آینده‌پژوهی دفاعی، سال ششم، شماره ۲۲، پاییز ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۴

از صفحه ۶۹ تا صفحه ۹۴

طراحی سامانه Web-GIS مبتنی بر مسیریابی بهینه بین نقاط مختلف صحنه نبرد به‌منظور مدیریت و طرح‌ریزی صحیح عملیات‌های نظامی آینده

مهدی کیخایی*[۱]

ارسلان رفیع زاده ملکشاه[۲]

نادر بیرانوند[۳]

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

دسترسی سریع به اطلاعات مکانی یکی از اساسی‌ترین ارکان عملیات‌های حال و آینده محسوب می‌گردد. در این حوزه، موضوع مسیریابی و آگاهی نسبت به جغرافیای نظامی منطقه عملیات از چالش‌های فرماندهان و مدیران در سطوح مختلف سازمان در رزم می‌باشد. سامانه Web-GIS ابزاری قدرتمند برای طراحی و برنامه‌ریزی هرگونه عملیات مکانی بوده و امکانات زیادی را در اختیار قرار می‌دهد. بخش عمده‌ای از اقدامات نظامی زمینی در نواحی برون‌شهری بوده و مسیرهای دسترسی تعریف‌شده زیادی از آن‌ها موجود نیست، لذا لازم است تا با ایجاد سامانه‌ای مسیریاب بتوان مسیرهای مواصلاتی در این نوع مناطق را بررسی نمود. این تحقیق سعی بر آن دارد تا با ایجاد سامانه جامع GIS تحت وب، بتواند در یک شبکه جامع فرماندهی و کنترل در محیط کاربری با امنیت بالا، اطلاعات مکانی موردنیاز صحنه نبرد را ارائه داده و نیز فرآیند مسیریابی جهت طرح‌ریزی عملیات‌های آتی را مطابق با پارامترهای مدنظر انجام دهد. اطلاعات ورودی سامانه مسیریاب با استفاده از تکنیک مثلث‌بندی و با به‌کارگیری تابع هزینه مناسب در منطقه مطالعه پیش‌پردازش شده و موجب کاهش حجم داده و افزایش سرعت پردازش می‌گردد. این سامانه با به‌کارگیری پایگاه داده PostgreSQL، وب‌سرور آپاچی و افزونه‌های متن‌باز، تشکیل یک مجموعه عام‌المنفعه را می‌دهد. هم‌چنین سعی شده تا رابط کاربری ایجادشده کاربرپسند بوده و حاوی ابزار کافی به منظور استفاده کاربران هدف باشد. به‌کارگیری سامانه مسیریاب Web-GIS، نقش اساسی این سامانه در موقعیت‌یابی در میدان نبرد، دسترسی به نقشه‌های اردوگاه‌ها و ایجاد سامانه جامع آفلاین، مدیریت لجستیک، فرماندهی و کنترل عملیات‌های نظامی آینده نمود پیدا خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی:

مسیریابی، سامانه Web-GIS، تکنیک Triangulation، پایگاه داده PostgreSQL، عملیات نظامی آینده.

[۱]. مدرس گروه جغرافیا، دانشگاه افسری امام علی(ع)

[۲]. پژوهشگر مرکز مطالعات دفاعی دانشگاه افسری امام علی(ع)

[۳]. استادیار گروه ریاضی، دانشگاه افسری امام علی(ع)

* نویسنده مسئول: Email: M_keykhaee60@yahoo.com

مقدمه

دنیای حال حاضر، دنیای اطلاعات و مدیریت بهینه و صحیح آن‌هاست. 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؛ همت و همکاران، ۱۳۹۸). یکی از اصول مهم در دفاع عامل و غیرعامل درک و شناخت ناحیه نبرد ازجمله مسیرهای حرکتی است و بدون آگاهی از وضعیت آن‌ها طرح‌ریزی عملیات ارزشی ندارد. در مباحث نظامی داشتن اطلاعات دقیق از عوارض و پدیده‌های مکانی سطح زمین در تصمیم‌گیری فرماندهان برای طرح‌ریزی منطقه عملیات و اجرای آن بسیار مهم است. این در حالی است که امروزه به علت رشد سریع فناوری و دخالت عوامل مختلف در تصمیم‌گیری، طراحی منطقه نبرد در شرایط عدم اطمینان بسیار دشوار است (روشن و اردکانی، ۱۳۷۷). توانایی تصمیم‌گیری سریع و مطمئن به‌وسیله فرماندهان در سطوح عملیاتی بسیار حائز اهمیت است. تصمیم‌گیری صحیح و دقیق به علت حجم بالای اطلاعات، مشکل بوده، لذا در این موقعیت نقش سیستمی جهت مدیریت حجم بالای اطلاعات نمود پیدا می‌کند تا بتواند فرماندهان و طراحان نظامی را در فرآیند تصمیم‌گیری و یکپارچه کردن تلاش‌های نیروهای رزمی در منطقه عملیاتی در آینده، یاری نماید (Srivastava, 2006).

یکی از این سامانه‌ها که اطلاعات درست و خلاصه شده‌ای را در زمان مناسب به کاربران ارائه و امکان تصمیم‌گیری صحیح و دقیق را فراهم می‌آورد، «سامانه اطلاعات جغرافیایی[1]» است. یکی از مهم‌ترین عملکردهای این سامانه همراه با تصاویر ماهواره‌ای، شناخت، تفسیر و تحلیل منطقه عملیات می‌باشد که نقش مهمی در تعیین چگونگی قرارگیری و آرایش نیروها دارد. با این تکنولوژی، فرمانده می‌تواند موقعیت‌های استراتژیکی را بدون حضور فیزیکی در منطقه، تعیین و در کمترین زمان، دستورات خود را صادر و افراد خود را هدایت نماید. این سامانه می‌تواند در حداقل زمان و هزینه، حداکثر اطلاعات جغرافیایی لازم را تأمین کند (حاتمی، ۱۳۸۸).

مهم‌ترین ویژگی این سامانه، امکان شناسایی روابط میان عوارض مختلف روی نقشه می‌باشد. این سیستم، ابزاری است که برای اهدافی خاص، اطلاعات را ذخیره می‌سازد. سیستم اطلاعات جغرافیایی، اطلاعات مکانی فضایی را با اطلاعات جغرافیایی یک پدیدهٔ خاص روی نقشه ارتباط می‌دهد. امروزه از داده‌ها و سرویس‌های موجود در سیستم‌ها اطلاعات مکانی به شکل محلی

[1]. Geospatial Intelligence System (GIS)

استفاده می‌گردد. یک GIS محلی در بخش محدودی از کاربردها استفاده می‌گردد. ازجمله معایبی که یک GIS محلی دارد می‌توان به چند مورد که توضیح داده می‌شوند اشاره نمود؛ ۱) عدم امکان به اشتراک‌گذاری اطلاعات متفاوت بین مراکز مختلف برای استفاده از اطلاعات یکدیگر، ناهماهنگ بودن اطلاعات یکسان بین مراکز مختلف ۲) در دسترس نبودن اطلاعات در مکان‌های دلخواه به‌نحوی‌که اطلاعات و داده‌ها فقط در مرکز موجود بوده و در خارج از آن‌ها نمی‌توان به آن دسترسی داشت. ۳) دشوار بودن به‌روز نگهداری اطلاعات در تمام مراکز زیرا که با تغییر در اطلاعات یک مرکز باید تأثیرات آن به تمام مراکز دیگر ارسال‌شده و آن‌ها نیز با اطلاعات جدید تصمیم‌های خود را اخذ نمایند. (Dragic´evic´ & Balram, 2004) بنابراین با توجه به محدودیت‌های موجود در یک GIS محلی که قادر به پوشش دادن نیازهای بخش گسترده‌ای از کاربران نبوده و به دنبال آن مسئله کمبود تعامل‌پذیری در روش‌های مبتنی بر GIS محلی به چشم می‌خورد، می‌توان با استفاده از GIS در شکل و ساختار جدیدی در بستر Web-GIS، سیستم‌هایی را بروی شبکه ایجاد نمود که منتج به تولید یک سامانه GIS مبتنی بر وب شود. مطابق با توضیحات بیان شده، GIS به‌صورت محلی دارای محدودیت‌هایی بوده که با فناوری GIS تحت وب می‌توان علاوه بر استفاده از تمامی امکاناتی که وب در اختیار ما قرار می‌دهد، در راستای ارتقا و رفع ایرادات GIS محلی استفاده نماییم. (Yang et al., 2004)

در طرح پژوهشی حاضر به طراحی سامانه Web-GIS مبتنی بر مسیریابی بهینه بین نقاط مختلف صحنه نبرد در راستای مدیریت و طرح‌ریزی عملیات‌های نظامی آینده پرداخته می‌شود. در سامانه موردنظر سعی بر آن شده تا با به‌کارگیری ابزار و ساختار جامع و محیط کاربری با امنیت بالا، در آینده در شرایط صحنه نبرد که دسترسی به نقشه‌های مناطق عملیاتی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و امکان دسترسی به اینترنت و نقشه‌های آنلاین کم بوده، بتوان فرآیند مسیریابی را مطابق با هرکدام از پارامترهای مدنظر که پیش‌بینی صحیح‌تری از وضعیت موجود می‌دهد را در شرایط کاملاً آفلاین و بدون نیاز به اینترنت انجام داد. درنهایت هدف بر آن است که در آینده با استفاده از سامانه ایجاد شده در صحنه عملیات بتوان در نهایت سرعت و دقت اطلاعات مکانی را در اختیار کاربر نظامی قرار داد. در ضمن وجود چنین سامانه‌ای برای ارگان‌های نظامی بسیار کاربردی بوده و در اجرای عملیات نظامی تأثیر بسزایی را از خود نشان می‌دهد. علاوه بر یگان‌های نظامی، یگان‌های امدادی، کوهنوردان و اشخاصی که از مسیرهای فاقد نقشه دسترسی رفت‌وآمد می‌کنند نیز می‌توانند از این سامانه مسیریاب بهره‌مند گردند.

اهداف عمده این پژوهش به شرح ذیل عنوان می‌گردد:

- ارائه سامانه Web-GIS مبتنی بر مسیریابی بهینه بین نقاط مختلف صحنه نبرد در عملیات نظامی و شناخت کاربردهای آن
- انجام آنالیزهای تحلیل شبکه به‌منظور پیدا کردن بهینه‌ترین مسیر، به شکلی که کاربر به‌راحتی قادر به انتخاب نقطه مبدأ و مقصد در محیط وب باشد و نتیجه آن به شکل یک مسیر در مرورگر به کاربر نمایش داده شود.
- پیاده‌سازی واسط کاربرپسند برای تعامل بهتر با سامانه تحت وب، به گونه‌ای که کاربران بتوانند به خوبی با سامانه تعامل داشته باشند.
- ارائه روشی مؤثر و کارآمد در تصمیم‌سازی، جهت طراحان نظامی
- ایجاد یک سامانه مسیریاب با استفاده از ابزار و افزونه‌های رایگان و عام‌المنفعه.

مبانی نظری و پیشینه‌های پژوهش

سامانه Web-GIS

Web-GIS شکل پیشرفته‌ای از GIS است که بر بستر وب موجود می‌باشد. انتقال اطلاعات در Web-GISبین سرور و کاربر انجام می‌گیرد. سرور یک سرور سیستم GIS است و کاربر یک مرورگر وب، برنامه موبایل و برنامه دسکتاپ است. Web-GIS اطلاعات موجود در GIS را به دست مردم می‌رساند که باعث کاهش نیاز به ایجاد برنامه سفارشی می‌شود. این امر بستری برای ادغام اطلاعات GIS با سایر سیستم‌های تجاری و همکاری متقابل سازمانی را امکان‌پذیر و فراهم می‌کند. Web-GIS به سازمان‌ها اجازه می‌دهد تا تمام داده‌های جغرافیایی خود را به‌درستی مدیریت کنند. Web-GIS تجزیه‌وتحلیل داده‌های مکانی یا جغرافیایی را به روشی که درگذشته ممکن نبود، در دسترس قرار می‌دهد. پیش‌ازاین، داده‌های مکانی برای پاسخ به مجموعه‌ای از سؤالات از پیش تعیین شده می‌بایستی پردازش، ویرایش، اصلاح و استخراج می‌شدند (Ananda et al., 2016). سرور دارای یک منبع خاص، یک منبع یاب (URL) در وب است تا کاربر بتواند به راحتی به آن دسترسی پیدا کند. ارسال درخواست‌های کاربر به سرور به مشخصات پروتکل انتقال (HTTP) بستگی دارد. سرور عملیات GIS درخواستی را انجام می‌دهد و پاسخ‌ها را با استفاده ازHTTP به کاربر ارسال می‌کند. قالب پاسخ ارسال شده به کاربر می‌تواند در بسیاری از قالب‌ها مانند HTML، تصویر باینری، JSON[1] و XML[2] باشد (Alesheikh et al., 2002).

[1]. Java Script Object Notation
[2]. Extensible Markup Language

فرآیند مسیریابی

مسیریابی از مسائل اساسی در تئوری شبکه‌های هندسی در GIS می‌باشد. در فرایند مسیریابی پارامتر زمان و امنیت مسیر حائز اهمیت است (نیک سیرت، ۱۳۹۸). مسیریابی الگوریتمی برای برنامه‌های رایانه‌ای است که هدف آن غالباً یافتن کوتاه‌ترین مسیر بین دو نقطه است. مسیریابی ارتباط زیادی با مسئله کوتاه‌ترین مسیر در نظریه گراف‌ها دارد (Eiza & Ni, 2013). در واقع این مسئله به شرح این می‌پردازد که چگونه سریع‌ترین، ارزان‌ترین و کوتاه‌ترین مسیر را بین دو نقطه در یک شبکه به دست آوریم. در گذشته برای حل این مسئله الگوریتم‌هایی مانند دایجسترا (Dijkstra)، *A، بلمن فورد، فلوید وارشال و ... ارائه شده است. در سال‌های اخیر، با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی[1]، متدهای جدیدی برای پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر ارائه شده است. مسئله مسیریابی به دو زیر مسئله قابل تقسیم است که عبارتند از:

۱) ایجاد یک گراف ۲) یافتن مسیر موردنظر روی گراف با طراحی الگوریتم مسیریابی

در ابتدا سعی بر این است که فضای پیوسته به فضایی گسسته تبدیل شود. لذا گراف G (V, E) به‌عنوان نماینده‌ای از فضای گسسته به وجود می‌آید که در آن V (مجموعه رئوس گراف) نماینده نقاطی از فضای پیوسته و E (مجموعه یال‌های گراف) نماینده ارتباط بین دو نقطه از فضای پیوسته است. این گراف در مرحله دوم به عنوان ورودی در یک الگوریتم مسیریابی فراخوانی می‌شود. خروجی این الگوریتم آرایش منظمی از رئوس است که برای رسیدن به رأس هدف باید آن‌ها را به ترتیب دنبال نمود (Chen et al., 2019).

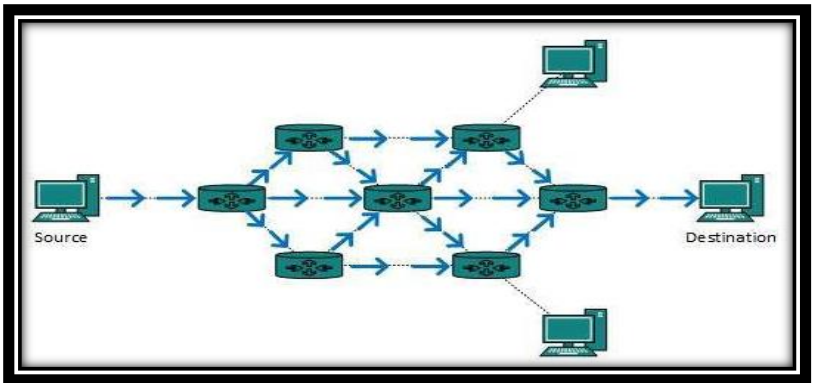
الگوریتم‌های مسیریابی

الگوریتم‌های مسیریابی در شبکه به‌طورکلی به دو دسته الگوریتم سیل‌آسا [2]و الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر [3] تقسیم می‌شود.

۱) الگوریتم سیل‌آسا

الگوریتم سیل‌آسا ساده‌ترین روش انتقال داده از مبدأ به مقصد است. هنگامی‌که داده‌ای دریافت شود، مسیریاب آن را به تمام رابط‌های کاربری به جز همان دریافت‌کننده یا نقطه مبدأ می‌فرستد (Jingyu & Kouichi, 2011).

[1]. Artificial Intelligence
[2]. Flooding
[3]. Shortest Path



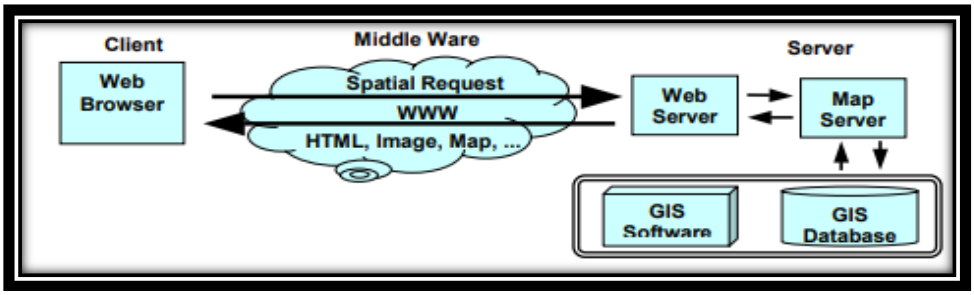
شکل (۲) تصویری شماتیک از نحوه عملکرد الگوریتم سیل‌آسا (Jingyu & Kouichi, 2011)

۲) الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر

تصمیم مسیریابی در شبکه‌ها، عمدتاً بر اساس هزینه بین منبع و مقصد صورت می‌گیرد. تعداد گره‌های میانی نقش عمده‌ای در اینجا ایفا می‌کند. الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر یک تکنیک است که با استفاده از الگوریتم‌های مختلف برای تصمیم‌گیری یک مسیر با حداقل تعداد گره بکار می‌رود. در این پژوهش از الگوریتم کاربردی دایجسترا استفاده شده است. این الگوریتم به‌طور نمونه، در شبکه‌های جاده‌ای بسیار پرکاربرد است (Tommiska & Skyttä, 2001).

معماری سیستم‌های GIS مبتنی بر وب (Web-GIS)

Web-GIS، یک سامانه اطلاعات جغرافیایی است که در شبکه رایانه‌ای جهت ترکیب، انتشار و پیاده‌سازی اطلاعات مکانی در شبکه اینترنت گسترده شده است. در اجرا و به‌کارگیری GIS تحت وب، این سرویس مشابه معماری Client و Server شبکه است. Client به‌طورکلی یک Web Browser است.Server متشکل از یک Web Server، Map Server و یک برنامه شامل نرم‌افزار و پایگاه داده است (Alesheikh et al., 2002). در این پژوهش از پایگاه داده PostgreSQL استفاده شده است که یک سیستم پایگاه داده متن‌باز و دارای افزونه‌های متعدد و پرکاربردی است. (Agrawal & Gupta, 2017). Web Server شامل یک کامپیوتر و نرم‌افزار است تا بتواند اطلاعات را در Web از یک یا چند Client به‌وسیلهHTTP توزیع کند.



شکل (۳) کلیت معماری Client/Server در سیستم Web-GIS (Alesheikh et al., 2002)

سرویس انتقال داده

سرویس انتقال داده در واقع همان وب سرور می‌باشد. در این پژوهش از نرم‌افزار متن‌باز Xampp و وب سرور آپاچی استفاده شده است. Xampp محبوب‌ترین محیط توسعه زبان PHP است. در واقع نرم‌افزار Xampp کدهای php را به‌صورت شبکه محلی در سیستم اجرا می‌کند و با این کار می‌توان قبل از آپلود کردن کارها روی شبکه اصلی وب، آن‌ها را روی کامپیوتر شخصی تست کرد (Dvorski, 2007).

رابط کاربری

در ایجاد رابط کاربری (Client) به‌صورت پایه‌ای از زبان‌های برنامه‌نویسی html، sql، php، css و Java Scripts استفاده شده است. زبان‌های برنامه‌نویسی در نوشتار وب به دو دسته Client Side و Server Side تقسیم می‌شوند. زبان‌هایی مانند html، css و Java Scripts به‌عنوان زبان سمت کلاینت شناخته می‌شوند. زبان‌هایی مانند sql و php از جمله زبان‌هایی هستند که در رابطه با ارتباط کلاینت و پایگاه داده به کار می‌روند، لیکن عمدتاً به‌عنوان زبان سمت سرور شناخته می‌شوند (Tilkov & Vinoski, 2010).

پیشینه پژوهش

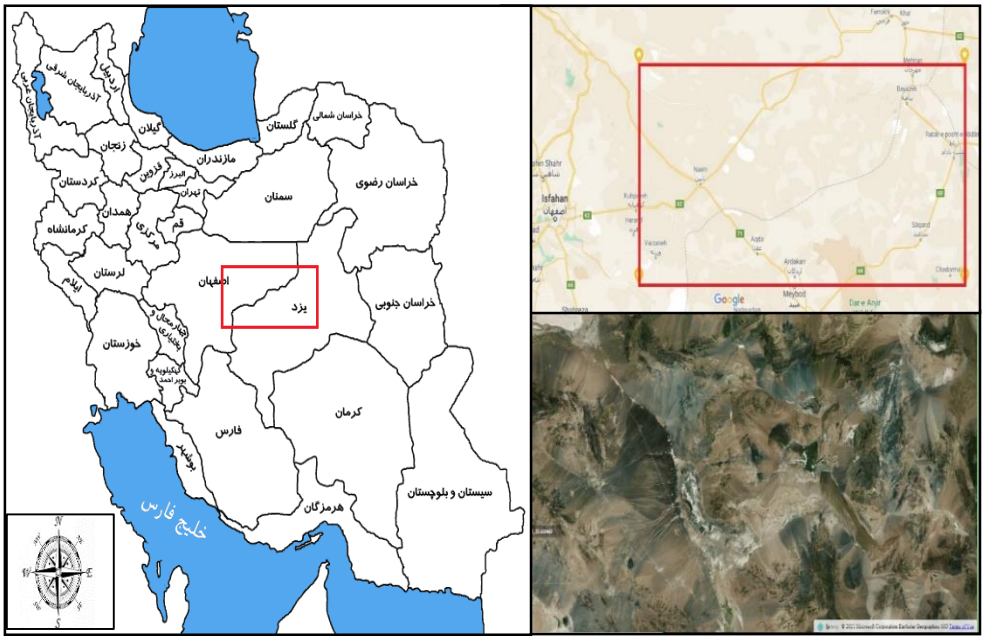
جدول (۱) پیشینه تحقیقات انجام شده

کشور	اهداف	افق زمانی	روش‌شناسی‌ها
چین	ارائه سامانه هوشمند حمل‌ونقل	۱۵ سال	بررسی روشی جهت توسعه Web-GIS مبتنی بر سیستم نرم‌افزار ITS با تکنولوژی GIS وب سرور در راستای نظارت بر حمل‌ونقل عمومی
چین	ایجاد سیستم مبتنی بر پیش‌بینی رواناب و ارزیابی زمان واقعی ایجاد منابع آب پکن	۱۲ سال	انتخاب یک سیستم سرور مرورگر ساختاری و ترکیب با مدل هیدرولوژیک توزیع یافته و تکنیک‌های Web-GIS
پرتغال	توسعه سیستم اطلاعات مدیریت کشاورزی مبتنی بر راه‌حل‌های متن‌باز	۷ سال	توسعه یک سامانه جهت ایجاد یک سیستم Web-GIS جهت مدیریت شرکت‌های کشاورزی
آمریکا	ایجاد یک برنامه Web-GIS برای تجزیه‌وتحلیل سیستماتیک اتصال از راه دور و توسعه پایدار	۳ سال	نشان دادن عملکرد GeoApp با استفاده از آن در یک مطالعه موردی با سیستم‌های دوردست در فضا و زمان و دارای تعامل.
اسپانیا	رویکرد Web-GIS برای حفاظت پیشگیرانه از بناهای میراثی	۱ سال	ایجاد یک فناوری پیشرفته Web-GIS با شهود ۳۶۰ درجه پانوراما و ابرهای سه‌بعدی در ترکیب با اینترنت اشیا
ایران	بررسی کاربردهای Web-GIS در مدیریت شهری	۱۰ سال	بررسی و کاربردهای Web-GIS در مدیریت شهری و کاربردهای آن در شهر
ایران	اطلاع‌رسانی از طریق Web-GIS و کاربرد در مدیریت گردشگری	۷ سال	اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی به اطلاع‌رسانی در خصوص گردشگران و مسافران با بهره‌گیری از سامانه Web-GIS
ایران	طراحی و اجرای Web-GIS آتش‌نشانی با تأکید بر مسیریابی بهینه به محل حادثه	۶ سال	استفاده از نرم‌افزار Arc GIS Server و طراحی و اجرای سامانه Web-GIS آتش‌نشانی یک منطقه جهت مدیریت حادثه
ایران	پیاده‌سازی سامانه Web-GIS اداره گاز شهری به‌منظور مدیریت حادثه با تأکید بر مسیریابی بهینه	۳ سال	استفاده از نرم‌افزار ArcGis Server جهت ایجاد سامانه Web-GIS و کاربردهای آن در مباحث مدیریت بحران
ایران	ارائه مدل مدیریت آنالیز تولید انرژی برق از مزارع بادی با استفاده از سیستم Web-GIS	۳ سال	ایجاد یک سیستم مناسب جهت مدیریت تولید و مصرف از توربین‌های انرژی بادی با استفاده از پایگاه داده تحت سامانه Web-GIS

روش‌شناسی پژوهش

معرفی منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه کویر سیاه‌کوه است که در ۲۰ کیلومتری جنوب شهر انارک و ۴۰ کیلومتری شمال شهر اردکان قرار دارد. بخش عمده کویر سیاه‌کوه در استان اصفهان از توابع بخش انارک قرار گرفته است. این کویر از سمت جنوب به کوه نمک و گریگون، از غرب به بیابان‌های نایین و نوگنبد و از شمال به ارتفاعات انارک محدود شده است. میانگین ارتفاع این کویر از سطح آب‌های آزاد در حدود ۹۶۱ متر است. (نوجوان و هاشمی، ۱۳۹۲)



شکل (۴) منطقه موردمطالعه

در یک نگاه کلی به نقشه ناهمواری‌های منطقه می‌توان گفت که کویر سیاه کوه از لحاظ تنوع توپوگرافی در مرتبه بالایی قرار دارد. ارتفاعات منطقه به‌صورت تقریباً پیوسته در امتداد محور طولی منطقه گسترده شده است. فایل DEM ورودی در این مطالعه، محدوده‌ای است که با کادر قرمزرنگ در تصویر هوایی در شکل (۴) مشخص شده است.

تشریح روش پژوهش

فایل‌های اولیه از مناطقی مشابه با منطقه موردمطالعه ما که در این پژوهش به کار می‌آیند از نوع رستری DEM هستند. این لایه DEM، لایه زیرین و ثابت است و هر لایه از مابقی مشخصات توپوگرافیک منطقه بر روی این لایه قرار می‌گیرد. فایل DEM ورودی موردنظر در این پژوهش

دارای پیکسل‌بندی با دقت ۱۵*۱۵ متر است که دقت نسبتاً خوبی در مطالعات پژوهشی در حوزه مسیریابی می‌باشد. با توجه به مطالبی که در قسمت الگوریتم‌های مسیریابی بیان شد، جهت انجام فرآیند مسیریابی نیاز به یک گراف (ساختار داده برداری) از منطقه موردنظر داریم. با توجه ساختار داده DEM که از نوع رستری است، تعداد و پراکندگی داده‌ها زیاد بوده و تحت این شرایط اجرای فرآیند مسیریابی سخت و چالش‌برانگیز است. لذا نیاز است تا فایل اولیه ورودی پیش‌پردازش شده و با اجرا یک‌سری راهکار داده‌های ورودی جهت تحلیل سیستم مسیریاب بهینه شود. در ابتدا برای پیشبرد درست پژوهش، از فایل رستری DEM یک شبکه می‌سازیم. این‌کار موجب کاهش حجم داده‌هایی می‌شود که جهت پردازش موردنیاز هستند. علاوه بر آن ساختار داده، مناسب با ساختار شبکه‌ای جهت مسیریابی شده و هم‌چنین سرعت پردازش در سامانه مسیریاب افزایش پیدا می‌کند. برای ساخت یک شبکه از فایل رستری DEM، فایل موردنظر کافی است یک‌بار پیش‌پردازش شود. سپس فایل پیش‌پردازش شده در پایگاه داده قرار گرفته و جهت مسیریابی بر روی آن به تعداد دلخواه می‌توان پردازش صورت داد. طرز کار این سیستم مسیریابی به‌طورکلی بدین‌صورت است که در این سرویس دو نقطه به‌عنوان مبدأ و مقصد در سیستم مختصات موردنظر از کاربر اخذ شده، مطابق با الگوریتم مسیریابی‌ای که پیش‌تر شرح داده شد، مسیر موردنظر تعیین شده و در قسمت کلاینت در نقشه‌ای که در صفحه مرورگر برای کاربر در نظر گرفته شده نشان داده خواهد شد. لازم به ذکر است که در سمت سرور یک سرویس موجود است که وظیفه آن ایجاد ارتباط بین کلاینت و پایگاه داده است و به‌عنوان وب سرور (خدمات دهنده وب) شناخته می‌شود. این سرویس نقاط موردنظر کاربر را از کلاینت گرفته، به سرویس پایگاه داده منتقل کرده، مسیر را از پایگاه داده گرفته و به کلاینت داده که در نهایت به کاربر در صفحه مرورگر نشان داده خواهد شد.

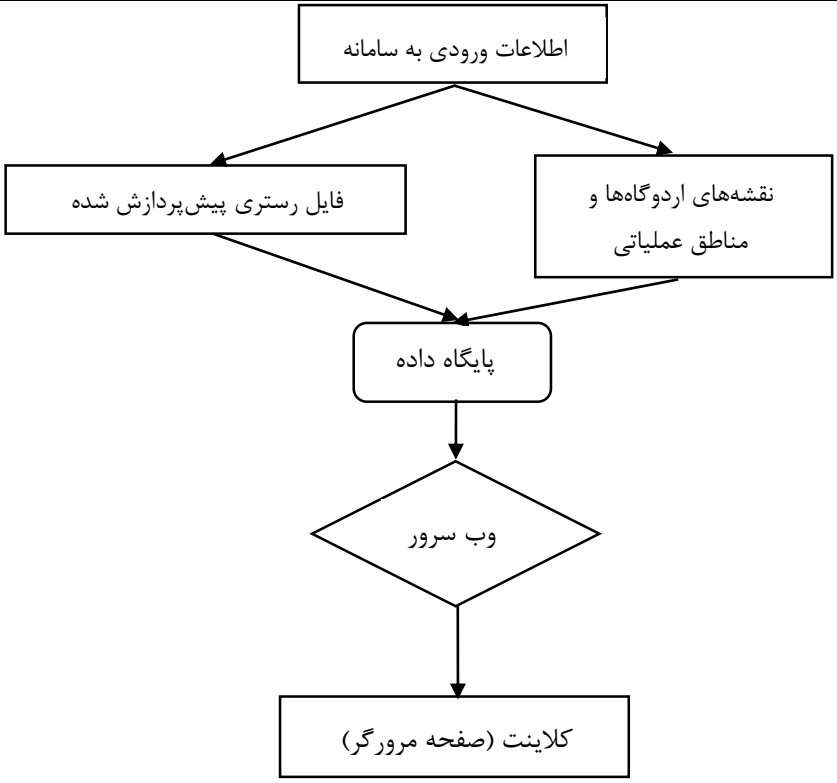
فرآیند اجرای پژوهش

به‌طورکلی جهت اجرای این سامانه مسیریابی Web-GIS، نیاز به دو آیتم اصلی زیر است:

۱) ایده اصلی

۲) روش مسیریابی

در این قسمت در ابتدا مراحل انجام پژوهش در قالب یک فلوچارت به شکل زیر آورده شده است.



شکل (۵) فلوچارت مراحل انجام پژوهش

ایده اصلی

پیش‌پردازش داده ورودی

مطابق با توضیحات ارائه شده در قسمت فرآیند مسیریابی، مهم‌ترین مسئله در ابتدای این فرآیند ایجاد گراف است. اگر این گراف بخواهد در ابتدا بر روی فایل رستری DEM ایجاد شود، تعداد گره‌ها بسیار زیاد خواهد شد. در واقع اگر نقطه مرکز هر پیکسل از داده DEM را معادل نماینده آن پیکسل و به‌عنوان یک گره در نظر بگیریم، در این صورت تعداد گره‌ها و دری آن تعداد یال‌های گراف موردنظر افزایش پیدا کرده و عملاً مسیریابی در این شرایط سخت و زمان‌بر است. با توجه به آنکه در یک منطقه موردمطالعه، در یک‌سری نواحی تغییرات توپوگرافی کمتر است، می‌توان این نواحی را معادل با یک نقطه و یا گره در نظر گرفت و یا از تکنیک مثلث‌بندی استفاده کرد (Roy & Mandal, 2012). به‌طورکلی نیاز است تا با یک‌سری راهکارها تعداد گره‌ها و در پی آن یال‌های گراف را کم کرد تا هم به‌نوعی داده‌ها بهینه شده، محاسبات مشخص و دقیق‌تر شده، حجم محاسبات کمتر شده و در نهایت زمان موردنیاز جهت مسیریابی در گراف موردنظر کاهش

پیدا کند. علاوه بر این، با توجه به این‌که داده ورودی به پایگاه داده پردازش شده است، نیاز سامانه Web-GIS به وجود خادم نقشه مرتفع خواهد شد.

در راستای پیش‌پردازش که در واقع ایجاد زیرساخت مناسب جهت تبدیل داده رستری به داده برداری به‌منظور رسیدن به گراف موردنظر است، می‌بایستی داده‌ها طوری ناحیه‌بندی شوند که هم حجم محاسبات کاهش پیدا کرده و در ضمن خاصیت توپوگرافی حفظ شود و شکل تغییرات ارتفاعی سطح زمین در نهایت تغییر نکند. به‌طورکلی دو راه‌حل اصلی جهت پیش‌پردازش فایل ورودی در چنین مواقعی وجود دارد.

۱) **روش خوشه‌بندی**

در زمانی که با طیف وسیعی از داده سروکار داریم، می‌توان نقاط مشابه و با ویژگی‌های مشترک را معادل با یک نقطه در نظر گرفت. این راه‌حل بسیار کاربردی بوده و در پی آن حجم محاسبات به‌شدت کاهش پیدا می‌کند. خوشه‌بندی به‌طورکلی با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یا یادگیری ماشین[1] انجام می‌گیرد. (Mu & Wang, 2008)

۲) **تکنیک مثلث‌بندی**

یکی از راه‌حل‌های کاربردی و عمده در تبدیل داده رستر به بردار استفاده از تکنیک مثلث‌بندی[2] و یا ایجاد شبکه نامنظم مثلثی است و در این پژوهش از این روش جهت تبدیل داده رستر به بردار استفاده شده است.

برای بکار بردن این روش می‌توان از ابزاری استفاده کرد که در نرم‌افزار ArcGIS موجود است. به‌طورکلی بنابر تغییرات توپوگرافی ناحیه مورد بررسی، ابعاد مثلث‌بندی طوری در نظر گرفته می‌شود که در نهایت مثلث‌بندی شکل و روندی منطقی پیدا کرده، توپوگرافی حفظ شده و درعین‌حال حجم محاسبات زیاد نشود. در این قسمت شبکه نامنظم مثلثی و نحوه ایجاد آن به‌طورکلی شرح داده شده است.

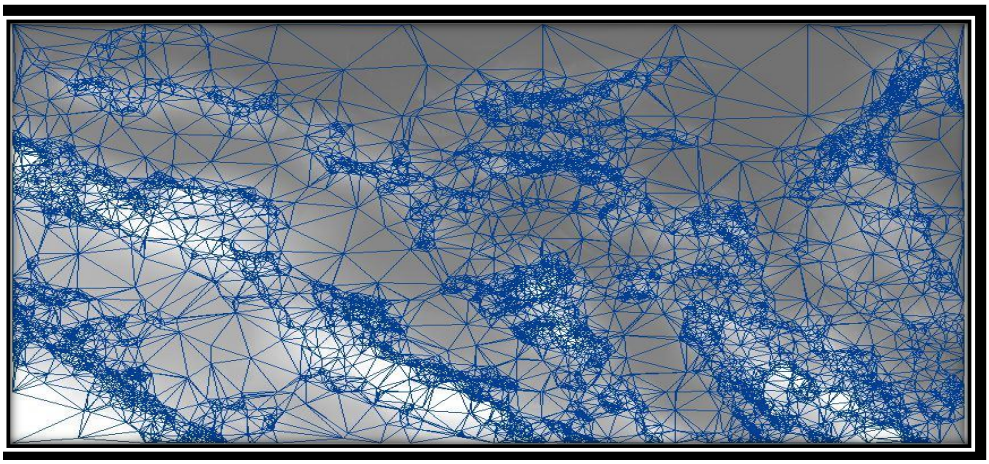
شبکه نامنظم مثلثی (TIN)[3]

یک شبکه نامنظم مثلثی، نمایشی از سطحی پیوسته است که از اضلاع مثلثی تشکیل شده است. هر مثلث نمایانگر یک سطح در فضای سه‌بعدی است و رئوس این مثلث‌ها نیز نقاطی دارای مختصات بوده و سه‌بعدی هستند. این نقاط از طریق روش‌های میدانی مانند نقشه‌برداری

---

1. Machine Learning
2. Triangulation
3. Triangulated Irregular Network

زمینی، سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS و RTK، فتوگرامتری یا برخی روش‌های دیگر، به دست می‌آیند. به‌بیان‌دیگر، شبکه نامنظم مثلثی، مدلی برداری است که با استفاده از آن می‌توان سطح زمین و توپوگرافی آن را نشان داد. برای ایجاد شبکه نامنظم مثلثی می‌توان از نرم‌افزارهایی نظیر ArcGIS، QGIS و ... استفاده کرد که در این پژوهش از نرم‌افزار قدرتمند ArcGIS نسخه 10.5 استفاده شده است.



شکل (۶) تصویری شماتیک از ناحیه موردنظر در نرم‌افزار ArcGIS پس از ایجاد شبکه نامنظم مثلثی (TIN)

جهت تولید شبکه نامنظم مثلثی، نیاز به مقداردهی به یک‌سری پارامتر در نرم‌افزار است که نرم‌افزار به‌طور پیش فرض، با توجه به الگوریتم‌ها و توابع آمار و احتمالاتی خود، این پارامترها را محاسبه کرده و ما نیز از همین مقادیر پیش‌فرض استفاده کردیم. البته لازم به ذکر است که فایل TIN تولید شده می‌بایستی طوری باشد تا خاصیت توپوگرافی حفظ شده و به‌طور شماتیک محسوس باشد.

همان‌طور که در شکل (۶) مشاهده می‌شود، مثلث‌بندی در نواحی سفیدرنگی که تغییرات ارتفاع بیشتر است (مثل رشته‌کوه، دره و ...) متراکم‌تر بوده و گویی اثر توپوگرافی در فایل برداری تولیدشده محسوس می‌باشد.

تجمیع و آماده‌سازی داده‌ها در پایگاه داده

پس از تولید شبکه نامنظم مثلثی (TIN)، در واقع از فایل رستری به فایل برداری و در نهایت به گراف موردنظر خود دست پیدا کرده‌ایم.

FID	Shape *	OBJECTID	Index	EdgeType	LengthM	Sheigth	Eheigth	SlopeSE	slopeES	Shape_Leng	NormalSlop	Normalleng	NLNSRate
0	Polyline ZM	1	55839	0	8513.446251	89	93	0.00047	-0.00047	0.0891	0.001075	0.12279	114.267741
1	Polyline ZM	2	55838	0	17967.544638	93	89	-0.000223	0.000223	0.162119	0.000509	0.224219	440.369287
2	Polyline ZM	3	55837	0	16100.214803	93	93	0	0	0.149642	0	0.206887	0
3	Polyline ZM	4	55851	0	8677.903763	90	93	0.000346	-0.000346	0.090001	0.000791	0.124041	156.881962
4	Polyline ZM	5	55850	0	715.896762	89	90	0.001397	-0.001397	0.006494	0.003195	0.008043	2.517635
5	Polyline ZM	6	55863	0	9264.454527	96	93	-0.000324	0.000324	0.089705	0.000741	0.12363	166.931699
6	Polyline ZM	7	55862	0	4002.602293	90	96	0.001499	-0.001499	0.037914	0.003428	0.051687	15.07609
7	Polyline ZM	8	55866	0	14337.072159	117	93	-0.001674	0.001674	0.129858	0.003829	0.179406	46.85994
8	Polyline ZM	9	55865	0	10594.930903	96	117	0.001982	-0.001982	0.10596	0.004533	0.14621	32.253003
9	Polyline ZM	10	55173	0	20731.550768	117	118	0.000048	-0.000048	0.217208	0.00011	0.300742	2726.096462
10	Polyline ZM	11	55171	0	22774.856155	118	93	-0.001098	0.001098	0.239895	0.002511	0.332256	132.34377
11	Polyline ZM	12	55188	0	6678.316624	106	118	0.001797	-0.001797	0.06086	0.00411	0.083562	20.333447
12	Polyline ZM	13	55187	0	17853.332202	117	106	-0.000616	0.000616	0.190319	0.001409	0.263391	186.914024
13	Polyline ZM	14	55179	0	1918.953066	106	112	0.003127	-0.003127	0.019342	0.007151	0.02589	3.62043
14	Polyline ZM	15	55177	0	5315.49818	112	118	0.001129	-0.001129	0.047904	0.002582	0.065565	25.396987
15	Polyline ZM	16	57329	0	2686.566687	126	112	-0.005211	0.005211	0.02775	0.011918	0.037569	3.152237
16	Polyline ZM	17	57328	0	3897.889111	106	126	0.005131	-0.005131	0.041566	0.011735	0.05676	4.836804
17	Polyline ZM	18	54818	0	2737.993633	131	112	-0.006939	0.006939	0.028526	0.015871	0.038647	2.435071
18	Polyline ZM	19	54817	0	204.66556	126	131	0.02443	-0.02443	0.001992	0.055874	0.00179	0.03203
19	Polyline ZM	20	56504	0	2940.163871	125	112	-0.004422	0.004422	0.028958	0.010112	0.039247	3.881022
20	Polyline ZM	21	56503	0	3237.79884	131	125	-0.001853	0.001853	0.029298	0.004238	0.03972	9.371779
21	Polyline ZM	22	55886	0	4459.405106	128	112	-0.003588	0.003588	0.041278	0.008206	0.056361	6.868306
22	Polyline ZM	23	55885	0	2070.464859	125	128	0.001449	-0.001449	0.018796	0.003314	0.025131	7.58352
23	Polyline ZM	24	58301	0	204.622291	130	128	-0.009774	0.009774	0.001992	0.022354	0.00179	0.080057
24	Polyline ZM	25	58300	0	1894.388865	125	130	0.002639	-0.002639	0.017139	0.006037	0.022829	3.781876
25	Polyline ZM	26	57246	0	1492.879839	142	128	-0.009378	0.009378	0.014453	0.021448	0.019099	0.89046
26	Polyline ZM	27	57245	0	1546.964122	130	142	0.007757	-0.007757	0.014658	0.017741	0.019383	1.092521
27	Polyline ZM	28	55869	0	1970.952061	118	128	0.005074	-0.005074	0.019936	0.011604	0.026715	2.302194

شکل (۷) تصویری از جدول داده‌ها در نرم‌افزار ArcGIS

شکل (۷) مقادیری از جدول داده‌ها را نشان می‌دهد. پس از استخراج مقادیر لازم و اعمال آن‌ها در جدول موردنظر، این فایل برداری نهایتاً می‌بایستی در پایگاه داده فراخوانی شود. در پایگاه داده جهت بررسی و اعمال الگوریتم مسیریابی دایجسترا، تابع هزینه‌ای با عنوان Cost نوشته شده است تا کوتاه‌ترین مسیر طی شده با ارضا شروط قید شده جهت شیب ماکزیمم و مینیمم به دست آید. برای آنکه دو پارامتر طول یال و شیب بین دو گره در تابع هزینه اعمال شود، نیاز است تا این دو پارامتر یکسان‌سازی شده و اثر بعد و واحد اندازه‌گیری در آن مرتفع شود. لذا نیاز به داده‌های نرمال داریم که مطابق با تحلیل ریاضی از رابطه زیر به دست می‌آید:

رابطه (۳-۱): شیب نرمال

$$NormalSlope = \frac{Slope - Slope_{(\min)}}{Slope_{(\max)} - Slope_{(\min)}}$$

رابطه (۳-۲): طول نرمال

$$NormalLength = \frac{Length - Length_{(\min)}}{Length_{(\max)} - Length_{(\min)}}$$

در این قسمت جدول داده‌ها با فرمت Shapefile در پایگاه داده فراخوانی شده و سپس در افزونه‌ای از پایگاه داده PostgreSQL به نام PostGIS قرار داده می‌شود که قابلیت مکانی شدن را به داده‌ها می‌دهد. یکی از دلایل اصلی استفاده از پایگاه داده PostgreSQL، پشتیبانی آن از اجزاء جغرافیایی است، لذا می‌توان از آن برای ایجاد خدمات مکانی و سیستم‌های جغرافیایی استفاده نمود. برای درک تصویری (Visual) و گرافیک درست از تمامی عملیاتی که در پایگاه داده PostgreSQL انجام می‌شود از افزونه PGAdmin استفاده می‌شود. جهت انجام فرآیند مسیریابی و اعمال الگوریتم مسیریابی دایجسترا،

از افزونه PgRouting استفاده می‌شود. در این قسمت نیاز است تا تابع هزینه‌ای مطابق با خواسته-های اصلی ما جهت مسیریابی و رسیدن به کوتاه‌ترین مسیر طی شده بین دو نقطه مبدأ و مقصد دلخواه، در افزونه PgRouting در نرم‌افزار رابط PGAdmin نوشته شود. دو مورد از شروط اصلی در فرآیند مسیریابی در این مطالعه، شیب مجاز و کوتاه‌ترین فاصله طی شده است. مطابق با شروط طی شده، بهترین مسیر می‌بایست طوری انتخاب شود که در عین کوتاه بودن آن، در محدوده مجاز شیب تعیین شده قرار داشته باشد. به‌گونه‌ای که مسیر انتخاب شده توسط پیاده-نظام و عابر موردنظر جهت عبور از مسیرهای مواصلاتی قابل پیمایش باشد. به‌طور پیش‌فرض و با توجه به تحقیقات انجام شده، راحت‌ترین شیب برای پیمایش یک عابر پیاده کمتر از ۵٪ می‌باشد. شیب متوسط برای پیمایش عابر پیاده در محدوده ۵٪ الی ۱۰٪ می‌باشد. شیب سنگین برای پیمایش عابر پیاده بیشتر از ۱۰٪ می‌باشد.

تابع هزینه[1]

به‌طورکلی در الگوریتم‌های کوتاه‌ترین مسیر، تابع هزینه‌ای وجود دارد که با بررسی هر کدام از گره‌های مجاور گره مبدأ، هزینه عبور را محاسبه کرده در نهایت مسیری را طی می‌کند که در نهایت مسیر بهینه از لحاظ مقدار عددی تابع هزینه باشد. به‌طورکلی تابع هزینه تابعی است از پارامترهای موردنظر که در یکسری ضرایب از پیش تعیین شده ضرب شده و در نهایت هزینه عبور از مسیرهای از پیش تعیین شده مطابق با این تابع برآورد شده و در مسیری که این تابع در مینیمم مقدار خود باشد، آن مسیر به‌عنوان مسیر نهایی و موردنظر انتخاب می‌شود. در این قسمت نمونه‌ای از توابع هزینه آورده شده که به زبان SQL می‌باشد.

```
case
when slope >= 0.1 then
cost = (normalslope*1000) + normallength
when 0.05 <= slope and slope < 0.1 then
cost = normalslope*10 + normallength
when slope < 0.05 then
cost = normallength + normalslope
```

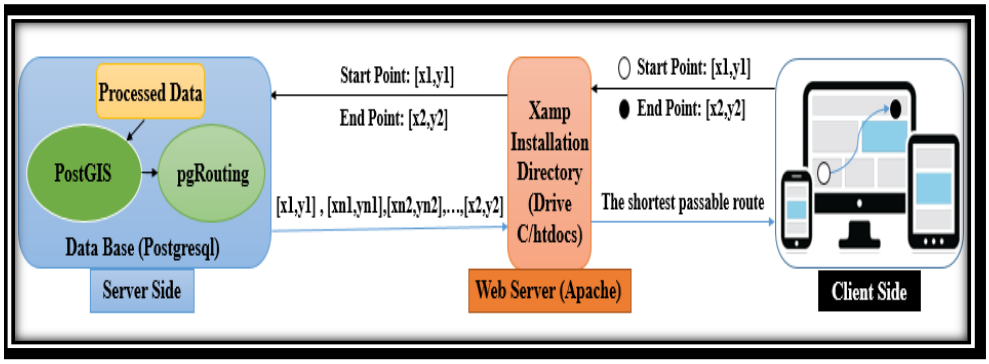
مطابق با تابع هزینه نوشته شده، ملاحظه می‌شود که فرضاً در دو مسیر با طول یکسان، اولویت با مسیری است که شیب آن کمتر باشد. همچنین در بعضی مواقع ممکن است مسیری طول آن کمتر و شیب آن بیشتر باشد که بسته به مقدار شیب آن و برآورد تابع هزینه ممکن است مسیر با شیب بیشتر و طول کمتر به‌عنوان مسیر بهینه انتخاب گردد.

---

[1]. Cost Function

روش مسیریابی

در این قسمت قصد داریم تا با توضیح بر روی فلوچارت سیستم مسیریاب موردنظر در شکل (۸) و تشریح کدهای موجود در پایگاه داده، روش کلی مسیریابی این سیستم مسیریاب را شرح دهیم. شکل زیر به‌طورکلی نحوه عملکرد سیستم مسیریاب را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود این سامانه مسیریاب به‌طورکلی به ۳ قسمت مجزای Client Side، Web Server و Server Side تقسیم می‌شود. مطابق شکل (۸) قسمتی که کاربر موردنظر با آن سروکار دارد، قسمت پنل کاربری [۱] می‌باشد. قسمتی که داده‌ها و پردازش بر روی آن صورت می‌گیرد خدمات دهنده[۲] می‌باشد. در این بین ما با یک واسط و رابط سروکار داریم که خدمات دهنده وب[۳] می‌باشد.



شکل (۸) فلوچارت روش کار سیستم مسیریاب در این پژوهش

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تمامی دستورات و خواسته‌های کاربر از Client به Web Server منتقل شده و از آنجا به Server ختم می‌شود و پس از پردازش و دریافت از Server به رابط Web Server و از آنجا به Client رسیده و در نهایت پاسخ موردنظر به کاربر نشان داده می‌شود. این ارتباط از Client به Server و بالعکس توسط یک کد در زبان Jquery صورت می‌گیرد که در هر دو قسمت Client و Server نوشته شده است. در واقع Web Server علاوه بر ایجاد ارتباط بین Client و Server، مانع از ارتباط مستقیم بین این دو قسمت می‌شود. این امر موجب ارتقا سطح امنیت سامانه و عدم دسترسی مستقیم به اطلاعات موجود در پایگاه داده و هم‌چنین تا حد امکان از هک شدن سیستم پیش‌گیری می‌کند. لذا جهت آغاز فرآیند مسیریابی توسط این سامانه ابتدا می‌بایستی وب سرور که در قالب نرم‌افزار متن‌باز Xampp است، آغاز بکار کند. از بین وب

---

[1]. Client
[2]. Server
[3]. Web Server

سرورهای موجود، وب سرور آپاچی[1] در این مطالعه مدنظر است. وب سرور آپاچی از جمله وب سرورهای قوی و پرسرعت و بسیار پرکاربرد می‌باشد که در ادامه در قسمت سرویس انتقال داده راجع به آن توضیح داده می‌شود. سپس کاربر در مرورگر خود یک لینک URL وارد می‌کند که این لینک آدرسی است که به پنل حساب کاربری ورودی به سامانه مسیریاب ختم شده و در پایگاه داده ثبت شده است. جهت آغاز فرآیند مسیریابی در ابتدا می‌بایست کاربر ۲ نقطه دلخواه مبدأ و مقصد را انتخاب نماید. با انتخاب این ۲ نقطه و کلیک بر روی ابزار مسیریابی، این دو نقطه به وب سرور منتقل می‌شود. وب سرور متعاقباً این دو نقطه را به سرور و پایگاه داده منتقل می‌کند. افزونه‌های پایگاه داده بر روی داده موجود پردازش کرده و در ابتدا نزدیک‌ترین نقاط موجود در داده‌های گراف قرار داده شده در پایگاه داده را به‌عنوان مبدأ و مقصد انتخاب می‌کنند. سپس در افزونه PgRouting الگوریتم مسیریابی دایجسترا در کتابخانه پایگاه داده PostgreSQL انتخاب شده و بر اساس مقادیر عددی حاصل از تابع هزینه موردنظر، نقاط مابین دو نقطه انتخاب شده مبدأ و مقصد توسط کاربر به وب سرور منتقل شده و در نهایت کوتاه‌ترین مسیر قابل پیمایش از وب سرور به کلاینت انتقال پیدا کرده و در پنل کاربری (مطابق شکل (۸)) نمایش داده می‌شود. لازم به ذکر است که در این سامانه با توجه به استفاده از وب سرور آپاچی، مسیریابی ما به‌صورت محلی[2]، درون شبکه‌ای و آفلاین بوده و از لحاظ مسائل امنیتی و عدم دسترسی به سرویس مسیریاب و اطلاعات موجود در پایگاه داده ریسک نفوذ به سیستم کاهش می‌یابد. علاوه بر این، جهت نمایش نقشه از ۲ حالت نمایش نقشه استفاده شده است. حالت اول نمایش نقشه به‌صورت آنلاین بوده که در قالب نقشه Bing و OSM[3] می‌باشد. حالت بعدی نمایش نقشه به‌صورت آفلاین است که در قالب سرویس wms بوده و با در اختیار داشتن لینک دسترسی به نقشه ذخیره شده می‌توان به‌صورت آفلاین و بدون اتصال به اینترنت Global به نقشه محدوده موردنظر دسترسی داشت.

تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها

تابع هزینه اصلاح‌شده

یکی از یافته‌های مهم در این مطالعه، در قسمت ابتدایی فرآیند مسیریابی و آماده‌سازی داده-هاست. در این مطالعه شروط در نظر گرفته شده در فرآیند مسیریابی، حد مجاز شیب و کوتاه‌ترین

---

1. Apache
2. local
3. Open Street Map

فاصله طی شده است. در صورت وجود و درنظرگیری پارامترهای دیگر، می‌توان تابع هزینه را طوری نوشت تا اثر پارامترهای دیگر نیز لحاظ شود. در واقع یکی از اهداف این مطالعه، تجمیع داده‌ها و سرعت دادن به پردازش‌گر سامانه با کاهش داده‌های خارج از مقیاس مطالعه است.

$$CostFunction = \sum \alpha L_i + \beta S_i + \gamma V_i + \lambda H_i + \omega R_i + ...$$

L (Length): طول طی شده

S (Slope): شیب طی شده

V (Vegetation): پوشش گیاهی

H (Height): موانع مرتفع

R (River): رودخانه

پارامترهایی که در مسیریابی ایجاد چالش می‌کنند، با اعمال ضرایبی با مقادیر بالا، هزینه عبور مسیر از آن پارامترها را بالا برده و مسیر در نظر گرفته شده از آن پارامترها عبور نمی‌کند. هم‌چنین اگر اثر هر کدام از این پارامترها مطرح نباشد، ضریب آن پارامتر را برابر با صفر قرار داده و گویی در تابع هزینه در نظر گرفته نمی‌شود. در واقع با این کار هر لایه‌ای از پارامترهای مختلف دیگر نظیر پوشش گیاهی، رودخانه، زهکش‌ها، موانع طبیعی و مواردی از این دست را می‌توان بر روی لایه DEM ثابت زیرین قرار داد و در پایگاه داده با اعمال ضرایب مشخص در تابع هزینه به نوعی اثر هریک از این موارد را لحاظ کرد. با انجام پیش‌پردازش روی فایل DEM اولیه و سپس تجمیع داده‌ها، در واقع داده یک‌بار برای همیشه آماده برای تحلیل شده، در پایگاه داده قرار گرفته و به تعداد دلخواه می‌توان بر روی آن پردازش صورت داد. با این کار گویی حجم داده کاهش یافته و بهینه شده و سرعت پردازش سیستم مسیریاب افزایش می‌یابد. هم‌چنین عملاً دیگر نیازی به خادم نقشه[1] برای استخراج داده از نقشه نیست، زیرا این کار توسط دو قسمت پیش‌پردازش و تجمیع داده که قبلاً ذکر شد، انجام شده و داده نهایی و مناسب در پایگاه داده جهت تحلیل قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که این قسمت به‌عنوان ایده اصلی در تولید داده مناسب نیاز به تکمیل و پیشرفت بیشتر دارد و خود می‌تواند جداگانه به‌عنوان یک موضوع جهت تحقیق در آینده موردمطالعه قرار گیرد.

امکانات ارائه شده توسط سامانه مسیریاب Web-GIS در کلاینت به کاربر

سامانه مسیریاب Web-GIS موردنظر علاوه بر انجام تحلیل و پردازش جهت یافتن کوتاه‌ترین مسیر قابل پیمایش بین دو نقطه مبدأ و مقصد دلخواه، امکانات و ابزارهایی را در اختیار کاربر

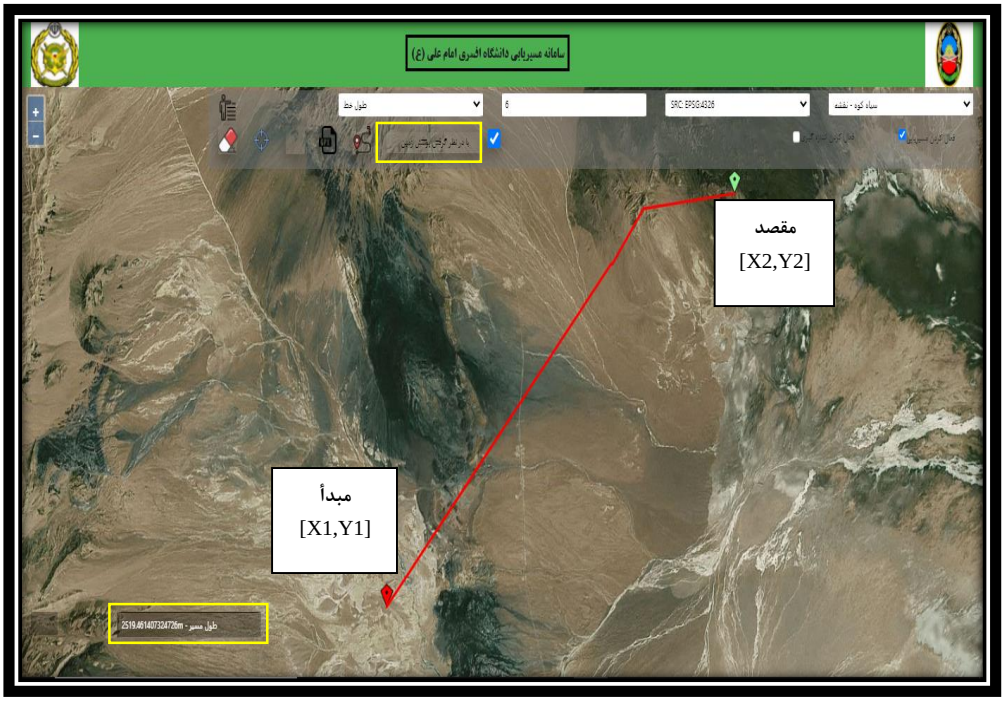
[1]. Map Server

قرار می‌دهد. امکانات سامانه موردنظر در قالب جدول (۲) به‌صورت خلاصه نشان داده شده است.

جدول (۲) امکانات مهم سیستم مسیریاب Web-GIS

شرح امکانات اصلی
نمایش آنلاین و آفلاین نقشه
انواع سیستم مختصات (جغرافیایی و دکارتی)
تغییر دقت اندازه‌گیری رقم اعشار (تا ۹ رقم)
اندازه‌گیری فاصله (طول خط) و مساحت
امکان مسیریابی با درنظرگیری پوشش سطحی زمین و محاسبه و نمایش طول مسیر
قابلیت استخراج خروجی GPX برای استفاده در دستگاه GPS
قابلیت اتخاذ پرینت از نقشه موردنظر
اجرای فرآیند مسیریابی به‌صورت آفلاین بین دو نقطه مبدأ و مقصد انتخاب شده توسط کاربر

سامانه موردنظر به نحوی طراحی شده تا علاوه بر جامع بودن و برطرف نمودن نیازهای فرمانده جهت طرح‌ریزی عملیات، یک کاربر ساده بدون نیاز به اطلاعات و در اختیار داشتن دانشی از GIS نیز بتواند با سامانه موردنظر کار کرده و به اهداف مطلوب خود دست پیدا کند.



شکل (۹) تصویر مرورگر از کوتاه‌ترین مسیر قابل پیمایش توسط سامانه مسیریاب

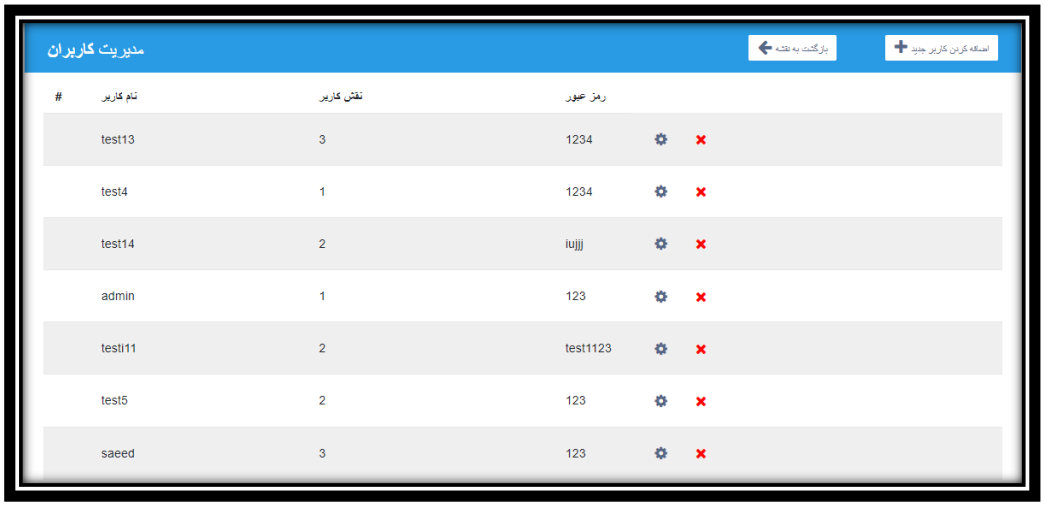
در سامانه تهیه شده، علاوه بر آفلاین بودن سرویس مسیریابی، نمایش نقشه نیز به‌صورت آفلاین بوده و هم‌چنین می‌توان نقشه‌ها را به‌صورت آنلاین در آن نمایش داد. در سامانه موردنظر نقشه-های مناطق عملیاتی متفاوتی تعبیه شده تا کاربر بتواند مناطق عملیاتی مختلف را زیر نظر داشته باشد. هم‌چنین مطابق با توضیحاتی که در قسمت قبل ذکر شد، در سامانه موردنظر می‌توان عملیات مسیریابی را با درنظرگیری پارامترهای مختلف نظیر پوشش گیاهی، عوارض سطحی، رودخانه و ... انجام داد. سامانه موردنظر امکان این را دارد تا طول مسیر در نظر گرفته شده پس از عملیات مسیریابی را محاسبه کرده و به کاربر نمایش دهد. این مورد می‌تواند در ارزیابی و صحت‌سنجی و بررسی حالات مختلف در طرح‌ریزی عملیات به فرمانده نظامی کمک کرده و مؤثر واقع شود. سامانه موردنظر دارای قابلیت استخراج خروجی GPX بوده که می‌توان آن را در دستگاه GPS فراخوانی کرده و مختصات مسیر موردنظر را در اختیار داشت. هم‌چنین ابزاری برای دریافت پرینت از نقشه‌های مدنظر نیز تعبیه شده است.

امنیت سامانه مسیریاب

سامانه مسیریاب در ابتدای ورود دارای یک پنل کاربری است که جهت امنیت بیشتر سامانه در نظر گرفته شده است و تنها در صورت در اختیار داشتن نام کاربری و رمز عبور صحیح می‌توان به سامانه مسیریاب دسترسی داشت.

شکل (۱۰) تصویر مرورگر از پنل کاربری جهت ارتقا امنیت سامانه مسیریاب

در ابتدا مدیر سایت اطلاعات را ثبت کرده و برای کاربر نام کاربری و رمز عبوری متناسب با سطح دسترسی مطلوب آن کاربر ارائه می‌دهد که این امر موجب ارتقا سطح امنیت سامانه و در پی آن کنترل صحیح‌تر سامانه خواهد شد. علاوه‌براین، با توجه به آفلاین بودن فرآیند مسیریابی و نمایش نقشه‌ها، امکان نفوذ به اطلاعات و هک شدن سیستم کاهش پیدا می‌کند. در ضمن با توجه به اتصال غیرمستقیم کلاینت به سرور توسط وب سرور، امکان نفوذ و هک شدن اطلاعات موجود در پایگاه داده کاهش پیدا می‌کند.



شکل (۱۱) تصویر مرورگر از پنل کاربری مدیریت کاربران و ایجاد سطح دسترسی

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این پژوهش سامانه مسیریابی با ساختار Web-GIS ایجاد شده است. به‌طورکلی هدف از ایجاد این سامانه، دسترسی به مسیرهای مواصلاتی مناسب و هم‌چنین در اختیار داشتن یک سرویس شبکه داخلی با امنیت بالا و هم‌چنین ساده و قابل‌فهم برای کاربر عادی می‌باشد. در این پژوهش بر دو رویکرد عمده می‌توان اشاره داشت. رویکرد اول در رابطه با ارائه روش مناسب جهت آماده-سازی و تجمیع داده جهت بالا بردن سرعت پردازش موتور جستجوی سامانه مسیریاب است که با این کار حجم زیادی از محاسبات سیستم مسیریاب کاهش پیدا کرده و داده نیازی به پردازش مجدد در طول فرآیند مسیریابی نخواهد داشت. رویکرد دوم استفاده از افزونه‌های متن‌باز جهت کاربری بهتر است که با این کار اعمال خواسته‌های متفاوت کاربران و در پی آن ارتقا سیستم

مسیریاب آسوده‌تر خواهد شد. در این قسمت به شرح چند مورد از نتایج اصلی این مطالعه می‌پردازیم:

۱) برخلاف پژوهش‌هایی که اکثراً در گذشته انجام می‌شد، در این پروژه داده‌های ورودی داده‌های پردازش شده و مناسب جهت انجام فرآیند مسیریابی بر روی آن می‌باشد. با انجام این کار حجم داده‌های خارج از مقیاس موردنظر ما کاهش پیدا کرده و سرعت پردازش سیستم مسیریاب به‌شدت بالا می‌رود. با این کار داده موردنظر یک‌بار پردازش شده، در پایگاه داده قرار گرفته و به تعداد دلخواه کاربر می‌تواند مورد پردازش قرار گیرد. علاوه بر این، نیازی به استفاده از خادم نقشه در سامانه مسیریاب نخواهد بود.

۲) سامانه مسیریاب ایجاد شده در این تحقیق، با به‌کارگیری ترکیب پایگاه داده PostgreSQL که متشکل از افزونه‌های متن‌باز شامل Postgis و Pgrouting و وب سرور آپاچی تشکیل یک سرویس مسیریاب متکی به نرم‌افزارها و افزونه‌های متن‌باز[1] را می‌دهد که تمامی این ابزار عام-المنفعه بوده و می‌تواند به‌صورت رایگان در اختیار عموم قرار بگیرد.

۳) انجام فرآیند مسیریابی به‌صورت آفلاین و درون شبکه‌ای انجام شده و متکی به شبکه اینترنت جهانی نیست. علاوه بر این، نمایش نقشه‌ها در قسمت کلاینت که کاربر با آن سروکار دارد به هر دو صورت آنلاین و آفلاین امکان‌پذیر می‌باشد. در ضمن در سامانه موردنظر نقشه‌های اردوگاه‌ها و مناطق عملیاتی مختلفی تعبیه شده است که دید مناسبی را برای فرمانده نظامی ایجاد خواهد کرد.

۴) سامانه موردنظر قابلیت این را دارد تا در عملیات‌های نظامی در آینده بتواند اطلاعات مکانی و نقشه‌های کافی جهت مدیریت و طرح‌ریزی صحیح عملیات را در اختیار نیروهای نظامی قرار داده و درک بهتری از منطقه رزم را در اختیار فرماندهان قرار دهد. با در اختیار داشتن این سامانه می‌توان در مناطق صعب‌العبور و دشت‌ها و نواحی دورافتاده که نقشه راه و جزئیات عوارض آن در نقشه‌ها موجود نیست، با درنظرگیری پارامترهای دلخواه مسیریابی کرده و طول مسیر و زمان تخمینی رسیدن به مقاصد موردنظر را ارزیابی نمود.

۵) سرویس مسیریابی در این پروژه طوری طراحی شده که هم قابلیت کاربری در یک مجموعه نرم‌افزار متن‌باز و همچنین قابلیت استفاده در یک نرم‌افزار سرور تجاری نظیر Arcgis Server را داشته باشد.

---

[1]- Open Source

پیشنهادات برای مطالعات آینده

۱) بحث پیش‌پردازش داده‌ها می‌تواند پیشرفته‌تر و با به‌کارگیری الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین انجام بگیرد که خود می‌تواند به‌عنوان یک موضوع جداگانه مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

۲) در بحث تجمیع و آماده‌سازی داده می‌توان با درنظرگیری هریک از عوامل محیطی به‌صورت جداگانه در سمت کاربر، تأثیر عوامل مختلف را با یکدیگر مورد بحث و بررسی و مقایسه قرار داد.

۳) در قسمت کلاینت علاوه بر زبان‌های یاد شده می‌توان از زبان‌هایی نظیر Bootsrap، Nodejs، React و ... استفاده نمود.

۴) با ایجاد یک نرم‌افزار تحت اندروید می‌توان سامانه‌ای مشابه با Mobile GIS ایجاد کرده و این سامانه را در قالب یک نرم‌افزار واحد در موبایل، تبلت و ... داشته باشیم.

۵) می‌توان سامانه موردنظر را در حالتی طراحی نمود تا فرآیند مسیریابی به‌صورت دینامیک انجام شده و با درنظرگیری احتمالات مختلف و ایجاد مخاطرات توسط دشمن، مسیرهای جایگزینی جهت تداوم عملیات توسط سامانه به کاربر پیشنهاد گردد.

۶) بتوان سامانه را علاوه بر پیاده‌نظام برای تجهیزاتی نظیر تانک و خودروهای نظامی نیز به کار گرفت.

قدردانی

از کلیه اساتید و خبرگانی که ما را در فرایند انجام این پژوهش یاری رساندند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

- آرونف، استن. (۱۳۹۱). *سنجش‌ازدور برای مدیران GIS*، دکتر علی‌اصغر درویش‌صفت، چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- آقاجانی، دردانه. (۱۳۹۷). ارائه مدل مدیریت آنالیز تولید انرژی برق از مزارع بادی با استفاده از سیستم Web-GIS، *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، انتشار آنلاین از فروردین ۱۳۹۷.
- آل شیخ، علی‌اصغر.، نورالله دوست، مجید. (۱۳۸۷). بررسی استفاده از فناوری AJAX در برنامه‌های کاربردی Web-GIS، *همایش ژئوماتیک ۸۷ و چهارمین همایش یکسان‌سازی نام‌های جغرافیایی*، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور.
- پیروی، علی. (۱۳۸۸). سیستم اطلاعات مکانی نظامی، www.globalcity.blogfa.com، ۱۳۹۹/۱۲/۲۰ (تاریخ مشاهده).

- حاتمی، هوشنگ.، (۱۳۸۸). بررسی نقش کارکردهای جدید سامانه اطلاعات جغرافیایی در ارتقاء عملیات نظامی، *همایش سراسری سامانه اطلاعات مکانی*، تهران، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح.
- رسولی، علی‌اکبر. (۱۳۸۹). *تحلیلی بر فناوری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی*، چاپ دوم، تبریز: انتشارات دانشگاه تبریز.
- روشن، علی‌اصغر.، کارگر اردکانی، علی. (۱۳۷۷). مکان‌یابی استقرار یگان‌های رزم جهت شرکت در مانور بر اساس منطق فازی در GIS، *همایش کاربردهای دفاعی و امنیتی*، تهران، دانشگاه امام حسین(ع).
- سجادیان، مهیار.، قهرمانی، محمدمهدی و برفی، زهرا. (۱۳۹۱). ناوبری هوشمند خودروهای امداد با تلفیق Web-GIS، تکنولوژی‌های فضایی و سیستم‌های چندعاملی (MAS) به موقع وقوع بحران‌ها در کلان‌شهرها، *فصل‌نامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس*، ۵(۱۵): ۳۴-۷.
- سجادیان، ناهید.، شجاعیان، علی و عبادی، حسین. (۱۳۹۳). اطلاع رسانی از طریق Web-GIS و کاربرد در مدیریت گردشگری، *فصل‌نامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس*، ۶(۲۰): ۱۱۶-۹۳.
- صدیقی، مهری. (۱۳۸۳). بررسی کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در ساماندهی مدارک علوم زمین موجود در مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران، *علوم اطلاع‌رسانی*، ۲۰(۱ و ۲): ۴۹-۲۹.
- عصاره زادگان دزفولی، مهشید. (۱۳۹۳). *طراحی و اجرای Web GIS با تأکید بر مسیریابی بهینه به محل حادثه*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- نوجوان، محمدرضا.، هاشمی، معصومه. (۱۳۹۲). افتراق‌های ژئومورفولوژی مناظر کویری استان یزد. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۴(۲): ۱۵۲-۱۴۱.
- نیک سیرت، ملیحه. (۱۳۹۸). برنامه‌ریزی اعتباری عدد صحیح فازی جهت مدل‌سازی و حل مسأله حمل و نقل و امداد بشر دوستانه پس از بحران در شرایط فازی، *آینده پژوهی دفاعی*، ۴(۱۵): ۸۴-۶۱.
- همت، حمید.، فرهادی، علی و خادم دقیق، امیرهوشنگ. (۱۳۹۸). نقش سامانه‌های تصمیم‌یار سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مدیریت بحران‌های آینده، *آینده پژوهی دفاعی*، ۴(۱۲): ۱۶۴-۱۴۳.

- Agrawal, S., & Gupta, R. D. (2017). Web GIS and its architecture: *a review*. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(23).
- Alesheikh, A. A., Helali, H., & Behroz, H. A. (2002, July). Web GIS: technologies and its applications. In Symposium on geospatial theory, processing and applications (Vol. 15). Kersting, O., & Döllner, J. (2002, November). Interactive 3D visualization of vector data in GIS. *In Proceedings of the 10th*

ACM international symposium on Advances in geographic information systems (pp. 107-112).

- Ananda, F., Kuria, D., & Ngigi, M. (2016). Towards a New Methodology for Web GIS Development. *International Journal of Software Engineering &*
- Balasubramanian, A. (2017). Di*gital elevation model (DEM) in Gis*. University of Mysore.
- Chen, G., Pui, C. W., Li, H., Chen, J., Jiang, B., & Young, E. F. (2019, January). Detailed routing by sparse grid graph and minimum-area-captured path search. *In Proceedings of the 24th Asia and South Pacific Design Automation Conference* (pp. 754-760).
- Dragićević, S., & Balram, S. (2004). A Web GIS collaborative framework to structure and manage distributed planning processes. *Journal of Geographical Systems*, 6(2), 133–153. https://doi.org/10.1007/s10109-004-0130-7
- Dvorski, D. D. (2007). *Installing, configuring and developing with Xampp*. Skills Canada.
- Eiza, M. H., & Ni, Q. (2013). An evolving graph-based reliable routing scheme for VANETs. *IEEE transactions on vehicular technology*, 62(4), 1493-1504.
- Hua, J., & Sakurai, K. (2011, June). A sms-based mobile botnet using flooding algorithm. *In IFIP International Workshop on Information Security Theory and Practices* (pp. 264-279). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Huang, X., Zhu, W., & Lu, D. (2010). Underground miners localization system based on ZigBee and WebGIS. 2010 *18th International Conference on Geoinformatics, Geoinformatics 2010*, 2–6.
- Jia, Y., Zhao, H., Niu, C., Jiang, Y., Gan, H., Xing, Z., … Zhao, Z. (2009). A WebGIS-based system for rainfall-runoff prediction and real-time water resources assessment for Beijing. *Computers and Geosciences*, 35(7), 1517–
- McCord, P., Tonini, F., & Liu, J. (2018). The Telecoupling GeoApp: A Web-GIS application to systematically analyze telecouplings and sustainable development. *Applied Geography*, 96, 16-28.
- Mu, L., & Wang, F. (2008). A scale-space clustering method: Mitigating the effect of scale in the analysis of zone-based data. *Annals of the Association of American Geographers*, 98(1), 85-101.
- Oliveira, T. H. M. de, Painho, M., Santos, V., Sian, O., & Barriguinha, A. (2014). Development of an Agricultural Management Information System based on Open-source Solutions. *Procedia Technology*, 16, 342–354.
- Roy, P., & Mandal, J. K. (2012). A novel spatial fuzzy clustering using delaunay triangulation for large scale gis data (nsfcdt). *Procedia Technology*, 6, 452-459.
- Sánchez-Aparicio, L. J., Masciotta, M. G., García-Alvarez, J., Ramos, L. F., Oliveira, D. V., Martín-Jiménez, J. A., ... & Monteiro, P. (2020). Web-GIS approach to preventive conservation of heritage buildings. *Automation in Construction*, 118, 103304.

- Sciortino, R., Micale, R., Enea, M., & La Scalia, G. (2016). A webGIS-based system for real time shelf life prediction. *Computers and Electronics in Agriculture* 127, 451–459. https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.07.004
- Srivastava, A., Bartol, K. M., & Locke, E. A. (2006). Empowering leadership in management teams: Effects on knowledge sharing, efficacy, and performance. *Academy of management journal*, 49(6), 1239-1251.
- Tilkov, S., & Vinoski, S. (2010). Node. js: Using JavaScript to build high-performance network programs. *IEEE Internet Computing*, 14(6), 80-83.
- Tommiska, M., & Skyttä, J. (2001, August). Dijkstra's shortest path routing algorithm in reconfigurable hardware. *In International Conference on Field Programmable Logic and Applications* (pp. 653-657). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Wade, T. G., Wickham, J. D., Nash, M. S., Neale, A. C., Riitters, K. H., & Jones, K. B. (2003). A comparison of vector and raster GIS methods for calculating landscape metrics used in environmental assessments. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(12), 1399-1405.
- Xiaolin, L. (2006). Develop Web GIS based intelligent transportation application systems with Web service technology. *ITST 2006 - 2006 6th International Conference on ITS Telecommunications*, Proceedings, 159–162.
- Yan, X., & Wang, Y. (2011). Development of Zaozhuang Tourism Information System Based on WebGIS. *Energy Procedia*, 13(6), 10289–10294.
- Yang, C., Wong, D. W., Yang, R., Kafatos, M., & Li, Q. (2005). Performance-improving techniques in web-based GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(3), 319–342.
- Ye, J., Chen, B., Liu, Q., & Fang, Y. (2013). A precision agriculture management system based on Internet of Things and WebGIS. *International Conferenceon Geoinformatics*, (2011).
- Yu, Z., Liang, R., Wang, Y., & Song, X. (2011). The research on landslide disaster information publishing system based on WebGIS. *Energy Procedia*, 16(PART B), 1199–1205. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.01.191.