

بهبود طول عمر در شبکه‌های حس گر بی‌سیم با استفاده از نگاشت خود سامانده

محمد رضا خوانساری^۱، جواد وحیدی^۲، محمدرضا فدوی امیری^۳

۱- کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- هوش مصنوعی، موسسه آموزش عالی علوم و فناوری آریان، بابل

۲- استادیار دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت، تهران

۳- استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه شمال، آمل

چکیده

پیشرفت‌های کنونی در فناوری اطلاعات و نیاز بیشتر به دریافت اطلاعات و پردازش داده‌های محیطی، نیاز به استفاده از شبکه‌های حس گر بی‌سیم را روزافزون نموده است. محدودیت منابع مهم‌ترین چالش در جمع‌آوری اطلاعات این حس گرهای بی‌سیم می‌باشد. توجه به کاهش انرژی در فرآیند جمع‌آوری اطلاعات و ارسال آن‌ها به گرهی سینک بسیار مهم خواهد بود. همچنین بررسی‌ها نشان داده است بیشترین میزان اتلاف انرژی در گره‌ها در فرآیند انتقال داده‌ها اتفاق می‌افتد. در این مقاله از طریق ترکیب شبکه‌های عصبی نگاشت خود سامانده و ترکیب آن با منطق فازی در فرآیند همسایه یابی و مسیریابی بسته‌ها، روش جدیدی پیشنهاد شده است تا به کاهش مصرف انرژی در این شبکه‌ها و افزایش طول عمر کل شبکه کمک نماید. در ابتدا شبکه از طریق الگوی نگاشت خود سامانده خوشه‌بندی شده و در ادامه بر اساس قوانین فازی بیان‌شده، تعیین گره‌های همسایه و همچنین مسیریابی بین این گره‌ها صورت می‌گیرد. در این روش با توجه به مقایسه‌های صورت گرفته بهبود در زمان مرگ اولین گره و همچنین طول عمر کل شبکه ایجاد شده است. شبیه سازی روش پیشنهادی از طریق نرم افزار متلب انجام و نتایج مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

کلمات کلیدی: شبکه حس گر بی‌سیم، مسیریابی، خوشه‌بندی، منطق فازی، شبکه عصبی

۱. مقدمه

پیشرفت‌های قابل توجهی در استانداردهای شبکه‌های حس گر بی‌سیم^۴ (WSN) تصویب و ارائه شده است. حس گرهای بی‌سیم در بستر شبکه‌های ادهاک^۵ توسعه سریعی برای گزارش تغییرات محیطی، اطمینان از فرآیندهای صنعتی در یک پالایشگاه نفتی، تعیین میزان مصرف انرژی سرورهای بلید^۶ در مراکز داده و حتی میزان مصرف یخچال و فریزر در زمان فروش پیدا کرده‌اند.

گیاهان قدرت تشخیص روز و شب را دارند تا در طول روز با باز کردن منافذ خود عمل فوتوسنتز را انجام دهند و در شب با بستن آن‌ها جلوی از دست دادن آب را بگیرند. گیاهان به نورهای ماورای بنفش عکس‌العمل نشان داده و ماده‌ای ایجاد می‌کنند تا آن‌ها را در مقابل آفتاب‌سوختگی در امان قرار دهد. همچنین می‌توانند تغییرات دما و آب را به راحتی

1 Mohammadreza Khansari Email: M_khansari@hotmail.com

2 Javad Vahidi

3 Mohammadreza Fadavi Amiri

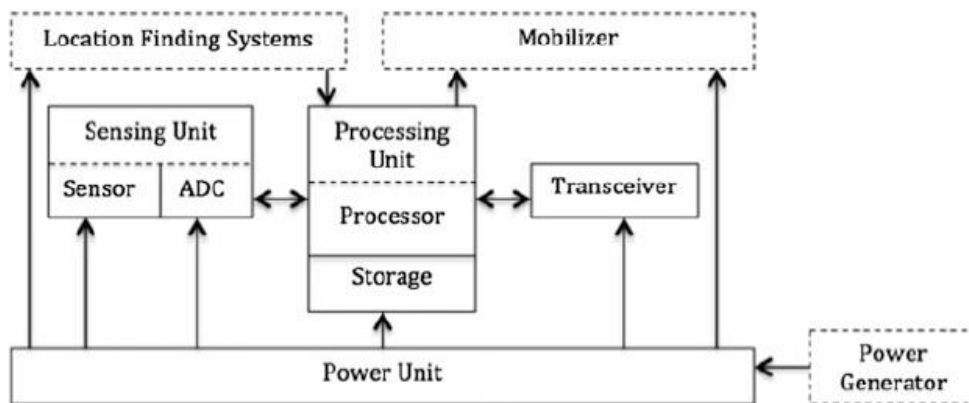
4 Wireless Sensor Networks

5 Ad-Hoc

6 Blade Servers

احساس کنند. گیاهان دارای تنظیم کننده های خاص، هورمون های گیاهی، مواد معدنی و یون هایی هستند که در مخابره سلول دخالت دارند و در درک محیط مهم هستند. در واقع، بدون این، گیاهان به درستی رشد نمی کنند [۱]. در چند سال گذشته توجه زیادی به فعالیت های لایه شبکه^۱ در شبکه های حس گر بی سیم شده است که منجر به بهبود طول عمر شبکه می شود. توسعه الگوریتم های مسیریابی با کارایی انرژی یکی از محبوب ترین تکنیک های بهبود آن است. شبکه های حس گر بی سیم به دلیل هزینه کم، سهولت استفاده و قابلیت انعطاف پذیری شبکه های حس گر بی سیم، فناوری مهمی برای شبکه هوشمند به شمار می آیند. محدودیت انرژی باتری، سخت ترین محدودیت منابع در شبکه های حس گر بی سیم است. بهینه سازی قدرت انتقال و بهینه سازی بسته های داده مکانیسم های قدرتمندی برای افزایش طول عمر شبکه و بهبود بهره وری انرژی است. افزایش قدرت انتقال موجب کاهش میزان خطای بیت^۲ در بعضی از لینک ها می شود، با این وجود، با استفاده از بالاترین سطح توان منجر به استفاده ناکارآمد از انرژی باتری می شود زیرا پیوندهایی با مسیر کوتاه ممکن است میزان خطای کمی را بدون نیاز به استفاده از بالاترین سطح قدرت داشته باشند. استفاده از یک اندازه ی بزرگ بسته برای افزایش نسبت بار به سر بار مفید است، با این حال، اندازه های کمتر بسته در نرخ خطای بسته کمتری سودمند می باشند. علاوه، تخصیص سطح قدرت انتقال و انتخاب اندازه بسته به یکدیگر وابسته هستند. از این رو، بهینه سازی مشترک سطح قدرت انتقال و اندازه بسته اهمیت زیادی در حداکثر سازی طول عمر شبکه ی حس گر بی سیم دارد.

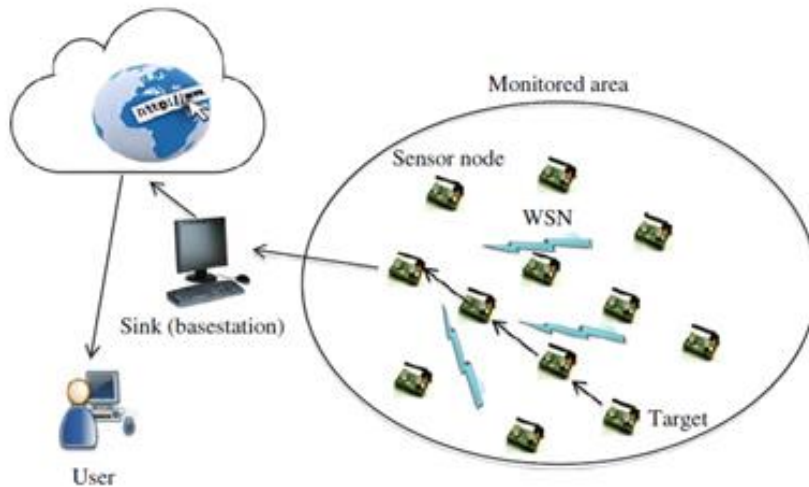
برای اینکه بدانیم شبکه های حس گر بی سیم چگونه کار می کنند باید ابتدا به ساختار حس گر ها نگاهی داشته باشیم، حس گر ها از اجزای پایه ای که در شکل (۱) نشان داده شده است، ساخته شده اند.



شکل ۱: معماری حسگر بی سیم

واژه ی معماری، برای توصیف فعالیت های طراحی و نوع کار مطرح می شود. در واقع دقت به روش ساخت آن می باشد [۲]. معماری شبکه های حس گر بی سیم از واحدهای اصلی ساخته شده است که در شکل (۲) نشان داده شده است. گره های حس گر که تشکیل شبکه حس گر ها را می دهند، هدف اصلی آن ها شناسایی اطراف و جمع آوری اطلاعات از محیط و ایجاد ارتباط بی سیم بین حس گر ها و نهایتاً ارسال نتیجه به یک ایستگاه پایه^۳ برای تحلیل بیشتر داده ها می باشد.

1 Network Layer
2 Bit Error Rate
3 Sink



شکل ۲: شبکه حس گر بی سیم

ایستگاه کاری یا سینک از طریق بستر اینترنت یا شبکه‌های ماهواره‌ای با کاربر در ارتباط است و کاربر علاقه‌مند به بدست آوردن اطلاعات در مورد محیط خاصی می‌باشد. الگوریتم‌ها و پروتکل‌های زیادی برای شبکه‌های حس گر بی سیم تک‌کاره سنتی ارائه شده است اما نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای امروز باشد، بعلاوه، در ذیل تفاوت‌های بین شبکه‌های حس گر بی سیم و MANET را بیان می‌کنیم [۳]:

- تعداد گره‌ها در شبکه‌های حس گر بی سیم می‌تواند چندین برابر شبکه‌های MANET باشد.
- گره‌های حس گر تراکم بیشتری در قرارگیری دارند.
- گره‌های حس گر در معرض خطر هستند.
- توپولوژی شبکه حس گر بی سیم در هر لحظه در حال تغییر می‌باشد.
- برخلاف گره‌های MANET گره‌های شبکه حس گر بی سیم نیازی به داشتن IP معتبر جهانی نیستند.
- گره‌های شبکه حس گر بی سیم دارای قیمت کم هستند که این عکس شبکه‌های MANET می‌باشد.
- روش ارتباطی شبکه‌های حس گر بی سیم به صورت بی سیم و رادیویی است در صورتی که شبکه‌های MANET ارتباطی از نوع نقطه به نقطه دارند.
- کمبود انرژی و پهنای باند از گلوگاه‌های شبکه‌های حس گر بی سیم می‌باشد.

۲. کارهای انجام شده

برنامه‌های کاربردی حس گر برای اجرا، نیاز به ارتباط گره‌ها به روش‌های خاص یا الگوریتم‌ها دارند. در واقع، سه نوع الگوریتم را می‌توان در شبکه‌های حس گر بی سیم اجرا کرد:
 الف) الگوریتم‌های متمرکز: به وسیله‌ی یک گره که دانش تمام شبکه را دارد، اجرا می‌شوند. به دلیل هزینه انتقال داده‌ها برای ایجاد گره، این الگوریتم‌ها بسیار نادر هستند.

ب) الگوریتم‌های توزیع شده^۱: جهت برقراری ارتباط در این نوع الگوریتم‌ها از پیام‌گذار^۲ استفاده می‌شود. ج) الگوریتم‌های مبتنی بر محل^۳: گره‌ها از اطلاعات محدودی که از یک منطقه نزدیک بدست آمده است برای ارتباط استفاده می‌کنند. با استفاده از این اطلاعات محلی، الگوریتم در یک گره اجرا می‌شود. با توجه به کاهش محاسبات، منابع رادیویی و باتری حس‌گرها، انتظار می‌رود که پروتکل‌های مسیریابی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم شرایط زیر را برآورده سازند[۴]:

۱) بهره‌وری انرژی^۴: پروتکل‌های مسیریابی باید طول عمر شبکه را طولانی کنند، درحالی‌که الگوی مناسبی از اتصال را برای ارتباط دادن بین گره‌ها فراهم می‌کند. مهم است که توجه داشته باشیم که جایگزینی باتری در حس‌گرها غیرممکن است زیرا اکثر حس‌گرها به‌صورت تصادفی قرار می‌گیرند. تحت برخی شرایط، حس‌گر حتی قابل دسترسی نیست. به‌عنوان مثال، در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم زیرزمینی، برخی از دستگاه‌ها دفن می‌شوند تا بتوانند خاک را حس کنند[۵].

۲) مقیاس‌پذیری^۵: شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم متشکل از صد گره است بنابراین پروتکل‌های مسیریابی باید با این مقدار گره‌ها کار کنند.

۳) انعطاف‌پذیری^۶: حس‌گرها ممکن است به علت دلایل غیرقابل پیش‌بینی مثل دلایل زیست‌محیطی و یا مصرف باتری کار را متوقف کنند. پروتکل‌های مسیریابی باید با این احتمال روبرو شوند که وقتی یک گره در حال استفاده خراب می‌شود یا شکست می‌خورد، یک مسیر جایگزین می‌تواند کشف شود.

۴) ناهمگن بودن دستگاه^۷: اگرچه بیشتر برنامه‌های غیرنظامی شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم به گره‌های همگن تکیه می‌کنند، معرفی انواع حس‌گرها می‌تواند مزایای قابل‌توجهی را گزارش کند. استفاده از گره‌ها با پردازنده‌های مختلف، فرستنده‌ها، واحدهای قدرت و یا اجزای حس‌گر ممکن است ویژگی‌های شبکه را بهبود بخشد. در میان بقیه‌ی موارد، مقیاس‌پذیری شبکه، حوزه‌ی انرژی و یا پهنای باند پتانسیل بالقوه‌ای برای بهره‌برداری از ناهمگونی گره‌ها دارند[۶].

۵) انطباق‌پذیری حرکت^۸: برنامه‌های کاربردی مختلف شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم می‌توانند گره‌هایی مبتنی بر پویایی خود گره‌ها، پویایی سینک یا پویایی رویدادها برای درک باشند. پروتکل‌های مسیریابی باید پشتیبانی مناسبی برای این‌گونه حرکت‌ها ارائه دهند.

با توجه به نیازمندی به کاهش مصرف انرژی در فرآیند ارسال و دریافت داده‌ها در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم در ادامه چند پروتکل و الگوریتم پیشنهادی مورد بررسی قرار خواهد گرفت:

الف) پروتکل‌های حس‌گر برای اطلاعات از طریق مذاکره^۹ (SPIN)

این پروتکل نمونه‌ای از پروتکل‌های مسیریابی متمرکز بر داده‌ها می‌باشد. Kulik.J و همکاران[۷]، یک خانواده از پروتکل‌های تطبیقی به نام پروتکل‌های حس‌گر برای اطلاعات از طریق مذاکره را ارائه می‌دهند که به‌طور مؤثر اطلاعات را در میان حس‌گرها در یک شبکه‌ی بی‌سیم انرژی - محدود^{۱۰} منتشر می‌کنند. گره‌هایی که یک پروتکل ارتباط SPIN را

1 Distributed Algorithms
2 Message-Passing
3 Local based Algorithms
4 Energy Efficiency
5 Scalability
6 Resilience
7 Device Heterogeneity
8 Mobility Adaptability
9 Sensor Protocols for Information via Negotiation
10 Energy-Constrained

اجرا می‌کنند، اطلاعات خود را با استفاده از توصیفگرهای داده سطح بالا (که متادیتا^۱ نامیده می‌شود) نام‌گذاری می‌کنند. آن‌ها از مذاکره استفاده می‌کنند تا انتقال بیش‌ازحد داده‌های اطلاعاتی را در سراسر شبکه حذف کنند. علاوه بر این، گره‌های SPIN می‌توانند تصمیمات ارتباطی خود را بر اساس دانش خاص داده‌ها و دانش منابع موجود برای آن‌ها بنا کنند. این اجازه می‌دهد تا حس‌گرها به‌طور مؤثر داده‌ها را با توجه به یک منبع انرژی محدود توزیع کنند. چهار پروتکل بهینه شده‌ی SPIN شبیه‌سازی و تجزیه‌وتحلیل شده‌ی SPIN-PP و SPIN-EC و برای یک شبکه نقطه‌به‌نقطه و SPIN-BC و SPIN-RL برای یک شبکه پخشی می‌باشند.

ب) پروتکل مسیریابی کوگار^۲

تحت این رویکرد، شبکه به‌عنوان یک پایگاه داده توزیع‌شده پیش‌بینی شده است که در آن برخی از گره‌ها حاوی اطلاعات موقت غیرقابل دسترسی هستند [۸]. از آنجاکه گره مقادیر تاریخی را ذخیره می‌کند، شبکه به‌عنوان یک انبار داده رفتار می‌کند. علاوه بر این، شایان‌ذکر است که شرایط انتشار ضعیف ممکن است موجب ذخیره اطلاعات نادرست در گره‌ها شود. با توجه به این شرایط، کوگار یک رابط مشابه SQL را فراهم می‌کند تا تعدادی از اجزاء را برای مدل‌سازی توزیع احتمالی مورد استفاده قرار دهد. سینک مسئول ایجاد یک طرح پرس‌وجو است که نکات را برای انتخاب یک گره مخصوص به نام رهبر فراهم می‌کند. رهبران شبکه نتایج را جمع‌آوری و به سینک منتقل می‌کنند.

پ) پروتکل مسیریابی خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی سازگار با انرژی کم^۳ (LEACH)

در LEACH نقش سرخوشه به‌صورت دوره‌ای در میان گره‌های شبکه منتقل می‌شود تا انرژی مصرفی توزیع شود. عملکرد LEACH بر اساس دوران است، یک سرخوشه در هر دور انتخاب می‌شود. برای این انتخاب، تعدادی از گره‌هایی که سرخوشه نشده‌اند و درصدی از سرخوشه‌ها استفاده می‌شوند. هنگامی که سرخوشه در فاز راه‌اندازی تعریف می‌شود، برنامه TDMA را برای انتقال در خوشه خود ایجاد می‌کند [۹]. این زمان‌بندی به گره‌ها اجازه می‌دهد که اتصال خود را تا زمانی که کار نمی‌کنند غیرفعال کنند. سرخوشه مسیریاب به سینک است و همچنین مسئول جمع‌آوری اطلاعات می‌باشد. همان‌طور که سرخوشه کنترل حس‌گرها را در یک منطقه بسته انجام می‌دهد، جمع‌آوری اطلاعات انجام‌شده توسط این رهبر امکان حذف افزونگی را می‌دهد.

ایده اصلی در LEACH، تشکیل یک خوشه بر اساس قدرت سیگنال حس‌گرها است. بعضی از گره‌ها به‌صورت تصادفی به‌عنوان سرخوشه انتخاب می‌شوند و یک گره به سرخوشه بر اساس قدرت سیگنال دریافت شده توسط آن گره از سرخوشه اختصاص داده می‌شود. سرخوشه‌ها باید کار بسیار بیشتری نسبت به گره‌های معمولی انجام دهند، بنابراین آن‌ها انرژی بیشتری را از بین می‌برند و ممکن است سریع بمیرند. به‌منظور حفظ یک شبکه پایدار، سرخوشه‌ها در هر دور به چرخش ادامه می‌دهند. بنابراین، یک گره که به سرخوشه تبدیل‌شده است ممکن است فرصتی برای تبدیل به سرخوشه شدن دوباره قبل از یک فاصله زمانی تعیین‌شده‌ای را نداشته باشد.

نسخه متمرکز این پروتکل، LEACH-C است [۱۰]. این طرح نیز بر اساس دوران زمانی است که به مرحله فاز تنظیمات^۴ و فاز ثابت^۵ تقسیم می‌شود. در مرحله تنظیم، حس‌گرها ایستگاه مرکزی را از موقعیت و سطح انرژی خود مطلع می‌کنند. با استفاده از این اطلاعات، ایستگاه مرکزی ساختار خوشه‌ها و خوشه‌ی مکاتبه‌کننده را تعیین می‌کند. از آنجایی که ایستگاه مرکزی دارای دانش کاملی از وضعیت شبکه است، ساختار خوشه‌ای حاصل از LEACH-C به‌عنوان بهینه‌سازی نتایج LEACH در نظر گرفته می‌شود.

1 Meta-data
2 COUGAR
3 Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy
4 Setup-phase
5 Steady-phase

ت) پروتکل مسیریابی انتخاب پایدار^۱ (SEP)

SEP نسخه‌ی بهبودیافته‌ای از LEACH است که در آن ناهمگونی شبکه‌ها در نظر گرفته شده است [۱۱]. در SEP، برخی از گره‌های انرژی بالا به‌عنوان گره‌های پیشرفته نام‌گذاری شده‌اند و احتمال گره‌های پیشرفته برای تبدیل به سرخوشه شدن نسبت به گره‌های غیر پیشرفته بیشتر است. مزیت اصلی این روش در این است که نیازی به هیچ دانش سراسری درباره انرژی در هر دوره انتخاب نیست. محدودیت روش پیشنهادی SEP این است که انتخاب سرخوشه‌ها در میان دو نوع گره، پویا نیست در نتیجه گره‌هایی که از گره‌های قدرتمند دور هستند، ابتدا از بین می‌روند.

ث) پروتکل مسیریابی خوشه‌بندی انرژی کارآمد توزیع شده^۲ (DEEC)

در پروتکل DEEC تمام گره‌ها از سطح انرژی اولیه و باقی‌مانده برای تعیین خوشه‌ها استفاده می‌کنند [۱۲]. DEEC ارزش ایده آل طول عمر شبکه را برای محاسبه انرژی ارجاعی (که هر گره در هر دور باید مصرف کند) تخمین می‌زند. در یک شبکه ناهمگن دوسطحی، دودسته گره داریم، گره‌های پیشرفته mN با انرژی اولیه‌ای برابر با $E_o(1+a)$ و گره‌های معمولی N با انرژی $(1-m)$ ، به طوری که E_o برابر با انرژی اولیه است. جایی که a و m دو متغیر هستند که درصد گره‌ها (پیشرفته یا طبیعی) و مجموع انرژی اولیه در شبکه E_{total} را کنترل می‌کنند.

در DEEC نیازی به هیچ دانش سراسری در مورد انرژی در هر دوره انتخابی نیست. همچنین DEEC برخلاف SEP و LEACH می‌تواند به خوبی در چند سطح شبکه بی‌سیم ناهمگن اجرا شود. گره‌های پیشرفته همیشه در DEEC مجازات می‌شوند، به‌ویژه زمانی که انرژی باقی‌مانده آن‌ها کاهش می‌یابد و در محدوده گره‌های معمولی قرار می‌گیرند. در این وضعیت، گره‌های پیشرفته سریع‌تر از دیگران می‌میرند [۱۳].

ج) مکانیزم انتخاب سرخوشه با استفاده از منطق فازی^۳ (CHEF)

سرخوشه در LEACH، ممکن است در لبه شبکه قرار گیرد یا در جایی که تراکم گره بسیار کم است. در این مورد، بسیاری از گره‌های آن خوشه انرژی ناکارآمدی را در ارتباط با سرخوشه مصرف می‌کنند. کیم و همکاران [۱۴]، مکانیزم انتخاب سرخوشه با استفاده از منطق فازی را بر مبنای دو متغیر ورودی انرژی و فاصله مجاورت پیشنهاد کرده‌اند. این رویکرد، گره با سطح انرژی بالا و گره محلی بهینه را به‌عنوان انتخابی برای سرخوشه شدن تولید می‌کند. گره حس‌گر با انرژی بالا شانس بیشتری برای سرخوشه شدن دارد زیرا انرژی در محاسبه شانس منطق فازی در نظر گرفته شده است. علاوه بر این، متغیر فازی فاصله‌ی مکانی، باعث می‌شود که گره بهینه محلی به‌عنوان یک سرخوشه شانس بیشتری داشته باشد. مصرف انرژی ارتباطات بی‌سیم به‌طور عمده بستگی به فاصله بین دو گره و تراکم اطراف گره دارد. CHEF انرژی و فاصله‌های محلی را در نظر می‌گیرد تا سرخوشه‌های مناسب را انتخاب کند و طول عمر شبکه را افزایش دهد.

۳. ابزار مورد استفاده در روش پیشنهادی

جهت بیان روش پیشنهادی ابتدا باید ابزار مورد استفاده در این روش را مورد بررسی قرار داد. در روش پیشنهادی از نگاشت خود سامانده (SOM) و همچنین منطق فازی (Fuzzy Logic) جهت بهبود استفاده شده است. شبکه عصبی نگاشت خود سامانده برای اولین بار توسط کوهنن و با الگوبرداری از عصب شبکه چشم معرفی گردید و برای نخستین بار برای تشخیص صدا و تبدیل آن به متن به‌طور عملی مورد استفاده قرار گرفت. نگاشت‌های خودسامانده حالت خاصی از شبکه‌های عصبی مصنوعی هستند که غالباً به‌منظور تحلیل فضاهای پیچیده داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۵]. اساس عملکرد این‌گونه از شبکه‌ها تبدیل یک فضای ورودی با بعد دلخواه، به یک فضا با بعد کمتر و غالباً

1 Stable Election Protocol

2 Distributed Energy Efficient Clustering

3 Cluster-head Election mechanism using Fuzzy Logic

یک نگاشت دوبعدی گسسته می‌باشند. به همین دلیل است که این شبکه‌ها را به‌عنوان یک ابزار کاهش‌دهنده بعد می‌نامند. هدف نهایی استفاده از نگاشت‌های خودسازمانده، حصول همین مدل ساده از داده‌های اولیه، برای کاهش محاسبات و پیچیدگی‌های موجود در تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌باشد. نگاشت‌های خودسازمانده کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف علوم داشته که مهم‌ترین آن‌ها استخراج داده‌ها و تحلیل فضاهای پیچیده می‌باشد. از سایر کاربردهای این شبکه می‌توان به خوشه‌بندی [۱۶]. تشخیص الگو، آنالیز تصاویر و اصوات و تشخیص خطا [۱۷]، اشاره نمود. نگاشت‌های خودسازمانده نوع خاصی از شبکه‌های کوهن می‌باشند.

سیستم فازی، بر پایه منطق فازی است که به‌عنوان ورودی، مقادیر پیوسته را به‌جای مقادیر گسسته در نظر می‌گیرد. کنترل فازی متشکل از مرحله ورودی، مرحله پردازش و مرحله خروجی است. فازی ساز، موتور استنتاج و غیرفازی ساز توابع اصلی هر سیستم فازی هستند. فرآیند تبدیل مقادیر ورودی به مقادیر فازی، فازی سازی نامیده می‌شود. قوانین پایه، شامل قوانین اگر-آنگاه فازی است که با استفاده از موتور استنتاج به استناد شرایط ورودی‌های خاص استفاده می‌شود و برای هر یک نتیجه تولید می‌کند. نتیجه به یک تابع عضویت کنترل متغیر خروجی نگاشته می‌شود، نتایج به دست آمده جمع و ترکیب می‌شوند تا پاسخی خاص به نام غیرفازی سازی را ارائه دهند. در این‌جا متغیرهای زبانی برای بیان قوانین و حقایق استفاده می‌شوند. متغیرهای زبان فازی به کلمات یا جملات اشاره می‌کند. مقدار آن‌ها یک عدد معمولی نیست اما مجموعه‌ی فازی در زبان فازی نشان داده می‌شود. این مقدار، توصیفی برای برخی اندازه‌ها است به‌عنوان مثال، متغیر زبان سن می‌تواند به‌عنوان جوان، مسن و یا پیر اشاره شود. متغیر زبان، مفهوم مهمی است که روشی برای فرمولی ساختن توصیف زبان ارائه می‌دهد.

سیستم فازی که در موتور استنتاج یک سیستم خبره استفاده می‌شود یک سیستم فازی ممدانی است. سیستم فازی ممدانی، یک روش ساده‌ی قانون‌گرا است که نیاز به محاسبات پیچیده ندارد و می‌تواند از قوانین اگر-آنگاه برای کنترل سیستم‌ها استفاده کند.

۴. مفروضات و روش پیشنهادی

در ابتدا به بیان مفروضات می‌پردازیم و بر اساس مفروضات بیان شده در ادامه به بیان روش پیشنهادی و نتایج خواهیم پرداخت.

۴-۱ مفروضات روش پیشنهادی

در این قسمت با توجه به مقادیری که برای ایجاد و در ادامه ارسال و دریافت داده‌ها در شبکه موردنیاز خواهد بود، مفروضاتی را در نظر گرفته‌ایم تا با قرار دادن این مفروضات بتوان نسبت به پیاده‌سازی روش پیشنهادی اقدام نمود. این مفروضات با توجه به نوع کاربرد شبکه و همچنین نوع تئوری انتخاب شده برای شبکه می‌تواند موجب ایجاد روش‌های دیگر و شبکه‌های متفاوتی گردد. در ادامه این مفروضات بیان شده‌اند.

- میزان انرژی اولیه گره‌ها یکسان در نظر گرفته شده است و همچنین شبکه از نوع همگن می‌باشد و بین انرژی اولیه و نوع گره‌ها تفاوتی وجود ندارد.
- گره‌ها در محیط فرضی مسئله به‌صورت تصادفی پخش شده‌اند و نیز قابلیت حرکت ندارند و به عبارت دیگر این گره‌ها ایستا در نظر گرفته شده‌اند.
- ارتباط بین گره‌ها از نوع ارتباط متقارن و دوطرفه می‌باشد، بر این اساس هر گره در حال ارسال داده می‌تواند دریافت‌کننده داده نیز باشد.

۴-۲ بیان روش پیشنهادی

خوشه‌بندی از طریق شبکه عصبی مصنوعی نگاشت خودسامانده برای تعیین محدوده‌های قرارگیری سرخوشه‌ها و محلی‌سازی ارسال داده‌ها از گره‌های حس‌گر به گرهی سرخوشه انجام می‌شود و سپس به انتقال اطلاعات و انتخاب سرخوشه‌ها برای ارسال اطلاعات به سینک بر پایه‌ی منطق فازی پرداخته‌ایم که برای این منظور از دو بخش فازی استفاده شده است، بخش اول فازی‌سازی گره‌ها برای همسایه‌یابی در شبکه و مرحله بعدی یافتن مسیر بهینه بر اساس منطق فازی است. در ادامه نتایج بدست آمده از مقایسه روش پیشنهادی را با ۲ روش دیگر شامل روش LEACH و روش DEEC مورد بررسی قرار داده‌ایم.

داده‌های مورد استفاده در این روش و همچنین ۲ روش دیگر برای مقایسه با روش پیشنهادی، به صورت تصادفی تولید شده است. داده‌های تولید شده در ۲ دسته داده‌های ۵۰ گره‌ای در محیط مفروض ۲۵۰*۲۵۰ و داده‌های ۱۵۰ گره‌ای در محیط مفروض ۲۵۰*۲۵۰ ذخیره شده است و به صورت ثابت در هر ۳ الگوریتم جهت نتیجه‌گیری مورد استفاده قرار گرفته است.

داده‌های مفروض شامل اطلاعاتی چون شناسه‌ی گره، میزان انرژی گره، موقعیت روی محور X، موقعیت روی محور Y، وضعیت گره شامل مرده یا زنده بودن و بخش فازی می‌باشد. داده‌ی بخش فازی در مراحل اجرای الگوریتم توسط مازول فازی محاسبه و مقداردهی می‌شود.

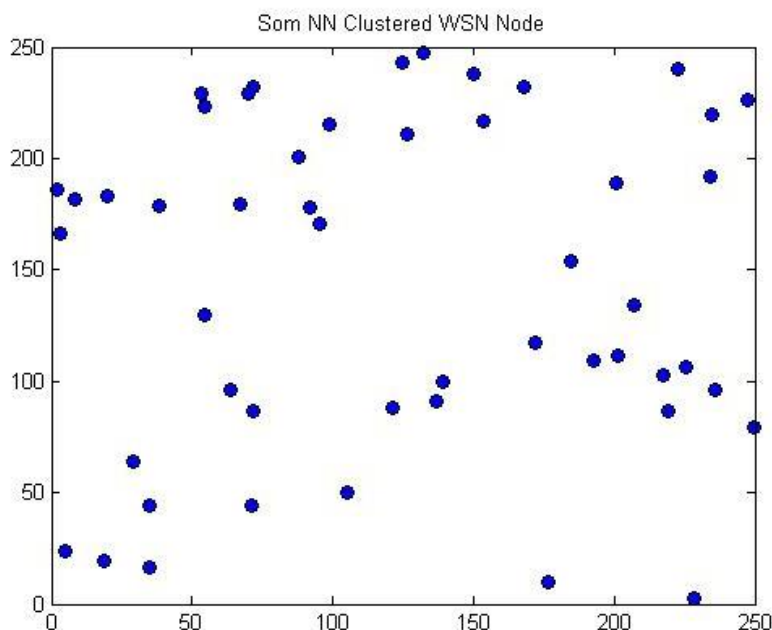
مرحله اول - ایجاد شبکه از طریق تعیین محل استقرار گره‌ها و مقادیر اولیه

در این مرحله که بخش آغازین طرح پیشنهادی نیز می‌باشد، در دو بخش ۵۰ گره‌ای و ۱۵۰ گره‌ای به صورت تصادفی (به صورت اعداد تصادفی با توزیع یکنواخت) در فضای ۲۵۰*۲۵۰ ایجاد و جانمایی شده‌اند، بر این اساس مطابق شکل (۳) تعداد ۵۰ گره در فضای مفروض انتخاب و جانمایی می‌گردند، نکته قابل توجه اینکه به جهت امکان مقایسه در مراحل پیشرفت کار یک نمونه تصادفی انتخاب شده شامل ۵۰ گره و یک مدل تصادفی انتخاب شده ۱۵۰ گره به عنوان داده‌های اولیه جهت انجام روند روش پیشنهادی و مقایسه نتایج بررسی انتخاب شده است. داده‌های انتخاب شده برای محل گره‌ها در ادامه رسم می‌شوند تا قابلیت بصری برای دیدن نتایج داشته باشند. ضمناً با توجه به اینکه مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش‌ها نیازمند دیتاست مشترک می‌باشد، ذخیره‌سازی از یک دیتاست تصادفی و نگهداری آن برای آزمون نتایج و همچنین مقایسه انجام شده است.

داده‌های اولیه فوق به عنوان دیتاست در ۲ متغیر با نام‌های Network50 و Network150 ذخیره‌سازی شده تا برای مراحل بعدی در برنامه قابل استفاده باشند.

مرحله دوم - خوشه‌بندی با شبکه عصبی نگاشت خودسامانده

در این مرحله تنها با توجه به موقعیت نقاط یعنی محل قرارگیری دوبعدی آن‌ها در محیط مسئله، فرآیند خوشه‌بندی با شبکه عصبی نگاشت خودسامانده انجام می‌شود، حال با تعیین تعداد نرون‌ها در خوشه‌بندی نگاشت خودسامانده مراحل آموزش شبکه را انجام خواهیم داد. مراحل آموزش شبکه در ۲۰۰ چرخه انجام شده است، پس از انجام فرآیند خوشه‌بندی داده‌ها با توجه به ۴ نرون انتخابی، در ۴ خوشه دسته‌بندی شده‌اند.



شکل ۳: محیط مفروض ۲۵۰*۲۵۰ با ۵۰ گره

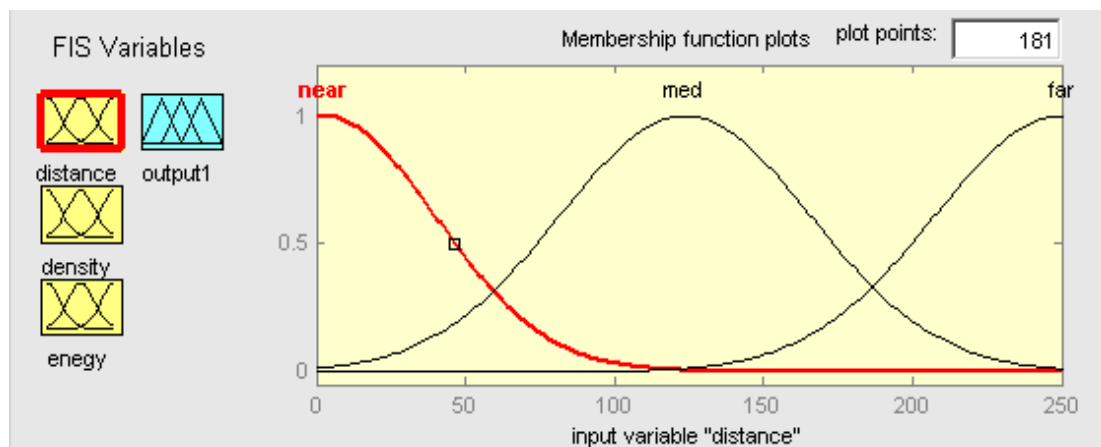
مرحله سوم - تعیین سرخوشه‌ها برای جمع‌آوری اطلاعات و مسیریابی بر اساس منطق فازی در این مرحله برای طراحی ماژول فازی از سه پارامتر به‌عنوان ورودی‌های ماژول فازی استفاده کرده‌ایم که این سه پارامتر عبارت‌اند از: فاصله تا ایستگاه پایه، انرژی و تعداد همسایگان در برد مفید یک گره که در شکل‌های (۴) تا (۶) نشان داده شده است. همچنین قوانین نتیجه‌گیری در موتور استنتاج فازی در شکل (۷) نشان داده شده است. متغیرهای زبانی برای هر یک از ورودی‌ها و خروجی ماژول فازی به شرح جدول (۱) و متغیرهای زبانی برای هر یک از ورودی‌ها و خروجی ماژول فازی مسیریابی به شرح جدول (۲) است.

جدول ۱: متغیرهای زبانی برای ورودی‌ها و خروجی ماژول فازی

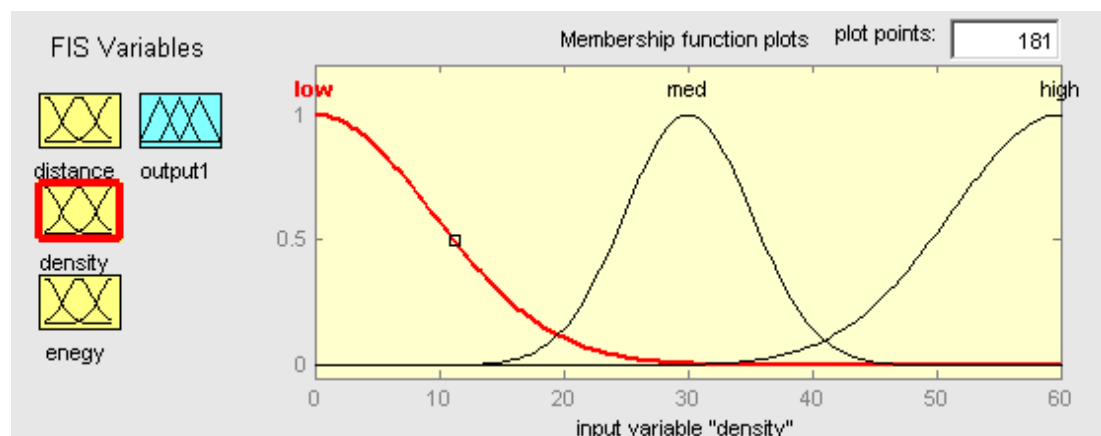
متغیر	توصیف زبانی
انرژی	vlow, low, med, high, vhigh
فاصله	near, med, far
تعداد گره‌های همسایه	low, med, high
خروجی	vsmall, small, med, long, vlong

جدول ۲: متغیرهای زبانی برای ورودی‌ها و خروجی ماژول فازی مسیریابی

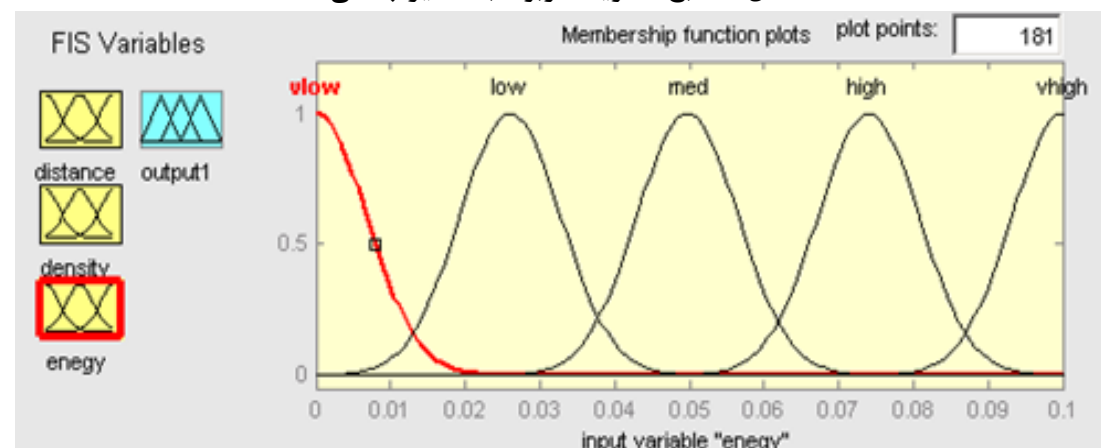
متغیر	متغیرهای زبانی
انرژی	vlow, low, med, high, vhigh
فاصله	near, med, far
تعداد گره‌های همسایه	low, med, high
خروجی	vbad, bad, good, vgood, average



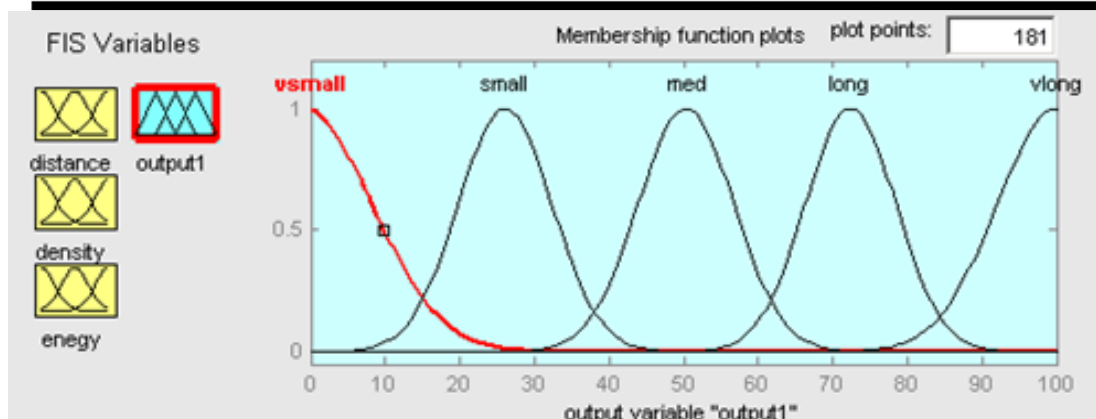
شکل ۴: تابع عضویت مربوط به متغیر فاصله



شکل ۵: تابع عضویت مربوط به متغیر چگالی



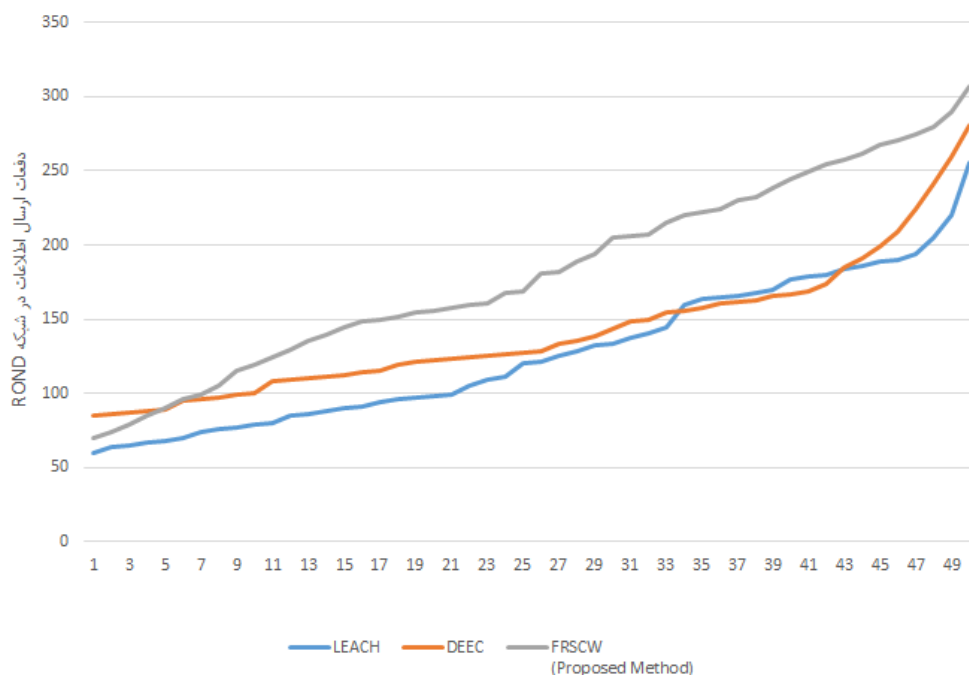
شکل ۶: تابع عضویت مربوط به متغیر انرژی



شکل ۷: تابع عضویت مربوط به متغیر خروجی

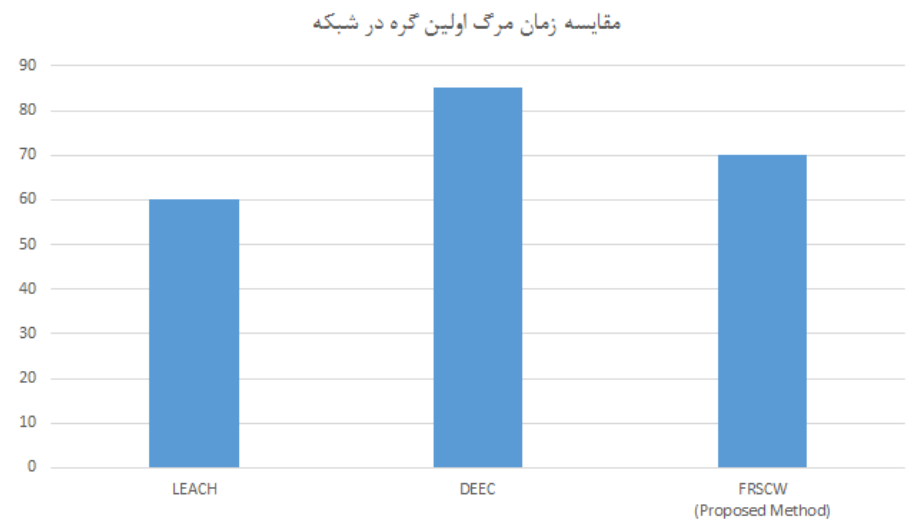
پس از پیاده‌سازی روش پیشنهادی با توجه به ثابت بودن محل سینک در نقطه‌ای با مختصات $(0,0)$ و مقایسه‌ی آن با روش دیگر مشاهده می‌شود تاخیر مرگ آخرین گره معادل 307 مرحله ارسال اطلاعات می‌باشد، این مقدار در الگوریتم‌های LEACH و DEEC به ترتیب 255 و 281 می‌باشد. زمان مرگ آخرین گره به شرح شکل (۸) می‌باشد:

مقایسه روش پیشنهادی و روش دیگر



شکل ۸: مقایسه طول عمر شبکه

همچنین مشاهده می‌شود زمان مرگ اولین گره نیز اندکی نسبت به روش LEACH بهبود یافته است، مقایسه مقدار بدست آمده و مقایسه آن با دو الگوریتم‌های LEACH و DEEC به شرح شکل (۹) می‌باشد:



شکل ۹: مقایسه زمان مرگ اولین گره در شبکه

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

استفاده از ترکیب منطق فازی جهت مسیریابی و همسایه‌گزینی همچنین بهره‌گیری از شبکه عصبی نگاشت خود سامانده در روش پیشنهادی به صورت ترکیبی جدید و مؤثر توانسته است به بهبود طول عمر و تاخیر در مرگ گره‌های شبکه کمک کند، با توجه به مستندات بدست آمده در مسیر انجام روش پیشنهادی مشخص شده است بهبود طول عمر با استفاده از ترکیب روش‌های نگاشت خود سامانده و منطق فازی می‌تواند در زمان مرگ آخرین گره و در نتیجه بهبود طول عمر شبکه کارآمد باشد. این افزایش طول عمر می‌تواند موجب دریافت بیشتر اطلاعات از محیط و در نتیجه کمک به دریافت داده‌های کامل‌تر در مدت طولانی‌تری گردد.

۶. مراجع

1. UCSB ScienceLine. Encouraging Curiosity for a Lifetime. UCSB ScienceLine. How do plants sense a change in the environment?(2013)
2. S.Tilak, N.B.Abu-Ghazaleh, W.Heinzelman, (April 2002), "A Taxonomy of Wireless Micro-Sensor Network Models.", ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review (ACM), Volume 1, Number 2, Page 28–36.
3. I.F.Akyildiz, T.Melodia, K.R.Chowdhury, (December 2007), "Wireless Multimedia Sensor Networks: A Survey ", IEEE Wireless Communication (IEEE) 14, Number 6, Page 32–39.
4. K.Akkaya, M.Younis, (2005), "A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks", Ad Hoc Networks (Elsevier), Volume3, Number3, Page 325–349.
5. I.F.Akyildiz, D.Pompili, T.Melodia, (2005), "Underwater Acoustic Sensor Networks: Research Challenges", Ad Hoc Networks (Elsevier), Volume 3, Page 257–279.
6. H.Karl, Willig, (2005), "A. Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks", John Wiley & Sons: Chichester, West Sussex, UK.

7. J.Kulik, W.R.Heinzelman, H.Balakrishnan, (2002), "Negotiation-based Protocols for Disseminating Information in Wireless Sensor Networks", *Wireless Networks*, Volume 8, Issue 2-3, Page 169–185.
8. D.Braginsky, D.Estrin, (September 2002), "Rumor Routing Algorithm for Sensor Networks", *Proceedings of the First ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications (WSNA)*, Atlanta, GA, USA, Page 22–31.
9. W.R.Heinzelman, J.Kulik, H.Balakrishnan, (August 1999), "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks", *Proceedings of the Fifth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM)*, Seattle, WA, USA, Page 174–185.
10. W.R.Heinzelman, A.P.Chandrakasan, H.Balakrishnan, (2002), "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks", *IEEE Trans. Wireless Communication*, Volume 1, Number 4, Page 660–670.
11. G.Smaragdakis, I.Matta, A.Bestavros, (2004), "SEP: A Stable Election Protocol for clustered heterogeneous wireless sensor networks", *Second International Workshop on Sensor and Actor Network Protocols and Applications (SANPA2004)*.
12. L.Qing, Q.Zhu, M.Wang, (August 2006), "Design of a Distributed Energy-Efficient Clustering Algorithm for Heterogeneous Wireless Sensor Networks", *Computer Communications (Elsevier)*, Volume 29, Issue 12, Page 2230-2237.
13. T.Sharma, B.Kumar, G.Singh Tomar, (January 2012), "Performance Comparison of LEACH, SEP and DEEC Protocol in Wireless Sensor Network", *International Conference on Advances in Computer Science and Electronics Engineering*.
14. J.M.Kim, S.H.Park, Y.Han, T.M.Chung, (2008), "CHEF: Cluster Head Election mechanism using Fuzzy Logic in Wireless Sensor Networks", *10th International Conference on Advance Communications Technology*, Volume 1, Page 654-659.
15. P.Sarlin, (2014), "A weighted SOM for classifying data with instance-varying importance", *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, Volume 5.
16. Z.ShaoHua, F.Lue, L.BaoLiu, (2008), "Clustering analysis of ancient celadon based on SOM neural network," *Science in China Series E: Technological Sciences*, Volume 51, Number 7, Page 999-1007.
17. M.Abdelsamea, G.Gnecco, M.Medhat Gaber, (2017), "A SOM-based Chan–Vese model for unsupervised image segmentation", *Soft Computing*, Volume 21, Number 8, Page 2047-2067.