مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه‌ریزی، دوره۱۳، شماره۱(پیاپی۴۷)، بهار۱۴۰۱

یافتن کوتاه‌ترین مسیر با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی وب (WebGIS) برای سیستم اطلاعات مسافرتی پیشرفته (ATIS)

نوع مقاله: علمی–پژوهشی

محسن قدس[۱]

تاریخ دریافت مقاله:۱۴۰۱/۰۳/۱۰ **تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۱۵**

صفحات ۸۶- ۹۹

چکیده

این مقاله روش مورد استفاده در توسعه سیستم اطلاعات مسافرتی پیشرفته[۲] (ATIS) را مورد بحث قرار می‌دهد. این سیستم به عنوان بخشی از سیستم اطلاعات جغرافیایی وب (WebGIS) مبتنی بر سیستم‌های حمل و نقل عمومی پیشرفته طراحی شده است. سیستم ATIS مبتنی بر WebGIS شامل داده‌های مکانی برای عملکردها طراحی شده است و قابلیت‌های GIS را از طریق اینترنت در اختیار کاربران قرار می‌دهد. علاوه بر این عملکردها، یک الگوریتم برنامه‌ریزی مسیر را برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر بین نقاط انتخابی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان طراحی نموده و با WebGIS تلفیق کرده است. این مطالعه، الگوریتم سیستم مورچه‌ای را ارائه می‌کند که برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر با متدولوژی توسعه‌یافته برای سیستم ATIS مبتنی بر WebGIS برای منطقه‌ای شهری با استفاده از نرم‌افزار منبع باز MapServer به عنوان سرور نقشه وب اتخاذ شده است. این مطالعه همچنین معماری منطقی سه لایه مورد استفاده برای ارائه قابلیت‌های GIS به کاربر از طریق اینترنت را مورد بحث قرار می‌دهد.

واژگان کلیدی: کوتاه‌ترین مسیر، الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان، WebGIS، ATIS

[۱] استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران، mohsen.ghods@iau.ac.ir

[۲] Advanced Traveller Information System

مقدمه

حمل و نقل جاده‌ای برای توسعه اقتصادی و اجتماعی، حیاتی است. تقاضای برای حمل و نقل، به سرعت در حال رشد بوده است و جمعیت وسایل نقلیه موتوری رشد قابل توجهی را در طول سال‌های گذشته ثبت کرده است. سرعت افزایش تعداد وسایل نقلیه در جاده‌ها بسیار بیشتر از رشد بزرگراه‌ها بوده است. در نتیجه شریان‌های اصلی با اشباع ظرفیت مواجه هستند. سیستم‌های اطلاعات مسافرتی پیشرفته (ATIS)، اطلاعاتی را به مشتریان حمل‌ونقل عمومی برای برنامه‌ریزی سفرشان در قالب اطلاعات قبل از سفر و حین سفر ارائه می‌کنند. این سیستم‌ها اطلاعات مربوط به برنامه‌ریزی کوتاه‌ترین مسیر بین مبداء و نقاط مقصد مورد نظر را ارائه می‌دهند و از آخرین فناوری‌های مبتنی بر وب و الگوریتم‌های مسیریابی مسیر مطمئن استفاده می‌کنند. در این مقاله، مشکل یافتن کوتاه‌ترین مسیر بین مجموعه‌ای از نقاط مبدأ و مقصد انتخاب شده از روش سیستم کلونی مورچه‌ها[۳] (ACS) الهام‌گرفته شده و حل شده است. الگوریتم‌های بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها[۴] (ACO) بخشی از هوش ازدحامی[۵] هستند، یعنی حوزه تحقیقاتی که الگوریتم‌های الهام‌گرفته از مشاهده رفتار ازدحام‌ها را مطالعه می‌کند. ACO از رفتار جستجوی برخی از گونه‌های مورچه الهام گرفته است. این مورچه‌ها فرومون را بر روی زمین بجا می‌گذارند تا مسیر مطلوبی را مشخص کنند که باید توسط سایر اعضای کلونی دنبال شود. ACO از مکانیزم مشابهی برای حل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌کند. گوس[۶] و همکاران (۱۹۸۹) و دنبورگ[۷] و همکاران (۱۹۹۰) مجموعه آزمایشی به نام "آزمایش پل دودویی" انجام دادند که به طور تجربی بجاگذاری فرومون و رفتار مورچه‌های واقعی در پیروی از فرومون[۸] را بررسی می‌کنند. بعداً، مسئله بهینه‌سازی که عموماً به عنوان مسئله فروشنده دوره‌گرد شناخته می‌شود برای نمایش چگونگی عملکرد روش فراابتکاری ACO استفاده شد. (دوریگو[۹] و کرزیستف[۱۰]، ۲۰۱۶)

محققان مختلف از روش فراابتکاری ACO استفاده کرده و آن را در حل مسائل بهینه‌سازی مختلف اصلاح کردند. به عنوان مثال لیو[۱۱] و همکاران (۲۰۱۵) کوتاه‌ترین مسیر شبکه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان آنیل شده را بررسی کردند. لیو و و همکاران (۲۰۱۷) الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان بهبودیافته را برای مسیریابی مسیر وسایل نقلیه در ترافیک شهری، اونو[۱۲] و یاسوچیکا[۱۳](۲۰۱۷) الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان را در مسئله مسیریابی خودرو در پنجره زمانی، صالحی‌نژاد و سیامک (۲۰۱۸) یک رویکرد جدید شبکه بیسیم را برای سیستم‌های ناوبری خودرو چند پارامتری مبتنی بر استفاده از الگوریتم مورچگان و ژانوی[۱۴] و همکاران (۲۰۲۰) یک الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان اصلاح شده را برای برنامه‌ریزی مجدد مسیر اتوبوس‌های گشت در مواقع اضطراری ارائه کردند. فناوری دیگری که در توسعه

[۳] Ant Colony System
[۴] Ant Colony Optimization
[۵] swarm intelligence
[۶] Goss
[۷] Deneubourg
[۸] pheromone
[۹] Dorigo
[۱۰] Krzysztof
[۱۱] Liu
[۱۲] Ono
[۱۳] Yasuchika
[۱۴] Zhanwei

ATIS در این مقاله مورد بحث قرار می‌گیرد، ادغام GIS با اینترنت است. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مبتنی بر WebGIS که در محیط اینترنت پدید آمده‌اند، با توانایی‌های ذخیره، تجزیه و تحلیل، استخراج و ارائه اطلاعات، برای یکپارچه‌سازی داده‌های مکانی از منابع مختلف شناخته می‌شوند و از آنجایی که مبتنی بر وب است، افراد مختلف می‌توانند آن را دستکاری کرده و به سادگی با استفاده از مرورگرها از آن پاسخ‌های بصری دریافت کنند (آل‌شیخ و همکاران، ۲۰۱۲). در واقع، WebGIS راهی ارزان و آسان برای انتشار داده‌های مکانی و ابزارهای پردازش از طریق اینترنت است (نان[۱۵] و تائو[۱۶]، ۲۰۲۰). سیستم‌های اطلاعاتی مبتنی بر WebGIS که با نرم‌افزار منبع باز[۱۷] (OSS) توسعه یافته‌اند، بسیار مناسب هستند و راهی انقلابی برای توسعه سیستم، به‌ویژه برای سازمان‌های کشورهای فقیرتر یا در حال توسعه‌اند که توانایی پرداخت هزینه‌های نرم‌افزارهای اختصاصی را ندارند (جینگ[۱۸] و همکاران، ۲۰۱۸)(ژیا[۱۹] و ژی[۲۰]، ۲۰۱۹). سیستم‌های اطلاعاتی که توانایی انتشار داده‌های مکانی را با استفاده از فناوری WebGIS دارند، توسط محققان مختلف در سراسر جهان توسعه یافته‌اند. بیل[۲۱] و کردان[۲۲] (۲۰۱۴)، مفهوم راه‌حل‌های مقرون به صرفه اینترنت-GIS بر اساس سرور نقشه دانشگاه مینه‌سوتا OSS (UMN) را برای مدیریت یک شهرستان در آلمان شرح داده‌اند. واکاری[۲۳] و همکاران (۲۰۱۵) خدمات اشتراک‌گذاری داده‌های ارزش افزوده مبتنی بر وب پیاده‌سازی شده و یک معماری سرویس گرا را برای پشتیبانی از تعامل با GIS پیشنهاد داده‌اند. فرناندو[۲۴] و همکاران (۲۰۱۶) یک سیستم GIS مبتنی بر وب برای کمک به فرآیند بازیابی پس از سونامی پیشنهاد داده‌اند. شی-مینگ[۲۵] و همکاران (۲۰۱۷) یک سیستم GIS جنگل مبتنی بر وب سرویس با استفاده از رویکرد OSS پیشنهاد داده‌اند. عابد[۲۶] و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه‌ای برای بررسی کاربرد GIS مبتنی بر وب منبع باز برای به اشتراک‌گذاری و توزیع داده‌ها برای عملیات واکنش اضطراری انجام داده‌اند. منتوانی[۲۷] و همکاران (۲۰۱۸) نتایج اولیه یک بررسی ژئومورفولوژیکی منطقه اولورا[۲۸] (استان کادیز[۲۹]، اسپانیا) و استفاده از GIS بعلاوه OSS و سیستم مدیریت پایگاه داده برای در دسترس قرار دادن و توزیع داده‌های زمین لغزش را بر روی وب ارائه داده‌اند. نان و تائو (۲۰۲۰) معماری یک سیستم نظارت بر کشتی مبتنی بر WebGIS را توضیح داده‌اند. سینگ[۳۰] و همکاران (۲۰۲۰) یک چارچوب جامع متشکل از معماری سیستم، روش توسعه و ویژگی‌های برجسته یک ATIS را برای یک کلانشهر در یک کشور در حال توسعه ارائه نوده اند، نایر[۳۱] و کتیار[۳۲] (۲۰۲۱) یک سیستم اطلاعات توریستی مبتنی بر GIS منبع باز مبتنی بر وب را با

[۱۵] Nan
[۱۶] Tao
[۱۷] open source software
[۱۸] Jing
[۱۹] Xia
[۲۰] Xie
[۲۱] Bill
[۲۲] Korduan
[۲۳] Vaccari
[۲۴] Fernando
[۲۵] Shi-Ming
[۲۶] Abed
[۲۷] Mantovani
[۲۸] Olvera
[۲۹] Cadiz
[۳۰] Singh
[۳۱] Nair
[۳۲] Katiyar

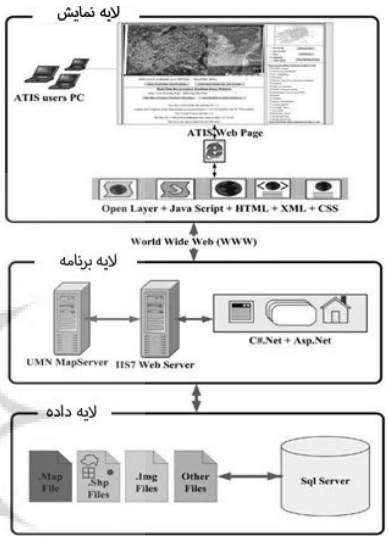
استفاده از نرم افزار متن باز GIS UMN MapServer برای شهر بوپال در هند ارائه داده‌اند.

معماری منطقی ATIS مبتنی بر WebGIS

معماری منطقی شامل فرآیندها و جریان اطلاعات بین فرآیندهایی است که برای برآوردن الزامات عملکردی معماری سیستم مورد نیاز است. در مطالعه حاضر، معماری منطقی انتخاب شده برای توسعه ATIS مبتنی بر WebGIS، یک معماری سرور- سرویس‌گیرنده[۳۳] سه لایه است که شامل: (i) لایه داده، (ii) لایه برنامه و (iii) لایه نمایش می‌شود. لایه داده و لایه برنامه در سمت سرور قرار دارند، در حالی که لایه نمایش در سمت سرویس‌گیرنده ارائه می‌شود. لایه داده مربوط به پیش پردازش، ذخیره‌سازی و مدیریت داده است. لایه برنامه شامل پردازش و تحلیل جغرافیایی و شبکه بر اساس درخواست کاربر نهایی است. لایه نمایش شامل برنامه کاربردی کاربر نهایی و رابط است که توسط مسافران برای تعامل با سیستم استفاده می‌شود. معماری منطقی انتخاب شده در شکل ۱ نشان داده شده است. لایه داده مسئول ذخیره و مدیریت داده‌ها، رسیدگی به درخواست‌های داده از لایه‌های بالاتر است. داده‌ها ممکن است داده‌های مکانی، داده‌های توصیفی، داده‌های پایگاه داده زبان پرس‌وجو ساخت یافته (SQL) یا فایل‌های با فرمت مکانی مانند img، shp یا فایل map برای UMN MapServer باشد. لایه داده، داده‌های رستری و برداری را بر اساس درخواست کاربر از طریق سرور نقشه و وب سرور ارائه می‌دهد. لایه داده همچنین داده‌های مکانی توسعه یافته را به نرم‌افزار MapServer ارائه می‌کند تا بعدا تصویر نقشه را بر اساس پرسش و پاسخ کاربر ترسیم کند. لایه برنامه از یک وب سرور (Information Internet Service ۷ یا IIS۷) و یک سرور نقشه وب (UMN MapServer) تشکیل شده است. IIS۷ با درخواست‌های سرویس‌گیرندگان که با پروتکل انتقال فرامتن درخواستی را ارائه می‌کنند، سروکار دارد و MapServer UMN به عنوان پلی بین وب سرور و پایگاه‌داده عمل می‌کند که درخواست‌های وب را به عملیات جستجوی فضایی تبدیل می‌کند و نتایج پرس‌وجو را در تصاویر نقشه به سرور وب ارسال می‌کند. این تصاویر نقشه تولید شده توسط UMN MapServer، توسط وب سرور از طریق مرورگر آنها در لایه نمایش به کاربران ارائه می‌شود. لایه نمایش شامل مشتریان مختلفی از اینترنت، کاربران (مسافران) یا گردشگرانی است که از طریق مرورگرهای خود از طریق اینترنت به دنبال اطلاعات از ATIS هستند. UMN MapServer که به عنوان سرور نقشه اینترنتی در لایه برنامه استفاده می‌شود، یک OSS و موتور ارائه داده‌های جغرافیایی است که به زبان C نوشته شده است. فراتر از مرور داده‌های GIS، MapServer اجازه ایجاد «نقشه‌های تصویری جغرافیایی»، یعنی نقشه‌هایی را می‌دهد که می‌توانند کاربران را به سمت محتوا هدایت کنند. MapServer بر روی وب سرور غیرفعال می‌نشیند (Internet Information Service ۷ یا IIS۷). هنگامی که درخواستی به MapServer ارسال می‌شود، از اطلاعاتی استفاده می‌کند که از طریق مکان‌یاب منبع یکسان درخواست و Mapfile ارسال می‌شود تا تصویری از نقشه

[۳۳] Client-server

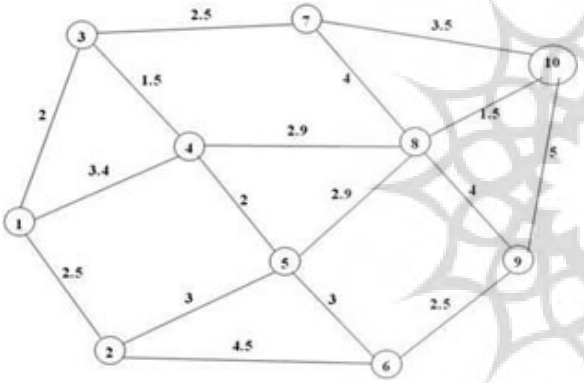
درخواستی ایجاد کند. MapServer از طریق MapScript توسعه یافته و سفارشی شده است. MapScript یک رابط برنامه‌نویسی برای MapServer، برای ساخت وب و برنامه‌های کاربردی مستقل فراهم می‌کند. MapScript مورد استفاده برای توسعه ATIS مبتنی بر WebGIS است.



شکل۱- معماری منطقی برای ATIS مبتنی بر WebGIS

الگوریتم مورچه برای یافتن کوتاه‌ترین مسیرها

در صفحه وب سامانه ATIS، با استفاده از الگوریتم تحلیل مسیر مورچگان، عملکردی در خصوص ایجاد پرس‌وجو برای کوتاه‌ترین مسیر طراحی شده است. مورچه‌های واقعی بسته به رفتار خود، قادر به یافتن کوتاه‌ترین مسیر توسط فرومون خود هستند. مورچه‌ها در جستجوی غذای خود، از لانه تا منبع غذا، در مسیرهای مسافرتی فرومون بجا می‌گذارند. هر مورچه ابتدا در یک مسیر دلخواه حرکت می‌کند و بعداً مسیر را با شدت فرومون بالا انتخاب می‌کند. بنابراین، با گذشت زمان، مورچه‌ها شروع به استفاده از مسیر با شدت فرومون می‌کنند که کوتاه‌ترین مسیر را مطلوب‌تر می‌کند و بنابراین همه مورچه‌ها به این مسیر همگرا می‌شوند. برای نمایش نحوه یافتن کوتاه‌ترین مسیر بین گره‌های مبدأ و مقصد انتخاب‌شده در یک شبکه، یک شبکه نمونه در شکل ۲ نشان داده شده است. هر دو گره در این شبکه را می‌توان به عنوان مبدا و مقصد انتخاب کرد. مقادیر نشان داده شده برای پیوندهای بین گره‌های مختلف شبکه، طول پیوندها را نشان می‌دهد. مراحل فرآیند الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان در ادامه توضیح داده شده است.



شکل ۲- نمونه‌ای از شبکه جاده‌ای مورد استفاده در توسعه الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر

در ابتدا، تمام پیوندهای شبکه با مقدار مساوی از شدت فرومون .T توزیع می‌شوند و تعداد کل مورچه‌ها برابر 'm' روی گره شروع (گره مبدا) شماره 'r' قرار می‌گیرند. ارزش متغیر «حداقل طول مسیر کلی[۳۴]» روی عدد بزرگ مانند ۱/۹۹۹۹۹۹۹۹ × ۱۰^۱۰ تنظیم می‌شود. همه مورچه‌هایی که در گره شماره r (گره مبدا) قرار می‌گیرند می‌توانند مقدار احتمال حرکت خود را به گره معتبر بعدی s محاسبه کنند. مقدار احتمال به شدت فرومون پیوند اتصال r به s و معکوس طول این پیوند بستگی دارد.

[۳۴] LGlobalMini

احتمال ($P_{k(r,s)}$) برای n امین مورچه واقع در گره شماره r برای انتخاب گره شماره s برای حرکت خود را می‌توان با رابطه ۱ حساب کرد.

$$p_{k(r,s)} = \begin{cases} \frac{[\pi(r,s)]^{\beta}.[\eta(r,s)]^{\beta}}{\sum_{u\in J_k(r)}[\pi(r,u)]^{\beta}.[\eta(r,u)]^{\beta}}, & \text{if } s \in J_k(r) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

رابطه (۱)

که در آن $\tau(r,s)$ شدت فرومون روی پیوند (r,s) است و برای اولین تکرار مقدار τ. خواهد داشت، $\eta(r,s)$ تابع قابلیت دید[۳۵] است که با طول پیوند (r,s) رابطه معکوس دارد. β یک ثابت است و $J_k(r)$ لیستی از گره‌های معتبری را نشان می‌دهد که دارای پیوندهای متصل معتبر با گره r هستند و هنوز توسط مورچه k ام سفر نشده‌اند. بنابراین، احتمال حرکت هر مورچه از گره r به هر گره معتبر متعلق به $J_k(r)$ قابل محاسبه است. گره‌هایی که طول پیوند کوتاه‌تری با گره r دارند، مقدار احتمال بیشتری خواهند داشت و پیوندهایی که به شماره گره r متصل نیستند یا قبلاً توسط مورچه k ام حرکت کرده‌اند، احتمال صفر خواهند داشت. تعداد کل مورچه‌هایی که در گره شماره ۱ قرار داده شده‌اند اکنون با توجه به مقادیر احتمال به این سه گره معتبر منتقل می‌شوند و لیست $J_k(r)$ برای هر مورچه بروز می‌شود. اکنون هر مورچه در یک شماره گره جدید قرار دارد و یک لیست $J_k(r)$ جدید دارد، فرآیند یافتن احتمالات و انتقال مورچه‌ها به گره جدید تکرار می‌شود. تکرار فرآیند فوق، مورچه‌ها را به شماره گره‌های جدید منتقل می‌کند و بنابراین هر مورچه مسیر متفاوتی را ایجاد می‌کند. این فرآیند تا زمانی که شرایط زیر رخ دهد تکرار می‌شود:

- همه مورچه‌ها به شماره گره مقصد انتخاب شده رسیده‌اند.
- برخی از مورچه‌ها به شماره گره مقصد رسیده‌اند و بقیه مورچه‌های مرده هستند.

مورچه‌های مرده مورچه‌هایی هستند که به شماره گره مقصد نرسیده‌اند و هیچ شماره گره معتبری برای انتقال خود در فهرست $J_k(r)$ خود ندارند. این مورچه‌های مرده راه‌حل دیگری برای ایجاد مسیر خود ندارند. بنابراین، اگر تمام مورچه‌ها به غیر از این مورچه‌های مرده به گره مقصد رسیده باشند، می‌توان فرآیند آن را متوقف کرد.

- بروز رسانی شدت فرومون

بعد از اینکه هر مورچه مسیر خود را به سمت گره مقصد طی کرد، شدت فرومون در پیوندهای شبکه بروز می‌شود. شدت فرومون پیوند را می‌توان با قانون زیر به روز کرد:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1-\rho).\tau_{ij} + \sum_{k=1}^{m} \Delta\,\tau_{ij}^{k}$$

رابطه (۲)

که در آن:

$$\Delta\tau_{ij}^{k} = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, & \text{اگر پیوند (i,j) متعلق به بهترین مسیر مورچه k ام باشد.} \\ 0, & \text{سایر پیوندها} \end{cases}$$

رابطه (۳)

جایی که ρ نرخ تبخیر فرومون است که مقدار آن کمتر از ۱ است و (ρ-۱) نشان دهنده کسری از فرومون باقی مانده در پیوند است. Q یک ثابت است که مقدار آن بیشتر از ۱ است. L_k طول سفر یا طول مسیر بهترین مورچه k است. تنظیم پارامتر β، ρ و Q بعداً مورد بحث قرار می‌گیرد. بهترین مورچه، مورچه‌ای است که کمترین مسافت را برای رسیدن به گره مقصد طی کرده باشد.

[۳۵] visibility function

طول کل سفر این بهترین مورچه در مقایسه با مورچه‌های دیگر کوتاه‌ترین است و همچنین از مقدار "طول حداقل مسیر کلی" کمتر است. مطابق روابط (۲) و (۳)، پیوندهایی که در مسیر بهترین مورچه استفاده نمی شوند، کسری از شدت فرومون خود را در تبخیر از دست می‌دهند، در حالی که پیوندهایی که در مسیر بهترین مورچه‌ها استفاده می‌شوند، یک فرومون اضافی مقدار برابر با Q/L_k به دست می‌آورند.

- تنظیم مقدار حداقل طول مسیر کلی

طول سفر (L_k) برای بهترین مورچه با «طول حداقل مسیر کلی» مقایسه می‌شود و اگر کمتر شد، مقدار متغیر «طول حداقل مسیر کلی» برابر با طول سفر بهترین مورچه تعیین می‌شود.

$$L_{GlobalMini} = \begin{cases} L_k, & \text{اگر } L_k \text{ کوچکتر از } L_{GlobalMini} \text{ است} \\ L_{GlobalMini}, & \text{سایر جاها} \end{cases}$$

رابطه (۴)

- بررسی وضعیت خاتمه

فرآیند از مرحله "تولید مسیر توسط مورچه" دوباره با این مجموعه جدید مقادیر میزان فرومون پیوندها تکرار می‌شود. در صورت بروز شرایط زیر می‌توان فرآیند تکرار را خاتمه داد:

- همه مورچه‌ها از یک مسیر واحد برای سفر از شماره گره مبدا به شماره گره مقصد استفاده کنند.
- یا تعداد تکرارهای مشخص شده تمام شده باشد.

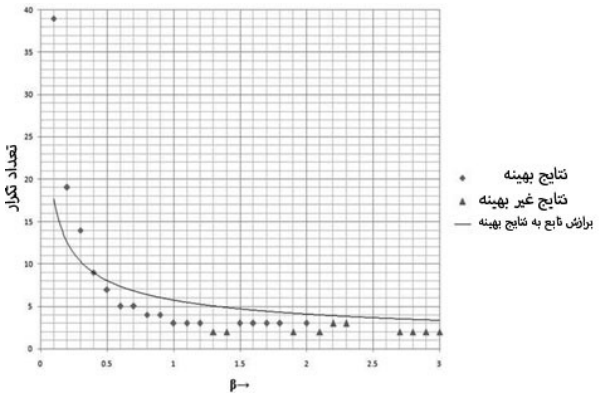
اگر شرط پایان برآورده شود، مسیر انتخاب شده توسط حداکثر تعداد مورچه‌ها، یا همه مورچه‌ها، کوتاه‌ترین مسیر بین گره‌های مبدا و مقصد انتخاب شده خواهد بود.

- کدنویسی C# برای الگوریتم سیستم مورچه

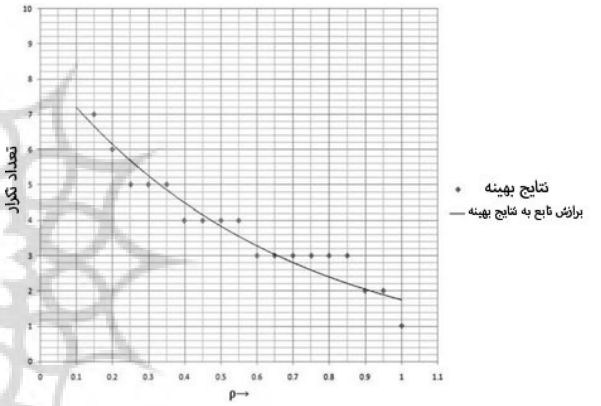
الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان‌ای که برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر استفاده می‌شود، در زبان برنامه‌نویسی سی شارپ (C#) کدنویسی شده و با قابلیت‌های صفحه وب ATIS یکپارچه شده است. این کد ابتدا برای شبکه نمونه توسعه داده شد و بعداً برای هر اندازه‌ای از شبکه تعمیم یافت.

- تنظیمات پارامتر برای الگوریتم سیستم مورچه

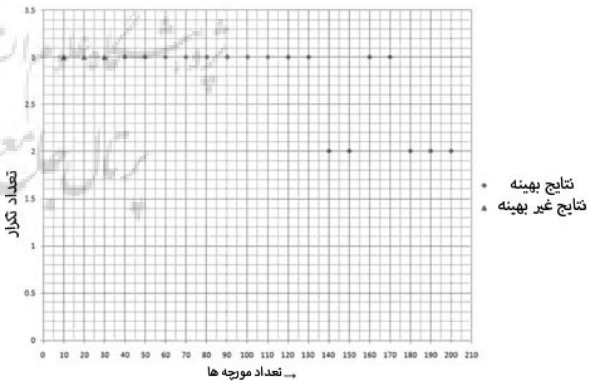
تابع احتمال توضیح داده شده در رابطه (۱) و قوانین بروز رسانی فرومون در روابط (۲) و (۳) مقادیر پارامترهای مختلفی دارند. مقادیر بهینه برای پارامترهای β، Q، ρ و m (تعداد مورچه ها) به منظور کارکرد بهینه کل فرآیند الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان‌ها مشخص می‌شود. مقادیر این پارامترها می‌تواند بر همگرایی راه‌حل تأثیر بگذارد. بنابراین، تغییر در تعداد تکرارهای مورد نیاز برای حل برای مقادیر مختلف این پارامترها رسم می‌شود. مقادیر پارامترهایی که در تکرارهای حداقلی راه‌حل می‌دهند به عنوان مقادیر توصیه شده پارامترها برای الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان تنظیم می‌شوند. راه‌حل بهینه برای کوتاه‌ترین مسیر در شبکه مثال برای مقادیر مختلف پارامتر β یافت شد و تعداد تکرارهای مورد نیاز برای راه‌حل نیز ثبت شد. مشخص شد که سرعت همگرایی فرآیند جستجوی کوتاه‌ترین مسیر تحت تأثیر پارامترهای الگوریتم است. مشاهده شد که سرعت همگرایی کوتاه‌ترین مسیر زمانی که β، Q، ρ و تعداد مورچه بزرگ‌تر باشد بیشتر است و زمانی که مقادیر کوچک‌تر تنظیم شدند، کمتر است. در برخی موارد، نتایج در یک مسیر اشتباه همگرا شده و یا اصلاً در هیچ مسیری همگرا نمی شوند و نتایج غیربهینه به دست می‌آمد. نتایج به دست آمده در شکل ۳ تا ۶ نشان داده شده است.



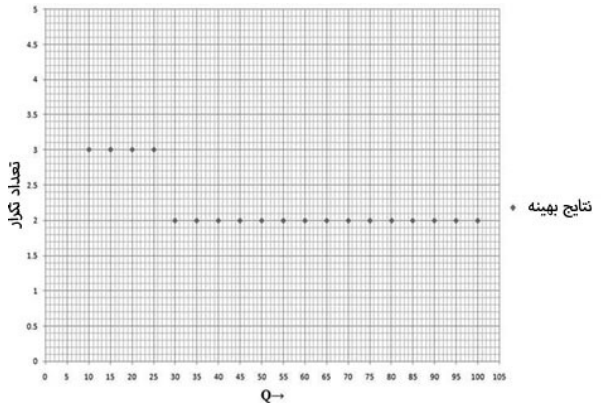
شکل ۳- تعداد تکرارهای همگرا با تغییر پارامتر β در الگوریتم سیستم مورچه



شکل ۴- تعداد تکرارهای همگرا با تغییر پارامتر ρ در الگوریتم سیستم مورچه



شکل ۵- تعداد تکرارهای همگرا با تغییر پارامتر تعداد مورچه‌ها در الگوریتم سیستم مورچه



شکل ۶- تعداد تکرارهای همگرا با تغییر پارامتر Q در الگوریتم سیستم مورچه

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، تعداد تکرارها با هر افزایش ۰/۱ پارامتر β از مقدار ۰/۲ تا ۳ ثبت شده است. مشاهده می‌شود که سرعت همگرای فرآیند جستجوی کوتاه‌ترین مسیر به طور یکنواخت با تغییر مقدار β افزایش می‌یابد. وقتی مقدار $\beta < 1$ باشد، تعداد تکرارهای مورد استفاده در یافتن راه‌حل بیشتر است. اگر مقدار β بیش از ۱ باشد، آنگاه سرعت همگرایی راه‌حل بالاتر است و برای محاسبه کوتاه‌ترین مسیر، چندین تکرار لازم است. هنگامی که β بزرگتر از ۲ باشد، نتایج غیربهینه زیادی به دست می‌آیند. سرعت همگرایی در اینجا زمانی که نتایج در مسیری غیربهینه همگرا می‌شوند، بسیار زیاد می‌شود. تعداد تکرارهای مورد استفاده برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر با مقدار متغیر پارامتر ρ در شکل ۴ نشان داده شده است، تعداد تکرارهای ثبت شده با هر افزایش ۰/۰۵ پارامتر ρ از ۰/۱۵ تا ۱ متغیر است. مشاهده می‌شود که تعداد تکرارها با تغییر مقدار پارامتر ρ کمی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. سرعت همگرایی فرآیند برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر زمانی که مقدار بزرگتری از پارامتر ρ انتخاب شود بیشتر است. با مشاهدات و یافته‌های ذکر شده، استفاده از

پارامترهای الگوریتم مناسب برای یافتن نتایج کوتاه‌ترین مسیر اهمیت دارد. مجموعه‌ای از مقادیر توصیه شده برای پارامترهای فوق، در جدول ۱ توصیه می‌شود تا نرخ همگرایی الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان معقول و منطقی باشد.

جدول ۱- پارامترهای توصیه شده برای الگوریتم سیستم مورچه

پارامترها	ρ	β	Q	تعداد مورچه ها
مقدار	۰/۶ تا ۰/۹	۱/۵ تا ۱/۸	۳۰ تا ۱۰۰	۱۲۰ تا ۱۵۰

توسعه ATIS مبتنی بر WebGIS

عملکردهای ATIS از طریق اینترنت برای برآورده ساختن درخواست‌های کاربران حمل و نقل عمومی صورت می‌گیرد. درخواست‌های پرسش و پاسخ را می‌توان روی داده‌های مختلفی انجام داد که ممکن است داده‌های توصیفی عوارض، اطلاعات مسیر اتوبوس، مکان ایستگاه‌های اتوبوس و... باشد. علاوه بر این، پرس‌وجوها را می‌توان در لایه‌های برداری انجام داد، مانند لایه جاده برای نشان دادن کوتاه‌ترین مسیر در محیط GIS یا نشان دادن ویژگی نقطه‌ای مشخص بر اساس درخواست کاربر. برای توسعه سیستمی که پرس‌وجوهای طراحی شده احتمالی را برآورده می‌کند، لازم بود داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری شود که در پاسخ به پرسش‌های کاربران به آنها ارائه شود. داده‌ها و پایگاه‌های داده توسعه یافته برای مسیرهای اتوبوس، شبکه جاده‌ها، ویژگی‌های نقطه‌ای و سایر اطلاعات مرتبط در منطقه مورد مطالعه در توسعه سیستم APTS مبتنی بر وب استفاده شد.

- توسعه داده‌های مکانی برای لایه داده

لایه داده، داده‌ها را بر اساس پرس‌وجوهای کاربران از طریق لایه نمایش و کد سیستم فراخوانی شده متناسب با آن در لایه برنامه ارائه می‌کند. پایگاه‌های داده و داده‌های فضایی، از جمله اطلاعات توصیفی مرتبط برای لایه‌های فضایی مختلف، فراهم گردیدند.

تصویر رستری زمین مرجع شده منطقه مورد مطالعه و سایر لایه‌های برداری شامل جاده‌ها، عوارض نقطه‌ای، نقاط ایستگاه‌های اتوبوس و لایه‌های توپولوژی گره-پیوند[۳۶] در قالب فایل ESRI با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ۹,۳ و ERDAS IMAGINE ۸,۵ توسعه داده شد. پایگاه داده حاوی جداول داده‌های مربوط به اطلاعات توصیفی گره-پیوند شبکه، مانند داده‌های طول پیوند شبکه جاده منطقه مورد مطالعه که بیشتر در الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر استفاده می‌شود، در Microsoft SQL Server ۲۰۰۵ توسعه داده شد.

- توپولوژی گره-پیوند

در توپولوژی گره-پیوند، نقاط روی لایه برداری طبق موارد زیر به عنوان "گره" تعریف می‌شوند:

- هر "ایستگاه اتوبوس" به عنوان یک گره در نظر گرفته می‌شود.
- نقاط عبور پیوندهای جاده‌ای به عنوان گره در نظر گرفته می‌شوند.
- هر بن بست از پیوند جاده به عنوان یک گره در نظر گرفته می‌شود.
- به هر گره فقط و فقط یک شماره کد گره تخصیص داده می‌شود.

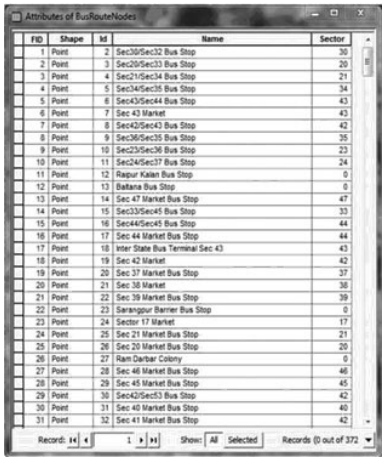
[۳۶] link-node topology

- گره ایستگاه یک نام به همراه شماره کد گره اختصاص داده شده به آن در جدول اطلاعات توصیفی خود دارد.
- شماره گره اختصاص داده شده به گره یک عدد منحصر به فرد است و هر گره دارای یک شماره گره متفاوت است.

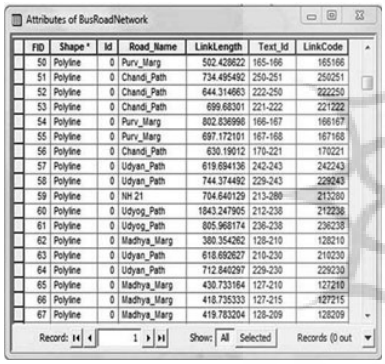
طول پیوند جاده در لایه برداری به عنوان "پیوند" طبق موارد زیر تعریف می‌شود:

- تمام جاده‌ها به صورت چندخطی[۳۷] تعریف می‌شوند و بخشی از جاده بین دو گره تعریف شده فوق به عنوان پیوند شناخته می‌شود.
- هر پیوند فقط و فقط یک شماره کد پیوند در جدول اطلاعات توصیفی خود دارد.
- شماره کد پیوند شامل ارقام دو شماره گره است که آن پیوند بین آنها قرار می‌گیرد، با شماره گره کوچکتر در شروع. به عنوان مثال، اگر پیوندی بین گره شماره ۲۶۷ و شماره گره ۱۳۵ وجود داشته باشد، شماره کد پیوند ۲۶۷ ۱۳۵ است.

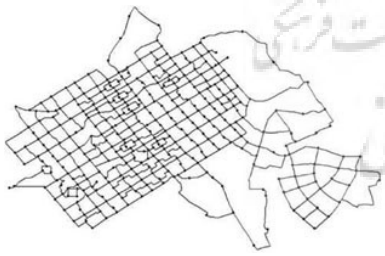
این دو لایه در نرم افزار ArcMap ArcGIS ۹,۳ ایجاد شده است. جداول اطلاعات توصیفی دو لایه شامل شماره کد پیوند و شماره کد گره در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. این لایه‌ها بعداً در تحلیل شبکه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان استفاده می‌شوند. شکل ۹ توپولوژی پیوند-گره شامل ۶۰۰ پیوند بین ۳۷۲ گره در شبکه جاده‌های منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۷- جدول اطلاعات توصیفی لایه گره شامل شناسه گره، نام و بخش



شکل ۸- جدول اطلاعات توصیفی لایه پیوند جاده شامل شناسه پیوند، نام و طول هر پیوند



شکل ۹- نمایش لایه‌های گره و پیوند با توپولوژی گره-پیوند

یافتن کوتاه‌ترین مسیرها توسط الگورتیم بهینه‌سازی مورچگان در صفحه وب ATIS

کوتاه‌ترین مسیرها بین ایستگاه‌های اتوبوس انتخاب شده را می‌توان با قابلیت طراحی شده در صفحه وب ATIS

[۳۷] polyline

پیدا کرد. کد برنامه‌نویسی شده الگوریتم مورچگان که به زبان C# نوشته شده و در یک کلاس ضمیمه شده است. زمانی که کاربران برای محاسبه کوتاه‌ترین مسیر از طریق رابط کاربری گرافیکی مبتنی بر وب صفحه وب ATIS درخواستی ارسال می‌کنند، نتایج توسط برنامه نوشته شده در C# به MapServer ارسال می‌شود. سپس MapServer نقشه‌ای ایجاد می‌کند که کوتاه‌ترین مسیر را بین این دو نقطه مبدا و مقصد انتخاب شده در صفحه وب ATIS نشان می‌دهد.

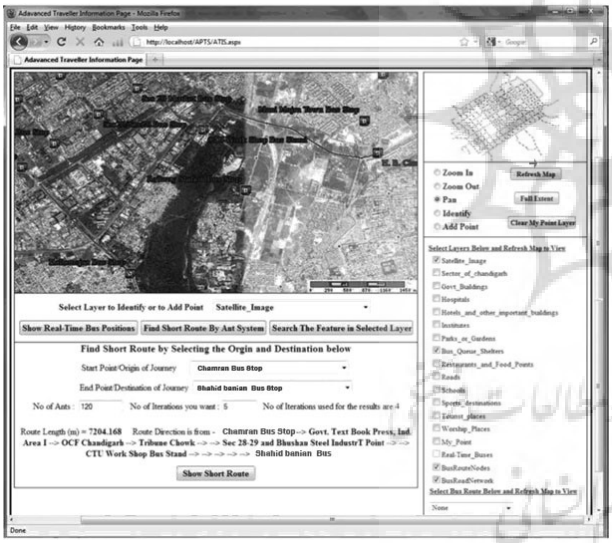
الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان کوتاه‌ترین مسیر حاصل را در رشته‌ای برمی‌گرداند که جهت را از گره مبدا به گره مقصد با ارائه مقادیر گره در بین آن‌ها مانند مثال زیر نشان می‌دهد:

‘۲۳-- > ۲۸-- > ۸۹-- > ۲۳۱-- > ۱۱-- > ۱۲-- >
۲۷-- > ۲۲۳-- > ۱۳-- > ۸۸-- > ۴۵’

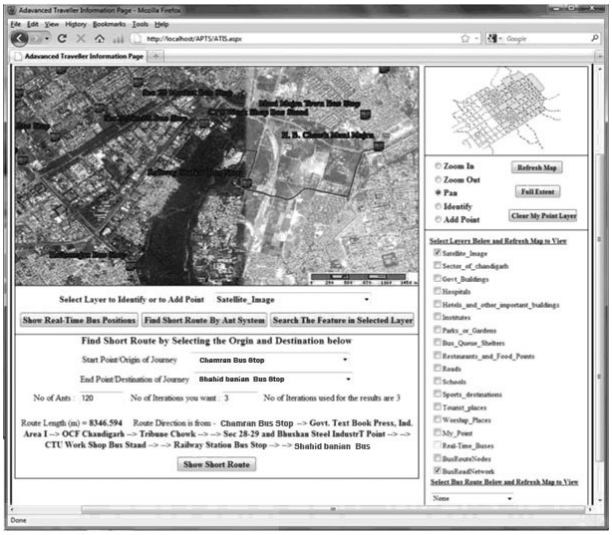
سپس این رشته توسط کد # به رشته‌ای تبدیل می‌شود که می‌تواند در کلاس "EXPRESSION" لایه جاده درج شود تا به MapServer بگوید پیوندهایی را که دارای شماره پیوند فوق هستند نشان دهد. رشته تبدیل شده برای "EXPRESSION" از رشته مثال بالا بدین صورت است:

‘(([LinkCode] = ۲۳۲۸) or ([LinkCode] = ۲۸۸۹) or ([LinkCode] = ۸۹۲۳۱) or ([LinkCode] = ۱۱۲۳۱) or ([LinkCode] = ۱۱۱۲) or ([LinkCode] = ۱۲۲۷) or ([LinkCode] = ۲۷۲۲۳) or ([LinkCode] = ۱۳۲۲۳) or ([LinkCode] = ۱۳۸۸) or ([LinkCode] = ۴۵۸۸))’

سپس از MapServer درخواست می‌شود که یک نقشه جدید با مقدار "EXPRESSION" بالا برای لایه ایجاد کند. این نقشه جدید که توسط MapServer ترسیم شده است، به صفحه وب ATIS بازگردانده می‌شود. بنابراین، کوتاه‌ترین مسیر بین مبدأ انتخاب‌شده و نقطه مقصد ایجاد شده توسط تحلیل الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان را می‌توان بر روی نقشه در صفحه وب ATIS به کاربر نشان داد. پارامترهای الگوریتم مورچگان، تعداد مورچه‌ها و حداکثر تعداد تکرارهای مجاز باید به گونه‌ای انتخاب شوند که نتایج بهینه‌سازی مورچگان برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر را بتوان به کوتاه‌ترین مسیر بهینه تبدیل کرد. شکل ۱۰ نشان می‌دهد که الگوریتم سیستم مورچه، چهار تکرار از پنج تکرار مجاز را برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر استفاده کرده است. اگر حداکثر تکرار مجاز به سه محدود شود، الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان، مسیری را طراحی می‌کند که کوتاه‌ترین مسیر نباشد، همانطور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۰- کوتاه‌ترین مسیر بدست آمده از الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان نشان داده شده در تصویر نقشه در صفحه وب ATIS



شکل ۱۱- مسیر کوتاه غیربهینه بدست آمده توسط الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان زمانی که با تعداد تکرار ناکافی در صفحه وب ATIS

نتیجه‌گیری

این مقاله روشی برای ارائه سیستم اطلاعات حمل و نقل عمومی با استفاده از فناوری‌های مبتنی بر اینترنت، به ویژه برای کشورهای در حال توسعه است. اجرای یک سیستم اطلاعات مسافرتی پیشرفته کامل تحت وب برای یک شهر امری پرهزینه است و برخلاف کشورهای توسعه یافته، کشورهای در حال توسعه دارای محدودیت‌های مالی هستند. در این روش، یک معماری منطقی سه لایه برای سیستم انتخاب شده است که شامل لایه نمایش، لایه برنامه و لایه داده است. این معماری منطقی بر اساس طراحی سیستم سه لایه انتخاب شده است که برای ارائه قابلیت‌های GIS به کاربر از طریق اینترنت مناسب است. قابلیت GIS مبتنی بر وب براب ATIS با استفاده از mapscript MapServer و زبان برنامه‌نویسی C# در محیط ASP.NET توسعه داده شد و مشخص شد که mapscript های توسعه یافته برای ادغام MapServer به طور موثر با محیط توسعه صفحات وب ASP.NET سیستم ATIS سازگار هستند. الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر در شبکه شهری مناسب است. منطق برنامه‌نویسی C# توسعه یافته برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان و ادغام آنها با سیستم ATIS منطقه مورد مطالعه نشان داد که نتیجه در محیط WebGIS، کارآمد و سازگاری خوبی با طراحی بر اساس MapServer دارد. یک WebGIS کامل مبتنی بر APTS بر روی یک سیستم از طریق اینترانت با استفاده از MapServer به عنوان سرور نقشه اینترنتی و IIS ۷ به عنوان وب سرور در IIT Roorkee استفاده شد که روش مورد استفاده در طراحی، عملکردهای سیستم را تأیید می‌کند.

منابع

Abed F.H., Hongxia Z., Hongyan Z.: ‘Open source web-based GIS and database tools for emergency response’. IEEE Int. Conf. on Automation and Logistics, ICAL, IEEE, September ۲۰۱۸, pp. ۲۹۷۲–۲۹۷۶.

Alesheikh A.A., Helali H., Behroz H.A.: ‘Web GIS: technologies and its applications’. Symp. on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, ۲۰۱۲.

Bill R., Korduan P.: ‘Internet-GIS development for municipalities and counties based on open source software’. Int. Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Geo-Imagery Bridging Continents: Proc. of Commission VI, Istanbul, ۲۰۱۴, pp. ۱۴۱–۱۴۶.

Deneubourg J.L., Aron S., Gross S., Pasteels J.M.: ‘The self organiz-ing exploratory pattern of the argentine ant’, *J. Insect Beh.*, ۱۹۹۰, ۳,

(۲), pp. ۱۵۹–۱۶۸.

Dorigo M., Krzysztof S.: ‘An introduction to ant colony optimiza-tion’, IRIDIA – Technical Report, No. TR/IRIDIA/۲۰۰۶–۰۱۰, pub-lished as a chapter in Approximation Algorithms and Met

networking approach'. IEEE Proc. of the Int. Symp. on Telecommunication, Tehran, Iran, IEEE, ۲۰۱۸, pp. ۳۶–۴۱.

Shi-Ming L., Saborowski J., Nieschulze J., Zeng-Yuan L., Yuan-Chang L., Er-Xue C.: 'Web service based spatial forest information system using an open source software approach', *J. Forestry Res.*, ۲۰۱۷, ۱۸, (۲), pp. ۸۵–۹۰.

Singh V., Kumar P.: 'Web-based advanced traveler information system for developing countries', *J. Transp. Eng., ASCE*, ۲۰۲۰, ۱۳۶, (۹), pp. ۸۳۶–۸۴۵.

Vaccari L., Ivanyuckovich A., Marchese M.: 'A web service approach to geographical data distribution among public administrations'. Funabashi M., Grzech A., (Eds.): 'Challenges of expanding Internet: E-commerce, E-business, and E-government', (Springer, Boston, ۲۰۱۵), pp. ۳۲۹–۳۴۳.

Xia D., Xie X.: 'Web GIS server solutions using open-source soft-ware'. Int. Workshop on Open-source Software for Scientific Computation, OSSC, IEEE, ۲۰۱۹, pp. ۱۳۵–۱۳۸.

Zhanwei D.U., Yang Y., Sun Y., Zhang C.: 'A modified ant colony algorithm for multiple sight-seeing buses route replanning in emer-gency', *J. Comput. Inf. Syst.*, ۲۰۲۰, ۶:۹, pp. ۲۷۹۵–۲۸۰۳.

heuristics, a book edited by T. F. Gonzalez, April, ۲۰۱۶.

Fernando N., Waidyasekara S., Dias D.: 'A system based on web-GIS for post-disaster recovery management'. Int. Conf. on Information and Automation, ICIA, ۱۵–۱۷, IEEE, December ۲۰۰۶, pp. ۷۵–۸۰.

Goss S., Aron S., Deneubourg J.L., Pasteels J.M.: 'Self-organized shortcuts in the argentine ant', *Naturwissenschaften*, ۱۹۸۹, ۷۶, pp. ۵۷۹–۵۸۱.

Jing T., Juan X., Li W.: 'Open source software approach for internet GIS and its application'. IITA, ۲۰۰۸ Second Int. Symp. on Intelligent Information Technology Application, IEEE, ۲۰۱۸, vol. ۳, pp. ۲۶۴–۲۶۸.

Liu S.H., Jzau-Sheng L., Zi-Sheng L.: 'A shortest-path network problem using an annealed ant system algorithm'. IEEE Proc. of Fourth Annual ACIS Int. Conf. on Computer and Information Science (ICIS'۰۵), South Korea, IEEE, July ۲۰۱۵, pp. ۲۴۵–۲۵۰.

Liu J., Yanjun F., Yijian L.: 'Ant colony system algorithm for path routing of urban traffic vehicles'. Proc. of the IEEE Int. Conf. on Automation and Logistics, Jinan, China, August ۲۰۱۷, pp. ۱۹۰۲–۱۹۰۷.

Mantovani F., Gracia F.J., Cosmo P.D.D., Suma A.: 'A new approach to landslide geomorphological mapping using the open source soft-ware in the olvera area (Cadiz, Spain)', *Landslides*, ۲۰۲۰, ۷, (۱), pp. ۶۹–۷۴.

Nair S.S., Katiyar S.K.: 'Web enabled open source GIS based tourist information system for Bhopal city', *Int. J. Eng. Sci. Technol. (IJEST)*, ۲۰۲۱, ۳, (۲), pp. ۱۴۵۷–۱۴۶۶.

Nan X.Z., Tao L.H.: 'Design of ship monitoring system based on WEBGIS'. Third Int. Conf. on Information Sciences and Interaction Sciences (ICIS), IEEE, June ۲۰۲۰, pp. ۶–۸.

Ono H., Yasuchika M.: 'The optimal design of the vehicle routing problem with time window by ant colony system'. IEEE Proc. of SICE Annual Conf. ۰۷, Kagawa University, Japan, IEEE, September ۲۰۱۷, pp. ۱۳۲۵–۱۳۲۹.

Salehinejad H., Siamak T.: 'A new ant algorithm based vehicle navigation system: a wireless

Finding the shortest route using Ants Colony Optimization (ACO) algorithm based on Web Geographic Information System (WebGIS) for Advanced Travel Information System (ATIS)

Mohsen Ghods

Abstract

This paper discusses the methodology used in the development of the Advanced Travel Information System (ATIS). This system is designed as a part of Web Geographical Information System (WebGIS) based on Advanced Public Transportation Systems. The ATIS system based on WebGIS includes spatial data for functions designed and provides GIS capabilities to users through the Internet. In addition to these functions, a route planning algorithm has been designed to find the shortest route between selected points using the Ants Colony Optimization algorithm and integrated with WebGIS. This study presents an ant system algorithm that is adopted to find the shortest route with a methodology developed for a WebGIS-based ATIS system for an urban area using the open source software MapServer as a web map server. This study also discusses the three-layer logic architecture used to provide GIS capabilities to the user over the Internet.

Keywords: The shortest route, ACO, WebGIS, ATIS

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی