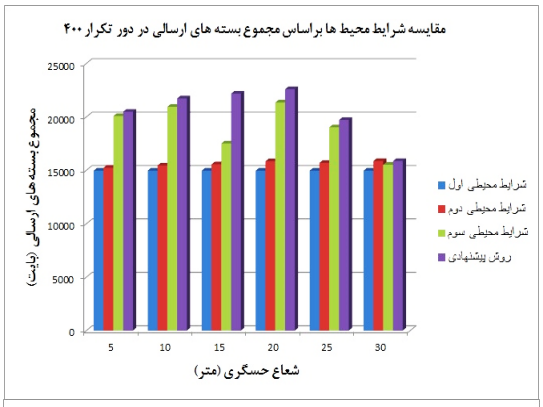
۲-۴-۵- مقایسه محیط‌های مختلف شبکه بر اساس انرژی باقیمانده گره‌ها به لحاظ شعاع و تعداد گره‌های حس‌گر

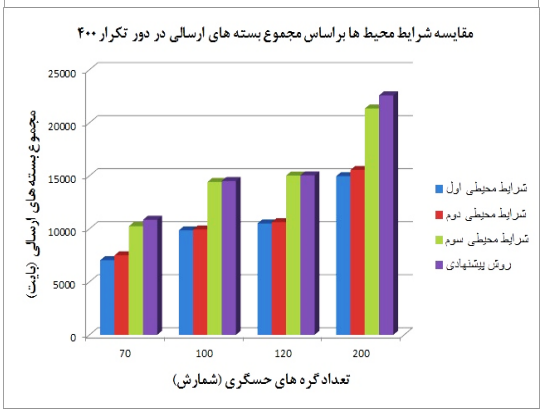
شرایط محیط‌های مختلف در شبکه با شعاع‌های حس‌گری مختلف ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ تعداد اهداف متفاوتی را پوشش می‌دهند. همان‌طور که در شکل (۱۲) ملاحظه می‌شود، روش مقایسه‌ای پیشنهادی (شعاع متحرک گره‌ها- گره‌های متحرک-آتوماتای سلولی) نسبت به شرایط محیط‌های دیگر شبکه تعداد اهداف بیشتری را پوشش می‌دهد؛ که الگوریتم پیشنهادی بیشینه پوشش‌دهی را در شبکه نشان می‌دهد. به‌طور مثال گره‌ای با شعاع حس‌گری پنج در شرایط محیطی نخست ۹۵ هدف و در شرایط محیطی دوم ۸۷ هدف، در شرایط محیطی سوم ۸۲ هدف و درروش پیشنهادی ۷۴ هدف را پوشش نمی‌دهد؛ درنتیجه روش پیشنهادی تعداد اهداف بیشتری را پوشش می‌دهد و نسبت به شرایط محیط‌های دیگر دارای دقت بیشتری جهت شناسایی حفره‌ها است و روش پیشنهادی نسبت به شرایط محیط‌های مختلف کارایی بهتری را ارائه می‌دهد.

در این بخش، مقایسه شرایط محیطی مختلف شبکه براساس انرژی باقیمانده گره‌ها به‌لحاظ شعاع حس‌گری گره‌ها و تعداد گره‌های حس‌گری با توجه به زمان اجرای شبیه‌سازی که از زمان صفر تا چهارصد است، تخمین زده می‌شود. گره‌ها با شعاع‌های حس‌گری (۵،۱۰،۱۵،۲۰،۲۵،۳۰ متر) و تعداد گره‌های حس‌گر (۷۰،۱۰۰،۱۲۰،۲۰۰) در نظر گرفته‌شده که گره‌ها جهت نظارت و پوشش‌دهی اهداف در شبکه انرژی مصرف می‌کنند و در دور تکرار چهارصد با توجه به شعاع‌های حس‌گری و تعداد گره‌ها، انرژی باقی‌مانده آن‌ها تخمین زده می‌شود. همان‌طور که در شکل (۱۳) مشاهده می‌شود، گره‌های حس‌گر در آخرین دور (دور تکرار چهارصد) در شرایط محیطی پیشنهادی (شعاع متحرک گره‌ها- گره‌های متحرک- آتوماتای سلولی) که ناشی از گره‌های حس‌گر دارای شعاع‌های متحرک (پنج تا سی متر) با تعداد گره‌های متغیر هستند و با توزیع گره‌های متحرک در کنار گره‌های ثابت و نیز با درنظرگرفتن قواعد آتوماتای تعریف‌شده است، نسبت به شرایط محیط‌های دیگر دارای انرژی باقی‌مانده بیشتری هستند و دارای نتیجه بهتری است. گفتنی است که تکرار آزمایش‌ها در ۲۱ بازه زمانی از صفر تا چهارصد اعمال می‌شود.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]

[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]





(شکل-۱۴): مقایسه روش‌ها بر اساس بازدهی شبکه در دور تکرار چهارصد

(Figure-14): Comparison of Methods Based on Network Efficiency in Repetition Cycle 400

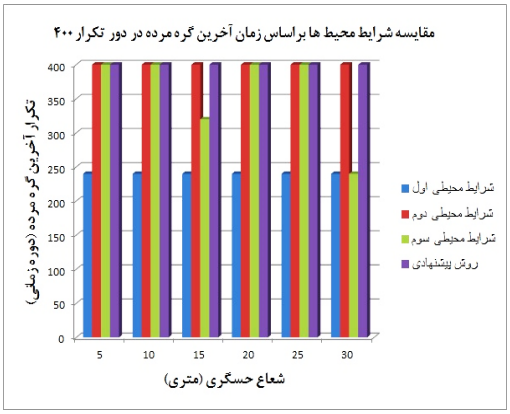
۵-۴-۳- مقایسه محیط‌های مختلف شبکه براساس بازدهی شبکه به‌لحاظ شعاع و تعداد گره‌های حس‌گر

در این بخش، مقایسه شرایط محیطی مختلف شبکه براساس بازدهی شبکه (بسته‌های ارسالی) به‌لحاظ شعاع حس‌گری و تعداد گره‌های حس‌گری با توجه به زمان اجرای شبیه‌سازی که از زمان صفر تا چهارصد است، تخمین زده می‌شود. گره‌ها جهت ارسال اطلاعات به سینک یا گره‌های دیگر بسته‌هایی در شبکه ارسال می‌کنند و در دور تکرار چهارصد با توجه به تعداد بسته‌های ارسالی در شبکه و شعاع حس‌گری و تعداد گره‌ها بازدهی شبکه تخمین زده می‌شود.

گفتنی است که تکرار آزمایش‌ها در ۲۱ بازه زمانی از صفر تا چهارصد اعمال می‌شود. همان‌طور که در شکل (۱۴) مشاهده می‌شود، گره‌های حس‌گر در آخرین دور (دور تکرار چهارصد) در شرایط محیطی پیشنهادی (شعاع متحرک گره‌ها- گره‌های متحرک- آتوماتای سلولی) که ناشی از گره‌های حس‌گر دارای شعاع‌های متحرک (پنج تا سی متر) با تعداد گره‌های متغیر هستند و با توزیع گره‌های متحرک در کنار گره‌های ثابت و نیز با درنظرگرفتن قواعد آتوماتای تعریف‌شده است؛ نسبت به شرایط محیط‌های دیگر دارای تعداد بسته‌های ارسالی بیشتری و درنتیجه افزایش بازدهی و نتیجه بهتری را در شبکه خواهیم داشت.

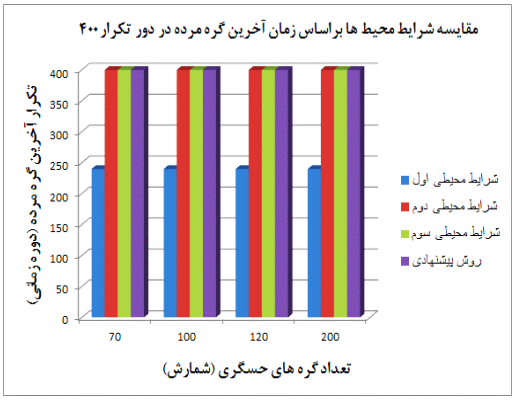
۵-۴-۴- مقایسه محیط‌های مختلف شبکه براساس طول عمر شبکه به‌لحاظ شعاع و تعداد گره‌های حس‌گر

در این بخش، مقایسه شرایط محیطی مختلف شبکه براساس طول عمر شبکه (گره‌های مرده) به‌لحاظ شعاع حس‌گری و تعداد گره‌ها با توجه به زمان اجرای شبیه‌سازی که از زمان صفر تا چهارصد است، تخمین زده می‌شود. ممکن است، مصرف انرژی گره‌هایی در شبکه پایان یابد که به‌عنوان گره‌های مرده محسوب می‌شوند و در دور تکرار چهارصد با توجه به تعداد گره‌های مرده و شعاع حس‌گری گره‌ها طول عمر شبکه تخمین زده می‌شود. گفتنی است که تکرار آزمایش‌ها در ۲۱ بازه زمانی از صفر تا چهارصد اعمال می‌شود. همان‌طور که در شکل (۱۵) مشاهده می‌شود، گره‌های حس‌گر در آخرین دور (دور تکرار چهارصد) در شرایط محیطی پیشنهادی (شعاع متحرک گره‌ها- گره‌های متحرک- آتوماتای سلولی) که ناشی از گره‌های حس‌گر دارای شعاع‌های متحرک (پنج تا سی متر) با تعداد گره‌های متغیر هستند و با توزیع گره‌های متحرک در کنار گره‌های ثابت و نیز با درنظرگرفتن قواعد آتوماتای تعریف‌شده است، نسبت به شرایط محیط‌های دیگر دارای تعداد گره‌های مرده کمتری و درنتیجه افزایش طول عمر شبکه و نتیجه بهتری را در شبکه خواهیم داشت. پارامتر طول عمر شبکه در سامانه مدیریت اعتماد پیشنهادی نیز به‌لحاظ تعداد گره‌های حس‌گر در روش پیشنهادی ۱۲/۴۲٪ بهبودیافته و به‌لحاظ اندازه شعاع حس‌گری گره‌ها در روش پیشنهادی ۲۰/۴٪ بهبود یافته است.



[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]

[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]



(شکل-۱۵): مقایسه روش‌ها بر اساس تعداد گره‌های مرده در دور تکرار چهارصد

(Figure-15): Comparison of Methods Based on The Number of Dead Nodes in The Repetition Cycle Of 400

۵-۴-۵- مقایسه محیط‌های مختلف شبکه با رده‌بندهای درخت تصمیم‌گیری، شبکه عصبی مصنوعی، k نزدیک‌ترین همسایه و ماشین بردار پشتیبان

در این بخش، شرایط‌های محیطی مختلف با رده‌بندهای مختلف (درخت تصمیم‌گیری، شبکه عصبی مصنوعی، k نزدیک‌ترین همسایه و روش پیشنهادی (SVM) در شبکه مقایسه می‌شود. تنظیمات مربوط به رده‌بندها به شرح موجود در جدول (۴) بیان می‌شود:

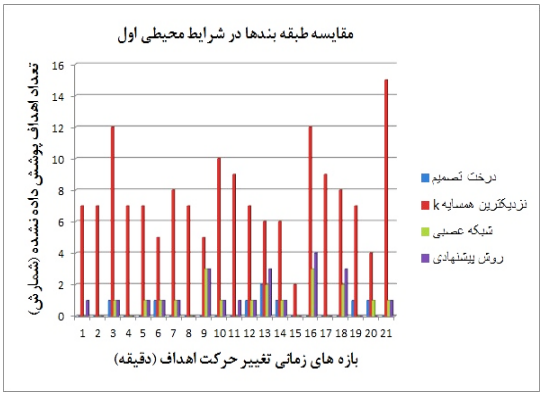
(جدول-۴): تنظیمات مربوط به رده‌بندها

(Table-4): Categories Related to Categories

تنظیمات			طبقه بند
معیار انتخاب ویژگی			درخت تصمیم‌گیری (DT)
بهره اطلاعات			
تعداد لایه‌ها	تعداد نورون‌های لایه مخفی	الگوریتم آموزش خطا	شبکه عصبی مصنوعی (ANN)
۳ لایه	۵	پس انتشار خطا	
مقدار k	معیار فاصله		k نزدیک‌ترین همسایه (K-NN)
۳	اقلیدسی		
کرنل			ماشین بردار پشتیبان (SVM)
شعاعی (rbf)			

۵-۴-۵-۱- مقایسه شرایط محیطی نخست با رده‌بندها

در این بخش، شرایط محیطی شبکه با درنظرگرفتن شعاع ثابت گره‌ها، بدون استفاده از گره‌های متحرک و بدون آتوماتای سلولی است. همان‌طور که در شکل (۱۶) ملاحظه می‌شود، رده‌بند k نزدیک‌ترین همسایه نسبت به رده‌بندهای دیگر نقاط کمتری را پوشش می‌دهد. روش پیشنهادی در مقایسه با رده‌بند شبکه عصبی براساس حرکت اهداف در بازه‌های زمانی متفاوت، دارای واکنش‌های مختلفی است، بدین‌صورت که این دو رده‌بند در بازه‌های زمانی، دارای پوشش‌دهی یکسان و در بازه‌های زمانی دیگر ماشین بردار پشتیبان تعداد اهداف کمتری را پوشش می‌دهد، به‌دلیل این‌که در شرایط محیطی نخست نبود استفاده از گره‌های متحرک و قواعد آتوماتای سلولی در نظر گرفته شده است و علاوه‌براین در بازه‌های زمانی نیز ماشین بردار پشتیبان حاشیه جداکننده دو رده را با دقت پایینی مشخص می‌کند که میزان پوشش‌دهی کمتری نتیجه می‌شود. رده‌بند درخت تصمیم‌گیری در مقایسه با روش پیشنهادی دارای کارایی بهتری است و نیز رده‌بند k نزدیک‌ترین همسایه دارای کارایی ضعیفی نسبت به روش پیشنهادی دارد. در این بخش میان‌گیری انجام‌شده درخت تصمیم‌گیری ۰/۴۲، k نزدیک‌ترین همسایه ۷/۶۸، شبکه عصبی مصنوعی یک و روش پیشنهادی ۱,۱ است.



(شکل-۱۶): مقایسه رده‌بندها در شرایط محیطی اول

(Figure-16): Comparison of Categories in the First Environmental Condition

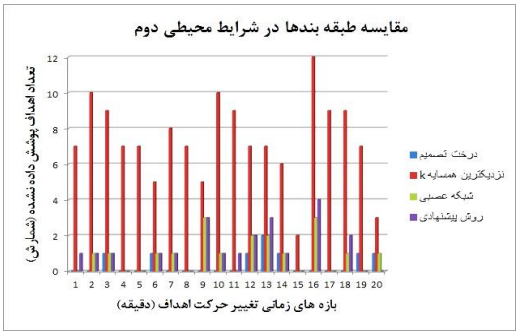
۵-۴-۵-۲- مقایسه شرایط محیطی دوم با رده‌بندها

در این بخش، مطابق شکل (۱۷) شرایط محیطی شبکه با درنظرگرفتن شعاع ثابت گره‌ها، گره‌های متحرک و بدون درنظرگرفتن آتوماتای سلولی اعمال می‌شود. رده‌بند k نزدیک‌ترین همسایه نسبت به رده‌بندهای دیگر نقاط کمتری را پوشش می‌دهد و روش پیشنهادی نسبت به درخت تصمیم‌گیری در بازه‌های زمانی دارای کارایی ضعیفی و در بازه‌های زمانی دیگر کارایی بهتری دارد و نیز

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]

[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

همچنین در مقایسه با رده‌بند شبکه عصبی دارای با به‌کارگیری گره‌های متحرک و نیز دقت ماشین بردار پشتیبان در بازه‌های زمانی که ماشین بردار پشتیبان دارای دقت بالاتری است، کارایی شبکه افزایش یافته و در بازه‌های زمانی که دارای دقت پایین‌تری است، کارایی شبکه کاهش می‌یابد. روش پیشنهادی نسبت به k نزدیک‌ترین همسایه دارای کارایی بهتری است. در این بخش میان‌گیری انجام‌شده درخت تصمیم‌گیری ۰/۴۲، k نزدیک‌ترین همسایه ۷/۵۷، شبکه عصبی مصنوعی ۰/۹۴ و روش پیشنهادی ۱/۰۹ است.



(شکل-۱۷): مقایسه رده‌بندها در شرایط محیطی دوم

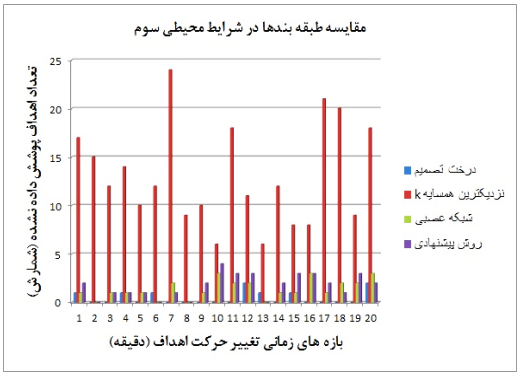
(Figure-17): Comparison of Categories in the Second Environmental Condition

۳-۵-۴-۵- مقایسه شرایط محیطی سوم با رده‌بندها

در این بخش، شرایط محیطی شبکه با درنظرگرفتن شعاع متحرک گره‌ها، آتوماتای سلولی و بدون درنظرگرفتن گره‌های متحرک اعمال می‌شود. همان‌طور که در شکل (۱۸) ملاحظه می‌شود، روش پیشنهادی نسبت به درخت تصمیم‌گیری در بازه‌های زمانی دارای کارایی ضعیفی و در بازه‌های زمانی دیگر کارایی بهتری دارد. علاوه‌براین در مقایسه با شبکه عصبی با به‌کارگیری قواعد آتوماتای سلولی و نیز دقت ماشین بردار پشتیبان در بازه‌های زمانی که ماشین بردار پشتیبان دارای دقت بالاتری است، کارایی شبکه افزایش یافته و در بازه‌های زمانی که دارای دقت پایین‌تری است کارایی شبکه کاهش می‌یابد. روش پیشنهادی نسبت به k نزدیک‌ترین همسایه دارای کارایی بهتری است. در این بخش میان‌گیری انجام‌شده درخت تصمیم‌گیری ۰/۵۲، k نزدیک‌ترین همسایه ۱۲/۵۷، شبکه عصبی مصنوعی ۱/۵۷ و روش پیشنهادی ۱/۸۴ است.

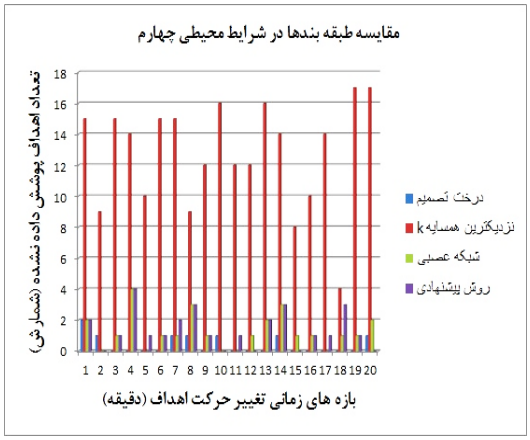
۴-۵-۴-۵- مقایسه شرایط محیطی چهارم با رده‌بندها

در این بخش، شرایط محیطی شبکه با درنظرگرفتن شعاع متحرک گره‌ها، گره‌های متحرک و آتوماتای سلولی اعمال می‌شود. مطابق شکل (۱۹) روش پیشنهادی نسبت به درخت تصمیم‌گیری در بازه‌های زمانی مختلف دارای کارایی متغیری (ضعیف و بهتر) است و در مقایسه با شبکه عصبی با به‌کارگیری گره‌های متحرک و قواعد آتوماتای سلولی و نیز با توجه به دقت ماشین بردار پشتیبان، کارایی شبکه متغیر است. روش پیشنهادی نسبت به k نزدیک‌ترین همسایه دارای کارایی بهتری است. در این بخش میان‌گیری انجام‌شده درخت تصمیم‌گیری ۰/۳۱، k نزدیک‌ترین همسایه ۱۲/۶۳، شبکه عصبی مصنوعی ۱/۳۱ و روش پیشنهادی ۱/۳۸ است.



(شکل-۱۸): مقایسه رده‌بندها در شرایط محیطی سوم

(Figure-18): Comparison of Categories in the Third Environmental Condition



(شکل-۱۹): مقایسه رده‌بندها در شرایط محیطی چهارم

(Figure-19): Comparison of Categories in the Fourth Environmental Condition

۶- نتیجه‌گیری

مسأله مهم در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم محدودبودن منابع انرژی حس‌گرهاست که وجود حفره‌ها در شبکه باعث کاهش طول عمر شبکه و درنتیجه نبود بازدهی مفید طول عمر شبکه خواهد شد؛ بنابراین مهم‌ترین عاملِ بیشینه پوشش‌دهی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم درنظرگرفتن محدودیت‌های مصرف انرژی است.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]

[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

بدین‌جهت در این پژوهش تشخیص حفره‌های پوششی، با استفاده از ماشین بردار پشتیبان (SVM)، به‌واسطه تنظیم شعاع حس‌گری به‌منظور بیشینه پوشش‌دهی اهداف و کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم اعمال می‌شود.

در طرح پیشنهادی تنظیم شعاع حس‌گری با سامانه مدیریت اعتماد اعتبار ارائه شده است؛ که با جمع‌آوری اطلاعات (دست اول و دست دوم)، گره‌های حس‌گر با یکدیگر جهت شناسایی فهرست اهداف پوششیِ همدیگر، تعاملاتی برقرار می‌کنند و سپس تصمیم‌گیری‌های مؤثری با تعریف قواعد آتوماتای سلولی و توزیع گره‌های متحرک در شبکه جهت بیشینه پوشش‌دهی و کاهش مصرف انرژی در شبکه اعمال می‌شود. بر اساس این تصمیم‌گیری ایجاد اعتبار اعتماد در شبکه اعمال می‌شود؛ که با کسب اعتبار در شبکه، چگونگی میزان اعتبار گره‌ها (پوشش‌دهی کامل، پوشش‌دهی متوسط، نبود پوشش‌دهی، پوشش‌دهی ضعیف) با توجه به شعاع حس‌گری گره‌ها و میزان نقاط پوششی آن‌ها ارزیابی می‌شود. میزان رضایت‌مندی گره‌ها بر اساس اعتبار گره‌ها در شبکه ارزیابی و درنهایت با توجه به میزان رضایت‌مندی، پاداش و جریمه‌ای برای گره‌ها در نظر گرفته می‌شود؛ بدین‌گونه که با توزیع گره‌های متحرک در کنار گره‌های ثابت در شبکه به‌عنوان پاداش در نظر گرفته شده است که کاهش مصرف انرژی حس‌گرها و بیشینه پوشش‌دهی در شبکه را در پی دارد و گره‌هایی که دارای اعتبار عدم پوشش‌دهی (ناراضی) هستند نیز گره مسئولیت ارسال اطلاعات به سینک و نظارت محیط در شبکه را بر عهده دارند که به‌عنوان جریمه برای این نوع گره‌ها به‌حساب می‌آید. در بخش پایانی با ارائه الگو یا استخراج ویژگی‌هایی جهت آموزش به ماشین بردار پشتیبان، حفره‌های پوششی موجود در شبکه شناسایی می‌شود. آزمایش‌های انجام‌شده در این پژوهش در محیط شبیه‌سازی با ابعاد ۴۰۰*۴۰۰ با تعداد بیست گره متحرک، دویست گره ثابت، صد هدف متحرک در ۲۱ بازه زمانی مختلفی با زمان شبیه‌سازی صفر تا چهارصد (زمان آغاز شبیه‌سازی و زمان پایان شبیه‌سازی) اعمال شده است. در بخش شبیه‌سازی، نتایج روش پیشنهادی این پژوهش در سناریوهای مختلف از نظر شرایط محیطی متفاوت، با طبقه‌بندهای درخت تصمیم‌گیری، k نزدیک‌ترین همسایه و شبکه عصبی مصنوعی، مقایسه شده است. شبیه‌سازی در محیط متن‌باز MATLAB صورت گرفته شده است. همان‌طور که از نتایج شبیه‌سازی مشخص است، در ارزیابی پارامتر طول عمر شبکه با سامانه مدیریت اعتماد پیشنهادی در شبکه حس‌گر بی‌سیم، به‌لحاظ تعداد گره‌های حس‌گر در شرایط محیطی دوم ۱۲/۶۷٪ و در روش پیشنهادی ۱۲/۴۲٪ بهبود یافته و به‌لحاظ اندازه شعاع حس‌گری گره‌ها، شرایط محیطی دوم ۲۰/۹٪ و روش پیشنهادی ۲۰/۴٪ بهبود یافته است. در مورد کارهای آینده در این پژوهش و ادامهٔ پژوهش‌ها در این زمینه می‌توان به تشخیص حفره‌های پوششی به بهبود حفره‌های پوششی به‌کمک گره‌های متحرک در شبکه حس‌گر بی‌سیم و به نحوه ارتباطات گره‌های حس‌گر اشاره کرد.

7- References ۷- مراجع

[1] I. F.Akyildiz, E.C., Weilian Su and Y. Sankarasubramaniam, "A Survey on sensor network", *IEEE Communications Magazine*, , pp. 102-114, August 2002.

[2] I.F. Akyildiz, et al., "Wireless sensor networks: a survey", *Computer Networks*, pp. 393.٤٢٢– 20 December 2002.

[3] CH. CHEE-YEE and P. SRIKANTA, "Sensor Networks: Evolution, Opportunities,and Challenges", *PROCEEDINGS OF THE IEEE*, Vol. 91, no. 8, pp. 1247-1256, 2003.

[4] B. Barekatain, S. Dehghani, and M. Pourzaferani, "An Energy-Aware Routing Protocol for Wireless Sensor Networks Based on new combination of Genetic Algorithm & k-means", The Third Information Systems International Conference, vol.72, pp. 552 – 560, 2015.

[5] J. Yick, B. Mukherjee, and D.G., "Wireless sensor network survey", *Computer Networks*, vol. 7, pp. 2292–2330, April 2008.

[6] S. Liu1, Y.T. and Y. Liu2, "A survey of transport protocol for wireless sensor networks",Yichang IEEE, 2012.

[7] I. Butun, S.D. Morgera, and R. Sankar, "A Survey of Intrusion Detection Systems in Wireless Sensor Networks", *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*, vol. 16, no. 1, pp. 266-282, 2014.

[8] I.F. Akyildiz, et al., "Wireless sensor networks: a survey", *Computer Networks*, pp. 393–422, 2002.

[9] J. LIANG, M. LIU, and X. KUI, "A Survey of Coverage Problems in Wireless Sensor Networks", *IFSA Publishing*, Vol. 163 (1), pp. 240-246, 2014.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]

[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

[10] S. Debnath, , A.K. Singh, and A. Hossain, "A Comprehensive Survey of Coverage Problem and Efficient Sensor Deployment Strategies in Wireless Sensor Networks", *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 9(45), pp. 1-6, December 2016.

[11] J. Yu, , S. Wan, and X. Cheng, "Coverage Contribution Area Based k -Coverage for Wireless Sensor Networks", *IEEE Vehicular Technology Society*, vol. 66(9), pp. 8510 - 8523, Sept.2017.

[12]. A. Malik, P.A.a., "Hole Detection for Quantifying Connectivity in Wireless Sensor Networks", *Journal of Computer Networks and Communications*, Vol. 2014, pp. 11, 2014.

[13] S. Dehghani, B. Barekatain, and M. Pourzaferani, "An Enhanced Energy-Aware Cluster-Based Routing Algorithm in Wireless Sensor Networks", *Wireless Personal Communications*, no.98(1), pp. 1605–163. January 2018.

[14] A. Ghosha and S.K. Dasb, "Coverage and connectivity issues in wireless sensor networks", *Pervasive and Mobile Computing*, pp. 303–334, 2008.

[15] S. Zhai, , Z. Tang, and D. Wang,"Coverage Hole Detection and Recovery in Wireless Sensor Networks Based on RSSI-Based Localization", *Computational Science and Engineering (CSE) and Embedded and Ubiquitous Computing (EUC)*, July 2017.

[16] D. Jewel, et al., "Improved Hole Detection Healing and Replacing Algorithm for Optimal Coverage in Wireless Sensor Networks", Department of Computer Science and Engineering, Francis Xavier Engineering College, Tirunelveli, Tamil Nadu, India, April 2016, no. 2(2), pp. 724-731.

[17] T. Amgoth, and a.K. Jana, "Coverage hole detection and restoration algorithm for wireless sensor networks", *Peer-to-Peer Networking and Applications*, no. 10(1), pp. 66–78, January 2017.

[18] C. Qiu, H. Shen, and K. Chen, "An Energy-Efficient and Distributed Cooperation Mechanism fork-Coverage Hole Detection and Healing in WSNs", *IEEE Transactions on Mobile Computing*, no.17(6), pp. 1247 - 1259. 2018.

[19] G. Wang, G. Cao, and T. LaPorta, "A bidding protocol for deploying mobile sensors, in Network Protocols", Proceedings 11th IEEE International Conference on. 2003. IEEE. 2003.

[20] Y. Wang, J. Gao, and J.S.B. Mitchell, "Boundary recognition in sensor networks by topological methods", T*he ACM Guide to Computing Literature*, pp. 122-133, 2006.

[21] Chu, W.-C. and K.-F. Ssu, "Location-free boundary detection in mobile wireless sensor networks with a distributed approach", *Computer Networks*, no. 70, pp. 96-112. 2014.

[22] M. Naderan, M. Dehghan, and H. Pedram, "Sensing task assignment via sensor selection for maximum target coverage in WSNs", *Journal of Network and Computer Applications*, no. 36(1), pp. 262-273, 2013.

[23] Z. Kang, H. Yu1, and Q. Xiong, "Detection and Recovery of Coverage Holes in Wireless Sensor Networks", *JOURNAL OF NETWORKS*, vol. 8, no.4, pp. 822-828, 2013.

[24] N.N. Dezfuli, and H. Barati, "Distributed energy efficient algorithm for ensuring coverage of wireless sensor networks", *Institution of Engineering and Technology 2019*. vol.13(5), pp. 578 - 584, 2019.

[25] A. Maheshwari, and N. Chand, "A Survey on Wireless Sensor Networks Coverage Problems", *Proceedings of 2nd International Conference on Communication, Computing and Networking,*. vol. 46, pp. 153-164, 2019.

[26] P. Corke, R. Peterson, and D. Rus, "Finding holes in sensor networks", IEEE Workshop on Omniscient Space: Robot Control, 2007.

[27] J. Yang, and Z. Fei. HDAR: Hole detection and adaptive geographic routing for ad hoc networks. in Computer Communications and Networks (ICCCN), 2010 Proceedings of 19th International Conference on. 2010. IEEE.

[28] E. Zhao, , et al., "A coverage hole detection method and improvement scheme in WSNs", in Electric Information and Control Engineering (ICEICE), 2011 International Conference on. 2011. IEEE.

[29] I.M. Khan, , N. Jabeur, and S. Zeadally, "Hop-based approach for holes and boundary detection in wireless sensor networks", *IET Wireless Sensor Systems*, no. 2(4), pp. 328-337, 2012.

[30] Y. Zhang, et al., "HDRE: Coverage Hole Detection with Residual Energy in Wireless Sensor Networks," J*OURNAL OF COMMUNICATIONS AND NETWORKS*, vol. 16, no. 5, pp. 493-501, 2014.

[31] J.K.a.B. Kaur, "BHDP Using Fuzzy Logic Algorithm for Wireless Sensor Network under Black Hole Attack", *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies*, vol. 2(9), pp. 142-151, 2014.

[32] N.J.P.a.R.H. Jhaveri , "Detecting Packet Dropping Misbehaving Nodes using Support Vector Machine (SVM) in MANET", *International Journal of Computer Applications,*. Vol. 122 , No.4, pp. 26-32, 2015.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]

[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]

[33] S. Ramazani, et al., "Topological and combinatorial coverage hole detection in coordinate-free wireless sensor networks", *Int. J. Ad Hoc and Ubiquitous Computing. X*, pp. 1-12.

[34] L. Yi, et al., "Localized Confident Information Coverage Hole Detection in Internet of Things for Radioactive Pollution Monitoring", IEEE vol. 5, pp. 18665 - 18674, 2017.

[35] A. M.Khed, W. Osamy, and A. Salim, "Distributed coverage hole detection and recovery scheme for heterogeneous wireless sensor networks", *Computer Communications*,. vol. 124, pp. 61-75, June 2018.

[36] M. Verma, and S. Sharma, "A Greedy Approach for Coverage Hole Detection and Restoration in Wireless Sensor Networks", *Wireless Personal Communications*, vol. 101(1), pp. 75–86, July 2018.

[37] X. Shen, , K. Liu, and M. Ye, "Sweep coverage optimization for mobile sensor networks in multi-obstacles scene", *Tenth International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI)*, pp. 1-10, 2018.

[38] X. Deng, et al., "Detecting Confident Information Coverage Holes in Industrial Internet of Things: An Energy-Efficient Perspective", *IEEE Communications Magazine*,. vol. 56(9), pp. 68 - 73, 2018.

[39] Y. Liu, et al., "Design and Analysis of Probing Route to Defense Sink-Hole Attacks for Internet of Things Security, *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, vol. 7(1), pp. 356 - 372. 2018.

[40] X. Dang, C. Shao, and Z. Hao, "Target Detection Coverage Algorithm Based on 3D-Voronoi Partition for Three-Dimensional Wireless Sensor Networks", *Mobile Information Systems*, pp. 15-34. 2019.

[41] S. Karmakar, and A. Roy, "Holes detection in wireless sensor networks: a survey", *International Journal of Modern Education and Computer Science*, vol. 6(4), pp. 24, 2014.

[42] K. Chatterjee, "Mathematical foundations of computer science", pp.866, 2013.

مریم یوسف‌پور در سال ۱۳۸۹ کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر از دانشگاه پیام‌نور، شهرکرد، ایران دریافت کرد و در سال ۱۳۹۶ کارشناسی ارشد خود را در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد به اتمام رساند. علاقه پژوهشی وی شامل ارتباطات بی‌سیم، به‌ویژه شبکه‌های بی‌سیم و امنیت شبکه است.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

maryam.yousefpour@yahoo.com

بهرنگ برکتین به‌ترتیب در سال ۱۳۷۵ و ۱۳۸۰ موفق به کسب مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد در مهندسی نرم‌افزار رایانه شد. وی بیش از ۲۴ سال تجربه در زمینه شبکه‌های رایانه‌ی و امنیت دارد. وی به مدت بیست سال عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد است. وی دکترا و مدرک پسا دکترای خود را در سال ۲۰۱۴ در شبکه‌های رایانه‌ای از دانشگاه رایرسون کانادا دریافت کرد. علایق پژوهشی وی شامل شبکه‌های سیم و بی‌سیم، VANETs، FANETs، SDN، NDN، IoT، شبکه‌های نظیربه‌نظیر، کدگذاری شبکه، پخش ویدئو، امنیت شبکه و شبکه‌های بی‌سیم / حس‌گر بی‌سیم است.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

Behrang_barekatain@iaun.ac.ir

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2024-04-23]

[DOI: 10.52547/jsdp.18.2.75]