



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی کامپیوتر

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
رشته مهندسی کامپیوتر گرایش معماری سیستم های کامپیوتری

---

---

یک روش بهبود یافته برای کشف و ردیابی اهداف متحرک در شبکه های  
حسگر بیسیم

---

---

مؤلف:

محمدعلی رهنما

استاد راهنما:

دکتر مجید محمدی

استاد مشاور:

دکتر وحید ستاری نائینی

بهمن ۱۳۹۸



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی کامپیوتر

این پایان نامه با عنوان یک روش بهبود یافته برای کشف و ردیابی اهداف متحرک در شبکه های حسگر چند رسانه ای توسط آقای محمدعلی رهنما دانشجوی رشته مهندسی کامپیوتر گرایش معماری سیستم های کامپیوتری با شماره دانشجویی ۹۵۵۲۲۰۳۶ تدوین شده است و در تاریخ ..... با درجه ..... و نمره ..... مورد پذیرش هیئت محترم داوران قرار گرفت.

این پایان نامه هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره کارشناسی ارشد شناخته نمی شود.

سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	نام محل خدمت	امضاء
استاد راهنما	دکتر مجید محمدی	دانشیار	دانشگاه شهید باهنر کرمان	
استاد مشاور	دکتر وحید ستاری نائینی	دانشیار	دانشگاه شهید باهنر کرمان	
داور اول	دکتر مهدیه قزوینی کر	استادیار	دانشگاه شهید باهنر کرمان	
داور دوم	دکتر امید عابدی	استادیار	دانشگاه شهید باهنر کرمان	

نماینده تحصیلات تکمیلی:

معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده:

نام و نام خانوادگی امضاء

نام و نام خانوادگی امضاء

امضاء

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.



دانشگاه شهید باهنر کرمان

## تعهدنامه

اینجانب محمدعلی رهنما به شماره دانشجویی ۹۵۵۲۲۰۳۶ دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر گرایش معماری سیستم های کامپیوتری دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان نویسنده پایان نامه با عنوان یک روش بهبود یافته برای کشف و ردیابی اهداف متحرک در شبکه های حسگر چند رسانه ای تحت راهنمایی دکتر مجید محمدی تأیید می کنم که این پایان نامه نتیجه پژوهش اینجانب می باشد و در عین حال که موضوع آن تکراری نیست، در صورت استفاده از منابع دیگران، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن درج شده است. همچنین موارد زیر را نیز تعهد می کنم:

۱- برای انتشار تمام یا قسمتی از داده ها یا دستاوردهای پایان نامه خود در مجامع و رسانه های علمی اعم از همایش ها و مجلات داخلی و خارجی به صورت مقاله، کتاب، ثبت اختراع و .... به صورت مکتوب یا غیر مکتوب، با کسب مجوز از دانشگاه شهید باهنر کرمان و استاد(ان) راهنما اقدام نمایم.

۲- از درج اسامی افراد خارج از کمیته پایان نامه در جمع نویسندگان مقاله های مستخرج از پایان نامه، بدون مجوز استاد(ان) راهنما اجتناب نمایم و اسامی افراد کمیته پایان نامه را در جمع نویسندگان مقاله درج نمایم.

۳- از درج نشانی یا وابستگی کاری (affiliation) نویسندگان سازمان های دیگر (غیر از دانشگاه شهید باهنر کرمان) در مقاله های مستخرج از پایان نامه بدون تأیید استاد(ان) راهنما اجتناب نمایم

۴- کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوط به استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها را برای انجام پایان نامه رعایت نمایم.

۵- در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه شهید باهنر کرمان از درجه اعتبار ساقط و اینجانب هیچ گونه ادعایی نخواهم داشت.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) مطابق با آیین نامه مالکیت فکری، متعلق به دانشگاه شهید باهنر کرمان است و بدون اخذ

اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد. چنانچه مبادرت به عملی خلاف این تعهدنامه محرز گردد، دانشگاه شهید باهنر کرمان در هر زمان و به هر نحو مقتضی حق هر گونه اقدام قانونی را در استیفای حقوق خود دارد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: محمدعلی رهنما  
امضا و تاریخ: ۱۶ بهمن ۱۳۹۸

<sup>۱</sup>تنها آدرس مورد قبول برای دانشگاه به این صورت می باشد:

Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

نام و آدرس واحدهای دانشگاه در تولیدات علمی محققان دانشگاه به تشخیص بخش و دانشکده به شرح زیر می باشد:

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

آدرس صحیح جهت درج در مقالات و سایر تولیدات علمی فارسی:

گروه (بخش) مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

به نام خدا

## منور اخلاق پژوهش

با استعانت از خدای سبحان و با اعتقاد راسخ به اینکه عالم محضر خداست و او همواره ناظر بر اعمال ماست

و به منظور انجام سیاست‌های پژوهش‌های امیل، تولید دانش جدید و بهسازی زندگی بشر

مادان‌شویان و احسان‌های بی‌انت علمی و دانشگاهی و پژوهشگاه‌های کشور:

تمام تلاش خود را برای کشف حقیقت و خط حقیقت به کار خواهیم بست و از حرکت جل و تفریط در خیالت‌های علمی پرهیزی کنیم.

حق پژوهشگران، پژوهشگران «انسان، حیوان، گیاه و اشیا»، انسان‌ها و سایر صاحبان حقوق را به درست‌های می‌شناسیم و در خط آن می‌کوشیم.

به باور استواری و سستی آثار پژوهشی ارج می‌نیم، برای انجام پژوهش‌های امیل اهمیت و زمینه‌های سرعت علمی و درج‌های مناسب و متعادل می‌کنیم.

ضمن پایداری به انصاف و اجتناب از حرکت‌های تبیین و تسبیب دیگر خیالت‌های پژوهشی، بر مبنای قانون اساسی خواهیم کرد.

ضمن امانت داری، از مزایا و امکانات استواری، انسانی و فنی موجود استفاده بهر روز خواهیم کرد.

از افتخار خیر اخلاقی نتایج پژوهش‌های نظریه‌پردازان و پژوهشگران و چگونگی همکاری‌های پرهیزی کنیم.

اصل هرگز بدون و رازداری را محور تمام فعالیت‌های پژوهشی خود قرار می‌دهیم.

در هر فعالیت‌های پژوهشی به مصلحت‌های قوه کرده و برای تحقق آن می‌کوشیم.

نویسندگان به رعایت کلیه مقررات علمی رشته خود، قوانین و مقررات سیاست‌های حرفه‌ای، انسانی، دولتی و راهبردی ملی و بهر مزایا پژوهش‌های می‌دانیم.

رعایت اصول اخلاق و پژوهش را اهدافی فرهنگی می‌دانیم و به منظور بازنگری این فرهنگ به ترویج و اشاعه آن در جامعه اهتمام می‌ورزیم.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## فهرست مطالب

---

ح	فهرست شکل ها.....
د	فهرست جدول ها.....
ذ	چکیده.....
۱	فصل اول: کلیات تحقیق.....
۲	۱-۱- مقدمه.....
۴	۲-۱- بیان مسئله.....
۸	۳-۱- ضرورت انجام تحقیق.....
۱۰	۴-۱- اهداف تحقیق.....
۱۱	۵-۱- فرضیه های تحقیق.....
۱۲	۶-۱- ساختار پایان نامه.....
۱۳	فصل دوم: مرور ادبیات موضوع.....
۱۴	۱-۲- مقدمه.....
۱۴	۲-۲- شبکه حسگر بی سیم.....
۲۰	۳-۲- ویژگی های خاص شبکه های حسگر بی سیم.....
۲۰	۳-۲-۱- انواع مختلف گره ها.....
۲۰	۳-۲-۲- برنامه کاربردی خاص.....
۲۱	۳-۳-۲- تحمیل منابع.....
۲۲	۳-۲-۴- توپولوژی شبکه.....
۲۲	۳-۲-۵- تحمل خطا.....
۲۳	۴-۲- اهداف طراحی شبکه حسگر.....
۲۳	۴-۲-۱- اندازه کوچک گره.....
۲۳	۴-۲-۲- هزینه پایین گره.....

۲۳	۲-۴-۳- مصرف نیروی کم.....
۲۴	۲-۴-۴- مقیاس پذیری.....
۲۴	۲-۴-۵- قابلیت اطمینان.....
۲۴	۲-۴-۶- خود پیکربندی.....
۲۴	۲-۴-۷- سازگاری.....
۲۵	۲-۴-۸- استفاده از کانال.....
۲۵	۲-۴-۹- تحمل خطا.....
۲۵	۲-۴-۱۰- امنیت.....
۲۵	۲-۴-۱۱- پشتیبانی از کیفیت خدمات.....
۲۶	۲-۵-۵- چالش های شبکه حسگر بی سیم.....
۲۶	۲-۵-۱- مقیاس پذیری.....
۲۶	۲-۵-۲- انرژی.....
۲۷	۲-۵-۳- خود مدیریتی.....
۲۷	۲-۵-۴- مسائل سخت افزاری و نرم افزاری.....
۲۷	۲-۵-۵- سیستم عامل.....
۲۷	۲-۵-۶- مسائل لایه کنترل دسترسی متوسط.....
۲۸	۲-۵-۷- کیفیت خدمات.....
۲۹	۲-۵-۸- امنیت.....
۲۹	۲-۵-۹- جمع آوری و انتقال داده.....
۲۹	۲-۵-۱۰- تحمل خطا.....
۳۰	۲-۵-۱۱- ایجاد ازدحام.....
۳۰	۲-۶- ردیابی اهداف.....
۳۰	۲-۷- الگوریتم ژنتیک.....
۳۹	۲-۸- جمع بندی.....
۴۰	<b>فصل سوم: روش پیشنهادی.....</b>
۴۱	۳-۱- مقدمه.....



۴۱	۲-۳	چهار چوب راهکار ارائه شده
۴۳	۳-۳	مدل کردن شبکه حسگر بی سیم
۴۵	۴-۳	تابع برازندگی بر اساس انرژی و پوشش
۴۵	۱-۴-۳	بررسی قابل استفاده بودن گره ها
۴۵	۲-۴-۳	مجموع گره های روشن (G)
۴۵	۳-۴-۳	مجموع اهداف پوشش داده شده توسط سنسورهای انتخابی: ۷
۴۶	۴-۴-۳	میزان پوشش سنسورها توسط یکدیگر
۴۶	۵-۴-۳	کمترین میزان انرژی
۴۷	۵-۳	الگوریتم تصمیم گیری
۴۷	۱-۵-۳	ساختار الگوریتم های ژنتیکی
۵۲	۲-۵-۳	استفاده از منطق فازی در روش پیشنهادی
۵۳	۶-۳	الگوریتم ردیابی اهداف متحرک
۵۳	۱-۶-۳	استقرار و خوشه بندی
۵۵	۲-۶-۳	کشف اهداف متحرک
۵۶	۳-۶-۳	ردیابی اهداف متحرک
۵۶	۴-۶-۳	بازیابی اهداف متحرک
۵۷	۷-۳	خلاصه فصل
۵۸		<b>فصل چهارم: ارزیابی روش پیشنهادی</b>
۵۹	۱-۴	مقدمه
۶۰	۲-۴	محیط شبیه سازی
۶۱	۳-۴	مفروضات شبکه
۶۲	۴-۴	پارامترهای ارزیابی
۶۳	۵-۴	ارزیابی الگوریتم تصمیم گیری
۷۲	۶-۴	ارزیابی الگوریتم ردیابی هدف
۷۹	۷-۴	خلاصه فصل

۸۰	..... فصل پنجم: جمع بندی
۸۱	..... ۵-۱- نتیجه گیری
۸۲	..... ۵-۲- راهکارهای آتی
۸۳	..... فهرست مراجع

## فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲: شبکه حسگر بی سیم [۸].....	۱۵
شکل ۲-۲: معماری شبکه حسگر بی سیم [۹].....	۱۷
شکل ۱-۳: بخش های راهکار پیشنهادی.....	۴۳
شکل ۲-۳: ارتباط بین دو گره .....Error! Bookmark not defined.	۴۳
شکل ۳-۳: کرموزوم.....	۴۴
شکل ۴-۳: فلوچارت الگوریتم ژنتیک و فاز.....	۵۱
شکل ۵-۳: مدل شبکه در LEACH.....	۵۵
شکل ۶-۳: قالب پیغام ارسالی به سرخوشه.....	۵۷
شکل ۱-۴: میزان تابع برازندگی بر اساس ۳۵۰ حسگر.....	۶۴
شکل ۲-۴: میزان انرژی مصرفی در ۳۵۰ حسگر.....	۶۵
شکل ۳-۴: میزان تابع برازندگی بر اساس ۳۰۰ حسگر.....	۶۶
شکل ۴-۴: میزان انرژی مصرفی در ۳۰۰ حسگر.....	۶۶
شکل ۵-۴: میزان تابع برازندگی بر اساس ۲۵۰ حسگر.....	۶۷
شکل ۶-۴: میزان انرژی مصرفی در ۲۵۰ حسگر.....	۶۸
شکل ۷-۴: میزان تابع برازندگی بر اساس ۲۰۰ حسگر.....	۶۸
شکل ۸-۴: میزان انرژی مصرفی در ۲۰۰ حسگر.....	۶۹
شکل ۹-۴: میزان تابع برازندگی بر اساس ۱۵۰ حسگر.....	۷۰
شکل ۱۰-۴: میزان انرژی مصرفی در ۱۵۰ حسگر.....	۷۰
شکل ۱۱-۴: تعداد گره های فعال در هر دو الگوریتم.....	۷۱
شکل ۱۲-۴: پخش گره های مرزی در شبیه سازی شماره ۱.....	۷۶

- شکل ۴-۱۳: پخش تمامی گره ها در شبیه سازی شماره ۱..... ۷۶
- شکل ۴-۱۴: نمایش شبیه سازی شماره ۱ در لحظه ۴۰۰۰..... ۷۷
- شکل ۴-۱۵: پخش گره های مرزی در شبیه سازی شماره ۲..... ۷۸
- شکل ۴-۱۶: پخش تمامی گره ها در شبیه سازی شماره ۲..... ۷۸
- شکل ۴-۱۷: نمایش شبیه سازی شماره ۲ و در لحظه ۴۰۰۰..... ۷۹
- شکل ۴-۱۸: مقایسه میزان مصرف انرژی بر حسب زمان در روش پیشنهادی با روش LPNA..... ۸۰
- شکل ۴-۱۹: مقایسه زمان مرگ اولین گره در روش پیشنهادی با روش LPNA..... ۸۱

## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱: مفروضات منطق فازی.....	۵۳
جدول ۴-۱: مشخصات کامپیوتر مورد استفاده.....	۶۰
جدول ۴-۲: پارامترهای شبکه.....	۶۳
جدول ۴-۳: پارامترهای شبیه سازی.....	۷۳

## چکیده

کاهش مصرف انرژی گره های حسگر یکی از کارآمدترین تکنیک ها برای افزایش طول عمر شبکه های حسگر بی سیم است. به جای فعال کردن همه گره های حسگر مستقر، مجموعه ای از گره های حسگر فعال شده و یا برای نظارت بر منطقه مورد نظر برنامه ریزی می شوند. با این حال که برنامه ریزی با تعداد کمتر گره های سنسور، به دلیل محدودیت سنجی و ارتباط محدود گره های سنسور باعث افزایش طول عمر شبکه می شود ولی باید پوشش و اتصال شبکه را نیز با در نظر گرفتن اهداف متحرک مد نظر داشت.

بر این اساس در این پژوهش طی دو فاز به حل مساله پرداخته شده است. در فاز اول پژوهش، ابتدا یک الگوریتم تصمیم گیری مبتنی بر الگوریتم ژنتیکی (GA) و منطق فازی توصیف شده است. در این الگوریتم گره های فعال و غیر فعال در غالب یک ماتریس صفر و یک به صورت یک کروموزم در نظر گرفته شده اند که بعد از عمل متقاطع و جهش، کروموزم معتبر تولید می شود. تابع برازندگی مورد استفاده در این الگوریتم بر اساس چهار پارامتر یعنی حداقل تعداد گره های سنسور، پوشش کامل، اتصال و سطح انرژی گره های سنسور بر اساس گره های انتخابی فعال محاسبه می شود. در این پژوهش از منطق فازی برای نرخ جهش در این الگوریتم استفاده شده است تا بتوان کارایی الگوریتم ژنتیک را افزایش داد. در فاز دوم پژوهش پس از طراحی الگوریتم تصمیم گیری، الگوریتم ردیابی هدف که شامل چهار مرحله استقرار گره، کشف، ردیابی و بازیابی هدف می باشد پیاده سازی شده است، در این الگوریتم گره های شبکه پس از استقرار در محیط و کشف هدف، اطلاعات بدست آمده را جمع آوری و برای ایستگاه می فرستند، ایستگاه با استفاده از اطلاعات دریافت شده و به کمک الگوریتم تصمیم گیری وضعیت جدید گره ها را محاسبه کرده و به آنها اطلاع می دهد، این روند تا اتمام انرژی ۵۰ درصد از گره ها در شبکه ادامه پیدا خواهد کرد. بر اساس آزمایشات انجام شده برتری الگوریتم پیشنهادی در غالب نمودارها نمایش داده شده است که نشان دهنده پوشش بیشتر این الگوریتم و همچنین انرژی مصرفی کمتر می باشد.

**کلید واژه ها:** شبکه حسگر، مصرف انرژی، الگوریتم ژنتیک، پوشش دهی شبکه، اهداف متحرک

## فصل اول: کلیات تحقیق

امروزه با توجه به فناوری‌های پیشرفته و فضای گسترده‌ی کاربردهای شبکه‌ی حسگر بی‌سیم<sup>۱</sup>، این شبکه‌ی توجه جمع‌کثیری از دانشگاهیان و صنعتیان را به خود جلب کرده است. شبکه‌های حسگر بی‌سیم دارای قابلیت محبوب و با نفوذ بالا برای برنامه‌های مختلف در مناطق مختلف می‌باشد. این گره‌های کوچک دارای توان سنجش<sup>۲</sup>، محاسبات و امکان ارتباطات بی‌سیم محدود می‌باشد. گره‌های حسگر به‌طور معمول داده‌های حس شده را به ایستگاه پایه<sup>۳</sup> ارسال می‌کنند. گره‌های حسگر محدودیت منابع دارند، اندازه‌ی باتری‌های گره بسیار کوچک است و امکان تعویض یا شارژ مجدد آن‌ها وجود ندارد. طول عمر شبکه یکی از نگرانی‌های اصلی در زمینه‌ی شبکه‌های حسگر بی‌سیم است، انرژی دلیلی برای ادامه‌ی کار شبکه یا توقف کامل شبکه است [۱، ۲]. انرژی باتری‌ها در طی مسیریابی و عملیات انتقال داده مصرف می‌شود. مسیریابی یکی از مسائل چالش برانگیز مطرح شده است و تاثیر مستقیمی بر مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، شبکه‌های موردی و شبکه‌های سلولی دارد. تکنیک‌های خوشه‌بندی<sup>۴</sup> برای مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم در نظر گرفته شده است، این تکنیک‌ها با داشتن ویژگی‌هایی مانند انرژی کارآمد، مقیاس‌پذیری<sup>۵</sup> و زمان تاخیر پایین‌تر و غیره قابلیت سازگاری با شبکه‌های حسگر را دارند [۳، ۴]. پروتکل‌های مسیریابی یکی از مهم‌ترین مسائل در شبکه‌های حسگر بی‌سیم است، چون این پروتکل‌ها مسئول تشکیل مسیرهای ارتباطی بی‌سیم هستند. برخی از انواع مختلف

---

<sup>۱</sup> Wireless sensor network

<sup>۲</sup> Sensing

<sup>۳</sup> Base station

<sup>۴</sup> Clustering

<sup>۵</sup> Scalability



الگوریتم‌های ساخت‌وساز وجود دارد، یکی از این الگوریتم‌ها پروتکل‌های مسیریابی سلسله‌مراتبی<sup>۱</sup> است. در این پروتکل، گره‌ها به صورت مساوی در نظر گرفته نمی‌شود. سرخوشه<sup>۲</sup> مسئول جمع‌آوری داده‌های حس شده‌ی گره‌های معمولی خوشه‌ها و ارسال آن‌ها به سینک<sup>۳</sup> است. مصرف انرژی را می‌توان به طور متوسط بین گره‌ها توزیع کرد و داده‌های ارسال شده در شبکه را می‌توان با ادغام داده‌ها کاهش داد[۵]. یک مسئله‌ی کلیدی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به حداکثر رساندن طول عمر شبکه است. طول عمر شبکه به خصوص در شبکه‌های حسگر بی‌سیم که در آن گره‌های حسگر، معمولاً از راه دور کنترل می‌شوند، مهم است. با توجه به استقرار متراکم و ماهیت بی‌مراقبت از شبکه‌های حسگر بی‌سیم شارژ کردن باتری‌های گره کاری بسیار دشوار است. بنابراین، یک مسئله‌ی کلیدی برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم به حداقل رساندن مصرف انرژی برای افزایش طول عمر شبکه است[۶].

یکی از مهم‌ترین کاربردهای شبکه‌های حسگر نظارت خودکار است. در این حالت با استفاده از شبکه‌های حسگر حرکت اهداف مورد نظر بررسی و تحلیل خواهد شد. هدف اصلی این پایان‌نامه نیز ارائه یک روش مبتنی بر شبکه‌های حسگر بی‌سیم جهت بهبود عملکرد نظارت خودکار و کنترل حرکت اهداف می‌باشد.

---

<sup>۱</sup> Hierarchical

<sup>۲</sup> Cluster head

<sup>۳</sup> Sink

## ۱-۲- بیان مسئله

با توجه به پیشرفت‌های اخیر در تکنولوژی حسگر و ساخت کم هزینه‌ی آن، میکرو حسگرها به لحاظ فنی و اقتصادی در حسگرهای بی سیم عملی شده‌اند. حسگرها اقداماتی پیرامون شرایط محیطی انجام می‌دهند و سپس به‌طور واضحی به برخی از ویژگی‌ها در مورد پدیده‌ی واقع شده در منطقه‌ی سنجش انتقال می‌یابند. تعداد زیادی از حسگرها به عنوان گره می‌تواند در برنامه‌هایی مانند بسیاری از هدف‌های نظامی، در جنگل، و غیره عمل کنند، که نیاز به عملیات مراقبت از شبکه دارند[۷].

این شبکه‌ها به عنوان شبکه‌های حسگر بی سیم نامیده شده‌اند. تنظیمات شبکه متشکل از گره‌های حسگر، داده‌های خودشان را به ایستگاه کنترل مرکزی یا ایستگاه پایه انتقال می‌دهند تا در آن کاربر نهایی بتواند به داده‌ها دسترسی داشته باشد. گره‌ی حسگر باتری صفحه‌ای است که گره را به منابع انرژی محدود شده تحمیل می‌کند. شارژ یا جایگزین باتری حسگر ممکن است ناخوشایند باشد یا بگویند در محیط کار غیرممکن هستند[۸].

بنابراین، هنگامی که گره انرژی خود را از دست داد، می‌توان آن را برای سنجش و نظارت کارآمد دانست، احتمالاً تجزیه‌ی پوشش و اتصال تمام شبکه را در بر می‌گیرد. این بدین معناست که، باید منابع انرژی خوبی وجود داشته باشد. شبکه‌های حسگر بی سیم، شبکه‌هایی هستند که از گره‌های کوچکی به نام حسگر تشکیل یافته‌اند که بطور متراکم در محدوده مشخصی گسترده شده و بطور بی سیم بهم متصل شده‌اند که عمل بازیابی و نظارت بر داده‌ها را به عهده داشته و قادر به نگهداری، پردازش، مرتب‌سازی و ترکیب داده‌ها می‌باشند. شبکه‌های حسگر بی سیم از لحاظ نحوه جمع‌آوری و ارسال داده به دو دسته مبتنی بر رخداد و مبتنی بر جریان داده تقسیم می‌شوند. در هر دو روش، جریان داده‌ای از گره‌های مبدأ

به طرف ایستگاه پایه تشکیل می شود که می تواند موجب به وجود آمدن ازدحام<sup>۱</sup> در شبکه گردد. به بیانی دیگر، ازدحام در این شبکه ها موقعی رخ می دهد که گره های حسگر تعداد بسته های بیشتری را نسبت به آن تعدادی که می توانند ارسال کنند، دریافت کنند. در واقع عدم مطابقت نرخ داده دریافتی و ارسالی موجب به وجود آمدن ازدحام در شبکه می شود. هنگامی که ازدحام رخ می دهد، بسته های دریافتی در یک صف در داخل گره ها ذخیره می شوند و در صورت پر بودن ظرفیت صف، بسته های دریافتی حذف می گردند. در نتیجه میزان قابلیت اطمینان در ارسال بسته ها و همچنین توان عملیاتی شبکه کاهش می یابد.

معمولاً برای تخمین موقعیت هدف از روش های مثلث بندی استفاده می شود. در این روش حداقل سه نود سنسوری باید از هدف نمونه برداری کرده باشند تا بتوان با روش مثلث بندی مکان هدف را تقریب زد. به منظور تخمین مسیر هدف، مکان هدف باید حداقل در دو نقطه تخمین زده شود. یک خط مستقیم بین این دو نقطه، مسیر هدف را مشخص می کند که جهت آن به سمت تخمین آخر می باشد. تخمین مسیر فقط با دو نقطه باعث افزایش خطا می گردد. با تخمین های بیشتر می توان به اعمال تطبیق منحنی با درجه بیشتر پرداخت که دقت تخمین مسیر هدف را بالاتر می برد [۹].

روش های ردیابی هدف متحرک در شبکه های حسگر بیسیم از دیدگاه های مختلفی تقسیم بندی میشوند. اما تقسیم بندی کلی در پنج گروه روش های مبتنی بر درخت، روش های مبتنی بر خوشه بندی، روش های مبتنی بر پیش بینی، روش های حرکتی و روش های ترکیبی قابل ارائه است [۱۰].

---

<sup>۱</sup> Congestion

از دیدگاه توپولوژی شبکه، الگوریتم های ردیابی هدف در سه دسته: روش های مرکز، روش های توزیع شده و روش های سلسله مراتبی جای می گیرند. در روش متمرکز یک گره مرکزی اطلاعاتی از تمام شبکه به دست می آورد و سپس براساس این اطلاعات سراسری، ساختار بهینه (درخت یا خوشه) تشکیل می شود. در روش توزیع شده، گره ها با تبادل اطلاعات با همسایه های خود، ساختار موردنظر را برای ردیابی تشکیل می دهند. هرچند که ممکن است ساختار ایجاد شده در روش های توزیع شده بهینه نباشد، اما با استفاده از اطلاعات محلی، سربار تبادل اطلاعات و مصرف انرژی تا حد زیادی کاهش می یابد، به گونه ای که عملاً در پیاده سازی یک روش ردیابی، روش های متمرکز به صرفه نیستند [۱۱].

در روش های مبتنی بر خوشه بندی، پیش از شروع به کار شبکه (خوشه بندی ایستا) و یا همزمان با تشخیص هدف (خوشه بندی پویا)، بین گره ها خوشه تشکیل می شود و برای هر خوشه یک سرخوشه مشخص می شود. گره ها اطلاعات خود از هدف را به سرخوشه خود ارسال می کنند و سرخوشه پس از جمع آوری اطلاعات، محل هدف را مشخص کرده و گزارش مربوطه را به سمت گره مرکزی جهت پردازش می فرستد [۱۲].

روش های مبتنی بر پیش بینی نیز به این صورت ارائه شده اند که به محض ورود هدف به محیط فیزیکی اطلاعات هدف به نود مرکزی ارسال می شود. بنابراین در هر زمان نود مرکزی تاریخچه ای از حرکت های هدف را ذخیره دارد و از این حرکت ها برای پیش بینی مکان بعدی هدف استفاده می کند. در این روش ها الگوریتم های مکان یابی برای پیش بینی استفاده می شوند و نود مرکزی باید از توان پردازشی و منبع انرژی قوی تری برخوردار باشد [۱۳].

در سال ۲۰۱۱ روشی مبتنی بر الگوریتم کلونی مورچه ها با استفاده از دو نوع حسگر ثابت و متحرک ارائه شد. در این روش حسگرهای متحرک به منظور افزایش کیفیت ردیابی در محیط حرکت می کنند. درحالیکه حسگرهای ثابت به طور یکنواخت در محیط توزیع شده اند تا مستقل از حرکت حسگرهای پویا محیط را بپوشانند. در این روش هر حسگر متحرک با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه در یک مکان جدید مستقر می شود تا اطلاعات تکمیلی را برای نودهای مرکزی ارسال کند [۱۴].

حسگرهای شبکه حسگر با توجه به نوع وظیفه محوله شان دارای انواع مختلفی هستند. بعضی از حسگرها تنها وظیفه دریافت اطلاعات هدف و ارسال آن اطلاعات به سمت نودهای مرکزی را برعهده دارند. بعضی دیگر باید بر روی اطلاعات دریافتی پردازش انجام دهند. در سال ۲۰۱۰ الگوریتمی ارائه شد که این تخصیص وظیفه به نودهای حسگر با استفاده از الگوریتم بهینه سازی PSO انجام شد [۱۵].

### ۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

می توان گفت ردیابی هدف چالشی در نگهداری توازن بین منابع شبکه مانند پهنای باند، انرژی مصرفی و سربار تحمیل شده بر شبکه می باشد. از این رو همواره به دنبال روش هایی هستیم که بهترین توازن را به گونه ای ایجاد کنیم که در نهایت مکان فیزیکی هدف با کمترین خطا تشخیص داده شود. از آنجایی که در ایجاد این توازن غالباً با مسایل بهینه سازی روبرو هستیم لازم است تا با استفاده از الگوریتم های جدید به نوآوری و تکامل در روش های موجود پردازیم.

شبکه های حسگر، شبکه های بی سیمی هستند که از تعداد زیادی نودهای کوچک پراکنده در محیط فیزیکی، تشکیل شده اند. ویژگی مهم این نودها، محدود بودن منابع انرژییشان است که باعث میشود این شبکه ها عمر مشخصی داشته باشند. علاوه بر این از نظر پردازشی و گستره ارتباط رادیویی نیز محدودیت دارند. اکثر کارهای موجود در شبکه های حسگر روی پیدا کردن راههای مفیدی تمرکز دارد تا از طریق آنها داده از منبع اطلاعاتی گرفته و به مراکز داده تحویل داده شود. این منبع اطلاعاتی هدفی است که شبکه حسگر به دنبال آشکار کردن آن می باشد. ردیابی اهداف متحرک به عنوان یکی از مهمترین کاربرد های شبکه های سنسوری بی سیم در حوزه نظامی و مخابراتی به شمار می رود.

حسگر هایی که در نزدیکی هدف قرار دارند باید گزارش های دریافتی از هدف را برای ایستگاههای مرکزی ارسال کنند تا بر روی آنها پردازش صورت گیرد و پس از تجمیع اطلاعات، شبکه حسگر مکان دقیق، سرعت و خط سیر حرکت هدف را اعلام کند.

روش های قدیمی ردیابی هدف بیشتر از تکنیک های کنترل متمرکز استفاده می کرده اند. در روش های کنترل متمرکز از آنجاییکه عمل پردازش اطلاعات توسط یک نود انجام میشود محاسبات سنگینی به آن نود تحمیل می شود. از طرفی با رشد تعداد حسگرهای بیسیم تعداد پیام های عبوری به سمت نود مرکزی و در نتیجه پهنای باند مصرفی افزایش می یابد. همچنین با توجه به محدود بودن انرژی گره ها مطلوب این است که در هر لحظه از زمان، کمترین تعداد گره های حسگر فعال باشند. در عین حال مسیر طی شده توسط هدف نباید گم شود. در صورت گم شدن هدف، مکانیزم های بازیابی برای دوباره پیدا کردن آن با خطای محدود باید قابل پیاده سازی باشند. بهینه بودن محاسبات نودهای سنسوری و صرفه جویی در مصرف انرژی به عنوان نیازمندی های کلیدی برای ماکزیمم نمودن زمان عمر شبکه های سنسوری در کاربردهای ردیابی مطرح می باشند. همه ی این عوامل دلایلی بر روی آوردن به سمت روش های توزیع شده و بازنگری در نحوه انتخاب نودهای فعال می باشند.

هدف از این پایان نامه این است که با اعمال روش های بهینه سازی و بررسی استراتژی های مختلف انتخاب نودهای سنسوری جهت ردیابی هدف و بررسی متدهایی جهت کاهش و بهینه سازی مصرف انرژی از جمله راه های پیشنهادی بدین منظور می باشد.

#### ۱-۴- اهداف تحقیق

از اهداف این تحقیق می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کاهش تأخیر در انتقال اطلاعات
- کاهش انرژی مصرفی در شبکه های حسگر
- افزایش توان عملیاتی شبکه
- حفظ کیفیت سرویس در شبکه های حسگر.



## ۱-۵- فرضیه های تحقیق

روش های کنترل متمرکز به دلیل تکیه بر یک نود مرکزی در برابر خطا انعطاف پذیر نیستند. روش های خوشه بندی نودها به دلیل پردازش توزیعی از صحت بالاتری برخوردارند. هر چه مصرف انرژی در شبکه حسگر پایین تر باشد عمر شبکه حسگر و صحت ردیابی بالاتر خواهد بود.

هر چه انتخاب خوشه های و سرخوشه ها انعطاف بیشتری داشته باشد و ناحیه بیشتری را بپوشانند، خطای ردیابی کمتر خواهد بود. می توان با استفاده از الگوریتم های تکاملی پارامترهای موثر در عمر شبکه حسگر را بهینه کرد.

## ۱-۶- ساختار پایان نامه

این پایان نامه در پنج فصل گردآوری شده است. رئوس مطالب اصلی هر فصل در ادامه به طور خلاصه بیان شده است.

در فصل ۱، به بیان انگیزه و اهمیت موضوع تحقیق و اهداف و سوالات تحقیق می پردازد.

در فصل ۲، در ابتدا به مروری بر روش های پیش تر ارائه شده در زمینه کشف و ردیابی اهداف متحرک در شبکه های حسگر بیسیم پرداخته می شود.

در فصل ۳، به بیان جزئیات و مراحل روش پیشنهادی برای برای کشف و ردیابی اهداف متحرک در شبکه های حسگر بیسیم پرداخته می شود.

در فصل ۴، روش پیشنهادی، مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج حاصل از آن به طور کامل شرح داده می شود. همچنین به مقایسه عملکرد روش پیشنهادی با روش های پیش تر ارائه شده در زمینه برای کشف و ردیابی اهداف متحرک در شبکه های حسگر بیسیم پرداخته می شود.

و در نهایت در فصل ۵، جمع بندی و نتیجه گیری کلی به همراه ارائه پیشنهادات جهت انجام کارهای آینده ارائه خواهد شد.

## فصل دوم : مرور ادبیات موضوع

## ۲-۱- مقدمه

در این فصل در ابتدا به بررسی مفاهیم شبکه حسگر بی سیم و ویژگی های آن پرداخته شده است، سپس به بررسی اهداف، چالش ها، مزایا و معایب شبکه حسگر بی سیم پرداخته شده است. پس از آن به بررسی کشف و ردیابی اهداف متحرک در شبکه های حسگر بیسیم پرداخته شده است.

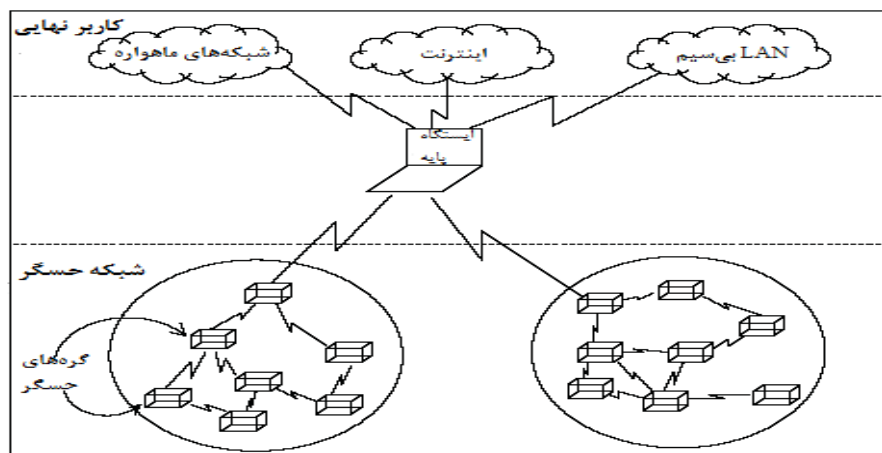
## ۲-۲- شبکه حسگر بی سیم

با توجه به پیشرفت های اخیر در تکنولوژی حسگر و ساخت کم هزینه ی آن، میکرو حسگرها به لحاظ فنی و اقتصادی در حسگرهای بی سیم عملی شده اند. حسگرها اقداماتی پیرامون شرایط محیطی انجام می دهند و سپس به طور واضحی به برخی از ویژگی ها در مورد پدیده ی واقع شده در منطقه ی سنجش انتقال می یابند. تعداد زیادی از حسگرها به عنوان گره می تواند در برنامه هایی مانند بسیاری از هدف های نظامی، در جنگل، و غیره عمل کنند، که نیاز به عملیات مراقبت از شبکه دارند. این شبکه ها به عنوان شبکه های حسگر بی سیم نامیده شده اند. تنظیمات شبکه متشکل از گره های حسگر، داده های خودشان را به ایستگاه کنترل مرکزی یا ایستگاه پایه انتقال می دهند تا در آن کاربر نهایی بتواند به داده ها دسترسی داشته باشد. گره ی حسگر باتری صفحه ای<sup>۱</sup> است که گره را به منابع انرژی محدود شده تحمیل می کند. شارژ یا جایگزین باتری حسگر ممکن است ناخوشایند باشد یا بگویند در محیط کار غیرممکن هستند. بنابراین، هنگامی که گره انرژی خود را از دست داد، می توان آن را برای سنجش و نظارت کارآمد دانست، احتمالاً تجزیه ی پوشش و اتصال تمام شبکه را در بر می گیرد. این بدین معناست که، باید منابع انرژی خوبی وجود داشته باشد [۱۶]. شبکه های حسگر بی سیم شامل تعداد زیادی از گره های

---

<sup>۱</sup> Battery-powered

حسگر بی سیم کم قدرت گسترش یافته در سراسر منطقه ای جغرافیایی می شود که می تواند برای نظارت و کنترل محیط فیزیکی از مکان های راه دور مورد استفاده قرار گیرد. هر گره حسگر باتری صفحه ای و مجهز به حسگرهای یکپارچه ای است، که قابلیت پردازش داده ها و ارتباطات رادیویی برد کوتاه را دارد [۵، ۸]. همانطور که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است این خوانش توسط حسگرها برای کاربر نهایی در سراسر زیرساخت های معماری کمتر از ایستگاه پایه حس شده است [۱۷، ۱۸].



شکل ۲-۱: شبکه حسگر بی سیم [۸]

شبکه ی حسگر بی سیم به طور گسترده ای در محیط محاسباتی در همه جا مورد مطالعه قرار گرفته است. از شبکه ی حسگر بی سیم می توان برای انواع مختلفی از برنامه های کاربردی، مانند مدیریت محیط زیست و نظارت نظامی، زمان واقعی نظارت بر ترافیک، برنامه های کاربردی بهداشت و بسیاری دیگر استفاده کرد. عملیات اساسی در شبکه های حسگر جمع آوری سیستماتیکی از داده های حس هستند که

در نهایت به ایستگاه پایه تحویل داده می‌شوند. از آنجایی که انرژی گره‌های حسگر محدود شده‌اند، ارتباط بین ایستگاه پایه و حسگرها باید به صورت انرژی کارآمد صورت پذیرد [۸]. این شبکه‌های حسگر بی‌سیم وابسته به یک معادله ساده است:

$$\text{سنجش} + \text{واحد پردازش مرکزی}^1 + \text{رادیو} = \text{هزاران برنامه کاربردی ممکن}$$

شبکه حسگر بی‌سیم نوعی از شبکه بی‌سیم است. این شبکه کوچک است و زیرساخت کوچکتري دارد. اساساً شبکه حسگر بی‌سیم شامل تعدادی گره حسگر به نام دستگاه کوچک است، و این‌ها برای تشخیص یک منطقه برای گرفتن داده در محیط با یکدیگر کار می‌کنند. شبکه حسگر بی‌سیم دو نوع است: ساخت‌یافته و غیرساخت‌یافته. اگر در مورد غیرساخت‌یافته صحبت شود پس یک مجموعه از گره‌های حسگر است و این‌ها به روش ادهاک در یک منطقه مستقر شده‌اند. در شبکه حسگر بی‌سیم ساخت‌یافته، همه گره‌های حسگر به روش از پیش طراحی شده مستقر شده‌اند. مزیت شبکه حسگر ساخت‌یافته این است که برخی از گره‌ها می‌توانند با هزینه کمتر برای نگهداری و مدیریت شبکه مستقر شوند. هدف شبکه حسگر بی‌سیم فراهم کردن ارتباط کارآمد میان شرایط محیط فیزیکی و اینترنت جهانی است. شکل ۱-۲ معماری اساسی شبکه حسگر بی‌سیم را نشان می‌دهد که در آن گره حسگر در زمینه حسگر مستقر شده است و آنها با یکدیگر برای جمع‌آوری اطلاعات از محیط ارتباط برقرار می‌کنند و یا به‌طور مستقیم به ایستگاه پایه ارسال می‌کنند اساساً ایستگاه پایه مانند دروازه عمل می‌کند. با کمک دروازه داده‌ها به اینترنت انتقال می‌یابند. زیرا کاربر به طور مستقیم به اینترنت متصل می‌شود [۱۹].

---

<sup>1</sup> Central Processing Unit



شکل ۲-۲: معماری شبکه حسگر بی سیم [۹]

یکی از بزرگ‌ترین مسائلی که شبکه‌های حسگر بی سیم با آن روبرو هستند، محدودیت انرژی می‌باشد. چون گره‌های حسگر اندازه‌ای کوچک، حافظه‌ای کم، باتری کوچک و واحد پردازنده‌ی مرکزی کوچکی را دارند. در شبکه‌های حسگر بی سیم که گره‌های حسگر ثابت هستند، پروتکل‌های ارتباطی میان گره‌های حسگر باید به منظور طول عمر شبکه‌ی مدت‌دار موثر باشند. تجمع اطلاعات یکی از موثرترین رویکردهایی است که داده‌های اضافی را کاهش می‌دهند که توسط گره‌های حسگر به ایستگاه پایه فرستاده می‌شوند. برداشت انرژی در شبکه‌های حسگر بی سیم، تحقیقی فعال است. به هر حال، شبکه‌های حسگر بی سیم، منابع‌شان محدود هستند، پروتکل‌های پیچیده ممکن است بارهای اضافی را به گره‌های حسگر افزایش دهند و به کاهش طول عمر شبکه منجر شوند. این چالشی برای طولانی کردن توان انرژی و طول عمر شبکه از شبکه‌های حسگر بی سیم می‌باشد [۲۰].

شبکه‌های حسگر بی سیم مجموعه‌ای از دستگاه‌های کوچک ریز است که گره‌های حسگر نامیده می‌شود. این‌ها ممکن است کوچک و بزرگ باشند. به همین دلیل است که ساختار شبکه حسگر بی سیم مبتنی بر گره‌های حسگر است. بنابراین تمام کار شبکه حسگر بستگی به گره‌های حسگر دارد. این گره‌ها

در اندازه متفاوت هستند و کاملاً به این بستگی دارند زیرا اندازه‌های مختلف گره‌های حسگر در زمینه‌های مختلف به‌طور موثر کار می‌کنند. شبکه حسگر بی‌سیم دارای گره‌های حسگری است که به‌طور ویژه‌ای طراحی شده‌اند به گونه‌ای که آنها دارای یک میکروکنترلر برای کنترل نظارت، یک فرستنده گیرنده رادیویی برای تولید امواج رادیویی، نوع مختلفی از دستگاه‌های ارتباطی بی‌سیم و نیز یک منبع انرژی مانند باتری هستند. کل شبکه به‌طور همزمان با استفاده از ابعاد مختلف حسگر کار می‌کنند و روی پدیده الگوریتم چندگانه مسیریابی که همچنین شبکه ادهاک<sup>۱</sup> بی‌سیم<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند کار می‌کنند [۹].

گره‌های حسگر می‌توانند در زمین، زیر آب و زیر زمین توسعه داده شوند. شبکه حسگر بی‌سیم استاتیک، شبکه حسگر بی‌سیم متحرک، شبکه حسگر زمینی، شبکه حسگر بی‌سیم زیرزمینی، شبکه حسگر بی‌سیم در زیر آب و شبکه حسگر بی‌سیم چند رسانه‌ای انواع مختلفی از شبکه‌های حسگر بی‌سیم هستند.

- شبکه حسگر بی‌سیم استاتیک شامل گره‌های حسگری است که یک بار آنها توسعه یافته‌اند و ثابت باقی مانده‌اند.
- شبکه حسگر بی‌سیم متحرک شامل گره‌های حسگری است که می‌تواند حرکت کند و با محیط فیزیکی تعامل دارد.
- شبکه حسگر بی‌سیم زمینی شامل صدها هزار گره حسگر ارزان در یک منطقه خاص، یا به شیوه‌ای برنامه‌ریزی شده یا در یک شیوه ادهاک، توسعه یافته است.

---

<sup>۱</sup>Ad-hoc wireless network



- شبکه حسگر بی سیم زیرزمینی شامل گره‌های حسگر زیرزمینی یا در یک معدن مورد استفاده برای شرایط نظارت زیرزمینی پوشش داده شده است.
- شبکه حسگر بی سیم زیر آب متشکل از گره‌های حسگری است که در زیر آب توسعه یافته‌اند. برخلاف شبکه‌های حسگر بی سیم زمینی، گره‌های حسگر زیر آب گران‌تر هستند و گره‌های حسگر کمتری توسعه داده شده‌اند.
- شبکه حسگر بی سیم چند رسانه‌ای برای فعال کردن نظارت و ردیابی وقایع در قالب داده‌های چند رسانه‌ای مانند ویدیو، صوت و تصویر مطرح شده است [۲۱].

## ۲-۳- ویژگی های خاص شبکه های حسگر بی سیم

در این بخش به برخی از ویژگی های منحصر به فرد شبکه های حسگر بی سیم پرداخته شده است که به هنگام طراحی مدیریت معماری در شبکه های حسگر بی سیم در نظر گرفته می شود.

### ۲-۳-۱- انواع مختلف گره ها

شبکه حسگر بی سیم سه نوع گره حسگر دارد: گره های نرمال مسئول جمع آوری اطلاعات یا داده های حسگر هستند. گره های حسگر دارای محدودیت منابع هستند. به همین دلیل است که گره حسگر برای ذخیره سازی مقدار زیادی از اطلاعات یا داده های حسگر قابلیت ذخیره سازی ندارد. ممکن است داده ها در صورت لزوم به سادگی پردازش شوند. گره های سینک مسئول دریافت، ذخیره سازی و پردازش داده از گره های نرمال هستند؛ و گره های دروازه که گره های سینک را به موجودیت های خارجی به نام ناظران متصل می کند. علاوه بر این محرک ها نیز می توانند برای کنترل یا تحریک روی ناحیه تحت نظارت در شبکه های حسگر بی سیم معرفی شوند [۲۲].

### ۲-۳-۲- برنامه کاربردی خاص

شبکه های حسگر بی سیم به برنامه کاربردی وابسته هستند. منابع محدود (به عنوان مثال پردازش، ذخیره سازی و انتقال محدوده) گره های حسگر در شبکه های حسگر بی سیم که شامل تنوع گسترده ای از برنامه های کاربردی مانند گره های شبکه سنتی است را محدود می کند. طراحی برنامه های کاربردی و مدیریت معماری ها در شبکه های حسگر بی سیم نیز بستگی به برنامه کاربردی معنایی دارد. در نتیجه،

طراحان برنامه کاربردی باید برنامه‌های خاص و پیچیده مختلف را برای اجرای محلی‌سازی گره، مسیریابی داده و تجمع داده متناسب با برنامه‌های کاربردی خاص حسگر توسعه دهند. بنابراین، برای برنامه‌ها به‌طور مستقیم توانایی حمل یک برنامه کاربردی به برنامه کاربردی دیگر محتمل نیست، از این‌رو برنامه‌های کاربردی خاص مورد نیاز شبکه‌های حسگر بی‌سیم برحسب استفاده منابع و الگوهای ارتباطی متنوع هستند. تحقیقات اخیر شبکه حسگر بی‌سیم به‌طور افزایشی روی راه‌حل‌هایی تمرکز کرده است که می‌تواند تنوع برنامه‌های کاربردی حسگر مختلف را به‌وسیله ادغام دانش برنامه کاربردی با مدیریت معماری‌ها در شبکه‌های حسگر بی‌سیم نگه دارد.

### ۲-۳-۳- تحمیل منابع

تحمیل منابع<sup>۱</sup> در گره‌های حسگر یکی دیگر از ویژگی‌های منحصر به فرد شبکه‌های حسگر بی‌سیم است. گره‌های حسگر معمولاً از چهار بخش اساسی تشکیل شده است: واحد سنجش، واحد پردازش، واحد فرستنده و گیرنده و واحد توان. واحد توان همه فعالیت‌های گره حسگر از جمله ارتباطات، پردازش داده‌های محلی، سنجش و غیره را پشتیبانی می‌کند. طول عمر یک گره حسگر عمدتاً توسط منبع تغذیه مشخص شده، پس جایگزینی باتری در شبکه‌های حسگر یک انتخاب نیست، به خصوص در محیط‌های خطرناک مثل میدان جنگ یا محیط‌های نظارتی. طول عمر طولانی یک حسگر در شبکه حسگر بی‌سیم با ثبات‌تر است. به‌منظور صرفه‌جویی در توان، فعالیت‌های برکنار شده اگر حذف نشده باید کاهش یابد.

---

<sup>۱</sup> Resource Constrains

### ۲-۳-۴- توپولوژی شبکه

توپولوژی شبکه نشان‌دهنده نقشه توپولوژی واقعی و دستیابی به توانایی گره‌های حسگر در شبکه می‌باشد. توپولوژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم ممکن است با توجه به تغییرات گره پویا باشد. به عنوان مثال، گره‌ها ممکن است با شکست مواجه شوند (یا از کمبود انرژی یا از تخریب فیزیکی)، و گره‌های جدید ممکن است به شبکه بپیوندند. بنابراین شبکه باید قادر باشد به‌طور دوره‌ای خودش را مجدداً پیکربندی کند.

### ۲-۳-۵- تحمل خطا

تحمل خطا<sup>۱</sup>؛ شکست در شبکه حسگر بی‌سیم اتفاق می‌افتد، که به‌طور معمول شامل شکست گره‌های حسگر و شکست‌های برقراری ارتباط و غیره می‌باشد. اگرچه قبلاً امکان داشت برنامه کاربردی حسگر در طراحی‌شان اندازه‌گیری انجام شده باشد، هنوز هم یک نیاز برای شبکه حسگر بی‌سیم برای داشتن توانایی پیکربندی مجدد و بازیابی خود بدون مداخله موجود انسانی وجود دارد، به‌خصوص در شرایط محیطی غیرقابل دسترس [۱۹].

---

<sup>۱</sup> Fault Tolerance

## **۲-۴- اهداف طراحی شبکه حسگر**

اکثر شبکه‌های حسگر، برنامه‌های کاربردی خاص و الزامات برنامه‌ای متفاوتی دارند. در نتیجه، در طراحی شبکه‌های حسگر، کلیه یا بخشی از اهداف طراحی مهم زیر مورد توجه قرار می‌گیرند:

### **۲-۴-۱- اندازه کوچک گره**

از آنجاکه گره‌های حسگر معمولاً در محیطی ناملاّیم یا سخت و به تعداد زیاد گسترش می‌یابند، کاهش اندازه گره می‌تواند استقرار گره را تسهیل بخشد. همچنین مصرف نیرو توسط گره و هزینه گره‌های حسگر را نیز کاهش خواهد داد.

### **۲-۴-۲- هزینه پایین گره**

از آنجاکه گره‌های حسگر معمولاً در محیطی ناملاّیم یا سخت و به تعداد زیاد گسترش می‌یابند و نمی‌توانند دوباره مورد استفاده قرار گیرند، کاهش هزینه گره‌های حسگر اهمیت دارد و منجر به کاهش هزینه کل شبکه خواهد شد.

### **۲-۴-۳- مصرف نیروی کم**

از آنجاکه نیروی گره‌ها از باطری تأمین می‌شود و اغلب شارژ یا دوباره شارژ نمودن باطری‌های آن‌ها بسیار مشکل یا غیرممکن است، کاهش مصرف نیرو از سوی گره‌های حسگر حیاتی است تا زمان عمر گره‌های حسگر همانند کل شبکه طولانی شود.

#### **۲-۴-۴- مقیاس پذیری**

از آنجاکه تعداد گره‌های حسگر در شبکه‌های حسگر، ده‌ها، صدها یا هزاران عدد می‌باشد، پروتکل‌های شبکه طراحی شده برای شبکه‌های حسگر باید قابلیت مقیاس‌پذیری به اندازه‌های مختلف شبکه را داشته باشند.

#### **۲-۴-۵- قابلیت اطمینان**

پروتکل‌های شبکه طراحی شده برای شبکه‌های حسگر باید امکان کنترل خطا و مکانیسم تصحیح داشته باشند تا در کانال‌های بی‌سیم دارای نویز و مستعد خطا، قابلیت اطمینان تحویل داده‌ها را در زمان‌های مختلف تضمین کنند.

#### **۲-۴-۶- خود پیکربندی**

به هنگام گسترش در شبکه‌های حسگر، گره‌های حسگر باید قادر به مدیریت خود کار خود با شبکه ارتباطی باشند و در صورت روی دادن تغییرات توپولوژیکی و خرابی گره، اتصال خود را دوباره تنظیم کنند.

#### **۲-۴-۷- سازگاری**

در شبکه حسگر، یک گره ممکن است خراب، ملحق یا انتقال داده شود که این امر منجر به تغییراتی در تراکم گره و توپولوژی شبکه خواهد شد. در نتیجه، پروتکل‌های شبکه طراحی شده برای شبکه‌های حسگر باید با چنین تغییرات تراکمی و توپولوژیکی ای مطابقت داشته باشند.

## ۲-۴-۸- استفاده از کانال

از آنجا که شبکه‌های حسگر منبع پهنای باند محدودی دارند، پروتکل‌های ارتباطی طراحی شده برای شبکه‌های حسگر باید به‌طور مؤثری از پهنای باند استفاده کنند تا بهره‌برداری از کانال را بهبود بخشند.

## ۲-۴-۹- تحمل خطا

گره‌های حسگر به دلیل محیط استقرار سخت و خشن و اعمال غیرقابل پیش‌بینی، در معرض خرابی هستند. در نتیجه، گره‌های حسگر باید تحمل خطا و قابلیت خودآزمایی، خودسنجی، خودترمیمی و خوداصلاحی داشته باشند.

## ۲-۴-۱۰- امنیت

یک شبکه حسگر باید مکانیسم امنیتی مؤثری را برای پیشگیری از دسترسی غیرمجاز یا حملات مخرب بر اطلاعات داده‌ای شبکه یا یک گره حسگر، معرفی کند.

## ۲-۴-۱۱- پشتیبانی از کیفیت خدمات

در شبکه‌های حسگر، برنامه‌های کاربردی مختلف به دلیل تأخیر تحویل و از دست رفتن بسته، الزامات کیفیت خدماتی متفاوتی دارند. در نتیجه، طراحی پروتکل شبکه نیازمندی‌های کیفیت خدمات متفاوت برنامه‌های کاربردی مشخص را در نظر می‌گیرد [۲۳].

## ۲-۵- چالش‌های شبکه حسگر بی سیم

شبکه حسگر بی سیم یک حوزه در حال ظهور است. این شبکه طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی را ارائه می‌دهد و این برنامه‌ها می‌توانند در دنیای واقعی پیاده‌سازی شوند. برای پیاده‌سازی آنها پروتکل‌ها و الگوریتم‌های کارآمدتری مورد نیاز است. طراحی یک پروتکل یا الگوریتم جدید چالش‌هایی در این زمینه می‌دهد. این چالش‌ها به طور خلاصه در زیر آمده است:

### ۲-۵-۱- مقیاس پذیری

در زمینه نظارت، تعداد گره‌های حسگر مستقر شده می‌تواند صدها، هزاران و یا بیشتر باشد. این بستگی به برنامه کاربردی دارد. ممکن است که ابتدا گره‌های حسگر مستقر شده برای نظارت بر محیط کافی نباشد. در این وضعیت، پروتکل که روی شبکه کار می‌کند باید مقیاس‌پذیر باشد و قادر به جا دادن تعداد زیادی از گره‌های حسگر باشد [۲۴].

### ۲-۵-۲- انرژی

حسگرها برای عملیات مختلف نیاز به توان دارند. انرژی در جمع‌آوری داده‌ها، پردازش داده‌ها و ارتباطات داده‌ها مصرف می‌شود. باتری‌ها توان مورد نیاز را با تعویض شدن یا شارژ مجدد پس از مصرف فراهم می‌کنند. گاهی اوقات شارژ مجدد یا تعویض باتری‌ها به دلیل شرایط دموگرافیک<sup>۱</sup> مشکل است. مهم‌ترین چالش برای محققان شبکه حسگر بی سیم طراحی، توسعه و پیاده‌سازی انرژی کارآمد پروتکل‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری برای شبکه‌های حسگر بی سیم است.

---

<sup>۱</sup> Demographic



### ۲-۵-۳- خود مدیریتی

شبکه‌های حسگر بی سیم یک بار مستقر می‌شوند و باید بدون هیچ گونه دخالت انسان قادر به کار کردن باشند. آنها باید خودشان قادر به مدیریت تنظیمات شبکه، سازگاری، تعمیر و نگهداری و ترمیم باشند.

### ۲-۵-۴- مسائل سخت افزاری و نرم افزاری

شبکه‌های حسگر شامل صدها هزار گره می‌باشند. تنها اگر گره ارزان باشد ترجیح داده می‌شود. واحد پردازش مرکزی از گره حسگر مصرف انرژی و قابلیت‌های محاسباتی از یک گره را تعیین می‌کند. به منظور ارائه انعطاف پذیر برای اجرای واحد پردازش مرکزی، تعداد زیادی از میکروکنترلر، میکروپروسسور و زمینه برنامه ریزی دروازه آرایه‌ها<sup>۱</sup> در دسترس هستند. برای صرفه جویی در توان، میکروکنترلر باید سه حالت فعال، خواب، بیکار داشته باشد. مصرف انرژی برای FPGA نمی‌تواند کاهش یابد؛ علاوه بر این نمی‌توان بلوک جداگانه برای آن ساخت. استقرار FPGA برای کاهش مصرف توان یک چالش بزرگ است. نرم افزار در شبکه حسگر بی سیم علاوه بر سبک بودن و مصرف انرژی کمتر باید مستقل از سخت افزار باشد. الگوریتم‌ها و پروتکل‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که پیچیدگی کمتری داشته باشند و در کاهش مصرف انرژی موثر باشند.

### ۲-۵-۵- سیستم عامل

سیستم عامل برای شبکه‌های حسگر بی سیم باید پیچیدگی کمتری نسبت به سیستم عامل‌های کلی داشته باشد. باید یک پارادایم برنامه نویسی آسان داشته باشد. توسعه دهندگان برنامه کاربردی باید قادر

---

<sup>۱</sup> Field Programmable Gate Arrays (FPGA)

به تمرکز بر روی منطق برنامه کاربردی باشند به جای اینکه نگران مسائل سخت افزاری سطح پایین مانند زمانبندی، انحصاری و شبکه باشند.

## ۲-۵-۶- مسائل لایه کنترل دسترسی متوسط

راه حل های کنترل دسترسی متوسط<sup>۱</sup> یک تاثیر مستقیم بر مصرف انرژی دارد، برخی از علل اصلی اتلاف انرژی در لایه کنترل دسترسی متوسط عبارت است از: برخورد، کنترل سربار بسته و گوش دادن بیکار.

## ۲-۵-۷- کیفیت خدمات

کیفیت خدمات<sup>۲</sup> سطحی از خدمات را توسط شبکه های حسگر برای کاربران فراهم می کند. شبکه های حسگر بی سیم در برنامه های کاربردی مهم و بلادرنگ مختلف استفاده می شود، بنابراین الزامی برای شبکه به فراهم کردن کیفیت خدمات خوب می باشد. هر چند این مشکل است زیرا توپولوژی شبکه ممکن است به طور مداوم تغییر کند و اطلاعات حالت در دسترس برای مسیریابی ذاتا مبهم است. شبکه های حسگر نیاز به عرضه مقدار مورد نیاز از پهنای باند دارد، به طوری که قادر به دستیابی حداقل نیازهای کیفیت خدمات باشد. کیفیت خدمات طراحی شده برای شبکه حسگر بی سیم باید قادر به پشتیبانی از مقیاس پذیری باشد. اضافه کردن یا حذف کردن گره ها نباید تاثیری در کیفیت خدمات شبکه حسگر بی سیم داشته باشد.

---

<sup>۱</sup> Medium Access Control

<sup>۲</sup> Quality of Service

## ۲-۵-۸- امنیت

در شبکه‌های حسگر برای محافظت از تبادل اطلاعات بین گره‌های حسگر شبکه یا بین حسگرها و ایستگاه پایه، محرمانگی مورد نیاز است؛ در غیر این صورت ممکن است ارتباطات استراق سمع (شگره) شوند. در شبکه‌های حسگر، برای هر گره حسگر و ایستگاه پایه توانایی بررسی داده‌های دریافت شده که واقعا توسط فرستنده مورد اعتماد ارسال شده باشد ضروری است. داده‌های نادرست می‌تواند مسیر یک شبکه را تغییر دهد. درستی داده‌ها باید حفظ شود. داده‌ها نباید تغییر کنند و داده‌های دقیق باید در پایان به کاربر برسد [۱۴].

## ۲-۵-۹- جمع‌آوری و انتقال داده

جمع‌آوری داده هدف اصلی گره‌های حسگر است. حسگرها به صورت دوره‌ای حس داده‌ها را از محیط اطراف، پردازش و به ایستگاه پایه یا سینک منتقل می‌کنند. جمع‌آوری داده‌ها شامل جمع‌آوری داده و انتقال داده به گره سینک می‌باشد. گاهی اوقات نمونه داده‌های جمع‌آوری شده تکراری‌اند، بنابراین در طول جمع‌آوری و انتقال داده باید توجه شود.

## ۲-۵-۱۰- تحمل خطا

شبکه حسگر باید عملکردی باقی بماند حتی اگر هر گره با شکست مواجه شود در حالی که شبکه عملیاتی است. شبکه باید قادر به سازگاری با تغییر اتصال آن در صورت هرگونه خطا باشد. در این صورت، الگوریتم مسیریابی کارآمد خوب، تغییر تنظیمات کلی شبکه را اعمال می‌کند [۲۵].

## ۲-۵-۱۱- ایجاد ازدحام

در حالتی که همه گره‌های موجود در شبکه حسگر می‌خواهند داده‌هایشان را بعد از یک دوره برای ایستگاه پایه بفرستند، با ترافیک اطلاعات روبرو هستیم که باعث ایجاد تأخیر در فرستادن داده‌ها می‌شود.

## ۲-۶- ردیابی اهداف

سیستم‌های بینائی طبیعی در واقع یک جریان پیوسته از داده‌های صحنه مشاهده شده را حس و پردازش می‌کنند و کمتر با ادراک تصاویر کاملاً ثابت روبرو هستند. در بینائی ماشین<sup>۱</sup> نیز وضعیت مشابهی وجود دارد. تشخیص، شناسایی و دنبال کردن اهداف موردنظر، یکی از مسائلی است که امروزه روی آن تحقیقات زیادی انجام گرفته و روش‌های متعدد و کارآمدی ارائه گردیده است. هدف اصلی در الگوریتم‌های ردیابی تعیین موقعیت هدف در هر لحظه است که هر چه دقت الگوریتم در تعیین این موقعیت بیشتر باشد، الگوریتم کاربرد بیشتری دارد. یکی دیگر از ویژگی‌های الگوریتم ردیابی، سادگی آن در پیاده‌سازی و پیچیدگی محاسباتی الگوریتم می‌باشد. الگوریتمی که پیچیدگی محاسباتی کمتری دارد در کاربردهای مختلفی از جمله الگوریتم‌های بلادرننگ قابل استفاده است. از دیگری خصوصیتی که الگوریتم‌های ردیابی را از هم جدا می‌کند، میزان استفاده آن‌ها از اطلاعات ورودی است. هر چه یک الگوریتم برای کارکرد خود اطلاعات بیشتری نیاز داشته باشد، کاربرد الگوریتم را محدود تر می‌کند [۱-۳].

یکی از اهداف بسیار مهم در یادگیری ویدئو که جزء دسته‌ای از پردازش ویدئو محسوب می‌گردد، شناسایی و ردیابی اهداف مورد نظر می‌باشد به صورتی یک ویدئو را به عنوان ورودی دریافت می‌کند و هدف از پیش مدنظر قرار گرفته را شناسایی و دنبال می‌کند. هدف اصلی در الگوریتم‌های ردیابی

---

<sup>۱</sup> Machine vision

تعیین موقعیت هدف در هر لحظه است که هر چه دقت الگوریتم در تعیین این موقعیت بیشتر باشد، الگوریتم کاربرد بیشتری دارد. یکی دیگر از ویژگی های الگوریتم ردیابی، سادگی آن در پیاده سازی و پیچیدگی محاسباتی الگوریتم می باشد. الگوریتمی که پیچیدگی محاسباتی کمتری دارد در کاربردهای مختلفی از جمله الگوریتم های بلادرنگ قابل استفاده است. از دیگری خصوصياتی که الگوریتم های ردیابی را از هم جدا می کند، میزان استفاده آنها از اطلاعات ورودی است. هر چه یک الگوریتم برای کارکرد خود اطلاعات بیشتری نیاز داشته باشد، کاربرد الگوریتم را محدود تر می کند. در سیستم های نظارتی، پیش بینی هایی که توسط ردیاب انجام می شود با دریافت مشاهدات واقعی توسط ردیاب بروز می شوند. در واقع تابع تبدیلی از مشاهدات به علت وجود نویز، به عنوان پس خورد جهت تنظیم خطای پیش بینی به سیستم اعمال می گردد، اما در بعضی موارد علاوه بر مشاهداتی که از اهداف واقعی دریافت می شود مشاهدات کاذب نیز پدیدار می شود. در ردیابی چندهدف به طور که همزمان، اگر ردیابی تنها یک و یا دوتا از اهداف مدنظر باشد. در این حالت مشاهدات ناشی از اهداف فرعی، مشاهدات کاذب می باشند. در واقع می توان گفت مشاهدات، خروجی تابعی هستند که ورودی آن اهداف واقعی است که این تابع به علت نویزپذیر بودن و تغییر شرایط محیطی، متغیر با زمان می باشد. در ردیابی، هدف مورد نظر می تواند هر چیزی که مورد علاقه برای تحلیل های بیشتر می باشد، در نظر گرفته شود. در ردیابی، هدف مورد نظر می تواند هر چیزی که مورد علاقه برای تحلیل های بیشتر می باشد، در نظر گرفته شود. برای مثال قایق ها در دریا، ماهی ها در آکواریوم، وسایل نقلیه در جاده، افراد در حال راه رفتن در پیاده رو یا خیابان، یک غده ی سرطانی در بدن و یا حبابی درون آب، یک مجموعه از اشیاء هستند که می توانند در یک حوزه خاص به عنوان هدف، برای موضوع ردیابی باشند. کاربردهای زیادی را می توان در مورد ردیابی اهداف، که زیرمجموعه ایی از شاخه مطرح بینایی ماشین

می‌باشد نام برد که شامل دنبال کردن عابرین پیاده در تصاویر ویدئویی، ردیابی بازیکنان ورزش‌های مختلف به منظور استخراج اطلاعات آماری، ردیابی هدف در سونار، نظارت خودکار جهت تشخیص فعالیت‌های مشکوک و یا غیر مترقبه<sup>۱</sup>، نظارت بر ترافیک<sup>۲</sup>، جهت گردآوری اطلاعات آماری ترافیک با هدف جهت دادن به ترافیک، هدایت نمودن وسایل نقلیه<sup>۳</sup>، جهت ایجاد قابلیت تصمیم‌گیری و جلوگیری از برخورد.

در ساده‌ترین شکل ردیابی می‌تواند به‌عنوان مسئله‌ی تخمین مسیر حرکت یک شیء، وقتی که شیء در صحنه حرکت می‌کند تعریف شود. به بیان دیگر می‌خواهیم بدانیم شیء در هر زمان در کجای تصویر قرار دارد. ردیاب همچنین می‌تواند ناحیه‌ای در تصویر که توسط شیء در هر زمان اشغال می‌شود را بیابد، در اینصورت از خروجی سیستم تشخیص و ردیابی می‌توان در پردازش‌های مرتبه بالاتر مانند تعبیر و تفسیر حرکت، تشخیص نوع رفتار و نظایر آن استفاده نمود. با این حال برای حل این مسئله چالش‌هایی پیش روی ما قرار دارد که می‌توان از ساختار غیر صلب بودن هدف، وجود موانع در مقابل هدف مورد نظر یا به عبارت دیگر تغییر شکل ظاهر آن، چرخش یا حرکت دوربین یا هدف در حین فرآیند آشکارسازی و ردیابی، تغییرات الگوی ظاهری هدف و صحنه، نویز دوربین، گم شدن برخی فریم‌ها، توان سیستم پردازش گر، نام برد.

در حالت کلی در هنگام آشکارسازی و ردیابی هدف در ویدئویی با تغییرات، دو مشکل اساسی وجود دارد اولاً پیوستگی بین حرکات هدف از یک فریم به فریم دیگر ضعیف می‌شود که در نتیجه تغییرات ظاهری هدف، زیاد می‌باشد لذا باید فضای ناحیه جستجو برای آشکارسازی هدف افزایش یابد که نتیجه

---

<sup>۱</sup> Motion-based recognition

<sup>۲</sup> Traffic monitoring

<sup>۳</sup> Vehicle navigation

این افزایش ناحیه جستجو، این است که اهداف کاذب زمینه افزایش می‌یابد و باعث می‌شود که روش - های قراردادی آشکارسازی و ردیابی هدف که تاکنون وجود داشته با مشکل مواجه شوند.

به طور کلی در حالت پرش‌قاب، شناسایی اجسام از یک فریم تا فریم دیگر به دلیل کمبود محتویات هدف به مشکل بر می‌خورد و ما نمی‌توانیم فقط به تکنیک‌های گذشته تکیه کنیم. چون همانطور که می‌دانیم در این حالت، جهت جبران تغییرات زیاد موقعیت هدف، مجبوریم که ناحیه جستجو را افزایش دهیم به همین دلیل تعداد کاندیدهای جهت تعیین هدف، افزایش می‌یابد که این عامل باعث افزایش درصد خطا در برخی از الگوریتم‌ها می‌شود. فیلتر ذره‌ای<sup>۱</sup> روشی عددی و محاسباتی برای بدست آوردن تابع چگالی احتمال<sup>۲</sup> یک فرآیند تصادفی و نیز تخمین یک پارامتر مشخص از روی آن است. از آنجا که این فیلتر روشی عددی برای تخمین سیگنال است، غیرخطی بودن مدل و یا غیر گاوسی بودن توزیع احتمال برای آن اهمیت ندارد چرا که احتمالات خود را روی قسمت های غیر محتمل نیز گسترش می‌دهد. هرچند این فیلتر از مشکلات اساسی در مرحله پیاده سازی رنج می‌برد، اما همچنان یک کاندید خوب برای حل مسئله ردیابی می‌باشد.

به طور کلی برنامه ردیابی را با توجه به تعامل با کاربر می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

(۱) ردیابی دستی<sup>۳</sup>: در این الگوریتم کاربر به‌طور مستقیم اشیاء مورد نظر را ردیابی می‌کند. این نوع ردیابی، روشی زمان‌بر می‌باشد و در حجم بالایی از داده‌ها قابل استفاده نمی‌باشد.

---

<sup>۱</sup> Particle Filter

<sup>۲</sup> Probability Density Function

<sup>۳</sup> Manual Tracking

۲) ردیابی تعاملی:<sup>۱</sup> در این الگوریتم کاربر بعضی از اطلاعات هدف را فراهم می‌کند. این الگوریتم نوعی فرآیند نیمه خودکار است. کاربر اطلاعات هدف را در یک فریم مشخص می‌کند، سپس الگوریتم با استفاده از این اطلاعات، موقعیت هدف در فریم‌های بعدی را مشخص می‌کند. به عنوان مثال در فعالیت‌های نظارتی، کاربر فرد را انتخاب کرده و الگوریتم به طور خودکار آن هدف را در فریم‌های بعدی ردیابی می‌کند.

۳) ردیابی خودکار:<sup>۲</sup> در این الگوریتم‌ها، اهداف به طور خودکار تشخیص داده شده و ردیابی می‌شوند. به طور کلی هر سیستم به یک فرایند آشکارسازی در فریم اول، که هدف ظاهر می‌شود نیازمند است. به طوریکه زمانی که هدف در یک فریم ویدئو ظاهر می‌شود، باید آن هدف را در لحظه شکار کند تا بتواند در فریم‌های بعدی دنبال کند.

یک روش برای ردیابی خودکار روش ارائه شده در مقاله [۳۱] می‌باشد، یکی از مسائل اساسی مورد بررسی در شبکه حسگر بی‌سیم<sup>۳</sup> مسئله مصرف انرژی می‌باشد. چرا که گره‌های شبکه بی‌سیم از باتری به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند و در صورت عدم توجه به مصرف انرژی شبکه عمر زیادی نخواهد داشت. یکی از روش‌های موثر در کاهش مصرف انرژی تغییر وضعیت گره به حالت خواب<sup>۴</sup> و بیدار کردن<sup>۵</sup> آن در مواقع ضروری می‌باشد. حال در پوشش‌دهی اهداف متحرک به دلیل مشخص نبودن موقعیت هدف در محیط امکان تعیین زود هنگام این زمان وجود ندارد و هر گره ملزم به محاسبه این زمان پس از قرار گرفتن در محیط و بر اساس اطلاعات حرکت اهداف و دیگر اطلاعات بدست آمده

---

<sup>۱</sup> Interactive Tracking

<sup>۲</sup> Automated Tracking

<sup>۳</sup> WSN

<sup>۴</sup> Sleep Mode

<sup>۵</sup> Idle Mode



از محیط می‌باشد. در روش پیشنهادی ما، در این مقاله هدف پیدا کردن دو زمان روشن و خاموش کردن برای هر گره می‌باشد. در هر گره که در حالت خواب قرار دارد فقط آنتن پیشنهادی ما روشن می‌ماند که جهت ارسال سیگنال بیدار کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر یک گره در حال پوشش دادن یک هدف باشد و پیش بینی کند که هدف به زودی از محدوده خود خارج می‌شود، با ارسال سیگنال بیدار سازی<sup>۱</sup>، گره‌های مربوطه را بیدار می‌کند. دلیل کاهش مصرف انرژی در این روش استفاده از یک آنتن بسیار کم مصرف<sup>۲</sup> به جای آنتن اصلی و ارسال شبه نویز به عنوان سیگنال بیدار کننده و همچنین استفاده از تابع پیش‌بینی بهینه جهت تعیین دقیق برد سیگنال می‌باشد

مزیت روش ردیابی تعاملی این مورد است، که هیچ محدودیتی در نوع هدفی که ردیابی خواهد شد، وجود ندارد. با این حال با توجه به اینکه در حالت کلی، هدف‌ها را می‌توان در قالب گروه‌های معینی قرار داد، لذا این امکان وجود دارد که اهداف به طور خودکار توسط این سیستم‌ها آشکار و ردیابی شوند. در ادامه برای هدفی که دنبال می‌شود، لازم است آن هدف با ظاهر یا نشانه‌ای، نمایش داده شود. این نمایش معمولاً با عنوان ویژگی هدف بیان می‌شود. پس از آشکارسازی هدف و تعیین ویژگی‌های آن، باید موقعیت مکانی هدف در فریم جدید، به دست آید. پس از پیدا کردن هدف در فریم فعلی و قبل از پردازش فریم بعدی، برای تصحیح مدل هدف و مدل پس زمینه، مدل فعلی که در فریم فعلی به دست می‌آید، به روز می‌شود.

---

<sup>۱</sup> Awakening Signal

<sup>۲</sup> ULP : Ultra Low Power

روش‌های گوناگونی به منظور ردیابی اشیاء ارائه شده است که اسای و بنیان این روش‌ها با یکدیگر متفاوت است و هر کدام در پی پاسخ دادن به سؤالاتی از جمله: کدام بیان از اهداف برای ردیابی مناسب تر است؟ چگونه باید حرکت، ظهور و شکل اشیاء مدل گردد؟ می‌باشند.

به‌منظور نمایش اهداف تشخیص داده شده روش‌های متفاوتی معرفی شده است که در ادامه به معرفی آن‌ها می‌پردازیم.

(۱) نمایش نقطه‌ای<sup>۱</sup>: یک شیء را می‌توان با یک نقطه در مرکز آن و یا با مجموعه‌ای از نقاط نشان داد. در حالت کلی نمایش نقطه‌ای برای نمایش اهدافی مناسب‌تر است که ناحیه کوچکی از تصویر را دربر می‌گیرند.

(۲) نمایش هندسی<sup>۲</sup>: این روش، اهداف را به صورت اشکال مستطیلی و یا بیضوی شکل، نمایش می‌دهد که یک روش مناسب برای نمایش اشیاء صلب<sup>۳</sup> می‌باشد اما می‌توان این نمایش را برای اشیاء غیرصلب نیز به کار برد.

(۳) نمایش مرزی و سیاه‌نما<sup>۴</sup>: نمایش مرز، اطراف یک شکل را تعریف می‌کند. ناحیه درون مرز نیز سیاه‌نما نامیده می‌شود. این نوع نمایش برای ردیابی اشیاء پیچیده و غیر صلب مناسب است.

(۴) نمایش بندبند<sup>۵</sup>: اشیاء بندبند از قسمت‌هایی تشکیل شده‌اند که توسط مفصل به هم متصل می‌شوند. به عنوان مثال می‌توان اعضای بدن انسان مانند: سر، دست‌ها، پاها را نام برد. رابطه بین این بخش‌ها توسط

---

<sup>۱</sup> Point representation

<sup>۲</sup> Geometric representation

<sup>۳</sup> Rigid

<sup>۴</sup> Silhouette and contour representation

<sup>۵</sup> Articulated representation

مدل جنبشی، مانند زاویه مفصل کنترل می شود. به منظور نشان دادن یک شیء بند بند می توان اجزای سازنده را با استفاده از استوانه یا بیضی مدل کرد.

(۵) نمایش اسکلتی<sup>۱</sup>: اسکلت شیء را می توان با تشکیل محور میانی روی سیاه‌نمای شیء بدست آورد. این مدل، شکل استخوان‌بندی هدف را به وسیله استخراج شکل اسکلتی اشیاء در ردیابی حفظ می کند از این نمایش برای نمایش اشیاء صلب و قطعه قطعه می توان استفاده کرد. در حالت کلی، یک رابطه‌ی قوی بین نمایش شیء و الگوریتم های ردیابی وجود دارد. نمایش اشیاء معمولاً بر اساس زمینه کاربردی در ردیابی انتخاب می شود. مثلاً برای ردیابی اشیائی که در تصویر کوچک به نظر می رسند، معمولاً از نمایش نقطه ای استفاده می شود.

## ۲-۷- الگوریتم ژنتیک

ایده اصلی GA از نظریه تکاملی داروین (۱۸۵۹) گرفته شده است. نظریه تکاملی داروین آن دسته از صفات طبیعی که با قوانین طبیعی سازگاری بیشتری دارند، شانس بقاء بیشتری دارند. نظریه تکاملی داروین، هیچ اثبات تحلیلی و قطعی ندارد، اما از نظر تجربی و آماری تأیید شده است. به عبارت دیگر افراد یک جامعه (انسانی/ حیوانی/ گیاهی/...) از طریق جفت گیری (زادوولد) نسل جدیدی ایجاد می کند. شانس بقاء یک فرد در نسل جدید به ترکیب خاص کروموزومی آن فرد در نسل جدید وابسته است. به جز در موارد استثنایی که ممکن است جهش هایی در خصوصیات یک فرد نسل جدید رخ دهد، معمولاً افراد نسل جدید سازگاری بیشتری با طبیعت دارند. در اغلب موارد افراد جهش یافته با طبیعت ناسازگارند.

---

<sup>۱</sup> Skeleton representation

در موارد نادر، ممکن است موجودی با خصوصیات بسیار عالی و سازگاری بالا تولید شود. به طور خلاصه در هر نسل به گونه‌های بهتر، فرصت تولیدمثل داده شده و گونه‌های دارای خصوصیات نامطلوب به تدریج از بین می‌روند. در نتیجه با گذشت زمان افراد نسل‌های مختلف تکامل می‌یابند.

## ۲-۸- جمع بندی

یک شبکه حسگر، مجموعه‌ای شامل تعدادی حسگر بی‌سیم است که از طریق ارسال فرکانس رادیویی با همدیگر یا با ایستگاه پایه ارتباط دارند. موقعیت هر گره حسگر بی‌سیم بسته به کاربرد می‌تواند ثابت یا متغیر باشد. وظیفه هر حسگر این است که اطلاعات مربوط به شرایط فیزیکی محیط را به صورت مستقیم یا از طریق گره‌های واسطه (روش غیر مستقیم) به ایستگاه پایه مرکزی مخابره نماید. داده‌های جمع‌آوری شده توسط هر حسگر می‌تواند شامل میزان و جهت وزش باد، دما، زوایای تابش نور خورشید، فشار و غیره باشند. حسگرهای بی‌سیم در موارد مختلفی از جمله پزشکی، صنعتی، خانگی، نظامی و غیره کاربرد دارند.

در این فصل در ابتدا به بررسی مفاهیم شبکه حسگر بی‌سیم و ویژگی‌های آن پرداخته شد، سپس به اهداف، چالش‌ها، مزایا و معایب شبکه حسگر بی‌سیم مورد بررسی قرار گرفت. سپس در ادامه به بررسی کشف و ردیابی اهداف متحرک در شبکه‌های حسگر بی‌سیم پرداخته شد.

## فصل سوم: روش پیشنهادی

### ۳-۱- مقدمه

سازماندهی شبکه های حسگر بر اساس معماری گروهی در سالهای اخیر به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است و باعث به وجود آمدن تعداد زیادی پروتکل های گروهی با وظایف خاص شده است. استفاده از گره های روشن و خاموش یکی از رویکرد های اصلی برای طراحی شبکه های حسگر توزیعی قوی و سطح بالا با بازه ی انرژی و پوشش بالا می باشد. استفاده از گره های خاموش و روشن در کل باعث افزایش ارتباطات شده است، و به موجب آن مصرف انرژی کاهش و پوشش در گره های حسگر افزایش میابد. و در نتیجه ردیابی اهداف در این نوع از شبکه ها بهبود میابد.

یکی از چالش ها در زمینه ارسال اطلاعات در شبکه های حسگر بیسیم وجود اهداف متحرک و پوشش این اهداف برای دریافت اطلاعات میباشد. این اهداف متحرک که در شبکه حرکت میکنند و از گره های حسگر برای ارسال داده استفاده میکنند. بنابراین حفظ انرژی و پوشش مناسب برای انتقال اطلاعات این اهداف متحرک بسیار حائز اهمیت میباشد. بر این اساس در این پژوهش از الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی برای روشن و خاموش کردن گره های حسگر برای پوشش بهتر اهداف متحرک انجام شده است.

### ۳-۲- چهار چوب راهکار ارائه شده

به طور کلی این پژوهش به دو فاز تقسیم بندی شده است، فاز اول طراحی یک تابع بهینه برای تصمیم گیری و فاز دوم ساخت شبیه ساز و انجام عمل ردیابی اهداف متحرک.

در فاز اول این پژوهش هدف طراحی یک تابع برای تصمیم گیری و بهینه سازی شبکه در جهت افزایش طول عمر شبکه و پوشش دهی بیشتر می باشد زیرا اگر شبکه دارای طول عمر کمی باشد و گره های زنده لازم برای ارسال اطلاعات و پوشش محیط در اختیار نداشته باشد نمیتواند به ردیابی و پوشش

اهداف متحرک پردازد بر این اساس باید از الگوریتم های برای روشن و خاموش بودن گره ها در این شبکه ها استفاده نمود تا طول عمر و پوشش دهی شبکه را افزایش دهد بر اساس این الگوریتم گره هایی روشن و بقیه خاموش میشوند تا بتوان اطلاعات لازم از اهداف متحرک در شبکه با مصرف کم انرژی و پوشش دهی بیشتر ارسال نمود .

به منظور به حداکثر رساندن طول عمر شبکه ، فقط مجموعه ای از گره های سنسور منتخب از مجموعه برای نظارت بر تمام اهداف فعال می شوند.

بدیهی است ، مجموعه منتخب گره های حسگر باید ارتباط بین گره ها را به همراه BS (اهداف متحرک) برای انتقال داده حفظ کند. در اینجا ، به جای فعال کردن تمام گره های سنسور ، مجموعه منتخب گره های سنسور فقط فعال می شوند تا زمانیکه شبکه عملیاتی شود.

در حالی که ، به دلیل کاهش کامل انرژی برای یک یا چند گره سنسور ، شبکه کشف یا قطع می شود ، مجموعه جدیدی از گره های حسگر از تعداد باقیمانده گره های حسگر فعال می شوند. این روند تا زمانی که دیگر مجموعه ای برای ایجاد پوشش کامل اهداف و اتصال بین گره های سنسور و BS وجود داشته باشد ادامه یابد ، بنابراین ، بدیهی است که فعال بودن گره های کمتر ، عمر شبکه بیشتر است.

برای تعیین گره های روشن در این پژوهش از الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی استفاده شده است . بخش های مورد بررسی در فاز اول این پژوهش در شکل زیر نمایش داده شده است.



### بخش اول

- مدل کردن شبکه حسگر بیسیم و مدل سازی مسئله بر اساس اهداف متحرک و محاسبه انرژی در این نوع از شبکه ها

### بخش دوم

- بررسی تابع برازندگی بر اساس چند تابع هدف

### بخش سوم

- الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی برای گره های روشن

شکل ۳-۱: بخش های راهکار پیشنهادی

بر اساس این شکل می توان به خوبی مراحل کاری ارائه شده برای طراحی این تابع را مشاهده نمود .

### ۳-۳-۳ مدل کردن شبکه حسگر بی سیم

یک شبکه حسگر بی سیم با گره های ثابت در نظر بگیرید . هر گره حسگر میتواند با گره هایی که در برد رادیویی اش قرار دارد , انتقال داده داشته باشد. توان حسگر ها متغیر و حداکثر برد رادیویی گره های حسگر , یکسان است. الگوی مصرف انرژی مطابق رابطه ۳-۱ و ۳-۲ محاسبه می شود[۲۵].

$$E_r = E_{elec} \times l + E_{amp} \times l \times d^2 \quad (۱-۳)$$

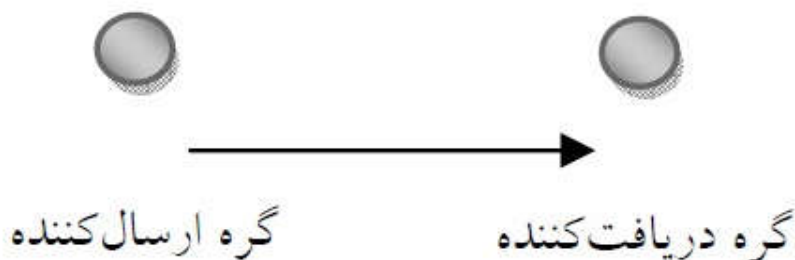
$$E_R = E_{elec} \times l \quad (۲-۳)$$

که در این رابطه ها  $E_r$  انرژی مصرفی برای گره ارسال کننده اطلاعات میباشد .  $E_{elec}$  انرژی لازم برای ارسال یا دریافت یک بیت اطلاعات میباشد که به مسافت بستگی ندارد .  $E_{amp}$  انرژی لازم جهت تقویت سیگنال ارسالی در طول مسافت مورد نظر است.  $l$  طول پیام میباشد.  $d$  مسافت تا گره دریافت کننده اطلاعات است .  $E_R$  انرژی مصرفی برای گره دریافت کننده اطلاعات میباشد.

بر اساس این رابطه میتوان میزان انرژی باقیمانده در شبکه را محاسبه نمود بر اساس این رابطه هر چه فاصله دو حسگر از یکدیگر بیشتر باشد انرژی مصرفی افزایش میابد بر اساس این رابطه مهمترین پارامتر تعیین کننده فاصله میباشد بر این اساس یک گره به عنوان گره مرکزی انتخاب میشود که فاصله کمتری نسبت به گره های دیگر داشته باشد تا گره های دیگری انرژی کمتری برای ارسال داده مصرف کنند.

بر اساس این رابطه باید گره های همسایه در موج رادیویی هر گره باشند زیرا اگر گرهی بخواهد اطلاعات خود را به فاصله دورتری بفرستد انرژی زیاد صرف کرده و در نتیجه گره از سیستم حذف میشود پس باید بر اساس این رابطه به فاصله گره های همسایه دقت نمود .

هدف این پژوهش انتخاب گره های روشن میباشد. برای این منظور , شبکه حسگر بیسیم را به صورت یک گراف و برای هر گره یک شماره منحصر به فرد در نظر گرفته میشود.



شکل ۳-۲: ارتباط بین دو گره

### ۳-۴ تابع برازندگی بر اساس انرژی و پوشش

در این پژوهش علاوه بر چهار پارامتر بررسی شده در مقاله [۲۷] از پارامتر مقدار انرژی باقیمانده در هر گره نیز برای محاسبه تابع برازندگی استفاده خواهد شد که به طور کلی شامل موارد زیر می باشد :

#### ۳-۴-۱ بررسی قابل استفاده بودن گره ها :

در این پژوهش براساس موقعیت مکانی و مقدار انرژی باقیمانده هر گره و به کمک روابط ۱-۳ و ۲-۳ قابل استفاده بودن هر گره بررسی می شود، در صورتی که انرژی باقیمانده در یک گره کمتر از مینیمم مقدار انرژی مورد نیاز برای دریافت و ارسال اطلاعات به نزدیک ترین گره باشد، این گره از سیستم حذف می شود.

$$Remaining\ Energy \geq E_{MIN}$$

#### ۳-۴-۲ مجموع گره های روشن (g) :

این تعداد نشان دهنده مجموع گره هایی می باشد که برای روشن ماندن انتخاب شده اند و بر اساس رابطه زیر محاسبه میشود . که باید مقداری کمینه باشد N تعداد حسگر های بیسیم می باشد .

$$\text{Minimize } f_1 = \sum_{i=1}^N g_i$$

#### ۳-۴-۳ مجموع اهداف پوشش داده شده توسط سنسورهای انتخابی γ:

بر اساس این پارامتر اگر اهداف در محدوده رادیویی سنسور های روشن باشد مقدار این پارامتر یک میشود و در غیر اینصورت صفر خواهد بود . که بر اساس رابطه زیر محاسبه میشود .

$$\text{Maximize } f_1 = \sum_{i=1}^K \gamma_{cost}^{(\lambda i)}$$

### ۳-۴-۴ میزان پوشش سنسورها توسط یکدیگر:

بر اساس این پارامتر میزان پوشش سنسورها توسط یکدیگر محاسبه میشود که با استفاده از پارامتر  $\eta$  و پارامتر  $g$  محاسبه میشود بر اساس پارامتر  $\eta$  اگر سنسوری حداقل در محدوده یک سنسور باشد مقدار یک و اگر در محدوده هیچ سنسوری نباشد مقدار صفر به خود میگیرد. که بر اساس رابطه نهایی زیر پوشش سنسورها محاسبه میشود. بر اساس این رابطه  $N$  تعداد سنسورها می باشد.

$$\text{Maximize } f_3 = \sum_{i=1}^N (g_i \times \eta_{cost}^{(S_i)})$$

### ۳-۴-۵ کمترین میزان انرژی:

بر اساس این پارامتر میزان انرژی گره ها روشن بر اساس فاصله از هم و فاصله از ایستگاه اصلی بر اساس روابط ۱-۳ و ۲-۳ محاسبه میشود و مجموع مقادیر انرژی بدست آمده برای هر سنسور باید کمترین مقدار ممکن باشد که به شکل زیر نشان داده میشود.

$$\text{Maximize } f_4 = \text{Min}\{E_R(S_i) | g_i = 1, \forall i, 1 \leq i \leq N\}$$

بر اساس این روابط تابع برازندگی نهایی بر اساس مقاله [۲] به شکل زیر میباشد. بر اساس این رابطه  $K$  تعداد اهداف متحرک و  $N$  تعداد سنسورها و  $W, W^*, W^*, W$  ضرایب تناسب میباشد که مجموع این ضرایب باید برابر یک باشد.

$$\text{Fitness} = \left\{ W1 \times \left( 1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g_i \right) + W2 \times \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \gamma_{cost}^{(\lambda_i)} + W3 \right. \\ \left. \times \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g_i \times \eta_{cost}^{(S_i)} + W4 \times \frac{E_{MIN}}{E_{MAX}} \right\}$$

حال بر اساس این تابع برازندگی به ارائه الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی برای بیشینه کردن تابع برازندگی پرداخته خواهد شد.

### ۳-۵ الگوریتم تصمیم گیری

در این پژوهش ابتدا یک الگوریتم تصمیم گیری مبتنی بر الگوریتم ژنتیکی (GA) و منطق فازی توصیف شده است. در این الگوریتم گره های فعال و غیر فعال در غالب یک ماتریس صفر و یک به صورت یک کروموزم در نظر گرفته شده اند که بعد از عمل متقاطع و جهش، کروموزوم معتبر تولید می شود.

### ۳-۵-۱ ساختار الگوریتم های ژنتیکی

به طور کلی، الگوریتم های ژنتیکی پیشنهادی از اجزاء زیر تشکیل می شوند:

#### • کروموزوم<sup>۱</sup>

در الگوریتم های ژنتیکی، هر کروموزوم نشان دهنده یک نقطه در فضای جستجو و یک راه حل ممکن برای مسئله مورد نظر است. خود کروموزوم ها (راه حل ها) از تعداد ثابتی ژن<sup>۲</sup> (متغیر) تشکیل می شوند. برای نمایش کروموزوم ها، معمولاً از کد گذاری های دودویی (رشته های بیتی) استفاده می شود. در این تحقیق کروموزوم بر اساس شکل (۳-۳) است در این پژوهش نیز مانند مقاله [۲۷] هر کروموزوم نشان دهنده سنسورهای روشن می باشد که بر اساس شکل ۳-۳ اعداد یک نشان دهنده و گره های فعال می باشد و بقیه گره ها نشان دهنده گره های غیر فعال می باشد.

Sensor nodes	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$	$S_8$	$S_9$	$S_{10}$
Gene value	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0

شکل ۳-۳: کروموزوم

<sup>۱</sup> Chromosome

<sup>۲</sup> Gene

## • جمعیت<sup>۱</sup>

مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها یک جمعیت را تشکیل می‌دهند. با تأثیر عملگرهای ژنتیکی بر روی هر جمعیت، جمعیت جدیدی با همان تعداد کروموزوم تشکیل می‌شود.

## • عملگرهای ژنتیکی

در الگوریتم‌های ژنتیکی، در طی مرحله تولیدمثل<sup>۲</sup> از عملگرهای ژنتیکی استفاده می‌شود. با تأثیر این عملگرها بر روی یک جمعیت، نسل<sup>۳</sup> بعدی آن جمعیت تولید می‌شود. عملگرهای انتخاب<sup>۴</sup>، آمیزش<sup>۵</sup> و جهش<sup>۶</sup> معمولاً بیشترین کاربرد را در الگوریتم‌های ژنتیکی دارند.

## • عملگر انتخاب

این عملگر از بین کروموزوم‌های موجود در یک جمعیت، تعدادی کروموزوم را برای تولیدمثل انتخاب می‌کند. کروموزوم‌های برآورنده شانس بیشتری دارند تا برای تولیدمثل انتخاب شوند. در این تحقیق از روش انتخاب بر اساس بهترین‌ها<sup>۷</sup> استفاده شده است.

انتخاب بر اساس بهترین‌ها زمانی که از اپراتورهای ژنتیکی (تقاطع و جهش) استفاده می‌شود، ممکن است بهترین کروموزوم‌ها از دست بروند. الیتسم<sup>۸</sup>، روشی برای نگهداری یک کپی از بهترین کروموزوم‌ها در نسل جدید است. مکانیسم فوق، الگوریتم ژنتیک را مجبور می‌سازد تا همواره تعدادی

---

<sup>۱</sup> Population

<sup>۲</sup> Reproduction

<sup>۳</sup> Generation

<sup>۴</sup> Selection

<sup>۵</sup> Crossover

<sup>۶</sup> Mutation

<sup>۷</sup> Elitist Selection

<sup>۸</sup> Elitism

از بهترین‌ها را در هر نسل نگه دارد. به تجربه ثابت شده است که این مکانیسم عملکرد الگوریتم ژنتیک را بهبود داده و در ضمن زمان همگرایی را کوتاه می‌نماید. در این پژوهش از این روش با کمی تغییرات استفاده شده است. به این نحو که پس از هر تولید نسل افراد نسل جدید و نسل قبل را بر اساس برازندگی مرتب می‌کنیم در این حالت اگر فردی از نسل قبل نسبت به افراد نسل جدید مقدار تابع برازندگی بهتری داشته باشد جزو افراد بالای جمعیت قرار می‌گیرد و در انتخاب جمعیت در نسل جدید جزء جمعیت انتخابی قرار می‌گیرد.

#### • عملگر آمیزش

عملگر آمیزش بر روی یک زوج کروموزوم از نسل مولد عمل کرده و یک زوج کروموزوم جدید تولید می‌کند. در الگوریتم آمیزش باید نکاتی رعایت شود تا این الگوریتم به بهترین نحو عمل کند: هر فرزند باید خصوصیتی را از هر والدش به ارث ببرد (اگر اپراتوری چنین واقعیتی را تضمین نکند، اپراتور جهش است).

اپراتور آمیزش<sup>۱</sup>، باید به گونه‌ای طراحی شود که کروموزوم‌ها را باهم عطف<sup>۲</sup> کند (لذا این اپراتور همواره فاجعه‌آمیز<sup>۳</sup> نیست)

اپراتور آمیزش باید منجر به یک کروموزوم معتبر شود.

اپراتور تقاطع حداکثر دو کروموزوم را دریافت نموده و حداکثر دو فرزند ایجاد می‌کند.

---

<sup>۱</sup> Recombination

<sup>۲</sup> Conjunction

<sup>۳</sup> Catastrophic

در این پژوهش از روش آمیزش تقاطع یکنواخت<sup>۱</sup> این الگوریتم به این نحو عمل می کند یک کروموزوم تصادفی بنام Mask هم طول با کروموزوم های موجود تولید می کند. کروموزوم ماسک تعیین می کند که کدام ژن از والد اول و کدام ژن از والد دوم به فرزند منتقل شود.

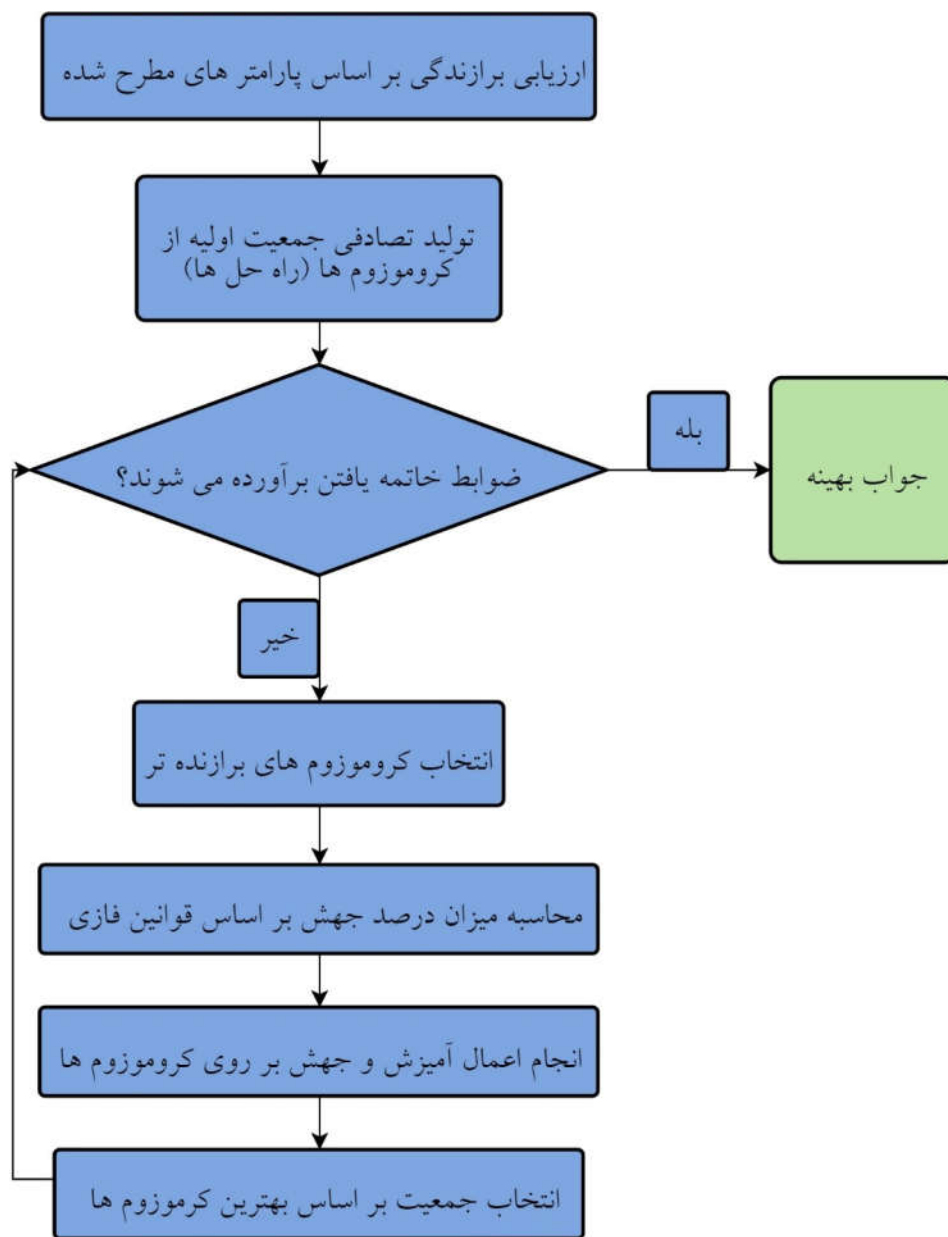
- **عملگر جهش**

پس از اتمام عمل آمیزش، عملگر جهش بر روی کروموزوم ها اثر داده می شود. این عملگر یک ژن از یک کروموزوم را به طور تصادفی انتخاب نموده و سپس محتوای آن ژن را تغییر می دهد. در فلوچارت شکل (۳-۴) مراحل الگوریتم ژنتیک نمایش داده شده است.

---

<sup>۱</sup> Uniform crossover





شکل ۳-۴: فلوچارت الگوریتم ژنتیک و فاز

### ۳-۵-۲ استفاده از منطق فازی در روش پیشنهادی

ابتدا باید در منطق فازی یک مجموعه به عنوان مجموعه فازی انتخاب نمود مجموعه فازی بر اساس تابع عضویت تعریف می شود که تصویر مجموعه فراگیر در بازه [صفر و یک] است. هر یک از اعضا درجه عضویت دارند. مجموعه فازی از تعمیم و عمومیت دادن تئوری مجموعه های کلاسیک ایجاد شد. در تئوری مجموعه های کلاسیک، عضویت اعضا در یک مجموعه به صورت جملات باینری بر اساس شرط دودویی تعیین می شوند که به یک عضو یا یک مجموعه تعلق دارد یا ندارد. درحالی که در تئوری فازی درجات نسبی عضویت اعضا در مجموعه مجاز است.

در این پژوهش با استفاده از قوانین فازی به افزایش فضای جستجوی الگوریتم ژنتیک پرداخته خواهد شد. بر این اساس ابتدا بر اساس رابطه زیر به محاسبه مقدار  $D$  پرداخته خواهد شد برای این منظور در هر تکرار از الگوریتم از رابطه زیر برای تعیین نرخ جهش استفاده خواهد شد. بر اساس این رابطه  $best\ Q$  بهترین کروموزوم است و مخرج این رابطه نشان دهنده مجموع  $Q$  ها است بنابراین هر چه این رابطه مقدار کمتری داشته باشد میزان جهش افزایش میابد زیرا فاصله زیادی بین بهترین مقدار  $Q$  های کروموزوم های دیگر وجود دارد پس جمعیت تصادفی بیشتری تولید خواهد شد تا به نتایج بهتری رسید.

$$D = \frac{best\ Q}{\sum_{i=1}^{pop\ size} Q_i}$$

جدول ۳-۱: مفروضات منطق فازی

D	فازی	Mutation rate
$0 \leq D \leq 0.28$	Very Low	٪80
$0.25 \leq D \leq 0.5$	Low	٪60
$0.5 \leq D \leq 0.75$	Normal	٪40
$0.75 \leq D \leq 1$	High	٪20

### ۳-۶ الگوریتم ردیابی اهداف متحرک

از آنجا که روشهای مبتنی بر تصمیم گیری عمدتاً مبتنی بر خوشه‌بندی هستند، مفروضاتی در مورد گره‌ها و سرخوشه‌ها لازم است در نظر گرفته شود که در این پژوهش نیز مورد استفاده واقع شدند. این فرضیات عبارتند از:

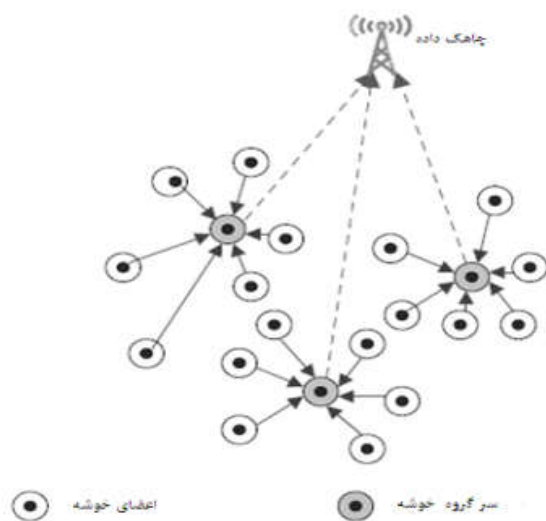
- گره‌ها به دو نوع گره معمولی و سرخوشه تقسیم می‌شوند.
- هر گره دارای شناسه منحصر به فرد است.
- سرخوشه اطلاعات حسگرهای خوشه خود شامل (شناسه، زمان و مکان) را دارند.
- سرخوشه‌ها قادر به برقراری ارتباطات با یکدیگر هستند.
- سرخوشه‌ها قادر به برقراری ارتباط با گره‌ها و بلعکس می‌باشند.
- گره‌ها قادر به برقراری ارتباطات با یکدیگر نیستند.
- ارسال داده‌های شبکه برای گره چاهک از طریق سرخوشه انجام می‌گیرد.

باتوجه به فرضیات مذکور، الگوریتم پیشنهادی شامل چهار مرحله زیر است:

- استقرار و خوشه‌بندی
- کشف اهداف متحرک
- ردیابی اهداف متحرک
- بازیابی اهداف متحرک

### ۳-۶-۱ استقرار و خوشه‌بندی

در این مرحله گره‌ها، همسایه‌های خود را شناسایی و عمل خوشه‌بندی را مطابق با پروتکل خوشه‌بندی LEACH انجام می‌دهند. این پروتکل یکی از معروفترین پروتکل‌های سلسله‌مراتبی برای شبکه‌های حسگر بی سیم است. الگوریتم LEACH (خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی کم مصرف از نظر انرژی) یک الگوریتم مسیریابی طراحی شده برای جمع‌آوری و ارسال اطلاعات به چاهک اطلاعاتی است و روش سلسله‌مراتبی را برای سازماندهی کردن شبکه به صورت مجموعه‌های از خوشه‌ها به کار می‌گیرد [۲۸].



شکل ۳-۵: مدل شبکه در LEACH

عنصر سرخوشه برنامه‌ی زمانبندی را از طریق خاصیت پخش‌ی به تمام اعضای خوشه اعلام می‌کند. LEACH برای کاهش احتمال تصادم در میان حسگرها در داخل و خارج خوشه از سوچینگ‌کد بر مبنای دستیابی چندگانه استفاده می‌کند. اعمال اصلی LEACH در دو فاز مجزا دسته‌بندی می‌شوند؛ اولین فاز یعنی فاز برپاسازی، شامل دومرحله است، خوشه‌سازی و تعیین سرخوشه. دومین فاز یعنی وضعیت پایدار (steady-state) متمرکز بر جمع‌آوری و تجمیع و انتقال داده به ایستگاه پایه است. فاز اول نسبت به فاز دوم سر بار کمتری را شبکه تحمیل می‌کند. در فاز برپاسازی انتخاب سرخوشه به صورتتنبویی می‌باشد و به موجب آن انرژی مصرفی بین گره‌های شبکه توزیع می‌شود. برای انتخاب سرخوشه به صورت متناوب، برای هر گره یک عدد تصادفی بین صفر و یک تولید می‌شود و با آستانه سرخوشه که از رابطه ۳-۳ بدست می‌آید مقایسه می‌شود. گرهی به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود که عددش کمتر از آستانه باشد.

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1 - p(r \bmod (1/p))} & n \in G \\ 0 & \text{others} \end{cases} \quad 3-3$$

در این فرمول،  $p$  درصد سرگروه‌ها نسبت به کل گره‌های شبکه،  $r$  شماره دوره جاری و  $G$  مجموعه گرههایی است که در  $1/p$  دوره انتهایی به عنوان سرگروه انتخاب نشده‌اند.

مدیریت هر خوشه به صورت محلی انجام می شود و نیازی به آگاهی از شبکه ی عمومی نیست. تجميع اطلاعات توسط هر خوشه انرژی را ذخیره می کند و گرہها به طور مستقیم نیازی نیست که داده ها را به سمت چاهک اطلاعاتی ارسال کنند. در پایان فرآیند انتخاب عضو سرخوشه هر گرہی که به عنوان سرخوشه انتخاب می شود، نقش جدیدش را به سایر گرہهای شبکه اعلام میکند. با اعلان این خبر سایر گرہ ها نیز به خوشه وصل می شوند. در هر خوشه، عنصر سرخوشه زمانبند مبتنی بر TDMA را ایجاد و در خوشه پخش می کند، که حاوی بازه های زمانی اختصاص داده شده برای هر عضو خوشه می باشد. عنصر سر خوشه از تکنیک CDMA نیز بهره میگیرد. با تکمیل فاز برپاسازی، فاز steady - state شروع میشود.

در این فاز گرہ ها در بازه های زمانی اختصاص داده شده، اطلاعات را جمع آوری و به گرہ سرخوشه ارسال می کنند. در ضمن جمع آوری اطلاعات به صورت متناوب می باشد. سپس گرہ چاهک اطلاعات مربوط به مسیریابی خوشه را به تمام سرخوشه ها و گرہهای حسگر منتشر می نماید. از این رو، سرخوشه ها و گرہ-های حسگر جداول مسیریابی مربوط به خود را دارند. همچنین، هر گرہ حسگر فاصله خود را از هر گرہ حسگر دیگر در خوشه می داند و می تواند توان ارسال را محاسبه نماید. براساس تعداد گرہهای حسگر در داخل خوشه، گرہ سرخوشه یک زمانبندی براساس دسترسی چندگانه تقسیم زمانی<sup>۱</sup> به منظور تخصیص زمان برای اعضای خوشه ایجاد می کند.

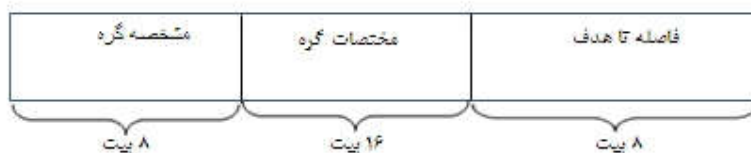
### ۲-۶-۳ کشف اهداف متحرک

در این پژوهش برای اطمینان از کشف اهداف پس از پخش تصادفی گرہ ها در محیط، گرہ هایی که در مرز محیط مورد بررسی قرار گرفته اند (گرہ هایی که فاصله طول و یا عرض جغرافیایی آنها از مرز کمتر از شعاع حسگری است) همیشه روش هستند و برای جلوگیری از اتمام انرژی آنها به صورت دوره ای با گرہ ها جدید جایگزین خواهند شد

---

<sup>۱</sup> TDMA

در صورتی که یک هدف به محیط وارد شود، تعدادی از گره‌های حسگر وجود هدف را در حوزه ی حسی خود تشخیص خواهند داد. این گره‌ها که هدف را شناسایی نموده اند به نزدیک ترین سرخوشه پیغامی در قالب شکل ۳-۶ ارسال می کنند.



شکل ۳-۶: قالب پیغام ارسالی به سرخوشه

### ۳-۶-۳ ردیابی اهداف متحرک

در این مرحله، سرخوشه به کمک فاصله گره‌های عضو از هدف متحرک مختصات هدف متحرک و تعداد اهداف موجود در محدوده را تعیین و به همراه اطلاعات گره های حسگر در خوشه خود برای ایستگاه ارسال می کند، سپس ایستگاه به کمک اطلاعات دریافتی از سرخوشه ها با اجرای الگوریتم تصمیم گیری پیشنهادی در فاز اول این پژوهش، وضعیت گره ها را محاسبه کرده و به سرخوشه ها اطلاع داده و در نتیجه گره های حسگر مشخص شده تغییر وضعیت خواهند داد

### ۳-۶-۴ بازیابی اهداف متحرک

بازیابی هدف در این پژوهش مشابه روش پیشنهادی در مقاله [۲۹] شامل سه مرحله است که در صورتی که گره‌ها در مرحله اول موفق به بازیابی هدف نشوند، مراحل دوم و سوم اجرا می شوند. این مراحل عبارتند از:

- مرحله اول: با از دست رفتن هدف در ابتدا گره‌های دنبال کننده در الگوریتم پیشنهادی با شعاع بالاتر به حس کردن الگوریتم تحت پوشش خود پرداخته تا هدف مورد نظر را بازیابی نمایند
- مرحله دوم: در صورت کشف نشدن هدف، سرخوشه ی خوشه فعال، سرخوشه ی همسایه را از این امر آگاه می-سازد. سرخوشه همسایه مورد نظر نزدیک ترین گره مرزی به خوشه مورد

نظر را جهت همکاری با گره‌های خوشه همسایه فعال کرد و جستجو در محدوده مورد نظر با همکاری گره فعال شده ادامه می‌یابد.

- مرحله سوم: در صورت شکست در بازیابی هدف در دو مرحله پیش، با توجه به نحوه حرکت آخرین لحظه هدف و سرعت هدف مورد نظر گره‌های بیشتری را به منظور جستجو فعال می‌سازد

### ۳-۷- خلاصه فصل

در این فصل به بررسی مسئله پوشش دهی در شبکه‌های حسگر بیسیم برای اهداف متحرک پرداخته شد بر این اساس روش پیشنهادی به دو فاز تقسیم بندی شده، فاز اول طراحی یک تابع بهینه برای تصمیم گیری و فاز دوم انجام عمل ردیابی اهداف متحرک. در فاز اول ابتدا به مدل سازی و سپس به بررسی تابع برازندگی بر اساس انرژی و پوشش در شبکه‌های حسگر بیسیم پرداخته شد در نهایت الگوریتم پیشنهادی برای تعیین گره‌های روشن و خاموش بر اساس الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی ارائه شد. و در فاز دوم الگوریتم پیشنهادی برای ردیابی اهداف متحرک و مراحل انجام آن توصیف گردید.

## فصل چهارم: ارزیابی روش پیشنهادی



شبکه های حسگر بی سیم، توجه بسیاری را در سراسر جهان در سال های اخیر به خود جلب کرده است که به واسطه پیشرفت هایی است که این شبکه ها در حوزه های الکترونیک، ارتباطات بی سیم و فناوری اطلاعات ایجاد کرده اند. شبکه حسگر بی سیم، ترکیبی از فناوری سیستم های نهفته است که شامل فناوری حسگر، پردازش اطلاعات و ارتباط بی سیم است. یک شبکه حسگر بی سیم، شامل تعداد زیادی دستگاه الکترونیکی کوچک است که قابلیت تشخیص پدیده های فیزیکی مانند دما، نور، گرما، صدا و غیره را دارند. به این دستگاه های الکترونیکی کوچک و ارزان قیمت که دارای انرژی محدود می باشند گره های حسگر گفته می شود. علاوه بر این گره های حسگر، شبکه دارای یک یا چند ایستگاه مرکزی است که در خارج محیط مورد بررسی قرار دارد. یک گره حسگر قابلیت دریافت، پردازش و ارسال اطلاعات را دارد. به واسطه پیشرفت فناوری در سال های اخیر، اندازه حسگرها کوچکتر شده و عملکرد بهتری پیدا کرده اند و در عین حال ارزان تر شده اند. شبکه های حسگر بی سیم کاربردهای بسیاری دارند که شامل کاربردهای نظامی، کاربردهای نظارتی از جمله نظارت بر محیط زیست، نظارت بر وضعیت سلامتی بیماران، کاربردهای خانگی و کنترل ترافیک است. قیمت ارزان و اندازه کوچک گره های حسگر امکان استفاده از منابع تغذیه بزرگ را نمی دهد و به واسطه این که این گره های حسگر ممکن است در محیط های خطرناک و دور از دسترس به کار بروند جایگزینی منابع تغذیه آن ها ممکن و مقرون به صرفه نیست. بنابراین وقتی که انرژی یک گره حسگر محدود است انرژی کل شبکه هم با محدودیت جدی همراه است نکته مهم در زمینه این نوع از شبکه ها علاوه بر چالش انرژی پوشش دهی اهداف متحرک می باشد که این پوشش دهی اهداف متحرک باید با کمترین گره های زنده و با کمترین انرژی و بیشترین پوشش دهی انجام شود از این رو در این پژوهش از الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی برای این منظور استفاده شده است.

#### ۴-۲- محیط شبیه سازی

MATLAB یک زبان سطح بالا و با محیطی جذاب می باشد، که در ابتدا براساس زبان برنامه نویسی C توسعه داده شد. متلب یک محیط نرم افزاری برای انجام محاسبات عددی و یک زبان برنامه نویسی نسل چهارم است. واژهی متلب هم به معنی محیط محاسبات رقمی و هم به معنی خود زبان برنامه نویسی مربوطه است که از ترکیب دو واژهی ماتریس<sup>۱</sup> و آزمایشگاه<sup>۲</sup> ایجاد شده است. این نام حاکی از رویکرد ماتریس محور برنامه است، که در آن حتی اعداد منفرد هم به عنوان ماتریس در نظر گرفته می شوند. کار کردن با ماتریس ها در متلب بسیار ساده است. در حقیقت تمام داده ها در متلب به شکل یک ماتریس ذخیره می شوند. علاوه بر توابع فراوانی که خود متلب دارد، برنامه نویسی نیز می تواند توابع جدید تعریف کند. ساخت رابط گرافیکی کاربر مانند دیاگوگ هایی که در محیط های ویژوال مانند بیسیک و C وجود دارند، در متلب امکان پذیر است. این قابلیت، ارتباط بهتری را میان برنامه های کاربردی نوشته شده با متلب و کاربران برقرار می کند. در این پژوهش از نسخه matlab 2017 b برای برنامه نویسی استفاده شده است. در این تحقیق برای انجام آزمایشات از کامپیوتری با مشخصات زیر استفاده شده است.

جدول ۴-۲: مشخصات کامپیوتر مورد استفاده

نام قطعه	مشخصات
CPU	Intel Ci7, 12 core, 15 MB cache
Ram	16 GB DDR4
Hard Drive	256 GB SSD

<sup>۱</sup> matrix

<sup>۲</sup> Laboratory

#### ۴-۳- مفروضات شبکه

یکی از نکات مهم در هر شبیه سازی تعیین مفروضات لازم برای شبیه سازی می باشد در این پژوهش سه فرضیه اصلی برای شبکه وجود دارد:

۱- گره های حسگر بصورت تصادفی مستقر شده اند.

۲- همه گره های حسگر در ابتدای استقرار دارای انرژی یکسان می باشند.

۳- اهداف متحرک به شکل تصادفی به محیط وارد می شوند.

۴- اهداف متحرک انسان و حیوان هستند

۵- سرعت حرکت اهداف به صورت تصادفی تغییر می کند

#### ۴-۴- پارامترهای ارزیابی

پارامترهای ارزیابی در این پژوهش شامل سه مورد می باشد :

۱- تعداد گره های فعال (Selected active sensor nodes) : بر اساس این پارامتر

میتوان به خوبی تعداد گره های فعال در این پژوهش را برای مقایسه ارائه داد . هر چه میزان

این گره ها کمتر باشد نتایج الگوریتم مطلوبتر خواهد بود .

۲- تابع برازندگی: این تابع در واقع ترکیبی از اهداف چند گانه بر اساس میزان پوشش دهی

گره های سنسور و اهداف متحرک و میزان انرژی مصرفی میباشد که در فصل قبل به آن

اشاره شده است .

۳- میانگین انرژی مصرفی<sup>۱</sup>: میزان انرژی باقی مانده در شبکه میباشد . که واحد آن ژول میباشد

. این پارامتر بر اساس روابط زیر قابل محاسبه میباشد .

هر سه پارامتر با تعداد گره ها و فاصله بین گره ها رابطه عکس دارد یعنی هر چه این دو مقدار

افزایش یابد مقادیر پارامترها کاهش میابد .

---

<sup>۱</sup> Energy consumption

#### ۴-۵- ارزیابی الگوریتم تصمیم گیری

برای ارزیابی الگوریتم تصمیم گیری در روش پیشنهادی ابتدا نتایج را با استفاده از الگوریتم پیشنهادی

و سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک [۲۷] و الگوریتم ژنتیک فازی پیشنهادی آزمایشاتی انجام شده .

پارامترهای به کار رفته در الگوریتم ژنتیک به صورت زیر میباشند:

Pop\_size: تعداد جمعیت اولیه برابر ۲۰ کروموزوم در نظر گرفته شده است.

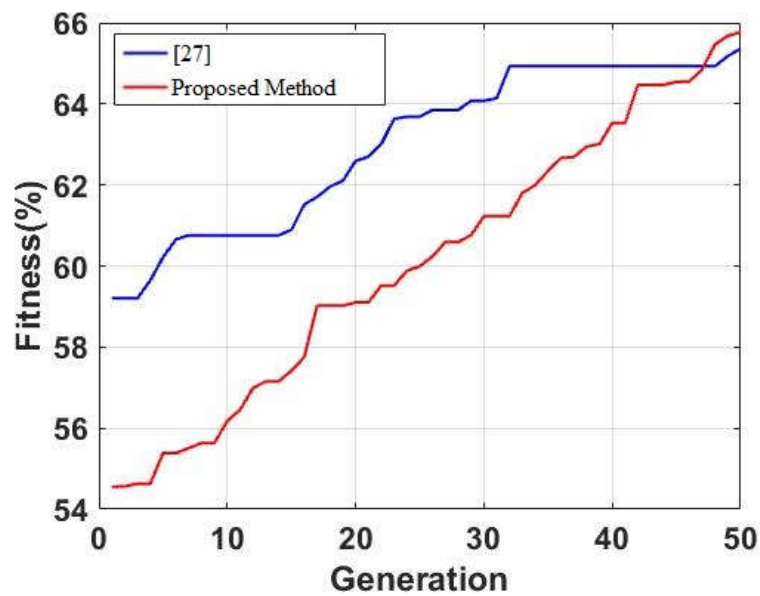
Generation: بیشترین تعداد تکرار برابر ۵۰ در نظر گرفته شده است

پارامترهای شبکه بر اساس جدول زیر می باشد .

جدول ۴-۳: پارامترهای شبکه

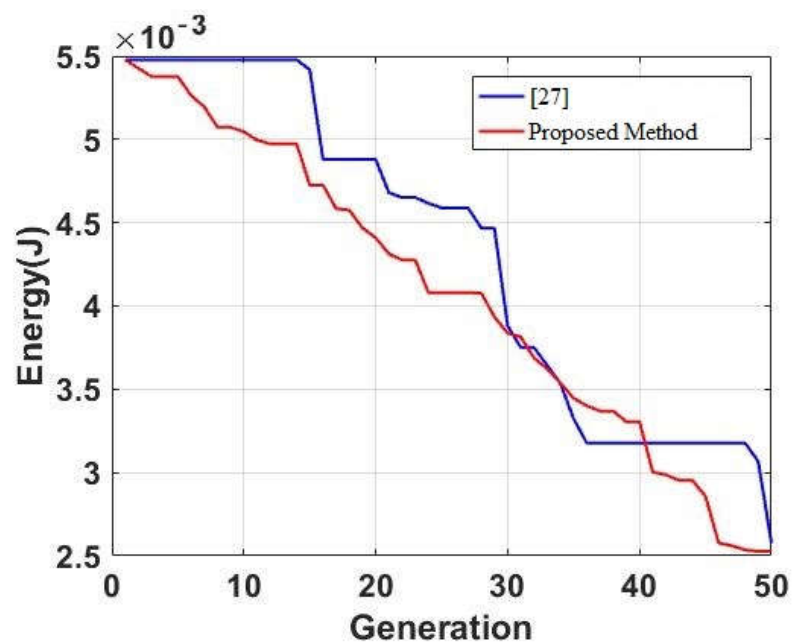
نام پارامتر	مقدار
تعداد گره های حسگر	۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰
تعداد اهداف متحرک	۷۵
W1	۰/۳
W2	۰/۲
W3	۰/۲
W4	۰/۳
اندازه فضای قرار گیری گره ها	۵۰۰ × ۵۰۰

در ادامه به نتایج بدست آمده از آزمایشات پرداخته خواهد شد .



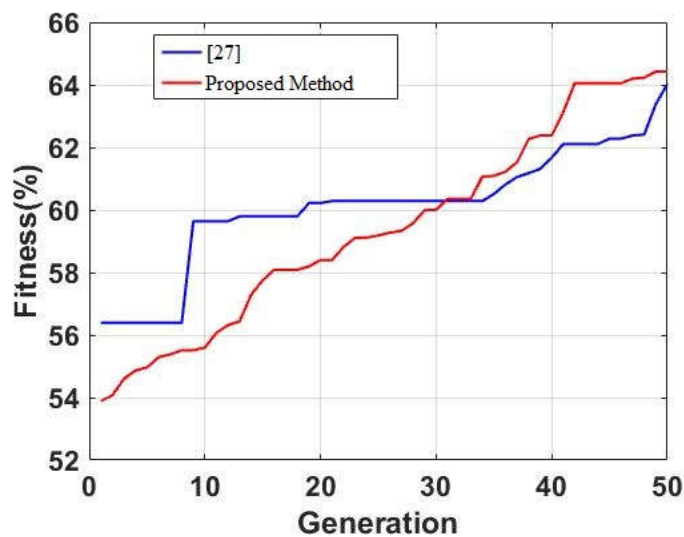
شکل ۴- ۱: میزان تابع برازندگی بر اساس ۳۵۰ حسگر

در این نمودار مقدار تابع برازندگی بر اساس ۳۵۰ گره حسگر بیسیم نمایش داده شده است این تعداد بیشترین تعداد گره ها میباشد که در این پژوهش مورد آزمایش قرار گرفته شده است بر اساس این نمودار میتوان به خوبی برتری الگوریتم پیشنهادی را مشاهده نمود با اینکه الگوریتم پیشنهادی در برخی از تکرار ها نتایجی به خوبی الگوریتم مورد مقایسه نداشته است اما در نهایت توانسته بهترین نتیجه را نمایش دهد .



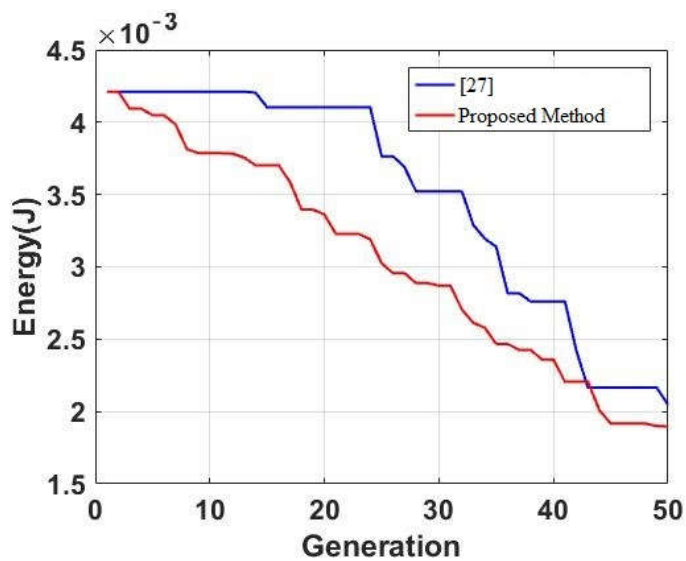
شکل ۴-۲: میزان انرژی مصرفی در ۳۵۰ حسگر

در این نمودار مقدار انرژی مصرفی به ازاء ۳۵۰ گره نمایش داده شده است که الگوریتم پیشنهادی توانسته در اکثر تکرارها کمترین مقدار انرژی را نمایش دهد و در نهایت کمترین انرژی را بدست آورده است.



شکل ۴-۳: میزان تابع برازندگی بر اساس ۳۰۰ حسگر

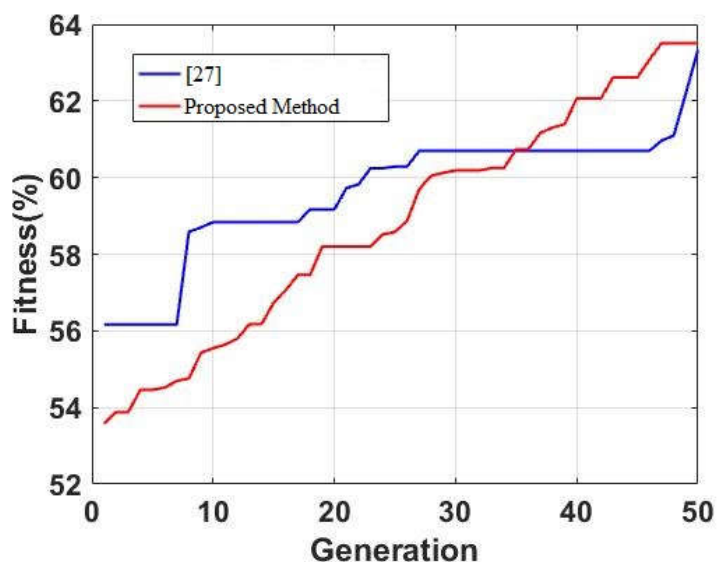
در این نمودار مقدار تابع برازندگی بر اساس ۳۰۰ گره حسگر بیسیم نمایش داده شده است در این تعداد گره نیز الگوریتم پیشنهادی توانسته نتایج مطلوبی از خود به نمایش بگذارد و توانسته در تکرار آخر بیشترین مقدار تابع برازندگی را نمایش دهد.



شکل ۴-۴: میزان انرژی مصرفی در ۳۰۰ حسگر

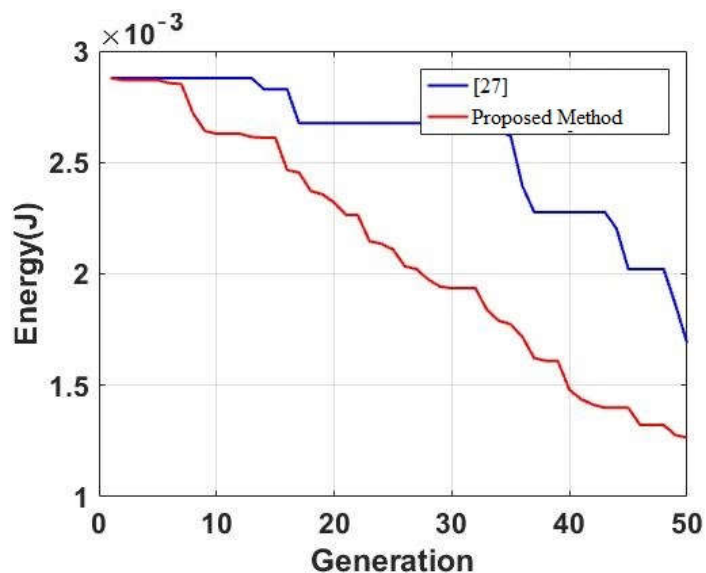


در این نمودار مقدار انرژی مصرفی به ازاء ۳۰۰ گره نمایش داده شده است که الگوریتم پیشنهادی کمترین انرژی را در تکرار آخر به نمایش گذاشته است .



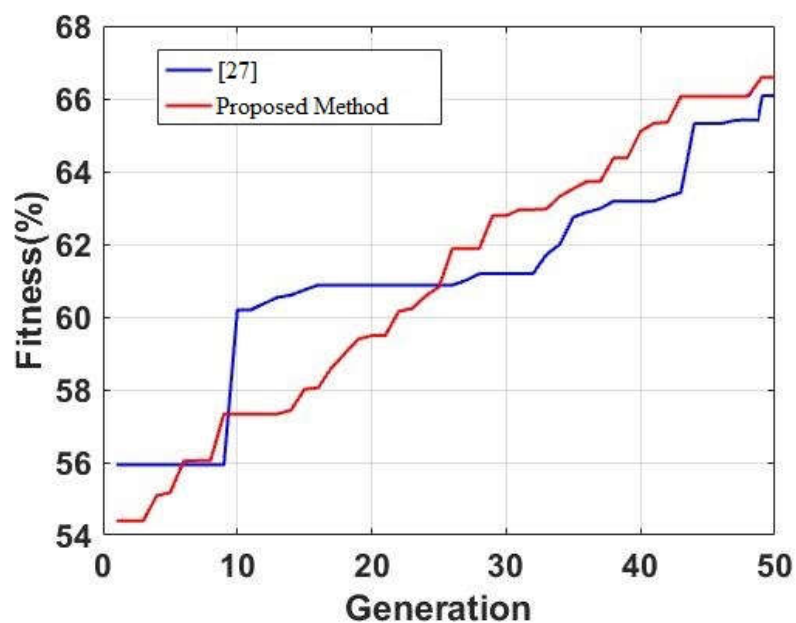
شکل ۴- ۵: میزان تابع برازندگی بر اساس ۲۵۰ حسگر

در این نمودار مقدار تابع برازندگی بر اساس ۲۵۰ حسگر بیسیم نمایش داده شده است در این تعداد از حسگر بیسیم الگوریتم پیشنهادی توانسته از تکرار ۳۵ به بعد نتایج مطلوبتر ثبت نماید و در نهایت بهترین نتیجه در تکرار آخر توسط الگوریتم پیشنهادی نمایش داده شده است .



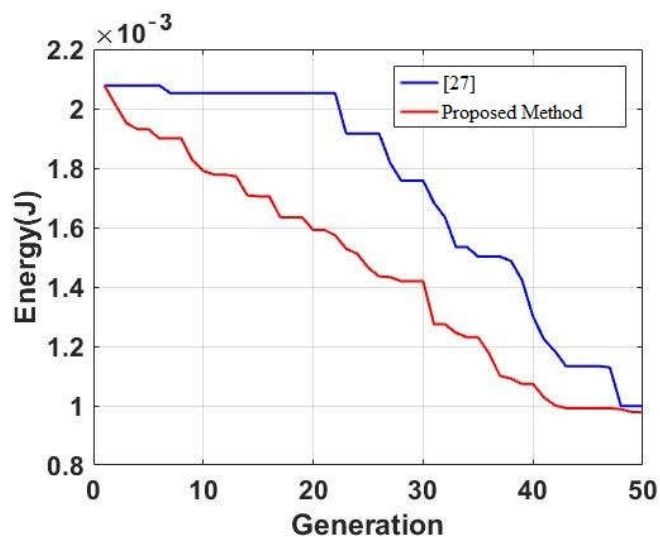
شکل ۴-۶: میزان انرژی مصرفی در ۲۵۰ حسگر

در این نمودار مقدار انرژی مصرفی به ازاء ۲۵۰ گره نمایش داده شده است که الگوریتم پیشنهادی توانسته کمترین مقدار انرژی در تکرار آخر را بدست آورد .



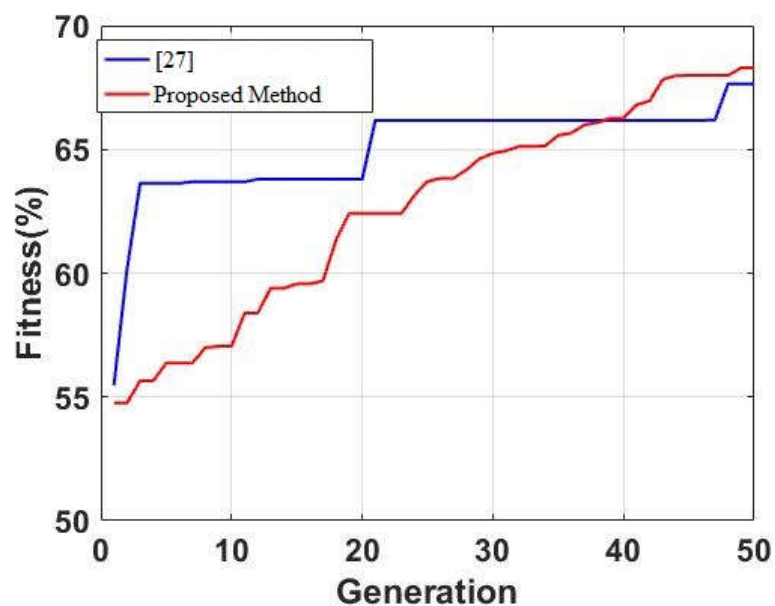
شکل ۴-۷: میزان تابع برازندگی بر اساس ۲۰۰ حسگر

در این نمودار مقدار تابع برازندگی بر اساس ۲۰۰ گره حسگر بیسیم نمایش داده شده است در این تعداد نیز الگوریتم پیشنهادی توانسته از تکرار ۲۴ به بعد بهترین مقدار تابع برازندگی را ثبت نماید .



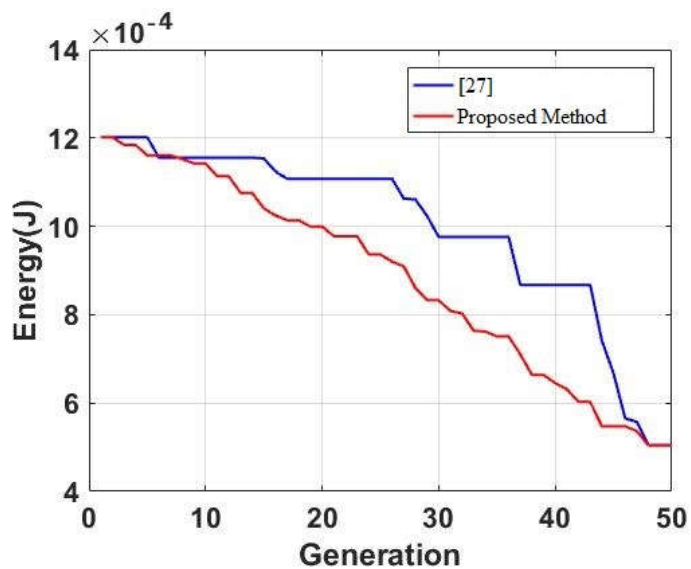
شکل ۴-۸: میزان انرژی مصرفی در ۲۰۰ حسگر

در این نمودار مقدار انرژی مصرفی به ازاء ۲۰۰ گره نمایش داده شده است در این تعداد از گره ها نیز الگوریتم پیشنهادی کمترین میزان انرژی را بر اساس اهداف متحرک و گره های شبکه بدست آورد .



شکل ۴-۹: میزان تابع برازندگی بر اساس ۱۵۰ حسگر

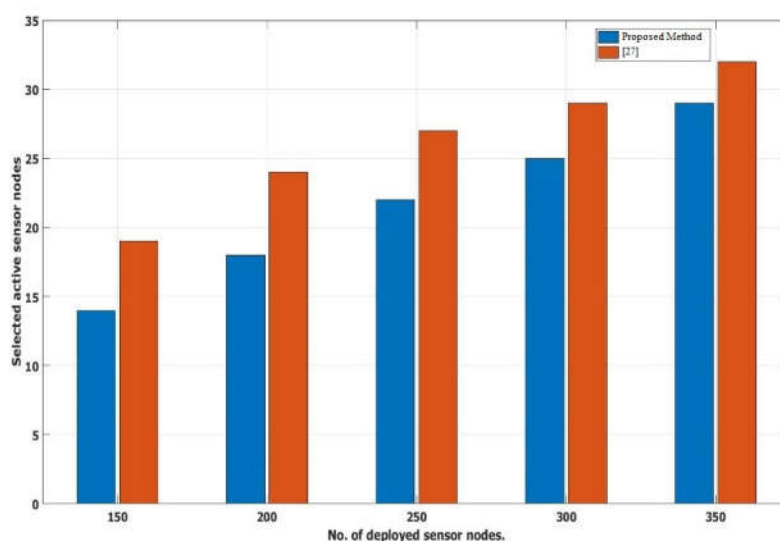
در این نمودار مقدار تابع برازندگی بر اساس ۱۵۰ گره حسگر بیسیم نمایش داده شده است این مقدار کمترین تعداد گره های حسگر میباشد که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته شده است .



شکل ۴-۱۰: میزان انرژی مصرفی در ۱۵۰ حسگر

در این نمودار مقدار انرژی مصرفی به ازاء ۱۵۰ گره نمایش داده شده است که الگوریتم پیشنهادی بازم توانسته در تکرار آخر کمترین انرژی را ثبت کند .

در این بخش به مقایسه تعداد گره های فعال در هر دو الگوریتم به ازاء گره های مختلف پرداخته خواهد شد. براساس این نمودار میتوان به خوبی میزان گره هایی که برای پوشش دهی شبکه در بهینه ترین حالت برای هر دو الگوریتم را در تعداد گره های حسگر مختلف مشاهده نمود.



شکل ۴- ۱۱: تعداد گره های فعال در هر دو الگوریتم

بر اساس این رابطه میتوان به خوبی تعداد گره های فعال را مشاهده نمود . بر اساس این نمودار گره های فعال در تمامی تعداد گره ها در الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم مورد مقایسه کمتر میباشد که نشان از برتری الگوریتم پیشنهادی دارد که با کمترین تعداد گره ها می تواند بیشترین پوشش و کمترین انرژی در شبکه را ایجاد کند .

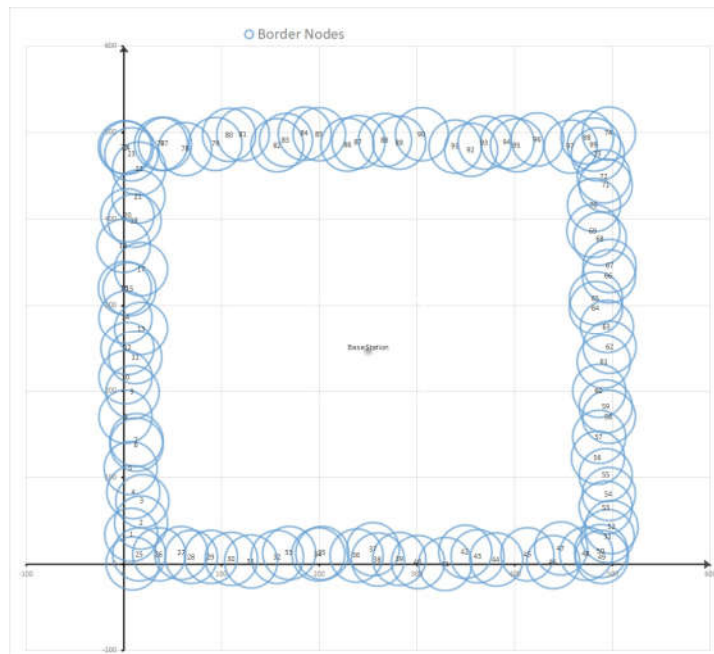
#### ۶-۴- ارزیابی الگوریتم ردیابی هدف

برای شبیه‌سازی بهتر و نزدیک به واقعیت ملزم به استفاده از یک سری مفروضات بودیم که تمامی آنها در جدول شماره ۳-۴ قابل مشاهده است این مفروضات براساس مشخصات گره Telos-B بوده و برگرفته از مقاله [۳۰] می باشد. برای ارزیابی الگوریتم ردیابی هدف در روش پیشنهادی ابتدا شبیه سازی با استفاده از الگوریتم پیشنهادی و سپس با استفاده از الگوریتم LPNA [۳۱] انجام شده است پارامترهای به کار رفته در الگوریتم ژنتیک به صورت زیر می باشند:

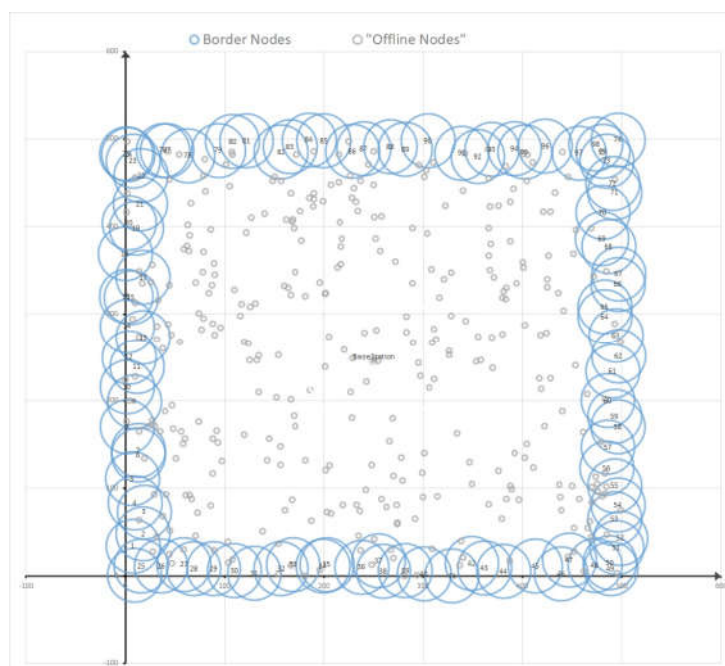
جدول ۳-۴: پارامترهای شبیه سازی

نام پارامتر	مقدار
گره های شبکه	TPR2420CA, Telos-B
انرژی مصرف شده در گره حالت Sleep	5.1 $\mu$ J
انرژی مصرف شده در گره حالت Active	1.8 mJ
ماژول حسگر استفاده شده	ToughSonic 70 Ultrasonic Sensor
مجموع انرژی اولیه موجود در یک گره	28620 J
محدوده محیط مورد بررسی شبیه سازی شماره ۱	500 * 500 Meter
تعداد گره در شبیه سازی شماره ۱	350
محدوده محیط مورد بررسی شبیه سازی شماره ۲	350 * 350 Meter
تعداد گره ها شبیه سازی شماره ۱	225

نحوه‌ی شبیه سازی بدین صورت است که ابتدا گره های مرزی در محیط مستقر شده و سپس باقی گره ها به صورت تصادفی در محیط پخش می شوند، در مرحله بعد اهداف از نقاط و در زمان های مختلف وارد محیط می شوند و با سرعت و جهت تصادفی شروع به حرکت می کنند. پس از ورود هر هدف و تشخیص ورود توسط گره ها مرزی یک پیام همه پخش از گره هایی که متوجه ورود هدف شده اند به خوشه های نزدیک ارسال می شود، سرخوشه ها پس از دریافت این پیام برای یک لحظه تمامی گره های خوشه خود را روشن کرده و مختصات دقیق هدف ها را محاسبه کرده و به همراه اطلاعات مربوط به گره های خوشه خود (تعداد گره های موجود در خوشه، انرژی باقیمانده در هر گره) برای ایستگاه مرکزی می فرستند، ایستگاه با استفاده از اطلاعات دریافت شده و به کمک الگوریتم تصمیم گیری وضعیت جدید گره ها را محاسبه و به سرخوشه ها اطلاع می دهد، این روند تا اتمام انرژی ۵۰ درصد گره ها در شبکه ادامه پیدا خواهد کرد. مراحل انجام الگوریتم و شبیه سازی در شکل های زیر نمایش داده شده است.

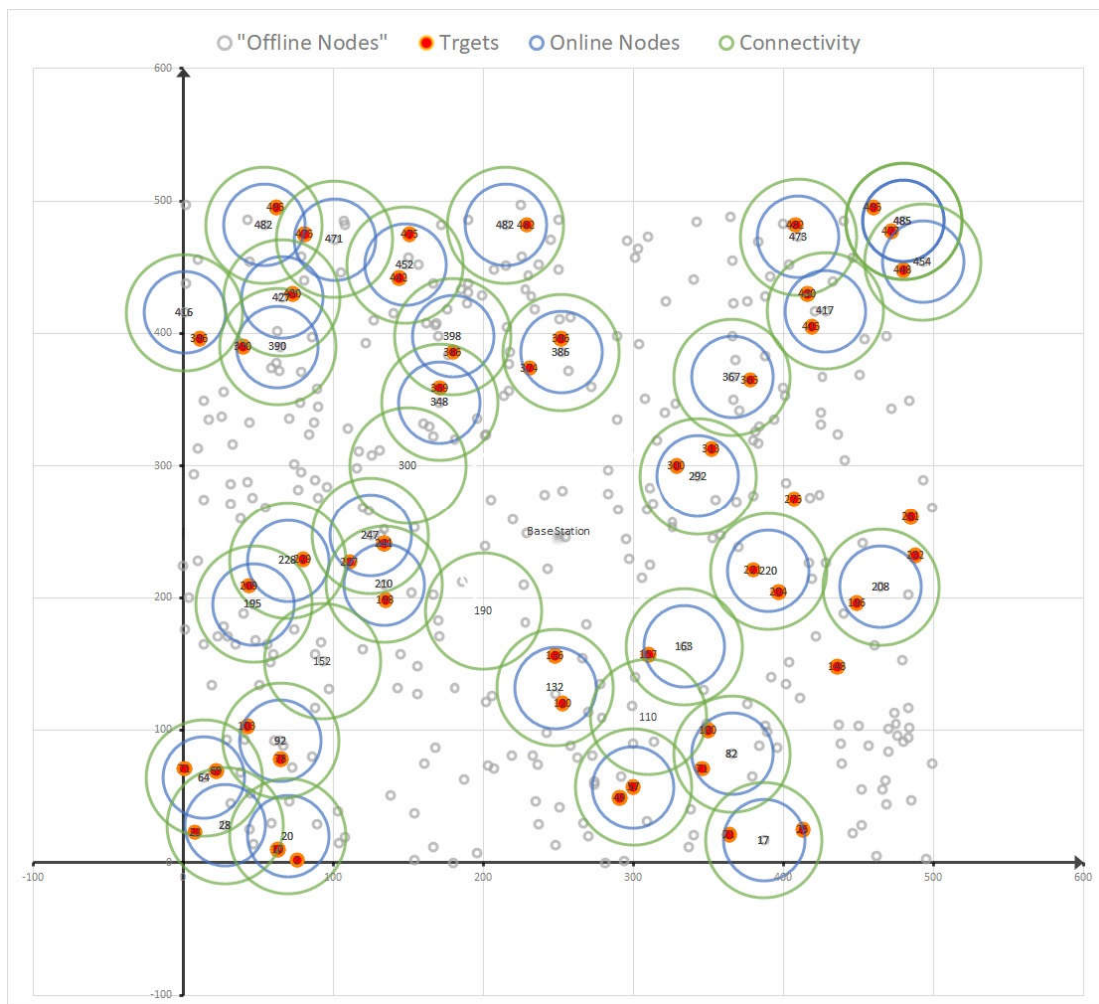


شکل ۴-۱۲: پخش گره های مرزی در شبیه سازی شماره ۱



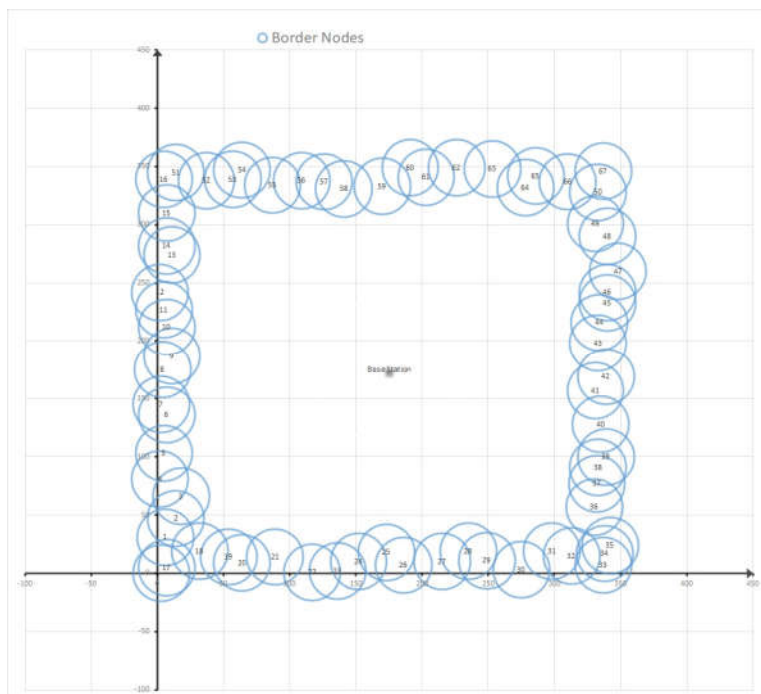
شکل ۰-۱۳: پخش تمامی گره ها در شبیه سازی شماره ۱



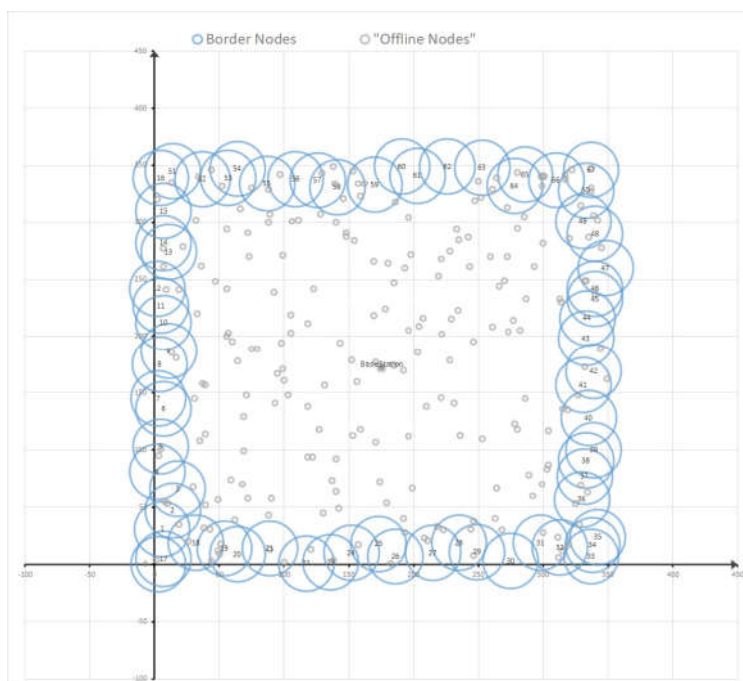


شکل ۴-۱۴: نمایش شبیه سازی شماره ۱ در لحظه ۴۰۰۰

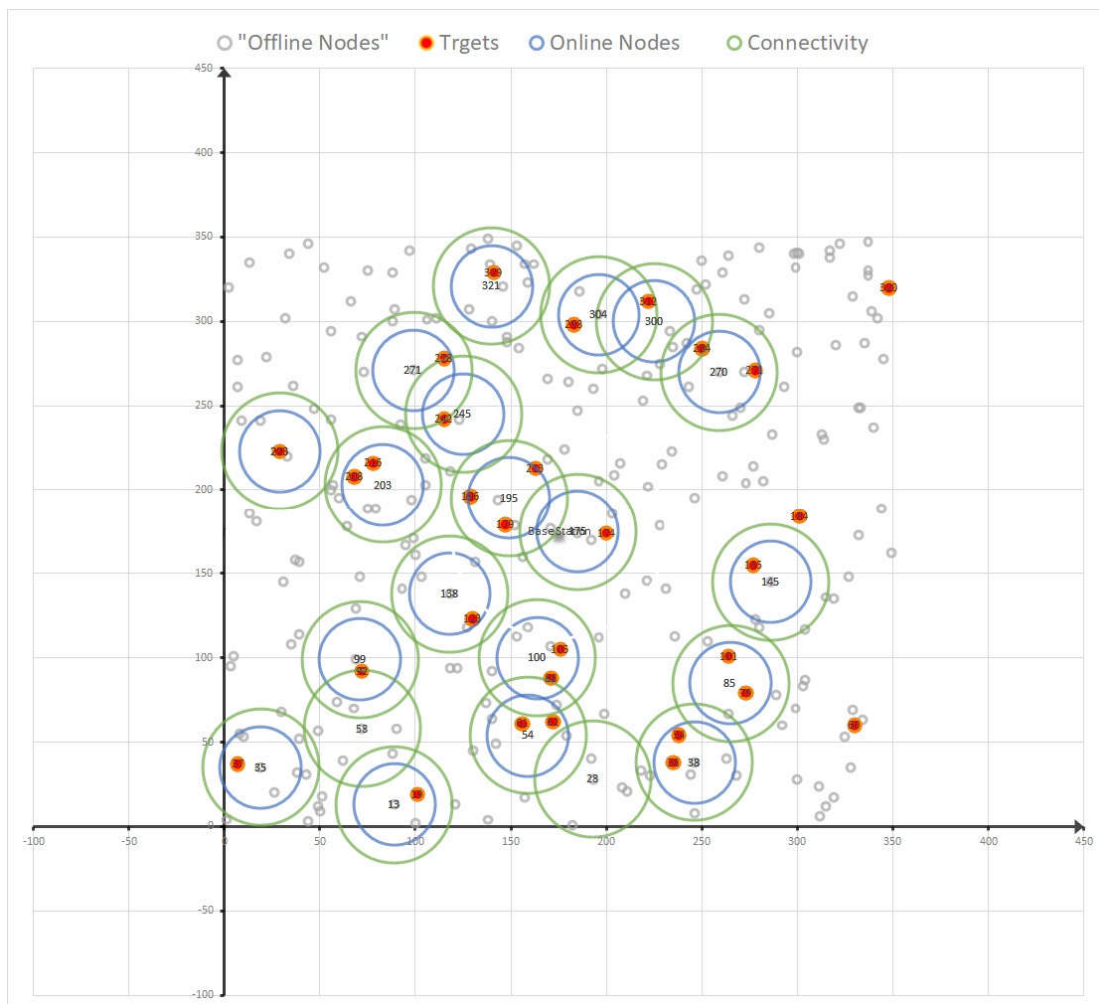
مطابق شکل ۴-۱۴ در لحظه ۴۰۰۰ در شبیه سازی شماره ۱ تعداد ۴۳ هدف در محیط قرار دارد و گره های های روشن براساس تصمیم اعلام شده فعال شده اند.



شکل ۴-۱۵: پخش گره های مرزی در شبیه سازی شماره ۲

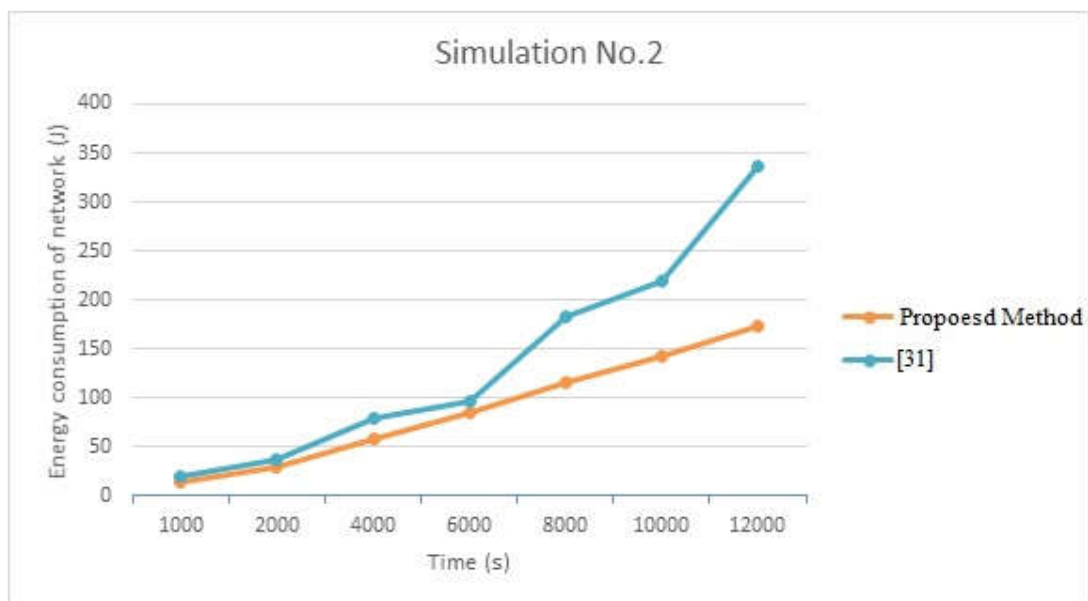
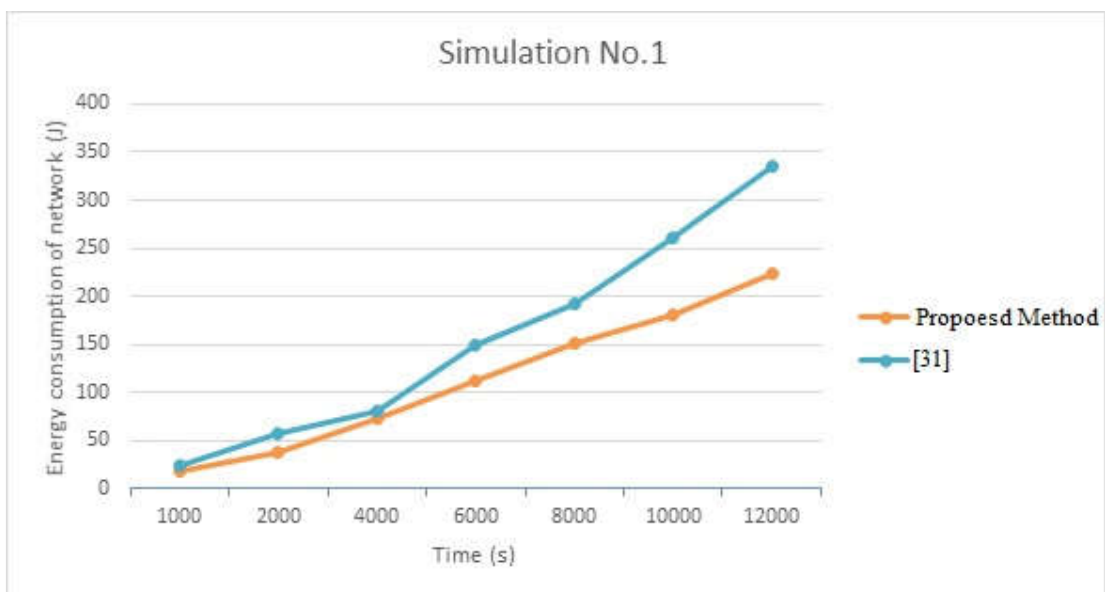


شکل ۴-۱۶: پخش تمامی گره ها در شبیه سازی شماره ۲

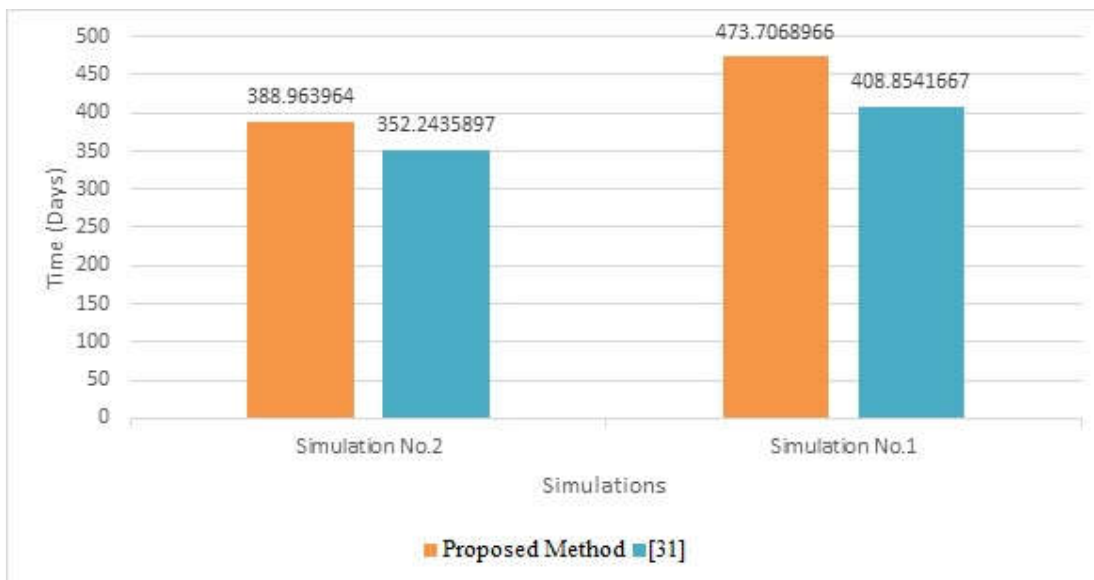


شکل ۴-۱۷: نمایش شبیه سازی شماره ۲ و در لحظه ۴۰۰۰

مطابق شکل ۴-۱۷ در لحظه ۴۰۰۰ در شبیه سازی شماره ۲ تعداد ۲۶ هدف در محیط قرار دارد و گره های های روشن براساس تصمیم اعلام شده فعال شده اند.



شکل ۴-۱۸: مقایسه میزان مصرف انرژی بر حسب زمان در روش پیشنهادی با روش LPNA [31]



شکل ۴-۱۹: مقایسه زمان مرگ اولین گره در روش پیشنهادی با روش LPNA [31]

همان‌طور که در شکل‌های ۴-۱۸ و ۴-۱۹ مشاهده می‌کنید در مقایسه روش پیشنهادی با روش مقاله

[۳۱]، روش پیشنهادی ما به طور قابل توجهی بهتر عملکرد و طول عمر شبکه بیشتر خواهد بود.

#### ۴-۷- خلاصه فصل

در این فصل به ارزیابی الگوریتم ارائه شده برای فعال کردن حسگرها در شبکه‌های حسگر بیسیم بر

اساس الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی الگوریتم ردیابی هدف پرداخته شد. نتایج حاصل از آزمایشات

مختلف نشان‌دهنده کارایی الگوریتم ارائه شده برای این منظور بوده است.

## فصل پنجم: جمع بندی

## ۵-۱- نتیجه گیری

هر شبکه حسگر، مجموعه‌ای شامل گره‌های کوچک می‌باشند که هر گره یک حسگر بی‌سیم را شامل می‌شود به علاوه هر شبکه حسگر یک ایستگاه پایه مرکزی دارد که اطلاعات محیط را جمع‌آوری می‌کند. شبکه حسگر با محیط فیزیکی در تعامل است. هر گره این قابلیت را دارد که اطلاعات محیط فیزیکی شامل دما، رطوبت، فشار، دود و غیره را درک کند و در نهایت داده‌ها را به ایستگاه پایه مرکزی مخابره کند. گره‌های حسگر، بی‌سیم<sup>۱</sup> هستند و گره‌ها از طریق فرکانس رادیویی با یکدیگر و ایستگاه پایه ارتباط برقرار می‌کنند. اندازه حسگرهای بی‌سیم از لحاظ فیزیکی بسیار کوچک هستند و دارای محدودیت‌هایی در قدرت پردازش، ظرفیت حافظه، منبع تغذیه و غیره می‌باشند. محدودیت‌های مذکور چالش‌هایی را بوجود آورده است که منشأ بسیاری از مباحث پژوهشی مطرح در این زمینه است. اما چالش این نوع شبکه‌ها زمانی افزایش میابد که نیاز به پوشش دهی اهداف متحرک در این نوع از شبکه‌ها باشد و با توجه به محدودیت انرژی باید بتوان با کمترین تعداد گره‌های فعال بیشترین پوشش دهی برای اهداف متحرک ایجاد نمود که هم پوشش دهی این گره‌ها افزایش یابد و هم گره‌های فعال بتوانند در شعاع رادیویی یکدیگر قرار گیرند تا بتوانند اطلاعات را از اهداف متحرک دریافت کرده و به ایستگاه مرکزی ارسال کنند.

بر این اساس در این پژوهش برای تعیین گره‌های روشن ابتدا به بررسی رابطه ریاضی و تابع برازندگی بر اساس اهداف چندگانه پرداخته شد در این مرحله پارامترهای اصلی در این زمینه مورد بررسی قرار گرفت و رابطه ریاضی بر اساس این اهداف محاسبه شد. سپس با استفاده از الگوریتم ترکیبی ژنتیک و فازی به ارائه روشی برای تعیین گره‌های روشن در شبکه پرداخته شد به طوری که بیشترین پوشش

---

<sup>۱</sup> wireless

دهی و کمترین انرژی را شامل شود . بر اساس نتایج بدست آمده بر اساس پارامترهای مورد بررسی الگوریتم پیشنهادی توانست گره هایی به عنوان گره های فعال انتخاب کند که بیشترین پوشش و کمترین میزان انرژی در شبکه را نشان دهد .

## ۵-۲- راهکارهای آتی

به عنوان کارهای پیشنهادی و آتی می توان موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- بهبود الگوریتم ارائه شده با ترکیب با الگوریتم های دیگر
- ۲- استفاده از رویکردهای تکاملی دیگر مانند زنبور عسل و رقابت استعماری
- ۳- استفاده از این الگوریتم برای بهینه سازی پارامترهای دیگر شبکه حسگر بیسیم



## فهرست مراجع

- [1]. Davoli, L., et al., Design and experimental performance analysis of a B.A.T.M.A.N.-based double Wi-Fi interface mesh network. *Future Generation Computer Systems*, 2019. 92: p. 593-603.
- [2]. Thangaramya, K., et al., Energy aware cluster and neuro-fuzzy based routing algorithm for wireless sensor networks in IoT. *Computer Networks*, 2019. 151: p. 211-223.
- [3]. Elshrkawey, M., S.M. Elsherif, and M. Elsayed Wahed, An Enhancement Approach for Reducing the Energy Consumption in Wireless Sensor Networks. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 2018. 30(2): p. 259-267.
- [4]. Jianjian, D., T. Yang, and Y. Feiyue, A Novel Intrusion Detection System based on IABRBFSVM for Wireless Sensor Networks. *Procedia Computer Science*, 2018. 131: p. 1113-1121.
- [5]. Zhong, H., et al., An efficient and secure recoverable data aggregation scheme for heterogeneous wireless sensor networks. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 2018. 111: p. 1-12.
- [6]. Yang, H. and F. Wang, Wireless Network Intrusion Detection Based on Improved Convolutional Neural Network. *IEEE Access*, 2019. 7: p. 64366-64374.
- [7]. Leyva-Mayorga, I., et al., A hybrid method for the QoS analysis and parameter optimization in time-critical random access wireless sensor networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 2017. 83: p. 190-203.
- [8]. Zahedi, Z.M., et al., Swarm intelligence based fuzzy routing protocol for clustered wireless sensor networks. *Expert Systems with Applications*, 2016. 55: p. 313-328.
- [9]. Javed Aslam, Zack Butler, Florin Constantin, Valentino Crespi, George Cybenko, and Daniela Rus, "Tracking a moving object with a binary sensor network," *Proceedings of ACM Sensys 2003*, Los Angeles, California, 2003.

- [10]. Ramya K, Praveen KK, Rao VS. 2012. A Survey on Target Tracking Techniques in Wireless Sensor Networks, International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSSES) Vol.3, No.4, August 2012.
- [11]. Zhen Guo, Mengchu Zhou, and L. Zakrevski, "Optimal tracking interval for predictive tracking in wireless sensor network," Communications Letters, IEEE, vol. 9, pp. 805- 807, 2005.
- [12]. Mohsin Fayyaz, Wireless Sensor Network, "Classification of Object Tracking Techniques in Wireless Sensor Networks". 2011.
- [13]. Feng, Y., Q. Wu, and G. He. Motion target detection algorithm based on monocular vision. In Proceedings of the 6th International Conference on Software and Computer Applications. 2017. ACM.
- [14]. Meuel, H., et al. Moving object tracking for aerial video coding using linear motion prediction and block matching. In Picture Coding Symposium (PCS), 2016. 2016. IEEE.
- [15]. Xiao, S., et al., Trajectory prediction for target tracking using acoustic and image hybrid wireless multimedia sensors networks. Multimedia Tools and Applications, 2017: p. 1-20.
- [16]. Naik, S. and N. Shekokar, Conservation of Energy in Wireless Sensor Network by Preventing Denial of Sleep Attack. Procedia Computer Science, 2015. 45(0): p. 370-379.
- [17]. Gagnon, J. and L. Narayanan. Efficient scheduling for minimum latency aggregation in wireless sensor networks. In 2015 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC). 2015.
- [18]. Harbouche, A., et al., Model driven flexible design of a wireless body sensor network for health monitoring. Computer Networks, 2017.
- [19]. Li, W., M. Chen, and M.-m. Li, An Enhanced AODV Route Protocol Applying in the Wireless Sensor Networks, in Fuzzy Information and Engineering Volume 2, B. Cao, T.-F. Li, and C.-Y. Zhang, Editors. 2009, Springer Berlin Heidelberg. p. 1591-1600.
- [20]. Bakr, B.A. and L.T. Lilien, Extending Lifetime of Wireless Sensor Networks by Management of Spare Nodes. Procedia Computer Science, 2014. 34(0): p. 493-498.

- [21]. Bsoul, M., Al-Khasawneh, A., Abdallah, A. E., Abdallah, E. E. and Obeidat, I., 2013. "An energy-efficient threshold-based clustering protocol for wireless sensor networks". *Wireless Personal Communications*, pp. 1-14.
- [22]. Turcza, P. and M. Duplaga, Near-lossless energy-efficient image compression algorithm for wireless capsule endoscopy. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2017. 38(Supplement C): p. 1-8.
- [23]. W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient communication Protocol for Wireless Microsensor Networks", In *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS '00)*, pp. 1-10, 2000.
- [24]. Bayraklı, S. and S.Z. Erdogan, Genetic Algorithm Based Energy Efficient Clusters (GABEEC) in Wireless Sensor Networks. *Procedia Computer Science*, 2012. 10(0): p. 247-254.
- [25]. Bandyopadhyay S, Coyle E. An energy efficient hierarchical clustering algorithm for wireless sensor networks. In: *IEEE conference on communications (INFOCOM)*, California, USA; 2003. p. 1713–23.
- [26]. Mann, Palvinder Singh, and Satvir Singh. "Energy-efficient hierarchical routing for wireless sensor networks: a swarm intelligence approach." *Wireless Personal Communications* 92.2 (2017): 785-805.
- [27]. Harizan, Subash, and Pratyay Kuila. "Coverage and connectivity aware energy efficient scheduling in target based wireless sensor networks: an improved genetic algorithm based approach." *Wireless Networks* 25.4 (2019): 1995-2011
- [28]. S. Mottaghi and M. R. Zahabi, "Optimizing LEACH clustering algorithm with mobile sink and rendezvous nodes," *AEU - Int. J. Electron. Commun.*, vol. 69, no. 2, pp. 507–514, Feb. 2015.
- [29]. C. Lersteau, A. Rossi, and M. Sevaux, "Minimum energy target tracking with coverage guarantee in wireless sensor networks," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 265, no. 3, pp. 882–894, Mar. 2018.
- [30]. A. Cammarano, C. Petrioli, and D. Spenza, "Pro-Energy: A novel energy prediction model for solar and wind energy-harvesting wireless sensor networks," in *2012 IEEE 9th International Conference on Mobile Ad-Hoc and Sensor Systems (MASS 2012)*, 2012, pp. 75–83,

[۳۱]. م. رهنما، م. محمدی و. ستاری تایینی، “یک روش کم مصرف جهت پوشش اهداف متحرک در شبکه های

حسگر بی سیم ” دومین همایش بین المللی مهندسی برق، علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات، همدان، ۱۳۹۷.

## **Abstract**

Reducing the power consumption of sensor nodes is one of the most efficient techniques to extend the life of wireless sensor networks. Instead of activating all sensor nodes deployed, a set of sensor nodes are activated or programmed to monitor the target area. However, programming with fewer sensor nodes, due to the limitation and limited connectivity of the sensor nodes, increases network lifetime, but network coverage and connectivity should also be considered with moving goals in mind.

Accordingly, this study proposes two phases to solve the problem. In the first phase of the study, a genetic algorithm based decision making (GA) algorithm and fuzzy logic is first developed. In this algorithm, the active and inactive nodes are predominantly a matrix with values of zero and one as a chromosome, which produces a valid chromosome after crossover and mutation. The fitness function used in this algorithm is calculated based on four parameters, namely minimum number of sensor nodes, full coverage, connectivity and energy level of sensor nodes based on active selective nodes. In this study, the fuzzy logic for mutation rate in this algorithm is calculated. It is used to increase the efficiency of the genetic algorithm. In the second phase of the research, after designing the decision algorithm, the target tracking algorithm which consists of four stages of deployment, detection, tracking and target retrieval is implemented, in this algorithm, the nodes of the network, after settling in the environment and discovering a target, send the collected information to the station, using the decision algorithm and the information received from the nodes, the station calculates the new status of the nodes. The process will continue until 50% of the nodes in the network die. Based on the experiments performed, the superiority of the proposed algorithm is shown in most of the graphs, showing greater coverage of moving targets as well as lower power consumption.

**Keywords:** Sensor Network, Energy Consumption, Genetic Algorithm, Network Coverage, Moving Targets



**Shahid Bahonar University of Kerman**

**Faculty of Engineering**

**Department of Computer Engineering**

---

---

**An improved method for detecting and tracking moving  
targets in wireless sensor networks**

---

---

**Prepared by:**

**Mohammadali Rahnama**

**Supervisor:**

**Dr. Majid Mohammadi**

**Advisor:**

**Dr. Vahid Sattari-Naeini**

**A Thesis Submitted as a Partial Fulfillment of the Requirements for  
the Degree of Master of Science in Computer Engineering (M.Sc.)**

**Februry 2020**

محمدعلی رهنما      یک روش بهبود یافته برای کشف و بهمن ۷۶      کارشناسی ارشد  
رديابي اهداف متحرک در شبکه

Mohammadali R      Proposing a new method      February 2020      M.Sc.  
for moving target detection