



## تعیین موقعیت کاربر مخابرات سیار سلولی در محیط شهری با استفاده از تکنیک تلفیق داده‌ها و تشخیص الگوی هوشمند

محمد هادی غفور<sup>۱</sup>، حسین ضمیری<sup>۲</sup>، میرمجتبی میرصالحی<sup>۳</sup>

۱- مرکز پژوهشی مخابرات و کامپیوتر دانشکده مهندسی برق، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشکده فنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

۳- دانشکده مهندسی برق، دانشگاه فردوسی مشهد

*hady\_ghafoor@yahoo.com, hzamiri@um.ac.ir, mirsalehi@um.ac.ir*

چکیده - موقعیت‌یابی کاربر مخابرات سیار به جهت کارایی بالا در مواردی همچون تماس‌های اورژانسی و کنترل هوشمند ترافیک، بسیار مورد توجه است. در این نوشتار چگونگی تخمین محدوده کاربر سیار در سطح یک شهر واقعی با استفاده از تکنیک تلفیق داده، بیان می‌شود. در این روش، تکنیک تلفیق داده‌ها با استفاده از روش تشخیص الگو به شیوه هوشمند (شبکه عصبی) پیاده‌سازی شده است. داده‌های خام زمان ورود ( $TOA$ )، زاویه ورود ( $AOA$ ) و توان دریافتی ( $RSS$ ) مربوط به هر یک از نقاط نمونه در محیط شهری، پس از استخراج از سیگنال‌های رسیده به ایستگاه‌های پایه ( $BTS$ )، پس پردازش و تلفیق شده و بردار ویژگی مربوط به مکان هر کاربر را شکل می‌دهد. در نهایت با استفاده از یک شبکه هوشمند عصبی از نوع رگرسیون عمومیت یافته ( $GRNN$ )، محدوده کاربر مخابرات سیار تخمین زده می‌شود. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد دقت تخمین الگوریتم پیشنهادی، در ۷۷ درصد موارد زیر ۱۰۰ متر است که نسبت به روش‌های پیشین ارائه شده دارای کارایی بهتری است.

کلید واژه - موقعیت‌یابی کاربر، تکنیک تلفیق داده، زمان ورود، مخابرات سلولی، تشخیص الگو، شبکه عصبی رگرسیون عمومیت یافته.

### ۱- مقدمه

ایده استفاده از روش تلفیق داده‌ها در تخمین موقعیت به اوایل قرن ۲۱ برمی‌گردد. در سال ۲۰۰۰، رحمان در پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد خود [۲] با استفاده از قوانین بیزین و تلفیق داده‌های زمان ( $TOA^2$  و  $TDOA^3$ ) به تخمین موقعیت کاربر در محیطی بسیار ساده پرداخت. در همان سال مریجالت [۳] با ترکیب داده‌های زاویه دریافت ( $AOA^4$ )، زمان دریافت و اختلاف زمان دریافت با استفاده از یک شبکه عصبی پرسپترون چند لایه به تخمین موقعیت کاربر در یک محیط شهری ساده (NLOS و بدون در نظر گرفتن تفرق در لایه‌ها) پرداخت. در [۴] تخمین مناسبی از کاربر سیار در یک محیط شهرکی (با بلوک‌های مربعی و چیدمان خاص ایستگاه‌های پایه) بر اساس روش تخمین ناپارامتری و استفاده از داده‌های اختلاف زمان دریافت و توان ارائه شده است.

در سال‌های اخیر، الزام کمیته فدرال مخابرات آمریکا ( $FCC^1$ ) در مورد خدمات اورژانسی (E-911) و همچنین تمایل شرکت‌های ارائه‌کننده مخابرات سیار به افزودن خدمات مبتنی بر موقعیت به سرویس‌های شبکه، افق باز تجاری را فرا روی شبکه‌های مخابرات بی سیم قرار داده است. طبق تصویب  $FCC$ ، تمامی شرکت‌های ارائه‌کننده خدمات مخابرات سلولی، بایستی مجهز به سیستمی باشند که بتواند موقعیت کاربر را در شبکه در دو سوم موارد (۶۷ درصد) با خطایی کمتر از ۱۰۰ متر بدست آورد و یا حداقل در ۹۷ درصد موارد اعلام موقعیت، کمتر از ۳۰۰ متر خطا داشته باشد [۱]. وجود امکانات موقعیت‌یابی کاربر در شبکه، پتانسیل بالایی را برای کسب درآمد بیشتر ارائه‌دهندگان شبکه و جلب رضایت مشتریان - به علت احساس امنیت - فراهم خواهد کرد.

<sup>2</sup> Time of Arrival

<sup>3</sup> Time Difference of Arrival

<sup>4</sup> Angle of Arrival

<sup>1</sup> US Federal Communication Commission

یک الگوریتم تخمین مکان کاربر در محیط تقریباً واقعی (با حضور دو ایستگاه پایه در خارج از شهر) و با بکارگیری شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و تکنیک سلسله مراتبی بر پایه اطلاعات تابع همبستگی سیگنال رسیده به آنتن آرایه‌ای گیرنده، در [۵] ارائه گشته است. در [۶] با استفاده از ماشین های تکیه‌گاه برداری ( $SVM^1$ ) به عنوان ابزار تشخیص الگو در روش تلفیق داده‌ها، دقت موقعیت‌یابی کاربر مخابرات سیار در یک محیط شهری شلوغ، به حدود ۷۲ درصد در ۱۰۰ متر به دست آمده است.

در این مقاله، برای پیاده‌سازی تکنیک تلفیق داده‌ها، از الگوریتم هوشمند تشخیص الگو برای تخمین محدوده کاربر مخابرات سیار استفاده می‌شود. ابتدا اطلاعات خام مربوط به کاربر از آنتن های BTS استخراج می‌گردد و پس از پردازشی دقیق در روند تلفیق داده‌ها قرار می‌گیرد. همچنین بر خلاف سایر روش‌های قبلی، محیط مورد نظر یک محیط واقعی (پردیس دانشگاه تورنتو) و محل قرار گرفتن ایستگاه های پایه از روی نقشه شبکه سلولی شرکت‌های ارائه کننده تسهیلات مخابرات سیار، تهیه گردیده است.

سازماندهی مقاله بدین ترتیب است که بعد از مقدمه، الگوریتم پیشنهادی در بخش دو ارائه می‌شود. در بخش سه چگونگی پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی بیان می‌گردد. ویژگی‌های شبکه عصبی بکار برده شده در بخش ۴ خواهد آمد. در بخش پنج چگونگی ساختن بردارهای ویژه مشخص می‌گردد. نتایج شبیه‌سازیها در بخش ۶ آمده است و در پایان جمع‌بندی و نتایج در بخش هفتم ارائه می‌شود.

## ۲- الگوریتم تعیین موقعیت پیشنهادی

برای استخراج داده‌ها جهت تلفیق با یکدیگر و استفاده در امر تخمین موقعیت کاربر سیار، روش‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. در مرجع [۲] یک کانال چند مسیره سیار شبیه سازی شده است. در مرجع [۳] داده‌های توان دریافتی از مدل پیشنهادی کانال، استخراج شده است. با توجه به پیچیدگی کانال و نحوه انتشار امواج - خصوصاً در محیط های شهری نامنظم و چگال - استفاده از مدل جهت شبیه‌سازی کانال سیار، اندکی دور از واقعیت است و همچنین از بسیاری جزئیات مهم کانال صرف می‌شود. در مرجع [۷]، الگوریتم عددی پیچیده‌ای (حداقل کردن مربعات) پس از مدل کردن آماری کانال سیار استفاده شده است. در برخی از

مراجع، نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انتشار امواج کانال نیز استفاده شده است، اما هنوز فقدان لحاظ محیط شهری و چیدمان واقعی ایستگاه‌های پایه در روش به چشم می‌خورد [۵]. از طرفی تلفیق داده‌ها در قالب روش‌های هوشمند تشخیص الگو برای تخمین موقعیت در محیط های شهری واقعی، موضوعی است که تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. تمامی روشهای فوق، موقعیت کاربر را به طور پیوسته تخمین می‌زنند.

در روش پیشنهادی، با تلفیق تمامی داده‌های موجود - که از پردازش اطلاعات استخراج شده از ارتباط رادیویی کاربر با ایستگاه پایه (یعنی داده‌های TOA، AOA و RSS) بوسیله الگوریتمی بسیار دقیق همچون ماتریس پنسیل  $MP^3$ ، بدست می‌آید - برای هر مکان نمونه از محیط شهری واقعی، برداری از ویژگی‌های منحصر بفرد آن مکان، تشکیل شده و سپس با بکارگیری روشهای هوشمند تشخیص الگو (شبکه‌های عصبی پایه شعاعی<sup>۴</sup>)، محدوده کاربر به گونه‌ای تعیین می‌شود که الزام FCC نیز رعایت گردد.

در ابتدا نقاط نمونه در نقشه شهر انتخاب شده و پروفایل انتشار امواج آنها با استفاده از نرم افزار شبیه‌ساز انتشار امواج  $USPS^5$  - که در دانشکده مهندسی برق دانشگاه فردوسی مشهد طراحی شده است- برای سه ایستگاه پایه (BTS) استخراج می‌گردد. آنتن‌های گیرنده در هر BTS، سه آنتن آرایه خطی با چیدمان مثلثی در نظر گرفته شده است. پروفایل بدست آمده شامل اطلاعاتی کامل و قطعی در مورد کانال موجود بین هر کاربر و ایستگاه‌های پایه است. با استفاده از اطلاعات این پروفایل ها، می‌توان سیگنال‌های رسیده به هر آنتن آرایه‌ای را شبیه‌سازی کرد و سپس با بکارگیری الگوریتم  $MP$ ، مقدار زوایای ورود را در هر یک از آرایه‌های مربوط به آنتن گیرنده تخمین زد. تخمین توان دریافتی در هر قطاع از آنتن گیرنده، با استفاده از AOA تخمین زده شده، صورت می‌گیرد. با بازسازی پاسخ ضربه کانال و بکارگیری الگوریتم  $MP$  در حوزه فرکانس، زمان ورود (TOA) با دقت بسیار بالایی تخمین زده می‌شود.

با پس پردازش اطلاعات خام، بردارهای ویژگی (الگوها) هر نقطه از مکان بدست می‌آید. از این بردارهای ویژگی به همراه مکان مربوط به آن در آموزش شبکه عصبی به عنوان شبکه هوشمند تشخیص الگو در سیستم تعیین محدوده کاربر استفاده می‌شود.

<sup>3</sup> Matrix Pencil

<sup>4</sup> Radial Basis Function Neural Networks (RBF)

<sup>5</sup> Urban Signal Propagation Simulator

<sup>1</sup> Support Vector Machine

<sup>2</sup> Least Square

### ۳- پیاده سازی الگوریتم تخمین موقعیت کاربر سیار

استفاده از ساختار آنتن‌های آرایه‌ای به صورت مثلی در ایستگاه‌های پایه، مطابق با اهداف نسل‌های ۲/۵ و ۳ مخابرات سلولی می‌باشد و همچنین با استفاده از روش تغییر پرتو اصلی آنتن، می‌توان ترافیک شبکه را در ساعات پیک کاهش داد [۸]. برای آنکه حجم محاسبات در مورد این سه آنتن کاهش یابد، تعداد آرایه‌های هر آنتن و نیز فاصله بین آرایه‌ها در آنتن یکسان انتخاب شده است. فرض دیگر این است که پرتوهای رسیده شده به یک آرایه، در آرایه‌های مجاور تاثیری ندارد.

### ۳-۱- استخراج داده‌های زمانی و زاویه‌ای از طریق

#### الگوریتم MP

فرض کنید که آرایه‌ای خطی با  $M$  المان که در فاصله نرمالیزه شده  $d$  چیده شده‌اند، در معرض تابش  $N$  موج صفحه‌ای تک-فرکانسی با توانهای  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N$  و جهات  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N$  قرار می‌گیرد. سیگنال دریافتی المان  $k$  ام از رابطه (۱) بدست می‌آید.

$$y_k = \sum_{i=1}^M \alpha_i \exp(j2\pi(k-1)d \cos(\theta_i)) = \sum_{i=1}^N \alpha_i z_i^{k-1} \quad (1)$$

$$k = 1, 2, \dots, M$$

در الگوریتم MP، ابتدا پارامتر اختیاری پنسیل- که با  $L$  نمایش داده می‌شود- انتخاب می‌شود. این پارامتر، طول پنجره لغزان را تعیین می‌کند و همچنین به طور مستقیم بر کیفیت حذف نویز تاثیر دارد. پنجره‌ای با طول  $L+1$  بر روی سیگنال‌های مکانی فوق ( $y_k$  ها) گرفته می‌شود. می‌توان نشان داد که اگر،  $L$  در شرط  $N \leq L \leq M - N$  صدق کند، آنگاه در ماتریس پنسیل  $X_1 - \lambda X_2$  به ازای  $\lambda_i = z_i$ ،  $\lambda_i$  ها کاهنده مرتبه خواهند بود [۹]. در روابط (۲) و (۳) نحوه ساختن این ماتریس‌ها ارائه شده است.

$$X_1 = X(:, 1 : L) \quad (2)$$

$$X_2 = X(:, 2 : L + 1)$$

که در آن

$$X = \begin{bmatrix} y_1 & y_2 & \dots & y_{L+1} \\ y_2 & y_3 & \dots & y_{L+2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_{M-L} & y_{M-L-1} & \dots & y_M \end{bmatrix} \quad (3)$$

به عبارت دیگر با استفاده از روش MP می‌توان قطب‌های یک تابع تبدیل را از آن استخراج کرد. برای تخمین زمان های ورود (TOA) نیز این روش قابل استفاده است. از مهمترین مزایای روش MP استفاده از داده های یک Snapshot است هرچند که برای افزایش دقت میتوان Snapshot های بیشتری را استفاده کرد. در نهایت می‌توان قطب‌ها را از رابطه زیر بدست آورد:

$$\lambda I = X_1^+ X_2 \quad (4)$$

که در رابطه فوق  $X_1^+$  ماتریس شبه معکوس  $X_1$  است (چون ممکن است که  $X_1$  مربعی نباشد). اطلاعات زاویه ورود از روی ( $\lambda_i$ ) محاسبه می‌شوند. برای روند حذف نویز از روش SVD<sup>1</sup> استفاده شده است.

پاسخ ضربه یک کانال  $N$  مسیره مخابراتی، به صورت رابطه (۵) به دست می‌آید که در آن  $\tau_i$  تاخیر مربوط به مسیر  $i$  ام است و  $\alpha_i$  - که عددی مختلط است- ضرایب تضعیف مسیر  $i$  ام را نشان می‌دهد [۱۰].

$$h(t) = \sum_{i=1}^N \alpha_i \delta(t - \tau_i) \quad (5)$$

می‌توان به راحتی تبدیل فوریه  $h(t)$  را به صورت رابطه (۶) نوشت که در آن  $Z_i = \exp(-j2\pi f \tau_i)$  می‌باشند. با مقایسه رابطه سیگنال فرکانسی  $H(f)$  و رابطه (۱) و همچنین با استفاده از شباهت این دو رابطه می‌توان الگوریتم MP را به صورت زیر برای استخراج قطب های پاسخ فرکانسی کانال به کار برد.

$$H(f) = \sum_{i=1}^N \alpha_i Z_i \quad (6)$$

برای این کار تعداد  $M$  نقطه در حول فرکانس مرکزی کانال مخابراتی -  $f_0$  - انتخاب می‌شود که فاصله بین این نقاط نمونه در محور فرکانسی برابر  $\Delta f$  است. در قدم بعدی، رابطه (۶) برای نمونه‌های سیگنال فرکانسی به صورت زیر بازنویسی می‌شود.

$$H(k\Delta f) = \sum_{i=1}^N \alpha_i \exp(-j2\pi(f_0 + k\Delta f)\tau_i)$$

$$= \sum_{i=1}^N \alpha_i \exp(-j2\pi(f_0)\tau_i) \exp(-j2\pi(k\Delta f)\tau_i) \quad (7)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, M-1$$

می‌توان در رابطه (۷) بدون از دست دادن کلیت امر، عبارت

<sup>1</sup> Singular Value Decomposition

برای شکل دهی پرتو آنتن و نیز تعیین جهت تشعشع و دریافت می‌باشد [۱۱]. اگر  $W$  برابر بردار هادی<sup>۳</sup> با زاویه  $\theta$  انتخاب گردد، جهت دریافت آنتن آرایه ای در راستای  $\theta$  خواهد بود. بردار هادی یک آرایه با  $M$  عنصر در زاویه  $\theta$  به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$a_{\theta} = [1, e^{j2\pi d \cos \theta}, e^{j2\pi(2d) \cos \theta}, \dots, e^{j2\pi(M-1)d \cos \theta}] \quad (10)$$

که  $d$  فاصله بین عناصر آنتن آرایه ای خطی می‌باشد.

#### ۴- شبکه عصبی رگرسیون عمومیت یافته (GRNN<sup>۴</sup>)

شبکه‌های رگرسیون عمومیت یافته، نمونه خاصی از شبکه‌های توابع پایه شعاعی (RBF<sup>۵</sup>) می‌باشند که قابلیت خوبی در تخمین تابع و دسته بندی داده‌ها دارند. شبکه‌های رگرسیون عمومیت یافته از دولایه تشکیل شده‌اند: لایه پنهان پایه شعاعی و لایه خروجی خطی. ضرایب بردار بایاس شبکه، میزان حساسیت فیلترهای گوسی لایه پنهان را تعیین می‌کنند که در مرحله آموزش توسط کاربر انتخاب می‌شود. خروجی فیلترهای گوسی وارد یک ضرب کننده خاص می‌شود و حاصلضرب به یک فیلتر خطی در خروجی می‌رسد. هر چه بردار ورودی به بردارهای وزن نرون در لایه مخفی نزدیکتر (از لحاظ فاصله اقلیدسی) باشد، خروجی فیلتر گوسی مربوطه بزرگتر خواهد بود. در روند تعیین موقعیت ناحیه‌ای (با فرض  $n$  ناحیه)، یک آرایه با ابعاد  $n$  در نظر گرفته شده، که عنصر متناظر با ناحیه کاربر، برابر یک و مابقی عناصر آرایه صفر منظور می‌گردد. در مرحله آموزش شبکه، این آرایه (با یک عنصر مخالف صفر) به عنوان هدف به شبکه آموخته می‌شود. در مرحله تست شبکه، عناصر آرایه خروجی وارد یک ماکزیمم‌گیر می‌شوند. شماره عنصری که مقدار ماکزیمم را در خود جای داده است شماره ناحیه نسبت داده شده خواهد شد.

#### ۵- پس پردازش داده‌ها، تلفیق داده‌ها و ساختن

##### بردارهای ویژگی

داده‌های خام مرحله نخست پردازش برای هر کاربر سیار عبارتند از: بردار زاویه، بردار توان و بردار زمان تاخیر دسته پرتوهای رسیده به هر یک از ایستگاه‌های پایه. طول این بردارها برای هر کاربر متغیر است و بستگی به مکان نسبی کاربر و محل ایستگاه‌های پایه دارد. حتی آرایه یک مدل آماری برای اطلاعات فوق، نیز

$$H_k = \sum_{i=1}^N \alpha_i \exp(-j2\pi(k\Delta f)\tau_i) \quad (8)$$

با انتخاب یک  $L$  که در شرایط الگوریتم MP صدق کند، می‌توان قطب‌های پاسخ فرکانسی ( $Z_i$ ) و سپس تاخیرها ( $\tau_i$ ) را بدست آورد. این تاخیرها در صورت همزمانی ایستگاه پایه با کاربر موبایل، همان زمان‌های ورود را مشخص می‌نماید.

اولین گام برای استفاده از روش MP در تخمین تاخیرهای یک کانال چند مسیره سیار، در دست داشتن پاسخ فرکانسی کانال و یا پاسخ ضربه آن است. در مرجع [۱۰]، از روش TLS<sup>۱</sup> و با استفاده از بیت‌های آموزشی پاسخ فرکانسی کانال تخمین زده شده است. در مرجع [۹] نیز با استفاده از تعداد بهینه ای بیت آموزشی با دوره سمبل  $T$  پاسخ ضربه کانال تخمین زده شده است. در روش پیشنهادی، ابتدا نقشه دوبعدی محیط شامل محل خیابان‌ها و بلوک‌های ساختمانی و همچنین محل استقرار ایستگاه‌های پایه تهیه می‌گردد. سپس با استفاده از نرم‌افزار USPS برای کاربر انتخاب شده در نقشه، اطلاعات کانال بین فرستنده و گیرنده با استفاده از روش ردگیری پرتو<sup>۲</sup> (با لحاظ تفرق لبه‌ها و انعکاس از سطوح) استخراج می‌گردد.

نرم افزار فوق، پروفایلی شامل تعداد مسیره‌های بین فرستنده و گیرنده ( $N$ )، زاویه ورود هر پرتوی رسیده ( $\theta_i$ )، میزان توان پرتوها ( $p_i$ ) و نیز تاخیر هر مسیر ( $\tau_i$ ) را برای کاربر سیار در هر مختصاتی می‌سازد. با فرض این که تغییرات کانال مورد نظر، آهسته است، می‌توان از وابستگی این ضریب افت مسیر ( $\alpha_i$ ) نسبت به زمان صرف نظر کرد.

#### ۳-۲- استخراج اطلاعات توان رسیده

فرض کنید که آنتن آرایه ای خطی، از  $M$  عدد عنصر تشکیل شده است. خروجی آرایه به صورت رابطه (۹) می‌باشد [۱۱].

$$y = \sum_{k=0}^{M-1} x_k w_k = W \cdot X^T \quad (9)$$

که در آن  $T$ ، نماد وارون،  $W$  بردار وزن‌ها و  $X$  بردار سیگنال‌های دریافتی است. ثابت می‌شود که بردار وزن‌ها ( $W$ ) پارامتر

<sup>۳</sup> Steering Vector

<sup>۴</sup> Generalized Regression Neural Network

<sup>۵</sup> Radial Basis Function

<sup>۱</sup> Total Least Square

<sup>۲</sup> Ray Tracing Method

(۱۲۰ درجه)، ۴ تا ۶ (۹۰ درجه)، ۶ تا ۸ (۶۰ درجه) و ۸ تا ۱۰ (۴۵ درجه) تحت آموزش و آزمایش در محیط نرم افزار MATLAB، قرار گرفت. آزمایش با انتخاب تصادفی مجموعه های آموزش و آزمایش، ۲۰ بار تکرار شده است و نتایج میانگین گیری شده است.

جدول ۱- پارامترهای شبیه سازی

نام پارامتر	توضیح	مقدار
M	تعداد عناصر هر یک از آنتن های آرایه ای	۱۵
L	پارامتر پتسیل	۸
$M_f$	تعداد نقاط مرجع در فرکانس	۴۰
$\Delta f$	فاصله نقاط مرجع فرکانسی	۳۵ درصد بیشینه تاخیر
$f_o$	فرکانس مرکزی کانال سیار	۹۰۰ مگاهرتز

نتایج این شبیه سازی ها به همراه اندازه بردارهای ویژگی در جدول ۲ آمده است. میانگین نتایج این جدول به همراه الزام FCC و نتایج مرجع [۶] در شکل ۲ رسم شده است. با بررسی دقیق جدول ۱ نتایج زیر بدست می آید:

- درستی تشخیص کلاس برای هر سه نوع بردار ویژگی بسیار نزدیک به هم و در حدود ۷۶/۵ درصد است.
- به طور متوسط میزان درستی تشخیص برای ۱۰۰ متر، ۷۷ درصد و برای ۳۰۰ متر ۹۸ درصد است که به ترتیب ۱۰ و ۳ درصد بالاتر از الزام FCC می باشد.
- بردارهای Z1-6، Z2-3 و Z3-3 دقتی بالاتر از ۷۷/۵ درصد در ۱۰۰ متر را دارند.
- برای رسیدن به دقت ۲۰۰ متر در بالای ۸۹ درصد موارد، بردارهای Z1-3 و Z1-4 پیشنهاد می گردد.
- دو بردار Z1-6 و Z1-8، در ۹۸/۵ درصد مواقع اعلام مکان کاربر، دقتی زیر ۳۰۰ متر دارند.
- استفاده از روش هوشمند GRNN نسبت به روش SVM (که در مرجع [۶] استفاده شده است) دقت را در ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متر به ترتیب ۶، ۳ و ۱/۳ افزایش داده است.

#### ۷- نتیجه گیری

در این نوشتار، تعیین موقعیت کاربر سیار با استفاده از تکنیک تلفیق داده ها و الگوریتم تشخیص الگوی هوشمند (با در نظر گرفتن الزامات FCC)، انجام گرفت. منظور کردن محیطی هرچه واقعی تر، استفاده بهتر از داده های خام و ارائه روشی بسیار عملی از

بستگی شدید به نوع شبیه سازی محیط و محیط مورد آزمایش دارد. این اطلاعات خام، جهت یکسان سازی و هم مختصات شدن با یکدیگر ترکیب می شوند.

در الگوریتم تعیین موقعیت پیشنهادی، پس از آزمایش بر روی مجموعه ای از ده بردار ویژگی پیشنهادی، سه بردار ویژگی Z1، Z2 و Z3 به عنوان بهترین بردارها از نظر مقدار دقت تخمین و طول بردار، انتخاب گردیدند.

**بردار ویژگی (۱) -Z1-**: آرایه ای با هشت عنصر برای هر آنتن گیرنده شامل چهار عنصر برای توان در هر قطاع و چهار عنصر برای نمایش آماری داده های زمان.

**بردار ویژگی (۲) -Z2-**: آرایه ای با هشت عنصر برای هر آنتن گیرنده شامل چهار عنصر برای نمایش سطح توان در هر قطاع و چهار عنصر برای نمایش آماری داده های زمان.

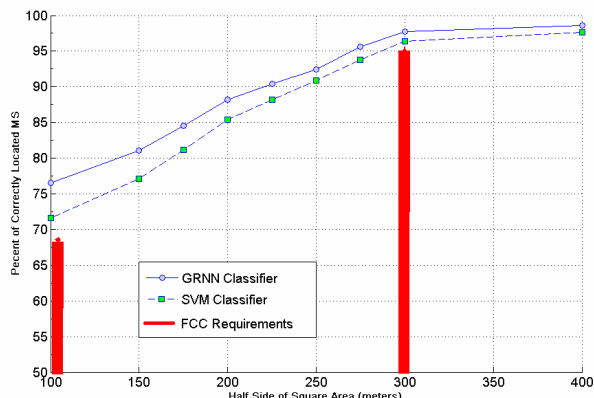
**بردار ویژگی (۳) -Z3-**: آرایه ای با شش عضو برای هر آنتن گیرنده شامل دو عنصر برای نمایش دو مقدار بیشینه توان در هر قطاع و چهار عنصر برای نمایش آماری داده های زمان.

منظور از نمایش آماری داده های زمان، داده های میانگین، واریانس، ماکزیمم و می نیمم TOA های تخمین زده شده، است. بردار ویژگی نهایی، از کنار هم قرار دادن بردارهای ویژگی مربوط به هر ایستگاه پایه بدست می آید. برای رسیدن به بالاترین دقت، نتایج برای گیرنده های ۳، ۴، ۶ و ۸ قطاعی جداگانه بررسی شده است.

#### ۶- نتایج شبیه سازی

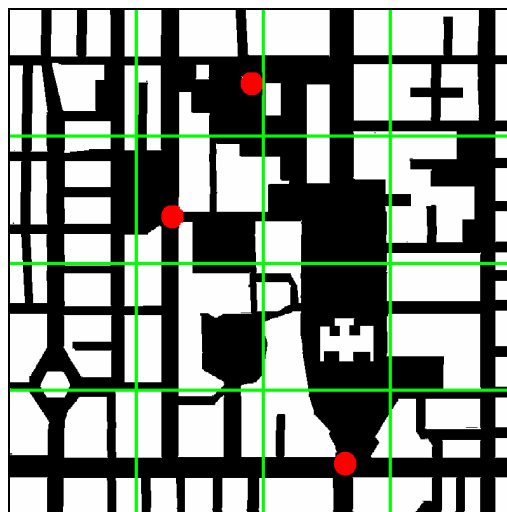
برای شبیه سازی قسمتی از پردیس دانشگاه تورنتو به ابعاد ۸۰۰ متر در ۸۰۰ متر در نظر گرفته شده است (شکل ۱). محل سه ایستگاه پایه براساس نقشه های شرکت ارائه دهنده خدمات مخابرات سیار، در مکان های (۶۶۰،۵۴۰)، (۳۰۰،۲۶۵) و (۱۰۵،۴۶۵) در نظر گرفته شده است. محیط شهر به ۱۶ ناحیه مربعی با ضلع ۲۰۰ متر و بدون همپوشانی تقسیم شده است. پروفایل بیش از ۲۳۰۰ نقطه تصادفی از سطح شهر بوسیله نرم افزار USPS، استخراج گردیده است که کاربران در این نقاط انتخابی حداقل با یکی از ایستگاه های پایه ارتباط داشته اند. ۷۵ درصد از داده ها برای آموزش شبکه و ۲۵ درصد برای تست استفاده گردید.

در جدول ۱ پارامترهای شبیه سازی آورده شده است. شبکه هوشمند تشخیص الگو از نوع شبکه GRNN در نظر گرفته شده است و برای بردارهای ویژگی Z1 الی Z3 و قطاع های ۳ تایی



شکل ۲ - مقایسه نتایج دو روش پیاده سازی الگوریتم (استفاده از شبکه هوشمند GRNN و استفاده از ماشین های تکیه گاه برداری [۶]) در کنار الزامات FCC

ویژگی های برجسته این تحقیق بوده است. نتایج نشان می دهد که الگوریتم پیشنهادی به دقتی زیر ۱۰۰ و ۳۰۰ متر به ترتیب در ۷۷ درصد و ۹۸/۷ درصد موارد تخمین کاربر در محیط شهری دست می یابد که بهتر از نتایج روش طبقه بندی SVM می باشد و نیز تأمین کننده الزامات FCC است.



شکل ۱ - محیط شبیه سازی (محل آنتن های گیرنده با دایره نشان داده شده است)

## ۸- مراجع

- [1] [http://www.fcc.gov/Bureaus/Engineering\\_Technology/Public\\_Notices/1999/da992130.html](http://www.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/Public_Notices/1999/da992130.html)
- [2] Rahman I. Reza, "Data Fusion for Improved TOA/TDOA Position Determination in Wireless Systems," *MS Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University*, July 2000.
- [3] Merigeault S., Batarriere M.; Patillon J.N.; "Data fusion based on neural network for the mobile subscriber location," *Vehicular Technology Conference, IEEE VTS, 2nd*, vol. 2, pp. 536 – 541, 2000.
- [4] M. McGuire, K.N. Plataniotis and A.N. Venetsanopoulos, "Location of mobile terminals using time measurements and survey points," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 52, no. 4, July 2003, pp. 999 – 1011.
- [5] H.Zamiri-Jafarian, M. M. Mirsalehi, I. Ahadi Akhlaghi and H. Keshavarz, "A neural network based positioning with hierarchical structure," *Veh. Tech. Conf., VTC2003*, pp. 2003-2007, vol. 3, April 2003.
- [6] H. Ghafoor, H. Zamiri-Jafarian and M. M. Moirsalehi, "Discrete mobile terminal location estimation using support vector machine," *ICEE 15<sup>th</sup>, Tehran*, pp.115- 120, 2007.
- [7] C. Chao-Lin and F. Kai-Ten, "An efficient geometry-constrained location estimation algorithm for NLOS environments," *International Wireless Net., Comm. And Mobile Computing*, vol. 1, pp. 224-249, June 2005.
- [8] M. Moghadam, Capacity Improvement by Rotational Equal Sectorization Method in CDMA Cellular System, M.S. Thesis, Electrical Eng. Department, Ferdowsi Uni. Of Mashad. 2005.
- [9] K. Bayat, R. S. Adev; "Joint TOA/DOA wireless position location using matrix pencil," *IEEE Conf.*, pp. 3535-3539, 2004.
- [10] Dharamdial, N.; Adev, R.; Farha, R.; "Multipath delay estimations using matrix pencil," *Wireless Communications and Networking, 2003 WCNC 2003*. 2003 IEEE, Volume 1, 16-20 March 2003, pp. 632 - 635 vol. 1.
- [11] T. K. Sarkar, M. C. Wicks, M. Salazar-Pama and R. J. Bonneau, *Smart Antennas*, IEEE Press, 2003.

جدول ۲- نتایج تعیین موقعیت با شبکه GRNN با استفاده بردارهای ویژگی در قطاع بندی های گوناگون

شماره قطاع - الگو	مقدار درستی تشخیص در نواحی به مرکز ناحیه اصلی بر حسب نصف ضلع (شعاع دایره محاطی) (متر)					
	100	150	200	250	275	300
Z1-3	79.3	82.7	89.4	93.4	96.1	98.0
Z1-4	77	81.4	89.0	93.5	96.1	98.2
Z1-6	77.5	81.8	88.6	93.6	96.4	98.5
Z1-8	76.1	81.1	88.5	92.8	96.1	98.7
Z2-3	77.9	81.9	88.7	92.9	95.9	97.8
Z2-4	76	80.7	88.2	92.7	95.2	97.5
Z2-6	76.4	81.0	88.7	93.1	96.0	98.0
Z2-8	76.2	80.7	88.3	92.8	96.0	98.4
Z3-3	77.6	80.8	87.6	92.3	95.4	97.3
Z3-4	77.3	80.6	87.5	92.2	94.6	97.0
Z3-6	77	80.2	87.4	92.0	94.7	96.7
Z3-8	76.6	80.1	87.0	92.2	95.1	96.9
میانگین	77.08	81.1	88.2	92.8	95.6	97.7