



## مروری بر سامانه‌های تعیین موقعیت داخلی در GIS فراغستر

میثم نجفی جوزانی<sup>۱</sup>، ابوالقاسم صادقی نیارکی<sup>۲</sup>

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سامانه‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
۲- عضو هیئت علمی و استادیار گروه سامانه‌های اطلاعات مکانی، قطب علمی فناوری اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

### چکیده:

در GIS فراغستر اطلاع از مکان کاربر در هر لحظه یکی از اولویت‌ها می‌باشد و تعیین موقعیت به صورت یکپارچه مدنظر می‌باشد. در فضاهای بیرونی با توجه به در دسترس بودن GPS این مشکل تا حدی مرتفع شده است اما مسئله موجود تعیین موقعیت در محیط‌های داخلی می‌باشد. از طرفی در پی گسترش ساختمان‌های بلند با معماری‌های پیچیده و یا فضای مملو از افراد مانند مراکز خرید نیاز به زیرساختی برای اطلاع از مکان در هر لحظه و مکان بیش از بیش مورد توجه قرار گرفته است. به همین دلیل در طی سالیان گذشته تحقیقات بسیاری در این موضوع صورت گرفته و فناوری‌های بسیاری نیز جهت رفع این نیاز مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از رایج‌ترین آن‌ها بهره‌وری از شبکه‌های بی‌سیم است. در این مقاله روش‌های تعیین موقعیت داخلی بیان و قابلیت‌های هر یک برای تعیین موقعیت در GIS فراغستر ذکر شده است. سپس با رویکرد قابلیت پیاده‌سازی در فضای داخلی به مرور فناوری‌هایی که بیشتر بکار گرفته شده‌اند پرداخته و در پی آن با توجه به مشخصات فناوری‌های بیان شده مقایسه‌ای میان آن‌ها صورت گرفته و جداول مقایسه‌ای ارائه شده است.

**واژه‌های کلیدی:** سامانه اطلاعات مکانی، تعیین موقعیت داخلی، تعیین موقعیت فراغستر، فضای یکپارچه

## ۱- مقدمه

رایانش فراگستر<sup>۱</sup> برای نخستین بار در سال ۱۹۹۱ توسط مارک وایزر در آزمایشگاه علوم کامپیوتری زیراکس با این مفهوم مطرح شد که در آینده کامپیوتراها می‌توانند به صورت کامل وارد تارویود زندگی‌های روزمره شود به صورتیکه حتی قابل تشخیص هم نباشند. [۱] یکی از اهداف اصلی آن تبدیل رایانش و فناوری به ابزاری با استفاده آسان و رائمه سرویس منطبق بر محیط<sup>۲</sup> و شرایط پیرامون است. ازین‌رو سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر<sup>۳</sup> نیز همیشه در دسترس هستند و همین خصوصیت باعث کاهش هزینه‌ها، افزایش کارایی و تضمین سرویس‌دهی به کاربر می‌شود [۲].

در طی سالیان و با پیشرفت فناوری‌ها، خدمات ارائه شده به کاربران دچار تغییراتی شده است. با ورود مفاهیم فراگستر به زمینه‌های مختلف علوم تحولاتی ایجاد شده است که با توجه به این موضوع که درصد بالایی از داده‌ها مکانی هستند پس مسائل مکانی نیز دستخوش تغییرات شده‌اند. تعیین موقعیت نیز یکی از این مسائل مکانی می‌باشد که در GIS فراگستر به صورت تعیین موقعیت یکپارچه<sup>۴</sup> بیان می‌شود. برای ارائه بسیاری از خدمات مانند خدمات مکان‌مینا، ناوبری واقعیت افزوده نیاز به اطلاع از مکان کاربر بدون محدودیت در فضای داخلی و بیرونی وجود دارد [۳].

این مسئله با توجه به توسعه سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS<sup>۵</sup> در محیط‌های بیرونی تا حدی حل شده است. GPS و روش‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای می‌تواند موقعیت مطلق کاربر را با دقیقی در حدود ۱۰ متر ارائه کند، اما این فناوری‌ها تمام فضا را پوشش نمی‌دهد، در محیط‌های شهری با ساختمان‌های بلند نیز دچار مشکل می‌شود و فضاهای داخلی نیز کاربر را پشتیبانی مکانی نمی‌کند. [۴] با توجه به مشکل تعیین موقعیت در فضاهای داخلی طی سالیان اخیر تحقیقات بسیاری برای استفاده از روش‌ها و فناوری‌ها صورت گرفته است. جهت رفع این مشکل از فناوری‌ها و حسگرهای مختلفی همچون Wifi<sup>۶</sup>، بلوتوث، UWB<sup>۷</sup> و بسیاری دیگر بهره گرفته شده است.

در این مقاله تکنیک‌های تعیین موقعیت داخلی در GIS فراگستر بیان و مقایسه خواهد شد. ازین‌رو در بخش بعدی مفاهیم پایه تعیین موقعیت با تمرکز بر محیط‌های داخلی بیان خواهد شد. در بخش سوم روش‌های کاربردی در تعیین موقعیت داخلی سرچ داده شده است. چهارمین بخش مقاله نیز به بازگوی فناوری‌های مورد توجه و در آخر نمونه‌های تعیین موقعیت فراگستر پیاده‌سازی شده در مقالات پرداخته شده است. در انتهای مطالب مقاله جمع‌بندی و در قالب نتیجه‌گیری و پیشنهاد ارائه شده است.

## ۱-۱- مبانی GIS فراگستر

GIS فراگستر این گونه تعریف می‌شود که مجموعه‌ای از مفاهیم، عملکردها و استانداردها که کمک می‌کند تا سامانه‌های اطلاعات مکانی، پردازش‌های مکانی و زمانی تبدیل به پردازش‌های اصلی ضمن ایجاد کاربردهای کمکی و طراحی سیستم برای قشر متوسط جامعه شود. [۵] به بیان ساده‌تر GIS فراگستر هر زمان و هر مکانی در دسترس هر کاربری وجود دارد. استفاده هر کاربر از هر سرویس GIS فراگستر در هر زمان و هر مکان توسط هر وسیله در قالب هر شبکه‌ای اشاره به این موضوع دارد که سرویس‌ها برای عموم مردم در دسترس باشد و بدون داشتن دانش زیادی از GIS قابل استفاده باشد. ازین‌رو سهولت در استفاده<sup>۸</sup> از نکات کلیدی GIS فراگستر می‌باشد. [۶] (شکل (۱))

<sup>1</sup> Ubiquitous computing

<sup>2</sup> Context

<sup>3</sup> Ubiquitous geospatial information system (UbiGIS)

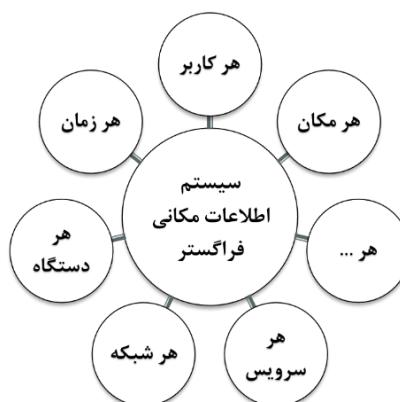
<sup>4</sup> Seamless positioning

<sup>5</sup> Global positioning system

<sup>6</sup> wireless fidelity

<sup>7</sup> Ultra-wideband

<sup>8</sup> Ease of Use



شکل ۱: المان‌های GIS فراگستر [۷]

نکته دیگر این است که سامانه‌های فراگستر توسط اطلاعات فراگستر به خودی خود به دست نمی‌آیند، بلکه بر پایه سیستم، سرویس، زیرساخت و کاربردهای موجود و تغییر در آن‌ها ایجاد می‌شود. به عنوان مثال امروزه الکتریسیته به صورت فراگستر همه‌جا در دسترس است که این مهم توسط شبکه‌های زیرساختی میسر شده است. به همین صورت اطلاعات فراگستر هم تحت پوشش سامانه‌های اطلاعات مکانی، فناوری‌ها و سرویس‌ها هر جا در دسترس کاربر قرار خواهد گرفت. [۸]

## ۱-۲- مبانی تعیین موقعیت:

تعیین موقعیت یک عبارت عمومی و کلی که اشاره به موقعیت اشیا و کاربر دارد و تعیین موقعیت به صورت مطلق و نسبی بیان می‌شود. [۹] تعیین موقعیت مطلق به صورت مستقل مکان کاربر را در یک چهارچوب سراسر ارائه می‌کند در حالی که موقعیت نسبی وابسته به مبدأ بوده و اگر موقعیت اول تعریف نشود نمی‌توان تعیین موقعیت کرد. [۱۰].

همچنین تعیین موقعیت با توجه به خصوصیات فضاهای داخلی و خارجی متفاوت است. از نظر مقیاس، ابعاد، هندسه و توپولوژی در فضاهای بیرونی به ترتیب بزرگ، مرکز در دو بعدی، نامنظم و پیچیده‌تر در حالتی که در محیط‌های داخلی کوچک، سه‌بعدی، منظم و توپولوژی ساده‌تر می‌باشد. [۱۱] اما همان‌طور که گفته شد در GIS فراگستر تعیین موقعیت به صورت یکپارچه صورت می‌گیرد، به عبارت دیگر سامانه‌های تعیین موقعیت فراگستر باید دارای دقت بالای اندازه‌گیری در حد سانتی‌متر، تعیین موقعیت آنی و ردگیری کاربران و قدرت اندازه‌گیری بالا بدون محدودیت فضا باشد. [۱۲]

یک سیستم تعیین موقعیت داخلی IPS<sup>۱</sup> به طور پیوسته و آنی مکان کاربر را در محیط‌های داخلی ارائه می‌کند. این سیستم امکانات یک سیستم محیط‌آگاه در فضاهای داخلی را فراهم می‌کند. [۱۳] این سامانه‌ها دارای دو مؤلفه اصلی هستند. مؤلفه اول روش و الگوریتم تعیین موقعیت می‌باشد که در این مورد می‌توان به اندازه‌گیری سیگنال‌ها با زمان رسیدن سیگنال، زاویه و شدت رسیدن سیگنال و یا اندازه‌گیری با تصاویر از طریق انطباق تصاویر نیز اشاره کرد و مؤلفه دوم فناوری مورد استفاده است که فناوری‌های متنوعی مانند بلوتوث، WiFi، و تگ‌های RFID<sup>۲</sup> به کار گرفته شده‌اند.

<sup>1</sup> Indoor positioning system

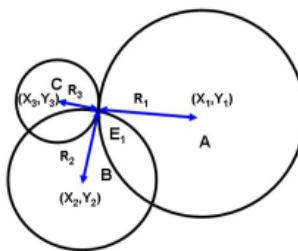
<sup>2</sup> Radio frequency identification

### ۳- روش‌های تعیین موقعیت:

با توجه به فناوری‌های مختلفی که بکار گرفته می‌شود از روش‌های متفاوتی برای تعیین موقعیت نیز می‌توان بهره جست. از این‌رو نیاز به شناخت امکانات در دسترس وجود دارد تا برای پیاده‌سازی سیستم تعیین موقعیت فراغستر انتخاب بهینه صورت گیرد. در این بخش روش‌های معمول شرح داده شده تا در بخش آتی روی فناوری‌ها تمرکز شود.

#### ۳-۱- مثلفندی

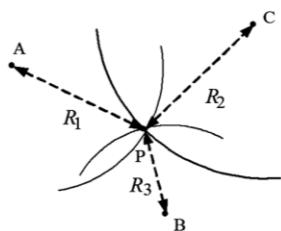
این روش بر پایه روابط مثلثاتی و هندسه با دو رویکرد زاویه‌یابی و فاصله‌یابی تعیین موقعیت می‌کند. (شکل (۲)) در روش فاصله‌یابی با تعیین فاصله از چند نقطه دسترسی به صورت مستقیم یا استفاده از سیگنال تعیین موقعیت می‌شود. در روش زاویه‌یابی هم به همین منوال عمل می‌شود با این تفاوت که به جای فاصله اقدام به محاسبه زاویه می‌شود. [۱۴] جهت اندازه‌گیری فاصله به کمک سیگنال‌ها از روش‌هایی که در زیر توضیح داده می‌شود می‌توان استفاده کرد.



شکل ۲: تعیین موقعیت به روش مثلفندی [۱۴]

#### ۳-۱-۱- زمان رسیدن سیگنال <sup>۱</sup>TOA

در این روش فاصله از مدت زمان حرکت موج بین فرستنده و گیرنده مشتق شده و با دانستن زمان دقیق ارسال موج و رسیدن به گیرنده می‌توان زمان را محاسبه و به روش مثلفندی تعیین موقعیت نمود. (شکل (۳)) [۱۵]



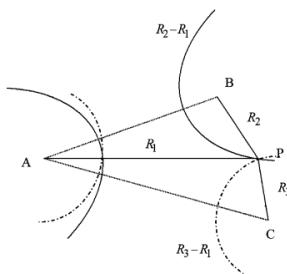
شکل ۲: تعیین موقعیت مبتنی بر RTOF و TOA [۱۵]

#### ۳-۱-۲- اختلاف زمانی رسیدن سیگنال <sup>۲</sup>TDOA

این روش نیز مشابه با روش اول است اما در این روش نیاز به همزمانی ارسال موج توسط فرستنده‌ها می‌باشد. تعیین موقعیت در این روش بر پایه اختلاف زمان رسیدن سیگنال از نقاط دسترسی متفاوت است. برای تعیین موقعیت نیز باید تعداد ایستگاه فرستنده در دسترس یک عدد از بعد تعیین موقعیت بیشتر باشد. (شکل (۴)) [۱۶]

<sup>1</sup> Time of arrival

<sup>2</sup> Time difference of arrival



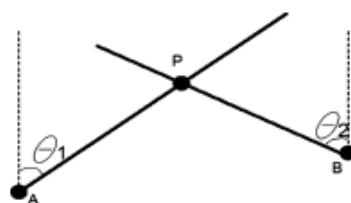
شکل ۳: تعیین موقعیت [16] TDOA

#### ۱-۳-۳- زمان رفت و برگشت سیگنال RTOF<sup>۱</sup>

این روش برای عدم نیاز به همزمانی ارسال سیگنال‌ها در روش قبل ارائه شده است. به این صورت که با محاسبه زمان رفت و برگشت موج و بهره‌گیری از ساعت نسبی نقاط دسترسی اقدام به تعیین موقعیت می‌نماید. (شکل (۳)) [۱۵]

#### ۱-۴-۴- زاویه رسیدن سیگنال AOA<sup>۲</sup>

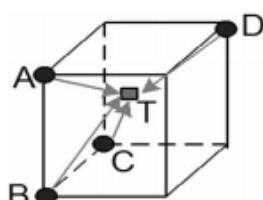
در این روش با در دسترس بودن دو نقطه دسترسی با موقعیت معلوم و محاسبه زاویه دریافت کاربر اقدام به تعیین موقعیت می‌شود. پس از محاسبه زاویه از تقاطع بهره گرفته می‌شود. در این روش با افزایش تعداد نقاط دسترسی با مکان معلوم دقیق روش افزایش می‌یابد. (شکل (۵)) [۱۴]



شکل ۴: اندازه‌گیری به روش زاویه‌یابی AOA [۱۵]

#### ۱-۵-۵- فاز سیگنال دریافتی POA<sup>۳</sup>

در این روش از اختلاف فاز یا فاز حامل با در نظر گرفتن ارسال موج سینوسی هم فاز از فرستنده‌ها استفاده می‌شود. پس از دریافت موج در گیرنده‌ها (شکل (۶)) با محاسبه اختلاف فاز سیگنال‌های دریافتی می‌توان موقعیت را همانند روش TOA یا TDOA بدست آورد. [۱۷]



شکل ۵: موقعیت‌یابی با استفاده از فاز دریافتی در گیرنده‌های دایره: نقاط دسترسی، مستطیل: گیرنده-کاربر [۱۵]

<sup>1</sup> Roundtrip time of flight

<sup>2</sup> Angle of arrival

<sup>3</sup> Phase of arrival

### ۲-۳- آنالیز وقوع

در این روش عموماً از اثر انگشت برای تعیین موقعیت استفاده می‌شود که اثر انگشت مکانی بیانگر خصوصیات سیگنال در یک مکان خاص است. این روش دارای دو مرحله است؛ مرحله تمرین یا آفلاین و مرحله موقعیت‌یابی یا آنلاین که در مرحله اول اثر انگشت نقاط محیط را به همراه موقعیت آن‌ها بدست آورده و ذخیره شده تا در مرحله بعد با مشاهده قدرت لحظه‌ای سیگنال در هر مکان و مقایسه مقادیر ذخیره شده تعیین موقعیت انجام شود. از الگوریتم‌های که در این فن استفاده می‌کنند می‌توان به روش‌های احتمالاتی، نزدیک‌ترین همسایه، شبکه‌های عصبی، ماشین بردار پشتیبان و کوچک‌ترین پلی گون چند رأسی اشاره کرد. [۱۵]

### ۳-۳- مجاورت

در این روش موقعیت گیرنده را به محدوده یکی از نقاط دسترسی نسبت می‌دهند. به این صورت که نزدیک‌ترین نقطه توسط قدرت سیگنال‌های دریافتی محاسبه و این موقعیت محدوده‌ای به کاربر نسبت داده می‌شود. این روش از نظر اجرا ساده بوده و قابلیت کار با شبکه‌های سلولی موبایل را نیز دارا می‌باشد. [۱۶]

### ۴-۴- برآورد قدم‌های عابر<sup>۱</sup>

این روش برای محاسبه موقعیت توسط حسگرهای حرکتی مانند شتاب‌ستج بکار گرفته می‌شود. با اطلاعات بهدست آمده از این حسگرها می‌توان قدم‌های کاربر را شمرده و با محاسبه جهت آن اقدام به تعیین موقعیت نسبی نمود. این روش دارای چهار مرحله اصلی شناسایی قدم، محاسبه طول قدم‌ها، بدست آوردن جهت حرکت و تصحیح خطاهای می‌باشد. [۱۸] این روش به دلیل تعیین موقعیت نسبی و خطای تجمعی عمولاً به صورت تلفیقی استفاده می‌شود.

### ۵- مقایسه روش‌های تعیین موقعیت

در این بخش روش‌های رایج به همراه بیان شرح مختصر هریک بازگو شد، اما برای بهره‌گیری از روش بهینه نیاز به مقایسه بین آن‌ها وجود دارد. در جدول (۱) روش‌های گفته شده به همراه نقاط قوت و ضعف آورده شده است.

جدول ۱: مقایسه روش‌های تعیین موقعیت

نقاط ضعف	نقاط قوت	روش
نیاز به زیرساخت و دقت وابسته به زیرساخت	پیاده‌سازی ساده	مثلث‌بندی
نیاز به مرحله تمرین زمان‌بر	دقیق مناسب	آنالیز وقوع
دقیق محدود	پیاده‌سازی ساده	مجاورت
وجود خطای تجمعی در محاسبات	عدم نیاز به زیرساخت	برآورد قدم‌های عابر

### ۴- فناوری‌های رایج تعیین موقعیت:

با پیشرفت علم و گسترش فناوری‌ها و تجهیزات محققین فناوری‌های متنوعی مانند امواج رادیویی را جهت تعیین موقعیت به کار برده‌اند. هر یک از فناوری‌ها دارای میزان دقت، هزینه، سطح دسترسی و پیچیدگی پیاده‌سازی می‌باشد، از این باید مورد بررسی قرار گیرند. بدین منظور در ادامه پرکاربردترین فناوری‌های در تعیین موقعیت معرفی و بررسی شده است.

<sup>۱</sup> Pedestrian dead reckoning

#### ۱-۴- دوربین:

این حسگر بصری توسط اخذ تصویر از محیط اقدام به تعیین موقعیت می‌نماید. روش‌هایی که مدنظر هستند می‌توان به تعیین موقعیت بر مبنای مدل سه‌بعدی، بر مبنای تصویر و اهداف اشاره کرد. [۱۹] روش‌های بر مبنای مدل سه‌بعدی با شناسایی عوارض داخل تصویر و انطباق آن‌ها با پایگاه داده شامل مدل، موقعیت را تعیین می‌کند. در روش بر مبنای تصویر بدین گونه عمل می‌شود که از محیط در زوایای مختلف تصویر اخذ شده و در پایگاه داده ذخیره شده و با تطبیق تصویر لحظه‌ای کاربر با پایگاه داده موقعیت ارائه می‌شود. با استفاده از اهداف نیز ابتدا الگوهای از پیش تعیین شده را در محیط قرار داده و با شناسایی آن توسط دوربین می‌توان اقدام به تعیین موقعیت شود. [۲۰]

#### ۲-۴- فراصوت:

این فناوری قابلیت‌هایی چون قابلیت اطمینان، مقیاس‌پذیری، بهره‌وری از انرژی و استفاده همزمان از توسط چند کاربر را دارد می‌باشد. جهت تعیین موقعیت نیز از زمان طی شده توسط پالس‌ها و تعیین فاصله دستگاه‌ها بر پایه RTOF و TOA استفاده می‌شود. اما مبحث مطرح در این فناوری‌ها تغییر سرعت امواج با توجه به شرایط محیطی مانند دما، رطوبت و ساختار اشیا و افراد محیط می‌باشد. [۲۱] از دیگر موارد می‌توان به محدودیت هر نقطه دسترسی اشاره کرد که از این‌رو در محیط‌های گستردۀ نیاز به نقاط دسترسی بیشتری وجود دارد. در این روش‌ها توسط یک خواننده و تگ‌های رادیویی فعال یا غیرفعال اطلاعات انتقال داده می‌شود. مهم‌ترین رویکرد در این روش استفاده از فن مجاورت است و سیستم توسط تگ‌های موجود در محیط تعیین موقعیت می‌کنند، از این‌رو وابسته به تراکم می‌باشد.

#### ۳-۴- شناسایی فرکانس رادیویی RFID :

این سیستم شامل یک خواننده مجهر به آتن است که در تعامل با یک تگ فعال یا غیرفعال است. توسط این تگ‌ها و خواننده‌ها اطلاعات از طریق فرکانس رادیویی منتقل می‌شوند و این اطلاعات عموماً کد تگ ارسالی می‌باشد. [۲۲] روش تعیین موقعیت در این فناوری معمولاً استفاده از روش مجاورت است و دقت تعیین موقعیت وابسته به تراکم خواننده‌ها می‌باشد. [۲۳]

#### ۴-۴- حسگرهای حرکتی:

استفاده از حسگرهای حرکتی مانند شتاب‌سنج برای اندازه‌گیری حرکت و ژیروسکوپ برای کنترل حرکت زاویه‌ای در کنار قطب‌نما یکی از روش‌های تعیین موقعیت نسبی است در فضاهای داخلی می‌باشد. حسگرهای این روش با تخمین حرکت و جهت اقدام به تعیین موقعیت آنی می‌کند، اما خطاهایی مانند دریفت دقیت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. [۲۴] از این فناوری‌ها عموماً جهت تلفیق با دیگر روش‌ها استفاده می‌شود. در این فناوری از روش PDR برای تشخیص قدم و جهت استفاده می‌شود.

#### ۵-۴- پهنه‌ای باند بسیار وسیع :UWB

این فناوری بر اساس ارسال پالس‌های بسیار کوتاه عمل می‌کند و توانایی بهره‌گیری همزمان از چند فرکانس را دارد. در این روش مدت زمان انتقال پالس‌ها کمتر از روش قبل و نیاز به انرژی کمتری می‌باشد. پالس‌های UWB قابل پالایه شدن و حذف اثرات چند مسیری هستند و حساسیت به شرایط محیطی کمتری را دارند، اما همچنان حساس به مایعات و فلزات در محیط هستند. [۲۵] دیگر مورد قابل ذکر هزینه نسبتاً بالای این فناوری است. [۲۶]

#### ۴-۶- بلوتوث:

بلوتوث در واقع یک استاندارد برای شبکه‌های بی‌سیم شخصی تحت استاندارد IEEE 802.15.1 می‌باشد. این فناوری در بسیاری از ابزارها مانند موبایل، تبلت، لپ‌تاپ و PDA<sup>۱</sup> گنجانده شده‌اند. این فناوری در محدوده ارتباط ۵ تا ۱۰ متر وابسته به شرایط و خط دید قابل دسترسی هستند. یکی از موارد کاربردی بلوتوث Topaz می‌باشد. که موقعیت دو بعدی در حدود خطای ۲ متر را ارائه می‌کند که برای تعیین موقعیت در محیط‌های داخلی مناسب نیست.<sup>[۲۷]</sup>

#### ۴-۷- امواج شبکه بی‌سیم محلی

استفاده از سیگنال‌های شبکه بی‌سیم محلی WLAN<sup>۲</sup> به دلیل در دسترس بودن در بیشتر محیط‌های داخلی و با محدوده پوشش ۵۰ تا ۱۰۰ متر از دیگر روش‌های در این سطح مناسب‌تر به نظر می‌رسد. از جمله استاندارد IEEE 802.11 که با نام WiFi شناخته می‌شود و نیاز به خط دید نیز ندارند. در این روش‌ها می‌توان از اندازه‌گیری روی زمان سیگنال‌ها بهره برد اما کارآمد نیستند، ازین‌رو از روش قدرت سیگنال دریافتی RSS<sup>۳</sup> استفاده می‌شود.<sup>[۲۷]</sup>

در روش RSS خطاهایی مانند انعکاس و پخش شدگی رخ می‌دهد بنابراین از دو روش تعیین محدوده توسط قدرت سیگنال و تعیین توسط قدرتمندترین سیگنال آتنن‌های در دسترس<sup>[۲۸]</sup> و روش دیگر استفاده از اثر انگشت که یک با ذخیره‌سازی قدرت سیگنال و مختصات نقاط مختلف محیط در رأس‌های شبکه مفروض اقدام به تعیین موقعیت می‌نماید. در استفاده از این فناوری با توجه به حساسیت آن به محیط فیزیکی مطالعاتی انجام شده که از مهم‌ترین آن‌ها در<sup>[۲۹]</sup> راهکارهایی برای مقابله با این خطاهای محیطی مطرح شده است.

#### ۵- مقایسه فناوری‌های تعیین موقعیت داخلی:

همان‌طور که در بخش‌های پیشین روش‌های مطرح توضیح داده شد و برخی موارد محدودیت و مزایای هر یک بیان شد در تصویر زیر نیز از نظر دقت و دسترسی روش‌های مختلف در تقابل با یکدیگر به تصویر کشیده شده‌اند. در تصویر زیر مشاهده می‌شود که در بین سامانه‌های مطرح شده استفاده از دوربین دارای بالاترین دقت می‌باشد و در یک مکان اخذ تصویر مشاهده می‌شود که پوشش کمی را شامل می‌شود. از دیگر نکات تصویر می‌توان به ذات تجمعی بودن خطاهای استفاده از حسگرهای داخلی حرکتی اشاره کرد که ابتدا دارای دقت مناسبی هستند ولی هرچه میزان پوشش افزایش یافته، مقدار دقت خطا نیز افزایش یافته است.

جدول ۲: مقایسه فناوری‌های تعیین موقعیت بر اساس پوشش و دقت<sup>[۲۰]</sup>

فناوری تعیین موقعیت	محدوده پوشش (متر)	دقت (متر)	توضیحات
دوربین	۱۰ - ۱	۰.۱ - ۰.۰۰۰۱	این روش محاسبات سنتگین به همراه دارد
فراصوت	>۱۰ - ۱	۰.۱ - ۰.۰۱	وابسته به شرایط محیطی
RFID	<۱۰۰ - ۱	۱ - ۰.۱	دقت وابسته به زیرساخت
حسگر حرکتی	... - ۱	... - ۰.۱	هرچه محدوده افزایش یابد دقت کاهش می‌یابد
UWB	۱۰۰ - ۱	<۱۰ - ۰.۰۱	پیاده‌سازی هزینه‌بر
بلوتوث	۱۰ - ۱	۱ - ۰.۱	دقت وابسته به خط دید
Wlan	۱۰ - ۱	<۱۰ - >۱۰	متاثر از خطاهای انعکاس و پخش شدگی

<sup>۱</sup> Personal digital assistant

<sup>۲</sup> wireless local area network

<sup>۳</sup> Received signal strength

## ۶- مطالعات پیشین

در سال ۲۰۱۱ و Bejuri ۲۰۱۲ و همکارانش اقدام به تعیین موقعیت فراغستر نموده‌اند که مقالات زیر نیز ارائه شده است. در مقاله [۳۰] که در سال ۲۰۱۱ ارائه شده اشاره به استفاده از روش‌های تعیین موقعیت فراغستر در موبایل دارد که نویدبخش روش‌های تعیین مکان برای همه‌ی کاربران توسط دستگاه‌های الکترونیکی آن‌ها می‌باشد. اما بیان می‌شود که این سامانه‌ها نیاز به توسعه‌های مناسب‌تر دارند، همچنین همواره یکی از کمبودهای مطرح عدم وجود چهارچوبی برای بررسی روش‌های تعیین موقعیت در GIS فراغستر می‌باشد. در این مقاله رده‌بندی علمی برای روش‌ها موجود ارائه شده است. چهارچوب ارائه شده توسط مطالعات صورت گرفته روی مقالات و روش‌های تعیین موقعیت فراغستر بدست آمده است. در این مقاله از ۵ معیار مقیاس، اطلاعات خروجی، روش اندازه‌گیری، معماری سیستم و الگوریتم تعیین موقعیت برای طبقه‌بندی استفاده شده است. از مهم‌ترین دسته‌بندی‌های صورت گرفته در این مقاله می‌توان به ساختار و معماری‌های پیاده‌سازی با توجه به فناوری‌ها اشاره کرد.

در دو مقاله [۳۱] و [۳۲] سال ۲۰۱۲ با ترکیب شبکه Wlan و دوربین اقدام به تعیین موقعیت فراغستر شده است. در این مقالات به عنوان جایگزین الگوریتم‌های معمول برای انطباق از روش‌هایی مانند پایداری یا شدت رنگ استفاده شده تا حجم محاسبات کاهش یابد.

در مقاله اول در ارتباط با پایداری رنگ‌ها در تصاویر تحقیق کرده است و با بهره‌گیری از داده‌های Wlan از انطباق مدل‌ها جهت تعیین موقعیت استفاده شده است. روش کار به این صورت است که نشانه‌های مکانی در تصاویر را تشخیص داده و با توجه به داده‌های Wlan تعیین موقعیت می‌کند. دلیل دیگر استفاده از روش پایداری رنگ‌ها جلوگیری از تأثیر روش‌نایی در دقت به کار گرفته شده است. [۳۱]

در مقاله [۳۲] نیز الگوریتم تشخیص عارضه و انطباق مبتنی بر فضای شدت رنگ ارائه شده است. برای این منظور از Wifi و حس‌گر دوربین موبایل استفاده شده است که همزمان با دریافت امواج رادیویی، از نقاط محیط نیز اطلاعات اخذ می‌شود. این اطلاعات با رویکرد انطباق مدل در جهت تعیین موقعیت مطلق نشانه ترکیب شده‌اند. بدین منظور در سرور تصویر از نظر روش‌نایی پردازش می‌شود تا خطای کمتری به همراه داشته باشد. سپس نقاط گوشه تصاویر استخراج شده و در ادامه این گوشه‌ها با توجه به مکان تعیین شده با Wlan با مختصات گوشه‌ها مقایسه و منطبق می‌شود.

سال ۲۰۱۲ در مطالعه‌ی [۳۳] مرکز روی جهت‌یابی کاربر در محیط داخلی فراغستر داشته‌اند. با اشاره با این موضوع که در تعیین موقعیت و ردگیری کاربران اغلب از قطب‌نما استفاده می‌شود و این ابزار دارای خطاهایی می‌باشد از این جهت با تهیه تصویر از محیط توسط کاربر و با روش‌های انطباق الگوی مبتنی بر ماشین بینایی جهت تعیین شده‌ی قطب‌نما را اصلاح نموده‌اند. با این روش دقت تعیین جهت ۳.۵ برابر بهتر شده است.

در مقاله [۳۴] در این بخش از مطالعات در سال ۲۰۱۳ Huang و همکاران با در نظر گرفتن این موضوع که در حال حاضر اغلب روش‌های تعیین موقعیت داخلی بر مبنای استفاده از Wifi می‌باشد، بیان داشته‌اند که این روش‌ها از نظر دقت محدود به دقتی در حدود ۱۰ متر و ابسته به مسائل مختلف محیطی است. در ادامه نیز برای افزایش دقت و دسترسی، استفاده از حس‌گرهای حرکتی و قطب‌نما و همچنین حس‌گرهای مغناطیسی مدنظر قرار گرفته‌اند. برای مقابله با این موارد در این تحقیق روشی بینایی مبنا برای تعیین موقعیت فراغستر با استفاده از تک دوربین که در اغلب موبایل‌ها و تبلت‌ها در دسترس است ارائه شده است. در این تحقیق از نقشه فراغستر طبقه‌ای ساختمان که مکان دقیق هندسی دارد استفاده شده است. نتایج بیانگر دقت بهتر در مقایسه با امواج بوده است. در روش ارائه شده محدوده کاربر و دقت آن توسط Wifi تعیین شده و توسط کاربر از مکان حاضر تصویر اخذ شده، سپس تصاویر پایگاه داده آن محدوده

از سرور فراخوانده شده و با تصویر اخذ شده توسط کاربر منطبق شده و مکان تعیین می‌شود. از مکان تعیین شده جهت ناوبری درون ساختمان نیز بهره گرفته شده است.

در [۳۵] ترکیبی از QR Code<sup>۱</sup> و حسگرهای حرکتی برای تعیین موقعیت داخلی ارائه شده است. به این صورت که توسط حسگر موبایل و QR موقعیت کاربر به صورت مطلق تعیین شده و در ادامه با توجه به حسگرهای حرکتی موقعیت کاربر رددگیری می‌شود. جهت مقابله با خطای دریفت حسگرهای حرکتی نیز از QR کدها بهره گرفته است.

در [۳۶] Zhang و همکاران با اخذ تصویر از محیط و استخراج عوارض به روش اثر انگشت به شناسایی محیط پرداخته و سپس با اخذ مجدد و مقایسه با تصاویر آرشیو اقدام به تعیین موقعیت نموده‌اند. دقت این روش را با روش مبتنی بر WiFi مورد مقایسه قرار داده‌اند.

## ۷- نتیجه‌گیری

با توجه به روند توجهات به سامانه‌های تعیین موقعیت داخلی، به کارگیری رویه‌های متنوع جهت اخذ موقعیت اجتناب‌ناپذیر است. در قالب این مقاله سعی شده است امکانات رایج و مناسب را معرفی نموده و تا حدی مورد بررسی قرار داده شود. روش‌های بیان شده با توجه فناوری مورد استفاده می‌تواند اتخاذ شوند، اما جهت انتخاب فناوری باید به مواردی همچون هزینه، دقت، سهولت پیاده‌سازی و پوشش توجه کرد تا بتوان به صورت یکپارچه در GIS فرآگستر تعیین موقعیت نمود.

فناوری‌های ذکر شده هریک دارای مزایای هستند که با توجه به کاربرد می‌توان بهترین انتخاب را برگزید. از حسگر دوربین و روش‌های بینایی مبنا دارای دقت بالایی هستند اما از نظر پیاده‌سازی دارای پیچیدگی بوده‌اند. این موضوع که دارای حجم پردازش بالا می‌باشد که مشکلاتی جهت پیاده‌سازی در موبایل مطرح می‌شود. در به کارگیری فرآصوت باید توجه داشت که این فناوری وابسته به محیط بوده و با تغییر در شرایط محیط دقت کاهش می‌یابد و از طرفی وابسته به ابعاد محیط می‌باشد. RFID نیز دارای پوشش کم و دقت محدودی می‌باشد اما جهت پیاده‌سازی از ساده‌ترین روش‌ها می‌باشد. حسگرهای حرکتی را با توجه عدم ارائه موقعیت مطلق نمی‌توان به تنهایی به کار گرفت و نیاز به تلفیق با دیگر روش‌ها جهت اتصال به یک چهارچوب مرجع مطرح می‌شود، قابلیت این روش را می‌توان ردگیری کاربر به صورت آنی و مستقل بیان نمود. UWB یکی از موارد دارای دقت و پوشش می‌باشد که حساسیت کمتری نسبت به محیط را نشان می‌دهد و پایداری این روش نسبت روش‌های مبتنی بر فرآصوت بیشتر است، اما این فناوری جهت پیاده‌سازی هزینه بالاتری را در بر خواهد داشت. بلوتوث دیگر روش بیان شده بود که همان‌طور که در بخش‌های گذشته ذکر شده دارای دقت و پوشش محدود و وابسته به خط دید میان فرستنده و گیرنده می‌باشد. آخرین فناوری WiFi را می‌توان به نوعی حالت میانه در نظر گرفت، از این جهت که در مجموع چهار پارامتر ذکر شده این روش در تقابل با دیگر روش‌ها حالت بهینه را در پی خواهد داشت اما باید در نظر گرفت که روش‌های دقیق‌تر یا پوشش وسیع‌تر و یا پیاده‌سازی ساده‌تر نیز وجود دارد.

در GIS فرآگستر دسترسی به سیستم تعیین موقعیت از اهمیت بالایی برخوردار است پس نیاز به پوشش بالاتری وجود دارد. در کنار این موضوع باید توجه داشت که فناوری تعیین موقعیت داخلی بکار گرفته شده در سیستم قابلیت تعامل با دیگر فناوری‌ها را نیز دارا باشد تا خدمات محدود به فضا نشود و مشکلی از نظر یکپارچگی محیط داخلی و بیرونی مطرح نشود. در ادامه این پژوهش می‌توان این روش‌ها را به صورت تلفیقی بررسی نمود تا ترکیب مناسبی جهت پیاده‌سازی سیستم تعیین موقعیت بهینه برای فضاهای پیوسته داخلی و بیرونی بدست آید. همان‌طور که گفته شد دقت نظر در انتخاب فناوری می‌تواند یکپارچگی مدنظر در GIS فرآگستر را تأمین نماید.

<sup>۱</sup> Quick Response Code

## مراجع

- [1] Weiser, M., 1991. The computer for the 21st century. *Scientific american*, 265(3), pp.94-104.
- [2] Weiser, M., 1993. Some computer science issues in ubiquitous computing. *Communications of the ACM*, 36(7), pp.75-84.
- [3] Li, F., Hadjieleftheriou, M., Kollios, G., Cheng, D. and Teng, S.H., 2008. Trip planning queries in road network databases. In *Encyclopedia of GIS* (pp. 1176-1181). Springer US.
- [4] Woo, S., Jeong, S., Mok, E., Xia, L., Choi, C., Pyeon, M. and Heo, J., 2011. Application of WiFi-based indoor positioning system for labor tracking at construction sites: A case study in Guangzhou MTR. *Automation in Construction*, 20(1), pp.3-13.
- [5] 2007. ISO/TC 211: Report from the Ad Hoc Group for Ubiquitous Geographic Information (UBGI), ISO/TC211 Document N2298. ISO, geneva,.
- [6] Kresse, W. and Danko, D.M. eds., 2012. *Springer handbook of geographic information*. Springer Science & Business Media.
- [7] Li, K.J., 2007. *Ubiquitous GIS, Part I: Basic Concepts of Ubiquitous GIS*. Lecture Slides, Pusan National University.
- [8] Kim, T.J. and Jang, S.G., 2011. *Ubiquitous Geographic Information*. In *Springer Handbook of Geographic Information* (pp. 369-378). Springer Berlin Heidelberg.
- [9] Bouet, M. and Dos Santos, A.L., 2008, November. RFID tags: Positioning principles and localization techniques. In *2008 1st IFIP Wireless Days* (pp. 1-5). IEEE.
- [10] Collinson, R.P., 2013. *Introduction to avionics systems*. Springer Science & Business Media.
- [11] Yang, L. and Worboys, M., 2011. Similarities and differences between outdoor and indoor space from the perspective of navigation. Poster presented at COSIT.
- [12] Ye, L., Mi, W. and Wang, D., 2007, November. Navigation studies based on the ubiquitous positioning technologies. In *Second International Conference on Spatial Information Technology* (pp. 679545-679545). International Society for Optics and Photonics.
- [13] Dempsey, M.K., 2004. Analyzing the return on investment for indoor positioning systems. *Biomedical instrumentation & technology/Association for the Advancement of Medical Instrumentation*, p.35.
- [14] Gu, Y., Lo, A. and Niemegeers, I., 2009. A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks. *IEEE Communications surveys & tutorials*, 11(1), pp.13-32.
- [15] Liu, H., Darabi, H., Banerjee, P. and Liu, J., 2007. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 37(6), pp.1067-1080.
- [16] Ballazhi, R., 2012. *Wireless Indoor Positioning Techniques*. *Communication Systems V*, B. Stiller et al.
- [17] Le, M.H.V., 2009. *Indoor navigation system for handheld devices* (Doctoral dissertation, Worcester Polytechnic Institute).
- [18] Khan, M.I., 2013. *Design and Development of Indoor Positioning System: For Portable Devices*. LAP LAMBERT Academic Publishing.
- [19] Werner, M., Kessel, M. and Marouane, C., 2011, September. Indoor positioning using smartphone camera. In *IPIN* (pp. 1-6).
- [20] Mautz, R., 2012. *Indoor positioning technologies*.
- [21] Ijaz, F., Yang, H.K., Ahmad, A.W. and Lee, C., 2013, January. Indoor positioning: A review of indoor ultrasonic positioning systems. In *Advanced Communication Technology (ICACT), 2013 15th International Conference on* (pp. 1146-1150). IEEE.

- [22] Hightower, J., Want, R. and Borriello, G., 2000. SpotON: An indoor 3D location sensing technology based on RF signal strength. UW CSE 00-02-02, University of Washington, Department of Computer Science and Engineering, Seattle, WA, 1.
- [23] Ni, L.M., Liu, Y., Lau, Y.C. and Patil, A.P., 2004. LANDMARC: indoor location sensing using active RFID. Wireless networks, 10(6), pp.701-710.
- [24] Barbour, N. and Schmidt, G., 2001. Inertial sensor technology trends. IEEE Sensors Journal, 1(4), pp.332-339.
- [25] Fontana, R.J., 2004. Recent system applications of short-pulse ultra-wideband (UWB) technology. IEEE Transactions on microwave theory and techniques, 52(9), pp.2087-2104.
- [26] Harmer, D., 2004. Ultra wide-band indoor positioning. [Online]. Available: <http://esamultimedia.esa.int/docs/NavigationProjects>. [Accessed March 2008].
- [27] Koyuncu, H. and Yang, S.H., 2010. A survey of indoor positioning and object locating systems. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, 10(5), pp.121-128.
- [28] Parodi, B.B., Lenz, H., Szabo, A., Wang, H., Horn, J., Bamberger, J. and Obradovic, D., 2006, April. Initialization and online-learning of RSS maps for indoor/campus localization. In 2006 IEEE/ION Position, Location, And Navigation Symposium (pp. 164-172). IEEE.
- [29] Chen, Y.C., Chiang, J.R., Chu, H.H., Huang, P. and Tsui, A.W., 2005, October. Sensor-assisted wi-fi indoor location system for adapting to environmental dynamics. In Proceedings of the 8th ACM international symposium on Modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems (pp. 118-125). ACM.
- [30] Bejuri, W.M., Wan, Y., Mohamad, M. and Sapri, M., 2011. Ubiquitous positioning: A taxonomy for location determination on mobile navigation system. arXiv preprint arXiv:1103.5035.
- [31] Bejuri, W.M.Y.W., Mohamad, M.M., Sapri, M. and Rosly, M.A., 2012. Investigation of color constancy for ubiquitous wireless LAN/Camera positioning: an initial outcome. arXiv preprint arXiv:1206.6514.
- [32] Bejuri, W.M.Y.W., Mohamad, M.M., Sapri, M. and Rosly, M.A., 2012. Ubiquitous WLAN/Camera Positioning using Inverse Intensity Chromaticity Space-based Feature Detection and Matching: A Preliminary Result. arXiv preprint arXiv:1204.2294.
- [33] Bejuri, W.M.Y.W., Mohamad, M.M., Sapri, M. and Rosly, M.A., 2012. Ubiquitous WLAN/Camera Positioning using Inverse Intensity Chromaticity Space-based Feature Detection and Matching: A Preliminary Result. arXiv preprint arXiv:1204.2294.
- [34] Huang, B. and Gao, Y., 2013. Ubiquitous indoor vision navigation using a smart device. Geo-spatial Information Science, 16(3), pp.177-185.
- [35] Aebi, F., 2012. Autonomous indoor navigation: implementation of an autonomous indoor mavigation system on android.
- [36] Zhang, Y., Ma, L. and Tan, X., 2016, September. Smart phone camera image localization method for narrow corridors based on epipolar geometry. In Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2016 International (pp. 660-664). IEEE.