

ارائه مدلی تلفیقی از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور شناسایی، ایجاد و انتخاب مسیر بهینه نظامی در یک نرم افزار مستقل مکانی

حسن آتسگاهی^۱، داود امینی^{۲*}

چکیده

آگاهی از نتایج دقیق یک تهاجم طرح ریزی شده و یا دفاع در مقابل یک تهاجم همواره انگیزه و دلیل بزرگی برای پیدا کردن امکانات و یا ابزاری برای تهیه و توسعه هنر جنگ آزمایشی در حال و آینده بوده است. یک افسر نظامی قسمتی از دوران خدمتی خود را صرف آموزش هایی می نماید که یک فرمانده نظامی شود و به خوبی می داند که میزان آموزشی که فراگرفته است جوابگوی کلیه نیازمندی های او در یک نبرد واقعی در آینده نخواهد بود. بر این اساس بسیاری از استراتژیست های نظامی تلاش می کنند با استفاده از مدل سازی و شبیه سازی صحنه عملیات، توان تصمیم گیری خود را افزایش دهند. یکی از اساسی ترین ارکان نظامی نبردهای آینده مسئله مسیریابی نیروهای خودی و یا در برخی موارد پیش بینی مسیر حرکت دشمن به سمت اهداف مورد نظر می باشد. این تحقیق سعی بر آن دارد تا با جستجو و پیدا کردن بهینه ترین مسیر نظامی با توجه به عوارض زمین در زمان پیشروی یا عقب روی و یا حتی در مانورهای زمان صلح بتواند ابتکار عمل را در اختیار نیروهای خودی قرار دهد. درواقع هدف ایجاد سامانه مکانی رومیزی است تا بتواند در بستری امن فرآیند مسیریابی جهت طرح ریزی عملیات های آتی را مطابق با پارامترهای مدّ نظر با استفاده از تئوری فازی و GIS انجام دهد. شاخص های ورودی در سامانه مسیریاب شیب، جهت شیب، دید و فاصله در نظر گرفته شده است. به منظور ایجاد یک محیط کاربرپسند از محاسبات و نرم افزار و ویژوال استادیو و محیط برنامه نویسی C# (سی شارپ) به همراه کیت توسعه نرم افزار Software Development Kit یا SDK، ArcObjects و ArcGIS Engine بهره برداری شده است. نتایج حاصل از تحقیق حاکی از آن است که شناسایی، انتخاب و ایجاد مسیر در این مدل نه تنها دارای دقت بسیار مناسب نسبت به روش های دیگر می باشد بلکه باعث افزایش امنیت و دسترسی بهینه کاربر نهایی می گردد و در اکثر مواقع باعث صرفه جویی در هزینه سوخت یا خستگی کارکنان نظامی می گردد.

واژگان کلیدی: مسیر، سامانه مستقل مکانی، منطق فازی، ArcObjects، عملیات های نظامی آینده

۱. دانشجوی دکتری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی - مدرس گروه جغرافیا دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران.

۲. (*نویسنده مسئول): استادیار گروه جغرافیای دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران.

ایمیل: Emai:Davoodamini1375@gmail.com

مقدمه

دنیای حال حاضر، دنیای اطلاعات و مدیریت بهینه و صحیح آن‌ها است. بخش زیادی از تصمیمات اخذ شده توسط متخصصین علوم گوناگون، به نحوی با عوامل محیطی و مکانی در ارتباط هستند. لذا وجود اطلاعات مکانی دقیق، مطمئن، یکپارچه، استاندارد و نیز مدیریت بهینه آن، از مباحث اساسی در موفقیت این تصمیمات و اجرای آن‌ها می‌باشد (پیروی، ۱۳۸۸). هدف از بهینه‌سازی یافتن بهترین جواب قابل قبول، با توجه به محدودیت‌ها و نیازهای مسئله است. برای یک مسئله، ممکن است جواب‌های مختلفی موجود باشد که برای مقایسه آن‌ها و انتخاب جواب بهینه، تابعی به نام تابع هدف تعریف می‌شود. انتخاب این تابع به طبیعت مسئله وابسته است. به عنوان مثال، زمان سفر یا هزینه از جمله اهداف رایج بهینه‌سازی شبکه‌های حمل و نقل می‌باشد. به هر حال، انتخاب تابع هدف مناسب یکی از مهم‌ترین گام‌های بهینه‌سازی است. گاهی در بهینه‌سازی چند هدف به طور هم‌زمان مدنظر قرار می‌گیرد؛ این گونه مسائل بهینه‌سازی را که دربرگیرنده چند تابع هدف هستند، مسائل چند هدفی می‌نامند. ساده‌ترین راه در برخورد با این گونه مسائل، تشکیل یک تابع هدف جدید به صورت ترکیب خطی توابع هدف اصلی است که در این ترکیب میزان اثرگذاری هر تابع با وزن اختصاص یافته به آن مشخص می‌شود. هدف از بهینه‌سازی تعیین متغیرهای طراحی است، به گونه‌ای که تابع هدف کمینه یا بیشینه شود. کاربرد الگوریتم فازی در علوم نرم‌افزاری را می‌توان این گونه تعریف کرد که منطق فازی از منطق ارزش‌های (صفر و یک) نرم‌افزارهای کلاسیک فراتر رفته و درگاهی جدید برای دنیای علوم نرم‌افزاری و رایانه‌ها می‌گشاید، زیرا فضای شناور نامحدود بین اعداد صفر و یک را نیز در منطق و استدلال‌های خود به کار برده و به چالش می‌کشد (فریدونی، ۱۳۹۵). منطق فازی بین دو ارزش (صفر و یک) مانند برویم یا نرویم ارزش‌های جدید بین صفر و یک مانند شاید برویم یا می‌رویم اگر یا احتمال دارد برویم را استخراج می‌کند و به کار می‌گیرد. این منطق در حل مشکل عدم قطعیت در علوم مهندسی کارآمد است. اگرچه ممکن است از استدلال دقیق استفاده نکند اما خروجی آن استدلال قابل قبولی دارد. این منطق برای اهداف تجاری و کاربردی مفید است و برای اهداف تجاری و کاربردی بخصوص در کنترل ماشین‌آلات بسیار کارآمد عمل می‌کند.

از طرفی در دنیای علوم مکانی سیستم اطلاعات جغرافیایی قابلیت‌های بسیاری در علوم و پردازش‌های جغرافیایی را دارا می‌باشد. اما این علم کمبودهایی را نیز به منظور بهینه‌سازی و مدل‌سازی

دارا می‌باشد. بنابراین در این تحقیق سعی شده است برخی تکنیک‌های مستقل از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌ها مانند منطق فازی و برنامه‌نویسی به‌عنوان یک سیستم تصمیم‌گیری پشتیبانی مکانی^۱ در قالب یک نرم‌افزار مستقل مکانی به‌صورت آفلاین گنجانده و نتایج با تحلیل‌ها و روش‌های دیگر مقایسه گردد. در این راستا یکی از مشهورترین محصولات و نرم‌افزارهای جغرافیایی نرم‌افزار ArcGIS و ArcObjects هستند که توسط موسسه تحقیقات سیستم‌های زیست‌محیطی (ESRI) توسعه داده شده و توزیع شده‌اند. ArcGIS بسته‌ای نرم‌افزاری برای مدیریت سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) و ArcObjects سکوی توسعه آن است. در حالت ایده‌آل، کاربران باید ArcObjects را قبل از ArcGIS فراگیرند؛ ولی در عمل این وضعیت اتفاق نمی‌افتد. کاربران در ابتدا ArcGIS را از طریق نوار ابزارها و فرمان‌ها آن به کار می‌برند؛ زیرا استفاده از رابط کاربری ArcGIS در مقایسه با کار با اشیاء، property ها (خصوصیات) و متدها در کد بسیار ساده‌تر است. موضوع ArcObjects زمانی اهمیت پیدا می‌کند که کاربران متوجه می‌شوند برنامه‌نویسی ArcObjects می‌تواند حجم کارهای تکراری را کاهش داده، جریان کار را سازمان‌دهی کرده و حتی قابلیت‌هایی بیش از آنچه در ArcGIS موجود است، در اختیار بگذارد (تسونگ چانگ، ۱۳۹۰). درواقع ArcObjects مبنای توسعه نرم‌افزار رومیزی ArcGIS، ArcGIS Engine و ArcGIS Server است. اهداف عمده این پژوهش به شرح ذیل عنوان می‌گردد:

- ارائه سامانه مستقل مکانی^۲ مبتنی بر مکان و GIS به‌منظور مسیریابی بهینه بین نقاط مختلف صفحه نبرد در عملیات نظامی و شناخت کاربردهای آن؛
- با عنایت به پیچیدگی و گسترده‌گی فضای جستجو قاعداً رسیدن به یک جواب قطعی نیز سخت می‌باشد. لذا نیاز به استفاده از راه‌حل‌ها و روش‌های ترکیبی به‌منظور به دست آوردن جواب بهینه می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است منطق فازی با سامانه اطلاعات جغرافیایی در بستر یک نرم‌افزار مستقل مکانی تلفیق گردد.

1. spatial decision support system
2. Stand-alone

- مقایسه روش ترکیبی بیان‌شده با آنالیزهای تحلیل شبکه^۱ و پردازش‌های رستری مرسوم در نرم‌افزارهای مشهور مکانی مانند ArcGIS به‌منظور تعیین مزیت‌ها و معایب تحقیق.
- پیاده‌سازی واسط کاربری‌سند برای تعامل بهتر به‌گونه‌ای که امکان بهره‌برداری از برنامه برای کاربر نهایی به‌راحتی میسر باشد.
- ایجاد ابزار help جهت راهنمایی کاربر در خصوص استفاده بهینه از نرم‌افزار
- محاسبه طول مسیر و متعاقباً مدت‌زمان طی مسیر
- دریافت خروجی به‌صورت Google Earth
- ارائه روشی مؤثر و کارآمد در تصمیم‌سازی، جهت طراحان نظامی؛

مبانی نظری

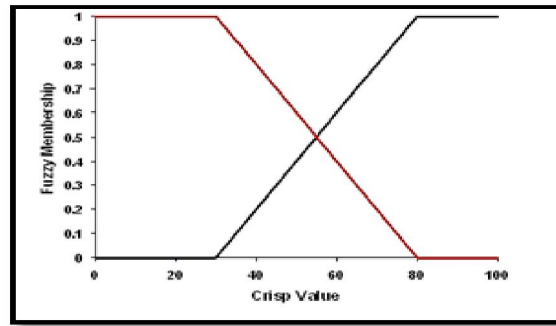
نرم‌افزار مستقل مکانی

همان‌طور که می‌دانیم دستگاه مستقل هر مکانیسم یا سیستمی است که بدون نیاز به دستگاه، رایانه یا اتصال دیگری، عملکرد خود را انجام می‌دهد. نرم‌افزار مستقل نیز اغلب قابلیت‌های گزارش‌دهی عمیق و عملکردهای پیشرفته‌تری را ارائه می‌دهد و طوری طراحی می‌شود تا به‌تنهایی مورد استفاده قرار گیرند و به‌عنوان یک فرآیند کامپیوتری جداگانه اجرا می‌شود، نه افزودنی یک فرآیند موجود. یک برنامه کاربردی مستقل، نوع نرم‌افزاری است که با سایر ویژگی‌های نرم‌افزار مستقل همراه نیست. به عبارت ساده، یک برنامه کاربردی مستقل برای کار کردن به نرم‌افزار جداگانه نیاز ندارد.

منطق فازی

در دنیای واقعی مسائلی وجود دارند که در بسیاری از آن‌ها عدم قطعیت با روندی غیر تصادفی مشخص می‌گردد. همواره امکان تفکیک قطعی و مرزبندی صریح بین جنگل و مرتع وجود ندارد. در نتیجه به‌عنوان مثال یک درخت در یک‌زمان ممکن است به جنگل و مرتع تعلق داشته باشد این نوع از مجموعه‌ها را مجموعه‌های فازی می‌نامند. از طرفی در این مجموعه‌ها با مبحثی تحت عنوان توابع و درجه‌های عضویت روبرو می‌شویم. به تابعی که میزان درجه عضویت المان‌های مختلف را به یک

مجموعه نشان می‌دهد، تابع عضویت می‌گویند شکل (۱) تابع عضویت خطی در یک مجموعه فازی را نمایش می‌دهد. توابع عضویت در منطق فازی یک نگاشت از مجموعه‌های صریح به مجموعه $[0,1]$ می‌باشند.



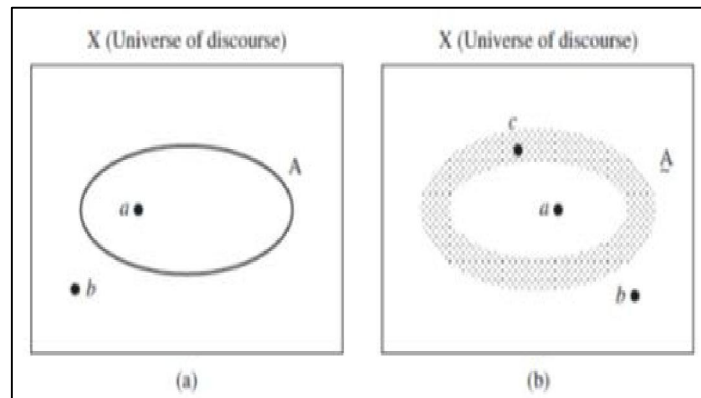
شکل (۱): تابع عضویت خطی با شیب مثبت و منفی (راهنمای نرم‌افزار ArcGIS)

به عبارت دیگر مجموعه‌های قطعی^۱ درواقع همان مجموعه‌های عادی و معمولی هستند که در ابتدای نظریه کلاسیک مجموعه‌ها معرفی می‌شوند. افزودن صفت قطعی به واقع وجه تمایزی را ایجاد می‌نماید که به کمک آن می‌شود یکی از مفاهیم ابتکاری و حیاتی در منطق فازی موسوم به تابع عضویت را به آسانی در ذهن به وجود آورد. در مجموعه‌های قطعی، تابع عضویت فقط دو مقدار خروجی دارد. آری و خیر (یک و صفر) که همان دو مقدار ممکن در منطق دو ارزشی کلاسیک هستند. تابع عضویت را می‌توان به صورت زیر نمایش داد.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \in A, \\ 0 & \text{if } x \notin A. \end{cases} \quad \text{معادله ۱}$$

که در این تعریف $\mu_A(x)$ تابع عضویت و عنصر x در مجموعه قطعی A است.

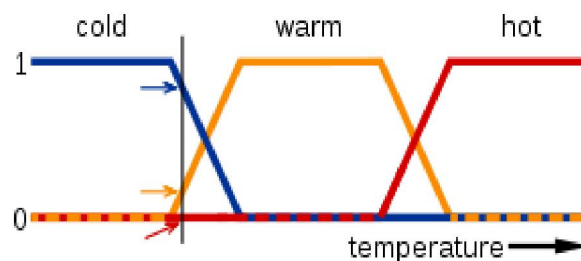
$\mu_A(x)$ بیانگر میزان عضویت و عنصر x در مجموعه فازی A است. اگر درجه عضویت یک عنصر از مجموعه برابر با صفر باشد، آن عضو کاملاً از مجموعه خارج است و اگر درجه عضویت یک عضو برابر با یک باشد، آن عضو کاملاً در مجموعه قرار دارد. حال اگر درجه عضویت یک عضو مابین صفر و یک باشد، این عدد بیانگر درجه عضویت تدریجی است شکل (۲).



شکل (۲): (a) مجموعه قطعی و (b) مجموعه فازی

عدم قطعیت

صفت عدم قطعیت، به صورت های گوناگون، جهت مطالعه، طراحی، و کنترل در همه زمینه ها و پدیده ها صرف نظر از روش شناسی مورد کاربرد پدیدار می شود. مفاهیم نادقیق بسیاری در پیرامون ما وجود دارند که آن ها را به صورت روزمره در قالب عبارت های مختلف بیان می کنیم. به عنوان مثال: «هوا خوب است» هیچ کمیتی برای خوب بودن هوا مطرح نیست تا آن را به طور دقیق اندازه گیری نماییم، بلکه این یک حس کیفی است. در واقع مغز انسان با در نظر گرفتن عوامل گوناگون و بر پایه تفکر استنتاجی جملات را تعریف و ارزش گذاری می نماید که الگوبندی آن ها به زبان و فرمول های ریاضی اگر غیرممکن نباشد، کاری بسیار پیچیده خواهد بود. منطق فازی فناوری جدیدی است که شیوه هایی را که برای طراحی و مدل سازی یک سیستم نیازمند ریاضیات پیچیده و پیشرفته است، با استفاده از مقادیر زبانی و دانش فرد خبره جایگزین می سازد.



شکل (۳): نمونه تبدیل مقادیر زبانی دما به متغیرهای عددی بین صفر و یک (<https://www.pngkey.com>)

پیشینه پژوهش

پژوهش حاضر به منظور تعیین مسیر بهینه ترکیبی از دانش، ابزارها و تکنیک‌ها از چند رشته، سیستم اطلاعات مکانی، ریاضی، تحقیق در عملیات و نرم‌افزار می‌باشد. هنگامی که این چند رشته برخی از ابزارها و تکنیک‌ها را به اشتراک بگذارند هر کدام از آن‌ها پیشینه مختص خود را خواهند داشت. با توجه به عنوان پژوهش، از موضوعات مطرح در پیشینه تحقیق، می‌توان به نرم‌افزارهای مکانی موجود در نیروهای مسلح، مسیریابی حداقل هزینه، بهینه‌سازی با استفاده از منطق فازی و روش‌های مورد استفاده در روند تولید لایه هزینه اشاره کرد. در کشور ما ایران مطالعاتی نوپا ولی جدی در زمینه نرم‌افزارهای مکان مبنا مرتبط با مسائل نظامی صورت گرفته است به طور مثال: از جمله کارهای عملی و مفید انجام شده نرم‌افزار MGIS می‌باشد. (ایز ایران، ۱۳۸۴) که با استفاده از تحلیل‌ها و اطلاعات GIS شروع به طراحی و ساخت نمونه‌ای نظامی جهت سهولت در عملیات نظامی نموده است. همچنین نیروی زمینی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی ایران نیز با تهیه نرم‌افزار محاسبات هدایت آتش توپخانه موسوم به حسیب به محاسبات مربوط به هدایت آتش توپخانه می‌پردازد. این سامانه شامل امکاناتی از قبیل امکان انتخاب بهترین جنگ افزار جهت تیراندازی، ثبت مهمات مصرفی در هر موضع و ثبت مواضع، دیدگاه‌ها، آماج، مناطق منع آتش و نقاط تنظیمی می‌باشد (مرکز توپخانه و پدافند هوایی نیروی زمینی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی، ۱۳۹۴، ص. ۲). هر دو نرم‌افزار ذکر شده از قابلیت‌های پشتیبانی پردازش مکانی قوی برخوردار نمی‌باشند.

سامانه اطلاعات جغرافیایی یکپارچه نیروهای مسلح ایران امکان به اشتراک گذاری و تبادل داده‌های مکانی و توصیفی (محیط‌های کاری نقشه) را بین کاربران یک یا چندین نود فراهم می‌سازد. کاربران براساس حق دسترسی خود می‌توانند لایه‌های مکانی (رستری و وکتوری) را مشاهده و به بخش‌های مختلف سامانه دسترسی داشته باشند. کاربر می‌تواند بر روی محیط کاری نقشه، منطبق با قابلیت‌های آن، اعمال نظر نموده و با توجه به نقش و مجوز دسترسی تعریف شده‌ی خود، امکان اعلام درخواست تغییر بر روی نقشه‌ها و نیز درخواست اصلاح اطلاعات مکانی از تولیدکنندگان و تاییدکنندگان اطلاعات مکانی را داشته باشد. نرم‌افزار مذکور یک مجموعه نرم‌افزاری تحت وب می‌باشد. که در حال حاضر در شبکه داخلی نیروهای مسلح استفاده می‌گردد. این نرم‌افزار فاقد پردازش‌های عملیاتی و کاربردی مختص میدان نبرد بوده همچنین بخاطر تحت وب بودن کارآیی امنیتی لازم را ندارد. اصولاً هدف از مسیریابی،

طراحی و احداث یک مسیر بین دو نقطه‌ی معلوم است. از طرف دیگر، در اتصال دو ناحیه با یک راه ارتباطی، انتخاب‌های فراوانی بر اساس زمان، هزینه، فاصله، ایمنی و ... وجود دارد و از بین بیشمار انتخاب موجود در یک فضای راه حل بزرگ، بهینه‌ی آن‌ها از هر سو باید ملاک عمل قرار گیرد. پیدا کردن نزدیک‌ترین فاصله بین دو نقطه در عین حال در کمترین زمان ممکن و با کمترین فاصله هنوز یکی از اصلی‌ترین مسائل جامعه علوم جغرافیایی محسوب می‌شود. (لیهوا، وو و لی^۱، ۲۰۲۰)

محاسبه کم‌هزینه‌ترین مسیرها از کاربردهای سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) است. برای پیدا کردن حداقل مسیر دو جنبه وجود دارد.

- ۱- سطحی که به مناطقی با مقاومت‌های متفاوت در برابر حرکت تقسیم‌شده است (سطح هزینه)
- ۲- ردیابی سطح هزینه (اصطکاک) به نحوی که مطلوب‌ترین و بهینه‌ترین خواسته‌های کاربر مدنظر باشد.

در یک محیط GIS سطح هزینه که در آن مقادیر مرتبط با سلول‌ها به عنوان وزن برای محاسبه مسیرهای کم‌هزینه استفاده می‌شود. این وزن‌ها نشان‌دهنده مقاومت، اصطکاک یا مشکل در عبور از سلول هستند و ممکن است برحسب هزینه، زمان، مسافت یا ریسک بیان شود. یکی از روش‌های مرسوم در به دست آوردن کم‌هزینه‌ترین مسیر استفاده از الگوریتم A^* می‌باشد. الگوریتم A^* به طور گسترده در زمینه‌های سامانه‌های GIS و مسیریابی بازی استفاده می‌شود. این الگوریتم توانایی به دست آوردن سریع مسئله را دارا می‌باشد. از معایب الگوریتم ناتوانی در واکنش به موانع اضافه یا متحرک غیرمنتظره در منطقه آزمایش است و به خوبی با مشکلات پیچیده سازگار نیست. در پژوهشی که توسط کیانگ منگی در تحقیقی در سال ۲۰۱۸ برای انتخاب مسیر بهینه‌ی راه صورت گرفت. بهینه‌سازی الگوریتم A^* پیشنهاد شده است. نتایج نشان داد که تأثیرگذاری و عملکرد الگوریتم بهینه‌سازی A^* حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد بیشتر از الگوریتم سنتی A^* است. (مینگ و خینگ^۲، ۲۰۱۸)

امریتا سارکار در تحقیقی از ازدحام ترافیک به عنوان یک جنبه بسیار نامطلوب زندگی شهری در سراسر جهان نام برده است. در این مقاله مقادیر مستقیم و دقیق قابل اندازه‌گیری مانند سرعت و فاصله بین خودرو دو پارامتری بودند که برای ورودی در مدل فازی در نظر گرفته شدند تا ازدحام مطابق با

1. Lihua , Wu, & Li
2. Meng & Zhang

واقعیت تعیین شود. تجزیه و تحلیل شبکه مانند مستقیم‌ترین مسیر بین دو نقطه و مسیر بهینه بین بسیاری از نقاط با استفاده از GIS در کلکته مرکزی در این مقاله انجام شده است. این مقاله فرآیند کمی سازی تراکم را با استفاده از ابزارها و تکنیک‌های فازی توصیف می‌کند و همچنین فرآیند تحلیل شبکه را مورد بحث قرار می‌دهد. این مقاله مزایای منطق فازی و GIS را ترکیب می‌کند تا به عموم، سیاست‌گذاران و مدیران ترافیک ابزار جدیدی برای ارزیابی تراکم به عنوان اقدامات کوتاه‌مدت و میان‌مدت ارائه دهد. (امریتا^۱، ۲۰۲۰)

هانک و مونیکا به ارائه تحقیقی در مورد بهینه‌سازی مسیر شبکه حمل و نقل عمومی در یک منطقه کوچک در کانادا در سال ۲۰۱۸ می‌پردازد مقاله مذکور برای یک شرکت حمل و نقل با عنوان کادیاک در بستر تلفیقی بین جی‌آی‌اس و اینترنت اشیا با هدف بهبود عملکرد حمل و نقل عمومی و انجام وظایف به طور اتوماتیک شده ارائه گردیده و شاخصی کمی برای تعیین بهینه‌ترین مسیرها ارائه داده است. این شاخص می‌تواند توسط مدیران ترانزیت برای شناسایی مسیرهای اتوبوسی که ظرفیت حمل مسافر را به حداکثر می‌رساند مورد استفاده قرار گیرد. در واقع در مقاله بیان شده است بایستی برخی ایستگاه‌های اضافی حذف و برخی دیگر بهینه و برخی مسیرها نیز حذف یا ادغام گردند. نتایج حاصل از تحقیق به شرح زیر می‌باشد.

- شاخص به دست آمده می‌تواند میانگین سرعت خدمات شرکت کادیاک را بهبود ببخشد و بستر IOT_GIS می‌تواند اطلاعات عملیاتی برای شرکت حمل و نقل کادیاک را تأمین کند.
- بستر IOT_GIS داده‌های خام را از محیط دریافت و جهت درک بهتر ما آن‌ها را تبدیل به اطلاعات محیطی می‌کند و می‌تواند انقلابی در صنعت حمل و نقل ایجاد کند به نحوی که سازگاری لازم با محیط همراه واقعی و مورد انتظار را داشته باشد و قادر به پیاده‌سازی کنترل‌ها و توصیه‌های سیستم باشد. (هانک و مونیکا^۲، ۲۰۱۸)

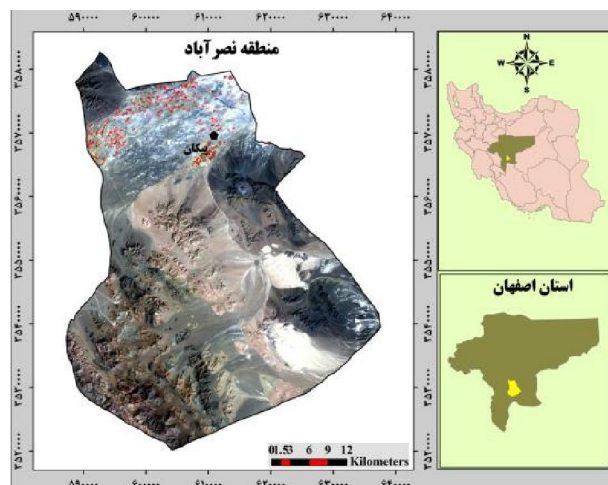
اما استفاده از اینترنت اشیا نیاز به برطرف کردن برخی از چالش‌های علمی و تکنولوژی در کشور ما را دارد. از طرف دیگر میلیاردها جریان داده با استفاده از زیرساخت‌های موجود شبکه‌های مختلف

1. Amrita
2. Hung & Monica

نظامی ایجاد می‌گردد که حل مسائل امنیتی آن در شرایط میدان نبرد بسیار پیچیده و چالش‌برانگیز می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه نصرآباد از توابع شهرستان اصفهان، در ۶۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر اصفهان و ۱۰ کیلومتری شرق شهرستان شهرضا می‌باشد. این منطقه به علت انجام تیراندازی آموزشی گردان توپخانه و نقشه‌برداری بهینه‌ترین مسیرها به سمت اهداف که قبلاً در این مکان مشخص هستند انتخاب شده است. از طرفی این نکته حائز اهمیت است که طراحی نرم‌افزار به گونه‌ای انجام شده است که وابسته به مکان خاصی نمی‌باشد. موقعیت جغرافیایی منطقه از ۵۱ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و از ۳۱ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی، مساحت آن ۱۹۳۳ کیلومترمربع و متوسط ارتفاع آن از آب‌های آزاد معادل ۲۰۴۰ متر می‌باشد. آب‌وهوای این منطقه خشک و بیابانی است، دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک بوده و متوسط بارندگی آن در طول سال حدود ۱۲۰ میلی‌متر است. آب‌های تحت‌الارضی آن شور بوده و پوشش گیاهی آن به علت کمی بارندگی ناچیز می‌باشد و تنها در بعضی از نقاط که مرتفع‌ترند مراتع فقیری به وجود آمده است.



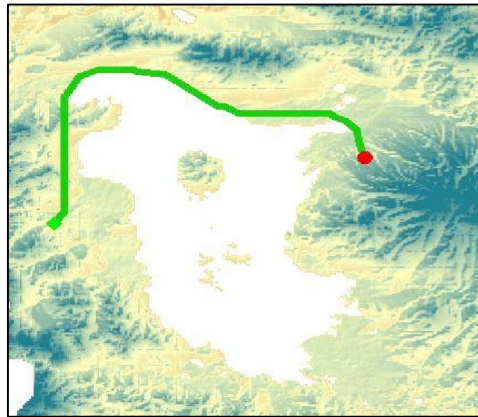
شکل (۴): نقشه منطقه مورد مطالعه (کیخایی، ۱۳۹۵)

روش‌شناسی پژوهش

تا به امروز، بسیاری از افراد از رشته‌های مختلف گرد هم آمده‌اند تا با روش‌های دستی مانند استفاده از نقشه‌های کاغذی و تصمیم‌گیری در مورد اینکه کدام مسیر نظامی کم‌هزینه‌ترین مسیر تا نقطه مقصد است، بهترین مسیرها را بیابند. امروزه مشخص شده است که در مشکلات مهندسی، به‌ویژه در مسیریابی یا مشکلات مکان‌یابی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تلفیق آن با تکنولوژی فناوری اطلاعات قوی‌ترین ابزار است. در این تحقیق برای ایجاد یک محیط کاربرپسند از محاسبات مسیریابی نظامی در نرم‌افزار ویژوال استادیو و محیط برنامه‌نویسی C# (سی شارپ) و رابطه‌ای گرافیکی کاربر (GUI) استفاده شده است. یک GUI به برنامه، "ظاهر و باطن" متمایزی می‌دهد. GUI ها با ارائه برنامه‌های کاربردی مختلف، به همراه مجموعه ثابتی از اجزای درونی رابط کاربر، باعث می‌شوند کاربران زمان کمتری را صرف به یاد سپردن این مسئله کنند که، کدام کلیدها چه عملکرد خاصی را انجام می‌دهند و زمان بیشتری را صرف استفاده کارآمدتر از برنامه نمایند.

فرم‌های ویندوز (WinForms) GUI ها را برای برنامه‌ها ایجاد می‌کنند. یک فرم، عنصر گرافیکی است که در دسکتاپ ظاهر می‌شود. یک فرم می‌تواند یک کادر محاوره‌ای یا پنجره باشد. (هاروی دیتل، ۱۳۸۵). از سوی دیگر در GIS توپوگرافی سطح زمین را می‌توان به وسیله DEM نمایش داد. درواقع مهم‌ترین کاربرد نقشه توپوگرافی تولید مدل رقومی ارتفاع و یا استخراج DEM از آن می‌باشد. در این راستا ارتفاع منطقه یکی دیگر از معیارهای مهم و اساسی در تعیین مسیر بهینه می‌باشد. برای به دست آوردن لایه ارتفاعی منطقه از نقشه توپوگرافی رقومی سازمان نقشه‌برداری کشور با مقیاس 1:25000 استفاده شده است. در این پژوهش از DEM با دقت ۱۵*۱۵ متر استفاده شده که به عنوان نقشه پایه بکار برده شده است. برنامه‌ریزی مسیر برای وسایل نقلیه زمینی و کارکنان نظامی در میدان جنگ نامعلوم، نوع خاصی از مشکل برنامه‌ریزی مسیر است خودروها و کارکنان با حملات نامعلوم و پیش‌بینی نشده زیادی روبرو هستند بنابراین مسیرها نیز همواره با عدم قطعیت روبرو می‌باشند. این مقاله این عدم قطعیت‌ها را در شبکه راه توسط مجموعه‌ای با استفاده از سناریوهای و شاخص‌های مختلف مدل می‌کند. در این راستا معیارها، عوامل و شاخص‌های نظامی باید مد نظر باشند. بنابراین از عوامل مهم شیب، جهت شیب، دید و فاصله استفاده شده است. در این مطالعه، از روش فازی برای وزن معیارهای مربوط به مسیریابی نظامی استفاده می‌شود. با توجه به معیارها، نقشه‌های دیجیتالی

منطقه مورد مطالعه ویرایش و به فرمت مبتنی بر رستر تبدیل می‌شوند. در ابتدا به منظور پیشبرد درست پژوهش پیش پردازش‌های لازم بر نقشه پایه (DEM) منطقه انجام می‌گردد. بدین منظور لایه‌های وکتوری مورد نیاز مانند دریاها، دریاچه‌ها، مرداب‌ها، شنزارها و به صورت کلی مناطق صعب‌العبور به صورت لایه برداری با ارزش رقومی Null به نقشه افزوده می‌گردد. این کار موجب کاهش حجم پردازش نرم‌افزار و عدم عبور مسیر نهایی از مناطق غیرقابل برای پیاده‌نظام می‌شود. شکل (۵).



شکل (۵): عدم عبور مسیر از داخل دریاچه ارومیه

طرز کار این سیستم مسیریابی به‌طور کلی بدین صورت است که در این سرویس پس از افزودن نقشه منطقه به محیط نرم‌افزار دو نقطه به عنوان مبدأ و مقصد در سیستم مختصات مورد نظر از کاربر اخذ می‌گردد، نقشه و نقاط افزوده شده در نرم‌افزار بایستی به ترتیب اضافه گردند. در واقع بدون داشتن نقشه امکان انتخاب مبدأ حرکت و بدون انتخاب مبدأ امکان انتخاب مقصد در نرم‌افزار میسر نمی‌باشد.

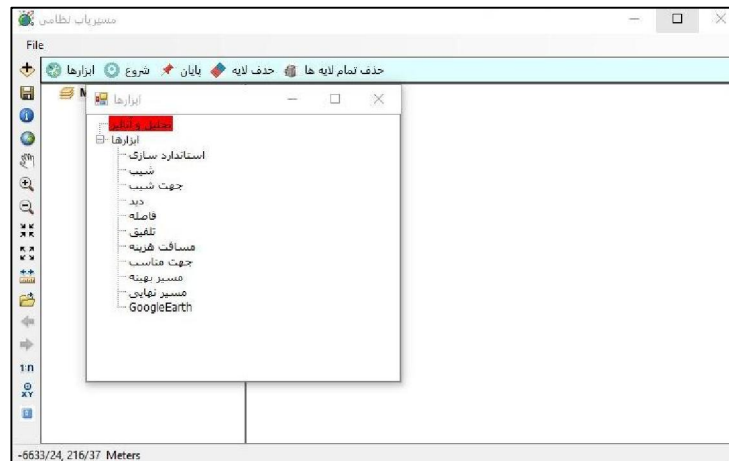
فرآیند اجرای پژوهش

برای ایجاد یک محیط کاربرپسند و ساده در انجام محاسبات و پردازش‌های مسیریابی از نرم‌افزار ArcGIS Engine، به منظور ایجاد نرم‌افزار مستقل مکانی و محیط برنامه‌نویسی ویژوال استادیو و زبان C# (سی شارپ) و کامپوننت‌های آرک آبجکت استفاده نمودیم. برای راحتی کار کارکنان استفاده‌کننده از این سامانه (حتی کسانی که هیچ سرشته‌ای از GIS ندارند) از فرم‌های ویندوزی با فرامین بسیار ساده و قابل فهم استفاده نمودیم و با کدنویسی دقیق، کاربر فقط با کلیک کردن روی دستورات می‌تواند چندین مرحله پردازش را از سامانه بخواهد؛ به‌طور مثال جهت تولید نقشه شیب کاربر می‌تواند با وارد کردن مدل رقومی ارتفاعی و کلیک بر دکمه Slope، نقشه شیب را ایجاد کند ولیکن اگر کاربر

بخواهد این آنالیز را در نرم افزار ArcGIS انجام دهد علاوه بر نیاز به تخصص، شامل چندین مرحله متفاوت می باشد. این نرم افزار ابزارهای لازم برای جستجو، تحلیل داده ها و نمایش نتایج را باکیفیت مناسب در اختیار کاربران قرار می دهد. در واقع در نرم افزار از تکنولوژی ArcObjects که سکوی توسعه ArcGIS می باشند بهره برده شده است. پس از نصب ArcObjects sdk و کانفیگ آن در visul studio ما می توانیم از اشیاء موجود برای توسعه ابزارهای مورد نیاز خود استفاده کنیم. در واقع ArcObjects sdk به عنوان یک پل رابط بین نرم افزارهای ArcGIS و C# عمل می کند که برای توسعه دهندگان امکان بهره برداری و ایجاد برنامه های اختصاصی را فراهم می کند. شرکت ازری کتابخانه ها و مجموعه توابع متفاوت و مختلفی را برای توسعه دهندگان نرم افزار مهیا کرده است که ما در این تحقیق از SDK for NET استفاده می کنیم. ArcGIS Engine مجموعه ای از کامپوننت های جی آی اس برای توسعه دهندگان نرم افزار است که می تواند در نرم افزار به طور مستقل تعبیه شود و به شما اجازه می دهد، قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی و نقشه های پویا را به برنامه های موجود اضافه کرده و یا برنامه های سفارشی جدیدی را ایجاد کنید. توسعه دهندگان با استفاده از آرک انجین (ArcEngine) می توانند از داده های GIS، نقشه ها و اسکرپت های geoprocessing در برنامه های کاربردی دسکتاپ و یا موبایل استفاده کنند و این همه با استفاده از رابط های برنامه نویسی (API) ها طراحی شده برای COM، دات نت (NET)، جاوا و C++ صورت می پذیرد. حداقل نیازمندی های سیستمی برای نصب این نرم افزار روی پلتفرم ویندوز به شرح زیر می باشد :

OS: Windows 7, Windows 8.1, Windows 10
 Processor: 2.2 GHz, x86 or x64 with SSE2 extensions
 Memory: 4 GB
 Display: Supporting 1024 by 768 resolution and 24 bits
 Graphics: 64 MB VRAM, OpenGL version 2.0

شکل (۶) محیط و ابزارهای اصلی پردازش مسیر نظامی را نمایش می دهد.

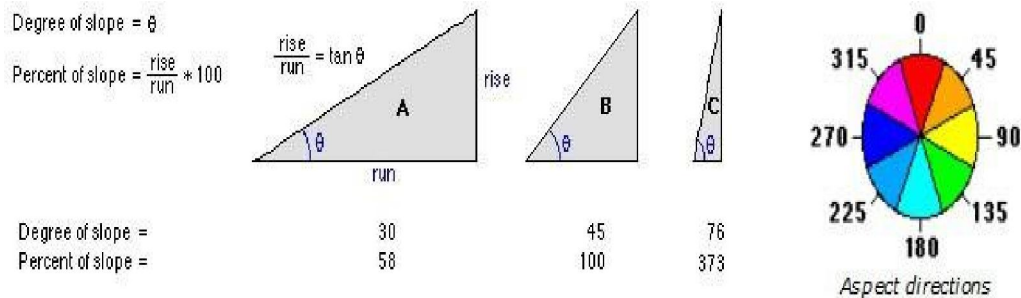


شکل (۶): محیط و ابزارهای اصلی نرم‌افزار مسیریاب نظامی

تحقیق حاضر روش پیشنهادی ترکیبی از تحلیل‌های برداری و رستری تحلیل فضا و مسیریابی می‌باشد که در قالب یک روش تصمیم‌گیری فازی ترکیب شده و نتایج به صورت واریانت‌هایی به کاربر ارائه می‌گردد.

انتخاب مبدأ و مقصد حرکت

همان‌طور که قبلاً بیان گردید انتخاب مبدأ و مقصد فقط در صورتی میسر می‌باشد که قبلاً لایه رقومی ارتفاعی وارد محیط کاربری نرم‌افزار شده باشد. در صورت وجود لایه رقومی ارتفاعی اولویت با انتخاب مبدأ حرکت می‌باشد و کاربر امکان انتخاب مقصد حرکت بدون انتخاب مبدأ را ندارد. علاوه بر موارد بالا در مدل طراحی شده در نرم‌افزار امکان انتخاب مبدأ و مقصد در خارج از محیط نقشه یا در وکتورهای پلیگونی دریاها، دریاچه‌ها و باتلاق‌ها نیز وجود ندارد. نقشه شیب و جهت شیب از مواردی هستند که در اکثر موارد در آنالیزهای مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای اینکه بتوانیم لایه شیب و جهت شیب را ایجاد کنیم احتیاج به لایه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) منطقه داریم. شکل به نحوه محاسبه شیب بر حسب درجه و درصد و شماتیک جهت شیب را نمایش می‌دهد.



شکل (۷): محاسبه شیب و جهت شیب

در آنالیز میدان دید تمامی سلول‌هایی که از یک یا چند سلول قابلیت مشاهده شدن را دارند مورد پردازش قرار می‌گیرند. در خروجی این آنالیز هر سلول دارای ارزشی است برابر با تعداد نقاطی که قادرند آن سلول را مشاهده کنند. بنابراین اگر تعداد مشاهده‌کننده فقط و فقط یک نقطه باشد سلول‌هایی که دارای ارزش ۱ می‌باشند. توسط نقطه دیدبان مشاهده و آن‌ها که دارای ارزش صفر می‌باشند توسط آن نقطه غیرقابل دید می‌باشند. در ورودی مشاهده‌کنندگان علاوه بر نقطه از خط نیز می‌توان استفاده کرد. در پردازش فاصله، میزان فاصله از یک منبع بر اساس سیستم مختصات نقشه تا انتهای نقشه به صورت یک لایه رستری محاسبه می‌گردد. پایگاه داده وکتوری شامل کلیه دریاها، دریاچه‌ها، مناطق باتلاقی و ... است که در تعریف یک مسیر نظامی زمینی نگنجیده و امکان عبور از آن‌ها برای کارکنان نیروهای زمینی غیرقابل انجام شود.

فازی‌سازی لایه‌ها

برای به دست آوردن نقشه فازی از فرمول‌های زیر در حالت‌های کاهش و افزایش المان استفاده می‌شود. افزایش المان دارای اهمیت باشد:

(تصویر مینیمم-تصویر ماکزیمم)/(تصویر مینیمم-تصویر مدّ نظر)

کاهش المان دارای اهمیت باشد:

(تصویر مینیمم-تصویر ماکزیمم)/(تصویر ماکزیمم-تصویر مدّ نظر)

در واقع از آنجایی که معیارهای مورد استفاده معمولاً دارای یک واحد اندازه‌گیری یکسان نمی‌باشند لازم است قبل از تلفیق، معیارها به یک واحد یکسان تبدیل شوند. برای این منظور روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از روش‌های مرسوم، استاندارد سازی با توابع فازی ساده می‌باشد. در این روش

ابتدا لازم است صعودی و یا نزولی بودن معیارها مشخص گردد. برای این کار لازم است بدانیم با افزایش مقدار معیارها مقدار خروجی مورد نظر افزایش می‌باید یا کاهش. در ذیل توابع فازی با زبان ریاضی در حالت صعودی و نزولی مجدداً ارائه شده است:

• تابع فازی در حالت صعودی

$$X_{fuzzy} = X - Min / Max - Min$$

• تابع فازی در حالت نزولی:

$$X_{fuzzy} = Max - X / Max - Min$$



شکل (۸): فازی سازی (استاندارد نمودن لایه‌های ورودی)

برای هر نقشه معیار می‌توان کلاس‌ها و واحدهای مکانی با درجه‌ای از عضویت بین صفر تا یک تعریف نمود. سپس نقشه‌های معیار را به کمک عملگرهای فازی با هم ترکیب نمود. این عملگرها به صورت زیر می‌باشند (در این روابط درجه عضویت با μ نمایش داده می‌شود).

عملگر عطفی فازی (AND): این عملگر مشابه اشتراک در مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد و زمانی استفاده می‌شود که دو یا چند معیار با هم می‌توانند به حل یک مسئله کمک کنند.

$$\mu_{combination} = MIN(\mu_A, \mu_B, \dots)$$

عملیات AND در مواقعی که دو یا چند قسمت از مدارک و شواهد لازم برای فرضیه بایستی برای اثبات فرضیه با هم وجود داشته باشند مناسب است. این عملگر، در یک موقعیت مشخص، حداقل درجه عضویت واحدهای پیکسلی را استخراج نموده و در نقشه نهایی منظور می‌کند.

عملگر فصلی فازی (OR): این عملگر فازی مشابه اجتماع در مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد و زمانی استفاده می‌شود که معیارهای مثبت کافی در منطقه مطالعاتی وجود داشته باشد.

این معادله از مقادیر عضویت واحدهای پیک سلی موجود در یک موقعیت مشخص برای فاکتورهای مختلف، حداکثر درجه عضویت واحدهای پیکسلی را استخراج نموده و در نقشه نهایی منظور می‌نماید. (محمدی، ۱۳۹۵)

$$\mu_{combination} = MAX(\mu_A, \mu_B, \dots)$$

تابع هزینه نهایی

اینکه باید تابع هزینه به چه صورت تعریف گردد به خود مسئله اصلی که می‌خواهیم مقدار بهینه آن را به دست آوریم، بستگی دارد. همان‌طور که بیان گردید در این تحقیق بیشینه یا کمینه نمودن تابع هزینه وابسته به تصمیم کاربر می‌باشد. درواقع هدف بهینه‌سازی مسئله مسیریابی نظامی این است که بخواهیم کوتاه‌ترین درعین حال امن‌ترین مسیر را پیدا کنیم. با این شرط که ممکن است برای کاربر در یک منطقه عملیاتی خاص بهینه‌ترین مسیر، مسیری باشد که از مناطق با شیب زیاد عبور کند. بنابراین در این تحقیق تابع هزینه نهایی را از منظر آمار و اعداد موردبررسی قرار می‌دهیم. به این منظور بخش کوچکی از منطقه مورد مطالعه را برش می‌دهیم. اطلاعات منطقه برش داده شده در جدول (۱) مشاهده می‌کنید.

جدول (۱): اطلاعات منطقه برش داده شده

ردیف	ویژگی‌ها	ارزش‌ها
۱	تعداد سطر و ستون	۱۵۰۳-۱۵۱۰
۲	سایز سلول‌ها	۱۰-۱۰
۳	فرمت	FGDBR
۴	نوع پیکسل	floating point
۵	بیضوی مرجع	D_WGS_1984
۶	مینیمم ارزش	1638/430908203125
۷	ماکزیمم ارزش	2480/7802734375
۸	میانگین	1807/885659192213
۹	انحراف معیار ارزش‌ها	134/4272573311639

یک رستر (Raster) متشکل از ماتریسی از سلول‌ها (پیکسل‌ها) است که در قالب ردیف‌ها و ستون‌ها (یا یک شبکه) سازمان‌دهی شده‌اند که هر سلول متشکل از مقداری است که نشان‌دهنده اطلاعاتی مانند ارتفاع است. در شکل ۷ مشاهده می‌گردد بخشی از ارزش‌های رقومی و اطلاعات رستر شیب قرار داده شده است.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.9919	1.2124	1.2476	1.2652	1.2740	1.2851	1.3065	1.3361	1.3661
2	1.3591	1.9832	1.9978	2.0007	1.9977	2.0030	2.0293	2.0755	2.1240
3	1.3514	1.9708	1.9928	2.0022	2.0046	2.0130	2.0393	2.0866	2.1384
4	1.3425	1.9630	1.9942	2.0099	2.0154	2.0226	2.0412	2.0735	2.1041
5	1.3393	1.9620	1.9992	2.0217	2.0305	2.0333	2.0384	2.0470	2.0439
6	1.3414	1.9675	2.0075	2.0340	2.0469	2.0494	2.0448	2.0356	2.0127
7	1.3440	1.9756	2.0177	2.0460	2.0610	2.0662	2.0626	2.0497	2.0228
8	1.3435	1.9825	2.0247	2.0533	2.0701	2.0788	2.0823	2.0787	2.0610
9	1.3391	1.9884	2.0293	2.0559	2.0730	2.0859	2.0975	2.1063	2.1047
10	1.3331	1.9949	2.0329	2.0568	2.0725	2.0873	2.1058	2.1254	2.1378
11	1.3263	2.0019	2.0357	2.0567	2.0719	2.0882	2.1096	2.1344	2.1544
12	1.3203	2.0103	2.0398	2.0590	2.0750	2.0923	2.1126	2.1357	2.1548
13	1.3171	2.0209	2.0463	2.0646	2.0828	2.1005	2.1168	2.1328	2.1420

شکل (۸): بخشی از ارزش‌های رقومی نقشه شیب

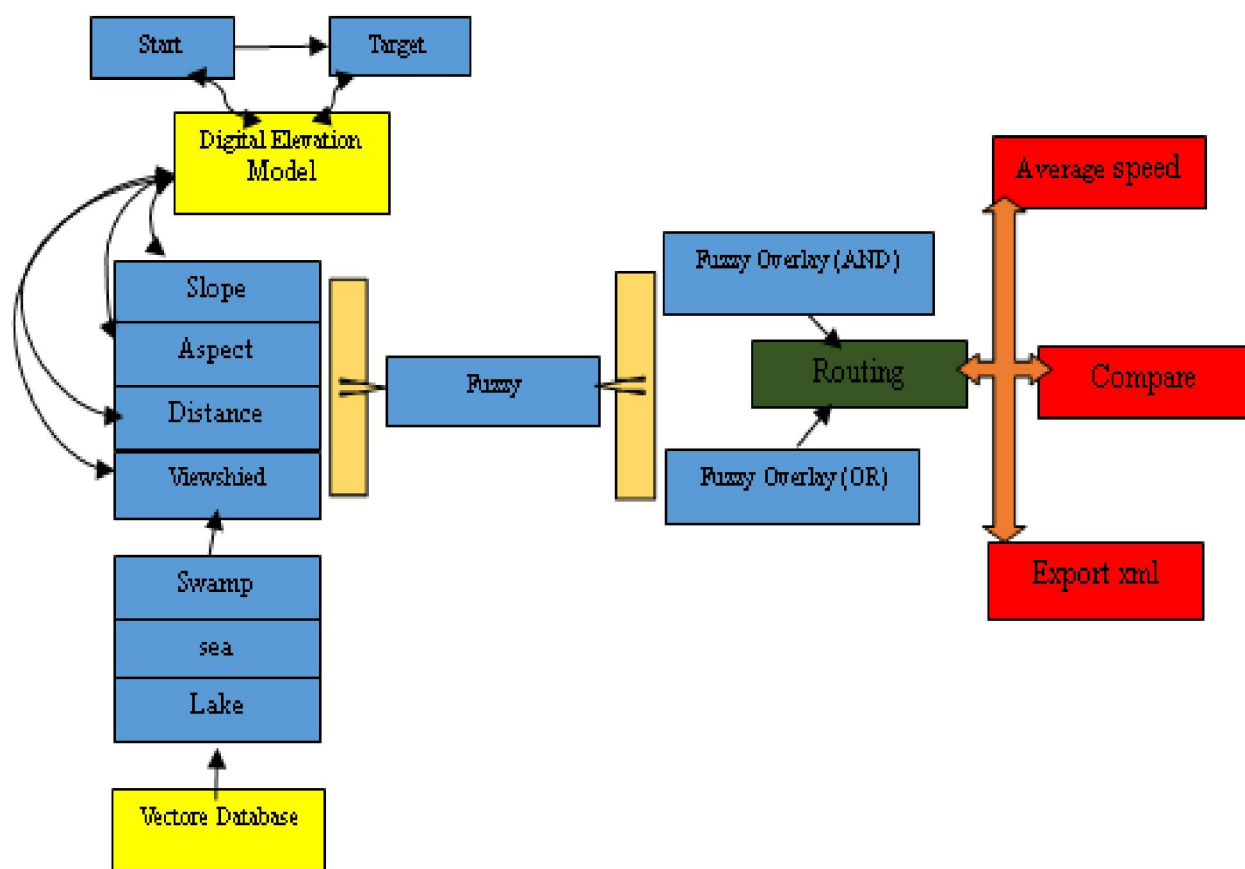
ماکزیم مقدار اطلاعات که در واقع ماکزیم شیب در منطقه برش خورده می‌باشد برابر است با ۶۷,۶۲۶۶ و مینیم شیب برابر است با ۰,۰۰۱۶۱۲۱ در حالی که افزایش المان شیب برای کاربر مطلوب باشد. همان‌طور که در معادله بیان گردید در مرحله اول مقدار درایه‌های ماتریس شیب از مقدار درایه‌های ماتریسی به همان ابعاد با ارزش مینیمم کسر می‌گردد. برای مثال مقدار ۰,۰۰۱۶۱۲۱ از درایه سطر اول و ستون اول ماتریس شیب (۰,۹۹۱۹) کسر می‌کنیم. سپس مقادیر به دست آمده را بر مقدار 67/6250 (max-min) تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{0.9919 - 0.0016}{67.6266 - 0.0016} = 0.0146$$

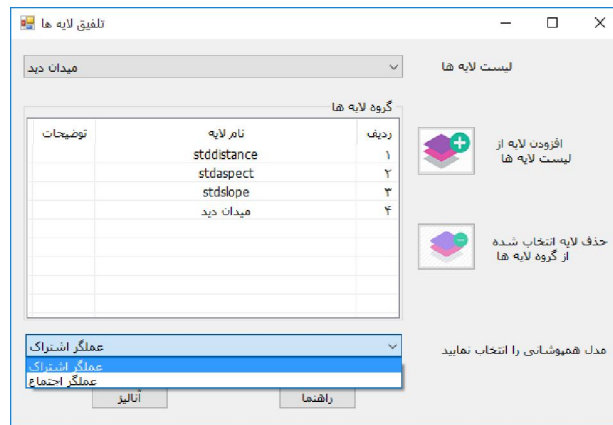
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.0146	0.0179	0.0184	0.0187	0.0188	0.0190	0.0193	0.0197	0.0202
2	0.0201	0.0293	0.0295	0.0296	0.0295	0.0296	0.0300	0.0307	0.0314
3	0.0200	0.0291	0.0294	0.0296	0.0296	0.0297	0.0301	0.0308	0.0316
4	0.0198	0.0290	0.0295	0.0297	0.0298	0.0299	0.0302	0.0306	0.0311
5	0.0198	0.0290	0.0295	0.0299	0.0300	0.0300	0.0301	0.0302	0.0302
6	0.0198	0.0291	0.0297	0.0301	0.0302	0.0303	0.0302	0.0301	0.0297
7	0.0198	0.0292	0.0298	0.0302	0.0305	0.0305	0.0305	0.0303	0.0299
8	0.0198	0.0293	0.0299	0.0303	0.0306	0.0307	0.0308	0.0307	0.0305
9	0.0198	0.0294	0.0300	0.0304	0.0306	0.0308	0.0310	0.0311	0.0311
10	0.0197	0.0295	0.0300	0.0304	0.0306	0.0308	0.0311	0.0314	0.0316
11	0.0196	0.0296	0.0301	0.0304	0.0306	0.0309	0.0312	0.0315	0.0318
12	0.0195	0.0297	0.0301	0.0304	0.0307	0.0309	0.0312	0.0316	0.0318
13	0.0195	0.0299	0.0302	0.0305	0.0308	0.0310	0.0313	0.0315	0.0317

شکل (۹): مقدار فازی شده نقشه شیب

پس از اینکه مقادیر فازی لایه‌های مختلف را با عنایت به مطلوبیت کاربر به دست آمدند. به منظور به دست آوردن تابع هزینه نهایی (لایه نهایی) نیازمند به تلفیق لایه‌ها با استفاده از عملگر and یا or می‌باشد. همان‌طور که بیان شد عملگر and ماکزیمم مقدار هر لایه فازی شده را در تابع نهایی هزینه قرار می‌دهد و در صورت استفاده از عملگر or مینیمم مقدار هر لایه فازی شده در تابع نهایی هزینه قرار داده می‌شود. در تحقیق انجام شده امکان انتخاب تعداد لایه‌ها، حذف و اضافه نمودن جهت تلفیق بر عهده تصمیم کاربر می‌باشد.



شکل (۱۰): عملگر and و or - امکان حذف و اضافه نمودن لایه جهت تلفیق



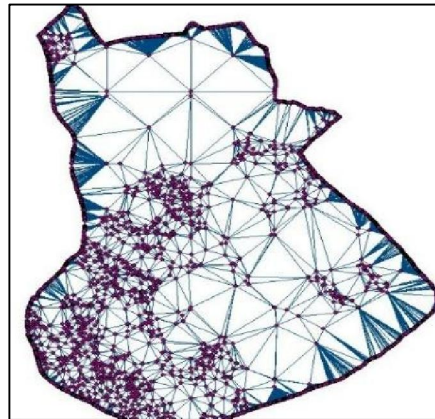
شکل (۱۱): شماتیک مراحل کار با نرم‌افزار

شکل (۱۱) کلیه مراحل قابل انجام توسط کاربر جهت به دست آوردن مسیر بهینه نظامی را نمایش می‌دهد.

یافته های تحقیق

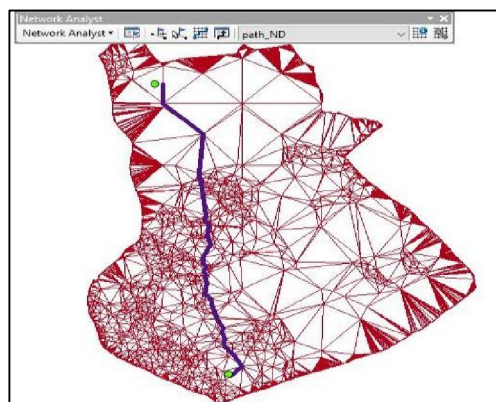
شناخت زمین و آشنایی با ویژگی‌های مختلف آن عامل مهمی در دستیابی به برتری نظامی محسوب می‌شود. انتخاب مکان مناسب برای استقرار نیروها، انتخاب مسیرهای مناسب جهت دستیابی به هدف‌ها، اندازه‌گیری دقیق فواصل، اندازه‌گیری دقیق زوایا، مساحت و ... مهم‌ترین مشغله فکری فرماندهان نظامی می‌باشد. ایجاد مدل برجسته زمین که با وسائل ابتدائی (جعبه شنی) تهیه می‌شود، یکی از ضروری‌ترین وسائل موردنیاز برای توجیه نیروها و ستادهای اجرای تمرینات و عملیات‌های واقعی می‌باشد که سامانه مذکور باید قابلیت ایجاد مدل سه‌بعدی را جهت انجام عملیات‌ها و توجیه آن‌ها فراهم آورد. نیاز به یک سیستم اطلاعاتی جهت دسترسی با سرعت بالاتر، هزینه کمتر و انعطاف‌پذیری بالاتر به اطلاعات برای نیروهای نظامی جهت تصمیم‌گیری‌های صحیح‌تر، دقیق‌تر و سریع‌تر در عملیات‌های مختلف با توجه به موارد ذکر شده بسیار مشهود می‌باشد. که مدل دیجیتالی مطرح شده برای مسیریابی نه تنها دقت بالا بلکه بهترین مسیرها را برای پیشروی یا عقب‌روی را پیشنهاد می‌دهد که این خود علاوه بر اختفا از دید دشمن و حفظ جان کارکنان بر انجام دقیق‌تر و سریع‌تر مأموریت مداوم و به‌موقع برای فرمانده یگان مانوری از طریق مسیرهایی که به ترتیب تقدم مأموریت یگان مانوری را تسریع می‌بخشد کمک شایانی می‌نماید. در این راستا مسیر ایجاد شده با مسیر ایجاد شده بدون تابع هزینه، مسیریابی در بستر شبکه‌ای از گراف‌ها و مسیر مرسوم مورداستفاده در منطقه مقایسه گردیده است. جهت انجام فرآیند مسیریابی در

بستر شبکه نیاز به یک گراف (ساختار داده‌برداری) از منطقه موردنظر داریم. با توجه ساختار داده DEM که از نوع رستری است، لذا نیاز است تا فایل اولیه ورودی تبدیل به فایل وکتوری شبکه‌ای گردد. به این منظور از دستور Raster to TIN سپس برای ایجاد Nodeها و Edgeها از دستورات TIN Node و TIN Edge در نرم‌افزار ArcGIS استفاده می‌کنیم. شکل موارد ذکرشده را نشان می‌دهد. شکل (۱۲) ایجاد شبکه‌ای از گره‌ها و یال‌ها در منطقه را نمایش می‌دهد.



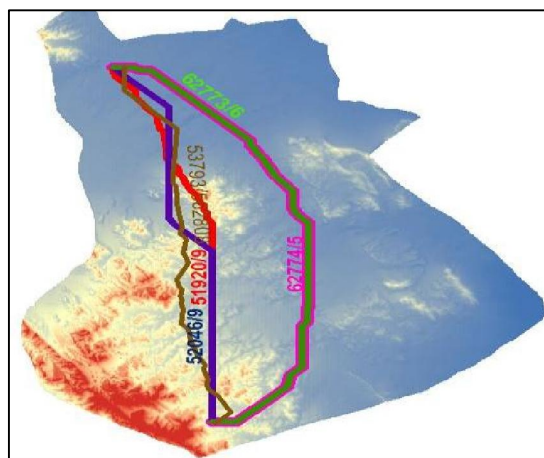
شکل (۱۲): تبدیل رستر به شبکه

جهت مقایسه برخی مسیرهای به دست آمده مسیرهای ایجاد شده در نرم‌افزار مسیریاب نظامی را صرفاً با در نظر گرفتن لایه شیب و در حالت‌های مختلف مطلوبیت افزایش و کاهش با سایر روش‌ها مقایسه می‌کنیم. کل زمان محاسبه شده برای مسیر نظامی مورد نظر در نرم‌افزار مسیریاب نظامی نهایتاً ۳ دقیقه می‌باشد البته در صورت استفاده از مدل رقومی ارتفاعی با دقت کمتر این زمان به صورت تصاعدی کاهش می‌یابد. مسیر به دست آمده با استفاده از تحلیل شبکه مطابق با شکل می‌باشد. طول کل مسیر برابر با ۵۳۹۰۲/۸۳ متر می‌باشد.



شکل (۱۳): مسیریابی با استفاده از آنالیز شبکه

به منظور مقایسه انواع حالت‌های مسیریابی بین دو نقطه مشابه مبدأ و مقصد شکل ۱۴ و سپس جدول ارائه می‌گردد.



شکل (۱۴): تمام مسیرها

جدول (۲): مقایسه انواع حالت‌های مسیریابی بین دو نقطه مشابه مبدأ و مقصد

ردیف	مسیر	طول مسیر	متوسط زمان با سرعت ۵۰	زمان مسیریابی	ملاحظات امنیتی
۱	مسیر قهوه‌ای (مسیر به‌دست‌آمده با استفاده از آنالیز شبکه)	۵۳۷۹۳ متر	۶۴ دقیقه	حداقل ۱۰ دقیقه برای افراد متخصص	صرفاً نزدیک‌ترین مسیر را در نظر می‌گیرد.
۲	مسیر آبی (صرفاً مسیریابی با استفاده از DEM انجام شده است)	۵۲۰۴۶ متر	۶۲ دقیقه	داخل نرم‌افزار مسیریاب نظامی انجام و حدود ۳ دقیقه	
۳	مسیر قرمز	۵۱۹۲۰ متر	۶۲ دقیقه	داخل نرم‌افزار مسیریاب نظامی انجام و حدود ۳ دقیقه	مسیریابی با مطلوبیت افزایش شیب انجام شد.
۴	مسیر سبز	۶۲۷۷۴ متر	۷۵ دقیقه	داخل نرم‌افزار مسیریاب نظامی انجام و حدود ۳ دقیقه	مسیریابی با مطلوبیت کاهش شیب انجام شد.

نتیجه گیری و پیشنهادها

با توجه به روند تحقیقاتی طی شده و نتایج دریافتی با مقایسه نحوه عملکرد و میزان آن در سامانه‌های مختلف می‌توان این نکته را دریافت که صرفاً برای پیاده‌سازی سیستم‌های مبتنی بر کنترل خودکار نیاز به تجهیزات پیشرفته و پرهزینه نمی‌باشد و می‌توان آن‌ها را با حتی با کمترین میزان تجهیزات، طراحی و پیاده‌سازی نمود و هم‌زمان با کاهش چشمگیر هزینه‌های تجهیزات و منابع، به توانایی و دقت قابل قبولی و حتی بیشتر دست یافت. در سامانه طراحی شده برخی قابلیت‌ها با توجه به موارد ذکر شده در بخش تجزیه و تحلیل سامانه مشهود می‌باشد.

- عدم نیاز سامانه مذکور به GPS و دیگر سیستم‌های موقعیت‌یاب
- افزایش قابلیت هدایت کنترل و دقت
- افزایش امنیت
- کمینه نمودن زمان و افزایش سرعت در صورت درخواست کاربر جهت عبور از مسیرهایی با شیب و سختی کمتر.
- افزایش قابلیت پنهان‌سازی و استتار
- کاهش مصرف سوخت و افزایش انرژی
- دید بصری کامل به منطقه

بازطراحی مدل ارائه شده در این تحقیق بر روی سامانه‌های همراه با رویکرد نظامی جهت استفاده در شرایط عملیاتی یکی از کمبودهای بزرگ سازمان‌های مختلف جهت مدیریت بخش‌های گوناگون، فقدان یک پایگاه داده کامل و به هنگام است. این پایگاه می‌تواند علاوه بر آنالیزهای موردنیاز، ارتباط اطلاعاتی ما بین بخش‌های مختلف یک سازمان را ایجاد کند. پایگاه داده مکانی گزینه‌ی مناسبی جهت پیاده‌سازی نیازهای یک سازمان است. این پایگاه داده برای طراحان و فرماندهان می‌تواند در نبردهای آتی بسیار ضروری باشد. عبور از نقشه‌های کاغذی و استفاده کاربردی از نقشه‌های گویا و هوشمند در بستر GIS برای پاسخگویی به نیاز عملیاتی فرماندهان

فهرست منابع

۱. فریدونی، شاهین (۱۳۹۵). طراحی و بهینه سازی سیستم کنترل خودکار پهپاد به کمک الگوریتم ژنتیک و روش بهینه سازی (نظیر گرادیان کاهشی) با کمک GPS، تهران.
۲. محمدی، ش (۱۳۹۵). مسیریابی بهینه ی عوارض خطی با بکارگیری الگوریتم کلونی مورچگان در GIS (مطالعه موردی: جاده جدید مسجدسلیمان-اهواز). پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد.
۳. کیخانی، مهدی؛ رنگزن، کاظم (۱۳۹۵). تکنولوژی سنجش از دور و GIS با روش های تصمیم گیری چند معیاره در تحلیل های نظامی و عملیاتی (پروژه مبنا). تهران: انتشارات دانشگاه افسری امام علی (ع).
۴. هاروی، دیتل (۱۳۸۵). مرجع کامل برنامه نویسی C#.NET. (م. ر. مولانا پور، مترجم) تهران: موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران.
5. Meng, Q., & Zhang, J. (2018). Optimization and application of artificial intelligence routing. Cluster Computing.
6. Amrita, S. (2021). Transportation Network Analysis Using Fuzzy Logic Through GIS Techniques: A Study of Central Kolkata. Proceeding of Fifth International Conference on Microelectronics, Computing and Communication Systems.
7. Hung, C., & Monica, W. (2018). The design of an IoT-GIS platform for performing automated analytical tasks. Computers, Environment and Urban Systems.
8. Lihua, L., Wu, C., & Li, M. (2020). A genetic algorithm for the fuzzy shortest path problem in a fuzzy. Complex & Intelligent Systems.