اولین کنفرانس ملی محاسبات نرم و فناوری اطلاعات
1st National Conference on Soft Computing and Information Technology
دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر
۱۲و۱۳ اسفند ماه ۸۹

کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر، با انتخاب سرخوشه مناسب بر اساس منطق فازی

مهدی مسعودی (۱) - مهدی قربانی (۲) – امیر مسعود رحمانی (۳)
(۱) گروه کامپیوتر - دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایذه
masoudi۷۳۷@gmail.com
(۲) گروه کامپیوتر – دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایذه
mahdigh۱۳@yahoo.com
(۳) گروه کامپیوتر – دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
rahmani@sr.iau.ac.ir

خلاصه: شبکه‌های حسگر بی‌سیم، نسل جدیدی از سیستم‌های تعبیه شده بلادرنگ با محدودیت محاسباتی، انرژی و حافظه هستند که دارای کاربردهای متنوعی، بخصوص در مواردی که استفاده از شبکه‌های سنتی امکان پذیر نیست می باشند. از آنجاییکه در این شبکه‌ها، مساله انرژی یک چالش مهم محسوب می‌گردد، استفاده از مدل های خوشه بندی را می‌توان راه حلی برای غلبه بر این مشکل در نظر گرفت. در این ساختار، نودهای حسگر دریک سری خوشه، گروه‌بندی می شوند و یک نود مرکزی به عنوان نود سرخوشه انتخاب می گردد. انتخاب سرخوشه مناسب، به صورت چشمگیری مصرف انرژی را در این شبکه‌ها کاهش می‌دهد که این کاهش مصرف انرژی، منجر به افزایش طول عمر شبکه می‌گردد. از این رو، در این مقاله بر خلاف مطالعات گذشته، یک روش فازی برای انتخاب سرخوشه پیشنهاد شده است. این روش بر مبنای سه توصیف‌گر انرژی، پراکندگی و مرکزیت گره‌ها می باشد و شبیه سازی نشان می‌دهد نسبت به مواردی که سرخوشه تنها براساس یک سری اطلاعات محلی انتخاب می‌شود، افزایش قابل توجهی در طول عمر شبکه مشاهده می‌گردد.

کلمات کلیدی: شبکه‌های حسگر بی‌سیم، خوشه‌بندی، سرخوشه، منطق فازی، طول عمر

۱- مقدمه

شبکه‌های بی سیم حسگر از صدها یا هزاران گره تشکیل شده است که به صورت تصادفی در مناطق دوردست یا مناطق خطرناک پخش شده اند. وظیفه اصلی این گره‌ها جمع‌آوری اطلاعات از محیطی است که در آن قرار می‌گیرند در واقع این گره‌ها توانایی جمع‌آوری اطلاعات از این مناطق را دارند که از راههای دیگر بدست آوردن این اطلاعات امکان پذیر نیست. هرگره حسگر شامل یک واحد حسگری، یک واحد محاسباتی، حافظه و واحد ارتباط بی‌سیم با برد ارتباطی محدود است. وجود این شبکه‌ها تاثیر مهمی در کارایی بسیاری از کاربردها، نظیر کاربردهای نظامی و پزشکی و محیط زیست داشته است. زمانی که انرژی این گره‌ها تمام شود شارژ کردن یا تعویض منبع انرژی این گره‌ها بسیار سخت یا گاهی غیر ممکن است. بنابر این بزرگترین چالش درطراحی شبکه‌های بی‌سیم حسگر کاهش دادن مصرف انرژی است تا طول عمر شبکه افزایش یابد[۱]. وظیفه اصلی شبکه‌های حسگر جمع‌آوری اطلاعات از محیطی است که در آن قرار می گیرند. انتقال مستقیم اطلاعات از منابع داده به گره مرکزی، هزینه بر و تقریباً غیرممکن است، زیرا گره مرکزی معمولا دورتر از منابع داده قرار دارد و گره‌های حسگر منبع انرژی محدودی دارند. از این رو معمولاً از مسیرهای چندگامی برای مسیریابی استفاده می‌شود. با این وجود، باز گره‌هایی درمسیر داده وجود دارند که همیشه مشغول انتقال داده هستند که این امر، خود درصد خرابی و تخلیه انرژی این گره‌ها را افزایش می‌دهد. برای غلبه بر این مشکل از مدلهای خوشه بندی استفاده می‌شود. در این ساختار، گره‌های حسگر در یک سری خوشه گروه بندی می‌شوند و یک گره مرکزی به عنوان گره سرخوشه انتخاب می‌گردد. معمولاً گره سرخوشه انرژی بسیار بیشتری نسبت به گره های معمولی دارد. وظیفه سرخوشه این است که داده‌ها را از گره‌های دیگر

می‌گیرد و سپس این داده‌ها را به ایستگاه مرکزی ارسال می کند. اگر به دلیل افزایش بار یا هر دلیل دیگری این گره از کار بیفتد باید سرخوشه جدیدی انتخاب شود. چون سرخوشه نقش مهمی در این ساختار ایفا می‌کند پس باید سرخوشه به بهترین نحو ممکن انتخاب شود، زیرا با انتخاب اشتباه سرخوشه طول حیات شبکه کاهش می‌یابد. کارهایی که تاکنون در این زمینه انجام شده است به دو دسته تقسیم می شوند: دسته اول آنهایی هستند که تنها پارامتر انرژی راجهت انتخاب سرخوشه لحاظ کرده‌اند[۲] که برای شبکه‌های پیچیده کافی نیست، زیرا ممکن است یک گره با انرژی بالا در گوشه ای از منطقه قرار گرفته باشد که در این صورت بقیه گره‌ها باید انرژی زیادی جهت انتقال اطلاعات صرف کنند. دسته دوم آنهایی هستند که پارامترهای بیشتری از جمله فاصله و حرکت را نیز لحاظ کرده اند[۳، ۴، ۵]. در این مقاله جهت بهبود بخشیدن طول حیات شبکه، به صورت کامل هرگره از وضعیت انرژی خود، موقعیتی که در آن قرار دارد، وضعیت انرژی همسایه‌ها و موقعیت همسایه‌ها و همچنین مرکزیت یک گره نسبت به همسایه‌های آن با خبر می‌شود و با استفاده از این اطلاعات و بر اساس منطق فازی سرخوشه تعیین می‌گردد. اگر نتایج الگوریتم پیشنهادی با نتایج الگوریتم معروف LEACH که در این زمینه مطرح شده است مقایسه گردد[۲]، نتایج نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در مقایسه با این الگوریتم، تاثیر چشم گیری بر طول عمر شبکه می گذارد. در این مقاله، در ابتدا مروری برکارهای صورت گرفته در این زمینه بیان می‌گردد و مدل سیستم به صورت کامل شرح داده میشود. سپس نتایج شبیه سازی مورد بررسی قرار گرفته شده و در پایان نتیجه گیری ذکر می گردد.

۲– شرح مقاله

با توجه به پرکاربرد بودن شبکه‌های حسگر مطالعات زیادی دراین زمینه صورت گرفته است و در نتیجه الگوریتم‌های زیادی در رابطه با خوشه بندی و انتخاب سرخوشه صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- الگوریتم LEACH در سال ۲۰۰۰ ارائه شد. LEACH یک پروتکل متمرکز و خود سامانده با دسته‌بندی به صورت پویاست، که برای پخش کردن مصرف انرژی میان گره‌ها به صورت متعادل از روش تصادفی استفاده می‌کند. در این روش، گره‌ها خود را به صورت دسته‌های محلی سازماندهی می‌کنند و در این میان یک گره نقش ایستگاه پایه محلی یا سرخوشه را بر عهده می‌گیرد. الگوریتم LEACH از چرخش تصادفی رئوس دسته‌بندی‌ها بین گره‌های پر انرژی بهره می‌برد تا باتری یک گره خاص، فوراً تخلیه نشود. در این الگوریتم هر گره، در هر دوره یک عدد تصادفی بین صفر و یک انتخاب می کند، اگر عدد تصادفی از حد آستانه کمتر باشد گره مذکور به عنوان سرخوشه در این دوره انتخاب می‌شود. حد آستانه طبق (۱) محاسبه می شود:

(۱)

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1 - p * (r \bmod 1/p)} & if\ n \in G \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

p احتمال سرخوشه شدن، r شماره دور فعلی و G مجموعه گره‌هایی است که در ۱/P دور گذشته سرخوشه نشده اند. البته این الگوریتم چون تنها از اطلاعات محلی استفاده می‌کند اشکالاتی دارد که عبارتند از: ۱- چون در هر دوره تعداد سرخوشه ها ثابت نیست و ممکن است این تعداد در یک دوره بیشتر یا کمتر از مقدار بهینه باشد. ۲- سرخوشه ممکن است در یک گوشه از منطقه مورد نظر قرار گرفته باشد که در این صورت، گره‌های دیگر جهت ارتباط با این سرخوشه باید انرژی زیادی مصرف کنند. ۳- هر گره در هر دوره باید یک عدد تصادفی و یک حد آستانه تولید و محاسبه کند.

- الگوریتمLEACH-C نیز یکی از کارهای انجام شده در این زمینه است[۳]. در این الگوریتم نیز، کار به صورت متمرکز انجام شده است. در روش متمرکز همه گره‌ها اطلاعات را به یک گره می‌فرستند تا این گره با توجه به اطلاعاتی که از بقیه گره‌ها به دست آورده است، سرخوشه راانتخاب کند که این کار خود باعث مصرف انرژی زیادی می گردد.

- الگوریتم AHP یکی دیگر از کارهای مرتبط است[۴]. دراین الگوریتم، سه پارامتر انرژی ، حرکت و مقدار فاصله یک گره تا مرکز خوشه را در نظر گرفته می شود. کار به صورت متمرکز انجام می شود و گره ای که تصمیم نهایی در مورد انتخاب سرخوشه را انجام می‌دهد ایستگاه مرکزی است.

- در[۵]، هر گره فاصله خود را تا همسایه ها محاسبه می‌کند و گره ای به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود که در مرکز یک منطقه باشد. چنین انتخابی ممکن است باعث شود که بقیه گره‌ها برای ارسال داده های خود به این گره متحمل مصرف زیادی از انرژی شوند.

۲-۱- روش پیشنهادی

در پژوهش های گذشته، سرخوشه یا به صورت توزیع شده انتخاب می‌شد، که در این صورت مصرف انرژی زیاد است، یا به صورت متمرکز انتخاب می‌شد، که چون یک نود برای کل شبکه تصمیم می‌گیرد، ترافیک روی این نود زیاد است و اگر این نود دچار مشکل شود کل شبکه در پی آن دچار مشکل می‌شود. در این مقاله جهت کاهش دادن محاسبات و همچنین افزایش طول عمر شبکه چند گام موثر در نظر گرفته شده است:

* یک مقدار به عنوان حداقل انرژی لازم جهت سرخوشه شدن تعیین می‌شود تا هرگره ای که انرژی آن از این مقدار آستانه کمتراست برای سرخوشه شدن کاندیدا نشود.

* نودی که در نقطه کور افتاده است، یا اینکه تعداد همسایه های آن بسیار کم است کاندیدای سرخوشه نشود، حتی اگر انرژی زیادی داشته باشد.

* هر گره برای خود پارامتر شانس را محاسبه می کند و این مقدار مشخص کننده این است که هر گره نسبت به بقیه گره ها از چه میزان شانسی برای سرخوشه شدن برقرار است. به دلیل افزایش طول عمر شبکه اگر دو گره از شانس یکسان برخوردار باشند و در همسایگی هم

قرار دارند یکی از آنها در آن دور خاموش شود تا به طول عمر شبکه کمکی شده باشد.

در هر دور گره‌هایی که واجد شرایط هستند، این الگوریتم را اجرا می‌کنند و برای هر گره یک مقدار شانس پیدا می‌شود. در الگوریتم پیشنهادی روش کار به این شکل است که هر گره شانس خود را می‌داند و ضمناً شانس گره‌هایی که در همسایگی او نیز قرار دارند را هم می داند. حال، هر گره با توجه به این اطلاعات، شانس خودش را با بقیه مقایسه می‌کند. اگر از همه بزرگتر باشد به عنوان سرخوشه خودش را معرفی می‌کند و در غیر این صورت، سعی می‌کند عضو سرخوشه ای شود که کمترین فاصله را با او داشته باشد. گره‌ای که بعد از مقایسه، خودش را سرخوشه می‌داند به بقیه اعلام می‌کند که سرخوشه شده است. پس اکنون، بقیه نودها سعی می‌کنند عضو خوشه‌ای شوند که کمترین فاصله را با سرخوشه آن داشته باشند. همانطور که مشخص است الگوریتم به صورت غیرمتمرکز کار می‌کند و هر گره نیز خودش تصمیم گیرنده است.

در روش ما، سرخوشه به صورت غیر متمرکز و بر اساس منطق فازی انتخاب می‌شود. پارامترهای زیادی وجود دارد که می توان از آنها در انتخاب سرخوشه استفاده کرد، ولی باید دانست که هر چه تعداد پارامترها زیاد شوند به همین نسبت نیز، جدول قوانین افزایش می‌شود و این باعث افزایش محاسبات و بالطبع افزایش زمان و مصرف انرژی می‌شود.

در هر دور، هر گره پارامتر شانس خود را با منطق فازی و بر اساس سه توصیف گر اساسی انرژی، پراکندگی و مرکزیت خود نسبت به همسایه ها به دست می‌آورد. در ادامه، تمام گره‌ها در انتخاب سرخوشه شرکت می‌کنند و هر گره وضعیت خودش را با وضعیت گره‌هایی که در همسایگی آن قرار دارند مقایسه می‌کند و در صورتی که شرایطش نسبت به همسایه ها بهتر باشد خودش را به عنوان سرخوشه معرفی می‌کند.

قرار گرفتن یا مستقر شدن شبکه‌های بی‌سیم حسگر در یک منطقه جغرافیایی به این معناست که هدف عمده گره‌ها، حس کردن و جمع‌آوری داده‌هاست. در این مقاله فرض شده است که گره‌ها حرکت ندارند و هر گره به یک دستگاه GPS مجهز است که مکان و موقعیت جغرافیایی خود را پیدا می‌کند و در مرحله برپاسازی، به گره‌های همسایه ارسال می‌کند. سرخوشه n، پیام k بیتی را از گره‌های متعلق به خوشه خود جمع آوری می‌کند و سپس عمل فشرده سازی را انجام می‌دهد و یک پیام cnk بیتی (c : ضریب فشردگی، c<=۱) ایجاد می‌کند. عملیات انتخاب سرخوشه در این مقاله مانند الگوریتم LEACH در دو مرحله صورت می‌گیرد: در مرحله برپا سازی، سرخوشه انتخاب می‌شود و در مرحله پایداری عملیات فشرده سازی، تبدیل داده‌ها به یک سیگنال واحد و ارسال به ایستگاه مرکزی صورت می‌گیرد.

مدل رادیویی که استفاده شده، $E_{elec} = 50nJ/bit$ مشابه [۱] است که انرژی مصرفی توسط رادیو برای ارسال یا دریافت، ($\varepsilon_{amp} = 100pJ/bit/m^2$) می باشد.

انرژی مصرفی توسط هر گره برای ارسال و دریافت یک پیام k بیتی در مسافت d در فرمول های (۲) و (۳) نشان داده شده است:

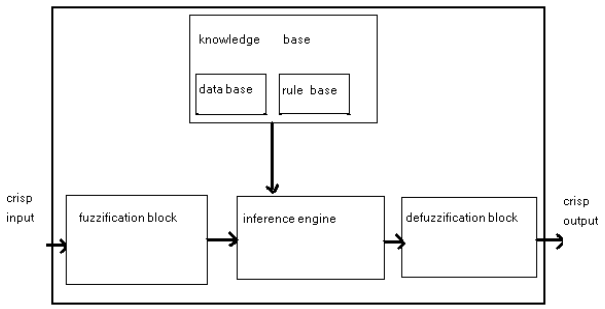
$$E_{TX}(k,d) = E_{elec} * k + \varepsilon_{amp} * d^{\lambda} * k \qquad (۲)$$

$$E_{RX}(k) = E_{elec} * k \qquad (۳)$$

(λ : path loss exponent , λ>=۲)

۲-۱-۱- کنترل فازی

یک سیستم استنتاج فازی، از چهارقسمت اصلی زیر تشکیل شده است: ۱) فازی ساز، که مبدل قطعی ورودی به مقادیر فازی است. ۲) پایگاه دانش، که اطلاعات قواعد و توابع فازی را در خود دارد. ۳) موتور استنتاج، که درواقع مکانیزم استدلال سیستم رامشخص می کند. ۴) نافازی کننده، که خروجی سیستم را به یک عدد قطعی و حقیقی تبدیل می‌کند. مراحل کلی کار در شکل (۱)، نشان داده شده است:



شکل(۱)- بلوک دیاگرام کلی یک سیستم استنتاج فازی

مدل فازی که در این مقاله استفاده شده است مدل معروف ممدانی است [۸].

اطلاعات خبره بر اساس سه پارامتر زیر بیان می شوند:

- انرژی: متغیر انرژی که سطح انرژی یک گره را نمایش می‌دهد.
- پراکندگی: متغیر پراکندگی تعداد همسایه های یک گره را نمایش می‌دهد.
- مرکزیت: متغیر مرکزیت مشخص کننده این است که یک نود چقدر در مرکزیت یک خوشه قرار دارد.

برای پیدا کردن مقدار مرکزیت، هر گره فاصله‌اش را با همسایگان خود محاسبه می‌کند و چون مصرف انرژی برای ارسال یک پیام با مجذور فاصله بین دو گره یعنی d^2 مطابق فرمول (۲) رابطه مستقیم دارد، پس مجموع مجذور آنها را محاسبه می کند. هر چه مقدار محاسبه شده کمتر باشد، شانس یک گره را برای سرخوشه شدن بیشتر می‌شود.

متغیرهای زبانی که برای ورودیهای فازی انرژی و پراکندگی استفاده شده‌اند به سه سطحlow، med و high تقسیم شده اند. برای ورودی فازی مرکزیت متغیرهای زبانیfar, adequate, close نشان دهنده سطح متغیر مورد نظر است. خروجی سیستم فازی که نشان دهنده سطح شانس هر نود برای سرخوشه شدن است هفت سطح very small ,small rather small ,medium ,rather large ,large very large,دارد. با توجه به جدول (۱) تفسیر قوانین به این صورت

است:

مثال: اگر مقدار انرژی یک گره low باشد، تعداد همسایه‌های این گره نیز low باشد و مقدار متغیر مرکزیت آن نسبت به همسایگان نیز close باشد شانس این گره برای سرخوشه شدن small یعنی کم است.

چون ورودیها سه متغیر هستند و هر متغیر نیز سه سطح مختلف می‌تواند داشته باشد، پس جدول قوانین $3^3 = 27$ قانون دارد. تابع عضویت سطوح medium و adequate به صورت مثلثی هستند و تابع عضویت شکل (۲) نشان دهنده مجموعه فازی مربوط به ورودی/ خروجی هستند. سطوح close، far، low، high به صورت ذوزنقه‌ای می‌باشند.

در مرحله نافازی سازی روشی که استفاده شده، روش مرکز ثقل حقیقی است (COG)، به این صورت که مجموعه فازی شانس را می‌گیرد و نقطه ای را مشخص می‌کند که اگر در شکل از این نقطه یک خط به صورت عمودی رسم شود مجموعه مربوطه به دو قسمت مساوی تقسیم می‌شود .

$$COG = (\sum \mu_A(x) * x) / \sum \mu_A(x) \qquad (۴)$$

($\mu_A(x)$: مقدار عضویت x در مجموعه A)

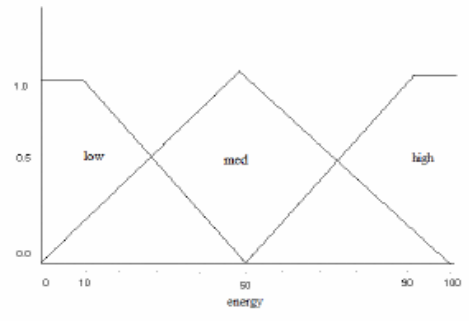
۳- نتایج

برای آزمایش الگوریتم پیشنهادی، از شبیه ساز xmulatorاستفاده کردیم[۹] و مقدار انرژی هر گره بین ۲ تا ۳ ژول تعریف شد. برای اندازه گیری طول عمر شبکه از روش FND (First Node Dies) یا مرگ اولین گره [۸] استفاده شد، یعنی اولین گره ای که انرژی‌اش تمام می‌شود و از شبکه خارج می‌شود. تعداد گره‌های شبکه، ۱۰۰ عدد میباشد که به صورت تصادفی در منطقه توزیع می‌شوند. شکلها و مثالهای زیر به خوبی بیانگر طریقه کارکرد ایده و روش این مقاله است.

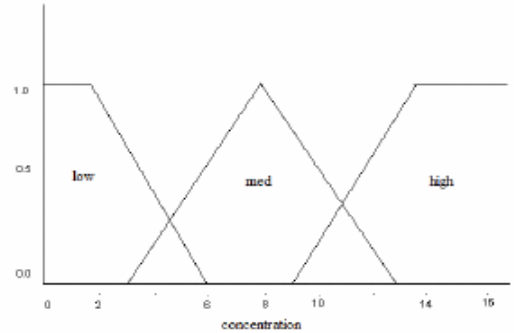
شکل (۶)، مجموعه فازی مربوط به متغیر شانس یک گره را نشان می‌دهد که در مرحله بعد، الگوریتم نافازی‌سازی مرکز ثقل حقیقی یا COG روی آن اجرا می‌شود و یک نقطه روی محور افقی پیدا می‌کند به طوریکه اگر از این نقطه یک خط عمود رسم شود ناحیه بالا به دو قسمت مساوی تقسیم می شود. عدد مربوط به این نقطه نشانگر شانس گره مورد نظر برای سرخوشه شدن است. شکل (۷) بهترین گره‌های شبکه را از لحاظ انرژی، مرکزیت و پارامترهای کلی نشان می دهد. یعنی اینکه کدام گره بیشترین انرژی را در بین بقیه گره ها دارد یا بهترین گره از لحاظ مرکزیت و اینکه کدام گره از لحاظ کلی بیشترین شانس را می تواند داشته باشد.

جدول (۱) – قوانین فازی

	energy	concentration	centrality	chance
1	low	low	close	small
2	low	low	adeq	small
3	low	low	far	vsmall
4	low	med	close	small
5	low	med	adeq	small
6	low	med	far	small
7	low	high	close	rsmall
8	low	high	adeq	small
9	low	high	far	vsmall
10	med	low	close	rlarge
11	med	low	adeq	med
12	med	low	far	small
13	med	med	close	large
14	med	med	adeq	med
15	med	med	far	rsmall
16	med	high	close	large
17	med	high	adeq	rlarge
18	med	high	far	rsmall
19	high	low	close	rlarge
20	high	low	adeq	med
21	high	low	far	rsmall
22	high	med	close	large
23	high	med	adeq	rlarge
24	high	med	far	med
25	high	high	close	vlarge
26	high	high	adeq	rlarge
27	high	high	far	med



شکل(۲) – مجموعه فازی مربوط به متغیر انرژی



شکل(۳) – مجموعه فازی مربوط به متغیر پراکندگی

یک پارامتر، موقعیت خوبی داشته باشد، حتما گزینه خوبی برای سرخوشه شدن نیست بلکه باید به صورت کلی و با درنظر گرفتن تمام جوانب گزینه خوبی برای سرخوشه شدن باشد. مشخصات گره‌هایی که در شکل (۷) به صورت برجسته نشان داده شده، در جدول (۲) آمده‌اند. همان طور که مشاهده می‌شود، گره‌ای که انرژی ۹۹ دارد چون مرکزیت خوبی ندارد باعث می‌شود که بقیه گره‌ها متحمل مصرف انرژی زیادی شوند و به همین دلیل، پارامتر شانس آن کم شده است. در صورتی که گره‌ای که انرژی ۹۷ دارد چون از لحاظ کلی موقعیت خوبی دارد، بیشترین میزان شانس را برای سرخوشه شدن دارد.

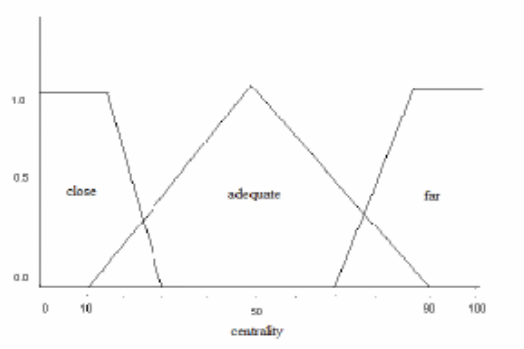
همانطور که تا اینجای کار بیان شد، هدف این است که تمام پارامترها تلفیق شود و گره‌ای را پیدا کنیم که در مجموع، بهترین موقعیت را داشته باشد. ممکن است گره‌ای نسبت به همسایگان خود بیشترین انرژی را داشته باشد ولی از لحاظ مکانی درموقعیتی باشد که گره‌های دیگر برای ارسال داده‌های خود به این گره متحمل مصرف زیادی انرژی شوند. پس چنین عاملی باعث می‌شود که شانس این گره کاهش یابد. با توجه به جدول (۲)، مشاهده می شود که گره اول انرژی بیشتری دارد ولی به صورت کلی وقتی هرسه پارامتر دخیل می‌شوند گره اول شانس بیشتری برای سرخوشه شدن پیدا می‌کند چون از لحاظ دو پارامتر بعدی موقعیت بهتری دارد. برای مقایسه طول عمر، از روش FND استفاده شده و نتایج، برای چهار اجرای متفاوت با الگوریتم LEACH مقایسه شده است.

جدول (۲) – مثالی از مشخصات گره‌ها

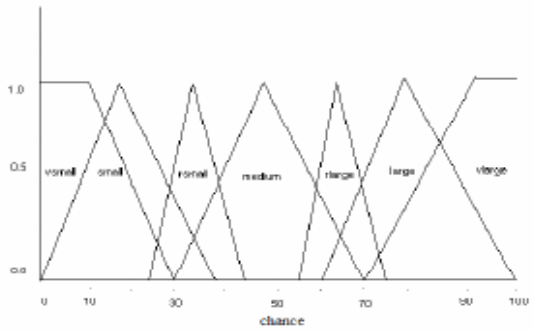
Energy=۹۷	**concentration=۸**	**centrality=۲٤**
Energy_low=۰	Concentration_low =۰	Centrality_close= ۰.٦
energy_med=۰ .۰۲	concentration_med =۱	centrality_adeq=۰. ۳٥
energy_high=۱	concentration_high =۰	centrality_far=۰
Chance=۷٤.۹٤		
Energy=۹۹	**concentration=٤**	**centrality=٤۱**
Energy_low=۰	Concentration_low =۰.٥	Centrality_close= ۰.٦
energy_med=۰ .۰۲	concentration_med =۰.۲	centrality_adeq=۰. ۷۷٥
energy_high=۱	concentration_high =۰	centrality_far=۰
Chance=٥۱.٦۲		
Energy=۱۱	**concentration=٦**	**centrality=۲۲**
Energy_low=۰. ۹۷٥	Concentration_low =۰	Centrality_close= ۰.۸
energy_med=۰ .۲۲	concentration_med =۰.٦	centrality_adeq=۰. ۳
energy_high=۰	concentration_high =۰	centrality_far=۰
Chance=٤۱.٥۸		

جدول (۳) - مقایسه طول عمر در الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم LEACH

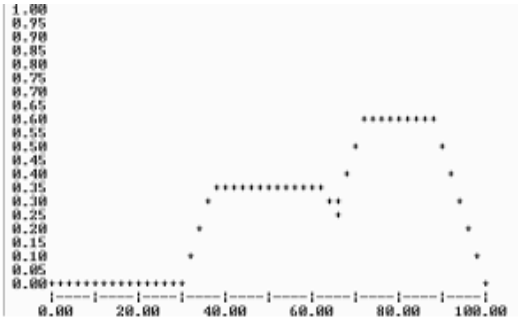
	اجرای اول	اجرای دوم	اجرای سوم	اجرای چهارم
LEACH	۱٥۹۷	۱٥۷۷	۱٦۲۷	۱٥٥۸
Our approach	۲٥۱٦	۲۹۱۸	۲۸۸۴	۲۷۷٦



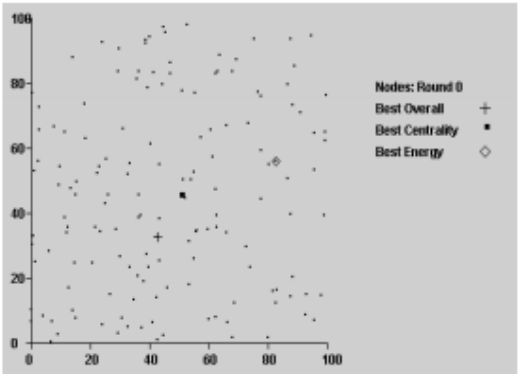
شکل (۴) – مجموعه فازی مربوط به متغیر مرکزیت



شکل (۵) – مجموعه فازی مربوط به متغیر شانس



شکل (۶)- نمایش مجموعه فازی شانس مربوط به یک گره خاص



شکل (۷)- نمایش بهترین گره‌ها با توجه به پارامترهای مساله

همانطور که گفته شد این الگوریتم بیان می کند اگر یک گره، از لحاظ

۴ – نتیجه گیری

در این مقاله، یک روش جدید برای خوشه‌بندی براساس منطق فازی برای انتخاب سرخوشه درشبکه‌های حسگر بی‌سیم ارائه شده است. پارامترهای زیادی می‌توانند در انتخاب یک گره به عنوان سرخوشه دخیل باشند و به علت اینکه هر چه که تعداد پارامترها بیشتر باشد جدول قوانین نیز بزرگتر می‌شود و باعث افزایش محاسبات و مصرف انرژی بیشتری می‌شود سعی شده است اساسی‌ترین و تاثیر گذارترین پارامترها یعنی انرژی، پراکندگی و مرکزیت انتخاب شوند. این روش در قیاس با الگوریتم معروف LEACH کارکرد بهتری دارد.

مراجع

[۱] M. J. Handy, M. Haase, and D. Timmermann, "Low energy adaptive clustering hierarchy with deterministic cluster-head selection," in proc. of ۴th International Workshop on Mobile and Wireless Communications Network, Sept.۲۰۰۲, pp.۳۶۸-۳۷۲.

[۲] Indranil, Gupta, "cluster head election using fuzzy logic for wireless sensor networks," in proc. of the ۳rd Annual Communication Networks and Services Research Conference, ۲۰۰۵.

[۳] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "energy-efficient commu-nication protocol for wireless microsensor networks," in proc. of the ۳۳rd Annual Hawaii International Conference on System Science (HICSS), Maui, HI, jan. ۲۰۰۰.

[۴] W. Heinzelman, A.Chandrakasan, and H.Balakrishnan, "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks," IEEE Transactions on Wireless Communication, Oct. ۲۰۰۲, pp.۶۶۰-۶۷۰.

[۵] Q. Liang, "clusterhead election for mobile ad hoc wireless network," in proc. of ۱۴th IEEE international symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications, ۲۰۰۳.

[۶] Yaoyao, Yin, "cluster head selection using analytical hierarchy process for wireless sensor networks," ۱۷th annual IEEE international symposium on personal, indoor and mobile communication, ۲۰۰۶.

[۷] G. Gupta, "Load-balanced clustering of wireless sensor networks," in proc ۱۴th IEEE international symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Commun-ication, ۲۰۰۵.

[۸] M. J. Handy, M. Hasse, and D.Timmermann, "Low energy adaptive clustering hierarchy with deterministic cluster-head selection," in proc. of ۴th International Workshop on Mobile and Wireless Communications Network, ۲۰۰۲.

[۹] Nayebi. A, Meraji. S, Shamaei. H, Sarbazi-Azad. H, "XMulator: A Linear-Based Integrated Simulation Platform for Interconnection Networks," First Asia International Conference on Modeling and Simulation (IEEE-AMS۰۷), ۲۰۰۷.