نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ششم، شماره بیست و سوم، زمستان ۱۳۹٤
دریافت: ۱۳۹۳/۸/۲٦ – پذیرش: ۱۳۹٤/۱۱/۲۲
صص ۷٦-۵۵

مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس با مدل ANP و منطق فازی در GIS (نمونه موردی: شهر خرم آباد)

حمیدرضا وارثی: استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران*
غلامرضا شیران: استادیار دانشکده حمل و نقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
حدیث عزیزی حسنوند:کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

حمل و نقل، نقش اصلی را در توسعه شهری ایفا می‌کند. سیستم‌های حمل و نقل، قابلیت حرکت را برای افراد و کالاها می‌آورند. و بر الگوهای رشد و توسعه، درست مانند سطح فعالیت اقتصادی از طریق قابلیت دسترسی و فراهم آوردن زمین، تأثیر می‌گذارند. زیر ساخت‌های حمل و نقل، یکی از دلایل اصلی رشد شهری است. نقش حمل و نقل در توسعه اقتصادی، از میان برداشتن فاصله‌ها و گسترش حیطه امکان پذیری‌هاست. شیوه‌های حمل و نقل به ویژه شیوه‌های جدید، امکانات حمل و نقل بالقوه استفاده از منابع دور دست را به طرز شگفت انگیزی به فعلیت می‌رساند. این پژوهش با هدف مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس در شهر خرم آباد انجام شده است که از نظر روش تحقیق با توجه به محتوی و مؤلفه‌های مورد بررسی در زمرهٔ تحقیقات توصیفی ـ تحلیلی، و از نظر هدف مطالعه تحقیق کاربردی ـ توسعه ای محسوب می‌شود. اطلاعات و داده‌های اولیه پژوهش به دوشکل اسنادی و میدانی جمع آوری شده است. به منظور تحلیل داده‌ها و تهیه نقشه‌های مورد نیاز از نرم افزار Arc Gis استفاده شده است. در این پژوهش از مدل تحلیل شبکه (ANP) برای وزن دهی به شاخص‌های مورد مطالعه در پژوهش و از مدل منطق فازی ((Fuzzy Logical برای هم پوشانی و تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شده است. نتیجه پژوهش نشان می‌دهد ایستگاه‌های اتوبوس موجود در شهر خرم آباد، در مقایسه با فواصل استاندارد ایستگاه‌های پیشنهادی برخی از ایستگاه‌های موجود در شهر از موقعیت مکانی مناسب برخوردار نبوده و نیازمند ساماندهی هستند. ایستگاه‌های موجود در جنوب شهر و همچنین ایستگاه‌های موجود در شمال غرب شهر از استانداردهای موجود در فواصل ایستگاه‌ها (۶۰۰-۳۰۰ متر) به دور بوده و نیازمند مکان گزینی بهینه هستند. و همچنین در جنوب شهر خرم آباد که پهنه ای نامناسب است چهار ایستگاه قرار گرفته است که این وضعیت نشان دهنده مکان یابی نامطلوب ایستگاه‌ها در شهر خرم آباد است.

واژه‌های کلیدی: حمل و نقل درون شهری، ایستگاه اتوبوس، تحلیل شبکه، خرم آباد

*نویسنده مسؤول: Email: h.varesi@geo.ui.ac.ir

۱- مقدمه

۱-۱- طرح مسأله

رشد و توسعه شهرها در سال‌های اخیر و به تبع آن افزایش جمعیت شهرها، مشکلات عدیده ای را برای ساکنان به وجود آورده است که از آن جمله معضلات به وجود آمده در حمل و نقل است. حمل و نقل و جابجایی انسان و کالا فعالیتی مهم برای هر جامعه انسانی به شمار می‌آید و تاثیرات عمده ای بر روی الگوهای زندگی و تعاملات اجتماعی مردم خواهد داشت. ایستگاه‌های سیستم اتوبوسرانی یکی از اجزای مهم این سیستم به شمار می‌آید و لازم است ایستگاه‌ها در محل‌هایی تعبیه شوند که باعث افزایش پوشش این سیستم در مناطق مختلف شهر شوند. در کنار این مسأله،احداث بی رویه ایستگاه‌های اتوبوس موجب بالا رفتن دفعات توقف وسیله و در نتیجه باعث افزایش زمان سفر و کاهش سرعت این سیستم در معابر شهری می‌گردد.لذا لازم است ایستگاه‌های سیستم اتوبوسرانی بر اساس چگونگی توزیع جمعیت و تنوع کاربری‌ها در مناطق مختلف شهری، طوری مکان یابی گردند که علاوه بر افزایش دسترسی کاربران به این سیستم، زمان سفر را نیز کاهش دهند. طراحی ایستگاه‌های اتوبوس به صورت استاندارد، از جمله مواردی هستند که باعث پهلوگیری مناسب اتوبوس در ایستگاه‌ها، کاهش زمان پیاده و سوار شدن کاربران و تاثیر منفی کمتر این سیستم بر تردد سایر وسایل نقلیه می‌شود. همچنین استفاده از تجهیزات مناسب در ایستگاه‌ها به منظور استفاده کاربران باعث افزایش راحتی و در نتیجه افزایش تقاضای استفاده از این سیستم در سفرهای درون شهری می‌گردد.

شهر به عنوان محل زندگی انسان باید ویژگی‌ها و شرایط مناسب آسایش و رفاه را داشته باشد یکی از مهم ترین عناصر ساختاری هر شهر که اهمیت بسیاری در آسایش زندگی شهروندان دارد، موضوع حمل و نقل درون شهری است. روشن است که اگر فردی به شیوه ای نامناسب در شهر جابجا گردد، می‌توان انتظار داشت در تمامی شئونات زندگی دچار نا به سامانی شود اهمیت این تا جایی است که همواره حمل و نقل را یکی از نیازهای اساسی جوامع بشری می‌دانند (نوابخش و همکاران: ۱۳۸۷، ۳٦).

موضوع حمل و نقل و ترافیک که امروزه به عنوان یک پدیده سیاسی ـ اجتماعی نقش بسیار حساس و مهمی در کیفیت و ساختار اقتصادی ـ اجتماعی یک جامعه ایفا می‌نماید، اساس زندگی نوین شهری و نیازهای جا به جایی انسان را شکل می‌دهد. انسان متمدن امروزی باید بداند در روند تکامل شهرها، توسعه سیستم حمل و نقل به کجا می‌رود و چنانچه در به کار گیری و استفاده از اصول شهرسازی و ترافیک کمی غفلت کند ناگزیر وضعیت نسل کنونی و آینده را با خطرات بسیاری مواجه می‌سازد(یزدان پناهی و همکاران،۱۳۹۰: ٤۱).

حمل‌و نقل شهری به عنوان بخشی از کل سیستم حمل و نقل یکی از اجزای سیستم ارتباطات شهری است که با هدف دسترسی بین کاربری‌های مختلف در محدوده شهر، کار عبور و مرور و جابه جایی انسان و کالا را بین این فضاهای انطباق یافته (کاربری‌ها) بر عهده دارد. معمولاً در سیستم‌های حمل و نقل شهری و انتخاب مدل‌های مختلف،

فاصله زمانی مهم تر از فاصله مکانی و جغرافیایی است (Grava,2004:8).

حمل و نقل به خودی خود مسأله و مشکل نیست، بلکه موهبت است. اما زمانی به مسأله تبدیل خواهد شد که عوارض ناشی از آن باعث نارضایتی از شبکه حمل و نقل و در نتیجه کاهش سطح کیفی خدمات شهری شود. نبود توازن بین عرضه و تقاضا در سیستم‌های حمل و نقل درون شهری، فقدان برنامه ریزی مناسب در حمل و نقل درون شهری پایدار، استفاده نکردن از روش‌ها و راهکارها ی جدید علمی برای حل مشکلات حمل و نقل درون شهری، به روز نبودن با دستاوردهای جدید حمل و نقل شهری جهان، فقدان سیستم‌های حمل و نقل شهری روان در دسترس از جمله مسائل و مشکلات هستند(علوی و همکاران: ۱۳۹۰، ٤٤).

امروزه سیستم حمل و نقل عمومی برای داشتن عملکردی بهتر باید به ارائه خدمات سطح بالا بپردازد و تا جایی که امکان دارد باید در دسترس تر باشد و برای تعداد بیشتری خدمات رسانی کند به همین دلیل اپراتورهای حمل و نقل عمومی همیشه سعی می‌کنند تا جایی که امکان داشته باشد خدمات جذاب و بهتری را ارائه دهند(Henrik Hall,2006:1).

توسعه حمل و نقل عمومی به عنوان مناسب ترین راهکار برای حل مشکلات حمل و نقل درون شهری مانند ازدحام، شلوغی، آلودگی هوا و مصرف زیاد فرآورده‌های نفتی است. از میان سیستم‌های حمل و نقل عمومی، سیستم‌های حمل و نقل عمومی، سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی به علت هزینه‌های کم راه اندازی و انعطاف پذیری زیاد در جابجایی مسافران، نسبت به سایر سیستم‌های حمل و نقل عمومی از دیدگاه برنامه ریزان حمل و نقل شهری اهمیت بیشتری در کاهش مشکلات شهری دارد (امین ناصری، ۱۳۸۹: ۲).

مطالعات نشان می‌دهند ٦۰ درصد مردم تهران از سیستم حمل و نقل عمومی استفاده می‌کنند که از این تعداد ۲۳ درصد از اتوبوس برای جابه جایی در شهر تهران استفاده می‌کنند (Aashtiani and Iravani,2002:3).

ایستگاه‌ها در سیستم حمل و نقل شهری یکی از اجزای مهم به شمار می‌آیند و لازم است ایستگاه‌ها در محل‌هایی تعبیه شوند که باعث افزایش پوشش این سیستم در مناطق مختلف شهر شوند. ایستگاه‌های حمل و نقل شهری(اتوبوس، تاکسی) بر اساس چگونگی توزیع جمعیت و تنوع کاربری‌ها در مناطق مختلف شهری، باید طوری مکان یابی گردند که علاوه بر افزایش دسترسی کاربران به این سیستم، زمان سفر را کاهش دهد.

از دیر باز، مسأله یافتن مناسب ترین مکان برای استقرار منابع و مراکز جزء اساسی ترین مراحل برنامه ریزی شهری بوده است(خرم روز و همکاران، ۱۳۹۲: ٦۷). ایستگاه نماینگر مکان‌هایی هستند که در آنجا مسافران به شبکه حمل و نقل دسترسی پیدا می‌کنند (Vuchic,2005: 4).

با توجه به تقاضای بیش از حد مردم برای استفاده از خدمات سیستم حمل و نقل شهری(سیستم اتوبوسرانی) این سیستم با مشکلات مختلف مواجه است. از جمله مشکلاتی که شهر خرم آباد در نتیجه مکان یابی نامناسب ایستگاههای اتوبوس با آن مواجه

است، ایجاد گره و ترافیک، آلودگی‌های صوتی و زیست محیطی در مسیر مبدأ و مقصد ایستگاههای اتوبوس و تاکسی است. در این پژوهش سعی بر آن است که با مکان یابی مناسب ایستگا ه‌های اتوبوس و ساماندهی آن از مشکلاتی که سیستم حمل و نقل شهری خرم آباد با آن مواجه است، کاست.

۱-۲- پیشینهٔ پژوهش

زیاری و همکاران (۲۰۰۷) با روش ریاضی(Hansen's method) نشان دادند اثر بخشی این روش، حساسیت زمان سفر، دسترسی، سرعت و اثر این پارامترها را در محل توقف مناسب مورد تجزیه و تحلیل و بحث قرار داده اند.

اولسگان و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیده اند مکان یابی ایستگاههای اتوبوس در یک روش طولانی به ارتقاء سیستم حمل و نقل عمومی توسط تقویت اصل دسترسی خوب کمک خواهد کرد که ایمن، کم هزینه، قابل دسترس، و قابل اطمینان است.

قندهاری و همکاران (۲۰۱۳) به این نتیجه رسیده اند که چهار عامل نزدیکی به مسیر دوچرخه رو، حمل و نقل، شبکه‌ها، تقاضا و نوع استفاده در مکان یابی ایستگاه اتوبوس مؤثرند.

شمسی کسمایی (۱۳۸۰) از مدل مکان یابی تسهیلات که یک مدل ریاضی با تابع هدف مکانی است برای مشخص کردن مکان‌های مناسب جهت ایستگاه‌ها استفاده کرده است.

شریعت و همکاران (۱۳۸۷) روشی جهت وزن دهی و اولویت بندی ایستگاههای حمل و نقل عمومی با استفاده از سیستم تحلیل سلسله مراتبی ارائه داده اند.

آقاجان زاده و همکاران (۱۳۸۸) به یافتن مسیر بهینه حرکت برای اتوبوس‌های درون شهری و بهترین محل برای احداث ایستگاههای اتوبوس درون شهری به وسیله الگوریتم ژنتیک تحت همین عنوان پرداخته اند.

عسگری (۱۳۹۰) مدل هزینهٔ معادل پول را برای تمام اجزای سیستم یک خط اتوبوس محاسبه کرده و مجموع آن‌ها را به عنوان هزینه‌های نهایی به حداقل رسانده است.

شاهسوندی (۱۳۹۱) به این نتیجه رسیده است که مسیرها و ایستگاههای مترو در مکان نسبتاً مناسبی مکان یابی شده اند به گونه ای که دسترسی نسبتاً مناسبی به معابر و شریان‌های اصلی شهر اصفهان داشته اند.

عصارزادگان و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از تکنیک تصمیم گیری چند معیاره AHP وزن شاخص‌های کیفی به دست آمده از نظر کارشناسان حمل و نقل و ترافیک شهری شاخص‌ها را به دست آمده از نرم افزار ARC GIS با استفاده از تکنیک TOPSIS درانتخاب نقاط پیشنهادی BRT به کار برده اند. به این نتیجه رسیده اند که بهینه سازی انتخاب ایستگاههای BRT، به کاهش هزینه‌های حمل و نقل عمومی و افزایش رضایت شهروندان و کاهش استفاده از خودروهای شخصی منجر می‌گردد.

۱-۳- اهمیت و ارزش تحقیق

حمل و نقل یکی از زیر ساخت‌های کشور است که تعیین کننده سطوح مختلف دسترسی مردم و اجناس در یک مکان به مکان دیگر است. سیستم حمل و نقل یکی از فاکتورهای نشان دهنده میزان توسعه یک

کشـور اسـت (صـابریان و همکـاران: ۱۳۸۹، ۱). در سرتاسر جهان، مسائل و مشکلات حمل و نقل پـیش روی ملت‌ها، چندین برابر شده ا ند که تحقیـق بـرای یافتن روش‌هـا یـا جایگزین‌هـایی کـه ابـزار کارآمـد، مطمئن، عملـی و سـریع ترحمـل و نقـل را تضـمین می‌کنند، را ضروری کرده اند. شهر خرم آباد بـه دلیـل عدم زیر ساخت‌های مـنظم و مناسـب حمـل و نقـل عمومی با انواعی از مشکلات در حوزه حمـل و نقـل مواجه است. با توجه به دسترسی شهروندان در حوزه حمل و نقل شهری باید تلاش شـود تـا راهکارهـایی مناسب در راستای بسط و بهینه سـازی حمـل و نقـل شهری فراهم کرد و می‌توان شهر را به سمتی برد کـه هزینه‌های ناشی از مقیاس در ابعاد مختلـف از جملـه سوخت، آلـودگی، دسترسـی و. .. را پـایین آورد و از ترافیک و حجم بالای شـلوغی خیابان‌هـا در سـاعات خاصـی از روز کاسـت. از ایـن جهـت مکـان یـابی مناسب و دقیق ایسـتگاه‌های حمـل و نقـل شـهری از جمله اتوبوس زمینه ساز تحول بزرگ در حمل و نقل شهر در حـال توسـعه خـرم آبـاد خواهـد بـود. ایـن موضوع نیازمند همکاری نهادهای مرتبط و مجری بـا سازمان اتوبوسرانی از یـک طـرف و از طـرف دیگـر همکاری و فرهنگ سازی عمومی است. لـذا در ایـن پژوهش سعی بر آن خواهد شد تا مکان یابی مناسـب و همچنین مطالعه دقیـق و علمـی بـرای مکـان یـابی صـورت گیـرد تـا بتـوان ایسـتگاه‌های اتوبـوس را ساماندهی کرد.

۱-٤- فرضیه تحقیق

مکان یابی ایستگاه‌های اتوبـوس در شـهر خـرم آبـاد مطلوب نیست.

۱-۵- روش تحقیق و شیوه گردآوری اطلاعات

اطلاعات مـورد نیـاز ایـن پـژوهش بـه دو دسـته ۱) اطلاعـات مکـانی ۲) اطلاعـات غیرمکـانی تقسـیم می‌شوند.

۱ـ اطلاعات مکانی: نقشه کاربری اراضی شـهر خـرم آباد به صورت رقومی در مقیاس ۱/۲۰۰۰

۲ـــ اطلاعـات غیـر مکـانی: نتـایج سرشـماری‌ها و آمارنامه‌های مرکز آمار ایران

برای انجام پـژوهش ابتـدا داده‌هـای توصـیفی جمـع آوری شد و رقومی سازی لایه‌های لازم انجام گرفت. سپس بر اساس شرایط موجود از لحاظ عوامل مـورد بررسی، با توجه بـه مـدل ANP شـاخص‌ها اولویـت بندی شدند که بر اسـاس آن همپوشـانی و تجزیـه و تحلیل داده‌ها توسط مدل منطق فازی در محیط ARC GIS و نرم افزار Super Decision انجام شد. لایه‌های اسـتفاده شـده در ایـن تحلیـل عبارتنـد از: فضـاهای آموزشـی، مراکـز ورزشـی، بهداشـتی- درمـانی، ایستگاه‌های موجود، مراکز تجـاری، مراکـز اداری. راه ارتباطی، تراکم جمعیتی، مراکز صنعتی.

نقشه‌های معیار با توجه به اهـداف و روش ANP بـا بهره مندی از ۱۵ کارشـناس علمـی و اجرایـی بـرای انتخـاب ایسـتگاه‌های اتوبـوس ارزشـگذاری و طبقـه بندی گردیدند. در این مدل معیارها در نظام شبکه ای قرار می‌گیرند و به صورت زوجی مقایسه می‌شود. در نهایت لایه‌های طبقه بندی شده با هم تلفیق شـدند و نقشـه نهـایی در محـیط GIS بصـورت پهنـه ای از نامطلوب تا مطلوب برای ایستگاه‌های اتوبـوس طبقـه بندی شد.

مراحل تشکیل مدل تحلیل در محیط GIS

۱ـ جمع آوری داده‌ها و نقشه‌های مربوط به موضوع
۲ـ تعریف ارزش‌های مورد نظر یا سناریوهای مطلوب در هر نقشه
۳ـ ادغام سناریوهای مطلوب نقشه با یکدیگر
٤ـ مکان یابی به وسیله GIS (شاهیوندی، ۱۳۸۵: ۱۷).

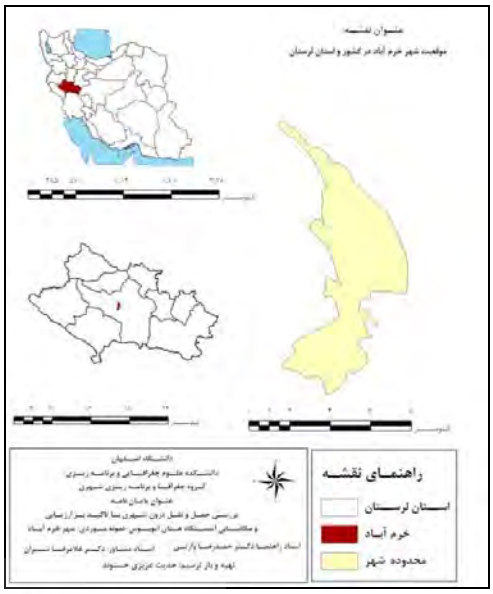
ضوابط و معیارهای تعیین محل ایستگاه اتوبوس

در تعیین محل ایستگاه اتوبوس نکات زیر مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱ـ سلسله مراتب شبکه شهری
۲ـ سیستم تأمین انرژی حرکت برای اتوبوس
۳ـ نزدیکی به مراکز تولید و جذب سفر
٤ـ موانع فیزیکی در مسیر
۵ـ دوری و نزدیکی به مرکز شهر
٦ـ نزدیکی به مراکز تراکم جمعیت
۷ـ عرض مسیر خط اتوبوسرانی
۸ـ مسائل ایمنی برای مسافرین
۹ـ عدم ایجاد مزاحمت برای جریان ترافیک عبوری
۱۰ـ نزدیکی به سایر ایستگاههای سیستم‌های حمل و نقل عمومی (عادی و ترمینال)
۱۱ـ دوری از مراکز حساس نسبت به دود و سرو صدا و نقل عمومی (عادی و ترمینال)
۱۲ـ عدم عبورمسافرین از عرض خیابان
۱۳ـ فاصله ایستگاههای یک خط یا ایستگاههای چند خط در یک مسیر از یکدیگر (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی، ۱۳۸۵: ۸)

۱-٦- محدوده مورد مطالعه

شهر خرم‌آباد با موقعیت جغرافیایی به طول ٤۸ درجه و ۲۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه در ارتفاع ۱۱۷۱ متری از سطح دریا قرار دارد. شهر در درون دره‌ای قرار گرفته است که رودخانه خرم - آباد با جهتی شمالی- جنوبی از خط القعر آن می‌گذرد. قسمت شمالی شهر منظره‌ای کوهستانی و ناهموار و جنوب آن چشم‌اندازی تقریباً جلگه‌ای دارد. شکل‌گیری کالبد شهر خرم‌آباد متأثر و تابع طبیعت آن است، هر کجا دره، اندکی باز و شیب‌های کناری ملایم‌تر شده و اجازه‌ی زیست به انسان داده شده است، شهر به آن سو گسترش یافته و هر کجا دره تنگ شده، شهر باریک و کشیده شده است. بنابراین بهتر است بگوییم شهر شکل خطی باریک و کشیده، گاه پهن و متورم دارد. شهر خرم‌آباد که در درون دره و دو طرف بستر رودخانه ای به همین نام قرار دارد از طرف شمال به تپه کیو با ارتفاع ۱۲۹۰ متر، از طرف شمال شرقی به دامنه‌های کوه کمر سیاه (مخمل کوه) به ارتفاع ۱۸۰۲ متر، از طرف جنوب شرقی به کوه‌های شیرکشان به ارتفاع ۱۷٦۵ متر و از سمت جنوب به ماسور، پشتهٔ حسین آباد که کوه پشته حسین آباد به ارتفاع ۱۵۵۰ متر، محدود است. (پژوهشکده اقتصاد، ۱۳۸٤، ۱٤۷). و از طرف جنوب غربی به رودخانه خرم آباد و از طرف غرب به سفید کوه که قسمت‌هایی از آن تا حاشیه شهر پیش آمده، محدود می گردد. رودخانه خرم آباد با جهتی شرقی- غربی نیز در قسمت شرقی شهر آن را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم می نماید و رودخانه کرگانه بعد از طی مسافتی و تقریباً در مرکز شهر به رودخانه خرم آباد می ریزد.



نقشه ۱. موقعیت شهر خرم آباد در کشور و استان لرستان، ترسیم: نگارندگان، مأخذ: مهندسین مشاور بعد تکنیک، ۱۳۸۳

- معرفی معیارها

بنابر مطالعات صورت گرفته به منظور مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس در شهر خرم آباد، ۱۰ شاخص تأثیرگذار و قابل سنجش شناسایی گردیده، که این ۱۰ شاخص را می‌توان در قالب ۳ معیار دسترسی، اجتماعی و دوری از ناملایمات و به صورت زیر دسته بندی نمود

الف- معیار دسترسی: که شامل شاخص‌های دسترسی به فضاهای آموزشی، مراکز ورزشی، بهداشتی- درمانی، ایستگاه‌های موجود، مراکز تجاری، مراکز اداری. راه ارتباطی.

ب- اجتماعی: تراکم جمعیتی

ب- معیار دوری از ناملایمات: که شامل شاخص‌های دوری از مراکز صنعتی و رودخانه است.

فرایند تحلیل شبکه در وزن دهی به معیارهای مؤثر در مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس

فرایند تحلیل شبکه‌ای یکی از تکنیک‌های تصمیم-گیری چندمعیاره است و در مجموعه مدل‌های جبرانی قرار می‌گیرد. این مدل بر مبنای فرایند تحلیل سلسله مراتبی طراحی شده است و "شبکه" را جایگزین "سلسله مراتب" کرده است. فرض اصلی در AHP بر روی عملکرد مستقل گروه‌های بالایی سلسله مراتبی از همه‌ی قسمت‌های پایینی آن و از معیارهای هر سطح و طبقه بنا نهاده شده است (Chung et al, 2005: 22., Dyson, 2004: 636). بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری را نمی‌توان در یک ساختار سلسله مراتبی جای داد و این به دلیل تعاملات بین فاکتورهای مختلف است که بعضاً فاکتورهای سطح بالا وابستگی خاصی به فاکتورهای سطح پایین دارند. ساختاربندی یک مسأله با وابستگی‌های عملیاتی اجازه می‌دهد بازخوردی بین خوشه‌های شناسایی شده در سیستم شبکه دریافت گردد. ساعتی[4] استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را برای حل مسائل با معیارها و آلترناتیوهای مستقل پیشنهاد کرده و برای حل مسائل با معیارها و آلترناتیوهای وابسته به هم مدل تحلیل شبکه‌ای را پایه ریزی و ارائه نموده است (Lee & Kim, 2001: 374). بدین ترتیب روش ANP به عنوان تعمیمی از AHP ارائه گردید. همانطور که AHP بستری را برای ساختارهای سلسله مراتبی با روابط یک سویه فراهم می‌کند، ANP نیز امکان روابط پیچیده داخلی بین سطوح مختلف تصمیم و معیارها را مهیا می‌سازد.

4_ Saaty

رویکـرد بـازخوردی ANP[۲] سـاختار شـبکه‌ای را بـا ساختار سلسله مراتبی جایگزین کرده اسـت و حـاکی از آن است که روابـط بـین سـطوح مختلـف تصـمیم گیری را نمی‌توان به سادگی بالا-پایین، غالب-مغلوب یا مستقیم-غیرمستقیم تصور کرد. برای نمونه می‌توان گفت نه تنهـا اهمیـت بـین معیارهـا مشـخص کننـده اهمیت بین گزینه‌هـا در سلسـله مراتـب اسـت بلکـه اهمیت گزینـه‌هـا نیـز ممکـن اسـت در اهمیـت بـین معیارها تاثیرگذار باشد. بنابراین ارائه سـاختار سلسـله مراتبی با روابط خطی بالا به پایین نمی‌تواند در مـورد سیسـتم‌هـای پیچیـده مناسـب باشـد (Lee & Kim, 2000: 374., Momoh, 1998: 819., Saaty, 1980: 45).

سیستم‌های بازخوردی را می‌توان بوسیله یـک شـبکه نشان داد. شکل ۱- الف و ۱- ب تفـاوت سـاختاری بین سلسله مراتب و شبکه را نشان می‌دهند. ارتباطـات در یک شبکه بوسیله کمان نشان داده می‌شود. جهـت کمان‌ها دلالـت بـر جهـت وابسـتگی دارد. وابسـتگی متقابل میان دو خوشه که اصطلاحاً وابسـتگی بیرونـی نامیده می‌شود بوسیله پیکان‌هـای دوطرفـه نشـان داده می‌شود. وابستگی داخلی میان عناصـر گـروه بوسـیله کمان‌های حلقه‌ای نشان داده می‌شوند. به طـور کلـی، مدل ANP از سلسله مراتب کنترل، خوشه‌ها، عناصر، روابط متقابل بین خوشه‌ها و عناصر تشکیل می شـود. فرایند مدل‌سازی شامل مراحل زیر است که به اجمال بـه آن اشـاره مـی‌شـود (Ertay et al, 2006: 247., Sarkis, 2002: 23).

گام اول، پایه‌ریزی مدل و ساختار مسأله

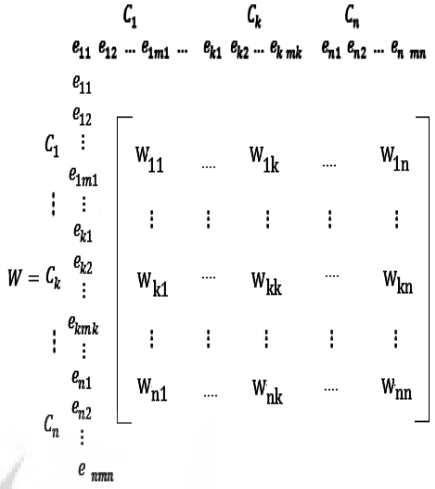
مسأله باید به شکل روشنی تبیـین شـده و بصـورت یک سیستم منطقی و عقلانی، مانند شبکه تجزیه شود. روش تلفیق تحلیل عاملی با فرآینـد تحلیـل شـبکه‌ای، این امکان را ایجاد می‌نماید تـا یـک متغیـر مرکـب از تمامی متغیرهای به کار رفته در مـدل اسـتخراج شـود. در این مرحله، ابتـدا بـا اسـتفاده از تحلیـل همبسـتگی روابط بین متغیرها و خوشه‌ها مشـخص می‌شـود. در این روش، معیارها در دو خوشه شـامل ۱۰ شـاخص قرار گرفتند. در ذیل هر خوشه دسته‌ای از عناصر قرار دارند. این عناصر علاوه بر آنکه در داخل خوشه به هم مرتبط می باشند، در بین خوشه‌ها نیز وابستگی دارند.

گام دوم، مـاتریس مقایسـات زوجـی و بـرآورد وزن نسبی تعیین وزن نسبی در ANP شبیه به AHP اسـت به عبارتی از طریق مقایسه زوجی می توان وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها را مشـخص کـرد. مقایسـه‌های زوجی عناصر در هر سطح با توجه به اهمیت نسبی آن نسبت به معیار کنترل، شـبیه روش AHP انجـام مـی-شود. ساعتی برای مقایسه زوجی دو مؤلفه یک مقیاس نه تایی را معرفی نموده است. مقدار aij در مـاتریس مقایسه زوجی اهمیت نسبی مؤلفه در سطر i با توجـه به ستون j را نشان می دهد؛ بـه عبـارتی $aij=W_i/W_j$ را مشخص می کند. بطوریکه عدد ۱ مشـخص کننـده اهمیت مساوی بین دو عنصر و عدد ۹ مشخص کننده بیشترین اهمیت ممکن یک عنصـر نسـبت بـه عنصـر دیگر است.

از ارزش معکوس ($1/a_{ij}$)زمانی استفاده می شود که j مهم تر از مؤلفه i باشد. اگـر n مؤلفـه وجـود داشـته

5_ Feedback

باشد، در این صورت n مؤلفه با هم مقایسه خواهند شد، سوپرماتریس A درشکل ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۲. فرمت استاندارد یک سوپرماتریس A

در روش AHP مقایسه‌های وزنی برای مؤلفه‌های j و i، به جای اختصاص وزن w_i و w_j از وزن نسبی، W_i/W_j استفاده می شود. بعد از آنکه مقایسه زوجی به صورت کامل انجام شد، بردار وزن (w) محاسبه می‌شود که ساعتی روش زیر را پیشنهاد نموده است:

$$A \times W = \lambda_{max} \times W$$

که در آن λ_{max} بزرگترین مقدار ویژه ماتریس A است. بردار W با استفاده از $\alpha = \sum_{i=1}^{n} w_i$ نرمال می شود. نتیجه آن W واحد است، به عبارتی جمع هر ستو ن در ماتریس برابر یک می شود. برای تعیین میزان سازگاری مقایسه‌ها از شاخص سازگاری وزن معیارها استفاده می شود که این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

در کل اگر CI کمتر از ۰/۱ باشد مقایسه تأیید می‌شود. با توجه به هر معیار، مقایسه زوجی در دو مرحله (در سطح عناصر و مقایسه بین خوشه‌ها) انجام می‌شود که نتایج حاصل از مقایسه‌ها در سوپر ماتریس وارد خواهد شد.

گام سوم، تشکیل سوپرماتریس اولیه

عناصر ANP با یکدیگر در تعامل قرار دارند. این عناصر می توانند واحد تصمیم گیرنده، معیارها، زیر معیارها، نتایج حاصل، گزینه‌ها و هر چیز دیگری باشند. وزن نسبی هر ماتریس براساس مقایسه زوجی شبیه روش AHP محاسبه می‌شود، وزنهای حاصل در سوپرماتریس وارد می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می دهند. قالب عمومی سوپرماتریس در شکل ۲ نشان داده شده است. در این تصویر CN نشاندهنده خوشه Nأم، e_{Nn} عنصر nأم در خوشه Nأم، Wij ماتریس بلوک شامل وزن‌های نسبی بردارهای w تأثیر عناصر در خوشه iأم نسبت به خوشه jأم است. اگر خوشه iأم هیچ تأثیری بر خوشه i أم خودش نداشته باشد(حالت وابستگی داخلی)، Wij صفر می‌شود. سوپر ماتریس به دست آمده در این مرحله سوپرماتریس اولیه معرفی می شود.

جدول ١. سوپرماتریس غیروزنی

سوپر ماتریس غیروزنی		اجتماعی	دسترسی							دوری از ناملایمات	
		تـــــراکم جمعیتی	ایستگاه‌های موجود	راه ارتباطی	فضـــاهای آموزشی	مراکـــز اداری	مراکـــــز بهداشتی	مراکـــز تجاری	مراکـــز ورزشی	مراکـــز صنعتی	رودخانه
اجتماعی	تـــــراکم جمعیتی	٠,٠٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠
دسترسی	ایستگاه‌های موجود	٠,١٦٩	٠,٠٠٠	٠,١٧٤	٠,١٣٩	٠,١٦٠	٠,١٧٤	٠,٢٠٠	٠,٢٠٢	٠,٣٢٥	٠,٢١٤
	راه ارتباطی	٠,٢٩٩	٠,٢٧٣	٠,٠٠٠	٠,١٨٠	٠,٢٩٩	٠,٢٨٧	٠,٢٧٨	٠,٣٠٩	٠,١٩٩	٠,٢٧٣
	فضـــاهای آموزشی	٠,١٦٥	٠,١٠١	٠,١٢٦	٠,٠٠٠	٠,١٢٢	٠,١١١	٠,١٠٥	٠,١٧٤	٠,١٦٥	٠,١٦٣
	مراکـــــز اداری	٠,٠٧٠	٠,٠٧٢	٠,١٣٤	٠,١٥٠	٠,٠٠٠	٠,٢٠٢	٠,٠٨٦	٠,٠٧١	٠,٠٨١	٠,٠٩٥
	مراکـــــز بهداشتی	٠,١٣٤	٠,١٠١	٠,١٦٤	٠,١٤٩	٠,٠٩٧	٠,٠٠٠	٠,١٤٣	٠,٠٨٧	٠,٠٦٠	٠,٠٧٣
	مراکـــــز تجاری	٠,١٠١	٠,١٢٥	٠,١٢٣	٠,١٩٣	٠,١٤١	٠,٠٧٧	٠,٠٠٠	٠,١١٢	٠,١٢٠	٠,١٢٠
	مراکـــــز ورزشی	٠,٠٥٩	٠,١٠٣	٠,٠٧٠	٠,٠٤٥	٠,٠٧٤	٠,٠٤٦	٠,٠٦٢	٠,٠٠٠	٠,٠٤٧	٠,٠٥٩
دوری از ناملایمات	مراکـــــز صنعتی	٠,٧٥٠	٠,٦٦٦	٠,٦٦٦	٠,٧٥٠	٠,٨٠٠	٠,٣٣٣	٠,٦٦٦	٠,٦٦٦	٠,٠٠٠	٠,٣٣٣
	رودخانه	٠,٢٥٠	٠,٣٣٣	٠,٣٣٣	٠,٢٥٠	٠,٢٠٠	٠,٦٦٦	٠,٣٣٣	٠,٣٣٣	٠,٢٥٠	٠,٠٠٠

مآخذ: نگارندگان

گام چهارم، تشکیل سوپرماتریس وزنی

درواقع ستون‌های سـوپرماتریس از چنـد بـردار ویـژه تشکیل می‌شود که جمع هرکدام از بردارها برابر یـک است. بنابراین این امکان وجود دارد که جمع هر ستون سوپرماتریس اولیه بیش از یک باشد (متناسب با بردار ویژه‌هایی که در هر ستون وجود دارند). برای آنکـه از عناصر ستون متناسب با وزن نسبی‌شان فاکتور گرفتـه شود و جمع ستون برابر یک شود، هر ستون ماتریس، استاندارد می شود. در نتیجه ماتریس جدیدی به دست می‌آید کـه جمـع هریـک از سـتونهای آن برابـر یـک خواهد بود. این موضوع شبیه به زنجیره مارکوف است که جمع احتمالی همه وضعیت‌ها معادل یک است. به ماتریس جدید، ماتریس وزنی گفته مـی‌شـود (فرجـی سبکبار و همکاران، ١٣٩٠).

جدول ۲. سوپرماتریس وزنی

سوپر ماتریس غیروزنی		اجتماعی	دسترسی							دوری از ناملایمات	
		تراکم جمعیتی	ایستگاه‌های موجود	راه ارتباطی	فضاهای آموزشی	مراکز اداری	مراکز بهداشتی	مراکز تجاری	مراکز ورزشی	مراکز صنعتی	رودخانه
اجتماعی	تراکم جمعیتی	۰,۰۰۰	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۳۳۲	۰,۳۳۲
دسترسی	ایستگاه‌های موجود	۰,۱۰۶	۰,۰۰۰	۰,۱۰۵	۰,۰۸٤	۰,۰۹۷	۰,۱۰۵	۰,۱۲۱	۰,۱۲۲	۰,۱۷۲	۰,۱۱۳
	راه ارتباطی	۰,۱۸۷	۰,۱٦٥	۰,۰۰۰	۰,۱۰۸	۰,۱۸۲	۰,۱۷٤	۰,۱٦۸	۰,۱۸۷	۰,۱۰٥	۰,۱٤٤
	فضاهای آموزشی	۰,۱۰۳	۰,۰٦۱	۰,۰۷٦	۰,۰۰۰	۰,۰۷۳	۰,۰٦۷	۰,۰٦۳	۰,۱۰٥	۰,۸۷۲	۰,۰۸٦٥
	مراکز اداری	۰,۰٤٤	۰,۰٤۰	۰,۰۸۱	۰,۰۹۰	۰,۰۰۰	۰,۱۲۲	۰,۰٥۲	۰,۰٤۳	۰,۰٤۳	۰,۰٥۰
	مراکز بهداشتی	۰,۰۸٤	۰,۰٦۱	۰,۰۹۹	۰,۹۰	۰,۰٥۹	۰,۰۰۰	۰,۰۸٦	۰,۰٥۲	۰,۰۳۱	۰,۰۳۸
	مراکز تجاری	۰,۰٦۳	۰,۰۷٦	۰,۰۷٤	۰,۱۱٦	۰,۰۸٥	۰,۰٤۷	۰,۰۰۰	۰,۰٦۷	۰,۰٦۳	۰,۰٦۳
	مراکز ورزشی	۰,۰۳۷	۰,۰٦۲	۰,۰٤۲	۰,۰۲۷	۰,۰٤٥	۰,۰۲۷	۰,۰۳۷	۰,۰۰۰	۰,۰۲٤	۰,۰۳۱
دوری از ناملایمات	مراکز صنعتی	۰,۰۷۰	۰,۰٦۹	۰,۰٦۹	۰,۰۷۸	۰,۰۸۳	۰,۰۳٤	۰,۰٦۹	۰,۰٦۹	۰,۰۰۰	۰,۰٤٦
	رودخانه	۰,۰۲۳	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤	۰,۰۲٦	۰,۰۲۰	۰,۰٦۹	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤	۰,۰۰۰

مأخذ: نگارندگان

گام پنجم، محاسبه بردار وزنی عمومی

در مرحله بعد، سوپرماتریس وزنی، به توان حدی میرسد تا عناصر ماتریس همگرا شده و مقادیر سطری آن باهم برابر شوند. براساس ماتریس به دست آمده، بردار وزن عمومی مشخص می‌شود.

$\lim_{k\to\infty} w^k$)

ماتریسی که در نتیجه به توان رسیدن ماتریس وزنی به دست می‌آید، ماتریسی حدی است که مقادیر هر سطر آن با هم برابر است. اگر سوپرماتریس اثر زنجیره‌واری داشته باشد، ممکن است دو یا چند سوپرماتریس داشته باشیم به صورت زیر:

$\lim_{k\to\infty} \left(\frac{1}{N}\right) \sum w_i^k$

جدول ۳. سوپرماتریس حد

سوپر ماتریس غیروزنی		اجتماعی	دسترسی							دوری از ناملایمات	
		تراکم جمعیتی	ایستگاه‌های موجود	راه ارتباطی	فضاهای آموزشی	مراکز اداری	مراکز بهداشتی	مراکز تجاری	مراکز ورزشی	مراکز صنعتی	رودخانه
اجتماعی	تراکم جمعیتی	۰,۲۹۱	۰,۲۹۱	۰,۲۹۱	۰,۰۲۹۱	۰,۲۹۱	۰,۲۹۱	۰,۰۲۹۱	۰,۲۹۱	۰,۲۹۱	۰,۰۲۹۱
دسترسی	ایستگاه‌های موجود	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳	۰,۱۱۳
	راه ارتباطی	۰,۱۵۸	۰,۱۵۸	۰,۱۵۸	۰,۱۵۸	۰,۱۵۸	۰,۱۵۸	۰,۱۵۸	۰,۱۵۸	۰,۱۵۸	۰,۱۵۸
	فضاهای آموزشی	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳
	مراکز اداری	۰,۰٦۱	۰,۰٦۱	۰,۰٦۱	۰,۰٦۱	۰,۰٦۱	۰,۰٦۱	۰,۰٦۱	۰,۰٦۱	۰,۰٦۱	۰,۰٦۱
	مراکز بهداشتی	۰,۰۷٤	۰,۰۷٤	۰,۰۷٤	۰,۰۷٤	۰,۰۷٤	۰,۰۷٤	۰,۰۷٤	۰,۰۷٤	۰,۰۷٤	۰,۰۷٤
	مراکز تجاری	۰,۰۷۲	۰,۰۷۲	۰,۰۷۲	۰,۰۷۲	۰,۰۷۲	۰,۰۷۲	۰,۰۷۲	۰,۰۷۲	۰,۰۷۲	۰,۰۷۲
	مراکز ورزشی	۰,۰۳۸	۰,۰۳۸	۰,۰۳۸	۰,۰۳۸	۰,۰۳۸	۰,۰۳۸	۰,۰۳۸	۰,۰۳۸	۰,۰۳۸	۰,۰۳۸
دوری از ناملایمات	مراکز صنعتی	۰,۰۷۰	۰,۰۷۰	۰,۰۷۰	۰,۰۷۰	۰,۰۷۰	۰,۰۷۰	۰,۰۷۰	۰,۰۷۰	۰,۰۷۰	۰,۰۷۰
	رودخانه	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤	۰,۰۳٤

مأخذ: نگارندگان

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

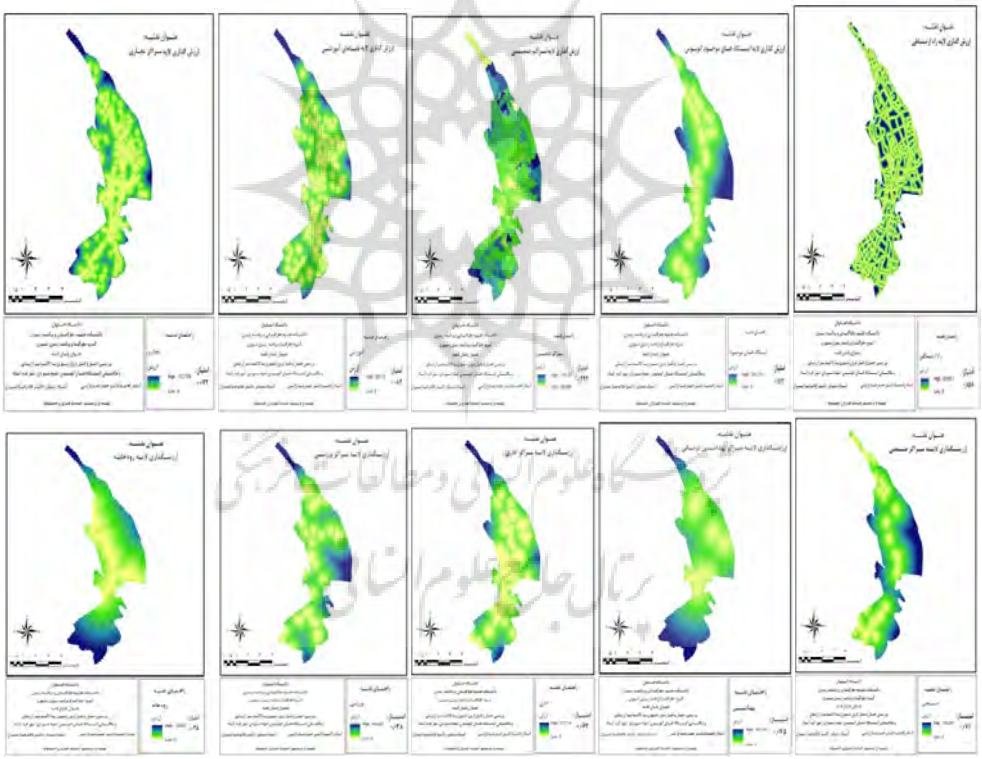
گام ششم، محاسبه وزن نهایی معیارها

در مرحله آخر وزن هریک از معیارهای موثر به دست می‌آید. و با ضرب وزن‌های به دست آمده در لایه‌های موثر در مکان یابی با استفاده از نرم افزار GIS و در قسمت overlay fuzzyروی هم گذاری لایه‌ها صورت گرفته و اولویت‌های مکان‌یابی برای ایستگاه‌های اتوبوس در شهر خرم آباد مشخص می‌شوند.

جدول ٤. وزن نهایی شاخص‌های موثر در مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس

شاخص	وزن نهایی
تراکم جمعیتی	۰,۲۹۲
ایستگاه‌های موجود	۰,۱۱۳
راه ارتباطی	۰,۱۵۸
فضاهای آموزشی	۰,۰۸٤
مراکز اداری	۰,۰٦۲
مراکز بهداشتی	۰,۰۷۵
مراکز تجاری	۰,۰۷۲
مراکز ورزشی	۰,۰۳۸
مراکز صنعتی	۰,۰۷۱
رودخانه	۰,۰۳۵

مأخذ: نگارندگان



نقشه ۲. نقشه وزن دار لایه‌ها با مدل ANP، مأخذ: نگارندگان

پیاده سازی منطق فازی (Fuzzy Logic) در (GIS) در مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس

پس از وزن دهی به معیارهای موثر در مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس، در این مرحله با استفاده از تکنیک منطق فازی به تهیه نقشه مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس در خرم آباد می‌پردازیم.

مدل منطق فازی (Fuzzy Logic Model)

بنیانگـذار منطـق فـازی پروفسـور لطفـی‌زاده، اسـتاد دانشـگاه کالیفرنیاسـت. ایشـان در زمینـه منطق‌فـازی تلاش بسیار کرده و پیشـرفت کنـونی منطق‌فـازی در سراسـر جهـان مـدیون کوششـهای اوسـت. وی منطق‌فازی را به عنوان روشـی علمـی پایـه گذاشـت. منطق فازی متدولوژیهای مختلفی برای بررسی منطقی دانش و علومی کـه همـراه بـا ابهـام و عـدم قطعیـت هستند را پیشنهاد می‌کند (حسینی،۱۳۸۱: ۳٤).

فازی بودن طیفی بین سیاه و سفید یا همان خاکستری بودن است کـه امکـان مدل‌سـازی بـرای وضـعیتهای غیرقطعی فراگیر دنیای واقعی را فراهم می‌سازد (Dill et al., 2004). در مجموعه‌های کلاسیک همه اعضای یک مجموعه متعلق به آن مجموعـه اسـت. ولـی هـر یک از اعضـای مجموعـه‌های فـازی بـا یـک درجـه عضـویتی بـه آن مجموعـه تعلـق دارد و ایـن درجـه عضویت همواره عددی بـین صـفر و یـک اسـت. در واقع منطق فازی به هر عضو یک مقـدار عضـویتی را بین صفر و یک نسبت به یک مجموعه می‌دهد.

پارامترهای موجود در مساله‌های مکان یابی تا حـدود زیادی ماهیت فـازی دارنـد. بـرای مثـال فاکتورهـای مربوط به فاصله مناسب از برخـی عـوارض موجـود، مجموعه‌های فازی هستند و هر پیکسل بـا توجـه بـه فاصله ای که از عارضه دارد درجه عضویت متفـاوتی در این مجموعه دارد. معیـار عضـویت پیکسـل‌ها در مجموعه مطلوب میزان مناسب یا نامناسب بودن آن‌ها و بین ۰ تا ۱ تعیین می‌شود. این مقادیر بـا اسـتفاده از دانش افراد خبره تعیین می‌شود. اگر تمام پارامترهـای مسـاله بـه صـورت مجموعـه‌های فـازی بـا مقـادیر عضویت صحیح تعریف شوند می‌تـوان بـرای تلفیـق پارامترها از اپراتورهای مناسب فـازی اسـتفاده نمـود. نوع اپراتور مورد استفاده نیز بسـتگی بـه نحـوه تـأثیر پذیری فاکتورهای مختلف از یکدیگر و یا اثـر نهـایی اپراتـور روی مجموعـه پارامترهـا دارد. اثـر برخـی عملگرهای فازی افزایشـی و برخـی کاهشـی اسـت، یعنی درجـه عضـویت نهـایی هـر پیکسـل را بسـیار کاهش یا افزایش می‌دهد.

عملگرهـای فـازی شـامل اشـتراک فـازی (Fuzzy AND)، اجتمـاع فـازی (Fuzzy OR)، ضـرب فـازی (Fuzzy Algebraic Sum)و جمـع فـازی (Fuzzy Algebraic product)، عملگـر فـازی گامـا (Fuzzy Operation Gamma) برای تلفیق مجموعه فاکتورهـا مورد استفاده قرار می‌گیرند که در اینجا فقط بـه بیـان روابط آن‌ها اکتفا می‌کنیم.

مقدار $\alpha_A(x)$ بیانگر وزن یا مقدار عضویت پیکسل در مجموعه فازی مورد نظر است. در نهایـت بـا اعمـال عملگرهای فازی، واحدهای پیکسلی نقشـه خروجـی حاوی درجه عضویت خواهند بود.

عملگر اشتراک فازی(Fuzzy AND)

این عملگر به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\alpha_{A\cap B}(x) = MIN(\alpha_A(x), \alpha_B(x))$$

اشتراک فازی در یک موقعیت مشخص، حداقل درجه عضویت واحدهای پیکسلی را استخراج نمـوده و در نقشه نهایی منظور می‌کند. در مواقعی که دو یـا چنـد فاکتور برای اثبات یک فرضیه بایستی بـا هـم وجـود داشته باشند، عملگر اشتراک فازی مناسب است.

عملگر اجتماع فازی (Fuzzy OR)

این عملگر به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\alpha_{A\cup B}(x) = MAX(\alpha_A(x), \alpha_B(x))$$

عملگر اجتماع فازی در یک موقعیت مشخص موجود در فاکتورهای مختلف، حداکثر درجه عضویت واحدهای پیکسلی را استخراج نموده و در نقشه نهایی منظور می‌نماید. در جاهایی که شاخص‌های مکانیابی کمیاب هستند و وجود فاکتورهای مثبت برای اظهار مطلوبیت کافی است، این عملگر می‌رود.

عملگر ضرب فازی (Fuzzy Algebraic Sum)

این عملگر به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\propto_{product}(x) = \prod_{i=1}^{n} \propto_i (x)$$

با استفاده از این عملگر مقادیر عضویت فازی در نقشه خروجی کوچک شده و به سمت صفر میل می‌کنند. بر خلاف عملگرهای فازی اشتراک و اجتماع، در این عملگر کلیه مقادیر عضویت نقشه‌های ورودی در نقشه خروجی تاثیر می‌گذارند. همچنین عملگر فوق در هنگامی به کار گرفته می‌شود که فاکتور یکدیگر را تضعیف می‌کنند.

عملگر جمع فازی (Fuzzy Algebraic product)

عملگر جمع فازی مکمل عملگر ضرب فازی است که با استفاده از رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\propto_{sum}(x) = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - \propto_i (x))$$

با استفاده از این عملگر مقادیر عضویت فازی در نقشه خروجی بزرگ شده و به سمت ۱ میل می‌کنند. عملگر فوق هنگامی که چند قسمت از شواهد و فاکتورها یکدیگر را تقویت می‌کنند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

عملگر فازی گاما (Fuzzy Operation Gamma)

این عملگر حالت کلی از عملگرهای ضرب و جمع فازی است و با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید.

انتخاب صحیح و آگاهانه γ بین صفر و یک، مقادیری را در خروجی به وجود می‌آورد که نشان دهنده سازگاری قابل انعطاف میان گرایشات کاهشی و افزایشی دو عملگر جمع و ضرب فازی هستند. این عملگر زمانی استفاده می‌شود که اثر برخی از شواهد کاهشی و اثر برخی دیگر افزایشی باشد.

با توجه به ویژگی‌ها و عملگرهای منطق فازی، توصیف پارامترهای مسأله و اوزان مربوط به آن‌ها بر اساس این مدل با واقعیت تطابق بسیاری خواهد داشت. در این حالت با هریک از این عوامل و مقادیر وزن آن‌ها به صورت مجموعه‌های فازی برخورد می‌شود که تابع عضویت آن‌ها به روش‌های مختلفی تعیین می‌شود. البته در کاربردهای مدل فازی در مکان یابی اغلب از عملگرهای فازی برای تلفیق داده‌های مکانی موجود استفاده می‌شود، در حالیکه برای دریافت خروجی دقیق از این مدل باید سیستمی فازی طراحی شود که نقشه‌های فاکتور به عنوان ورودی این سیستم تبدیل به مجموعه‌های فازی شوند. سپس نقشه‌ها بر اساس قوانین از قبل تعیین شده عمل تلفیق نقشه‌ها صورت گیرد (سعدی مسگری و همکاران، ۱۳۸۵: ۷-۵).

مراحل پیاده سازی مدل منطق فازی در GIS

۱. محاسبه فاصله اقلیدسی معیارها

ابتدا فاصله اقلیدسی معیارها با استفاده از ابزار Distance در تحلیل گر مکانی (Spatial Analyst) محاسبه شده است به دست آمد. لایه رقومی فاصله هر معیار به صورت جداگانه با اندازه پیکسل ۲۰ استخراج گردیده و سپس هر یک از لایه‌ها در وزن به دست آمده از ANP ضرب شده و لایه‌ها وزن دار به دست آمده است.

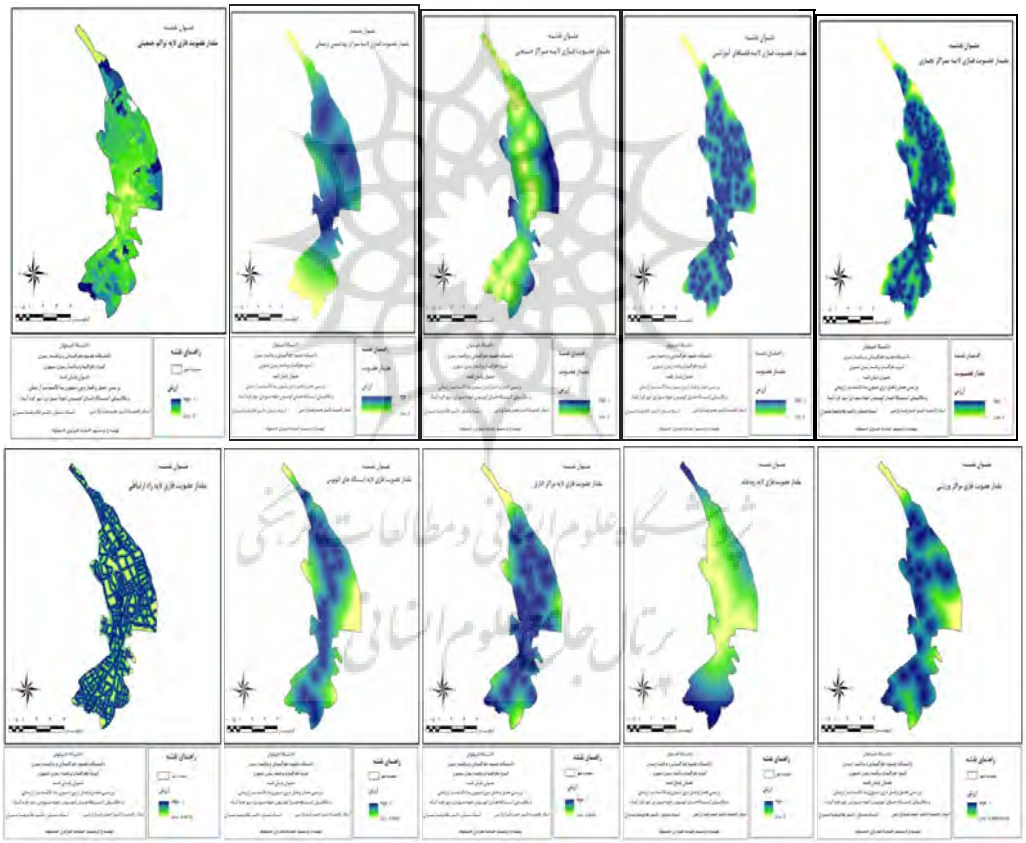
۲. تعریف مقدار عضویت فازی معیارها

یکی از مراحل مهم در منطق فازی، تعریف کردن مقدار عضویت فازی برای هر یک از معیارها بوده است. در این مدل، میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه، با مقداری در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) تعریف می‌شود (Bonham-Carter, 1991).

بدین منظور از دستور عملیاتی Membership Fuzzy در ابزار Arc Toolbox استفاده گردیده است. در واقع تعریف میزان عضویت فازی، همان استانداردسازی معیارها بوده که یکی از مراحل مهم روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره (MCDM) است.

توابع عضویت در درجات فازی عبارتند از: S شکل، J شکل، خطی، تعریف شده توسط کاربر (Eastman 1993, 112,) گوسین (Gaussian).

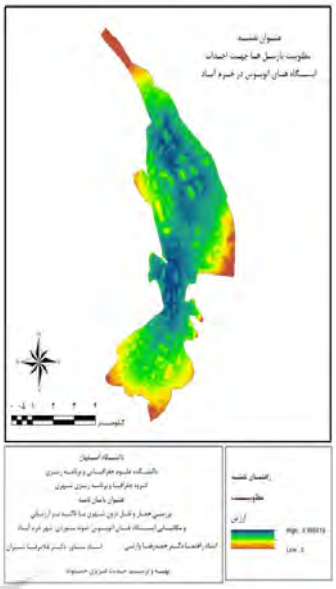
در این تحقیق با توجه به ماهیت خطی (صفر تا یک) معیارها از روش خطی (Linear) استفاده گردیده است. لایه‌های رقومی حاصل از Fuzzy Membership در زیر آمده است.



نقشه ۳. نقشه مقدار عضویت لایه‌ها با مدل منطق فازی، مأخذ: نگارندگان

عملیات همپوشانی فازی (Fuzzy Overlay): در این مرحله عملیات، همپوشانی فازی (Fuzzy Overlay) صورت گرفته است. بدین منظور، لایه‌های رقومی که در مرحله گذشته فازی سازی شده است، در این مرحله روی هم گذاشته می‌شود که عملگرهای پنج گانه ای برای این منظور وجود دارد. در این پژوهش

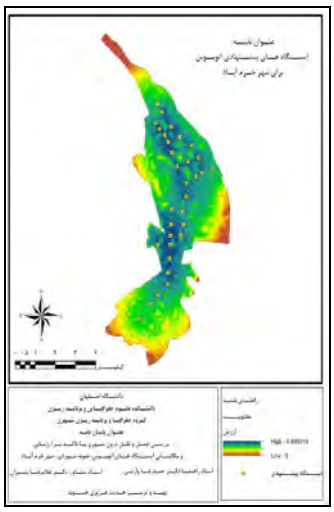
از عملگر گاما (Gamma) با مقدار ۰/۹ استفاده شده است.



نقشه ٤. نقشه همپوشانی لایه‌ها با (Fuzzy Overlay)، مأخذ: نگارندگان

لایه رقومی حاصل از عملیات همپوشانی فضاهای مناسب جهت ساماندهی ایستگاه‌های اتوبوس در نقشه (٤) نشان داده شده است. بطوریکه در این نقشه، هر اندازه پیکسل‌ها به رنگ قرمز نزدیک‌تر شده از مطلوبیت فضاها کاسته می‌شود و برعکس پیکسل‌هایی که دارای رنگ آبی بوده مناسب‌ترین مکان‌ها برای احداث ایستگاه‌های اتوبوس هستند. با کمی تأمل در نقشه وضع موجود می‌توان دریافت، پراکنش ایستگاه‌ها در این منطقه بسیار پراکنده است، با این حال نقشه‌های حاصل، پس از تلفیق با یکدیگر مناطق مناسب را با توجه به معیارهای بکار برده جهت احداث ایستگاه‌های اتوبوس، نشان می‌دهند.

در نقشه نهایی مطلوب ترین نقاط برای احداث ایستگاه‌ها نقطه گذاری گردیده اند. و بطور پیشنهادی ایستگاه‌های مناسب جهت احداث را نشان می‌دهد.



نقشه ٥. نقشه پیشنهادی ایستگاه‌های اتوبوس، مأخذ: نگارندگان

پس از تهیه نقشه ایستگاه‌های پیشنهادی برای اتوبوس درشهر خرم آباد، به تعیین فواصل مناسب از این ایستگاه‌ها بر استانداردهای ساخت ایستگاه‌های اتوبوس پرداخته شده است.

نقشه ٦. نقشه فواصل استاندارد ایستگاه‌های اتوبوس، مأخذ: نگارندگان

فاصله استاندارد بین ایستگاه‌ها را می توان با برقراری تعادل بین کوتاه ترین دسترسی (به منظور حداکثر نمودن پوشش سیستم) و بیشترین سرعت عملیاتی (به منظور حداقل نمودن زمان سفر کاربران) به دست

آورد. هرچه تعداد ایستگاه‌ها بیشتر باشد امکان دسترسی کاربران به سیستم بیشتر و پوشش سیستم افزایش می یابد. در مقابل باعث کاهش سرعت عملیاتی سیستم می شود. همچنین فاصله پیشنهادی برای ایستگاه‌ها با توزیع جمعیت در مناطق مختلف نسبت عکس دارد. هر چقدر جمعیت یک منطقه بیشتر باشد، فاصله ایستگاه‌ها کمتر در نظر گرفته می شود. در این راستا در نظر گرفتن فاصله ایستگاه‌ها بین ۳۰۰ الی ٦۰۰ متر پیشنهاد می شود (دفتر حمل و نقل و دبیرخانه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور، ۱۳۸٦: ۲).

با بررسی نقشه ایستگاه‌های اتوبوس موجود در شهر خرم آباد، در مقایسه با فواصل استاندارد ایستگاه‌های پیشنهادی به این نتیجه می‌رسیم که برخی از ایستگاه‌های موجود در شهر از موقعیت مکانی مناسب برخوردار نبوده و نیازمند ساماندهی هستند. ایستگاه‌های موجود در جنوب شهر و همچنین ایستگاه‌های موجود در شمال غرب شهر از استانداردهای موجود در فواصل ایستگاه‌ها (٦۰۰-۳۰۰ متر) به دور بوده و نیازمند مکان گزینی بهینه هستند.

بررسی فرضیه تحقیق

به نظر می‌رسد مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس در شهر خرم آباد مطلوب نیست.

با نگاهی به مقایسه نقشه مطلوبیت با ایستگاه‌های موجود به این نتیجه می‌رسیم که تعدادی از ایستگاه‌ها در محدوده‌های نا مطلوب واقع شده اند، بطوریکه در جنوب منطقه که پهنه ای نامناسب است، چندین ایستگاه اتوبوس قرار گرفته اند که این وضعیت نشان دهنده مکان یابی نامطلوب ایستگاه‌ها در شهر خرم آباد است.

همچنین به منظور تحلیل الگوی توزیع ایستگاه‌های اتوبوس از تکنیک نزدیک ترین همسایه در محیط نرم افزار GIS استفاده شد و نتایج نشان داد که مقدار R برابر با ۰/۷۱ است که حاکی از خوشه ای بودن الگوی آن است (جدول (۵) و نقشه (۷)).

برای پاسخگویی به فرضیه فوق اقدام به مقایسه وضع موجود ایستگاه‌های اتوبوس در شهر خرم آباد و نتایج حاصل از مکان‌های پیشنهادی برای احداث ایستگاه‌ها با استفاده از تکنیک منطق فازی پرداخته شد. در این نقشه ی مقایسه ای، نقاط ایستگاهی بر روی نقشه همپوشانی فازی قرار گرفته است که در نقشه (۵ــ۱) نمایش داده شده است.

نقشه ۷. مقایسه ایستگاه‌های موجود با نقشه مطلوبیت مکان‌های پیشنهادی، مأخذ: نگارندگان

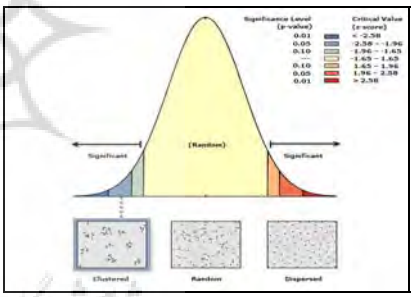
با نگاهی به مقایسه نقشه مطلوبیت با ایستگاه‌های موجود به این نتیجه می‌رسیم که تعدادی از ایستگاه‌ها در محدوده‌های نا مطلوب واقع شده اند، بطوریکه در

جنوب منطقه کـه پهنـه ای نامناسـب اسـت، چنـدین ایستگاه اتوبوس قرار گرفته اند که این وضعیت نشان دهنده مکان یابی نامطلوب ایسـتگاه‌ها در شـهر خـرم آباد است. همچنین به منظـور تحلیـل الگـوی توزیـع ایستگاه‌های اتوبوس از تکنیک نزدیک ترین همسـایه در محیط نرم افزار GIS استفاده شد و نتایج نشان داد که مقدار R برابر با ۰/۷۱ است که حاکی از خوشه ای بودن الگوی آن است (جـدول (۵ ـ۱) و نقشـه (۵ـ ۲)).

جدول ۵. خلاصه میانگین نزدیکترین همسایه

فاصله واقعی نزدیکترین ایستگاه اتوبوس	۱۲۸,۳٤ متر
فاصله مورد انتظار نزدیکترین ایستگاه اتوبوس	۱٥٦,۳ متر
مقدارR	۰,۷۱٦
ارزش Z	-۲,۳۹

مأخذ: نگارندگان



نمودار ۳. میانگین نزدیکترین همسایه، مأخذ: نگارندگان

با توجه به این که نتایج حاصل از مدل فوق بکار برده شده برای تحلیل الگوی پـراکنش فضـایی خوشـه ای بودن الگوی پراکندگی ایستگاه‌های اتوبـوس در شـهر خرم آباد را نشان می‌دهد، بدین معناست که همچنـان الگوی منظم در ایـن فضـاها وجـود نـدارد، بنـابراین ساماندهی فضایی ایستگاه‌های اتوبوس ضروری بنظـر می‌رسید.

بنابراین فرضیه تحقیق مبنی بر نامطلوب بـودن مکـان یابی ایستگاه‌های اتوبوس تأیید می‌گردد.

٤- نتیجه گیری

به طور کلی بر اساس مطالعات انجام گرفتـه، اسـتقرار هر عنصر شهری در موقعیت فضا – مکـانی خاصـی از سـطح شـهر، تـابع اصـول، قواعـد، سـاز و کـار و مکانیسم‌های خاصی بوده است که در صورت رعایت، به موفقیت و کـارایی عملکـردی آن عنصـر در مکـان مشخص خواهد انجامید و در غیر اینصورت مشکلات فراوانی بوجود خواهد آمد.

مکان یابی ایستگاه‌ها با توجه به اطلاعات مکانی و نیاز سنجی از شهروندان، تأثیر فراوان در کاهش هزینه‌ها و تسهیل در عبور مرور شهروندان توسط حمـل و نقـل همگانی دارد .به همین دلیل یکی از مراحل مهم و اثر گذار پروژه‌های حمل و نقل عمومی به شمار مـی‌رود. یکی از چالش‌های برنامه ریزان شـهری در فضـاهای شهری طراحی و مکان یابی ایستگاههای مناسب است. در شهر خرم آبـاد نـامطلوب بـودن موقعیـت مکـانی ایستگاه‌های اتوبوس مشکلاتی از قبیل افزایش طول و زمان سفر، ازدحام، عدم دسترسی بـه مناسـب مراکـز اداری، تجـاری، آموزشـی، تأسیسـات و تجهیـزات شهری و... را برای شهروندان این شهر بوجـود آورده است. بـا مطالعـه کتابخانـه ای در زمینـه مکـان یـابی ایسـتگاه‌های اتوبـوس، شـاخص‌های تأثیرگـذار در احداث مکان یابی ایستگاه‌ها شناسـایی شـده اسـت. سـپس ایـن معیارهـا در محـیط GIS بـا اسـتفاده از عملگرهای مناسب فازی (گاما)، عضـویت فـازی بـه خود گرفتنـد، در نهایـت لایـه رقـومی مناسـب را از طریق روی هم گذاری معیارها با یکدیگر ایجاد شـده است. لایه رقومی بـه دسـت آمـده بهتـرین پهنـه‌های فضـایی را بـرای ایجـاد ایسـتگاه‌های اتوبـوس در

محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است. این محدوده‌ها موارد زیر را در نظر گرفته است:

۱ـ شمال شهر: با توجه به تراکم جمعیتی بالا در این قسمت از شهر و نیاز افراد به جابجایی و سفر، پهنه‌های فضایی مناسبی برای احداث ایستگاه‌های اتوبوس پیشنهاد شده است.

۲ـ بخش مرکزی شهر: این بخش نیز بدلیل وجود شریان‌های ارتباطی جهت دسترسی، مکانی بسیار مناسب جهت مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس در نظر گرفته شده است.

نتایج نشان داده است که بکارگیری تکنیک‌های منطق فازی به همراه تحلیل فضایی GIS توانسته است به عنوان ابزاری کارآمد در مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس مورد استفاده قرار گیرد. قرار گیری ایستگاه‌های اتوبوس در جوار راه‌های ارتباطی و نزدیکی به ایستگاه‌های موجود اتوبوس و فاصله مناسب آن از کاربری‌های صنعتی و آبراهه به خوبی قابلیت و توانایی مدل تحلیلی پژوهش را به اثبات رسانده است.

۵- پیشنهادها

به منظور مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده مورد مطالعه پیشنهاداتی مطرح شده است:

ـ شناخت پراکنش فضایی ایستگاه‌های اتوبوس

ـ بروز رسانی آمارها و اطلاعات موجود در ارتباط با کاربری‌های شهر خرم آباد

ـ بهره گیری از سامانه‌های نوین اطلاعاتی و مدیریتی در مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس.

ـ توسعه ایستگاه‌های اتوبوس به ویژه در مناطق پرجمعیت شهر به دلیل کاهش هزینه‌های سفر و دسترسی آسان به محل سکونت و کار

ـ نقش کارشناسان خبره در بهینه سازی ایستگاه‌های اتوبوس.

منابع

آقاجان زاده حمید، آقاجان زاده محمد (۱۳۸۸) یافتن مسیر بهینه حرکت برای اتوبوس‌های درون شهری و بهترین محل برای احداث ایستگاههای اتوبوس درون شهری بوسیله الگوریتم ژنتیک، دومین کنفرانس بین المللی شهر الکترونیک،

امین ناصر، محمد رضا، برادران، وحید (۱۳۸۹)، بررسی عوامل مؤثر بر زمان توقف اتوبوس‌ها در ایستگاه‌ها و پیش بینی آن در سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی شهر تهران، پژوهشنامه حمل و نقل، سال هفتم، شماره اول

پژوهشکده اقتصاد(۱۳۸٤)، دانشکده تربیت مدرس، طرح جامع توسعه استان لرستان (بخش: جامعه شهری)، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

حسینی، سید محمد (۱۳۸۱)، منطق فازی و کاربردهای آن در مدیریت، انتشارات ایشیق،

خرم روز حامد رضا، طالعی محمد(۱۳۹۲) « ارزیابی و اصلاح موقعیت مکانی ایستگاه‌های شبکهٔ قطار شهری، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم گیری چند معیاره (مطالعهٔ موردی: خط سه قطار شهری تهران)، مدرس علوم انسانی ـ برنامه ریزی و آمایش فضا، دورهٔ هفدهم، شمارهٔ ۲۱

دفتر حمل و نقل و دبیرخانه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور، معاونت عمرانی، (۱۳۸٦)، راهنمای ایستگاه‌های سیستم اتوبوسرانی.

شاهسونی،جاسم(۱۳۹۱) تحلیل مسیریابی و مکان یابی ایستگاههای متروهای شهری با استفاده از Gis نمونه موردی: شهر اصفهان، استاد راهنما علی زنگی آبادی، مشاور غلامرضا شیران، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی شهری

شاهیوندی، احمد (۱۳۸۵)، مکان یابی فضای سبز شهری، مطالعه موردی (شهرخرم آباد)، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما حمیدرضا وارثی و جمال محمدی، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه اصفهان

شریعت مهیمنی، افشین، امیری پور سید محمد مهدی، محمدیان یزدی، پوریا (۱۳۸۷)، ارائه روشی جهت وزن دهی به ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی در شهرهای بزرگ (مطالعه موردی: شهر مشهد)، هشتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران

شمسی کسمایی علیرضا (۱۳۸۰) مکان یابی ایستگاههای راه آهن زیرزمین شهری مطالعهٔ موردی: شهر تهران، استاد راهنما محمود احمدی نژاد، دانشگاه علم و صنعت، تهران

صابریان جواد، مسگری محمد سعدی، شیرزادی بابکان علی (۱۳۸۹) رهیافتی نوین در طراحی مسیر حمل و نقل اتوبوس‌های شهری با استفاده ازGis، پژوهشنامه حمل و نقل سال هفتم، شماره اول

عصارزادگان حمید، نادعلی امیرحسین، نادعلی، عطایی، محمدصادق، پور میری، رضا (۱۳۹۱)، مکان یابی بهینه ایستگاه‌های BRT به کمک نرم افزار Arc Gis و تکنیک AHP و TOSIS، یازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران،تهران

علوی سید علی، پرهیزکار اکبر، رکن الدین افتخاری عبدالرضا، قالیباف محمد باقر، پور موسی سید علی (۱۳۹۰) مدل سازی مکانی تقاضای سفر مبتنی بر روشی جدید برای پیش بینی و کاهش ترافیک (منطقه ی ۲ شهرداری تهران)، مدرس علوم انسانی، برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره ی پانزدهم، شماره٤

علی عسگری، وحید (۱۳۹۰) مکان یابی بهینه ایستگاههای اتوبوس درون شهری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

فرجی سبکبار، حسنعلی؛ نصیری، حسین؛ حمزه، محمد؛ طالبی، سمیه و رفیعی، یوسف، تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی بر پایه ی تلفیق روش‌هایANP و مقایسه زوجی در محیطGIS ، مطالعه موردی دشت گربایگان فسا، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ٤٤، زمستان ۱۳۹۰

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (۱۳۸۵)، آیین کار ضوابط مکان یابی ایستگاههای اتوبوس شهری، چاپ اول

نوابخش مهرداد، کفاشی مجید (۱۳۸۷) برنامه ریزی اجتماعی حمل و نقل و نقش آن در توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهر تهران)، مدیریت و

برنامه ریزی شـهری ۲، پژوهشـکده تحقیقـات اسـتراتژیک مجمـع تشـخیص مصـلحت نظـام گـــروه پژوهش‌هـــای فرهنگـــی و اجتمـــاعی، پژوهشنامه شماره ۱۸

یزدان پناهی ملیسـا، ملکـی کیمیـا (۱۳۹۰) « بررسـی جایگاه حمل و نقل در توسعه اقتصادی پایـدار شهری » اولین کنفرانس اقتصاد شهری ایران

Ashtiani, H.z. and Iravani,H. (2002) Application of dwell time functions in transit assignment model, Transportation research record, pp 88-92

Chung, S.H., Lee, A.H.L., Pearn,W.L., (2005), Analytic Network Process (ANP) Approach for Product Mix Planning in Semiconductor Fabricator, International Jornal of Production Economics, Volume 96, pp.15-36.

Dyson, R.G., (2004), Strategic Development and SWOT Analysis at the University of Warwick, European Jornal of Operational Research, Volume 152, pp.631-640.

Dill, R., Alonso, J., Borba and Fernando D.R. Murcia, (2004), Organization's Profitability Analysis: A Fuzzy Logic Approach, Encamped Congress.

Ertay, T., Ruan, D., Tuzkaya, U.R., (2006), Integrating Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy for the Facility Desighn in Manufacturing Systems, Information Science, Volume 176, pp 237-262.

Henrik hall, carl (2006) a framework for evaluation and desiagn of an integrated public transportion department of science and technology, link opings university

Ghandehari mahsa, hamidi pouyandeh nahid, moshref javadi Mohamad hossin (2013) locating of Bicycle stations in the city of Isfahan using mathematical programming and multi – criteria decision making techniques, International journal academic recerch in aaceounting, finance and management sciences, vol.3, No.4,pp. 18-26

Grava,sigurd (2003) urban transportion system: choices for communities

Grava, sigurd (2004) urban transportion system, downloaded from digital engineering library at mcqraw-hill

Saaty, TL., 1980, The analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill, New York, p 287.

Sarkis, J., (2002), A Models for Supplier Selection, Jornal of Supply Chain Management, Volume 38, pp.18-28.

Lee, L.W., Kim, S.H., (2000), Using Analytic Network Process and Goal Programming for Interdipendent Information System Project Selection, Computers and Operation Research, Volume 27, pp. 367-382.

Momoh, J.A., Zhu, J.z., (1998), Application of AHP/ANP to Unit Commitment in the Deregulated Power Industry, In: IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics, Vol. 1 San Diego, pp. 817- 822.

Munehrio, kazunori &et al (2011) Analysis on rural highway design using traffic- micro-simulation in cold regions, Internatinal sgmposium on high way capacity and quality of service Stockholm, Sweden, june 26- july

Vuchic,vukan r (2005) Urbantransit: operation, planning and economic, john wiley &sons, Inc

Olowosegun aadebola, okoko enosko (2012) analysis of bus stops locations using geographic information syatem in Ibadan nirth L.G.A. Nigeria, industrial engineering letters, vol.2,No.3,2012

Ziari, hassan Mahmud keymanesh and Mohamad khabiri (2007) locatin stations of public transportion vehicles for improving transit accessibility, transport 22,No.2