

بهینه‌سازی مسیر خطوط حمل و نقل عمومی با استفاده از GIS و روش AHP نمونه موردی: منطقه گلستان شهر اهواز

• علی اعمی ازغدی^۱، کاظم رنگزن^۲، محسن وطنخواه^۳ و احسان آبشیرینی^۴
• Ali.Azghadi@yahoo.com

چکیده

توسعه شهری باعث افزایش تقاضای سفر شده است. با بررسی‌های انجام شده ملاحظه می‌شود که حمل و نقل عمومی^۱ موجود، توانایی پاسخ‌گویی به این تقاضا را ندارد. از سوی دیگر مشاهده می‌شود که روند افزایشی تقاضای سفر در آینده، استفاده بیش از پیش از سیستم‌های حمل و نقل عمومی را توجیه می‌کند. از این رو بهبود سیستم حمل و نقل عمومی بالاخص سیستم اتوبوس‌رانی می‌تواند نقش مهمی را ایفا کند. این بهبود، از دو طریق امکان‌پذیر است که یکی از آنها اصلاح سیستم اتوبوس‌رانی است که در دو سطح انجام می‌شود. یکی ارتقاء سیستم از طریق تغییر در شبکه اتوبوس‌رانی از نظر مسیر، تعداد خطوط و طراحی یک شبکه جدید و دیگری بهبود عملکرد خطوط. بنابراین طراحی شبکه اتوبوس‌رانی با هدف بهبود وضعیت ناوگان عمومی از اهمیت فراوانی برخوردار است. در این پژوهش یکی از پرتعدادترین مناطق شهرستان اهواز (منطقه گلستان) جهت منطقه نمونه در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن معیارهای شاخص در مسیریابی خطوط اتوبوس‌رانی و با استفاده از سیستم تحلیل سلسله مراتبی^۲ و سیستم اطلاعات جغرافیایی^۳، مسیرهای جدید و بهینه شناسایی گردیدند. به همین منظور ۸ فاکتور برای ایجاد یک خط اتوبوس تشخیص داده شد و با اعمال این فاکتورها و با استفاده از عملیات یافتن نزدیک‌ترین مسیر از ۱۷ خط اتوبوس عبوری از منطقه گلستان، ۱۵ خط اتوبوس در بعضی از محدوده‌ها تغییر کردند.

واژه‌های کلیدی: حمل و نقل عمومی، مسیریابی خطوط اتوبوس‌رانی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، تحلیل سلسله مراتبی.

۱- کارشناس ارشد رشته سنجش از راه دور و GIS

۲- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- عضو هیئت علمی گروه شهرسازی دانشگاه آزاد اهواز

۴- کارشناس ارشد رشته سنجش از راه دور و GIS

- 1- Public Transportation
- 2 - Analytic Hierarchy Process (AHP)
- 3 - Geographical Information System (GIS)

که بسته به نظر تصمیم‌گیرنده به هر کدام از این دو هدف وزن بیشتری تعلق می‌گرفت. کارنت و اسپالینگ^۶ در سال ۱۹۹۴ مدلی دیگر به نام مسأله حداکثر پوشش سفر (MTCP)^۷ از مدل (MCSP) طراحی کردند که زمینه انجام یک سفر کامل را فراهم می‌کرد. در این مدل میزان تقاضای پوشش داده نشده به حداقل رسیده و نقاط توقف از قبل مشخص شده است. این دو روش دارای دو تفاوت عمده است: ۱- در روش اول تعداد گره‌هایی که مسیر پیش‌بینی شده از مبدا تا مقصد از آنها می‌گذرد محدود نیستند در حالی که در روش (MTCP) تعداد گره‌هایی که باید در مسیر پیش‌بینی شده باشند از قبل مشخص شده‌اند. ۲- در روش (MCSP) تنها زمینه طراحی یک مسیر را فراهم می‌کند در حالی که دیگری یک سفر را به صورت کامل برنامه‌ریزی می‌نماید. مدل مسأله بیشترین پوشش با بسط سفر (MCREP)^۸ توسط متسیزو و همکارانش^۹ در سال ۲۰۰۳ ارائه شده است. در این مدل سعی شده است تا یک مسیر موجود را از نقاط مختلف با افزودن تعداد ایستگاه‌ها هدایت کنند به گونه‌ای که پوشش تقاضا به حداکثر و طول مسیر به حداقل برسد. این روش از ترکیب دو روش قبلی استفاده کرده است. جهت شناخت بهتر مزایای مدل پیشنهادی لازم دیده شد تا معایب مدل‌های مذکور مورد بررسی قرار گیرد. هر کدام از سه مدل (MTCP)، (MCSP) و (MCREP) دارای کاستی‌های بود که سعی شد در این مقاله برطرف گردد. معایب این مدل‌ها به شرح زیر است: ۱- در مدل‌های (MCSP) و (MTCP)، تنها بر روی دو فاکتور تأکید شده است. در مدل (MCREP)، طراح مدل علاوه بر فاکتورهای فوق، پارامتر دیگری با عنوان داشتن قابلیت اتوبوسرانی را به مدل خود اضافه نموده است. ۲- کارنت در سال ۱۹۸۵ اظهار کرد که کاهش تعداد لبه‌ها باعث پایین آمدن میزان پیچیدگی مدل و تجزیه و تحلیل آن خواهد شد. در دو مدل اول از تمام لبه‌ها جهت مسیریابی استفاده شده است در حالی که در مدل سوم این عیب رفع شده است. در مدل پیشنهادی معایب مدل‌های فوق رفع گردیده است که به مرور به آن پرداخته می‌شود. روشی که در این مقاله به آن پرداخته شده است علاوه بر پارامترهای که در مدل‌های فوق بکار گرفته شده، از یکسری فاکتورهای دیگر نیز در مسیریابی استفاده شده است. این فاکتورها با توجه به میزان تأثیرگذار آنها در مسیریابی خطوط اتوبوسرانی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی وزن دهی شده و فرآیند تصمیم‌گیری در محیط GIS و به کمک قابلیت‌های تحلیل شبکه^{۱۰} صورت گرفت. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، یکی از جامع‌ترین

۱. مقدمه

اتوبوس در کشورهای جهان سوم جزء اصلی وسایل حمل‌ونقل عمومی به شمار می‌رود (Simon, ۲۰۰۳, ۱۰۸) و نوع غالب حمل‌ونقل عمومی در کشورهای در حال توسعه است. این نوع حمل‌ونقل دارای فواید اجتماعی و زیست محیطی زیادی بوده و از جمله روش‌هایی است که شهرهای کوچک و ضعیف توانایی ایجاد آن را دارند (Abate Abreha, ۲۰۰۷, ۲). از این رو وجود یک سیستم اتوبوس‌رانی درون‌شهری با توجه به انعطاف‌پذیری این سیستم و ارزان بودن آن برای استفاده-کنندگان، امری اجتناب‌ناپذیر است. هرگونه فعالیتی که سبب بالاتر رفتن کارایی این سیستم شود از لحاظ خدمات‌رسانی به استفاده‌کنندگان و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی مثر ثمر خواهد بود. بنابراین بهینه‌نمودن خطوط اتوبوس‌رانی باعث کاهش تردد در سطح شهر شده و سطح پوشش تقاضا افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین با بهینه‌سازی خطوط اتوبوس‌رانی می‌توان خطوط موازی اتوبوس‌رانی را حذف نمود. محققین زیادی از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای حل مسایل موجود در ترافیک و حمل‌ونقل عمومی استفاده کرده‌اند. از تحقیقات داخلی می‌توان وحید امینی طوسی و همکارانش را نام برد که در سال ۲۰۰۷، GIS را در مدیریت حمل‌ونقل بکار بردند و همچنین از افندی‌زاده و پور تیموری یاد کرد که در سال ۱۳۸۵ جهت بهینه‌سازی خطوط اتوبوس‌رانی در کرمانشاه از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کرده‌اند. در تحقیقات خارجی می‌توان از سافت اردژن و همکارانش نام برد که در سال ۲۰۰۷، تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی را به عنوان یک ابزار عمومی برای به تصویر کشیدن و آنالیز داده‌های تصادف به کار گرفته‌اند و نیز کیانگلی^۱ و همکارانش در سال ۲۰۰۸ در پکن برای محاسبه کارایی سیستم حمل‌ونقل عمومی برای برگزاری المپیک از GIS استفاده کرده‌اند. همچنین محققین مانند احمد عبدالشکور عبدالعزیز عبدالدايم^۲ (۲۰۰۵)، ویکاس خیتا و سانجی گوپل^۳ (۲۰۰۳)، دملاش آبات آبرها^۴ (۲۰۰۷)، بر روی مسائل ترافیک کار کرده‌اند. ولی تنها ۳ مدل اصلی جهت محاسبه بهترین مسیر برای خطوط اتوبوس‌رانی ارائه شده است که در زیر اشاره شده است. کارنت و همکارانش^۴ در سال ۱۹۸۵ مدلی به نام بیشترین پوشش در کوتاه‌ترین مسیر (MCSP)^۵ را جهت بهینه‌سازی خطوط طراحی کردند. آنها در مدل‌شان دو نقطه ابتدا و انتها را به صورت شاخص فرض کردند و هدفشان پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر بین این دو نقطه با بیشترین پوشش تقاضا بود. این مدل را به صورت یک مدل دو هدفی (کوتاه‌ترین مسیر و بیشترین تقاضا) مطرح کردند

6. - Current and Schilling

7. - Maximal Tour Covering Problem (MTCP)

8. - Maximum Covering Route Extension Problem (MCREP)

9. - Matisziw et al.

10. - Network Analyst

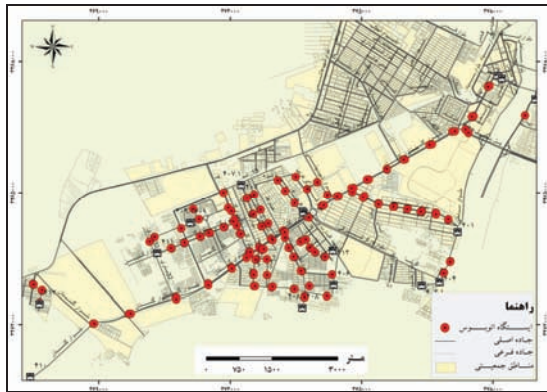
1. - Qiang, LI., et al.

2. - Ahmed Abdel Shakour Abdel Aziz Abdel Dayem

3. - Vikas Khitha, Sanjay Govil

4. - Current et al.

5. - Maximum Covering Shortest Path (MCSP)



شکل شماره (۲). منطقه مورد مطالعه (منطقه گلستان) (مآخذ نگارنده، ۱۳۸۸)

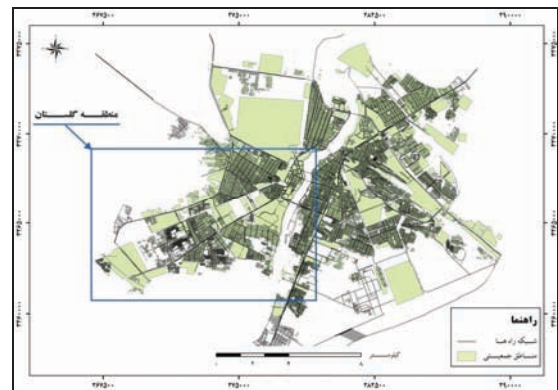
فرعی است. منطقه مورد مطالعه در شکل های شماره (۱ و ۲) آمده است. در این تحقیق، برای بهینه سازی خطوط اتوبوسرانی توسط تحلیل شبکه در محیط GIS مراحل زیر بر اساس شکل شماره (۳) صورت گرفت.

الف- آماده سازی شبکه معابر به صورت جهان واقعی

تمام سامانه های اطلاعات جغرافیایی، نوعی مدل سازی رایانه ای از برخی جنبه های جهان واقعی اند. سیستم اطلاعات جغرافیایی دید ساده شده ای از جهان واقعی را به شیوه ای ارائه می دهد که بازسازی واقعیت با تمام جزئیات آن، بدون چنین حالتی با استفاده از رایانه ناممکن است (Haywood, ۱۹۹۸, ۷۲). جهت ایجاد فضایی برای مدلسازی، پایگاه داده طراحی شد و تمام جزئیات مربوط به یک شبکه در آن ثبت گردید. شبکه راهها به صورت کلی شامل لبه ها، گره ها و گردشها می باشد. لبه ها یا اتصالات، عوارض خطی مرتبط به هم را نمایش می دهند که مجاری حمل و نقل و ارتباطات به شمار می آیند. گره های شبکه، نقاط انتهایی و تقاطع های اتصالات شبکه می باشند. عناصر گردش های اطلاعات حرکتی بین دو یا تعداد بیشتری از لبه ها را ثبت می کنند. به عنوان مثال وقتی دو

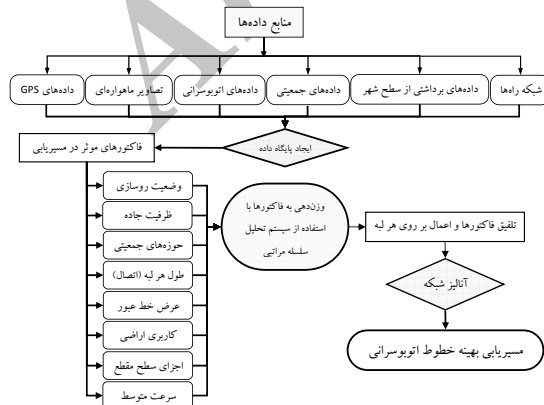
سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیاردهی چندگانه است زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند (قدسی پور، ۱۳۸۵، ۵). به طور کلی می توان هدف اصلی این پژوهش را در دو مورد خلاصه نمود که دیگر اهداف در صورت به نتیجه رسیدن این موارد برآورده می شوند. ۱- کاهش تعداد خطوط اتوبوسرانی بدون کاستن از میزان پوشش آنها در سطح شهر. ۲- کاهش تعداد خطوط موازی در خیابانها به منظور کاهش تداخل آنها در ایستگاه های مشترک در یک خیابان.

بدیهی است طراحی یک سیستم اتوبوسرانی بهینه که اهداف بالا را برآورده سازد، کار مشکلی است و تا به امروز روشی برای آن ارائه نشده است (Vukan, ۲۰۰۵, ۶۴۴). با توجه به نتایج به دست آمده می توان از این مدل برای بهینه سازی مسیر به طور قابل قبولی استفاده کرد. جهت ارزیابی مدل پیشنهادی خیابان گلستان، که یکی از پرترددترین مناطق در شهرستان اهواز است و حدود یک سوم از کل خطوط اتوبوسرانی از این خیابان عبور می کنند انتخاب گردید. در این تحقیق مبدا و مقصد خطوط، با فرض داشتن بهترین موقعیت تغییر داده نشد. به همین منظور ۸ فاکتور برای ایجاد یک خط اتوبوس تشخیص داده شد و با اعمال این فاکتورها و با استفاده از عملیات یافتن نزدیکترین مسیر^{۱۱} از ۱۹ خط اتوبوس ۱۳ خط اتوبوس در بعضی از محدوده ها دچار تغییر شدند.



۳. روش شناسی تحقیق

روش مورد استفاده در این تحقیق توصیفی و تحلیلی می باشد. در این تحقیق، منطقه گلستان در شهرستان اهواز انتخاب گردید. در کل شهر اهواز تعداد خطوط اتوبوسی که در حال فعالیت است ۸۱ خط می باشد که از مسیر گلستان، ۱۹ خط اتوبوس می گذرد. با توجه به آمارهای موجود (آماربرداری شرکت اتوبوسرانی، ۱۳۸۷)، شبکه راهها در این منطقه جزء پرترددترین مسیرهایی است که روزانه حجم زیادی از مسافران را از درون خود انتقال می دهد. طول کل شبکه راهها ۵۹۲/۹ کیلومتر که ۲۱۴/۶ کیلومتر راه اصلی و ۳۷۸/۳ کیلومتر راه



شکل شماره (۳). مراحل انجام تحقیق (مآخذ نگارنده، ۱۳۸۸)

خیابان در نقطه ای به هم می رسند آن نقطه به عنوان گره و خیابانها به عنوان لبه در سیستم شناخته شده و محدودیت

11. - Finding the Best Route

در ساعات و روزهای مختلف دارای تفاوت است. مثلاً وجود سازمان‌های دولتی جاذب جمعیت بوده و جذب جمعیت نیز در ساعات و روزهای مختلف هفته نیز متفاوت است. کاربری اراضی در شهرها را می‌توان به انواع مهم مسکونی، تجاری، دولتی، فرهنگی، فضای سبز، زمین‌های بایر و مکان‌های تفریحی تفکیک نمود.

۴- وضعیت روسازی: وضعیت روسازی راه‌ها در حجم ترافیک موثر بوده و به طبع خیابان‌هایی که دارای وضعیت روسازی بهتری هستند، دارای ترافیک روان‌تری بوده و به طبع سرعت سفر پایین می‌آید و اتومبیل بیشتری را به سمت خود می‌کشاند. سطح روبه بطور کلی به سه نوع عالی، متوسط و ضعیف تقسیم‌بندی می‌شود. انتخاب نوع پوشش روبه بستگی به حجم ترافیک و خصوصیات آن، موجود بودن مصالح و پیمانکاران خوب، هزینه اولیه و هزینه نگهداری دارد (بهبهانی و همکاران، ۱۳۷۴، ۱۹). مبنای قیاس، وضعیت روسازی نوع عالی روبه قرار گرفت. برای تشخیص وضعیت روبه از یکسری معیارها استفاده شد که توسط کارشناسان مربوطه مشخص شده است. این فاکتورها شامل میزان ترک‌خوردگی در واحد سطح مربع، خرابی‌های سطحی، رنگ روبه، تغییر شکل و تعداد سرعت‌گیر می‌باشد.

۵- عرض خط عبور: عرض خط عبور تأثیر زیادی بر ایمنی و راحتی رانندگی دارد. عرض خط عبور برابر ۳ الی ۳/۵ متر استاندارد است و تمایلی برای افزایش آن با توجه به افزایش مداوم در روند حجم ترافیک، سرعت و وسایل نقلیه و عرض کامیون‌ها وجود دارد. عرض کمتر از ۳ متر می‌تواند بالعکس در ظرفیت و ایمنی تأثیر داشته باشد. بنابراین بکارگیری آن باید در راه‌هایی به غیر از تسهیلات دارای حجم ترافیک و سرعت زیاد باشد (بهبهانی و همکاران، ۱۳۷۴، ۲۱).

۶- نوع جاده (بلوار یا غیر بلوار) اجزاء سطح مقطع راه: تردد در بلوار به خاطر جدایی مسیرهای تردد دارای ایمنی بیشتر و تردد سریع‌تر بوده و توانایی این را دارد که ترافیک را سریع‌تر از خود عبور دهد و تأثیر مستقیمی بر روی ترافیک دارد.

۷- حوزه‌های تراکم جمعیت: حوزه‌های تراکم جمعیت تأثیر زیادی بر روی تقاضای حمل‌ونقل دارد. نواحی که دارای تراکم جمعیتی بالاتری است، حجم ترافیکی بیشتری را ایجاد می‌کنند (white, ۲۰۰۹, ۱۰۰). یکی از اهداف مسیریابی خطوط اتوبوس‌رانی تحت پوشش قرار دادن اکثریت جمعیت است. زیرا عدالت اجتماعی ایجاد می‌کند که نه فقط طبقه خاصی از جمعیت، بلکه تمامی یا حداکثر جمعیت از مزایای چنین خدمات‌رسانی‌هایی بهره‌مند شوند (عزیزی، ۱۳۸۳، ۱۳۰).

۸- طول هر لبه (ARC): کمترین طول مسیر و بیشترین پوشش تقاضا مهم‌ترین هدف در خدمات حمل‌ونقل از قبیل حمل‌ونقل اتوبوس‌رانی است (Matisziw, ۲۰۰۳, ۶۶۳).

گردش به چپ از یک لبه مخصوص به لبه دیگر را با گردش نشان می‌دهند. پس از ایجاد پایگاه داده جهت تکمیل شبکه و واقع‌سازی آن عملیات‌های رفع خطاهای توپولوژیکی، تفکیک جهت حرکت، اضافه کردن عنصر گردش به شبکه، اضافه کردن ستون ارتفاع، جهت همانندسازی پلها و زیرگذرها انجام شد.

ب- تعیین مولفه‌های موثر

حداقل طول مسیر و بیشترین پوشش تقاضای جمعیت از اهداف اصلی در تعیین مسیر سرویس‌های حمل‌ونقل به خصوص اتوبوس‌رانی است. این دو هدف در بهبود ساختاری و بهبود دسترسی سطح سرویس خلاصه می‌شود. برای این که مسیری صلاحیت تردد وسایل نقلیه عمومی به خصوص اتوبوس را داشته باشد بایستی دارای یکسری ویژگی‌ها و فاکتورهایی باشد. تعداد این عوامل موثر، بسته به شرایط موجود افزایش و کاهش می‌یابد. میزان تأثیر هر کدام از این عوامل بر اساس نظر کارشناسان ترافیک مورد بررسی قرار گرفته و به هر عامل وزنی بر اساس اهمیتش تخصیص داده شد. جهت مسیریابی خطوط اتوبوس، ۸ عامل اصلی زیر در نظر گرفته شد:

۱- ظرفیت جاده (سطح سرویس راه LOS): ظرفیت جاده عبارت است از حداکثر تعداد وسیله نقلیه‌ای که بتوانند در مدت زمان معین با کیفیتی قابل قبول، در مقطعی مشخص از جاده، از یکی از خطوط یا تمام عرض جاده، در یک جهت یا در هر دو جهت از جاده، عبور کنند. وضعیت ترافیک جاده را از نظر کیفی با سطح سرویس مشخص می‌کنند. وضعیت ترافیک از نظر کیفی شش سطح سرویس A, B, C, D, E, F دارد (عربانی، ۱۳۸۵، ۸۹).

۲- سرعت متوسط: کاهش سرعت موجب افزایش زمان سفر خواهد شد. در نتیجه افزایش زمان سفر، کارایی اتوبوس کاهش خواهد یافت و بازدهی سیستم پایین خواهد آمد (Guberinic, ۲۰۰۸, ۱۷). سرعت، نرخ حرکت را نشان می‌دهد؛ فاصله‌ای که در واحد زمان طی می‌شود و واحد آن کیلومتر بر ساعت است. در بررسی جریان ترافیک از تعاریف مختلفی برای سرعت استفاده می‌شود (عربانی، ۱۳۸۵، ۲۰). در این پژوهش از سرعت متوسط برای آنالیزها استفاده شده است.

۳- کاربری اراضی: نقطه شروع هر شبکه حمل‌ونقل عمومی بایستی بر اساس نقش کاربری اراضی باشد، که کدام یک از کاربری‌ها دارای تأثیر بیشتری بر روی حداکثر ترافیک دارد. البته خود شبکه حمل‌ونقل عمومی امکان دارد که بر روی نقش کاربری اراضی تأثیرگذار باشد. اگر چه امروزه نقش اتومبیل‌های شخصی را نمی‌توان نادیده گرفت، ولی اتوبوس دارای بیشترین تأثیر بر روی کاربری اراضی شهری است. (white, ۲۰۰۹, ۹۸). بر اساس نوع کاربری در اطراف خیابان‌ها میزان تقاضای جذب جمعیت متفاوت بوده و همچنین تراکم این جمعیت نیز

یکی از تکنیک های کارآمد در تصمیم گیری های چند معیاره می باشد. این روش وزن دهی بر دانش کارشناسی استوار است. در این روش برای ایجاد یک ماتریس نسبت ۱۴ به مقایسه های دو به دو پرداخته می شود. در این روش مقایسه های دو به دو به عنوان ورودی در نظر گرفته شده، وزنه های نسبی به عنوان خروجی تولید می گردد (پرهیزکار و غفاری گیلانده، ۱۳۸۵، ۳۱۴). هر یک از فاکتورها بر اساس اهمیت و رجحانی که نسبت به یکدیگر دارند در محدوده های بین ۱ تا ۹ قرار می گیرند (Malczewski, ۱۹۹۹, ۱۸۲). وزن دهی به هر یک از فاکتورهای موثر در مسیریابی در نرم افزار Expert Choice صورت پذیرفت. تعیین کلاسها برای فاکتورهای موثر و محاسبه وزن نهایی فاکتورها، از مسایل بسیار حساس و مهم این مدل است. در این مدل علاوه بر وزندهی به فاکتورهای اطلاعاتی، به کلاس های موجود در هر فاکتور اطلاعاتی نیز بر اساس اهمیت آنها در مسیریابی، وزن خاصی داده شده است. در این مدل هر فاکتوری به کلاس های متفاوتی تقسیم شده است. کلاسی که دارای بیشترین ارزش است دارای بیشترین

بطبع هر چه مسافت بین ابتدا و انتهای مسیر کوتاه تر باشد باعث افزایش سرعت خدمات دهی می شود. مسیرهای کوتاه سبب کاهش خستگی مسافر و افزایش سرعت سفر شده و حجم بیشتری از مسافران را به خود جذب می کند.

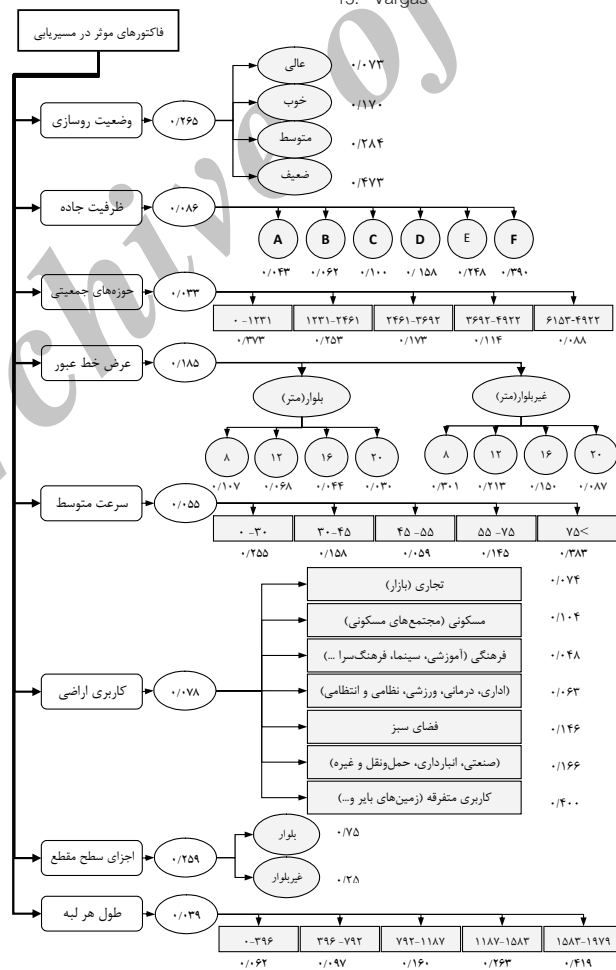
ج- تعیین وزن فاکتورها

یکی از مراحل مهم پیش از تلفیق فاکتورها و نقشه های مربوطه، تعیین اهمیت نسبی فاکتورهای موثر و اختصاص وزن مناسب به هر یک از آنهاست. تلفیق فاکتورهای اطلاعاتی بدون در نظر گرفتن اهمیت هر کدام از آنها در مسیریابی نمی تواند ارزش واقعی شان را در تلفیق نهایی دخالت دهد و واحدهای با ارزش متفاوت در یک ارزش قرار می گیرند، در حالی که هر کدام از این پارامترها از درجه اهمیت خاصی در مسیریابی خطوط برخوردار می باشند. به همین دلیل از روش مقایسه زوجی استفاده شد. این روش وزن دهی بخشی از روش AHP است که در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی ۱۲ مطرح گردیده و توسط ساعتی و واگرا ۱۳ در سال ۲۰۰۱ توسعه پیدا کرد. (AHP,

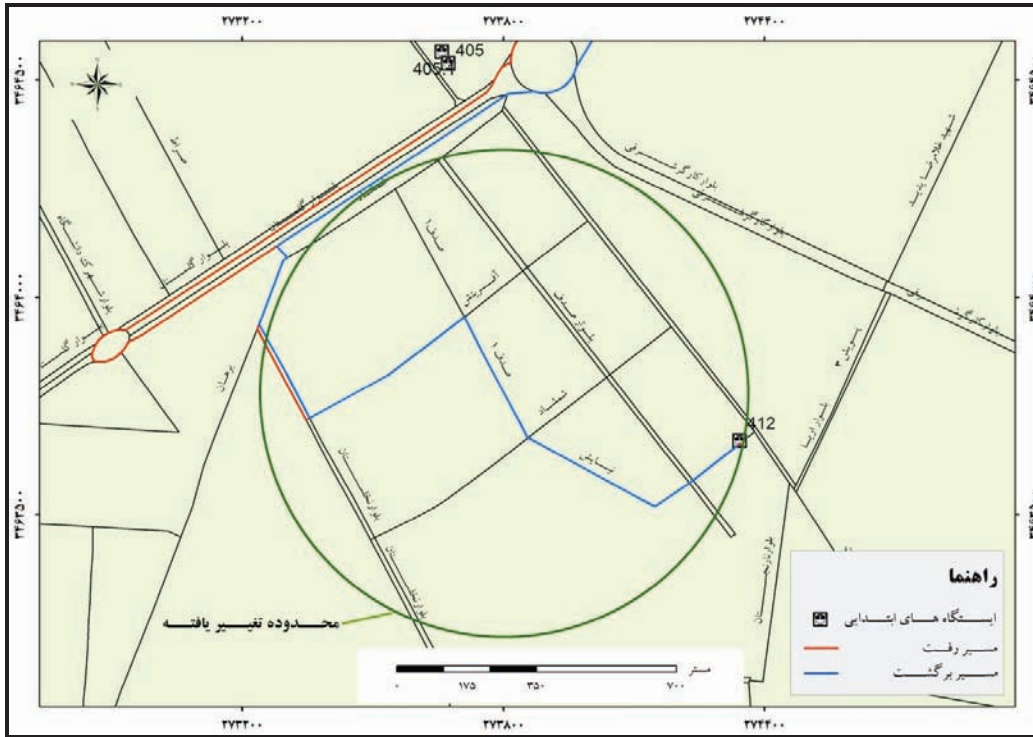
12. - Saati

13. - Vargas

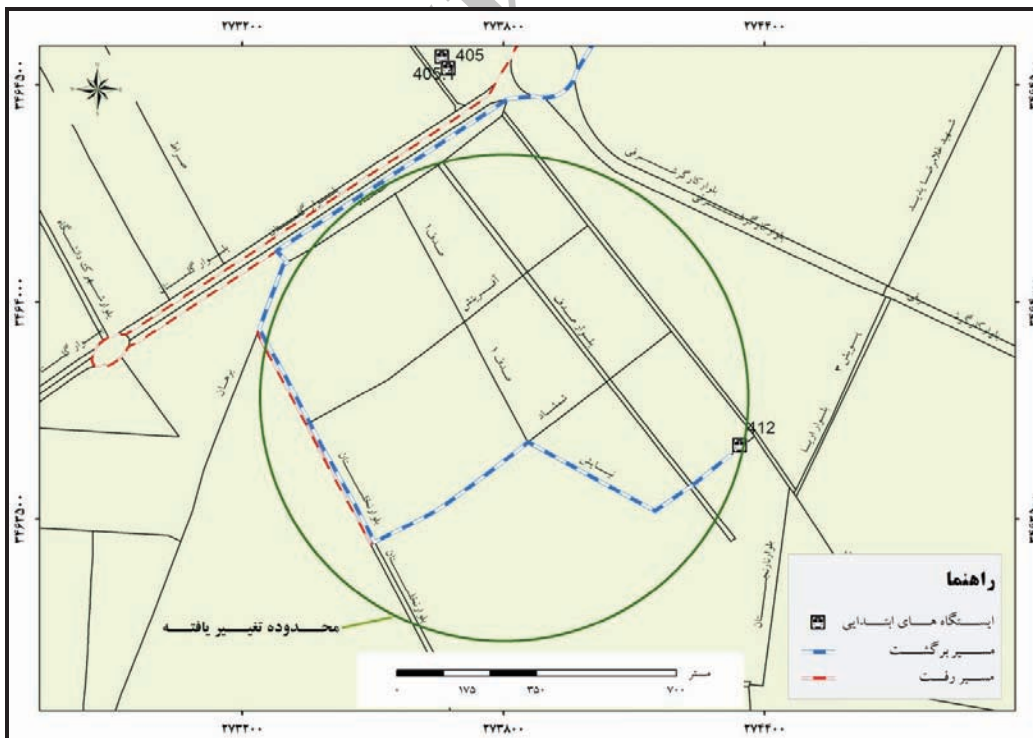
14. - Ratio Matrix



شکل شماره (۴). جدول وزن دهی به فاکتورها کلاس های مربوط به فاکتور یا رنگ خاکستری نشان داده شده است. (اعداد جلو و زیر هر پارامتر، وزن فاکتورها و کلاس های مربوط به آنها است.) (مأخذ: نگارنده، ۱۳۸۸)



شکل شماره (۵). خط شماره ۴۱۲/۱ اهواز قبل از تغییر



شکل شماره (۶). خط شماره ۴۱۲/۱ اهواز بعد از تغییر

پارامترهای موثر در مسیریابی به صورت کارشناسی از طریق روش AHP تعیین گردید. حال با مقایسه دو فاکتور اصلی و تاثیرگذار طول مسیر و میزان جمعیت هر خط قبل و بعد از اعمال الگوریتم، می توان کارآمدی این روش را مورد بررسی قرار داد. نتایج حاصل از بهینه سازی خطوط اتوبوس رانی در منطقه گلستان شهرستان اهواز بیانگر افزایش تعداد جمعیت ۱۴۹۰۴ نفر است که در محدوده ۵۰۰ متری ایستگاه های اتوبوس قرار می گیرند و همچنین مجموع طول مسیرهای خطوط اتوبوس پس از اعمال الگوریتم ۶۴۰۵ متر کاهش یافته است. این دو عامل، عامل های اصلی در مسیریابی جهت خطوط اتوبوس رانی است. مقادیر تغییرات این خطوط در جدول شماره (۱) آمده است.

۶. نتیجه گیری

۱. اگر چه بیشترین پوشش تقاضا در کمترین طول مسیر اصلی ترین فاکتور جهت طراحی مسیر اتوبوس است، ولی این نکته را باید مد نظر داشت که پارامترهای دیگری نیز برای طراحی یک مسیر اتوبوس مورد نیاز است که محقق با مشورت با کارشناسان فن در شهر اهواز تعداد ۸ پارامتر را در مسیریابی دخیل دانستند و بر اساس میزان تاثیرشان در مسیریابی، وزنی به آنها اختصاص داده شد.

۲. در روش سوم علاوه بر دو فاکتور فوق الذکر، فاکتوری به عنوان داشتن قابلیت اتوبوس رانی را نیز در طراحی مسیر خود دخیل دانسته بودند. در روش پیشنهادی این فاکتور در دو مرحله مورد استفاده قرار گرفت. ۱- خیابان هایی که از لحاظ عرضی دارای محدودیت بودند و فاقد قابلیت جهت اتوبوس رانی بودند از سیستم حذف شدند. ۲- در خیابان های باقیمانده، فاکتور قابلیت اتوبوس رانی به پارامترهای جزئی تر

اهمیت بوده و با اهمیت ترین کلاس دارای بیشترین ارزش است. پس از وزن دهی به فاکتورها و کلاس ها وزن خروجی از عدد یک کسر شد تا به عاملی که دارای کمترین وزن است بیشترین وزن اختصاص یابد. علت چنین وزن دهی این است که الگوریتم مورد استفاده کمترین وزن را بهترین دانسته و از مسیری عبور می کند که دارای کمترین ارزش باشد (Esri, ۲۰۰۸). وزن دهی به فاکتورها و کلاس های مربوط به آنها در شکل شماره (۴) آورده شده است.

د- آنالیز شبکه و مسیریابی بهینه خطوط اتوبوس رانی

پس از طی مراحل فوق، شبکه آماده تجزیه و تحلیل در محیط نرم افزار ARC GIS می شود. شبکه طراحی شده توسط محقق، مشابه شبکه راهها در فضای طبیعت با همان خصوصیات و ویژگی ها در فضای نرم افزار میباشد. این نرم افزار با دارا بودن یکسری الگوریتم ها قادر است تا بهترین تصمیم را در کمترین زمان بگیرد. در این پژوهش، از الگوریتم یافتن نزدیک ترین مسیر جهت تعیین بهترین مسیر استفاده شده است.

۴. یافته ها

پس از اجرای الگوریتم نزدیکترین مسیر بر روی شبکه مجازی راهها منطقه گلستان، این نتیجه بدست آمد که ۱۵ خط اتوبوس رانی در بعضی از مناطق تغییر کرد و تعداد ۲ خط از خطوط اتوبوس رانی هیچ تغییری نکرد. شکل شماره (۵) و (۶) نشان دهنده خط شماره ۴۱۲/۱ است که به عنوان نمونه آورده شده است که پس از اعمال الگوریتم دچار تغییر شد.

۵. بحث

در این مطالعه همان طور که قبلاً ذکر شد مقادیر هر کدام از

جدول شماره (۱). مقایسه تغییرات خطوط اتوبوس رانی قبل و بعد از بهینه سازی

شماره خطوط	طول مسیر (متر)			میزان جمعیت (نفر)		
	قبل از مسیریابی	بعد از مسیریابی	میزان تغییرات	قبل از مسیریابی	بعد از مسیریابی	میزان تغییرات
۴۰۱	۱۴۸۸۲	۱۷۵۷۱	۲۷۴۹	۱۳۸۳۲	۱۳۸۳۹	۷
۴۰۲	۲۰۷۵۰	۱۸۵۷۰	-۲۱۸۰	۱۸۹۶۴	۲۰۲۹۴	۱۳۳۰
۴۰۲/۱	۱۷۶۹۰	۱۳۸۴۸	-۳۸۴۲	۱۹۹۸۸	۸۹۷۰	-۱۱۰۱۸
۴۰۴	۲۰۳۹۶	۱۸۹۴۷	-۱۴۴۹	۱۴۲۰۰	۲۰۳۰۴	۶۱۰۴
۴۰۵	۱۸۸۰۴	۱۸۷۶۵	-۳۹	۱۵۳۲۹	۱۷۵۲۹	۲۱۳۸
۴۰۵/۱	۱۵۷۹۶	۱۴۰۳۴	-۱۷۶۲	۱۵۴۴۵	۱۷۵۱۶	۲۰۷۱
۴۰۶	۲۰۵۵۲	۲۳۱۶۳	۲۶۱۱	۲۱۵۰۸	۲۰۰۳۴	-۱۴۷۴
۴۰۷	۱۹۵۹۴	۱۹۴۸۵	-۱۰۹	۲۰۷۰۴	۱۸۲۰۸	-۲۴۹۶
۴۰۷/۱	۱۶۵۵۶	۱۶۵۲۶	-۳۰	۱۸۰۷۶	۱۸۲۶۲	۱۸۶
۴۰۸/۱	۱۹۵۵۲	۱۹۱۳۶	-۴۱۶	۱۹۳۲۸	۲۰۰۴۸	۷۲۰
۴۰۹	۲۳۸۳۲	۲۲۰۴۸	-۱۷۸۴	۲۵۹۵۴	۳۲۳۸۸	۶۴۳۴
۴۰۹/۱	۲۰۷۸۰	۱۸۹۹۵	-۱۷۸۵	۲۶۰۰۸	۳۲۵۲۷	۶۵۱۹
۴۱۱	۲۳۱۷۱	۲۳۳۸۲	۲۱۱	۱۸۵۷۶	۱۹۱۳۹	۵۶۳
۴۱۱/۱	۲۰۱۰۰	۲۰۴۲۳	۳۲۳	۱۸۶۲۹	۱۹۱۹۳	۵۶۴
۴۱۲/۱	۱۷۱۶۴	۱۶۰۰۵	-۱۱۵۹	۲۱۱۱۸	۲۳۶۵۴	۲۵۳۶
مجموع	۳۰۶۴۳۹	۳۰۰۰۳۴	-۶۴۰۵	۳۰۷۰۴۹	۳۲۱۹۵۳	۱۴۹۰۴

ENSCHEDÉ, THE NETHERLAND.

10 - Abdel Shakour Abdel Aziz Abdel Dayem, A. (2005). Optimizing Bus Transfer Coordination Case study of Asia Jaya Bus Stop Klóng Valley Region – Malaysia. INTERNATIONAL INSTITUTE FOR GEO-INFORMATION SCIENCE AND OBSERVATION ENSCHEDÉ, THE NETHERLAND.

11 - Armstrong - Wright and Sebastian. (1987). Bus services: reducing cost, raising standards, urban transport series, the World Bank.

12 - Current, J., ReVelle, C., Cohon, J. (1985). The maximum covering/shortest path problem: A multiobjective network design and routing formulation. European Journal of Operational Research 21.

13 - Current, J.R., Schilling, D.A. (1994). The median tour and maximal covering tour problems: Formulations and heuristics. European Journal of Operational Research 73.

14 - Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T., Gullu, M. (2008). Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. Accident Analysis and Prevention 40.

15 - Guberinic, S., Senborn, G., Lazic, B. (2008). OPTIMAL TRAFFIC CONTROL: Urban Intersections. CRC Press.

16 - Heywood, L., Cornelius, S., Carver, S. (1998). An Introduction To Geographic Information Systems.

17 - Khitha, V., Govil, S. (2003). GIS in Public Transportation. Map India 2003.

18 - Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons.

19 - Matisziw, T.C., Murray, A.T., Kim, C. (2003). Discrete Optimization Strategic route extension in transit networks. European Journal of Operational Research 171.

20 - Qiang, L.I., Yunjing, W., Yang, Z. (2008). Readjustment Effect Analysis of Public Bus Network in Beijing. J Transpn Sys Eng & IT, 2(8).

21 - Simon, D. (2003). Transport and Development in the Third World. London New York, Spon Press.

22 - Vukan R. (2005). Urban Transit: Operations, Planning and Economics. John Wiley & Sons.

23 - White, P. (2009). Public Transport it's planning, management and operation, Fifth Edition. London New York, Spon Press.

24 - www.esri.com. Sandhu, J., Chandrasekhar T. ArcGIS Network Analyst Tutorial 2008.

تجزیه گردید و این فاکتورها وزن دهی شدند.

۳. یکی از مزایای این مدل نامحدود بودن تعداد لبه‌های شرکت کننده است. این سیستم توانایی تجزیه و تحلیل و شناسایی بهترین مسیر را در میان تعداد نامحدودی از لبه‌های که قابلیت اتوبوسرانی دارند را دارا است.

۴. این مقاله در منطقه‌ای مورد بررسی قرار گرفت که یکی از مسیرهای اصلی تردد در شهرستان اهواز می‌باشد. میانگین روزانه مسافری که توسط اتوبوس از این منطقه عبور می‌کند بر اساس آمار عملکرد نه ماهه اول ۱۳۸۷ سازمان اتوبوسرانی اهواز بالغ بر ۶۹۱۴۱ نفر می‌باشد که تقریباً یک چهارم کل مسافر روزانه اهواز را از میان خود انتقال می‌دهد. از این رو به نظر می‌رسد که بهینه‌سازی خطوط این مسیر دارای فواید زیادی باشد.

۷. منابع

۱- افندیزاده، شهریار، پور تیموری، محمد، ۱۳۸۵، ارایه متدلوژی طراحی سیستم اتوبوسرانی مطالعه موردی شهر کرمانشاه. شرکت مطالعات حمل‌ونقل و ترافیک تهران.

۲- امینی طوسی، وحید و همکاران، ۲۰۰۷، کاربرد سامانه اطلاعات مکانی در مدیریت حمل‌ونقل و ترافیک، کنفرانس GIS شهری دانشگاه شمال، آمل، چکیده.

۳- بهبهانی، حمید و همکاران، ۱۳۷۴، مهندسی ترافیک تئوری و کاربرد، چاپ اول، انتشارات سازمان حمل‌ونقل و ترافیک تهران، تهران.

۴- پرهیزکار، اکبر، غفاری گیلانده، عطا، ۱۳۸۵، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، مالچفسکی، یاجک، چاپ اول، سازمان چاپ و انتشارات، وزارت فرهنگ و ارشاد سمت، تهران.

۵- شهرداری اهواز، ۱۳۸۶ مطالعات ساماندهی حمل‌ونقل و ترافیک شهر اهواز حمل و نقل عمومی، عملکرد خطوط اتوبوسرانی.

۶- عربانی، مهیار ۱۳۸۵ مهندسی ترافیک چاپ دوم، اداره انتشارات دانشگاه گیلان، رشت.

۷- عزیز، منصور ۱۳۸۳ کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS در مکان‌یابی، توزیع فضایی و تحلیل شبکه مراکز بهداشتی و درمانی نمونه موردی شهر مهاباد پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری از دانشگاه تبریز شماره‌ی ۶۶۸۷۲.

۸- قدسی پور، سید حسن، ۱۳۸۵ فرآیند تحلیل سلسه مراتبی (AHP)، چاپ پنجم، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

9 - Abate Abreha, D. (2007). Analyzing Public Transport Performance Using Efficiency Measures and Spatial Analysis; the case of Addis Ababa, Ethiopia. INTERNATIONAL INSTITUTE FOR GEO-INFORMATION SCIENCE AND OBSERVATION