

## ارائه روش جدید پیش بینی مسیر حرکت هدف در شبکه حسگر بی سیم با استفاده از جستجوی محلی مکرر

زهرا سرحدی

دانشجوا دکترا، دانشکده فنی و مهندسی (دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند، بیرجند، ایران

مریم سلطان محمدی

دانشجوی دکترا، دانشکده فنی و مهندسی (دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند، بیرجند، ایران

### چکیده

در بهبود مستمر در تکنولوژی حسگر بی سیم اجرای شبکه حسگر بی سیم (WSN) را در انواع مختلف سناریوها امکان پذیر می سازد. ردیابی هدف، یکی از برنامه های کاربردی با اهمیت شبکه های حسگر بی سیم است که در زمینه های نظارت بر صحت، نظارت زیستگاه، ساختمان های داخلی و ردیابی هدف متحرک ایجاد شده است. روش های ردیابی هدف سنتی از یک روش متمرکز استفاده می کنند که با افزایش تعداد سنسورها در شبکه، پیام های بیشتری به طرف سینک منتقل می شوند و پهنای باند بیشتری را مصرف می کنند همچنین وظیفه حس کردن معمولاً توسط یک گره در یک زمان انجام می شود که موجب کاهش دقت و محاسبات سنگین بر روی گره می شود که سبب کاهش انرژی سطح باتری می شود بنابراین برای ردیابی اهداف متحرک نیاز به یک روش هوشمند است تا بتواند انرژی گره ها را بهینه مصرف کند بر این اساس در این مقاله یک چارچوب ردیابی چند هدفه مبتنی توزیع شده مبتنی بر جستجوی محلی مکرر که مشکلات شناسایی هدف و برآورد مسیر حرکت را در شبکه های حسگر بی سیم برطرف می کند ارائه شده است که قادر به برآورد دقیق مکان هدف است. همچنین با تأکید بر همکاری گره ها از یک الگوریتم خوشه بندی جدید برای ارسال داده های مربوط به ردیابی به سینک استفاده می کند. روش پیشنهادی با پروتکل استاندارد IEEE802.15.4 شبکه حسگر بی سیم برای دو هدف متحرک در شبکه حسگر توسط شبیه ساز OPNET از نظر مصرف انرژی، تأخیر ارسال داده، تأخیر دسترسی به رسانه، نرخ تحویل موفق داده، نسبت سیگنال به نویز و تعداد از دست رفتن بسته داده مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج شبیه سازی حاکی از عملکرد بهتر روش پیشنهادی نسبت به پروتکل استاندارد IEEE802.15.4 دارد

**واژگان کلیدی:** شبکه حسگر بی سیم، الگوریتم جستجوی محلی مکرر، ردیابی اهداف، خوشه بندی

## مقدمه

شبکه‌های سنسور بی‌سیم شامل سنسورهای کوچک و ارزانی هستند که اطلاعات محیطی را جمع کرده و گزارش می‌کنند. سنسورهای بی‌سیم معمولاً در منطقه‌ای پراکنده می‌شوند که بعضی از پدیده‌ها و حوادث باید کنترل شوند. زمانی که یک سنسور رخدادی را ردیابی می‌کند (گرما، فشار، صدا، نور، مناطق دارای خواص مغناطیسی، لرزش و غیره) این رخداد به سینک گزارش می‌شود. سینک وظیفه‌ای خاص همچون فرستادن پیام یا فرآیند خاص براساس نوع شبکه را انجام می‌دهد و سپس پاسخ مناسب را فراهم می‌نماید. شبکه سنسور بی‌سیم می‌تواند در زمینه‌های گوناگون از جمله کنترل آتش‌فشانها، اقیانوسها، توده‌های یخی، جنگلها، ساختمانها، پایه پلها، بدنه ماشینهای استفاده شده در صنعت و مناطق دارای مشکل کشت و ردیابی اهداف در مناطق نظامی و غیره مورد استفاده قرار گیرد. در این گونه از شبکه‌ها طول عمر شبکه باید تا حد ممکن افزایش یابد تا هزینه نگهداری کاهش پیدا کند و اطلاعات بدست آمده از محیط ارسال شوند حتی اگر موقعیت گره‌های سنسور در دسترس نباشند. منابع محدود انرژی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده طول عمر شبکه حسگر بی‌سیم است. انرژی گره‌های سنسوری اغلب در طول ارتباط بی‌سیم از بین می‌روند. علاوه بر این حقیقت که کدام مسیر را در طول دوره تحویل اطلاعات توسط گره‌ها به سمت سینک، دنبال خواهد کرد محدودیت انرژی باید مورد توجه قرار گیرد، که عامل تمایز آن با سایر شبکه‌های مرسوم است. بنابراین یکی از مشکلات اصلی در شبکه‌های سنسور بی‌سیم بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌باشد.

الگوریتم‌های ردیابی دو هدف توزیع شده مبتنی بر اجماع (CDTT) را برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN) پیشنهاد می‌دهد. در این الگوریتم‌ها، حسگرهای WSN به دو گروه تقسیم شده و هر گروه فقط یک هدف را مشاهده می‌کند. با استفاده از قانون همجوشی تقاطع کوواریانس، سازگاری و دقت تخمین بهبود می‌یابد. با تجزیه و تحلیل نظری و شبیه‌سازی عملکرد الگوریتم‌های CDTT را نشان داده و آن‌ها را به حالت چند هدف گسترش داده‌اند (Su & Zhao, 2018; Zhang et al., 2022).

در فناوری همجوشی رادار شبکه‌ای سنتی از روش پردازش سیگنال حلقه باز استفاده میشود، که در آن چندین گره به طور مستقل ابتدا هدف را شناسایی یا ردیابی می‌کنند و سپس داده‌های خام یا اندازه‌گیری‌های پردازش شده خود را برای تخمین وضعیت هدف به مرکز همجوشی ارسال می‌کنند. در چنین روشی، هر سنسور راداری در چارچوب قوانین از پیش تعیین شده عمل می‌کند، حالت انتقال و دریافت ثابت را برای محیط ردیابی هدف قابل تغییر اتخاذ می‌کند و بنابراین قطعاً باعث استفاده ناکافی از منابع محدود خود می‌شود. تخصیص منابع (RA) به عنوان یک فناوری امیدوارکننده برای بهره‌برداری از منابع محدود رادار به روشی کارآمدتر با تخصیص پارامترهای منابع موجود در w.r.t ظهور کرده است. که در آن چندین گره به طور مشترک با توجه به عملکرد ردیابی هدف ذوب شده از روش‌های RA برای ردیابی هدف‌های ذوب شده در شبکه‌های حسگر راداری استفاده شده است. کارهای RA موجود را به دو نوع تقسیم می‌نماییم، به ترتیب عبارتند از: نوع اول آن ردیابی نوع RA محدود با کیفیت و نوع دوم آن RA مبتنی بر عملکرد می‌باشد (Yan et al., 2022).

در ارتباط چند گامه بین سرخوشه و گره‌های عضو خوشه در شبکه‌های حسگر ساختاری بصورت زنجیر در بین گره‌ها ایجاد می‌شود که هر گره با نزدیکترین همسایه ارتباط دارد. هر گره بسته‌های داده حاصل از همسایه اش را دریافت و این بسته را به همسایه بعدی خود تحویل می‌دهد سپس یکی از گره‌ها در زنجیر به منظور ارتباط با سینک انتخاب می‌گردد. تمام داده‌های بدست آمده در ابتدا و انتهای زنجیر در یک گره انتخابی جمع می‌شوند و به سینک فرستاده می‌شوند تا در مصرف انرژی با برقراری ارتباطات چند گامه صرفه جویی نماید. از آنجایی که کاربردهای نظارتی اصولاً کارهای زمان‌بری هستند، انتظار می‌رود که طول عمر شبکه‌های حسگر به حد کافی طولانی باشد. لیکن اگر فضای کل شبکه را به نواحی مجازی تقسیم کنیم، معمولاً در هر ناحیه چندین گره حسگر قرار گرفته‌اند. بنابراین در صورت مرگ برخی از گره‌های یک ناحیه، گره‌های دیگر می‌توانند پوشش شبکه‌ای را تا حدی حفظ کنند. لیکن در صورتی که کل گره‌های قرار گرفته در ناحیه‌ای از شبکه بمیرند، عملاً نظارت آن منطقه غیرممکن شده و اصطلاحاً پوشش شبکه‌ای

از بین می‌رود. بنابراین مرگ تصادفی و پراکنده گره‌های حسگر، بهتر از تجمع گره‌های مرده در یک منطقه است. بر این اساس در این تحقیق سعی شده با استفاده از الگوریتم جستجوی محلی مکرر و ارتباطات چند گامه بین خوشه‌ای مسیر حرکت هدف متحرک پیش بینی شود و با تنظیم دوره خواب و بیداری و تعیین زمانبندی مناسب برای اسال داده‌های ردیابی شده به سینک مصرف انرژی را در شبکه حسگر بی‌سیم بهبود دهد.

فیلتر کالمن یک روش فیلتر کردن است و معمولاً در الگوریتم‌های ردیابی هدف ترجیح داده می‌شود فیلتر کالمن برآورد اطلاعات سینماتیک از مجموعه‌ای از اندازه گیری‌هایی که اطلاعات مسیریابی هدف را دارند است. علاوه بر فیلتر کالمن، فیلتر IMM، که یک الگوریتم برآورد حالت است که برای مانور اهداف مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. روش‌های مرتبط با داده‌ها، با توجه به فرضیه‌های وابسته تولید شده، حالت هدف را به روز می‌کنند. یک فلوچارت کلی یک الگوریتم ردیابی هدف در شکل ۱ نشان داده شده است. فیلتر کالمن به طور کلی در الگوریتم‌های ردیابی هدف برای تخمینی از متغیرهای سینماتیکی مانند موقعیت و سرعت استفاده می‌شود (Faragher, 2012).

همراه با تحلیل و بررسی مدل ردیابی که در آن هدف مانور، استفاده از مدل چندگانه الگوریتم‌های چند مدل تعاملی برای حل مشکل ردیابی هدف مانور در حضور نویز اندازه گیری استفاده شده است. برای تخمین قابل اعتماد می‌توان از مدل‌های مارکوف مرتبه بالاتر برای توصیف دقیق رفتار سیستم استفاده شود. به این معنی که از دو مدل قبلی برای پیش بینی مدل بعدی هدف استفاده می‌شود تا الگوریتم بهتری نسبت به الگوریتم مرتبه اول IMM ارائه شود. که دو مدل به کار گرفته شده برای هر کدام از مدل‌ها از فیلتر کالمن توسعه یافته برای تخمین تصادفی حالات هدف استفاده می‌شود. برآورد نهایی هدف مانور از این دو مدل تشکیل شده است. تخمین هدف نهایی از مجموع وزنی تمام برآوردهای حالت به دست می‌آید. علاوه بر این، ردیابی هدف با دو حالت برای اندازه‌گیری نویز ارائه می‌شود: یکی روش تطبیقی و دیگری تخصیص مقدار صحیح با توجه به شرایط مشکل می‌باشد (Ebrahimi, Ardeshiri, & Khanghah, 2022).

ردیابی هدف مبتنی بر بصری به راحتی تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد، مانند به هم ریختگی پس زمینه، حرکت سریع اهداف، تنوع نور، تغییر شکل جسم، انسداد و موارد دیگر می‌باشد. این عوامل بر دقت ردیابی و کار ردیابی هدف تأثیر می‌گذارد. که یک روش ردیابی آن عبارت است از هدف ردیابی بلادرنگ کارآمد، که با استفاده از یک ترکیب ویژگی تطبیقی با ابعاد پایین که امکان اجرای همزمان ردیابی هدف با دقت بالا و زمان واقعی را می‌دهد. در گام اول، ترکیب تطبیقی یک هیستوگرام از ویژگی گرادیان جهت‌دار (HOG) و ویژگی رنگ برای بهبود دقت ردیابی استفاده می‌شود. در گام دوم، یک روش کاهش ابعاد پیچیدگی برای ادغام بین ویژگی HOG و ویژگی رنگ اعمال می‌شود تا بیش از حد برآزش ناشی از همجوشی‌های با ابعاد بالا را کاهش دهد. در گام سوم، یک روش برآورد انرژی همبستگی متوسط برای استخراج ضرایب تطبیقی اطمینان نسبی برای اطمینان از دقت ردیابی استفاده می‌شود. که در مقایسه با الگوریتم سنتی Sum of Template و Pixel-wise Learners (STAPLE)، می‌تواند نرخ موفقیت و دقت بالاتری را به دست آورد که به ترتیب ۲.۳٪ و ۱.۹٪ بهبود می‌یابد و همچنین با سرعت ۵۰fps به ردیابی هدف بلادرنگ برسد. که این نتایج راه امیدوارکننده‌تری را برای کارهای ردیابی هدف در زمان واقعی تحت یک محیط پیچیده، مانند تغییر شکل ظاهری، تغییر روشنایی، تار حرکت، پس‌زمینه، شباهت، تغییر مقیاس و انسداد هموار می‌کند (Yanyan Liu, Pan, Bie, & Li, 2022). برای ردیابی اهداف چندگانه در شبکه‌های سنسور بی‌سیم منفعل (pwsn) ارائه دادند. برنامه‌های pwsn به سنسورهایی که دارای محاسبات کمتری هستند نیاز دارند. در pwsn هر گره سنسور برای تشخیص و ردیابی هدف را استفاده می‌شود و ردیابی فقط در حضور سیگنال‌ها انجام می‌شود. با توجه به اینکه شناسایی سیگنال از اهداف نزدیک یا دور سنسور در یک سنسور منفعل ممکن است وابسته به قدرت سیگنال هدف باشد لذا این روش در برقراری ارتباط داده‌های ردیابی دچار مشکل است دشواری برای ارتباط داده

ها زمانی بیشتر می شود که اهداف چندگانه را بخواهد ردیابی کند. الگوریتم پیشنهادی برای حل مشکل اتصال از عملیات بسیار ساده خوشه بندی که حاوی سنسورهای تشخیص که در اطراف اهداف جمع شده است استفاده می کند (An, An, Yoo, & Wells, 2018).

همچنین آنها از یک مرکز همجوشی اطلاعات تشخیص هدف را که از همه سنسورهای تشخیص دریافت شده را در سرخوشه ها اجرا می کند. هر سنسور تشخیص برای فرستادن اطلاعات تشخیص به مرکز همجوشی از یک گام بدون ارتباط نزدیک سنسورها استفاده می کند. الگوریتم خوشه بندی مرکز همجوشی، تعداد هدف را با شمارش تعداد خوشه ها پیدا می کند و وزن مرکز هر خوشه برای اندازه گیری موقعیت هدف محاسبه می کند. مرکزیت محاسبه شده در مرحله زمانی فعلی، به برآورد موقعیت هدف در مرحله قبلی برای ورودی های ردیابی استفاده می شود. روش آنها می تواند تعداد نامحدودی از اهداف را در یک طیف گسترده ای از مانورهای غیرخطی با بار محاسباتی کم و دقت بالا که توسط شبیه ساز نشان داده شده است ردیابی می کند. یک چارچوب مبتنی بر داده پویای توزیع شده در ارائه دادند (Schizas & Maroulas, 2015).

داده های سنسور بدست آمده برای کنترل ناحیه حس شده شبکه حسگر بی سیم استفاده می شود و فقط از دستگاه های حس شده ای که کیفیت خوبی درباره اهداف فعلی بدست آورده استفاده می کند. محتوای مبنی بر روش پیشنهادی آنها برای اینکه بتواند فعال سازی سنسور کارآمد فقط بخشهای شبکه نزدیک به هدف را معلوم کند استفاده می شود. یک ترکیب تکنیک های تصادفی و پراکندگی شامل معیار تجزیه همبستگی برای تشخیص پویایی سنسورهای هدفمند اطلاعات استفاده می شود. آنها از محتوای سیستم های برنامه کاربردی مبتنی بر داده های پویا استفاده نمودند و داده های سنسور را به منظور شناسایی اطلاعات سنسور و کنترل با بازخورد به موقع قسمتهایی از شبکه که باید فعال باقی بماند و استفاده داده اجرا شده و توسعه تکنیک های ردیابی هدف بکار بردند. اندازه گیری سنسور شامل اطلاعاتی درباره تهدید که به هم وابسته اند می باشد. این ویژگی به معنی پراکندگی ساختار همبستگی داده (چندین صفر) که به منظور تعیین سنسورهای اطلاعاتی هدف بکار برده می شود، که اطلاعات را برای ردیابی هدف کنونی حفظ می کند. تحلیل معیار همبستگی (CCA) با تنظیم تکنیک های زودگذر همراه است برای بدست آوردن یک چارچوب که اندازه گیری سنسور همبسته را استخراج کند و گروه های مختلف سنسورها که اطلاعاتی درباره اهداف مشابه بدست می آورد را شناسایی کند. چارچوب CCA یک مکانیزم DDAS که نشان می دهد کدام اندازه گیری مناسب و مفید است و کدام سنسورها باید فعال بمانند و اطلاعات را ردیابی کنند. هنگامی که حسگرهای هدفمند شناسایی شدند، اندازه گیری های آنها برای دقیق و قابل اعتماد بودن اهداف مربوطه انجام می شود. برآوردهای ردیابی به عنوان بازخورد برای به روز رسانی مازول تعیین کننده سنسور اطلاعات و فعال کردن تنها سنسورهای مرتبط با هدف مورد استفاده قرار می گیرند (Ahmadi, Viani, & Bouallegue, 2018).

مشکل هدف متحرک بررسی شده است و یک روش اصلی که ترکیبی از روش محلی سازی مبتنی بر RT با روش فیلترینگ بیزین است را ارائه نمودند. در حقیقت، فرآیند با تخمین موقعیت، با استفاده از روش ارائه شده قبلی مبتنی بر RT با استفاده مدل کانال بهینه شده شروع می شود. این پیش بینی به عنوان مدل مشاهده فرآیند فیلتر در نظر گرفته می شود. در نتیجه، فیلتر بعد از آن به منظور تخمین موقعیت های لحظه ای استفاده می شود. ردیابی با استفاده از نشانگر قدرت سیگنال دریافتی (RSSI) به دلیل دسترسی و هزینه کم این پارامترها به طور مکرر به کار گرفته شده است. در این مقاله، یک الگوریتم جدید ردیابی هدف که رویکرد درخت رگرسیون یادگیری و روش های فیلتر کردن را با استفاده از متریک RSSI ترکیب می کند را ارائه می دهند. الگوریتم درخت رگرسیون به منظور برآورد موقعیت با استفاده از RSSI مورد بررسی قرار می گیرد. این روش برای فیلتر کردن روش هایی که نتایج بهتری را ارائه می دهند ترکیب شده است. در این تحقیق فیلتر کالمن و فیلتر ذرات مورد مطالعه قرار گرفته شده است و با استفاده از آزمایش و شبیه سازی مقایسه شده است. الگوریتم پیشنهادی با استفاده از اندازه گیری واقعی از یک هدف متحرک در اتاق اداری ارزیابی شده است. رویکرد پیشنهاد شده از طریق شبیه سازی ها و آزمایش ها ارزیابی می شود و نتایج عددی و تجربی نشان دهنده ارتباط و

کارایی روش پیشنهادی است. یک الگوریتم جدید فیلتر ذرات توزیع شده به نام فیلتر ذرات DLHB ارائه شده است. برای جلوگیری از مشکل انحطاط با استفاده از یک روش چند منظوره (MCMC) پس از مرحله بازسازی نمونه فیلتر ذرات طراحی شده است. DHLB-PF یک توالی از توزیع‌های ثابت مربوطه را در نظر می‌گیرد که به مراحل MCMC کمک می‌کند تا فضای حالت با درجه آزادی بالا را به خوبی جستجو کند. الگوریتم پیشنهاد شده در یک مسئله ردیابی چند هدف با استفاده از یک شبکه حسگر بی‌سیم که در آن نیاز به هیچ مرکز همجوشی برای پردازش داده‌ها نیست، مورد آزمایش قرار گرفته است. علاوه بر این، DHLB-PF در یک شبکه حسگر بی‌سیم اعمال شد که هر حسگر می‌تواند تنها با همسایگان نزدیک خود ارتباط برقرار کند، بدین ترتیب گام ارتباطی با سنسور هدف با استفاده از روش تجزیه کوواریانس در نظر گرفته شد. این یک مکانیسم شناسایی سنسورهای اطلاعاتی در هر مرحله زمانی، و ارائه مشاهدات آموزنده DHLB-PF برای تحقق عملکرد ردیابی در زمانی برای کاهش مصرف انرژی WSN در همان زمان تولید می‌شود. اطلاعات تنها از سنسورهای اطلاعاتی که مشاهدات مفیدی از اهداف متحرک را حس می‌کنند، جمع‌آوری می‌شوند. تشخیص آن سنسورهای اطلاعاتی که به طور معمول یک بخش کوچکی از شبکه حسگر هستند، با استفاده از تکنیک تجزیه ماتریس اسپارس انجام می‌شود. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که DHLB-PF عملکرد بهتری دارد (Kang, Maroulas, Schizas, & Bao, 2018).

الگوریتم‌های اپراتور پیچیدگی کارآمد (ECO) عملکرد چشمگیری در ردیابی بصری به دست آورده‌اند. با این حال، شبکه استخراج ویژگی ECO آن برای گرفتن ویژگی‌های همبستگی اهداف مسدود و تارکه برای بین فریم‌های صحنه پیچیده دوربرد نامناسب خواهد بود و استراتژی فیوژن وزن ثابت آن از خواص مکمل ویژگی‌های عمیق و کم عمق استفاده نمی‌کند. روش جدید ردیابی هدف، یعنی ECO++ را با استفاده از همجوشی تطبیقی عمیق در یک صحنه پیچیده، در دو جنبه در نظر می‌گیریم: در گام اول یک حالت کانولوشن زمانی جدید ساختیم و از آن برای جایگزینی لایه کانولوشن زیرین در شبکه Conformer برای به دست آوردن یک شبکه Conformer بهبود یافته استفاده خواهد شد. گام دوم، ویژگی‌های عمیق را که از طریق شبکه بهبود یافته Conformer خروجی می‌شوند، با ترکیب نسبت قله به سایدلوب (PSR)، امتیازهای صافی فریم و وزن تنظیم تطبیقی به صورت تطبیقی ترکیب در نظر می‌گیریم. برای این منظور آزمایش‌های گسترده روی بنچمارک‌های OTB-2013، OTB-2015، UAV123 و VOT2019 انجام شده است. نشان می‌دهد که رویکرد پیشنهادی در ردیابی دقت و استحکام در صحنه‌های پیچیده با اهداف مسدود، تار و با حرکت سریع، بهتر از الگوریتم‌های پیشرفته عمل می‌کند (Yuhan Liu, Yan, Liu, Zhang, & Huang, 2022).

ردیابی هدف یک برنامه حیاتی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN) است. الگوریتم‌های ردیابی هدف موجود اساساً زمان‌بندی گره‌ها را بر اساس پیش‌بینی مسیر انجام می‌دهند. هنگامی که هدف به دلیل خطاهای پیش‌بینی گم می‌شود، مکانیسم بازیابی هدف، جستجویی را برای یافتن هدف انجام می‌دهد که ممکن است به سیستم نیاز داشته باشد تا تعداد زیادی گره را فعال کند و باعث مصرف انرژی اضافی شود. علاوه بر این، داده‌های هدف ممکن است به دلیل زمان بر بودن بازیابی هدف از بین بروند. برای حل این مشکل، رویکرد زمان‌بندی سنسور تحمل‌پذیر خطا (FTSS) پیشنهاد شده است تا احتمال از دست دادن هدف را تا حد امکان کاهش دهیم. علاوه بر این یک مکانیسم زمان‌بندی کم مصرف در FTSS برای کاهش مصرف انرژی طراحی شده است. در FTSS، ابتدا یک دامنه تحمل‌پذیر خطا طراحی می‌شود تا محدوده زمان‌بندی گره‌های کاندید را گسترش دهیم. سپس، انرژی باقیمانده، پوشش حسگر و پوشش همپوشانی را در نظر گرفته می‌شود و تا حد امکان کمتر حسگرهایی را برای پوشش دامنه تحمل‌کننده خطا فعال می‌نماییم. برای بهینه‌سازی آن از الگوریتم گرگ خاکستری باینری بهبود یافته (bGWO) در فرآیند بهینه‌سازی، برای سرعت بخشیدن به همگرایی شده است. ارزیابی‌های عددی نشان می‌دهد که در مقایسه با DPT، HCTT، GBRHA و E2DR-MCS، نتایج آن به ترتیب: ۱۱٪، ۲.۳٪، ۷.۸٪، ۴.۶٪ کاهش احتمال از دست دادن هدف را به دست آورده است و طول عمر شبکه را ۱۳۸٪، ۴۹٪، ۳۱٪، ۱۹٪ بهبود می‌بخشد (Qu et al., 2022).



EMGR را پیشنهاد و ارزیابی می‌کنند، که یک پروتکل مسیریابی جغرافیایی چند رسانه‌ای بهینه انرژی مبتنی بر مقصد برای WSN های با انرژی محدود می‌باشد. در EMGR، یک درگاه چندرسانه‌ای مبتنی بر مقصد را برای هدایت تحویل پیام‌های چندرسانه‌ای ارائه شده است. هر دو اطلاعات مکانی و ویژگی‌های انرژی برای تصمیم‌گیری مسیریابی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنابراین رویکرد مسیریابی بهینه انرژی را فعال می‌سازند. با در نظر گرفتن اطلاعات مربوط به تمام اهداف، EMGR از متریک انرژی برای ساخت درگاه چند رسانه‌ای مبتنی بر مقصد استفاده می‌کند تا تحویل پیام چند رسانه‌ای را هدایت کنند. ایده اصلی این طرح این است که انرژی مسیر عبور داده را از طریق مقصد با اولویت بالاتر نسبت به مسیرهای دیگر تامین کند. در این روش تجزیه و تحلیل نظری جامع و شواهد برای تحویل پیام‌های چندرسانه‌ای به روش انرژی بهینه ارائه می‌شوند. EMGR به طور مستقیم پیام را به مقصدهای با یک همسایگی توسط چندرسانه‌ای ارسال می‌کند. در غیر این صورت، منطقه رله با صرفه جویی در انرژی بر اساس فاصله حمل و نقل بهینه انرژی و محل گره منبع، همسایگان آن و مجموعه‌ای از مقصدها معرفی می‌شود. سپس پیام چندرسانه‌ای بصورت تک رقمی در میان گره‌های درگاه چندرسانه‌ای و گره‌های میانی در چنین مناطقی رله قرار می‌گیرد و بنابراین به طور عمده برای صرفه جویی در انرژی استفاده می‌شود. EMGR از مکانیسم دستکاری بدون وقفه RTS / CTS استفاده می‌کند تا نمودار همسایگی مسطح شده منطقه ای (RNG) را به جای نمودار گرافیکی پایه برای جلوگیری از حفره‌های مسیریابی استفاده کند، بنابراین از هزینه‌های غیر ضروری برای مسیریابی جغرافیایی چندرسانه‌ای اجتناب می‌شود. EMGR موثر، عملی و مقیاس پذیر است. تجزیه و تحلیل نظری نشان می‌دهد که EMGR عملکرد بهتری از لحاظ پیچیدگی محاسباتی، سربار بسته‌بندی و تحویل تضمین شده بسته را دارد. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که EMGR به طور قابل ملاحظه‌ای بهتر از طرح‌های دیگر از لحاظ مصرف انرژی، سربارهای کنترل و نسبت تحویل بسته به انواع تراکم شبکه و تعداد تحویل بسته‌های دریافتی عمل می‌کند (Huang et al., 2017).

با هدف صرفه جویی در مصرف انرژی گره و افزایش طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم با انرژی محدود، یک الگوریتم خوشه بندی انرژی کارآمد مبتنی بر Fuzzy-C برای شبکه‌های حسگر پیشنهاد دادند. در این روش کل انرژی مصرفی کل شبکه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و تعداد مطلوب CHs براساس تراکم گره محاسبه می‌شود. سپس فاصله از گره به CH و وزن مقادیر عضویت به عنوان تعریف تابع هدف در نظر گرفته می‌شود و از Fuzzy-C بهبود یافته بعنوان الگوریتم خوشه بندی برای تقسیم گره‌های حسگر به تعداد مشخصی از خوشه‌ها پیشنهاد شده است. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی می‌تواند توزیع فضایی یکنواخت CHs را به دست آورد و انرژی مصرف انرژی شبکه را به طور مؤثر متعادل کند. در این مقاله، در تابع هدف تمرکز بر فاصله از هر گره عضو به CH و مقدار وزنی مقدار عضویت است (Su & Zhao, 2018).

یک الگوریتم چندگانه سازگار مبتنی بر منطق فازی (Adaptive MCFL) را برای کاهش مصرف انرژی در گره‌های شبکه حسگر بی‌سیم ارائه می‌دهد. الگوریتم MCFL Adaptive خوشه‌های حساس را در دوره‌های مختلف با استفاده از الگوریتم‌های مختلف خوشه بندی و بدون انتخاب گره به عنوان سرخوشه در برخی از دور، توانسته است تعداد پیام‌های منتقل شده را از هر گره به گره‌های دیگر و به ایستگاه پایه کاهش دهد که موجب صرفه جویی در انرژی بیشتر در شبکه می‌شود. این الگوریتم در مقایسه با برخی الگوریتم‌های دیگر مقایسه شده است. نتایج شبیه سازی کاهش مصرف انرژی و صرفه جویی بیشتر در انرژی نشان می‌دهد. یک روش خوشه بندی موازی، یعنی ICP<sup>1</sup>، برای کاهش مصرف زمان و انرژی را ارائه دادند پیشنهاد ICP از دو اصل کلیدی سود می‌برد. اول، سرخوشه‌ها به صورت محلی بر اساس احتمال پیش تعیین شده به جای رأی گیری تعیین می‌شوند. دوم، بار انتقال و مدت خوشه بندی تا زمانی که امکان اتصال وجود دارد، به حداقل باید برسد. به این ترتیب، انتقال مجدد و ACKها حذف می‌شوند. علاوه بر این، ICP یک روش سبک وزن و کاملاً توزیع شده است. شبیه سازی‌های گسترده‌ای را برای WSN ها با مقیاس بزرگ انجام شد و نتایج

<sup>1</sup> Instantaneous Clustering Protocol

آزمایشات و شبیه سازی ها نشان می دهد که ICP از لحاظ زمان و انرژی و حصول اطمینان از اتصال، تعادل بار و تحمل خطا به طور قابل توجهی از روش های موجود برتر است. ICP در برنامه های عملی WSN، برای برنامه های کاربردی بلادرنگ می تواند مورد استفاده قرار گیرد (Mirzaie & Mazinani, 2017).

روش های فیلتر نمودن برای یک وسیله نقلیه سطحی بدون سرنشین (USV) برای تحقق ردیابی، هدف بسیار مهم هستند. به دلیل ضعیف ناشی از ارتعاش قوی در طول ناوبری USV، دقت ردیابی هدف و روش فیلتر سنتی به طور قابل توجهی کاهش یافته است. برای غلبه بر این مشکل، یک الگوریتم فیلتر کالمن تطبیقی قوی (MST-ESHARKF) Sage-Husa مبتنی بر ردیابی اصلاح شده پیشنهاد شده است. در الگوریتم، عامل محو شدن اصلاح شده است و برای فیلتر ردیابی قوی کالمن و برای حذف واگرایی فیلتر ناشی از اختلال معرفی شده است. علاوه بر این، عامل تطبیقی فیلتر قوی کالمن برای متعادل کردن حالت های پیش بینی شده و مشاهده شده برای بهبود استحکام الگوریتم طراحی شده اختصاص داده شده است. برآوردهای مغرضانه و بی طرف برای اندازه گیری و کوواریانس های نویز فرآیند ادغام می شوند و فاصله ماتریس کوواریانس نویز اندازه گیری شده محدود می شود، که منجر به ارزیابی همزمان ماتریس های کوواریانس نویز اندازه گیری و فرآیند با قابلیت اطمینان بهبود یافته الگوریتم خواهد بود (Fan, Qiao, Wang, 2022).

یک پروتکل خوشه بندی و مسیریابی برای شبکه های حسگر بی سیم جهت دار چندپخشانه ارائه شده است. SHE یک روش ترکیبی است، CH به طور قطعی توسط یک الگوریتم آفلاین توسط ایستگاه هیپایه انجام می شود و تصمیم گیری مسیریابی توسط الگوریتم های آنلاین و توزیع شده انجام می شود. ویژگی های مهم SHE به شرح زیر است. اول، خوشه ها براساس پیام های EM دریافت شده / فرستاده شده توسط حسگرها تعیین می شوند و تشکیل آن تنها یک بار در ابتدای شروع شبکه انجام می شود. دوم، مسیریابی بسته چند گامه است که در داخل دسته و انتقال بین خوشه های قرار دارد. بر اساس معماری شبکه توزیع شده، تعداد خوشه های مورد نیاز و قدرت انتقال حسگرها می تواند کاهش یابد. در نهایت، بسته های داده را می توان با تءخیر کم و بیشترین کارایی انرژی مصرفی فرستاد بنابراین، نیاز QoS از نظر محدودیت های آپلود بسته های اطلاعات حساس به زمان برطرف می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که SHE موجب کاهش انرژی مصرفی و افزایش طول عمر شبکه نسبت به روش های قبلی می شود (Chen, 2016).

یک مسئله استحکام ردیابی هدف با استفاده از شبکه های حسگر بی سیم مورد بررسی قرار دادند. روش پیشنهادی یک زمانبندی فعال فعالیت سنسور را در دو مرحله پیدا می کند. گام تفکیک پذیری داده های ورودی را به یک نمونه مسئله زمانبندی تبدیل می کند. سپس یک الگوریتم دوگانگی به منظور به حداکثر رساندن شعاع ثبات آن را پردازش می کند. با استفاده از این رویکرد، آنها ثابت کردند که مشکل کلی را می توان در تعداد شبه چندجمله ای تکرار حل کرد، و تعداد چندجمله ای تکرار، اگر مسیر هدف یک منحنی خطی تکه ای باشد. آزمایش های محاسباتی نشان می دهد که این رویکرد مقیاس پذیر است و به طور متوسط کمتر از ۱۵ ثانیه مشکلات ۱۰۰۰ حسگر حل می شود. دو حد بالایی پیشنهاد شده، به ویژه UB1 به طور قابل ملاحظه ای سرعت روش را افزایش می دهد، آنها همچنین تاثیر ظرفیت انرژی سنسورهای اولیه را بر تلاش محاسباتی مورد نیاز رویکرد نشان دادند. به عنوان یک چشم انداز از کار آنها جایگزین دیگری برای این مشکل می تواند انتخاب سنسورها به منظور ذخیره ظرفیت سنسور در یک منطقه خاص باشد. بنابراین، با توجه به هدف دشمن که مایل به فرار از نظارت و یا خروج سنسورها در یک منطقه خاص است، یک نوع مشکلی که ایجاد می شود محاسبه اینکه چه مدت و کجا باید هدف را برای نظارت، دنبال کند است. در این مقاله، نویسندگان مسئله مسیر یابی داده های جمع آوری شده به ایستگاه پایه را با استفاده از ارتباطات چند گامه در نظر نمی گیرند این مطالعه اول، مرزهای بالایی ساده و کارآمد را ایجاد می کند که زمانی که مسائل مربوط به ارتباطات در نظر گرفته شود می تواند پیچیده تر باشد، با این حال، چارچوب پیشنهاد شده به راحتی می تواند برای چندین ردیابی هدف گسترش یابد (Lersteau, Rossi, & Sevaux, 2016).

طلعتی و همکاران در سال ۲۰۲۰، از شبکه عصبی عمیق به منظور طبقه بندی و تشخیص اهداف راداری استفاده میشود. داده ها و اطلاعات راداری به عنوان ورودی به شبکه عصبی عمیق GMDH ارائه میگردد. شبکه عصبی عمیق بر اساس دادههای ورودی آموزش دیده و مدلی را مبتنی بر لایههای پنهان و ساختار عصبی تولید می نماید. سپس نمونه ها و اهداف راداری را جهت تشخیص و ارزیابی دریافت نموده و با استفاده از مدل تولید شده اقدام به شناسایی اهداف راداری نموده است. میزان دقت، صحت، فراخوانی و خطای برای تشخیص اهداف راداری با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی عمیق GMDH، توانسته به خوبی چالش هایی مثل عدم دقت مطلوب تشخیص، خطای بالا، تخریب سیگنال، وجود نویز در دریافت تصاویر راداری را مرتفع نموده است (Talati, Akbari Sani, & Hassani Ahangar, 2020)

ذبیحی مداح و همکارانش در سال ۲۰۱۸، الگوریتمی دومرحله ای که برای تخمین مرکز داپلر و تلفیقی از تبدیل رادون و یک الگوریتم جستجو می باشد در مرحله دیگر با استخراج یک دستگاه معادلات تخمینی، سرعت و شتاب هدف مشخص شده و الگوریتم ایجاد تصویر بدست آورده می شود. شبیه سازی، دقت روابط و قدرت الگوریتم را در حضور نویز و کلاتر در مقایسه با الگوریتمهای مرسوم تأیید می نماید. ارائه روابط هدف متحرک، در ساختار تک ایستگاه روشی برای تخمین دقیق مرکز داپلر در حضور کلاتر و نویز مقاوم است که با به کارگیری روش تبدیل فوریه چندجمله ای محلی (LPFT) در تخمین نرخ چیرپ و ضریب داپلر مرتبه سه و به کارگیری تقریب گوسی برای تخمین پهنای باند، همه مشخصه های هدف متحرک اعم از شتاب و سرعت در دو جهت برد و سمت تخمین زده شده خواهد بود (Zabihi Maddah & Seyedin, 2018).

- الگوریتم جستجوی محلی مکرر<sup>۲</sup> (ILS)

الگوریتم جستجوی محلی مکرر اولین بار در سال ۱۹۹۸ توسط استاتزل<sup>۳</sup> ارائه شد. در این روش جستجو با نمونه برداری از پاسخهای همسایه بهترین پاسخ و سپس اعمال یک جستجوی محلی پیرامون پاسخ نمونه برداری شده، مکانهایی از فضای جستجو که احتمال وجود پاسخهایی برانزده در آنها بیشتر است، پیمایش می شود. توجه کنید که قابلیت ارتفاع جستجوی پراکنده بسیار بیشتر از قابلیت پویش آن است.

مهمترین ویژگیهای این روش جستجو عبارتند از :

- تابع Perturbation در الگوریتم تابعی است که یک پاسخ کاندید (S<sub>candidate</sub>) را با ایجاد یک درهم ریختگی یا آشفتگی بر روی بهترین پاسخ یافته شده (S<sub>best</sub>) تولید می نماید. پاسخ کاندید بایستی در همسایگی بهترین پاسخ و لیکن نبایستی توسط جستجوی محلی که در گام بعدی الگوریتم اجرا می شود مجدداً قابل تبدیل به پاسخ S<sub>best</sub> باشد. به عبارت بهتر درهم ریختگی بایستی پاسخ کاندیدی که در همسایگی نسبتاً نزدیک پاسخ S<sub>best</sub> است، تولید نماید.
- درهم ریختگی زیاد منجر به تقویت قابلیت پویش الگوریتم می شود و درهم ریختگی کم منجر به تقویت قابلیت ارتفاع جستجوی محلی مکرر خواهد شد.
- جستجوی محلی معمولاً با توجه به اطلاعات مساله جستجو طراحی می شود.
- پاسخ اولیه در این الگوریتم ممکن است به شکل تصادفی و یا به صورت هوشمندانه و بر اساس اطلاعات مساله جستجوی مورد بررسی تولید شود.

<sup>2</sup> Iterated Local Search (ILS)

<sup>3</sup> Stutzle



- در این الگوریتم، درهم ریختگی ممکن است به صورت تصادفی و یا مبتنی بر یک الگوریتم کاملاً قطعی و غیر تصادفی انجام شود. در هر حال درهم ریختگی تصادفی کاملاً مرسوم‌تر است.
- عدم استفاده از حافظه جستجو (Search History) باعث رفتار تصادفی‌تر الگوریتم خواهد شد. زیرا پاسخ کاندید تولید شده با اعمال تغییرات تصادفی و نه تغییرات مبتنی بر پاسخهای گذشته تولید می‌شود.
- ساده ترین شرط پذیرش پاسخ کاندید به عنوان بهترین پاسخ، بهتر بودن برازش آن در مقایسه با پاسخ  $S_{best}$  است (Stützle, 1998).

شبه کد جستجوی محلی مکرر در شکل ۱ ارائه شده است.

Function ILS (problem) returns a state that is a local maximum

Input: Problem<sub>size</sub>

Output:  $S_{best}$

$S_{best} \leftarrow \text{ConstructInitialSolution}(\text{Problem}_{size});$

$S_{best} \leftarrow \text{LocalSearch}(S_{best})$

SearchHistory  $\leftarrow S_{best}$

While StopCondition () do

$S_{candidate} \leftarrow \text{Perturbation}(S_{best}, \text{SearchHistory});$

$S_{candidate} \leftarrow \text{LocalSearch}(S_{candidate});$

SearchHistory  $\leftarrow S_{candidate};$

if AcceptanceCriterion ( $S_{best}, S_{candidate},$   
SearchHistory) then

$S_{best} \leftarrow S_{candidate};$

end

شکل (۱). شبه کد جستجوی محلی مکرر

## روش پیشنهادی

روش پیشنهادی شامل مراحل زیر است:

**مرحله ۱-** هر گره حسگر یک پیام Hello را در رنج خود ارسال و گره هایی که Hello را دریافت کردند، پیام پاسخ به Hello را می‌فرستند. که این پیام پاسخ شامل، شناسه گره حسگر و مقدار انرژی باقی مانده و موقعیت قرار گیری گره است پس از دریافت پاسخ، گره دریافت کننده، شناسه گره‌ها را استخراج و در لیست همسایه‌هایش درج می‌کند.

**مرحله ۲-** هر گره زمانبندی خود را طبق رابطه ۱ تنظیم می‌کند گره که انرژی بیشتر و فاصله کمتر تا سینک داشته باشد زودتر زمانبندش منقضی شده و سرخوشه موقت می‌شود.

$$t_i = \left( \frac{E_{Mi} - E_{ri}}{E_{Mi}} * d_i \right) * T_{ch} \quad (1)$$

به طوریکه  $E_{Mi}$  انرژی اولیه باتری و  $E_{ri}$  انرژی باقی ماده سطح باتری و  $d_i$  فاصله تا سینک و  $T_{ch}$  زمان سرخوشه شدن می باشد. سرخوشه های موقت در لیست  $S_{best}$  قرار می گیرد و Id سرخوشه های موقت را در لیست search history که تاریخچه جستجو را نگه می دارد ذخیره می کند.

**مرحله ۳-** جستجو در اطراف  $S_{best}$  انجام می شود و بهترین گره (گره هایی که فاصله کمتر تا سینک و انرژی باقی مانده بالا دارند) را انتخاب و در Scandidate قرار مدهد، سپس بررسی می کند که در صورتیکه گره های حسگر موجود در scandidate انرژی بالا و فاصله کمتر تا سینک نسبت به گره های  $S_{best}$  داشته باشند، آنگاه لیست Scandidate را در  $S_{best}$  قرار می دهند. در غیر این صورت تا وقتی که به شرط خاتمه نرسیده باشد، که شرط خاتمه را بهتر بودن گره های scandidate از نظر انرژی باقی مانده و فاصله تا سینک نسبت به گره های  $S_{best}$  در نظر گرفته ایم پس اگر گره های scandidate بهتر از  $S_{best}$  نبودند، جستجو ادامه می یابد.

**مرحله ۴-** اگر به شرط خاتمه رسید و گره های scandidate بهتر از  $S_{best}$  شوند، آنگاه این گره های scandidate را در  $S_{best}$  قرار می دهد. گره های داخل  $S_{best}$  سرخوشه شده و یک پیام advertisement تولید می کند و در رنج خود همه پخش می کنند. همه گره های دریافت کننده پیام advertisement در صورتی که سرخوشه نباشند و پیام advertisement را از دو تا سرخوشه گرفته باشند بر حسب فاصله به نزدیکترین سرخوشه پیام Join را می فرستد، لازم به ذکر است پیام advertisement شامل شناسه گره سرخوشه و موقعیت قرارگیری سرخوشه است و پیام Join شامل شناسه گره عضو و انرژی باقی مانده گره عضو است. بدین ترتیب در دوره اول خوشه ها تشکیل می شوند.

**مرحله ۵-** در دوره دوم به بعد اگر انرژی سرخوشه انتخابی در دوره قبلی کمتر از ۵۰ درصد، متوسط انرژی کل گره های خوشه در دوره قبل باشد آنگاه رقابت برای سرخوشه شدن تکرار می شود و فرآیند به نحوی است که بیان کردیم.

**مرحله ۶-** مرحله تشکیل درخت، برای انجام بهترین عمل مسیریابی انجام می شود در این مرحله گره سینک یک پیام RReq را در محدوده خود پخش می کند گره های سرخوشه دریافت کننده این پیام Sink را به عنوان پدر خود می شناسد و سپس مجدد این گره های سرخوشه پیام RReq را پخش می کنند. این پیام به سرخوشه سطح پایین تر می رسد و ای سرخوشه ها نیز شناسه سرخوشه سطح بالایی خود را، به عنوان پدر خود ثبت می کنند و مجدد پیام RReq را پخش می کنند این فرآیند تا تشکیل کامل درخت مسیریابی تکرار می شود.

**مرحله ۷-** در مرحله ردیابی هدف هر گره حسگر شعاع حسی خود را با مشاهده هدف کاهش می دهد و با دور شدن هدف، شعاع حسی خود را افزایش می دهد این کار باعث صرفه جویی در انرژی می شود. همچنین وقتی سرخوشه ای هدف را مشاهده کرد یا اگر یکی از گره های عضو خوشه هدف را مشاهده کردند به سرخوشه خود اعلام می کنند. سرخوشه نیز به سایر گره های عضو اعلام می کند که هدف را ردیابی کنند، پس از اینکه هدف از رنج گره های خوشه در حال دور شدن است و سرخوشه پیام هدف نزدیک می شود و اطلاعات هدف که شامل شناسه تارگت، زمان ورود به خوشه، زمان خروج را به سرخوشه ها، همسایه خود ارسال و سرخوشه ها نیز به گره ها، داخل خوشه خود اطلاع می دهند لازم به ذکر است برای صرفه جویی در مصرف انرژی هم گره ها پس از اینکه هدف را ردیابی کردند، توسط سرخوشه به حالت نیمه خواب می رود و همینطور وقتی سرخوشه ای از سرخوشه های همسایه پیام هدف نزدیک می شود را دریافت کند گره های داخل خوشه خود را که در حالت نیمه خواب هستند بیدار می کنند

## شبیه سازی روش پیشنهادی

### محیط شبیه سازی:

در این مقاله برای شبیه سازی روش پیشنهادی و مقایسه آن با پروتکل IEEE80.15.4 از نرم افزار شبیه سازی OpnetModeler<sup>4</sup> نسخه ۱۱.۵ استفاده شده است. پارامترهای شبیه سازی در جدول (۱) نشان داده شده است.

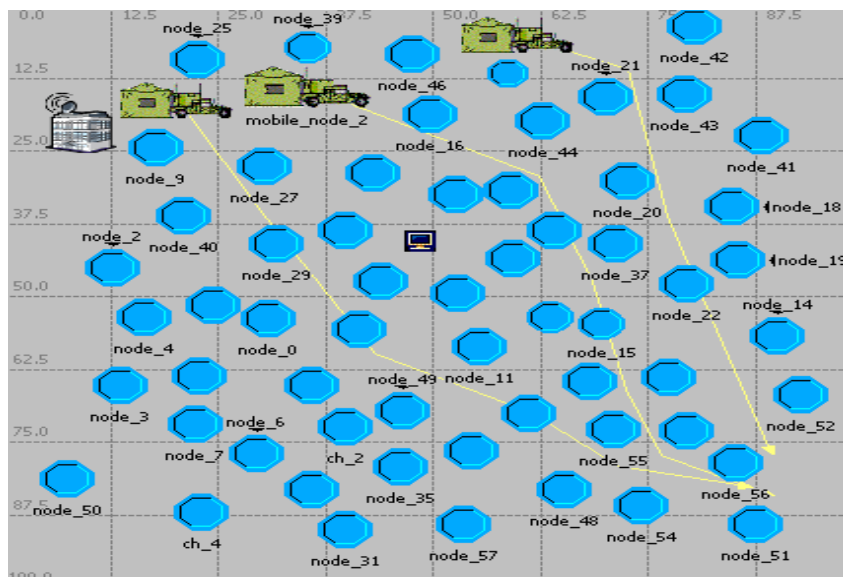
با توجه به شکل ۲ در روش پیشنهادی ما همبندی شبکه را ۶۰ گره در نظر گرفته ایم که دو سناریو، که سناریو اول گره های حسگر بصورت تصادفی بر اساس پروتکل IEEE 802.15.4 و بصورت تصادفی در محیط پخش شده اند که توسط الگوریتم جستجوی محلی مکرر ردیابی را انجام می دهد پروتکل پیشنهادی را با نام ILSTT<sup>5</sup> نامگذاری نمودیم و در سناریو دوم با پروتکل IEEE80.15.4 گره های حسگر به ارسال اطلاعات مربوط به هدف به گره سینک اقدام می کنند. برای هر دو سناریو همبندی یکسانی را فرض کرده ایم.

جدول (۱). پارامترهای شبیه سازی

پارامتر	مقدار
روش پخش گره ها در محیط	تصادفی
اندازه محیط شبیه سازی	$1000m \times 1000m$
نوع ارسال	CBR
اندازه بسته	۱۰۲۴ byte
مدل باتری	Constant
زمان شبیه سازی	پنج دقیقه
پروتکل لایه mac	IEEE802.15.4
مقدار اولیه انرژی	۲۰۰ تا ۴۰۰ ژول
تعداد سینک	۱
تعداد گره ها	۶۰
برد انتقال رادیویی	۱۰۰ متر
زمان ورود بسته (packet inter arrival time)	Constant
تعداد هدف	۳
تعداد قطاع	۴ تا
شعاع هر قطاع	۴۵ درجه

<sup>4</sup> Optimized Network Engineering Tool

<sup>5</sup> Iterated Local SearchTarget Tracking



شکل (۲). توپولوژی شبکه با تعداد ۶۰ گره حسگر

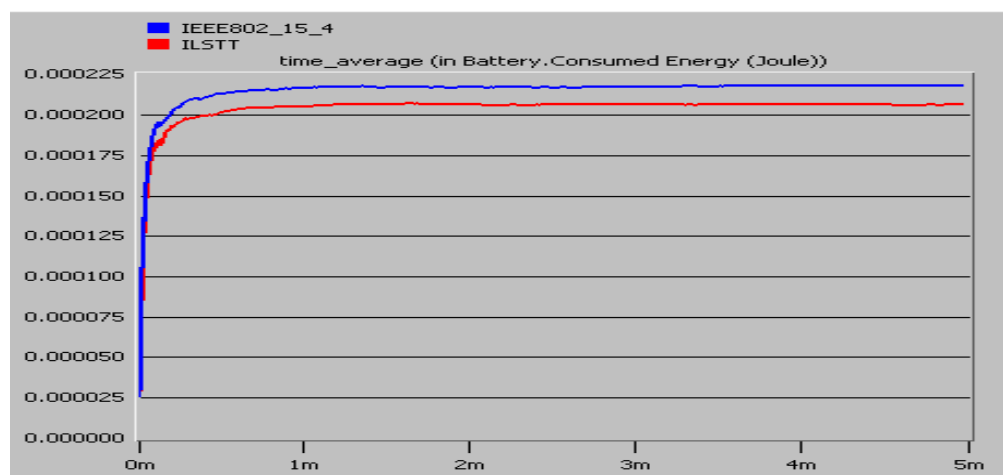
## معیارهای کارایی در روش پیشنهادی

بررسی کارایی روش پیشنهادی بر اساس معیارهای زیر صورت می گیرد:

- انرژی مصرفی: انرژی مصرفی در شبکه برابر است با مجموع انرژی استفاده شده توسط گره های درون شبکه و انرژی استفاده شده برای یک گره برابر است با مجموع انرژی استفاده شده برای ارتباطات که شامل انتقال و انتظار می باشد.
- تاخیر انتها به انتها: تاخیر انتها به انتها برابر است با مدت زمانی که طول می کشد که یک بسته داده از فرستنده به گیرنده ارسال شود. برای محاسبه میانگین تاخیر انتها به انتها بایستی تاخیر انتها به انتها تمام بسته هایی که توسط گیرنده دریافت می شود به صورت جداگانه محاسبه می شود و در نهایت از آنها میانگین گرفته می شود.
- تاخیر دسترسی به رسانه: تاخیر دسترسی به رسانه برابر است با مدت زمانی که یک بسته توسط لایه MAC دریافت می شود تا زمانی که به طور کامل روی رسانه بی سیم قرار داده می شود. بسیاری از کاربردهای چند رسانه ای در شبکه دارای تاخیر هستند و بسته در زمان مقرر تحویل داده نمی شود و پس از مدت زمان تعیین شده کاربردی ندارند به همین منظور تاخیر دسترسی به رسانه را بررسی می کنیم.
- میزان خطا در بسته: میزان خطا در بسته برابر با میانگین تعداد خطاهای بیت موجود در بسته ها است.
- نسبت تحویل موفق داده: برابر است با کل بسته هایی که توسط سینک بطور سالم دریافت می شود.
- نرخ سیگنال به نویز: نسبت سیگنال به نویز یک معیار برای نشان دادن میزان سیگنال مفید، نسبت به سیگنال مزاحم یا نویز می باشد. عدد بدست آمده، میزان قدرت نویز متحمل شده به یک سیگنال را، نسبت به قدرت خود سیگنال نشان می دهد. هرچه عدد بیشتر باشد نشان دهنده برخورداری از سیگنال مفید بیشتری است.
- نرخ از دست دادن بسته: نرخ از دست دادن بسته برابر است با تعداد کل بسته های از دست رفته تقسیم بر تعداد کل بسته های ارسالی در شبکه.

## نتایج شبیه سازی

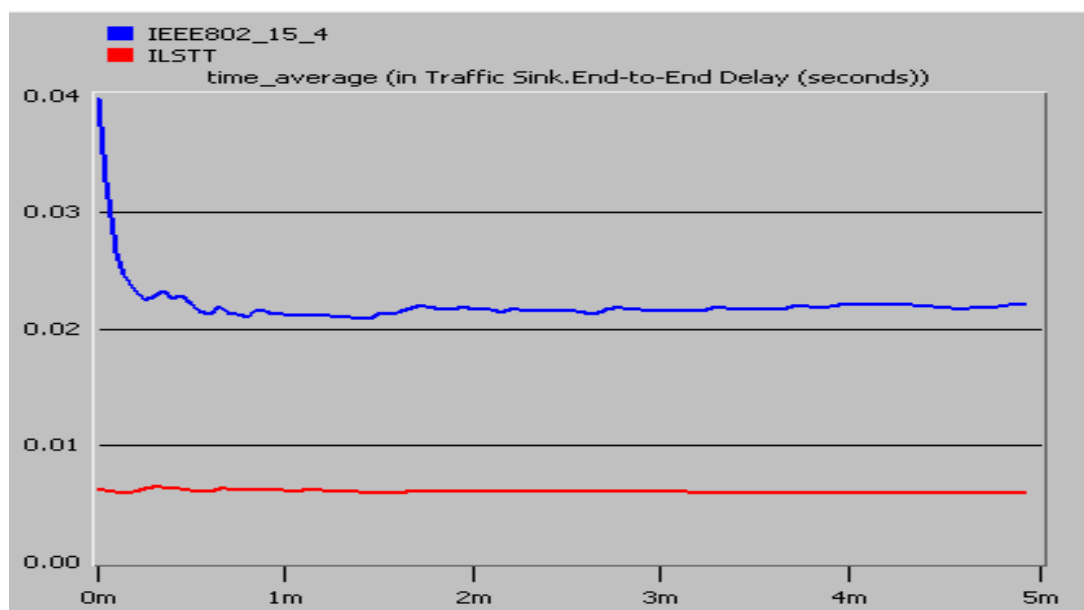
در نمودار ۱ به مقایسه میانگین انرژی مصرفی شبکه برای سناریو الگوریتم پیشنهادی و سناریوی پروتکل IEEE802.15.4 می پردازد. محور عمودی انرژی مصرفی و محور افقی زمان شبیه سازی است. در پروتکل IEEE802.15.4 گره های موجود در شبکه آگاهانه عمل نمی کنند و بدون توجه به میزان انرژی مصرفی گره ها، اطلاعات را از محیط اطراف در مورد حرکت هدف جمع آوری می کند و مستقیماً به گره سینک ارسال می کنند. در حالی که در روش پیشنهادی با استفاده از الگوریتم جستجوی مکرر محلی اقدام به پیش بینی مسیر حرکت هدف در شبکه حسگر بی سیم می کند و در الگوریتم پیشنهادی از زمانی که یک گره، داده خود را به گره دیگر ارسال میکند، گره جدید اطلاعات حاوی گره قبلی را فراموش می کند و فقط اطلاعات فعلی را در خود نگه میدارد در نتیجه از حافظه مصرفی کمی استفاده میکند و هر گره نیاز به انرژی کمتری برای نگهداری داده قبلی دارد. همچنین با خوشه بندی گره های شبکه و تنظیم دوره خواب و بیداری گره ها، گره هایی که احتمال رویت هدف در آنها کم می باشد به حالت خواب می روند تا انرژی آنها هدر نرود و گره هایی که احتمال رویت هدف در آنها بالا است و هدف هر لحظه به آنها نزدیک و نزدیکتر می شوند، گره های حسگر حساسیت را کم می کنند. و با دور شدن هدف شعاع حساسیت خود را برای رویت بیشتر هدف افزایش می دهند. در نتیجه الگوریتم پیشنهادی (جستجوی مکرر محلی) نسبت به پروتکل استاندارد IEEE802.15.4 انرژی کمتری مصرف خواهد کرد.



نمودار (۱). میانگین انرژی مصرفی شبکه

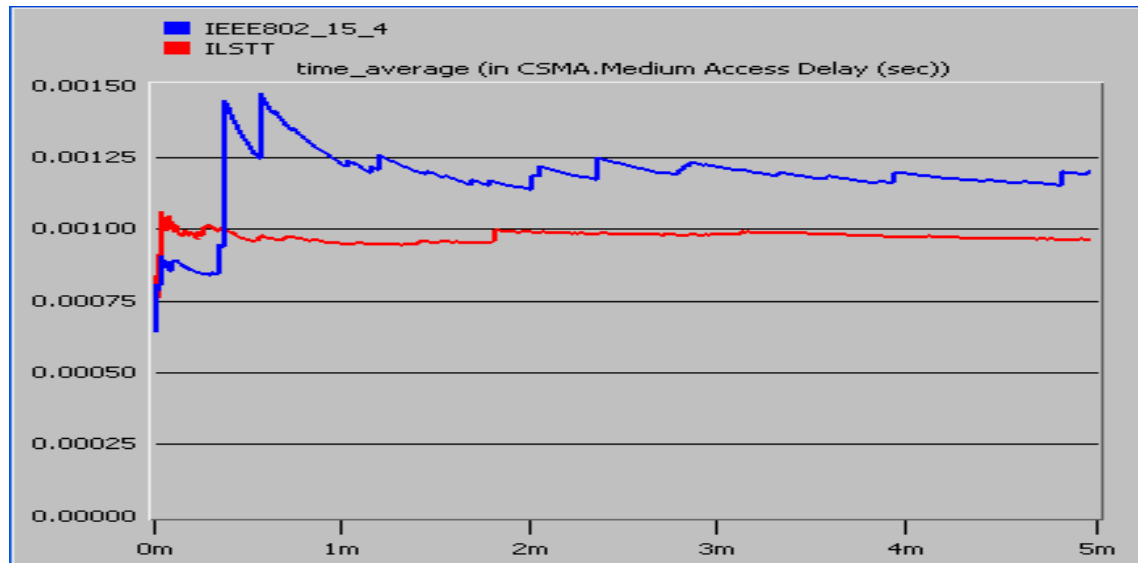
نمودار ۲ به مقایسه تاخیر انتها به انتها بین سناریوی الگوریتم پیشنهادی و سناریوی پروتکل IEEE802.15.4 می پردازد. محور عمودی تاخیر انتها به انتها است و محور افقی زمان شبیه سازی است. همان طور که ملاحظه می شود در سناریوی پروتکل IEEE802.15.4 تاخیر افزایش می یابد، چون در بعضی از گره های شبکه ممکن است داده ارسال نشود و فقط بخشی از آن را بتوان ارسال کرد و برای ادامه ارسال داده انرژی کمی داشته باشیم و نتواند عملیات انتقال اطلاعات را کامل کند. اما در الگوریتم پیشنهادی چون داده های حسگر فقط داده همان حالت را در خود نگهداری می کنند و زمانی که یک گره داده ای را از یک گره به گره دیگر ارسال می کند فقط اطلاعات فعلی همان گره را در خود نگه می دارد و اطلاعات گره قبلی را فراموش می کند در نتیجه حافظه کمتری مصرف می کند و انرژی کافی برای ارسال داده موردنظر به سینک را در خود ذخیره می کند و تا زمان انتقال اطلاعات به سینک گره خاموش نمی شود و هم چنین الگوریتم پیشنهادی مسیرهای مطمئن را برای انتقال اطلاعات در نظر می گیرد در نتیجه تاخیر انتقال کاهش می یابد.





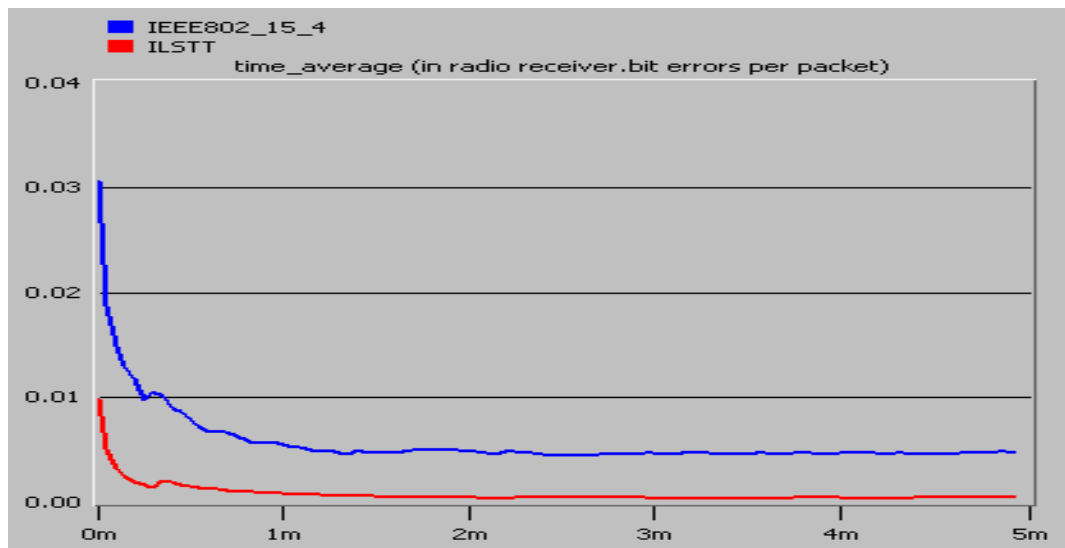
نمودار (۲). تأخیر انتها به انتها

نمودار ۳ تأخیر دسترسی به رسانه را بین الگوریتم پیشنهادی و پروتکل استاندارد IEEE802.15.4 مقایسه می‌کند. محور عمودی تأخیر دسترسی به رسانه و محور افقی زمان شبیه سازی است. همانطور که مشاهده می‌شود در سناریو پروتکل IEEE802.15.4 تأخیر دسترسی به رسانه افزایش می‌یابد چون گره‌های شبکه ممکن است داده‌های چند رسانه‌ای مثل فیلم و عکس‌های مربوط به حرکت هدف است را از مسیرهایی ارسال کند که فقط بتوان بخشی از داده‌ها را ارسال کرد و برای ادامه ارسال داده‌های باقی مانده انرژی کمی داشته باشد و نتواند عملیات انتقال اطلاعات را کامل کند. اما در الگوریتم پیشنهادی یکی از ویژگی‌های مهم این الگوریتم پیدا کردن بهترین مسیر است و همچنین چون داده‌های حسگر فقط داده همان حالت را در خود نگهداری می‌کنند و زمانی که یک گره داده‌ای را از یک گره به گره دیگر ارسال می‌کند فقط اطلاعات فعلی همان گره را در خود نگه می‌دارد و اطلاعات گره قبلی را فراموش می‌کند در نتیجه حافظه کمتری مصرف می‌کند و انرژی کافی برای ارسال داده موردنظر به سینک را در خود ذخیره می‌کند و تا زمان انتقال اطلاعات به سینک گره خاموش نمی‌شود لذا نیاز به ارسال دوباره داده نیست و در نتیجه تأخیر دسترسی به رسانه کاهش می‌یابد.



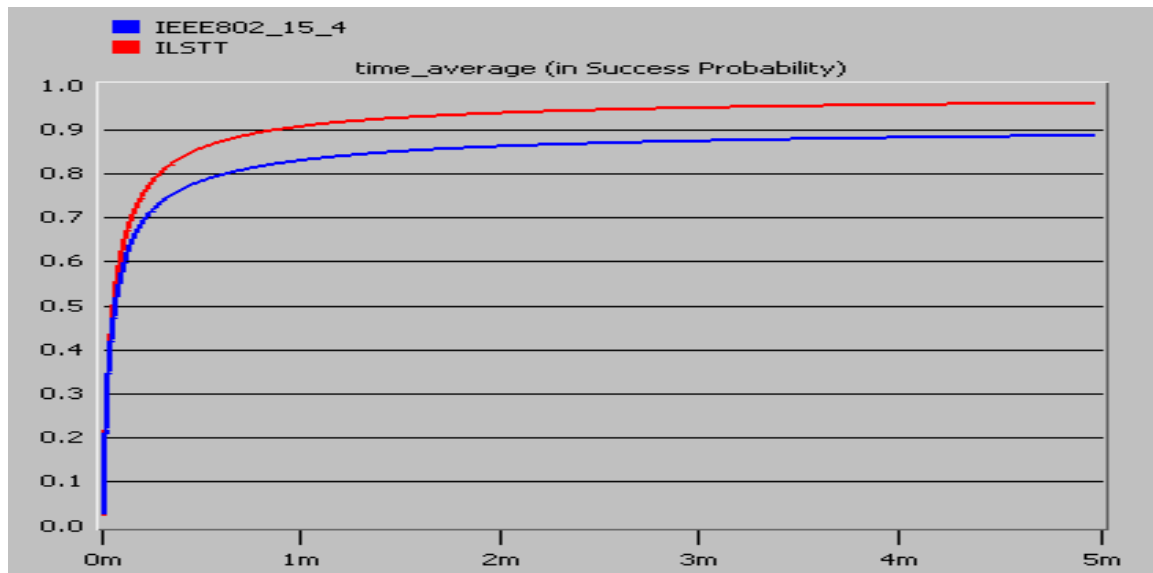
نمودار (۳). تأخیر دسترسی به رسانه

نمودار ۴ میزان خطا در بسته را بین سناریو الگوریتم پیشنهادی و سناریو پروتکل IEEE802.15.4 مقایسه می کند. محور عمودی میزان خطا در بسته و محور افقی زمان شبیه سازی است همانطور که ملاحظه می کنید میزان خطا در سناریو الگوریتم پیشنهادی پایین است. زیرا در الگوریتم پیشنهادی چون مسیریابی انتخاب می کنیم که مسیریابی مطمئن هستند و حاوی گره هایی با انرژی بالا هستند احتمال ارسال موفقیت آمیز داده به سینک را افزایش می دهد همچنین در پروتکل پیشنهادی دلیل انتخاب مسیریابی مطمئن که حاوی گره هایی با انرژی بالا هست احتمال ارسال موفق داده به سینک افزایش می یابد و با تنظیم شعاع حساس گره ها و همچنین دوره خواب و بیداری موجب صرفه جویی در انرژی گره ها و خاموش نشدن گره و به تبع آن انتقال کامل داده به سینک می شود.



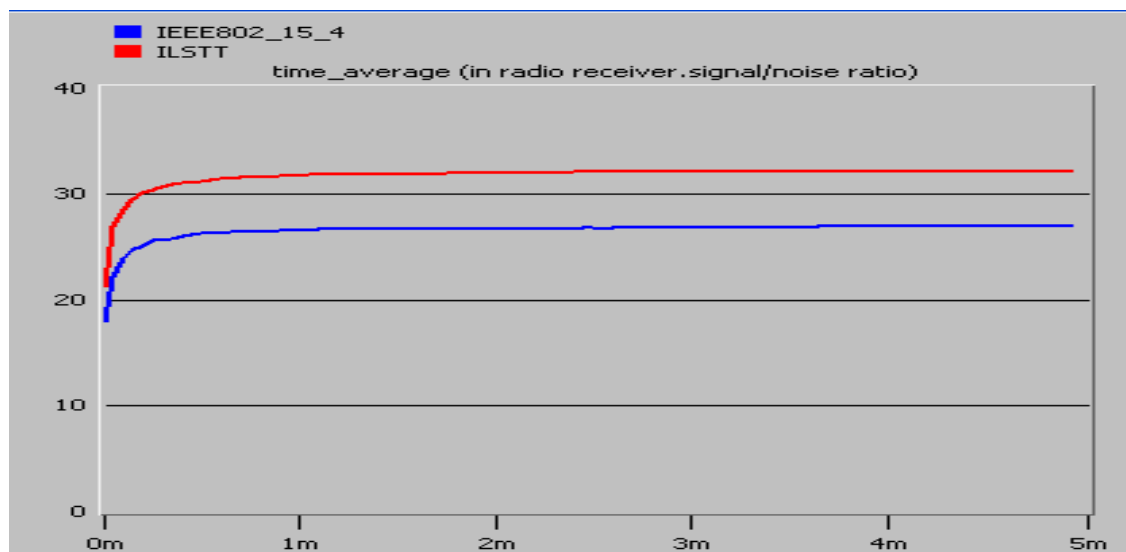
نمودار (۴). میزان خطا در بسته

نمودار ۵ نسبت تحویل موفق داده به سینک بین الگوریتم پیشنهادی و سناریوی پروتکل IEEE802.15.4 را مقایسه می‌کند. محور افقی زمان شبیه سازی و محور عمودی تعداد بسته های تحویل داده شده در زمان را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار ۵ پروتکل IEEE802.15.4 نسبت به الگوریتم پیشنهادی نرخ تحویل داده کمتری دارند چون مسیرهای کشف شده توسط پروتکل IEEE802.15.4 تا انتهای فاز انتقال ممکن است پایدار نباشند در نتیجه مجبور باشیم مجدداً مسیریابی کنیم. این در حالی است که در الگوریتم پیشنهادی پس از الگوریتم جستجوی محلی اغلب مسیرهای پیش بینی شده برای ردیابی حرکت هدف درست و مطمئن بوده و همچنین داده‌های حسگر فقط داده همان حالت را در خود نگهداری می‌کنند و زمانی که یک گره داده ای را از یک گره به گره دیگر ارسال می‌کند فقط اطلاعات فعلی همان گره را در خود نگه میدارد و اطلاعات گره قبلی را فراموش میکند در نتیجه انرژی کافی برای ارسال داده مورد نظر به سینک را در خود ذخیره می‌کند و تا زمان انتقال اطلاعات به سینک گره خاموش نمی‌شود و مطمئن هستیم که حداقل تا انتهای فاز انتقال داده به سینک پایداری مسیر برقرار است و تغییری نمی‌کند و انرژی مصرفی گره به دلیل تغییر مسیر زود تمام نمی‌شود. در نتیجه در روش پیشنهادی تعداد بسته‌ای که به سینک تحویل داده می‌شود بیشتر از IEEE802.15.4 خواهد بود.



نمودار (۵). نرخ تحویل داده موفق به سینک

نمودار ۶ به مقایسه نسبت سیگنال به نویز برای سناریوهای الگوریتم پیشنهادی و سناریوی پروتکل IEEE 802.15.4 می‌پردازد. محور افقی زمان شبیه سازی و محور عمودی نسبت سیگنال به نویز را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار ۶ پروتکل IEEE 802.15.4 نسبت به پروتکل پیشنهادی نسبت سیگنال به نویز کمتری دارد زیرا ممکن است پروتکل IEEE 802.15.4 از مسیرهای ناپایدار برای ارسال استفاده کند و در حین ارسال تعداد بیت‌هایی که دچار خطا شده‌اند زیاد شده و نسبت سیگنال به نویز کاهش یابد.



نمودار (۶). نسبت سیگنال به نویز

### بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش، روش جدید ردیابی هدف در شبکه‌های حسگر بی سیم با استفاده از الگوریتم جستجوی مکرر محلی پیشنهاد شد و جزئیات آن برای شبکه‌های حسگر بی سیم به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفته است و معیارهای مهم نظیر انرژی اولیه باتری و انرژی باقی ماده سطح باتری و فاصله تا سینک و زمان سرخوشه شدن در تعیین سرخوشه‌ها در نرم‌افزار OPNET شبیه‌سازی شده و مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. کارهای زیر برای ارائه یک پروتکل مسیریابی به منظور ردیابی هدف در شبکه‌های حسگر بی سیم با استفاده از الگوریتم جستجوی مکرر محلی انجام شده است:

- ارائه یک روش مبتنی بر پیش بینی ردیابی حرکت هدف با استفاده از الگوریتم جستجوی محلی مکرر بر پایه میزان انرژی مصرفی باتری
- تنظیم دوره خواب و بیداری گره‌ها بر حسب جدول زمان بندی ارسال اطلاعات به سینک
- پیشنهاد یک پروتکل مسیریابی جدید که براساس انرژی باقی مانده و کافی گره‌ها، می‌تواند مسیریابی را کشف کند که تا پایان فاز انتقال اطلاعات به سینک پایدارتر هستند
- قابلیت تنظیم شعاع حسی با تعداد قطاع بیشتر (چهار قطاع ۴۵ درجه) جهت افزایش دقت و کاهش مصرف انرژی
- پیاده سازی پروتکل پیشنهادی و مقایسه آن با پروتکل استاندارد IEEE802.15.4

نتایج بدست آمده از پروتکل پیشنهادی با پروتکل استاندارد IEEE802.15.4 با استفاده از شبیه ساز OPNET نسخه 11.5 مقایسه شده است. پارامترهایی مانند تاخیر انتها به انتها، تاخیر چند رسانه ای، نسبت سیگنال به نویز، نرخ تحویل موفق داده، میزان انرژی مصرفی، میزان خطا در بسته‌های داده جهت بررسی کارایی پروتکل پیشنهادی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد پروتکل پیشنهادی مسیریابی پایدارتری را که انتظار می‌رود تا پایان فاز انتقال اطلاعات انرژی کافی را برای ارسال اطلاعات به سینک را دارند کارایی شبکه را نسبت به پروتکل IEEE802.15.4 بهبود داده است. برای پیشنهاد برای کارهای آینده بر روی پروتکلها را به صورت منطقه به منطقه و براساس نودهای که در هر منطقه در همسایگی هم قرار دارند بررسی نماییم.

## منابع

- Ahmadi, H., Viani, F., & Bouallegue, R. (2018). An accurate prediction method for moving target localization and tracking in wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, 70, 14-22 .
- An, C., An, Y. K., Yoo, S.-M., & Wells, B. E. (2018). Efficient data association to targets for tracking in passive wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, 75, 19-32 .
- Chen, D.-R. (2016). An energy-efficient QoS routing for wireless sensor networks using self-stabilizing algorithm. *Ad Hoc Networks*, 37, 240-255 .
- Ebrahimi, M., Ardeshiri, M., & Khanghah, S. A. (2022). Bearing-only 2D maneuvering target tracking using smart interacting multiple model filter. *Digital Signal Processing*, 126, 103497 .
- Fan, Y., Qiao, S., Wang, G., Chen, S., & Zhang, H. (2022). A modified adaptive Kalman filtering method for maneuvering target tracking of unmanned surface vehicles. *Ocean Engineering*, 266, 112890 .
- Faragher, R. (2012). Understanding the basis of the kalman filter via a simple and intuitive derivation [lecture notes]. *IEEE Signal processing magazine*, 29(5), 128-132 .
- Huang, H., Zhang, J., Zhang, X., Yi, B., Fan, Q., & Li, F. (2017). EMGR: Energy-efficient multicast geographic routing in wireless sensor networks. *Computer Networks*, 129, 51-63 .
- Kang, K., Maroulas, V., Schizas, I., & Bao, F. (2018). Improved distributed particle filters for tracking in a wireless sensor network. *Computational Statistics & Data Analysis*, 117, 90-108 .
- Lersteau, C., Rossi, A., & Sevaux, M. (2016). Robust scheduling of wireless sensor networks for target tracking under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 252(2), 407-417 .
- Liu, Y., Pan, C., Bie, M., & Li, J. (2022). An efficient real-time target tracking algorithm using adaptive feature fusion. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 85, 103505 .
- Liu, Y., Yan, H., Liu, Q., Zhang, W., & Huang, J. (2022). ECO++: Adaptive deep feature fusion target tracking method in complex scene. *Digital Communications and Networks* .
- Mirzaie, M., & Mazinani, S. M. (2017). Adaptive MCFL: An adaptive multi-clustering algorithm using fuzzy logic in wireless sensor network. *Computer Communications*, 111, 56-67 .
- Qu, Z., Xu, H., Zhao, X., Tang, H., Wang, J., & Li, B. (2022). A fault-tolerant sensor scheduling approach for target tracking in wireless sensor networks. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), 13001-13010 .
- Schizas, I. D., & Maroulas, V. (2015). Dynamic data driven sensor network selection and tracking. *Procedia Computer Science*, 51, 2583-2592 .
- Stützle, T. (1998). Local search algorithms for combinatorial problems. *Darmstadt University of Technology PhD Thesis*, 20 .
- Su, S., & Zhao, S. (2018). An optimal clustering mechanism based on Fuzzy-C means for wireless sensor networks. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 18, 127-134 .
- Talati, S., Akbari Sani, M., & Hassani Ahangar, M. (2020). *Identifying Radar Targets using the GMDH Deep Neural Network*. Paper presented at the Radar.
- Yan, J., Jiao, H., Pu, W., Shi, C., Dai, J., & Liu, H. (2022). Radar sensor network resource allocation for fused target tracking: a brief review. *Information Fusion*, 86, 104-115 .
- Zabihi Maddah, S. M., & Seyedin, S. A. (2018). Parameters Estimation and Imaging of Ground Moving Target in a One-stationary Bi-static SAR. *Radar*, 5(4), 11-24 .
- Zhang, C., Qin, J., Li, H., Wang, Y., Wang, S., & Zheng, W. X. (2022). Consensus-based distributed two-target tracking over wireless sensor networks. *Automatica*, 146, 110593 .



## Presenting a new method of predicting target's movement path in wireless sensor network by using iterative local search

**First Author** Zahra sarhadi, *PhD student, Faculty of Engineering (Faculty of Electrical and Computer Engineering), Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran*

**Second Author**<sup>6</sup> Maryam Soltan Mohammadi, *PhD student, Faculty of Engineering (Faculty of Electrical and Computer Engineering), Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran*

### Abstract

In the continuous improvement of wireless sensor technology, the implementation of wireless sensor networks (WSNs) becomes feasible in various scenarios. Target tracking is one of the important applications of wireless sensor networks, which has been developed for purposes such as health monitoring, habitat surveillance, indoor structures, and tracking moving targets. Traditional target tracking methods use a centralized approach, where an increasing number of sensors in the network transmit more messages to the sink, consuming more bandwidth. Additionally, the sensing task is usually performed by a single node at a time, leading to reduced accuracy and heavy computations on the node, resulting in decreased battery energy. Therefore, an intelligent method is needed for tracking moving targets to optimize node energy consumption. IN this article, a distributed multi-target tracking framework based on repeated local search is proposed to address the challenges of target identification and trajectory estimation in wireless sensor networks. The proposed method is capable of accurately estimating the target location. Furthermore, it emphasizes node collaboration and utilizes a novel clustering algorithm for sending tracking-related data to the sink. The proposed method is evaluated using the IEEE 802.15.4 standard protocol in a wireless sensor network for two moving targets. The evaluation metrics include energy consumption, data transmission delay, media access delay, successful data delivery rate, signal-to-noise ratio, and packet loss rate. Simulation results indicate better performance of the proposed method compared to the IEEE 802.15.4 standard protocol."

**Keywords:** Wireless Sensor Network, Repeated Local Search Algorithm, Target Tracking, Clustering.