



پردیس بین‌المللی ارس تبریز

گروه مهندسی کامپیوتر - نرم‌افزار

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار

عنوان

خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی‌سیم متحرک با تکیه بر روش‌های هوشمند

استاد راهنما

دکتر لیلی محمد خانی

استاد مشاور

دکتر سید هادی اقدسی

پژوهش‌گر

داود بادامچی وایقان

دی ماه ۱۳۹۴

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد

راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ممنوع است.

نام استاد راهنما: دکتر لیلی محمد خانی

تاریخ:

امضا:

پاسکزاری

در اینجا لازم می‌دانم از راهنمایی‌ها و زحمات ارزشمند استاد بزرگوارم سرکار خانم دکتر لیلی محمد خانی کمال تشکر و قدردانی را بنمایم. از مشاوره‌ها و راهنمایی‌های استاد ارجمندم جناب آقای دکتر سید هادی اقدسی به پاس زحماتی که در مشاوره این پایان‌نامه برای این جانب متحمل شدند، پاسکزاری می‌کنم. همچنین از سرکار خانم دکتر مینا زلفی لقیان که به‌بنده افتخار داده و داور این پایان‌نامه را عهده‌دار شدند، کمال امتنان را دارم.

نام خانوادگی: بادامچی وایقان		نام: داود	
عنوان پایان نامه: خوشه بندی در شبکه های حس گر بی سیم متحرک با تکیه بر روش های هوشمند			
استاد راهنما: دکتر لیلی محمد خانی		استاد مشاور: دکتر سید هادی اقدسی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد		رشته: مهندسی کامپیوتر	
دانشگاه: تبریز		گرایش: نرم افزار	
تاریخ فارغ التحصیلی: دی ماه ۱۳۹۴		دانشکده: مهندسی برق و کامپیوتر	
تعداد صفحات: ۶۲			
کلیدواژه ها:			
خوشه بندی، کارایی انرژی، شبکه های حس گر بی سیم متحرک، الگوریتم های تکاملی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم، الگوریتم ترکیب باکتری			
چکیده:			
<p>پیشرفت های اخیر در فناوری های بی سیم منجر به شکل گیری شبکه های حس گر بی سیم متحرک گردیده است. گره های حس گر تشکیل دهنده این شبکه ها علاوه بر کم هزینه بودن و داشتن محدودیت باتری، متحرک نیز می باشند. با توجه به ویژگی های تشکیل دهنده این شبکه ها کاربردهای بسیاری برای آن ها به وجود آمده است. از جمله این کاربردها می توان به عملیات امداد و نجات در مناطق حادثه دیده، نظارت بر سلامتی، نظارت بر محیط زیست و سامانه های کنترل هوشمند ترافیک اشاره کرد. با توجه به نیازمندی های کاربردهای مذکور و با در نظر گرفتن اینکه گره های حس گر بی سیم متحرک تجهیزاتی هستند که محدودیت انرژی داشته و صرفه جویی در مصرف انرژی یکی از مهم ترین مسائل در طراحی این شبکه ها است. در میان چالش هایی که با متحرک بودن گره ها ایجاد می شود، می توان به مسیریابی و خوشه بندی پویا اشاره کرد. بررسی ها نشان می دهد که مدل های خوشه ای با قابلیت تنظیم پارامترهای مورد نیاز به صورت بهینه، در به حداقل رساندن مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه تأثیر قابل توجهی دارند. در این پایان نامه، ابتدا از الگوریتم ژنتیک و سپس از الگوریتم ترکیب باکتری جهت خوشه بندی گره های حس گر استفاده شده است. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان دهنده رشد ۱۱۴ درصدی در تسریع امر خوشه بندی است.</p>			

فصل اول: آشنایی با شبکه حس گر بی سیم ۱۱

۱-۱ مقدمه ۱۲

۲-۱ شبکه‌های حس گر بی سیم متحرک ۱۴

۱-۲-۱ چالش‌ها در شبکه‌های حس گر بی سیم متحرک ۱۵

۱-۲-۲ کاربردهای شبکه‌های حس گر بی سیم متحرک ۱۵

۳-۱ صورت مسئله ۱۶

۴-۱ اهداف مسئله ۱۶

۵-۱ ساختار پایان نامه ۱۷

فصل دوم: بررسی کارهای موجود ۱۸

۲-۱ مقدمه ۱۹

۲-۲ خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی سیم ۱۹

۱-۲-۲ طراحی شمای خوشه‌بندی ۲۱

• تعداد خوشه‌های مورد نیاز ۲۱

• چگونگی ایجاد خوشه‌ها ۲۲

۲-۲-۲ مزایای خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی سیم ۲۲

۳-۲ خوشه‌بندی با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی ۲۳

۴-۲ الگوریتم‌های خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی سیم ثابت ۲۴

۱-۴-۲ پروتکل LEACH ۲۴

۲-۴-۲ پروتکل LEACH متمرکز ۲۵

۳-۴-۲ پروتکل خوشه‌بندی ترکیبی توزیع شده با انرژی کارآمد ۲۵

۲۶.....	۴-۴-۲ پروتکل جمع‌آوری داده‌ها با انرژی کارآمد
۲۷.....	۵-۴-۲ الگوریتم TASC
۲۷.....	۶-۴-۲ پروتکل TEEN
۲۸.....	۷-۴-۲ پروتکل ارائه شده توسط جین شیووان
۲۸.....	۵-۲ الگوریتم‌های خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی‌سیم متحرک
۲۸.....	۱-۵-۲ پروتکل ACE
۲۹.....	۲-۵-۲ خوشه‌بندی بهینه با الگوریتم ژنتیک، گتسی و پراسانا
۳۰.....	۳-۵-۲ الگوریتم LEACH-M
۳۰.....	۴-۵-۲ الگوریتم LEACH-ME
۳۰.....	۶-۲ جمع‌بندی
۳۱.....	فصل سوم: الگوریتم پیشنهادی
۳۲.....	۱-۳ مقدمه
۳۳.....	۲-۳ عملکرد الگوریتم ترکیب باکتری
۳۴.....	۱-۲-۳ انتقال سطحی ژن‌ها
۳۶.....	۲-۲-۳ رقابت
۳۸.....	۳-۲-۳ خلاصه مراحل الگوریتم ترکیب باکتری
۴۰.....	۳-۳ خوشه‌بندی گره‌های حس گر بی‌سیم متحرک با استفاده از الگوریتم ترکیب باکتری
۴۱.....	۱-۳-۳ فاز شروع
۴۲.....	۲-۳-۳ مرحله حالت پایدار
۴۴.....	۳-۳-۳ تعریف و بررسی مسئله
۴۴.....	۴-۳-۳ ارزیابی تابع هدف

۴۵.....	۳-۳-۵ شرط اتمام الگوریتم
۴۶.....	۳-۴ جمع‌بندی فصل
۴۷.....	فصل چهارم: شبیه‌سازی
۴۸.....	۴-۱ ملزومات شبیه‌سازی
۴۹.....	۴-۲ ویژگی‌های سخت‌افزاری شبکه
۴۹.....	۴-۳ - نتایج شبیه‌سازی
۵۰.....	۴-۴ نتایج عملی از خوشه‌بندی
۵۱.....	۴-۵ مدل انرژی
۵۲.....	۴-۶ ارزیابی انرژی باقی‌مانده کل گره‌های حس‌گر
۵۳.....	۴-۷ ارزیابی تعداد دفعات مراجعه به تابع برازندگی
۵۴.....	۴-۸ ارزیابی Fitness بهینه در هر Round
۵۴.....	۴-۹ خلاصه فصل:
۵۵.....	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و کارهای آتی
۵۶.....	۵-۱ نتیجه‌گیری
۵۶.....	۵-۲ کارهای آتی
۵۷.....	مراجع
۶۰.....	فهرست واژگان

شکل ۱-۱: اجزای سازنده حس گر بی‌سیم.....	۱۳
شکل ۲-۱: معماری ارتباطات شبکه‌های حس گر بی‌سیم	۱۳
شکل ۱-۲: نشان‌دهنده ارتباطات چند گامی در شبکه‌های حس گر [۱۸].....	۲۰
شکل ۲-۲: ارتباطات تک گامی در شبکه‌های حس گر [۱۸].....	۲۱
شکل ۱-۳: بلوک دیاگرام الگوریتم ترکیب باکتری [۳۶].....	۳۵
شکل ۲-۳: مثالی از عملیات ترکیب باکتری برای دو نمونه کروموزوم والد با طول ۱۰ ژن [۳۶].....	۳۷
شکل ۳-۳: مراحل اجرای الگوریتم ترکیب باکتری.....	۳۸
شکل ۴-۳: فازهای انتخاب سرخوشه‌ها، تشکیل خوشه‌ها و نحوه ارسال داده‌ها توسط حس گرها [۴۳].....	۴۱
شکل ۵-۳: نحوه عملکرد گره‌های حس گر و ایستگاه مرکزی در شبکه حس گر بی‌سیم	۴۳
شکل ۶-۳: نمایش دودویی گره‌های حس گر	۴۴
شکل ۱-۴: نمایی از خوشه‌بندی گره‌های حس گر با استفاده از الگوریتم ترکیب باکتری	۵۱
شکل ۲-۴: مقایسه انرژی گره‌های حس گر بعد از خوشه‌بندی با الگوریتم‌های ژنتیک و ترکیب باکتری.....	۵۲
شکل ۳-۴: نمودار بر اساس تعداد مراجعه به تابع برازندگی.....	۵۳
شکل ۴-۴: ارزیابی Fitness به دست آمده در هر بار اجرا	۵۴

عنوان	فهرست جداول	شماره صفحه
جدول ۴-۱: تعداد و مشخصات گره‌ها.....		۴۹
جدول ۴-۲: پارامترهای الگوریتم ژنتیک و ترکیب باکتری.....		۵۰

فصل اول:

آشنایی با شبکه حس گر بی سیم

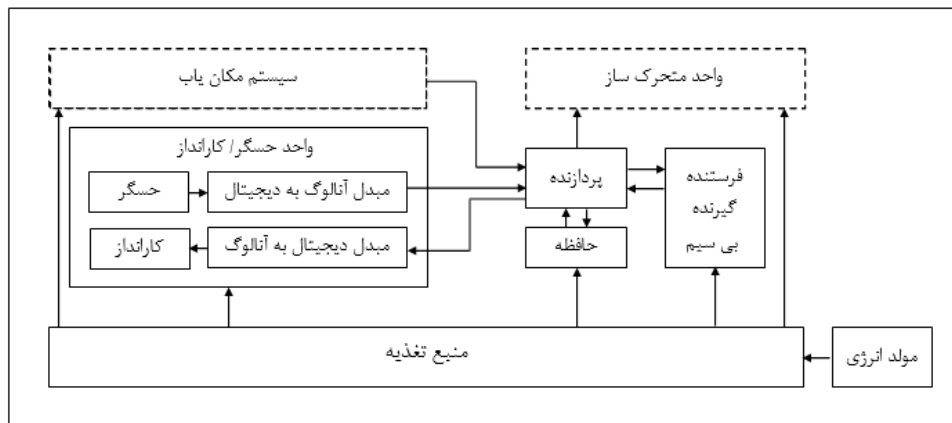
به کمک پیشرفت‌های کنونی در زمینه علم الکترونیک، ساختن حسگرهای بی‌سیم ارزان که به کمک یک باتری با انرژی محدود قادر به ارسال و دریافت داده باشند امری عملی شده است. یک حسگر بی‌سیم دارای واحدهای حسگر، پردازنده و واحد ارسال و دریافت رادیویی هست. در شکل ۱-۱، قسمت‌های مختلف و نحوه‌ی ارتباط آن‌ها را مشاهده می‌کنید. برای ارزان شدن این گره‌ها معمولاً امکان تجهیز آن امکان پذیر نیست و بنابراین پروتکل‌ها با یک سیستم موقعیت یاب^۱ باید بدون دانستن موقعیت بتواند با گره دیگر یا با مقصد ارتباط برقرار کند. این گره‌ها به دلیل محدود بودن منبع انرژی قادر به ارسال با برد بسیار محدود هستند و برای ارتباط با مقصد، پروتکل ارتباطی معمولاً باید از همکاری بهره‌برد.

همچنین در این شبکه‌ها معمولاً صدها و یا حتی هزاران گره وجود دارد. بنابراین همکاری راهکار مؤثری است برای اینکه بتوانیم این شبکه‌ها را به صورت عملی پیاده‌سازی کنیم. همکاری این اجازه را به ما می‌دهد که برد ارسال پیام‌های هر گره کمتر شود و علاوه بر کاهش انرژی مصرفی، امکان استفاده‌ی مجدد^۲ از پهنای باند برای گره‌های دور وجود داشته باشد و شبکه بتواند بزرگ‌تر شود.

این شبکه‌ها به ما این امکان را می‌دهند تا بسیاری از پدیده‌ها و خصوصیات محیطی را بتوان به صورت خودکار زیر نظر قرار داد. برای مثال در کاربردهای نظامی برای زیر نظر داشتن محیط یا اهداف متحرک می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. در یک بیمارستان می‌توان از این حسگرها برای زیر نظر گرفتن وضعیت بیمار در همه حال کمک گرفت. همچنین در یک کارخانه برای جاهایی که امکان دسترسی راحتی وجود ندارد و یا استفاده از ارتباط با سیم مشکل یا حتی در صورت قطع شدن خطرناک است، این حسگرها بسیار مفید بوده و می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. شکل ۱-۱، اجزای سازنده یک حسگر بی‌سیم را نشان می‌دهد.

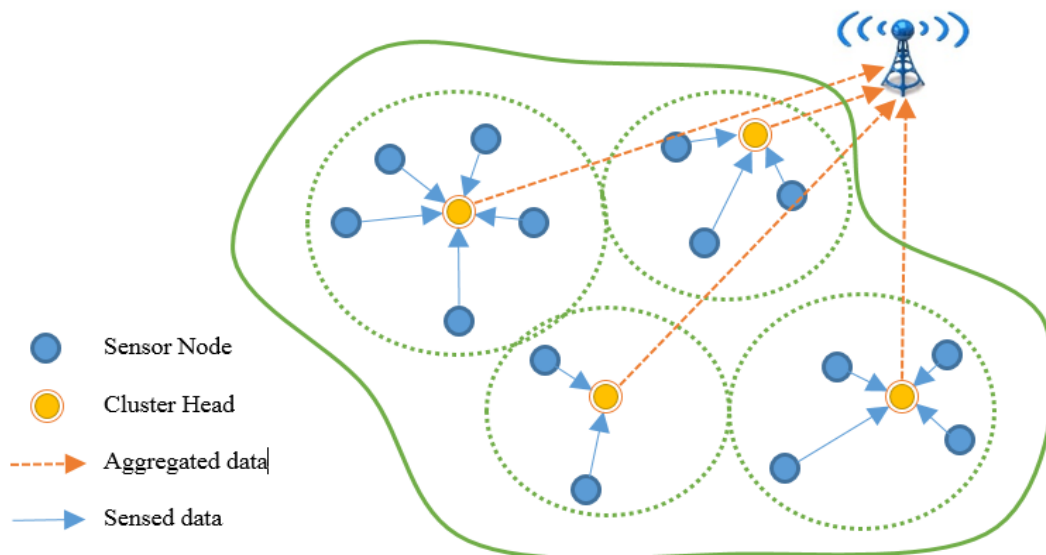
^۱ Positioning system

^۲ Reuse



شکل ۱-۱: اجزای سازنده حس گر بی سیم

معماری ارتباطات شبکه‌های حس گر بی سیم نیز در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. در شبکه‌های سنتی، سازمان‌دهی وظایف، مسیریابی و مدیریت تحرک گره‌ها جهت فراهم آوردن کیفیت سرویس^۱ و کیفیت پهنای باند^۲ بالا انجام می‌شود [۱]. این شبکه‌ها جهت فراهم آوردن حداکثر توان عملیاتی^۳ در شرایط تحرک بالا طراحی شده‌اند. مصرف انرژی از نظر اهمیت در مرحله دوم قرار داشته چون بسته‌های باتری را می‌توان در صورت نیاز تعویض کرد.



شکل ۱-۲: معماری ارتباطات شبکه‌های حس گر بی سیم

^۱ Quality Of Service (QOS)

^۲ Bandwidth efficiency

^۳ Throughput

با این حال، شبکه‌های حس گر شامل صدها یا هزاران گره که برای انجام عملیات به صورت خودکار طراحی شده‌اند. ترافیک شبکه نیز نقش بسیار مهمی در شبکه‌های تک‌کاره متحرک و شبکه‌های تلفن همراه دارد. به نظر می‌رسد، نرخ ارسال و دریافت داده به دلیل داشتن سرعت ۱۰۰-۱ کیلوبیت بر ثانیه خیلی کم باشد. برخلاف شبکه‌های قدیمی، هدف اصلی افزایش طول عمر شبکه و با توجه به غیرقابل تعویض بودن باتری گره‌های حس گر و استقرار آن‌ها در محیط‌های دورافتاده و غیرقابل دسترس، نیاز به مدیریت شدید انرژی جهت جلوگیری از قطع ارتباط بین حس گر‌ها است. در شبکه‌های حس گر جریان داده‌ها عمدتاً به صورت یک‌جهتی از گره حس گر به سمت ایستگاه مرکزی است. برخی تفاوت‌های شبکه‌های حس گر بی‌سیم با شبکه‌های سنتی در زیر نشان داده شده است [۲، ۳]:

- تعداد گره‌های حس گر در شبکه‌های حس گر بی‌سیم می‌تواند چندین برابر گره‌ها در شبکه‌های بی‌سیم قدیمی باشد.
- گره‌های حس گر با چگالی بسیار بالا در محیط مستقر می‌شوند.
- گره‌های حس گر بیشتر در معرض خرابی هستند.
- توپولوژی در شبکه‌های حس گر به سرعت تغییر می‌کند.
- گره‌های حس گر به طور عمده از الگوی ارتباطی پخش همگانی استفاده می‌کنند، درحالی‌که اکثر شبکه‌های تک‌کاره الگوی ارتباطی نقطه-به-نقطه را بکار می‌گیرند.
- گره‌های حس گر دارای محدودیت انرژی، توان محاسباتی و حافظه هستند.
- گره‌های حس گر ممکن است شناسه عمومی، به دلیل سربار زیاد نداشته باشند.

۲-۱ شبکه‌های حس گر بی‌سیم متحرک

شبکه‌های حس گر بی‌سیم متحرک [۴-۸]، از مجموعه‌ای از گره‌های حس گر تشکیل شده است که قابلیت حرکت و تغییر موقعیت خود برای تعامل با محیط فیزیکی را دارا می‌باشند. گره‌های حس گر متحرک نیز همانند گره‌های حس گر ثابت دارای توانایی حس کردن محیط اطراف، محاسبه و برقراری ارتباط می‌باشند. تفاوت اصلی این است که گره‌های حس گر متحرک دارای توانایی تغییر موقعیت خود در شبکه را دارند. یک شبکه حس گر بی‌سیم متحرک با پخش اولیه گره‌های حس گر می‌تواند شروع به کار کرده و بعداً گره‌ها خودشان می‌توانند موقعیت خود را تغییر داده و به جمع‌آوری داده‌ها بپردازند. اطلاعات به دست آورده شده

توسط یک گره حس گر می‌تواند به دیگر گره‌های حس گر متحرک انتقال یابد. تفاوت دیگر، توزیع داده است. در گره‌های حس گر بی‌سیم ثابت، داده‌ها با مسیریابی از قبل تعیین شده و ثابت یا به صورت سیل آسا توزیع می‌شوند درحالی‌که در شبکه‌های حس گر بی‌سیم متحرک مسیریابی به صورت پویا است.

۱-۲-۱ چالش‌ها در شبکه‌های حس گر بی‌سیم متحرک

در این بخش چالش‌های اصلی که در طراحی و عملیاتی کردن شبکه‌های بی‌سیم متحرک مواجه هستیم مورد بررسی قرار خواهند گرفت که معمولاً به دلیل نبود زیرساخت کافی ایجاد می‌شوند. عوامل و چالش‌های اصلی که بر طراحی، کارایی و عملیاتی بودن این شبکه‌ها تأثیر دارند، در مقابل لیست شده‌اند [۲، ۵، ۹-۱۲].

- مسیریابی
- انرژی بهینه
- شمای دسترسی به رسانه
- امنیت
- وسعت پذیری
- فراهم کردن کیفیت سرویس
- توجه بر آرایش گره‌ها
- پخش فراگیر
- آدرس‌دهی

تمام کاربردهای در نظر گرفته شده نیازمند شبکه حس گر بی‌سیم ارزان است. گره‌های حس گر باید هزینه خیلی کمی داشته باشند و این بدان معنی است که دارای برد سیلیکون، حافظه و مدار پردازشی محدودی خواهند بود. این محدودیت فضا روی برد، بار اضافی روی طراح برای پیاده‌سازی امنیت چیپ خواهد گذاشت.

۲-۲-۱ کاربردهای شبکه‌های حس گر بی‌سیم متحرک

بیشتر کاربردهای موجود برای شبکه‌های حس گر بی‌سیم ثابت برای این شبکه‌ها نیز شامل می‌شوند.

- نظارت بر محیط
- جستجو و نجات و نظارت بلادرنگ مواد خطرناک.
- نظارت بر حیات وحش
- نظارت بر گردبادها و ...

همان طور که می دانیم، امکان پخش دستی گره های حس گر برای نظارت بر محیط در مناطق فاجعه دیده ممکن است امکان پذیر نباشد. این حس گر ها می توانند به مناطقی که دارای پوشش بهتر هستند پس از استقرار گره ها تغییر مکان بدهند. در نظارت و ردیابی نظامی، گره های حس گر بی سیم متحرک می توانند بر اساس هدف مورد نظر همکاری و تصمیم مورد نظر را اتخاذ کنند. در این شبکه ها، بیشترین مقدار پوشش و ارتباط بین گره ها در مقایسه با شبکه های حس گر بی سیم ثابت صورت می گیرد. در صورت ایجاد موانعی در ناحیه ای که حس گر ها پخش شده اند، گره های حس گر بی سیم متحرک می توانند این موانع را پشت سر گذاشته و در معرض دید هدف قرار گیرند.

۳-۱ صورت مسئله

در این پایان نامه قصد داریم، شبکه های حس گر بی سیم متحرک را مورد بررسی قرار دهیم و چالش ها و مشکلات موجود در این شبکه ها را ارزیابی کنیم. یکی از چالش های مهم در این شبکه ها، خوشه بندی است. لذا در این پایان نامه روشی کارا و جدید جهت بهینه سازی خوشه بندی شبکه های حس گر بی سیم متحرک به کمک الگوریتم تکامل باکتری^۱ ارائه می دهیم.

۴-۱ اهداف مسئله

هدف اصلی این پژوهش، یافتن الگوریتمی هوشمند جهت خوشه بندی و یافتن مسیر بهینه بین گره های حس گر و سرخوشه ها و در نهایت از سرخوشه ها به ایستگاه در شبکه های حس گر بی سیم متحرک است. با خوشه بندی بهینه و کاهش فاصله ارتباطی بین سرخوشه ها با ایستگاه می توان مصرف انرژی را به طور قابل توجهی کاهش داد. برای رسیدن به این هدف، از الگوریتم های تکاملی موجود استفاده شده است، برخی از الگوریتم های تکاملی که تا به حال در امر خوشه بندی استفاده نشده اند نیز بکار گرفته خواهند شد. در نهایت با

^۱ Bacterial Conjugation

پیاده‌سازی و مقایسه نتایج حاصله با یکدیگر، بهینه‌ترین الگوریتم انتخاب خواهد شد. این الگوریتم انتخاب شده باید سریع، تصادفی و توزیع شده بوده تا بتواند گره‌های حس گر را سازمان‌دهی کرده و فاصله ارسال اطلاعات از سرخو شه‌ها به ایستگاه را با خوشه‌بندی بهینه کاهش دهد. در گذشته الگوریتم‌های خوشه‌بندی بسیاری در زمینه‌های مختلف پیشنهاد شده است [۶, ۷, ۱۳, ۱۴]. این‌ها به تفصیل در فصل ۲ بحث شده‌اند. این الگوریتم‌ها عمدتاً در طبیعت به صورت اکتشافی می‌باشند و هدف خوشه‌بندی در این مقالات، تولید حداقل تعداد خوشه در شبکه‌های استاتیک با بهینه‌سازی فاصله است.

در این تحقیق هدف ما گسترش مسائل بهینه‌سازی برای شبکه‌های حس گر بی‌سیم متحرک است. در مرحله اول، از الگوریتم ژنتیک^۱ برای خوشه‌بندی استفاده شده است تا گره‌های حس گر را به خوشه‌های مستقل تقسیم کند و در کل، فاصله ارتباطی بین گره‌های شبکه را کاهش دهد. یکی از چالش‌هایی که برای این الگوریتم وجود دارد این است که تعداد خوشه‌ها از قبل مشخص نشده‌اند. این چالش انعطاف‌پذیری بیشتری برای استقرار گره‌های حس گر در محیط‌های گوناگون می‌دهد. فرض دیگر این است که گره‌های حس گر همانند الگوریتم‌های قبلی به صورت یکنواخت در نظر گرفته نشده‌اند. محدودیت یکنواخت نبودن گره‌های حس گر باعث می‌شود تا این نوع شبکه حس گر بی‌سیم در محیط‌های مختلف کاربرد داشته باشد. در مرحله دوم، از الگوریتم ترکیب باکتری برای اولین بار در امر خوشه‌بندی و یافتن تعداد بهینه‌ای از سرخو شه‌ها در شبکه‌های حس گر بی‌سیم متحرک استفاده شده است.

۵-۱ ساختار پایان‌نامه

پس از آشنایی با شبکه‌های حس گر بی‌سیم معمولی و متحرک، در فصل دوم به تشریح برخی از الگوریتم‌های موجود در رابطه با خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی‌سیم ثابت و متحرک که تاکنون ارائه شده می‌پردازیم. در فصل سوم به تشریح الگوریتمی که در این تحقیق ارائه شده خواهیم پرداخت و مراحل مختلف آن را شرح خواهیم داد. در فصل چهارم به ارزیابی کارایی الگوریتم پیشنهادی پرداخته و نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم را شرح خواهیم داد. در فصل ۵ نیز به نتیجه‌گیری و کارهایی که در آینده می‌توان انجام داد، می‌پردازیم.

^۱ Genetic Algorithm

فصل دوم:

بررسی کارهای موجود

وقتی که در جوامع بشری موضوعی مطرح می‌شود افراد متعددی برحسب نیاز یا علاقه دست به پژوهش درباره آن موضوع می‌زنند. نتایج این کارها به منزله گنجینه‌ای برای کسانی است که بنا به دلایل گفته شده و یا هر دلیل دیگری می‌خواهند در همان زمینه دست به پژوهش بزنند. این پیشینه و دستاوردهای گذشته به محقق کمک می‌کند که به جای دوباره انجام دادن کارهایی که قبلاً دیگران انجام داده‌اند به حوزه موضوع پژوهش، یافته‌های جدیدی بیفزاید. بحث ما در رابطه با شبکه‌های $MWSN^1$ بوده که در ادامه به صورت کامل به بررسی روش‌های خوشه‌بندی ارائه شده در این شبکه‌ها می‌پردازیم. در [۱۵، ۱۶]، چندین پروتکل خوشه‌بندی برای شبکه‌های حس گر بی‌سیم WSN^2 پیشنهاد شده است، تنها تعداد کمی از آن‌ها متحرک بودن گره‌ها را پشتیبانی می‌کنند. در ادامه، برخی از پروتکل‌های خوشه‌بندی موجود برای شبکه‌های حس گر بی‌سیم ثابت و متحرک به همراه جزئیات عملکرد آن‌ها ارائه می‌شوند.

۲-۲ خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی‌سیم

زمان حیات گره‌های حس گر در شبکه حس گر بی‌سیم، زمان حیات شبکه را مشخص می‌کند و زمان حیات شبکه نیز یکی از پارامترهای اصلی کیفیت سرویس در شبکه‌های حس گر است که در کاربردهای حس گری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زمان حیات گره‌ها مستقیماً به مصرف انرژی در آن‌ها مربوط می‌گردد. ما در شبکه‌های حس گر مایلیم که تعداد زیادی از حس گر‌ها را برای دستیابی به یک هدف راه‌اندازی کنیم. همه‌ی اطلاعات جمع‌آوری شده توسط حس گر‌ها باید به یک مرکز جمع‌آوری‌کننده اطلاعات منتقل شوند. فواصل طولانی‌تر انرژی بیشتری در ارسال اطلاعات مصرف می‌کنند. در ارسال مستقیم هر حس گر مستقیماً اطلاعات را به مرکز می‌فرستد. شبکه‌های ارسال مستقیم برای طراحی بسیار ساده و سراسر هستند؛ اما به دلیل فاصله زیاد حس گر‌ها از مرکز، انرژی زیادی مصرف می‌کنند. در مقابل طراحی‌هایی که فواصل ارتباطی را کوتاه‌تر می‌کنند، می‌توانند دوره‌ی حیات شبکه را طولانی‌تر کنند. به دلیل تراکم بالای گره‌های حس گر در واحد سطح و در نتیجه نزدیکی آن‌ها به یکدیگر، ارتباط‌های چندگامی^۳ در این گونه شبکه‌ها مفیدتر و مقرون

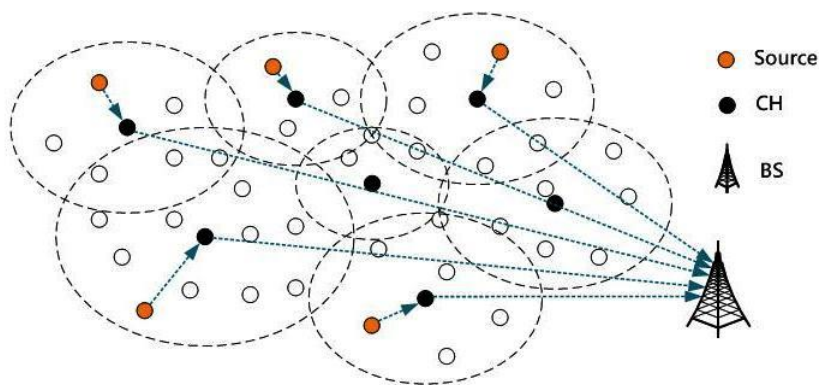
^۱ Mobile wireless sensor network

^۲ Wireless sensor network

^۳ Multi-hop communications

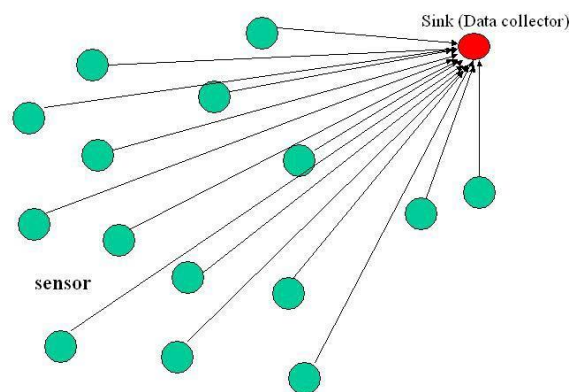
به صرفه تر از ارتباطهای تک گامی^۱ هستند؛ اما با توجه به انرژی محدود هر یک از حس گر ها و اینکه بیشتر انرژی آنها صرف ایجاد ارتباط با حس گر های دیگر می شود. استفاده از ارتباطهای چند گامی نیز باعث مصرف زیاد انرژی در حس گر ها و در نتیجه کاهش عمر شبکه ی حس گر می گردد [۱۷].

به کارگیری خوشه ها برای ارسال اطلاعات به یک ایستگاه مرکزی پایه با ملزم کردن تنها تعداد کمی گره برای ارسال از فواصل دور به ایستگاه مرکزی مزایای فواصل ارسال کوتاه را برای اکثر گره ها افزایش می دهد. خوشه بندی به این صورت است که شبکه را به یک تعداد خوشه های مستقل قسمت بندی می کنیم که هر قسمت یک گره سرخوشه دارد که همه اطلاعات را از گره های داخل خوشه اش جمع آوری می کند. این سرخوشه ها سپس اطلاعات را فشرده می کنند و (در ارتباطات تک گامی) مستقیماً و یا (در ارتباطات چند گامی) به صورت گام به گام با تعداد گام های کمتر و صرفاً با استفاده از گره های سرخوشه به مرکز اصلی ارسال می کنند. خوشه بندی کردن می تواند به میزان زیادی هزینه های ارتباطی اکثر گره ها را کاهش دهد؛ زیرا آنها تنها لازم است اطلاعات را به نزدیک ترین سرخوشه برسانند، به جای اینکه آنها را مستقیماً به مرکز اصلی که ممکن است خیلی دور باشد بفرستند [۱۶]. شکل ۱-۲ و شکل ۲-۲ نشان می دهد که چگونه خوشه بندی سرآیند ارتباطی را در ارتباطات چند گامی و تک گامی کاهش می دهد.



شکل ۱-۲: نشان دهنده ارتباطات چند گامی در شبکه های حس گر [۱۸]

^۱ Single-hop communications



شکل ۲-۲: ارتباطات تک گامی در شبکه‌های حس گر [۱۸]

۱-۲-۲ طراحی شمای خوشه‌بندی

از آنجا که در خوشه‌بندی جمع‌آوری و ارسال اطلاعات به ایستگاه مرکزی پایه بر عهده‌ی سرخوشه‌ها است، بار کاری سرخوشه‌ها در مقایسه با دیگر گره‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه مصرف انرژی در سرخوشه‌ها بیش از سایر گره‌های خوشه است. به منظور یکنواخت کردن مصرف انرژی در گره‌های حس گر لازم است که سرخوشه‌ها در طول زمان حیات شبکه حس گر تغییر کنند. طراحی شمای خوشه‌بندی با دو مسئله اساسی روبرو است:

(۱) چه تعداد خوشه باید ایجاد گردد.

(۲) خوشه‌ها چگونه باید ایجاد شوند.

• تعداد خوشه‌های مورد نیاز

برای فهمیدن تعداد خوشه‌ها تلاش‌هایی جهت مشخص کردن تعداد بهینه‌ی سرخوشه‌ها در سناریوهای مختلف صورت گرفته است. در [۱۹] یک الگوریتم توزیع شده در شبکه‌های حس گر بی سیم پیشنهاد گردیده است که در آن هر حس گر با یک احتمال خودش را به عنوان سرخوشه انتخاب می‌کند و تعمیمش را به اطلاع دیگران می‌رساند. این الگوریتم امکان ایجاد خوشه‌های تک گامی را فراهم می‌آورد که ممکن است باعث شود تعداد خوشه‌ها خیلی زیاد شود و در مورد چگونگی محاسبه‌ی تعداد بهینه سرخوشه‌ها صحبتی نمی‌گردد. در

آنجا مورد تک گامی تحلیل می‌گردد و یک مدل تحلیل برای به دست آوردن تعداد بهینه سرخوشه‌ها به صورت یک تابع از چندین پارامتر شامل اندازه‌ی میدان حس گری، تعداد گره‌ها و انرژی محاسبات و ارتباطات ارائه گردیده است. در [۲۰] یک مدل ریاضیاتی برای محاسبه تعداد بهینه‌ی سرخوشه‌ها در شبکه‌ی حس گر بی‌سیم چند گامی ایجاد شده است. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که برای خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی نیروی لازم برای هر سطح از خوشه متفاوت است. آن‌ها همچنین نشان دادند که انرژی سرخوشه‌ها سریع‌تر از دیگر گره‌ها تمام می‌شود. در این مقاله پیشنهاد شده است که برای ایجاد توازن بار الگوریتم به صورت متناوبی اجرا گردد. در کارهای [۱۰، ۱۱، ۱۴، ۲۱] نیز بر روی این موضوع تمرکز شده است.

• چگونگی ایجاد خوشه‌ها

در اینجا باید بدانیم چطور یک سرخوشه انتخاب گردد؛ و چطور یک گره معمولی به یک سرخوشه مربوط گردد. بسته به اهداف و کاربردهای طراحی، شماهای خوشه‌بندی موجود به دو دسته‌ی مختلف می‌تواند تقسیم‌بندی شود. یک روش خوشه‌بندی ممکن است به شیوه‌ی متمرکز و یا توزیع شده کار کند. خوشه‌بندی می‌تواند در شبکه‌های همگن بکار رود و یا در شبکه‌های ناهمگن. روال انتخاب سرخوشه‌ها ممکن است که در یک مرحله کامل گردد و یا به صورت تکراری انجام گردد. ساختار سلسله‌مراتبی خوشه می‌تواند یک لایه و یا چندلایه باشد. حالت انتخابات در خوشه می‌تواند تک گامی، چند گامی و یا ترکیبی از هر دو باشد. هر یک از این شیوه‌ها مزایا و معایبی دارند.

در مورد این سؤال بعضی ملاحظات را باید مدنظر قرار داد: اولاً، به طور عمومی استفاده از کنترل‌کننده مرکزی برای انتخاب سرخوشه‌ها در شبکه‌های حس گر بزرگ عملی و اقتصادی نیست. ثانیاً، یک سرخوشه انرژی بیشتری از گره‌های عضو صرف می‌کنند. به منظور صرف انرژی در شبکه به صورت یکنواخت، بهتر است سرخوشه‌ها به صورت پویا انتخاب گردند تا به صورت ایستا. ثالثاً، گره‌های سرخوشه باید به صورت یکنواخت در سراسر شبکه پخش گردند؛ بنابراین الگوریتم انتخاب سرخوشه در شبکه‌های حس گر باید به صورت توزیع شده بوده و به صورت پویا باید توپولوژی شبکه را تغییر دهد.

۲-۲-۲ مزایای خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی‌سیم

خوشه‌بندی، علاوه بر پشتیبانی از مقیاس‌پذیری شبکه و کاهش مصرف انرژی (از طریق تجمیع داده‌ها)، مزایای بی‌شمار دیگری [۱۳، ۱۴] نیز، متناسب با اهداف متفاوت دیگر، دارد:

- برپا سازی مسیر درون خوشه را متمرکز و محلی نموده و در نتیجه آن، اندازه جدول مسیریابی ذخیره شده در گره را کاهش داد.
- می تواند پهنای باند ارتباطی را حفظ نماید، زیرا حوزه ی تعاملات میان خوشه ای را به سرخوشه ها محدود نموده و از افزونگی پیام های تبادل ی میان گره های حس گر، جلوگیری می کند.
- خوشه بندی می تواند توپولوژی شبکه را در سطح حس گر ها پایدار ساخته و سربار و مخارج کلی نگهداری از توپولوژی را کاهش دهد، به این معنی که حس گر ها تنها در زمان اتصال به سرخوشه های شان نگهداری می شوند و به هنگام تغییرات در سطوح میان سرخوشه ها، تحت تأثیر قرار نمی گیرند.
- همچنین، سرخوشه می تواند استراتژی های مدیریتی بهینه شده ای را پیاده سازی کند که این کار ارتقای عملکرد شبکه و افزایش طول عمر باطری گره ها و در نتیجه ی افزایش طول عمر شبکه را در پی خواهد داشت.
- یک سرخوشه می تواند فعالیت های درون خوشه را زمان بندی کند که در نتیجه ی آن، گره ها می توانند به حالت خواب یا مصرف کم^۱ سوئیچ کنند و نرخ مصرف انرژی را کاهش دهند. به علاوه، گره ها می توانند در یک نوبت چرخشی به کار گرفته شوند و زمان مشخصی جهت ارسال و دریافت تعیین گردد، در نتیجه از ارسال مجدد جلوگیری شده و افزونگی^۲ (داده) در منطقه تحت پوشش، کاهش یافته و از تصادم در دسترسی رسانه ای^۳ اجتناب می شود.

۳-۲ خوشه بندی با استفاده از الگوریتم های تکاملی

در سال های اخیر، روش های خوشه بندی بر پایه الگوریتم های تکاملی به طور وسیع توسط محققان بکار رفته اند. این روش ها، بهترین توزیع از گره های حس گر را در ناحیه شبکه و ارائه مدل انرژی-بهینه با یافتن حداقل مقدار خوشه ها در شبکه ارائه می دهند. روش های بهینه سازی مختلفی در این زمینه استفاده شده است شامل: الگوریتم ژنتیک، الگوریتم کلونی مورچه و زنبور عسل، الگوریتم PSO و غیره. هر یک از این روش ها پارامترهای مختلفی در تابع برازندگی خود برای رسیدن به اهداف شان استفاده می کنند. خوشه بندی متعلق به مسائل NP-hard است و الگوریتم های مختلف کارایی متفاوتی در حل مسائل دارند. این روش ها معمولاً به

^۱ Low_ power sleep mode

^۲ Redundancy

^۳ Medium Access Collision

صورت متمرکز و در ایستگاه مرکزی اجرا می شوند چرا که اطلاعات کلی از شبکه برای اجرای این الگوریتمها مورد نیاز بودن و این اطلاعات در ایستگاه مرکزی وجود دارند.

۴-۲ الگوریتمهای خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی‌سیم ثابت

۱-۴-۲ پروتکل LEACH

پروتکل LEACH^۱ [۲۲, ۲۳]، احتمالاً اولین پروتکلی است که برای شبکه‌های حس گر بی‌سیم جهت انتخاب سرخوشه CH^۲ به صورت پویا متشکل از گره‌های حس گر ثابت همگن که به صورت تصادفی مستقر شده‌اند است. در این پروتکل، همه گره‌ها شانس تبدیل به سرخوشه را دارند تا انرژی گره‌ها به صورت یکنواخت مصرف شود. گره‌های نماینده برای خوشه‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده و با توجه به انرژی باقی‌مانده به صورت چرخشی متوالی انتخاب می‌شوند. در هر دور ۵٪ گره‌ها در شبکه حس گر بی‌سیم به عنوان سرخوشه در نظر گرفته می‌شوند و همه آن‌ها، داده‌ها را به ایستگاه ثابت ارسال می‌کنند. برای انتخاب سرخوشه، هر یک از گره‌های حس گر x یک مقدار آستانه $T(n)$ بر اساس احتمال سرخوشه بودن محاسبه می‌کنند و همچنین یک عدد تصادفی (بین ۰ و ۱) انتخاب می‌کنند اگر این عدد انتخاب شده توسط گره x کمتر از $T(n)$ باشد، گره x در حال حاضر به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود و یک پیغام فراگیر به همه گره‌ها ارسال می‌کند و سرخوشه بودن خود را اعلام می‌کند. گره‌هایی که پیغام سرخوشه را دریافت می‌کنند، با توجه به قدرت سیگنال دریافتی تصمیم می‌گیرند که عضو کدام خوشه باشند. مجموعه‌ای از داده‌ها در هر خوشه به صورت متمرکز و دوره‌ای با استفاده از روش TDMA^۳ به گره سرخوشه ارسال می‌شود. گره‌های حس گر داده‌ها را به سرخوشه، با توجه به برنامه زمان‌بندی ارسال می‌کنند. پس از اتمام برنامه زمان‌بندی، سرخوشه تمام داده‌ها را به ایستگاه اصلی انتقال می‌دهد. با این حال، در پروتکل LEACH، سرخوشه انتخاب شده ممکن است در یک گوشه‌ای از شبکه قرار گرفته باشد و برخی از گره‌ها، سرخوشه‌ای در اطراف خود نداشته باشند. علاوه بر این، خوشه‌بندی انجام‌شده در هر دوره به عنوان خوشه‌بندی با انرژی کارآمد در نظر گرفته نمی‌شود.

^۱ Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

^۲ Cluster head

^۳ Time division multiple access

۲-۴-۲ پروتکل LEACH متمرکز

پروتکل LEACH متمرکز^۱ LEACH-C [۲۳، ۲۴]، نوع خاصی از پروتکل LEACH است که از یک الگوریتم کنترل مرکزی جهت ایجاد خوشه‌ها استفاده کرده و سرخوشه‌ها را در سراسر شبکه پراکنده می‌کند. در پایان هر دوره‌ای که خوشه‌بندی انجام شد، گره‌ها اطلاعات مربوط به انرژی و محل خود را به ایستگاه اصلی فرستاده و ایستگاه اصلی بر اساس دید کلی از شبکه، می‌تواند به صورت بهینه خوشه‌بندی، تعیین یک تعداد خاصی از گره‌ها به عنوان سرخوشه و همچنین به طور عادلانه گره‌ها را در هر خوشه توزیع می‌کند. ایستگاه اصلی متوسط انرژی گره‌ها را محاسبه کرده و هر گره‌ای که انرژی کمتری از این مقدار متوسط داشته باشد نمی‌تواند به عنوان سرخوشه در این دوره انتخاب شود. برای گره‌های حس گر باقی‌مانده، ایستگاه اصلی از الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده^۲ جهت انتخاب سرخوشه استفاده می‌کند. پس از انتخاب بهینه سرخوشه‌ها یک پیام حاوی شماره سرخوشه برای هر گره به صورت همه پخشی از ایستگاه اصلی ارسال می‌شود. مراحل تشکیل خوشه و انتقال داده برای پروتکل LEACH-C همانند پروتکل LEACH اصلی است. گره‌های حس گر باید از اطراف خود مطلع بوده تا در آغاز هر دور اطلاعاتشان را به ایستگاه اصلی ارسال کنند. علاوه بر این، LEACH و LEACH-C تحرک کامل گره‌های حس گر را پشتیبانی نمی‌کنند.

۳-۴-۲ پروتکل خوشه‌بندی ترکیبی توزیع شده با انرژی کارآمد

پروتکل خوشه‌بندی ترکیبی توزیع شده با انرژی کارآمد^۳ HEED [۲۵]، یک پروتکل^۴ فعال است که در آن گره‌های حس گر ثابت، ناآگاه از محل خود و یک دست می‌باشند. هر گره دارای سطح ثابتی از قدرت انتقال بوده و ارتباط بین گره‌های حس گر و ایستگاه اصلی متقارن است. پروتکل HEED به صورت دوره‌ای و بر اساس انرژی باقی‌مانده، میزان فاصله‌اش از گره‌های همسایه و درجه گره، سرخوشه‌ها را انتخاب می‌کند. اگر گره‌ای انرژی باقی‌مانده بالا و هزینه پایین داشته باشد در هر دوره به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود. هزینه‌های ارتباطی داخل خوشه که یک تابعی از اندازه خوشه و سطح قدرت است، جهت جدا کردن سرخوشه‌ها با توجه به رنج سرخوشه‌ها استفاده می‌شود. محدوده یا شعاع خوشه‌ها با توجه به سطح قدرت انتقال درون خوشه‌ای در

^۱ LEACH centralized

^۲ simulated annealing algorithm

^۳ Hybrid Energy-Efficient Distributed

^۴ Proactive

هنگام تشکیل خوشه‌ها تعیین می‌شود. یک گره به یک سرخوشه با درجه کم ملحق می‌شود تا بار سرخوشه را توزیع کند، یا اینکه جهت ایجاد خوشه‌ای انبوه به سرخوشه‌ای با درجه حداکثر ملحق می‌شود. گره‌ها همچنین به طور خودکار مجموعه گره‌های همسایه خود را به صورت دوره‌ای بار سال و دریافت پیام‌هایی به‌روزرسانی می‌کنند. توزیع مصرف انرژی در پروتکل HEED طول عمر همه گره‌ها در مجموعه گره‌های همسایه را افزایش می‌دهد که به ثبات آن‌ها کمک می‌کند. علاوه بر این، HEED در پایان خوشه‌بندی، توزیع مناسب سرخوشه‌ها را در تعداد ثابتی از تکرارها تضمین می‌کند.

۴-۴-۲ پروتکل جمع‌آوری داده‌ها با انرژی کارآمد

پروتکل جمع‌آوری داده‌ها با انرژی کارآمد^۱ EEDC [۸]، نیز یک پروتکل زمان‌بندی و خوشه‌بندی به صورت پویا و فعال برای شبکه‌هایی با معماری تک گام است، جایی که تمامی گره‌های حس گر تنها یک گام جهت انتقال رادیو به ایستگاه اصلی فاصله دارند. این پروتکل برای شبکه‌های حس گر بی‌سیم مفید است که در آن گره‌ها ثابت هستند و شیوه انتقال اطلاعات نیز به صورت فعال است، به این دلیل، شکل‌گیری خوشه‌ها بر پایه ارتباط بین داده‌های دریافتی از گره‌های حس گر است. در هر خوشه، تنها یک گره حس گر فعال است و به عنوان سرخوشه در آن لحظه در نظر گرفته شده است. ایستگاه اصلی تصمیم می‌گیرد که در هر خوشه کدام گره‌ها فعال باشند. ایستگاه اصلی با اجرای مازول خوشه‌بندی متمرکز جهت ایجاد خوشه‌ها و یک برنامه زمان‌بندی برای انتقال داده‌های گره‌ها تعریف می‌کند. گروه‌بندی پویای گره‌های حس گر به مجموعه‌هایی از خوشه‌های گسسته که دارای ارتباط قوی و مشاهدات یکسان می‌باشند، EEDC یک الگوریتم حریصانه برای پیدا کردن دسته‌هایی که رئوس زیادی را پوشش داده و هنوز خوشه‌بندی نشده‌اند را ارائه می‌دهد. به طور ابتکاری، رئوس با درجه‌های بزرگ‌تر احتمال اینکه در دسته‌های بزرگ ظاهر شوند زیاد است؛ بنابراین، جستجو از رأس با بزرگ‌ترین درجه آغاز می‌شود تا زمانی که همه رئوس را تحت پوشش قرار دهد. خروجی این الگوریتم مجموعه‌ای از دسته‌ها است که همه رئوس را پوشش می‌دهد. برای به حداقل رساندن تعداد خوشه‌ها و حداکثر صرفه‌جویی در انرژی، پروتکل EEDC فرآیند ایجاد خوشه‌ها را به عنوان یک مشکل پوشش دسته‌ها مدل می‌کند که استفاده از حداقل تعداد دسته برای پوشش دادن همه رئوس در گراف استفاده می‌شود.

^۱ Energy Efficient Data Collection

۵-۴-۲ الگوریتم TASC

الگوریتم^۱ TASC [۲۶]، یک الگوریتم توزیع شده و فعال است که شبکه را به مجموعه‌ای از دسته‌های محلی دارای خصوصیات یکسان، بدون تداخل خوشه‌ها با همدیگر، بدون دانش قبلی از تعداد خوشه‌ها، اندازه خوشه و مختصات گره تقسیم می‌کند. موضوعی که پروتکل TASC را از بقیه الگوریتم‌های خوشه‌بندی شبکه‌های حس گر متفاوت می‌سازد این است که خوشه‌ها در این پروتکل با توجه به توپولوژی شبکه موجود تشکیل می‌شوند. گره‌ها در ناحیه‌ای که پخش شده‌اند ثابت فرض می‌شوند. هر گره می‌تواند فاصله خود با همسایگانش که یک قدم با آن‌ها فاصله دارد را اندازه‌گیری کند و از همسایگان دو قدمی خود نیز اطلاعاتی در دست دارد. در ابتدا، هر گره در شبکه حس گر بی سیم وزن خود را بر اساس کوتاه‌ترین مسیرهای اقلیدسی با گره‌هایی که دو قدم با آن‌ها فاصله دارند را محاسبه می‌کند. گرهی که به عنوان گره میانی انتخاب می‌شود به تمام کوتاه‌ترین مسیرهای ارتباطی وابسته بوده و بیشترین وزن را به خود می‌گیرد. سپس وزن هر گره به گره‌های دو قدمی خود منتقل می‌شود. از آنجا که هر گره وزن همسایگان دو قدمی خود را دریافت می‌کند با مقایسه وزن آن‌ها، گره نامزدی که بزرگ‌ترین وزن را دارد انتخاب شده و آن نماینده را به گره‌های دو قدمی خود ارسال می‌کند. پس از دریافت همه گره‌های نامزد در دو قدمی خود، نزدیک‌ترین نامزد را به عنوان رهبر خود انتخاب می‌کند. گره‌ها به خوشه‌هایی که حداقل تعداد گره‌ها را برای تشکیل یک خوشه را دارند می‌پیوندند. پس از ایجاد خوشه‌ها، TASC از الگوریتم مسیریابی «کوتاه‌ترین مسیر بین همه گره‌ها» استفاده می‌کند.

۶-۴-۲ پروتکل TEEN

پروتکل شبکه حس گر با انرژی کارآمد حساس به آستانه^۲ TEEN [۲۷]، یکی دیگر از پروتکل‌های خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی سیم است که پس از تشکیل خوشه‌ها دو آستانه را به همه حس گر‌ها می‌فرستد. اسامی این آستانه‌ها، آستانه‌ی نرم و آستانه‌ی سخت می‌باشند. آستانه‌ی سخت در واقع مقداری از پارامتر در حال اندازه‌گیری است که اگر مقدار به دست آمده از یک حس گر از این آستانه بیشتر باشد، مقدار به دست آمده گزارش می‌شود، ولی اگر کمتر باشد دیگر این اتفاق نمی‌افتد. در واقع این آستانه باعث می‌شود که هر وقت مقدار پارامتر در محدوده دلخواه است گزارش شود و بدین صورت از حجم داده‌های ارسالی تا حد زیادی

^۱ Topology Adaptive Spatial Clustering

^۲ Threshold-sensitive Energy Efficient Sensor Network

کاسته می‌شود؛ اما آستانه‌ی نرم مقداری از پارامتر در حال اندازه‌گیری است که هر وقت مقدار به دست آمده زیر آستانه‌ی سخت باشد اما بیشتر از نمونه قبلی پارامتر اندازه‌گیری شده باشد، حس گر بازم مقدار پارامتر را گزارش می‌کند. وجود آستانه‌ی نرم نیز باعث کاهش داده‌های ارسالی می‌شود. با تنظیم سطوح آستانه‌ی نرم و سخت می‌توان حجم داده‌های ارسالی به ایستگاه اصلی را تنظیم کرد. برای ارسال داده‌ها به ایستگاه اصلی هر حس گر داده‌ی خود را به سرخوشه مرحله اول می‌فرستد، سرخوشه مرحله اول نیز آن را به سرخوشه مرحله دوم فرستاده و در نهایت به ایستگاه اصلی ارسال می‌شود.

۷-۴-۲ پروتکل ارائه شده توسط جین شیووان^۱

جین و همکارانش [۱۸] از الگوریتم ژنتیک برای خوشه‌بندی گره‌های حس گر ثابت برای بهینه کردن مصرف انرژی آن‌ها استفاده کرده‌اند. در این مقاله، از الگوریتم ژنتیک برای پیدا کردن تعدادی خوشه مستقل که در کل به کاهش هزینه ارتباطات بین گره‌ها انجامید. استفاده از این روش فاصله ارتباطی را به اندازه ۸۰ درصد نسبت به ارتباط مستقیم^۲ کاهش داد. فرنشنوس و همکارانش [۲۸] این الگوریتم را توسعه دادند و تابع برازندگی آن را ارتقا دادند.

۵-۲ الگوریتم‌های خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی‌سیم متحرک

۱-۵-۲ پروتکل ACE

پروتکل ایجاد خوشه ACE^۳ [۲۹]، یک پروتکل موضعی و فعال است که در آن حس گرهای ثابت هستند و هر گره حس گر تنها با مجموعه‌ای کوچک از حس گرهای در نزدیکی خود ارتباط برقرار می‌کند. پروتکل ACE بین سه حالت ممکن برای گره‌های حس گر تمایز قائل می‌شود، ۱- خوشه‌بندی نشده (هنوز در فرایند خوشه‌بندی قرار دارد)، ۲- پیرو (یک گره متعلق به یک خوشه با سرخوشه معین) و در نهایت ۳- سرخوشه. در محیطی که گره‌ها پخش شده‌اند، در ابتدا همه گره‌های حس گر در وضعیت بدون خوشه قرار دارند. وقتی که یک گره X در آغاز کار بدون خوشه است، اطراف خود را ارزیابی کرده و تعداد گره‌های وابسته به خوشه گره X را شمرده و اگر خود را به عنوان یک سرخوشه خوشه جدید معرفی کند آن‌ها را دریافت خواهد کرد. در ابتدای

^۱ Shiyuan Jin

^۲ Direct distance

^۳ Algorithm for Cluster Establishment

هر تکرار عمل خوشه‌بندی صورت می‌گیرد، اگر در ابتدا سرخوشه موجود باشد، یک پیام POLL به تمام گره‌ها برای تعیین سرخوشه جدید ارسال می‌شود. بهترین گزینه برای تبدیل شدن به سرخوشه گرهی است که بیشترین تعداد پیروان ممکن و کمترین میزان همپوشانی با خوشه‌های موجود را داشته باشد. وقتی بهترین گزینه توسط سرخوشه فعلی مشخص شد، آن را به عنوان سرخوشه جدید توسعه داده و خود به عنوان سرخوشه قدیمی از موقعیت خود کناره‌گیری می‌کند. هنگامی که یک گره سرخوشه می‌شود، اگر توسط سرخوشه دیگری به عنوان سرخوشه انتخاب شده باشد شماره شناسایی سرخوشه قبلی را حفظ می‌کند، ولی در صورتی که خودش، خودش را به عنوان سرخوشه انتخاب کرده باشد، یک شماره شناسایی تصادفی برای خود انتخاب می‌کند. سپس یک پیغام جدید را به همسایگان خود که عضوهای این خوشه خواهند بود ارسال می‌کند. یک گره می‌تواند پیرو بیش از یک خوشه در مدتی که پروتکل در حال اجرا است باشد. گره‌ای که عضو چند خوشه است، در پایان اجرای پروتکل، یک خوشه را جهت عضویت انتخاب می‌کند. این الگوریتم دارای محدودیتی است که تنها جنبه‌های مربوط به تشکیل خوشه را پوشش می‌دهد و جنبه‌های مربوط به انتقال داده‌ها را در نظر نمی‌گیرد.

۲-۵-۲ خوشه‌بندی بهینه با الگوریتم ژنتیک، گتسی^۱ و پراسانا^۲

گتسی و پراسانا [۳۰]، یک مدل تحلیلی برای پروتکل کنترل دسترسی رسانه MAC^۳ با انرژی کارآمد طراحی کرده‌اند که با استفاده از آن می‌توان توان مصرفی یک گره حس گر متحرک را استخراج کرد. این مدل می‌تواند مصرف توان ناشی از انتقال، دریافت و همچنین اتلاف انرژی ناشی از برخورد و بازخورد را در نظر بگیرد. الگوریتم خوشه‌بندی بر اساس توان مصرفی مدل MAC پیاده‌سازی می‌شود. نکته اصلی در این الگوریتم خوشه‌بندی این است که در طول شکل‌گیری سرخوشه، بهینه‌سازی انرژی نیز انجام می‌شود. همچنین با به حداقل رساندن تعداد تغییرات سرخوشه نیز می‌توان به بهینه‌سازی انرژی دست یافت. تغییر مکرر سرخوشه بهره‌وری انرژی شبکه را کاهش داده و به نوبه خود، طول عمر شبکه را کاهش می‌دهد. در صورتی که انرژی باقی‌مانده گره سرخوشه کمتر از حد بهینه باشد باید وظیفه خود به عنوان سرخوشه را رها کرده و به عنوان گره حس گر معمولی عمل کند. روش بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای یافتن آستانه نزدیک به بهینه

^۱ Getsy

^۲ Prasanna

^۳ Media access control

توان باقی‌مانده بکار گرفته شده است. برای مسیریابی نیز از پروتکل مسیریابی ترکیبی استفاده شده است [۳۱] که به افزایش بهره‌وری انرژی کلی شبکه کمک می‌کند.

۳-۵-۲ الگوریتم *LEACH-M*

این الگوریتم برای حمایت از موبایل بودن گره‌ها برای الگوریتم *LEACH* ارائه گردید. الگوریتم *LEACH-M* همانند فازهای الگوریتم *LEACH* عمل می‌کند. ایده اولیه این است که آیا یک گره متحرک می‌تواند با یک سرخوشه ارتباط برقرار کرده و در بازه زمانی تخصیص داده شده داده‌های درخواستی توسط سرخوشه را انتقال دهد [۳۲].

۴-۵-۲ الگوریتم *LEACH-ME*^۲

این الگوریتم، پروتکل *LEACH-M* را در انتخاب سرخوشه‌های بهینه بهبود می‌بخشد. این مقاله اطمینان می‌دهد که داده‌ها با نرخ انتقال بسیار بالا بین سرخوشه‌ها و گره‌های حس‌گری که داده جمع‌آوری می‌کنند و در حال حرکت هستند ارسال می‌شوند.

۶-۲ جمع‌بندی

در این فصل در ابتدا توضیحاتی در مورد الگوریتم‌های خوشه‌بندی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ثابت و متحرک ارائه شده است. الگوریتم‌های خوشه‌بندی، از یک منظر به دو دسته متمرکز و توزیع شده تقسیم می‌شوند. در الگوریتم‌های متمرکز ایستگاه پایه اطلاعات کاملی از شبکه و گره‌ها دارد، این الگوریتم‌ها مقیاس‌پذیر نیستند و چون ایستگاه پایه باید از وضعیت کل شبکه باخبر باشد تعداد پیام‌رسانی زیاد و بدل خواهد شد که این امر باعث ایجاد سربار پیام‌افزایی شده و ممکن است ایستگاه پایه به گلوگاه تبدیل شود. در الگوریتم‌های غیرمتمرکز، هر گره بر اساس اطلاعات محلی کسب شده از همسایگان خود تصمیم می‌گیرند. به همین دلیل مشکلات الگوریتم‌های متمرکز را ندارد ولی دقت الگوریتم‌های غیرمتمرکز نیز به اندازه‌ی الگوریتم‌های متمرکز نیست. با توجه به تمرکز این پایان‌نامه بر الگوریتم‌های خوشه‌بندی متمرکز با استفاده از روش‌های هوشمند است، تعدادی از این الگوریتم‌ها به همراه توضیحاتی از آن‌ها در این فصل آمده است.

^۱ LEACH-Mobile

^۲ LEACH-Mobile Enhance protocol

فصل سوم:

الگوریتم پیشنهادی

در دهه‌های اخیر، الگوریتم ژنتیک GA به طور وسیع در بسیاری از مسائل بهینه‌سازی با موفقیت قابل توجهی مورد استفاده قرار گرفته است. عملگرهای بیولوژیکی، مانند ترکیب و جهش در بسیاری از الگوریتم‌های تکاملی استفاده می‌شوند. بسیاری از تحقیقات مرتبط با این موضوع تمرکز خود را بر روی توسعه عملگرهای سازگار می‌گذارند [۳۳، ۳۴]. سایر الگوریتم‌ها با جلوگیری از ایجاد بستم، تمرکز خود را برای به دست آوردن نتیجه بهینه صرف می‌کنند [۳۵]. به هر حال، طبیعت تکاملی الگوریتم‌های فوق دارای مشکلاتی بوده است. به عنوان مثال، بسیاری از انواع مختلف الگوریتم‌های تکاملی را نمی‌توان در مسائل با پاسخ زمانی بلند رنگ استفاده کرد. یک مشکل عمده دیگر این است که بسیاری از این الگوریتم‌ها دارای پارامترهای ورودی زیادی هستند که پیاده‌سازی و راه‌اندازی آن‌ها نیاز به تخصص دارد که نیاز به آنالیز جداگانه برای هر مشکل را دارد. حتی برای یک الگوریتم ژنتیک ساده با سه پارامتر ورودی: اندازهی جمعیت، نرخ ترکیب و نرخ جهش می‌توان پیاده‌سازی‌های مختلفی را پیدا کرد مانند مسئلهی فروشندهی دوره‌گرد^۱. این الگوریتم‌ها به دلیل داشتن چندین عملگر ورودی می‌توانند به روش‌های مختلفی پیاده‌سازی شوند. به علاوه، پیدا کردن ورودی‌های بهینه برای هر مشکل زمان‌گیر و پروسه‌ای خسته‌کننده است.

در مقاله [۳۶] یک الگوریتم تکاملی بهینه‌ارائه شده است که نام آن HPGA^۲ (ژنتیک الگوریتم با کارایی بسیار بالا با استفاده از عملگر ترکیب باکتری) است. الگوریتم HPGA از مکانیسم ژنتیکی دیگری با نام ترکیب باکتری^۳ برای انتقال مستقیم ژن‌ها بین سلول‌ها استفاده می‌کند. الگوریتم ترکیب باکتری رویه انتقال اطلاعات ژنتیکی را بین سلول‌های باکتری که سلول به سلول در ارتباط مستقیم هستند را مدل می‌کند. این عملگر به عنوان یکی از مکانیسم‌های انتقال سطحی ژنتیکی^۴ طبقه‌بندی می‌شود [۳۷]. این عملگر جهت افزایش سرعت عملکرد الگوریتم‌های تکاملی استفاده شده است.

الگوریتم‌های دیگری نیز وجود دارد [۳۸، ۳۹] که این عملگر را به عنوان مکانیسم اصلی خود معرفی و استفاده

^۱ Travelling Salesman Problem (TSP)

^۲ High Performance Genetic Algorithm (HPGA)

^۳ Bacterial Conjugation (BC)

^۴ Horizontal gene transfer

می‌کنند. الگوریتم ترکیب باکتری، لایه‌های زیرین الگوریتم ژنتیک معمولی را شکافته و از عملکرد انتقال سطحی ژنتیکی که از ترکیب باکتری‌ها در طبیعت الهام گرفته استفاده می‌کند.

در این روش، اثبات‌شده است که اطلاعات ژنتیکی کروموزوم اهداکننده برای کروموزوم گیرنده مفید است؛ بنابراین، کروموزوم با مقدار برازندگی بالا به عنوان کروموزوم اهداکننده برای کل جمعیت خواهد شد. این روش همچنین یک روش تکاملی بوده که پیچیدگی پیاده‌سازی و استفاده از منابع محاسباتی را در حین اجرا کاهش می‌دهد. مهم‌ترین امتیاز اصلی استفاده از الگوریتم ترکیب باکتری در مقایسه با الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده قبلی کارایی بالای این الگوریتم بدون نیاز به تنظیم کردن پارامترهای اولیه که الگوریتم فوق را برای کاربردهای بلادرنگ از آنجایی که زمانی برای پیدا کردن پارامترهای بهینه اتلاف نخواهد شد مناسب می‌سازد. همچنین، این روش پیاده‌سازی، از همگرایی زودرس جلوگیری می‌کند و منجر به تولید نتایج دقیقی خواهد شد.

در روش استفاده شده، مکانیسم‌های الهام گرفته از طبیعت ژنتیک الگوریتم معمولی حذف‌شده و ترکیب باکتری تنها عملکرد است. این را هم باید تأکید کرد که این عملکرد نیاز به پارامتر ورودی دیگری نداشته و می‌توان برای مسائل مختلفی استفاده کرد؛ بنابراین، مقدار پارامتر جمعیت اولیه تنها ورودی این الگوریتم است. علیرغم نسخه‌های مختلف الگوریتم ژنتیک، این روش سریع‌تر و دارای یک پارامتر ورودی است. رویه‌های این الگوریتم کم‌هزینه و ساده بوده و نتایج تجربی نشان می‌دهد الگوریتم ترکیب باکتری کارایی و دقت بالایی از روش‌های PSO^۱ و SGA^۲ مواقعی که پارامترهای ورودی این الگوریتم‌ها با مقادیر یکسان مقداردهی شده باشند دارد. در این پایان‌نامه، از الگوریتم ترکیب باکتری برای اولین بار جهت امر خوشه‌بندی گره‌های حس گر متحرک استفاده و نتایج خوبی حاصل گردید. قبل از اشاره به نتایج به دست آمده از مدل‌سازی این الگوریتم به تشریح عملکرد آن و چگونگی اعمال این الگوریتم بروی گره‌های حس گر بی‌سیم متحرک جهت یافتن مقدار بهینه‌ای از خوشه‌ها می‌پردازیم.

۲-۳ عملکرد الگوریتم ترکیب باکتری

عملگر ترکیب باکتری به دو قسمت تقسیم شده است.

^۱Particle Swarm Optimization

^۲Simple Genetic Algorithm

- انتقال سطحی ژن‌ها
- رقابت^۱

روش انتقال سطحی ژن‌ها به کروموزوم‌های پدر اعمال می‌گردد. کروموزوم با بهترین برازندگی کروموزوم اهداکننده و کروموزوم با بدترین برازندگی کروموزوم دریافت‌کننده است. مقادیر بهترین و بدترین برازندگی در حین اجرای الگوریتم مشخص هستند. بعد از مرحله انتقال ژن‌ها، کروموزوم گیرنده و کروموزوم جدید ایجاد شده از مرحله اول وارد مرحله رقابت می‌شوند. کروموزوم تولیدشده خروجی الگوریتم ترکیب باکتری است.

آرگومان‌های ورودی الگوریتم ترکیب باکتری عبارت‌اند از:

- کروموزوم اهداکننده^۲
- کروموزوم دریافت‌کننده^۳
- بهترین برازندگی^۴
- بدترین برازندگی پیداشده^۵

شکل ۱-۳ روند الگوریتم ترکیب باکتری را به طور کامل نشان می‌دهد و شکل ۲-۳ این عملگر را به صورت کاربردی روی دو کروموزوم نشان می‌دهد.

۱-۲-۳ انتقال سطحی ژن‌ها

در مرحله اول از الگوریتم BC، رشته‌ای از ژن‌ها از کروموزوم اهداکننده انتخاب و بروی کروموزوم گیرنده در همان مکان جایگذاری می‌شود. ابتدای رشته ژن مربوطه به صورت تصادفی انتخاب می‌شود.

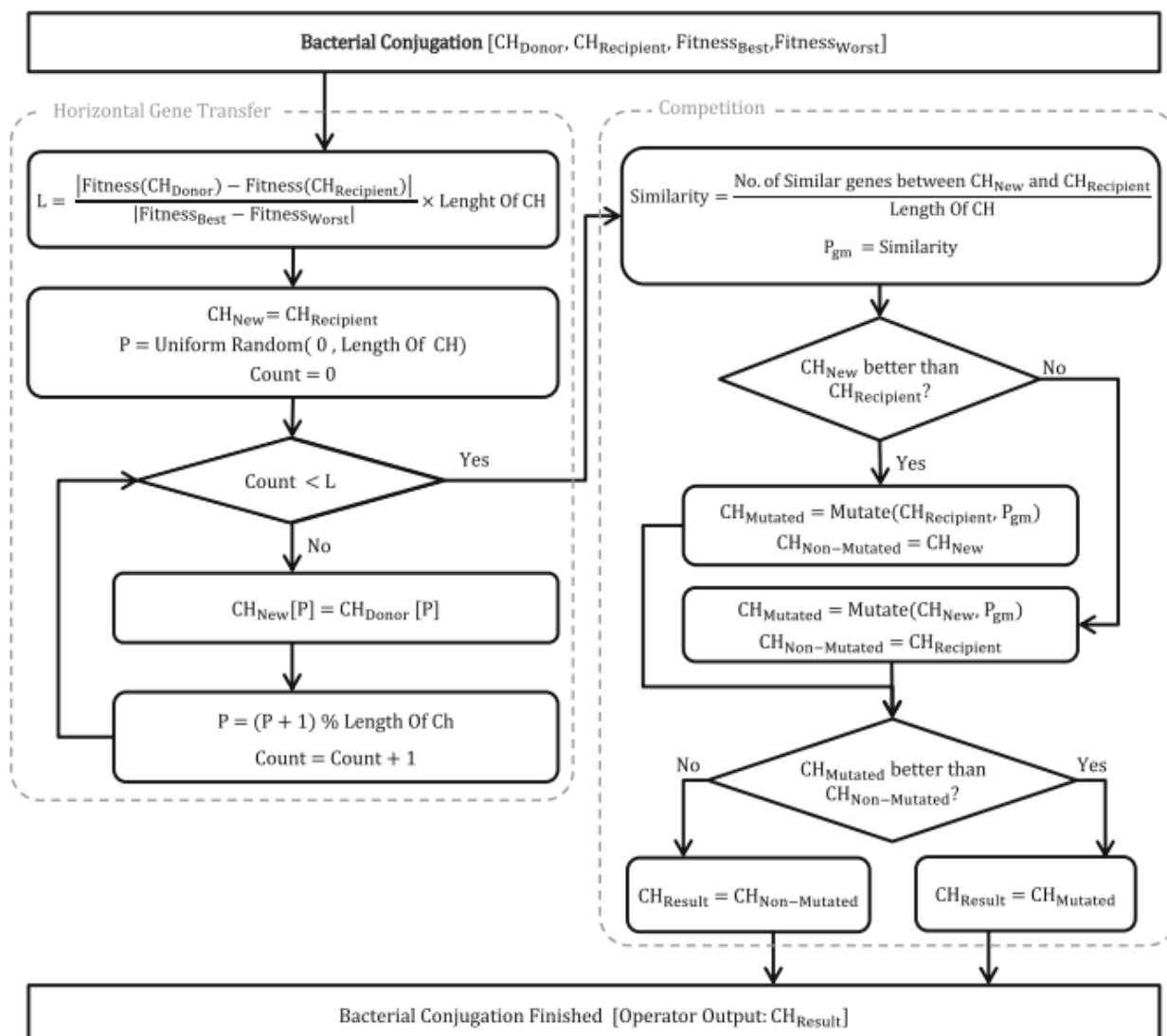
^۱ Competition

^۲ CH_{donor}

^۳ CH_{recipient}

^۴ Fitness_{best}

^۵ Fitness_{worst}



شکل ۳-۱: بلوک دیاگرام الگوریتم ترکیب باکتری. کل عملیات این الگوریتم به دو قسمت اصلی تقسیم می‌شود. انتقال سطحی ژن‌ها و رقابت که با خطوط منقطع نشان داده شده‌اند [۳۶].

الگوریتم ترکیب باکتری با انتخاب مداوم رشته‌ای از ژن‌ها از روی کروموزوم اهداکننده، کار خود را شروع می‌کند. این رویه دو پارامتر ورودی دارد:

- طول رشته‌ای که باید کپی شود (L).
- نقطه شروع رشته ژنی که باید کپی شود (P).

طول رشته‌ای که باید کپی شود از اختلاف مقدار برازندگی والدین، تقسیم بر تفاوت بین بهترین و بدترین

برازندگی به دست آمده در طول اجرای الگوریتم است. مقدار L از رابطه ۳-۱ به دست می آید.

$$L = \frac{|Fitness(CH_{Donor}) - Fitness(CH_{Recipient})|}{|Fitness_{Best} - Fitness_{Worst}|} \times Length\ Of\ Chromosome \quad \text{رابطه ۳-۱:}$$

برای به دست آوردن نقطه شروع رشته ژنی، یک مقدار توزیع شده یکنواخت تصادفی بین صفر و طول کروموزوم استفاده می شود. مقدار P از رابطه ۳-۲ به دست می آید.

$$P = Uniform\ Random(0, Length\ Of\ Chromosome) \quad \text{رابطه ۳-۲:}$$

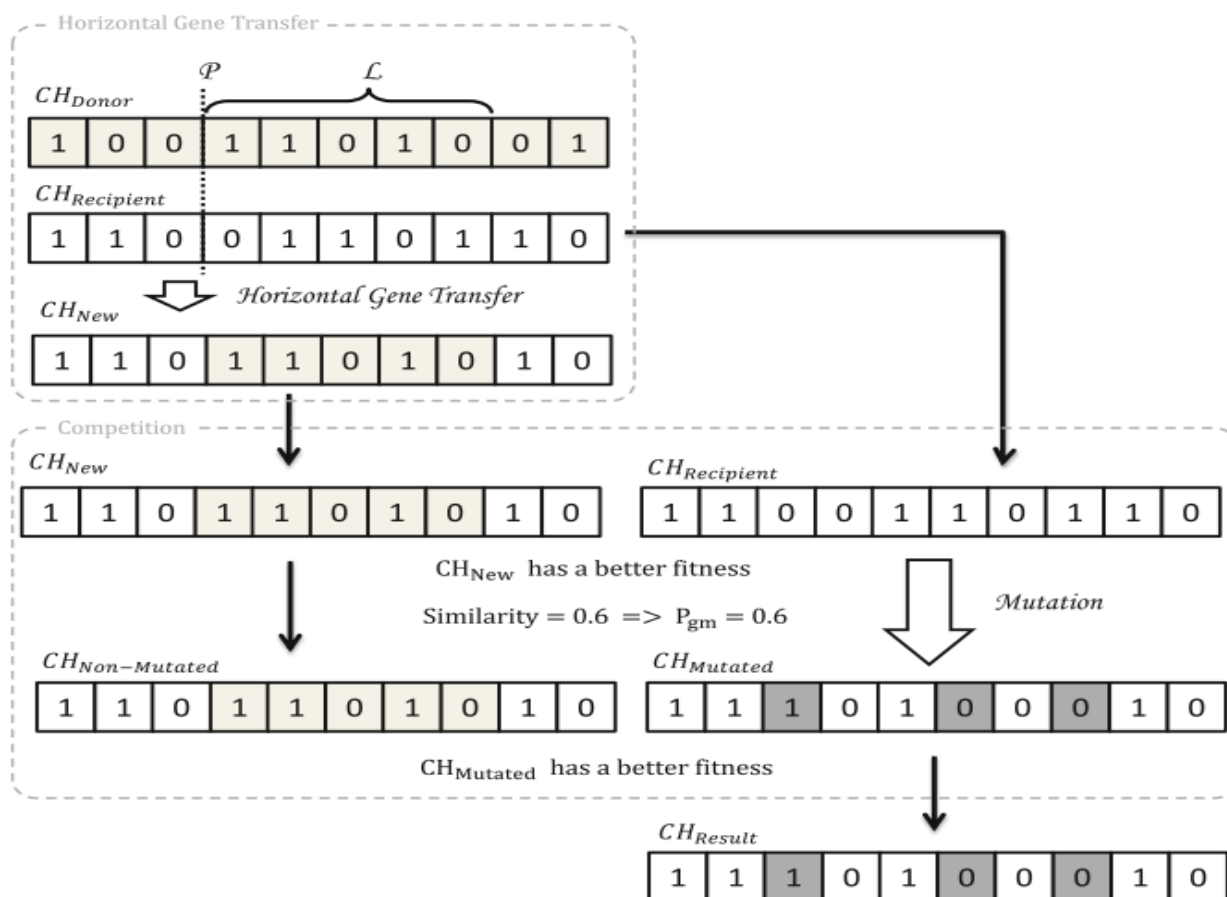
بعد از مشخص شدن این دو پارامتر، رشته ژنی کروموزوم اهداکننده از نقطه P و با طول L روی کروموزوم گیرنده در همان موقعیت جایگزین می شود. اگر در حین انتقال ژن ها، قبل از اینکه عمل کپی تمامی ژن ها پایان یابد، عملگر به انتهای کروموزوم گیرنده برسد، ادامه کپی ژن ها از ابتدای کروموزوم آغاز می شود. باید این نکته را هم در نظر گرفت که چون نقطه شروع عملیات کپی ژن ها به صورت تصادفی انتخاب می شود، کروموزوم ایجادشده در اجراهای بعدی نیز متفاوت خواهد بود.

۳-۲-۲ رقابت

در مرحله دوم عملگر ترکیب باکتری، کروموزوم به دست آمده از مرحله انتقال سطحی ژن ها وارد مرحله رقابت با کروموزوم گیرنده می شود. عملگر جهش به کروموزوم با بدترین برازندگی اعمال شده تا احتمال برنده شدن آن را افزایش دهد. مقادیر برازندگی کروموزوم های جهش یافته و جهش نیافته با همدیگر مقایسه شده و کروموزوم برنده خودش را جایگزین کروموزوم گیرنده در بین جمعیت می کند.

در عملگر جهش، تعداد ژن هایی که باید جهش داده شوند P_{gm}^1 نامیده می شوند و این مقدار برای هر کروموزوم محاسبه می شود.

¹ Per Gene Mutation Rate



شکل ۳-۲: مثالی از عملیات ترکیب باکتری برای دو نمونه کروموزوم والد با طول ۱۰ ژن [۳۶].

مقدار P_{gm} وابسته به تعداد ژن‌های مشابه بین دو کروموزوم است. برای هر ژن یک عدد تصادفی بین صفر و یک ایجاد شده و اگر این عدد از مقدار P_{gm} کمتر باشد، جهش اعمال می‌شود. هر چه کروموزوم‌ها بیشتر شباهت داشته باشند، مقدار جهش بیشتری برای کروموزوم با برابری بدتر صورت خواهد گرفت. معیار شباهت بین کروموزوم‌ها از فرمول تعداد کل شباهت ژن‌ها در مکان‌های یکسان از دو کروموزوم نسبت به طول کروموزوم به دست می‌آید که مقداری بین صفر و یک است؛ بنابراین P_{gm} با استفاده از رابطه ۳-۳ به دست می‌آید.

$$Similarity = \frac{\text{Number of similar genes between two chromosomes}}{\text{Length of chromosome}}$$

$$P_{gm} = Similarity$$

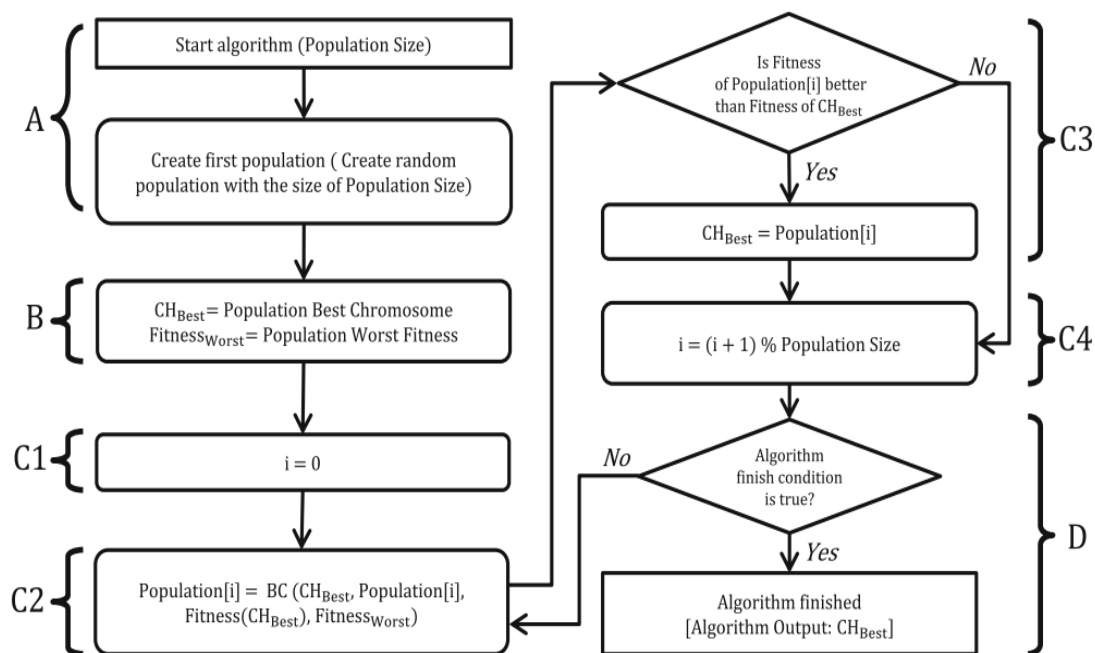
رابطه ۳-۳:

این عمل باعث می‌شود تا با جهش ژن‌های کروموزوم دریافت‌کننده عملگر بسیار مؤثر باشد. این احتمال هم وجود دارد که اگر مقدار L خیلی کوچک از طول کروموزوم شود ژن‌های مفید شانس خود را برای انتقال به کروموزوم گیرنده از دست خواهند داد؛ بنابراین، عملگر این چنین طراحی شده است که هر چه مقدار برازندگی کروموزوم گیرنده به مقدار برازندگی کروموزوم اهداکننده نزدیک باشد، جهش بیشتری انجام شود.

۳-۲-۳ خلاصه مراحل الگوریتم ترکیب باکتری

مراحل الگوریتم HPGA در شکل ۳-۳ نشان داده شده است و مراحل این الگوریتم به ترتیب اجرا در

زیر آمده است.



شکل ۳-۳: مراحل اجرای الگوریتم ترکیب باکتری

- الگوریتم با ایجاد جمعیت اولیه از کروموزوم‌ها شروع می‌شود. برای این منظور، کروموزوم‌ها به صورت تصادفی به تعداد اندازه جمعیت ایجاد می‌شود که جمعیت اولیه ما را می‌سازند.
- تنها عملگر در الگوریتم پیشنهادی ترکیب باکتری بوده و کروموزوم اهداکننده کروموزوم با بهترین برازندگی از بین جمعیت است.

- محاسبه L نیاز به بدترین و بهترین مقادیر دارد که به عنوان بدترین برازندگی^۱ و بهترین برازندگی^۲ نامیده می‌شوند. بهترین برازندگی از بهترین کروموزوم به وجود می‌آید. بدترین کروموزوم باید در حین اجرای الگوریتم ذخیره شود. در این مرحله، بهترین کروموزوم و بدترین کروموزوم به صورت جداگانه از جمعیت ذخیره می‌شوند.
- در الگوریتم استفاده شده، یک نسل وقتی پایان می‌یابد که عملگر BC بروی تمامی کروموزوم‌ها اعمال شود. در نتیجه، مراحل زیر برای هر نسل اعمال می‌شود:
 ۱. اولین کروموزوم جمعیت انتخاب می‌شود.
 ۲. عملگر BC به بهترین کروموزوم به عنوان اهداءکننده و به کروموزوم در یافت‌کننده اعمال می‌شود.
 ۳. برازندگی کروموزوم ایجاد شده توسط عملگر BC با بهترین کروموزوم مقایسه شده و اگر بهتر بود به عنوان بهترین کروموزوم انتخاب می‌شود. این نکته ضروری است که کروموزوم ایجاد شده از عملگر BC همیشه برازندگی بهتر یا مساوی با اعضای جمعیت قبلی دارد، به این دلیل نیازی به بروز رسانی برازندگی کروموزوم‌های قبلی وجود ندارد. نکته اصلی این است که کروموزوم بازنده از عملگر BC برای جایگذاری به جای بدترین کروموزوم ارزیابی نخواهد شد. دلیل انجام این کار این است که این کروموزوم هرگز در جمعیت قرار داده نخواهد شد و اگر بدترین برازندگی با این کروموزوم به‌روزرسانی شود، برازندگی کروموزوم در بین جمعیت نزدیک به بهترین مقدار خواهد شد. در نتیجه، مقدار پارامتر L تقریباً برابر صفر خواهد شد که کارایی الگوریتم را کاهش خواهد داد.
 ۴. عملیات روی کروموزوم انتخاب شده تمام و الگوریتم به مرحله ۲ برای انتخاب کروموزوم بعدی خواهد رفت.
- مانند الگوریتم ژنتیک، شرط اتمام الگوریتم استفاده شده می‌تواند تعداد نسل که با نام حداکثر نسل^۳ شناخته می‌شود.

^۱ WorstFitness

^۲ BestFitness

^۳ Max-Generation

۳-۳ خوشه‌بندی گره‌های حس گر بی سیم متحرک با استفاده از الگوریتم ترکیب

باکتری

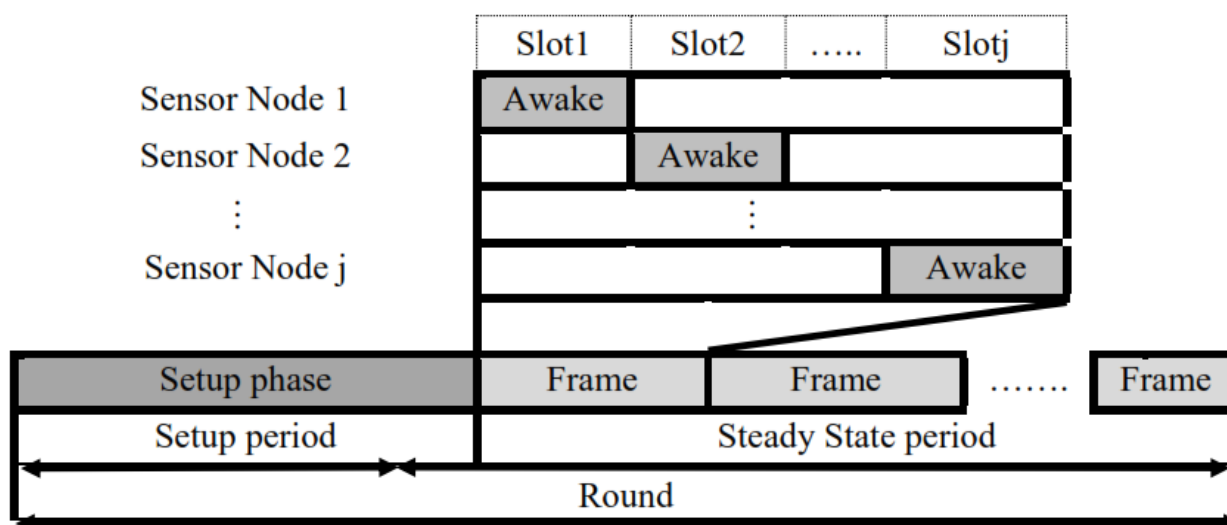
خوشه‌بندی گره‌های حس گر متحرک جهت افزایش وسعت پذیری و افزایش طول عمر شبکه امری قابل صرفه بوده و در طی سال‌های اخیر به وسعت توسط محققان مورد بحث قرار گرفته است. هر خوشه دارای یک رهبر است که معمولاً سرخوشه خوانده می‌شود. خوشه‌بندی در شبکه‌های حس گر بی سیم متحرک به عنوان مسئله با پیچیدگی زمانی زیاد^۱ در نظر گرفته می‌شود. الگوریتم‌های اکتشافی نتیجه خوبی در حل این نوع الگوریتم‌ها داده‌اند [۴۰].

یافتن تعداد بهینه‌ای از سرخوشه‌ها از بین حس‌گرهای متحرک امری بسیار مشکل خواهد بود. فرض کنید تعداد ۱۰۰ گره حس گر وجود دارد، جهت یافتن راه حل‌های این $c_{100}^1 + c_{100}^2 + \dots + c_{100}^{100} = 2^{100} - 1$ مسئله نیاز به ترکیب متفاوت برای جستجوی راه‌حل‌های موردنظر داریم. همان‌طور که در بالا ذکر شد، الگوریتم ترکیب باکتری با موفقیت برای حل مسائل مشکل به‌خوبی و بهتر از الگوریتم ژنتیک جواب داده است، مانند زمان‌بندی وظایف برای چندین پردازنده و مسئله فروشنده دوره‌گرد [۴۱، ۴۲]. الگوریتم ترکیب باکتری با یافتن تعداد بهینه‌ای از سرخوشه‌ها و به حداقل رساندن انرژی مصرفی و افزایش طول عمر شبکه در جهت بهبود پایداری شبکه بکار رفته است. پروتکل پیاده‌سازی شده از چندین فاز مختلف تشکیل شده است. هر فاز دارای مرحله شروع^۲ است که ایستگاه مرکزی موقعیت سرخوشه‌ها را با استفاده از الگوریتم ترکیب باکتری یافته و در فاز بعدی یعنی حالت پایدار^۳ گره‌های حس گر معمولی را به عضویت این سرخوشه‌ها در می‌آورد. بعد از تشکیل خوشه‌ها فریم‌های داده جمع‌آوری شده از گره‌های حس گر به سرخوشه‌ها انتقال یافته و سرخوشه‌ها با انجام پردازش روی این داده‌ها، آن‌ها را به ایستگاه مرکزی ارسال می‌کنند. چنانچه در شکل ۳-۴ نشان داده شده است.

^۱ NP-Hard

^۲ Setup phase

^۳ Steady-state phase



شکل ۳-۴: فازهای انتخاب سرخوشه ها، تشکیل خوشه ها و نحوه ارسال داده ها توسط حس گر ها [۴۳].

۱-۳-۳ فاز شروع

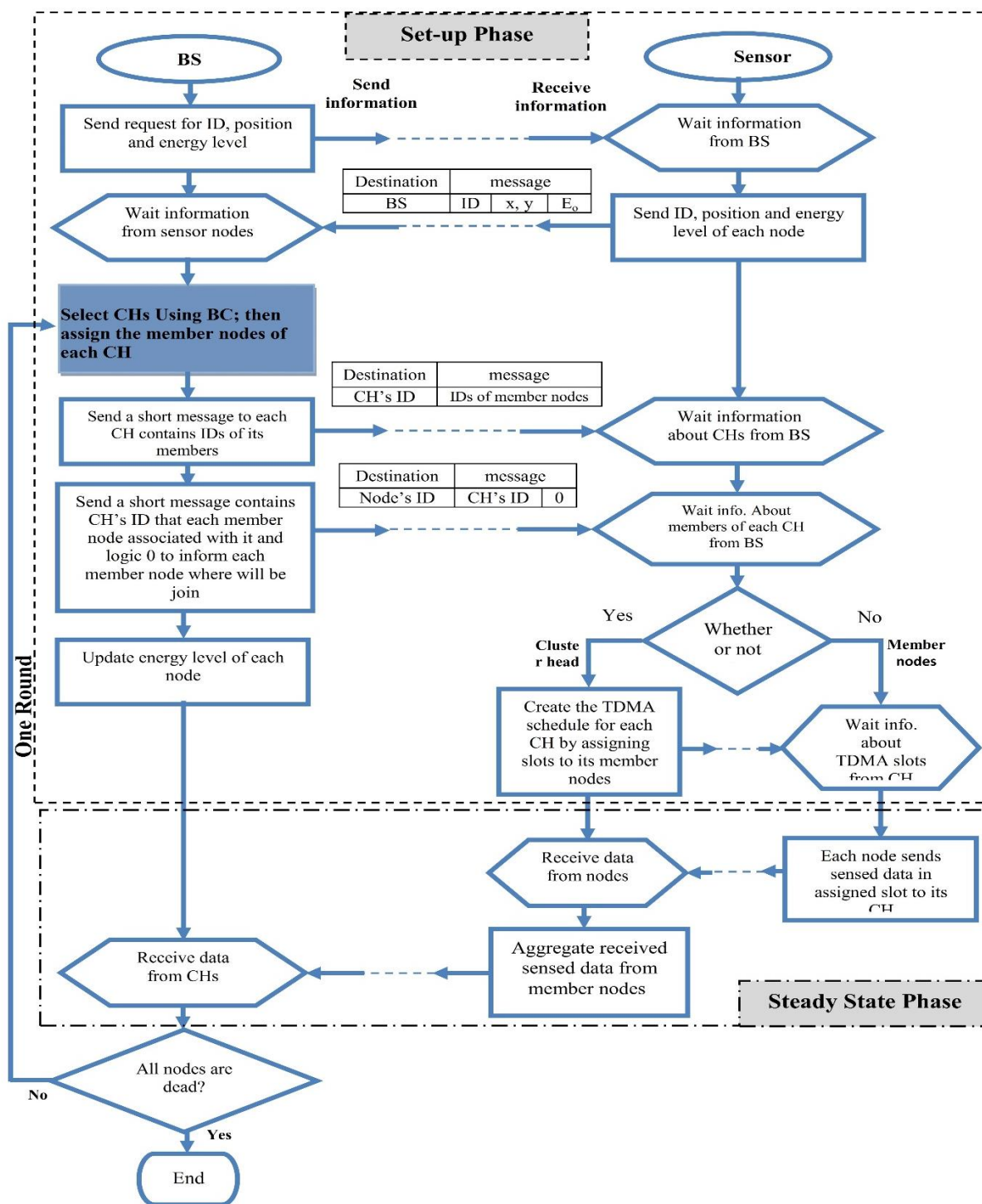
در فاز شروع، تعداد بهینه‌ای از سرخوشه ها جستجو و تشکیل می شوند چنانچه در شکل ۳-۵ نشان داده شده است. در راند اول، ایستگاه مرکزی پیام‌های کوتاهی جهت بیدار کردن و جمع‌آوری شماره شناسایی، موقعیت و سطح انرژی همه گره‌های حس گر در منطقه موردنظر ارسال می‌کند. ایستگاه مرکزی فاصله بین حس گر ها با ایستگاه مرکزی و سرخوشه ها را جمع‌آوری کرده و با اجرای الگوریتم باکتری تعداد بهینه‌ای از گره‌های حس گر را به عنوان سرخوشه انتخاب می‌کند که در شکل ۳-۵ با بلوک سایه شده نشان داده شده است. همچنین ایستگاه مرکزی اعضای هر سرخوشه را تعیین و خوشه ها را تشکیل می‌دهد. در اینجا هیچ گره ای به صورت مستقیم به ایستگاه مرکزی داده ارسال نمی‌کند. وقتی که سرخوشه ها انتخاب شدند و اعضای هر خوشه مشخص شد، ایستگاه مرکزی یک پیام به سرخوشه ها ارسال کرده که حاوی شماره گره‌های حس گری است که باید به این سرخوشه ملحق شوند و یک پیام به تمامی حس گر ها حاوی شماره سرخوشه ای که باید ملحق شوند ارسال می‌کند.

بر پایه پیام کوتاهی که از ایستگاه مرکزی دریافت می‌شود، هر سرخوشه یک زمان بندی بر اساس پروتکل TDMA ایجاد می‌کند و بازه‌های زمانی مشخصی را برای اعضای هر خوشه معین و با استفاده از این بازه‌های زمانی به گره‌ها اطلاع رسانی می‌کند. زمان بندی TDMA امکان جلوگیری از تصادم داخل خوشه‌ای، کاهش انرژی مصرفی بین پیام‌های داده در داخل خوشه و امکان خاموش کردن حس گر ها در حالتی که داده‌ای برای

ارسال ندارند را فراهم می‌کند. برای جلوگیری از تداخلات بین خوشه‌ای نیز از پروتکل CSMA با یک کد منحصر به فرد استفاده کرده و به تمامی اعضای خوشه این کد را ارسال می‌کند تا داده‌های خود را به این روش کد کرده و ارسال کنند. نحوه خوشه‌بندی گره‌های حس گر با استفاده از الگوریتم ترکیب باکتری در زیر به صورت دقیق توضیح داده شده است.

۳-۳-۲ مرحله حالت پایدار

در حالت پایدار، گره‌های حس گر بیدار شده و شروع به جمع‌آوری داده‌ها می‌کنند. سپس هر گره داده‌های حس شده را به سرخوشه خودش بر اساس زمان‌بندی TDMA که در شکل ۳-۵ نشان داده شده است ارسال می‌کند. گره سرخوشه باید گیرنده خود را جهت دریافت داده‌های دیگر گره‌ها روشن نگه دارد. وقتی که دریافت داده‌ها تمام شد گره سرخوشه روی آن‌ها پردازش سیگنال انجام داده و آن‌ها را تبدیل به یک سیگنال واحد می‌کند. این سیگنال مجتمع شده در نهایت به ایستگاه مرکزی ارسال می‌شود. بعد از زمان معینی که از قبل مشخص شده است شبکه دوباره به حالت راه‌اندازی وارد شده و سرخوشه‌های جدید توسط الگوریتم ترکیب باکتری معین می‌شوند.



شکل ۳-۵: نحوه عملکرد گره‌های حس گر و ایستگاه مرکزی در شبکه حس گر بی سیم

۳-۳-۳ تعریف و بررسی مسئله

برای کاهش انرژی مصرفی انتخاب سرخوشه مناسب بسیار پراهمیت است. در الگوریتم نشان داده شده

در شکل ۳-۵ ایستگاه مرکزی مجموعه‌ای از حس گرها را ایجاد $\mathbb{S} = \{S_1, S_2, \dots, S_{N_S}\}$ می‌کند، سپس حس گرهایی که دارای انرژی برابر یا بیشتر از انرژی متوسط کل حس گرها هستند انتخاب می‌شوند که در رابطه ۳-۴ نشان داده شده است.

$$\forall i = \{1, 2, \dots, N_{live}\} : S_i \in \mathbb{S}, \text{ if } E_{RSi} \geq E_{Avg} \quad \text{رابطه ۳-۴}$$

که $\mathbb{S} \subset \{S_1, S_2, \dots, S_{N_{live}}\}, N_S \leq N_{live}$ تعداد گرهای حس گری است که در مجموعه S و N_{live} تعداد گرهای حس گر زنده در محیط است، E_{RSi} انرژی باقیمانده از حس گر i^{th} است و E_{Avg} متوسط انرژی باقی مانده تمامی گرهای حس گر زنده در محیط است. ایستگاه مرکزی برای تشکیل کروموزوم از جریان بیتی با طول N_S استفاده می‌کند که N_S تعداد گرهای حس گر در مجموعه S است، به طوری که هر بیت یا ژن در کروموزوم نشان دهنده یک حس گر در مجموعه S است. وقتی ژن مربوطه عدد "1" باشد به این معنی است که حس گر مربوطه به عنوان سرخوشه انتخاب خواهد شد؛ در غیر این صورت، به صورت حس گر معمولی انتخاب خواهد شد. برای مثال نمونه کروموزوم در شکل ۳-۶ نشان داده شده است که مجموعه دارای ۱۰ حس گر است، $S = \{S_1, S_2, \dots, S_{10}\}$ که گرهای $\{S_1, S_2, S_7, S_9, S_{10}\}$ به عنوان سرخوشه و بقیه گرها به عنوان گر معمولی انتخاب می‌شوند. جمعیت اولیه شامل کروموزوم‌هایی با سرخوشه های تصادفی با احتمال P و به طول N_S ایجاد می‌شود.

Sensors set (S)	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}
CHs chromosome (X)	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1

شکل ۳-۶: نمایش دودویی گرهای حس گر

۴-۳-۳ ارزیابی تابع هدف

هدف ما کاهش فاصله بین گرهای حس گر و سرخوشه آن‌ها و کاهش فاصله بین سرخوشه ها تا ایستگاه مرکزی است. بعلاوه، تعداد سرخوشه ها نیز عامل مؤثر در تابع هدف است. سرخوشه کم، باعث افزایش کاهش مصرف انرژی می‌شود و سرخوشه زیاد، باعث افزایش مصرف انرژی گرها می‌شود، به دلیل اینکه

سرخوشه نسبت به گره‌های معمولی کار زیادی انجام داده و در نتیجه انرژی بیشتری مصرف می‌کند؛ بنابراین، الگوریتم ترکیب باکتری برای یافتن مقدار بهینه‌ای از سرخوشه‌ها و افزایش مقدار تابع هدف نشان داده شده در رابطه ۵-۳ بکار گرفته شد.

$$\text{رابطه ۵-۳: } fitness = w * (D - distance_i) + (1 - w) * (N - H_i)$$

تابع هدف بکار رفته، وابسته به دو فاکتور اصلی شامل $Distance_i$ که مجموع فاصله تمامی گره‌های معمولی با سرخوشه‌هایشان و فاصله سرخوشه‌ها تا ایستگاه مرکزی است. H_i تعداد سرخوشه‌های موجود در شبکه را نشان می‌دهد. الگوریتم ترکیب باکتری باید کمترین مقدار سرخوشه‌ها و $Distance_i$ را پیدا کند. در تابع هدف فوق D فاصله مستقیم تمامی گره‌ها با ایستگاه مرکزی است. N تعداد کل گره‌های حس‌گر و W یک وزن پیش فرض $(0 \leq w \leq 1)$ ، بوده که برای ارزیابی بیشتر الگوریتم استفاده می‌شود. برای مثال، وقتی $w=0$ است یعنی فقط تعداد سرخوشه‌ها برای ما مهم است، در حالی که $w=1$ است فاصله ارتباطی برای ما اهمیت دارد. الگوریتم ژنتیک با ایجاد جمعیت‌های تصادفی آغاز می‌شود. بعد از یافتن برازندگی تمام کروموزوم‌ها می‌تواند تعداد سرخوشه‌ها را معین و تعدیل کند. تابع هدفی که در [۱۸]، بکار رفته است، برای حل مسائل ارتباطی با گره‌ها با فواصل زیاد روشی بسیار مؤثر و کارا است که قادر به یافتن راه‌حل در شبکه‌ها با توپولوژی یکنواخت و غیریکنواخت است. نتایج نشان می‌دهد که تعداد سرخوشه‌ها برابر ۱۰ درصد کل گره‌های حس‌گر است. همچنین در این روش به میزان ۸۰ درصد کاهش در فاصله ارتباطی بین حس‌گرها در مقایسه با روش ارسال به صورت مستقیم به دست آمده است. تابع هدف بکار رفته در این پایان‌نامه از مقاله [۱۸]، استخراج شده است و به دلیل داشتن محاسبات کم و بهبود زیاد، در بهینه‌سازی مسئله بسیار کارا است.

۵-۳-۳ شرط اتمام الگوریتم

در ابتدای الگوریتم متغیری به عنوان تعداد نسل‌هایی که الگوریتم باید اجرا شود معین می‌کنیم، در صورتی که تعداد نسل‌های ایجاد شده از این مقدار اولیه تجاوز کند الگوریتم به اتمام می‌رسد.

۴-۳ جمع‌بندی فصل

در این فصل به بررسی الگوریتم جدید ترکیب باکتری پرداختیم. سپس ضمن معرفی این الگوریتم، نحوه عملکرد آن را به طور کامل مورد بررسی قرار دادیم. در نهایت، چگونگی به کارگیری این الگوریتم در شبکه‌های حس گر بی سیم متحرک و نحوه انتخاب سرخوشه و ارتباط گره‌های حس گر با سرخوشه‌ها توضیح داده شد.

فصل چهارم:

شبه سازی

۱-۴ ملزومات شبیه سازی

هدف از تحقیق پاسخ به نیازها با کمک روش های نظام مند و علمی است. امروزه پژوهش از ابزارهای تصمیم گیری در علوم مختلف بوده و هر تحقیقی با توجه به ماهیت و اهداف آن باید به روش خاصی انجام پذیرد تا نتایج حاصله قابل اطمینان و صحیح باشد. از آنجا که زمان و هزینه زیادی صرف انجام تحقیقات می شود و نیز اقدامات کلان و تصمیم گیری های مهم با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده صورت می گیرد درستی نتایج تحقیق حائز اهمیت بسیاری است؛ بنابراین انتخاب روش درست تحقیق پایه و اساس هر پژوهشی است.

فناوری شبیه سازی به طور موفقیت آمیزی در جهت مدل سازی، طراحی و مدیریت انواع دستگاه های هوشمند بکار گرفته و در این راستا ابزارها و تکنیک های متعددی خلق شده است. دلایل استفاده از شبیه سازی در این حوزه را در سه مورد خلاصه می کنیم.

- پیدایش و گسترش شبکه هایی با فناوری پیچیده
- خلق ابزارها و نرم افزارهای خاص شبیه سازی شبکه ها
- کاهش هزینه های ناشی از پیاده سازی های واقعی

شبیه سازهای شبکه همواره می بایست همه پارامترهای لازم را به بهترین شکل پیاده سازی نمایند. انعطاف در مدل سازی، سهولت در مدل سازی و قابلیت مصور سازی و در نهایت قابلیت اجرای مجدد و تکرار شبیه سازی را مدنظر قرار دهد. برای پیاده سازی پروتکل های مورد استفاده در این تحقیق از محیط برنامه نویسی MATLAB استفاده شده است. این نرم افزار دارای یک محیط برنامه نویسی خوب بوده که می توان دستورات برنامه نویسی را به راحتی اعمال نمود. از طریق این محیط نیز مدلینگ سیستم ها و مانیتورینگ و وضعیت آنها وجود دارد. مدل نمودن شبکه حس گر بی سیم نیز از این قاعده مستثنای نیست و می توان با استفاده از برنامه نویسی متلب عملکرد آنها را مدل سازی کرد.

محیط گرافیکی مناسب، تنوع زیاد توابع کتابخانه ای ریاضی، نمودارهای مختلف همراه با ابعاد زیاد و امکان نیز استفاده در اکثر سیستم عامل های معمولی باعث شده است این نرم افزار گزینه مناسبی برای شبیه سازی باشد.

۲-۴ ویژگی‌های سخت‌افزاری شبکه

در این شبیه‌سازی سعی شده است از ویژگی‌های سخت‌افزاری گره‌های میکا^۱ برای شبیه‌سازی گره‌های حس‌گر استفاده شود. همه حس‌گرها از نظر ساختار داخلی و ویژگی‌های سخت‌افزاری دارای شرایط یکسانی هستند. شعاع حس‌گری ۱۰۰ متر و شعاع ارتباطی ۲۰۰ متر در نظر گرفته شده است. گره‌های حس‌گر قابلیت تغییر زاویه جهت رسیدن به اهداف الگوریتم را دارند و تا زمانی که انرژی ذخیره‌شده آن‌ها مصرف نشده، می‌توانند این کار را انجام دهند.

۳-۴ - نتایج شبیه‌سازی

بعد از شبیه‌سازی‌های متعدد، نتایج نشان می‌دهد که روش ارائه شده بسیار کارا بوده از آنجایی که هم فاصله ارتباطی و انرژی مصرفی را کاهش می‌دهد. برای تعداد گره‌های متفاوت از پارامترهای زیر که در جدول ۱-۴، نشان داده شده است برای شبکه و گره‌های حس‌گر استفاده می‌کنیم.

جدول ۱-۴: تعداد و مشخصات گره‌ها

عنوان	مقدار
سایز شبکه	۱۰۰×۱۰۰ متر
تعداد گره‌های حس‌گر	۵۰
شعاع حس‌گری	۱۰ متر
شعاع ارتباطی گره	۱۵۰ متر

گره‌ها در محیطی به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر توزیع شده‌اند. توزیع گره‌ها کاملاً به صورت تصادفی است. گره‌های حس‌گر به صورت متحرک می‌باشند و انرژی ذخیره‌شده در گره‌ها در ابتدای اجرای الگوریتم می‌تواند کاملاً یکسان باشد. همچنین، ساختار فیزیکی گره‌ها کاملاً همسان است. پارامترهای الگوریتم ژنتیک و ترکیب باکتری در جدول ۱-۵ نشان داده شده‌اند.





^۱ Mica

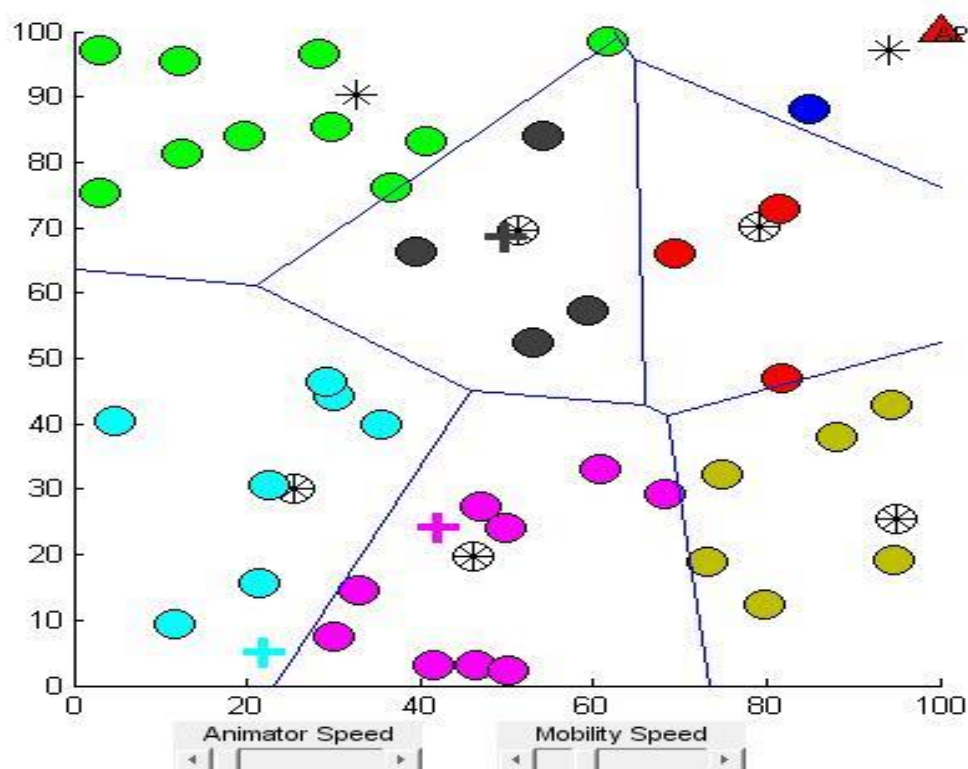
جدول ۴-۲: پارامترهای الگوریتم ژنتیک و ترکیب باکتری

عنوان	الگوریتم ژنتیک	الگوریتم ترکیب باکتری
Population size	۵۰	۵۰
Crossover rate	۰,۸	-
Crossover type	Single point	-
Mutation rate	۰,۲	SimGenes / (Ch_Length*10)
Generation size	۱۰۰	۱۰۰

در فرمول محاسبه نرخ جهش که SimGenes، تعداد ژن‌های یکسان بین دو کروموزوم و ch_length، طول کروموزوم است. سپس با شبیه‌سازی این دو الگوریتم در شبیه‌ساز متلب به دستاوردهای پروتکل جدید پرداختیم. طول عمر بالای شبکه بهترین نتیجه به دست آمده است. بهبود در مصرف انرژی هنگام ارسال داده بعد از فاز خوشه‌بندی نیز بیانگر وضعیتی مطلوب در این مرحله از شبکه است

۴-۴ نتایج عملی از خوشه‌بندی

ما یک شبکه حس گر بی سیم متحرک را در ناحیه‌ای به ابعاد 100×100 متر با توزیع یکنواخت پنجاه حس گر به صورت تصادفی در آن با استفاده از نرم‌افزار متلب شبیه‌سازی کردیم. شکل ۴-۱ نمایی از این شبیه‌سازی را نشان می‌دهد. در این شبیه‌سازی ایستگاه مرکزی در مختصات (۱۰۰ و ۱۰۰) با علامت ، گره‌های معمولی با توجه به خوشه‌بندی انجام‌شده با رنگ‌های مختلف با علامت ، گره‌های سرخوشه با علامت  و برخی از گره‌ها نیز که دارای انرژی بیشتری نسبت به سایر گره‌ها هستند با علامت  نشان داده شده‌اند. انرژی ۹۰ درصد گره‌های حس گر برابر $E_0 = 0.5$ ژول و انرژی ۱۰ درصد حس گر‌ها دو برابر حس گر‌های معمولی است. (این ترکیب انرژی به دلیل به کارگیری حس گر‌های ناهمگن است و تأثیری در رفتار الگوریتم‌های استفاده شده ندارد.)



شکل ۴-۱: نمایی از خوشه‌بندی گره‌های حس گر با استفاده از الگوریتم ترکیب باکتری

طول اجرای شبیه‌سازی ۲۰۰۰ بار، تعداد حس گرها یا تعداد جمعیت اولیه را ۵۰ عدد در نظر گرفتیم و همچنین انرژی مصرفی بر اساس مدل انرژی ارائه شده در ذیل محاسبه شده است.

۵-۴ مدل انرژی

رابطه ۴-۱، مدل رادیویی استفاده شده در این تحقیق را نشان می‌دهد که مشابه با مدل انرژی در [۴۴] است. در این مدل انرژی مصرفی برای ارسال k بیت محاسبه شده است.

$$E_{Tx}(k, d) = E_{elec} \times k + \epsilon_{amp} \times k \times d^2 \quad \text{رابطه ۴-۱}$$

و انرژی ارسالی جهت دریافت k از رابطه ۴-۲ به دست می‌آید.

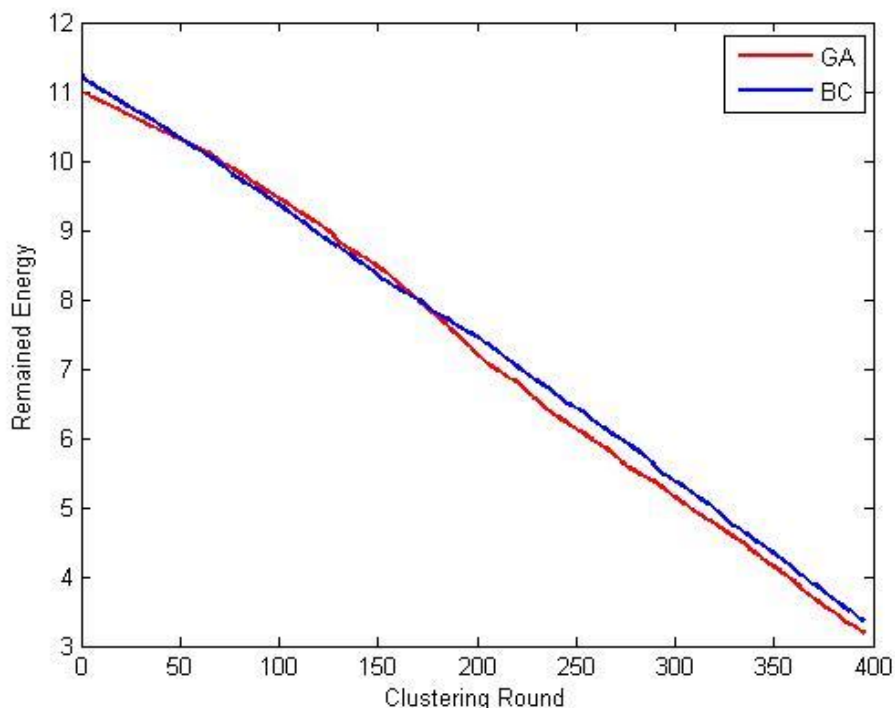
$$E_{Rx}(k) = E_{elec} \times k \quad \text{رابطه ۴-۲}$$

که d برابر با فاصله میان دو گره است. E_{elec} و ϵ_{amp} ثابت‌هایی می‌باشند که از قبل تعریف شده‌اند و برابرند با $E_{elec}=50 \text{ J/bit}$ و $\epsilon_{amp}=10 \text{ pJ/(bit}\times\text{m}^2)$ و k نیز تعداد بیت‌هایی است که ارسال یا دریافت می‌شود. در اینجا داده ارسال شده یک بیت در نظر گرفته می‌شود. از آنجایی فاصله ارتباطی d یک فاکتور تأثیرگذار در مصرف انرژی است، پرواضح است که با افزایش فاصله مقدار انرژی مصرفی افزایش یافته و برعکس آن نیز صادق است.

۶-۴ ارزیابی انرژی باقی‌مانده کل گره‌های حس گر

شکل ۴-۲، انرژی باقی‌مانده کل گره‌ها را برای هر دو الگوریتم ژنتیک و ترکیب باکتری پس از خوشه‌بندی نشان می‌دهد. در اینجا فرض شده است که:

- ۱- تمامی گره‌ها می‌توانند به عنوان سرخوشه انتخاب شوند.
- ۲- مسیریابی از طریق نزدیک‌ترین سرخوشه برای هر گره و یا مسیریابی از طریق نزدیک‌ترین گره همسایه صورت گیرد.

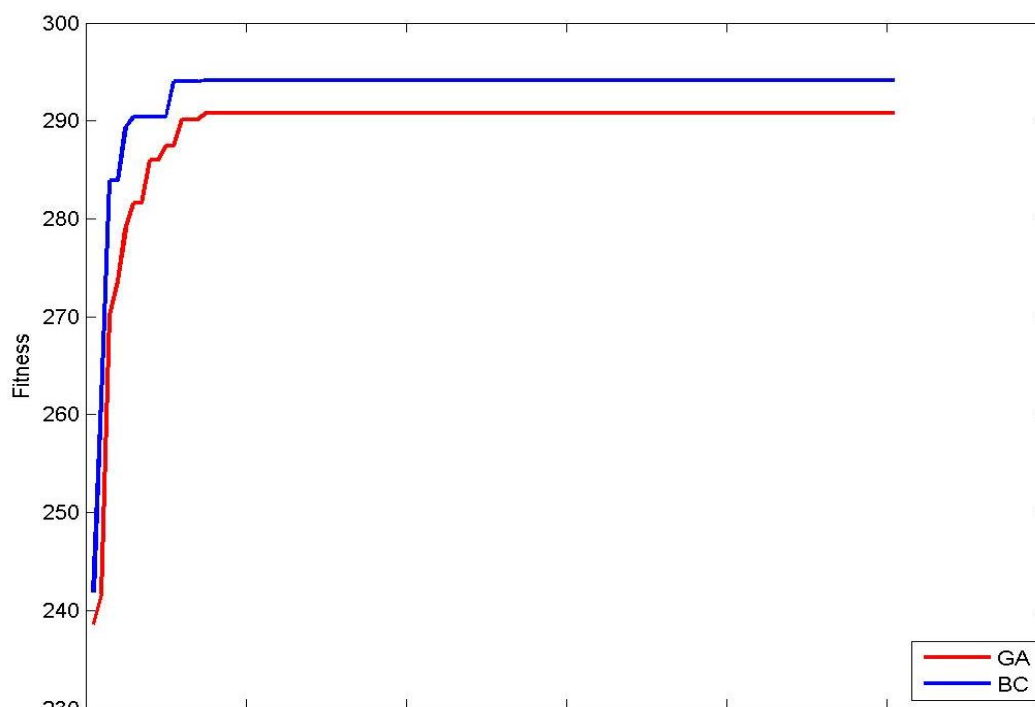


شکل ۴-۲: مقایسه کاهش انرژی باقی‌مانده گره‌های حس گر بعد از خوشه‌بندی با الگوریتم‌های ژنتیک و ترکیب باکتری

طبق آزمایش‌های به عمل آمده مشخص می‌شود که ارسال به گره مقصد انرژی بیشتری نسبت به گره همسایه صرف می‌نماید. ارسال از طریق گره همسایه بار مصرف انرژی را روی گره‌های مسیر تقسیم می‌کند درحالی‌که ارسال مستقیم به گره مقصد همه بار مصرف انرژی را متوجه فرستنده می‌کند و این به معنای عدم مصرف انرژی یکنواخت در کل شبکه است. با بررسی نمودار ذیل متوجه می‌شویم که الگوریتم ترکیب باکتری با خوشه‌بندی بهینه گره‌های حس‌گر توانسته است مصرف انرژی کل شبکه را کاهش داده، در نتیجه طول عمر شبکه با کاهش مصرف انرژی افزایش یافته است.

۷-۴ ارزیابی تعداد دفعات مراجعه به تابع برازندگی

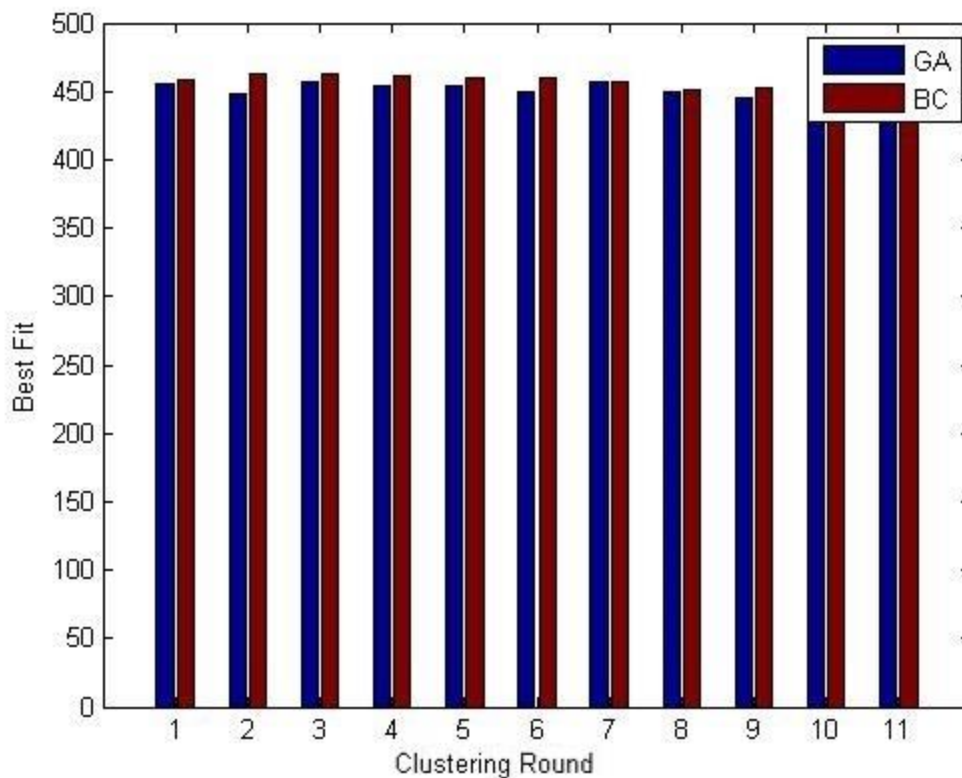
در الگوریتم ترکیب باکتری بخش محاسبه ترکیب کروموزوم‌ها حذف شده است؛ بنابراین با حذف این قسمت تمامی محاسبات مربوط به این عملگر، مانند انتخاب، مقایسه و غیره حذف شده‌اند. در نتیجه برای مقایسه این الگوریتم با الگوریتم ژنتیک از پارامتر تعداد رجوع به تابع برازندگی استفاده شده است. شکل ۳-۴، تعداد دسترسی هر دو الگوریتم را به تابع برازندگی نشان می‌دهد. با توجه به نمودار ذیل الگوریتم ترکیب باکتری در تعداد دفعات مراجعه کمتر به جواب بهتر می‌رسد.



شکل ۳-۴: نمودار براساس تعداد مراجعه به تابع برازندگی

۸-۴ ارزیابی Fitness بهینه در هر Round

شکل ۴-۴، بهترین پاسخ به دست آمده در هر بار خوشه‌بندی توسط هر دو الگوریتم را نشان می‌دهد. در نمودار ذیل الگوریتم ترکیب باکتری توانسته است در Clustering Round یکسان نتایج بهتری را نسبت به الگوریتم ژنتیک به دست آورد.



شکل ۴-۴: ارزیابی Fitness به دست آمده در هر بار اجرا

۹-۴ خلاصه فصل:

در این فصل با شبیه‌سازی انجام گرفته در نرم‌افزار متلب به دستاوردهای الگوریتم ترکیب باکتری پرداختیم. طول عمر بالای شبکه بهترین نتیجه به دست آمده است. بهبود در مصرف انرژی هنگام ارسال داده بعد از فاز خوشه‌بندی نیز بیانگر وضعیتی مطلوب در این مرحله از شبکه است.

فصل پنجم:

نتیجه‌گیری و کارهای آتی

۱-۵ نتیجه گیری

در این پایان نامه از دو الگوریتم های ژنتیک و ترکیب باکتری برای خوشه بندی بهینه گره های حس گر بی سیم متحرک استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک در گذشته به طور مکرر برای امر خوشه بندی گره های حس گر بی سیم ثابت و متحرک بکار گرفته شده است [۱۸, ۴۳, ۴۵, ۴۶]؛ به همین دلیل، ما در این پایان نامه از الگوریتم ترکیب باکتری که تابه حال در این حوزه بکار گرفته نشده بود، استفاده کردیم. در الگوریتم ترکیب باکتری، کروموزوم با بهترین براز ندگی، کروموزوم اهداکننده و کروموزوم با بدترین براز ندگی، کروموزوم دریافت کننده است. مقادیر بهترین و بدترین براز ندگی در حین اجرای الگوریتم مشخص هستند. بعد از مرحله انتقال ژن ها، کروموزوم گیرنده و کروموزوم جدید ایجاد شده از مرحله اول وارد مرحله رقابت می شوند. کروموزوم تولید شده، خروجی الگوریتم ترکیب باکتری است. این الگوریتم تنها یک ورودی داشته و زمان پاسخ آن سریع و با احتساب تعداد دفعات مراجعه به تابع براز ندگی، در ۸۵ درصد مواقع دارای پاسخ بهینه ای نسبت به الگوریتم ژنتیک است. نتایج حاصل از شبیه سازی الگوریتم ارائه شده و مقایسه آن با نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک با تعداد ۵۰ حس گر همسان و پارامترهای ثابت شبکه در ۱۰ بار اجرای متوالی نشان دهنده رشد ۱۱۴ درصدی در تسریع امر خوشه بندی است. با تغییر تعداد حس گر ها می توان رشدی بالاتر از ۱۲۰ درصد را نیز تأمین نمود.

۲-۵ کارهای آتی

در روش ارائه شده برای خوشه بندی گره های حس گر بی سیم متحرک، سرعت حرکت گره ها در نظر گرفته نشده است. به عبارتی، مسئله را با فرض اینکه خوشه بندی به صورت دوره ای انجام می شود و دوره تناوب خوشه بندی مجدد بالا است، حل کردیم. از جمله کارهای آتی برای این پایان نامه می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- در نظر گرفتن یک دوره تناوب مناسب برای خوشه بندی

۲- دخیل کردن سرعت حرکت گره ها در تابع براز ندگی.

مراجع

- [1] Sohrabi, K., et al., *Protocols for self-organization of a wireless sensor network*. IEEE personal communications, 2000. 7(5): p. 16-27.
- [2] Akyildiz, I.F., T. Melodia, and K.R. Chowdhury, *A survey on wireless multimedia sensor networks*. Computer networks ,2007 :p. 921-960.
- [3] Akyildiz, I.F., et al., *A survey on sensor networks*. Communications magazine, IEEE, 2002. 40(8): p. 102-114.
- [4] YongLin, S., et al. *A mobile agent-and policy-based network management architecture*. in *Computational Intelligence and Multimedia Applications, 2003. ICCIMA 2003. Proceedings. Fifth International Conference on*. 2003. IEEE.
- [5] Toh, C.K., *Ad hoc mobile wireless networks: protocols and systems*. 2001: Pearson Education.
- [6] Yang, H. and B. Sikdar. *A protocol for tracking mobile targets using sensor networks*. in *Sensor Network Protocols and Applications, 2003. Proceedings of the First IEEE. 2003 IEEE International Workshop on*. 2003. IEEE.
- [7] Zhang, W. and G. Cao. *An energy efficient framework for mobile target tracking in sensor networks*. in *Military Communications Conference, 2003. MILCOM'03. 2003 IEEE*. 2003. IEEE.
- [8] Younis, O. and S. Fahmy, *HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad hoc sensor networks*. Mobile Computing, IEEE Transactions on, 2004. 3(4): p. 366-379.
- [9] Akyildiz, I.F., D. Pompili, and T. Melodia, *Challenges for efficient communication in underwater acoustic sensor networks*. ACM Sigbed Review, 2004. 1(2): p. 3-8.
- [10] Chan, H. and A. Perrig, *Security and privacy in sensor networks*. Computer, 2003. 36(10): p. 103-105.
- [11] Karl, H. and A. Willig, *Protocols and architectures for wireless sensor networks*. 2007: John Wiley & Sons.
- [12] Zhao, F. and L.J. Guibas, *Wireless sensor networks: an information processing approach*. 2004: Morgan Kaufmann.
- [13] Chen, W.-P., J.C. Hou, and L. Sha, *Dynamic clustering for acoustic target tracking in wireless sensor networks*. Mobile Computing, IEEE Transactions on, 2004. 3(3): p. 258-271.
- [14] Zhao, F., J. Shin, and J. Reich, *Information-driven dynamic sensor collaboration*. Signal Processing Magazine, IEEE, 2002. 19(2): p. 61-72.
- [15] Yoon, S., & Shahabi, C. Exploiting spatial correlation towards an energy efficient clustered aggregation technique (CAG). In: IEEE international conference on communications.
- [16] Akyildiz, I.F., et al., *Wireless sensor networks: a survey*. Computer

- Networks, 2002. 38(4): p. 393-422.
- [17] Hierlemann, A. *Integrated chemical microsensor systems in CMOS-technology.* in *Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, 2005. Digest of Technical Papers. TRANSDUCERS'05. The 13th International Conference on.* 2005. IEEE.
 - [18] Jin, S., M. Zhou, and A.S. Wu. *Sensor network optimization using a genetic algorithm.* in *Proceedings of the 7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics.* 2003.
 - [19] Jiang, X., J. Polastre, and D. Culler. *Perpetual environmentally powered sensor networks.* in *Information Processing in Sensor Networks, 2005. IPSN 2005. Fourth International Symposium on.* 2005. IEEE.
 - [20] Intanagonwiwat, C., R. Govindan, and D. Estrin. *Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks.* in *Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking.* 2000. ACM.
 - [21] Pottie, G.J. and W.J. Kaiser, *Wireless integrated network sensors.* Communications of the ACM, 2000. 43(5): p. 51-58.
 - [22] Arboleda, L.M., & Nasser, N. (2006). Comparison of clustering algorithms and protocols for wireless sensor networks. In IEEE Canadian conference on electrical and computer engineering (CCECE), Ottawa, May 2006.
 - [23] Heinzelman, W.B.A.s.p.a.f.w.n.P.t., Massachusetts Institute of Technology, June.
 - [24] Fang, Q., Zhao, F., & Guibas, L. (2003). Lightweight sensing and communication protocols for target enumeration and aggregation .In Proceedings of the 4th ACM international symposium on mobile ad hoc networking and computing (MOBIHOC) (pp. 165–176).
 - [25] Younis, O., & Fahmy, S. (2004). HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad hoc sensor networks. IEEE Transactions on Mobile Computing.
 - [26] Virrankoski, R., & Savvides, A. (2005). TASC: topology adaptive clustering for sensor networks. In Proceedings of the second IEEE international conference on mobile ad-hoc and sensor systems, MASS 2005, ENALAB Technical Report 110401, Washington DC, November 2005.
 - [27] Manjeshwar, A., & Agrawal, D. P. (2001). TEEN: a routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks. In Proceedings of the 15th international and distributed processing symposium.
 - [28] Ferentinos, K.P., T.A. Tsiligiridis, and K.G. Arvanitis. *Energy optimization of wireless sensor networks for environmental measurements.* in *Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications (CIMSIA).* 2005.
 - [29] Chan, H., & Perrig, A. (2004). ACE: an emergent algorithm for highly uniform cluster formation. In Proceedings of the first European workshop on sensor networks (EWSN), January 2004.
 - [30] Sara, G.S., S.P. Devi, and D. Sridharan, *A Genetic-Algorithm-Based Optimized Clustering for Energy-Efficient Routing in MWSN.* ETRI Journal, 2012. 34.(7)
 - [31] C.E. Perkins., A.H.N., Addison-Wesley Professional, 2008, pp. 225-226.
 - [32] Kim, D.-S. and Y.-J. Chung. *Self-organization routing protocol supporting*

- mobile nodes for wireless sensor network*. in *Computer and Computational Sciences, 2006. IMSCCS'06. First International Multi-Symposiums on*. 2006. IEEE.
- [33] Huang, L., L.-x. Ding, and W.-w. Du. *Improved self-adaptive genetic algorithm with varying population size*. in *MEMS, NANO, and Smart Systems (ICMENS), 2009 Fifth International Conference on*. 2009. IEEE.
 - [34] Breukelaar, R. and T. Baeck. *Self-adaptive mutation rates in genetic algorithm for inverse design of cellular automata*. in *Proceedings of the 10th annual conference on Genetic and evolutionary computation*. 2008. ACM.
 - [35] Mehrafsa, A., A. Sokhandan, and G. Karimian, *A Timed-based approach for genetic algorithm: theory and applications*. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 2011. 94(6): p. 1306-1320.
 - [36] Mehrafsa, A., A. Sokhandan, and G. Karimian, *A high performance genetic algorithm using bacterial conjugation operator (HPGA)*. Genetic Programming and Evolvable Machines, 2013. 14(4): p. 395-427.
 - [37] Suzuki, D.T., et al., *An introduction to genetic analysis*. 1986: WH Freeman and Company.
 - [38] Harvey, I., *The microbial genetic algorithm*, in *Advances in artificial life. Darwin Meets von Neumann*. 2011, Springer. p. 126-133.
 - [39] Perales-Graván, C. and R. Lahoz-Beltra, *An AM radio receiver designed with a genetic algorithm based on a bacterial conjugation genetic operator*. Evolutionary Computation, IEEE Transactions on, 2008. 12(2): p. 129-142.
 - [40] Wu, M., *Energy-efficient routing protocols in heterogeneous wireless sensor networks*. 2012, Dublin City University.
 - [41] Tsai, J.-T., J.-H. Chou, and T.-K. Liu, *Optimal design of digital IIR filters by using hybrid Taguchi genetic algorithm*. Industrial Electronics, IEEE Transactions on, 2006. 53(3): p. 867-879.
 - [42] Gen, M. and R. Cheng, *Genetic algorithms and engineering optimization*, John Wiley&Sons. New York, 2000.
 - [43] Abo-Zahhad, M., et al., *A New Energy-Efficient Adaptive Clustering Protocol Based on Genetic Algorithm for Improving the Lifetime and the Stable Period of Wireless Sensor Networks*. International Journal of Energy, Information & Communications, 2014. 5.(30)
 - [44] Heinzelman, W.R., A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan. *Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks*. in *System sciences, 2000. Proceedings of the 33rd annual Hawaii international conference on*. 2000. IEEE.
 - [45] Shurman, M.M., et al. *Hierarchical clustering using genetic algorithm in wireless sensor networks*. in *Information & Communication Technology Electronics & Microelectronics (MIPRO), 2013 36th International Convention on*. 2013. IEEE.
 - [46] Sara, G.S., S.P. Devi, and D. Sridharan, *A genetic-algorithm-based optimized clustering for energy-efficient routing in MWSN*. ETRI Journal, 2012. 34(6): p. 922-931.

فهرست واژگان

معادل فارسی	واژه انگلیسی
ترکیب باکتری	Bacterial Conjugation
کیفیت پهنای باند	Bandwidth efficiency
بهترین برازندگی	BestFitness
کروموزوم اهداکننده	CH _{donor}
کروموزوم گیرنده	CH _{recipient}
سرخوشه	Cluster head
رقابت	Competition
فاصله مستقیم	Direct distance
داده با انرژی کارا	Energy Efficient Data Collection
بهترین برازندگی	Fitness _{best}
بدترین برازندگی	Fitness _{worst}
الگوریتم ژنتیک	Genetic Algorithm
الگوریتم ژنتیک با کارایی بالا	High Performance Genetic Algorithm
مکانیسم‌های انتقال سطحی ژنتیکی	Horizontal gene Transfer
پروتکل خوشه‌بندی ترکیبی توزیع‌شده با انرژی	Hybrid Energy-Efficient Distributed
LEACH متمرکز	LEACH centralized
LEACH موبایل	LEACH-Mobile
پروتکل بهبودیافته موبایل LEACH	LEACH-Mobile Enhance protocol
حالت خواب یا مصرف کم	Low_ power sleep mode
حداکثر تعداد نسل‌ها	Max-Generation
کنترل دسترسی به رسانه	Media access control
تصادم در دسترسی به رسانه	Medium Access Collision
شبکه‌های حس گر بی‌سیم متحرک	Mobile wireless sensor network
ارتباط‌های چند گامی	Multi-hop communications
نرخ جهش هر ژن	Per Gene Mutation Rate
سیستم موقعیت‌یاب	Positioning system
افزونگی	Redundancy
فاز راه‌اندازی	Setup phase
الگوریتم تبرید شبیه‌سازی‌شده	simulated annealing algorithm
ارتباطات تک گامه	Single-hop communications
فاز حالت پایدار	Steady-state phase
عملکرد	Throughput
بدترین برازندگی	Worst _{Fitness}
الگوریتم ژنتیک معمولی	Simple Genetic Algorithm

Surname: Badamchi Vayghan		Name: Davoud
Thesis Title: Clustering in mobile wireless sensor networks based on intelligent methods		
Supervisor: Dr. Leyli Mohammad Khanli		Advisor: Dr. Hadi Aghdasi
Degree: Master of Science	Major: Computer Engineering	Field: Software
University: Tabriz University		Faculty: Aras International Campus
Graduation Date: January 2016		Pages: 62
Keywords: Clustering, energy efficiency, mobile wireless sensor networks, evolutionary algorithms, genetic algorithms, bacterial composition		
Abstract: <p>Recent advances in wireless technologies has led to the development of mobile wireless sensor networks. In addition to mobility of sensors, sensors in the network are low-cost and have limited amount of battery. With regard to fundamental characteristics of these networks they are more applicable. Among different characteristics of these networks they have many applications, such as: search and rescue operations, health and environmental monitoring and intelligent traffic control systems. According to the application requirements with regard to the act that mobile wireless sensor nodes are energy limited equipments, which saving energy is one of the most important issues in the designing of these networks. Beside all of the challenges caused by the mobility of the sensor nodes, we can note to the routing and dynamic clustering. Studies show that cluster models, which have adjustable parameters have significant impact in minimizing energy consumption and extend the lifetime of the network. Therefore, the main objective of this research is to present and select the smart way using evolutionary algorithms for clustering in mobile wireless sensor networks for increasing Lifetime of the Network and correct delivery of packets. In this thesis, firstly, Genetic Algorithm, and then Bacterial Conjugation is used for clustering sensor nodes. The results of the simulation represents 114 percent growth in accelerating the clustering speed.</p>		



**University of Tabriz
Aras International Campus**

Department of Computer Engineering Software

**Thesis is approved for the degree of Master of Sciences in
Computer Engineering – Software**

Title

**Clustering in mobile wireless sensor networks based on
intelligent methods**

Supervisor

Dr. Leyli Mohammad Khanli

Advisor

Dr. Hadi Aghdasi

Researcher

Davoud Badamchi Vayghan

Date

January 2016