

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشکده کامپیوتر و فناوری اطلاعات

کارشناسی ارشد (تجارت سیار)

ارائه روش تخمین موقعیت برای محیط های درونی با استفاده از شبکه عصبی  
مدار شعاعی

نگارش: ماندانا وزیری

استاد راهنما: دکتر محمد کاظم اکبری

استاد مشاور: دکتر مهدی دهقان

بهمن ۱۳۸۵

## فهرست

۱	۱. مقدمه
۲	۱.۱. مقدمه
۶	۱.۲. روشهای متفاوت تعیین موقعیت
۶	۱.۲.۱. استفاده از سیستم موقعیت شناسی جهانی
۹	۱.۲.۲. استفاده از سنسورهای ثابت
۱۳	۱.۲.۳. استفاده از تکنیک انگشت‌نگاری محلی (Location Fingerprinting)
۱۴	۲. روش انگشت‌نگاری محلی
۱۵	۲.۱. تخمین موقعیت به روش انگشت‌نگاری محلی (Location Fingerprinting)
۱۶	۲.۲. کلیات روش
۱۷	۲.۳. بیان ریاضی روش انگشت‌نگاری محلی
۲۰	۲.۴. الگوریتم‌های تعیین موقعیت در روش انگشت‌نگاری محلی
۲۱	۲.۴.۱. روش نزدیک‌ترین همسایه
۲۳	۲.۴.۱.۱. سیستم مطرح شده بر اساس روش همسایه نزدیک
۲۸	۲.۴.۲. شبکه‌های عصبی
۲۹	۲.۴.۲.۱. سیستم‌های معرفی بر اساس شبکه عصبی
۳۳	۲.۴.۳. روش احتمالی
۳۵	۲.۴.۳.۱. سیستم مطرح شده بر اساس روش احتمالی
۳۸	۲.۴.۴. روش ماشین بردار حمایتی

۳۹	سیستم مطرح شده بر اساس روش احتمالی	۲,۴,۴,۱
۴۱	۳. تئوری روش پیشنهادی	
۴۳	۳,۱ کلیات و تئوری روش پیشنهادی	
۴۳	۳,۲ مروری بر شبکه های عصبی	
۴۲	۳,۳ خصوصیت های اصلی شبکه عصبی (یادگیری و تعمیم)	
۴۴	۳,۴ شبکه RBF	
۴۴	۳,۴,۱ مقدمه	
۴۵	۳,۴,۲ ساختار شبکه عصبی شعاعی	
۴۸	۳,۴,۳ تعیین پارامترها	
۴۹	۳,۴,۳,۱ عیین موقعیت مراکز	
۴۹	۳,۴,۳,۱,۱ روش خوشه بندی	
۵۰	۳,۴,۳,۱,۲ الگوریتم k میانگین	
۵۰	۳,۴,۳,۲ تعیین انحراف استاندارد	
۵۱	۳,۴,۳,۲,۱ روش کیلز	
۵۱	۳,۴,۳,۲,۲ الگوریتم نزدیکترین p همسایه	
۵۱	۳,۴,۳,۳ آموزش ماتریس وزن لایه خروجی	
۵۱	۳,۴,۳,۳,۱ یادگیری تعدیلی	
۵۳	۳,۴,۳,۳,۲ روش دلتا ("ویدرور" و "هوف")	
۵۶	۴. ارزیابی روش پیشنهادی	

۵۷	پیاده سازی شبکه عصبی مدار شعاعی	۴,۱
۶۰	روش رگرسیون	۴,۲
۶۱	رگرسیون با روش انتخاب مجموعه آموزشی بطور تصادفی	۴,۲,۱
۶۱	تعیین پارامترهای بهینه	۴,۲,۱,۱
۶۳	حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه	۴,۲,۱,۲
۶۵	روش رگرسیون با انتخاب نزدیکترین نمونه ها از نظر سیگنال در مجموعه آموزشی	۴,۲,۲
۶۵	تعیین پارامترهای بهینه	۴,۲,۲,۱
۶۷	حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه	۴,۲,۲,۲
۶۸	ارزیابی نتایج	۴,۲,۳
۷۱	روش گروه بندی	۴,۳
۷۲	گروه بندی بر مبنای اطلاعات حاصل از رگرسیون	۴,۳,۱
۷۳	گروه بندی با انتخاب مجموعه آموزشی بصورت تصادفی	۴,۳,۲
۷۳	تعیین پارامترهای بهینه	۴,۳,۲,۱
۷۵	حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه	۴,۳,۲,۲
۷۶	گروه بندی با انتخاب نزدیکترین نمونه ها از نظر سیگنال در مجموعه آموزشی	۴,۳,۳
۷۶	تعیین پارامترهای بهینه	۴,۳,۳,۱
۷۸	حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه	۴,۳,۳,۲
۷۸	گروه بندی با طراحی شبکه عصبی برای هر گروه	۴,۳,۴
۷۸	تعیین پارامترهای بهینه	۴,۳,۴,۱

۷۹	حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه	۴,۳,۴,۲
۸۰	ارزیابی نتایج	۴,۳,۵
۸۳	بررسی تاثیر گرانشی بر روی خطای مشاهده شده در دو حالت رگرسیون و گروه بندی	۴,۳,۶
۸۶	۵. کاربرد روش پیشنهادی در تبلیغات سیار آگاه از موقعیت	
۸۷	تعیین موقعیت در تجارت سیار	۵,۱
۹۱	نیازهای تعیین موقعیت برنامه های کاربردی تجارت سیار	۵,۲
۹۳	معرفی برنامه های کاربردی تبلیغات سیار	۵,۳
۱۰۱	۶. نتیجه گیری	

## چکیده

ارتقاء دستگاه های سیار کاربران، ایجاد زیر ساختارهای مخابراتی گسترده برای ارتباطات بی سیم و گسترش شبکه های ماهواره ای، امکان ایجاد سیستم های تعیین موقعیت بسیاری را برای کاربران سیار به خصوص در فضاهای باز فراهم نموده است. متأسفانه بسیاری از این سیستم ها در فضای بسته عملکرد خوبی ندارند و راهکارهایی دیگری برای این محیط ها لازم می باشد.

همگام با این نیاز، شبکه بی سیم محلی به واسطه استفاده از استاندارد IEEE 802.11b گسترده‌گی و پیشرفت زیادی داشته است. این گسترده‌گی، فرصتی را برای معرفی تکنیک های تعیین موقعیت در فضاهای بسته مطرح نمود. یک تکنیک که بر اساس خصوصیات موجود در این شبکه ها مطرح شده است انگشت نگاری محلی است. در میان پارامتر های سیگنال رادیویی، قدرت سیگنال دریافتی بیش از همه مورد توجه قرار گرفته است، چرا که اندازه گیری قدرت سیگنال بخشی از شیوه عملیاتی نرمال تجهیزات بی سیم بویژه Wi-Fi می باشد. برای پیاده سازی این تکنیک ابتدا در موقعیت های مشخص و منظم از یک شبکه ماتریسی از پارامتر فوق اندازه گیری به عمل می آید. به این مجموعه نقشه رادیویی گفته می شود. الگوریتم های مختلفی برای تخمین رابطه موقعیت و پارامتر سیگنال اندازه گیری شده با توجه به نقشه رادیویی پیشنهاد شده است. این تحقیق به بررسی یک الگوریتم جدید تعیین موقعیت بر مبنای این تکنیک در محیطی با زیر ساختار شبکه محلی بی سیم و با استفاده از شبکه مدار شعاعی می پردازد. شبکه مدار شعاعی از اجتماع یکسری توابع شعاع مداری تشکیل می شود و یک راهکار موثر و جوابگو برای تخمین تابع هایی می باشد که از یکسری مثال شروع می شود می باشد. نتایج حاصل از اعمال این روش در دو حالت رگرسیون و گروه بندی محاسبه و با نتایج حاصل از اعمال دیگر روشهای تعیین موقعیت انگشت نگاری محلی مقایسه می شوند. این سنجش نشان می دهد که نتایج قابل قیاس هستند و مخصوصاً در حالت رگرسیون جوابها از دقت بالاتری برخوردار هستند. آزمایشاتی درباره تاثیر خصوصیات نقشه رادیویی مانند گرانولاریتی موقعیت های تشکیل دهنده مجموعه آموزشی بر معیار های عملکردی سیستم مانند دقت نیز انجام شد که آنها نیز منجر به نکات و نتایج خاصی در این زمینه شده است. در ادامه، پس از معرفی برنامه های کاربردی تجارت سیار، به بررسی جایگاه تعیین موقعیت و معیارهای مورد نظر برای تعیین موقعیت در این برنامه ها پرداخته می شود. یکی از این برنامه ها، تبلیغات سیار می باشد که نوع خاص آن که تبلیغات سیار آگاه از موقعیت است به عنوان یک مطالعه موردی، مورد بررسی قرار می گیرد و گامهای عمومی مورد نیاز برای انجام این برنامه در دو حالت "Push" و "Pull" مطرح شد. در روال این گامها جایگاه برنامه تعیین موقعیت پیشنهادی مشخص و اهمیت آن روشن می شود.

## کلمات کلیدی

برنامه های آگاه از موقعیت، روش انگشت نگاری محلی در تعیین موقعیت، شبکه عصبی شعاع مداری، برنامه های کاربردی تجارت سیار، تبلیغات سیار.

## ۱- مقدمه



## ۱-۱- مقدمه

با آنکه از اختراع کامپیوتر چندی نگذشته است این دستگاه جای خود را بخوبی در زندگی امروزی بشر باز نموده است و هر روزه پیشرفت های سخت افزاری و نرم افزاری زیادی در این زمینه مشاهده می شود. همگام با روند رشد سریع کامپیوترها، روند کیفی سرویس های نرم افزاری رو به تغییر است و در حال حاضر تلاش بسیار برای آنکه این برنامه ها بتوانند تعامل بهتری با کاربر داشته باشند در حال انجام است. این مسئله از طراحی های واسطه های گرافیکی با قابلیت های عملکرد مناسب با کاربر تا تطابق برنامه ها متناظر با خصوصیات و محیط کاربر گسترده شده است و در حال حاضر تحقیقات زیادی برای ایجاد بستری مناسب برای ارتباط خوب و مفید بین کامپیوتر و انسان در حال انجام است.

آنچه در ارتباطات انسانها بیشتر اهمیت دارد این است که انسانها در انتقال نظرات و نشان دادن واکنشهای مناسب در ارتباطات رو در رو کاملاً موفق هستند و این امر با توجه به گستردگی و کامل بودن زبان مورد استفاده، درک مشترک دو طرف از جهان پیرامون و درک روشن هر دو طرف از موقعیت های موجود حاصل می شود.

به عبارت دیگر انسانها در ارتباط مستقیم با یکدیگر قادرند به اطلاعات پیرامونی هم دست یابند و از آن برای گسترش ارتباطات استفاده نمایند. متأسفانه چنین تبادلاتی در ارتباط از طریق کامپیوتر وجود ندارد. در حال حاضر کاربران می توانند از مکانیزم های گوناگونی برای وارد نمودن اطلاعات مختلف به کامپیوتر استفاده می کنند و تلاش برای آنکه کامپیوترها هم بتوانند از اطلاعات محیط اطراف استفاده نمایند و برنامه های خود را مطابق با آن تغییر دهند ادامه دارد.

امروزه برای افزایش کیفیت و عمیق نمودن ارتباطات از طریق سیستم های مختلف توجه زیادی به ایجاد بستری برای وجود چنین ارتباطی شده است. به این اطلاعات که بسته به نوع برنامه کاربردی متفاوت می باشد تحت عنوان بافت<sup>۱</sup> اشاره می شود. [1] اولین بار مفهوم بافت توسط آقایان Pacoe و Schilit مطرح شد که در آن منظور از بافت یا زمینه، موقعیت محلی برنامه کاربردی، افراد و یا اشیا استفاده کننده از آن و تغییرات این افراد و اشیا در محیط می بود. این تعریف به مرور کاملتر شد و امروزه به هر نوع اطلاعاتی که در تعامل کامپیوتر با انسان موثر باشد تحت عنوان بافت اشاره می شود.

Context<sup>1</sup>

قبل از ظهور سیستم های سیار، بر نامه های کاربردی کامپیوتر تنها بر روی مجموعه محدودی از بافت ها متمرکز بودند. این مجموعه شامل فرهنگ سازمانی، خصوصیت کاربران (مانند جنسیت، سن، مهارت و سواد)، محیط کار (هوا، نور و آغتشاش) و اهداف سیستم بود. با پیشرفت دستگاههای بی سیم و همراه، این مفاهیم دیگر قابل پیش بینی نبودند و کاربران برنامه ها را در محیط هایی که نسبتا غیر ثابت می باشند و از لحظه ای به لحظه ای دیگر تغییر می کنند استفاده می کردند. خصوصیت مشترک این محیط ها (علاوه بر فراگیری و شخصی سازی) متحرک بودن می باشد و لذا در محیط های محاسباتی سیار، متداولترین نماد بافت، موقعیت می باشد. به دنبال این ضرورت و تاکید بر این بافت، سرویس های آگاه از موقعیت<sup>۲</sup> مطرح شدند. این سرویس ها، سرویس هایی هستند که بر مبنای موقعیت کاربر عمل می کنند و خود را با آن تنظیم می کنند. به عنوان مثال کاربران که دستگا ههای با قابلیت بالا اصطلاحا باهوش<sup>۳</sup> استفاده می کنند می توانند تبلیغات مختلف درباره مسیر اطراف خود را دریافت کنند. [28] Allied Business پیش بینی نموده است که تا آخر سال ۲۰۰۶ در آمد ناشی از این سرویس ها بالغ بر ۴۰ میلیون دلار باشد.

موفقیت سیستم های تعیین موقعیت در فضاهای باز و گسترش برنامه های کاربردی مربوط به آنها، انگیزه تحقیق و جستجو درباره گسترش این برنامه ها برای محیط های بسته را دوچندان نمود. متأسفانه سیستم های تعیین موقعیت در فضا های باز مانند سیستم تعیین موقعیت جهانی<sup>۴</sup> به دلیل آنکه نیاز به دید مستقیم با کاربر دارند، برای فضاهای بسته جوابگو نمی باشند و لذا روشهایی بر اساس تکنولوژی هایی مانند اینفرارد<sup>۵</sup>، برچسب رادیویی<sup>۶</sup> و بلوتوث<sup>۷</sup> برای این محیط ها مطرح شده اند.

همزمان با این تغییرات، استفاده از شبکه های محلی بی سیم در فضا های بسته مانند منازل، اداره ها، ساختمان ها و دانشگاه ها مطرح شد و گسترش یافت. با مطرح شدن استاندارد بی سیم اترنت IEEE 802 11b برای این شبکه ها، روند استفاده از آنها رشد چشمگیری پیدا نمود. عمومیت و معروفیت شبکه محلی بی سیم، فرصتی را برای ارائه روشهای جدید تعیین موقعیت در این فضاها مطرح نمود. سیستم های تعیین موقعیت در این شبکه بر اساس خصوصیت ذاتی شبکه بی سیم که متداولترین آن خصوصیت سیگنال رادیویی می باشد عمل می کنند. باید اشاره می شود که انتشار سیگنال رادیویی در محیط های بسته، بدلیل خصوصیت چند پخشی، نوع مواد تشکیل دهنده محیط، تغییرات موجود در محیط (مانند حرکت افراد) و موارد دیگر بسیار متفاوت می باشد و محاسبه رابطه

---

Location awareness programs<sup>2</sup>

Smart<sup>3</sup>

Global Positioning system<sup>4</sup>

Infrared<sup>5</sup>

Radio frequency identifier tag<sup>6</sup>

Bluetooth<sup>7</sup>

بین قدرت و موقعیت و یا رابطه معکوس آن بسیار پیچیده می باشد و لذا استفاده از یک مدل ریاضی برای تعیین موقعیت بسیار پیچیده و غیر ممکن می باشد.

برای تعیین موقعیت در این محیط ها تکنیک انگشت نگاری محلی مطرح شده است. در این روش از اندازه گیری یکی از پارامتر های سیگنال استفاده می شود. در میان پارامتر های سیگنال رادیویی، قدرت سیگنال دریافتی بیش از همه مورد توجه قرار گرفته است، چرا که اندازه گیری قدرت سیگنال بخشی از شیوه عملیاتی نرمال تجهیزات بی سیم بویژه Wi-Fi می باشد. برای پیاده سازی این تکنیک ابتدا در موقعیت های مشخص، که تا حد امکان سعی می شود نقاط منظم در شبکه ماتریسی باشند از پارامتر فوق که در اینجا همان قدرت سیگنال دریافتی می باشد اندازه گیری به عمل می آید. به این مجموعه نقشه رادیویی گفته می شود. توابع مختلفی برای تخمین رابطه موقعیت و قدرت سیگنال اندازه گیری شده با توجه به نقشه رادیویی پیشنهاد شده است. برای این منظور با نمونه گیری قدرت سیگنال دریافتی در نقاط منظمی از ساختمان سعی خواهد شد نقشه فوق تخمین زده شود. این نمونه ها مجموعه آموزشی را تشکیل می دهند. برای تخمین موقعیت دو روش عمده تحت نظارت و بدون نظارت وجود دارد. در این تحقیق بر روی روش های نظارت شده تمرکز خواهد شد. در این روش از  $m$  نمونه مشاهده شده استفاده می شود. هر نمونه را بایک زوج  $(l_i, f_i)$  نشان می دهند که در آن  $f_i$  یک بردار  $n$  بعدی است که بیانگر قدرت سیگنال های دریافتی از  $n$  نقطه دسترسی متفاوت می باشد و  $l_i$  موقعیتی است که از طرف ناظر تعیین می شود و بسته به نظر ناظر می تواند از یک بعد تا ماکزیمم پنج بعد (هم ابعاد و هم جهت حرکت) طراحی شود. برای تخمین تابع موقعیت بر اساس قدرت سیگنال های دریافتی از  $n$  نقطه دسترسی روشهای متفاوتی مانند روش یادگیری آماری، روش پرسپترون چند لایه، روش  $k$  همسایه نزدیک و موارد دیگر نیز مطرح شده اند. برخی از این روش ها بر اساس تخمین تابع توزیع چگالی نمونه های آموزشی سعی در تخمین تابع دارند و برخی دیگر سعی می کنند با تعریف یک معیار خطا و کمینه نمودن آن، تابع مذکور را تخمین بزنند.

در این تحقیق از شبکه مدار شعاعی<sup>۸</sup> برای تخمین تابع مذکور استفاده می شود. این شبکه که از قدرت تخمین و تئوری ریاضی بالایی برخوردار است سعی به تنظیم پارامترهای خود به نحوی می کند به گونه ای که میزان خطا مطابق با معیار داده شده در رابطه (۱) برای مجموعه آموزشی کمینه شود. همانطور که اشاره شد برای ایجاد مجموعه آموزشی ابتدا لازم است نقشه قدرت سیگنال در تمام نقاط ساختمان تهیه شود.

$$\text{Min} \sum_{i=1}^m (l_i - F(f_i))^T (l_i - F(f_i)), \quad (1)$$

پارامترهای این رابطه عبارت هستند از:

$m$  تعداد نمونه های مورد بررسی

$l_{ii}$ : بردار خروجی موقعیت متناظر با انگشت نگاری  $f_i$

$F(f_i)$ : مقدار تابع تخمین زده شده برای انگشت نگاری  $f_i$

تابع  $F(x)$  مطابق با رابطه (۲)، با استفاده از چندین تابع شعاع مداری و جمع آن با ضرائب مختلف پیشنهادی ساخته می شود.

$$F(x) = \sum_{j=1}^p w_j \phi (\|x - u_j\|). \quad (2)$$

با توجه به خاصیت قرینه بودن این توابع ( $\Phi$ ) نسبت به یک مرکز، از آن به عنوان توابع مدار شعاعی یاد می شود. توابع مدار شعاعی با دو مشخصه تمرکز (نقطه مرکزی) و سطح فعال شونده آن مشخص می شوند. در این پروژه از تابع مدار شعاعی گوسی استفاده می شود و شبکه پیشنهادی از ترکیب این توابع با وزنهای مختلف بدست می آید. در این حالت پارامترهای قابل تغییر عبارت از واریانس و مرکز تابع شعاع مداری و اوزان هر تابع می باشد. برای حصول به تابع هزینه کمینه سعی بر تغییر و تنظیم بهینه پارامترهای مذکور می شود.

اطلاعات مورد نیاز برای پیاده سازی این روش از پروژه WILMA[3] به قرض گرفته شده است. این اطلاعات شامل اندازه گیری قدرت سیگنال از ۶ نقطه دسترسی در یک شبکه ماتریسی از ۲۵۷ نقطه می باشد. با توجه به آنکه بر روی این اطلاعات بسیاری از روشهای انگشت نگاری محلی پیاده سازی شده است استفاده از آن، امکان قیاس روش پیشنهادی را با بسیاری از روشهای مطرح دیگر فراهم نموده است.

در ادامه سعی می شود به جایگاه سیستم تعیین موقعیت در برنامه های کاربردی تجارت سیار پرداخته شود. تجارت سیار، که از زمان مطرح شدن و گسترده شدن تجارت الکترونیک مطرح شد و با افزایش زیر ساختارهای مخابراتی و بی سیم امکان حضور یافت، امروزه توجه تحقیقات زیادی را به خود معطوف نموده است و برنامه های کاربردی بسیاری بدین منظور طراحی شده است.

جزء اصلی برنامه های کاربردی تجارت سیار، تعیین موقعیت می باشد. نیازها و خصوصیت تعیین موقعیت در هر برنامه کاربردی متفاوت می باشد. در این تحقیق تا حد امکان سعی می شود تا با این نیازها و خصوصیات آشنا شوید. سپس با توجه به آنکه روش تعیین موقعیت پیشنهادی، با بسیاری از خصوصیات مورد نیاز برای تعیین موقعیت برنامه کاربردی تبلیغات سیار همخوانی دارد به معرفی

این برنامه کاربردی پرداخته می شود. در ضمن با توجه به آنکه این برنامه در دو مود "Push" و "Pull" امکان اجرا دارد مراحل و گامهای عمومی هر کدام از این مودها مورد بررسی قرار می گیرد و سعی خواهد شد در طی این بررسی مراحل مورد نیاز برای تعیین موقعیت و جایگاه سیستم تعیین موقعیت در روال کلی این برنامه کاربردی مورد بررسی قرار بگیرد.

این تحقیق به این شرح سازمان یافته است: در بخش ۲ با روشهای مختلف تعیین موقعیت آشنا می شوید. در بخش ۳ با توجه به آنکه تکنیک پیشنهادی از روش انگشت نگاری محلی استفاده می کند به تئوری و کلیات موجود در این تکنیک پرداخته می شود. در ادامه در بخش ۴، روش پیشنهادی بررسی و نتایج حاصل مورد ارزیابی قرار می گیرد. در بخش ۵ به معرفی تجارت سیار و برنامه های کاربردی آن و جایگاه سیستم تعیین موقعیت در آن پرداخته می شود و سپس در ادامه به عنوان یک مطالعه موردی برنامه تبلیغات سیار، گامهای مورد نیاز برای اجرای آن و جایگاه روش تعیین موقعیت در آن پرداخته می شود.

## ۱-۲- روشهای متفاوت تعیین موقعیت

برای ردیابی موقعیت کاربران روش های مختلفی وجود دارد. کلی ترین تقسیم بندی که برای سیستم های تعیین موقعیت وجود دارد عبارت است از:

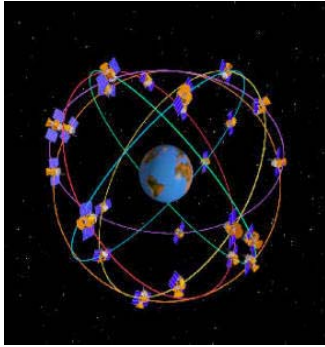
- استفاده از سیستم موقعیت شناسی جهانی
- استفاده از سنسورهای ثابت
- استفاده از تکنیک انگشت نگاری محلی

هر کدام از این سیستم ها کاربردها، مزایا و معایب مخصوص به خود دارند که در بحث زیر به آنها پرداخته می شود.

### ۱-۲-۱- استفاده از سیستم موقعیت شناسی جهانی<sup>۹</sup>

سیستم موقعیت شناسی جهانی یک سیستم ماهواره ای است که توسط وزارت دفاع امریکا ساخته شده است و می تواند اطلاعات دقیقی از محل و سرعت را در اختیار کاربرها در سراسر دنیا قرار دهد. سیستم موقعیت شناسی جهانی سیگنال هایی را ارسال می نماید که توسط گیرنده های خود دریافت می شود و بدین وسیله می تواند موقعیت مکانی، سرعت و زمان را در هر جای کره زمین و در هر موقع از روز یا شب و در هر شرایط آب و هوایی محاسبه نماید.

<sup>۹</sup> GPS :Golobal Positining System



شکل (۱-۲) ماهواره های GPS در اطراف کره زمین



شکل (۱-۱) نمای از ماهواره GPS

سیستم موقعیت شناسی جهانی شامل ۳ بخش فضا، کنترل و کاربری می باشد. بخش فضایی شامل آرایش ماهواره ها در فضا<sup>۱</sup> می باشد (به شکل ۱-۱ و ۱-۲ نگاه کنید). اولین سری این ماهواره ها در سال ۱۹۷۸ در مدار قرار داده شد و در سال ۱۹۸۶ توسعه و تکمیل آرایش ماهواره ای فوق برای جلوگیری از خطرات ناشی از عدم مسیریابی انجام پذیرفت. در فوریه ۱۹۸۹ آرایش ماهواره ای سیستم موقعیت شناسی جهانی با ۲۴ یا تعداد بیشتری ماهواره در مدار کامل و فعال گردید. کنترل سیستم توسط ارتش آمریکا انجام می گیرد که ردیابی و نگهداری ماهواره ها در مدار به عهده این سیستم می باشد.

سیستم موقعیت شناسی جهانی برای تعیین موقعیت از محاسبه فاصله بین گیرنده و ماهواره استفاده می نماید. ماهواره ها در نقاط مشخصی می باشند و گیرنده های سیستم موقعیت شناسی جهانی در روی زمین و منطقه ناشناخته ای هستند. امواج رادیویی ارسالی از ماهواره ها که با سرعت نور حرکت می کنند به گیرنده ها می رسند. اگر گیرنده ها از زمان ارسال سیگنال ماهواره ها آگاه باشند می توانند با ضرب زمان حرکت سیگنال از ماهواره تا گیرنده سیستم موقعیت شناسی جهانی در سرعت نور ( $300000 \text{ km/s}$ ) فاصله ی بین ماهواره و گیرنده را مشخص کنند. این سیستم با داشتن اطلاعات از ۴ ماهواره در یک فضای ۳ بعدی می تواند محل خود را محاسبه نماید. اطلاعات حاصل از ماهواره اول با توجه به آنکه الگوی ماهواره ها کروی و فاصله آنها تا زمین ۱۲۰۰۰ مایل است تمام فضای کروی به مرکز این ماهواره و با این شعاع را تحت پوشش قرار می دهد. با اندازه گیری حاصل از ماهواره دوم، سطح تقاطع این دو کره که یک دایره است به عنوان منطقه مورد تشخیص معین می شود.

اندازه گیری ماهواره سوم، دو نقطه را که از تقاطع ۳ کره بدست می آیند را مطرح می کند. یکی از دو نقطه به عنوان نقطه غیرقابل قبول حذف می شود. کامپیوترها در داخل گیرنده های سیستم موقعیت شناسی جهانی روش ها و تکنیک های مختلفی برای مشخص نمودن نقطه صحیح از نقطه غیرقابل قبول دارند. اندازه گیری چهارم، برای جبران تفاوت زمانی<sup>11</sup> بین همزمانی ساعت ماهواره و ساعت گیرنده مورد استفاده قرار می گیرد. نصب ساعت های اتمی در گیرنده های سیستم موقعیت شناسی جهانی باعث گرانی بیش از حد آنها می شود (در گیرنده ها از ساعت های دقیق کوارتز استفاده می شود). [5] سیستم موقعیت شناسی جهانی سرعت را نیز اندازه گیری می کند که برای مسیریابی بسیار مهم است و این مسئله باعث شده است که امروزه در بسیاری از سیستم های حمل و نقل از این دستگاه ها برای هدایت و سائل نقلیه استفاده شود.

بخش کاربری شامل گیرنده های سیستم موقعیت شناسی جهانی می باشد که موقعیت محل، سرعت و زمان دقیق را در همه جای دنیا مشخص می نماید. این بخش که از دستگاهی مانند آنچه در شکل (۱-۳) نشان داده شده است تشکیل شده است شامل کاربرهای نظامی و شخصی هر دو می باشد. کاربرهای نظامی از سیستم موقعیت شناسی جهانی به عنوان مسیریابی، شناسایی و سیستم هدایت موشکی استفاده می نمایند.



شکل (۱-۳) دستگاه های مختلف کاربر مورد استفاده در سیستم موقعیت شناسی جهانی

کاربردهای شخصی سیستم موقعیت شناسی جهانی تقریباً در تمامی زمینه ها، از حمل و نقل و کنترل منابع طبیعی و کشاورزی وجود دارد. به عنوان مثال:

- استفاده از سیستم موقعیت شناسی جهانی برای هدایت هلی کوپترها و مشخص نمودن محل های مورد نظر، خصوصاً در عملیات نجات آسیب دیدگان.
- استفاده از سیستم موقعیت شناسی جهانی جهت تهیه نقشه های کشاورزی.

Offset<sup>11</sup>

- استفاده از سیستم موقعیت شناسی جهانی در مسیریابی هواپیماها و یا علامت گذاری مناطقی که باید سمپاشی شود.
- استفاده از سیستم موقعیت شناسی جهانی برای دریانوردی.
- استفاده از سیستم موقعیت شناسی جهانی برای مسیریابی در جنگل‌ها.
- استفاده ترکیبی از سیستم موقعیت شناسی جهانی و سیستم اطلاعات جهانی جهت پیدا نمودن سریع‌ترین مسیر به مقصد (استفاده از این روش باعث شده است که حتی از سیستم موقعیت شناسی جهانی برای تحویل ساندویچ و پیتزا به منازل هم استفاده گردد).

### ۱-۲-۱ استفاده از سنسورهای ثابت

در این سیستم‌ها از تکنولوژی‌های مختلف مانند برچسب‌های رادیویی<sup>۱۲</sup>، اینفرارد<sup>۱۳</sup>، بلوتوث<sup>۱۴</sup> و موارد دیگر استفاده می‌شود. استفاده از این سیستم‌ها در فضاهای بسته<sup>۱۵</sup> مانند موزه‌ها و یا مناطق تجاری و پر تمرکز شهر و دانشگاه‌ها گسترش زیادی یافته است. این سیستم‌ها بسته به تکنولوژی بکار برده شده در آنها، قادر به شناسایی کاربرانی که دستگاه‌های آنان قابلیت تعامل با این تکنولوژی را دارند در محدوده مورد نظر هستند.

سیستم‌های معروفی مانند ActiveBadge، ActiveBat و Cricket در این گروه قرار دارند. [6] سیستم ActiveBadge از ارسال سیگنال‌های اینفرارد استفاده می‌کند. این سیگنال‌ها، هر ۱۰ ثانیه از یک دستگاه خاص (شکل (۱-۴)) که در اختیار کاربر قرار دارد و از آن تحت عنوان نشان<sup>۱۶</sup> اشاره می‌شود ارسال می‌شوند. بدین منظور، سیگنال‌های اینفرارد ارسالی، توسط سنسورها یا همان گیرنده‌های امواج اینفرارد که در موقعیت‌های مختلف و ثابت قرار دارند و دارای شناسه‌ی یکتا هستند دریافت می‌شوند و سپس به نرم افزار مدیریت تعیین موقعیت هدایت می‌شوند. سیستم مدیریت تعیین موقعیت با توجه به سیگنال‌های دریافتی به تشخیص موقعیت کاربر می‌پردازد.

سیستم معرفی شده در مرجع [7] هم روش کاری مشابه سیستم ActiveBadge دارد. تنها تفاوت این می‌باشد که ارسال امواج اینفرارد بجای دستگاه قابل حمل توسط کاربر، از فرستنده‌ای که بر روی کلاه کاربر نصب شده است انجام می‌شود و گیرنده‌های امواج اینفرارد نیز سنسورهای موجود در سقف هستند.

RFID<sup>12</sup>  
Infrared<sup>13</sup>  
Bluetooth<sup>14</sup>  
Indoor Location<sup>15</sup>  
Badge<sup>16</sup>



سیستم معرفی شده در مرجع [31] نیز برای تعیین موقعیت و جهت کاربر از امواج مستقیم<sup>۱۷</sup> منتشر شده از مغناطیس های مستقیم موجود در وسایل جانبی فرد کاربر (مانند دستکش و غیره) استفاده می کند. این تکنولوژی علیرغم گران بودن در دنیای انیمیشن بسیار استفاده می شود.

سیستم مطرح شده دیگر که دارای دقت تشخیص موقعیت خوب و در حدود ۹ سانتیمتر می باشد سیستم ActiveBat است که ایده اولیه خود را از سیستم ActiveBadge گرفته است. [7] این سیستم که از ارسال امواج رادیویی استفاده می کند، در ابتدا توسط موسسه تحقیقات کمبریج<sup>۱۸</sup> مطرح و سپس توسط گروه مهندسی ارتباطات<sup>۱۹</sup> انگلستان کامل شد و شامل سه جزء اصلی ذیل می باشد:

- ایستگاه رادیویی
- دستگاه کاربر
- گیرنده های همزمان شده

جزء اول این سیستم یا همان ایستگاه مرکزی رادیویی، با ارسال امواج رادیویی که شامل شناسه های دستگاه های کاربران می باشد به ترتیب به فعال سازی آنها می پردازد. دستگاه خاص مورد استفاده توسط کاربر که در شکل (۱-۵) نشان داده شده است با دریافت شناسه یکتای خود فعالیت خود را شروع می کند و به ارسال سیگنالهای مافوق صوت توسط فرستنده خود می پردازد.



شکل (۱-۵) دستگاه مورد استفاده در سیستم

ActiveBadge

شکل (۱-۴) دستگاه مورد استفاده در سیستم ActiveBat

گیرنده های همزمان شده واقع در سقف عنصر سوم این سیستم می باشند که هم امواج رادیویی شامل شناسه رادیویی منتشر شده از ایستگاه رادیویی و هم امواج مافوق صوت ارسالی توسط دستگاه کاربر را دریافت می کنند. با توجه به سرعت زیاد امواج رادیویی در قیاس با امواج مافوق

DC<sup>17</sup>

AT&T Laboratories Cambridge<sup>18</sup>

Communication Engineering<sup>19</sup>

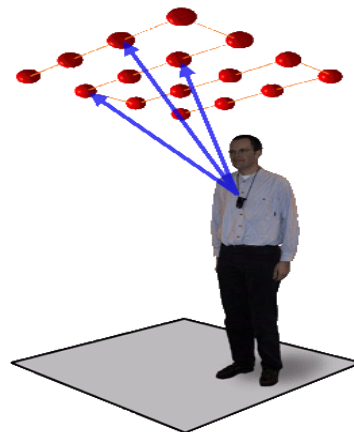
صوت و صرفنظر کردن از آن، سیستم مرکزی متصل با محاسبه زمان بین دریافت امواج رادیویی و امواج مافوق صوت توسط گیرنده های سقفی مختلف، به تعیین موقعیت کاربر می پردازد.

این سیستم علیرغم دقت و سرعت تشخیص مناسب به علت استفاده از یک کنترل مرکزی و ثبت اطلاعات کاربر در بانک اطلاعاتی، خصوصیت محرمانگی که مورد نظر کاربران است را برآورده نمی کند و از این جهت ایرادات زیادی به آن گرفته شده است.

سیستم Cricket مطرح شده توسط آزمایشگاه<sup>۲۰</sup> MIT یکی دیگر از سیستم های تعیین موقعیت در فضای درون ساختمان ها می باشد که ادعا نموده است خصوصیات محرمانگی، مدیریت غیر متمرکز و قابلیت عملکرد در محیط های غیر یکنواخت را فراهم می کند. در این سیستم بر خلاف سیستم قبل که دستگاه های کاربران دارای شناسه یکتا بودند، ایستگاه های پایه<sup>۲۱</sup> دارای شناسه یکتا هستند.



شکل (۱-۷) گیرنده های سقفی در سیستم Cricket



شکل (۱-۶). ارتباط آنتن های سقفی با گیرنده های سقفی در

سیستم cricket [8] این شناسه یکتا، توسط مدیر ساختمان یا مدیر فروشگاه مطابق با یکی از استانداردهای منابع کشف محل<sup>۲۲</sup> تهیه می شود. استفاده از این روش خصوصیت محرمانگی کاربران را بر آورده می سازد. ایستگاه های پایه در جاهای خاصی مانند سقف که برای انتشار دارای موانع کمتری باشند نصب می شوند. هر ایستگاه پایه همراه با اطلاعات ارسالی شناسه ی خود، یکسری امواج رادیویی و مافوق صوت را بطور همزمان ارسال می کند

کاربر که می خواهد از سرویسهای تعیین موقعیت استفاده کند توسط دستگاه خود که مجهز به یک دستگاه شنونده<sup>۲۳</sup> ارزان قیمت است این شناسه را دریافت می کند. کاربر با توجه به این شناسه

MIT Laboratory<sup>20</sup>

beacon<sup>21</sup>

(Resource Discovery Services)<sup>22</sup>

Listener<sup>23</sup>

یکتا و امواج ارسالی از ایستگاه های پایه به تعیین موقعیت خود می پردازد. (شکل های (۱-۶) و (۱-۷)).

این امر با توجه به سرعت زیاد امواج رادیویی (سرعت نور) در قیاس با سرعت پایین امواج مافوق صوت (سرعت صوت) انجام می شود.

اگر چه دقت این سیستم تا حد بسیار بالایی است اما ایرادات زیر به این سیستم ها گرفته شده است:

- محدوده قابل تشخیص توسط این سیستم ها بسیار کوچک است (با توجه به محدودیت برد سیگنال های ارسالی مانند امواج اینفرارد)
- هزینه نصب و نگهداری تجهیزات این سیستم سنگین است
- عملکرد این سیستم با توجه به خصوصیت امواج اینفرارد در مجاورت نور خورشید مانند نزدیک پنجره های اتاق پایین است.

در جدول (۱-۱) به مقایسه خصوصیات مختلف سیستم های تعیین شده پرداخته است. همانطور که در این جدول آمده است سیستم Cricket علاوه بر دقت تعیین موقعیت خوب، هزینه دستگاه بسیار پایین کاربر، خصوصیت محرمانگی را نیز فراهم میکند و عملکرد بهتری را نسبت به دیگر سیستم ها ارائه می کند.

جدول (۱-۱) مقایسه سیستم های مختلف تعیین موقعیت با روش سنسوری

System	Bat	ActiveBadge	Cricket
User Privacy	No	No	Yes
Decentralized	No	No	Yes
Hetrogeneity of networks	Yes	Yes	Yes
Cost	High	High	Low(US \$10) for user
Ease of deployment	Difficult,require Matrix of sensors	Difficult,require Matrix of sensors	Easy

با گسترش سریع شبکه های محلی بی سیم به واسطه استفاده از استاندارد IEEE 802 11.b و عمومی شدن آن ها، مطرح کنندگان سیستم های تعیین موقعیت به فکر ارائه روشی برای تعیین موقعیت در این

شبکه ها افتادند. روش انگشت نگاری محلی که در بحث بعدی به آن پرداخته می شود بدین منظور پیشنهاد شد.

## ۱-۲-۲- استفاده از تکنیک انگشت نگاری محلی (Location Fingerprinting)

اگر چه این روش برای تعیین موقعیت در فضاهایی که شبکه بی سیم محلی وجود دارد مطرح شد، اما با توجه به ایده اصلی آن که استفاده از خصوصیات موج منتشر شده در این شبکه ها می باشد امکان استفاده از آن در ساختارهای مختلف دیگر نیز وجود دارد. با توجه به آنکه هم شبکه بی سیم محلی و هم دستگاه های کاربران که قابلیت تعامل با این شبکه را داشتند بسیار سریع گسترش یافت، این روش با استقبال خوبی مواجه شد و سیستم های تعیین موقعیت مختلفی بر این اساس پیشنهاد شدند. با توجه به آنکه روش پیشنهادی در این تحقیق هم جزء این گروه می باشد این موضوع به طور کامل در فصل آینده دنبال می شود.

## ۲- روش انگشت نگاری محلی

## ۲-۱- تخمین موقعیت به روش انگشت نگاری محلی (Location Fingerprinting)

با وجود همه تلاشهایی که بر روی سیستم های تشخیص موقعیت ماهواره ای و سیستم های تعیین موقعیت با استفاده از سنسورها انجام شده و با این وجود که حدوداً ۱۰ سال از زمان مطرح شدن ایده های موجود در آن می گذرد هنوز استفاده از این نرم افزارها برای عموم گسترده نشده است. از جمله دلایلی که مانع رشد این سیستم ها شده است عبارتند از:

- محدوده پوششی این سیستم ها فضاهای بیرونی<sup>۲۴</sup>، مکانهایی مانند دانشگاه ها و یا ساختمانهایی که زیر ساختارهای سخت افزاری شناساگر مربوطه را دارا هستند می باشد.

- تکنولوژی بکار رفته در این سیستم ها قیمت های زیادی را هم به کاربران و هم به توسعه دهندگان نرم افزارها وارد می کند چرا که به زیر ساختارهای سنگین و شناساگرهای خاص، زمان زیادی برای تنظیم و استفاده از برچسب های مخصوصی احتیاج دارد.

- با توجه به اینکه هنوز زیرساختارهای مورد استفاده برای این کار محدود است تعداد نویسندگان برنامه های کاربردی آن کم است و در نتیجه کاربران این سیستم ها با مشکل کمبود برنامه های کاربردی روبرو می باشند.

با وجود تمام این مسایل، تحقیقات زیادی در الگوسازی<sup>۲۵</sup> این سیستم ها انجام شده و نوآوری های زیادی نیز مطرح شده است. با این حال هنوز کاربران زیادی قادر به استفاده عملی از این تحقیقات نشده اند و هنوز راه زیادی برای تحقیق و گسترش در این زمینه وجود دارد.

یک تکنیک که امروزه بسیار مطرح می باشد انگشت نگاری محلی است. در این روش از اندازه گیری یکی از پارامترهای سیگنال استفاده می شود. طرفداران استفاده از این روش انگشت نگاری محلی ادعا نموده اند که می تواند مشکل عدم فراگیر بودن و هزینه بالای سیستم های پیشنهادی موجود را رفع نماید. این سیستم ها در قیاس با دیگر سیستم های موجود فلسفه متفاوتی دارند و ادعا می کنند که:

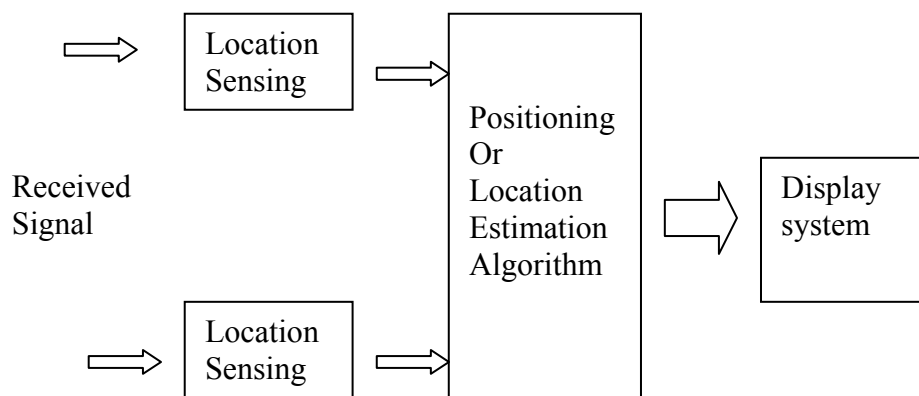
- محدوده پوششی آنها ماکزیمم و شامل تمام محلهایی که زندگی روزمره عمومی وجود دارد می باشد.

- موانع کمتری برای استفاده کاربران و توسعه دهندگان دارند.

- این سیستم ها قابلیت استفاده در تلفن همراه، کامپیوتر کیفی و جیبی را دارا می باشند.
- این سیستم ها با استفاده از سخت افزارهای متداول و با تعهد به محرمانگی کاربران، هزینه ناچیزی را به کاربران وارد می کند در عین حال که با توجه به کار با پوشش واسطهای مختلف و با قابل انعطاف، هزینه های توسعه دهندگان را نیز کاهش می دهند.

## ۲-۲- کلیات روش

همان طور که اشاره شد انگشت نگاری محلی براساس خصوصیات موج رادیویی منتشر شده به تعیین موقعیت محل می پردازد. [10] البته بدین منظور فرض آنکه که در هر محل مشخصات رادیویی منحصر به فرد است لازم می باشد. خصوصیتی که تا بحال مورد توجه قرار گرفتند عبارت از بررسی زاویه دریافت سیگنال (AOA)، دریافت تفاوت زمانی دریافت سیگنال (TDOA) و قدرت سیگنال دریافتی می باشد(به شکل (۱-۲) نگاه کنید). اگرچه در محیط های باز، استفاده از دو خصوصیت اول با بکاربری تکنیک مثلث سازی<sup>۲۶</sup> به طور موثری جوابگو می باشد، اما استفاده از روش های فوق در محیط های بسته به دلیل عدم دید مستقیم، پدیده انتشار چند گانه، انعکاس ها و شکست های مختلف و عدم همزمانی خوب جوابگو نمی باشد. علاوه بر این در این محیط ها فرض داشتن اطلاعات از سه ایستگاه پایه برای انجام مثلث سازی در هر موقعیت همواره برقرار نمی باشد. لذا، در محیط های بسته، استفاده از این تکنیک با استفاده از قدرت سیگنال اندازه گیری شده انجام می شود. در حال حاضر استفاده از این تکنیک به عنوان بهترین روش تخمین موقعیت برای محیط های بسته مطرح شده است.



شکل (۱-۲) - بلوک دیاگرام عملی برای سیستم تعیین موقعیت

قدرت سیگنال دریافتی<sup>۲۷</sup> ساده‌ترین و پرکاربردترین خصوصیت موج رادیویی می‌باشد که توسط تمام کارت‌های واسطه شبکه بی سیم<sup>۲۸</sup> نیز قابل دسترسی است.

بطور کلی بکارگیری این روش در دو فاز انجام می‌شود.

ابتدا در فاز آفلاین<sup>۲۹</sup> یا فاز تنظیم<sup>۳۰</sup> اطلاعات انگشت نگاری محل با مساحتی از قدرت سیگنال اندازه گیری شده در نقاط مشخص از ایستگاه های دسترسی مختلف موجود در محیط بدست می‌آید. برای انتخاب موقعیت های مورد سنجش، شبکه ای ماتریسی از نقاط را در فضای مورد استفاده انتخاب می‌نمایند (البته در بعضی از مکانها بدلیل موانع فیزیکی این نقاط کمی جابجا خواهند شد یا حذف می‌شوند).

در هر نقطه، به تعداد کافی اندازه گیری انجام می‌شود به نحوی که جدول یا بانکی از اطلاعات در هر موقعیت فراهم شود. از بانک اطلاعاتی حاصل معمولاً به عنوان نقشه رادیویی<sup>۳۱</sup> یاد می‌شود و به بردار سیگنال اندازه گیری شده در هر نقطه انگشت نگاری آن نقطه گفته می‌شود.

در فاز آنلاین<sup>۳۲</sup>، کاربر سیگنال اندازه گیری از ایستگاه های پایه مختلف را به سیستم محاسبه کننده تعیین موقعیت می‌فرستد و این سیستم با استفاده از یک الگوریتم تعیین موقعیت به محاسبه موقعیت کاربر و ارسال آن به برنامه کاربردی می‌پردازد.

الگوریتم های تعیین موقعیت مختلفی برای محاسبه موقعیت با استفاده از نقشه رادیویی و سیگنال اندازه گیری شده مطرح است که در بحث زیر ضمن آشنایی با اصطلاحات متداول این روش به معروفترین آنها نیز پرداخته می‌شود.

## ۶.۱. بیان ریاضی روش انگشت نگاری محلی

همانطور که اشاره شد در روش انگشت نگاری اطلاعات موقعیتی ( $I$ ) با یکسری سیگنال های اندازه گیری شده که از آن به عنوان انگشت نگاری ( $f$ ) یاد می‌شود ربط پیدا می‌کنند. این اطلاعات ابتدا در زمان ایجاد مجموعه آموزشی در موقعیت های مختلف به دست آمده و ثبت می‌شوند<sup>۳۳</sup>. سپس در عمل از این اطلاعات برای تخمین موقعیت استفاده می‌شود.

RSS: Radio Signal Strength<sup>27</sup>

WLAN<sup>28</sup>

Off-line<sup>29</sup>

Calibration<sup>30</sup>

Radio map<sup>31</sup>

On-line<sup>32</sup>

Off\_line<sup>33</sup>



همانطور که در مرجع [11] ثابت شده است قدرت سیگنال نسبت به حاصل سیگنال به نویز نتیجه بهتری ارائه می دهد چرا که نویز یک پدیده تصادفی است و وابستگی آن به محل کمتر است و بنابراین حذف آن اثر بهتری در دقت تعیین محل خواهد داشت.

فرض نمایید تعداد مشاهدات در زمان ایجاد مجموعه آموزشی برابر  $m$  باشد و نمونه مشاهده را با یک جفت برداری بصورت زیر نشان دهند:

$$(l_i, f_i) \quad i=1, \dots, m$$

$f_i$ : بردار  $n$  بعدی نماینده قدرت سیگنالهای دریافتی از نقاط دسترسی مختلف

$l_i$ : بردار موقعیت که چگونگی ابعاد و مقادیر آن توسط ناظر سیستم تعریف می شود [12]  
در حالت کلی بردار تعیین موقعیت می تواند به دو صورت تعریف شود:

▪ حالت گروه بندی یا شاخصه‌ای<sup>۳۴</sup>

▪ حالت رگرسیون یا مختصاتی<sup>۳۵</sup>

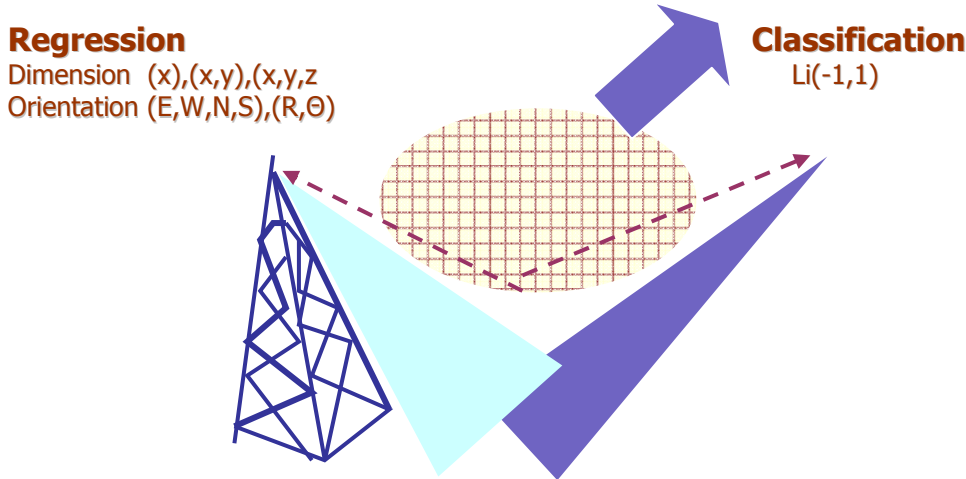
در حالت مختصاتی ابعاد مورد استفاده از یک تا پنج بعد می باشد که سه بعد آن مختصات مکانی و دو بعد آن برای تعیین جهت تعریف شده در یک مختصات دایره‌ای مورد استفاده قرار می گیرد.

به عنوان مثال یک بردار تعیین موقعیت مختصاتی سه بعدی با دو بعد مکانی و با یک بعد برای تعیین جهت به فرم زیر بیان می شود.

$$L = \{(x, y, d) | x, y \in \mathbb{R}^2, d \in \{\text{شمال، جنوب، مشرق، مغرب}\}\}$$

در حالت شاخصه‌ای معمولاً فضای مورد استفاده فضای بزرگی می باشد (به شکل (۲-۲) نگاه کنید). این فضا سطح بندی می شود و هر سطح دارای شماره شاخصی می شود. در این حالت اگر کاربر در موقعیت خاصی قرار داشته باشد شاخص آن سطح برابر مقدار ۱ و شاخص سطوح دیگر برابر مقدار ۱- خواهد بود.

روش تعیین ابعاد در فضای مختصات به عنوان رگرسیون ذکر می شود در حالی که از تعیین شاخص‌ها در این فضا با عنوان مسأله گروه بندی یاد می شود.



شکل (۲-۲) تقسیم بندی های مختلف برای تعیین موقعیت به روش انگشت نگاری محلی

علاوه بر این، اگر از دیدگاه زمانی به مسئله نگاه شود چون قدرت سیگنال برای هر نقطه دسترسی و برای هر محل با زمان تغییر می کند بنابراین می توان به عنوان یک متغیر تصادفی با آن برخورد نمود. با این دیدگاه قدرت سیگنال در هر موقعیت یک بردار متغیر تصادفی با ابعادی برابر تعداد نقاط دسترسی می باشد. در مرحله ایجاد مجموعه آموزشی برای دستیابی به این انگشت نگاری، در موقعیت های شناخته شده به اندازه گیری قدرت سیگنال دریافتی در یک پنجره زمانی پرداخته می شود. با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده متغیر تصادفی قدرت سیگنال یا بصورت پارامتریک یا غیر پارامتریک تخمین زده می شود. بسته به آنکه چگونه با این متغیر تصادفی برخورد شود دو روش کلی برای انگشت نگاری محلی مطرح می شود که عبارتند از:

روش معین یا مشخص<sup>۳۶</sup>

روش احتمالی<sup>۳۷</sup>

در روش معین اطلاعات موقعیت به اطلاعات ثابت و مشخصی مانند متوسط یا انحراف استاندارد سیگنال دریافتی مربوط می شود این مقادیر همراه با موقعیت مورد نظر به عنوان مقادیر انگشت نگاری محلی ثبت می شود.

$$f_i = \{p_i^1, p_i^2, \dots, p_i^n\},$$

$$p_i^j = u_i$$

متوسط قدرت سیگنال دریافتی از نقطه دسترسی  $j$  در نقطه  $i$

$$p_i^j = \sigma_i$$

متوسط انحراف استاندارد سیگنال دریافتی از نقطه دسترسی  $j$  در نقطه  $i$

Deterministic<sup>36</sup>  
Probabilistic<sup>37</sup>

در حالت دوم که به آن روش احتمالی می‌گویند متغیر تصادفی قدرت دریافتی به هر موقعیت نسبت داده می‌شود. در روش احتمالی تابع احتمال  $p(f|l)$  استفاده می‌شود که در آن  $f$  قدرت سیگنال دریافتی و  $l$  موقعیت مورد نظر می‌باشد به این تابع چگالی، تابع مشابهت<sup>۳۸</sup> گفته می‌شود چرا که توزیع احتمال وقوع یک سیگنال در هر محل را بیان می‌کند. همانطور که خواهید دید از این انگشت‌نگاری محلی در مدل بیسیان استفاده می‌شود.

علاوه بر این، جنبه‌های مختلف برای در نظر گرفتن مدل انگشت‌نگاری محلی مانند چگونگی به دست آوردن اطلاعات سیگنال دریافتی در هر نقطه، تعداد نمونه‌ها در هر موقعیت و چگونگی زمان‌بندی برای به دست آوردن آنها نیز مطرح می‌باشد.

بعد از به دست آوردن اطلاعات مجموعه آموزشی، یک مرحله پیش‌پردازش<sup>۳۹</sup> نیز وجود دارد که کمک می‌کند تخمین موقعیت ساده‌تر و سریع‌تر انجام شود. در این مرحله به تسویه اطلاعات جمع شده پرداخته می‌شود که شامل کدگذاری<sup>۴۰</sup>، کاهش بعد، استخراج اطلاعات بیشتر، خوشه‌بندی و مواردی مشابه را شامل می‌باشد.

## ۲-۳- الگوریتم‌های تعیین موقعیت در روش انگشت نگاری محلی

الگوریتم‌های تعیین موقعیت روال‌هایی هستند که با توجه به اطلاعات موجود در مجموعه آموزشی حاصل از اندازه‌گیری به رابطه بین قدرت سیگنال و محل دست یافته و از آن برای تعیین موقعیت به کار استفاده می‌شوند.

در اولین سیستم تعیین موقعیت مطرح شده بر اساس این روش، موقعیت هر کاربر با نزدیکترین ایستگاه پایه تخمین زده می‌شود. بدین نحو که ایستگاه پایه موقعیت خود را به همراه سیگنال انتشاری منتشر می‌کند و بنابراین هر کاربر سیار با دریافت آن، موقعیت خود را برابر این ایستگاه پایه فرض می‌نماید. روشن است که دقت این سیستم در حد و اندازه یک سلول می‌باشد.

همان طور که قبلاً اشاره شد این الگوریتم‌ها از یک دیدگاه به دو حالت گروه‌بندی و رگرسیون و از دیدگاه دیگر به دو حالت معین و احتمالی تقسیم می‌شوند.

در بحث زیر ابتدا به معرفی چندین الگوریتم تعیین موقعیت موجود و سیستم‌های مطرح شده بر اساس آن پرداخته می‌شود. پس از آشنایی با این روش‌ها، روش پیشنهادی مطرح می‌شود و مزایا و معایب آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

Likelihood<sup>38</sup>  
Preprocessing<sup>39</sup>  
Encoding<sup>40</sup>

## ۲-۳-۱- روش نزدیکترین همسایه

این روش، در اکثر سیستم‌ها با پارامترهای معین مورد استفاده قرار گرفته است. در آن ابتدا با توجه به اندازه گیری‌های انجام شده در هر موقعیت پارامتر مورد بررسی که می‌تواند از مقادیر معین متوسط یا انحراف استاندارد سیگنال دریافتی باشد بدست می‌آید و به این ترتیب مجموعه آموزشی از ترکیب جفت‌های موقعیت و پارامتر مورد بررسی حاصل می‌شود.

سپس در حالت آنلاین و در موقعیت ناشناخته با استفاده از اندازه گیری‌های مشابه پارامتر مورد نظر بدست می‌آید. این مقدار با مقادیر ثبت شده در مجموعه آموزشی مقایسه می‌شود.

به زبان ریاضی فرض نماییم نقشه رادیویی به صورت مجموعه  $\{F_1, F_2, \dots, F_m\}$  که تناظر یک به یک با مجموعه موقعیت‌های  $\{L_1, L_2, \dots, L_m\}$  دارد وجود دارد.

$$f_i = \{p_i^1, p_i^2, \dots, p_i^n\}, \quad \text{در این رابطه:}$$

$p_i^j =$  پارامتر سیگنال دریافتی از نقطه دسترسی  $j$  در نقطه  $i$

$n:$  تعداد نقاط دسترسی

علاوه بر آن فرض نماییم در فاز آنلاین بردار سیگنال دریافتی  $S$  نیز در موقعیت ناشناخته توسط اندازه گیری به دست آمده باشد.

این بردار  $S$  یک بردار  $n$  بعدی به صورت  $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$  می‌باشد که در آن  $s_i$  پارامتر حاصل از اندازه گیری قدرت سیگنال دریافتی از نقطه دسترسی  $i$ ام در محل مورد آزمایش می‌باشد.

با توجه به معیار برای مقایسه  $S$  با  $F_i$  که از آن به عنوان فاصله ( $\text{Dist}(\cdot)$ ) یاد می‌شود محل  $j$  ام به عنوان محل مربوطه انتخاب می‌شود به نحوی که خاصیت زیر برقرار باشد.

$$\text{Dist}(S, F_j) \leq \text{Dist}(S, F_k) \quad \forall k \neq j$$

معیار فاصله در حالت عمومی همانگونه که در مرجع [13] به آن اشاره شده است به صورت رابطه (۳) تعریف شده است.

$$\text{Dis}(S, F_j) = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{w_i} |s_i - p_i^j|^p \right)^{\frac{1}{p}}, \quad (3)$$

که در آن:

$S_i$ :	پارامتر اندازه گیری شده از نقطه دسترسی $\bar{I}_i$
$P_j^i$ :	پارامتر اندازه گیری شده از نقطه دسترسی $\bar{I}_i$ در محل $j$
$n$ :	تعداد نقاط دسترسی
$w_i \leq 1$	فاکتور وزنی
$\rho$ :	پارامتر نرم (مقدار اولیه = 1)

$w_i$  یک پارامتر بایاس است که تأثیر سیگنال ردیابی شده را در محاسبات قوی یا ضعیف می‌نماید. این پارامتر می‌تواند با انحراف استاندارد در نقطه  $\bar{I}_i$  یا تعداد نمونه‌ها در این نقطه یکسان در نظر گرفته شود.

معیارهای مقایسه و روش‌های تعیین موقعیت گوناگونی مطرح شده است. در ساده‌ترین حالت، موقعیت محلی که نزدیک‌ترین فاصله اقلیدسی را با مقدار مورد بررسی دارد به عنوان موقعیت نقطه نظر تشخیص داده می‌شود. فاصله اقلیدسی معیار متداول مورد استفاده است که با قرار دادن  $w_i=1$  و  $\rho=2$  در رابطه بالا به دست می‌آید. فاصله منها تن (Manhattan) در آن  $\rho=2$  است نیز در بعضی موارد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در مرجع [14] با استفاده از انحراف استاندارد معیار دیگری برای نزدیک‌ترین فاصله مطرح شده است. در این روش برای آنکه محل  $\bar{I}$  به عنوان موقعیت مورد نظر تشخیص داده شود علاوه بر معیار فاصله مطرح شده بالا باید رابطه (۴) نیز برقرار باشد.

$$\begin{aligned}
 P_1^i - 2 \partial_1^i &\leq s_1 \leq P_1^i + 2 \partial_1^i \\
 P_2^i - 2 \partial_2^i &\leq s_2 \leq P_2^i + 2 \partial_2^i \\
 \dots &\dots \\
 \dots &\dots \\
 P_N^i - 2 \partial_N^i &\leq s_N \leq P_N^i + 2 \partial_N^i
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

اگر شرط بالا برقرار نبود این روش با استفاده از الگوی غیردسته‌بندی به معرفی یک عضو جدید که در مجموعه آموزشی نیست می‌پردازد.

یک معیار فاصله دیگر که البته تا به حال در هیچ الگوریتم تعیین موقعیتی استفاده نشده است معیار فاصله ماهالانوبز (Mahalanobs) است که در مرجع [15] به آن اشاره شده است.

مطرح کنندگان این روش سه مزیت عمده زیر را نسبت به استفاده از فاصله اقلیدسی بیان نموده‌اند.

- به طور اتوماتیک به مقیاس بندی محورهای مختصات می پردازد.
- به تصحیح وابستگی بین جنبه های متفاوت می پردازد.
- امکان انتخاب حدود خطی و غیرخطی را فراهم می کند.

در حقیقت معیار فاصله اقلیدسی یک حالت خاص از فاصله مایلانز می باشد که در آن تمام اجزاء سیگنال های دریافتی غیروابسته می باشند و واریانس آن در تمامی جهات یکسان می باشد. ایراد این روش آن است که ماتریس کواریانسین موقعیت های انگشت نگاری شده باید به دست آید و با فرض به دست آمدن این ماتریس و نام گذاری آن با نماد  $C$  معیار فاصله مطرح شده مطابق با رابطه (۵) خواهد بود:

$$L_m^2 = (S - F)^T C^{-1} (S - F) \quad (5)$$

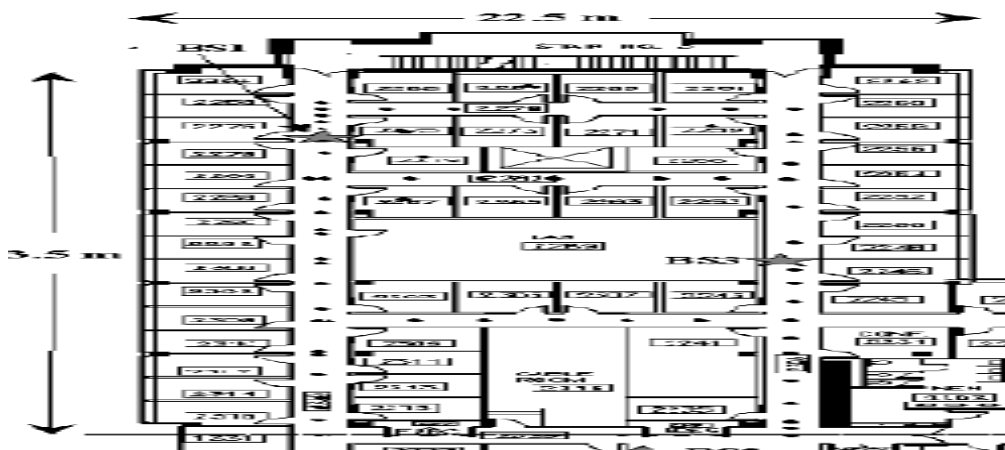
روشن است که علی رغم روش های متفاوت مطرح شده در بالا، هدف تمامی آنها، پیدا کردن نقطه ای در مجموعه آموزشی است که نزدیک ترین فاصله را با سیگنال دریافتی و مورد بحث داشته باشد. [16] با توجه به آنکه ممکن است چندین محل دارای معیار فاصله یکسان با نقطه مورد تشخیص باشد لذا الگوریتم  $k$  همسایه نزدیک و الگوریتم وزن دار  $k$  همسایه نزدیک مطرح شده اند. در روش  $k$  همسایه نزدیک با میانگیری از  $k$  موقعیت که سیگنال آنها دارای کمترین تفاوت با سیگنال دریافتی باشد موقعیت به دست می آید. البته این روش بسته به انتخاب  $k$  همواره عملکرد بهتری نسبت به روش نزدیک ترین فاصله نشان نمی دهد و انتخاب  $K$  بهینه برای هر سیستمی جداگانه مورد ارزیابی قرار می گیرد.

## ۲-۳-۱-۱- سیستم مطرح شده بر اساس روش همسایه نزدیک

[11] سیستم RADAR برای تعیین موقعیت این روش را مبنای کار خود قرار داده است.

محیط مورد آزمایش این سیستم طبقه دوم یک ساختمان سه طبقه با ابعاد  $۲۲/۵ \times ۴۳/۵$  با مساحت  $۹۸۰$  متر مربع با بیش از  $۵۰$  اتاق که در شکل (۲-۳) نشان داده شده است می باشد. در این فضا از سه ایستگاه پایه استفاده شده و دستگاه همراه، یک تلفن همراه به کامپیوتر کیفی با ویندوز  $۹۵$  می باشد. هم این دستگاه و هم ایستگاه های پایه دارای کارت واسطه دیجیتال<sup>۱</sup> می باشند.

فرکانس کار مورد استفاده در این سیستم ۲/۴ GHZ است و اطلاعات با نرخ انتقالی برابر ۲ Mbps فرستاده می شوند. این سیستم با استفاده از قابلیت های موجود در کارتهای WAVELAN NIC علاوه بر قدرت سیگنال، نسبت سیگنال به نویز را نیز اندازه گیری نموده است. با توجه به مقادیر بدست آمده نتیجه گرفته شده است که سیگنال دریافتی وابستگی بیشتر به محل دارد و لذا در بررسی های آتی از این سیگنال استفاده شده است.



شکل (۲-۳) نمایی از ساختمان مورد استفاده در سیستم RADAR [11]

در این سیستم برای ساخت مجموعه آموزشی هم از اطلاعات تجربی و هم از مدل انتشار سیگنال رادیویی استفاده می شود. برای تعیین موقعیت کاربر، از دو روش نزدیکترین همسایه و  $k$  همسایه نزدیک استفاده می شود.

در بستر آزمایشی این سیستم دستگاه سیار<sup>۴۲</sup> اطلاعات را به صورت پکت های UDP با ۶ بایت اطلاعات و فضای جداسازی یکسان به صورت ۴ عدد در یک ثانیه منتشر کرده است. ایستگاه پایه اطلاعات سیگنال دریافتی را گرفته و با حفظ نام خود و زمان دریافت این اطلاعات را ثبت نموده است. با توجه به آن که بسته به جهت کاربر سیار با ایستگاه پایه در یک موقعیت خاص، قدرت سیگنال دریافتی بسیار متفاوت بود (به عنوان مثال اگر بدن کاربر حمل کننده دستگاه سیار بین این دستگاه و ایستگاه پایه قرار داشت تضعیف سیگنال بسیار زیاد مشاهده می شد)، بنابراین در هر مکان در هر چهار جهت اندازه گیری انجام شده است. به این ترتیب برای ایجاد مجموعه اطلاعات تجربی از ۷۰ نقطه با ۴ جهت و در هر نقطه و هر جهت بیست نمونه سیگنال اندازه گیری و بیست نمونه نسبت سیگنال به نویز مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین پس از سنکرون نمودن زمانی اطلاعاتی به فرم  $(S_{nn}, S_s, d, y, x)$  برای هر ایستگاه پایه ثبت شده که در آن  $S_{nn}$  معرف مقدار سیگنال به نویز  $S_s$  معرف مقدار سیگنال دریافتی می باشد.

Mobile host<sup>42</sup>

بعد از ثبت اطلاعات مقدار خطای متوسط<sup>۴۳</sup> بازای ۵۰ درصد از نمونه ها محاسبه می شود و مورد استفاده قرار گرفته است. همانطور که اشاره شد برای تشخیص موقعیت از روی سیگنال اندازه گیری شده ابتدا باید نزدیکترین سیگنال (در روش k همسایه نزدیک، k موقعیت نزدیک) بنا بر معیار فاصله تعریف شده که در این سیستم معیار فاصله اقلیدسی انتخاب شده بود در مجموعه آموزشی پیدا شود که روش های جستجوی زیادی مانند R-Tree, X-Tree و موارد دیگر بدین منظور پیشنهاد شده اند. در این سیستم چون تعداد نمونه ها کم بود از یک روش جستجوی آسان استفاده شده است.

در این سیستم هم چنین از روش جدا نمودن یک نمونه<sup>۴۴</sup> برای ساخت مجموعه آموزشی مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش، یک نمونه از کل نقاط موجود در نقشه رادیویی کنار گذاشته می شود و مجموعه آموزشی با مابقی نقاط ساخته می شود. موقعیت نقطه کنار گذاشته شده با استفاده از مجموعه آموزشی و الگوریتم مذکور محاسبه و با موقعیت واقعی سنجیده می شود. در این سیستم فاصله اقلیدسی این دو به عنوان میزان خطا در نظر گرفته شده است. این کار به ترتیب برای نمونه های دیگر تکرار شده است.

آزمایشات زیر و نتایج مربوطه از این محیط بدست آمده است.

▪ روش نزدیکترین همسایه (با فرض استفاده از اطلاعات هر چهار جهت برای هر نقطه) دقتی کمتر از ۳ متر برای ۵۰٪ نمونه ها ارائه نموده است.

▪ روش k همسایه نزدیک نیز مورد بررسی قرار گرفته است. این روش برای k بزرگ خطای زیادی نشان داد اما برای k کوچک بهبود نسبی در معیار های مورد بررسی مشاهده شده است. (علت بهبود کم این گونه توجیه شده است که نقاط انتخابی واقعا مربوط به k نقطه متفاوت نبودند و معمولاً ۴ نقطه انتخابی مربوط به یک نقطه با ۴ جهت متفاوت بودند.)

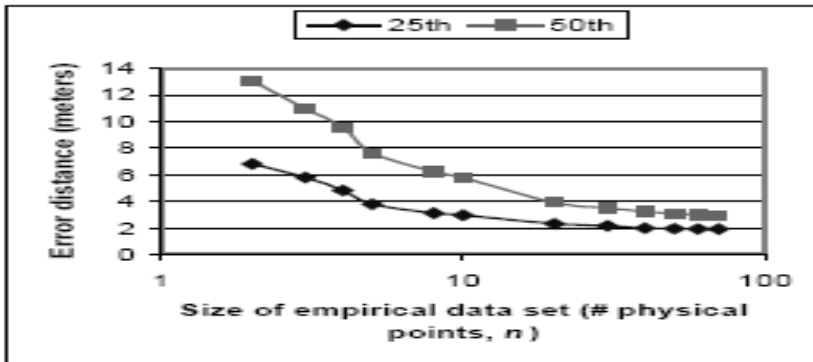
▪ با صرف نظر نمودن از اثر جهت یعنی انتخاب ماکزیمم سیگنال در هر نقطه از مجموعه اطلاعات مربوطه به آن (این یعنی همان در نظر گرفتن حالت ایده آل که اثر بدن فرد کاربر در تضعیف سیگنال نادیده گرفته شده است)، در حالت نزدیکترین همسایه نتایج کمی بهبود یافته است برای ۵۰ درصد از نمونه خطای ۲/۶۷ متر (۹٪ بهبود) و برای روش K همسایه نزدیک (با K برابر با مقادیری بین ۲ تا ۴) بهبود بسیار مشهود بود برای ۵۰ درصد از نمونه خطای ۲/۱۲ متر (۲۸٪ بهبود)).

▪ همچنین مشاهده شده است که اگر تنها از نمونه های مربوط به یک جهت استفاده شود میزان خطا تا حد بسیار زیادی بالا می رود. ۵۰ درصد از نمونه ها خطای ۴/۹۰ متر (۶۷٪ بدتر از

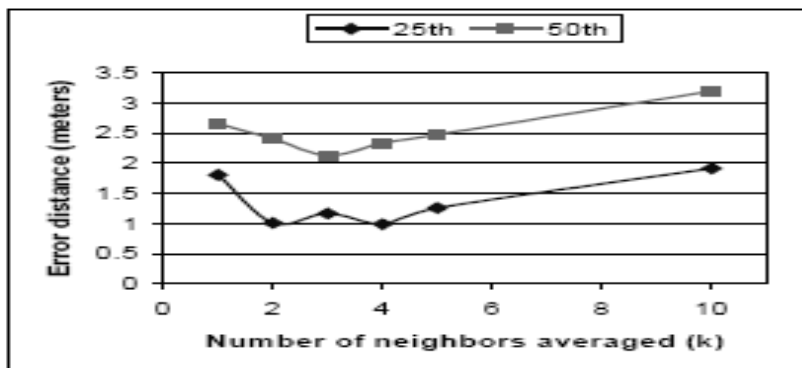
Median<sup>43</sup>  
Leave One Out<sup>44</sup>



حالت قبلی). بنابراین روش  $k$  همسایه نزدیک با انتخاب ماکزیمم سیگنال در هر نقطه بهترین جواب را ارائه داده است.



شکل (۲-۴) بررسی میزان خطای متوسط برای ۲۵ درصد از نمونه ها، برای ۵۰ درصد از نمونه ها بازای اندازه های مختلف مجموعه آموزشی برای روش  $K$  همسایه نزدیک [11]



شکل (۲-۵) بررسی میزان خطای متوسط برای ۲۵ درصد از نمونه ها، برای ۵۰ درصد از نمونه ها بازای مقادیر مختلف  $k$  برای روش  $k$  همسایه نزدیک [11]

■ آزمایش دیگر به بررسی تغییرات خطا با تعداد نمونه های مجموعه آموزشی پرداخته شده است (به شکل های (۲-۴) و (۲-۵) نگاه کنید). همانطور که مشاهده می شود برای مقادیر کم  $n$  میزان خطا بسیار زیاد بدست آمده است اما با افزایش  $n$  این میزان کاهش یافته است. این افزایش برای مقادیر  $n$  بزرگتر نرخ تغییرات کمتری دارد و لذا انتخاب ۴۰ نقطه هم در این سیستم مناسب تشخیص داده شده است.

■ هم چنین آزمایشات نشان داده است که اگر به جای ۲۰ نمونه اندازه گیری شده در هر نقطه، تنها از یک نمونه استفاده می شد دقت حاصل ۳۰٪ افت پیدا می کرده است و در صورت استفاده از ۲ نمونه دقت ۱۱٪ افت نشان داده است و اگر ۳ نمونه استفاده می شد برابر ۴٪ شده است.

▪ ابن آزمایشات همچنین به بررسی اثر حرکت کاربر نیز پرداخته است. بدین منظور به جمع آوری اطلاعات با تعداد دو نمونه در هر ثانیه و با فرض آن که کاربر با سرعت ثابتی حرکت کند پرداخته شده است. با فرض این که سرعت کاربر ثابت باشد می توان موقعیت او را بدست آورد برای بدست آوردن سیگنال در هر موقعیت از یک پنجره لغزان با ۱۰ نمونه و میانگیری از آن استفاده شده است. نتیجه بدست آمده برای ۵۰ درصد از نمونه ها دقتی برابر ۳/۵ متر می باشد که ۱۹٪ کاهش نسبت به حالت کاربر ساکن نشان می دهد.

▪ به موازات ساخت مجموعه آموزشی به صورت تجربی، برای ساخت مجموعه اطلاعات این سیستم از یک مدل انتشار استفاده شده است. مدل انتشار در محیط های درونی به دلیل پدیده تداخل، شکست، انعکاس و پخش بسیار پیچیده است و سیگنال رادیویی در هر موقعیت معمولاً از جمع سیگنال های مختلف که در اثر پدیده های مذکور بوجود آمده ایجاد می شود و با سیگنال اصلی تفاوت بسیار دارد.

مدل های انتشار مختلفی مانند مدل Rayleigh Fading [16] و مدل Rician [17] مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت مدل Floor Attenuation Factor Propagation [18] در این آزمایشات مبنای کار قرار گرفته شده است و این انتخاب این گونه توجیه شده است که این مدل هم قابلیت بررسی در مکانهایی با نمای مختلف را دارد و هم می تواند تلفات سیگنال قوی را مد نظر قرار دهد این مدل بصورت ریاضی در رابطه (۶) آمده است:

$$P(d) [dBm] = P(d_0) [dBm] - 10n \log \left( \frac{d}{d_0} \right) - \begin{cases} nW * WAF & nW < C \\ C * WAF & nW \geq C \end{cases} \quad (6)$$

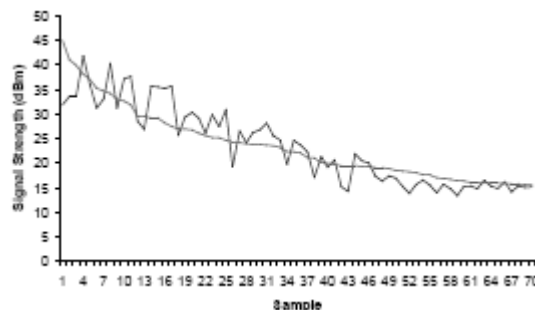
که در آن:

- n : نرخ تلفات با فاصله
- P(d<sub>0</sub>): سیگنال دریافتی در نقطه ای با فاصله d<sub>0</sub> از یک ایستگاه پایه
- c: ماکزیمم موانع (دیوارها) که برای آنها میزان تضعیف مشهود است
- nw: تعداد موانع بین فرستنده و گیرنده
- waf : درصد تضعیف دیوار
- waf و c هر دو آزمایشات تجربی بدست آمده اند که نتایج حاصله در جدول (۲-۱) آمده است.

جدول (۱-۲) مقادیر پارامترهای محاسبه شده بدای الگوی تجربی برای سه نقطه دسترسی [11]

	BS <sub>1</sub>	BS <sub>2</sub>	BS <sub>3</sub>	All
$P_{2e}$	57.58	56.95	64.94	58.48
$n$	1.53	1.45	1.76	1.523
$R^2$	0.81	0.65	0.69	0.72
MSE	10.49	13.98	7.34	9.82

نتایج بدست آمده برای ۵۰ درصد از نمونه ها میران خطایی برابر ۴/۳ متر در مقایسه با ۲/۹۴ روش تجربی نشان داده است و بنابراین روش تجربی دقت بهتری را ارائه داده است. مقایسه بین استفاده از روش تجربی با روش اندازه گیری شده در شکل (۲-۶) آمده است.

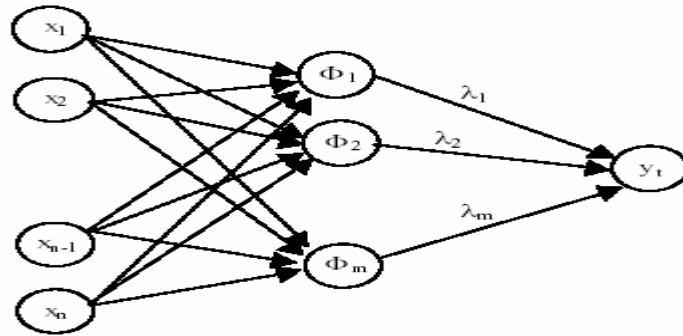


شکل (۲-۶) مقایسه بین مقادیر بدست آمده از اندازه گیری و مقادیر محاسبه شده در روش تجربی [11]

## ۲-۳-۲- شبکه‌های عصبی

استفاده‌کنندگان از شبکه‌های عصبی برای تعیین موقعیت معمولاً این توجیه را دارند که قدرت سیگنال انگشت نگاری شده پیچیدگی زیادی برای بررسی ریاضی دارند و لذا به توابع پیچیده برای گروه‌بندی نیاز دارند و بنابراین به جای استفاده از معیارهایی مانند می‌نیم فاصله از یک شبکه عصبی برای پردازش اطلاعات استفاده می‌کنند.

[19] یک شبکه عصبی همانگونه که در شکل (۲-۷) دیده می‌شود از یک لایه ورودی، چندین لایه داخلی که معمولاً به عنوان لایه مخفی به آن اشاره می‌شود و یک لایه خروجی تشکیل می‌شود. در صورتی که شبکه عصبی برای گروه بندی استفاده شود از یک تابع غیرخطی مانند تابع سیگموئید با مقدار  $\frac{1}{1+e^{-x}}$  در خروجی نیز استفاده می‌شود. این خروجی معمولاً به صورت منطقی<sup>۴۵</sup> می‌باشد.



شکل (۷-۲) نمایی از یک شبکه عصبی

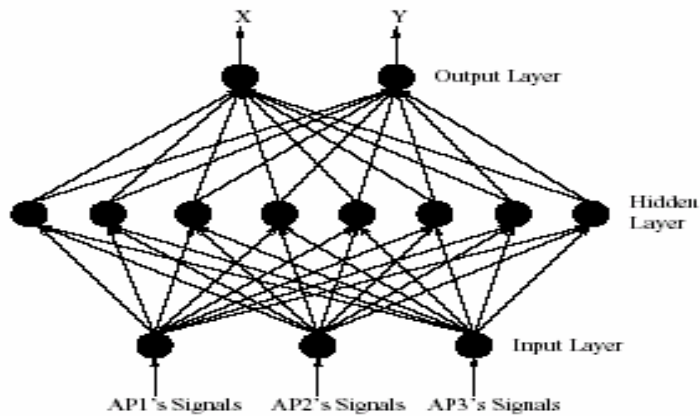
شبکه متداول مورد استفاده در شبکه‌های عصبی شبکه چند لایه پرسپترون است که در آن به صورت سری خروجی یک لایه ورودی لایه دیگر می‌باشد و دو روش تعیین موقعیت با استفاده از شبکه عصبی نیز از این شبکه استفاده نموده اند که در ادامه به آنها اشاره می‌شود.

## ۲-۳-۱- سیستم های معرفی بر اساس شبکه عصبی .

در مرجع [20] از یک شبکه پرسپترون که از یک لایه مخفی تشکیل شده است برای تعیین موقعیت استفاده شده است. در این شبکه از روش پیش خور<sup>۴۶</sup> برای یادگیری (برای آشنایی با مفهوم یادگیری به فصل بعد مراجعه نمایید). استفاده شده است. این شبکه شامل ۳ ورودی که نماینده قدرت سیگنال دریافتی از ۳ نقطه دسترسی می‌باشد و ۲۰ نرون در لایه مخفی می‌باشد.

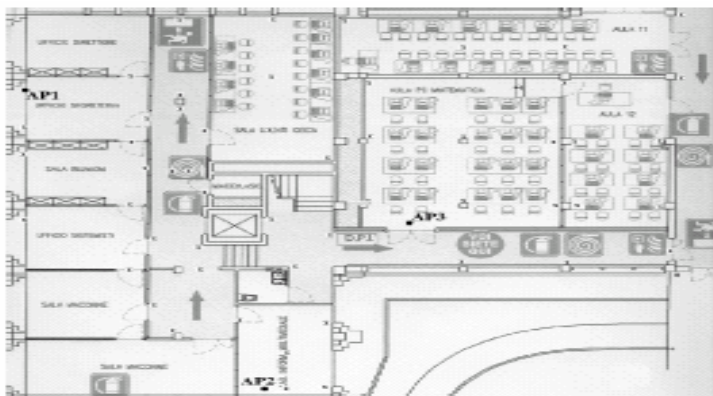
در یک تحقیق دیگر انجام شده توسط [4] Battiti برای تعیین موقعیت از شبکه عصبی چند لایه پرسپترون مشابه شکل (۲-۸) که از یک لایه مخفی تشکیل شده است استفاده شده است. تعداد نرونهای لایه مخفی این شبکه به ترتیب ۴، ۸، ۱۶ انتخاب شده اند. (یادآوری می‌شود شبکه پرسپترون از یک لایه ورودی و یک لایه خروجی و یک یا چند لایه مخفی تشکیل شده است و خروجی هر لایه مخفی از حاصلضرب خروجی لایه قبلی در ضرایب و عبور از یک تابع سیگموئید با مقدار  $\frac{1}{1+e^{-x}}$  حاصل می‌شود). روش یادگیری مورد استفاده<sup>۴۷</sup> OSS می‌باشد که برای آشنایی بیشتر با آن می‌توانید به مرجع [4] رجوع نمایید.

feed\_forwaed<sup>46</sup>  
One step secant<sup>47</sup>



شکل (۸-۲) شبکه چند لایه پرسپترون مورد استفاده در پروژه Battiti [20]

برای به دست آوردن مجموعه آموزشی و همچنین آزمایش سیستم از شبکه ای با مشخصات ذیل استفاده شده است. محیط آزمایش یک ساختمان سه طبقه با ابعاد  $24/5 \times 25/5$  است که در سه نقطه آن همان گونه که در شکل (۹-۲) نشان داده شده است، سه نقطه دسترسی AYVA WP-II با تکنولوژی LUCANT مجهز به دو آنتن خارجی بستر ساز شبکه محلی بی سیم نصب شده است. فرکانس کاری شبکه  $2/4$  گیگاهرتز می باشد و از نرخ انتقال اطلاعاتی برابر با ۱، ۲، ۵/۵ مگابیت بر ثانیه حمایت می کند. باند فرکانسی  $2/4$  گیگاهرتز به ۱۳ کانال تقسیم می شود و از میان آنها سه کانال ۱ و ۷ و ۱۲ با فرکانسهای ۲۴۱۲ و ۲۴۴۲ و ۲۴۷۲ مگاهرتز به ترتیب برای کار انتخاب شده اند. در این محیط ۱۹۴ موقعیت انتخاب شده که از این تعداد ۱۴۰ نقطه به عنوان مجموعه آموزشی و ۵۴ نقطه به عنوان نقاط مورد آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفتند.



شکل (۹-۲) نمایی از موقعیت مورد استفاده در سیستم تعیین موقعیت با استفاده از شبکه عصبی MLP مطرح شده

توسط Battiti [20]

همانطور که در بخش ۵ خواهید دید هر شبکه عصبی دارای دو فاز آموزش و مرجع می باشد. در فاز آموزش نمونه های مجموعه آموزشی به شبکه داده می شود و شبکه با آگاهی از خروجی های این مجموعه سعی می کند پارامترهای خود را بگونه ای تنظیم کند که میانگین خطای

مشاهده شده برای این نمونه ها کمینه شود. از این خطا به عنوان خطای یادگیری یاد می شود. پس از تنظیم پارامترها، شبکه حاصل با یکسری نقاط که در مجموعه آموزشی وجود ندارد مورد سنجش قرار می گیرد. با توجه به آنکه معیار سنجش این شبکه ها، بر خورد شبکه با نمونه های جدید می باشد خطای متوسط در این نمونه ها، به عنوان معیار در نظر گرفته و از آن تحت عنوان خطای تعمیم یاد می شود. روشن است که سیستمی ایده آل است که خطای تعمیم آن کم باشد.

با این تفاسیر آزمایشات و نتایج زیر از سیستم معرفی شده بدست آمد:

▪ این سیستم برای سه ساختار  $2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$ ،  $2 \rightarrow 8 \rightarrow 3$  و  $2 \rightarrow 16 \rightarrow 3$  و دوره تکرار از ۱ تا ۵۰۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفت و دو معیار خطای تعمیم و خطای یادگیری مورد بررسی قرار داده شد. همانطور که در نمودارهای رسم شده در شکل (۲-۱۰) نشان داده شده است با افزایش تعداد نرونها در لایه مخفی به عبارت دیگر افزایش پارامترها، خطای یادگیری و خطای تعمیم هر دو کاهش می یابند.

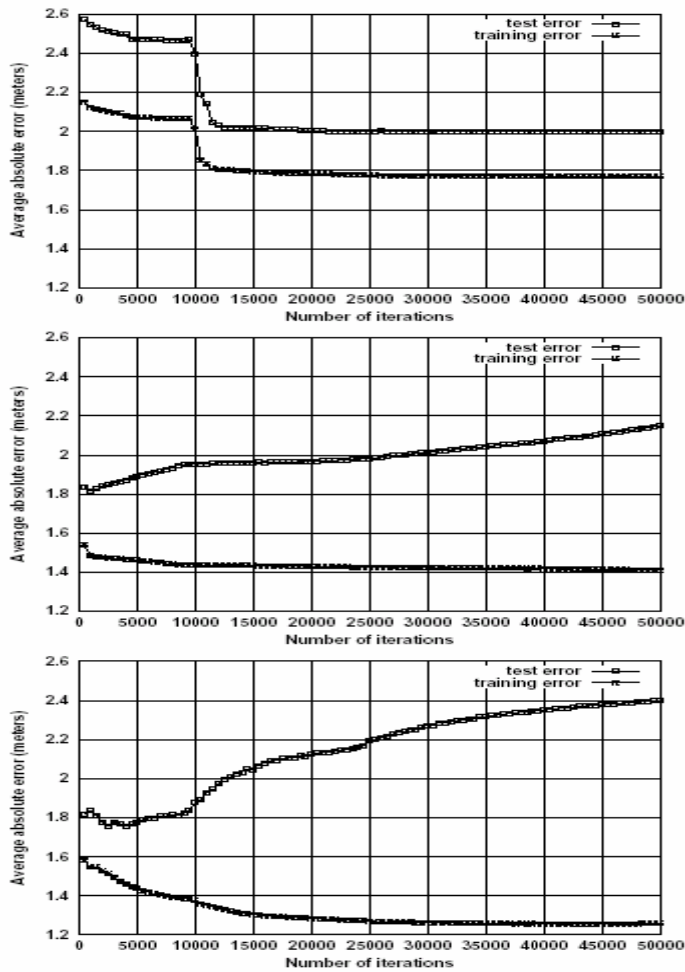
▪ علاوه بر آن انتظار میرفت که افزایش دوره یادگیری باعث کاهش خطای مربوط به معیارهای مطرح شده شود. در واقع با افزایش دوره یادگیری خطای یادگیری کاهش پیدا می کند اما بر خلاف تصور خطای تعمیم افزایش می یابد. به این پدیده آموزش مبالغه ای<sup>۸</sup> می گویند چرا که در این سیستم ها با افزایش دوره یادگیری، سیستم خود را بیشتر با الگوی یادگیری تطبیق می دهد و بیشتر الگوی ورودی و یادگیری را به ذهن می سپارد و بنابراین امکان تطبیق آن با نمونه های مورد آزمایش کمتر خواهد شد.

▪ از میان این نمونه ها بهترین جواب برای تعداد لایه ها برابر ۱۶ با تعداد تکرار ۳۰۰۰ با میزان دقتی برابر  $1/75$  متر می باشد. بنابراین در آزمایشات بعدی از این ساختار استفاده شده است.

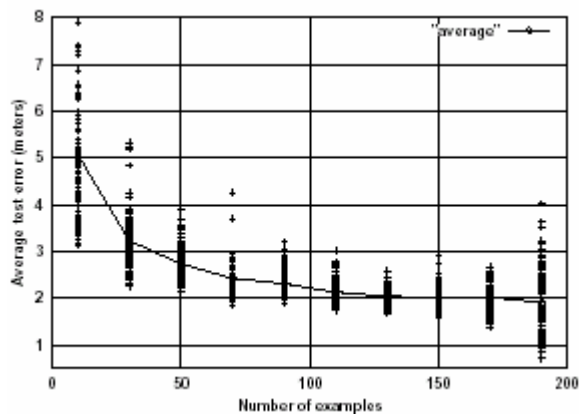
▪ در آزمایشی دیگر تاثیر تعداد نقاط مورد استفاده در یادگیری را بر روی متوسط خطا و انحراف استاندارد مورد ارزیابی قرار داده شد (شکل (۲-۱۱)). همانطور که مشهود است با افزایش تعداد نمونه های مجموعه آموزشی خطای متوسط و انحراف استاندارد کاهش می یابد.

▪ آزمایش دیگری که انجام شده است بررسی اثر تنوع سیگنال اندازه گیری شده در هر موقعیت در معیارهای مورد بررسی می باشد. بدین منظور در هر مکان در طول یک شبانه روز تعداد ۱۱۶۰۰ اندازه گیری گرفته شده است که البته این تعداد پس از انجام کوآنیزه کردن به

۴۶۵ مورد می رسد. برای بررسی بیشتر این اثر روش K همسایه نزدیک و وزن دار K همسایه



شکل (۱۰-۲) خطای یادگیری و خطای مجموعه مورد آزمایش برای سه ساختار  $3 \rightarrow 4 \rightarrow 2$  (بالا)،  $3 \rightarrow 8 \rightarrow 2$  (وسط) و  $3 \rightarrow 16 \rightarrow 2$  (پایین) [20]



شکل (۱۱-۲) نمودار تغییرات خطای فاصله با تغییرات تعداد نقاط مجموعه آموزشی در شبکه با ۱۶ نرون هم میزان متوسط و هم مقادیر خاص در نظر گرفته شده است. [20]

نزدیک که در آن پارامتر وزن مطابق با رابطه (۷) با معکوس فاصله ارتباط دارد نیز با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده مورد بررسی قرار گرفت ( $k=6$  به عنوان مقدار بهینه انتخاب شده است).

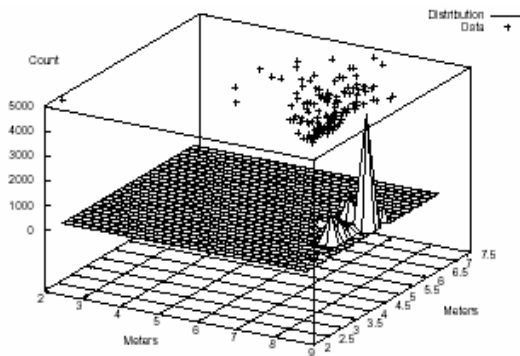
$$d_i^2 = (AP_1^i - AP_1)^2 + (AP_2^i - AP_2)^2 + (AP_3^i - AP_3)^2$$

$$x = \frac{\sum_{j=1}^k x^{d_j} \frac{1}{d_j}}{\sum_{j=1}^k \frac{1}{d_j}} \quad y = \frac{\sum_{j=1}^k y^{d_j} \frac{1}{d_j}}{\sum_{j=1}^k \frac{1}{d_j}} \quad (7)$$

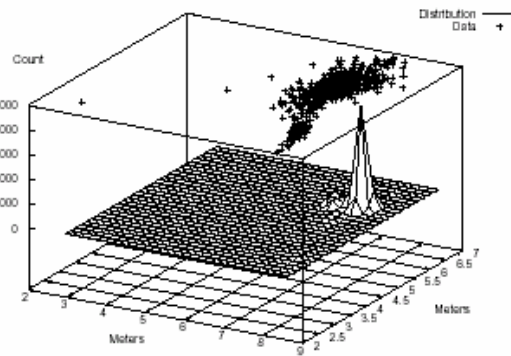
شکل های (۱۲-۲) و (۱۳-۲) توزیع بدست آمده با استفاده از دو روش شبکه پرسپترون چند لایه و روش k همسایه نزدیک را با استفاده از سیگنال های متفاوت نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود تنوع سیگنال بهبود چشمگیری را در خطای متوسط نشان می دهد به طوری که خطای متوسط برای شبکه پرسپترون برابر ۰/۳۶۵ متر و برای روش k همسایه نزدیک برابر ۰/۳۹۲ متر می باشد.

با توجه به آنکه روش شبکه عصبی نیاز به هیچ گونه اطلاعاتی از نقاط دسترسی ندارد در مقایسه با روش k همسایه نزدیک جواب های بهتری را ارائه می کند.

آنچه که می توان از مطالعه روش های چند لایه پرسپترون نتیجه گرفت آن است که این شبکه با یک لایه نرون (پرسپترون) مانند یک گروه بندی خطی عمل می کند و شبکه چند لایه پرسپترون در حقیقت معادل یک گروه بندی غیرخطی عمل می نماید و می تواند جواب های خوب و منطقی را ارائه کنند.



شکل (۱۳-۲) - توزیع موقعیت بدست برای روش k همسایه نزدیک [20] (k=6)



شکل (۱۲-۲) - توزیع موقعیت بدست برای روش شبکه عصبی چند لایه پرسپترون (۱۶ نرون در لایه مخفی) [20]

### ۲-۳-۳- روش احتمالی

همان طور که اشاره شد در روش های احتمالی از توابع توزیع احتمال سیگنال متناظر با موقعیت های مورد بررسی به جای مقادیر معین استفاده می شود و با استفاده از این تابع و با روش بسیار به تعیین موقعیت پرداخته می شود.



این روش با توجه به آنکه از یک دانش بیشتر که همان توزیع احتمالی قدرت سیگنال دریافتی در هر محل می‌باشد استفاده می‌کند پاسخ دقیق‌تری نسبت به روش معین می‌دهد. این دانش اولیه یا براساس توزیع مدل انتشار رادیویی و تخمین پارامترهای رادیویی توسط طراح بدست می‌آید یا توسط یک مجموعه آموزشی که شامل اندازه‌گیری‌های مختلف در زمان‌های مختلف برای یک موقعیت است حاصل می‌شود. [23] اگر از مجموعه آموزشی استفاده شود دو روش برای به دست آوردن این تابع توزیع پیشنهاد شده است که عبارتند از:

▪ مدل کرنل

▪ روش هیستوگرام

در مدل کرنل که در ذیل مطرح می‌شود این فرض که تنها یک نقطه دسترسی وجود دارد در نظر گرفته شده است. اگر در هر موقعیت انگشت‌نگاری شده  $n$  نمونه اندازه‌گیری شده وجود داشته باشد تابع احتمال هر نمونه، یک تابع گوسی که میانگین آن برابر با مقدار اندازه‌گیری شده و واریانس آن به دلخواه می‌باشد در نظر گرفته می‌شود. با توجه به آنکه تابع احتمال با میانگیری توابع احتمال مربوط به هر نمونه به دست می‌آید بنابراین تابع احتمال در هر موقعیت برابر با رابطه (۸) خواهد بود.

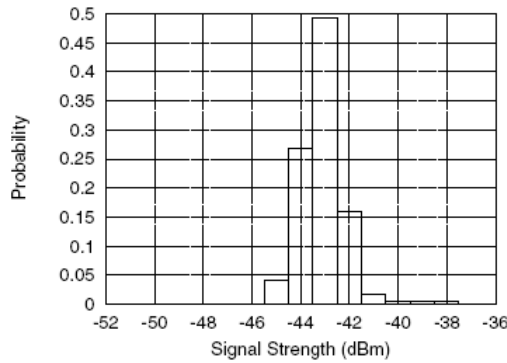
$$P(S | L) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(s - \rho_i)^2}{2\sigma^2}\right) \right], \quad (8)$$

در رابطه بالا مقدار  $\sigma$  یک اثر هموارکنندگی در توزیع احتمال خواهد داشت به نحوی که هر چه  $\sigma$  بزرگ‌تر باشد این هموارسازی بیشتر خواهد بود. اگر تعداد نقاط دسترسی به  $n$  افزایش یابد تابع مشابهت برای هر موقعیت از حاصل ضرب تابع شرطی برای هر نقطه دسترسی به فرم رابطه (۹) به دست می‌آید.

$$p(F | L) = P(S_1 | L)P(S_2 | L) \dots P(S_N | L) \quad (9)$$

[20] ثابت شده است که اگر مقدار  $\sigma$  برابر صفر در نظر گرفته شود این روش و روش نزدیک‌ترین همسایه که معیار فاصله آن فاصله اقلیدسی می‌باشد به یک گونه جواب خواهند داد.

در روش هیستوگرام فاصله بین می‌نیم و ماکزیمم به نواحی تقسیم می‌شود و تعداد نمونه‌های اندازه‌گیری شده در هر ناحیه برای توزیع احتمال استفاده می‌شود. در مرجع [21] بکارگیری این روش با تقسیم‌بندی به نواحی سه‌گانه، هفت‌گانه و بیست‌وهفت‌گانه مورد بررسی قرار گرفته است. روشن است که با افزایش تعداد نواحی توزیع بهتری به دست خواهد آمد (به شکل (۲-۱۴) نگاه کنید).



شکل (۲-۱۴) مثالی از یک هیستوگرام بدست آمده

در مرجع [22] یک روش پیچیده تر که در آن با استفاده از دو هیستوگرام دو تابع شرطی به دست می آید و سپس با استفاده از حاصلضرب آن دو، تابع شرطی نهایی به دست می آید مورد استفاده قرار گرفته است. با این فرض که احتمال قرار داشتن در هر موقعیت با  $P(L)$  نشان داده شود تابع احتمال موقعیت به شرط وجود سیگنال دریافتی  $F$  برابر با رابطه (۱۰) می شود. [21]

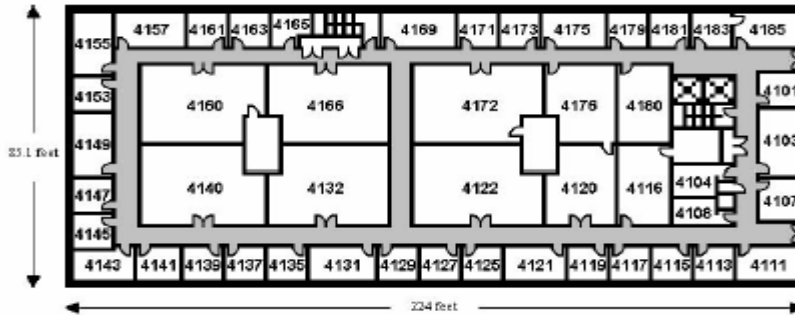
$$P(L|F) = \frac{P(F|L)P(L)}{P(F)} = \frac{P(F|L)P(L)}{\sum_{k \in L} P(F|L_k)P(L_k)} \quad (10)$$

با استفاده از این رابطه، موقعیتی که تابع مذکور دارای ماکزیمم مقدار باشد به عنوان موقعیت تشخیص داده شده در نظر گرفته می شود. به عنوان مثال برای تشخیص نقطه  $L_A$  در مقایسه با نقطه  $L_B$  برای سیگنال دریافتی  $F$  باید رابطه (۱۱) برقرار باشد (به این روش معمولاً به عنوان مدل بیسیان اشاره می شود).

$$\begin{aligned} P(L_A|F) &> P(L_B|F) \\ P(F|L_A)P(L_A) &> P(F|L_B)P(L_B) \end{aligned} \quad (11)$$

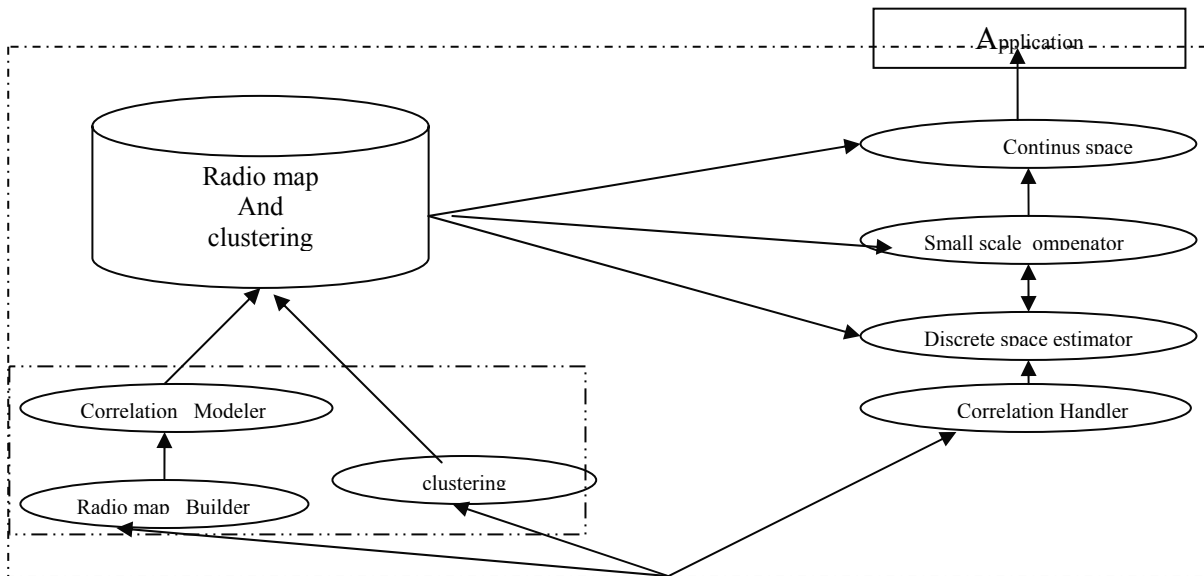
### ۲-۳-۳-۱- سیستم مطرح شده بر اساس روش احتمالی

[23-25] سیستم تعیین موقعیت Horus این روش را مبنای کار خود قرار داده است. در این سیستم برای نمونه برداری از سیگنال دریافتی از کارت واسط شبکه Lucent Orinocu که قابلیت انتقال اطلاعات با نرخ بالاتر از ۱۱ mbs را دارا است استفاده شده است. این کارت ها هم تحت نرم افزار ویندوز و هم لینوکس قابل استفاده بودند و با جستجوی آدرس های MAC از نقاط دسترسی مختلف می توانستند به اندازه گیری قدرت سیگنال مختلف از این نقاط بپردازد. تمام آزمایشات انجام شده در طول روز و در زمانی که مردم در حرکت و فعالیت بوده اند در فضایی که نمای آن در شکل (۲-۱۵) نشان داده شده است انجام شده است.



شکل (۲-۱۵) نمایی از فضای مورد استفاده در سیستم Horus [23]

شکل (۲-۱۶) اجزای کلی این سیستم را نشان می دهد. این سیستم هم مانند سیستم های تعیین موقعیت دیگر دارای دو فاز آموزش یا آفلاین<sup>۹</sup> و مرجع یا آنلاین<sup>۵۰</sup> می باشد. در این سیستم در فاز آموزش یا یادگیری، نقشه رادیویی<sup>۵۱</sup>، که همان توزیع احتمالی سیگنال دریافتی در هر نقطه است با توجه به اندازه گیری های حاصل و روش هیستوگرام بدست آمده است. این توزیع به دو صورت پارامتریک و غیر پارامتریک ساخته و مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این فاز نیز اطلاعات خوشه بندی و اطلاعات مربوط به ضرایب خود همبستگی نمونه ها از آزمایشات به دست آمده است. (قسمت های قرارداد شده در بلوک دیاگرام خط چین در شکل (۲-۱۶) در این فاز مورد استفاده قرار گرفته اند). در فاز مرجع که اندازه گیری ها در یک موقعیت نامشخص انجام شده است، بلوک

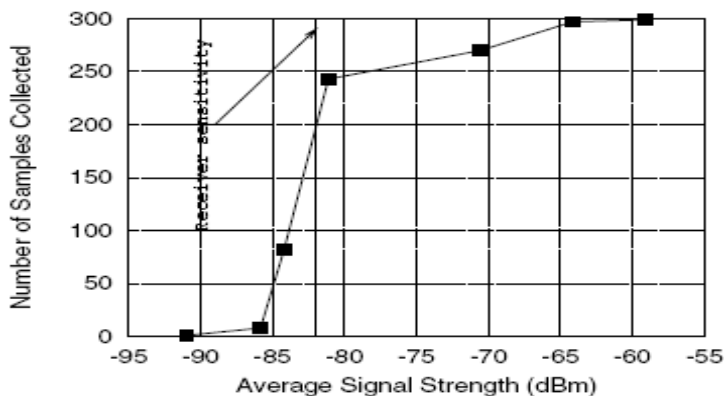


شکل (۲-۱۶) بلوک دیاگرام کلی سیستم [23]

Offline<sup>49</sup>  
Online<sup>50</sup>  
Radio Map<sup>51</sup>

مدیریت همبستگی (Correlation handler) به محاسبه ضریب خودوابستگی حاصل از سیگنال‌های متوالی می پردازد و همزمان با آن توزیع سیگنال متوسط نیز به روش هیستوگرام محاسبه می شود. سپس این اطلاعات به واحد تخمین زن فضایی مجزا وارد شده تا پس از قیاس با نقشه رادیویی (نقاط ثبت شده در فاز آموزش) موقعیتی که در آن توزیع احتمال قدرت سیگنال بیشترین شباهت را با توزیع اندازه گیری شده دارد پیدا کند. اطلاعات حاصل از این بلوک توسط بلوک جبران کننده تغییرات در سایز کوچک و بلوک تغییرات پیوسته تصحیح یافته و ثبت می شود. آزمایشات زیر بر روی این سیستم انجام شده است.

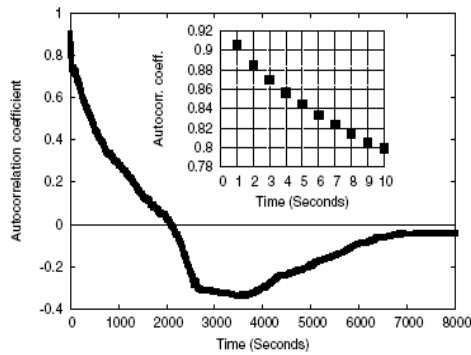
■ در آزمایشات اولیه انجام شده توسط این سیستم ابتدا اثر قدرت سیگنال دریافتی بر روی تعداد نمونه‌های تشخیص داده شده مورد بررسی قرار داده شده است. نتایج این آزمایش در شکل (۲-۱۷) رسم شده است. همانطور که مشاهده می شود هر چه قدرت سیگنال نقاط دسترسی بیشتر باشد تعداد نمونه‌های تشخیص داده شده افزایش می یابد. علت افت ناگهانی در سیگنال  $-81\text{dB}$  را می توان به حساسیت گیرنده در این مقدار برای تشخیص نویز از سیگنال نسبت داد.



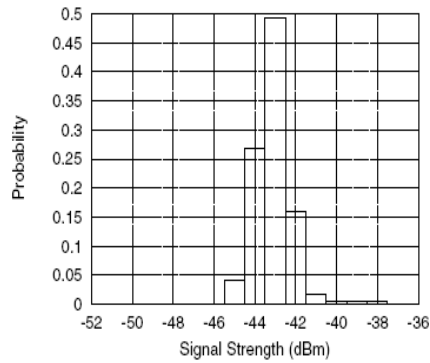
شکل (۲-۱۷) رابطه بین متوسط قدرت سیگنال اندازه گیری شده و درصد نمونه های دریافت شده در ۵ دقیقه [23]

■ در آزمایش بعدی به اندازه گیری سیگنال در یک موقعیت ثابت پرداخته شده است. بدین منظور در یک موقعیت مشخص و برای هر نقطه دسترسی، با فاصله زمانی یک ثانیه به مدت ۵ دقیقه اندازه گیری انجام شده است. نتایج حاصله بصورت هیستوگرام رسم شده است (به نمودار موجود در شکل (۲-۱۸) نگاه کنید). همانطور که مشاهده می شود، نرخ هیستوگرام  $10\text{ db}$  یا بیشتر می باشد. علت این تغییرات را می توان به تغییرات محیط فیزیکی نسبت داد.

■ مسئله دیگر که در این سیستم در نظر گرفته شده است وجود وابستگی بین نمونه های متوالی است. طراحان این سیستم ادعا کرده اند که در نظر گرفتن این وابستگی بین نمونه ها باعث افزایش دقت سیستم تعیین موقعیت شده و بدون آن در دقت سیستم به خصوص با افزایش تعداد نمونه ها کاهش بسیاری مشاهده می شود.



شکل (۲-۱۹) مثالی از خود همبستگی (autocorrelation) بین نمونه ها برای هر نقطه دسترسی (یک نمونه برای هر ثانیه) شکل فرعی این مقدار را برای ۱۰ ثانیه اول نشان می دهد. [23]



شکل (۲-۱۸) مثالی از هیستوگرام نرمالیزه شده قدرت سیگنال برای یک نقطه دسترسی [23]

■ برای میانگین سیگنال اندازه گیری شده دو رنج تغییرات نسبت به فاصله مشاهده و در نظر گرفته شده است.

— تغییرات در قیاس بزرگ

— تغییرات با قیاس کوچک

تغییرات در قیاس بزرگ از مدل بیسیان محاسبه شده است و برای در نظر گرفتن تاثیر تغییرات در اندازه کوچک از یک مدل انتشار استفاده شده است. این سیستم با در نظر گرفتن این تاثیرات دقیقی برابر ۰/۶ متر را عرضه نموده است.

## ۲-۳-۴- روش ماشین بردار حمایتی

[۳] اخیراً این روش برای تعیین موقعیت در فضاهای بسته مطرح شده است. این روش برای حالت گروه بندی تحت نظارت جوابهای بهتری ارائه داده است. ریشه این روش در تئوری یادگیری آماری مطرح شده توسط وپنیک<sup>۵۲</sup> [۲۶] است که از ادغام آمار، یادگیری ماشینی و مواد دیگر حاصل می شود. این روش برخلاف بسیاری از روش های احتمالی قبل به توزیع مدل انتشار وابسته نیست و قدرت آن در کاهش خطای تعمیم یا همان خطای حاصل در نمونه های مورد آزمایش می باشد و ادعا دارد که خطای نمونه ها را پس از انجام یادگیری کمینه می کند. به عبارت دیگر این روش ادعا می کند که یادگیری انجام شده توسط آن بدور از تطابق زیاد با نمونه های مجموعه آموزشی<sup>۵۳</sup> بهترین جواب را برای نمونه های آزمایشی ارائه خواهد داد.

Vapnik<sup>52</sup>  
Over Training<sup>53</sup>

اساس این روش بر اساس کمینه کردن ریسک ساختاری<sup>۴</sup> می باشد که هدف آن کاهش تابع ریسک است. این تابع ریسک مقدار مورد انتظار برای تابع تلفات یا تابع تفاوت بین الگوی واقعی با الگوی تقریبی را ارائه می کند این خطا محدود به مقدار ریسک تجربی و مقدار VC می باشد.

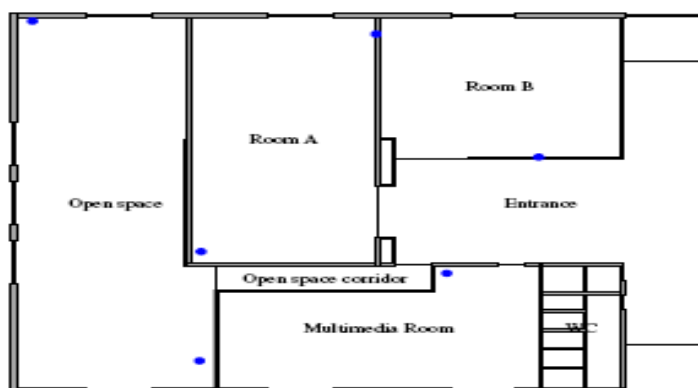
با توجه به آنکه انگشت نگاری محلی در مسئله گروه بندی به عنوان یک تابع غیر خطی عمل می کند این روش با ارائه راهکارهایی به تغییر فضای این سیستم از فضای غیر خطی به فضای خطی می پردازد. به این فضای خطی، فضای ویژه و به تابع تبدیل دو فضا تابع کرنل می گویند. این تابع کرنل می تواند تابع چند جمله ای، مدار شعاعی یا سیگموئید یا تابع تحلیل کرنل واریانس ANOVA [3] باشد.

پس از تغییر فضا با استفاده از این تابع کرنل، الگوریتم SVM به تعیین سطح بهینه برای جدا سازی گروه ها می پردازد با توجه به این که سطح جداسازی یکتا نیست، سطح بهینه، سطحی است که بیشترین فاصله را با نزدیکترین نقطه به آن داشته باشد. برای تعیین این سطح از بردارهای حمایتی استفاده می شود و لذا منظور از بردار حمایتی، بردارهای یادگیری هستند که برای مشخص نمودن سطح جدا سازی بهینه لازم هستند.

## ۲-۳-۴-۱- سیستم مطرح شده بر اساس روش ماشین بردار حمایتی

[3] پروژه WILMA از این تکنیک برای تعیین موقعیت استفاده نموده است.

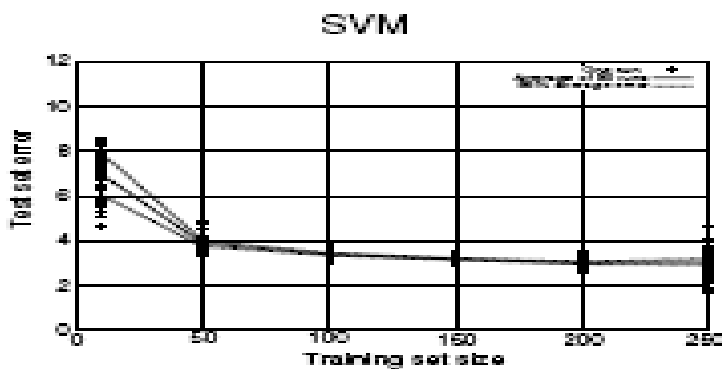
شبکه محلی LAN مورد استفاده در این پروژه شامل ۶ نقطه دسترسی (به شکل (۲-۲۰) نگاه کنید) AYVA WP-II E با تکنولوژی LUCENT با آنتن های خارجی چند جهته می باشد تجهیزات موبایل از نوع کامپیوترهای کوچک از نوع COMPAQ IPAQ H-3870 با سیستم عامل Linux 0.52 تطبیق دهنده PCMCIA و کارت ORINOCO Silver با تکنولوژی Lucent می باشد.



شکل (۲-۲۰) نمایی از فضای مورد استفاده در پروژه WILMA [3]

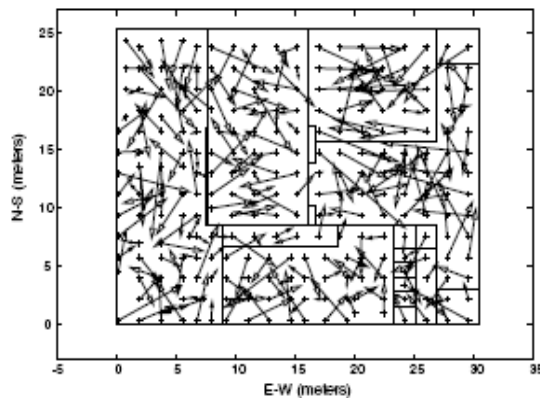
نمونه‌های مورد آزمایش شامل ۲۵۷ نقطه در کل فضا می‌باشد. نتیجه خروجی هر آزمایش دو مختصات فیزیکی متناظر با ۶ سیگنال ورودی اندازه‌گیری شده در آن نقطه برای هر نقطه دسترسی می‌باشد. قدرت سیگنال دریافتی دارای محدوده متفاوت  $-102\text{dBm}$  (زمانی که سیگنال دریافتی وجود ندارد و فقط سیگنال نویز قابل دسترسی است تا  $-30\text{dBm}$  در مجاورت آنتن‌ها و تجهیزات کامپیوترهای جیبی قابلیت تحمل تا  $1\text{dBm}$  را دارند).

در شکل (۲-۲۱) متوسط خطا را برای اندازه‌های مختلف مجموعه آموزشی نشان می‌دهد. در حالی که از روش کنار گذاشتن یک نمونه<sup>۵۵</sup> استفاده شود این روش دارای متوسط خطای میانگینی برابر  $3,04$  متر خواهد داشت.



شکل (۲-۲۱) تغییرات خطای متوسط با زای اندازه‌های مختلف مجموعه آموزشی [3]

شکل (۲-۲۲) نتایج حاصل از پیاده‌سازی این روش را بصورت رگرسیون نشان می‌دهد. همانطور که نشان داده شده است این روش در حالت گروه بندی جواب‌های بهتری را ارائه می‌دهد.



شکل (۲-۲۲) نتایج بدست آمده از روش گروه بندی ابتدای بردار موقعیت واقعی و نوک بردار موقعیت تخمین زده شده می‌باشد. [3]

## ۳- تئوری روش پیشنهادی



### ۳-۱- کلیات و تئوری روش پیشنهادی

پردازش داده‌های پیچیده چالشی است که حوزه‌های مختلف علوم مهندسی با آن مواجه هستند. طبقه‌بندی، شناسایی و تقریب تابع، موضوعاتی در این رابطه می‌باشند که در هر کدام از این موضوعات، مجموعه‌ای از داده‌ها برای ساختن توابع پارامتریک یا غیر پارامتریک مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه استفاده از شبکه عصبی برای تقریب توابع فوق بسیار مطرح است. شبکه عصبی با تابع شعاع مداری که در این تحقیق برای تخمین موقعیت استفاده شده است نیز جزء گروه شبکه‌های عصبی می‌باشد. لذا در بحث ذیل سعی می‌شود که ابتدا به جزئیات بیشتری از شبکه‌های عصبی پرداخته شود.

#### ۳-۱-۱- مروری بر شبکه‌های عصبی

نخستین سئوالی که مطرح است آن است که شبکه عصبی چیست؟ در صورتیکه این سئوال را به دو پرسش زیر تقسیم شود، پاسخ‌گویی به آن آسان تر خواهد بود.

▪ چرا آن را شبکه عصبی می‌خوانند؟

آن را یک شبکه عصبی می‌گویند چون مانند سیستم عصبی بدن شبکه‌ای از عناصر بهم مرتبط می‌باشد. این عناصر از مطالعات انجام گرفته در زمینه سیستم‌های عصبی الهام گرفته شده‌اند. به عبارت دیگر هدف شبکه‌های عصبی، کوشش برای ساخت ماشین‌هایی است که همانند مغز انسان عمل می‌کنند. این ماشین‌ها متشکل از اجزایی هستند که مشابه عصب‌هایی بیولوژیکی رفتار می‌کنند.

▪ یک شبکه عصبی چه کاری انجام می‌دهد؟

کار یک شبکه عصبی، ایجاد یک الگوی خروجی براساس الگوی ورودی ارائه شده به شبکه می‌باشد. این مفهوم تا حدی انتزاعی است و لذا به منظور فهم بهتر، می‌توانید به مرجع [19] مراجعه نمایید.

#### ۳-۱-۲- خصوصیت‌های اصلی شبکه عصبی (یادگیری و تعمیم)

شبکه‌های عصبی، طبقه‌بندی الگوها می‌باشند اما هر طبقه بند الگو، شبکه عصبی نیست. برخی از ویژگی‌های مختص به شبکه‌های عصبی که سایر طبقه‌بندها دارا نیستند توانایی آنها در یادگیری و تعمیم است.

نخست در مورد یادگیری بحث خواهد شد. اگر خواسته شود که تمام الگوهای ورودی و الگوهای خروجی متناظر با آن ها، برای موضوع مورد بحث بدست آورده و به سیستم وارد شود، مستلزم زمان بسیار زیادی به منظور وارد نمودن تمامی ترکیبات محتمل برای ورودی و حافظه زیادی برای ذخیره این اطلاعات می باشد. بهتر آن است که ماشین، توسط ارائه تعداد کمتری از مثالها که باعث ایجاد جواب درست می شوند، برنامه نویسی شود. این رویه به معنای آموزش یا یادگیری می باشد، یعنی سیستم یاد می گیرد که الگوهای معینی را شناسایی کند و پاسخ خروجی درستی به آنها بدهد.

پس از اتمام فاز آموزش، فاز عملیاتی قرار دارد که در آن الگوها مجدداً به سیستم نشان داده می شوند، در صورتیکه این الگوها با الگوهایی که در فاز آموزش به سیستم ارائه شده بودند، یکسان باشند، خروجی صحیح ایجاد می شود چرا که سیستم در فاز یادگیری بدین منظور خود را تنظیم نموده است. در حالت ایده آل، ماشین باید بتواند در قبال دریافت ورودی هایی که حتی در فاز آموزش ندیده است، پاسخ صحیح ارائه کند. چنین ویژگی را تعمیم می نامند. سیستم توانایی آن را دارد که در خلال مثال هایی که به آن داده می شوند، خصوصیات کلی کلاس های مختلف الگوها را شناسایی نماید. شبکه های عصبی توانایی تعمیم را دارند به عبارت دیگر در صورتیکه یک شبکه عصبی درست کار کند، می تواند در مقابل الگوهایی پاسخ درست بدهد که در فاز آموزش به شبکه نشان داده نشده اند.

برای روشن شدن چگونگی انجام تعمیم، ساختار تفصیلی شبکه های عصبی باید توضیح داده شود. این ساختار در بخش بعد برای شبکه عصبی RBF معرفی می شود.

به طور خلاصه، یک شبکه عصبی باید دارای خصوصیات زیر باشد.

- بتواند الگوها را طبقه بندی کند.
- به اندازه کافی کوچک باشد که از نظر فیزیکی واقع گرایانه باشد.
- با بکارگیری آموزش، قابل برنامه ریزی باشد به عبارتی شبکه عصبی باید قدرت یادگیری داشته باشد.

▪ توانایی تعمیم را با استفاده از مثال های ارائه شده در خلال فاز آموزش داشته باشد.

همانطور که اشاره شد شبکه عصبی با توجه به روندی که در فاز آموزش آن انجام می شود توانایی تعمیم را دارد. بحث بعدی به این موضوع که چگونه فاز آموزش یا یادگیری انجام می شود می پردازد.

هنگامی که یک شبکه عصبی، در فاز آموزش یا یادگیری به سر می‌برد، سه عامل را باید مدنظر قرار دهد:

- ورودیهای بکار گرفته شده از یک مجموعه آموزش انتخاب می‌شوند بگونه‌ای که پاسخ مطلوب سیستم به این ورودیها مشخص است.
- پاسخ واقعی ایجاد شده در قبال یک الگوی ورودی توسط شبکه بدست آمده و با پاسخ واقعی مقایسه می‌شود و خطای موجود (انحراف پاسخ واقعی از پاسخ مطلوب) محاسبه می‌شود.
- اوزان بگونه‌ای اصلاح می‌شوند که خطای مذکور کاهش یابد.

اینگونه یادگیری را یادگیری نظارتی می‌نامند زیرا خروجی‌ها از قبل شناخته شده اند و شبکه در جهت تولید خروجی های صحیح هدایت می‌شود.

بنابر آنچه در مورد یادگیری نظارتی گفته می‌شود، نیازمندیهای این نوع یادگیری، وجود یک مکانیزم مناسب برای تعدیل اوزان و یک تابع مناسب خطا می‌باشند. بیشتر کوششهایی که برای یافتن مکانیزم تعدیل اوزان انجام شده است براساس نظرات دونالد هب می‌باشند و بدین جهت آنها را تحت عنوان شیوه‌های یادگیری هبیین می‌نامند.

در ادامه با توجه به آنکه روش پیشنهادی بر مبنای شبکه RBF است به معرفی ساختار این شبکه و روشهای یادگیری آن پرداخته می‌شود.

## ۲-۳- شبکه RBF

### ۳-۲-۱- مقدمه

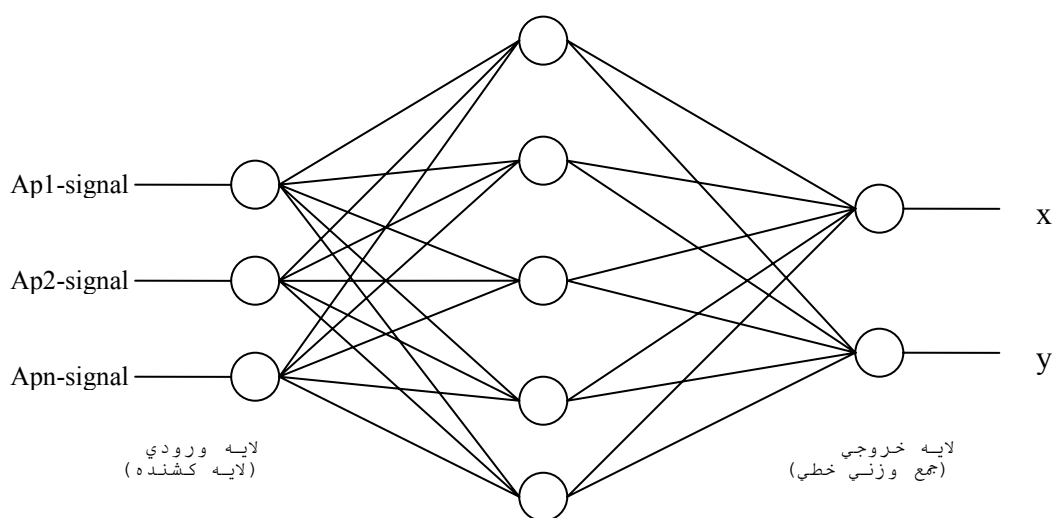
شبکه های با تابع مدار شعاعی به طور گسترده‌ای برای تخمین غیرپارامتریک توابع چندبعدی از طریق مجموعه‌ای محدود از اطلاعات آموزشی به کار می‌رود. شبکه های عصبی شعاعی به واسطه آموزش سریع و فراگیر، بسیار جالب و مفید هستند و مورد توجه خاصی قرار گرفته اند. [27] در سال ۱۹۹۰ میلادی بود که ژیروسی، پوگی و همچنین هارتمن و کپلر اثبات کردند که شبکه های با تابع مدار شعاعی تقریب سازهای بسیار قدرتمندی هستند بطوریکه با داشتن تعداد نرون های کافی در لایه مخفی، قادر به تقریب سازی هر تابع پیوسته و با هر درجه دقت می باشند. نکته بسیار جالب آن است که این شبکه ها تنها با داشتن یک لایه مخفی، دارای چنین خاصیتی هستند. شبکه‌های با تابع مدار شعاعی بیشترین الهام را از تکنیک‌های آماری طبقه‌بندی الگوها گرفته‌اند که اساساً به عنوان گونه‌ای از شبکه‌های عصبی، حیاتی نو یافته‌اند و مزیت عمده آنها طبقه بندی الگوهایی که داری فضای غیرخطی

هستند می باشد. با قرا ردادن این شبکه برای طبقه بندی اصلی شبکه های عصبی، این تکنیک ها، گرچه تعدادشان اندک است، به فراوانی به کار گرفته شده اند. این شبکه ها، اغلب با شبکه عصبی پس انتشار خطا مقایسه می شود.

در این بحث سعی شده است تا ابتدا با ساختار این شبکه آشنا شوید و سپس مروری کوتاه بر روش های کاربردی برای یادگیری توابع مدار شعاعی داشته باشد.

### ۲-۲-۳- ساختار شبکه عصبی شعاعی

معماری اصلی RBF متشکل از یک شبکه سه لایه مانند شکل (۳-۱) می باشد.



شکل (۳-۱) لایه پنهان (اوزان مرتبط با مرکز خوشه، تابع خروجی معمولاً گوسین)

لایه ورودی فقط یک لایه ورودی است و در آن هیچ پردازشی صورت نمی گیرد. لایه دوم یا لایه پنهان، یک انطباق غیرخطی مابین فضای ورودی و یک فضای معمولاً با بعد بزرگتر برقرار می کند و نقش مهمی در تبدیل الگوهای غیرخطی به الگوهای تفکیک پذیر خطی دارد. سرانجام لایه سوم، جمع وزنی را به همراه یک خروجی خطی تولید می کند. در صورتی که از RBF برای تقریب تابع استفاده شود، چنین خروجی ای مفید خواهد بود ولی در صورتیکه نیاز باشد طبقه بندی الگوها انجام شود، آنگاه یک محدود کننده سخت یا یک تابع سیگموئید را می توان بر روی عصب های خروجی قرار داد تا مقادیر خروجی ۰ یا ۱ تولید شوند.

همانطور که از توضیحات بالا مشخص می شود خصوصیت منحصر بفرد این شبکه، پردازشی است که در لایه پنهان انجام می گیرد. تابع لایه پنهان دارای رابطه ای مطابق با رابطه (۱۲) است:

$$F(x) = \sum_{j=1}^p w_j \phi (\|x - u_j\|). \quad (12)$$

این رابطه نشان می دهد که برای تقریب تابع  $f$  از  $p$  تابع شعاعی که دارای مراکز ثقل  $u_j$  می باشد استفاده می شود. نماد  $\|\cdot\|$  تابع فاصله در فضای  $R_n$  می باشد که معمولاً فاصله اقلیدسی<sup>۵۶</sup> انتخاب می شود.

از آنجایی که منحنی نمایش تابع های مدار شعاعی بصورت شعاعی متقارن است، نرون های لایه مخفی به نرون های تابع شعاعی معروفند. توابع شعاعی مختلفی پیشنهاد شده است که در ذیل به چند مورد از آنها اشاره می شود:

$$\begin{aligned} \text{Cubic splines :} & \quad \phi : \mathcal{R} \rightarrow \mathcal{R} : r \rightarrow |r|^3 \\ \text{Thin plate splines} & \quad (x, y) \rightarrow \|(x, y)\|^2 \log \|(x, y)\| \\ \text{Multiquardics and inverse multiquardics :} & \quad \phi_{MQ}(r) = \sqrt{a^2 + r^2} \end{aligned}$$

تابع معروف در شبکه های شعاعی همان تابع گوسی یا نمایی به فرم زیر می باشد

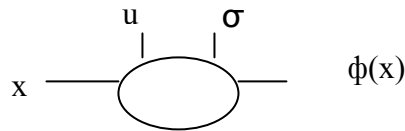
$$\phi (\|x - u_j\|) = e^{-\frac{(\|x - u_j\|)}{\sigma_j}}. \quad (13)$$

در این رابطه  $\sigma_j$  فاکتور عرض کرنل  $\sigma_j$  می باشد. دلیل انتخاب تابع نمایی گوسی به عنوان تابع پاسخ نرون ها در شبکه های با تابع شعاع مداری این است که ژيروسی و پوگی در سال ۱۹۹۰ میلادی نشان دادند که تابع نمایی جزء گروهی از توابع است که دارای بهترین خواص در تقریب سازی هستند. این موضوع تضمین می کند که مجموعه ای از وزن ها وجود دارند که رابطه بین ورودی ها و بردارهای هدف را بهتر از هر مجموعه دیگر تقریب سازی می کنند و این خاصیت در تابع سیگموئیدی که در طراحی شبکه های پس انتشار خطا بکار برده می شود، وجود ندارد.

در ساختار بالا، بسته به ساختار ورودی تابع گوسی های مختلفی مطرح می شود.

اگر ورودی یک بعدی باشد، از یک نرون منفرد ساده در لایه مخفی که فقط دارای یک ورودی است مشابه شکل (۳-۲) استفاده می شود. در این حالت  $u$  نیز یک مقدار یک بعدی می باشد.

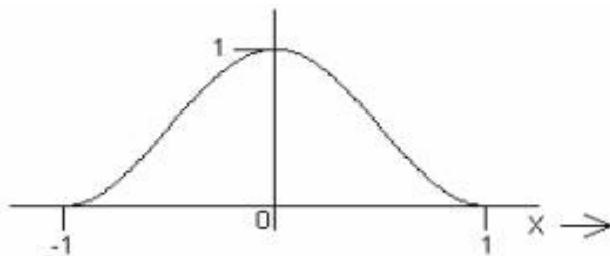
Euclidean<sup>56</sup>



شکل (۳-۲): نرون شعاعی با یک ورودی

منحنی نمایش این تابع در شکل (۳-۳) نشان داده شده است.

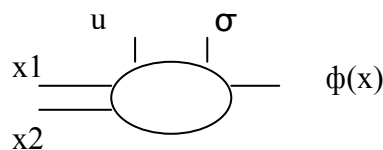
با توجه به رابطه بالا برای مقدار ورودی برابر با میانگین  $u=x$  تابع پاسخ نرون به ماکزیمم مقدار خود می رسد. با افزایش فاصله  $x$  از این میانگین، مقدار پاسخ نرون به شدت افت می کند و هر چه این فاصله بیشتر مقدار تابع پاسخ نرون نیز کمتر می شود. در نتیجه، مقدار خروجی نرون در یک محدوده خاصی در مقادیر  $x$  قابل بررسی است. به این محدوده خاص میدان پذیرا گفته می شود. اندازه و محدوده این میدان با پارامتر  $\sigma$  تعیین می شود.



شکل (۳-۳): منحنی نمایش تابع پاسخ یا تابع انتقال (تحریک) نرون شعاعی با یک ورودی

در مقایسه با منحنی توزیع استاندارد آماری که دارای شکلی شبیه به منحنی نمایش تابع پاسخ نرون است. می توان  $u$  را میانه و  $\sigma$  را انحراف استاندارد منحنی پاسخ نرون در نظر گرفت.

در شکل (۳-۴) ساختار نرون لایه مخفی با ورودی دو بعدی  $x$  نشان داده شده است. در این حالت میانه  $u$  نیز برداری دو بعدی می باشد.



شکل (۳-۴): نرون شعاعی با دو ورودی

در این حالت تابع بنیادی شعاعی  $\Phi(\cdot)$ ، به یک تابع دو متغیره تبدیل می شود. منحنی نمایش این تابع در شکل (۳-۵) نشان داده شده است. این تابع نیز برای ورودی برابر  $u$  ماکزیمم خواهد بود.



شکل (۳-۵): منحنی نمایش تابع پاسخ یا تابع انتقال (تحریک) نرون شعاع با دو ورودی

با توجه به این شکل می توان ملاحظه کرد که تابع گوسی نمایی که به عنوان تابع پاسخ نرون در نظر گرفته شده است، حول میانه  $u$  بصورت شعاعی متقارن است باید توجه داشت که در شبکه های با تابع شعاع مدار هیچ محدودیتی در تعداد نرون های ورودی و خروجی وجود ندارد.

هر چند که تجسم فضایی منحنی نمایش تابع پاسخ نرون های لایه مخفی در فضاهای بیش از سه بعد برای ما ممکن نیست و لکن مسائل مطرح شده در مورد آنان نیز صادق می باشد.

در این حالت هم هر لایه پنهان دارای پاسخی به فرم رابطه (۱۴) خواهد بود.

$$\phi_j(\|x - u_j\|) = e^{-\frac{\|x - u_j\|}{\sigma_j}} = e^{-\frac{(x - u_j)^T (x - u_j)}{\sigma_j}} \quad (14)$$

در رابطه فوق نماد  $T$  نشان دهنده ترانپوز بردار،  $x$  بردار ستونی ورودی و  $u_j$  بردار مرکز ثقل مربوط به نرون  $i$  ام لایه مخفی می باشد که معادل با یک بردار ورودی آموزشی است (باید توجه نمود که در صورت عدم استفاده از خوشه بندی برای هر بردار ورودی آموزشی باید یک نرون در لایه مخفی وجود داشته باشد). اگر هر یک از بردارهای ورودی و بردارهای مرکز ثقل را به عنوان یک نقطه در یک فضای  $n$  بعدی تلقی شود مقدار تابع پاسخ نرونهای لایه مخفی، یعنی  $\Phi(\cdot)$  با افزایش فاصله آن دو نقطه از هم، به شدت کاهش می یابد. نکته مهم در طراحی شبکه های با تابع شعاع مدار این است که توابع پاسخ نرون ها باید تمام نواحی معنی دار و مهم فضای بردارهای ورودی را پوشش دهند.

### ۳-۲-۳- تعیین پارامترها

اساس طراحی شبکه های با تابع شعاع مدار مبتنی بر تنظیم پارامترهای تابع مدارشعاعی می باشد به نحوی که نتیجه حاصل از این ترکیب دارای کمترین خطای تقریب برای نمونه های مجموعه آموزشی باشد. با توجه به آنکه مقدار توابع مدارشعاعی تنها به اندازه تفاوت بین نقطه

ورودی و مرکز آن که به عنوان مرکز ثقل<sup>۵۷</sup> شناخته می‌شود بستگی دارد و با استفاده از عرض آن یا واریانس تابع تنظیم می‌شود، مسئله مهم در طراحی چنین شبکه‌هایی تعیین تعداد توابع شعاعی، مرکز ثقل آن، عرض یا واریانس آن و ضرائب وزنی این توابع می‌باشد. الگوریتم‌ها و بحث‌های اکتشافی متعدد به منظور طراحی و ارزیابی این پارامترها مطرح شده‌اند.

شبکه عصبی با تابع شعاع مداری نیز مانند هر شبکه عصبی دیگر دارای دو مد عملکردی آموزش و نرمال (مرجع) می‌باشد. در طی مداموزش، پارامترهای قابل تعدیل شبکه که عبارتند از  $u_i$ ،  $\sigma_i$  و ماتریس وزن لایه خروجی  $W$  چنان تغییر میکنند که خطای میانگین بین خروجی‌های شبکه در یک مجموعه آموزشی و مقادیر واقعی به حداقل برسد. در مد مرجع، شبکه آموزش دیده، با ارائه بردارهای ورودی جدید به شبکه بردارهای خروجی بدست می‌آیند. لازم به تذکر است که در این حالت ماتریس وزن لایه مخفی برابر با ماتریس آموزشی در یک مجموعه آموزشی می‌باشد.

حالت آموزش دارای دو مرحله است. در مرحله اول، مقادیر  $u_i$ ،  $\sigma_i$  هر نرون لایه مخفی تعیین می‌شود. در مرحله دوم، فقط ماتریس وزن لایه دوم به روش نظارت شده اصلاح می‌شود.

### ۳-۲-۳-۱- تعیین موقعیت مراکز

#### ۳-۲-۳-۱-۱- روش خوشه بندی

موقعیت مراکز میدان‌های پذیرا از مهمترین بحث‌هایی است که در طراحی شبکه‌های تابع شعاع مدار مطرح است. وقتی که تعداد عناصر مجموعه آموزشی زیاد باشد به واسطه حجم بالای محاسبات، زمان لازم برای آموزش طولانی شده و عملکرد شبکه در مد نرمال بسیار کند خواهد بود. به عبارت دیگر در شبکه‌های شعاعی، محاسبه مراکز برای یک مجموعه بزرگ آموزشی می‌تواند بار محاسباتی سنگین و در عین حال غیر ضروری را به سیستم تحمیل کند. از آنجایی که بردارهای آموزشی تمایل به خوشه شدن دارند، با استفاده از این خاصیت می‌توان یک روش مناسب جهت تعیین مرکز  $u$  در نرون‌های لایه مخفی بنا نمود. به این صورت با پیدا کردن مرکز هر خوشه از بردارهای ورودی و قرار دادن مرکز یک نرون از لایه مخفی در چنین نقطه‌ای می‌توان شبکه را در موقعیت بهینه قرار داد.

در صورتی که مراکز این خوشه‌ها مشخص شوند، می‌توان فاصله از مرکز خوشه را اندازه گرفت. این اندازه‌گیری فاصله، بصورت غیرخطی انجام می‌گیرد. لذا در صورتیکه الگویی در ناحیه‌ای



مجاور مرکز یک خوشه قرار داشته باشد، مقداری نزدیک به ۱ تولید می‌شود. در خارج از این ناحیه، مقدار بدست آمده بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

معمولا در روش های خوشه بندی، تعداد خوشه‌های مورد انتظار یا به عبارتی  $k$ ، پیشاپیش انتخاب می‌شوند سپس این الگوریتمها بهترین برازش را برای این خوشه‌ها بدست می‌آورند. الگوریتم های زیادی جهت خوشه بندی بردارهای ورودی وجود دارند. با توجه به آنکه در الگوریتم بکار برده شده از الگوریتم  $k$  میانگین در تعیین موقعیت توابع مدار شعاعی استفاده شده است در ادامه با چگونگی عملکرد این روش آشنا میشوید.

### ۳-۲-۱-۳-۲-۱-۲- الگوریتم $k$ میانگین

در این روش نخست، به صورت تصادفی  $k$  نقطه در فضای الگوها انتخاب می‌شوند. سپس برای هر فقره از داده‌های مجموعه آموزشی، فاصله از تمامی  $k$  مرکز محاسبه شده و نزدیکترین مرکز برای هر فقره از داده‌ها انتخاب می‌شود. بدین ترتیب یک طبقه‌بندی آغازین بدست می‌آید که در آن هر فقره داده به یکی از کلاسهای ۱ تا  $k$  تخصیص داده شده‌اند. سپس برای تمامی داده‌های تخصیص داده شده به کلاس ۱، مقادیر میانگین برای هر یک از مختصه‌ها نسبت داده می‌شود. این مقادیر، مختصه‌های مرکز جدید مربوط به کلاس ۱ خواهند بود. این رویه برای تمامی کلاسهای دیگر نیز تکرار می‌شود. اکنون  $k$  مرکز جدید وجود دارد. رویه محاسبه فاصله هر فقره از داده‌ها از مراکز و طبقه‌بندی مجدد آنها آنقدر تکرار می‌شود که دیگر تغییری مشاهده نشود. مجموع فاصله‌ها نقاط هر گروه از مرکز آن گروه محاسبه می‌شود و رویه زمانی متوقف می‌شود که کاهش بیشتری برای این مجموع بدست نیاید.

### ۳-۲-۳-۲-۳- تعیین انحراف استاندارد

قطر ناحیه پذیرا که با پارامتر  $\sigma$  تعیین می‌شود، می‌تواند اثر زیادی را بر دقت سیستم داشته باشد با انتخاب مقدار مناسبی جهت  $\sigma$  نرون های لایه مخفی، فضای بردارهای ورودی بصورت یکنواختی پوشش خواهند یافت. برای نرون هایی از لایه مخفی که مراکز آن فاصله زیادی از هم دارند باید  $\sigma$  بحدی بزرگ باشد که بتواند این فاصله را بخوبی پوشش دهد. در ادامه به دو روش مطرح در این مورد پرداخته می‌شود.

## ۳-۲-۳-۱- روش کیلز

جهت تعیین یک مقدار بهینه برای  $\sigma$  می توان از روش زیر که در سال ۱۹۹۰ میلادی توسط کیلز [28] ارائه شد استفاده نمود.

۱- برای هر نرون لایه مخفی، فاصله بین مرکز آن و مراکز نزدیکترین نرونهای مجاورش محاسبه می شود.

۲- کمترین مقدار به عنوان  $\sigma$  انتخاب می شود.

۳-۲-۳-۲- الگوریتم نزدیکترین  $p$  همسایه

پس از بدست آوردن مراکز خوشه‌ها توسط یکی از الگوریتمهای یاد شده، مرحله بعد تعیین شعاع منحنی نرمال (گوسی) می باشد معمولاً این شعاع توسط الگوریتم نزدیکترین  $p$  همسایه بدست می آید. عدد  $p$  انتخاب می شود و برای هر مرکز،  $p$  مرکز نزدیکتر مشخص می شوند. جذر متوسط مجذور فاصله بین مرکز خوشه کنونی و  $p$  همسایه این مرکز محاسبه می شود و این مقدار به عنوان  $\sigma_j$  انتخاب می شود. بنابراین در صورتیکه مرکز خوشه کنونی  $c_j$  باشد، مقدار  $\sigma_j$  به فرم رابطه (۱۵) محاسبه می شود.

$$\sigma_j = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^p (c_j - c_i)^2\right) / p}. \quad (15)$$

معمولاً برای  $p$  مقدار ۲ انتخاب می شود لذا در این حالت  $\sigma$  برابر میانگین فاصله از مرکز دو خوشه (نزدیکترین) خواهد بود.

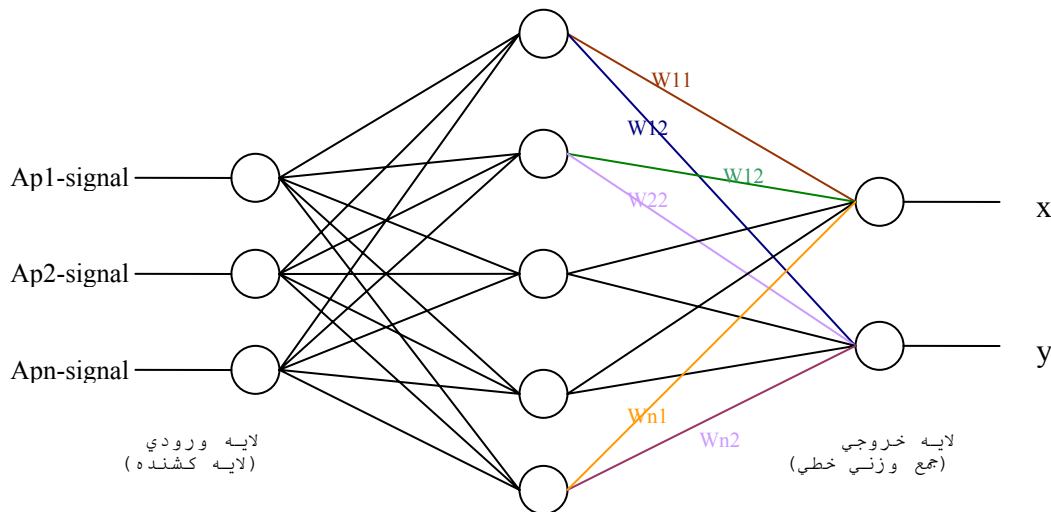
## ۳-۳-۲- آموزش ماتریس وزن لایه خروجی

## ۳-۳-۲-۱- یادگیری تعدیلی

هنگامی که مراکز  $u$  و  $\sigma$  های نرونهای لایه مخفی انتخاب شدند ماتریس وزن لایه خروجی می تواند با روش آموزش نظارت شده بدست آید (شکل (۳-۶)).

اگر برای هر بردار ورودی از مجموعه آموزشی، خروجی های لایه مخفی، یک سطر را در ماتریس  $\Phi$  به خود اختصاص دهند و اگر بردارهای هدف (خروجی) در سطرهای متناظر ماتریس  $Y$  قرار گیرند و هر مجموعه از وزن های وابسته با یک نرون خروجی، یک ستون از ماتریس  $W$  را

تشکیل دهند، می توان مسئله آموزش ماتریس وزن  $W$  را به عنوان حل معادله ماتریسی مطابق با رابطه (۱۶) در نظر گرفت:



شکل (۳-۶) شبکه مدار شعاعی با ضرائب موجود در خروجی

$$Y = \varphi \cdot W \quad (16)$$

$$W = \varphi^{-1} \cdot Y$$

در رابطه فوق  $\varphi^{-1}$  بیانگر معکوس ماتریس  $\varphi$  است.

حل معادله ماتریسی فوق به روش معکوس کردن ماتریس  $\varphi$  نمی تواند در همه موارد کاربرد داشته باشد علت آن این است که ماتریس  $\varphi$  در حالت کلی، مربعی نبوده است و در نتیجه نمی تواند معکوس پذیر باشد. البته تقریب سازی معکوس این ماتریس، با روش تجزیه به مقادیر منفرد امکان پذیر است اما به دلیل دقت کم و حجم بالای محاسباتی که می تواند به سیستم تحمیل کند، چندان مورد علاقه نیست. به همین دلیل، استفاده از یک تکنیک آموزش با طبیعت تکراری بسیار معقول بنظر می رسد. چرخه آموزش شامل مراحل زیر است:

(۱) بردار ورودی  $x_i$  از مجموعه آموزشی، به شبکه ارائه می شود.

(۲) خروجی های نرون های لایه مخفی محاسبه شده و با ضرب آن در ماتریس ضرائب بردار خروجی  $f(x_i)$  شکل می گیرد.

(۳) بردار خروجی شبکه  $f(x_i)$  محاسبه و با بردار هدف  $y_i$  مقایسه می شود. ماتریس وزن  $W$  در جهت کاهش اختلاف دو بردار فوق تعدیل می شود. اغلب جهت این کار از رابطه (۱۷) استفاده می شود.

$$w_{ij}(n+1) = w_{ij}(n) + \alpha(f(x_i) - y_i)x_i \quad (17)$$

در عبارت فوق  $\alpha$  نرخ یادگیری است و معمولاً خیلی کمتر از ۱ می باشد.

(۴) گامهای ۱ تا ۳ جهت هر بردار آموزشی تکرار می شود.

(۵) گامهای ۱ تا ۴ تا زمانی که خطا به حد قابل قبولی برسد ادامه می یابند و در این نقطه، آموزش پایان می پذیرد.

از آنجایی که میدان پذیرای نرون های لایه مخفی، محدود هستند بسیاری از خروجی های  $\phi_i$  این لایه نزدیک صفر بوده و با توجه به معادله تعدیل فوق، تغییرات وزن های مرتبط با چنین نرون هایی بسیار کم خواهند بود. بنابراین در چرخه آموزش از اثر چنین نرون هایی می توان چشم پوشی کرد. در نتیجه زمان آموزش تا حد بسیار زیادی کاهش می یابد. همچنین بعلاوه عملیات آموزش تنها در لایه خروجی شبکه صورت می گیرد، لذا همگرایی به یک می نیمم کلی در جهت کاهش خطا در شبکه تضمین می شود. در عمل، همگرایی شبکه های RBF نسبت به همگرایی شبکه های پس انتشار خطا هم بعد، ۱۰۰۰ بار سریعتر انجام می پذیرد.

### ۲-۲-۳-۳-۲ روش دلتا ("ویدرور" و "هوف")

[29] "ویدرور" و "هوف" مرحله نهایی آموزش لایه خروجی (تعیین ضرائب) با استفاده از یک

تکنیک استاندارد کاهش شیب، معروف به دلتا، انجام دادند. آنها براساس فرضیات عنوان شده،

شیوه ای برای تعدیل اوزان ایجاد نموده اند. این همان شیوه ای است که قاعده دلتا نام گرفته است البته

از این شیوه تحت عناوین قاعده "ویدرور" و "هوف" و یا قاعده کمترین مربع میانگین<sup>۵۸</sup> (LMS) نیز

نام می برند. عنوان اخیر برای این قاعده بدین دلیل ذکر شده است که این شیوه برای بهنگام کردن

وزنها، مربع خطاهای بین خروجی مطلوب و خروجی واقعی را کمینه می سازد. بمنظور حصول

اطمینان از اینکه تغییرات انجام شده در اوزان منجر به عملکرد صحیح می شوند، "ویدرور" و "هوف"

تعریف  $\delta$  که در محاسبه تغییر ضرائب وزنی بکار می رود به فرم رابطه (۱۸) اصلاح نمودند.

$$\delta_p = (d_p - net_p). \quad (18)$$

$$net_p = \sum_{i=1}^n (w_i x_i)_p. \quad (19)$$

و تابع خطا به فرم رابطه (۲۰) تعریف می شود.

$$e = \frac{1}{Q} \sum_{p=1}^Q e_p \quad e_p = \delta_p^2 \quad (20)$$

در این رابطه  $Q$  تعداد الگوهای موجود در مجموعه آموزشی می باشد و  $net_p$  برابر با رابطه (۱۹) می باشد و فرمول میانگین مربعات خطا از لحاظ تمامی وزن‌ها، یک عبارت درجه دوم می باشد. یک تابع درجه دوم فقط یک کمینه دارد و بنابراین میانگین مربعات خطا، فقط یک کمینه خواهد داشت.

$$E = \frac{1}{Q} \sum_{p=1}^Q (d_p - net_p)^2 = \frac{1}{Q} \sum_{p=1}^Q (d_p - \sum_{i=1}^n (w_i x_i)_p)^2 \quad (21)$$

یک راه سریع برای بدست آوردن یک کمینه، استفاده از روش کاهش شیب می باشد که در آن تعدیلات پارامترها (در اینجا منظور از پارامتر، وزن‌ها می باشد) متناسب با منفی مشتق تابع خطا با توجه به وزن‌ها مطابق با رابطه (۲۲) می باشد.

$$\Delta w_i = -k \times \frac{\partial E}{\partial w_i} \quad (22)$$

$$\frac{\partial E}{\partial w_i} = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^Q \frac{\partial e_p}{\partial w_i} = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^Q \frac{\partial e_p}{\partial \delta_p} \times \frac{\partial \delta_p}{\partial w_i}$$

$$\frac{\partial e_p}{\partial \delta_p} = 2 \delta_p$$

$$\frac{\partial net_p}{\partial w_i} = -X_{ip} \quad \frac{\partial \delta_p}{\partial net_p} = -1 \quad \frac{\partial e_p}{\partial w_i} = \frac{\partial e_p}{\partial net_p} \times \frac{\partial net_p}{\partial w_i}$$

$$\frac{\partial e_p}{\partial w_i} = \frac{1}{Q} \times \sum_{p=1}^Q 2\delta_p \times -1 \times X_{ip} = \frac{-2}{Q} \times \sum_{p=1}^Q \delta_p X_{ip}$$

$$\Delta w_i = -2 \times \sum_{p=1}^Q \delta_p X_{ip}$$

با این اوصاف تعدیل اوزان بوسیله مقداری که متناسب با میانگین مقادیر  $\delta$  می باشد، میانگین مربعات خطا را کمینه می کند. قانون دلتا وزن‌ها را متناسب با خطا ضربدر ورودی تعدیل می کند و بنابراین باید کمینه را توسط روش کاهش شیب بدست آورد. ضریب  $2k$  معمولاً توسط یک حرف یونانی منفرد  $\eta$  جایگزین می شود.

بدین ترتیب یادگیری با استفاده از قاعده دلتا، شامل یافتن مقادیر متوسط  $\delta$  برای هر یک از ورودی‌های موجود در مجموعه آموزش خواهد شد سپس این مقادیر متوسط در مقدار ثابت  $\eta$  که توسط کاربر تعیین می شود، ضرب می گردد تا مقادیر تعدیل اوزان بدست آید. به عبارت دیگر در

قاعده دلتا، تعدیلاتی که در مورد وزنها صورت می‌گیرد بگونه‌ای است که اختلاف بین خروجی مطلوب و خروجی واقعی کاهش یابد. بطور مثال در صورتیکه خروجی واقعی  $+1$  و خروجی  $-1$  باشد، وزنها بگونه‌ای تعدیل می‌شوند که مقدار جدید حاصلضرب  $w_i x_i$  کمتر از مقدار قبلی آن شود. این بدان معنی است که اگر  $x_i$  منفی باشد، وزن افزایش می‌یابد و برعکس یعنی اگر  $x_i$  مثبت باشد، مقدار وزن کاهش می‌یابد.

قبل از آنکه قاعده یادگیری را بتوان به کار گرفت، سه نکته دیگر را نیز باید مدنظر قرار داد:

- در مورد مقدار ثابت  $\eta$  باید تصمیم‌گیری شود. در این مورد آدالاین پیشنهاد شده است که مقدار این ثابت معادل  $1/(n+1)$  در نظر گرفته شود که در آن  $n$  تعداد ورودیها می‌باشد. تعدیل وزنها به این مقادیر سبب می‌شود که خطای الگوی ورودی کنونی به صفر کاهش یابد. بهر جهت زمانی که مقدار  $\eta$  معادل  $1/(n+1)$  اتخاذ شود، به ندرت وزنها تا یک مقدار ثابت کاهش می‌یابند و لذا در عمل مقادیری کوچکتر برای  $\eta$  در نظر گرفته می‌شود.
- وزنها در آغاز برابر با یک عدد تصادفی کوچکتر قرار داده می‌شوند. این عمل برای حصول اطمینان از اینکه وزنها دارای مقادیری متفاوت شوند، انجام می‌گیرد.
- مقدار جبرانی  $w_0$  نیز به شیوه‌ای مشابه سایر وزنها تعدیل می‌شود، با این تفاوت که فرض می‌شود ورودی متناظر با  $w_0$  برابر  $+1$  باشد.

## ۴- ارزیابی روش پیشنهادی

## ۴-۱- پیاده سازی شبکه عصبی مدار شعاعی

پس از آشنایی با الگوریتم های مطرح برای یادگیری و آموزش شبکه، برای پیاده سازی شبکه از نرم افزار مطلب استفاده شد. یکی از قابلیت های مهم این نرم افزار وجود جعبه ابزار خاصی برای طراحی شبکه عصبی می باشد. تابع مورد استفاده برای طراحی شبکه عصبی مدار RBF از دو تابع RADBAS برای ساخت تابع شعاع مداری و تابع PURELEN برای محاسبه ضرائب مربوطه استفاده می کند.

روش طراحی این نرم افزار بدین گونه است:

- ابتدا کاربر میزان خطای یادگیری یا همان متوسط حاصل برای نمونه های مجموعه آموزشی را با متغیری بنام Goal تنظیم می کند (مقدار پیش فرض این متغیر برابر صفر در نظر گرفته شده است که در شبکه طراحی شده نیز از این مقدار استفاده شده است).
- میزان افزایش تعداد توابع شعاع مداری (Step) در هر گام برابر ۲ تنظیم شد. باید اشاره شود که برنامه مربوطه ابتدا شبکه را تنها با یک تابع شعاع مداری طراحی می کند و سپس روال زیر را بصورت تکراری انجام میدهد
- شبکه به محاسبه مراکز ثقل مطابق با الگوریتم (k میانگین) می پردازد. (یاد آور می شود که مقدار واریانس توابع شعاع مداری توسط کاربر با پارامتر Spread تعریف می شود).
- برنامه سپس به محاسبه ماتریس ضرائب با استفاده از روش گرادیان نزولی یا دلتا می پردازد. بدین منظور مقدار net.adaptFcn برابر 'learnkd' تنظیم می شود.
- میزان خطای بین مقادیر خروجی شبکه با مقادیر هدف با معیار فاصله اقلیدسی محاسبه می شود. در صورتیکه این مقدار از خطای پیش فرض (Goal) کمتر بود تابع با افزایش تعداد توابع شعاع مداری برابر با گام تعریف شده (Step) افزایش پیدا می کند.
- اگر تعداد تابع شعاع مداری از تعداد ورودی ها کمتر باشد مراحل ۱ تا ۳ تکرار می شود و در غیر این صورت برنامه کار خود را به پایان می رساند.

فرمت دستوری این نرم افزار به فرم روبرو می باشد.



$net = newrb[net, tr ]$

$newrb(P, T, Goal, Spread, Maxneuron, Step)$

- P: ماتریسی با ابعاد  $R \times Q$  از بردارهای ورودی
- T: ماتریسی با ابعاد  $S \times Q$  از بردارهای خروجی
- Goal: میانگین خطای مربعات با مقدار پیش فرض برابر صفر
- Spread: سطح گسترش تابع شعاع مداری با مقدار پیش فرض برابر یک
- Maxneuron : ماکزیمم تعداد نرون ها (این مقدار نباید از تعداد ورودی ها بیشتر باشد)
- Step: افزایش تعداد نرون ها در هر بار طراحی شبکه
- در رابطه بالا، بردار P همان بردار انگشت نگاری F یا همان بردار مربوط به کمیت سیگنال اندازه گیری شده از ایستگاه های پایه مختلف می باشد و بردار T نیز همان بردار موقعیت یا L می باشد.

همان طور که در رابطه بالا مشاهده می شود رفتار خروجی شبکه بستگی به چگونگی تنظیم پارامتر های فوق دارد و لذا انتخاب پارامتر های بهینه باید ابتدا در دستور کار قرار گیرد. معیار مورد بررسی برای تعیین بهینه شبکه فوق، یا به عبارت دیگر تنظیم مناسب پارامترهای ذکر شده همان میزان خطا که میزان فاصله اقلیدسی بین خروجی این شبکه و خروجی واقعی است می باشد.

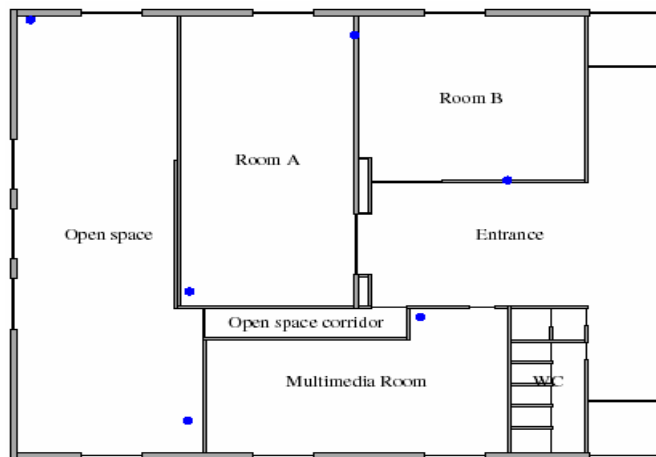
برای ساخت مجموعه آموزشی، هم در آزمایشات مربوط به تنظیم بهینه پارامترها و هم در اکثریت آزمایشات بعدی از روش جدا نمودن یک نمونه<sup>۵۹</sup> استفاده شده است. در این روش، یک نمونه از کل نقاط موجود در نقشه رادیویی (نقاط اندازه گیری شده) کنار گذاشته می شود و مجموعه آموزشی با مابقی نقاط ساخته می شود. این مجموعه به شبکه RBF داده می شود و شبکه فوق با در نظر گرفتن سیگنال های اندازه گیری شده آن به عنوان ورودی و بردار موقعیت متناظر به عنوان خروجی به آموزش خود مطابق با روال ذکر شده می پردازد. سپس نمونه کنار گذاشته شده در این شبکه مورد سنجش قرار می گیرد. میزان خطا برابر با فاصله اقلیدسی خروجی شبکه (موقعیت محاسبه شده) برای نمونه فوق با مقدار واقعی موقعیت مورد سنجش می باشد. این روال برای تک تک نمونه ها ادامه می یابد و در نهایت خطای کلی با میانگیری از مقدار خطاهای بدست آمده برای تمام نمونه ها حاصل می شود.

همانطور که اشاره شد برای بررسی شبکه عصبی ابتدا باید اطلاعات اندازه گیری شده در موقعیت های مشخص حاصل شود. متأسفانه اگر چه در ابتدای پروژه امکان آن که اندازه گیری های مورد نیاز توسط گروهی از دانشجویان تهیه شود مطرح شد اما در عمل این مسئله تحقق نیافت. لذا با

Leave One Out<sup>59</sup>

استفاده از اطلاعات پروژه Wilma که برای معرفی الگوریتم های تعیین موقعیت دیگری بر مبنای روش انگشت نگاری محلی تهیه شده بود به بررسی روش پیشنهادی پرداخته شد.

الگوریتم تعیین موقعیت در این پروژه تئوری یادگیری آماری بود که در بخش (۲-۱-۳) با آن آشنا شدید. این گروه برای ارائه روش یادگیری آماری خود به اندازه گیری قدرت سیگنال دریافتی از ۶ نقطه دسترسی در فضایی که نمای آن در شکل (۴-۱) نشان داده شده است پرداخته اند و یک سری از اطلاعات مذکور در مرجع [3] قرار داشت که برای بررسی روش پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفت.



شکل (۴-۱): نمایی از محیط مورد استفاده

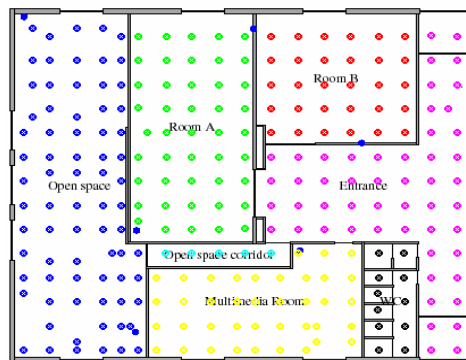
آن چه در نگاه اول در استفاده از این اطلاعات مورد اهمیت قرار گرفت، تعداد زیاد این نمونه ها و منظم بودن این اطلاعات بود. این اطلاعات شامل ۲۵۷ نمونه از برارهای موقعیت (دو بعدی طول و عرض) و بردار سیگنال های دریافتی ( ۶ بعدی متناظر با ۶ ایستگاه پایه موجود در این محیط) می بود. به عنوان مثال:

$$L=(0.2,16.6) \quad f=(22,20,26,41,24,52)$$

موقعیت های انتخابی در فضای ماتریسی شکل که در شکل (۴-۲) دیده می شود انتخاب شده بودند و لذا امکان بررسی در تمام نقاط فضا و همچنین بررسی حالت گروه بندی با استفاده از این اطلاعات فراهم بود.

علاوه بر این در تحقیق انجام شده توسط این افراد بر روی این اطلاعات نتایج جالبی وجود داشت چرا که این افراد برای قیاس نتایج خود، بسیاری از تکنیک های تعیین موقعیت مطرح شده دیگری را نیز مانند روش وزندار  $k$  همسایه نزدیک، روش بیسیان و موارد دیگر را نیز بر روی این

مجموعه اطلاعات پیاده سازی نموده بودند، لذا استفاده از این مجموعه اطلاعاتی امکان قیاس روش پیشنهادی را با بسیاری از روش های دیگر فراهم می نمود.



شکل (۴-۲):نمایی از نقاط مورد استفاده

با توجه به آنکه نتایج کار هم برای روش رگرسیون و گروه بندی مورد بررسی قرار داده شد در ادامه هم این دو موضوع و نتایج حاصله جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. در مورد هر روش سه موضوع دنبال می شود که عبارتند از:

- تعیین پارامترهای بهینه برای شبکه مدار شعاعی مختلف
- حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه مختلف
- قیاس نتایج خود با نتایج موجود دیگر روش ها

#### ۴-۲- روش رگرسیون

در این روش، ابعاد مختصاتی که شامل مقدار واقعی طول و عرض موقعیت های مورد آزمایش بود مورد ارزیابی قرار گرفتند. مقادیر خروجی شبکه نیز متناظر با دو مقدار واقعی برای طول و عرض می باشد.

چگونگی انتخاب مجموعه آموزشی منجر به ارائه دو روش ذیل برای بررسی شد که در ادامه به آنها پرداخته می شود

- رگرسیون با روش انتخاب مجموعه آموزشی بطور تصادفی
- رگرسیون با انتخاب مجموعه آموزشی بر حسب مقایسه سیگنال

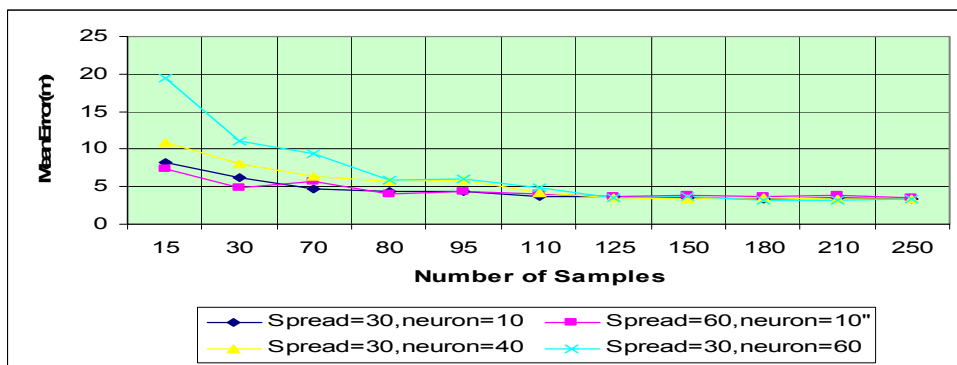
## ۴-۲-۱- رگرسیون با روش انتخاب مجموعه آموزشی بطور تصادفی

روش مورد استفاده همان روش جداسازی یک نمونه می باشد. در این روش، یک نمونه از کل نقاط موجود در نقشه رادیویی (نقاط اندازه گیری شده) کنار گذاشته می شود و مجموعه آموزشی با مابقی نقاط ساخته می شود. این مجموعه به شبکه RBF داده می شود و شبکه فوق با در نظر گرفتن سیگنال های اندازه گیری شده به عنوان ورودی و بردار موقعیت متناظر به عنوان خروجی به آموزش خود می پردازد. سپس نمونه کنار گذاشته شده به این شبکه وارد می شود. میزان خطا برابر با فاصله اقلیدسی خروجی شبکه موقعیت محاسبه شده برای نمونه فوق با مقدار واقعی موقعیت مورد سنجش می باشد. این روال برای تک تک نمونه ها ادامه می یابد و در نهایت خطای کلی با میانگیری از مقدار خطاهای بدست آمده برای تمام نمونه ها حاصل می شود.

## ۴-۲-۱-۱- تعیین پارامترهای بهینه

برای حصول به پارامترهای بهینه، تأثیر سه پارامتر اندازه مجموعه آموزشی، اندازه سطح گسترش و تعداد نرون های شبکه عصبی جداگانه بر روی میزان خطای متوسط مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج زیر از این آزمایشات بدست آمده است:

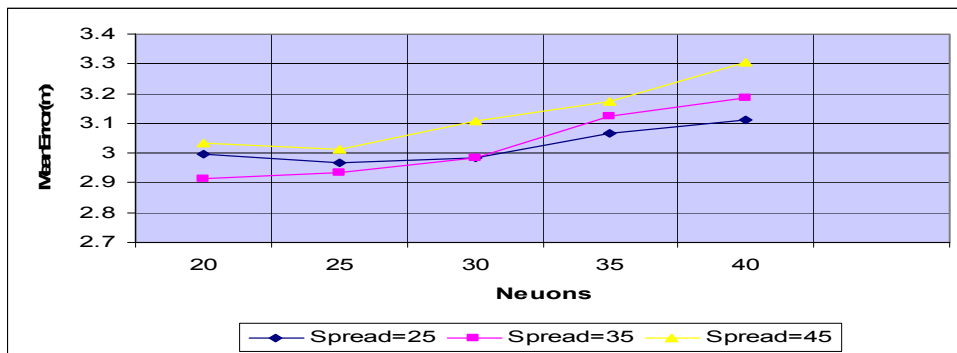
همانطور که در شکل (۳-۴) مشخص است علیرغم نوسانات اولیه مشاهده شده در نمودار خطای متوسط میانگین بر حسب طول مجموعه آموزشی، این تغییرات برای طول مجموعه آموزشی بزرگتر از ۱۲۰ چندان محسوس نمی باشد و لذا می توان برای کاهش بار محاسباتی و افزایش سرعت سیستم از این تعداد نمونه در مجموعه آموزشی استفاده نمود.



شکل (۳-۴) تغییرات خطای میانگین بر حسب تعداد نمونه های مجموعه آموزشی

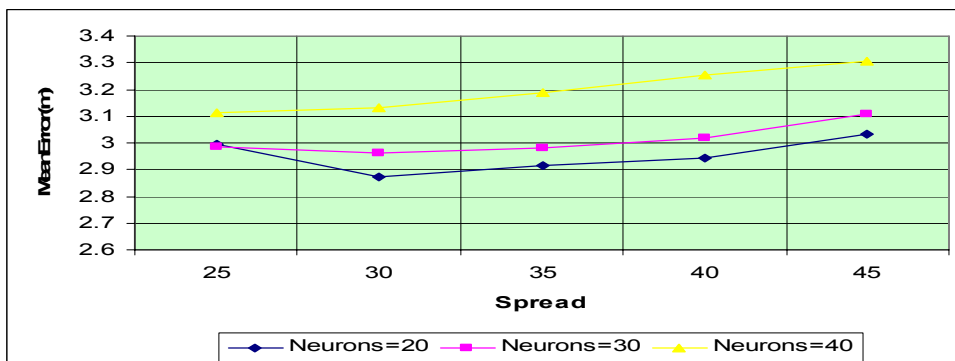
شکل (۴-۴) تغییرات خطای متوسط میانگین بر حسب تعداد نرونهای شبکه عصبی (تعداد تابع شعاع مداری مختلف) بازای سطح های مختلف گسترش را نشان می دهد (البته تعداد نمونه های مجموعه آموزشی با توجه به شکل (۳-۴) برابر ۱۲۰ در نظر گرفته شده است). همانطور که مشاهده

می شود الگوی تغییرات بازای سطح گسترش مختلف تقریباً یکسان می باشد. علاوه بر این با افزایش تعداد نرون ها خطا افزایش می یابد.



شکل (۴-۴) تغییرات خطای میانگین بر حسب تعداد نرون های موجود در شبکه عصبی RBF

شکل (۴-۵) تغییرات خطای متوسط میانگین بر حسب سطح گسترش های مختلف بازای تعداد نرونهای شبکه عصبی (تعداد تابع شعاع مداری) مختلف را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود اگر نمودار مربوط به تعداد نرون برابر ۲۵۵ کنار گذاشته شود الگوی تغییرات بازای سطح گسترش مختلف تقریباً یکسان می باشد. در این نمودارها ابتدا خطای میانگین با تغییرات سطح کاهش می یابد و بعد از رسیدن به یک نقطه می نیم میزان خطا افزایش پیدا می کند.



شکل (۴-۵) - تغییرات خطای میانگین بر حسب سطح گسترش (واریانس) تابع شعاع مداری

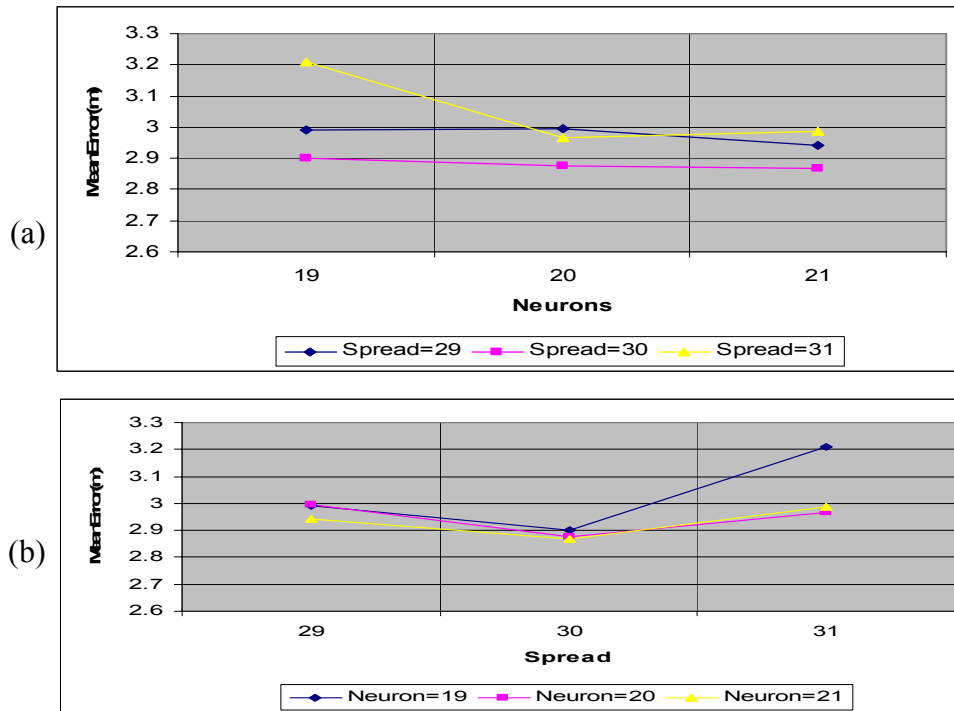
با استفاده از این نمودارها و بررسی نقاط کمینه مربوطه مشخص می شود که برای تعیین پارامترهای بهینه باید فضایی با مقادیر زیر مورد بررسی بیشتر قرار بگیرد.

Spread=30, Number of Neuron=20

نمودارهای شکل (۴-۶) تغییرات خطای میانگین را برای این فضا نشان میدهد.

با بررسی خطای متوسط برای این فضا، نمودارهای زیر حاصل شد که در نتیجه مقادیر زیر برای شبکه بهینه مدار شعاعی انتخاب شد.

Goal=0 , Spread=30, Number of Neurons=21, Sample in data set=120

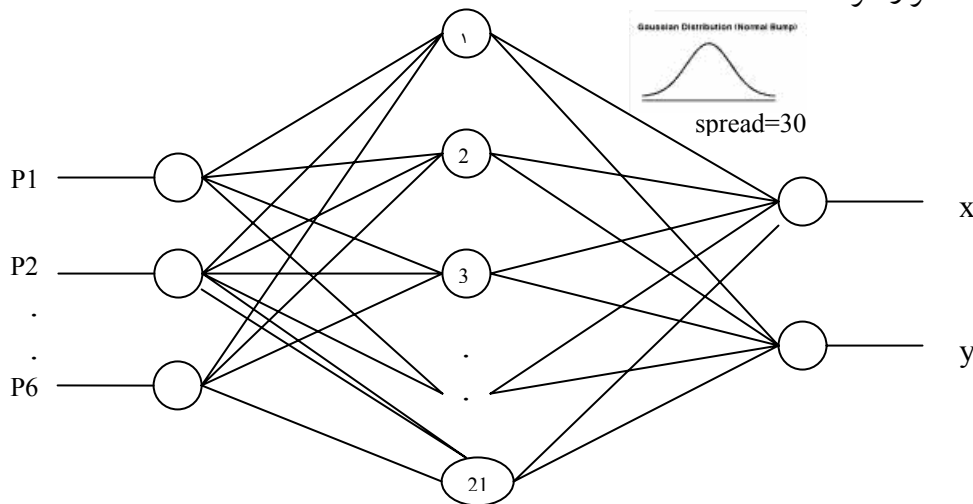


شکل (۴-۶) تغییرات خطای میانگین (a) بر حسب تعداد نرون های (b) سطح گسترش (واریانس) تابع شعاع مداری

#### ۴-۲-۱-۲-۴- حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه

شبکه حاصل مطابق با شکل (۴-۷) به عنوان شبکه بهینه انتخاب و برای ارزیابی های دیگر

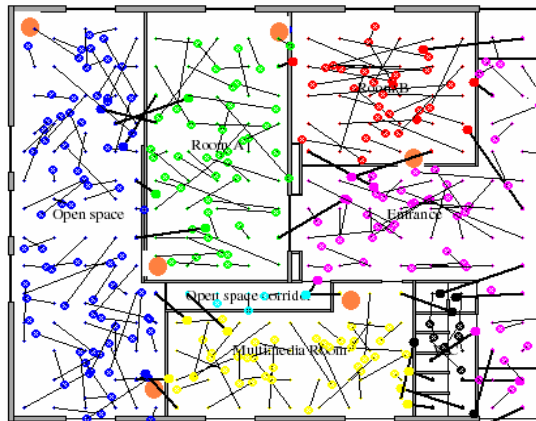
مورد استفاده قرار گرفته شد.



شکل (۴-۷) شبکه مدار شعاعی بهینه برای روش رگرسیون

شبکه حاصل با همان روش کنار گذاشتن یک نمونه برای تک تک نمونه ها مورد استفاده قرار گرفت. این بدان معنی است که یک زوج از بردارهای (قدرت سیگنال اندازه گیری شده، موقعیت) از مجموعه نقاط اندازه گیری شده کنار گذاشته می شود. بطور متوالی و بطور تصادفی ۵۰ مجموعه آموزشی با تعدادی برابر با ۱۲۰ نمونه بصورت تصادفی از میان نمونه های باقیمانده کنار گذاشته شده

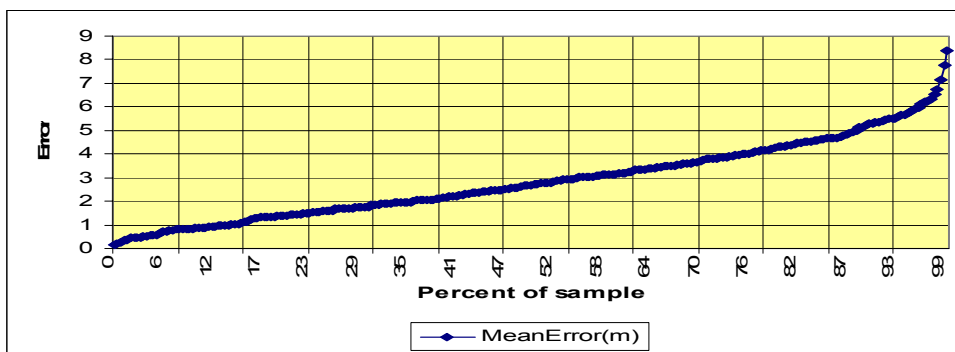
انتخاب می شود و شبکه بهینه (رسم شده در شکل (۴-۷) با این مجموعه آموزشی طراحی و تنظیم می شود. بعد از طراحی قدرت سیگنال، نمونه کنار گذاشته شده برای ارزیابی به عنوان ورودی به شبکه داده می شود و خروجی شبکه که همان موقعیت می باشد با موقعیت واقعی سنجیده می شود. با میانگیری از موقعیت های محاسبه شده برای این ۵۰ نمونه مختلف، موقعیت محاسبه شده نهایی هر نمونه بدست می آید. این روال برای تمام نمونه ها دنبال می شود. شکل (۴-۸) موقعیت واقعی (اول بردار) و موقعیت محاسبه شده توسط شبکه (سر بردار که با دایره نشان داده شده است) را نشان می دهد.



شکل (۴-۸) موقعیت نقاط محاسبه شده در قیاس با نقاط واقعی

با استفاده از این مقادیر و محاسبه خطا بر طبق فاصله اقلیدسی نتایج آماری رسم شده در

شکل (۴-۹) بدست آمد.



شکل (۴-۹) میزان خطا بر حسب درصد نمونه های مختلف در شبکه بهینه

برای نمونه های بدست آمده میزان خطای متوسط برابر  $2/168$  متر می باشد. همانطور که مشاهده می شود میزان خطای متوسط برای ۵۰ درصد از نمونه ها زیر  $2/7$  متر است که همانطور که در بحث های آینده خواهید دید در آن نسبت به روشهای دیگر بهبود مشاهده می شود. علاوه بر آن کمتر از ۲۵٪ از نمونه ها خطایی بالاتر از ۴ متر دارند.

#### ۲-۲-۴- روش رگرسیون با انتخاب نزدیکترین نمونه ها از نظر سیگنال در مجموعه آموزشی

در این روش، برای هر نمونه مورد آزمایش مجموعه آموزشی بطور خاص و نه به طور تصادفی ساخته می شود. برای هر نمونه مورد آزمایش، نمونه های مجموعه آموزشی ابتدا بر حسب مشابهت سیگنال با نمونه مورد آزمایش مرتب می شوند. به زبان ریاضی فرض نمایید که نمونه سیگنال های اندازه گیری شده از ایستگاه های پایه مختلف، برای نمونه مورد آزمایش، با بردار  $S$  نشان داده شود.

$$S = \{S_{Ap1}, S_{Ap2}, \dots, S_{Ap6}\}$$

برای ساخت مجموعه آموزشی ابتدا فاصله سیگنالی تمام نمونه ها با نمونه فوق مطابق با رابطه (۲۳) محاسبه می شود.

$$Dis = ((S_{Ap1} - S_{Ap1}^i)^2 + (S_{Ap2} - S_{Ap2}^i)^2 + \dots + (S_{Ap6} - S_{Ap6}^i)^2)^{1/2} \quad (23)$$

For  $i=1$  to MaxSample

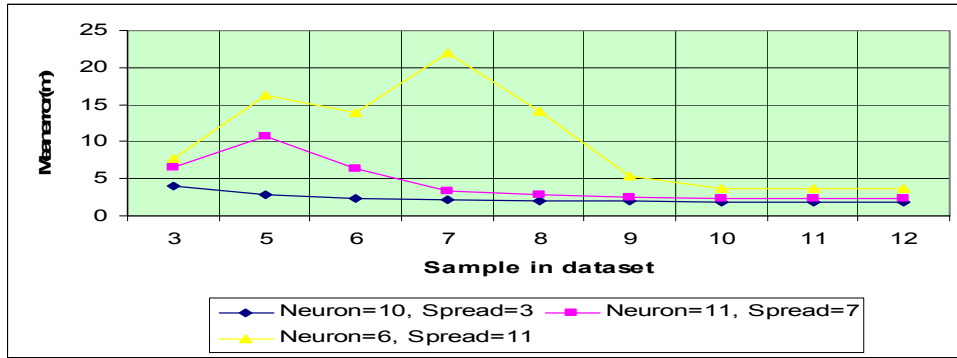
بسته به تعداد مجموعه آموزشی در طراحی همان تعداد نمونه از مجموعه مرتب شده متناظر با نمونه انتخاب می شود. ادامه کار دقیقاً مشابه روش قبل می باشد.

#### ۱-۲-۲-۴- تعیین پارامترهای بهینه

برای حصول به پارامترهای بهینه، تأثیر سه پارامتر اندازه مجموعه آموزشی، اندازه سطح گسترش و تعداد نرون های شبکه عصبی جداگانه بر روی میزان خطای متوسط مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج زیر از این آزمایشات بدست آمده است.

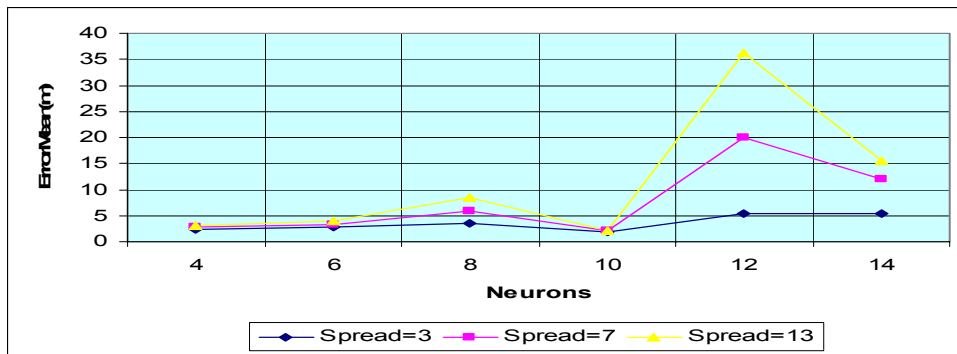
همانطور که در شکل (۴-۱۰) مشخص است تغییرات خطای متوسط میانگین بر حسب طول مجموعه آموزشی، علیرغم نوسانات اولیه، برای تعداد مجموعه آموزشی بیشتر از مقدار با ۱۰ تقریباً ثابت است. با توجه به این مسئله و برای کاهش بار محاسباتی و افزایش سرعت سیستم از این تعداد نمونه برای ساخت مجموعه آموزشی استفاده شده است.





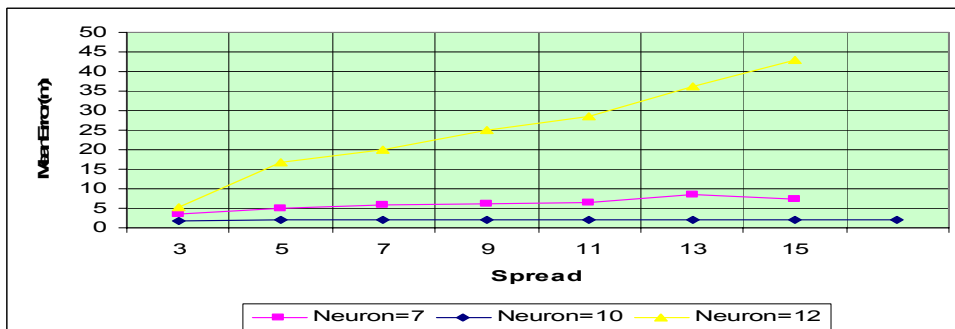
شکل (۴-۱۰) تغییرات خطای میانگین بر حسب تعداد نمونه های مجموعه آموزشی

شکل (۴-۱۱) تغییرات خطای متوسط میانگین بر حسب تعداد نرونهای شبکه عصبی (تعداد تابع شعاع مداری مختلف) بازای سطح های مختلف گسترش را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود الگوی تغییرات بازای سطح گسترش مختلف تقریباً یکسان می باشد. علاوه بر این با افزایش تعداد نرون ها با وجود نوساناتی، ابتدا خطا با شیب کم کاهش می یابد اما بعد از رسیدن به یک نقطه می نیمم، ابتدا تغییرات با شیب زیاد افزایش می یابد و سپس میزان خطا کاهش می یابد.



شکل (۴-۱۱) تغییرات خطای میانگین بر حسب تعداد نرون های موجود در شبکه عصبی RBF

شکل (۴-۱۲) تغییرات خطای متوسط میانگین بر حسب سطح گسترش های مختلف بازای تعداد نرونهای شبکه عصبی (تعداد تابع شعاع مداری) مختلف را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود نمودار مربوط به تعداد نرون برابر ۱۰ دارای کمترین خطا می باشد.

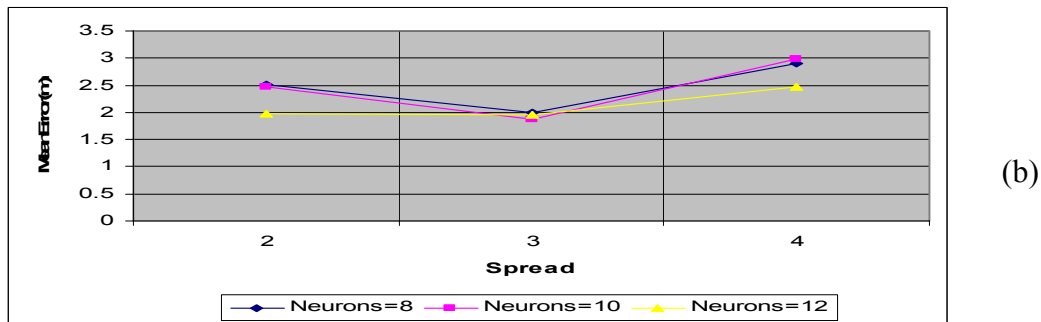
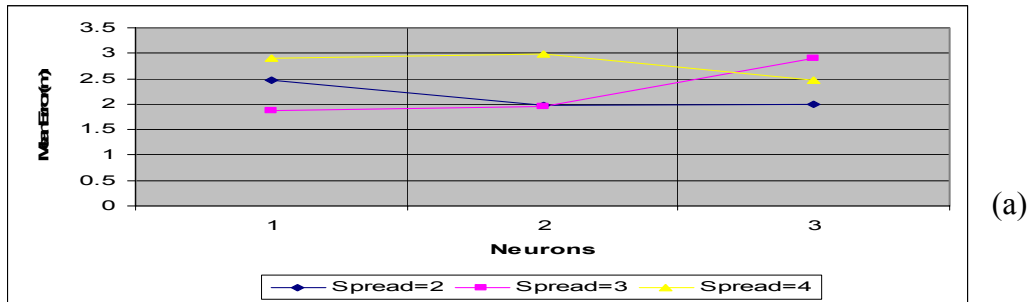


شکل (۴-۱۲) تغییرات خطای میانگین بر حسب سطح گسترش (واریانس) تابع شعاع مداری

با استفاده از این نمودارها و بررسی نقاط کمینه مربوطه مشخص می شود که برای تعیین پارامترهای بهینه باید فضایی با مقادیر زیر مورد بررسی بیشتر قرار بگیرد.

Sample in data set=120 Spread=30, Number of Neurons=21

نمودارهای شکل (۴-۱۳) تغییرات خطای میانگین را برای این فضا نشان میدهد.



شکل (۴-۱۳) تغییرات خطای میانگین (a) بر حسب تعداد نرون های موجود در شبکه عصبی RBF (b) سطح گسترش (واریانس) تابع شعاع مداری

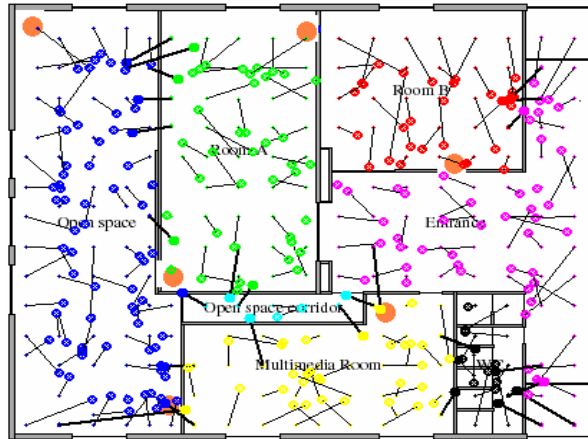
با بررسی خطای متوسط برای این مقادیر نمودارهای زیر حاصل شد که در نتیجه مقادیر زیر برای شبکه بهینه مدار شعاعی بدست آمد

Spread=3, Number of RBF functions=10, Number of data set=10

۴-۲-۲-۲-۲-۴ حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه

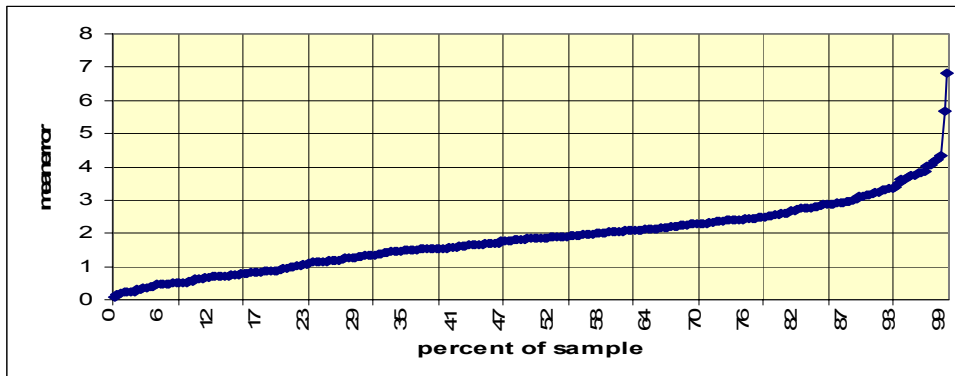
شکل (۴-۱۴) موقعیت واقعی (اول بردار) و موقعیت محاسبه شده توسط شبکه (سر بردار) که با دایره نشان داده شده است) را نشان می دهد.

با استفاده از این مقادیر و محاسبه خطا بر طبق فاصله اقلیدسی نتایج آماری نشان داده شده در شکل (۴-۱۵) بدست آمد.



شکل (۴-۱۴) موقعیت نقاط محاسبه شده در قیاس با نقاط واقعی

برای نمونه های بدست آمده میزان خطای متوسط برابر  $1/868$  متر می باشد. همانطور که مشاهده می شود میزان خطای متوسط برای ۵۰ درصد از نمونه ها زیر  $1/8$  متر است که برای بسیاری از کاربردهای سیار دقت خوب و مناسبی می باشد. علاوه بر آن کمتر از ۲۰ درصد از نمونه ها خطایی بالاتر از ۴ متر دارند.



شکل (۴-۱۵) میزان خطا بر حسب درصد نمونه های مختلف برای شبکه بهینه

### ۴-۲-۳- ارزیابی نتایج

همانطور که در توجیه استفاده از اطلاعات پروژه Wilma بیان شد بسیاری از روشهای معروف انگشت نگاری محلی بر روی این اطلاعات پیاده و نتایج آنها موجود می باشد. روش اصلی در این پروژه روش یادگیری آماری می باشد که بطور کامل در بخش (۲-۳-۴) مورد بررسی قرار گرفته است. روش مورد ارزیابی دیگر در این تحقیق روش وزن دار  $k$  همسایه نزدیک است که در آن اوزان از رابطه (۲۴) بدست آمده اند.

$$y = \frac{\sum_{j=1}^k \frac{y_{ij}}{d(x_{ij}, x) + d_0}}{\sum_{j=1}^k \frac{1}{d(x_{ij}, x) + d_0}} \quad (24)$$

در این رابطه  $d(x_{ij}, x)$  فاصله اقلیدسی بین دو بردار سیگنال می باشد.

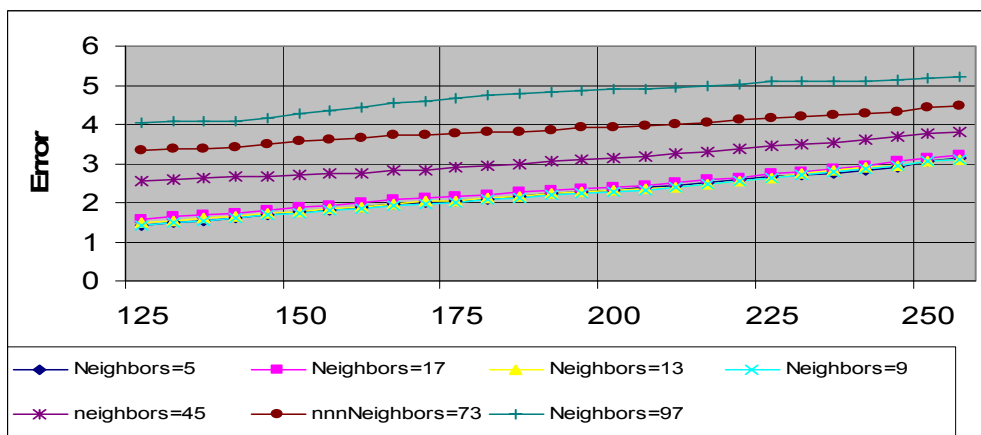
برای استفاده از مدل بیسیان در مرجع مذکور از مدل انتشاری مطابق با رابطه (25) استفاده شده است که در آن تابع افت سیگنال با فاصله بصورت لگاریتمی در نظر گرفته شده است.

$$x_i = b_0^{(i)} + b_1^{(i)} \log d_{AP_i}(y) + b_2^{(i)} wap_i(y) \quad (25)$$

در این رابطه  $i$  نشانگر نقطه دسترسی (آنتن شبکه بیسیم) و  $x$  قدرت سیگنال دریافتی از آنتن مذکور و  $y$  فاصله و  $wap_i(y)$  مجموع عرض دیوارهای در معرض دید و  $b_0^{(i)}$  مقدار ثابت می باشد. البته دو ارزیاب موقعیت، برای تعیین موقعیت کاربر مورد استفاده قرار داده شده است که یکی از آنها موقعیت متوسط با رابطه  $\hat{y} = \int y dp(y|x)$  و دیگری ارزیاب موقعیت احتمالی با رابطه  $\hat{y} = \max \arg P(y|x)$  می باشد.

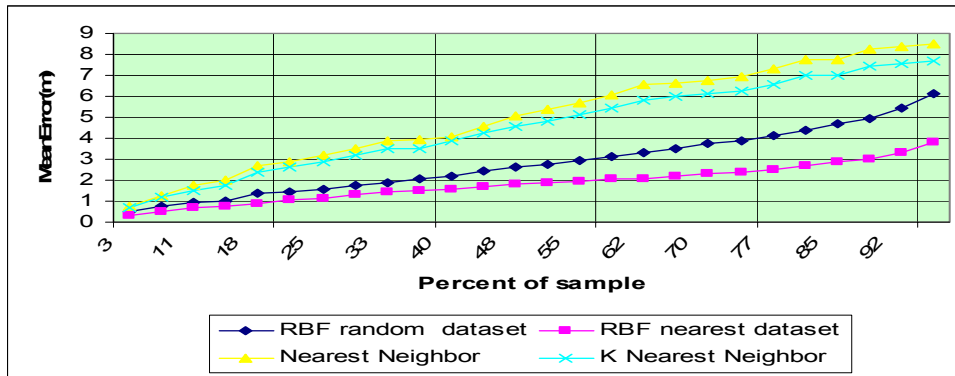
یک روش دیگر که مورد بررسی قرار گرفته است شبکه عصبی چندلایه پرسپترون می باشد که برای آشنایی بیشتر با آن می توانید به بخش (2-5-2) مراجعه نمایید.

برای ارزیابی بیشتر روش همسایه نزدیک و  $k$  همسایه نزدیک نیز جداگانه نوشته شد و نتایج مربوطه نیز برای قیاس مورد استفاده قرار گرفت. در مورد روش  $k$  همسایه نزدیک برای تعیین بهینه مقدار  $k$ ، مقدار متوسط خطا بازای مقادیر  $k$  مختلف مطابق با منحنی زیر با روش کنار گذاشتن یک نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت و با توجه به این مقادیر (شکل (4-16)) مقدار  $k=13$  به عنوان مقدار بهینه انتخاب شد.



شکل (4-16) تغییرات خطای متوسط بر حسب تعداد همسایه ها برای طول های مختلف مجموعه آموزشی

نمودار رسم شده در شکل (۴-۱۷) نتایج حاصل از روش همسایه نزدیک،  $k$  همسایه نزدیک، شبکه بهینه روش RBF تصادفی و شبکه بهینه روش RBF با انتخاب نزدیکترین نمونه ها از نظر سیگنال در مجموعه آموزشی را نشان می دهد. روشن است که دو روش شبکه RBF دارای معیارهای بهتری نسبت به روشهای دیگر هستند.



شکل (۴-۱۷) میزان خطا بر حسب درصد نمونه های مختلف برای روش همسایه نزدیک،  $k$  همسایه نزدیک، RBF با انتخاب مجموعه آموزشی تصادفی، RBF با انتخاب نزدیکترین نمونه ها در مجموعه آموزشی

در جدول (۴-۱) خطای میانگین، میزان خطا برای ۵۰ درصد از نمونه ها، ۷۵ درصد از نمونه ها، ۹۰ درصد از نمونه ها، ۹۵ درصد از نمونه ها درج شده است.

همانطور که مشاهده می شود نتایج حاصل از شبکه RBF در هر دو روش نسبت به دیگر روش ها بهبود حاصل نموده است.

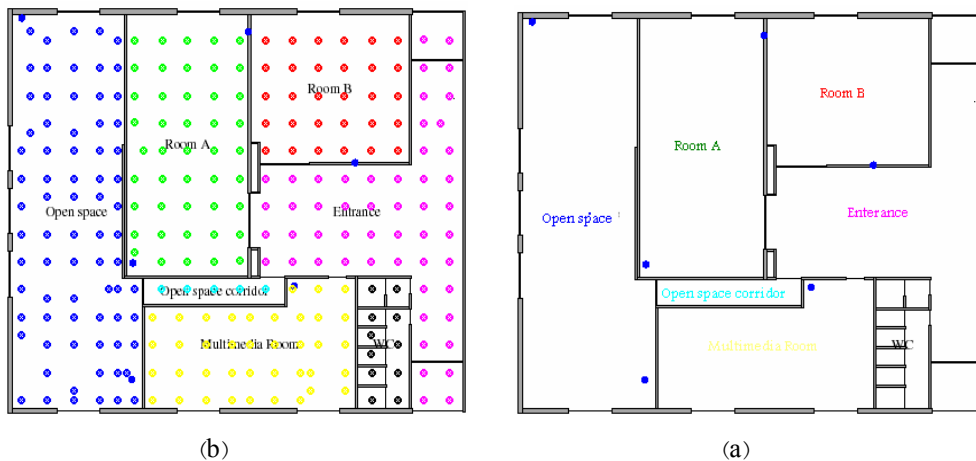
جدول (۴-۱) مقایسه روشهای مختلف

ALGORITHM	AVERAGE	50%	75%	90%	95%	PROPOSED
SVM	3.04± 0.10	2.75	3.96	5.12	6.09	Ref[3]
WKNN	3.06 ± 0.10	2.84	3.93	5.16	5.79	Ref[3]
BAY (Average likelihood)	3.35 ± 0.11	3.04	4.39	5.61	6.61	Ref[3]
MLP	3.18 ± 0.11	2.82	4.01	5.40	6.73	Ref[3]
BAY (max. likelihood)	3.83 ± 0.15	3.42	5.14	6.83	8.42	Ref[3]
RBF	2.868± 0.10	2.73	4	5.21	5.81	Main method of this article
Nearest neighbors	3.61 ± 0.10	3.81	5.28	6.11	7.4	Implement in this article for comparing
K Nearest neighbors (k=4)	3.1 ±0.10	2.99	4.02	5.11	5.77	Implement in this article for comparing
RBFN with K Nearest Data Set(K=70)	1.868± 0.10	1.84	2.42	3.15	3.73	Main method of this article

این بهبود به خصوص در شبکه RBF با انتخاب مجموعه آموزشی بر حسب سیگنال بسیار چشمگیر است. این بهبود در زمان پاسخ گویی سیستم نیز مشهود است و علت آن هم مشخص بودن مجموعه آموزشی (چرا که لزومی به انتخاب چندین مجموعه آموزشی بطور تصادفی و حصول جواب برای هر کدان از آنها و اعمال میانگیری از آنها نیست) و تعداد کم نمونه ها در مجموعه آموزشی می باشد. علاوه بر این، پیاده سازی و طراحی این شبکه آسان می باشد و بعد از تهیه اطلاعات مجموعه آموزشی براحتی بر روی بسیاری از کامپیوترهای که قابلیت محاسباتی معمولی نیز دارند قابل اجرا می باشد.

### ۳-۴- روش گروه بندی

در حالت شاخصه‌ای معمولاً فضای مورد استفاده سطح بندی می شود و هر سطح دارای شماره شاخصی می شود. در این حالت اگر کاربر در موقعیت سطح خاصی قرار داشته باشد شاخص آن سطح برابر مقدار ۱ و شاخص سطوح دیگر برابر مقدار ۱- خواهد بود. مطابق شکل (۴-۱۸) در ابتدا محیط مورد آزمایش به هفت فضای جداگانه تقسیم شد و به هر فضا یک برچسب اختصاص داده شد.



شکل (۴-۱۸) a-چگونگی گروه بندی در فضای مورد استفاده b-نقاط مورد استفاده (نقاط هر گروه با رنگ مربوطه مشخص شده اند)

میزان خطا هم باتوجه به مرز دیوارها مشخص می شود. شکل (۴-۱۸) a- فضای مورد استفاده و چگونگی گروه بندی در این فضا را نشان می دهد. شکل (۴-۱۸) b- نقاط مورد آزمایش را نشان می دهد که در آن نقاط هر گروه دارای رنگی مشابه می باشند .

چهار روش برای گروه بندی مورد بررسی قرار گرفته است که عبارتند از:

- گروه بندی بر مبنای اطلاعات حاصل از رگرسیون

- گروه بندی با انتخاب مجموعه آموزشی بصورت تصادفی
- گروه بندی با انتخاب نزدیکترین نمونه ها از نظر سیگنال در مجموعه آموزشی
- گروه بندی با طراحی شبکه عصبی برای هر گروه

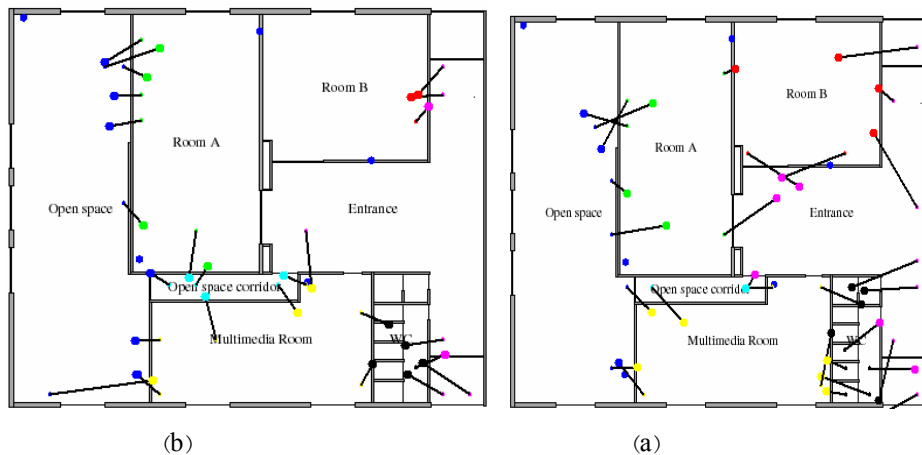
در مورد هر روش نیز دو موضوع دنبال می شود که عبارتند از:

- تعیین پارامترهای بهینه برای شبکه مدار شعاعی
- حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه

در پایان هم به ارزیابی نتایج حاصل پرداخته می شود.

#### ۱-۳-۴- گروه بندی بر مبنای اطلاعات حاصل از رگرسیون

این روش که ساده ترین روش می باشد، به عنوان یک تکنیک عمومی در روشهای مطرح شده در مقالات مختلف مطرح شده است. این روش عبارت از پردازش نتایج حاصل از روش رگرسیون و اعمال گروه بندی بر روی نتایج بدست آمده می باشد. این امر با بدست آوردن مختصات هر فضا براحتی انجام می شود. روشن است که پارامترهای بهینه و شبکه مورد استفاده همان پارامترها و شبکه مورد استفاده در روش رگرسیون می باشد. شکل (۴-۱۹) نتایج حاصل از گروه بندی را برای دو روش رگرسیون مورد بحث نشان می دهد.



شکل (۴-۱۹) نتایج حاصل از گروه بندی را برای دو روش a-رگرسیون با مجموعه آموزشی تصادفی b-رگرسیون با انتخاب نزدیکترین نقاط از نظر سیگنال در مجموعه آموزشی

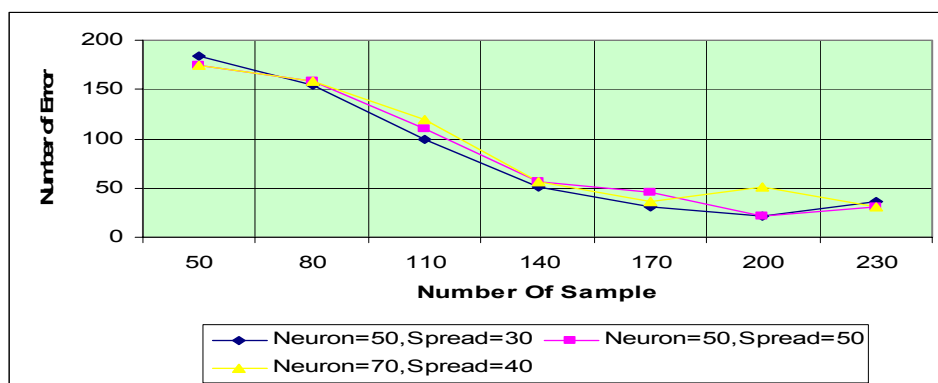
### ۲-۳-۴- گروه بندی با انتخاب مجموعه آموزشی بصورت تصادفی

در این روش و دو روش بعدی، بردار موقعیت، برداری با ابعادی برابر با تعداد گروه های انتخابی در فضای مورد آزمایش می باشد و مقدار آن برای اندیس متناظر با گروهی که آن موقعیت در آن قرار دارد برابر ۱+ و برای دیگر اندیسها برابر ۱- قرار می گیرد. به عنوان نمونه اگر فضای OpenSpace به عنوان گروه ۱ در نظر گرفته شوند تمام نقاط واقع در این فضا دارای بردار موقعیتی برابر با  $[1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1]$  می باشند. اگرچه در بردار خروجی در بیشتر حالات تنها یکی از خروجیها مثبت است اما حالت های مختلفی ممکن است اتفاق بیفتد و لذا اندیسی که دارای بیشترین مقدار خروجی باشد به عنوان گروه آن موقعیت تشخیص داده می شود (فضای ورودی که همان بردار قدرت سیگنال دریافتی می باشد تغییری نمی کند).

### ۱-۲-۳-۴- تعیین پارامترهای بهینه

مشابه روش رگرسیون به تعیین پارامترهای بهینه برای این فضا پرداخته شد.

همانطور که در شکل (۴-۲۰) مشخص است خطای متوسط میانگین بر حسب طول مجموعه آموزشی، که در ابتدا با شیب زیاد کاهش می باید و بعد از رسیدن به یک نقطه می نیمم دباره افزایش می یابد. نقطه کمینه این منحنی برابر ۲۰۰ می باشد که در تمام آزمایشات بعدی، این تعداد نمونه در مجموعه آموزشی بطور تصادفی از میان نقاط اندازه گیری شده، انتخاب می شود و مورد سنجش قرار می گیرد. در اینجا میزان خطا در هر بار تعداد نمونه هایی که گروه آن اشتباه تشخیص داده شده است می باشد و خطای کلی با میانگیری از این مقادیر بدست می آید

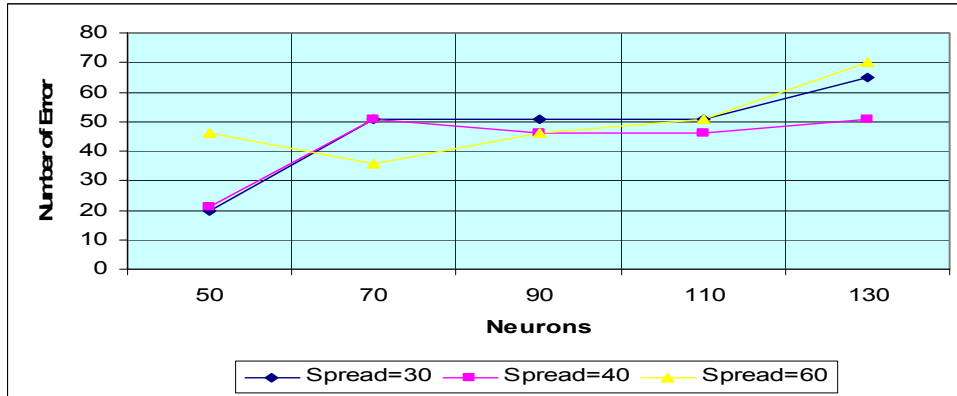


شکل (۴-۲۰) تعداد نمونه های خطا بر حسب تغییرات مجموعه آموزشی

شکل (۴-۲۱) تغییرات متوسط تعداد نمونه های خطا را بر حسب تعداد نرونهای شبکه عصبی (تعداد تابع شعاع مداری مختلف) بازای سطح های مختلف گسترش را نشان می دهد. همانطور

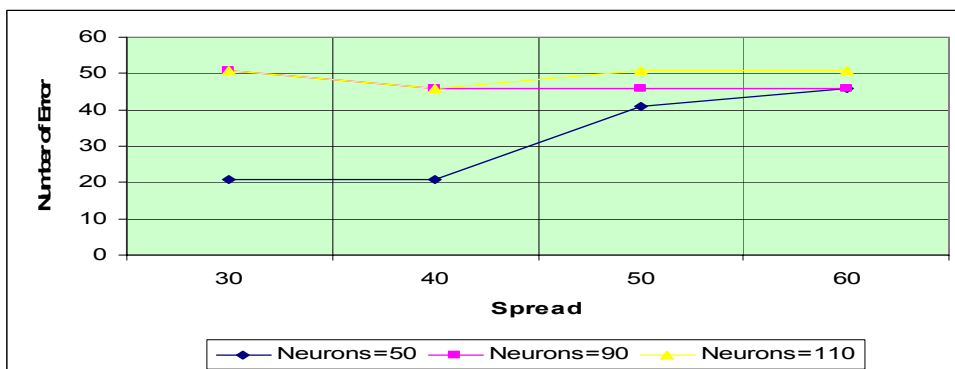


که مشاهده می شود الگوی تغییرات در نقطه اولیه دو نمودار کمترین مقدار را دارا می باشد و با افزایش تعداد نرون ها در این دو نمودار میزان خطا افزایش می یابد. در منحنی دیگر هم علیرغم نوسانات مشاهده شده خطای بیشتری مشاهده می شود.



شکل(۴-۲۱) تغییرات میانگین نمونه های خطا بر حسب تعداد نرون های موجود در شبکه عصبی RBF

شکل(۴-۲۲) تغییرات خطای متوسط میانگین بر حسب سطح گسترش های مختلف بازای تعداد نرونهای شبکه عصبی(تعداد تابع شعاع مداری) مختلف را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود نمودار مربوط به تعدادنرون برابر ۵۰ دارای کمترین خطا می باشد.



شکل(۴-۲۲) تغییرات خطای میانگین بر حسب سطح گسترش(واریانس) تابع شعاع مداری

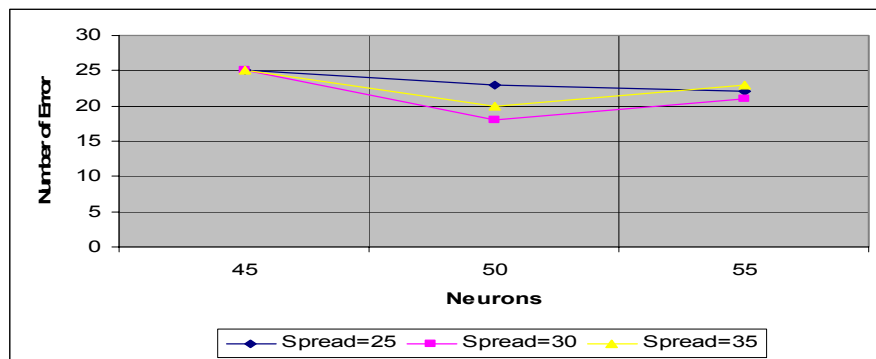
با استفاده از این نمودارها و بررسی نقاط کمینه مربوطه مشخص می شود که برای تعیین پارامترهای بهینه باید فضایی با مقادیر زیر مورد بررسی بیشتر قرار بگیرد.

Sample in data set=200, Spread=30, Number of Neurons=50

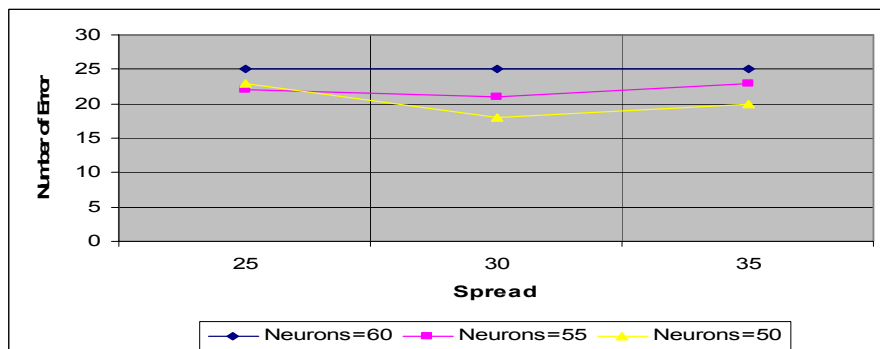
نمودرهای شکل(۴-۲۳) تغییرات خطای میانگین را برای این فضا نشان میدهد.

با بررسی خطای متوسط برای این مقادیر نمودارهای زیر حاصل شد که در نتیجه مقادیر زیر برای شبکه بهینه مدار شعاعی بدست آمد.

Spread=30, Number of RBF function=50, Number of data set=200



(a)

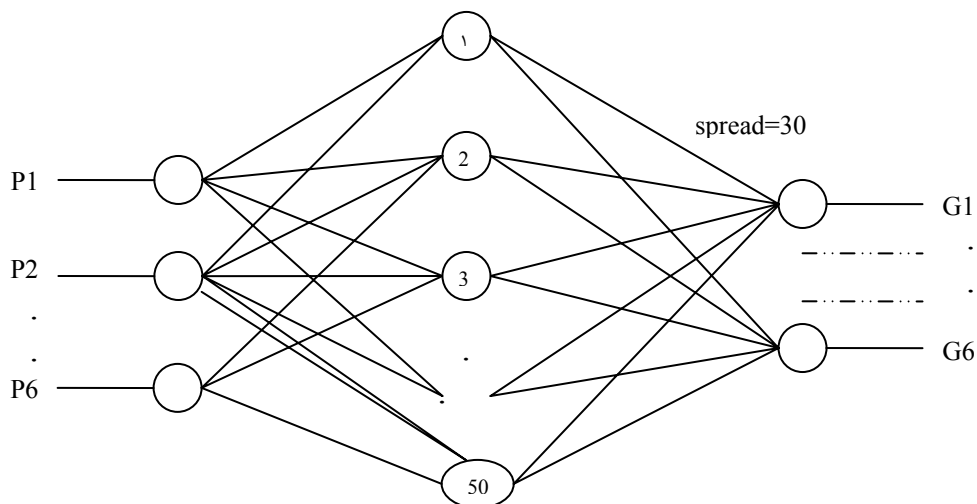


(b)

شکل (۴-۲۳) تغییرات خطای میانگین (a) بر حسب تعداد نرون های (b) سطح گسترش (واریانس) تابع شعاع مداری

#### ۴-۳-۲-۲- حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه

شبکه حاصل مطابق با شکل (۴-۲۴) به عنوان شبکه بهینه انتخاب و برای ارزیابی های دیگر مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل (۴-۲۴) شبکه مدار شعاعی بهینه برای روش گروه بندی

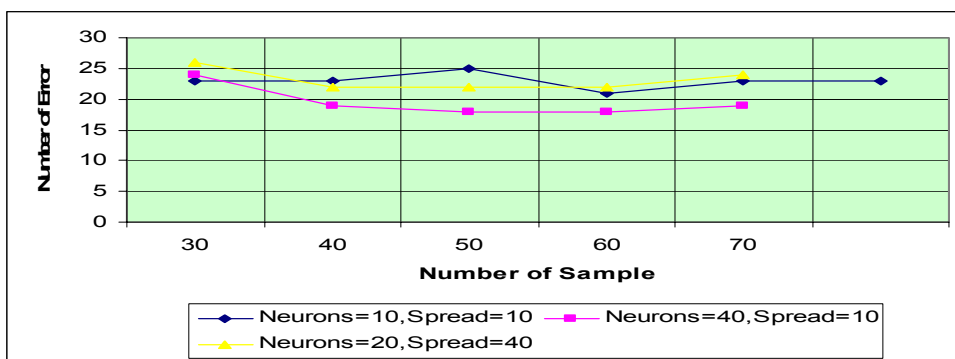
تعداد نمونه های خطا دار برابر ۲۰ نمونه می باشد و موقعیت آن ها در شکل (۴-۲۷) در قسمت ارزیابی نتایج رسم شده است.

### گروه بندی باانتخاب نزدیکترین نمونه ها از نظر سیگنال در مجموعه آموزشی

در این روش، برای هر نمونه مورد آزمایش مجموعه آموزشی بطور خاص و نه به طور تصادفی ساخته می شود. برای هر نمونه مورد آزمایش، نمونه های مجموعه آموزشی ابتدا بر حسب مشابهت سیگنال با نمونه مورد آزمایش مرتب می شوند. انتخاب مجموعه آموزشی از این مجموعه مرتب شده انجام می شود.

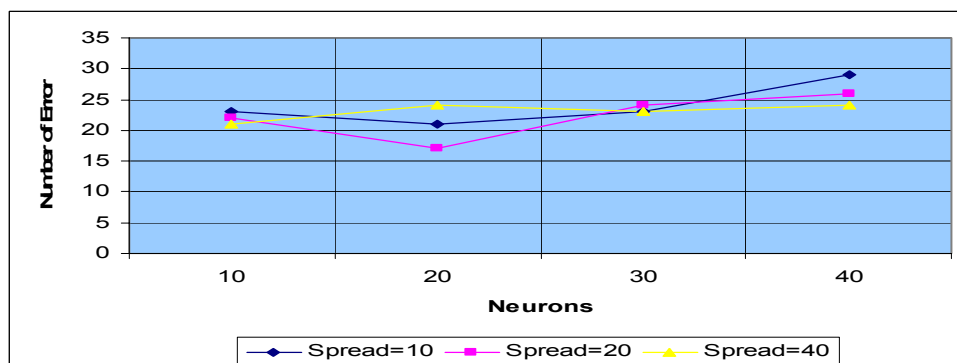
#### تعیین پارامترهای بهینه

شکل (۴-۲۵) تغییرات خطای متوسط میانگین بر حسب طول مجموعه آموزشی را نشان می دهد. علیرغم وجود نوسانات اولیه، تمام نمودارها در حول و حوش تعداد نمونه برابر با ۶۰ دارای نقطه کمینه هستند و لذا در آزمایشات بعدی از این تعداد نمونه استفاده شده است.

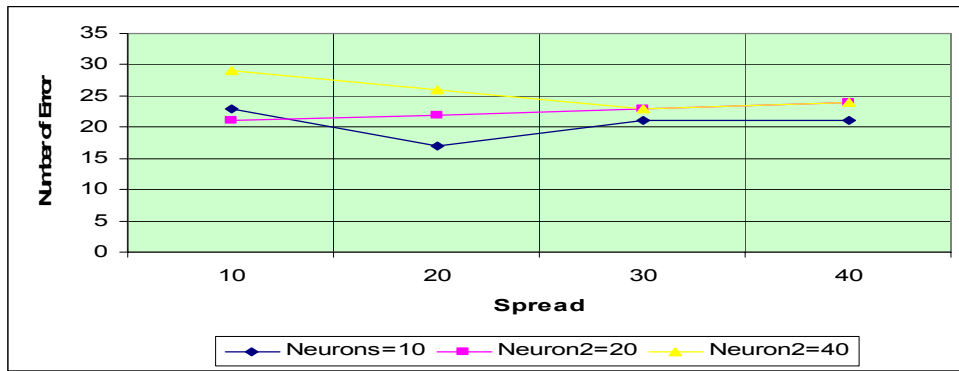


شکل (۴-۲۵) تعداد نمونه های خطا بر حسب تغییرات مجموعه آموزشی

شکلهای (۴-۲۶) و (۴-۲۷) تغییرات متوسط تعداد نمونه های خطا را بر حسب تعداد نرونهای شبکه عصبی (تعداد تابع شعاع مداری مختلف) برای سطوح های مختلف گسترش و بر حسب سطح گسترش های مختلف برای تعداد نرونهای شبکه عصبی (تعداد تابع شعاع مداری) را نشان می دهند.



شکل (۴-۲۶) تغییرات میانگین نمونه های خطا بر حسب تعداد نرون های موجود در شبکه عصبی RBF

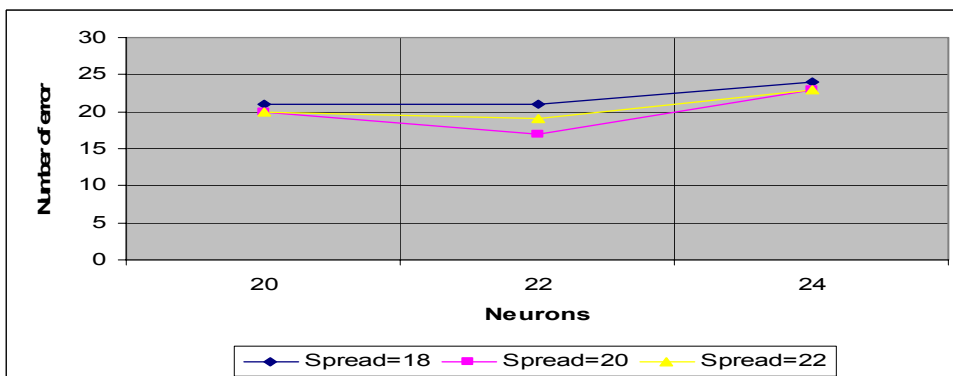


شکل (۴-۲۷) تغییرات خطای میانگین بر حسب سطح گسترش (واریانس) تابع شعاع مداری

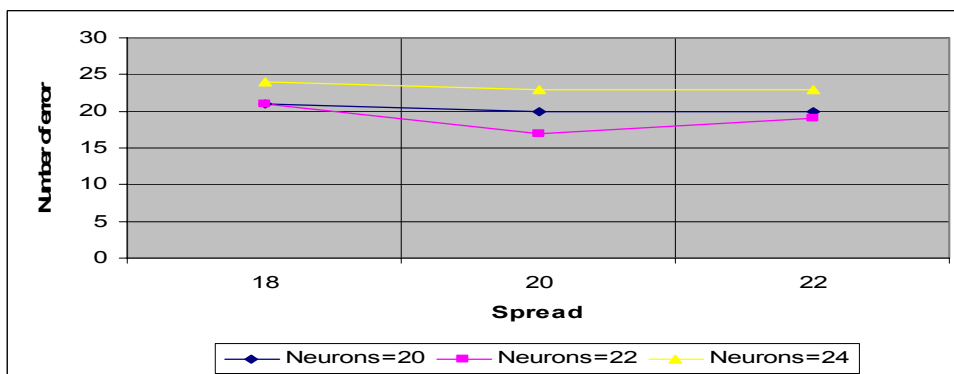
با استفاده از این نمودارها و بررسی نقاط کمینه مربوطه مشخص می شود که برای تعیین پارامترهای بهینه باید فضایی با مقادیر زیر مورد بررسی بیشتر قرار بگیرد.

Sample in data set=60, Spread=20, Number of Neurons=20

نمودارهای شکل (۴-۲۸) تغییرات خطای میانگین را برای این فضا نشان میدهد.



(a)



(b)

شکل (۴-۲۸) تغییرات خطای میانگین (a) بر حسب تعداد نرون های موجود در شبکه عصبی RBF (b) سطح گسترش (واریانس) تابع شعاع مداری

با بررسی مقادیر بدست آمده، مقادیر زیر برای شبکه بهینه مدار شعاعی بدست آمد.

Spread=20, Number of RBF function=22, Number of data set=60

#### ۴-۳-۲-۲- حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه

شبکه مطابق با شکل (۴-۲۴) با پارامترهای ذکر شده در بالا، به عنوان شبکه بهینه انتخاب و برای ارزیابی های دیگر مورد استفاده قرار گرفته شد. تعداد نمونه های خطا دار برابر ۱۷ نمونه می باشد و موقعیت آن ها در شکل (۴-۳۱) در قسمت ارزیابی نتایج آمده است.

#### ۴-۳-۴- گروه بندی با طراحی شبکه عصبی برای هر گروه

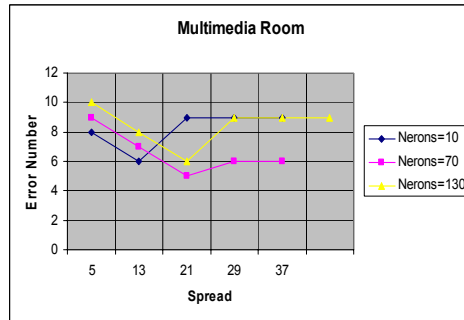
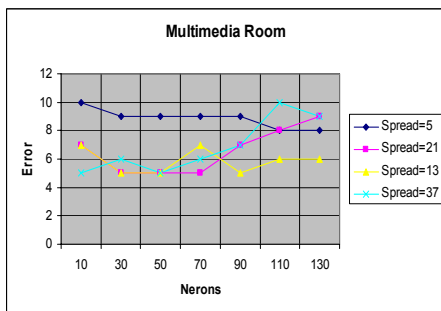
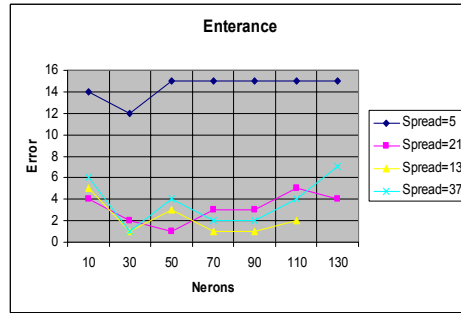
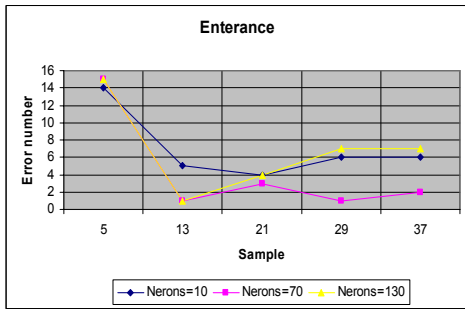
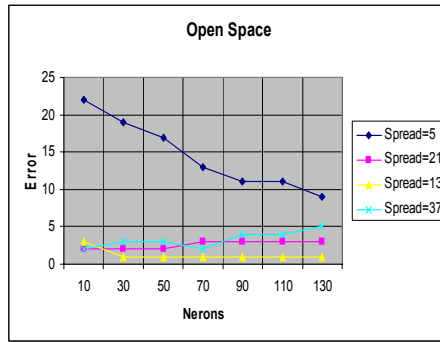
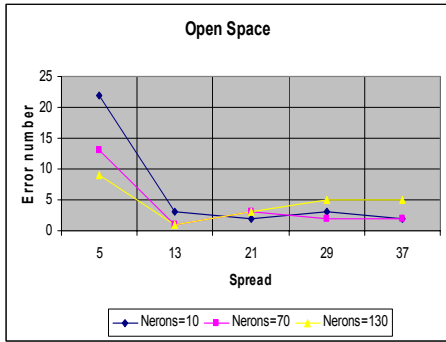
روش دیگر که مورد استفاده قرار گرفت طراحی شبکه عصبی مجزا برای هر اتاق یا گروه است و لذا به تعداد گروه ها (۷ تا) شبکه عصبی طراحی و انتخاب شد. در این حالت متغیر موقعیت یک متغیر یک بعدی می باشد که اگر نمونه مورد ارزیابی در یک گروه خاص قرار داشته باشد مقدار آن برابر ۱+ و در غیر این صورت مقدار آن برابر ۱- می باشد. این بدان معنی است که اگر خروجی طراحی شده برای گروه ۱ بیشتر از صفر باشد این موقعیت در گروه ۱ تشخیص داده می شود. البته چون ۷ شبکه عصبی وجود دارد گروه متناظر با خروجی ماکزیمم به عنوان موقعیت مربوطه تشخیص داده می شود.

#### ۴-۳-۴-۱- تعیین پارامترهای بهینه

نتایج حاصل از بررسی دو پارامتر سطح گسترش و تعداد نرونها در شکل (۴-۲۹) رسم شده است. مقادیر پارامترهای بهینه برای گروههای مختلف در جدول (۴-۲) رسم شده است.

جدول (۴-۲). پارامترهای هفت گروه تابع شعاع مداری

Group	Spread	Nerons
Open Space	13	30
Room A	21	30
Room B	13	30
Enterance	13	30
Open Corridore	13	30
Multimedia Room	13	30
WC	90	21



(b)

(a)

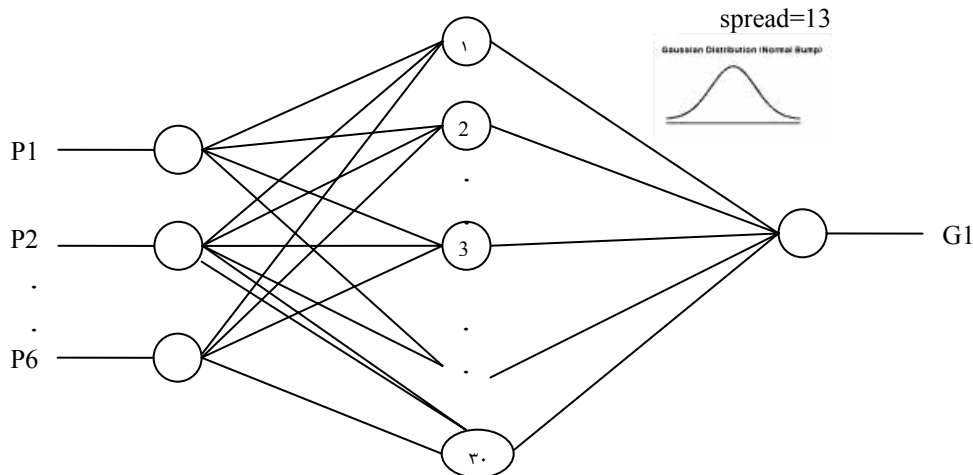
شکل (۴-۲۹) تغییرات تعداد نمونه های خطا بر حسب a- سطح گسترش b- تعداد نرونهای شبکه مدار شعاعی

#### ۴-۳-۲-۴- حصول نتایج از شبکه مدار شعاعی بهینه

شبکه بهینه از هفت شبکه مجزا با ساختار نشان داد شده در شکل (۴-۳۰) و پارامترهای متناظر در جدول (۴-۲) طراحی شد. با توجه به آنکه برای هر نمونه هر شبکه جوابی جداگانه دارد معیار انتخاب گروه، بیشینه بودن مقدار در یک گروه می باشد.

تعداد نمونه های خطا دار برابر ۱۷ نمونه می باشد و موقعیت آن ها در شکل (۴-۳۱) در قسمت ارزیابی نتایج رسم شده است.

طراحی شبکه عصبی جداگانه برای هر اتاق اگرچه زمانبر بود اما تعداد نمونه های خطا را کاهش داد.



شکل (۴-۳۰) شبکه عصبی مدار شعاعی برای حالت گروه بندی برای یک گروه

### ۴-۳-۵- ارزیابی نتایج

با توجه به مطالب اشاره شده شبکه های ذیل برای گروه بندی مورد بررسی قرار گرفتند:

- ۱- شبکه های بهینه حاصل از هر دو روش و اعمال گروه بندی بر روی آن
- ۲- شبکه بهینه برای گروه بندی با انتخاب مجموعه آموزشی بصورت تصادفی
- ۳- شبکه بهینه برای گروه بندی با انتخاب مجموعه آموزشی با نزدیکترین سیگنال
- ۴- شبکه عصبی با طراحی مجزا برای هر گروه

شکل (۴-۳۱) نتایج حاصله برای تکنیک گروه بندی برای روش های مختلف تعیین موقعیت با استفاده از شبکه مدار شعاعی را نشان میدهد. شکل **a** و شکل **b** این نتایج را برای حالت رگرسیون نشان می دهند. در این دو شکل ابتدای هر پاره خط نشان دهنده نقطه واقعی و انتهای پاره خط که با نقطه مشخص شده است، نقطه و گروه تشخیص داده شده می باشد. شکل های بعدی نقاط با تشخیص اشتباه را نشان میدهد رنگ نقاط نشان دهنده گروه تشخیص داده این نقاط می باشد.

برای قیاس بیشتر نتایج دو روش همسایه نزدیک و **k** همسایه نزدیک هم محاسبه شد. در مورد روش همسایه نزدیک دقیقا از همان برنامه نوشته شده در حالت رگرسیون استفاده شد. تنها تفاوت در این می باشد که بعد از پیدا کردن نزدیکترین سیگنال به نمونه مورد آزمایش، گروه آن سیگنال به عنوان گروه سیگنال مورد سنجش مورد استفاده قرار می گیرد. اما در روش **k** همسایه نزدیک، گروهی که تعداد تشخیص آن در میان **k** همسایه نزدیک بیش از دیگر گروه ها باشد به عنوان

گروه نمونه مورد آزمایش تشخیص داده می شود. در صورتی تساوی دو گروه، گروهی که دارای قدرت سیگنال بیشتری باشد انتخاب می شود.

برای انتخاب  $k$  از همان روش حالت رگرسیون استفاده شد و مقدار  $k$  برابر ۹ انتخاب شد.

نتایج حاصل از اعمال گروه بندی برای روش های شبکه عصبی پرسپترون، روش بردار حمایتی، روش بیسیان و هم چنین اعمال گروه بندی برای نتایج حاصل از رگرسیون بر روی این اطلاعات که در مرجع [۳] موجود است. تمام این نتایج در جدول (۳-۴) آمده است:

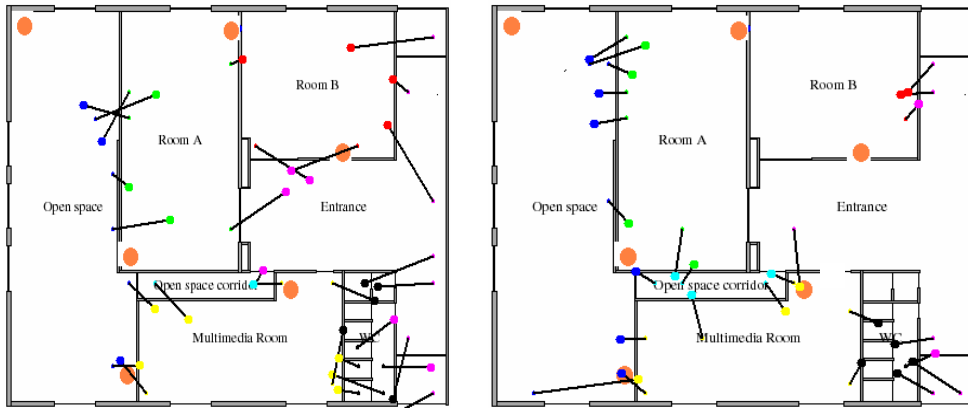
جدول (۳-۴) تعداد نمونه های خطا با اعمال روشهای مختلف گروه بندی

Regression classier	Classier Number	Regression classier Number
RBF random data set	29	20
RBF nearest signal data set	25	17
RBF for each group	-	16
Nearest neighbor	34	34
K Nearest neighbor	27	29
Bayasian	33	-
Svm Method	8	20
Perceptron neural network	34	31

نتایج حاصله نشان می دهد که جوابهای مذکور اگر چه در قیاس با روش بردار حمایتی از معیار پایین تری برخوردار است اما در قیاس با شبکه عصبی پرسپترون و دیگر روش ها هم ارز می باشند.

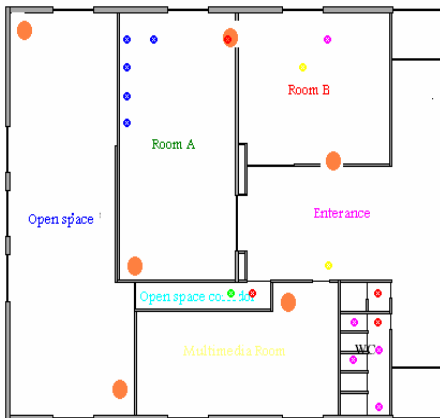
در نهایت می توان گفت که جوابهای حاصل از روش رگرسیون بسیار بهبود یافته اند و در حالت گروه بندی جوابها مشابه بسیاری از روشهای مطرح می باشند. با دقت در شکل (۳۱-۴)، مشاهده می شود بسیاری از نمونه های خطا در فضای متعلق به WC و Open space corridor است که از نظر گروه بندی واقعی جزء مکان های عمومی می باشند. این مسئله باعث شد که تاثیر نحوه گروه بندی را با در نظر گرفتن آنکه این دو فضا و Multimedia Room به عنوان یک گروه در نظر گرفته شود نیز مورد بررسی قرار داده شود.



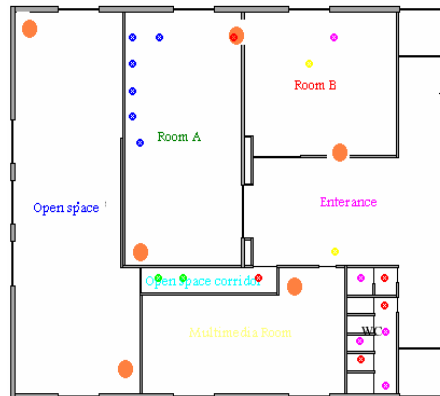


(b)

(a)



(d)



(c)



(f)



(e)

شکل (۴-۳۱) نتایج حاصل از گروه بندی را برای روش های a-رگرسیون با مجموعه آموزشی تصادفی b-رگرسیون با انتخاب نزدیکترین نقاط از نظر سیگنال در مجموعه آموزشی c-گروه بندی با انتخاب تصادفی مجموعه آموزشی d-گروه بندی با انتخاب نزدیکترین نقاط در مجموعه آموزشی e- نقاط مجموعه آموزشی و گروه بندی مربوطه f- گروه بندی برای هر اتاق

همانطور که مشاهده می شود با تغییر گروه بندی نتایج بهتری برای حالت رگرسیون مشاهده می شود. این مسئله برای حالت گروه بندی چندان تاثیر ندارد. اگرچه در این روش ها هم میزان خطا

در این نمونه ها زیاد بوده ولی گروه های تشخیص داده شده گروه های مجاور نمی باشند. جدول (۴-۴) نتایج این قیاس را نشان می دهد.

جدول(۴-۴) قیاس نتایج بدست آمده برای گروه بندی

Regression Method	Open space Room A Room B Entrance	Other Room Seperate	Other Room (One group)	ERROR RESULT	
				Result for 7 group	Result for 5 group
Regression RBF random data set	16	13	4	29	20
Regression RBF nearest signal data set	9	8	3	25	20
classier RBF for each group	8	8	8	16	16
classier RBF random data set	16	10	9	20	19
classier RBF nearest signal data set	9	11	9	17	15

#### ۴-۴- بررسی تاثیر گرانولیتی بر روی خطای مشاهده شده در دو حالت رگرسیون و گروه بندی

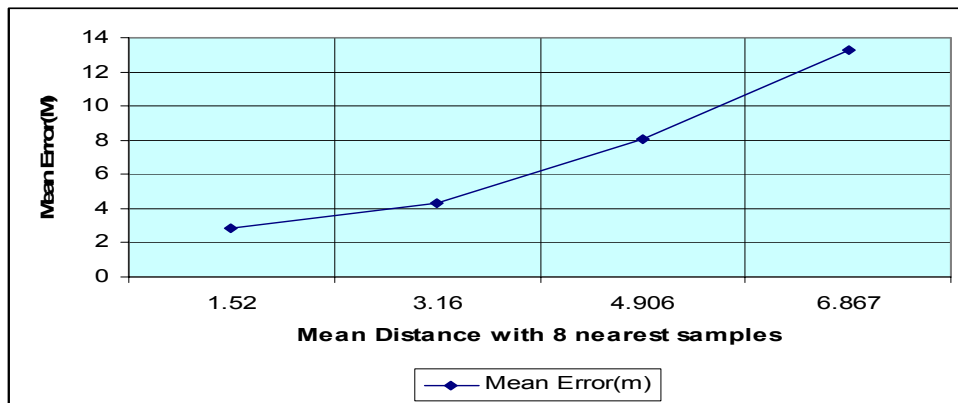
مسئله که مورد سوال بود این بود که این خطا برای این نمونه ها با این گرانولیتی (فاصله بین نقاط متوالی در یک سطر و یا یک ستون) مشاهده شد و اگر فاصله نقاط تشکیل دهنده مجموعه آموزشی بگونه دیگر تنظیم شود میزان خطاهای مشاهده شده چگونه تغییر می کنند.

بدین منظور سعی شد از نمونه های موجود نقشه های رادیویی مختلف بدست آید. در اولین مجموعه ساخته شده از میان دو نقطه متوالی واقع در یک مختصات طولی، تنها یک نقطه انتخاب شد. عین این مسئله برای محور عرضی نیز اجرا شد. این یعنی از فضای ماتریسی  $2 \times 2$  از نقاط تنها یک نمونه برای ساخت نقشه رادیویی انتخاب شد. به این مجموعه و نتایج مربوطه به عنوان گرانولاریتی  $1/2$  اشاره می شود. دقیقاً مشابه همین روش برای ساخت نقشه رادیویی با گرانولاریتی  $1/3$  و  $1/4$  مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی اثر گرانولیتی، از روش رگرسیون با مجموعه آموزشی بصورت تصادفی استفاده شد. نتیجه های مربوط در جدول (۴-۵) آمده است و شکل (۴-۳۲) نمودار تغییرات خطای رگرسیون را بر حسب میانگین فاصله از ۸ نقطه نزدیک به هر نمونه را نشان میدهد (منظور هشت نقطه اطراف هر نقطه می باشد).

جدول (۴-۵) میزان خطای متوسط برای نقشه رادیویی با گرانولاریته های مختلف (رگرسیون)

Granularity	Number of samples	Mean distance with 8 around samples	X distance	Y distance	Mean error(m)
1/1	257	1.52	1.406	1.161	2.861
1/2	64	3.16	2.806	2.315	4.287
1/3	28	4.9067	4.213	3.477	8.047
1/4	16	6.866667	5.613	4.638	11.55

همانطور که مشاهده می شود با کاهش گرانولیتی میزان خطای میانگین به سرعت افزایش پیدا می کند و برعکس با افزایش گرانولیتی میزان خطا کاهش پیدا می کند. این مسئله بسیار جالب است و به نظر می رسد که می توان با افزایش گرانولیتی تا حدی خطای رگرسیون را کاهش داد. اما آنکه تا چه حد می توان این خطا را کم نمود تنها با وجود نقاط بیشتر برای آزمایش امکان پذیر است که فعلا بررسی آن مقدور نبود و می تواند در آینده مورد بررسی قرار بگیرد.



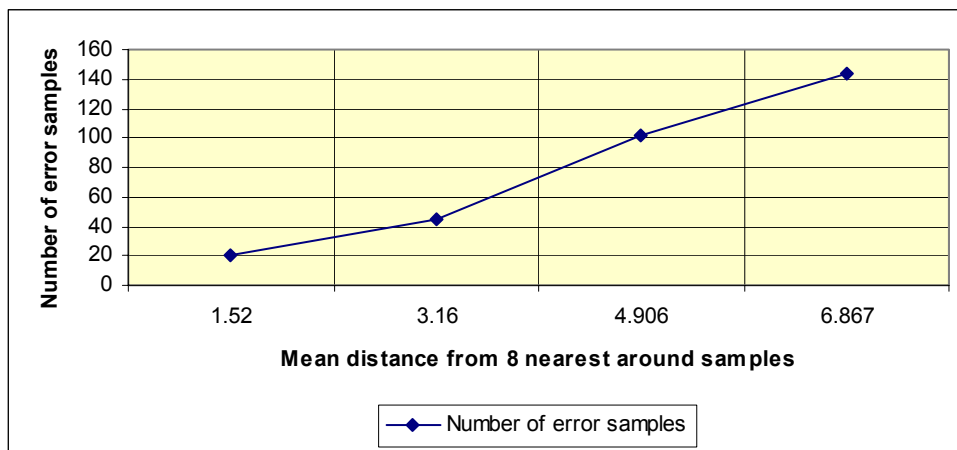
شکل (۴-۳۲) نمودار تغییرات خطای میانگین بر حسب میانگین فاصله از ۸ نمونه نزدیکتر

برای بررسی اثر گرانولیتی بر روی تعداد نمونه های خطا در حالت گروه بندی نیز به ساخت مجموعه آموزشی مطابق با آنچه در بالا اشاره شد پرداخته شد و تمام نمونه های موجود با توجه به این مجموعه آموزشی مورد ارزیابی قرار گرفتند. (روش مورد استفاده گروه بندی با انتخاب تصادفی مجموعه آموزشی می باشد). همانطور که مشاهده می شود با آنکه با افزایش گرانولیتی میزان نمونه هایی خطا دار کاهش می یابد ولیکن این افزایش دارای شیبی کمتری می شود و نظر می رسد که

می توان میزان خطا را تا حدی بهبود بخشید. این که تا چه حد می توان میزان خطا را بهبود بخشید نیاز به تعداد نمونه بیشتر برای بررسی دارد که امکان بررسی آن در این تحقیق میسر نبود و می تواند در آینده مورد بررسی قرار بگیرد. نتیجه های مربوط در جدول (۴-۶) آمده است و شکل (۴-۳۳) نمودار تغییرات تعداد نمونه های خطا برای گروه بندی با انتخاب مجموعه آموزشی بصورت تصادفی را بر حسب میانگین فاصله از ۸ نقطه نزدیک به هر نمونه را نشان میدهد (منظور هشت نقطه اطراف هر نقطه مورد آزمایش می باشد).

جدول(۴-۶) میزان خطای متوسط برای نقشه رادیویی با گرانولاریتی های مختلف (گروه بندی)

Granulity	Number of samples	Mean distance with 8 around samples	X distance	Y distance	Mean error(m)
1/1	257	1.52	1.406	1.161	20
1/2	64	3.16	2.806	2.315	45
1/3	28	4.9067	4.213	3.477	102
1/4	16	6.867	5.613	4.638	144



شکل (۴-۳۳) نمودار تغییرات تعداد نمونه های خطا در بر حسب میانگین فاصله از ۸ نمونه نزدیکتر

## ۵- کاربرد روش پیشنهادی در تبلیغات سیار آگاه از موقعیت

## ۵-۱- تعیین موقعیت در تجارت سیار

تجارت الکترونیک یک نظم نوظهور است که اجزای بسیاری مانند برنامه های کاربردی، دستگاه های سیار، میان افزارها و شبکه های بی سیم را تحت تأثیر قرار داده است. در حالی که اکثر برنامه های کاربردی تجارت الکترونیک می توانند برای اجرا در محیط بی سیم تغییر یابند، تجارت سیار نیز شامل بسیاری از برنامه های کاربردی جدید می باشد که فقط با زیرساختار بی سیم امکان پذیر می می باشد.

[29] بر اساس برآوردی که توسط گروه گارتنر در سال ۲۰۰۴ انجام گردیده است حداقل ۴۰٪ از تجارت الکترونیک، تجارت‌هایی بودند که توسط مشترکانی انجام شده است که دارای تلفن های هوشمند کوچک بوده و با استفاده از پروتکل wap در محیط شبکه بی سیم محلی انجام شده است. آمارهای دیگر نشان داده است که بازار تجارت موبایل ارزشی به اندازه ۲۰۰ میلیون دلار در این سال داشته است.

برنامه های تجاری سیار بسیار متنوع می باشد و شامل خدمات مالی سیار، تبلیغات آگاه از موقعیت و تبلیغات مختص به کاربر، مدیریت موجودی سیار، مهندسی مجدد تجارت بی سیم و بازیهای تعاملی سیار می باشد.

[30-31] پیاده سازی این برنامه ها در عمل با چالش های متعددی مانند مدیریت دقیق موقعیت، پخش چندگانه، کیفیت خدمت و قابلیت اعتماد و اطمینان مدل‌های تجاری و قیمت گذاری، توسعه برنامه های کاربردی و اجرا و موضوعات قانونی و تنظیمی روبرو است.

برای آشنایی بیشتر با برنامه های کاربردی تجارت سیار به مرجع [30] رجوع نمایید. اولین چهارچوب چهارلایه برنامه های تجارت سیار در [30] پیشنهاد شد. موضوعات تجارت سیار در [32-33] مورد بحث قرار گرفته است. پشتیبانی مدیریت موقعیت در برنامه های تجاری نیز در [34] مطرح گردیده است.

در حالی که به طور بالقوه تعداد نامحدودی از برنامه های کاربردی تجارت سیار وجود دارد در جدول (۵-۱) سعی شده است تا به مهمترین آنها و کاربردهای نمونه مربوطه پرداخته شود. توصیف مشروح این موارد در [32-33] وجود دارد باشد.

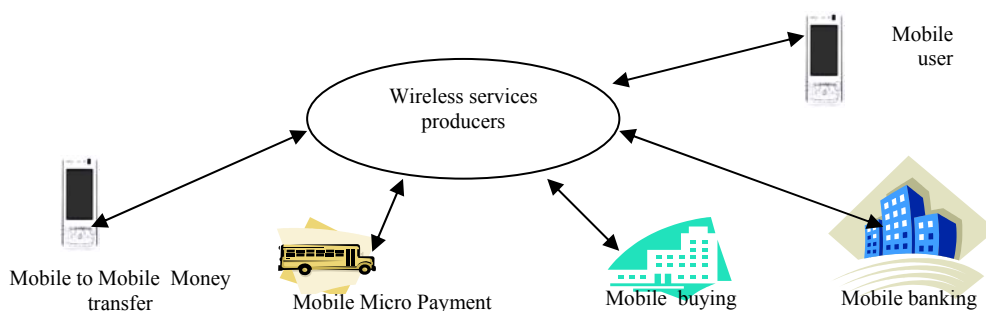
جدول (۵-۱) گروه بندی مختلف برنامه های تجارت سیار

Main Group	Detail	Sub-Group	Details
<b>Retail and Distribution Application</b>	Services that are appeared by mobile technology to improve the supply chain management	Mobile Inventory Management	Applications to handle all functions related to the tracking and management of material. This would include the monitoring of materials locations moved into and out of stockroom
		Just In Time Supply	Mobile inventory will be available through a series of trucks to the stores or retailers
		Mobile Sales Force Automation	providing the vendors with immediate and real-time access to the information concerning orders and purchases so that the vendors can best prepare themselves to meet existing and potential customers
		Mobile Customer Relationship Management	The entire process of a pre-sales, sales and customer via service relationship with a mobile device
<b>Transaction Management Application</b>	Use a mobile devices to settle a financial transaction	Mobile Financial Applications	Applications where mobile device becomes a powerful financial medium such as account to account transfer, bill payment, account information,...
		Mobile Auction or Reverse Auction	Applications allowing users to buy or sell certain items using multicast support of wireless infrastructures
<b>Digital Content Delivery Application</b>	Delivering many kind of digital information to mobile user	Entertainment Content Delivery	Provide many kind of entertainment for mobile users such as mobile music & music on demand, video/TV/movies, Interactive gaming
		Information Content Delivery	Provide many kind of information for mobile users such as weather, navigating services, emergency services, education services and etc
		Product Location Applications	involves a mobile user locating a particular item by accessing a centralized or distributed database containing information about the product, vendor, exact location and price which is then delivered to the subscriber An application would then use the information to collect content related to the specific service and geographical zone
		Mobile Advertisement	using demographic information collected by wireless service providers and information on the current location of mobile users, very targeted advertising can be done.
<b>Mobile Office</b>	Applications providing the complete office environment to mobile users any where any time. where a temporary office it often found on construction sites, or disaster scenes space is needed		

یک گروه مهم از این برنامه ها، مربوط به مدیریت تولید محصولات که شامل مدیریت زنجیره عرضه از کنترل موجودی، خط تولید، مدیریت عرضه، مدیریت توزیع و مدیریت سفارش و مواردی مشابه می باشد هست.

بحث رقابت و سوددهی در تولید و مسائل موجود در آن، روند مدیریت زنجیره عرضه را بطور کلی دگرگون ساخته است و باعث مطرح شدن بحث هایی مانند مدیریت سیار موجودی، زنجیره بلادرنگ، مدیریت فروش سیار اتوماتیک و مدیریت الکترونیکی روابط با مشتری شده است.

امروزه تجارت الکترونیک و انجام تراکنش های مالی از طریق اینترنت با پیشرفت مسائل امنیتی بسیار متداول شده است. با افزایش زیر ساختارهای مخابرات بی سیم، و گسترش استفاده از دستگا های سیار مانند تلفن همراه و کامپیوتر همراه و جیبی در بیشتر محیط ها و در هر زمان و پیشرفت زیاد در تکنولوژی این وسائل امکان انجام این تراکنش ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است. به عنوان مثال سیستم E\_Cash در این زمینه اقدامات زیادی انجام داده است و امروزه حتی امکان پرداخت های خرد را با استفاده از تلفن همراه فراهم نموده است. علاوه بر این برنامه های کاربردی مالی موبایل احتمالاً یکی از مهمترین اجزای تجارت سیار محسوب می شود. این اجزا می تواند شامل مجموعه متنوعی از برنامه های کاربردی نظیر بانکداری از طریق موبایل و سرویس کارگزاری (حق العمل کاری)، انتقال پول از طریق موبایل و پرداختهای جزئی از طریق تلفن همراه باشد. با استفاده از این برنامه های کاربردی دستگاه های همراه می تواند به یک ابزار تجاری، یک بانک، خودپرداز و حتی کارتهای اعتباری برای برقراری مبادلات مالی کاربر با پول موبایل تبدیل شود(به شکل(۵-۱) نگاه کنید).



شکل(۵-۱) روشهای مختلف انجام تراکنشهای مالی از طریق تلفن همراه

همچنین دقیقاً مشابه اجرای مناقصات و مزایادات(طرح های عمومی) امکان انجام این امر از طریق تلفن های همراه نیز مورد بررسی قرار داده شده است. انجام این مسئله با توجه به قابل دسترس بودن این سرویس در هر زمان به این روال ها رونق بیشتری خواهد داد.



ارائه اطلاعات مختلف به کاربران توسط دستگاههای قابل حمل نیز امروزه بسیار مطرح است. این اطلاعات می تواند شامل سرگرمی های مختلف مثلا تقاضای موسیقی ها مختلف، انجام بازی های مختلف، سیستم های راهنمای مختلف و مواردی مشابه باشد. امروزه حتی سرویس های آموزشی نیز به این مسئله توجه نموده اند و امکان ارائه سرویسهای خود را به دستگاههای قابل حمل مورد بررسی قرار دادند.

علاوه بر آن بسیاری از عرضه کنندگان و فروشگاههای مختلف، پس از دریافت تقاضای کاربر درباره یک محصول خاص، به معرفی فروشگاههای ارائه کننده محصولات خود در نزدیکی کاربر می پردازند.

اداره سیار، یک برنامه کاربردی است که امکان دسترسی به نامه های الکترونیکی، دسترسی به تقویم روزانه و تماس های موجود در اداره و یا محل کار را از طریق دستگاه های قابل حمل برای کاربران فراهم می آورد و مزایای زیر را در اختیار آنان قرار می دهد:

- امکان پاسخگویی به اطلاعات در هر زمان

- افزایش بازدهی

- افزایش ارتباطات کاری

برای بعضی از این سرویسها، تعیین موقعیت نیاز اساسی می باشد که از جمله این کاربردها می توان به مواردی مانند تبلیغات آگاه از موقعیت بر روی دستگاه های سیار، مدیریت سیار موجودی، سیستم تعیین موقعیت و جستجوی کالا و ارائه سرویسهای اضطراری به کاربران اشاره نمود. به عنوان مثال سرویس E911 که از طرف FCC آمریکا مطرح شده است یک سرویس تعیین موقعیت است که با در اختیار قرار دادن موقعیت کاربران به این سرویس های اضطراری، امکان ارائه هر چه سریعتر این سرویس ها را به کاربران فراهم می آورد.

امروزه با استفاده از برچسب های دارای فرکانس رادیویی و شبکه گیرنده ای مربوطه که شبیه شبکه سنسوری تعیین موقعیت می باشد، امکان تعیین موقعیت تمام محصولات مورد نیاز در تولید و مدیریت کامپیوتری روند تولید فراهم شده است. حتی سیستم های توزیع سیار با استفاده از تعیین موقعیت توزیع کنندگان خود توسط یکی از ساختارهای بی سیم، می تواند هر چه سریع تر به مشتریان خود سفارش بدهند. این مسئله و پیشرفت سیستم های کامپیوتری مطرح، روند تولید را بطور کامل دگرگون ساخته است بطوری که زنجیره عرضه و تولید بلادرنگ مورد توجه بسیاری از طراحان قرار گرفته است.

سطح و دقت مدیریت موقعیت مورد نیاز در برنامه های کاربردی تجارت سیار متفاوت می باشد و می توان میزان دقت را به سطح های مختلف که عبارت از سطح تشخیص درون شبکه، تشخیص درون یک خوشه، تشخیص درون یک ناحیه، تشخیص درون یک سل و تشخیص در یک سل فرعی است تقسیم نمود. در بحث ذیل ابتدا، معیارهای مختلف برای سیستم تعیین موقعیت مورد بررسی قرار داده می شود و سپس به معرفی گروه های مهم برنامه ها در تجارت الکترونیک سیار و ارائه مثالهایی از هر کدام پرداخته می شود. در ادامه به بررسی معیارهای مورد نظر برای این برنامه ها پرداخته می شود.

### ۵-۲- نیازهای تعیین موقعیت برنامه های کاربردی تجارت سیار

معیارهای زیادی برای سیستم های تعیین موقعیت مطرح شده اند که جدول زیر به نمونه ای از آن اشاره می کند. معیارهای مطرح شده در این جدول عبارتند از دقت و صحت، عملکرد، قابلیت درجه بندی شبکه و تعداد دستگاه های تحت پوشش می باشد.

جدول (۵-۲) معیارهای تعیین موقعیت مختلف برای برنامه های کاربردی تجارت سیار

Application	Location Precision (network level)	Response Time	Wireless Coverage	Device/entities involved (type of communication)
Mobile Financial Application	Meters(sub-cell)	seconds	Local	Few(unicat)
Mobile Advertising	Hundred of meters (cell)	Minutes	Local	Several (Multicast)
Mobile Inventory Management Product Location and search	Meters(sub-cell)	seconds	Local,possibly nationwide	Several (Multicast)
Proactive Service Management	Kilometer(multiple_cell)		Local	Few(unicat)
Wireless Reengineering	Hundered of meters(cell)	Minutes	nationwide	Few(unicat)
Mobie Auction/Reverse Auction	Hundered of meters(cell)	seconds	Local,possibly nationwide	Several (Real time Multicast) with active user participation
Mobile Entertainment Services	Hundered of meters(cell)	Minutes	Local	Several (Real time Multicast)
Mobie Distance Education	Hundered of meters(cell)	Minutes	Local,possibly nationwide	Several (Real time Multicast)
Mobile Office	Hundered of meters(cell)	Minutes	nationwide	Few(unicat)
Wireless Data Cente	Hundered of meters(cell)	Minutes	Local	Few(unicat)

همانطور که مشاهده می شود اگر چه برنامه های کاربردی متعدد از بسیاری از ویژگیهای مشترک برخوردار می باشند، اما تفاوتی در میان آنها مشاهده می شود که لزوم طبقه بندی جداگانه را ایجاب می نماید. به عنوان مثال برنامه های کاربردی مالی موبایل و مدیریت موجودی کالا، هر دو نیازمند دقت تعیین موقعیت بالایی می باشد اما ماهیت موجود در آنها و تعداد دستگاه های تحت پوشش به طور قابل ملاحظه ای آنها را از هم متفاوت می سازد به نحوی که در سیستم های مدیریت موجودی کالا در موبایل ممکن است با صدها یا حتی هزاران مورد از اقلام یا موقعیت سر و کار داشته باشند.

نیازهای تعیین موقعیت بسته به نوع کاربرد آن در برنامه های مختلف متفاوت می باشد. با این حال می توان معیارهای زیر برای سیستم های تعیین موقعیت مطرح نمود.

#### ▪ هزینه و پیچیدگی

هزینه مورد نیاز برای یک سیستم تعیین موقعیت، بستگی به هزینه زیر ساختارهای مورد نیاز برای پیاده سازی سیستم مذکور، هزینه نصب تجهیزات مورد نیاز، زمان مساحی و برآورد سیستم مذکور و هزینه مربوط به دستگاه مورد استفاده توسط کاربر و مواردی از این قبیل دارد.

پیچیدگی الگوریتم مورد استفاده نیز از پارامترهای مورد نظر می باشد. این دو پارامتر ارتباط معکوس با پارامترهای عملکردی و معیارهای اجرایی سیستم دارد. هر چه معیارهای عملکردی سیستم بالاتر باشد پیاده سازی آن پیچیده تر و هزینه آن سنگین تر می شود و برعکس.

#### ▪ معیارهای عملکردی

مهمترین این معیارها عبارتند از:

- دقت: برای این معیار تعریف های مختلفی ارائه شده است. در بسیاری از جاها، منظور از دقت میانگین خطا یا همان متوسط فاصله بین موقعیت محاسبه شده بوسیله سیستم و موقعیت واقعی می باشد. بعضی از سیستم ها منظور از این معیار دقت در صدی می باشد که عبارت از در صدی از نمونه ها که میزان خطای موجود در تعیین موقعیت آنها (فاصله بین موقعیت واقعی و موقعیت محاسبه شده) آنها از مقدار مورد نظر کمتر باشد است.
- تاخیر یا زمان جوابگویی: منظور از تاخیر فاصله زمانی بین اندازه گیری یا حس یک کاربر یا دستگاه و تشخیص موقعیت آن می باشد.

○ ظرفیت: یک پارامتر کلی سیستم می باشد و بستگی به قابلیت پردازشگر محاسباتی تعیین موقعیت و تعداد پیامهای کنترلی مورد نیاز برای تعیین موقعیت دارد و توانایی سیستم را در تشخیص چه تعداد دستگاه بیان می کند.

○ پوشش: محدوده پوشش یک سیستم تعیین موقعیت را نشان می دهد که معمولا در سیستم های تعیین موقعیت اصطلاحات مختلفی مانند پوشش در محدوده یک سل، در فضای شبکه بی سیم و یا ابعاد یک ساختمان مطرح می باشد.

○ مقیاس پذیری: این معیار اشاره می کند که سیستم تعیین موقعیت طراحی شده برای یک محیط کوچک، چگونه در تعیین موقعیت برای فضای بزرگتر عمل می کند.

○ امنیت: امنیت نیز از مسائل مهم در مسئله تعیین موقعیت است چرا که با تعیین موقعیت و ردیابی کاربران بسیاری از مسائل خصوصی آنان را می توان پی گیری نمود که مورد نظر کاربران نیست. بسیاری از سیستم های تعیین موقعیت که از یک بانک اطلاعات مرکزی استفاده می کنند و یا کنترل آنها توسط پروسور مرکزی انجام می شود و لذا برای تامین امنیت پروسه های زیادی برای تضمین محرمانگی کاربر باید بکار ببرند. سیستم هایی که تعیین موقعیت در خود دستگاه کاربر انجام می شود بیشترین امنیت را دارند با این حال این مورد همیشه امکان پذیر نمی باشد. برای بسیاری از برنامه های کاربردی به عنوان مثال سیستم های توزیع سیار مسائل امنیتی مدیریت موقعیت یک مورد ضروری است.

در ادامه بحث سعی می شود ضمن آشنایی بیشتر با تبلیغات سیار و بررسی تاریخچه آن، به جایگاه سیستم تعیین موقعیت در این مورد و همچنین ارائه یک مدل تبلیغات با استفاده از سیستم تعیین موقعیت پیشنهادی پرداخته شود.

### ۵-۳- معرفی برنامه های کاربردی تبلیغات سیار

از دیدگاه تجاری تبلیغات سیار دو معنی مجزا دارد.

▪ تبلیغات نصب شده بر روی خودروهای سیار مانند کامیونها و اتوبوسها که از محلی به محل دیگر می روند.

▪ تبلیغات ارسالی برای دستگاه های سیار

آنچه که در اینجا مورد نظر است مورد دوم می باشد و در این زمینه کارهای مختلفی انجام شده است.

[35] Barwise و Strong بازدهی ارسال تبلیغات از طریق پیامهای کوتاه تلفن همراه در انگلستان را مورد ارزیابی قرار دادند و ۶ نمونه از تبلیغات مورد استفاده توسط سرویس پیام کوتاه را مورد ارزیابی قرار دادند.

[36] Kaasinen به بررسی احتیاجات کاربران برای استفاده از سرویس های آگاه از موقعیت پرداخت و به این نتیجه رسید که در مورد تبلیغات، صرف ارسال آن بر اساس موقعیت نیاز کاربران را برآورده نمی سازد و لذا به اهمیت مسئله فردی سازی یا ارسال تبلیغات بر اساس موقعیت و خصوصیات فردی پرداخت.

[37] Younes et al مشکلات و فرصتهای موجود در تبلیغات سیار را مطرح نموده اند و به مطالعه سرویسهای موجود در این زمینه مانند SKY GO ، Avan ، و دیگر راههای موجود پرداخته اند. آنها همچنین مدل های تجارتي (۵ مورد) برای ارسال چنین تبلیغاتی را مطرح کردند.

بسیاری از سرویس های آگاه از موقعیت نیز تبلیغات را به عنوان یکی از امکانات خود مطرح نموده اند. [34] Barnes مفهوم تحریک کاربران سیار را در نزدیکی مراکز فروش برای خرید از آنان را مطرح نمود وی همچنین ارسال پیام های امنیتی را در نقاط خاصی از شهر را با استفاده شده از تکنیک مطرح نمود.

[38] Vetter و Varshney تبلیغات سیار را به عنوان شاخه مهمی از تجارت سیار مطرح نمودند. آنها از تلفیق موقعیت و خصوصیات فردی که با توجه به سابقه خرید مشتری بدست می آید تبلیغات مناسب را برای هر فرد طراحی نمودند.

[39] Ranganathan این بحث را با توجه به مفهوم محیط های محاسباتی فراگیر<sup>۶۰</sup> مطرح نموده است و مسائل و فرصت های ممکن برای تبلیغات در محیط های فراگیر را مطرح نموده است. بعضی از این مسائل عبارتند از ارسال تبلیغات مناسب با هر کاربر، ارسال تبلیغات در زمان درست، ارسال تبلیغات با موفقیت بالا، بررسی رفتار کاربران پس از دریافت تبلیغات و چگونگی ایجاد درآمد

<sup>60</sup> - Pervasive Computing Environments

با استفاده از تبلیغات می باشد.

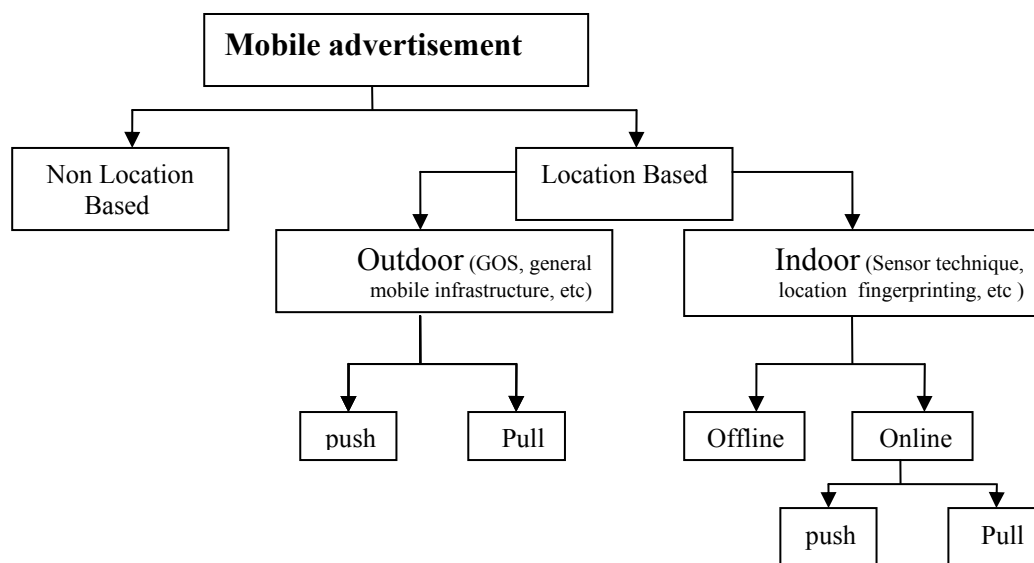
[40] Multer و Randell یک زیرساختار با استفاده از GPS مطرح نموده است که در آن افراد بازدیدکننده با پوشیدن لباس های مناسب می توانند در جریان اجناس فروشگاه، جنس های حراجی و تخفیفات ویژه فروشگاه ها قرار بگیرند.

[41] Wideray به معرفی سرویس های تعیین موقعیت خود با استفاده از تکنولوژی اینفرارد و بلوتوث پرداخته است. با استفاده از این ایده بسیاری از سرویس های تعیین موقعیت در مکانهایی مانند استودیوم ها و کنفرانس پیاده سازی شده اند. [42] در استفاده از تکنولوژی بلوتوث دو ایده مطرح است:

۱- استفاده از قدرت سیگنال دریافتی توسط فرستنده های بلوتوث نصب شده در نقاط مشخص و بکارگیری تکنیک مثلث سازی<sup>61</sup>

۲- تشخیص موقعیت با استفاده از آدرس های فرستنده مشخص و تطبیق آن با موقعیت

[43] البته در یک روش دیگر با استفاده از ترکیب این دو روش تعیین موقعیت انجام شده است. [44] Oiseo یک زیرساختار با تکنیک بلوتوث برای راهنمایی گردشگران را مطرح نموده است. در این زیرساختار برای افزایش دقت تعیین موقعیت، استفاده از چندین فرستنده ثابت بلوتوث با فاصله های دسترسی متفاوت مطرح شده است و با کمک این فرستنده ها امکان تعیین موقعیت در نقاط که به راحتی امکان پذیر نیست فراهم شده است. همانطور که در شکل (۵-۲) مشاهده می شود انجام تبلیغات به روش های مختلف امکان پذیر می باشد.



شکل (۵-۲) طرق مختلف تبلیغات سیار

triangulating<sup>61</sup>

پیامها می تواند برای کلیه کاربران موجود در یک محدوده مشخص منطقه جغرافیایی توسط تبلیغ کنندگان یا حتی کاربران خاص در حالت پیشرفته تر، ارسال گردند. یک پیام ویژه کاربر می تواند صرفنظر از موقعیت موجود به کاربران ارسال گردد. همچنین بر حسب علایق و نوع شخصیت کاربران سیار، فراهم کننده شبکه می تواند از روش «ارسال» یا «دریافت» استفاده نماید.

تبلیغات سیار آگاه از موقعیت یک گروه خاصی از سرویسهای اعلانی<sup>۶۲</sup> آگاه از موقعیت می باشند که بر اساس موقعیت کاربر، اعلان های متفاوتی را به وی ارسال می کنند. به طور معمول سرویس های اعلانی توسط کاربر انتخاب و فعال می شوند و زمانی که شرایط خاصی که از طرف کاربر تعیین می شود فراهم شود اعلانهای خاصی را به کاربر ارسال می کند (از این روش به عنوان روش pull یاد می شود). در روش دیگر که از آن به عنوان روش push یاد می شود اطلاعات باز هم بر اساس شرایط خاصی اما بدون درخواست از طرف کاربر به وی ارسال می شود. تبلیغات سیار آگاه از موقعیت نیز با همین دو روش می تواند به کاربر ارسال شود.

پیامهای تبلیغاتی می توانند بر حسب اطلاعات تهیه شده قبلی توسط مشاوره با کاربر در مرحله اولیه یا توسط سابقه عادهای خرید کاربران به طور خصوصی ایجاد شوند. تبلیغاتی که برای کاربر ارسال می شود از نظر موقعیتی حساس بوده و به کاربر در خصوص موارد ویژه مانند فروشگاه ها، تفریح گاه ها و رستورانها در محدوده تبلیغات بر مبنای هر کاربر یا طبقه ای از کاربران آگاهی می دهد.

البته در بسیاری از جاها امکان استفاده از بخش ثالث برای ارائه سرویس تعیین موقعیت می باشد و لذا از یک تسهیم درآمد بین فراهم کننده سرویس تبلیغات و فراهم کننده خدمات موقعیت استفاده می شود و به این نحو با استفاده از اطلاعات آماری جمع آوری شده توسط فراهم کنندگان سرویس بی سیم و اطلاعات موجود در موقعیت موجود کاربران سیار، تبلیغات هدفمند متعددی انجام می گیرد.

**روش تعیین موقعیت مطرح شده** می تواند در تعیین موقعیت برنامه های کاربردی تبلیغات سیار و یا دیگر برنامه های مشابه که نیاز به دقت تشخیصی حول و حوش ۲ متر دارند استفاده شود. این روش می تواند در تمام فضاهای بسته و یا فضاهای بازی که امکان اندازه گیری قدرت سیگنال منتشره از نقاط دسترسی متفاوت موجود باشد مانند فروشگاهها، پاساژها و مراکز خرید و یا نمایشگاه های مختلف قابل مورد استفاده قرار بگیرد.

<sup>62</sup>- Notification

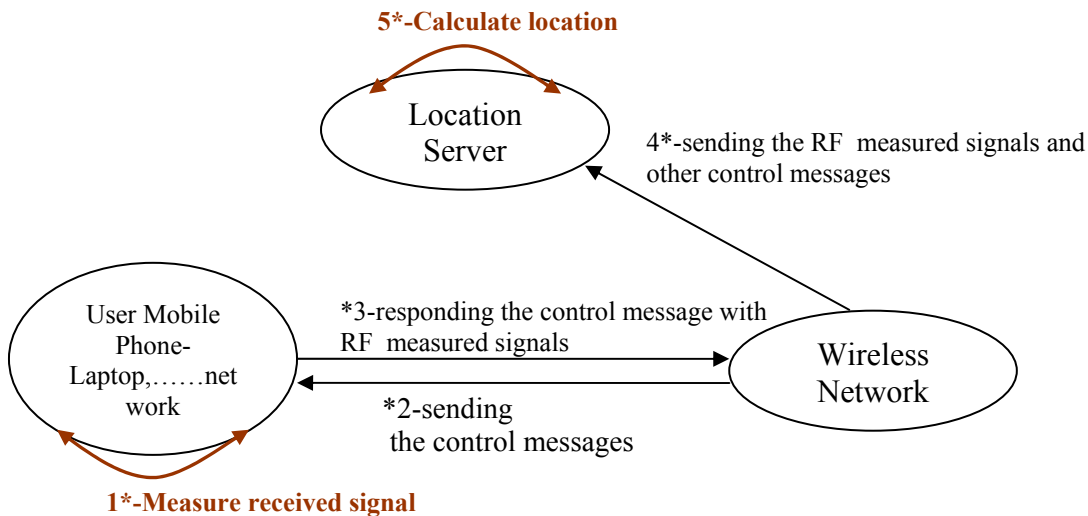
برای انجام تبلیغات سیار کاربر می تواند به دو روش آنلاین و آفلاین عمل نماید. در حالت آفلاین کاربر با اتصال به اینترنت ضمن معرفی اولویت های مد نظر خود، برنامه تعیین موقعیت برای تبلیغات مورد نظر خود در مکان مشخصی را بر روی دستگاه خود بارگذاری می کند. این برنامه پس از وارد شدن فرد به محل مذکور فعال شده و با دریافت قدرت سیگنال اندازه گیری شده به تشخیص موقعیت کاربر پرداخته و تبلیغات مورد نظر را در اختیار وی قرار می دهد.

برای انجام تبلیغات سیار کاربر می تواند به دو روش "Pull" و "Push" عمل نماید.

روال انجام شده برای تعیین موقعیت در هر دو روش یکسان می باشد و مراحل آن عبارتند از

- ۱- کاربر با استفاده از دستگاه خود به اندازه گیری قدرت سیگنال دریافتی می پردازد.
- ۲- قدرت سیگنال دریافتی همراه با پیامهای کنترلی به سرور تعیین موقعیت ارسال می شود
- ۳- سرور تعیین موقعیت به تعیین موقعیت کاربر با توجه به الگوریتم تعیین موقعیت مربوطه و سیگنال اندازه گیری شده می پردازد .

این روال در شکل (۳-۵) رسم شده است.



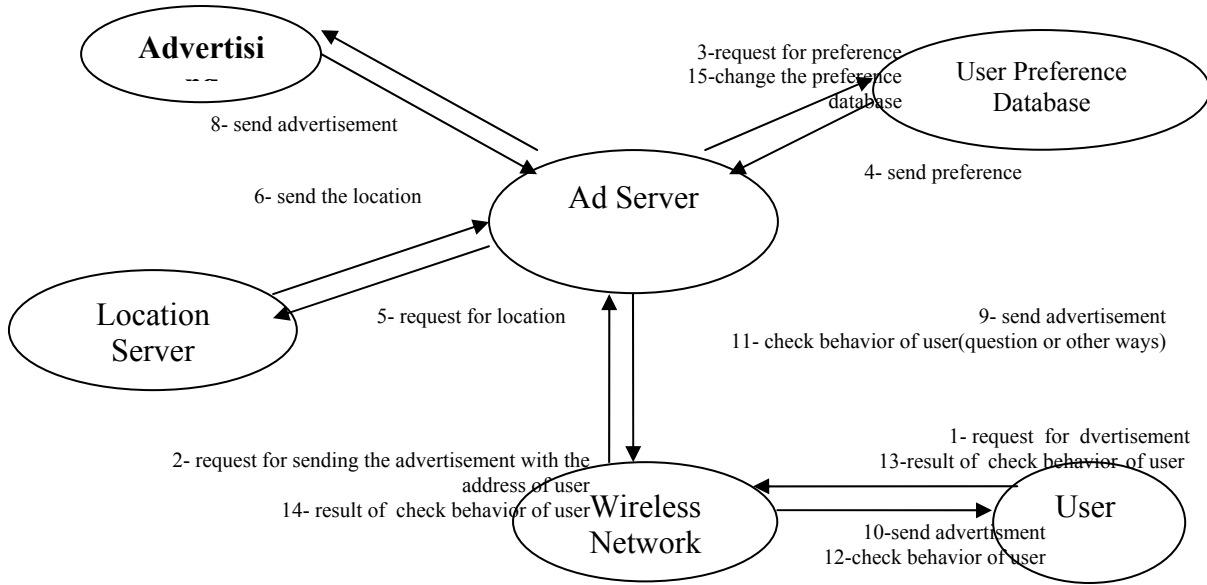
شکل (۳-۵) روال های مورد نیاز برای تعیین موقعیت

مراحل مورد نیاز برای انجام این امر در حالت "Pull" آمده است.

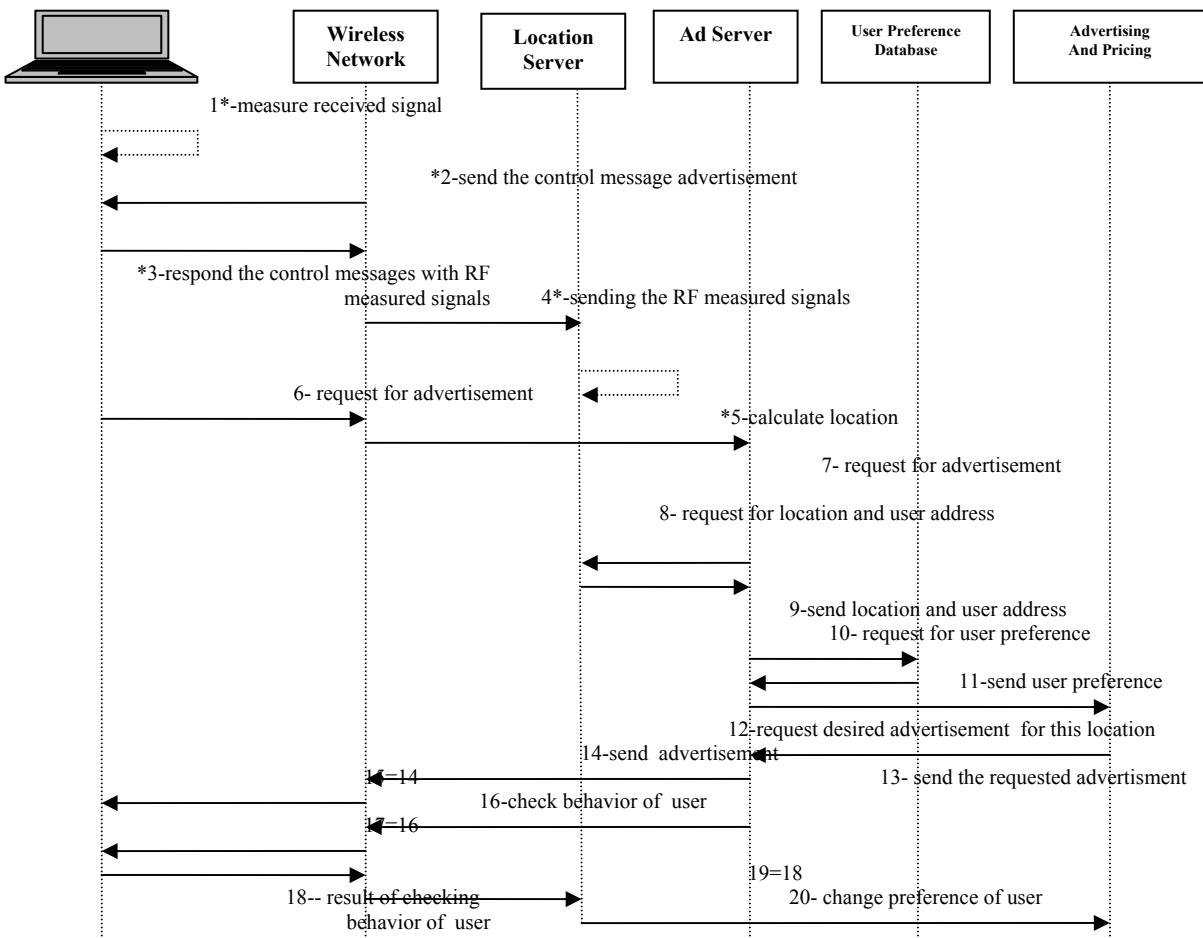
- ۱- کاربر تقاضای دریافت تبلیغات آگاه از موقعیت را می کند.
- ۲- سرور مدیریت تبلیغات، تقاضای دریافت موقعیت محل را از سرور موقعیت می کند.
- ۳- سرور مدیریت تبلیغات، تقاضای دریافت علاقه های شخصی کاربر را از سرور مربوطه می کند.
- ۴- سرور مدیریت تبلیغات با ارسال این موقعیت و علاقه های فردی کاربر، با دسترسی به بانک اطلاعاتی تبلیغات، به اطلاعات مطابق با علائق و موقعیت کاربر دسترسی پیدا می کند.



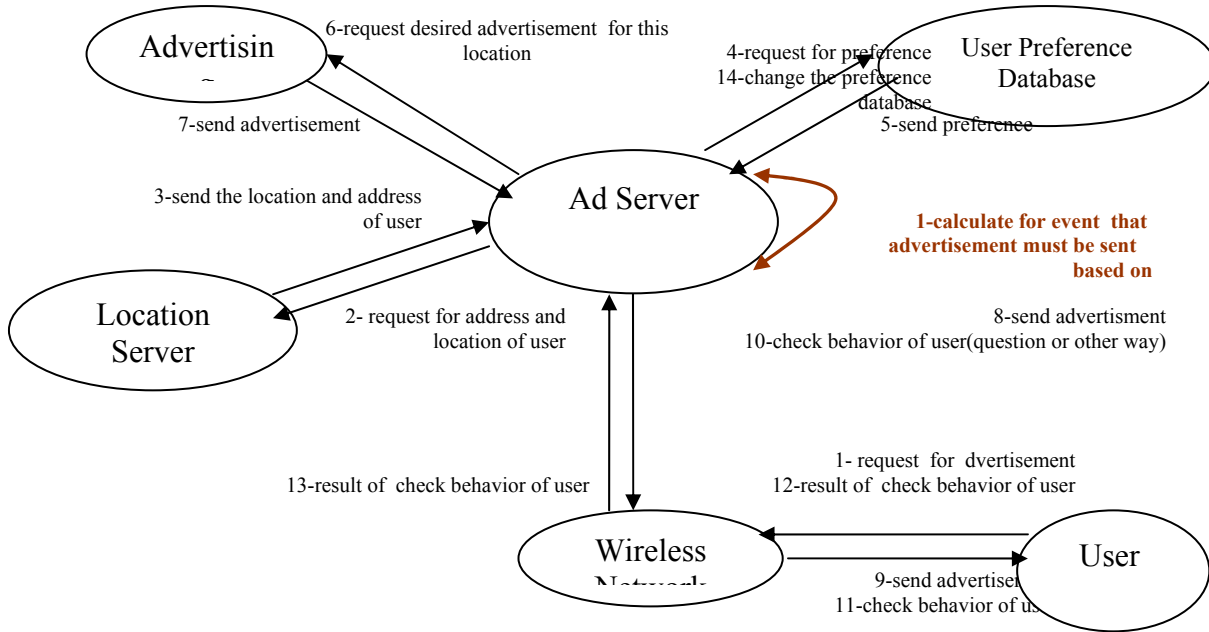
- ۵- تبلیغات مربوطه به کاربر مربوطه ارسال می شود.
- ۶- سرور مدیریت تبلیغات با پیگیری رفتار کاربر، به تصحیح بانک اطلاعات شخصی کاربر می پردازد. این روال در شکل های (۴-۵) و (۵-۵) به ترتیب با نمودارهای UML همکاری و تعاقب رسم شده است.
- روال های انجام شده در حالت "Push" عبارت است از:
- ۱- سرور مدیریت تبلیغات، تقاضای دریافت موقعیت محل کاربر را از سرور موقعیت می کند.
  - ۲- سرور مدیریت تبلیغات، تقاضای دریافت علاقه های شخصی کاربر را از سرور مربوطه می کند.
  - ۳- سرور مدیریت تبلیغات با ارسال این موقعیت و علاقه های فردی کاربر، با دسترسی به بانک اطلاعاتی تبلیغات، به اطلاعات مطابق با علائق و موقعیت کاربر دسترسی پیدا می کند.
  - ۴- تبلیغات مربوطه به کاربر مربوطه ارسال می شود.
  - ۵- سرور مدیریت تبلیغات با پیگیری رفتار کاربر، به تصحیح بانک اطلاعات شخصی کاربر می پردازد. این روال در شکل های (۶-۵) و (۷-۵) به ترتیب با نمودارهای UML همکاری و تعاقب رسم شده است.



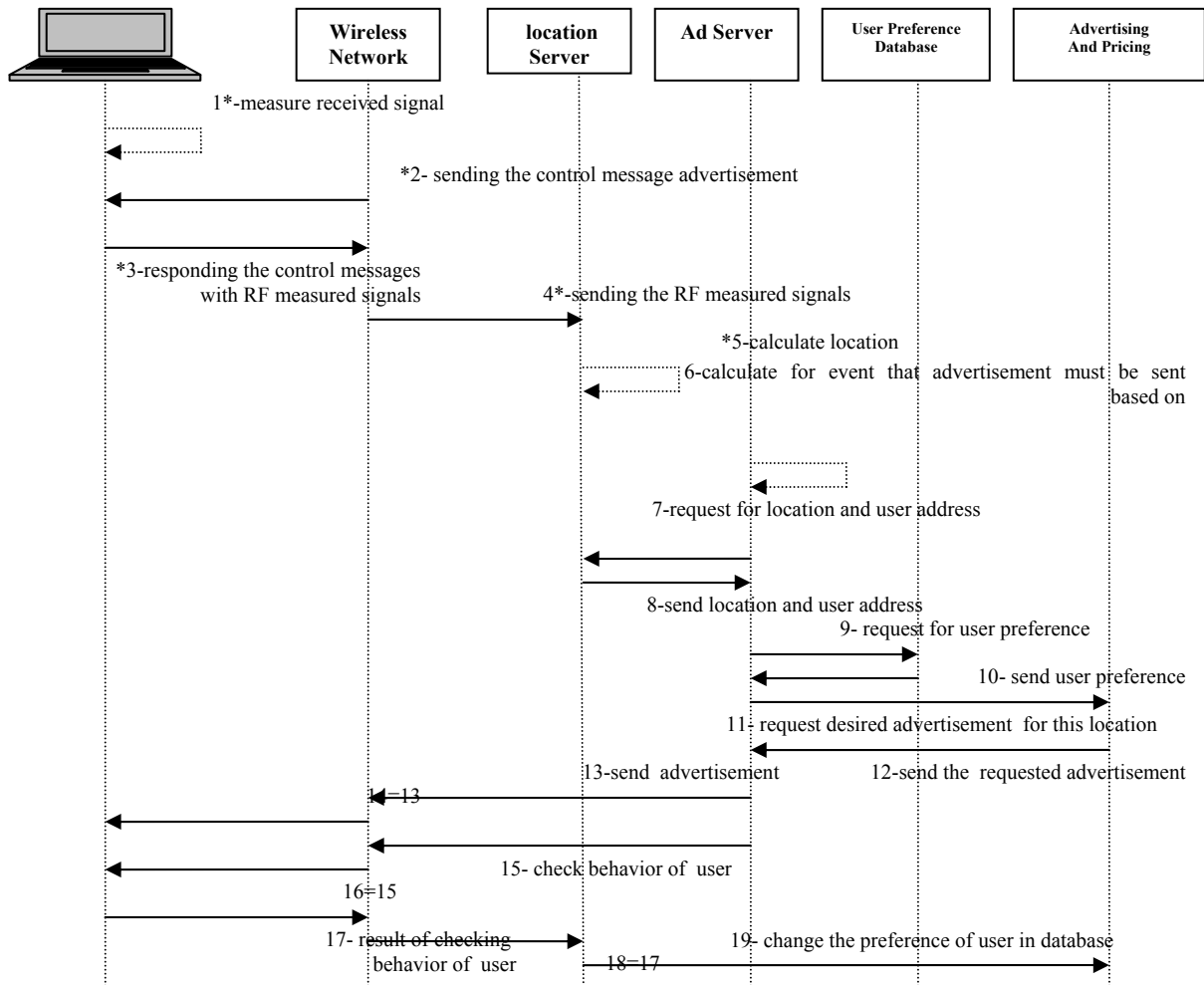
شکل (۴-۵) نمودارها همکاری برای حالت "Pull"



شکل (۵-۵) نمودارها توالی برای حالت "Pull"



شکل (۵-۶) نمودارها همکاری برای حالت "Push"



شکل (۵-۷) نمودارها توالی برای حالت "Push"

## ۶- نتیجه گیری

امروزه تعیین موقعیت دستگاه‌های سیار توجه تحقیقات زیادی را به خود معطوف نموده است. بر نامه های کاربردی زیادی با استفاده از آگاهی موقعیت دستگاه‌های سیار در هر زمان و هر مکان نوشته و پیاده سازی شده است.

تکنولوژی های مختلفی برای تعیین موقعیت بدین منظور پیشنهاد شده است که به صورت عمده بسته به آنکه در فضای باز یا بسته مورد استفاده قرار گیرند به دو دسته تکنولوژی های برای فضای باز و تکنولوژی های مطرح برای فضای بسته مطرح شده اند. تکنولوژی های مطرح شده برای فضاهای باز تا حد زیادی جوابگوی نیازهای تعیین موقعیت برای این مکانها می باشند و امروزه توجه زیادی بر روی ارائه روشهای جدید برای تعیین موقعیت در فضاهای بسته مطرح شده است.

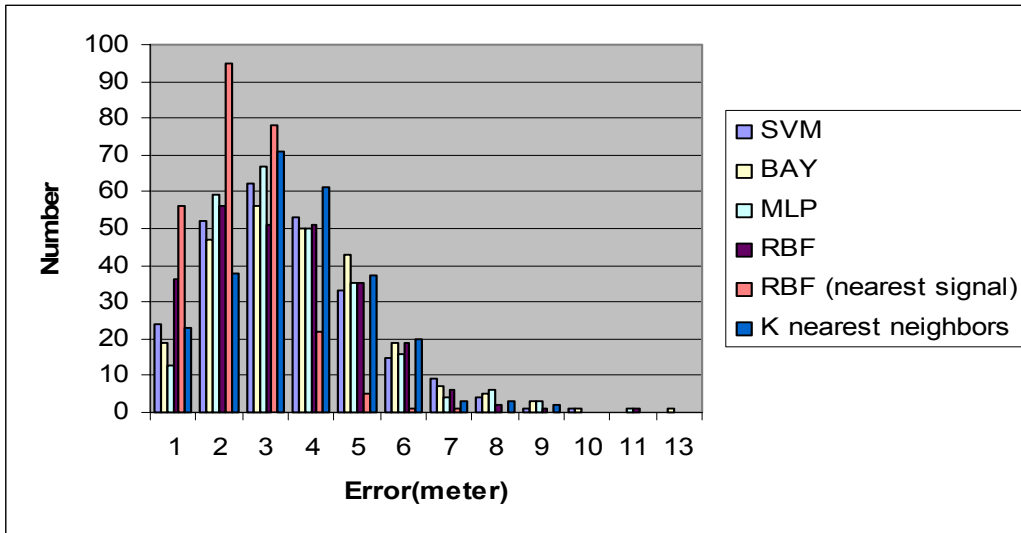


شکل (۱-۶) نمایی از محیط و نقاط مورد استفاده برای آزمایش روش پیشنهادی

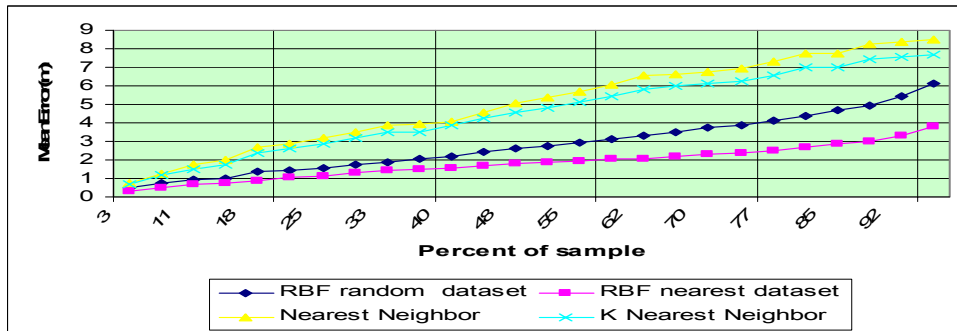
این تحقیق به ارائه یک روش تخمین موقعیت برای محیط های بسته با زیر ساختار شبکه بی سیم محلی با استفاده از شبکه عصبی شعاع مداری پرداخته است. این روش در گروه تعیین موقعیت با استفاده از انگشت نگاری محلی قرار دارد. الگوریتم پیشنهادی بر روی اطلاعاتی که از محیطی که نمای آن در شکل (۱-۶) نشان داده شده است پیاده سازی شد و نتایج مربوطه در دو حالت رگرسیون و گروه بندی مورد ارزیابی قرار گرفت. در حالت رگرسیون که فضای بردارهای موقعیت از اعداد واقعی تشکیل شده است دو روش مورد استفاد قرار گرفت که عبارتند از:

- رگرسیون با روش انتخاب مجموعه آموزشی بطور تصادفی
- رگرسیون با انتخاب مجموعه آموزشی بر حسب مقایسه سیگنال

نتایج حاصل از این روش ها با نتایج روشهای مطرح دیگر در انگشت نگاری محلی مورد قیاس قرار گرفت. این قیاس نشان داد که نتایج نسبت به روشهای دیگر بهبود یافته است. به خصوص این بهبود در روش رگرسیون با ساخت مجموعه آموزشی با استفاده از نقاطی که بیشترین شباهت را با نمونه مورد آزمایش دارد بیشتر مشهود است (شکل های (۲-۶) و (۳-۶)).



شکل (۲-۶) تعداد نمونه های خط مشاهده شده در رنج های مختلف برای روش بردار حمایتی، بیسیان، پرسپترون،  $k$  همسایه نزدیک، RBF با انتخاب مجموعه آموزشی تصادفی، RBF با انتخاب نزدیکترین نمونه ها در مجموعه آموزشی،



شکل (۳-۶) میزان خطا بر حسب درصد نمونه های مختلف برای روش همسایه نزدیک،  $k$  همسایه نزدیک، RBF با انتخاب مجموعه آموزشی تصادفی، RBF با انتخاب نزدیکترین نمونه ها در مجموعه آموزشی

در عین حال با توجه به آنکه مجموعه آموزشی از تعداد کمتری نمونه آموزشی تشکیل شده است زمان محاسباتی در هر دو حالت کاهش می یابد و در عین حال در مورد روش رگرسیون با انتخاب مجموعه آموزشی بر حسب مقایسه سیگنال با توجه به آنکه نیاز به ساخت چندین مجموعه آموزشی بصورت تصادفی ندارد زمان پاسخگویی این روش نسبت به بقیه روش ها بسیار کاهش می یابد.

نتایج در حالت گروه بندی که در آن بردار موقعیت یک بردار اندیس گذاری شده است و از هفت گروه مطابق با هفت فضای موجود در محیط مورد آزمایش استفاده شد با اعمال روشهای ذیل برای گروه بندی بدست آمد:

- گروه بندی بر مبنای اطلاعات حاصل از رگرسیون
- گروه بندی با انتخاب مجموعه آموزشی بصورت تصادفی
- گروه بندی با انتخاب نزدیکترین نمونه ها از نظر سیگنال در مجموعه آموزشی
- گروه بندی با طراحی شبکه عصبی برای هر گروه

نتایج مربوطه نشان داد (جدول ۶-۱) که در بدترین حالت میزان خطا برابر ۲۹ نمونه و در بهترین حالت میزان خطا برابر ۱۶ نمونه می باشد و با توجه به آنکه ۲۵۷ نمونه برای آزمایش وجود داشت سیستم دارای قدرت تشخیص ۹۰٪ نمونه ها را دارا است. (البته همانطور که مشاهده شد نادیده گرفتن فضاهای کوچک به عنوان گروهی جداگانه باعث بهبود نتایج مربوطه می شود) نتایج برای ۵ گروه)).

جدول (۶-۱) تعداد نمونه های خطا برای روشهای مختلف گروه بندی در گروه های مختلف

Regression Method	Open space Room A Room B Enteranc	Other Room Seperate	Other Room (One group)	ERROR RESULT	
				Result for 7 group	Result for 5 group
Regression RBF random data set	16	13	4	29	20
Regression RBF nearest signal data set	9	8	3	25	20
classier RBF for each group	8	8	8	16	16
classier RBF random data set	16	10	9	20	19
classier RBF nearest signal data set	9	11	9	17	15

چگونگی ساختار نقاط تشکیل دهنده نقشه رادیویی و بالتبع مجموعه آموزشی و تاثیر گرانبولیتی این نقاط (فاصله طولی و عرضی نقاط بر حسب متر) بر میزان دقت ارائه شده توسط سیستم مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه بدست آمد که می توان با کاهش فاصله بین نقاط مجموعه آموزش، دقت سیستم را افزایش داد که چگونگی آن نیاز به بررسی بیشتر دارد که می تواند در آینده مورد بررسی قرار بگیرد.

به عنوان یک مطالعه موردی، برنامه تبلیغات سیار مورد بررسی قرار داده شد و جایگاه سیستم تعیین موقعیت و گامهای مورد نیاز برای اجرای این برنامه ها در دو مود "Push" و "Pull" نیز مشخص شد

تکنیک پیشنهادی با توجه به آنکه از پیچیدگی چندانی بر خوردار نیست بر روی بسیاری از دستگاههای کاربران قابل استفاده می باشد. علاوه بر آن اگر چه زیر ساختار استفاده شده در این تحقیق شبکه بی سیم محلی می باشد اما این تکنیک در هر زیر ساختاری که امکان اندازه گیری قدرت سیگنال توسط کاربران سیار وجود داشته باشد قابل استفاده است.

به عنوان کارهایی که در آینده می تواند موضوع تحقیق قرار بگیرد موارد زیر را می توان ذکر

نمود

- در ساخت مجموعه آموزشی موقعیت های دو بعدی  $(x,y)$  مورد بررسی قرار داده شد و لکن بسیاری از فضاهای درونی شامل ساختمانهای چندین طبقه هستند و لذا بررسی روش با استفاده از سه موقعیت  $(x,y,z)$  میتواند در آینده مناسب باشد.
- اثر حرکت کاربر و چگونگی تطابق برنامه با آن هم می تواند در دستور کار قرار بگیرد.
- بررسی داشتن اندازه گیری های فراوان در هر نقطه به نحوی که بتوان در هر موقعیت چگالی تابع سیگنال را بدست آورد و بررسی این مورد در تعیین موقعیت نیز می تواند دنبال داشت.
- تاثیر موقعیت چگونگی ایستگاه های پایه نیز می تواند یکی از موضوعات جالب در تحقیقات آتی می باشد.

## مراجع

- [1] Harter. A, Hopper. A, Steggles. P, Ward. A, and Webster. B, **The anatomy of a context-aware application**, In 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom 99), (1999).
- [2] Moran. T. P, and Dourish. P, **Introduction to this special issue on context-aware computing**, Human-Computer Interaction, vol. 16, no. 2,3,& 4, pp. 87-95, (2001).
- [3] Battiti. R, Brunato. M, and Villani. A, **Statistical learning theory for location fingerprinting in wireless lans**, Technical Report, Oct. (2002).  
[Online]. Available: <http://rtm.science.unitn.it/battiti/archive/86.pdf>
- [4] Battiti. R, Le Nhat. T, and Villani. A, **Location-aware computing: a neural network model for determining location in wireless LANs**, Technical Report 5, Dipartimento di Informaticae Telecomunicazioni, Unversita' di Trento, (Feb 2002).
- [5] Bulusu. N, Heidemann. J, and Estrin. D, **GPSless Low Cost Outdoor Localization For Very Small Devices**, Tech. Rep. 00-729, Computer Science Department, University of Southern California, (Apr. 2000).
- [6] Want. R, Hopper. A, Falco. V, and Gibbons. J, **The Active Badge Location System**. **ACM Transactions on Information Systems**, 10(1):91- 102, (January 1992).
- [7] Azuma. R, **Tracking Requirements for Augmented Reality**, Communications of the ACM, Vol. 36, No. 7, pp: 50-51, (July 1993).
- [8] Harter. A, Hopper. A, Steggles. P, Ward, and Webster. P, **The anatomy of a context-aware application**, in Proc. ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM'99), Seattle, WA, (Aug. 1999).
- [9] Priyantha. N. B, Chakraborty. A, and Balakrishnan. H, **The cricket location-support system**, in Proc. ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM'00), Boston, MA, pp. 32-43, (Aug. 2000).
- [10] Pahlavan. K, Li. Xi, and Makela. J. P, **Indoor geolocation science and technology**, IEEE Commun. Mag., vol. 40, no. 2, pp. 112-118, (Feb. 2002).



- 
- [11] Bahl. P, and Padmanabhan. V. N, **RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system**, in Proc. IEEE Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM'00), Tel Aviv, Israel, (Mar. 2000).
- [12] Ekahau, **Positioning Engine 2.1. User Guide**, Ekahau, Inc., (2003). [Online]. Available: <http://www.ekahau.com>
- [13] Prasithsangaree. P, Krishnamurthy. P, and Chrysanthis. P. K, **On indoor position location with wireless LANs**, in Proc. IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC'02), Lisbon, Portugal, (Sept. 2002).
- [14] Saha. S, Chaudhuri. K, Sanghi. D, and Bhagwat. P, **Location determination of a mobile device using ieee 802.11b access point signals**, in Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC'03), New Orleans, LA, , pp. 1987-1992, (Mar. 2003).
- [15] Tou. J. T, and Gonzalez. R. C, **Pattern Recognition Principles**, 2nd ed. Reading, MA: Addison-Wesley, (1974).
- [16] Hashemi. H, The **Indoor Radio Propagation Channel**, Proceedings of the IEEE, Vol. 81, No. 7, pages 943-968, (July 1993).
- [17] Rice. S. O, **Mathematical analysis of Random Noise**, Bell Systems Technical Journal, Vol. 23 (1944), & Vol. 24 (1945).
- [18] Seidel. S. Y, and Rapport. T. S, **914 MHz path loss prediction Model for Indoor Wireless Communications in Multi-floored buildings**, IEEE Trans. on Antennas & Propagation, (Feb. 1992).
- [19] Poggio T., Girosi F., **Networks for approximation and learning**, Proceedings of IEEE 78, pp. 1481-1497. (1987).
- [20] Rosenblatt. F, **The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain**, Cornell Aeronautical Laboratory, Psychological Review, vol. 65,no. 6, pp. 386-408, (1958).
- [21] Roos. T, Myllymaki. P, Tirri. H, Misikangas. P, and Sievanen. J, **A probabilistic approach to wlan user location estimation**, International Journal of Wireless Information Networks, vol. 9, no. 3, pp. 155-164, (July 2002).
- [22] Ladd. A. M, Bekris. K. E, Marceau. G, Rudys. A, Kavraki. L. E, and Wallach. D. S, **Robotics-based location sensing using wireless ethernet**, in Proc. ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM'02), pp. 227-238, (2002).

- [23] Youssef. M, **Horus: A WLAN-Based Indoor Location Determination System**, PhD thesis, University of Maryland at College Park, Submitted for SigMobile Dissertation Page, (May 2004).
- [24] Youssef. M, Abdallah. M., And Agrawala. A. **Multivariate Analysis for Probabilistic WLAN Location Determination Systems**, In The Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (July 2005).
- [25] Youssef. M, And Agrawala. A, **Handling Samples Correlation in the Horus System**. In IEEE Infocom (March 2004).
- [26] Vapnik.V.N, **Statistical Learning Theory**. New York, NY: John Wiley & Sons, (Sept.1998).
- [27] Hartman. E., Keeler. J. D, and Kowalski. J. M, **Layered neural networks with Gaussian hidden units as universal approximations**. Neural Computation, vol. 2, no. 2, pp. 210-215, (1990).
- [28] [Online]. Available: [Allied Business:http://www.allied.com](http://www.allied.com)
- [29] [Online]. Available: [Http:// ardent.unitn.it/software/data](http://ardent.unitn.it/software/data)
- [30] Varshney. U, Vetter. R.and Kalaota.R, **Mobile commerce:AN Frontier**, I EEE computer: Special Issue on E-Commerce,(October 2000).
- [31] Varshney. U, and Vetter. R, **A Framework for supporting Mobile Commerce Application**,In Proc,Hawaie International Conference on system science(HICSS), IEEE computer Society, (Jan 2001).
- [32]Varshney. U, **Mobile Commerce: Applications and Technologies**, a tutorial at ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom), (July 2001).
- [33]Varshney. U, and Vetter. R., **Mobile Commerce: Applications, Frameworks, and Networking Support**, to appear in ACM/Kluwer Journal on Mobile Networks and Applications (MONET): Sp. Issue on M-Commerce, (2001).
- [34] Cousins. K, and Varshney. U, **A Location Management Framework for B2B Mobile Commerce**, In Proc. ACM First International Conference on Mobile Commerce, (July 2001).
- [35] Barwise. P, and Strong. C.,. **Permission-Based Mobile Advertising**, Journal of Interactive Marketing, Vol. 16, no. 1, 14–24,(2002).
- [36] Kaasinen. E, **User Needs for Location-Aware Mobile Services**, Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 7, no. 1, 70–79, (2003).

- 
- [37] Yunos. H., Gao. J, and Shim. S, **Wireless Advertising's Challenges and Opportunities**. IEEE Computer. Vol. 36, no. 5, 30–37, (2003).
- [38] Varshney. U, and Vetter. R, **Mobile Commerce: Framework, Applications and Networking Support**, Mobile Networks and Applications. Vol. 7, no. 3, 185–198, (2002).
- [39] Ranganathan. A. and Campbell. R, **Advertising in a Pervasive Computing Environment**. **International Conference on Mobile Computing and Networking**. 2nd International Workshop on Mobile Commerce, 10–14,(2002).
- [40] Randell. C, and Muller. H, **The Shopping Jacket Wearable Computing for the Consumer**, Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 4, no. 4, 241–244, (2000).
- [41] <http://www.wideray.com/product/hardware.htm> [referenced 22 Oct 2003].
- [42] War. O, **Nibbling: Bluetooth Insecurity**, (2003).  
[http://www.atstake.com/research/reports/acrobat/atstake\\_war\\_nibbling.pdf](http://www.atstake.com/research/reports/acrobat/atstake_war_nibbling.pdf) [referenced 22 Oct 2003].
- [43] Hallberg. J, Nilsson. M, and Synnes. K, **Positioning with Bluetooth**, ICT 2003: 10th International Conference on Telecommunications, Vol. 2, 954–958, (2003).
- [44] Oiso. H, Kishimoto. M, Takada. Y, Yamazaki. T, Komoda. N, and Masanari. T, **A Bluetooth-based guidance system in-building location estimation method**. **Applications and Service in Wireless Networks**, 141–149. Milford, CT, USA: Kogan Page, Limited, (2002).

## Abstract

The proliferation of mobile computing devices and local area wireless networks has fostered a growing interest in location aware systems and services. Such systems enable location awareness for mobile computers in ubiquitous and pervasive wireless computing. By utilizing location information, location-aware computers can offer location-based services for mobile users. In this paper we proposed new approach for location estimation of indoor environments which are based on WLAN infrastructure. This approach is in the framework of RBF Neural network that is a rich theoretical basis for the development of models starting from a set of examples. The approach is applied to the problem of determining the location of a wireless device by measuring the signal strength values from a set of access points (location fingerprinting). The proposed technique, based on the RBF Neural network, have been implemented and compared, on the same data set, with other known approaches considered in scientific literature. Experiments in a real-world environment showed that results are comparable, the precision of the methods is better and with the advantage of low algorithmic complexity in the normal operating phase. This in turn implies that the algorithms can be applied to poor-capability devices. One of the known location based services is Mobile advertisement. Advertising on mobile devices has large potencial, due to very personal and intimate nature of the devices and also high targeting possibilities. In this paper, we have identified common steps that can cover most mobile advertisements in indoor spaces. These steps are dependent on whether "push" or "pull" version is used. In these steps we clearly identify the situation and the processes that needs for location estimation where our proposed approach could used.

**Keywords:** Location-awareness computing, Location Fingerprint, Mobile commerce, Mobile advertisement, RBF Neural network