

ارائه روشی جهت مسیریابی بهینه با استفاده از نظریه گرافها

مسعود نادرنژاد^۱، وحید امینی طوسی^۲، مهران مزاری^۳

۱- کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه صنعتی شریف

۲- کارشناس کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

۳- کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

ابزارهای گوناگونی جهت بهینه سازی سامانه‌های حمل و نقل و ترافیک وجود دارد که یکی از این ابزارها، سامانه اطلاعات مکانی (GIS) است. در این مقاله تلاش شده است که ضمن ارائه کاربردهای سامانه اطلاعات مکانی در مدیریت حمل و نقل و ترافیک، با استفاده از نظریه گرافها و الگوریتم دیکسترا روشی جهت پیدا کردن مناسب‌ترین مسیر به لحاظ زمان و طول سفر بر بستر اطلاعات بدست آمده از سامانه GIS ارائه کرد. بدین منظور با ساخت گراف شبکه معابر یک محدوده پایلوت در شهر مشهد و مدل سازی ماتریس مجاورت که خود مبتنی بر اطلاعات فیزیکی و ترافیکی معابر، اطلاعات فازبندی و زمان بندی چراغهای راهنمایی در آن محدوده است، کوتاهترین مسیر از بین مسیرهای ممکن یافته شد.

کلید واژه: سامانه اطلاعات مکانی، نظریه گراف، الگوریتم دیکسترا، مدل سازی

۱- مقدمه

امروزه بهره‌گیری از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، گزینه‌های قدرتمندی برای مدیریت حمل و نقل و ترافیک پیش روی کارشناسان ترافیک قرار داده است. این راه حل‌ها اکنون به عنوان جزئی اصلی و بنیادی از عملیات سامانه‌های حمل و نقل در سرتاسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. از طرفی زندگی امروزی حجم وسیعی از جابجایی و تحرک را به دنبال دارد که از طریق خودروها، کشتی‌ها، وسایل نقلیه ریلی، هواپیماها و ... انجام می‌شود.

^۱ کارشناس ارشد سازمان ترافیک مشهد، ۷۲-۸۴۵۲۶۷۰-۰۵۱۱، پست الکترونیکی: Masoud.Nadernejad@gmail.com

^۲ کارشناس GIS، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری مشهد، ۰۹۱۵۳۱۷۶۲۷۰، پست الکترونیکی: VahidAmini@gmail.com

^۳ کارشناس ارشد سازمان ترافیک مشهد، ۷۲-۸۴۵۲۶۷۰-۰۵۱۱، پست الکترونیکی: Mehran.Mazari@gmail.com

برای حل مشکلات و مسائل ترافیکی، در گذشته این تصویر وجود داشت که صرفاً با ساخت راه‌ها و جاده‌های بیشتر می‌توان مشکلات را حل کرد. اما امروزه همه در پی آن هستند تا با نوآوری‌ها و بهره‌گیری از مدیریت نوین شهری، این مشکلات را حل کرد. در این میان سامانه‌های هوشمند حمل و نقل^۱ و سامانه اطلاعات مکانی می‌تواند ابزارهای جدیدی برای مدیریت سفرها و جابجایی‌های پایدار در جامعه اطلاعاتی و ارتباطی امروز، فرا روی ما قرار دهد. به عبارتی در سامانه‌های هوشمند حمل و نقل، فناوری‌های اطلاعات، ارتباطات و کنترل برای بهبود و بهینه‌سازی عملیات شبکه‌ی حمل و نقل بکار برده می‌شوند. ابزارهای ITS و GIS بر اساس سه محور اصلی اطلاعات، ارتباطات و یکپارچگی بنا می‌شوند که به اپراتورها و مسافین کمک می‌کنند تا تصمیمات بهتری بگیرند. در این رهگذر، این ابزارها صرفه جویی در وقت، بهبود کیفیت زندگی و محیط زیست و افزایش بهره‌وری فعالیت‌های اقتصادی را نیز به همراه دارند. این اهداف در سرتاسر جهان مشترک هستند؛ اگرچه اولویت آنها ممکن است متفاوت باشد.

در بسیاری از نقاط جهان و بخصوص در کشورهای توسعه‌یافته تلاش‌های فراوانی برای کاربرد سامانه‌های حمل و نقل هوشمند بعمل آمده است و همزمان با این تلاش‌ها و برآساس نیاز، فناوری‌های جدیدی نیز عرضه و تکامل یافته‌اند. شهر مقدس مشهد نیز از جمله کلان شهرهای جهان است که هم اکنون با بسیاری از پدیده‌های ترافیکی، درگیر است. اگر چه در سطح کشور تلاش‌هایی برای بکارگیری فناوری‌های نوین و ایجاد سامانه‌های حمل و نقل هوشمند بعمل آمده است، اما از آنجا که این مطالعات و بررسی‌ها پراکنده بوده و با طرحی جامع همراه نبوده است، طبیعتاً منجر به ارائه‌ی راه حل‌های اصولی و فراگیر نشده‌اند. به همین جهت متولیان مدیریت یکپارچه شهری با درک ضرورت بکارگیری این سامانه‌های فناورانه در شهر، خواستار انجام پروژه‌ها و بررسی‌های جامعی در خصوص بکارگیری سامانه‌های حمل و نقل هوشمند از جمله سامانه اطلاعات مکانی^۲ شده‌اند.

۲- سامانه اطلاعات مکانی (GIS)

یکی از سامانه‌هایی که می‌تواند در زمینه مدیریت ترافیک به کمک سامانه حمل و نقل هوشمند بیاید، سامانه اطلاعات مکانی است. سامانه اطلاعات مکانی یا سامانه اطلاعات جغرافیایی مجموعه‌ای از ابزارها برای ترسیم، ویرایش، آماده سازی و آنالیز داده‌های مکانی، ذخیره، بازیابی و آنالیز داده‌های غیرمکانی و آنالیز توام داده‌های مکانی و توصیفی می‌باشد. سامانه اطلاعات مکانی را می‌توان به گونه‌های زیر نیز تعریف نمود:

"سامانه اطلاعات مکانی مجموعه‌ای از سخت افزار، نرم‌افزار، داده‌ها، مدل‌ها، ذخیره، بازیابی، بهنگام سازی، پردازش، تجزیه و تحلیل، انتقال، نمایش و کاربرد داده‌های مکانی جهت حمایت از تصمیم‌گیری برای حل یک مشکل است."

^۱ Intelligent Transportation System (ITS)

^۲ Geographical Information System (GIS)

سامانه اطلاعات مکانی بر خلاف روش‌های سنتی قابلیت‌های فراوانی دارد. یکی از مهمترین این قابلیت‌ها امکان انجام تحلیل‌های پیچیده داده‌های مکانی و غیر مکانی است. با استفاده از این قابلیت سامانه اطلاعات مکانی، می‌توان روال‌های مدیریتی را بهینه سازی نمود [۱]. یک سامانه اطلاعات مکانی شامل دو بخش مهم پوشش و پایگاه داده‌های توصیفی می‌باشد که پوشش مهمترین و وقت‌گیرترین بخش ایجاد سامانه اطلاعات مکانی ایجاد فایل پوشش است. پوشش فایلی است که شامل اطلاعات مکانی برای نمایش روی صفحه تصویر ایجاد شده است [۲]. بعبارت دیگر، پوشش، فایل نقشه مبنای عمل، در سامانه است. هر شی مکانی، یک عارضه نامیده می‌شود. برای نمایش عوارض مصنوعی و طبیعی موجود، از سه دسته عوارض نقطه‌ای^۱، خطی^۲ و چندضلعی^۳ استفاده می‌شود. بعنوان مثال چراغ‌های راهنمایی، علائم و تابلوهای ترافیکی و بسیاری موارد دیگر، از انواع عوارض نقطه‌ای محسوب می‌شوند. همچنین شبکه معابر، مسیرهای ویژه دوچرخه‌سواری و خطوط ویژه اتوبوس از انواع عوارض خطی‌اند. محدوده طرح ترافیک، نواحی ترافیکی شهری نیز از انواع عوارض چندضلعی هستند.

دیگر بخش مهم سامانه اطلاعات مکانی ایجاد پایگاه داده اطلاعات توصیفی است. در مورد یک عارضه داده‌های بیشتری از شکل و موقعیت آن می‌توان ذخیره نمود. بعنوان مثال، برای پارکینگ علاوه بر شکل و موقعیت آن می‌توان اطلاعات دیگری چون ظرفیت کل پارکینگ، ظرفیت فعلی پارکینگ (آنلاین)، هزینه ساعتی پارکینگ و ... را ذخیره کرد و یا برای یک چراغ راهنمایی در یک تقاطع، اطلاعاتی چون نوع چراغ (زمان ثابت، هوشمند)، فازبندی، زمانبندی را می‌توان ثبت نمود.

۲-۱- کاربرد سامانه اطلاعات مکانی در حمل و نقل و ترافیک

تلفیق و ارتباط میان سامانه اطلاعات مکانی با سامانه اطلاعات حمل و نقلی موجب تسهیل دسترسی به اطلاعات ترافیکی می‌شود. در واقع هدف از ایجاد سامانه اطلاعات مکانی برای سامانه حمل و نقل، تشکیل یک پایگاه اطلاعاتی مرتبط میان اطلاعات حمل و نقل و سامانه اطلاعات مکانی می‌باشد [۳].

اطلاعات مربوط به منابع مختلف ترافیکی در یک پایگاه اطلاعاتی برای دسترسی و تجزیه و تحلیل سامانه گردآوری می‌شوند. اطلاعات مربوط به حجم ترافیک، محدودیت سرعت در معابر، محل وقوع تصادفات، ویژگی‌های هندسی راه، موقعیت تقاطع‌های چراغ‌دار و نیز مراکز جذب سفر نظیر ادارات، موسسات آموزشی، مراکز تجاری و ... از جمله موارد مهم در تهیه پایگاه اطلاعاتی حمل و نقل است.

^۱ Point

^۲ Line

^۳ Polygon

سامانه‌های اطلاعات مکانی حمل و نقل در واقع ابزاری برای بهبود نحوه برنامه‌ریزی و طراحی پروژه‌های حمل و نقل و ترافیک است. معمولاً هزینه اجرای پروژه‌های حمل و نقلی مانند ساخت تقاطع‌های غیرهمسطح، راه‌اندازی خطوط مترو، توسعه شبکه معابر و ... بسیار بالا است.

بدین منظور قبل از اجرای چنین پروژه‌هایی، نصب و راه‌اندازی سامانه‌های اطلاعات مکانی، در تصمیم‌سازی‌های مدیریتی و کارشناسی بسیار موثر خواهد بود. در صورت مثبت بودن توجیه اقتصادی، طرح مورد نظر اجرا می‌شود. در طراحی سامانه‌های اطلاعات مکانی برای سامانه حمل و نقل شهری اهداف زیر تعقیب می‌شوند:

- طراحی و آزمایش روش‌های تبدیل اطلاعات از منابع مختلف به پایگاه اطلاعاتی سامانه اطلاعات مکانی
- طراحی سامانه حفظ، نگهداری و بهنگام‌سازی اطلاعات
- توسعه و طراحی پارامترهای متناظر با شاخصهای ترافیکی
- تبدیل اطلاعات GIS به شکلی که قابل استفاده برای کاربران مختلف باشد

۲-۲- ساختار اطلاعات

برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز ساخت پایگاه داده، باید ساختار اطلاعات مورد نیاز مشخص باشد. به طور کلی، اطلاعات ترافیکی مورد نیاز ساخت پایگاه داده سامانه اطلاعات مکانی را می‌توان به بخش‌های اطلاعات کاربری، اطلاعات مربوط به علائم افقی و عمودی و چراغ‌های راهنمایی، مدیریت ترافیک و سیاست‌های حمل و نقل، توسعه شهری و سیاست‌های کلان شهر تقسیم نمود. در جدول (۱) بخشی از اطلاعات مذکور لیست شده‌اند.

جدول (۱) اطلاعات ترافیک و حمل و نقل [۴]

ردیف	بخش‌های مختلف جمع‌آوری اطلاعات	اطلاعات GIS مربوط به هر بخش
۱	بخش کاربری	مراکز جذب سفر نحوه توزیع کاربری‌ها وضعیت تراکم مناطق مسکونی ...
۲	بخش علائم و چراغ‌های راهنمایی	چراغ‌های راهنمایی زمانبندی و فازبندی چراغ‌ها علائم عمودی (تابلوها) علائم افقی (خط کشی) ...
۳	اطلاعات عرضه و تقاضا	حجم تردد وسایل نقلیه و عابران شبکه معابر مسیرهای ویژه دوچرخه طرح محدودیت ترافیک ...

در قسمت طراحی سامانه اطلاعات مکانی، اطلاعات مذکور در پایگاه اطلاعات جامع شهری ساخته می‌شود. این پایگاه اطلاعاتی شامل اطلاعات زیر می‌گردد:

محدوده منطقه شهری، کاربری‌های دولتی، کاربری‌های خدماتی، قطعات و بلوک‌های شهری، خط محوری خیابان‌ها، اطلاعات مربوط به هدایت آب‌های سطحی و زیرزمینی، موقعیت مراکز آموزشی، ایستگاه‌های آتش نشانی، ایستگاه‌های پلیس و بسیاری موارد دیگر.

اکثر اطلاعات مورد استفاده در GIS حمل و نقل مربوط به خیابان‌ها می‌شود. لذا، فایل مربوط به خط محوری به عنوان اساس طراحی حمل و نقل می‌باشد. به همین سبب، باید این خطوط به طور دائم به‌نگام شوند و خیابان‌های جدیدالاحداث و تغییرات معابر موجود به پایگاه اطلاعات اضافه گردند. بعنوان مثال فایل پوشش مربوط به معابر شامل اطلاعات مربوط به نام معبر، طبقه معبر به لحاظ عملکردی، ظرفیت معبر و ... است.

البته برای کاهش مدت زمان تجزیه و تحلیل اطلاعات و محدودیت ظرفیت نگهداری اطلاعات مربوط به کوچه‌ها و معابر دسترسی محلی ذخیره نمی‌گردد. فایل پوشش معابر ساخته شده همان نقشه مبنای حمل و نقل است. اطلاعات مربوط به معابر که دائماً در حال تغییر است، مثل حجم تردد در طول معابر، حجم گردش در تقاطع‌ها و بسیاری موارد دیگر به فایل پوشش کمان‌ها و گره‌های مربوطه متصل می‌شوند.

۳- گراف وزن دار

یک گراف وزن دار، گرافی است که در آن، مقادیری به یال‌ها نسبت داده می‌شود و طول مسیر موجود در گراف، مجموع وزن یال‌های موجود در مسیر است. فرض کنید $w(i,j)$ نمایش وزن یال (i,j) باشد؛ در گراف‌های وزن دار، اغلب اوقات می‌خواهیم کوتاه‌ترین مسیر (یعنی مسیری با طول کمینه) را بین دو رأس داده شده به دست آوریم.

یکی از راه‌های نمایش گراف‌ها، ماتریس مجاورت است. برای بدست آوردن ماتریس مجاورت، ماتریسی به ابعاد "تعداد رأس‌ها" \times "تعداد رأس‌ها" رسم می‌کنیم، اگر رأس‌های سطر و ستون، مجاور باشند درایه داخل این ماتریس ۱ است در غیر اینصورت، ۰ است. الگوریتم‌های متعددی برای پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر بین دو رأس یک گراف وجود دارد، یکی از این الگوریتم‌ها الگوریتم دیکسترا^۱ می‌باشد که بدین منظور از ماتریس مجاورت گراف استفاده می‌نماید. می‌خواهیم در گراف همبند G کوتاه‌ترین مسیر از رأس a به رأس z را پیدا کنیم.

^۱ dijkstra

در الگوریتم دیکسترا، به رأس‌ها، برچسب‌هایی نسبت داده می‌شود. فرض می‌کنیم $L(v)$ برچسب رأس v را نمایش می‌دهد. در هر مرحله، بعضی از رأس‌ها برچسب موقت دارند و رأس‌های باقیمانده دارای برچسب دائم هستند. فرض می‌کنیم T مجموعه رأس‌هایی با برچسب‌های موقت را نمایش می‌دهد. در تشریح این الگوریتم، رأس‌هایی را که برچسب دائم دارند با دایره مشخص می‌کنیم. اگر $L(v)$ برچسب دائم رأس v باشد آنگاه $L(v)$ طول کوتاه‌ترین مسیر (مجموع کمترین وزن یال‌ها) از a به v است. در آغاز تمام رأس‌ها برچسب موقت دارند. هر تکرار الگوریتم، وضعیت یک برچسب را از حالت موقت به حالت دائم تغییر می‌دهد. بنابراین با رسیدن z به برچسب دائم، الگوریتم می‌تواند به پایان برسد. در این مرحله، $L(z)$ طول کوتاه‌ترین مسیر (مجموع کمترین وزن یال‌ها) از a به z است.

Procedure dijkstra (w, a, z, L)

$L(a) := 0$

For all vertices $x \neq a$ **do**

$L(x) := \infty$

$T :=$ set of all vertices

// t is the set of vertices whose shortest //distance from has not been found

While $z \in T$ **do**

begin

Choose $v \in T$ with minimum $L(v)$

$T := T - \{v\}$

For each $x \in T$ adjacent to v **do**

$L(x) := \min\{L(x), L(v) + w(v, x)\}$

end

end dijkstra

الگوریتم (۱): این الگوریتم، طول کوتاه‌ترین مسیر از رأس a به رأس z را در یک گراف همبند وزن‌دار پیدا می‌کند. وزن یال (i, j) ، $w(i, j) > 0$ است و برچسب رأس x ، $L(x)$ است [۴].

۴- نمونه کاربردی استفاده از سامانه اطلاعات مکانی در شهر مقدس مشهد

با گسترش شهرها و رشد جمعیت، مسئله مدیریت تردد از اصلی‌ترین برنامه‌های مدیریت ترافیک شهری می‌باشد. شهر مقدس مشهد که هنوز از سامانه قطار شهری و تراموای شهری بی‌بهره بوده و بدلیل بافت ویژه شهری، مسافرت در نقاط مرکزی و همچنین تردهای زیارتی در آن غالب می‌باشد، بر آن شدیم تا بتوان با استفاده از تکنولوژی‌های روز چون سامانه‌های کامپیوتری و اطلاعات مکانی هزینه و زمان سفرهای درون شهری شهروندان و زائران را کاهش دهیم. بدین منظور با استفاده از مفهوم گراف، سامانه‌های اطلاعات کامپیوتری و مکانی سامانه‌ای را معرفی می‌نماییم که توانایی پیدا کردن مسیری بهینه هم از لحاظ مسافت و هم از لحاظ زمان بین دو مکان مختلف را دارا باشد.

۴-۲- مدل سازی

به منظور اجرای پروژه فوق ابتدا باید شبکه معابر شهر مشهد را مدل سازی نمود. هر جا که در جهان واقعی اشیاء زیادی با ارتباطاتی به یکدیگر پیوند خورده اند، یک شبکه‌ی پیچیده وجود دارد. شبکه‌ها را می توانیم با گراف‌های بزرگ مدل کنیم. اگر خیابان‌های شهر را یال‌های گراف و تقاطع‌ها را رئوس یک گراف در نظر بگیریم، آنگاه گرافی داریم با "تعداد تقاطع‌های شهر" رأس و "تعداد خیابان‌های شهر" یال. هرچه رأس‌ها و یال‌های بیشتری انتخاب شوند، محاسبات دقیق‌تر خواهد بود. اکنون می‌خواهیم ماتریس مجاورت مدل را تعیین نماییم.

عواملی که در تهیه وزن یال در ماتریس مجاورت نقش دارند عبارتند از:

- طول یال
- زمان تأخیر گره

بنابراین برای تعیین وزن یال‌های گراف از دو پارامتر فوق استفاده می‌کنیم. لازم به ذکر است برای انجام محاسبات دقیق‌تر میتوان تأثیر میزان ترافیک در طول کمان را نیز در قالب زمان سفر کمان در نظر گرفت. حال بطور مثال مسیرهای منتهی از تقاطع a به مقصد b را مطابق شکل (۱) در نظر بگیرید. سه مسیر عمده مطابق شکل (۲) وجود دارد:

- مسیر شماره ۱ (تقاطع غیرهمسطح آزادی- میدان استقلال- تقاطع میلاد - تقاطع دانشجو): این مسیر از سه یال تشکیل شده است. طول یال اول (تقاطع غیرهمسطح آزادی- میدان استقلال) ۱۳۰۰ متر، یال دوم (میدان استقلال- تقاطع میلاد- بلوار معلم) ۱۶۵۰ متر و یال سوم (بلوار معلم- تقاطع سیدرضی- تقاطع دانشجو) ۱۹۰۰ متر است. یال اول فاقد چراغ راهنمایی ولی یال دوم دارای یک چراغ راهنمایی و یال سوم دارای ۲ چراغ متصل به سامانه SCATS است.

- مسیر شماره ۲ (تقاطع غیرهمسطح آزادی- بلوار امامت- بلوار معلم - تقاطع دانشجو): این مسیر از سه یال تشکیل شده است. طول یال اول (تقاطع غیرهمسطح آزادی- سه راه آزادشهر) ۸۰۰ متر، یال دوم (سه راه آزادشهر- تقاطع امامت با بلوار معلم) ۹۵۰ متر و یال سوم (تقاطع امامت با بلوار معلم- تقاطع دانشجو) ۲۹۰۰ متر است. یال اول و دوم فاقد چراغ راهنمایی ولی یال سوم دارای ۳ چراغ متصل به سامانه SCATS است.

- مسیر شماره ۳ (تقاطع آزادی- بلوار وکیل آباد- بلوار دانشجو - تقاطع دانشجو): این مسیر از دو یال تشکیل شده است؛ طول یال اول ۳۷۵۰ متر و یال دوم ۹۵۰ متر است. در طول این مسیر هیچ چراغ راهنمایی وجود ندارد.



شکل (۱): بخشی از نقشه شهر مشهد



شکل (۲)

مسیرها از چند یال تشکیل شده است، که هر یک از این یالها معرف یک طول مشخص می باشد. طول هر یال بعنوان بخشی از وزن یال در نظر گرفته می شود. در طول یا انتهای هر یک از یالها ممکن است یک گره (میدان یا یک تقاطع با چراغ راهنمایی و یا بدون چراغ راهنمایی) باشد. مدت زمانی که یک وسیله نقلیه منتظر سبز شدن چراغ راهنمایی می شود در زمان سفر او موثر است. لذا متوسط زمان تأخیر در گره (میدان یا تقاطع) موجب اضافه شدن وزن یال می شود.

با استفاده از یک بانک اطلاعاتی شامل اطلاعات فیزیکی و ترافیکی گره (تقاطع یا میدان) و با بکاربردن مدل‌های پیش‌بینی تأخیر برای گره‌ها می‌توان پارامترهایی در محاسبات وزن یال‌ها بکار برد. بدین منظور با استفاده از نتایج مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک مشهد، توابع مورد اشاره انتخاب شدند که تابع زمان تأخیر در تقاطع‌های با چراغ راهنمایی مطابق فرمول (۱) و تابع زمان تأخیر در تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی مطابق معادله (۲) است که در آن V حجم جریان ترافیک (بر حسب وسیله همسنگ سواری برای یک متر عرض عبور در ساعت)، Q ظرفیت عملی (بر حسب وسیله همسنگ سواری برای یک متر عرض عبور در ساعت)، d متوسط زمان تأخیر برای عبور از تقاطع (بر حسب ثانیه)، s نرخ تخلیه در حالت اشباع (بر حسب وسیله همسنگ سواری برای یک متر عرض عبور در ساعت سبز چراغ)، g متوسط زمان سبز چراغ برای عبور از تقاطع (بر حسب ثانیه)، c متوسط طول سیکل چراغ برای عبور از تقاطع (بر حسب ثانیه) و m تعداد حرکت‌های مجاز در تقاطع است [۵].

$$d = \frac{(c-g)^2}{2c\left(1-\frac{V}{s}\right)} + 43 \left(\frac{V}{\left(\frac{g}{c}\right)s} \right) \quad (1)$$

$$d = \frac{1}{4} \times m \times \left[2.5 + 2 \left(\frac{V}{Q} \right)^2 \right] \quad (2)$$

از طرفی با توجه به میانگین مصرف سوخت ۰/۱ لیتر در هر کیلومتر حرکت و ۰/۰۰۰۳۳۳ لیتر به ازای هر ثانیه توقف، معادله وزن یال (مصرف سوخت^۱) همگن شده است، بصورت معادله (۳) خواهد بود که در آن L طول یال (کیلومتر) و $\sum d$ مجموع زمان‌های تأخیر یال (ثانیه) است [۶].

$$FC = 0.1(L) + 0.000333(\sum d) \quad (3)$$

با توجه به اینکه کنترل چراغ‌های راهنمایی در تقاطع‌های مورد اشاره توسط سامانه هوشمند SCATS انجام می‌شود، لذا زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و اطلاعات جریان ترافیک در دست خواهد بود. اکنون ماتریس مجاورت شبکه معابر تهیه شده و می‌توان با استفاده از الگوریتم‌های یافتن کوتاهترین مسیر در گراف که قبلاً توضیح داده شد، کوتاهترین مسیر بین دو نقطه از شهر را پیدا کرد. برای مشخص کردن ابتدا و انتهای سفر میتوان از رأس‌هایی که به نقاط آغازین و پایان سفر نزدیک هستند استفاده نمود، و محاسبات را با مقداری تخمین انجام داد. برای دقت بیشتر محاسبات می‌توان دو رأس به شبکه افزود و از آنجایی که گراف باید همبند باشد، ماتریس مجاورت را بازسازی کرد؛ به این طریق که نزدیکترین رأس به نقاط آغاز و پایان سفر را پیدا کرده و آنها را به رأس جدید متصل می‌کنیم؛ سپس وزن یال‌های آن را نیز مشخص می‌کنیم.

^۱ Fuel Consumption

همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، مسیرهای زیادی وجود دارد که این دو رأس را بهم وصل می‌نماید، الگوریتم دیکسترا، تمامی این مسیرها را تست کرده و مسیر بهینه را با توجه به ماتریس مجاورت پیدا می‌نماید. با توجه به نتایج جدول (۲) مسیر سوم بعنوان مسیر بهینه برای حرکت از مسیر تقاطع غیرهمسطح آزادی- بلوار وکیل‌آباد- بلوار دانشجو- تقاطع دانشجو انتخاب می‌شود.

جدول (۲)

مسیر	مسیر ۱	مسیر ۲	مسیر ۳
طول یال‌ها (متر)	۴۸۵۰	۴۶۵۰	۴۷۰۰
مجموع زمان تأخیر (ثانیه)	۸۱	۵۵	۱۲
وزن یال (مصرف سوخت) (لیتر)	۰,۵۱	۰,۴۸	۰,۴۷

۵- نتیجه‌گیری

استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی برای مدیریت منابع مختلف اطلاعات، مزایای فراوانی دارد. دستیابی سریع به اطلاعات مکانی (شناخت عوامل محیطی، شرایط نقاط حادثه خیز و...)، دسترسی همزمان به اطلاعات، ابزارهای تحلیل و همچنین نمایش سریع نتیجه محاسبات پیچیده به صورت نقشه‌ها از فواید استفاده از این سامانه‌ها می‌باشد. همچنین بوسیله این سامانه تصمیم‌گیری و طراحی برای مدیران و طراحان بسیار ساده‌تر و مطمئن‌تر خواهد شد. البته استفاده از تسهیلات این سامانه مستلزم فعالیت‌های فراوانی مانند آماده‌سازی نرم افزار، سخت افزار و داده‌ها و اطلاعات، نگهداری و بهنگام نمودن بانک اطلاعاتی مربوطه و همچنین تهیه نقشه‌های دقیق می‌باشد. در این مقاله با استفاده از مفهوم گراف، سامانه‌های اطلاعات کامپیوتری و مکانی روشی معرفی شد که توانایی پیدا کردن مسیری بهینه هم از لحاظ مسافت و هم از لحاظ زمان بین دو مکان مختلف را دارا است.

۶- مراجع

- ۱- تی‌تی‌دژ، امید، خودآموز ArcGIS ۹.x و مفاهیم پایه GIS ویراسته پیرمرادی، علیرضا، ویرایش دوم، آمل، نشر موسسه فرهنگی هنری شمال پایدار(دانشگاه شمال)، اسفند ۱۳۸۵.
- ۲- ربیعی، علیرضا، "GIS و کاربرد آن در ترافیک"، مجله تازه‌های ترافیک، شماره ۱۲، تهران، ۱۳۸۰
- ۳- Durcansa, Maria, GIS in Transportation Operation :City Of Dallas Pilot Project, ESRI User Conference, ۱۹۹۸.
- ۴- جانسون‌با، ریچارد، ساختمان‌های گسسته، ترجمه حسین ابراهیم‌زاده قلزم، تهران، انتشارات سیمای دانش، تابستان ۱۳۸۰.
- ۵- مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل (ممتحن)، مطالعات جامع حمل و نقل مشهد، دانشگاه صنعتی شریف، گزارش‌های ۰۳-۷۵، ۰۴-۷۵ و ۰۵-۷۵، آذر و دی ماه ۱۳۷۵.
- ۶- جبار زاده، مسعود، "نقش IT در کاهش مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌ها"، سومین کنفرانس منطقه‌ای مدیریت ترافیک، تهران، آبان ۱۳۸۵.