مطالعه روش‌های افزایش امنیت اماکن عمومی به‌کمک بهبود پوشش و نظارت بر آن‌ها با استفاده از شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم

مرتضی کریمی و نیما جعفری نویمی پور*

گروه مهندسی کامپیوتر، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
*jafari@iaut.ac.ir
morteezaa_karimi@yah

چکیده

شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم[1] به‌سرعت در حال رشد در زمینه پژوهشی، کاربردی، عملیاتی و تجاری هستند. این نوع شبکه‌ها جهت نظارت بر یک ناحیه دلخواه و افزایش امنیت محیط‌های مورد بررسی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. توانایی‌های بی‌شمار این نوع شبکه‌ها در قبال هزینه اندک، سبب شده است تا نقش‌های زیادی درزمینه‌های مختلف ایفا کنند. شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم در مقیاس بزرگ از چند صد تا چند هزار گره حس‌گر ایجاد می‌شوند که طبیعتاً این مقیاس، چالش‌های فنی بسیار زیادی را به‌دنبال خواهد داشت. یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین چالش، مسئله پوشش[2] و همچنین امنیت در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم است. پوشش، اصلی‌ترین و پایه‌ای‌ترین هدف ایجاد و استقرار شبکه حس‌گر بی‌سیم است، چون پوشش با درجه کیفیت[3]، چگونگی و مدت‌زمان توانایی حس‌گرها برای تشخیص پارامترها و اهداف از پیش تعیین‌شده در مناطق و همچنین هزینه پیاده‌سازی ارتباط مستقیم دارد. در این مقاله، روش‌های بهبود امنیت اماکن عمومی به‌کمک افزایش پوشش مناطق با استفاده از شبکه حس‌گر بی‌سیم و امنیت این اماکن مورد مطالعه و بررسی قرار داده شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد با اتخاذ یک پوشش مناسب و بهینه علاوه‌بر این‌که با کمینه تعداد حس‌گرها، کل محیط را می‌توان پوشش داد، بلکه امنیت اماکن تحت نظارت شبکه را با تعداد گره‌های کمتر، می‌توان افزایش داد.

واژگان کلیدی: شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، پوشش، امنیت، نظارت، گره هماهنگ‌کننده[4]

۱- مقدمه

حضور انسان در مکان‌های عمومی به‌علت نیازهای روزمره و همچنین تعاملات و ضروریات زندگی بیشتر از پیش احساس می‌شود و مکان‌هایی مثل بیمارستان‌ها، بانک‌ها، پارک‌ها و رستوران‌ها و ... امروزه بیشتر از گذشته شاهد حضور و تجمع انسان‌ها هستند. در کنار این مسئله، مهیاکردن امنیت در این اماکن روزبه‌روز حائز اهمیت بوده تا مراجعه‌کنندگان در محیطی امن فعالیت‌های خود را بتوانند انجام دهند [1]. همچنین برقراری امنیت در این اماکن برای جلوگیری از رخداد خطرات و اتفاقات احتمالی نیازمند یک نظارت اساسی و دقیق است [2]. شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم به‌علت ساختار و قابلیت‌هایی که دارند، بهترین بستر و گزینه برای نظارت دقیق محیط است. همچنین، سامانه‌های نظارتی و امنیتی مبتنی بر شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم متناسب با معماری‌ها و طراحی‌های خاص برای کاربردهای متنوع، مورد استفاده می‌توانند قرار گیرند [3]. بحث نظارت بر پایه شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم با مسئله پوشش در این شبکه‌ها که یک دغدغه و نیاز اساسی به‌شمار می‌رود، ارتباط تنگاتنگی دارد؛ چون با یک پوشش مناسب و بهینه، علاوه‌بر نظارت کل محیط، در بحث هزینه و کاهش تعداد گره‌های حس‌گر نیز به یک بهینه‌سازی مناسب می‌توان رسید. بنابراین امنیت و پوشش، از پارامترهای اساسی در بحث نظارت مبتنی بر شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم هستند [4]. به‌طورکلی، **نظارت** عبارت است از نمایش داد [5]. امروزه توسط سامانه‌های نظارت به عملگرها فرمان نیز می‌توان صادر

[1] Wireless Sensor Network
[2] Coverage
[3] Quality of Service
[4] Coordinator

* نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

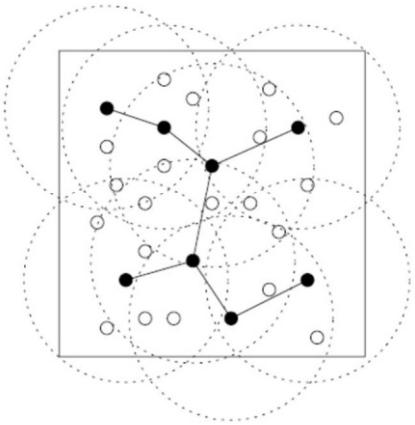
کرد و یا با برخی از قسمت‌ها ارتباط دوطرفه برقرار کرد تا متناسب با شرایط، اقدامات مناسب‌تری انجام شود.

پیشرفت‌های اخیر در زمینهٔ مخابرات بی سیم توانایی طراحی و ساخت حس‌گرهایی را با توان مصرفی پایین، اندازه کوچک، قیمت مناسب و کاربری‌های گوناگون داده است [6]. این حس‌گر های کو چک که توا نایی ان جام اع مالی چون در یافت اطلاعات مختلف محیطی بر اســـاس نوع حس‌گر، پردازش و ارسال آن اطلاعات را دارند، موجب پیدایش ایده‌ای برای ایجاد و گ سترش شبکه‌های مو سوم به شبکه حس‌گر بی سیم شده‌اند [7]. یک شبکه حس‌گر مت شکل از تعداد ز یادی گره های حس‌گر اســـت که در یک محیط به‌طور گســـترده پخش شـــده و به جمع‌آوری اطلاعات از محیط می‌پردازند [8]. لزوماً مکان قرارگرفتن گره های حس‌گر، از قبل تعیین شده و م شخص نی ست. چنین خ صو صیتی این امکان را فراهم می‌آورد که آن‌ها را در مکان‌های خطرناک و یا غیرقابل‌دسترس بتوان رها کرد. شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم به‌طور گســـترده در برنامه‌های کاربردی نظامی و غیرنظامی ا ستفاده می شوند [9]. در ا ستفاده‌های نظامی از شبکه‌های حس‌گر بی سیم، می‌توان به نظارت میدان جنگ و همچنین نظارت مناطق مهم و حیاتی اشـــاره کرد و در کاربردهای غیرنظامی به نظارت محیط، تشـــخیص پزشـــکی، نظارت و کنترل ساختمان، خودرو و سایر کاربردها می‌توان اشاره کرد. بااین‌حال و با وجود تعداد زیاد کاربردهای شبکه‌های حس‌گر بی‌ســـیم، این حس‌گرها محدودیت‌هایی مثل محدودیت در ارتباطات، محدودیت مصـــرف انرژی، محدودیت در حافظه ذخیره‌ســـازی و غیره داشـــته و درنتیجه، بســـیاری از مســـائل بهینه‌سازی مانند پوشش، مسیریابی، زمان‌بندی و غیره را در پی‌دارند [10].

مسئله پوشش در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم یکی از اساسی‌ترین مسائل در این شبکه‌ها به‌حساب می‌آید که به‌طور مستقیم بر توانایی و کارایی شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم تأثیر گذاشته و آن را به‌عنوان معیاری برای کیفیت سرویس [1] در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم می‌توان به شمار آورد. ایده اصلی در پوشش، پیداکردن تعداد مطلوب و بهینه گره‌های فعال است؛ به‌طوری‌که درعین‌حال که پوشش و اتصالات شبکه حفظ می‌شود، بتواند کل منطقه را نظارت کند [11] انواع دسته‌بندی‌های مختلف برای پوشش در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم در زیر آورده شده است:

- **پوشش منطقه‌ای یا محیطی** [2]

در این روش از پوشش، یک مختصات مکانی در نظر گرفته می‌شود و حس‌گرها به‌صورت تصادفی یا دستی به‌نحوی توزیع می‌شوند که محیط موردنظر را به‌طور کامل پوشش دهند. این مدل پوشش اغلب برای ناحیه‌ای استفاده می‌شود که احتمال رخداد پدیده در تمامی مختصات آن وجود دارد. همچنین وجود گره‌های افزونه [3] در این مدل موجب پوشش چندگانه نیز می‌شود، که یک شبکه با چگالی بالا دارد [11].



(شکل-۱): پوشش منطقه‌ای [12]

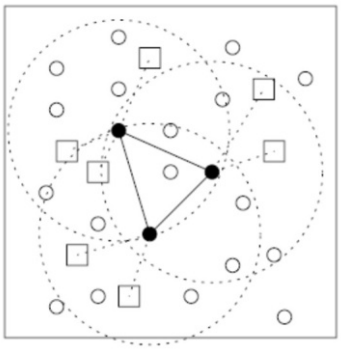
- **پوشش نقطه‌ای** [4]

در این روش تعدادی از اهداف با جایگاه م شخص که با ید مورد کنترل قرار گیر ند، در نظر گرفته می شوند. تعداد متو سطی از حس‌گرها به صورت تصـادفی در نزدیکی اهداف پخش می‌شـوند تا بر طبق زمان‌بندی‌های خاص نسبت به انجام وظایف و تشخیص اهداف از پیش تعیین شده فعال شده و اطلاعات به‌دســـت‌آمده را به گره پردازش‌گر مرکزی بفرستند. در این حالت برخلاف حالت بالا فقط یک سری نقاط خاص و تعریف‌شده، پوشش داده می‌شـــوند. به‌طورکلی پوشـــش نقطه‌ای را زیرمجموعه پوشـــش منطقه‌ای می‌توان دانســـت [13].

[1] Quality of Service

[2] Area Coverage
[3] Redundant
[4] Point Coverag

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]



(شکل-۲): پوشش نقطه‌ای [12]

- **پوشش مرزی یا نواری**[1]

پوشش مرزی به تعداد خیلی کمتری از پوشش کامل ناحیه، به حس‌گر نیاز دارد. این مدل از پوشش یک مدل مناسب برای کاربردهای تشخیص نفوذ است. در این مدل پوشش نیاز است که عملیات پوشش به‌گونه‌ای انجام شود که اگر نفوذی از عرض ناحیه پوشش صورت گرفت، آن را بتوان تشخیص داد. برخی از کاربردهای مهم شبکه‌های حس‌گر با تشخیص حرکت درگیر هستند؛ مانند زمانی که حس‌گرها در طول مرزهای کشوری پخش می‌شوند، تا نفوذهای غیرقانونی را تشخیص دهند. در هرلحظه، هر یک از هدف‌ها توسط دست‌کم یک حس‌گر تحت کنترل قرار می‌گیرد و هر حس‌گر قادر است تمامی اهداف موجود در محدوده خود را کنترل کند [14].

(شکل-۳): پوشش مرزی [12]

هدف این مقاله، بررسی روش‌های افزایش امنیت اماکن عمومی به‌کمک بهبود پوشش و نظارت بر آن‌ها بر پایه شبکه حس‌گر بی‌سیم است. مردم با انواع تهدیدهایی مثل جرم و جنایت، تروریسم، آلودگی هوا، آلودگی آب و غیره که در محیط شهری رخ می‌دهد، روبه‌رو هستند. در بیش‌تر جوامع، اگرچه بسیاری از تهدیدای طبیعی - واقعی یا فرضی - به‌ظاهر در حال افزایش است، ولی در نقطه مقابل راه‌های حفظ امنیت افراد نیز به‌تبع آن در حال افزایش است. امنیت جزء مهم‌ترین، حساس‌ترین و گسترده‌ترین مفاهیم است که بیشترین انرژی انسانی صرف تأمین آن می‌شود [15]. به‌طورکلی امنیت به مفهوم حفاظت شخص از خود، خانواده و دوستان است. فقدان امنیت، درک خطر و ترس از قربانی‌شدن، یک تهدید بزرگ در محیط شهری به‌حساب می‌آید. بنابراین امنیت را پیش‌نیاز اساسی طراحی شهری موفق می‌توان تعریف کرد [16]. امنیت را از ابعاد مختلفی موردبررسی و مطالعه می‌توان قرارداد. یکی از ابعاد امنیت همان امنیت جانی است. به‌طورکلی امینت جانی فرد به مفهوم حفظ حریم شخصی و مراقبت از شخص در برابر خطرات و تهدیدهایی است که شخص را در اماکن عمومی می‌تواند دچار مخاطره کند. درخصوص تأمین امنیت افراد در محیط‌هایی که حضور انسان در آن محیط‌ها یک امر اجتناب‌ناپذیر است، استفاده از سامانه‌هایی که بتوانند رفتار محیط و رفتار سایر افراد را در محیط به‌صورت دائمی نظارت و کنترل کند، یکی از روش‌های تأثیرگذار در امر امنیت اجتماعی به‌حساب می‌آید. در این مقاله در کنار امنیت افراد در اماکن عمومی و امنیت داده‌های ردوبدل‌شده در سامانه‌های امنیتی نظارتی نیز مورد بررسی و مطالعه قرارگرفته است. و اطلاعات به مفهوم محافظت از سامانه‌های اطلاعاتی در مقابل دسترسی غیرمجاز یا اصلاح اطلاعات در هر مرحله ذخیره‌سازی و انتقال و پردازش این اطلاعات و همچنین عدم دسترسی افراد غیرمجاز به این داده‌ها و تغییر این داده‌ها است [15]. اهداف امنیت را متناسب باهدف مقاله به‌صورت زیر می‌توان تعریف کرد:

- تحقق رفاه مردم؛
- هوشیاری در جهت پیش‌گیری از وقوع هر حادثه؛
- کشف نقص امنیتی و اتخاذ تصمیمات صحیح متناسب با شرایط پیش‌آمده؛
- عکس‌العمل مناسب درخصوص توسعه اصول راهبردی و روش‌های فنی در قبال حمله یا خسارت

این مقاله متشکل از چهار بخش است؛ در بخش ۲ مقدمه‌ای بر شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم و در بخش ۳ روش‌های موجود و سامانه‌های نظارت پیاده‌سازی شده برای نظارت اماکن عمومی آورده شده است. درنهایت در بخش ۴ زمینه‌های کاری آینده و نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

[1] Barrier Coverage

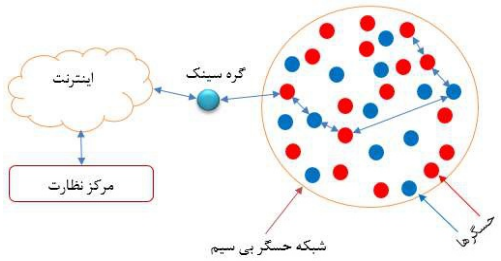
[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

۲- مقدمه‌ای بر شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم

پیشرفت‌های علمی در زمینه الکترونیک و مخابرات بی‌سیم، توانایی طراحی و ساخت حس‌گرهایی را با انرژی مصرفی پایین، اندازه کوچک، قیمت مناسب و کاربردهای مختلف داده است. این حس‌گرها توانایی انجام اعمالی چون دریافت اطلاعات مختلف محیطی و زیست‌محیطی بر اساس نوع حس‌گر، پردازش اطلاعات و ارسال آن اطلاعات را دارند [17]. همه این ویژگی‌ها موجب پیدایش ایده‌ای برای ایجاد و گسترش شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم شده است. یک شبکه حس‌گر بی‌سیم متشکل از تعداد زیادی گره‌های حس‌گری است که در یک محیط به‌طور گسترده توزیع شده و اطلاعاتی را از محیط متناسب با نوع کاربرد و نوع حس‌گرهای استفاده‌شده، جمع‌آوری می‌کند. مکان قرارگرفتن گره‌های حس‌گر در این شبکه‌ها، از قبل تعیین شده و مشخص نیست [18]. این ویژگی این امکان را فراهم می‌آورد که این حس‌گرها را در مکان‌های خطرناک و یا غیرقابل‌دسترس که امکان حضور انسان در آن‌ها میسر نیست، بتوان رها کرد.

۲-۱- ساختار کلی شبکه‌های حس‌گر

این شبکه‌ها از تعدادی گره حس‌گر کوچک در اندازه‌های یک تا دو میلی‌متر و یا بزرگ‌تر ساخته‌شده است که به همراه یک ماژول فرستنده و گیرنده بی‌سیم، اطلاعات را به مرکز نظارت به‌عنوان کاربر نهایی می‌فرستند. کاربرد شبکه‌های حس‌گر در ابتدا با اهداف و کاربردهای نظامی و دفاعی آغاز شد؛ ولی به‌سرعت کاربردهای بسیار دیگری نیز پیدا کرد که برخی از کاربردهای این فناوری در کاربردهای نظامی و امنیتی (کنترل نیروها و تجهیزات نظامی، تشخیص نفوذ در محیط‌های جنگی)، نظارت بر محیط‌های داخلی و خارجی (کاربرد در ساختمان‌های هوشمند، کنترل ترافیک، تشخیص حوادث طبیعی، کشاورزی و نظارت‌های زیست‌محیطی و اماکن عمومی)، کاربردهای صنعتی (کنترل دقیق نیروی انسانی، پیگیری کالاهای تولیدی، نظارت بر خط تولید و حفاظت و کنترل ایمنی محیط) و کاربردهای پزشکی (مراقبت از سلامت انسان و جراحی) است [19]. به‌طورکلی کاربردها در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم به سه دستهٔ نظامی، تجاری و پزشکی تقسیم می‌شوند که سامانه‌های ارتباطی، فرماندهی، شناسایی، دیده‌بانی، میدان مین هوشمند و سامانه‌های هوشمند دفاعی از کاربردهای نظامی است. در کاربردهای مراقبت پزشکی، محیط‌های هوشمند برای افراد سالمند و شبکه ارتباطی بین مجموعه پزشکان با یکدیگر و کارکنان بیمارستان و نظارت بر بیماران ازجمله مهم‌ترین کاربردهای آن است. کاربردهای تجاری طیف وسیعی از کاربردها را مانند سامانه‌های امنیتی تشخیص و مقابله با سرقت، آتش‌سوزی در جنگل، تشخیص آلودگی‌های زیست‌محیطی از قبیل آلودگی‌های شیمیایی، میکروبی، هسته‌ای، سیستم‌های ردگیری، نظارت و کنترل وسایل نقلیه و ترافیک، کنترل کیفیت تولیدات صنعتی، مطالعه در مورد پدیده‌های طبیعی مثل گردباد، زلزله، سیل و تحقیق در مورد زندگی گونه‌های خاص از گیاهان و جانوران شامل می‌شوند. در برخی از کاربردها نیز شبکه حس‌گر به‌عنوان گروهی از ربات‌های کوچک که با همکاری هم فعالیت خاصی را انجام می‌دهند، استفاده می‌شود [20]. ساختار کلی شبکه حس‌گر بی‌سیم در شکل (۴) آورده شده است.



(شکل-۴): ساختار کلی شبکه حس‌گر بی‌سیم

۲-۲- ضروریات استفاده از شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم

در برخی موارد به‌عنوان مثال هنگام بروز برخی حوادث ناگهانی طبیعی مانند سیل و زلزله و سایر مواقع اضطراری که بایستی برپایی تجهیزات در فاصله زمانی کوتاه و به‌سرعت انجام شود، از این گره‌های حس‌گر بی‌سیم می‌توان استفاده کرد. زیراکه در چنین سامانه‌ای نیازی به برپایی تجهیزات حجیم و وقت‌گیر نیست و صرفاً کافی است چندین گره را در سطح محدوده مدنظر پراکنده کرد که این گره‌های حس‌گر بی‌سیم از قبل آماده هستند و حجم کوچکی هم دارند. از طرفی برپایی یک شبکه با گره‌های حس‌گر بی‌سیم نیاز به انجام عملیات وقت‌گیر ندارد؛ زیرا این گره‌ها به‌علت دارابودن پروتکل‌ها و الگوریتم‌های خود سامان‌دهی معماری توپولوژی شبکه خود را می‌توانند تشکیل دهند. ازآنجایی‌که ارتباط این گره‌های حس‌گر به‌صورت بی‌سیم است، بنابراین مشکلاتی از قبیل قطع خطوط ارتباطی در این گره‌های حس‌گر وجود ندارد و ارتباط به‌طور مداوم پابرجاست. پس یکی از

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

ضرورت‌های استفاده از گره‌های حس‌گر بی‌سیم استفاده سریع از این گره‌ها در مواقع اضطراری و فوری است [21].

استفاده از هر سامانه‌ای در محیط متناسب با شرایط کاری سامانه‌ای، می‌تواند تأثیرات منفی متقابلی را بر روی محیط داشته باشد. برای مثال تشعشات امواج مخابراتی دکل‌های بزرگ تأثیرات مخربی را در محیط به‌جا می‌گذارند، که می‌تواند بر روی سلامت محیط اثر منفی بگذارد، همچنین برپایی چنین دکل‌های بزرگی نیازمند حضور مستقیم عامل‌های انسانی در محیط هدف بوده، که می‌تواند ظاهر طبیعت را دست‌خورده تغییرات کرده و همچنین موجب فرار هدف شود یا به عبارتی از ظرافت کار بکاهد. درصورتی‌که اگر از گره‌های حس‌گر بی‌سیم استفاده شود، به‌علت اندازه کوچک این حس‌گرها، این حس‌گرها را در هر نقطه از منطقه هدف می‌توان جایگذاری کرد. از سوی دیگر در چنین شبکه‌هایی گره‌های حس‌گر نزدیک به هم بوده و برد ارتباطی کوتاهتری دارند که این امر باعث کاهش سطح انرژی مصرفی حس‌گرها می‌شود. از طرفی دیگر در صورت استفاده از این شبکه‌ها سطح تشعشات مضر برای محیط زیست و پارازیت‌های احتمالی بر روی سایر سامانه‌ها کاهش خواهد یافت. بنابراین یکی دیگر از ضرورت‌های استفاده از گره‌های حس‌گر بی‌سیم استفاده از این گره‌ها در مناطقی است که نباید در این مناطق پارازیت و اختلال وجود داشته باشد [22].

از طرفی دیگر، استفاده از گره‌های حس‌گر بی‌سیم به‌جای عامل انسانی جهت بررسی وضعیت محیط‌های آلوده و صعب‌العبور، که انسان قادر به فعالیت در چنین محیط‌هایی است، بسیار مناسب است. در چنین شرایطی این گره‌های حس‌گر توسط هواپیما در محیط پخش شده و پس از استقرار در سطح زمین، با توجه به توانایی‌های خود، به‌صورت خودکار توپولوژی شبکه‌ای خاصی را تشکیل داده و به بررسی آلودگی محیط می‌پردازند و اطلاعات دریافت‌شده از محیط را به یک گره مرکزی گزارش می‌کنند. بنابراین از گره‌های حس‌گر بی‌سیم به‌عنوان جایگزینی برای عامل انسانی در محیط‌هایی که امکان حضور انسان ممکن نیست، می‌توان استفاده کرد [23].

از آنجایی‌که هزینه برآوردشده در امر جمع‌آوری اطلاعات یکی از معیارهای انتخاب یک سامانه است؛ این هزینه نیز متشکل از چندین بخش شامل هزینه مربوط به تجهیزات، هزینه برپایی سامانه، هزینه نگهداری و ... است. در شبکه‌هایی که از گره‌های حس‌گر استفاده می‌شود، هزینه‌های مربوط به گره‌ها و برپایی سامانه و هزینه نگهداری در مقایسه با سایر سامانه‌های مشابه، کاهش چشم‌گیری دارد؛ به‌عبارتی، استفاده از چنین سامانه‌ای برای یک هفته در مقایسه با چند ماه دارای هزینه به‌طورتقریبی یکسانی است. بنابراین، برای جمع‌آوری اطلاعات از وضعیت محیط در طولانی‌مدت، هزینه استفاده از گره‌های حس‌گر به‌اندازه قابل‌توجهی نسبت به روش‌های دیگر کمتر خواهد بود [24]. بنابراین در این سامانه‌ها برخلاف سامانه‌های سیمی قدیمی، از یک‌سو هزینه‌های پیکربندی و آرایش شبکه کاسته شده و از سوی دیگر به‌جای نصب هزاران متر سیم از دستگاه‌هایی با اندازه کوچک برای دریافت اطلاعات محیط استفاده می‌شود؛ بنابراین یکی دیگر از ضرورت‌های مهمی که گره‌های حس‌گر بی‌سیم دارند، مقرون‌به‌صرفه‌بودن شبکه‌هایی است که با این گره‌های حس‌گر بی‌سیم راه‌اندازی می‌شوند [25]؛ همچنین در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم قابلیت اطمینان[1] و قابلیت دسترس‌پذیری[2] نسبت به شبکه‌های سیمی بیشتر است [26]؛ زیرا در این شبکه‌ها از آنجایی‌که گره‌های حس‌گر بی‌سیم به‌صورت متراکم در محیط پخش می‌شوند و درصورت خرابی یک گره (به‌عنوان مثال تمام‌شدن منبع انرژی گره)، گره‌های همسایه به‌عنوان جایگزینی برای این گرهٔ معیوب می‌توانند استفاده شوند. بنابراین در هرلحظه که به سامانه مراجعه کنیم، سامانه پابرجا بوده و فعالیت‌های خود را انجام می‌دهد [27].

۳- بررسی روش‌های موجود

نظارت بر محیط زیست و پیرامون آن شامل اماکن عمومی بخش مهمی از برنامه‌های کاربردی شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم است که این امر به‌طور گسترده همراه با توسعه فناوری‌های اخیر، رشد یافته است. به‌طورکلی سامانه‌های نظارتی، پارامترهایی مانند دما، رطوبت، نور، فشار و حضور عوامل انسانی و ... را کنترل می‌کنند. مطالعات متعددی بر روی سامانه‌های نظارتی مبتنی بر شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم برای نظارت محیط پیرامون و اماکن پرتردد صورت گرفته است. پژوهش‌گران در پژوهش‌های اخیر تحمل‌پذیری خطا[3] و ایجاد تعادل بین هزینه و طول عمر شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم را مورد مطالعه قرار داده‌اند، که در این بخش، مهم‌ترین این سامانه‌ها را مورد مطالعه و بررسی قرار خواهیم داد. همچنین، یک سری الزامات برای پیاده‌سازی و توسعه سامانه‌های نظارت

[1] Reliability
[2] Availability
[3] Fault Tolerance

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

لازم است، که این الزامات به تفصیل در زیر آورده شده است [28].

- استقلال[1]

مسئله انرژی حس‌گرها از ضروریات استفاده از شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم است. ازاین‌رو باتری مورد استفاده در این حس‌گرها باید قادر باشد عملکرد شبکه حس‌گر بی‌سیم را در کل مدت استقرار حفظ کند؛ زیرا فرستنده و گیرنده رادیویی، یک مصرف‌کننده بزرگ انرژی در این حس‌گرها است و شبکه باید این مصرف انرژی را بتواند بهینه کرده تا سامانه مدت‌زمان قابل قبولی در مد کاری بتواند بماند.

- قابلیت اطمینان[2]

خرابی و ازکارافتادن گره‌های حس‌گر در حین عملیات حمل‌ونقل و استقرار یک امر غیرمنتظره و اجتناب‌ناپذیر است. علاوه‌براین، تعمیر و نگهداری گره‌های حس‌گر توسط افرادی که دانش کافی در رابطه با این شبکه‌ها را ندارند، باعث می‌شود که انتقال بسته‌های اطلاعاتی به‌صورت صحیح صورت نپذیرد. بنابراین دستیابی به یک قابلیت اطمینان مناسب الزامی است تا بسته‌ها در شرایط بد آب و هوایی نیز به‌صورت صحیح به مقصد برسند.

- پایداری[3]

شبکه باید در برخورد با مشکلاتی از قبیل خرابی سخت‌افزار و اتصالات ضعیف سیگنالی بتواند پایدار بماند. به‌عبارتی اگر گره حس‌گری بنا به هر دلیلی خراب شود، تأثیری در عملکرد شبکه حس‌گر بی‌سیم نداشته باشد؛ چون به‌عنوان مثال این امکان وجود دارد که به علت رخداد اتصال کوتاه در اثر رطوبت، سامانه راه‌اندازی مجدد شود؛ بنابراین سامانه باید این قابلیت را داشته باشد که تا راه‌اندازی مجدد شبکه، پایداری خود را حفظ کند.

- انعطاف‌پذیری[4]

شبکه باید بتواند هنگام اضافه‌شدن گره جدید، حرکت گره‌ها و یا تغییر ایستگاه در هر زمان بسته به نیاز شبکه و ایستگاه‌ها، خود را با شرایط جدید به‌روزرسانی و بدون اینکه عملکرد فعلی سامانه را مختل کند، تغییرات جدید را نیز پذیرا باشد [29].

[1] Autonomy
[2] Reliability
[3] Robustness
[4] Flexibility

در [1] یک سامانهٔ نظارت بر پایه شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم برای نظارت بر کیفیت هوای اماکن عمومی شهری ارائه‌شده است (شکل ۵). این سامانه از دو بخش، یک سامانهٔ نظارت خودکار و یک پایگاه داده تشکیل شده است. سامانهٔ نظارت خودکار از فناوری شبکه حس‌گر بی‌سیم به‌عنوان هسته اصلی خود استفاده می‌کند که در کنار این از سامانهٔ جهانی ارتباطات همراه[5] برای برقراری ارتباطات بین گره‌های حس‌گر استفاده می‌کند. از نظر معماری، سامانهٔ ارائه‌شده، شامل یک گره دروازه[6] و تعدادی گره‌های حس‌گر بی‌سیم است. گره دروازه برای کنترل گره‌های حس‌گر و جمع‌آوری داده‌ها از گره‌های حس‌گر و انتقال آن‌ها به پایگاه داده به‌وسیله سرویس پیام کوتاه و در بستر سامانه جهانی ارتباطات همراه استفاده می‌شود. پایگاه داده موجود در سامانهٔ نظارتی ارائه‌شده، یک پلت‌فرمی بر اساس برنامه LabVIEW است که پایگاه داده را کنترل می‌کند. از طریق برنامه‌نویسی LabVIEW داده‌های اندازه‌گیری‌شده توسط گره‌های حس‌گر را درون پایگاه داده می‌توان یکپارچه‌سازی و ذخیره‌سازی کرد. علاوه‌براین، کاربران به تاریخچه داده‌های ذخیره‌شده در پایگاه داده می‌توانند دسترسی داشته و از طریق صفحهٔ وب این اطلاعات را مشاهده کنند. گره‌های حس‌گر، داده‌های مربوط به آلودگی هوا و داده‌های هواشناسی را هر ده دقیقه یک‌بار اندازه‌گیری و به پایگاه داده ارسال می‌کند، با توجه به شاخص‌های آلودگی هوا، اگر غلظت گاز CO بیشتر از یک مقدار استاندارد باشد، به‌عنوان یک تهدید تلقی شده و به اطلاع مدیر شبکه و افرادی که در مکان تحت آزمایش هستند، می‌رسد. این اطلاع‌رسانی با استفاده از چراغ‌هایی قرمزرنگ در چراغ‌های راهنمایی و پیامک صورت می‌پذیرد. سامانهٔ مدیریت یکپارچه که در قسمت داخلی سامانه طراحی شده است می‌تواند داده‌های مختلف را در پایگاه داده ترکیب و ذخیره کند. کارشناسان حجم انبوهی از داده‌ها را که هر ثانیه توسط سامانهٔ نظارت ارائه شده، دریافت و در پایگاه داده ذخیره و علاوه‌بر نظارت می‌توانند با این داده‌ها انتشار آلودگی را نیز پیش‌بینی کنند. سخت‌افزار طرح ترکیبی از انواع مختلف حس‌گرها و شبکه حس‌گر بی‌سیم است. پروتکل ارتباطی استفاده‌شده، پروتکل ارتباطی شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ZigBee است که متناسب با استاندارد IEEE 802.15.4 است. از مزایای سامانهٔ ارائه‌شده به دریافت و نظارت لحظه‌به‌لحظه پارامترهای کیفیت هوا در اماکن، اطلاع‌رسانی مناسب آلودگی به کارشناسان شبکه و

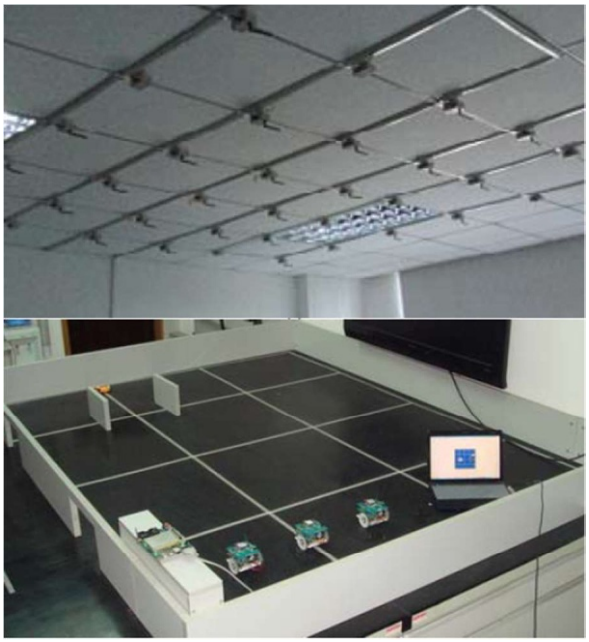
[5] Global System for Mobile Communications
[6] Gateway

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

افراد حاضر در مکان تحت آزمایش با استفاده از صفحه وب و پیامک، امنیت مناسب و تأخیر ارتباطی کم و از معایب سامانهٔ ارائه‌شده به پوشش کم، عدم تحمل‌پذیری خطا و گره افزونه درصورت خرابی گره‌ها، محدودیت مصرف انرژی و نیاز به شارژ باتری می‌توانند اشاره کرد.

در [30] یک سامانهٔ مبتنی بر شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم برای نظارت و تشخیص آتش‌سوزی و عملیات امداد و نجات در اماکن عمومی ارائه شده است (شکل ۶). این مقاله یک چهارچوب برای تشخیص آتش‌سوزی در مناطق غیرنظامی مانند فروشگاه‌های بزرگ، ایستگاه‌های مترو ساختمان‌های عمومی و همچنین ارائهٔ راه‌کارهای مناسب حین رخداد آتش‌سوزی، ارائه داده است. سامانهٔ ارائه شده از چهار جزء عملیاتی، شبکه حس‌گرهای تشخیص آتش، لایه جمع‌آوری اطلاعات، میان‌افزارها و سامانهٔ پشتیبانی تشکیل شده است. هر جزء با فراهم‌کردن داده‌های مورد نیاز جزءهای دیگر، این داده‌ها را برای پردازش به واحدهای دیگر ارسال می‌کند. در سامانهٔ ارائه‌شده هر گره حس‌گر داده‌های مورد نیاز برای تعیین آتش‌سوزی چون دما، شدت روشنایی و دود را با استفاده از حس‌گرهای مربوطه جمع‌آوری کرده و سپس این داده‌ها را برای پردازش به جزء دوم ارسال می‌کند. جزء دوم که لایهٔ جمع‌آوری اطلاعات است، بر روی شبکه حس‌گر تشخیص آتش‌سوزی سوار شده و هدف اصلی آن تحویل داده‌های اندازه‌گیری‌شده و پردازش و فعال‌کردن هشدار آتش‌سوزی از / به گره سینک است. ازآنجایی‌که زیرساخت‌های سیمی حین آتش‌سوزی به‌راحتی از بین می‌روند، بنابراین شکست و نابودی شبکه حس‌گر بی‌سیم با استفاده از حس‌گرهای همسایه می‌تواند جبران شود و این داده‌ها می‌توانند به‌وسیله این حس‌گرهای همسایه به حس‌گرهای دیگر فرستاده شده و درنهایت به اپراتور برسد. جزء میان‌افزار بر روی ترمینال‌های متصل به گره سینک قرارگرفته شده است که این میان‌افزار، داده‌های جمع‌آوری‌شده را علاوه‌بر نمایش در ترمینال، به سایر برنامه کاربردی مانند نرم‌افزار نظارت نیز ارسال می‌کند. زمانی که هشدارهای آتش‌سوزی از این میان‌افزار دریافت می‌شوند، این میان‌افزار به‌کمک گره‌های حس‌گر، راه‌های فرار را تعیین می‌کند و سپس سامانهٔ پشتیبانی به‌کمک داده‌های میان‌افزار، هرکدام از مسیرهای تعیین‌شده را از لحاظ امن‌بودن یا نبودن بررسی کرده و به اطلاع اپراتور و سایر افراد داخل ساختمان می‌رساند. از مزایای سامانهٔ ارائه‌شده به استفاده از الگوریتم مسیریابی برای مسیریابی درست و به‌موقع، تحمل‌پذیری خطا در ارتباطات، زمان تأخیر کم، قابلیت استفاده مجدد از داده‌های جمع‌آوری‌شده در برنامه‌های کاربردی به‌هم‌پیوسته مانند سامانهٔ کنترل ترافیک برای مدیریت ترافیک خیابان‌های نزدیک به محل حادثه، پوشش مناسب و امنیت خوب و از معایب سامانهٔ ارائه‌شده به محدودیت مصرف انرژی و نیاز به شارژ باتری و نظارت کردن دما برای تشخیص آتش‌سوزی و عدم توجه به سایر پارامترهای رخداد آتش‌سوزی مثل: اتصالات برق و نشت گاز و غیره، می‌توان اشاره کرد.

(شکل-۵): سامانهٔ نظارتی آب و هوا [1]

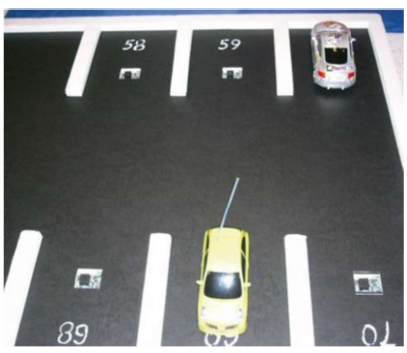


(شکل-۶): سامانهٔ نظارتی تشخیص آتش سوزی ساختمان [31]

در مقاله [32] یک سامانهٔ مدیریتی و نظارتی پارک ماشین در خیابان‌ها و پارکینگ‌های عمومی بر پایه شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ارائه شده است (شکل۷). گره‌های حس‌گر استفاده‌شده در این سامانه به حس‌گرهای نور و صدا و

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

حس‌گرهای صوتی مجهز شده‌اند. این حس‌گرها در معابر و پارکینگ‌ها استقرار یافته تا میزان شلوغ‌بودن پارکینگ‌ها را نظارت کنند و همچنین داده‌های به‌دست‌آمده را برای پردازش به سامانهٔ مدیریتی پیاده‌سازی‌شده ارسال می‌کنند. این سامانه علاوه‌بر نظارت‌کردن میزان پر یا خالی‌بودن پارکینگ، می‌تواند تحرک‌های غیرقانونی پارکینگ را نیز در قالب هشدار نظارت و مدیریت کند و همچنین می‌تواند مدت‌زمان پارک ماشین را ثبت و به‌صورت خودکار اقدام به دریافت هزینه پارک کند. زیرساخت‌های سخت‌افزاری سامانهٔ ارائه‌شده، شامل ۱.گره Mote، که عملکردی مشابه گره‌های سرخوشه را دارد؛ این گره شامل یک پردازنده و یک تراشه رادیویی برای ارسال و دریافت داده‌ها است. ۲. برد حس‌گرها، این برد به حس‌گرهای نور، دما، حس‌گرهای صدا و صوت مجهز شده است و به‌عنوان یک جمع‌کننده داده‌ها عمل و داده‌هایی که از محیط دریافت می‌کند را به گره سینک و درنهایت به اپراتور ارسال می‌کند. ۳. گره دروازه، این گره، داده‌های دریافتی از گره‌های حس‌گر را به یک رایانه تحت هر سیستم‌عاملی و با استفاده از رابط سریال RS232 انتقال می‌دهد. زیرساخت‌های نرم‌افزاری استفاده‌شده در این سامانه متشکل از سه لایه، MOTE layer، لایه سرور و کلاینت است. MOTE layer شامل نرم‌افزار استفاده‌شده در گره‌های حس‌گر و لایه دوم که لایه سرور است، خدمات ثبت داده‌ها و خدمات مربوط به پایگاه داده‌ها را بر عهده دارد. لایه سوم یعنی لایه کلاینت، عملیات نظارت، نمایش، تفسیر و پردازش داده‌های دریافتی را بر عهده دارد. معماری لایه‌ای و برنامه‌نویسی شیءگرا باعث مدیریت راحت‌تر و بهینه‌تر در این سامانه شده است. از دیگر مزایای سامانهٔ ارائه‌شده می‌توان به زمان تأخیر کم، پوشش مناسب، امنیت خوب و از معایب سامانهٔ ارائه‌شده به محدودیت مصرف انرژی، عدم استفاده از مسیریابی و تحمل‌پذیری خطا می‌توان اشاره کرد.



(شکل-۷): سامانهٔ نظارتی پارک ماشین‌ها [32]

در [33] یک سامانهٔ نظارتی با هدف نظارت و حفاظت از آثار هنری و ساختمان‌های هنری بر اساس شبکه حس‌گر بی‌سیم ارائه شده است. در این سامانه پارامترهایی مانند نور، رطوبت و آلاینده‌ها اندازه‌گیری شده و به پایگاه مرکزی ارسال می‌شود؛ پایگاه مرکزی علاوه‌بر پردازش، این اطلاعات را درون یک پایگاه داده ذخیره‌سازی می‌کند. همچنین اپراتور از طریق یک مرکز نظارت مبتنی بر وب این اطلاعات را می‌تواند نظارت کند. سامانهٔ ارائه‌شده دارای پنج مرحلهٔ زیر است: درمرحلهٔ نخست پارامترهایی چون دما، رطوبت، شدت نور و آلاینده‌ها سنجیده می‌شوند، در مرحلهٔ دوم، اطلاعات جمع‌آوری‌شده به پایگاه داده ارسال می‌شود، و سپس در هرحلهٔ سوم، این داده‌ها در شکل‌های مختلف مثل نمودارها، جداول و غیره نمایش و ترسیم می‌شوند؛ در مرحلهٔ چهارم پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، نتایج به‌دست‌آمده با قوانین حفاظتی و مراقبتی موزه مطابقت داده می‌شوند و درنهایت در مرحلهٔ پنجم شرایط محیط متناسب با نتایج تجزیه‌وتحلیل، بهینه‌سازی می‌شود. از مزایای سامانهٔ ارائه‌شده به عدم نیاز به کابل‌کشی در محیط موزه و ساختمان‌های تاریخی و عدم دست‌کاری بناهای تاریخی می‌توان اشاره کرد و از معایب سامانهٔ ارائه‌شده به زمان تأخیر بالا و در بعضی مواقع عدم دریافت سیگنال‌های ارتباطی به‌علت ضخیم‌تربودن دیوارها و دوجداره‌بودن درهای ورودی، پوشش کم، عدم نظارتینگ رفت‌وآمدهای مشکوک و درنتیجه امنیت پایین، محدودیت مصرف انرژی، عدم استفاده از مسیریابی و تحمل‌پذیری خطا می‌توان اشاره کرد.

در [34] یک سامانهٔ نظارتی برای کنترل ریسک‌ها و خطرهای مختلفی مانند زلزله که امنیت ساختمان‌های بزرگ و پررفت‌وآمد را تهدید می‌کند، ارائه‌شده است (شکل۸)، تا درصورت رخداد چنین خطراتی، بتواند امنیت اماکن را تضمین کرده و خسارت‌های ممکن را به کمینه برساند. عملکرد سامانهٔ پیشنهادی، توسط ذرات میکا-۱ و میکا-۲ که به‌عنوان یک‌ذره حس‌گر شتاب هستند، آزمایش شده است. سامانهٔ نظارتی هوشمند ارائه‌شده ریسک‌های ساختمانی مانند، فرسودگی بافت‌های ساختمانی، خرابی، نشت گاز، نفوذ، آتش‌سوزی را می‌تواند نظارت کرده و اقدامات پشتیبانی مانند کنترل ساختمان، نگهداری، هدایت خروج افراد از ساختمان و تخلیه ساختمان، هشدارها، آتش‌نشانی، امداد و نجات و اقدامات امنیتی را نیز انجام دهد. عملکرد سامانهٔ ارائه‌شده، بر اساس

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

آزمون ارتعاش آزاد[1] و آزمون تکان[2] صورت گرفته است. متناسب با آزمون‌های ارائه‌شده، عملکرد سامانهٔ نظارت با افزایش پوشش گره و کاهش نرخ از دست‌دادن داده‌ها، بهبود یافته است. از آنجایی‌که عملکرد سامانهٔ ارائه‌شده، با ذره میکا-۱ و میکا-۲ بررسی شده، گفتنی است که ذره میکا-۱ و میکا-۲ یک پروژه موسوم به پروژه گردوغبار هوشمند است که توسط آژانس پروژه‌های پژوهش‌های پیشرفته دفاعی تحت فناوری NEST ارائه شده است که یک پلت‌فرم سخت‌افزار و نرم‌افزار باز برای سنجش‌های هوشمند بوده و شامل بردهای حس‌گرها، پردازنده، فرستنده گیرنده و باتری است. سیستم‌عامل استفاده‌شده در این ذره‌ها و به‌طورکلی در تمامی گره‌های حس‌گر بی‌سیم، سیستم‌عامل متن‌باز Tiny OS است که مقیاس‌پذیری و قابلیت خودپیکربندی شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم را پشتیانی می‌کند. از مزایای سامانهٔ ارائه‌شده به پوشش خوب، امنیت بالا و زمان تأخیر کم و معایب سامانهٔ ارائه‌شده به محدودیت مصرف انرژی و عدم استفاده از مسیریابی می‌توان اشاره کرد.

(شکل-۸): سامانهٔ نظارتی ریسک‌های ساختمانی [34]

در [35] یک سامانهٔ نظارتی سواحل دریا بر پایه شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ارائه شده است. این سامانه کیفیت آب آشامیدنی مناطقی را که در مجاورت رودخانه‌ها و سواحل هستند نیز می‌تواند بررسی و نظارت کند. به‌طورکلی سامانهٔ ارائه‌شده را می‌توان یک سامانهٔ چندهدفه در نظر گرفت که علاوه‌بر نظارت سواحل و دریاها، قابلیت نظارت مایعات تولیدی کارخانه‌های نزدیک سواحل، امنیت و سلامت سواحل پررفت‌وآمد، سلامت شبکه آبی منطقه را نیز دارد و هم‌چنین می‌تواند به‌عنوان یک ابزار دقیق برای نظارت درجه حرارت آب دریا و رودخانه و همچنین زندگی آبزیان مورد استفاده قرار گیرد. سامانهٔ ارائه‌شده یک شبکه حس‌گر بی‌سیم آبی بوده که از یک ماژول کنترل‌کننده اصلی به‌عنوان ماژول فرستنده تشکیل‌شده است که بر عملیات حس‌گرها نظارت می‌کند. علاوه بر این از رابط‌های صوتی و رابط‌های تقویت‌کننده که وظیفه تقویت سیگنال‌های ورودی و خروجی را دارد، بهره می‌برد. ماژول گیرنده در این سامانه شامل یک فرستنده گیرنده و یک رابط RS232 برای ارتباط با رایانه است. در این سامانه برای ایجاد و پیکربندی شبکه، گره میزبان ابتدا یک سیگنال را به‌صورت پخش همگانی که شامل کد هویت خود است، ارسال می‌کند. این سیگنال با استفاده از یک طرح مدولاسیون، مدوله‌شده و از چهار بیت برای رمزگذاری هشت بیت داده استفاده می‌کند. بعد از اینکه تمام گره‌های موجود در شبکه، مرحلهٔ احراز هویت را تمام کردند، شروع به ارسال داده‌های خود در یک فاصله زمانی ازپیش‌تعیین‌شده، می‌کنند. گره‌های میزبان تمامی داده‌های گره‌های دیگر را در حافظه خود ذخیره کرده و در هر مرحله این گره میزبان داده‌های جدید دریافتی را از گره‌ها با داده‌های قدیمی این گره‌ها به‌روزرسانی می‌کند. در معماری به‌کاربرده‌شده در سامانهٔ ارائه‌شده، قسمتی برای آزمایش و اشکال‌زدایی در نظر گرفته شده است که نتایج را با استفاده از LED نمایش می‌دهد. از آنجایی‌که این گره‌های حس‌گر در زیرآب قرارگرفته می‌شوند، از یک پردازنده کمکی در گره‌های حس‌گر استفاده شده است تا درصورت خرابی پردازنده اصلی، از پردازنده کمکی برای سنجش و پردازش داده‌ها استفاده کند. مزایای سامانهٔ ارائه‌شده، امنیت بالا، انعطاف‌پذیری بالا، کاربرد متنوع مثل نظارتینگ امنیت سواحل، شبکه آبی منطقه، زندگی آبزیان و غیره، کدینگ اطلاعات و ارسال داده‌ها با امنیت بالا و افزونگی سخت‌افزاری هستند و از معایب سامانهٔ ارائه‌شده به تأخیر بالا، پوشش کم، عدم پاسخ‌دهی مناسب در فواصل طولانی، محدودیت مصرف و عدم استفاده از مسیریابی می‌توان اشاره کرد.

در [36] یک سامانهٔ نظارتی و کنترلی برای نظارت چراغ‌های خیابان‌ها براساس شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ارائه شده است. سامانهٔ پیشنهادی شامل یک مرکز کنترل، پایانهٔ از راه دور[3] و بخش ارتباطات است. مرکز کنترل مسئول نظارت و کنترل چراغ‌های خیابان‌ها است و واحد ترمینال از راه دور، بر روی هر یک از مبدل‌های موجود در خیابان‌ها قرار گرفته

[1] Free vibration test
[2] Shaking table test
[3] remote terminal unit

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

شده و به‌صورت بی‌سیم تمامی این بخش‌ها را نظارت و کنترل می‌کند و همچنین برای ارتباط بین این دو واحد، از فناوری سرویس بسته امواج رادیویی[1] استفاده شده است. معماری سامانهٔ پیشنهادی این صورت است که گره‌های حس‌گر بی‌سیم بر روی تیرهای چراغ‌برق نصب می‌شود و ازآنجایی‌که این گره‌های حس‌گر از نظر مصرف انرژی همواره محدودیت دارند، برای حل این مشکل از ارتباط چندگامی[2] بین گره‌های حس‌گر و مرکز نظارت استفاده شده است تا علاوه‌بر بهینه‌سازی مصرف انرژی، درصورت خرابی یک گره ارتباط بین سایر گره‌ها همچنان پابرجا بماند. در این سامانه برخلاف سامانه‌های پیشین، از خوشه‌بندی نیز استفاده شده است و تمامی گره‌های حس‌گری که بر روی تیرهای برق قرار گرفته‌اند، داده‌های دریافتی خود را به سرخوشه های خود ارسال می‌کنند. درواقع هر پایانه از راه دور[3]، به‌عنوان یک سرخوشه عمل کرده و اطلاعات تمامی گره‌های محدوده خود را دریافت کرده و سپس با یک الگوریتم مسیریابی ساده این داده‌ها در بستر ارتباطی سرویس بسته امواج رادیویی به گره سینگ و درنهایت مرکز نظارت ارسال می‌کند. در مرکز نظارت داده‌های دریافتی بر روی یک رایانه نظارت و کنترل می‌شود. این نظارت‌ها و کنترل‌ها شامل نمایش توپولوژی سامانه، نقشه جغرافیایی، به‌روزرسانی پایانه‌های از راه دور و چراغ‌ها متناسب با داده‌های مربوطه، تنظیم زمان‌بندی روشنایی چراغ‌ها، ارسال دستورات کنترلی به ترمینال‌های از راه دور، هشدارهای سمعی و بصری هنگام رخداد نقض و خرابی، ارسال پیام‌های هشدار از طریق پیامک به تلفن‌های همراه و گزارش‌گیری است. گره پایانه راه دور که بیشتر به‌عنوان گره سینک استفاده می‌شود دستورهای کنترلی را به گره‌های تحت پوشش خود می‌تواند ارسال کند و همچنین با استفاده از رله‌هایی که مجهز شده است یک سری اقدامات کنترلی، مانند روشن یا خاموش‌کردن چراغ‌ها در مواقع ضروری و ... را می‌تواند انجام دهد. از مزایای سامانهٔ ارائه‌شده می‌توان به بیشترین سطح پوشش، انعطاف‌پذیری و کارایی بالا نسبت به فناوری قدیمی PLC[4]، هزینه پیاده‌سازی پایین نسبت به فناوری قدیمی PLC ، قابلیت توسعه برای کاربردهای مختلف امنیتی، مسیریابی مناسب، بهینه‌سازی انرژی مصرفی با استفاده از مسیریابی مناسب، مدیریت و نگهداری کم‌هزینه، بهبود رضایت عمومی، افزایش امنیت در خیابان‌ها و تحمل‌پذیری خطا و استفاده از یک گره افزونه و از معایب سامانهٔ ارائه‌شده به محدودیت مصرف انرژی می‌توان اشاره کرد.

در [37] یک سامانهٔ نظارتی برای نظارت ساختمان‌های تاریخی بر اساس شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ارائه شده است. در این سامانه، گره‌های حس‌گر اطلاعات محیطی مربوط به پارامترهای زیست‌محیطی را اندازه‌گیری کرده و بعد از پردازش، اگر خارج از محدوده مشخص‌شده و استاندارد باشند، در قالب یک رایانه به کارکنان و ناظران موزه ارسال می‌کند. رابط کاربری استفاده‌شده در این سامانه به‌صورت یک رابط وب طراحی شده است که داده‌ها را در یک وب سرور می‌تواند ذخیره کرده و در مرکز نظارت نمایش‌دهد. علاوه‌بر این، رابط کاربری وب عملیاتی مثل، تنظیم هشدارها، پرس‌وجو از پایگاه داده و گرفتن گزارش را نیز به‌صورت منظم انجام می‌دهد. در سامانهٔ ارائه‌شده همچنین از یک سرور جغرافیایی برای مشخص‌کردن نقشه و مکان ساختمان و محل دقیق گره‌های حس‌گر استفاده شده است تا به کاربران این امکان داده شود تا محل دقیق گره‌های حس‌گر را بتوانند مشاهده کنند. معماری سامانهٔ نظارتی ارائه‌شده یک معماری چندلایه است. شبکه حس‌گر بی‌سیم ارائه‌شده شامل تعدادی گره حس‌گر و یک گره هماهنگ‌کننده می‌باشد که به‌صورت بی‌سیم با همدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. گره هماهنگ‌کننده به‌عنوان یک گره دروازه عمل کرده و عملکرد گره‌های حس‌گر را در شبکه مدیریت می‌کند و همچنین تمام نمونه داده‌هایی را که توسط گره‌های حس‌گر ارسال می‌شوند، جمع‌آوری کرده و درون یک پایگاه داده رابطه‌ای ذخیره می‌کند. ارتباطات بی‌سیم مبتنی بر پروتکل CERTO که یک پروتکل برای ارسال آهسته داده‌ها است؛ این پروتکل براساس یک سازوکار زمان‌بندی ساده بوده و تحت سه مرحلهٔ اصلی عملیات ارسال و دریافت داده‌ها را انجام می‌دهد. در فاز اول، همه گره‌های حس‌گر از حالت خاموش خارج‌شده و با روشن‌کردن ماژول رادیویی خود به کانال گوش می‌دهند، در مرحلهٔ دوم،گره‌های حس‌گر با ارسال بسته‌های پیکربندی، هم‌زمانی و مسیریابی را انجام داده و درنهایت در مرحلهٔ سوم، اقدام به ارسال داده‌ها می‌کنند؛ سپس دوباره حس‌گرها برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی به حالت خاموش می‌روند. در سامانهٔ ارائه‌شده، گره هماهنگ‌کننده دو وظیفه مهم را بر عهده دارد، ازیک‌طرف، این گره باید بتواند گره‌های حس‌گر را مدیریت و هم‌زمانی بین گره‌ها را بررسی کند و همچنین نرخ انتقال بسته‌ها را تنظیم

[1] General Packet Radio Service
[2] Multi-Hop
[3] Remote terminal unit
[4] Power Line Carrier

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

و شبکه را هنگام ورود گره حس‌گر جدید بتوانند به‌روزرسانی و از طرف دیگر باید بتواند این حجم بالای داده‌های دریافتی از گره‌ها را بدون ازدست‌دادن این بسته‌های داده در پایگاه داده ذخیره کند. مزایای سامانهٔ ارائه‌شده، هزینه طراحی و پیاده‌سازی پایین و پوشش مناسب به‌علت استفاده از سرور داده‌های جغرافیایی برای نمایش درست محیط و محل گره‌ها و معایب سامانهٔ ارائه‌شده، محدودیت مصرف انرژی، امنیت پایین، زمان تأخیر زیاد و عدم استفاده از مسیریابی است.

۴- مقایسه روش‌های بررسی‌شده

سامانه‌های نظارتی ارائه‌شده از نظر پارامترهای مختلفی مانند پروتکل‌های ارتباطی، زمان تأخیر، پوشش، امنیت و ... موردبررسی و مطالعه قرار گرفتند، که وجود یا عدم وجود هر یک از این پارامترها، مزایا یا معایب‌هایی را برای سامانهٔ نظارتی به‌همراه خواهند داشت. در جدول (۱) سامانه‌های بررسی‌شده از نظر پارامترهای اشاره‌شده، بررسی شده است.

(جدول-۱): مقایسه پارامترهای سیستم‌های بررسی‌شده

مقاله / پارامتر	[1]	[30]	[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]
پروتکل ارتباطی	ZigBee IEEE 802.15.4	ZigBee IEEE 802.15.4	MPR2400 IEEE 802.15.4	ZigBee IEEE 802.15.4	ZigBee IEEE 802.15.4	NRF IEEE 802.15.4	NRF IEEE 802.15.4	CERTO IEEE 802.15.4
نحوه نمایش داده	صفحه وب پیامک	صفحه وب	صفحه وب	صفحه وب	صفحه وب	صفحه وب	صفحه وب	صفحه وب
پوشش	ضعیف	خوب	خوب	ضعیف	خوب	ضعیف	خوب	خوب
منبع انرژی	باتری	باتری	باتری	باتری	باتری	باتری	باتری	باتری
کلاسترینگ	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	بله	خیر
امنیت	خوب	خوب	خوب	ضعیف	خوب	خوب	خوب	ضعیف
تحمل‌پذیری خطا	خیر	بله	خیر	خیر	خیر	بله	بله	خیر
تأخیر	کم	کم	کم	زیاد	کم	زیاد	کم	زیاد
مسیریابی	خیر	بله	خیر	خیر	خیر	خیر	بله	خیر
کاربرپسند	بله	خیر	خیر	-	-	خیر	بله	خیر
همبستگی با سامانه‌های دیگر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر
افزونگی سخت‌افزاری	خیر	افزونگی گره	خیر	خیر	خیر	افزونگی پردازنده	افزونگی گره	افزونگی گره

سامانهٔ ارائه‌شده در [1] در کنار افزایش امنیت مکان تحت نظارت خود، پوشش کمتری دارد که هزینه‌های زیادی را به سیستم می‌تواند تحمیل کند؛ چون در چنین سامانه‌ای نیاز به استفاده از تعداد بیشتری گره حس‌گر برای نظارت کامل مکان مورد نظر است. سامانهٔ ارائه‌شده [29] در بین سامانه‌های بررسی‌شده یک سامانهٔ ایده‌آل و مناسب است؛ چون در کنار پوشش و امنیت مناسب، با استفاده از الگوریتم مسیریابی باعث کاهش زمان تأخیر و بهینه‌سازی انرژی مصرفی گره‌ها نیز شده است. همچنین این سامانه قابلیت همبسته‌سازی با سامانه‌های نظارتی دیگر را نیز دارد، که این امر منجر به پیاده‌سازی یک سامانهٔ نظارتی و کنترلی همه‌جانبه می‌تواند باشد. سامانهٔ ارائه‌شده در [30] همچون سامانهٔ ارائه‌شده در [29]، امنیت و پوشش مناسبی را دارد؛ همچنین استفاده از معماری لایه‌ای و برنامه‌نویسی شیءگرا باعث شده است که این سامانه قابلیت توسعه نرم‌افزاری و سخت‌افزاری بالاتری را داشته باشد. سامانهٔ ارائه‌شده در [31] یک سامانه با کارایی پایین در بین سامانه‌های ارائه‌شده، است؛ چون سامانهٔ ارائه‌شده امنیت و پوشش مناسبی ندارد و

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

علاوه‌براین به‌علت ضخیم‌بودن دیوارهای بناهای تاریخی، زمان تأخیر و همچنین نرخ ازدست‌داده بسته‌ها در این سامانه نسبت به سامانه‌های دیگر بیشتر است. از طرف دیگر عدم استفاده از الگوریتم‌های مسیریابی، یکی دیگر از ضعف‌های سامانهٔ ارائه‌شده است. سامانهٔ ارائه‌شده در [32] از آنجایی که با عملکرد ذره‌های هوشمند میکا-۱ و میکا-۲ سنجیده شده است، ضمن افزایش پوشش و امنیت و زمان تأخیر کم، به یک سامانهٔ مناسب برای تشخیص ریسک‌های ساختمانی تبدیل شده است. سامانهٔ ارائه‌شده در [33] را به‌عنوان یک سامانهٔ امنیت بهداشتی می‌توان در نظر گرفت. این سامانه مانند سامانهٔ ارائه‌شده در [29] به‌عنوان یک سیستم چندهدفه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد؛ چون این سامانه قابلیت توسعه سخت‌افزاری و نرم‌افزاری را دارد. این سامانه به‌علت تأخیر بالا، پوشش کم و عدم پاسخ‌دهی مناسب در فواصل طولانی برای کاربرهای بلادرنگ مناسب نیست. سامانهٔ ارائه‌شده در [34] یک سامانهٔ نظارتی کنترلی مناسب است؛ چون تمامی پارامترهای اشاره‌شده، به‌نحو احسن در این سامانه پیاده‌سازی شده است. این سامانه در کنار امنیت و پوشش مناسب، کمترین زمان تأخیر را برای ارسال داده‌ها دارد.

همچنین استفاده از الگوریتم مسیریابی مناسب، باعث بهینه‌سازی انرژی در این سامانه شده و یک سامانهٔ ایده‌آل برای کاربردهای بلادرنگ است. سامانهٔ ارائه‌شده در [35] همچون سامانهٔ [31] به‌علت استفاده در موزه و بناهای تاریخی تأخیر ارتباط زیادی دارد؛ ولی برخلاف سامانهٔ ارائه‌شده در [31] از پوشش مناسب برخوردار است. عدم استفاده از الگوریتم مسیریابی و امنیت پایین از نقاط ضعف این سامانه به‌حساب می‌آید. در تمامی سامانه‌های ارائه‌شده، همه سامانه‌ها از محدودیت مصرف انرژی برخوردارند؛ که این مسئله کارایی سامانه را تحت تأثیر می‌تواند قرار دهد. برای حل این مشکل راه‌کارهایی در قسمت کارهای آتی آورده شده است.

۵- پیشنهاد کارهای آتی

متناسب با بررسی مقاله‌ها و روش‌های موجود در زمینه نظارت اماکن عمومی با استفاده از شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، برای جبران‌کردن ضعف‌ها و محدودیت‌های سامانه‌های ارائه‌شده، نمونه‌های تکمیلی و کاربردی‌تر هرکدام از سامانه‌های بررسی‌شده را به‌عنوان کارهای آتی می‌توان در نظر گرفت. در تمامی سامانه‌های نظارت بر پایه شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم از باتری به‌عنوان منبع انرژی استفاده می‌شود؛ این مسئله یک عیب و یک محدودیت اساسی برای سامانهٔ پیشنهادی تلقی می‌شود؛ چون این امکان وجود دارد که محل استقرار گره‌های حس‌گر بی‌سیم به‌گونه‌ای باشد که امکان دسترسی زودهنگام برای شارژ و یا تعویض این باتری‌ها وجود نداشته باشد؛ یا این امکان وجود دارد که گره‌های حس‌گر بی‌سیم به‌علت موقعیت مهم و استراتژیکی محیط به حالت خواب تغییر وضعیت نمی‌توانند بدهند و باید به‌صورت دائمی روشن بوده و مشغول دریافت داده از محیط و ارسال این اطلاعات به مرکز نظارت باشند. در چنین مواقعی استفاده از باتری یک محدودیت بزرگ برای سامانه تلقی می‌شود. در این زمینه پیشنهاد کارهای آتی استفاده از سلول‌های خورشیدی به‌عنوان منبع انرژی برای گره‌های حس‌گر است؛ تا عملکرد شبکه تحت تأثیر کمبود انرژی مصرفی این حس‌گرها قرار نگیرد. از آنجایی‌که معماری سخت‌افزاری و نرم‌افزاری شبکه حس‌گر بی‌سیم به‌صورت متن‌باز بوده و قابلیت توسعه دارد و همچنین به‌علت قابلیت انعطاف‌پذیری بالای این شبکه‌ها به مسائل امنیتی اماکن عمومی در این شبکه بیشتر از پیش می‌توان دقت کرد. در کارهای ارائه‌شده پیشین درست است این مسئله بررسی و به کار گرفته‌شده است، ولی می‌تواند کامل‌تر از این نیز موردتوجه قرار گیرد؛ درخصوص سامانه‌های نظارت مراکز خرید و خیابان‌های پررفت‌وآمد و همچنین موزه‌ها و اماکن تاریخی یک سیستم همیاری پلیس نیز درخصوص جرایم اجتماعی مانند دزدی، آدم‌ربایی و ... می‌توان طراحی کرد تا این سامانه بتواند با تشخیص این جرایم در زمان کوتاه با مراکز پلیس تماس برقرار کرده و با ارسال هشدارهایی وضعیت را گزارش دهد یا حتی با تصویربرداری و صدابرداری از محیط، جرائمی ازجمله موارد اشاره‌شده را در شهرهای بزرگ و اماکن شلوغ و پررفت‌وآمد می‌تواند به کمینه برساند. مسئله پوشش یکی از مهم‌ترین مسائل در زمینه شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم و سامانه‌های مبتنی بر این شبکه‌ها است؛ بنابراین پوشش مناسب شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم را از نظر پارامترهای زیادی می‌تواند بهبود بخشد، که یکی از مهم‌ترین این پارامترها بحث هزینه است؛ چرا که سامانه‌های نظارتی مبتنی بر این فناوری، برای نظارت کل محیط، نیاز به تعداد گره‌های بیشتری دارند که این امر باعث افزایش هزینه پیاده‌سازی این سیستم‌ها می‌تواند شود؛ ولی می‌توان با اتخاذ یک الگوریتم بهینه برای پوشش، با تعداد کمتری گره حس‌گر، کل محیط را پوشش داد تا علاوه‌بر کاهش پیچیدگی شبکه حس‌گر بی‌سیم و تعداد گره‌های حس‌گر، هزینه پیاده‌سازی سامانهٔ نظارتی نیز کاهش یابد. در بیش‌تر سامانه‌های ارائه‌شده از یک سرور برای

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

ذخیره‌سازی، نمایش داده‌ها و گزارش‌گیری استفاده شده است. اگر در کنار این سرور از یک سرور دیگری که نقشه جغرافیایی محیط مورد نظر را داشته باشد، استفاده شود، این مسئله باعث می‌شود نظارت بر محیط و همچنین نحوه چیدمان گره‌های حس‌گر به نحو احسن انجام شود. همچنین استفاده از یک سرور جداگانه برای نقشه جغرافیایی محیط باعث بهبود پوشش در شبکه نیز می‌تواند شود؛ چون با پوشش مناسب و درنتیجه چیدمان بهینه گره‌های حس‌گر علاوه‌بر نظارت کل محیط، هزینه را نیز به‌صورت قابل‌توجهی می‌توان کاهش داد. سامانه‌های نظارتی بررسی‌شده به‌صورت تک‌هدفه و تک‌بعدی هستند؛ یعنی این سامانه‌ها یک منطقه خاص را با اهدافی خاص نظارت می‌کنند. اگر بتوان این سامانه‌های نظارتی را به‌صورت همبسته و وابسته به هم پیاده‌سازی کرد، به یک سامانهٔ نظارتی یکپارچه دسترسی می‌توان داشت که اماکن عمومی را در همه ابعاد امنیتی، زیست‌محیطی، سلامتی و... می‌تواند نظارت کند.

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله چندین سامانهٔ نظارتی مبتنی بر فناوری شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم از نقطه‌نظرهای امنیت، هزینه و پوشش مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طوری‌که در قسمت‌های قبلی اشاره شد، فناوری شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم به‌عنوان بخش مهم و جدایی‌ناپذیر زندگی بشر در همهٔ حوزه‌ها تبدیل شده است؛ استفاده از این فناوری بسیاری از دغدغه‌های انسان را با صرف کمترین هزینه زمانی و ریالی می‌تواند حل کند. در این خصوص وجود سامانه‌های نظارتی مبتنی بر این شبکه‌ها محیط پیرامون ما را از نظر پارامترهای مختلفی می‌تواند نظارت کند و در صورت لزوم عملیات پیش‌گیرانه‌ای برای جلوگیری از خطرات و خسارت‌های احتمالی انجام دهد. سامانه‌های نظارت بر این اساس، با استفاده از ماژول‌ها، حس‌کرها، پردازنده‌ها، فرستنده و گیرنده و استانداردهای مختلفی متناسب با کاربرد و اهداف، طراحی و پیاده‌سازی می‌شود. این سامانه‌ها اگرچه بر اساس معماری‌های مختلفی طراحی و پیاده‌سازی می‌شوند، ولی وجه‌اشتراک تمام این سامانه‌ها نظارت و مدیریت محیط است تا بتوانند با صرف کمترین هزینه، امنیت را در اماکن عمومی تضمین کنند.

۷- مراجع

[1] J.-H. Liu, Y.-F. Chen, T.-S. Lin, D.-W. Lai, T.-H. Wen, C.-H. Sun, et al., "Developed urban air quality monitoring system based on wireless sensor networks," in Sensing technology (icst), 2011 fifth international conference on, 2011, pp. 549-554.

[2] Security and Privacy in the Internet of Things. isc-monadi, 2016. **4**(2): p. 13-35.

[3] M. F. Othman and K. Shazali, Wireless sensor network applications: A study in nvironment monitoring system," Procedia Engineering, vol. 41, pp. 1204-1210, 2012.

[4] M. Cardei and J. Wu, "Coverage in wireless sensor networks," Handbook of Sensor Networks, vol. 21, 2004.

[5] S. Kim, S. Pakzad, D. Culler, J. Demmel, G. Fenves, S. Glaser, et al., "Wireless sensor networks for structural health monitoring," in Proceedings of the 4th international conference on Embedded networked sensor systems, 2006, pp. 427-428.

[6] N. J. Navimipour and A. M. Rahmani, "The New Genetic Based Method with OptimumNumber of Super Node for Fault Tolerant Systemin Heterogeneous Wireless Sensor Network," International Journal of Computer and Electrical Engineering, vol. 2, p. 99, 2010.

[7] F. Aznoli and N. J. Navimipour, "Deployment Strategies in the Wireless Sensor Networks: Systematic Literature Review, Classification, and Current Trends," Wireless Personal Communications, pp. 1-28, 2016.

[8] A Trust Management Approach for Sybil Attack Detection in Wireless Sensor Networks. isc-monadi, 2016. **5**(1): p. 73-83.

[9] J. Yick, B. Mukherjee, and D. Ghosal, "Wireless sensor network survey," Computer networks, vol. 52, pp. 2292-2330, 2008.

[10] D. Puccinelli and M. Haenggi, "Wireless sensor networks: applications and challenges of ubiquitous sensing," IEEE Circuits and systems magazine, vol. 5, pp. 19-31, 2005.

[11] C.-F. Huang and Y.-C. Tseng, ″ The coverage problem in a wireless sensor network," Mobile Networks and Applications, vol. 10, pp. 519-528, 2005.

[12] I. Maleki, S. R. Khaze, M. M. Tabrizi, and A. Bagherinia, "A new approach for area coverage problem in Wireless Sensor Networks with hybrid particle swarm optimization and differential evolution algorithms," International Journal of Mobile Network Communications & Telematics (IJMNCT) Vol, vol. 3, 2013.

[13] G. Fan, F. Liang, and S. Jin, "An efficient approach for point coverage problem of sensor

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

network," in Electronic Commerce and Security, 2008 International Symposium on, 2008, pp. 124-128.

[14] B. Liu, O. Dousse, J. Wang, and A. Saipulla, "Strong barrier coverage of wireless sensor networks," in Proceedings of the 9th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing, 2008, pp. 411-420.

[15] Awareness and Standards in the Field of Information Security_. isc-monadi, 2016. **4**(2): p. 87-101.

[16] C. D. Shearing and P. C. Stenning, "Private security: implications for social control," Social problems, vol. 30, pp. 493-506, 1983.

[17] S. Abdollahzadeh and N. J. Navimipour, "Deployment strategies in the wireless sensor network: A comprehensive review," Computer Communications, vol. 91, pp. 1-16, 2016.

[18] Identity Based Cryptography In WSN. isc-monadi, 2015. 4(1): p. 39-46.

[19] V. Potdar, A. Sharif, and E. Chang, "Wireless sensor networks: A survey," in Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2009. WAINA'09. International Conference on, 200 ,pp. 636-641.

[20] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE Communications magazine, vol. 40, pp. 102-114, 2002.

[21] C. F. García-Hernández, P. H. Ibarguengoytia-Gonzalez, J. García-Hernández, and J. A. Pérez-Díaz, "Wireless sensor networks and applications: a survey," International Journal of Computer Science and Network Security, vol. 7, pp. 264-273, 2007.

[22] K. Romer and F. Mattern, "The design space of wireless sensor networks," IEEE wireless communications, vol. 11, pp. 54-61, 2004.

[23] C. Guy, "Wireless sensor networks," in Sixth International Symposium on Instrumentation and Control Technology: Signal Analysis, Measurement Theory, Photo-Electronic technology, and Artificial Intelligence ,2006 ,pp. 63571I-63571I-4.

[24] a review of vertical handover in wireless networks:concept, protocols, Algorithms. isc-monadi, 2015. 4(1): p. 59-78.

[25] N. Jafari and S. H. Es-Hagi, "Reduce Energy Consumption and Increase the Lifetime of Heterogeneous Wireless Sensor Networks: Evolutionary Approach," International Journal of Advanced Research in Computer Science, vol. 2, 2011.

[26] N. Jafari, "Control the Topology and Increase the Tolerance of Heterogeneous Wireless Sensor," International Journal of Advanced Research in Computer Science, vol. 2, 2011.

[27] N. J. Navimipour, S. H. Shabestari, and V. S. Samaei, "Minimize Energy Consumption and Improve the Lifetime of Heterogeneous Wireless Sensor Networks by Using Monkey Search Algorithm," in International Conference on Information and Knowledge Management (ICIKM 2012), 2012.

[28] A. A. Abbasi and M. Younis, "A survey on clustering algorithms for wireless sensor networks," Computer communications, vol. 30, pp. 2826-2841, 2007.

[29] Relay Selection for Secure Device to Device Communications. isc-monadi, 2015. **3**(2): p. 3-14.

[30] Y.-s. Lim, S. Lim, J. Choi, S. Cho, C.-k. Kim, Y.-W. L. H. Hu, et al., "A fire detection and rescue support framework with wireless sensor networks," in Convergence Information Technology, 2007. International Conference on, 2007, pp. 135-138.

[31] J. Zhang, G. Song, H. Wang, and T. Meng, "Design of a wireless sensor network based monitoring system for home automation," in Future Computer Sciences and Application (ICFCSA) ۲۰۱۱ ,International Conference on, 2011, pp. 57-60.

[32] V. W. Tang, Y. Zheng, and J. Cao, "An intelligent car park management system based on wireless sensor networks," in Pervasive Computing and Applications, 2006 1st International Symposium on, 2006, pp. 65-70.

[33] L. M. P. L. de Brito, L. M. R. Peralta, F. E. S. Santos, and R. P. R. Fernandes, "Wireless sensor networks applied to museums' environmental monitoring," in Wireless and Mobile Communications, 2008. ICWMC'08. The Fourth International Conference on, 2008, pp. 364-369.

[34] N. Kurata, B. F. Spencer, and M. Ruiz-Sandoval, "Risk monitoring of buildings with wireless sensor networks," Structural Control and Health Monitoring, vol. 12, pp. 315-327, 2005.

[35] X. Yang, K. G. Ong, W. R. Dreschel, K. Zeng, C. S. Mungle, and C. A. Grimes, "Design of a wireless sensor network for long-term, in-situ monitoring of an aqueous environment," Sensors, vol. 2, pp. 455-472, 2002.

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

[36] C. Jing, D. Shu, and D. Gu, "Design of streetlight monitoring and control system based on wireless sensor networks," in Industrial Electronics and Applications, 2007. ICIEA 2007. 2nd IEEE Conference on, 2007, pp. 57-62.

[37] F. D'Amato, P. Gamba, and E. Goldoni, "Monitoring heritage buildings and artworks with wireless sensor networks," in Environmental Energy and Structural Monitoring Systems (EESMS), 2012 IEEE Workshop on, 2012, pp. 1-6.

مرتضی کریمی تحصیلات خود در مقطع کارشناسی مهندسی کامپیوتر (سخت‌افزار) در سال ۱۳۹۲ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به پایان رساند و مدرک کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر (شبکه های کامپیوتری) را در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز اخذ کرد. وی علاقه‌مند به پژوهش در حوزه رایانش ابری، شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، اینترنت اشیا و سیستم‌های تشخیص نفوذ بوده و پایان‌نامه خود را در همین راستا با عنوان افزایش پوشش در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم به‌کمک الگوریتم ترکیبی زنبور عسل مصنوعی و جستجوی هارمونی با موفقیت دفاع کرده‌اند. وی همچنین در حوزه سیستم‌های داده برداری، نظارتی و امنیتی مبتنی بر شبکه‌های حس‌گر و اینترنت اشیا پژوهش کرده و سیستم‌هایی را در این خصوص طراحی و پیاده‌سازی کرده‌اند.

نیما جعفری نویمی پور تحصیلات خود در مقطع کارشناسی مهندسی کامپیوتر (نرم‌افزار) را سال ۱۳۸۶ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز و کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر (معماری کامپیوتر) را سال ۱۳۸۸ در همان دانشگاه به پایان رساند. سپس مدرک دکتری خود را سال ۱۳۹۳ در رشته مهندسی کامپیوتر (معماری کامپیوتر) از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران اخذ کرد. ایشان هم اکنون عضو هیأت علمی گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز بوده و تا کنون بیشتر از ۱۰۰ مقاله در مجلات و کنفرانس‌های بین المللی معتبر به چاپ رسانده است. زمینه پژوهشی ایشان پردازش تصویر، رایانش ابری، نرم‌افزارهای تحمل‌پذیر خطا، هوش محاسباتی و شبکه بر روی تراشه است.

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]

[Downloaded from monadi.isc.org.ir on 2026-05-20]