

خود مکان‌یابی در شبکه‌های حسگر با استفاده از منطق فازی

ساناز کیانوش^۱، آرش دانا^۲

۱- کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، Sa_kianoush@yahoo.com

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، a_dana@iauctb.ac.ir

چکیده

شبکه حسگر شبکه بی‌سیم شامل حسگرهای کوچک و با هزینه پائین می‌باشند که اطلاعات محیطی را جمع‌آوری و منتشر می‌کنند. مکان‌یابی در شبکه حسگر بی‌سیم در چند دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. یک شبکه حسگر شامل تعداد زیادی گره می‌باشد که برخی از آنها تحت عنوان گره راهنما شناخته می‌شوند، که گره راهنما دارای موقعیت مکانی مشخص می‌باشد و در جهت مکان‌یابی سایر گره‌ها کمک می‌کند. این تحقیق ترکیبی از تکنیک مکان‌یابی پیشرفته^۱ Ad-hoc، تکنیک انرژی دریافتی سیگنال^۲ و استفاده از منطق فازی برای تخمین موقعیت گره‌ها در شبکه‌ای با ۲۰۰ گره است. در این شبکه ۲۰٪ گره‌ها به عنوان گره راهنما عمل می‌کنند و این گره‌ها در مکان‌یابی ۱۶۰ گره باقیمانده شرکت خواهند داشت. برای مکان‌یابی لازم است ۴ عدد از بهترین گره‌های راهنما انتخاب شوند. گره راهنما نزدیک به گره نامشخص، به عنوان بهترین گره راهنما فرض شده است. در چنین شبکه گسترده‌ای پیدا کردن فاصله کل گره‌های نامشخص از گره‌های راهنمای موجود کار وقت‌گیری خواهد بود با کمک منطق فازی، قرار دادن محدودیت فاصله و انتخاب نزدیک‌ترین گره راهنما به گره نامعین می‌توان ۴ عدد از نزدیک‌ترین گره‌های راهنما را انتخاب کرد. در این حالت همان‌طور که شرح داده خواهد شد میزان خطا به دلیل انتخاب گره‌های نزدیک کاهش پیدا می‌کند، سپس با استفاده از تکنیک مکان‌یابی مکان گره‌ها تعیین می‌شود. فازی این امکان را به ما می‌دهد که با استفاده از احتمالات و قوانین فازی، مکان‌یابی در زمانی کمتر از ۲،۴ ثانیه با متوسط انحراف خطای مکان‌یابی $Z = 0,4597$ انجام گیرد.

واژه‌های کلیدی

شبکه حسگر، گره راهنما، سیستم مکان‌یابی Ad-hoc، منطق فازی.

۱- مقدمه

انجام آن می‌باشند [۱]. سابقاً شبکه‌های حسگر شامل چندین گره کوچک که به یک مرکز پردازش سیم‌کشی شده بودند را شامل می‌شد. اما امروزه تاکید بر بیسیم بودن آنها و متراکم بودن گره‌ها است. هنگامی که موقعیت دقیق یک پدیده مشخص نیست. حسگرهای متراکم تر، مکان دقیق‌تری را نسبت به یک تک حسگر می‌توانند نمایش دهند. در بسیاری از موارد گره‌های متعدد می‌بایست بر موانع محیطی مانند موانع ناشی از محدودیت‌های حوزه دید غلبه کنند. در خیلی از موارد محیطی که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد زیربنایی برای انرژی یا ارتباط موجود ندارد. برای گره‌ها ضروری است که بتواند با منابع انرژی محدود و کوچک از یک کانال ارتباطی بی‌سیم کوچک ارتباط برقرار کند. از موارد دیگری که

گسترش اخیر تکنولوژی منجر به رشد در زمینه ابزارهای توزیع ارزان‌قیمت، کوچک با مصرف کم شده است، که قادر به پردازش محلی و ارتباطات بی‌سیم می‌باشند. این گره‌ها، گره‌های حسگر نامیده می‌شوند. هر گره حسگر قادر به پردازش قسمت محدودی می‌باشد ولی وقتی اطلاعات مربوط به گره‌های مختلف در کنار هم قرار می‌گیرند توانایی اندازه‌گیری و ارزیابی محیط فیزیکی را با جزییات دارا می‌باشند بنابراین شبکه حسگر به عنوان مجموعه‌ای از گره‌های حسگر که به منظور خاصی در کنار هم قرار داده می‌شوند تعریف می‌گردد. برخلاف شبکه‌های قدیمی شبکه‌های حسگر جدید برای انجام نقش خود وابسته به چگونگی انتشار و دسته‌بندی برای

۲- مکان یابی^۸

در بسیاری از موارد گره‌ها در حالت Ad-hoc گسترش پیدا می‌کنند تشخیص مکان گره‌ها در سیستم مختصات فضائی مسئله مربوط به مکان‌یابی می‌باشد [۳].

در یک شبکه گره‌ها به‌صورت تصادفی گسترش پیدا می‌کنند به‌طوری‌که هیچگونه دانشی از موقعیت گره‌ها وجود ندارد. مسئله تخمین موقعیت فضائی مسئله‌ای به نام مکان‌یابی را مطرح می‌کند اولین ابزاری که جهت تخمین موقعیت به ذهن می‌رسد سیستم موقعیت‌یاب جهانی^۹ می‌باشد چندین فاکتور مهم در ارتباط با عدم استفاده از GPS وجود دارد:

الف- فقط می‌تواند در فضای باز مورد استفاده قرار بگیرد.

ب- دریافت‌کننده‌های آن گران هستند و برای استفاده در ساختار کوچک و ارزان گره‌های حسگر مناسب نمی‌باشند.

ج- در حضور موانع مانند شاخه و برگ درختان درست عمل نمی‌کنند بنابراین گره‌های شبکه برای تعیین موقعیت نیاز به استفاده از ابزاری دیگری دارند.

از تکنیک‌هایی که امروزه برای این کار در نظر گرفته می‌شود تکنیک‌های سه‌وجهی و چندوجهی^{۱۰} می‌باشد یک راه برای تشخیص این است که شبکه به‌صورت سلسله مراتبی^{۱۱} در نظر گرفته شود یعنی گره‌هایی به‌صورت هدایت‌گر عمل کنند که این گره‌ها موقعیت خود را می‌دانند و گره‌های دیگر با توجه به موقعیت این گره‌ها مکان خود را پیدا می‌کنند باید توجه کرد که موقعیت گره‌های راهنما می‌تواند به‌صورت دوره‌ای تغییر کند گره‌هایی که موقعیت آنها مشخص نمی‌باشد به اطلاعاتی که از گره‌های راهنما می‌رسد گوش فرا می‌دهند و از اطلاعات آنها جهت محاسبه موقعیت واقعی خود استفاده می‌کنند. ساده‌ترین روش این است که مکان خود را بر اساس مرکز ثقل همه موقعیت‌هایی که به‌دست آمده است محاسبه می‌کنند که این تکنیک مجاورتی^{۱۲} نامیده می‌شود. واضح است که همه گره‌ها دسترسی به گره راهنما ندارند در این حالت گره‌هایی که موقعیت خود را بدین طریق به‌دست آورده‌اند به عنوان راهنما برای گره‌های دیگر عمل می‌کنند. که این تکنیک، چند وجهی پی‌درپی^{۱۳} نامیده می‌شود [۵].

روش چند وجهی پی‌درپی منجر به ایجاد خطای مکان‌یابی می‌گردد. از آنجایی که الگوریتم‌های مکان‌یابی از روش‌های چند وجهی استفاده می‌کنند یک مرور کوتاه بر این روش شده است تصور کنید فرد A می‌خواهد موقعیتش را در فضای دو بعدی پیدا کند. فرض کنید فرد A از نقطه x، ۱۰ کیلومتر فاصله دارد A می‌داند در یک دایره به شعاع ۱۰ کیلومتر از نقطه x قرار دارد و اگر از نقطه y، ۲۰ کیلومتر فاصله داشته‌باشد و اگر از نقطه z، ۳۰

شبکه‌های حسگر می‌بایست دارا باشند توانایی پردازش به صورت متراکم می‌باشد از آنجایی که ارتباطات اصلی‌ترین مصرف‌کننده انرژی است، یک سیستم متمرکز سیستمی است که گره‌ها در آن در فواصل طولانی که منجر به تخلیه انرژی حسگرها می‌گردد بتوانند ارتباط برقرار کنند. بنابراین روش مناسب این است اطلاعات تا حد امکان برای اینکه نرخ بیت انتقالی مینیمم گردد به‌صورت محلی پردازش گردد.

۱-۱- کاربرد شبکه حسگر

شبکه‌های حسگر دارای کاربردهای متفاوتی هستند به‌عنوان مثال شامل نظارت^۳ محیطی مثلاً هوا، خاک، آب، نظارت محل سکونت (باشناسایی از روی گیاه، جمعیت و...) همچنین شناسایی زمین‌لرزه، مراقبت نظامی، مسیریابی^۴ و غیره می‌باشد.

۱-۲- مزایای استفاده از شبکه حسگر

علی‌رغم کاربردهای گوناگون شبکه‌های حسگر به چند دلیل می‌تواند مورد رقابت قرار بگیرد.

الف - انتشار به شیوه Ad-hoc^۵

بیشتر گره‌های حسگر در نواحی بدون زیر بنا گسترش پیدا می‌کنند. یک روش عمومی برای انتشار در جنگل پرتاب گره‌های حسگر از هواپیما می‌باشد که در این حالت گره‌ها باید خودشان توزیع پیدا کنند و ارتباط را شناسایی کنند.

ب - عملیات خودکار^۶

در بسیاری از موارد شبکه‌های حسگر هنگام نشر و گسترش نیازی به دخالت بشر ندارند از آنجایی که گره‌ها خودشان می‌بایست تغییرات را بازسازی کنند. یا به‌عبارتی خودشان را پیکربندی کنند.

ج - مصرف انرژی

گره‌های حسگر به هیچ منبع انرژی متصل نیستند فقط یک منبع محدود انرژی وجود دارد که بایستی به صورت بهینه برای پردازش و ارتباط به کار گرفته شود نکته جالب اینجاست که میزان مصرف انرژی در ارتباط بر مصرف انرژی در پردازش غلبه می‌کند بنابراین استفاده از انرژی تا حد امکان در ارتباط می‌بایست مینیمم گردد.

د - تغییرات دینامیکی^۷

شبکه حسگر باید قادر باشد با تغییراتی که در اتصالات پیش می‌آید وفق پیدا کند به‌عنوان مثال افزایش تعداد گره‌ها منجر به تداخل بین گره‌ها می‌شود. علاوه بر آن باید بتواند تغییرات در تحریک‌های محیطی را درست تحلیل کند بنابراین مهمترین مسئله‌ای که در این شبکه‌ها می‌بایست در نظر گرفته شود افزایش طول عمر سیستم در کنار ظریف کردن سیستم می‌باشد.

مهم می‌باشد و بیانگر تراکم شبکه است که طبق فرمول زیر بیان می‌شود [۱۰].

$$\mu(R) = \frac{N \pi R^2}{A} \quad (1)$$

که در آن N ، تعداد گره‌ها، A مساحت و R ماکزیمم دامنه ارتباط رادیویی گره است.

۲-۱- تکنیک مکان یابی

این تکنیک‌ها عبارتند از [۹]:

الف- زمانی^{۱۴}: فاصله بین گره دریافت‌کننده و نقطه مرجع که توسط مدت زمان گریز سیگنال ارتباطی از نقطه مرجع تا دریافت اندازه‌گیری می‌شود که نمونه‌های آن زمان رسیدن^{۱۵} و اختلاف در زمان رسیدن^{۱۶} هستند [۱۱].

ب- انرژی سیگنال^{۱۷}:

هنگامی که یک سیگنال منتشر می‌گردد با توجه به مسافتی که جابه‌جا می‌شود تضعیف اتفاق می‌افتد و از این طریق فاصله به دست می‌آید.

ج- صوتی^{۱۸}

در این روش با توجه به انرژی صوت ارسالی توسط گره‌ها و دریافت آن توسط گره‌های دیگر مکان یابی انجام می‌گیرد [۱۲].

د- Ad-hoc-RF-Based^{۱۹}

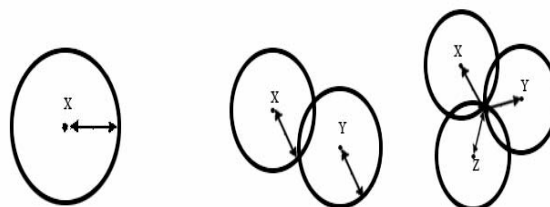
بسیاری از سیستم‌های حسگر امروزه از این تکنیک استفاده می‌کنند. از میان روش‌های مکان یابی روش فرکانس رادیویی در سیستم Ad-hoc با مصرف پایین انرژی و قابل انطباق پیشنهاد می‌گردد [۴]. انتقال دهنده‌های فرکانس رادیویی ارزان‌تر و کوچک‌تر نسبت به دریافت‌کننده‌های GPS می‌باشد.

در زیرساخت بدون محدودیت گسترش به صورت Ad-hoc می‌باشد. هر گره موقعیت خودش را به عنوان مرکز ثقل موقعیت‌های گره‌های مرجع مشخص شده انتخاب می‌کند.

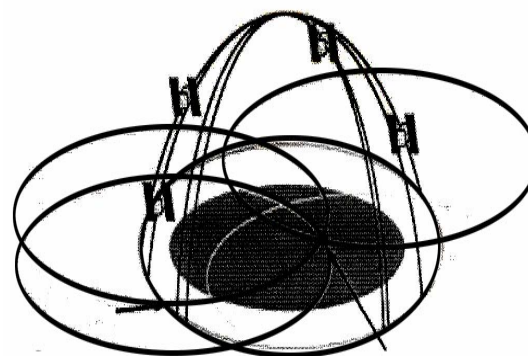
$$\{X_{est}, Y_{est} = (x_{i1} + \dots + x_{ik})/k, (y_{i1} + \dots + y_{ik})/k\} \quad (2)$$

اگر $x_{i1}-y_{i1}$ بیانگر موقعیت اولین نقطه مرجع باشد و به همین ترتیب ادامه می‌یابد.

کیلومتر فاصله داشته باشد حال نقطه A می‌داند که هر کدام از آن دو نقطه تقاطع در یک نقطه با هم برخورد می‌کنند روش مذکور این امکان را به ما می‌دهد که فرد A موقعیت خود را چنانچه فاصله آن از موقعیت‌های مشخص شده دیگر معلوم باشد پیدا کند این روش در فضای سه بعدی نیز گسترش پیدا می‌کند در این حالت به جای دایره‌ها کره‌ها قرار دارند چهار کره مورد نیاز می‌باشد شکل (۱) و (۲) به ترتیب این روش را در فضای دو بعدی و سه بعدی نمایش می‌دهد.



شکل ۱- مکان یابی در فضای دو بعدی به روش چند وجهی



شکل ۲- نحوه مکان یابی سیستم موقعیت یاب جهانی

زمانی که از این تکنیک استفاده می‌شود این سوال مطرح است که تعداد راهنماهای اولیه چگونه تعیین و منتشر می‌گردند. اگر تعداد راهنماها زیاد باشد منجر به تداخل بین راهنماها می‌گردد و اگر تعداد آنها کم باشد نیز بسیاری از گره‌ها می‌بایست موقعیت‌شان را در این تکنیک پیدا کنند روش‌هایی برای حل این مشکل وجود دارد از آنجایی که تعداد گره‌ها در مساحت مشخص

۲-۲- منطق فازی

الف- مجموعه فازی^{۲۰}

اگر U مجموعه جهانی و x یک عضو از آن باشد آنگاه مجموعه فازی A در U با یک مجموعه از زوج‌های مرتب به صورت زیر تعریف می‌شود: [۷]

$$A = \{x, \mu_A(x) \mid x \in U\} \quad (۳)$$

که در آن $\mu_A(x)$ تابع عضویت مجموعه A می‌باشد، که محدوده تغییرات $\mu_A(x)$ بین $[0, 1]$ بوده که صفر به معنای عدم عضویت مطلق و یک نیز به معنای عضویت مطلق می‌باشد. اعداد بین این دو مقدار به معنی درجه عضویت عنصر به مجموعه فازی مربوطه می‌باشد.

ب- تابع عضویت^{۲۱}

مفهوم درجه عضویت عدم قطعیت ناشی از مفاهیم از دیدگاه انسان است. به عبارتی اگر از یک مجموعه فازی، یک درجه عضویت داده شود تابعی حاصل می‌شود که تابع عضویت نامیده می‌شود. به طور کلی توابع عضویت برای کلیه حالات ممکن از یک متغیر توصیفی مجموعاً در یک نمودار رسم می‌گردند.

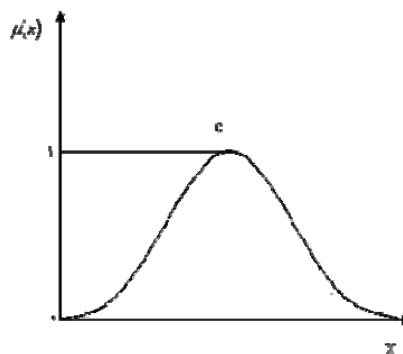
ج- انواع توابع عضویت استاندارد

در اکثر مقالات علمی از پنج نوع توابع استاندارد استفاده می‌گردد. این توابع عبارتند از: توابع نوع مثلثی Δ ، نوع π (دورزنقه‌ای)، گوسی، نوع Z و نوع S .

د- تابع عضویت گوسی

این تابع عضویت با دو پارامتر مرکز یا میانگین منحنی (c) و انحراف معیار (σ) تعریف می‌شود:

$$f(x, \sigma, c) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (۴)$$



شکل ۳- نمودار تابع عضویت گوسی

۲-۳- تکنیک انرژی دریافتی سیگنال^{۲۲}:

این روش انرژی دریافتی سیگنال را اندازه‌گیری می‌کند. با توجه به اینکه مقدار انرژی انتقال در ابتدا چقدر بوده‌است، می‌تواند اتلاف انرژی را محاسبه کند [۲]. و این اتلاف انرژی تخمینی از فاصله به ما می‌دهد. این روش اساساً برای سیگنال‌های RF استفاده می‌شود. عنوان مثال سیستم رادار از این تکنولوژی استفاده می‌کند. مزیت این روش این است که نیاز به سخت افزارهای جانبی وجود ندارد همچنین هزینه ارتباطی آن پایین است. تکنولوژی RF نشان داده‌است که اگر نوع انتشار سیگنال به صورت مستقیم نباشد تخمین فاصله، دقیق نخواهد بود. بنابراین مدل انتشاری که انتخاب می‌کنیم در دقت تخمین تاثیر به‌سزایی دارد [۴].

سه مدل برای انتشار وجود دارد:

۱- مدل فضای باز.

۲- مدل انعکاسی دو آرایه‌ای.

۳- مدل سایه‌ای.

مدل فضای باز و مدل دو آرایه‌ای انرژی دریافتی را به عنوان تابعی از فاصله پیش‌بینی می‌کنند. در هر دو مدل ناحیه ارتباطی به صورت یک دایره ایده‌آل فرض می‌شود. در واقع انرژی دریافتی در یک فاصله مشخص مرتبط با اثرات چند مسیری می‌باشد به همین دلیل مدل سایه‌ای کاربرد بیشتری دارد.

مدل سایه‌ای، مدل دایره ایده‌آل را به یک مدل آماری گسترش می‌دهد یعنی گره‌ها می‌توانند با توجه به آنکه در دامنه ارتباطی قرار داشته باشند از روی احتمال زمانی با یکدیگر ارتباط برقرار کنند [۵]. مدل سایه‌ای شامل دو قسمت می‌باشد. قسمت اول انرژی دریافتی در فاصله d را پیش‌بینی می‌کند و آنرا با $p_r(d_1)$ نمایش می‌دهد و قسمت دوم به صورت لگاریتمی با توزیع گوسی و میانگین صفر که با db اندازه‌گیری می‌شود. ما در این تحقیق برای ساده‌سازی از قسمت دوم صرف‌نظر کردیم.

فرض بر آن است که در فاصله d_0 انرژی دریافتی $p_r(d_0)$ باشد و داریم:

$$\frac{p_r(d_0)}{p_r(d_1)} = \left(\frac{d}{d_0}\right)^\alpha \quad (۵)$$

α ضریب اتلاف مسیر نامیده می‌شود.

و مقادیر آن در شرایط مختلف محاسبه شده‌است جدول (۱) مقادیر مختلف α را نمایش می‌دهد. مقادیر بالاتر مربوط به فضاهایی است که در آن موانع وجود دارد و بالطبع انرژی دریافتی کاهش بیشتری خواهد داشت. در این تحقیق $\alpha=2$ فرض شده‌است.

جدول ۱- مقادیر α در محیط‌های گوناگون

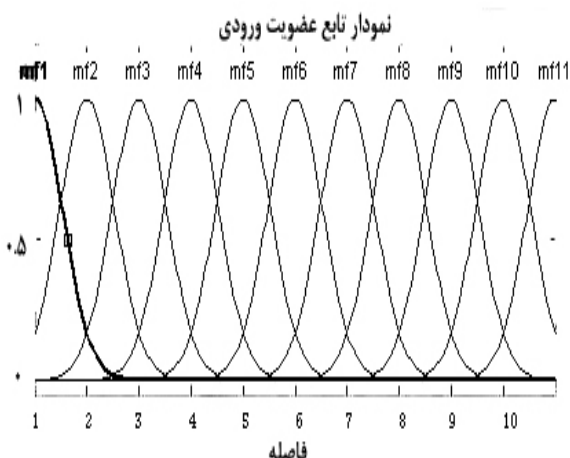
محیط		A
محیط باز	هوای آزاد	2
	جنگل	2/7- 5
داخل ساختمان	بدون مانع	1/6-1/8
	با مانع	4-6

ب- منطق فازی تابع ورودی را فاصله گرہها از هم و تابع خروجی را یک درجه اعتبار بین 0-1 در نظر می‌گیرد بدین ترتیب که فواصل بالا درجه اعتبار کم و بالعکس همچنین محدودیت فاصله در حدود 10 متر را نیز قرار می‌دهیم و گرہها را به دو دسته در ناحیه و خارج ناحیه تقسیم‌بندی می‌کنیم. بنابراین پروسه انتخاب در مدت زمان کوتاه با خروجی درجه اعتبار به‌دست می‌آید در این شبیه‌سازی از نرم‌افزار MATLAB 7.1 تحت سیستم عامل XP و کامپیوتری با مشخصات CPU 1.8 DUAL و دو گیگا بایت حافظه استفاده شده‌است. جدول (۲) منطق استفاده شده در فازی را بر حسب فاصله و تخصیص درجه اعتبار نشان می‌دهد. به‌طوری‌که گرہهایی را که در فاصله ۰-۱۰ متری قرار دارد درجه اعتباری بین ۰-۱ اختصاص می‌دهد با افزایش فاصله درجه اعتبار کاهش پیدا کرده و به گرہهایی که در فاصله بیشتر از 10 متر قرار دارند درجه اعتبار صفر اختصاص می‌دهد که در تخمین موقعیت تاثیری نخواهند داشت.

جدول ۲- رابطه درجه اعتبار و فاصله

درجه اعتبار	فاصله	در ناحیه
0-1	0-10	در ناحیه
0	0>10	خارج ناحیه

توابع ورودی و خروجی و تابع ارتباطی در شکل‌های (۴)، (۵) و (۶) نشان داده شده‌است.



شکل ۴- تابع ورودی (فاصله گرہها نسبت به یکدیگر)

۳- شبیه‌سازی سیستم و نتایج

از آنجائیکه انرژی دریافتی توسط گرہها به‌صورت زیر به‌دست می‌آید [۶].

$$P_{rec} = \frac{P_0}{4\pi r^2} \lambda^2 G \quad (۶)$$

که در آن G گین آنتن گیرنده، λ طول موج، P_0 انرژی ارسال و r دامنه ارتباطی می‌باشد.

با توجه به انرژی دریافتی و نوع فضایی که در آن مکان‌یابی انجام می‌شود می‌توان تخمینی از فاصله به‌دست آورد. در این تحقیق یک شبکه حسگر با تعداد ۲۰۰ گرہ در نظر گرفته شده‌است 20٪ از گرہهای موجود در شبکه گرہهای راهنما هستند که موقعیت خودشان را می‌دانند بنابراین هدف به‌دست آوردن موقعیت مکانی ۱۶۰ گرہ نامشخص می‌باشد از آنجایی‌که با داشتن ۴ گرہ راهنما می‌توان مختصات گرہ نامشخص را به روش APS به‌دست آورد [۳].

در نتیجه باید بتوان ۴ گرہ راهنما از میان راهنماهای موجود پیدا کرد در این تحقیق سعی بر پیدا کردن ۴ تا از بهترین گرہهای راهنما می‌باشد. از آنجایی‌که براساس تئوری انرژی دریافتی سیگنال تخمینی از فاصله بین گرہها می‌تواند بدهد و هرچه فاصله بیشتر انرژی دریافتی کمتر و فاصله تخمینی، خطای بیشتری خواهد داشت بنابراین می‌توان ۴ عدد از نزدیکترین گرہها را به عنوان بهترین گرہها انتخاب کرد.

الف- برای هر گرہ فاصله آن از گرہهای راهنما موجود تخمین زده می‌شود و این تخمین در کل شبکه گسترش می‌یابد تخمین فاصله با توجه به انرژی دریافتی گرہها تخمین زده می‌شود با توجه به آنکه درکل شبکه به‌دست آوردن فاصله ۲۰۰ گرہ از هم کار بسیار وقت‌گیری است از منطق فازی و قوانین آن استفاده می‌کنیم.

مختصات نقطه نامشخص را یافت و آن را در کل شبکه تعمیم داد. بدین ترتیب در مدت زمان کوتاهی می‌توان مکان ۱۶۰ گره نامعلوم را پیدا کرد.

د- با توجه به آنکه تکنیک به‌کار گرفته شده دارای خطا می‌باشد [۸]. و طبق تعریف، خطا برابر است با :

$$LE = ((x - x_{est})^2 + (y - y_{est})^2 + (z - z_{est})^2)^{0.5} \quad (7)$$

باید سعی بر آن باشد که خطا مکان‌یابی افزایش پیدا نکند ما خطا را در مراحل مختلف محاسبه کرده‌ایم به ازای درجه اعتبار بالاتر خطای کمتری به دست می‌آید به صورت آماری انحراف از میزان نرمال z را به دست آورده‌ایم که مقدار آن $z = 0.4597$ به دست آمده است و به لحاظ آماری خطا اختلاف معنی داری با صفر ندارد و قابل قبول می‌باشد بنابراین مشخص می‌گردد که استفاده از قوانین فازی خطا در مکان‌یابی را افزایش نداده است.

$$z = \frac{x - m}{\sigma} \quad (8)$$

که در آن z, x, m, σ : به ترتیب انحراف از مقدار نرمال، داده، مقدار میانگین و انحراف معیار می‌باشد.

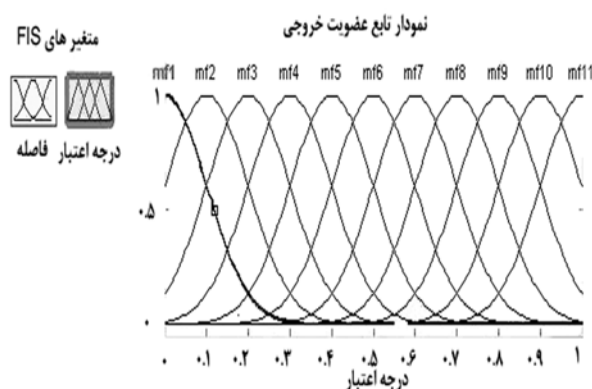
جدول (۳) خطای مکان‌یابی را برای گره‌های مختلف در اجرای برنامه نشان می‌دهد.

جدول ۳- خطای مکان‌یابی شبکه شبیه‌سازی شده در گره‌ها

شماره گره	1	56	148	152
خطای مکان یابی	0.033	0.1147	0.0966	0.8421

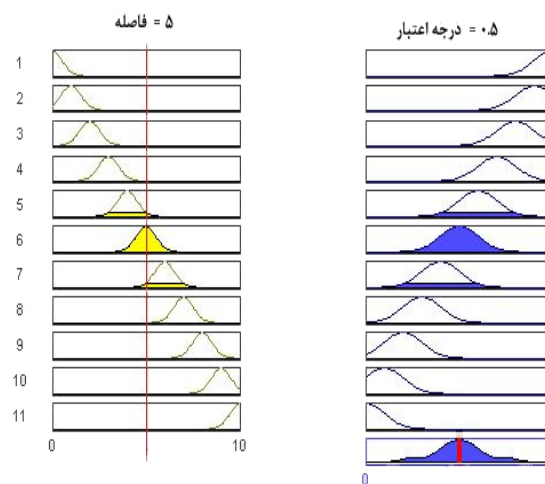
همان‌طور که از داده‌های جدول مشخص است خطای مکان‌یابی در حد مطلوبی می‌باشد البته با توجه به اینکه فرمول‌های استفاده شده صددرصد دقیق نیستند پرش‌هایی نیز در خطا مشاهده می‌شود که با محاسبه z که پیشتر راجع به آن توضیح داده شد به این نتیجه می‌رسیم که در مجموع انحراف از حالت استاندارد مطلوب می‌باشد. به عنوان نمونه $z = 0.4597$ محاسبه شده است. و به لحاظ آماری بدین معناست که میزان خطا اختلاف معنی داری با صفر ندارد.

همان‌طور که در شکل (۴) نشان داده شده است ورودی فاصله گره‌ها از یکدیگر است که فواصل بین ۰-۱۰ را به فواصل ۱ متری تقسیم کرده‌ایم و چون هدف پیدا کردن مناسب‌ترین فاصله است برای هر یک از این فواصل درجه اعتباری قائل شده‌ایم که در شکل (۵) به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۵- تابع خروجی (درجه اعتبار)

همان‌طور که مشخص است در شکل (۶) هر چه فاصله کمتر درجه اعتبار بیشتر می‌شود و فواصل بالای ۱۰ متر درجه اعتبار صفر را دارا می‌باشد.



شکل ۶- رابطه بین تابع ورودی و خروجی

مثلاً در فاصله ۵ متر درجه اعتبار ۰,۵ را داریم هدف یافتن ۴ عدد از بهترین درجه اعتبار می‌باشد.

ج- پس از یافتن ۴ گره راهنما مناسب مطابق تکنیک APS و برخورد ۴ گره که شعاع آنها فواصل انتخاب شده می‌باشد می‌توان

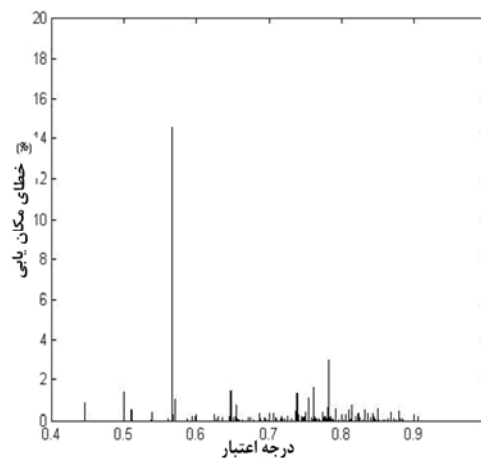
- communications and Networking Conference 2006 Las vegas, January, 2006.
- [4] D. Niculescu, B. Nath, " **Ad hoc positioning system (aps)** ", IEEE Globecom conf.. pages 2926-2931, 2001.
- [5] K. Cheng, V. Tam and K. Lui, " **Improving Aps with Anchor Selection in Anisotropic Networks**", In proceedings of International Conference on Networking and Services (ICN.OS), Oct., 2005.
- [6] H. Lim, J. C. How, " **Localization for Anisotropic Sensor Networks**", in IEEE Infocom, 2005.
- [7] A. Gopal Dhane, J. Lee and S. Jayasurya, " **Using Fuzzy Logic for Localization in Mobile Sensor Networks** ", American control conference, Minnea polis, Minnesota, USA, June14-16, 2006.
- [8] K. Liu, S. Wang , Y. Ji , X. Yang and Hu , " **On Connectivity for Wireless Sensor Networks Localization**", IEEE international conference on telecommunication, South Africa, May, 2005.
- [9] X. Nguyen, M. Jordan and Sinopolia, " **A Kernel-Based learning Approach to Ad Hoc Sensor Network Localization**", university of california, Berkeley, ACM Transactions on Sensor Networks, August, 2005, pages134-152.
- [10] T. He, C. Huang and B. M. Blum " **Range-Free localization Schemes for Large Scale Sensor Networks** "IEEE Trans on Signal processing, Mobicom03, september14-19, san Diego, california , 2003.
- [11] K. D. Frompton, " **Acoustic Self -Localization in a Distributed Sensor Network**" IEEE Sensors Journal, Vol. 6, No.1, February, 2006.

۶- پی‌نوشتها

- 1- Ad-hoc Positioning System
- 2- Received Signal Strength Indicator
- 3- Monitoring
- 4- Routing
- 5- Ad-hoc Deployment
- 6- Unattended Operation
- 7- Daynamic Changes
- 8- localization
- 9- Global Positioning System
- 10- Trilateration -Multilateration
- 11- Hierachical Processing
- 12- Proximity – Based-localization
- 13- Iterative Multi Lateration
- 14- Timing
- 15- Time of Arriving(TOA)

۴- نتیجه‌گیری :

استفاده از قوانین فازی در یک شبکه با تعداد گره‌های بالا سرعت مکان‌یابی را بسیار افزایش می‌دهد در این تحقیق سرعت پردازش برای ۱۶۰ گره حدوداً ۲،۴ ثانیه با شرایط نرم افزاری ذکر شده به‌دست آمده‌است. در حالتی که در شرایط مشابه با استفاده از تکنیک APS پیشرفته در شبکه‌ای شامل 150 گره بدون استفاده از قوانین فازی ۲۴ ثانیه به‌طول انجامیده است [۲]. این تحقیق نشان می‌دهد استفاده از این تکنیک خطای قابل قبولی دارد و چنانچه بتوان با قوانین فازی و استفاده از دیگر تکنیک‌های مکان‌یابی در شرایط مشابه شبیه‌سازی کرد و نتایج به‌دست آمده را مقایسه کرد نتایج بسیار جالبی به‌دست خواهد آمد.



شکل ۷- رابطه خطای مکان یابی با درجه اعتبار

شکل (۷) خطای مکان‌یابی و ارتباط آن با اعتبار را نشان می‌دهد همان‌طور که مشخص است با افزایش درجه اعتبار خطا به‌صورت قابل قبولی کاهش پیدا می‌کند.

۵- مراجع

- [1] A. Bharathidasan, V. Anand Sai Ponduru " **Sensor Networks** ", IEEE communication magazine, August, 2002.
- [2] X. Shen, Z. Wang, P; Jiang, R. lin and Y. Sun, " **Connectivity and RSSI Based Localization Scheme for Wireless Sensor Networks**", Journal of Telecommunication Systems, 2003.
- [3] V. Tam, K. Cheng and K. S. Lui, " **Using Micro-Genetic Algorithms to Improve Localization in Wireless Sensor Networks** " Department of Electrical and Electronic Engineering the university of Hong Kong, IEEE consumer

-
- 16- Diference of Time of Arriving(TDOA)
 - 17- Signal Strength
 - 18- Acoustic
 - 19- Radio Frequency
 - 20- Fuzzy Set
 - 21- Membership Function
 - 22- RSSI