

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده مهندسی برق و رباتیک
رشته مهندسی برق گرایش مخابرات سیستم

پایان نامه کارشناسی ارشد

مسیریابی و خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی سیم به منظور بهینه‌سازی در

مصرف انرژی

نگارنده:

رضا مفاخری باشماق

استاد راهنما:

دکتر سید علی سلیمانی ایوری

استاد مشاور:

دکتر امیدرضا معروضی

مهر ۱۴۰۰

تقدیر و تشکر

در ابتدا باید از زحمات جناب دکتر سید علی سلیمانی ایوری که زحمت راهنمایی این کار را بر عهده داشتند کمال تشکر و سپاسگذاری را داشته باشم. همچنین از تمام عزیزانی که من را در این راه کمک کرده اند نهایت تشکر را دارم. امیدوارم بتوانم زحمات این عزیزان را جبران کنم.

تقدیم به:

پدر و مادرم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر و مادری فداکار نسیم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیاسیم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود، پس از پروردگار، مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی؛ بودن و انسان بودن را معنا کردند...

تعهدنامه

اینجانب **رضا مفاخری باشماق** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته برق مخابرات سیستم دانشکده برق دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با موضوع **مسیریابی و خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بیسیم به منظور بهینه‌سازی در مصرف انرژی** تحت راهنمایی جناب آقای دکتر سیدعلی سلیمانی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
 - در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
 - مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
 - کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام **دانشگاه صنعتی شاهرود** و یا **Shahrood University of Technology** به چاپ خواهد رسید.
 - حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
 - در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
 - در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.
- تاریخ:

امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات، مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

شبکه‌های حسگر بی‌سیم برای دریافت اطلاعاتی مانند دما، رطوبت، میزان بارندگی و ... از محیط مورد استفاده قرار می‌گیرند. این شبکه‌ها با چالش‌هایی چون پردازش داده، ارتباطات و مدیریت حسگرها روبه‌رو هستند. هنگامی که این شبکه‌ها در محیط‌های نامعین، دینامیک و با محدودیت‌های پهنای باند و انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند چالش‌ها بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرند. از آنجایی که در این شبکه‌ها منابع انرژی، پهنای باند و توان پردازش به طور دائمی در حال تغییر است بایستی مدیریت‌های لازم روی ساختار شبکه و منابع انرژی صورت گرفته تا شبکه به مدت طولانی‌تر فعال بماند.

در این پایان نامه برای کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم استفاده از الگوریتم‌های تکاملی در خوشه بندی و مسیریابی پیشنهاد شده است. بدین منظور از الگوریتم ازدحام ذرات در مسیر یابی و خوشه بندی شبکه‌های حسگر بی‌سیم استفاده شده است. برای خوشه بندی و تعیین سرخوشه با توجه به ساختار شبکه، تابع هدف مناسبی ارائه شده است. داده‌ها در هر خوشه توسط سرخوشه جمع آوری و سپس مسیر مناسبی برای تبادل داده‌ها بین سرخوشه‌ها و مرکز تعیین شده است. نتایج و مقایسه با کار دیگران بصورت نموداری نشان داده شده است. نتایج شبیه سازی و مقایسه آن با روش لیچ بهبود ۱۵ درصد در مصرف انرژی را نشان می‌دهد لذا با این روش طول عمر شبکه نیز بهبود یافته است.

واژه‌های کلیدی: خوشه‌بندی، ازدحام ذرات، شبکه‌های حسگر بی‌سیم، مسیریابی، بهینه‌سازی -

مصرف انرژی.

فهرست مطالب

۱- فصل اول:مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- اهمیت بررسی مسیریابی و خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم	۳
۱-۳- هدف انجام تحقیق	۳
۱-۴- روش انجام تحقیق	۳
۱-۵- مراحل انجام تحقیق	۴
۱-۶- ساختار پایان‌نامه	۴
۲- فصل دوم:مبانی نظری	۵
۲-۱- مقدمه	۶
۲-۲- مسیریابی و خوشه‌بندی	۷
۲-۳- شبکه حسگر بی‌سیم	۱۰
۲-۴- ویژگی‌های شبکه حسگر بی‌سیم	۱۳
۲-۵- کاربردهای شبکه حسگر بی‌سیم	۱۴
۲-۶- چالش‌های پیش‌رو در شبکه حسگر بی‌سیم	۱۶
۲-۷- معماری شبکه‌های WSN	۱۸
۲-۸- ساختار نرم‌افزاری	۱۹
۲-۹- اجزای شبکه‌های حسگر	۲۰

- ۲-۱۰- سیستم عامل ۲۱
- ۲-۱۱- الگوریتم مسیریابی ۲۱
- ۲-۱۲- عوامل موثر بر کاهش مصرف انرژی ۲۱
- ۲-۱۳- انواع روش‌های کاهش مصرف انرژی در WSN ۲۲
- ۲-۱۳-۱- مبتنی بر دوره گردش کاری ۲۲
- ۲-۱۳-۲- مبتنی بر دوره داده‌گرایی ۲۴
- ۲-۱۳-۳- مبتنی بر تحرک مقصد ۲۶
- ۲-۱۴- نتیجه گیری ۲۷
- ۳- فصل سوم: پیشینه کارهای انجام شده در شبکه‌های حسگر بی‌سیم ۲۹
- ۳-۱- مقدمه ۳۰
- ۳-۲- مسیریابی ۳۰
- ۳-۲-۱- مسیریابی سنتی ۳۲
- ۳-۲-۲- مسیریابی سلسله‌مراتبی ۳۳
- ۳-۳- مسیریاب‌های مبتنی بر مکان ۳۴
- ۳-۳-۱- پروتکل مسیریابی Leatch ۳۴
- ۳-۳-۲- پروتکل مسیریابی PEGASIS ۳۵
- ۳-۳-۳- پروتکل مسیریابی TEEN ۳۶
- ۳-۴- مشخصات شبکه حسگر بی‌سیم ۳۷
- ۳-۵- خوشه بندی ۳۷

۳-۶-	پارامترهای خوشه بندی	۳۹
۳-۷-	تفاوت خوشه بندی به روش کلاسیک با روش تکاملی	۳۹
۳-۸-	فشرده سازی و غربال داده ها	۳۹
۳-۹-	الگوریتم PSO	۴۰
۳-۱۰-	نتیجه گیری	۴۳
۴-	فصل چهارم: روش پیشنهادی و نتایج شبیه سازی	۴۵
۴-۱-	مقدمه	۴۶
۴-۲-	مفروضات مدل شبکه حسگر بی سیم	۴۷
۴-۳-	روش پیشنهادی	۴۸
۴-۴-	بهینه سازی مرکز خوشه ها	۵۰
۴-۵-	انتقال داده	۵۱
۴-۶-	مسیریابی در روش پیشنهادی	۵۱
۴-۷-	نتایج	۵۲
۴-۸-	نتیجه گیری	۵۷
۵-	فصل پنجم: جمع بندی و پیشنهادها	۵۹
۵-۱-	جمع بندی	۶۰
۵-۲-	پیشنهادهای و کارهای بعدی در این زمینه	۶۰
۶-	مراجع	۶۲

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲ کاربرد شبکه‌های حسگر بی‌سیم در تشخیص زلزله	۱۵
شکل ۲-۲ معماری شبکه‌های WSN	۱۹
شکل ۳-۱ مسیریابی در شبکه‌های WSN	۳۱
شکل ۲-۳ الگوریتم مسیریابی سیل آسا	۳۳
شکل ۳-۳ مسیریابی سلسله‌مراتبی	۳۳
شکل ۴-۳ مسیریابی در پروتکل PEGASIS	۳۶
شکل ۵-۳ مسیریابی در پروتکل TEEN	۳۷
شکل ۶-۳ الگوریتم PSO	۴۲
شکل ۱-۴ بلوک دیاگرام روش پیشنهادی	۴۹
شکل ۲-۴ چیدمان تصادفی نودهای شبکه حسگر بی‌سیم روش پیشنهادی	۵۳
شکل ۳-۴ خوشه‌بندی روش پیشنهادی در اولین دور	۵۳
شکل ۴-۴ خوشه‌بندی روش پیشنهادی	۵۴
شکل ۵-۴ گره‌های مرده در آخرین دورهای اجرای الگوریتم پیشنهادی	۵۵
شکل ۶-۴ مسیریابی روش پیشنهادی	۵۵
شکل ۷-۴ نمودار تعداد گره‌های زنده روش پیشنهادی با سایر روش‌ها	۵۶
شکل ۸-۴ نمودار انرژی مصرفی روش پیشنهادی با سایر روش‌ها	۵۶

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۵۳	جدول ۱-۴ تعداد نودهای زنده و مرده در طول اجرای دورها

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه

شبکه‌های حسگر بی‌سیم از تعداد زیادی گره که به طور تصادفی منطقه‌ای را پوشش داده و هر یک مجهز به یک یا چند حسگر هستند تشکیل شده است. گره‌های حسگر به جمع‌آوری داده‌ها از فضای پیرامون خود نظارت و کنترل یک محیط خاص می‌پردازند سپس داده‌های خود را به مرکز داده ارسال می‌کنند تا پردازش لازم بر روی آنها صورت گرفته و تصمیم‌گیری شود. شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN) دارای کاربردهای مهمی در زمینه‌های نظامی، پزشکی، صنعتی، تجاری و غیره هستند. در این شبکه‌ها چون گره‌ها ناهمگن و گران‌قیمت می‌باشند، باید چرخه انرژی متعادل شود. با استفاده از یک الگوریتم مسیریابی خوشه‌ای (CHRA) می‌توان تعادل انرژی و طول عمر شبکه را افزایش داد که این الگوریتم گره‌های ناهمگن را به دو دسته تقسیم می‌کند. دسته اول شامل گره‌هایی است که اطلاعات را به سرخوشه منتقل می‌کنند و بقیه متعلق به نوع دوم بوده که در این مدل اطلاعات گره‌های خوشه جمع‌آوری می‌شوند و مبتنی بر آن بسته‌ها به ایستگاه پایه ارسال می‌شود. تحلیل عملکرد و نتایج عددی به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که با استفاده از الگوریتم مسیریابی (LACH_C) می‌توان مصرف انرژی را متعادل و طول عمر شبکه و دوره پایداری آن را طولانی‌تر کرد [۱].

یکی دیگر از راه‌های بهبود راندمان انرژی و طول عمر در این شبکه‌ها، استفاده از الگوریتم مسیریابی LAR است که مکانیزم بین لایه‌ای، اطلاعات مربوط به انرژی باقیمانده گره و فاصله آن تا گره بعدی را در نظر می‌گیرد. باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده این الگوریتم مسیریابی می‌تواند در بهینه‌کردن مصرف انرژی گره‌ها و کاهش هزینه‌ها، در نرخ اتلاف بسته شبکه و همچنین طول عمر شبکه‌ها مؤثر باشد [۲]. یکی از چالش‌های مهمی که شبکه‌های حسگر بی‌سیم با آن مواجه هستند، طول عمر شبکه است. مدلی در مرجع [۳] برای طراحی این شبکه‌ها ارائه شده که در آن انرژی مصرفی را به حداقل رسانده و یک استراتژی جدید مسیریابی را معرفی می‌کند که روشی مؤثر برای به‌حداقل‌رساندن انرژی مصرفی است [۳].

۱-۲- اهمیت بررسی مسیریابی و خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم

شبکه حسگر بی‌سیم به سرعت در حال تحول با کاربردهای عظیم در چندین حوزه از قبیل پایش ساختاری، پایش سلامت و غیره است. این شبکه با چالش بزرگ طول عمر باتری‌های خود مواجه است. از این رو، ما قصد داریم با ارائه روشی مناسب و پویا از ترکیب مسیریابی مطلوب‌تر و خوشه‌بندی درست گره‌های حسگر، مصرف انرژی باتری‌ها را تا حد امکان کاهش داده، طول عمر شبکه را افزایش دهیم، که شبکه زمان بیشتری بتواند فعال بماند. در نتیجه در این پایان‌نامه دو مساله خوشه‌بندی و مسیریابی ارائه شده است.

۱-۳- هدف انجام تحقیق

هدف از این پایان‌نامه، مطالعه و بررسی مسیریابی و خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به منظور بهینه‌سازی در مصرف انرژی با استفاده از مدل تحلیلی ریاضی و همچنین تحلیل خوشه‌بندی می‌باشد. به عبارت دیگر، به کمک الگوریتم ازدحام ذرات می‌توان بهترین خوشه‌بندی و بهترین مسیریابی در انتخاب سرخوشه‌های مناسب دست یافت. همچنین مصرف بهینه انرژی، افزایش طول عمر شبکه و پوشش یکنواخت شبکه را به همراه خواهد داشت. به طور خلاصه، اهداف پروژه را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

- بررسی مسیریابی و خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم
- خوشه‌بندی و مسیریابی مبتنی بر الگوریتم PSO در نرم افزار متلب
- تحلیل خوشه‌بندی به منظور بهینه‌سازی در مصرف انرژی
- استفاده از الگوریتم PSO در انتخاب سرخوشه‌ها و مسیریابی می‌تواند مصرف انرژی تا حد زیادی کاهش دهد

۱-۴- روش انجام تحقیق

در یک دهه اخیر استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم با رشد فراوانی مواجه شده است. که از مهمترین آنها می‌توان به حوزه پایش ساختاری، پایش سلامت و غیره اشاره کرد. از این رو، ما قصد داریم با ارائه

روشی مناسب و پویا از ترکیب مسیریابی مطلوب‌تر و خوشه‌بندی درست گره‌های حسگر، مصرف انرژی باتری‌ها را تا حد امکان کاهش داده، طول عمر شبکه را در حوزه‌های مختلف از جمله کشاورزی، پزشکی و صنعتی تا کاربردهای نظامی افزایش دهیم تا براساس آن شبکه زمان بیشتری فعال بماند.

۱-۵- مراحل انجام تحقیق

مراحل انجام تحقیق به شرح زیر بوده است:

۱. جمع آوری و مطالعه مراجع و اطلاعات مورد نیاز و بررسی ساختارهای استفاده شده در این نوع شبکه‌ها و انتخاب یک نمونه
۲. مدل‌سازی خوشه بندی و استخراج نتایج
۳. تجزیه و تحلیل نتایج حاصل
۴. ارائه‌ی یک روش مناسب برای مسیریابی و خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به منظور بهینه‌سازی در مصرف انرژی
۵. انجام آزمایش‌های عملی برای بررسی صحت نتایج و نتیجه گیری

۱-۶- ساختار پایان‌نامه

در فصل دوم ابتدا به بررسی ساختارهای مختلف مسیریابی و خوشه بندی پرداخته می‌شود و از میان ساختارهای گوناگون موجود، ساختاری پرکاربرد، برای بررسی انتخاب می‌گردد. سپس تعریفی مشخص از مسیریابی و خوشه بندی ارائه شده است و مبانی نظری شبکه‌های حسگر بی‌سیم بیان شده است. بررسی پیشینه تحقیق شبکه حسگر بی‌سیم در فصل سوم آورده شده است. در این فصل معماری شبکه، کاربردهای شبکه حسگر و معماری آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین در این فصل مبحث خوشه-بندی و مسیریابی مورد تحلیل قرار گرفته است. فصل چهارم به توضیح روش پیشنهادی می‌پردازد، پس از بیان الگوریتم PSO به خوشه‌بندی شبکه و انتخاب سرخوشه با استفاده از الگوریتم PSO مورد استفاده قرار گرفته و نتایج آورده شده است. در فصل پنجم نتایج حاصل از این تحقیق جمع بندی شده و پیشنهاداتی برای ادامه کار آورده شده است.

فصل دوم: مبانی نظری

۲-۱- مقدمه

پیشرفت‌های اخیر در کوچک‌سازی، طراحی مدارهای کم مصرف و تجهیزات ارتباطی بی‌سیم ساده و کم مصرف و توسعه شرکت‌های تولید کننده منابع انرژی کوچک به همراه کاهش هزینه‌های تولید موجب ایجاد دیدگاه فناوری جدیدی با نام شبکه‌های حسگر بی‌سیم گردید [۴].

در سال‌های اخیر حرکت سینک^۱ در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به عنوان یکی از مهمترین تکنیک‌های برای افزایش طول عمر شبکه مطرح شده است زیرا حرکت سینک در داخل شبکه به علت کاهش فاصله حسگر از سینک باعث صرفه جویی زیادی در مصرف انرژی می‌گردد [۵].

با توجه به اینکه روش‌های جمع‌آوری داده متفاوتی برای شبکه‌های حسگر پیشنهاد شده است و در بین آنها روش‌های مبتنی بر خوشه‌بندی بطور بالقوه موثرترین روش‌ها برای جمع‌آوری داده در شبکه‌های حسگر بوده است. به منظور خوشه‌بندی گره‌ها در جهت کاهش مصرف انرژی سرخوشه‌ها و با هدف بهینه‌سازی حرکت سینک، از پارامترهای زمان حرکت، توقف سینک و شعاع ارسالی داده در جمع‌آوری داده‌ها استفاده می‌شود.

تحقیقات و روش‌های فراوانی به منظور بهبود پارامترهای شبکه حسگر بی‌سیم ارائه شده است. هدف تمامی این تلاش‌ها و پژوهش‌ها داشتن یک سیستم با شیوه‌های کنترلی ساده و در عین حال مطمئن و با هزینه پایین است. این روش‌ها می‌بایست توانایی پاسخگویی به درخواست‌ها در شرایط محدودیت‌هایی مانند پهنای باند، موانع طبیعی و مصنوعی را داشته باشند. همچنین قابلیت انتقال حجم زیاد اطلاعات را داشته باشند. به طور کلی شبکه‌های حسگر با مسائل فنی از قبیل پردازش داده، ارتباطات و مدیریت حسگرها روبه‌رو هستند و دلیل به وجود آمدن این مسائل را می‌توان استفاده از این شبکه‌ها در محیط‌های نامعین، دینامیک با محدودیت‌های پهنای باند و انرژی اشاره کرد. در شبکه‌های حسگر بی‌سیم منابع انرژی، پهنای باند و توان پردازش به طور دائمی در حال تغییر است و سیستم باید به طور خودکار در حالت فعال بماند. با توجه به اینکه حسگرها با باتری کار می‌کنند و ظرفیت باتری‌ها

^۱Sink

محدود هستند، مسیریابی و خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم اهمیت ویژه‌ای دارند. که به دلیل ارسال داده‌ها به سمت ایستگاه فقط به وسیله‌ی سرخوشه‌ها، پهنای باند مصرفی بسیار کمتری اشغال می‌شود. به این دلیل که حسگرها فقط با سرخوشه‌های خودشان ارتباط برقرار کرده و از ارسال داده‌های غیر ضروری و تکراری بین خودشان اجتناب می‌کنند، در محیط شبکه هنگام انتقال اطلاعات به گره مورد نظر ممکن است که آنها از چندین گره عبور کنند. پس الگوریتم پیوند باید وابستگی اطلاعات را تشخیص داده و از پیوند مجدد آنها جلوگیری کند. نگه داشتن سابقه داده و مسیر آن روشی است که در بسیاری از شبکه‌های حسگر استفاده می‌شود. اما امکان دارد که روش گفته شده برای شبکه‌هایی با تعداد گره‌های حسگر زیاد، محدودیت انرژی و منابع پردازشی و ارتباطی، عملی نباشد. طول عمر سرخوشه‌ها برای عملکرد طولانی شبکه بسیار مهم است. در بسیاری از شبکه‌های حسگر بی‌سیم، خوشه‌ها از بین حسگرهای عادی انتخاب می‌شوند که این کار باعث از بین رفتن سریع سرخوشه‌ها بخاطر کار بیشتر می‌گردد. در این فصل به معرفی انواع مسیریابی و خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم پرداخته شده است

۲-۲- مسیریابی و خوشه‌بندی

در روشی که در مرجع [۶] پیشنهاد شده است به بررسی ادبیات حسگر پرداخته و در ادامه کار نیز روش های جمع آوری اطلاعات و نحوه جلوگیری به مرز های شبکه حسگر بی‌سیم صحبت شده است. مرجع [۷] در مقاله خود به بررسی روش‌های بهینه سازی و ردیابی مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم پرداخته شده است و در پایان این نتیجه ها را باهم مقایسه می کند. در مرجع [۸] در پژوهش خود که روش مبتنی بر همکار شبکه را معرفی می کند. که در آن حرکت سینک بر اساس توپولوژی فیزیکی شبکه انتخاب می کنند. همچنین گره ها با شیوه ای کاملاً توزیع شده، سینک را در طول مسیری که از قبیل محاسبه شده ، هدایت می کنند. در مرجع [۹] به دنبال ارائه الگوریتم های بهینه سازی در خصوص حرکت سینک در شبکه هستند و حرکت سینک را در باب طرح ریزی به چهار دسته اصلی ، متمرکز ، مبتنی برهمکار شبکه ، تصادفی و مبتنی بر پوشش منطقه ای تقسیم می کند. نویسندگان

مرجع [۱۰] در پژوهش خود به بیان روش متمرکز بر اساس مسیر حرکت سینک بر نامه ریزی و طراحی می کند که در آن سینک خود به عنوان تصمیم گیرنده عمل می کند. ارائه دهنده گان در مرجع [۱۱] استفاده کرده اند اما روشی جهت محاسبه مقادیر بهینه پارامترهای الگوریتم از LEACH از یک روش خوشه بندی تصادفی شبیه قبل بکار برده اند و از ارسال چندگامی برای ارتباطات درون خوشه ای و بین خوشه ای استفاده نموده اند. در مرجع [۱۲] روشی کارا برای خوشه بندی شبکه های حسگر بی سیم با استفاده از تکنیک اتوماتای یادگیرسلولی ارائه گردیده است. روش ارائه شده در چند مرحله نودهای سرخوشه را بر اساس پارامترهای مختلف مثل میزان انرژی و تعداد همسایگان و ... شناسایی می نماید و خوشه هایی متوازن با سر خوشه هایی با انرژی بالاتر نسبت به نودهای معمولی ایجاد می نماید. در مرجع [۱۳] در مقاله خود یک پروتکل خوشه بندی بهینه براساس فاصله و انرژی ارائه شده است. پروتکل ارائه شده پارامترهای انرژی و فاصله ی هر حسگر را در مرحله انتخاب سرخوشه در نظر میگیرد. برای هر سرخوشه، با توجه به میزان انرژی باقیمانده و فاصله از ایستگاه اصلی حداکثر اعضاء خوشه تعیین می شود. به این ترتیب در این پروتکل، حسگرها با انرژی بیشتر و فاصله کمتر با احتمال بیشتری سرخوشه می شوند و تعداد حسگرهای بیشتری را در خوشه ی خود خواهند داشت و سرخوشه ها با فاصله زیاد از ایستگاه اصلی تعداد اعضاء کمتری در خوشه خود خواهند داشت. بنابراین در این پروتکل انرژی مصرفی در شبکه کاهش مییابد و مصرف آن به صورت یکنواخت در شبکه توزیع میشود. در مرجع [۱۴] روش مبتنی بر تصادف، مسیریابی سینک از تعدادی مرحله تصادفی معرفی می شود. که در هر مرحله، سینک جهتی را به صورت تصادفی انتخاب کرده و به آن سمت حرکت و داده های آنها را جمع آوری می کند.

تابه حال الگوریتم های زیادی برای حل مشکل مسیریابی و خوشه بندی شبکه های حسگر بیسیم پیشنهاد شده است که در طراحی مکانیزم هایی چون مسیریابی و خوشه بندی علاوه بر مشخصات خاص حسگرهای شبکه و کاربرد شبکه در نظر گرفته می شود پروتکل های مبتنی بر روش های مناسبی برای بالابردن طول عمر شبکه های حسگر ارائه می دهند اما مصرف انرژی بالایی را به سرخوشه تحمیل

می‌کنند به‌طوری‌که پروتکل باید در هر دوره آرایش خوشه‌ها و همچنین سرخوشه‌ها را جهت افزایش طول عمر شبکه تغییر دهیم.

خوشه‌بندی داده‌های چندبعدی بر مبنای الگوریتم PSO انجام شد این تحقیق بر ارائه PSO جدیدی بر مبنای تکنیک خوشه‌بندی می‌پردازد رویکردی ترکیبی برای مسئله خوشه‌بندی داده‌های چندبعدی با پیش‌بینی مرکز خوشه اولیه و برخی از خوشه‌ها و بهینه‌سازی آنها با یکی از متغیرهای تأثیرگذار PSO را پیشنهاد می‌نماید رویکرد ترکیبی شامل الگوریتم‌های هوشمند ازدحام از جمله BRAPSO می‌شوند که متغیر جدیدی از PSO الگوریتم خوشه‌بندی کاهنده می‌باشد که به ارزیابی خوشه‌بندی در داده‌های چندبعدی می‌پردازد [۱۵].

در مقاله دیگر ترکیب PSO و k میانگین‌ها برای ارتقاء خوشه‌بندی داده‌ها این دو الگوریتم را ترکیب کرده‌اند. با این ترکیب یک رویکرد جدید خوشه‌بندی ارائه شده است. که آن را یک الگوریتم ترکیبی می‌شناسیم. از ترکیب این دو الگوریتم در خوشه‌بندی از مزایایی آنها بهره‌مند می‌شویم [۶].

قبل از تشکیل شبکه محل حسگرهای سرخوشه کاملاً معین می‌باشند. در اینجا محل بهینه سرخوش‌ها را نیز از بین تمام گره‌های حسگر پخش شده در محیط توسط PSO پیدا خواهیم کرد و پس از مشخص شدن گره‌های سرخوشه هر گره حسگر دارای لیستی از سرخوشه‌های احتمالی برای تخصیص خواهد بود که فقط به یکی از آنها تخصیص داده خواهد شد [۱۷].

در این پژوهش‌های قبلی قبل از شروع الگوریتم مسیریابی سرخوشه‌ها را مشخص می‌کردند ولی در این تحقیق خود الگوریتم ذرات در دور اول به‌صورت تصادفی سرخوشه‌ها را مشخص می‌کند و در دوره‌های بعدی بر اساس محاسبات این الگوریتم ممکن است سرخوشه‌ها تغییر کنند و همین دلیل در این مرحله اندازه بردار موقعیت ذرات برابر مجموع تعداد سرخوشه‌های موردنیاز و تعداد کل گره‌های حسگر است بردارهای سرعت و موقعیت تا زمان رسیدن به شرط توقف در الگوریتم ازدحام ذرات دو هدف داریم یک کمینه کردن حداکثر تعداد گام و کمینه کردن حداکثر فاصله بین گره‌های حسگر و سرخوشه آن‌ها بر اساس این دو هدف تابع تناسب تولید می‌شود تا در هر تکرار پی و جی به‌روزرسانی

شده و بردار موقعیت ذرات تولید می‌شود. شرط توقف در این تحقیق رسیدن به تعداد تکرار مشخص است بردارهای سرعت و موقعیت تا زمان رسیدن به شرط توقف به صورت پی‌درپی به روزرسانی می‌شوند بعد از تمام شدن کار این الگوریتم برداری بهینه سراسری شامل بهترین گره‌های سرخوشه و بهترین مسیر بهینه از هر سرخوشه به ایستگاه پایه می‌باشد بعد از اجرای الگوریتم‌های مسیریابی ایستگاه پایه به کمک اطلاعات ذکر شده اقدام به اجرای الگوریتم خوشه‌بندی برای تشکیل سرخوشه‌ها جهت متعادل کردن بار شبکه می‌شود تا به هدفی که در این بخش با بخش خوشه‌بندی استفاده می‌شود متفاوت می‌باشد [۱۸].

۲-۳- شبکه حسگر بی‌سیم

پیشرفت‌های اخیر در زمینه الکترونیک و مخابرات بی‌سیم توانایی طراحی و ساخت حسگرهایی را با توان مصرفی پایین، اندازه کوچک، قیمت مناسب و کاربری‌های گوناگون داده‌است. این حسگرهای کوچک که توانایی انجام اعمالی چون دریافت اطلاعات مختلف محیطی بر اساس نوع حسگر، پردازش و ارسال آن اطلاعات را دارند، موجب پیدایش ایده‌ای برای ایجاد و گسترش شبکه‌های موسوم به شبکه حسگر بی‌سیم (WSN) شده‌اند.

یک شبکه حسگر متشکل از تعداد زیادی گره‌های حسگر است که در یک محیط به‌طور گسترده پخش شده و به جمع‌آوری اطلاعات از محیط می‌پردازند. لزوماً مکان قرار گرفتن گره‌های حسگر، از قبل تعیین شده و مشخص نیست. چنین خصوصیتی این امکان را فراهم می‌آورد که بتوانیم آن‌ها را در مکان‌های خطرناک یا غیرقابل دسترس رها کنیم.

از طرف دیگر این بدان معنی است که پروتکل‌ها و الگوریتم‌های شبکه‌های حسگری باید دارای توانایی‌های خودساماندهی باشند. دیگر خصوصیت‌های منحصر به فرد شبکه‌های حسگر، توانایی همکاری و هماهنگی بین گره‌های حسگر است. هر گره حسگر روی برد خود دارای یک پردازشگر است و به جای فرستادن تمامی اطلاعات خام به مرکز یا به گره‌ای که مسئول پردازش و نتیجه‌گیری اطلاعات است،

ابتدا خود یک سری پردازش‌های اولیه و ساده را روی اطلاعاتی که به دست آورده‌است، انجام می‌دهد و سپس داده‌های نیمه پردازش شده را ارسال می‌کند.

با اینکه هر حسگر به تنهایی توانایی ناچیزی دارد، ترکیب صدها حسگر کوچک امکانات جدیدی را عرضه می‌کند. در واقع قدرت شبکه‌های بی‌سیم حسگر در توانایی به‌کارگیری تعداد زیادی گره کوچک است که خود قادرند سرهم و سازماندهی شوند و در موارد متعددی چون مسیریابی هم‌زمان، نظارت بر شرایط محیطی، نظارت بر سلامت ساختارها یا تجهیزات یک سیستم به کار گرفته شوند.

گستره کاربری شبکه‌های بی‌سیم حسگر بسیار وسیع بوده و از کاربردهای کشاورزی، پزشکی و صنعتی تا کاربردهای نظامی را شامل می‌شود. به عنوان مثال یکی از متداول‌ترین کاربردهای این تکنولوژی، نظارت بر یک محیط دور از دسترس است. مثلاً نشتی یک کارخانه شیمیایی در محیط وسیع کارخانه می‌تواند توسط صدها حسگر که به‌طور خودکار یک شبکه بی‌سیم را تشکیل می‌دهند، نظارت شده و در هنگام بروز نشت شیمیایی به سرعت به مرکز اطلاع داده شود.

در این سیستم‌ها بر خلاف سیستم‌های سیمی قدیمی، از یک سو هزینه‌های پیکربندی و آرایش شبکه کاسته می‌شود از سوی دیگر به جای نصب هزاران متر سیم فقط باید دستگاه‌های کوچکی را که تقریباً به اندازه یک سکه هستند. شبکه حسگر بی‌سیم (Wireless Sensor Network/ WSN) به یک شبکه بی‌سیم از حسگرهای خودراهر گفته می‌شود که با فاصله پخش شده‌اند و برای اندازه‌گیری گروهی برخی از کمیت‌های فیزیکی یا شرایط محیطی مانند دما، صدا، لرزش، فشار، حرکت یا آلاینده‌ها، در مکان‌های مختلف یک محدوده کاربرد دارد. شبکه‌های حسگر با انگیزه استفاده در کاربردهای نظامی مانند نظارت بر میدان جنگ، توسعه پیدا کرد. اما امروزه شبکه‌های حسگر بی‌سیم در صنعت و بسیاری از مقاصد غیرنظامی استفاده می‌شوند، از جمله نظارت و کنترل فرایندهای صنعتی، نظارت بر سلامت دستگاه‌ها، نظارت بر محیط یا خانه، کاربردهای مراقبت از سلامتی، خانه‌های هوشمند، کشاورزی و کنترل ترافیک [۱۹].

علاوه بر یک یا چند سنسور، هر گره از شبکه معمولاً مجهز به یک فرستنده و گیرنده رادیویی (یا هر وسیله مخابراتی بی‌سیم دیگر)، یک میکروکنترلر کوچک، و یک منبع انرژی (معمولاً یک باتری) است. اندازه یک گره سنسوری بسته به اندازه بسته‌بندی آن تغییر کرده و تا یک‌دانه شن قابل کوچک‌سازی است؛ که قطعات این شنریزه در ابعاد میکروسکوپی هنوز باید ساخته شود. به‌طور مشابه قیمت هر گره حسگر می‌تواند بین چند صد دلار تا چند سنت، بسته به اندازه و پیچیدگی مورد نیاز یک گره متفاوت باشد. محدودیت‌های قیمت و اندازه در گره‌های حسگر منجر به محدودیت در منابعی مانند انرژی، حافظه، سرعت پردازش و پهنای باند در آن‌ها می‌شود.

یک شبکه سنسور معمولاً تشکیل یک شبکه‌های بی‌سیم اقتضایی (ad-hoc) را می‌دهد، به این معنی که هر گره از الگوریتم مسیریابی multi-hop استفاده می‌کند. (تعداد زیادی گره یک بسته اطلاعاتی را جلو برده و به ایستگاه مرکزی می‌رساند). در حال حاضر شبکه‌های بی‌سیم حسگر یکی از موضوعات فعال تحقیقاتی در علوم کامپیوتر و ارتباطات است که هر ساله تعداد بیشماری کارگاه و کنفرانس در این زمینه انجام می‌شود.

یکی از نیازمندی‌های مهم شبکه حسگر، سرویس هم‌زمانی است. اهمیت زمان در شبکه‌های حسگر باعث شده که اخلاص در هم‌زمانی حسگرها یکی از اهداف اولیه دشمن برای حمله به این شبکه‌ها باشد. دشمن سعی می‌کند به طرق مختلف مانند اخلاص در رسیدن پیام‌های هم‌زمانی، تغییر یا جعل آن‌ها، تأخیر دادن به پیام‌های حساس به زمان، تسخیر برخی گره‌ها و ارسال پیام‌های هم‌زمانی غلط توسط آن‌ها مانع از هم‌زمانی صحیح در شبکه شود. علی‌رغم معرفی چند روش هم‌زمانی برای شبکه‌های حسگر در سال‌های اخیر، تا کنون روش هم‌زمانی جامعی که بتواند نیازمندی‌های امنیتی و کارامدی این شبکه‌ها را توأمان برآورده کند، ارائه نشده است.

دستاوردها و فناوری جدید در زمینه الکترونیک و مخابرات بی‌سیم، توانایی طراحی و ساخت حسگرهایی را با توان مصرفی پایین و اندازه کوچک داده است. این حسگرها، توانایی انجام فرآیندهایی چون دریافت و پردازش اطلاعات مختلف محیطی را دارند که موجب پیدایش ایده ای برای ایجاد و

گسترش شبکه های موسوم به شبکه های حسگر بی سیم یا شبکه های WSN شده اند. بیشتر تحقیقات بر روی شبکه های حسگر بیسیم در جهت کاهش مصرف توان الکتریکی است. ازاین رو پروتکل های مسیریابی در مرحله اول می بایست بسیار با احتیاط طراحی شده و کارا بودن آنها از لحاظ توان مصرفی جهت هرچه بیشتر زنده نگاهداشتن شبکه، پائین آوردن مصرف توان و قابلیت اعتماد به آنها از نظر برآورده ساختن سرویس های موردنیاز، لحاظ گردد. پروتکل های مسیریابی باید به صورت توزیعی و با رویکرد تمرکز زدایی در هر گره بوده به طوریکه هر گره به طور محلی بتواند خودمختار رفتار کرده و تصمیمات مسیریابی مجزایی برای پاسخ به تغییرات در محیط های خارجی داشته باشد. همچنین پروتکل ها باید قابلیت بسط پذیری، کارایی مؤثر و نیز توانایی حفظ شبکه برای مدت طولانی تری را فراهم آورند. در این تحقیق، مدل ها، راهکارها و الگوریتم های مختلفی از پروتکل های مسیریابی در شبکه های حسگر بی سیم با توجه به نیازهای مختلف و سطح کیفیت سرویس خواسته شده در برنامه های کاربردی متفاوت به بحث گذاشته خواهد شد. در این راستا هدف اصلی امنیت اطلاعات نیست چراکه هدف اصلی انتقال مطمئن با کمترین هزینه است حال اگر دراین بین منبعی بخواهد از اطلاعات استفاده کند و یا کپی برداری کند بلامانع است فقط باید داده ها به طور کامل و با انرژی کمتر به گره مقصد برسد. مرجع [۲۰] در واقع یکی از اساسی ترین اهداف طرح های شبکه های حسگر بی سیم، عملی کردن مخابره داده هاست به طوری که سعی در افزایش طول عمر شبکه دارند، همچنین جلوگیری از خراب شدن اتصالات از طریق روش های مدیریت توان هست.

۲-۴- ویژگی های شبکه حسگر بی سیم

با توجه به اینکه شبکه های حسگر بیسیم مزایای فراوانی دارند، بهره گیری از آنها در مقایسه با سیستم های نظارتی متعارف با رشد چشمگیری مواجه شده است. از جمله این مزایا می توان به هزینه پایین، سهولت و سرعت پیاده سازی و پیکربندی خودکار اشاره کرد.

از جمله ویژگی های مهم و کاربردی شبکه های حسگر بی سیم می توان به موارد زیر اشاره کرد:

در مقایسه با شبکه های بیسیم سنتی در شبکه های حسگر بیسیم همه گره ها نیاز به ارتباط مستقیم به ایستگاه مبدأ ندارند. به عبارت دیگر این حسگر به خوشه های تقسیم می شوند که هر خوشه دارای یک سرخوشه می باشد. وظیفه جمع آوری اطلاعات برعهده سرخوشه ها می باشد. این امر به منظور جمع آوری اطلاعات به منظور کاهش اطلاعات ارسالی از گره ها به مقصد و در نتیجه بهبود بازده انرژی شبکه انجام می شود.

در شبکه های حسگر بیسیم از دست رفتن یک یا چند گره قابل جبران می باشد. این امر با استفاده از قابلیت شبکه ای همتا به همتا و ارتباطات مش گونه انجام می گیرد. علاوه بر این با بهره گیری از قابلیت مش، قابلیت تطبیق یافتن گره های کنونی با گره های جدید امکان پذیر می باشد و در نتیجه منجر به پوشش بیشتر ناحیه جغرافیایی می گردد.

حسگرهای موجود در شبکه دارای دامنه حسگری می باشند که محیط اطراف خود را پوشش می دهند. بنابراین برای اینکه یک شبکه تمامی منطقه مورد نظر را تحت پوشش قرار دهد، هر حسگر می بایست در یک محل و با حداقل دامنه حسگری قرار گیرد تا نقاطی که درون شعاع r حسگر قرار می گیرند، پوشش داده شوند.

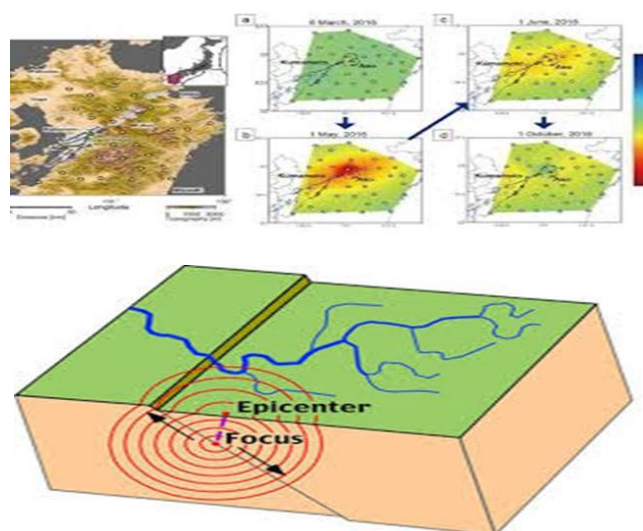
احتمال این وجود دارد که نقاطی در منطقه جغرافیایی باشد که تحت پوشش حسگرها قرار نگیرند. این نقاط به عنوان حفره های پوششی شناخته می شوند. بنابراین می بایست برای یک منطقه مشخص، حسگرها بگونه ای قرار گیرند که هیچ حفره پوششی ایجاد نشود [۲۱].

۲-۵- کاربردهای شبکه حسگر بیسیم

این شبکه ها توانایی های زیادی دارند مانند جمع آوری اطلاعات از مناطق غیرقابل دسترس و مناطق که تقریباً ورود انسان به آنجا غیرممکن است [۲۲].

هر ساله شاهد زلزله های زیادی هستیم که بعضی از آنها ویرانگر بوده و در صورت عدم پیش بینی، تلفات مالی و جانی زیادی در پی دارد. قبل از وقوع زلزله تغییراتی در محیط رخ می دهد که حیوانات گازهای پخش شده در هوا را احساس کرده و به آن حساسیت نشان می دهند. حیوانات تغییر رفتار

می‌دهند و دچار هیجان و استرس شدیدی می‌شوند و این استرس بر روی علائم حیاتی آنها تأثیر می‌گذارد، همان‌طور که استرس زیاد بر روی علائم حیاتی بدن انسان نیز تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین از طریق اندازه‌گیری و تحلیل علائم حیاتی بر روی یک حیوان میزان استرس در آنها را پیدا کنیم. از آنجایی که استرس می‌تواند ناشی از عوامل دیگری به غیر از زلزله باشد، میزان استرس را در چندین حیوان مختلف که در نقاط مختلفی از شهر قرار گرفته‌اند، را محاسبه کرده تا بتوانیم با اطمینان بیشتری احتمال وقوع زلزله زده شود [۲۲].



شکل ۱-۲ کاربرد شبکه‌های حسگر بی‌سیم در تشخیص زلزله [۲۲]

حفاظت از جنگل‌ها در برابر آتش سوزی بررسی وضعیت رشد گیاهان در دشته‌ها و ردگیری جانوران در حیات وحش از زمینه‌های از شبکه‌های حسگر در آن کاربردهای زیادی دارند کنترل علائم حیاتی بیماران با زده‌ام شبکه‌های حسگر چند رسانه‌ای به شبکه‌های سلولی می‌تواند خدمات پزشکی را به بیماران ارائه دهد به عنوان مثال بیماران می‌توانند از کارهای پزشکی را به منظور کنترل پارامترهای حیاتی مانند فشار خون و وضعیت تنفسی و گردش خون را با خود حمل کنند.

شهر بزرگی مانند تهران که هرروزه با مشکل بزرگی به نام آلودگی هوا مواجه است که بیشترین سهم این آلودگی مختص تردد خودروها می‌باشد که با مدیریت عبور و مرور این خودروها و کاهش سفرهای درون‌شهری می‌توان بخش زیادی از این تردها را کاهش داد. با مشاهده ترافیک در بزرگراه‌ها در

شهرهای بزرگ وسط شبکه‌های حسگر چندرسانه‌ای و توسعه سرویس‌هایی که مسیرهای ترافیکی بهتری را بسته به ترافیک بزرگراه‌ها و خیابان‌های سطح شهر به خودروها پیشنهاد می‌دهند، که می‌توان علاوه بر این، با وجود شبکه‌های حسگر بی‌سیم چندرسانه‌ایی و نصب آنها در خودروها می‌توان سیستمی طراحی کرد، برای پیدا کردن بهترین مسیر رسیدن به مقصد و پیدا کردن جاهای خالی برای پارک کردن در مناطق مشخص که با این کار می‌توان ترافیک شهری را کمی بهبود بخشید.

موارد استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم متنوع و زیاد است. به عنوان مثال در کاربردهای تجاری و صنعتی برای کنترل داده‌ها و مواردی که استفاده از گیرنده‌های سیمی مشکل و گران است به کار می‌روند. برای مثال این شبکه‌ها می‌توانند در محیط‌های بیابانی هم گسترش یابند و سال‌ها باقی بمانند. کاربرد دیگر اعلام خطر ورود مهاجم به یک محل کنترل شده و سپس ردیابی مهاجم است. از موارد دیگر کاربرد این شبکه‌ها می‌توان به نظارت بر محل‌های مسکونی، ردیابی هدف‌های متحرک، کنترل راکتور هسته‌ای، آشکارسازی حریق، نظارت ترافیک و غیره اشاره کرد.

۲-۶- چالش‌های پیش رو در شبکه حسگر بی‌سیم

از مهمترین چالش‌های پیش‌رو می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۲۳]:

۱- مدیریت انرژی:

یکی از مهمترین دغدغه‌های اصلی که طراحان شبکه با آن مواجه می‌باشند، محدود بودن انرژی گره‌های حسگر در شبکه‌های حسگر بی‌سیم است. با توجه به اینکه امکان شارژ مجدد باتری گره‌ها وجود ندارد، با اتمام باتری و خاموش شدن هر یک از گره‌ها، آن گره از بین می‌رود و احتمال از دست دادن چند گره دیگر نیز وجود دارد. این امر بخاطر این می‌باشد که دیگر گره‌ها انرژی لازم برای فعالیت در شبکه را دارا می‌باشند ولی به دلیل این که به واسطه این گره خاموش شده به شبکه حسگر متصل هستند، ارتباط خود را با شبکه از دست می‌دهند. بنابراین با از دست رفتن انرژی یک گره علاوه بر محروم شدن شبکه از آن گره ممکن است چالش‌هایی برای شبکه از جمله از دست دادن بخشی یا کل

شبکه را به همراه داشته باشد. بنابراین مدیریت انرژی در شبکه های حسگر بی سیم یک فرآیند کاربردی و مهم می-باشد.

۲- مقیاس پذیری:

یکی از قابلیت هایی که شبکه های حسگر بی سیم می بایست داشته باشند، توانایی توزیع و خود پیکربندی و همچنین قابلیت تعمیر شدن خودکار می باشد. بنابراین مقیاس پذیری یکی از شرط های مهم برای ادامه حیات شبکه های حسگر بی سیم می باشد.

۳- امنیت:

یکی از مهم ترین چالش هایی که شبکه حسگر با آن مواجه است، بحث امنیت است. با توجه به ساختار توزیع شده و پراکندگی جغرافیایی حسگرها، امکان نفوذ هکرها و ویروس ها به شبکه را آسان تر کرده است. از طرفی با توجه به امکانات محدود از جمله سیستم پردازشی و حافظه، می بایست روشی اتخاذ شود که کمترین هزینه را بر سیستم تحمیل کند.

۴- ارتباطات:

شبکه های حسگر بی سیم در مناطق جغرافیای بکار گرفته می شوند که دارای ویژگی های فیزیکی سخت، خطرناک و با تغییرات دمایی بالا می باشند. به عنوان نمونه می توان به شبکه ای اشاره کرد که با هدف پایش یک آتشفشان نیمه فعال طراحی و نصب شده است. سیستم ارتباطی این شبکه باید از ساختاری برخوردار باشد که در کمترین زمان ممکن فرآیند انتقال اطلاعات را انجام دهد. این احتمال وجود دارد که کوچک ترین تاخیر در برقراری ارتباط، فرآیند را با مشکل و احتمالا غیر ممکن می سازد.

۵- قابلیت اطمینان:

با توجه به اینکه به منظور پیاده سازی حسگرها از هلیکوپتر و یا وسایل مشابه استفاده می شود، این امر باعث می شود بدلیل ضربه های وارده به حسگر، چندین گره از بین برود یا در کار حسگرها اختلال ایجاد شود. از طرف دیگر مبتنی بر نوع کاربری آنها در شرایط محیطی سخت همانند کف اقیانوس یا بر روی سطح آن، محیط های آلوده شیمیایی و میکروبی، میداین جنگ و غیره مورد استفاده قرار گیرند.

بنابراین ساخت گره‌های حسگر باید به گونه‌ای باشد که مبتنی بر شرایط محیطی که در آن مورد استفاده قرار می‌گیرند، سازگار باشند. به عنوان نمونه می‌توان به حسگرهایی اشاره کرد که در کف اقیانوس مورد استفاده قرار می‌گیرند. ای حسگرها باید توانایی تحمل فشار زیاد و همچنین ضد آب باشند. بنابراین طراحی آنها باید بگونه‌ای باشد که مقاومت لازم در برابر چنین شرایطی را داشته باشند. همچنین طراحی شبکه نیز باید بگونه‌ای انجام گرفته باشد که خرابی یک یا چند گره منجر به وقفه در کار کل شبکه نشود.

۶- ناهماهنگی:

شبکه‌های حسگر بی‌سیم باید قابلیت تعامل با دستگاه‌های مختلف داشته باشند. دلیل آن این است که ممکن است درون یک شبکه با توجه به کاربرد آن از دو یا چند نوع حسگر مختلف استفاده شده باشد. بنابراین شبکه‌های حسگر می‌بایست دارای ویژگی تعامل با دستگاه، پروتکل‌های ارتباطی و الگوریتم‌های خاص باشد.

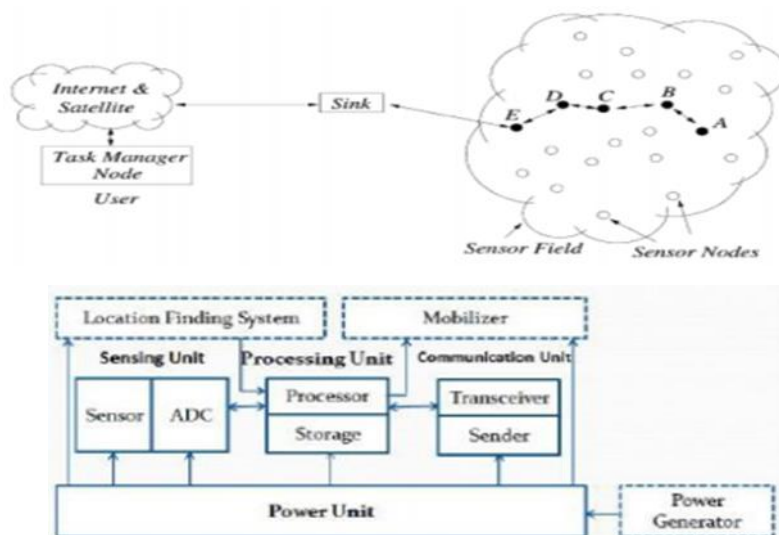
۷- هزینه تولید:

در یک دهه اخیر هزینه‌های اقتصادی مهمترین نقش را در پیاده‌سازی و گسترش شبکه‌ها دارا می‌باشند. با توجه به اینکه گره‌های حسگر از ابعاد فیزیکی کوچکی برخوردار می‌باشند و سادگی آن منجر به کم شدن هزینه می‌شود، ولی ممکن است یک شبکه حسگر از هزاران گره برخوردار باشد که با اندکی کاهش در قیمت منجر به کاهش زیادی در کل هزینه‌های شبکه شود.

۲-۷- معماری شبکه‌های WSN

شبکه‌های حسگر بی‌سیم در اصل برای جمع‌آوری اطلاعات از محیطی غیرقابل اعتماد به وجود آمد. تقریباً همه پروتکل‌های امنیتی برای WSN معتقدند که دشمن یا نفوذگر می‌تواند از طریق ارتباط مستقیم، کنترل کامل یک نود حسگر را در دست گیرد. ظهور شبکه‌های حسگر به عنوان یکی از تکنولوژی‌های اصلی آینده، چالش‌های متعددی را پیش روی محققان قرار می‌دهد. شبکه‌های حسگر بی‌سیم از تعداد زیادی از نودهای کوچک تشکیل شده است که به صورت جداگانه در حال کار کردن

هستند و موارد متعدد، بدون دسترسی به منابع انرژی تجدیدشدنی به کارشان ادامه می دهند. در نهایت، امنیت اهمیت به سزایی در پذیرش و استفاده از شبکه های حسگر، در کاربردهای متعدد دارد، همچنین چالش های گوناگون دیگری نیز وجود دارد. شبکه های حسگر بی سیم را از نظر ساختار سخت افزاری و فیزیکی و ساختار نرم افزاری می توان مورد بررسی قرار داد [۲۴].



شکل ۲-۲ معماری شبکه های WSN [۲۴]

هر نوع حسگر از قسمت های مختلفی تشکیل شده است و در واقع این قسمت ها در کنار هم یک ساختار را تشکیل می دهند. که به این نوع ساختار سخت افزاری می گوئیم که در شکل بالا نشان داده شده است. در واقع هر گره یا هر نوع از تعداد اجزای مختلفی ساخته شده است و همه قطعات آن را در یک کیت کوچک فشرده و در اندازه بسیار کوچکی پیاده سازی شده است که با این کار در اندازه و توان مصرفی هر نود تأثیر زیادی خواهد داشت.

۲-۸- ساختار نرم افزاری

فصل اصلی گره گیرنده شامل: اصلی ترین موضوع با قیمت کم با گره های گیرنده کوچک است. با ملاحظه به این اهداف، گره های گیرنده در حال حاضر در اصل نمونه های اولیه هستند. از کوچک سازی و کاهش هزینه متوجه می شویم که اهداف اخیر و آینده در پیشرفت رشته MEMS و NEMS است و تعدادی از گره های گیرنده پایین ارائه می شوند و تعدادی از گره ها هنوز در مرحله تحقیق هستند. نظر

کلی راجع به استفاده از شبکه، پایگاه‌ها و اجزاء و موضوعات مربوط در SNM قابل دسترس است. اگر عملیات ساخت گره‌ها پیچیده‌تر و بیشتر باشد. باعث بزرگ‌تر شدن اندازه شبکه می‌شود و به‌سادگی نمی‌توان آن را مدیریت کرد و نیازمند به نرم‌افزارهای قدرتمندی خواهیم شد. هنگام روبرو شدن با این مشکل از نرم‌افزار Tinyos یک نرم‌افزار با سیستم عامل ساده می‌باشد کمک می‌گیریم این نرم‌افزار می‌تواند منابع هر گره را مشخص و مدیریت کند. گره‌های حسگر نسبت به نوع کاربریشان از اجزای مختلف سخت افزاری تشکیل می‌شوند که با در کنار هم قرار گرفتن این اجزا در محیط مورد نظر می‌توانند به هدفی که قرار است برسند، کمک می‌کنند [۲۵].

در حالت کلی گره‌ها از یکسری اجزای عمومی تشکیل شده‌اند که عبارتند از:

- فرستنده و گیرنده رادیویی
- چندین نو حسگر
- موقعیت یاب مکان
- منبع انرژی توزیع شار

۲-۹- اجزای شبکه‌های حسگر

شبکه حسگر و اجزای تشکیل‌دهنده آن دارای کاربردهای خاص خود می‌باشند [۲۵].

گره چاهک: این گروه را می‌توان مدیر شبکه در نظر گرفت که وظیفه آن جمع‌آوری اطلاعات از سرخوشه‌ها به ایستگاه پایه می‌باشد ایستگاه پایه می‌باشد و این گره نسبت به بقیه نت‌ها از انرژی بیشتری برخوردار می‌باشد.

گره حسگر: این نوع گره‌ها انواع مختلفی دارند که هرکدام بسته به نوع خود کمیت‌ها و مقادیر فیزیکی را تشخیص داده و بعد از حس کردن آنها را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌کنند. کاربر: کاربر در اینجا نقش مدیر شبکه را دارد که با دریافت اطلاعات از گره چاهک به شبکه ارتباطی و بعد ارسال آنرا به عهده دارد.

۲-۱۰ - سیستم عامل

سیستم عامل برای گره های شبکه ارتباطی گیرنده بی سیم به نوعی پیچیدگی اش کمتر از اهداف کلی سیستم عامل است. هردو به دلیل احتیاجات خاص و درخواست شبکه ارتباطی خاص و به دلیل اضطرار یا تحمیل منبع در پایگاه سخت افزاری شبکه گیرنده است برای مثال کاربرد استفاده شبکه گیرنده معمولاً همکاری متقابل مثل یک کامپیوتر نیست. به همین علت، سیستم عامل احتیاجی به پشتیبانی کاربر ندارد علاوه بر آن تحمیل یا اضطرار منبع در دوره حافظه و نقشه حافظه سخت افزار را پشتیبانی می کند. شبکه ارتباطی گیرنده بی سیم، سخت افزارهایش فرقی با سیستم های سنتی تعبیه شده ندارد.

Tiny Os شاید اولین سیستم عاملی باشد که مخصوصاً طراحی شده برای شبکه ارتباطی گیرنده، برخلاف بیشتر سیستم عامل های دیگر Tiny Os براساس برنامه کامپیوتری یا فرایندی که هر مرحله اجرا مربوط به تحمیلات خارجی است برنامه نویسی می کند.

۲-۱۱ - الگوریتم مسیریابی

الگوریتم مسیریابی متشکل از تعداد زیادی از گره های گیرنده می باشند. WSN یک توزیع الگوریتمی است. و یکی از گرانترین عامل انرژی انتقال اطلاعات است. به این دلیل تحقیق الگوریتمی در WSN بیشتر تمرکز می کند. در مطالعه و طراحی آگاهانه از انرژی الگوریتم مسیریابی برای انتقال اطلاعات از گره های گیرنده به پایگاه انتقال اطلاعات معمولاً Multi-hop (از یک گره به یک گره به طرف پایگاه) به علت رشد چند برابر در هزینه انرژی انتقالات رادیویی نسبت به مساحت انتقال استفاده می شود.

۲-۱۲ - عوامل موثر بر کاهش مصرف انرژی

طراحان شبکه به دنبال طراحی شبکه های حسگری هستند که دارای طول عمری چند ماه تا یک سال باشند. بنابراین نیاز به بهینه سازی میزان مصرف انرژی در شبکه می باشد. یکی از کاربردی ترین راه حل ها بهینه سازی انرژی مصرفی در قسمت های حسی و ارتباطی گره ها می باشد. همچنین می توان

به نوع پوشش و اتصالات بین گره‌ها در شبکه توجه داشت که منجر به کیفیت بالاتر و کارایی کارآمدتر شبکه می‌شود.

۲-۱۳- انواع روش‌های کاهش مصرف انرژی در WSN

روش‌های مختلفی برای کاهش مصرف انرژی در گره‌های حسگر و در حالت کلی شبکه‌های حسگر بی‌سیم پیشنهاد شده است [۲۶]. این موارد در بخش‌های مختلف از جمله طراحی پروتکل، کاهش ارتباطات در لایه در نظر گرفته می‌شوند. بطور کلی، می‌توان این روشها را در سه دسته تقسیم بندی کرد که عبارتند از:

- مبتنی بر دوره گردش کاری
- مبتنی بر داده گرایی
- مبتنی بر تحرک مقصد

۲-۱۳-۱- مبتنی بر دوره گردش کاری

روش‌های مبتنی بر دوره گردش کاری بر روی زیرسیستم شبکه ای متمرکز می‌باشند. در حالت ایده‌آل، وظیفه رادیو بدین گونه است که چنانچه داده ای برای ارسال یا دریافت وجود ندارد، خاموش شود و اگر بسته داده جدیدی شروع به آماده شدن و انتقال شد، رادیو فعال گردد. بنابراین می‌توان گره‌ها را بر اساس فعالیت شبکه دارای دو حالت بین دوره‌ای فعال و غیرفعال در نظر گرفت. به این فرآیند در اصطلاح دوره گردش کاری گفته می‌شود. به عبارت دیگر دوره گردش کاری بخشی از دوره زمانی است که گره‌ها در طی طول عمر کاری خود فعال هستند. هنگامی که گره‌های حسگر از عمل اشتراکی برخوردار هستند، نیاز به هماهنگی زمان‌های خواب و بیداری می‌باشد. بنابراین الگوریتم از ساختار توزیع شده برخوردار می‌باشد و مبتنی بر حالتی می‌باشد که در آن گره‌های حسگر تغییر حالت می‌دهند. این الگوریتم به گره‌های همسایه این امکان را می‌دهد تا در آن واحد فعال شوند. این امر منجر به این فرآیند

می‌شود که تبادل بسته‌ها در زمان‌هایی که گره‌ها با دوره گردش کاری پایینی فعالیت می‌کنند، امکان پذیر شود.

بطور کلی روش‌های دوره گردش کاری به دو روش فرعی تقسیم می‌شوند که عبارتند از: کنترل توپولوژی و مدیریت توان.

۲-۱۳-۱-۱- کنترل توپولوژی

کنترل توپولوژی عبارت است از انتخاب زیرمجموعه بهینه‌ای از گره‌های شبکه که به منظور برقراری اتصال می‌بایست به فعالیت خود ادامه دهند. در این حالت بقیه گره‌ها می‌توانند به حالت خواب فرو روند و انرژی خود را ذخیره کنند. به عبارت دیگر می‌توان کنترل توپولوژی را بدین گونه تعریف کرد که زیر مجموعه بهینه‌ای از گره‌هاست که تضمین کننده اتصال می‌باشد. در حقیقت به دنبال استخراج افزونگی به منظور افزایش طول عمر شبکه است. در بسیاری از موارد آرایش شبکه حسگر بصورت تصادفی انجام می‌شود. به عنوان نمونه می‌توان به پرتاب کردن تعداد زیادی از گره‌های حسگر از هواپیما اشاره کرد. در بسیاری از موارد، قرارداد تعداد بیشتری از گره‌ها در همان شروع کار بسیار آسانتر از اضافه کردن گره‌های بیشتر پس از چیدمان اولیه است. بنابراین پروتکل‌های کنترل توپولوژی به آرایش شبکه به‌طور پویا و مبتنی بر نیازهای کاربردی تطبیق می‌دهند که این امر منجر می‌شود تعداد گره‌های فعال شبکه کمینه شود و منجر به افزایش طول عمر شبکه می‌شود. به منظور تعیین گره‌هایی که باید فعال یا غیر فعال باشند و همچنین به منظور مدت زمان فعالیت آنها معیارهای مختلفی تعریف می‌شود. به همین منظور می‌توان پروتکل‌های کنترل توپولوژی را به دو دسته تقسیم کرد که عبارتند از: پروتکل‌های مکان‌گرا و پروتکل‌های اتصال‌گرا.

پروتکل‌های مکان‌گرا مبتنی بر دانش قبلی می‌باشند. در این پروتکل فرض می‌شود که محل گره‌های حسگر و همچنین کدام گره و چه وقت باید روشن شود، مشخص می‌باشد. پروتکل‌های اتصال‌گرا به طور پویا در فعال یا غیرفعال کردن گره‌ها فعالیت می‌کنند. این فعالیت بگونه‌ای می‌باشد که اتصال شبکه و پوشش حسگری به طور کامل انجام می‌شود.

۲-۱۳-۱-۲- مدیریت توان

در لایه معماری مبتنی بر پیاده‌سازی شبکه مدیریت توان دسته‌بندی می‌شود. پروتکل‌های مدیریت توان را می‌توان به عنوان پروتکل‌های خواب و بیدار مستقل معمولاً در لایه شبکه یا کاربرد لایه بالایی پروتکل MAC پیاده‌سازی شوند. همچنین می‌تواند عمل پیاده‌سازی با خود پروتکل MAC نیز انجام گیرد. مزیت روش اول در این است که مبتنی بر یک الگوی خاص خواب و بیداری استفاده شده، مدیریت توان امکان بهینه‌سازی توابع دست یابی به لایه رسانه را میسر می‌کند. از طرفی و مزیت روش اول که مبتنی بر پروتکل‌های خواب و بیداری مستقل از لایه MAC می‌باشند، امکان انعطاف پذیری بیشتری را فراهم می‌کند که دلیل آن طراحی متناسب با نیازهای کاربردی می‌باشد و اصولاً با هر پروتکل MAC قابل استفاده هستند.

۲-۱۳-۲- مبتنی بر دوره داده‌گرایی

در روش‌های مبتنی بر دوره گردش کاری، داده ای که بوسیله گره‌های حسگر نمونه برداری می‌شوند، مورد توجه قرار نمی‌گیرد. بنابراین از این روش‌های داده‌گرا می‌توان به منظور افزایش بیشتر و کارآمدتر بهره‌وری انرژی استفاده کرد. به عبارت دیگر حسگرهای داده با دو روش بر مصرف انرژی تاثیر بسزایی دارند که عبارتند از: کاهش نمونه‌های غیر ضروری و اکتساب داده با بهره‌وری انرژی بالا. با توجه به اینکه داده‌های نمونه برداری شده عموماً از ویژگی همبستگی فضایی زمانی بالایی برخوردار می‌باشند، دیگر نیازی به ارسال اطلاعات تکراری به مقصد نمی‌باشد. استفاده از نمونه‌های داده غیر ضروری منجر به تلف شدن بیهوده انرژی می‌شود. حتی اگر از هزینه نمونه‌برداری چشم‌پوشی شود، برقراری ارتباطات برای ارسال داده‌های تکراری باعث تلف شدن انرژی خواهد شد. روش‌های داده‌گرایی وجود دارد که بگونه‌ای طراحی می‌شوند که منجر به کاهش میزان داده نمونه برداری شده همزمان با حفظ دقت حسگری می‌شوند. این امر دارای سطح قابل قبولی برای کاربرد مورد نظر می‌باشد. هدف همه این روش‌ها کاهش میزان داده ای است که باید به گره مقصد ارسال شود و در

ساختار طراحی با یکدیگر متفاوت هستند. روش‌های کاهش یافته به ۳ دسته تقسیم می‌شوند که در ادامه توضیحات آن آورده شده است.

۲-۱۳-۱-۲- پردازش درون شبکه ای:

عبارت است از ترکیب داده‌ها به دو صورت اجتماع با میانگین داده‌ها در گره‌های میانی که بین منبع تا مقصد انجام می‌گیرد. هزینه انرژی برای ارسال یک بیت از اطلاعات برابر با هزینه انرژی پردازشی می‌باشد که هزاران عملیات در یک گره حسگر معمولی انجام می‌دهند. بنابراین روش کارآمد دیگری برای مصرف انرژی بوجود می‌آید که مبتنی بر کمینه‌سازی تعداد ارتباطات است. برای این منظور گره‌های میانی چندین رویداد را در یک رویداد ترکیب می‌کنند و میزان ارسال اطلاعات و اندازه کلی داده برای ذخیره منابع سیستم کاهش می‌یابد. میزان کلی کاهش بسته به مشخصات داده، نمایش‌های رویداد و کاربردها می‌باشد. از طرفی گره‌های حسگر داده‌های افزونه زیادی را تولید می‌کنند، می‌توان بسته‌های مشابه از چندین گره با یکدیگر ترکیب شوند و منجر به کاهش تعداد ارسال‌ها شوند.

۲-۱۳-۲-۲- فشرده‌سازی داده‌ها:

با بکارگیری تکنیک رمزگذاری اطلاعات، می‌توان به کاهش میزان اطلاعات ارسالی توسط گره‌های منبع و گره‌های تولید کننده داده و همچنین رمزگشایی اطلاعات در گره‌های مقصد دست یافت. با توجه به اینکه از روش پردازش درون شبکه‌ای در نمونه‌هایی که همه بسته‌های اصلی در گره‌های دریافت کننده مورد نیاز هستند، نمی‌توان استفاده کرد، روشی پیشنهاد شده است که مبتنی بر روش فشرده سازی داده برای کاهش ترافیک کلی می‌باشد. در این روش یک فرستنده می‌تواند مبتنی بر فشرده سازی داده اطلاعات معمول را به مجموعه ای از گیرندگان ارسال کند. ایده اصلی فشرده سازی داده براساس ترکیب داده‌ها با استفاده از عملگرهایی مانند XOR یا ترکیب خطی می‌باشد. رمز گذاری بسته‌ها در گره‌های میانی و سپس ارسال منجر به کاهش ترافیک بدون افزایش تاخیر می‌شود. فشرده سازی داده همچنین می‌تواند مصرف انرژی را از طریق کاهش میزان ارسال داده به ارمغان آورد.

۲-۱۳-۳- پیش‌بینی داده:

پیش‌بینی داده را می‌توان بصورت نگاه انتزاعی از پدیده‌ی حس شده تعریف کرد. به عبارت دیگر بیانگر مدلی است که سیر تکاملی داده را توصیف می‌کند. در این مدل مقادیر حس شده توسط گره‌های حسگر را با کران‌های خطای مشخص پیش‌بینی کرد. این مدل هم در گره حسگر و هم در مقصد جای می‌گیرد. چنانچه این مدل به روز گردد، ارتباطات آشکاری میان گره‌های حسگر و مقصد مورد نیاز خواهد بود. بطور کلی پیش‌بینی داده‌ها باعث کاهش تعداد اطلاعات ارسال شده توسط گره‌های منبع و در نتیجه مصرف انرژی مورد نیاز برای برقراری ارتباطات می‌شود. این الگوریتم دارای سه روش برای ایجاد مدل می‌باشند که عبارتند از: روش‌های توصیف تصادفی، پیش‌بینی سری‌های زمانی و روش‌های مبتنی بر الگوریتم.

۲-۱۳-۳- مبتنی بر تحرک مقصد

در روش‌های مبتنی بر تحرک مقصد، گره‌های حسگر متحرک می‌باشند و از قابلیت تحرک آنها می‌توان به منظور کاهش مصرف انرژی بهره برد. فرآیند کار در شبکه حسگر ایستا بدین گونه می‌باشد که بسته‌های دریافتی از گره‌های حسگر از یک مسیر چندپرسی طی می‌کنند و در مقصد تحویل داده می‌شوند. بنابراین مسیرهایی ممکن است وجود داشته باشند که بیش از سایر مسیرها طی شوند و گره‌های نزدیک تر به مقصد می‌بایست عمل بیشتری را در این فرآیند داشته باشند که منجر به تخلیه انرژی آنها می‌شود که اصطلاحاً به این امر مشکل حفره‌ای گفته می‌شود. چنانچه دستگاه‌های متحرک وظیفه جمع‌آوری داده‌ها را بطور مستقیم از گره‌های ایتا داشته باشند، گره‌های معمولی منتظر دستگاه متحرک و عبور پیغام‌های مسیر از طریق آن می‌مانند. این امر باعث کاهش انرژی مصرفی می‌شود و دلیل آن اینست که طول مسیر، میزان درگیری و سربارهای ارسال کاهش می‌یابند.

۲-۱۴- نتیجه گیری

نتیجه ای که در این فصل می توان گرفت این است که شبکه حسگر بی سیم (WSN) به سرعت در حال تحول با کاربردهای عظیم در چندین حوزه از قبیل پایش ساختاری، پایش سلامت و غیره است. این شبکه با چالش بزرگ طول عمر باتریهای خود مواجه است.

فصل سوم: پیشینه کارهای انجام شده در شبکه‌های حسگر بی‌سیم

۳-۱- مقدمه

خوشه‌بندی داده‌ها نقش مهمی در ایجاد مسیریابی بین گره‌های سنسور و ارسال بسته‌های داده بین گره‌های حسگر و سرخوشه ایفا می‌کند، هدف اصلی پروتکل‌های مسیریابی ایجاد مسیرهای مؤثر بین گره‌های حسگر در شبکه است. در WSN، پروتکل‌های مسیریابی باید تحرک، افزونگی اطلاعات، کارایی انرژی و ماهیت پویای توپولوژی شبکه را در نظر بگیرند [۲۴].

در شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN) توپولوژی خوشه‌بندی به این گونه است که گره‌های حسگر را به چندین قسمت تقسیم می‌کنند، و هر قسمت را با یک سرخوشه پوشش می‌دهند. خوشه بندی یکی از پرکاربردترین ساختار شبکه محسوب می‌شود [۲۵].

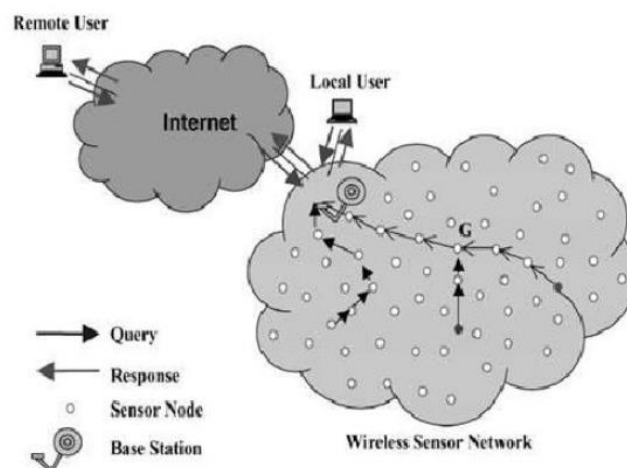
۳-۲- مسیریابی

شبکه‌های حسگر بی‌سیم WSN از گره‌های خودمختار تشکیل شده‌اند که برای نظارت بر یک محیط استفاده می‌شوند. بهره‌وری انرژی و انتقال داده ایمن به‌عنوان مهم‌ترین اهداف طراحی برای این شبکه‌ها در نظر گرفته شده است. و با افزایش پیچیدگی در شبکه‌های رایانه‌ای، باعث ایجاد حملات مبتنی بر شبکه خواهند شد که این عمل توجه محققان مختلف از چندین بخش را به خود جلب کرده است. پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر انرژی و جمع‌آوری داده‌ها در این شبکه‌ها که منطقه بزرگی را تحت پوشش خود قرار داده‌اند باید به نحو ویژه‌ای باشد تا با کاهش مسیر ارسال داده‌ها انرژی مصرفی را در زمان ارسال و دریافت داده‌ها توسط گره‌ها کاهش داد، و با این روش می‌توان طول عمر شبکه و زمان عمر مفید شبکه را افزایش داد.

مسیریابی روشی می‌باشد که در آن داده‌ها و گزارش‌های تولید شده میان مقصد و گره‌هایی که دارای توان لازم برای برقراری ارتباط را دارا باشند، جابجا می‌شوند. همچنین می‌توان مسیریابی را به صورت روش انتقال داده بین گره‌های حسگر تعریف کرد و یا بصورت انتقال اطلاعات بین گره‌های حسگر داخل شبکه و مقصد تعریف کرد. یک روش بسیار ساده برای انجام این فرآیند آن است که هر گره حسگر به

انتقال داده بصورت مستقیم با مقصد ارتباط داشته باشد. این روش بسیار پرهزینه می‌باشد و دلیل آن این است که یک روش مبتنی بر تک-پرسی می‌باشد. بنابراین در روش تک‌پرسی، گره‌هایی که در فاصله دور از مقصد قرار دارند، ذخیره انرژی شان با سرعت بیشتری تخلیه می‌شود و به تبع آن با شبکه‌ای با طول عمر محدود مواجه خواهیم بود. استفاده از این روش در شبکه حسگر بی‌سیم به منظور پوشش دادن یک منطقه جغرافیایی بزرگ مورد استفاده قرار گرفته و یا در نمونه‌هایی که حسگرهای بی‌سیم متحرک می‌باشند و در فواصل دورتر از مقصد قرار دارند، استفاده شده است [۲۵].

برای رفع چنین محدودیت‌ها در روش‌های مبتنی بر تک‌پرسی، انتقال داده بین حسگرها و مقصد مبتنی بر روش‌های چندپرسی و بر روی شعاع ارتباطی کوچک انجام می‌گیرد. روش‌های چندپرسی منجر به صرفه جویی قابل توجهی در مصرف انرژی و کاهش چشمگیری در تداخل مخابراتی می‌گردد.



شکل ۳-۱ مسیریابی در شبکه‌های WSN [۲۵]

همانگونه که در شکل ۳-۱ قابل مشاهده است، به منظور پاسخ‌گویی به پرسش‌های کاربر و یا رویدادهای منتشر شده، داده‌هایی که به وسیله حسگرها جمع‌آوری شده‌اند از طریق مسیرهای چندپرسی به طرف مقصد انتقال می‌یابند. در شبکه‌های حسگر بی‌سیم چندپرسی گره‌های واسط نقش مهمی را دارا می‌باشند که عبارت است از پیش‌راندن بسته‌های داده میان منبع و مقصد. مهمترین

وظیفه الگوریتم مسیریابی تعیین مسیری می‌باشد که مبتنی بر گره‌های واسطی می‌باشد که وظیفه انتقال داده بین منبع و مقصد را دارا می‌باشند.

در پروتکل مسیریابی انتخاب سرخوشه‌ها با استفاده از انرژی باقی مانده گره‌ها مستمر از طریق سرخوشه انجام می‌گیرد. چنانچه مسیری با شکست مواجه شد و یا اینکه خراب شد، آن گاه می‌بایست سرخوشه مسیر دیگری را برای انتقال داده انتخاب کند.

برای مسیریابی شبکه‌های حسگر بیسیم تابه‌حال الگوریتم‌های زیادی پیشنهاد شده است و هر کدام کاربردهای خاص خود را داشته‌اند. در انتخاب الگوریتم‌های مسیریابی برای شبکه‌های حسگر بیسیم علاوه بر مشخصات خاص حسگرها و کاربرد شبکه‌ها، باید به ساختار آنها هم توجه داشت.

مسیریابی درون خوشه‌ای باتوجه به رفتار مسیریابی بین خوشه‌ای، پروتکل‌های مسیریابی خوشه‌بندی به دو نوع تقسیم شده‌اند: رفتار مسیریابی تک‌هاب و رفتار مسیریابی چند‌هاب. در مسیریابی تک‌هاب، سرخوشه به طور مستقیم داده‌ها را به ایستگاه پایه منتقل می‌کند. برعکس، در مسیریابی چند‌هاب، داده‌ها از طریق گره‌های دیگر یا سرخوشه‌ها به ایستگاه پایه منتقل می‌شوند.

۳-۲-۱- مسیریابی سنتی

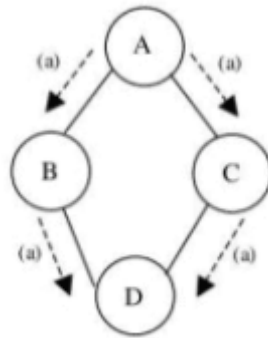
سیل‌آسا: این روش برای ارسال بسته‌های همگانی و فراگیر استفاده می‌شود در این روش مسیریاب با دریافت بسته‌های فراگیر آنها را روی تمام مسیرهای خروجی خود به جز مسیر ورود بسته ارسال می‌کند

مشکل: در این مسیریاب فرایند ارسال بسته مرتباً تکرار می‌شود و باعث می‌شود که انرژی مصرفی برای ارسال و دریافت داده‌ها بسیار زیاد شود.

راه‌حل مشکل:

- استفاده از شماره شناسه بسته برای عدم تکرار آن
- قراردادن طول عمر در حوزه فرایند توسط گره مبدأ

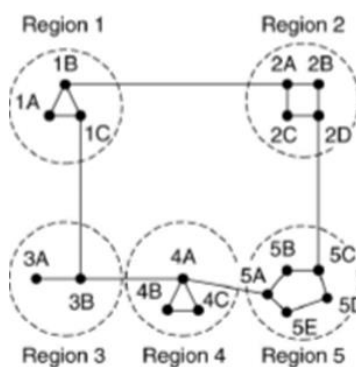
مسیریابی توزیع شده: در این روش مسیریاب تنها اطلاعات وضعیت مسیر ارتباطی با همسایگان خود را برقرار می‌کند و از آن آگاه می‌باشد و اطلاعات سایر گروه‌های غیر همسایه را از طریق بسته‌های مبادله شده با همسایگان خود به دست می‌آورد.



شکل ۳-۲ الگوریتم مسیریابی سیل آسا

۳-۲-۲- مسیریابی سلسله‌مراتبی

در این الگوریتم شبکه به زیربخش‌هایی به نام خوشه تقسیم می‌شود و در هر خوشه یک نود به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود که وظیفه این سرخوشه جمع‌آوری اطلاعات حس شده از گره‌های خوشه خود و حذف موارد تکراری اطلاعات حس شده می‌باشد.



شکل ۳-۳ مسیریابی سلسله‌مراتبی

۳-۳- مسیریاب‌های مبتنی بر مکان

در مسیریاب‌های مبتنی بر مکان نوع مسیریاب باید مجهز به موقعیت‌یاب باشد که اطلاعات مربوط به مکان حسگرهای به کار گرفته شده واسطه آنها برای پیدا کردن مسیر بهینه برای ارسال اطلاعات باشد.

۳-۳-۱- پروتکل مسیریابی Leach

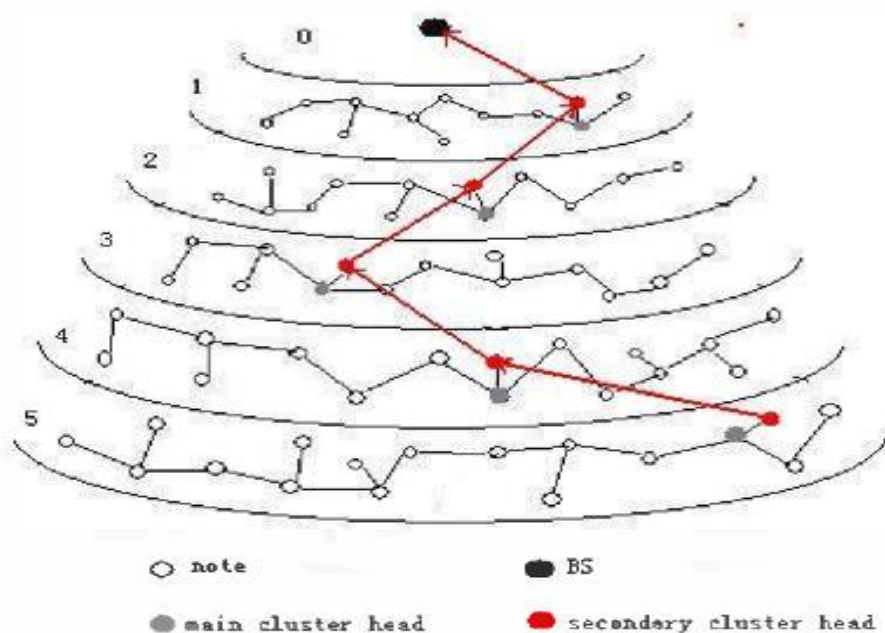
یکی از معروف ترین پروتکل‌های که در شبکه‌های حسگر بی‌سیم مورد استفاده قرار می‌گیرد، پروتکل LEACH می‌باشد [۲۶]. پروتکل LEACH مبتنی بر دوره‌هایی می‌باشد که بیانگر زمان می‌باشند. هر دور به دو بخش تقسیم می‌شود که عبارتند از بخش راه اندازی و بخش حالت پایدار. بخش اول که بخش راه اندازی نام دارد، خوشه‌ها تشکیل می‌شوند. در بخش دوم مربوط به عملکرد عادی شبکه است که به نام حالت پایدار شناخته می‌شود. در فاز اول و مبتنی بر یک تابع احتمال تطبیقی، سرخوشه‌ها انتخاب می‌شوند. انتخاب سرخوشه‌ها بدین گونه می‌باشد که هر گره حسگر یک عدد به صورت تصادفی بین صفر و یک می‌گیرد. چنانچه این عدد کوچکتر از یک حد آستانه‌ای از پیش تعریف شده باشد، در طول آن دور، به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود. طراحی تابع احتمال بگونه‌ای می‌باشد که در مدت دور مشخصی هر حسگر فقط یک بار می‌تواند به عنوان سرخوشه در نظر گرفته شود و این امر باعث می‌شود مصرف انرژی روی کل شبکه توزیع شود. پس از آنکه در بخش راه اندازی هر دور، سرخوشه‌ها انتخاب شدند، هر سرخوشه می‌بایست انتخاب خود را به عنوان سرخوشه به سایر گره‌ها اعلان کند. در ادامه هر گره باید سرخوشه مناسب را برای خود را انتخاب کند و سپس به سرخوشه مربوطه اعلام می‌کند که در خوشه آن قرار گرفته است. با همین روند خوشه‌ها تشکیل می‌شوند در ادامه هر سرخوشه برای حسگرهای خوشه خود یک برنامه ریزی زمانی انجام می‌دهد و برای هر حسگر یک برش زمانی به منظور انتقال اطلاعات تخصیص می‌دهد تا به واسطه آن از رخداد تصادم بین داده‌های حسگرهای هر سرخوشه جلوگیری شود. هم چنین، برای جلوگیری از رخداد تصادم بین داده‌های خوشه‌های مختلف، از روش

طیف گسترده با توالی مستقیم استفاده می شود. در بخش دوم و مبتنی بر برش زمانی اختصاص داده شده به هر حسگر، هر حسگر داده خود را در برش زمانی خود ارسال می کند و سرخوشه پس از اینکه تمامی اطلاعات همه حسگرهای موجود در خوشه اش را دریافت کرد، آنها را با هم ترکیب می کند و به مقصد ارسال می کند. این امر باعث کاهش حجم داده های ارسالی به مقصد و در نتیجه در مصرف انرژی صرفه جویی چشمگیری می شود.

۳-۲-۳ پروتکل مسیریابی PEGASIS

اساس این الگوریتم مبتنی بر الگوریتم مسیریابی Leach می باشد [۲۸]. در این الگوریتم بجای اینکه خوشه های متعدد تشکیل شود، زنجیره ای از گره های حسگر تشکیل می شوند. در این زنجیره هر گره قابلیت اتصال به همسایه خود و همچنین قابلیت دریافت از همسایه خود را دارا می باشد. همانگونه که در شکل ۳-۴ قابل مشاهده است، تنها یک گره از زنجیره برای انتقال داده به مقصد مورد استفاده قرار می گیرد. گره سرخوشه شماره ۵ داده را به سمت گره سرخوشه شماره ۴ ارسال می کند. گره شماره ۴ داده تولیدی بوسیله خودش را جمع آوری می کند و داده نهایی را به سمت سرخوشه ارسال می کند. بطور مشابه این عمل برای گره های دیگر نیز انجام می شود.

گره C بعد از اینکه داده ها را از همسایه های خود دریافت کرد، پیامی را برای مقصد ارسال می کند.

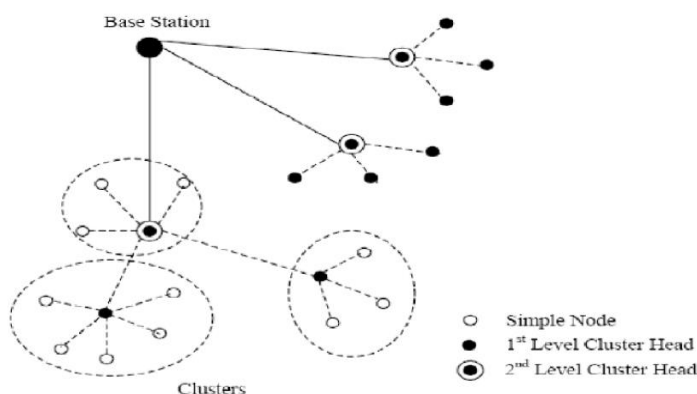


شکل ۳-۴ مسیریابی در پروتکل PEGASIS [۲۸]

۳-۳-۳- پروتکل مسیریابی TEEN¹

این الگوریتم نیز مبتنی بر الگوریتم مسیریابی Leach می‌باشد [۲۹]. طراحی این پروتکل برای شرایطی می‌باشد که تغییرات ناگهانی در پارامتر در حال اندازه‌گیری وجود دارد و نیاز به گزارش سریع می‌باشد. در این کارآیی‌ها شبکه دارای حالت فعالی بطور پیوسته نمی‌باشد و هنگامیکه تغییرات مورد نظر حاصل شود، گزارش دهی به مقصد را انجام می‌دهد. پروتکل مسیریابی TEEN پروتکل سلسله‌مراتبی می‌باشد. شکل (۷-۳) بیانگر عملکرد این پروتکل می‌باشد. همانگونه که از این شکل قابل مشاهده است، حسگرهایی که نزدیک به هم هستند تشکیل خوشه را می‌دهند و این کار یک مرحله دیگر نیز ادامه پیدا می‌کند و در نهایت به مقصد می‌رسد.

¹ Arouting Protocol for Enhanced Efficiency in wireless sensor networks



شکل ۳-۵ مسیریابی در پروتکل TEEN [۲۹]

۳-۴- مشخصات شبکه حسگر بی سیم

شبکه حسگر که برای شبیه سازی روش پیشنهادی در نظر گرفته شده است دارای فضائی با ابعاد 100×100 می باشد. تعداد ۱۰۰ گره به منظور پیاده سازی در نظر گرفته شده است. گره ها به صورت تصادفی در این فضا پخش شده اند. ایستگاه مبدا در مختصات $[50, 50]$ در نظر گرفته شده است. انرژی اولیه تمامی نودها را 0.5 nJ در نظر گرفته شده است. برای تعیین سرخوشه بصورت تصادفی در گام اول تمامی گره ها بصورت تصادفی مقادیر بین ۰ تا ۱ را می گیرند. سرخوشه ها چنانچه عدد گره از یک حد آستانه کمتر باشد، به عنوان سرخوشه انتخاب می شود. از یک تابع احتمال برای این منظور استفاده شده است. چنانچه مقدار گره از حد آستانه بیشتر باشد، به عنوان نود زنده در نظر گرفته می شود. با این فرآیند، عمل خوشه بندی انجام می شود. به عبارت دیگر، هر سرخوشه انتخاب خود را به گره های دیگر اعلان می کند و مبتنی بر آن هر گره سرخوشه متناسب با خود را انتخاب می کند.

۳-۵- خوشه بندی

به منظور طولانی شدن طول عمر گره های حسگر، گره های حسگر بی سیم به خوشه ها دسته بندی می شوند و در هر حلقه یک گره به عنوان یک سرخوشه عمل می کند، داده های سنجش شده از عضو خوشه ها جمع می کند و آنها را به ایستگاه پایه هدایت می کند. خوشه بندی محبوب ترین تکنیک

صرفه‌جویی در مصرف انرژی است و مزایای مختلفی مانند کمبود انرژی، طول عمر، مقیاس‌پذیری و تأخیر کمتر را فراهم می‌کند. خوشه‌بندی به دودسته اندازه خوشه برابر و اندازه نامتعادل طبقه‌بندی شده است. در رویکرد نابرابر، اندازه خوشه‌ها باتوجه به فاصله آنها از ایستگاه پایه متناسب اصلاح می‌شوند [۳۱].

مهم‌ترین عامل در پشت فرایند خوشه‌بندی مجدد در هر خوشه، دستیابی به توازن در مصرف انرژی برای گره‌های حسگر است و دستیابی به تعادل در مصرف انرژی در کل سرخوشه در توسعه مسیریابی چندرسانه‌ای هاب دشوار است. ایده استفاده از انرژی باقیمانده در گره‌ها به عنوان تنها عامل تعیین‌کننده در هنگام انتخاب، برای ایجاد تعادل در مصرف انرژی در شبکه کافی نیست [۳۱].

با استفاده از خوشه بندی در شبکه های حسگر می‌توانیم در بهینه مصرف انرژی و طول عمر شبکه و همچنین در مقیاس پذیری شبکه به طور قابل ملاحظه ای تاثیر گذار باشند. از مسیر یابی سلسله مراتبی که نسبت به سایر روش های مسیر یابی برای خوشه بندی شبکه های حسگر بهتر است می‌توانیم جهت بهبود مصرف انرژی درون خوشه ای و تجمیع و ترکیب داده ها و همچنین در جهت کاهش تعداد پیام های ارسالی به ایستگاه پایه استفاده کنیم. در یک مسیریابی تک سطحی با زیاد شدن تعداد گره ها ممکن است باعث ایجاد اضافه بار دروازه ها شود این اضافه بار باعث ایجاد تاخیر در ارتباط و پیگیری ناموفق رخدادها می شود. در این نوع شبکه زمانی که تعداد گره ها زیاد باشد و چون منطقه وسیعی را پوشش می دهند قابلیت مقیاس پذیری ضعیفی دارند زیرا حسگرها محدودیت ارتباطی دارند و نمی توانند داده های خود را بیشتر از مسافت مشخصی ارسال کنند و ممکن است سرخوشه نتواند داده های جمع آوری شده را به ایستگاه پایه ارسال کند. در این حالت خوشه بندی سلسله مراتبی، به مراتب در مقیاس های که به صدها یا هزاران گره نیاز هست موثرتر و کارآمدتر می باشد.

۳-۶- پارامترهای خوشه بندی

در خوشه بندی شبکه های حسگر بی سیم باید به پارامترهایی که به شکل دهی خوشه ها و نحوه کاربرد آنها تاثیر دارند توجه کرد، این پارامتر ها بعنوان یک ابزار اساسی جهت مقایسه و دسته بندی پروتکل های خوشه بندی، مورد استفاده قرار می گیرند.

پارامترهای که در خوشه بندی شبکه های حسگر بی سیم مورد استفاده هستند.

- تعداد خوشه ها
- ارتباط درون خوشه ای
- جابجایی مکان گره ها و سرخوشه ها
- انواع گره ها و نقش آنها
- انتخاب سرخوشه ها
- چند سطحی بودن

۳-۷- تفاوت خوشه بندی به روش کلاسیک با روش تکاملی

در خوشه بندی کلاسیک هر نمونه ورودی متعلق به یک و فقط یک خوشه می باشد و نمی تواند عضو دو خوشه و یا بیشتر باشد. به عبارت دیگر خوشه ها همپوشانی ندارند. حال اگر حالتی را در نظر بگیریم که میزان تشابه یک نمونه با دو خوشه یا بیشتر یکسان باشد. در چنین حالتی در خوشه بندی کلاسیک بدلیل آنکه هر نمونه باید به یک و فقط یک خوشه متعلق باشد باید تصمیم گیری شود که این نمونه متعلق به کدام خوشه است. تفاوت اصلی این دونوع خوشه بندی در همین جاست که در خوشه بندی تکاملی یک نمونه می تواند متعلق به بیش از یک خوشه باشد.

۳-۸- فشرده سازی و غربال داده ها

به دلیل بالا بودن تعداد گره ها و پراکندگی بیش از حد آنها و تصادفی قرار گرفتن آنها در محیط و نزدیک بودن برخی از گره ها و حسگرها ممکن است دچار اشتباه شوند و داده های تکراری تولید کنند و به سرخوشه ارسال کنند و سرخوشه آنها را به ایستگاه پایه ارسال کند. با اعمال یک پردازنده در ایستگاه

پایه می‌توان از تکرار تا حد زیادی جلوگیری شود که از انواع این تکنیک‌ها می‌توان به کمک تکنیک پردازش سیگنال اطلاعات دقیق‌تری از داده‌های موجود به دست آورد [۳۲].

۳-۹- الگوریتم PSO

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات یا PSO یک الگوریتم جستجوی اجتماعی است که از روی رفتار اجتماعی دسته‌های پرندگان مدل شده است [۳۰]. در ابتدا این الگوریتم به منظور کشف الگوهای حاکم بر پرواز همزمان پرندگان و تغییر ناگهانی مسیر آنها و تغییر شکل بهینه‌ی به کار گرفته شده است. در PSO، ذرات در فضای جستجو جاری می‌شوند. تغییر مکان ذرات در فضای جستجو تحت تأثیر تجربه و دانش خودشان و همسایگانشان است. بنابراین موقعیت دیگر توده ذرات روی چگونگی جستجوی یک ذره اثر می‌گذارد. نتیجه‌ی مدل‌سازی این رفتار اجتماعی فرایند جستجویی است که ذرات به سمت نواحی موفق میل می‌کنند. ذرات از یکدیگر می‌آموزند و بر مبنای دانش بدست آمده به سمت بهترین همسایگان خود می‌روند اساس کار PSO بر این اصل استوار است که در هر لحظه هر ذره مکان خود را در فضای جستجو با توجه به بهترین مکانی که تاکنون در آن قرار گرفته است و بهترین مکانی که در کل همسایگی‌اش وجود دارد، تنظیم می‌کند.

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات یکی از روش‌های الگوریتم هوش جمعی می‌باشد. هوش جمعی خاصیتی است سیستماتیک که در این روش عامل‌ها به طور محلی با هم همکاری می‌نمایند و رفتار جمعی تمام عامل‌ها باعث یک همگرایی در نقطه‌ای نزدیک به جواب بهینه سراسری می‌شود. مزیت این الگوریتم عدم نیاز به یک کنترل سراسری می‌باشد. هر ذره یا عامل در این الگوریتم‌ها خود مختاری نسبی دارد که می‌تواند در سراسر فضای جواب‌ها حرکت کند و می‌بایست با سایر ذرات همکاری داشته باشد.

در سال ۱۹۹۵ به Kennedy و Eberhart برای اولین بار PSO را به عنوان یک روش جستجوی غیر قطعی برای بهینه‌سازی تابعی مطرح کردند. که این الگوریتم از حرکت دسته جمعی پرندگانی که به دنبال غذا می‌باشند الهام گرفته شده است.

اساس الگوریتم PSO بر پایه جستجو و تکرار نهادینه شده است. گروهی از پرندگان در فضایی به صورت تصادفی دنبال غذا می‌گردند. تنها یک تکه غذا در فضای مورد بحث وجود دارد. هیچ یک از پرندگان محل غذا را نمی‌دانند. یکی از بهترین استراتژی‌ها می‌تواند دنبال کردن پرنده ای باشد که کمترین فاصله را تا غذا داشته باشد. حرکت هر ذره وابسته به سه عامل می‌باشد که عبارتند از:

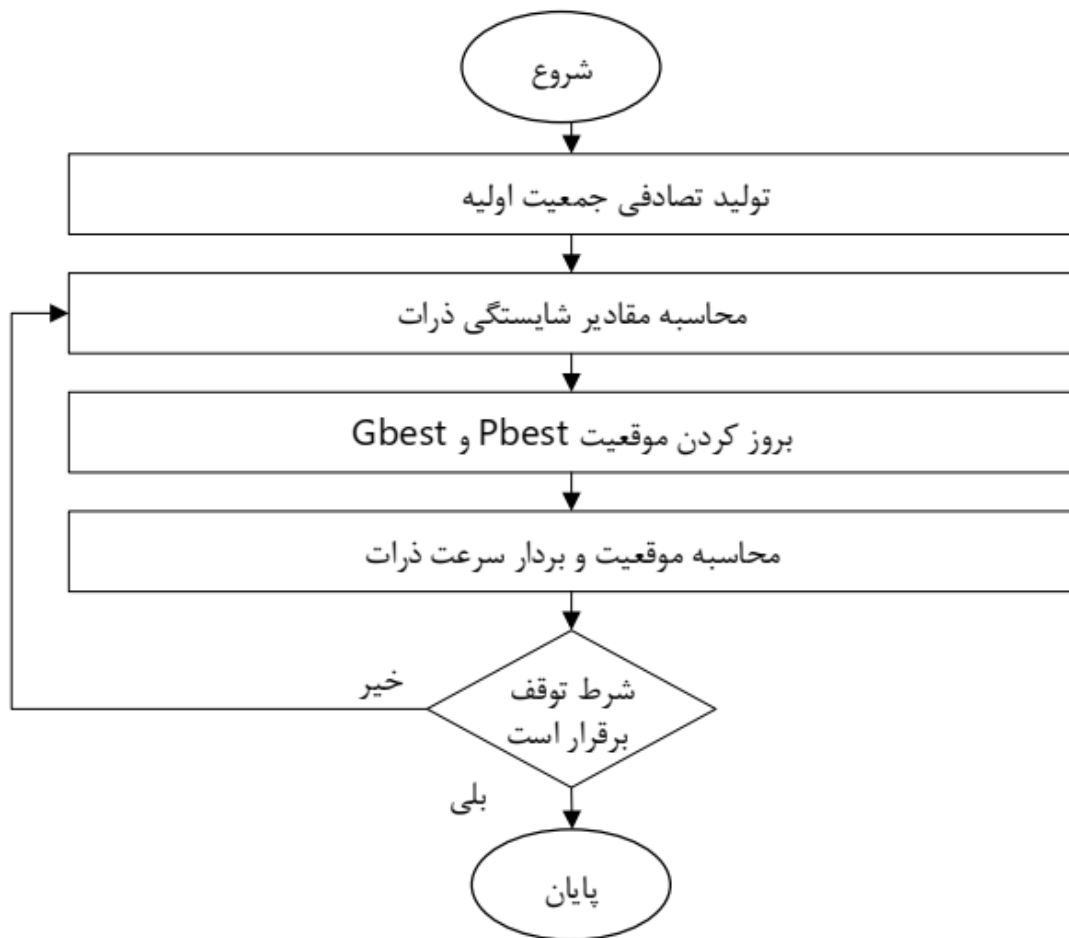
۱- موقعیت کنونی ذره

۲- بهترین موقعیتی که ذرات باهم تجربه کرده است (Pbest).

۳- بهترین موقعیتی که تمامی ذرات آن را تجربه کرده‌اند (Gbest).

در الگوریتم PSO به تعدادی از جواب‌های بدست آمده، گروه گفته می‌شود. هر جواب به عنوان یک پرنده در گروهی از پرندگان محسوب می‌شود که به عنوان ذره شناخته می‌شود. برای تمامی ذرات مقدار شایستگی در نظر گرفته می‌شود. این مقدار با استفاده از تابع شایستگی بدست می‌آید. تابع شایستگی همان تابع هدف می‌باشد که می‌بایست بهینه شود. برای اینکه ذره در جهتی حرکت کند، از بردار سرعت استفاده می‌شود. ذره باتوجه به تجربه شخصی خود و تجربه که دیگر ذرات بدست آورده‌اند، به‌سوی مقصد بهینه حرکت می‌کند. مزیت این الگوریتم این است که جواب جدیدی مبتنی بر جواب‌های قبلی بوجود نمی‌آورد.

بلوک دیاگرام نحوه عملکرد PSO در شکل (۳-۶) آورده شده است. در این الگوریتم ابتدا مجموعه‌ای از جواب‌های تصادفی ایجاد می‌شود و در ادامه با ارزیابی تابع شایستگی، بهترین موقعیت هر ذره و بهترین موقعیت تمامی ذرات مشخص می‌شود. در گام بعدی با بروز کردن موقعیت مکانی و سرعت هر ذره، جستجو برای کشف بهترین جواب بهینه ادامه می‌یابد.



شکل ۳-۶ الگوریتم PSO [۳۰]

در الگوریتم PSO موقعیت مکانی i امین ذره در جمعیت اولیه با $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})^T$ و سرعت این ذره با عبارت $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})^T$ نمایش داده می‌شود. چنانچه تکرار موجود در الگوریتم PSO با متغیر n نمایش داده شود:

$$V_{id}^{n+1} = V_{id}^n + C_1 r_1^n (pbest_{id}^n - X_{id}^n) + C_2 r_2^n (gbest_d^n - X_{id}^n) \quad (۱-۳)$$

$$X_{id}^{n+1} = X_{id}^n + V_{id}^{n+1} \quad (۲-۳)$$

در رابطه‌های بالا C_1 و C_2 ضرایب ثابت و مثبت می‌باشند که بطور پیش فرض بین اعداد ۱/۵ تا ۲ بسته به نوع مسئله انتخاب می‌شوند. پارامترهای r_1 و r_2 اعداد تصادفی می‌باشند که از توزیع یکنواخت در بازه‌ی (۰ و ۱) برخوردار می‌باشند.

معمولا برای رابطه V_{id}^{n+1} پارامتر وزن W در نظر گرفته می‌شود که به عنوان وزن اینرسی شناخته

می‌شود. بنابراین رابطه V_{id}^{n+1} بصورت زیر بیان می‌شود:

$$V_{id}^{n+1} = WV_{id}^n + C_1 r_1^n (pbest_{id}^n - X_{id}^n) + C_2 r_2^n (gbest_d^n - X_{id}^n) \quad (3-3)$$

هدف از استفاده وزن اینرسی کنترل تاثیر سرعت‌های قبلی به‌منظور همگرایی الگوریتم است. در واقع این پارامتر مصالحه‌ای میان تجربیات محلی و کلی بوجود می‌آورد. این پارامتر بصورت پویا انتخاب می‌شود. چنانچه عدد بزرگی انتخاب شود، میزان جستجوی کلی افزایش می‌یابد و چنانچه کوچک انتخاب شود باعث افزایش جستجوی محلی می‌شود.

۳-۱۰- نتیجه گیری

در این فصل موضوعات مسیریابی و خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم مورد نقد و بررسی قرار گرفت و نشان داده شد این دو موثرترین شیوه به منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌باشند.

فصل چهارم: روش پیشنهادی و نتایج شبیه‌سازی

۴-۱- مقدمه

شبکه های حسگر بی سیم از تعداد زیادی گره های حسگر تشکیل شده اند. حسگرها معمولاً به شکل تصادفی در محیط پخش می شوند و داده های استخراج شده خود را به مرکز داده اطلاعات ارسال می کنند و با توجه به برد رادیویی کمی که دارند مسیریابی در شبکه ها با مقیاس بزرگ یکی از چالش های مهم در شبکه های حسگر است. داده ها باید انرژی کمتری مصرف کنند هر چند اندازه فاصله بین گره ها کمتر باشد، در نتیجه انرژی کمتری مصرف می شود و انرژی کل شبکه به حداقل مقدار خود می رسد. هر خوشه می بایست یک گره را به عنوان سرخوشه (CH) انتخاب کند و تعداد این سرخوشه ها به نسبت فاصله آنها با سایر گره ها مشخص می شود. خوشه بندی نقش بسزایی در شکل دهی شبکه ایفا می کند. بنابر این با خوشه بندی بهینه می توان به توازن توزیع بار در شبکه حسگر بی سیم، استفاده مناسب از منابع انرژی موجود و کاهش ترافیک انتقالی دست یافت. برای این منظور می بایست توزیع بهینه از حسگرها و CH ها بدست آورد. بنابراین می توان طول عمر شبکه را با به حداقل رساندن مصرف انرژی افزایش داد.

روش هایی که به منظور فرآیند خوشه بندی پیشنهاد شده اند دارای محدودیت هایی می باشند که می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بیشتر روش های مبتنی بر خوشه بندی، می بایست تعداد خوشه ها قبل از فرآیند خوشه بندی مشخص شوند. به عبارت دیگر، پارامتری در ابتدای فرآیند در نظر گرفته می شود که مشخص کننده تعداد خوشه ها می باشد. این پارامتر باید توسط کاربر مشخص شود. مشخص کردن تعداد اولیه خوشه ها کاری دشواری می باشد و در صورتی این روش قابل اعتماد است که از طریق روش آزمون و خطا بدست آورده شود.

- یکی از مهمترین معیارها در خوشه بندی، توزیع داده ها در یک خوشه می باشد. این معیار در اکثر روش های ارائه شده برای خوشه بندی در نظر گرفته نشده است. می-توان از ویژگی میزان پراکندگی داده ها در یک خوشه، عملکرد الگوریتم خوشه بندی را بالا برد.

- بیشتر روش‌های پیشنهاد شده خوشه‌بندی از تمامی ویژگی‌ها برای فرآیند خوشه‌بندی و به صورت یکسان بهره می‌برند. این در حالی است که گاهی اوقات لازم است برای گره‌هایی که از شباهت بیشتری با یکدیگر برخوردار هستند، وزن بیشتری قائل شد [۳۰].

۴-۲- مفروضات مدل شبکه حسگر بی‌سیم

در این بخش به ویژگی‌ها و فرضیات شبکه‌های حسگر بی‌سیم پرداخته می‌شود. به عبارت دیگر مفروضاتی که در روش پیشنهادی در نظر گرفته شده است، بیان می‌شود. گره‌های زنده یا فعال دارای دو نقش می‌باشند که می‌توانند نقش سرخوشه و یا نقش گره حسگر فعال را دارا باشند. گره‌ها به مرور زمان از بین می‌روند که به عنوان گره مرده شناخته می‌شوند.

فرضیات شبکه حسگر بی‌سیم روش پیشنهادی عبارتند از:

- ۱- حسگرها به طور تصادفی در محیط پخش می‌شوند.
- ۲- تمامی حسگرها از انرژی اولیه‌ی یکسانی برخوردار می‌باشند.
- ۳- حسگرها از موقعیت جغرافیایی خود آگاه هستند.
- ۴- حسگرها در موقعیت استقرار ثابت می‌باشند حسگرها همگن هستند همه گره‌های داده‌های خود را به سرخوشه خود ارسال می‌کنند.
- ۵- شبکه تا زمانی که ۱۵ درصد گره زنده باشد به حیات خود ادامه می‌دهد، سرخوشه داده‌های دریافتی را پس از تجمیع و فشرده سازی به ایستگاه پایه ارسال می‌کند.

گره‌ها در شبکه‌های حسگر بی‌سیم از منابع محدود انرژی برخوردار هستند. بنابراین با اتمام انرژی گره، آن گره از بین می‌رود و به اصلاح به عنوان گره "مرده" در نظر گرفته می‌شود. در شبکه‌های مختلف این امر باعث تمام شدن فعالیت شبکه، توزیع بار و وظیفه این گره بر روی گره‌های دیگر گذاشته می‌شود. بنابراین یک مسئله مهم در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، انرژی مصرفی هر گره به منظور انجام وظایف گره می‌باشد.

گره‌های موجود در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به دلایل مختلفی منابع انرژی خود را مصرف می‌کنند. از جمله دلایل مصرف انرژی توسط گره‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- گردآوری داده‌ها و پردازش آنها.

- دریافت اطلاعات از گره‌های دیگر

- ارسال اطلاعات به گره‌های دیگر

مهمترین دلیل مصرف منابع انرژی در یک گره، ارسال اطلاعات می‌باشد. میزان مصرف انرژی به پارامترهای مختلفی بستگی دارد که در ادامه رابطه آن آورده شده است [۳۰]:

$$E_t = F(d^2) \quad (۸-۴)$$

$$E_t = F(G_t G_r (\frac{c}{4\pi d})^2) \quad (۹-۴)$$

در رابطه (۹-۴) E_t بیانگر میزان مصرف انرژی، G_t توان گین آنتن فرستنده، G_r توان گین آنتن گیرنده، c بیانگر سرعت نور و d فاصله بین فرستنده و گیرنده می‌باشد. از طرفی مقادیر پارامترهای G_t و G_r ثابت هستند، می‌توان رابطه (۸-۴) را بصورت رابطه (۹-۴) بازنویسی کرد:

از رابطه ب (۹-۴) می‌توان این نتیجه را گرفت که مصرف انرژی رابطه مستقیمی با توان دوم فاصله بین دو گره دارد. بنابراین هنگام ارسال داده میان فرستنده و گیرنده، پارامتر فاصله تأثیر بسزایی بر روی انرژی مصرفی خواهد داشت

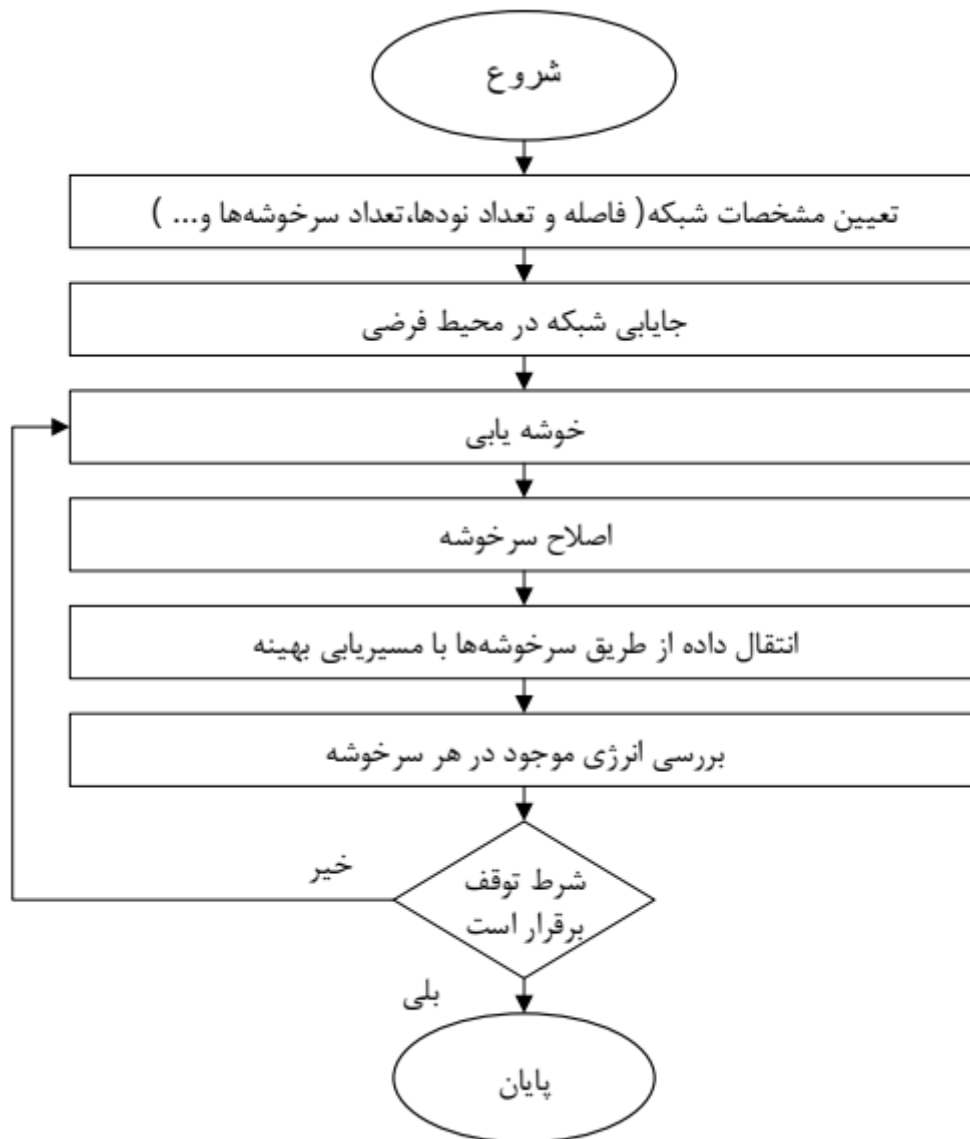
۴-۳- روش پیشنهادی

بلوک دیاگرام روش پیشنهادی در شکل ۴-۱ آورده شده است. استفاده از الگوریتم‌های تکاملی یکی از ابزارهای خوب و مفید برای رسیدن به مقدار بهینه است. در روش پیشنهادی هدف اصلی به حداکثر رساندن طول عمر شبکه در کنار کمتر کردن مقدار انرژی مصرفی شبکه می‌باشد. چنانچه بتوان طول عمر سرخوشه‌ها را به حداکثر زمان ممکن رساند، می‌توان طول عمر شبکه را افزایش داد. مصرف انرژی گره‌های حسگر را با حداقل کردن فاصله بین حسگرها و سرخوشه‌های مرتبط می‌توان کاهش داد. در این پایان‌نامه از الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) به عنوان روشی برای ایجاد خوشه‌های بهینه و مسیریابی

کارآمد استفاده شده است. در روش پیشنهادی برای برای اتمام اجرای الگوریتم دو شرط در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

- شبکه تا زمانی که تعداد گره‌های زنده ۱۵ درصد مجموع گره‌ها باشند، فعال می‌باشد.
- تعداد تکرار مشخص

در ادامه به توضیح روش پیشنهادی پرداخته می‌شود.



شکل ۴-۱ بلوک دیاگرام روش پیشنهادی

۴-۴- بهینه‌سازی مرکز خوشه‌ها

در این بخش به توضیح روش پیشنهادی در خوشه‌بندی بهینه با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات پرداخته می‌شود. در روش پیشنهادی مبتنی بر PSO، جمعیت اولیه‌ای بصورت تصادفی برای انتخاب سرخوشه‌ها تشکیل می‌شوند. در ادامه با اجرای تابع شایستگی، بهترین جمعیت به‌عنوان بهینه سراسری انتخاب می‌شود و همچنین بهترین ذره هر گروه نیز مشخص می‌شود. در حلقه اصلی الگوریتم PSO این روند تکرار می‌گردد. هر ذره در جهت بهترین تجربه سراسری و بهترین تجربه‌ای که ذره در گروهش داشته است، حرکت می‌کند و مقدارش را به روز می‌کند. در ادامه با اجرای تابع برازندگی مقدار بهینه سراسری و بهینه هر گروه مبتنی بر مقادیر جدید جمعیت انتخاب می‌شوند. در انتها نیز مقادیر ذره بهینه که بهترین تجربه گروهی را دارد، به عنوان سرخوشه‌ها انتخاب می‌شوند.

یکی از مهم ترین بخش‌های هر الگوریتم بهینه‌سازی، تابع هدف یا تابع برازندگی آن می‌باشد. در روش پیشنهادی با توجه به چند هدفه بودن مسئله تابع برازندگی به صورت زیر بیان می‌شود [۱۷]:

$$(۱) f_1: \text{مجموع انرژی مراکز خوشه انتخابی}$$

$$(۲) f_2: \text{مجموع فاصله گره های آن خوشه از مرکز خوشه}$$

$$(۳) f_3: \text{مجموع فاصله مراکز خوشه انتخابی از یکدیگر}$$

بنابراین رابطه تابع برازندگی نهایی به صورت زیر قابل تعریف می‌باشد:

$$fitness = \alpha f_1 + \beta \frac{1}{f_2} + \gamma \frac{1}{f_3} \quad (۱-۴)$$

که در این رابطه α ، β ، γ سه پارامتر ثابت می‌باشند که بصورت تجربی و بصورت شبیه‌سازی‌های متعدد بدست آورده شده‌اند و میزان تاثیر این سه معیار مختلف را مشخص می‌کنند. هدف تابع برازندگی دستیابی به بیشینه‌سازی تابع هدف می‌باشد. با توجه به اینکه معیار دوم و سوم می‌بایست کمینه شوند، در رابطه تابع برازندگی بصورت معکوس در نظر گرفته شده‌اند. تابع هدف چند هدفه روش پیشنهادی مبتنی بر کمینه کردن مجموع فواصل درون خوشه‌ای گره‌ها از سرخوشه‌هایشان می‌باشد. بنابراین فاصله

گره‌ها از سرخوشه‌ها رابطه مستقیمی با انرژی دارد. هر چقدر این فاصله کمتر باشد، انرژی کمتری برای ارسال بسته‌ها مصرف می‌شود.

۴-۵- انتقال داده

پس از اینکه خوشه‌ها و همچنین انتخاب سرخوشه‌های هر خوشه مشخص گردید، می‌بایست داده‌های حس شده توسط گره‌های عادی به سرخوشه‌های مربوطه ارسال شود. در ادامه سرخوشه‌ها بسته‌ی داده را به سمت ایستگاه پایه ارسال می‌کنند. بنابراین مصرف انرژی همه گره-ها مورد محاسبه قرار می‌گیرد. انرژی مصرف شده به منظور انتقال k بیت داده که به فاصله d قرار گرفته است، بصورت زیر محاسبه می‌شود [۳۰]:

$$E_{Tx}(k, d) = E_{Tx}(k) + E_{Tx_amp}(k, d) \quad (۲-۴)$$

$$E_{Tx}(k, d) = \begin{cases} kE_{elec}(k, d) + k\varepsilon_{friss}d^2 & \text{if } d < d_{crossover} \\ kE_{elec}(k, d) + k\varepsilon_{two-ray-amp}d^4 & \text{else} \end{cases} \quad (۳-۴)$$

مصرف انرژی به ازای دریافت k بیت داده نیز بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$E_{Rx}(k, d) = E_{Rx-le}(k) = kE_{elec} \quad (۴-۴)$$

$$E_{DA} = 5nj/bit/msg \quad (۵-۴)$$

در روابط بالا منظور از E_{elec} انرژی ارسال/دریافت الکترونیکی، k بیانگر اندازه پیام برحسب تعداد بیت، d بیانگر فاصله موجود میان گیرنده و فرستنده، E_{tx_amp} انرژی تقویت شده، $E_{DA} = 5nj/bit/msg$ پارامتر مصرف انرژی داده‌ها، $d_{crossover}$ بیانگر فاصله آستانه‌ای می‌باشد که پارامتر انتقال در آن دچار تغییر می‌شود. در ادامه نیز رابطه مصرف انرژی اجتماع داده‌ها در سرخوشه‌ها آورده شده است.

۴-۶- مسیریابی در روش پیشنهادی

مسیریابی شبکه حسگر بی‌سیم روش پیشنهادی مبتنی بر خوشه‌بندی می‌باشد. ساختار شبکه از N گره و یک BS تشکیل شده است. در شبیه سازی انجام شده، تعداد N یا گره‌ها ۱۰۰ عدد در نظر گرفته

شده است. N گره و BS در یک ناحیه پخش شده‌اند. موقعیت مکانی گره n با (x_n, y_n) و موقعیت مکانی BS با (x_s, y_s) مشخص شده‌اند. فاصله بین دو گره n1 و n2 که در مکان‌های (x_1, y_1) و (x_2, y_2) قرار دارند را با $d_{n1, n2}$ و فاصله گره n تا BS نیز با d_n نمایش داده شده است که در ادامه روابط آنها آورده شده است [۱۷].

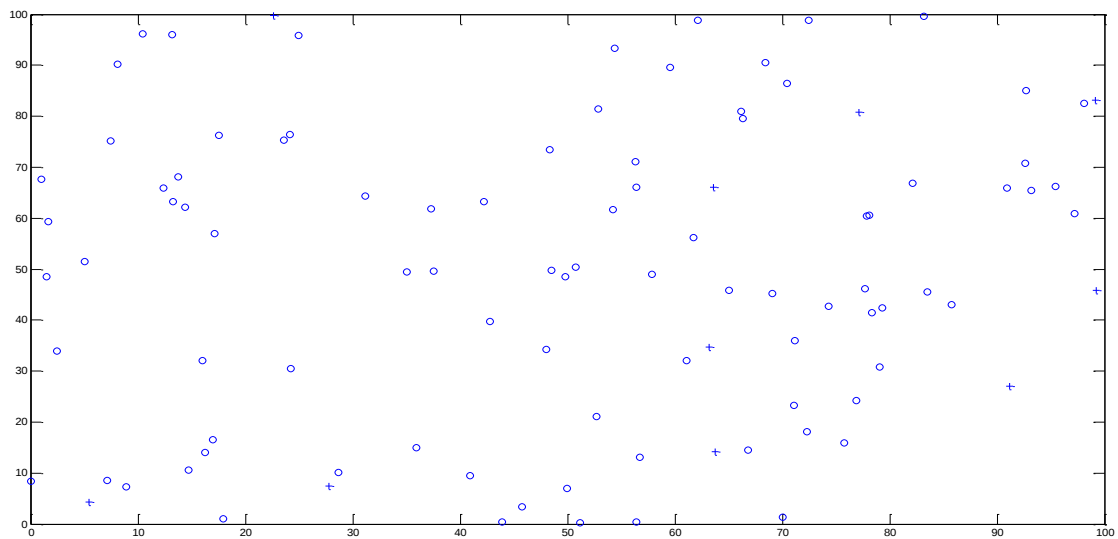
$$d_{n_1, n_2} = \sqrt{(x_{n_1} - x_{n_2})^2 + (y_{n_1} - y_{n_2})^2} \quad (۴-۶)$$

$$d_n = \sqrt{(x_n - x_s)^2 + (y_n - y_s)^2} \quad (۴-۷)$$

شبکه حسگر بی‌سیم روش پیشنهادی در تعداد دفعاتی که داده‌های حس شده را ارسال می‌کند فعالیت می‌کند که در هر دوره، گره نقش سرخوشه و یا سرخوشه نقش گره را می‌گیرد. پس از اینکه خوشه‌بندی انجام شد و سرخوشه‌ها انتخاب شدند، بسته‌های دریافتی از عضوهای خوشه به سرخوشه ارسال می‌شود و در نهایت سرخوشه‌ها اطلاعات تجمیع شده را به ایستگاه پایه ارسال می‌کنند. مسیریابی روش پیشنهادی مبتنی بر مسیریابی سلسله مراتبی (مبتنی بر خوشه‌بندی) می‌باشد. گره‌های با انرژی بیشتر به منظور پردازش و ارسال اطلاعات به کار گرفته می‌شوند، درحالی که گره‌های با انرژی کمتر برای اجرای حسگری در مجاورت هدف قابل استفاده هستند.

۴-۷- نتایج

در این بخش به ارائه نتایج حاصل از روش پیشنهادی پرداخته می‌شود. در شکل (۴-۳) نحوه گره‌های تصادفی پخش شده به تصویر کشیده شده است. نودهایی که بصورت '+' مشاهده می‌شود گره‌هایی هستند که به‌عنوان سرخوشه در دور اول انتخاب شده‌اند و بقیه گره‌ها که به شکل '0' نمایش داده شده است، بیانگر گره‌های زنده هستند.



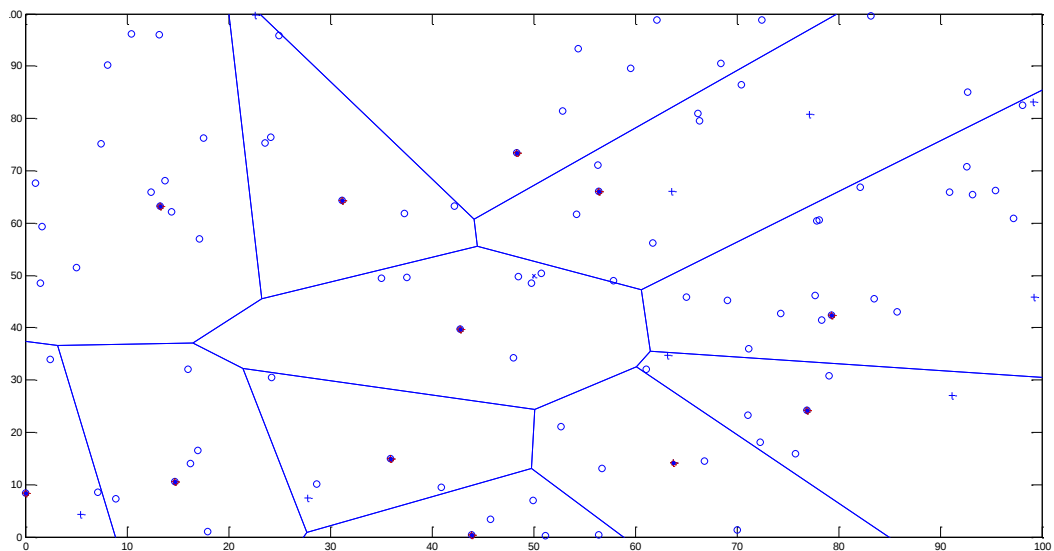
شکل (۲-۴) چیدمان تصادفی نودهای شبکه حسگر بی سیم روش پیشنهادی

در شکل (۲-۴) خوشه‌بندی اولیه در اولین دور به تصویر کشیده شده است.

همانگونه که اشاره گردید، انرژی اولیه هر گره 0.5 nJ در نظر گرفته شده است و میزان انرژی لازم

برای ارسال اطلاعات از یک گره به ازای واحد فاصله $10^{-9} \times 5$ در نظر گرفته شده است. در این شکل

تمام صفحه مورد نظر تحت پوشش قرار گرفته و سرخوشه‌ها به زنگ قرمز مشخص شده‌اند.



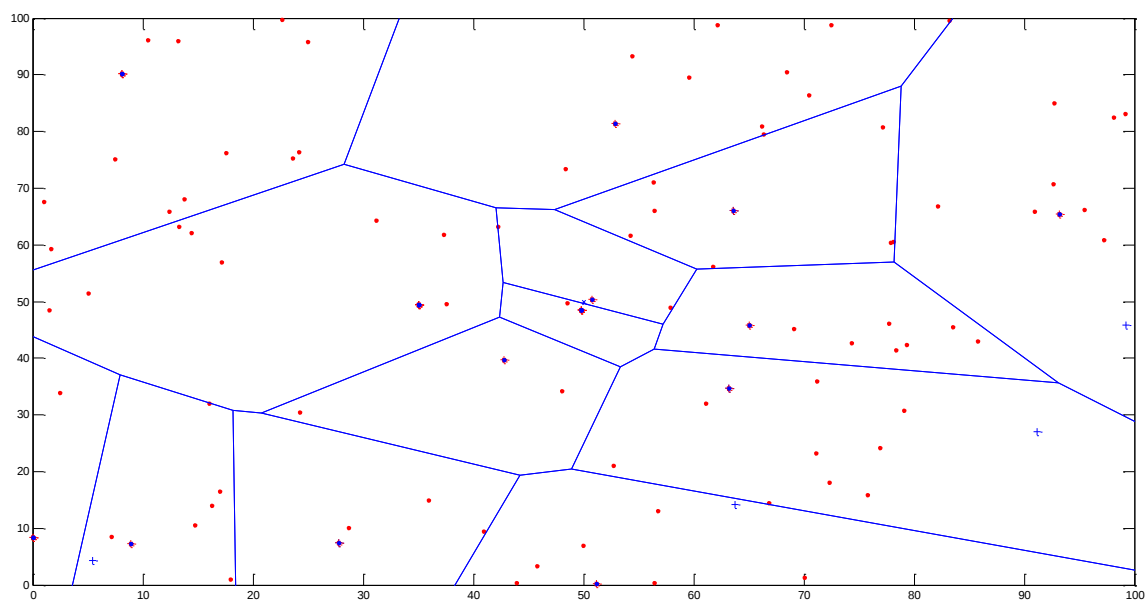
شکل (۳-۴) خوشه‌بندی روش پیشنهادی در اولین دور

در جدول (۴-۱) تعداد نودهای زنده، مرده و تعداد تکرارها لیست شده است. شبکه حسگر دارای ابعاد ۱۰۰ در ۱۰۰ و تعداد ۱۰۰ گره اولیه می‌باشد.

جدول (۴-۱) تعداد نودهای زنده و مرده در طول اجرای دورها

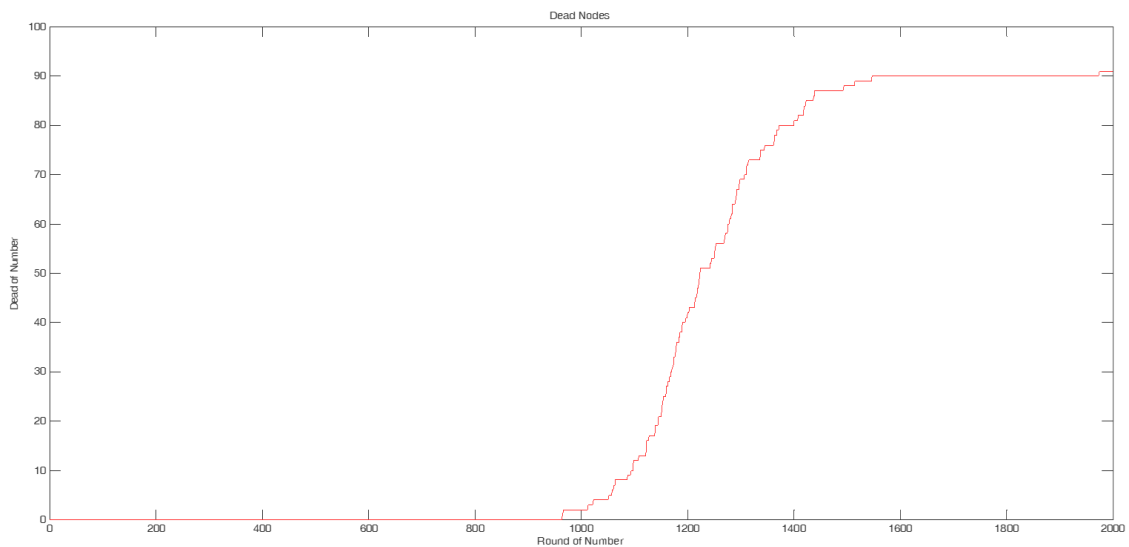
دور	تعداد گره‌های مرده	تعداد گره‌های زنده
۱	۰	۰
۹۸۲	۱	۹۹
۱۰۲۷	۲	۹۸
۱۰۸۵	۷	۹۳
۱۱۱۸	۱۶	۸۴
۱۱۹۴	۳۴	۶۶
۱۲۶۲	۴۰	۶۰
۲۰۰۰	۹۳	۷

در جدول (۴-۲) روند بدین شکل است که با افزایش تعداد دورهای اجرای الگوریتم، تعداد گره‌های مرده نیز افزایش خواهد یافت. در شکل (۴-۳) نحوه خوشه‌بندی روش پیشنهادی در دورهای پایانی اجرای الگوریتم نمایش داده می‌شود.



شکل (۴-۴) خوشه‌بندی روش پیشنهادی

در شکل (۴-۴) تعداد گره های مرده در طول اجرای برنامه به تصویر کشیده شده است.



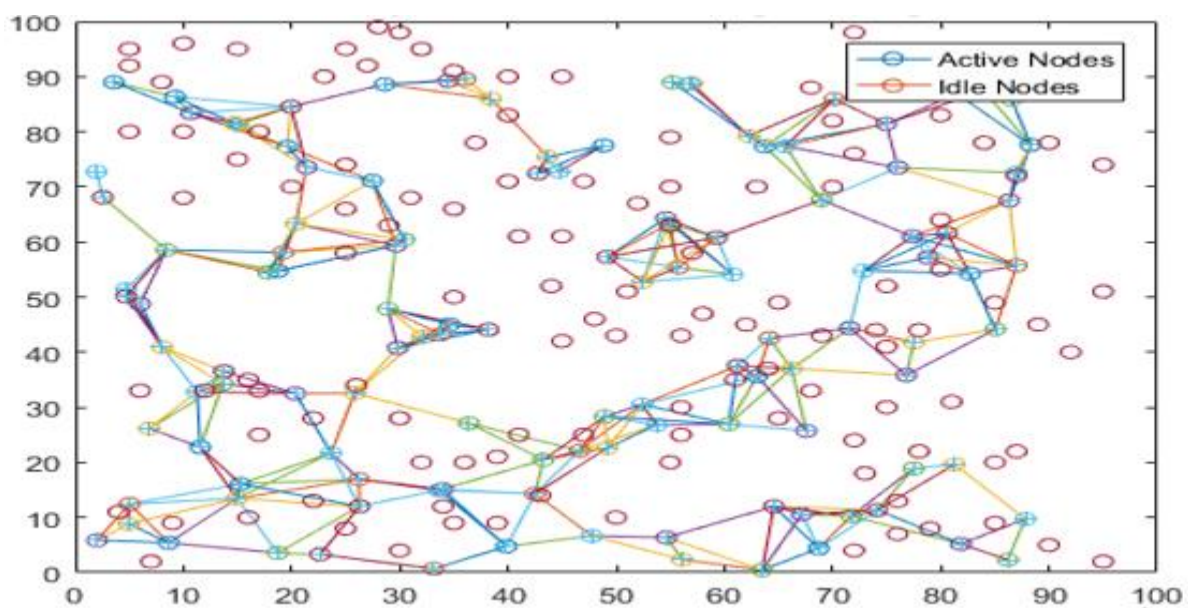
شکل (۴-۵) گره های مرده در آخرین دورهای اجرای الگوریتم پیشنهادی

همانگونه که از جدول (۴-۱) قابل مشاهده است، تا دور ۹۸۲، شبکه با تمام توان به کار خود ادامه

می دهد و در این دور تنها یک گره انرژی خود را از دست می دهد و به اصلاح به عنوان گره مرده در نظر

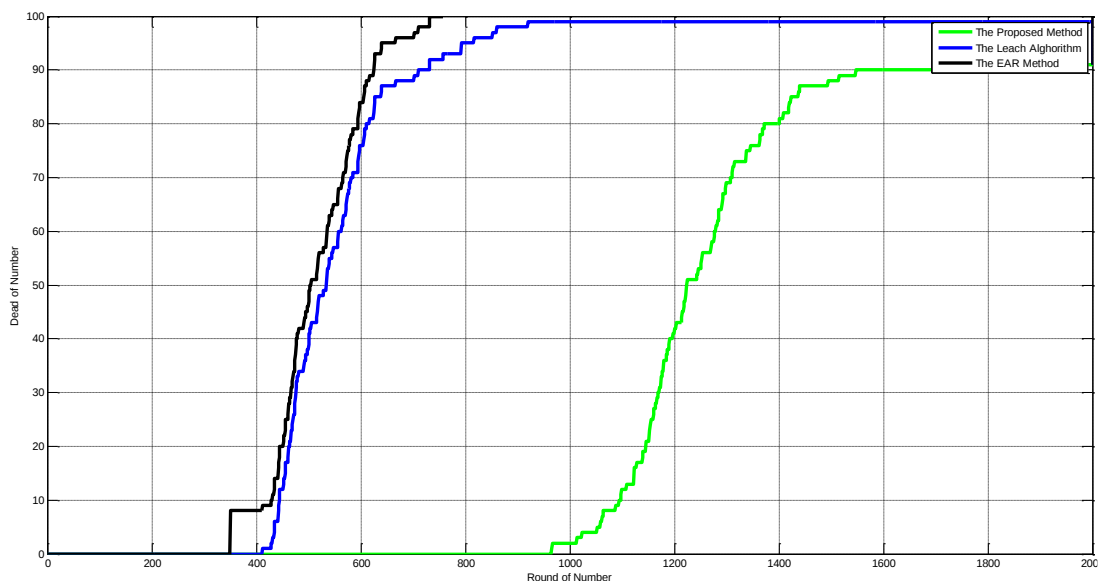
گرفته می شود. در شکل (۴-۶) نحوه مسیریابی روش پیشنهادی به تصویر کشیده شده است. در این

شکل مسیریابی درون خوشه ای نشان داده شده است.



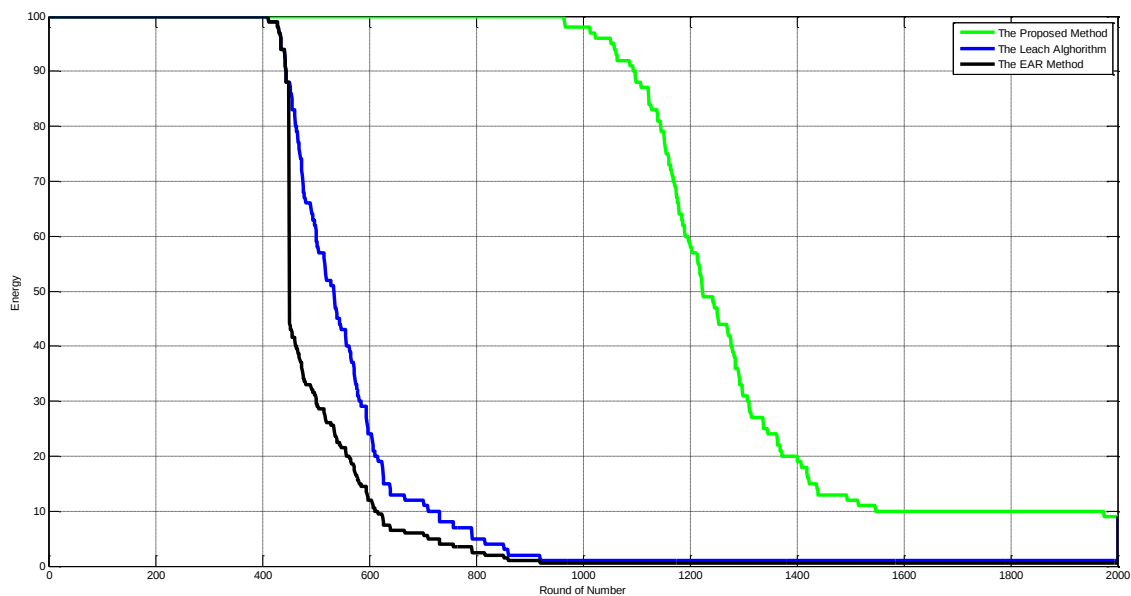
شکل (۴-۶) مسیریابی روش پیشنهادی

در ادامه نتایج حاصل از مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های شناخته شده Leach و الگوریتم $EAR[33]$ آورده شده است. در شکل (۷-۴) تعداد گره‌های الگوریتم روش پیشنهادی با الگوریتم Leach آورده شده است. همانگونه که از این شکل قابل مشاهده است، روش پیشنهادی از تعداد گره‌های زنده بیشتری در دوره‌های مختلف برخوردار است که باعث افزایش طول عمر شبکه شده است.



شکل (۷-۴) نمودار تعداد گره‌های زنده روش پیشنهادی با سایر روش‌ها

در شکل (۷-۴) نمودار انرژی مصرفی روش پیشنهادی با الگوریتم Leach و الگوریتم EAR آورده شده است. روش پیشنهادی از انرژی مصرفی کمتری نسبت به روش Leach برخوردار می‌باشد. همانگونه که از این شکل قابل مشاهده است، روش پیشنهادی از تعداد گره‌های زنده بیشتری برخوردار است و این امر در کاهش انرژی مصرفی شبکه بسیار موثر است.



شکل (۴-۸) نمودار انرژی مصرفی روش پیشنهادی با سایر روش‌ها

۴-۸- نتیجه گیری

در این فصل روش پیشنهادی معرفی شده است و خوشه بندی با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات صورت گرفته است.

فصل پنجم: جمع‌بندی و پیشنهادها

۵-۱- جمع‌بندی

از مهم‌ترین مشکلاتی که طراحان شبکه حسگر بی‌سیم با آن مواجه هستند می‌توان به مشکل محدودیت باتری و طول عمر گره‌های شبکه اشاره کرد. با توجه به اینکه عملکرد و کارایی شبکه‌های حسگر ارتباط مستقیمی با طول عمر شبکه و پوشش سراسری شبکه دارد، بنابراین نیاز به طراحی شبکه‌ای می‌باشد که مبتنی بر کاهش مصرف انرژی باشد. یکی از مواردی که آگاه از انرژی بودن کمک فراوانی در افزایش طول عمر شبکه دارد، مسیریابی در شبکه حسگر بی‌سیم است. در یک دهه گذشته طراحان شبکه و متخصصین روش‌های مختلف مسیریابی مبتنی بر دانش انرژی پیشنهاد داده‌اند که بر همین اساس پروتکل‌های مختلفی نیز ارائه شده است.

در این پایان‌نامه ابتدا به بررسی ساختارهای مختلف مسیریابی و خوشه‌بندی پرداخته شده است و از میان ساختارهای گوناگون موجود، روش پیشنهاد شده است که باعث کارایی روش پیشنهادی در مصرف انرژی شبکه‌های حسگر بی‌سیم شده است. در ابتدا ساختارهای پرکاربرد خوشه‌بندی و مسیریابی مورد بررسی قرار گرفته شده است. در ادامه به بررسی روش پیشنهادی پرداخته شده است. توضیحات الگوریتم PSO بطور کامل آورده شده است. سپس کارایی الگوریتم PSO در روش پیشنهادی آورده شده است و مبتنی بر آن تابع برازندگی تعریف شده است. در مرحله بعد که مربوط به نتایج و تحلیل آنهاست، مدل مورد مطالعه بر مبنای یک خوشه‌بندی عملی شبیه‌سازی شده و رفتار آن در شرایط گوناگون مطالعه شده و نتایج حاصل نشان داده شد. نتایج نشان می‌دهد برای بدست آوردن یک راه حل سریعتر و موثرتر در مساله‌های خوشه‌بندی و مسیریابی، روشی هوشمند مثل الگوریتم ازدحام ذرات مناسب و مطلوب می‌باشد

۵-۲- پیشنهادات و کارهای بعدی در این زمینه

پیشنهاداتی که در زمینه این کار می‌تواند مورد توجه واقع شود به شرح زیر است:

- استفاده از ترکیب الگوریتم‌های تکاملی جهت بهتر بهینه کردن انرژی مصرفی.
- استفاده از ترکیب الگوریتم بنمن فورد و الگوریتم سیل آسا جهت مسیر یابی بهینه تر

- بهینه‌سازی پارامترهای هندسی و سایر پارامترها با استفاده از روش‌های الگوریتم‌های تکاملی

جهت زنده ماندن بیشتر شبکه و افزایش طول عمر آن

- [1] S. Rührup and I. Stojmenović, 2010 Contention-based georouting with guaranteed delivery, minimal communication overhead, and shorter paths in wireless sensor networks," in *IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing (IPDPS)*, Atlanta, GA, USA.
- [2] C. Li, J. Bai, J. Gu, X. Yan and Y. Luo, 2018 "Clustering routing based on mixed integer programming for heterogeneous wireless sensor networks," *Ad Hoc Networks*, pp. 81-90.
- [3] F. Gao, H. Wen, L. Zhao and Y. Chen, 2013 Design and Optimization of a Cross-Layer Routing Protocol for Multi-Hop Wireless Sensor Networks," in *PROCEEDINGS OF 2013 International Conference on Sensor Network Security Technology and Privacy Communication System*, Nangang, China.
- [4] H. B. Fradj, R. Anane, M. Bouallegue and R. Bouallegue, 2017 A Range-based Opportunistic Routing Protocol for Wireless Sensor Networks," in *13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, Valencia, Spain.
- [5] Y. Pant and H. S. Bhaduria, 2016 Performance study of routing protocols in Wireless Sensor Network," in *8th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks*, Tehri, India.
- [6] L. Kong, Q. Xiang, X. Liu, X.-Y. Liu, X. Gao, G. Chen and M.-Y. Wu, 2016 ICP: Instantaneous Clustering Protocol for Wireless Sensor Networks," *Computer Networks*.
- [7] Sukhchandan and S. Jain, 2019 MLBC: Multi-objective Load Balancing Clustering Technique in Wireless sensor network," *Applied Soft Computing*, pp. 66-89.
- [8] M. Shokouhifar and A. Jalali, 2017 Optimized sugeno fuzzy clustering algorithm for wireless sensor networks, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, pp. 16-25, 2017.
- [9] Mohanty, P. and M. R. Kabat, ۲۰۱۴ Hierarchical Energy Efficient Reliable Transport Protocol for Wireless Sensor Networks." *Ain Shams Engineering Journal*, pp. 1141-1155.
- [10] Jagannath, J., Polosky, N., Jagannath, A., Restuccia, F. and Melodia, T., 2019. Machine learning for wireless communications in the Internet of Things: A comprehensive survey. *Ad Hoc Networks*, 93.
- [11] Gündüz, D., de Kerret, P., Sidiropoulos, N.D., Gesbert, D., Murthy, C.R. and van der Schaar, M., 2019. Machine learning in the air. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 37(10).
- [12] Hawbani, A., Wang, X., Sharabi, Y., Ghannami, A., Kuhlani, H. and Karmoshi, S., 2018. LORA: load-balanced opportunistic routing for asynchronous duty-cycled WSN. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 18(7), pp.1601-1615.
- [13] Kandris, D., Nakas, C., Vomvas, D. and Koulouras, G., 2020. Applications of wireless sensor networks: an up-to-date survey. *Applied System Innovation*, 3(1), p.14.
- [14] El Alami, H. and Najid, A., 2019. ECH: An enhanced clustering hierarchy approach to maximize lifetime of wireless sensor networks. *IEEE Access*, 7, pp.107142-107153.
- [15] Shinghal, D. and Srivastava, N., 2017. Wireless sensor networks in agriculture: for potato farming. Neelam, *Wireless Sensor Networks in Agriculture: For Potato Farming* (September 22, 2017). ۱۱۵۵

- [16] Das, S.K. and Kapelko, R., 2021. On the Range Assignment in Wireless Sensor Networks for Minimizing the Coverage-Connectivity Cost. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 17(4), pp.1-48.
- [17] Safaldin, M., Otair, M. and Abualigah, L., 2021. Improved binary gray wolf optimizer and SVM for intrusion detection system in wireless sensor networks. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 12(2), pp.1559-1576.
- [18] Robinson, Y.H., Vimal, S., Julie, E.G., Narayanan, K.L. and Rho, S., 2021. 3-Dimensional Manifold and Machine Learning Based Localization Algorithm for Wireless Sensor Networks. *Wireless Personal Communications*, pp.1-19.
- [19] Daanoune, I., Abdennaceur, B. and Ballouk, A., 2021. A comprehensive survey on LEACH-based clustering routing protocols in Wireless Sensor Networks. *Ad Hoc Networks*, p.102409.
- [20] Liu, X., Yu, J., Zhang, W. and Tian, H., 2021. Low-energy dynamic clustering scheme for multi-layer wireless sensor networks. *Computers & Electrical Engineering*.
- [21] Shankar, A., Sivakumar, N.R., Sivaram, M., Ambikapathy, A., Nguyen, T.K. and Dhasarathan, V., 2021. Increasing fault tolerance ability and network lifetime with clustered pollination in wireless sensor networks. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 12(2), pp.2285-2298.
- [22] El Alami, H. and Najid, A., 2019. ECH: An enhanced clustering hierarchy approach to maximize lifetime of wireless sensor networks. *IEEE Access*.
- [23] Wohwe Sambo, D., Yenke, B.O., Förster, A. and Dayang, P., 2019. Optimized clustering algorithms for large wireless sensor networks: A review. *Sensors*, 19(2), p.322.
- [24] Kaur, T. and Kumar, D., 2018. Particle swarm optimization-based unequal and fault tolerant clustering protocol for wireless sensor networks. *IEEE Sensors Journal*, 18(11), pp.4614-4622.
- [25] Mittal, N., Singh, U. and Sohi, B.S., 2017. A novel energy efficient stable clustering approach for wireless sensor networks. *Wireless Personal Communications*, 95(3), pp.2947-2971.
- [26] Rida, M., Makhoul, A., Harb, H., Laiymani, D. and Barhamgi, M., 2019. EK-means: A new clustering approach for datasets classification in sensor networks. *Ad Hoc Networks*, 84, pp.158-169.
- [27] Anguraj, D.K. and Smys, S., 2019. Trust-based intrusion detection and clustering approach for wireless body area networks. *Wireless Personal Communications*, 104(1), pp.1-20.
- [28] Amruthnath, N. and Gupta, T., 2018, March. Fault class prediction in unsupervised learning using model-based clustering approach. In *2018 International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT)*, pp. 5-12.
- [29] Elhoseny, M., Rajan, R.S., Hammoudeh, M., Shankar, K. and Aldabbas, O., 2020. Swarm intelligence-based energy efficient clustering with multihop routing protocol for sustainable wireless sensor networks. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 16(9).
- [30] Priyadarshi, R., Singh, L. and Singh, A., 2018, February. A novel HEED protocol for wireless sensor networks. In *2018 5th international conference on signal processing and integrated networks (SPIN)*, pp. 296-300.
- [31] Yousif, Y.K., Badlishah, R., Yaakob, N. and Amir, A., 2018, June. An energy efficient and load balancing clustering scheme for wireless sensor network (WSN) based on distributed

approach. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1019, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.

- [32] Nguyen, H., Moayedi, H., Foong, L.K., Al Najjar, H.A.H., Jusoh, W.A.W., Rashid, A.S.A. and Jamali, J., 2020. Optimizing ANN models with PSO for predicting short building seismic response. Engineering with Computers, 36(3), pp.823-837.
- [33] Shah, R.C. and Rabaey, J.M., 2002. Energy aware routing for low energy ad hoc sensor networks. In 2002 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Record. WCNC 2002 (Cat. No. 02TH8609), pp. 350-355).

Abstract

Wireless sensor networks are used to receive information such as temperature, humidity, rainfall, etc. from the environment. These networks face challenges such as data processing, communications, and sensor management. Challenges need to be given more consideration when these networks are used in uncertain, dynamic environments with bandwidth and energy constraints. Since energy resources, bandwidth, and processing power are constantly changing in these networks, the necessary management must be done on the network structure and energy resources to keep the network activity for a longer period of time.

In this thesis, the use of evolutionary algorithms in clustering and routing is proposed to reduce energy consumption in wireless sensor networks. For this purpose, a particle swarm algorithm has been used in the routing and clustering of wireless sensor networks. To cluster and determine the eclipse according to the network structure, a suitable objective function is presented. The data in each cluster is collected by the header and then a suitable path for data exchange between the headers and the center is determined. The results and comparisons with the work of others are shown graphically. The simulation results and its comparison with the Leach method show a 15% improvement in energy consumption, so with this method, network life is also improved.

Keywords: Clustering, Particle Swarm Optimization, Wireless Sensor Networks, Routing, Energy Consumption.



Shahrood University of Technology
Faculty of Electrical Engineering

M.Sc. Thesis in Communication Systems Engineering

Routing and Clustering in wireless sensor networks

By:

Reza Mafakheri Bashmagh

Supervisor:

Dr. Seyed Ali Soleimani Ivvari

Advisor:

Dr. Omidreza Marouzi

October 2021