

ارائه یک روش تطبیق نقشه برای سیستم‌های ناوبری خودرو در شهر تهران با استفاده از نقاط راهنما و اتوماتای سلولی

جواد احمدی

دانشکده مهندسی برق، رایانه و فن‌آوری اطلاعات
دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین
ahmadi_javad@yahoo.com

محمد رضا میبدی

دانشکده مهندسی برق، رایانه و فن‌آوری اطلاعات
دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین
mmaybodi@aut.ac.ir

احسان کوروش فر

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فن‌آوری اطلاعات
دانشگاه صنعتی امیرکبیر
kouroshfar@ce.sharif.edu

چکیده: افزایش بهره‌گیری از سیستم‌های ناوبری خودرو مطالعه در بخش‌های مختلف این سیستم‌ها را به حوزه پژوهشی مهمی تبدیل کرده است. دریافت مختصات جغرافیایی و تعیین موقعیت خودرو بر روی نقشه وظیفه قسمت تطبیق نقشه در این سیستم‌ها است. عدم وجود نقشه‌های دیجیتالی از شهر تهران پژوهش در این زمینه را امری حیاتی ساخته است. در این مقاله روش جدیدی برای بخش تطبیق نقشه در سیستم‌های ناوبری خودرو برای شهر تهران ارائه می‌گردد. این روش که بر اساس ساختار جغرافیایی تهران طراحی شده است از نقاط راهنما استفاده می‌کند. نکته کلیدی در استفاده از این نقاط، انتخاب درست آنها است. در روش پیشنهادی، نقشه شهر تهران در قالب اتوماتای سلولی دو بعدی افزاز و بهترین روش برای انتخاب نقاط راهنما بر اساس ساختار جغرافیایی تهران معرفی می‌گردد. کارایی این روش در نقاط مختلف شهری آزمایش شده و نتایج مطلوبی بدست آمده است.

واژه‌های کلیدی: سیستم‌های ناوبری خودرو، تطبیق نقشه، نقاط راهنما، اتوماتای سلولی.

مقدمه

رشد بهره‌گیری از سیستم‌های ناوبری خودرو در سال‌های اخیر کاملاً محسوس بوده است. از طرفی رشد شهرها و نیازهای زندگی امروز، شرح وظایف جدیدی برای این تجهیزات رقم زده است. این سیستم‌ها علاوه بر کمک به افراد در سفرها و طی مسیر در خیابان‌ها و جاده‌های جدید، برای نیروهای امداد رسانی زمینی نیز بسیار مفید هستند [۳]. سیستم ناوبری خودرو دارای پنج بخش است که هر یک قسمتی از وظایف این سیستم را انجام می‌دهند. این بخش‌ها عبارتند از: نقشه‌های دیجیتالی، تعیین موقعیت، تطبیق نقشه، مسیریابی و راهنمای مسیر [۱]. اطلاعات هندسی شبکه راه‌ها مهمترین بخش از داده‌های نقشه‌های دیجیتال می‌باشد. استاندارد نقشه‌های دیجیتالی در کشورهای مختلف متفاوت است. فرمت GDF که در اروپا تدوین شده جامع‌ترین استاندارد موجود است [۲]. دقت و صحت داده‌های این بخش تاثیر مستقیم در قسمت تطبیق نقشه دارد. بخش تعیین موقعیت مشخص کننده مختصات جغرافیایی خودرو است. تعیین موقعیت با استفاده از تجهیزات

ماهواره‌ای و سنسور سرعت زاویه‌ای صورت می‌گیرد [۶]. این تجهیزات به عنوان بخشی از سیستم ناوبری خودرو وظیفه مربوط به مکان‌یابی را در طول مسیر انجام می‌دهند. از بارزترین تجهیزات مکان‌یابی ماهواره‌ای می‌توان به GPS اشاره کرد. GPS موقعیت وسیله نقلیه را بوسیله دریافت سیگنال‌هایی از حداقل چهار ماهواره انجام می‌دهد که در ارتفاع حدود ۲۰۲۰۰ کیلومتر بالاتر از سطح دریا قرار دارند [۶]. هرچه دقت تجهیزات مکان‌یابی بیشتر باشد، تعیین موقعیت با دقت بیشتری انجام می‌گیرد. تعیین موقعیت وسیله نقلیه بر روی نقشه دیجیتالی بر اساس اطلاعات قسمت مکان‌یابی وظیفه بخش تطبیق نقشه است [۸]. در ادامه بر اساس تعیین موقعیت صورت گرفته، بهترین مسیر در قسمت مسیریابی تعیین می‌گردد [۱۴]. در نهایت بخش راهنمایی مسیر بر اساس ابزارهای گنجانده شده که می‌تواند صوت یا تصویر باشد، راننده را در طول مسیر یاری می‌کند [۴][۵]. صحت عملکرد دو بخش آخر به بخش تعیین موقعیت بستگی دارد. از طرفی عملکرد این بخش نیز وابسته به دو بخش ماقبل خود است [۱۳]. امروزه دقت دستگاه‌های GPS به حد قابل قبولی رسیده است. در صورت داشتن نقشه دیجیتالی جامع بخش تعیین موقعیت می‌تواند وظیفه خود را با خطا بسیار اندکی انجام دهد. تحقیق صورت گرفته در این مقاله بر روی بخش تعیین موقعیت در شهر تهران می‌باشد. از آنجایی که شهر تهران فاقد نقشه‌های دیجیتال است، مطالعه و یافتن روش‌های جدید برای تعیین موقعیت در این شهر ضروری است. هدف دریافت مختصات جغرافیایی دریافتی از دستگاه GPS و تبدیل این مختصات به مختصات نقشه‌ای است. روش ارائه شده بر دو اصل نقاط راهنما و انتخاب درست آنها استوار است. نقاط راهنما نقاطی هستند که مختصات جغرافیایی و مختصات نقشه‌ای آنها به صورت دقیق اندازه‌گیری شده است. در ابتدا بر اساس نقاط راهنما رابطه‌ای غیر خطی برای تبدیل مختصات جغرافیایی به مختصات نقشه‌ای ارائه می‌گردد. از نقاط راهنما برای محاسبه نسبت دو مختصات و همچنین انحراف نسبت محاسبه شده استفاده می‌شود. با انتخاب درست نقاط راهنمایی که تاثیر مستقیم در محاسبه نسبت و انحراف دارند، عملیات تطبیق نیز به درستی انجام خواهد شد. در این مقاله ابتدا روش‌های ساده را در انتخاب نقاط راهنما



شکل ۱ نقشه حاصل از قرار گرفتن ۱۲۸ عکس کنار هم

دقیقه و ثانیه بیان می‌کنند. هر درجه ۶۰ دقیقه و هر دقیقه ۶۰ ثانیه است. با این توضیح می‌توان نتیجه گرفت طول جغرافیایی میدان آزادی ۵۱ درجه و ۴۱ دقیقه و ۵۳/۵۲ ثانیه است. هر دو نقطه که فقط یک دقیقه یا یک ثانیه با هم اختلاف داشته باشند به ترتیب ۱/۸۵ کیلومتر و ۱۱۱ متر با هم فاصله دارند. تمام نقاط شهر تهران در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و طول ۵۱ درجه قرار داشته و نقاط در دقیقه و ثانیه با هم اختلاف دارند. با جستجوی در میان ۱۲۸ عکس موجود متوجه می‌شویم میدان آزادی در عکس ۳۵b واقع است. اگر گوشه سمت چپ در قسمت بالای مانیتور را به عنوان مرکز مختصات در نظر بگیریم، مرکز میدان آزادی دارای طول ۱۲۲۰ و عرض ۴۳۳ است. این طول و عرض، مختصات میدان آزادی در روی عکس ۳۵b است. برای بدست آوردن مختصات میدان آزادی در کل نقشه، بایستی به این طول و عرض مختصات موقعیت عکس ۳۵b در نقشه کل^۱ نیز افزوده شود. جدول ۱ چند نقطه دیگر را در کنار هم نشان می‌دهد. در این جدول از مختصات جغرافیایی و مختصات نقشه‌ای، به طول اشاره شده است. همچنین از آنجایی که طول جغرافیایی تمام نقاط در تهران ۵۱ درجه است فقط دقیقه نقاط در جدول درج شده است. با بررسی اعداد و نسبتی که از تقسیم مختصات نقشه به مختصات جغرافیایی بدست آمده متوجه می‌شویم که پیدا کردن یک رابطه خطی ساده برای تبدیل این دو مختصات به هم امری ناممکن است.

۳-۱ مختصات جغرافیایی ورودی

مختصات جغرافیایی که قصد تبدیل آن به مختصات نقشه را داریم از دستگاه GPS دریافت می‌کنیم. دستگاه گیرنده GPS مورد استفاده ما در این تحقیق، محصولی از شرکت اورمور^۱ و از مدلی با نام BT800 می‌باشد.

را آزمودیم، ولی در نهایت به منظور ایجاد بستر لازم برای انتخاب درست نقاط راهنما، نقشه تهران را در قالب اتوماتای سلولی دو بعدی افزار کردیم. بر این اساس، بهترین روش برای انتخاب نقاط راهنما را مطابق ساختار جغرافیایی تهران ارائه کردیم. ساختار ادامه مقاله به شرح زیر است. در بخش دوم، نقشه مورد استفاده در این تحقیق معرفی می‌گردد. در بخش سوم، به مقایسه مختصات جغرافیایی و مختصات نقشه اشاره می‌کنیم. نقاط راهنما و طریقه بدست آوردن آنها نیز در این بخش بیان شده است. تبدیل مختصات جغرافیایی به مختصات نقشه در بخش چهارم مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش پنجم، به روش‌های اولیه انتخاب نقاط راهنما اشاره می‌کنیم. راهکارهای ارائه شده برای بهبود کارایی در بخش ششم شرح داده شده است. در انتها ضمن نتیجه‌گیری، اشاره‌ای به کارهای آینده در این زمینه خواهیم داشت.

نقشه مورد استفاده در این تحقیق

نقشه‌ای که در تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است از کنار هم قرار گرفتن ۱۲۸ عکس با فرمت bmp ایجاد می‌گردد. ابعاد تمام عکس‌ها ۱۲۰۰×۱۸۰۰ بوده و از امکان بزرگ نمایی بالایی برخوردار هستند. این نقشه توسط نرم افزار GeoMap که در دانشگاه امیرکبیر آماده شده برداری شده است. اطلاعات لازم برای ساخت نقشه در یک فایل ذخیره می‌گردد. هریک از این ۱۲۸ عکس دارای یک رکورد در این فایل است. خط زیر نمونه‌ای از رکورد این نرم افزار را نشان می‌دهد.

10800,12000:C:\Geomap\Map\52a.bmp.bmp

این رکورد نشان می‌دهد مختصات موقعیت این عکس در نقشه کل تهران برابر (۱۲۰۰, ۱۰۸۰۰) است. اطلاع بعدی که در ادامه موقعیت آمده محل قرار گرفتن این عکس در حافظه است. شکل ۱ نشان دهنده نقشه‌ای است که از کنار هم قرار گرفتن ۱۲۸ عکس مذکور ایجاد می‌گردد. هر مکان که به نقطه‌ای در یکی از این ۱۲۸ عکس اشاره می‌کند دارای دو موقعیت است. موقعیت اول مکان نقطه روی خود تصویر و موقعیت دوم مکان آن نسبت به کل نقشه تهران است. برای تعیین موقعیت روی نقشه نیازمند محاسبه موقعیت دوم هستیم.

مقایسه مختصات جغرافیایی با مختصات نقشه و

نقاط راهنما

هر نقطه در روی زمین دارای مختصات مشخصی است که به آن مختصات جغرافیایی می‌گویند. مختصات جغرافیایی در دو پارامتر طول و عرض جغرافیایی بیان می‌شود [۹]. به عنوان مثال برج آزادی که در مرکز میدان آزادی تهران قرار دارد، دارای طول ۵۱/۶۹۸۲ درجه و عرض جغرافیای ۳۵/۹۸۹۳ درجه است. مختصات جغرافیایی را برحسب درجه،

^۱ EVERMORE

۵۲ا تعیین شده است را نشان می‌دهد. مختصات جغرافیایی در سمت چپ تصویر دیده می‌شود.

Guide Point Count : 13

1:35.6481,51.4124
2:35.6476,51.4156
3:35.653,51.4135
4:35.6521,51.4161
5:35.656,51.4128
6:35.6548,51.413



شکل ۲ نقاط راهنما برای تصویر ۵۲ا

تبدیل مختصات جغرافیایی به مختصات نقشه

در اولین گام برای تبدیل مختصات جغرافیایی به مختصات نقشه، مجموعه‌ای تحت عنوان نقاط راهنما تهیه کردیم. هدف این قسمت ارائه راهکاری عملی برای استفاده از این مجموعه است. در تبدیل یک مختصات به مختصات دیگر، نکته مهم محاسبه نسبت این دو فضا نسبت به هم است. به عنوان مثال اگر دو نقشه تهران با اندازه‌های مختلف در اختیار داشته باشیم و موقعیت میدان ولیعصر را در نقشه اول تعیین کنیم، برای تعیین موقعیت این میدان در نقشه دوم کافی است طول و عرض محاسبه شده در نسبت این دو نقشه ضرب گردد. این عملیات در عین سادگی نتیجه درست را در بر دارد، ولی در مورد تبدیل مختصات جغرافیایی به مختصات نقشه‌ای نتیجه درستی نمی‌دهد. علت اصلی این نتیجه نادرست، در متغیر بودن نسبت این دو فضای مختصات است. هدف دریافت مختصات جغرافیایی به عنوان ورودی و محاسبه مختصات نقشه‌ای به عنوان خروجی است. مشکل اصلی در این محاسبه، تعیین نسبت این دو فضای مختصات است. ساده‌ترین راه برای محاسبه نسبت، یافتن نزدیک‌ترین نقطه راهنما به نقطه ورودی و تقسیم مختصات نقشه‌ای و مختصات جغرافیایی این نقطه بر هم است. برای محاسبه فاصله می‌توان از فرمول فاصله اقلیدسی استفاده کرد. این روش در عین سادگی خطای زیادی دارد. استفاده از دو نقطه راهنما نزدیک به نقطه ورودی و محاسبه میانگین نسبت این دو نقطه نیز خطا را کاهش نمی‌دهد. در بخش بعدی رابطه‌ای غیر خطی را ارائه می‌کنیم که برآیند تمام نقاط راهنما را در نظر می‌گیرد.

۴-۱ رابطه غیر خطی تبدیل

قبل از معرفی رابطه پیشنهادی چند اصطلاح را تعریف می‌کنیم. در این بخش از calG برای نشان دادن مختصات نقشه‌ای تخمینی استفاده می‌کنیم. gps1 و map1 به ترتیب نشان دهنده مختصات جغرافیایی و مختصات نقشه‌ای یک نقطه راهنما هستند. در ابتدا برای تمامی نقاط راهنما یک مقدار تخمینی محاسبه می‌کنیم. برای محاسبه این مقدار تخمینی از رابطه (۱) استفاده می‌کنیم.

جدول ۱ طول جغرافیایی و طول نقشه‌ای تعدادی مکان در تهران

ردیف	محل	مختصات جغرافیایی (دقیقه)	شماره عکس	طول نقطه در نقشه	نسبت
۱	میدان انقلاب	۲۳/۴۶۶	۳۳b	۱۰۰۵۸	۴۲۸
۲	تقاطع ولیعصر - بهشتی	۲۴/۸۲۲	۲۲b	۱۱۵۱۷	۴۶۳
۳	تقاطع ولیعصر - میرداماد	۲۴/۶۰۶	۱۱b	۱۱۲۷۳	۴۵۸
۴	میدان محمدیه	۲۴/۹۴۲	۴۲b	۱۱۶۵۸	۴۶۷
۵	تقاطع رسالت - درشت	۳۰/۲۲۸	۱۹b	۱۷۳۴۵	۵۷۳

این دستگاه‌ها کلاس جدیدی از تجهیزات مکان‌یابی هستند که به GPS Tracker معروف می‌باشند. این دستگاه در فاصله زمانی مشخص، مختصات موقعیت را به همراه اطلاعات دیگر در فایل ثبت موقعیت خود ذخیره می‌کند. شرکت سازنده در کنار دستگاه، نرم افزاری به نام EverMore Photologer ارائه می‌کند که از طریق آن می‌توان فایل ثبت موقعیت GPS را به فرمت استاندارد NMEA تبدیل کرد. این استاندارد متعلق به سازمان دریانوردی امریکا است. این سازمان بیش از پنجاه و هشت نوع فرمت برای خروجی دستگاه‌های مکان‌یابی معرفی کرده است [۱۵]. GPS مورد استفاده ما استاندارد GPRMC را برگزیده است. خط زیر یک نمونه رکورد از فایل ثبت موقعیت این دستگاه را نشان می‌دهد.

\$GPRMC,084756.001,A,3542.8917,N,5120.1593,E,017.0,000.0,040909,000.0,W*77

هر خط رکورد به ترتیب از چپ به راست اطلاعاتی از قبیل نام استاندارد، زمان، وضعیت گیرنده، عرض جغرافیایی، نیمکره شمالی یا جنوبی، طول جغرافیایی، نیمکره شرقی یا غربی، سرعت به گره دریایی، خطا، تاریخ، انحراف و وضعیت کلی دستگاه را نشان می‌دهد. فرمت این استاندارد به گونه‌ای است که دو حرف اول مختصات جغرافیایی، درجه و حروف بعدی دقیقه جغرافیایی است. این دستگاه دقیقه جغرافیایی را تا چهار رقم اعشار ثبت می‌کند. در رکوردی که به عنوان نمونه آورده شده است، عرض جغرافیایی مکان مورد نظر ۳۵ درجه و ۴۲/۸۲۱۷ دقیقه می‌باشد.

۳-۲ نقاط راهنما

نقاط راهنما نقاطی هستند که مختصات جغرافیایی و مختصات نقشه‌ای آنها به طور دقیق اندازه‌گیری شده است. از نقاط راهنما برای تطبیق مختصات جغرافیایی نقاطی که از GPS گرفته می‌شود استفاده می‌شود. آنچه مهم است نحوه تعیین این نقاط است. در این مقاله برای تعیین نقاط راهنما از سرویس Virtual Earth شرکت مایکروسافت استفاده شده است [۱۲]. شکل ۲ تعدادی از نقاط راهنما که برای عکس شماره

حال پس از محاسبه v و r ، برای محاسبه جواب نهایی بایستی آفست نهایی به مقدار تخمینی نقطه ورودی افزوده شود. رابطه‌ای که جواب نهایی را محاسبه می‌کند در رابطه (۸) نشان داده شده است.

$$\text{result} = \text{cal} + (v/r) \quad (۸)$$

در یک استنتاج منطقی از توضیحاتی که در بالا عنوان شد می‌توان نتیجه گرفت میزانی که به عنوان آفست به پاسخ نهایی افزوده می‌شود بستگی به فاصله نقطه ورودی از نقاط راهنما و تخمین اولیه نقاط راهنما دارد. هرچه تعداد نقاط راهنما در اطراف نقطه ورودی بیشتر و تخمین بدست آمده برای نقاط راهنما از خطا کمتری برخوردار باشد v/r کمتر بوده و تخمین اولیه خطا کمتری دارد. در ادامه با داشتن رابطه بالا، حالت‌های مختلف بهره‌گیری از نقاط راهنما را بررسی می‌کنیم.

انتخاب نقاط راهنما

سوالی که در ادامه مطرح می‌گردد نحوه انتخاب نقاط راهنما است. در این بخش قصد داریم مدل‌های مختلف انتخاب نقاط راهنما را بررسی کنیم. ابتدا روش‌های ساده‌تر را عنوان کرده و نتایج حاصل از این انتخاب‌ها را بررسی می‌کنیم. سپس دو راهکار برای بهبود نتایج پیشنهاد می‌کنیم.

۵-۱ تعیین نقاط راهنما در یک محدوده شهری

در این روش به جای تعیین نقاط راهنما در کل شهر تهران، این نقاط در یک قسمت محدود شهری تعیین شده است. از این مجموعه برای انجام عملیات تطبیق در تمام نقاط تهران استفاده می‌کنیم. با توجه به وسعت شهر تهران این ساده‌ترین روش است. ولی بررسی‌ها نشان داد این روش دارای خطای زیادی است. در یک آزمایش، ابتدا تعدادی نقاط راهنما در محدوده میدان ولیعصر و هفت تیر انتخاب کردیم. این محدوده در تصویر 32a قرار دارد. از مجموعه log فایل‌های GPS حاصل از سفرهای درون شهری که برای جمع‌آوری داده انجام شده بود، مسیری را انتخاب کردیم که در جنوب شهر تهران طی شده بود. تصویر ماهواره‌ای این سفر در شکل سه در قسمت الف نشان داده شده است. مسیر حرکت خودرو با مربع‌های قرمز مشخص شده است.



الف

$$\text{calG} = \text{gpsG} \times k - (k \times \text{gps1} - \text{map1}) \quad (۱)$$

K رابطه (۱) از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$K = (\text{map1} - \text{map2}) / (\text{gps1} - \text{gps2}) \quad (۲)$$

رابطه شماره (۲) نسبت مختصات نقشه‌ای به مختصات جغرافیایی را محاسبه می‌کند و رابطه (۱) از این نسبت برای محاسبه مختصات نقشه‌ای داده ورودی استفاده می‌کند. به منظور تصحیح خطا از همین نسبت برای محاسبه مختصات نقشه‌ای نقطه راهنمای شماره یک نیز استفاده می‌شود $(k \times \text{gps1})$. از آنجایی که مختصات نقشه‌ای نقطه شماره یک از قبل محاسبه شده است (map1) اختلاف این دو مقدار می‌تواند معیار خوبی برای محاسبه انحراف باشد. در نهایت، انحراف بدست آمده را به جواب نهایی اضافه می‌شود. البته رابطه فوق یک بار برای طول و یک بار برای عرض جغرافیایی مقداردهی و محاسبه می‌گردد. رابطه (۳) و (۴) محاسبه مقدار تخمینی و نسبت را برای طول نشان می‌دهد.

$$\text{calG}_x = \text{gpsG}_{\text{lon}} \times k_x - (k_x \times \text{gps1}_{\text{lon}} - \text{map1}_x) \quad (۳)$$

$$K_x = (\text{map1}_x - \text{map2}_x) / (\text{gps1}_{\text{lon}} - \text{gps2}_{\text{lon}}) \quad (۴)$$

عنوان شد که هدف دریافت مختصات جغرافیایی به عنوان ورودی و محاسبه مختصات نقشه‌ای به عنوان خروجی است. برای این منظور، ابتدا تخمین اولیه‌ای از مختصات نقشه‌ای ورودی با استفاده از رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$\text{Cal}_{\text{input}} = \text{input} \times k - (k \times \text{gps1} - \text{map1}) \quad (۵)$$

توضیح بالا در این رابطه نیز صادق بوده و محاسبات یک بار برای طول و یک بار برای عرض تکرار شده و در هر بار از K مربوطه استفاده می‌شود. حال برای تصحیح تخمین بدست آمده برای نقطه ورودی، تاثیر نقاط راهنما بر نقطه ورودی را محاسبه و به تخمین بدست آمده اضافه می‌کنیم. به عبارت بهتر ما به دنبال محاسبه آفست انحراف نقطه ورودی هستیم. باید نقاط راهنما نزدیک به نقطه ورودی از تاثیر گذاری بیشتری نسبت به نقاط دورتر از نقطه ورودی، در محاسبه آفست انحراف برخوردار باشند. برای بدست آوردن معیار مناسب از فاصله نقطه ورودی با نقاط راهنما، مقدار r را با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌کنیم.

$$\Sigma r = 1 / (\text{distance}(\text{input}, \text{gpsG})) \quad (۶)$$

در صورتی که بخواهیم r دو نقطه ورودی مجزا را بررسی کنیم مشاهده می‌کنیم، نقطه‌ای ورودی که نقاط راهنما بیشتری در اطراف خود دارد، دارای r بزرگتری است. رابطه (۱) برای هر یک از نقاط راهنما یک مختصات تخمینی محاسبه می‌کند. به عبارت بهتر مختصات جغرافیایی هر نقطه راهنما به عنوان نقطه ورودی در نظر گرفته شده و مختصات نقشه‌ای برای آن از طریق رابطه یک محاسبه می‌شود. حال با استفاده از رابطه (۷) میزان انحراف تخمین را نیز محاسبه می‌کنیم.

$$\Sigma v = 1 / (\text{distance}(\text{mapG}, \text{calG})) \quad (۷)$$

ارائه دو روش برای بهبود کارایی تطبیق

همان طور که نتایج بالا نشان می‌دهد پیدا کردن روشی که بتواند نتیجه بهتری ارائه کند اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. نگاه دقیق‌تری به رابطه عنوان شده در قسمت ۴-۱ نشان می‌دهد، در دو حالت می‌توان نتیجه بهتری از آن بدست آورد. حالت اول کمینه کردن خطای محاسبه نسبت دو نقشه (K) است و حالت دوم انتخاب درست نقاط راهنمایی است که تاثیر مستقیم در نتیجه دارند. دو نقطه‌ای که برای محاسبه نسبت دو نقشه استفاده می‌شوند به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند. برای کمینه کردن خطای محاسبه نسبت دو نقشه، باید این دو نقطه دقیق‌تر برگزیده شوند. برای رسیدن به حالت دوم یعنی انتخاب درست نقاط راهنمایی که تاثیر مستقیم در پاسخ دارند، نیازمند ایجاد بستری برای افزایش حالت‌های انتخاب هستیم. در ادامه روش‌هایی که بر مبنای این دو حالت هستند را معرفی و توضیح می‌دهیم.

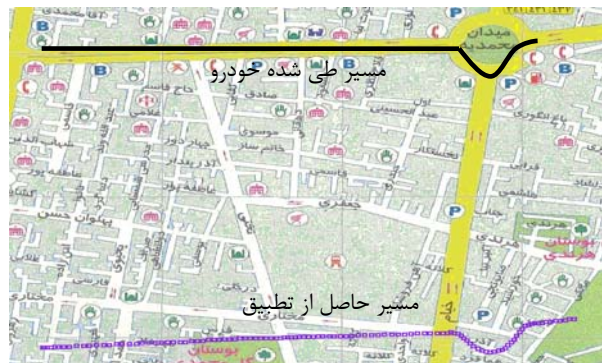
۶-۱ راهکار اول: روش دورترین نقاط

دو نقطه راهنمایی که در رابطه محاسبه نسبت (K) استفاده می‌گردد به صورت تصادفی انتخاب می‌گردند. در روش جدیدی به جای استفاده از نقاط تصادفی، دو نقطه با ویژگی خاص را انتخاب می‌کنیم. با جستجو در میان نقاط راهنما، دو نقطه‌ای را به عنوان نقاط راهنمای اول و دوم برای جای گذاری در رابطه نسبت انتخاب می‌کنیم که از لحاظ مختصات نقشه‌ای در دورترین نقطه ممکن از هم قرار داشته باشند. در این صورت تطبیق حاصل از این روش نسبت به حالت استفاده از نقاط تصادفی بسیار مطلوب‌تر خواهد بود. شکل زیر نتیجه تطبیق مسیر طی شده در جنوب شهر تهران به وسیله نقاط راهنما میدان هفت تیر را نشان می‌دهد.



شکل ۵ نتیجه حاصل از تطبیق با روش دورترین نزدیک ترین

در روابط ارائه شده، نسبت بین مختصات نقشه‌ای و مختصات دنیای واقعی، از طریق k محاسبه می‌گردد. این رابطه اختلاف دونقطه بر روی نقشه زمینی را بر اختلاف دو نقطه در دنیای واقعی تقسیم و بدین طریق نسبت را محاسبه می‌کند. ابزارهای ما برای محاسبه مختصات جغرافیایی در دنیای واقعی بسیار دقیق نیست. از این رو اگر دو نقطه خیلی به هم نزدیک باشند نمی‌توان اختلاف جغرافیایی آنها را با دقت بسیار بالا محاسبه کرد. هرچه خطای ما در محاسبه مختصات جغرافیایی بیشتر باشد k خطای بیشتری خواهد داشت. بنابراین دلیل



ب

شکل ۳ مسیر طی شده در تصویر ماهواره‌ای و نتیجه حاصل از تطبیق

در شکل ۳ قسمت ب مسیر تیره، خیابان عبوری و مربع‌های آبی تطبیق صورت گرفته برای نقاط ورودی است. علت این خطا را می‌توان در بررسی جغرافیایی شهر تهران متوجه شد. تهران با مساحت ۷۷۰ کیلومتر مربع تهران در پهنه‌ای بین دو وادی کوه و کویر در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه‌های البرز گسترده شده است که از سمت جنوب به کوه‌های ری و بی‌بی شهربانو و دشت‌های هموار شهریار و ورامین می‌رسد و از شمال، به واسطه رشته کوه‌های البرز، محصور گردیده است. از این رو اختلاف ارتفاع در شهر تهران قابل توجه است به طوری که شیب زمین از شمال به جنوب در دامنه کوهستان شمیرانات ۱۰٪ تا ۱۵٪ از تجریش تا تپه‌های عباس‌آباد با شیب متوسط ۳٪ تا ۵٪ از عباس‌آباد تا خیابان انقلاب ۲٪ و از مرکز شهر تهران تا کناره ۱٪ است. علت بروز خطا در عملیات تخمین صورت گرفته از سمت ما نیز همین اختلاف شیب در تهران است.

۵-۲ تعیین نقاط راهنما کل شهر تهران

پس از مشاهده خطا در تطبیق صورت گرفته، به جای محدود کردن مجموعه نقاط راهنما به منطقه‌ای خاص، مجموعه نقاط راهنما را در کل نقشه تهران به صورت پراکنده تعیین کردیم. هرچند در این روش، فرایند تعیین نقاط راهنما بیشتر زمان می‌برد و بررسی‌ها نشان داد که این روش نسبت به روش اول نتایج بهتری دارد، ولی هنوز نتایج ایده آل نیست. به منظور مقایسه این روش با روش قبلی عملیات تطبیق را دوباره در همان مسیر قبلی یعنی در خیابان مولوی انجام دادیم. نتیجه حاصل در شکل زیر گنجانده شده است.



شکل ۴ نتیجه حاصل از تطبیق

می‌باشد. همسایگی وان نیومن می‌تواند شامل پنج سلول با احتساب سلول میانی نیز باشد. در هر دو حالت، شعاع همسایگی برابر یک است زیرا فقط لایه بعدی در نظر گرفته شده است [۱۱]. شکل ۶، نمونه‌ای از همسایگی وان نیومن برای سلول 42b را نشان می‌دهد.

43a	42a	41a
43b	42b	41b
53a	52a	51a

شکل ۶. همسایگی وان نیومن

همسایگی وان نیومن با شعاع r بصورت رابطه (۹) تعریف می‌شود:

(۹)

$$N^v_{(x_0, y_0)} = \{(x, y) : |x - x_0| + |y - y_0| \leq r\}$$

۲- مور^۳

این همسایگی به شکل مربع است و شکل گسترش یافته وان نیومن می‌باشد، بطوری‌که سلول‌های مورب را نیز دربرمی‌گیرد. همسایگی مور با شعاع همسایگی r بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$N^M_{(x_0, y_0)} = \{(x, y) : |x - x_0| \leq r, |y - y_0| \leq r\} \quad (۱۰)$$

همسایگی مور با شعاع‌های 1, 2 در شکل ۷ نشان داده شده‌اند.

43a	42a	41a
43b	42b	41b
53a	52a	51a

شکل ۷ همسایگی مور با همسایگی (۲)

۲-۲-۶ استفاده از آتوماتای سلولی در فرایند تطبیق

برای این منظور، شهر تهران به ۱۲۸ ناحیه تقسیم‌بندی می‌گردد. برای راحتی عملیات تقسیم‌بندی، هر عکس از مجموعه ۱۲۸ تصویر نقشه کل، به عنوان یک ناحیه یا partition در نظر گرفته می‌شود. تصویر فضای سلولی در شکل ۸ دیده می‌شود.

اصلی که باعث می‌شود راهکار دورترین و نزدیک ترین نتیجه مطلوب داشته باشد، همین علت است. چون نقاط شماره یک و دو که از روی آنها نسبت محاسبه می‌شود در دورترین حالت ممکن از هم قرار دارند k در دقیق ترین حالت خود محاسبه می‌شود.

۲-۶ راهکار دوم: افزار نقشه در قالب آتوماتای سلولی دو

بعدی

پیش از مطرح کردن راهکار دوم نگاهی کوتاه به آتوماتای سلولی خواهیم داشت.

۱-۲-۶ آتوماتای سلولی

شبکه‌ای توری شکل از سلول‌ها را در نظر بگیرید که معمولاً بصورت مربعی هستند. هر سلول می‌تواند دارای k حالت مختلف باشد که k یک عدد متناهی بزرگتر یا مساوی دو است. یکی از این حالات، وضعیت ویژه‌ای دارد و به عنوان «حالت خاموش» شناخته می‌شود. ساده‌ترین حالت، این است که هر سلول دارای دو حالت (نه بصورت همزمان) باشد، که می‌توانند با نمادهای 0 و 1 نشان داده شوند که از نظر گرافیکی به ترتیب با سفید و سیاه نشان داده می‌شوند [۱۰]. شبکه سلولی مذکور می‌تواند دارای $(n \geq 1)$ بُعد باشد. ولی در این مقاله حالت دو بعدی را به کار می‌بریم.

برای نشان دادن رشد شبکه، به زمان نیاز داریم. این کار و با استفاده از لحظات زمانی گسسته بصورت مراحل زمانی $t = 0, 1, 2, \dots$ با تیک‌های ساعت انجام می‌شود که در هر مرحله، حالت سلول‌ها تغییر می‌کند. زمان $t = 0$ معمولاً زمان آغازین را پیش از رخ دادن هرگونه تغییر در حالت سلول‌ها مشخص می‌کند. جزء ترکیبی دیگری که برای تغییر حالت سلول‌ها لازم است، یک قانون محلی یا تابع گذار محلی است که تعیین می‌کند هر سلول، چگونه حالت فعلی‌اش را به حالت بعدی تبدیل نماید [۱۰]. این کار براساس مجموعه‌ای از قوانین تعیین می‌شود که حالت فعلی خود سلول و همسایگانش را نیز به حساب می‌آورند. البته اینکه چه سلول‌هایی همسایه یکدیگر هستند باید دقیقاً تعریف شده باشد. تغییر حالت سلول‌ها بصورت همزمان برای تمام سلول‌های شبکه انجام می‌گیرد.

هرسلول، نوعی عنصر حافظه‌ای است که حالت‌ها را ذخیره می‌کند. در ساده‌ترین شکل، هر سلول دارای دو حالت 0 یا 1 است. همچنین می‌توان برای هر سلول بیش از یک ویژگی یا صفت خاصه در نظر گرفت و هرکدام از این صفات می‌توانند یک یا چند حالت داشته باشند. دو نوع مختلف همسایگی وجود دارد که بیشتر مورد توجه هستند:

۱- وان نیومن^۲

اولین نوع همسایگی، همسایگی وان نیومن است. شکل آن شبیه یک الماس است و شامل سلول‌های بالا، پایین، راست و چپ برای هرسلول

^۳ Moor

^۲ Von Neumann



شکل ۱۰ نتیجه تطبیق با نقاط محلی در مسیر غرب به شرق

نتیجه حاصل بسیار رضایت بخش است. نتیجه بدست آمده با توجه به منطقه شهری و مسیر حرکت خودرو قابل پیش بینی بود. در شکل ۱۱ نتیجه تطبیق مسیر دیگری آورده شده است. این بار مسیر حرکت خودرو از شمال به جنوب است و تقریباً در مرکز شهر تهران می‌باشد. نتیجه حاصله بیانگر وجود اندکی خطا در فرایند تطبیق نقشه است.



شکل ۱۱ نتیجه تطبیق با نقاط محلی در مسیر شمال به جنوب

r=1 2-2-2-6

حال نوع همسایگی را وان نیومن انتخاب کرده و شعاع همسایگی را یک واحد افزایش می‌دهیم. عملیات تطبیق را برای مسیر طی شده در سلول ۳۲a که در امتداد شمال به جنوب می‌باشد تکرار می‌کنیم. از نقاط راهنما 22b, 31a, 33a, 32b برای انجام تطبیق کمک می‌گیریم. شکل ۱۱ همسایگی و نتیجه تطبیق را نشان می‌دهد.




						06a	05a	04a	03a	02a	01a				
						06b	05b	04b	03b	02b	01b				
	16a	15a	14a	13a	12a	11a	10a	09a	08a	07a					
	16b	15b	14b	13b	12b	11b	10b	09b	08b	07b					
28a	27a	26a	25a	24a	23a	22a	21a	20a	19a	18a	17a				
28b	27b	26b	25b	24b	23b	22b	21b	20b	19b	18b	17b				
38a	37a	36a	35a	34a	33a	32a	31a	30a	29a						
38b	37b	36b	35b	34b	33b	32b	31b	30b	29b						
48a	47a	46a	45a	44a	43a	42a	41a	40a	39a						
48b	47b	46b	45b	44b	43b	42b	41b	40b	39b						
		56a	55a	54a	53a	52a	51a	50a	49a						
		56b	55b	54b	53b	52b	51b	50b	49b						
			62a	61a	60a	59a	58a	57a							
			62b	61b	60b	59b	58b	57b							
						64a	63a								
						64b	63b								

شکل ۸ فضای سلولی نقشه شهر تهران

هنگام ناحیه‌بندی در قالب آتوماتای سلولی، هر سلول می‌تواند دارای دو وضعیت خاموش یا کاندیدا باشد. سلول کاندیدا به سلولی اطلاق می‌شود که شامل نقطه راهنمایی است که این نقطه راهنما در نزدیک‌ترین فاصله اقلیدسی نسبت به نقطه ورودی قرار دارد. در هر لحظه از زمان، m سلول می‌توانند در حالت کاندیدا باشند که $1 \leq m \leq 8$ است. زیرا در حالت دوبعدی هر سلول حداکثر دارای هشت همسایه بلافاصله است. در شروع عملیات تطبیق به‌ازای هر نقطه ورودی، سلول‌های کاندیدا بر اساس فاصله نقاط راهنما از نقطه ورودی، مشخص می‌گردند و حالت آنها از خاموش به کاندیدا تغییر می‌کند. حال بر اساس نوع همسایگی انتخاب شده و شعاع آن، از نقاط راهنمای این همسایگان برای انجام عملیات تطبیق استفاده می‌شود. پس از انجام عملیات تطبیق این نقطه و شروع تطبیق نقطه جدید، دوباره عملیات محاسبه سلول یا سلول‌های کاندیدا صورت گرفته و در صورت تغییر سلول کاندیدا، حالت سلول کاندیدای قبلی به خاموش تغییر کرده و حالت سلول کاندیدای جدید به شکل کاندیدا مقدارگذاری می‌شود.

در شکل ۹ سلول ۳۲a به عنوان سلول کاندیدا در نظر گرفته شده است. چرا که نقطه راهنمایی که کمترین فاصله را با نقطه ورودی دارد در این سلول واقع است. البته هر نقطه راهنما دارای مختصات جغرافیایی و مختصات نقشه‌ای است و منظور از فاصله، فاصله اقلیدسی نقطه ورودی با مختصات جغرافیایی، نقطه راهنما است.

23b	22b	21b
33a	32a 	31a
33b	32b	31b

شکل ۹ سلول کاندیدا

۱-۲-۲-۶ استفاده از نقاط محلی، یا $r=0$

درساده‌ترین شکل استفاده از افراز صورت گرفته، تنها از نقاط راهنمای سلول کاندیدا برای عملیات تطبیق استفاده می‌کنیم. بنابراین استفاده از نقاط محلی می‌تواند بهترین عنوان برای این روش باشد. شکل ۱۰ نتیجه حاصل از تطبیق با استفاده از این روش را نشان می‌دهد.

مراجع

- [] گزارش فنی، آزمایشگاه محاسبات نرم، مقدمه‌ای بر سیستم‌های ناوبری اتومبیل، نقشه دیجیتال، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴.
- [2] Yun, N., Chang, C.P., and Lai, A., "Design of a multi-section digital map system", *Consumer Electronics*, pp. 404 - 408, 2005.
- [3] Gillieron P. Y. and Merminod B., "Personal Navigation System for Indoor Applications", *Swiss Federal Institute of Technology, Geodetic Engineering Lab*, 2003.
- [4] K. F. Richter, M. Tomoko, S. Winter, "A Dialog-Driven Process of Generating Route Directions", *Elsevier 0198-9715*, pp. 26, 2008.
- [5] D. Caduff and S. Timpf, "The landmark spider: Representing landmark knowledge for way finding tasks". *AAAI Spring Symposium*, pp. 30-35 2005.
- [6] Hufmann, B., Lichtenegger, H. and Collins, J., "Global Positioning System: Theory and Practice", *Springer*, 2004.
- [7] Syed, S., "Development of Map Aided GPS Algorithms for Vehicle Navigation in Urban Canyons", *Department Of Geometrics Engineering*, Calgary, Alberta, 2005.
- [8] Syed, S. and Cannon, M. E., "Fuzzy Logic Based Map Matching Algorithm For Vehicle Navigation System in Urban Canyons", *Department Of Geometrics Engineering*, University Of Calgary, Alberta, Canada, 2004.
- [9] Paris, S., Mekni, M. and Moulin, B., "Informed Virtual Geographic Environments: An Accurate Topological Approach", *Advanced Geographic Information Systems & Web Services*, pp. 1-6, 2009.
- [10] Ilachinski, A., "Cellular Automata: A Discrete Universe", *World Scientific Publishing, Singapore*, 2001.
- [11] Kanoh, H. and Wu, Y., "Evolutionary Design of Rule Changing Cellular Automata", *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 2773/2003, pp. 258-264, 2003.
- [12] Chandu, T., "Programming MapPoint in .NET", *OREILLY*, 2005.
- [13] Lakakis, K., Savva, P., Ifadis, I. M. and Doukas, I. D., "Quality Of Map-Matching Procedures Based On And Stand-Alone GPS Positioning In An Urban", *Athens, Greece*, 2004.
- [14] Flinsenberg, I.C.M., "Route planning algorithms for car navigation", *Phd thesis, Eindhoven University*, 2004.
- [15] <http://www.emt.com.tw/webPage/>

نتیجه تطبیق با شعاع یک دقیق‌تر از شعاع صفر یا همان نقاط محلی است. جالب است که نتیجه تطبیق با شعاع یک و همین همسایگی برای مسیر غرب به شرق با روش استفاده از نقاط محلی یکسان است. آزمایش‌های بیشتر، الگوی مناسب برای مقابله با شیب تهران را آشکار ساخت. در عملیات تطبیق در شهر تهران برای مسیرهای شمال به جنوب، بهترین الگو استفاده از همسایگی مور یا وان نیومن با شعاع یک است. ولی برای مسیرهای غرب به شرق استفاده از نقاط محلی برای رسیدن به نتیجه مطلوب کافی است. نتایج با تغییر همسایگی از وان نیومن به مور تغییر محسوسی نداشت اما افزایش زیاد شعاع باعث شرکت نقاط راهنما تمام سلول‌ها در فرایند تطبیق شده و خطا را افزایش می‌دهد. به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان برای حصول نتیجه قابل قبول در هر مسیری در شهر تهران، از همسایگی مور یا وان نیومن با شعاع یک بهره گرفت.

نتیجه گیری و کارهای آینده

در این مقاله تطبیق نقشه در شهر تهران را مورد بررسی قرار دادیم. هدف این تحقیق ارائه روشی کارآمد برای تبدیل مختصات جغرافیایی به مختصات نقشه و تعیین موقعیت خودرو بر روی نقشه زمینی در تهران بود. تهران فاقد نقشه دیجیتال بوده و قرار گرفتن در عرصه خاص جغرافیایی انجام چنین مطالعاتی را برای این شهر اجتناب‌ناپذیر کرده است. در این تحقیق از نقاط راهنما برای انجام تطبیق نقشه استفاده کردیم. نقاط راهنما نقاطی هستند که مختصات نقشه‌ای و مختصات جغرافیایی آنها به صورت دقیق اندازه‌گیری شده است. در ابتدا رابطه‌ای غیر خطی ارائه کردیم که با بهره‌گیری از نقاط راهنما مختصات جغرافیایی را به مختصات نقشه‌ای تبدیل می‌کرد. نتیجه بدست آمده از این رابطه مطلوب نبود. بنابراین دو راهکار برای بهبود نتیجه ارائه شد. راهکار اول باعث بهبود در نتایج گردید و هنوز با نتیجه ایده‌آل فاصله داشت. در راهکار دوم، نقشه تهران را در قالب فضای سلولی دو بعدی افراز کردیم. حالت سلول‌ها و تابع تغییر وضعیت آنها عنوان، و نحوه تطبیق تشریح گردید. سپس تاثیر نوع و شعاع همسایگی در مسیرهای مختلف بررسی و بهترین الگو برای تطبیق در شهر تهران پیشنهاد گردید. مهمترین مزیت الگوی پیشنهادی، نتایج مطلوب تطبیق‌های انجام شده در تمام نواحی شهری در تهران بود. ایجاد نظم در تعیین نقاط راهنما و افزایش حالات استفاده از نقاط راهنما دیگر مزیت‌های راهکار دوم هستند. ترکیب روش‌های عنوان شده در این مقاله برای پیدا کردن روش ترکیبی که کارایی بالاتری نیز داشته باشد، می‌تواند به عنوان ایده‌ای برای کار آینده مطرح باشد. قانون عنوان شده برای تغییر حالت سلول‌ها نیز پتانسیل لازم برای تسریع در سرعت را دارد. می‌توان با ذخیره کردن محدوده جغرافیایی سلول‌ها، با هوشمندی لازم به نحوی تغییر سلول کاندیدا را پیش‌بینی کرد.