The 1st National Conference on Geospatial Information Technology

K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering

19 - 20 January 2016

اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

معرفی و پیاده‌سازی روشی آنلاین برای انجام همتا یابی نقشه

اکبر مرادی[۱*]، محمدرضا ملک[۲] پریسا صراطی[۱]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی- گروه مهندسیGIS، دانشگاه آزاد اسلامی،واحد ممقان
۲- دانشیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

امروزه با گسترش جمعیت و پیشرفت فنّاوری و استفاده عموم مردم از سیستم ناوگان حمل‌ونقل، نیاز به مدیریت اشیا متحرک افزایش‌یافته است. منظور از مدیریت اجسام متحرک دسترسی به اطلاعات حرکتی اشیا در هر نقطه از زمان است. به علت خطاهای ناشی از موقعیت‌یابی و شبکه راه‌ها موقعیت اجسام متحرک بر خطوط شبکه منطبق نبوده و با آن فاصله‌ای نامنظم خواهد داشت. این مسئله منجر به نه‌تنها مشکلات دیداری شده بلکه در فرایندهای محاسباتی مثل محاسبه کوتاه‌ترین مسیر نتایج را خدشه می‌کند. به فرایند منطبق نمودن موقعیت جسم متحرک توسط یک سیستم تعیین موقعیت بر شبکه راه‌ها همتا یابی نقشه گفته می‌شود. در این مقاله به معرفی و پیاده‌سازی یک روش آنلاین برای انجام همتا یابی نقشه پرداخته‌شده است. ارزیابی عملی انجام‌شده به طور متوسط دقت را ۳/۱۸ متر در کل مسیر و ۲/۲۵۷ متر در مسیرهای مستقیم و ۴/۱۰۲ متر در تقاطع‌ها بهبود بخشید.

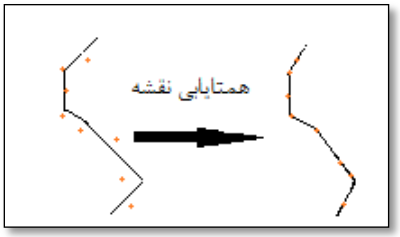
واژه‌های کلیدی : سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS)، همتا یابی نقشه، تناظر یابی، مراغه

نویسنده مکاتبه کننده : اکبر مرادی
آدرس پستی : آذربایجان شرقی - ممقان - بلوار شهید باهنر- دانشگاه آزاد اسلامی واحد ممقان
تلفن : ۰۹۱۴۸۴۰۱۶۵۱
آدرس پست الکترونیک : akbarmoradi1366@yahoo.com

۱- مقدمه

امروز با افزایش جمعیت و استفاده روزافزون عموم مردم از سیستم‌های حمل‌ونقل و همچنین اهمیت زمانی، صرفه‌جویی در منابع، مدیریت ناوگان حمل‌ونقل شهری و غیره باعث شده است که استفاده از سیستم‌های تعیین موقعیت از اهمیت بالایی برخوردار باشد. سامانه‌های تعیین موقعیت مانند GPS یکی از ابزارهایی برای مدیریت اجسام متحرک است این سامانه دسترسی به اطلاعات حرکتی اجسام در هر نقطه از زمان را امکان‌پذیر می‌سازد بنابراین چنانچه در تعیین موقعیت اجسام متحرک خطا یا اشتباه رخ دهد باعث می‌شود که اطلاعات حرکتی نیز همراه با خطا و اشتباه باشد که درنهایت این امر منجر به کاهش قابلیت اعتماد می‌شود.

سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) به دلیل وجود برخی از خطاها مانند خطاهای مداری و ساعتی فرستنده، خطاهای چندمسیری، انحراف یونسفر و تروپسفر، خطاهای مربوط به گیرنده مانند ساعت گیرنده و همچنین وابسته بودن دقت این سامانه به شرایط آب‌وهوایی و قابل‌مشاهده بودن تعداد فرستنده‌ها، باعث می‌شود که در تعیین موقعیت با این سامانه، نمایش موقعیت متحرک بر روی نقشه همراه با خطا باشد [۱]. روش‌های مختلفی برای کم کردن این خطاها و یا نمایش موقعیت دقیق متحرک بر روی نقشه‌ها وجود دارد که یکی از این روش‌ها تناظر یابی یا به‌اصطلاح همتا یابی نقشه است (شکل ۱). این روش برآورد خوبی از موقعیت واقعی متحرک با استفاده از موقعیت‌یابی حاصل از GPS و اطلاعات موجود در نقشه‌های رقمی به دست می‌دهد [۲]. با استفاده از این روش می‌توان اختلاف موجود بین موقعیت دریافتی از GPS و موقعیت واقعی متحرک را کم کرد تا موقعیت متحرک با دقت بیشتری بر روی نقشه نمایش داده شود.



شکل ۱- مفهوم همتا یابی نقشه [۳]

۲-روش‌های همتا یابی نقشه

روش‌های مختلفی برای انجام عملیات همتا یابی نقشه وجود دارد که می‌توان آن‌ها را با توجه به نوع دیدگاه طبقه‌بندی و موردبررسی قرارداد. در ادامه به تعدادی از این روش‌ها به‌صورت خلاصه اشاره‌شده است [۹].

- روش هندسی: در این روش‌ها تنها از اطلاعات هندسی برای همتا یابی نقشه استفاده می‌شود.
- روش توپولوژیکی: روش هایی هستند که علاوه بر اطلاعات هندسی، از اطلاعات توپولوژیکی نیز استفاده می‌کنند.

در روش‌های هندسی نحوه اتصال خطوط به هم در نظر گرفته نمی‌شود بلکه تنها شکل و اطلاعات هندسی خطوط شبکه‌ها در نظر گرفته می‌شود [۴]. روش‌های استفاده از اطلاعات هندسی برای انجام همتا یابی نقشه به سه دسته نقطه‌به‌نقطه، نقطه به منحنی و منحنی به منحنی تقسیم‌بندی می‌شود [۹].

درروش نقطه‌به‌نقطه هدف منطبق کردن موقعیت تخمینی به نزدیک‌ترین گره یا شکل نقطه در شبکه هست. هرچند پیاده‌سازی این روش ساده هست اما نمی‌توان دقت مناسبی از این روش انتظار داشت [۵].

هدف روش نقطه به منحنی کردن نزدیک‌ترین خیابان و منطبق کردن موقعیت تخمینی به آن هست به این صورت که فاصله نقطه دریافتی از GPS از تمتم خطوط مستقیم منحنی‌ها محاسبه و نزدیک‌ترین آن انتخاب می‌شود گرچه نتایج این روش نسبت به روش نقطه‌به‌نقطه بهتر است اما ضعف عمده‌ای در تقاطع‌ها دارد [۶].

درروش منحنی به منحنی هدف پیدا کردن نزدیک‌ترین منحنی شبکه به مسیر حرکت موردنظر هست در این روش با توجه به اینکه نقطه اولیه از روش نقطه‌به‌نقطه مشخص می‌شود بنابراین ممکن است منجر به نتایج غیرقابل‌پیش‌بینی شود [۷].

روش استفاده از اطلاعات توپولوژی، روش دیگری است که در همتا یابی نقشه‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد. این روش از اطلاعات اتصالات و مجاورت بهره می‌برد تجربه نشان داده است که با استفاده از اطلاعات توپولوژیکی می‌توان دقت روش‌های موجود را بهبود بخشید [۸].

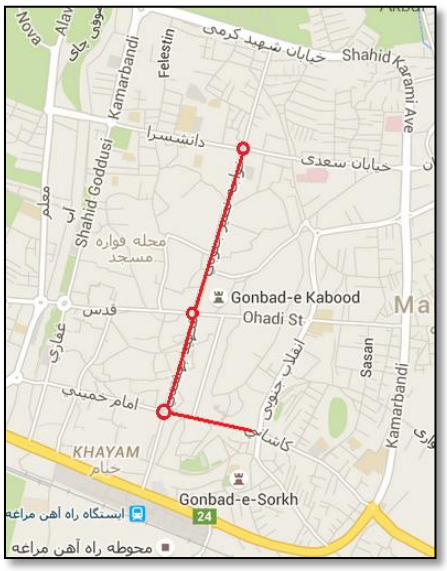
۳-روش مورداستفاده

جهت پیاده‌سازی سیستم همتا یابی نقشه بعدازاینکه منطقه موردمطالعه انتخاب شد داده‌ها و مختصات دقیق مربوط به منطقه از طریق نقشه‌های Google Map جمع‌آوری و وارد پایگاه داده شدند و سپس مطالعه مربوط به محاسبات و کد نویسی صورت گرفت و بعدازآن سیستم موردنظر پیاده‌سازی و برای آزمون در منطقه موردمطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت که فلوچارت روش کلی کار را می‌توان در (شکل ۲) مشاهده نمود.

شکل ۲- فلوچارت روش کلی کار

۳-۱-منطقه موردمطالعه

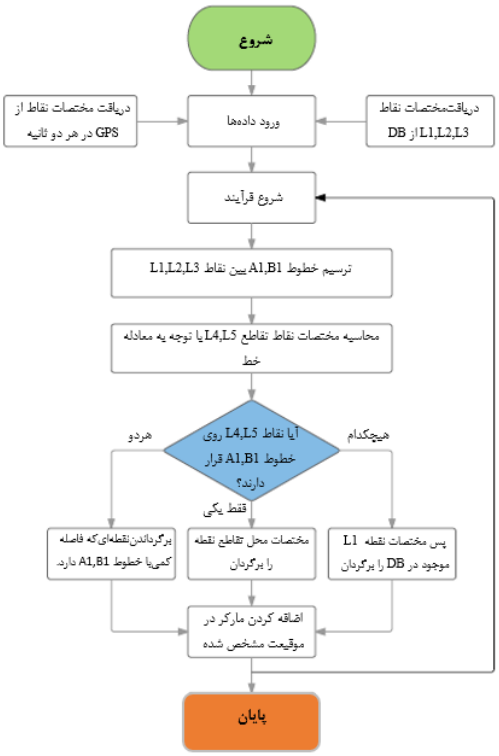
منطقه موردمطالعه یکی از خیابان‌های اصلی شهرستان مراغه، از شهرهای استان آذربایجان شرقی است (شکل ۳). داده‌های مربوط به این خیابان از طریق Google Map برداشت و وارد پایگاه داده شدند. با توجه به الگوریتم استفاده‌شده فاصله نقاط برداشت‌شده در مسیرهای مستقیم مهم نبوده و می‌تواند به‌صورت اختیاری انتخاب شود اما در تقاطع‌ها و چهارراه‌ها سعی شده است برای رسیدن به‌دقت مطلوب، تعداد نقاط کافی اخذ و وارد پایگاه داده شود.



شکل ۳- منطقه موردمطالعه

۳-۲-الگوریتم پیاده‌سازی

پس‌ازاینکه در مرحله قبل مختصات دقیق نقاط مرجع وارد پایگاه داده‌شده‌اند، در این بخش به معرفی الگوریتم استفاده‌شده برای انتقال نقاط دریافتی از GPS به موقعیت واقعی این نقاط بر روی نقشه می‌پردازیم (شکل ۴). همچنین متغیرهایی که در این پژوهش استفاده‌شده‌اند را می‌توان در (جدول ۱) مشاهده نمود.



شکل ۴- مراحل کلی الگوریتم استفاده‌شده

جدول ۱- متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش

ردیف	نام متغییر	توضیحات
۱	$L1$	نقطه هدف
۲	$L2$	نقطه قبل از هدف
۳	$L3$	نقطه بعد از هدف
۴	$L4$	نقطه تلاقی خطوط$A1, A2$
۵	$L5$	نقطه تلاقی خطوط$B1, B2$
۶	GPS	نقطه دریافتی ازGPS
۷	$A1$	خط مابین نقطه هدف و نقطه ما قبل
۸	$B1$	خط مابین نقطه هدف و نقطه ما بعد
۹	$A2$	خط عمود از نقطهGPS بر خط بین نقطه هدف و نقطه ماقبل
۱۰	$B2$	خط عمود از نقطهGPS بر خط بین نقطه هدف و نقطه مابعد
۱۱	$mA1$	شیب خط$A1$
۱۲	$mA2$	شیب خطA2
۱۳	$mB1$	شیب خطB1
۱۴	$mB2$	شیب خطB2
۱۵	$zA1$	عرض از مبدا خطA1
۱۶	$zA2$	عرض از مبدا خطA2
۱۷	$zB1$	عرض از مبدا خط$B1$
۱۸	$zB2$	عرض از مبدا خطB2
۱۹	$X1, Y1$	مختصات نقطه$L4$
۲۰	$X2, Y2$	مختصات نقطه$L5$

روش کلی این الگوریتم به این شکل هست که ابتدا مختصات متحرک در هر دو ثانیه از طریق GPS دریافت و با مختصات نقاط موجود در پایگاه داده مقایسه می‌شود سپس الگوریتم علاوه بر انتخاب نزدیک‌ترین نقطه موجود در پایگاه داده به نقطه دریافتی از GPS که در این مقاله به‌عنوان نقطه هدف (L1) در نظر گرفته‌شده است نقطه ماقبل هدف (L2) و نقطه مابعد هدف (L3) را نیز انتخاب می‌کند؛ و پس‌ازآن الگوریتم خط‌های A1,B1 را به ترتیب بین نقاط L1,L2 و L1,L3 در نظر گرفته و از موقعیت متحرک یا همان مختصات دریافتی از GPS، خطوط A2,B2 را بر روی خطوط A1,B1 و یا امتداد آن‌ها عمود رسم کرده تا در تقاطع این خطوط نقاط L4,L5 ایجاد گردد و سپس با استفاده از معادله خط می‌توان مختصات نقاط L4,L5 را به دست آورده (شکل ۵) و درنهایت الگوریتم بررسی می‌کند که آیا نقاط ایجادشده L4,L5 بر روی خطوط A1,B1 قرار گرفتن یا خیر که در صورت مثبت بودن پاسخ، یک مارکر بر روی آن ایجاد می‌کند.

```
m = x / y شیب خط
mA1 = (l1.Latitude - l2.Latitude) / (l1.Longitude - l2.Longitude)
mB1 = (l1.Latitude - l3.Latitude) / (l1.Longitude - l3.Longitude)
 با توجه به اینکه شیب خط عمود بر یک خط قرینه ی معکوس شیب همان خط است
mA2 = -1/mA1
mB2 = -1/mB1
z = y - mx
zA1 = l1.Latitude - (mA1 * l1.Longitude)
zB1 = l1.Latitude - (mB1 * l1.Longitude)
zA2 = Location1.Latitude - (mA2 * Location1.Longitude)
zB2 = Location1.Latitude - (mB2 * Location1.Longitude)
با جایگذاری در معادلات مختصات نقاط تلاقی به دست می آید
X1 = (zA2 - zA1) / (mA1 - mA2)
X2 = (zB2 - zB1) / (mB1 - mB2)
Y1 = mA1*X1 + zA1
Y2 = mB1*X2 + zB1
l4.Initialize2(Y1, X1)  ' نقطه ی تلاقی خطوط A2 و A1
l5.Initialize2(Y2, X2)  ' نقطه ی تلاقی خطوط B2 و B1
```

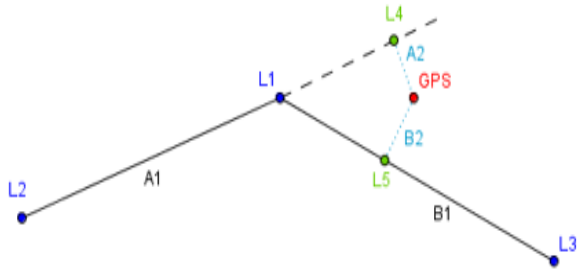
شکل ۵: استفاده از معادله خط برای به دست آوردن مختصات نقاط L4,L5

۳-۲-حالت‌های متحرک در تقاطع‌ها

وقتی‌که متحرک به تقاطع‌های می‌رسد الگوریتم ممکن است با چند حالت مختلف روبه‌رو گردد که در این قسمت به بررسی این حالت‌ها می‌پردازیم.

الف) حالت اول: ممکن است موقعیت متحرک بر خط B1 و امتداد خط A1 عمود باشد در این حالت فقط نقطه L5 معتبر بوده و الگوریتم مختصات موقعیت این نقطه را محاسبه کرده و آن را نمایش می‌دهد (شکل ۶).

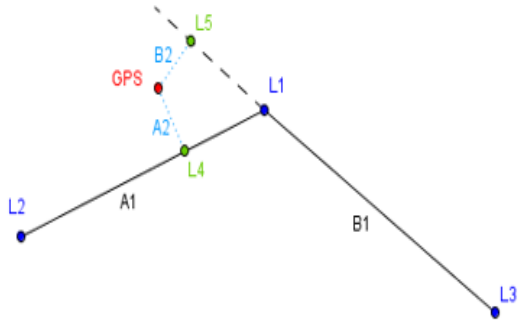
```
If Error15 < maxError Then
    gmap.AddMarker2(l5.Latitude, l5.Longitude, "targrt", gmap.HUE_blue)
    presentloc.Initialize(l5.Latitude, l5.Longitude)
    If lastLoc.IsInitialized Then
        PL.AddPoints(Array As Object(lastLoc, presentloc))
    End If
```



شکل ۶- معتبر بودن نقطه L5

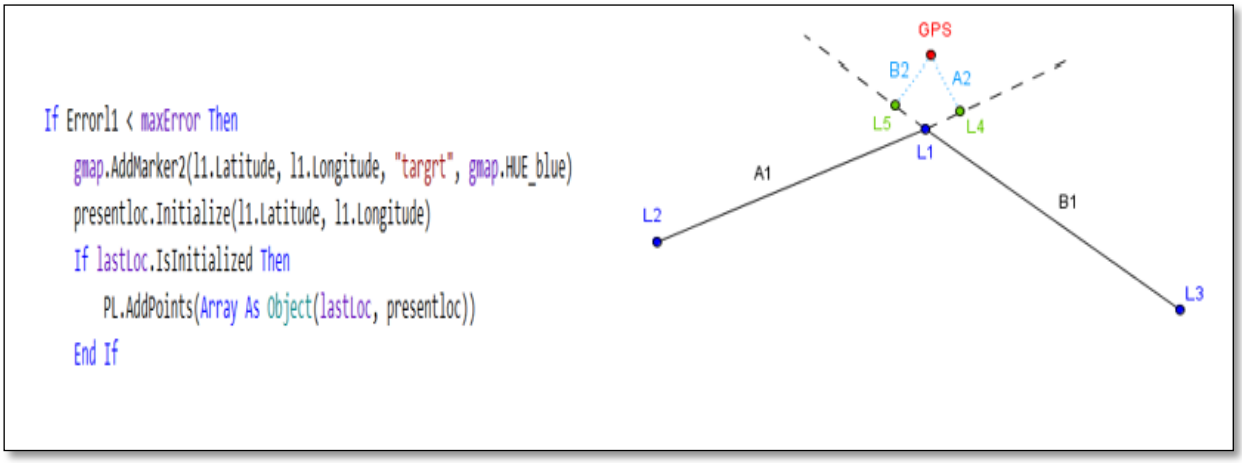
ب) حالت دوم: در این حالت موقعیت متحرک بر خط A1 و امتداد خط B1 عمود هست بنابراین در این صورت نقطه L4 جواب مسئله بوده و الگوریتم مختصات این نقطه را جهت نمایش محاسبه می‌کند (شکل ۷).

```
If Error14 < maxError Then
    gmap.AddMarker2(l4.Latitude, l4.Longitude, "targrt", gmap.HUE_blue)
    presentloc.Initialize(l4.Latitude, l4.Longitude)
    If lastLoc.IsInitialized Then
        PL.AddPoints(Array As Object(lastLoc, presentloc))
    End If
```



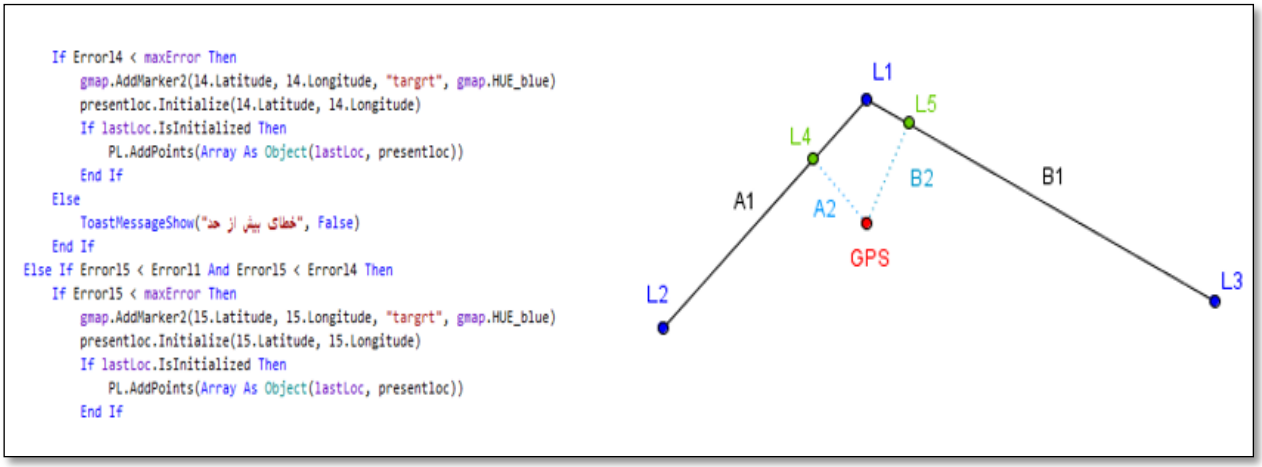
شکل ۷- معتبر بودن نقطه L4

ج) حالت سوم: در حالت بعدی ممکن است موقعیت متحرک به هیچ‌یک از خطوط A1,B1 عمود نشده بلکه بر امتداد این خطوط عمود باشد در این صورت هیچ‌کدام از نقاط L4,L5 جواب مسئله نبوده و الگوریتم مختصات نقطه L1 را از دیتابیس انتخاب و نمایش می‌دهد (شکل ۸).



شکل ۸- معتبر نبودن نقاط L4,L5

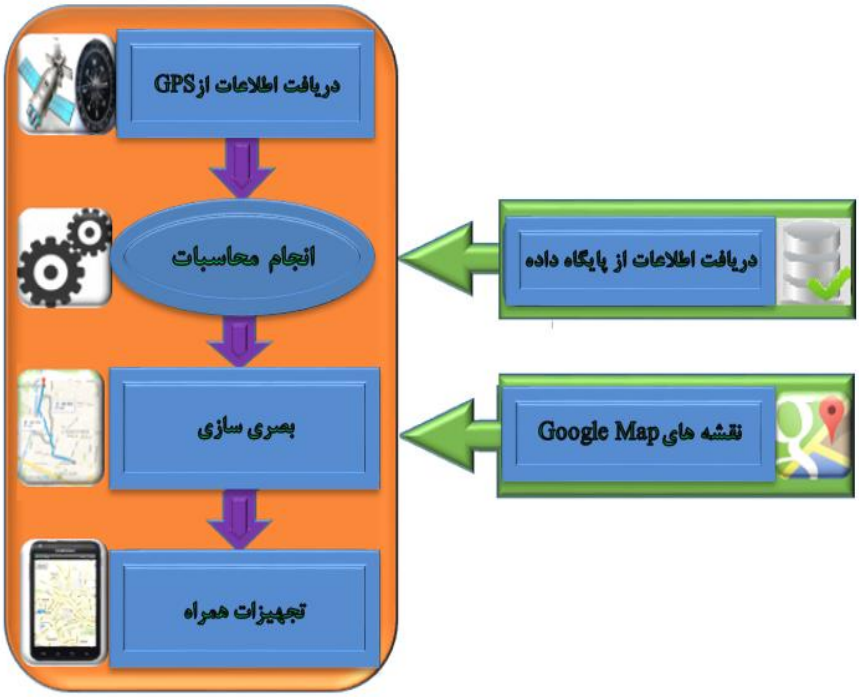
د) حالت چهارم: در آخرین حالت ممکن است موقعیت متحرک بر هر دو خط A1,B1 عمود باشد بنابراین هردو نقطه L4,L5 معتبر و پاسخ مسئله هست اما الگوریتم در این صورت فاصله نقطه موقعیت متحرک تا نقاط L4,L5 را بررسی کرده و نقطه‌ای که کمترین فاصله را داشته باشد به‌عنوان پاسخ نهایی مسئله انتخاب و موقعیت آن را نمایش می‌دهد (شکل ۹).



شکل ۹- معتبر بودن هر دونقطه L4,L5

۴- پیاده‌سازی و ارزیابی

معماری کلی سیستم پیاده‌سازی شده در (شکل ۱۰) مشاهده می‌شود. پس‌ازاینکه داده‌ها جمع‌آوری شدند مختصات آن‌ها در پایگاه داده Sqlit در یک جدول که شامل ۶ ستون هست ذخیره‌سازی شد (شکل ۱۱) این ستون‌ها مختصات نقطه هدف و نقاط ماقبل و مابعد هدف را نمایش می‌دهد همه نقاط موجود در این پایگاه داده می‌توانند هم نقطه هدف و هم نقاط ماقبل و مابعد هدف باشند. کد نویسی این سیستم در پلت فرم Basic4android ورژن ۵/۲۰ صورت گرفته است.



شکل ۱۰- معماری کلی سیستم

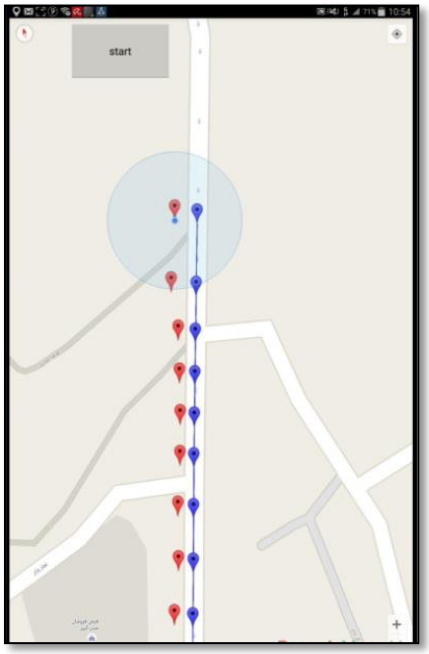
Id	lat	long	lat1	long1	lat2	long2
Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter
1	37.3846	46.23643	37.38464	46.23627	37.39728	46.24047
2	37.38464	46.23627	37.38472	46.23627	37.3846	46.23643
3	37.38472	46.23627	37.38476	46.23625	37.38464	46.23627
4	37.38476	46.23625	37.38479	46.23622	37.38472	46.23627
5	37.38479	46.23622	37.38483	46.23616	37.38476	46.23625
6	37.38483	46.23616	37.38485	46.23611	37.38479	46.23622
7	37.38485	46.23611	37.38488	46.23597	37.38483	46.23616
8	37.38488	46.23597	37.38513	46.23607	37.38485	46.23611
9	37.38513	46.23607	37.3854	46.23618	37.38488	46.23597
10	37.3854	46.23618	37.38572	46.23631	37.38513	46.23607
11	37.38572	46.23631	37.38662	46.23667	37.3854	46.23618
12	37.38662	46.23667	37.38725	46.23693	37.38572	46.23631
13	37.38725	46.23693	37.38752	46.23704	37.38662	46.23667
14	37.38752	46.23704	37.38806	46.23724	37.38725	46.23693
15	37.38806	46.23724	37.38869	46.23748	37.38752	46.23704

شکل ۱۱- قسمتی از پایگاه داده جمع‌آوری‌شده

و درنهایت نرم‌افزار در منطقه موردمطالعه، تست و مورد ارزیابی قرار گرفت کـه نتیجـه نهـایی ارزیـابی در (جـدول۲) و تصویر آن در (شکل ۱۲) قابل‌مشاهده است. آیکن‌های قرمز مربوط به موقعیت متحرک که از طریق GPS دریافت شـده است و آیکن‌های آبی که موقعیت واقعی متحرک است توسط نرم‌افزار مشخص می‌شود.

جدول۲- ارزیابی نتایج

خطای کل	متوسط خطا بر اساس نوع مسیر	مقدارخطای هر نقطه (متر)	مختصات نقاط همتایابی شده		مختصات دریافتی از GPS		ردیف	نوع مسیر
			طول	عرض	طول	عرض		
۳.۱۸	۲.۲۵۷	.۲۷۴	۴46.2374	۵37.3886	46.23744	4۶37.388	۱	مسیر مستقیم
		14.5	46.23745	37.38863	46.23741	37.38864	۲	
		4.09	46.23742	۱37.3885	46.23738	37.38856	۳	
		۶2.9	46.23739	37.38846	46.23736	37.38847	۴	
		3.07	46.23735	37.38837	46.23732	37.38838	۵	
		3.56	46.23732	37.38828	46.23729	37.38830	۶	
		3.51	46.23729	37.38820	46.23725	37.38821	۷	
		3.45	46.23725	37.38810	46.23722	37.38812	۸	
		3.45	46.23722	37.38801	46.23718	37.38802	۹	
		3.37	46.23718	37.38790	46.23714	37.38791	۱۰	
		3.11	46.23712	37.38775	46.23709	37.38776	۱۱	
		2.47	46.23705	37.38756	46.23703	37.38757	۱۲	
		2.24	46.23697	37.38735	۴46.2369	37.38736	۱۳	
		1.89	46.2368	37.38715	46.23687	37.38716	۱۴	
		1.46	46.23682	37.38698	46.23680	37.38699	۱۵	
		1.81	46.23675	37.38683	۴46.2367	37.38684	۱۶	
		1.46	46.2367	۱37.3867	46.23669	37.38671	۱۷	
		0.64	46.23665	37.38657	46.23664	37.38657	۱۸	
		0.86	46.2365	37.38643	46.23658	37.38644	۱۹	
		0.09	46.23654	37.38631	46.23654	37.38631	۲۰	
		0.36	46.23650	37.38619	46.23650	37.38619	۲۱	
		0.60	46.23645	37.38608	46.23646	37.38607	۲۲	
		0.84	46.23640	37.38596	46.23641	37.38596	۲۳	
		1.18	46.23636	37.38585	46.2363	37.38584	۲۴	
		1.21	46.23631	37.38574	46.2363	37.38573	۲۵	
	۴.۱۰۲	7.15	46.24058	37.397	46.2406	37.39694	۲۶	تقاطع ها
		5.10	46.24067	37.39702	46.24070	37.39698	۲۷	
		2.61	46.24073	37.39706	46.24075	37.39704	۲۸	
		1.88	46.24078	37.39713	46.24076	37.39713	۲۹	
		3.77	46.24074	37.39724	46.24071	37.39722	۳۰	



شکل ۱۲- آزمون نرم‌افزار

۵-نتیجه‌گیری

با توجه به عملکرد و وجود خطا در سامانه‌های تعیین موقعیت مانند GPS، مشخص کردن موقعیت واقعی متحرک بر روی نقشه از اهمیت بالایی برخوردار هست. روش‌های مختلفی در انجام همتا یابی نقشه برای کاهش اختلاف بین موقعیت دریافتی از GPS و موقعیت واقعی متحرک وجود دارد که هرکدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایب هست. در این پژوهش ما از روش معادله خط برای پیاده‌سازی همتا یابی نقشه استفاده کردیم که نتایج نشان داد که الگوریتم مورداستفاده می‌تواند دقت تعیین موقعیت متحرک را حدود ۲/۲۵۷ متر در مسیرهای مستقیم و ۴/۱۰۲ متر در تقاطع‌ها و ۳/۱۸ متر در کل مسیر را بهبود بخشد که این در موقعیت یابی یک متحرک می‌تواند نقش به سزایی داشته‌باشد.

مراجع:

[۱] Pan, Xi. and Yang, S. “The Research of GPS Localization and Map-Matching Method”, International Conference on Educational and Network Technology (ICENT), pp 215 – 217(2010)

[۲] Pashaian, M., M. R. Mosavi, and M. Pashaian. "Accurate intelligent map matching algorithms for vehicle positioning system." IJCSI International Journal of Computer Science Issues 9 (2012).

[۳] ابراهیمیان قاجاری, یاسر و علی‌اصغر آل شیخ، ۱۳۸۷، بررسی روش‌های Map Matching موجود و انتخاب روش بهینه برای استفاده در سیستمهای مدیریت اشیاء متحرک، همایش ژئوماتیک ۸۷، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور

[۴] Greenfeld, Joshua S. "Matching GPS observations to locations on a digital map." Transportation Research Board 81st Annual Meeting. 2002.

[۵] Bernstein, David, and Alain Kornhauser. "An introduction to map matching for personal navigation assistants." (1998).

[۶] Zhou, Jianyu, and Reginald Golledge. "A three-step general map matching method in the GIS environment: Travel/transportation study perspective." International Journal of Geographical Information System 8.3 (2006): 243-260.

[۷] Quddus, Mohammed A., Washington Y. Ochieng, and Robert B. Noland. "Current map-matching algorithms for transport applications: State-of-the art and future research directions." Transportation Research Part C: Emerging Technologies 15.5 (2007): 312-328.

[۸] Greenfeld, Joshua S. "Matching GPS observations to locations on a digital map." Transportation Research Board 81st Annual Meeting. 2002.

[۹] حسنی پازکی سجاد, ملک محمدرضا، بررسی مقایسه‌ای روش‌های تناظر یابی نقشه، نشریه علمی ترویجی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دوره سوم، شماره۴، آذرماه۱۳۹۱