

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 حسونند: 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 شگفت‌انگیزی به فعلیت می‌رساند. این پژوهش با هدف مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس در شهر خرم آباد انجام شده است که از نظر روش تحقیق با توجه به محتوی و مؤلفه‌های مورد بررسی در زمره تحقیقات توصیفی - تحلیلی، و از نظر هدف مطالعه تحقیق کاربردی - توسعه ای محسوب می‌شود. اطلاعات و داده‌های اولیه پژوهش به دوشکل اسنادی و میدانی جمع‌آوری 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 مکان‌گزینی بهینه هستند. و همچنین در جنوب شهر خرم آباد که پهنه ای نامناسب است چهار ایستگاه قرار گرفته است که این وضعیت نشان دهنده مکان‌یابی نامطلوب ایستگاه‌ها در شهر خرم آباد است.

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

۱- مقدمه

۱-۱- طرح مسأله

رشد و توسعه شهرها در سال‌های اخیر و به تبع آن افزایش جمعیت شهرها، مشکلات عدیده‌ای 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 تأثیرات عمده‌ای 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 بی‌رویه 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 مکان‌یابی 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 تأثیر 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 مهم‌ترین 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 شیوه‌ای نامناسب در شهر جابجا گردد، می‌توان انتظار داشت در تمامی شئون 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، ۳۶).

موضوع حمل و نقل و ترافیک که امروزه به عنوان یک پدیده سیاسی - اجتماعی نقش بسیار حساس و مهمی در کیفیت و ساختار اقتصادی - اجتماعی یک جامعه ایفا می‌نماید، اساس زندگی نوین شهری و نیازهای جا به جایی انسان را شکل می‌دهد. انسان متمدن امروزی باید بدانند در روند تکامل شهرها، توسعه سیستم حمل و نقل به کجا می‌رود و چنانچه در به کارگیری 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: ۴۱).

حمل و 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،

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 ۶۰ 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 مکان‌یابی گردند که علاوه بر افزایش دسترسی کاربران به این سیستم، زمان سفر را کاهش دهد.

از دیر باز، مسأله یافتن مناسب‌ترین مکان برای استقرار منابع و مراکز جزء اساسی‌ترین مراحل برنامه ریزی شهری بوده است (خرم‌روز و همکاران، ۱۳۹۲: ۶۷). 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 خرم‌آباد در نتیجه مکان‌یابی نامناسب ایستگاه‌های اتوبوس با آن مواجه

فاصله زمانی مهم‌تر 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 راهکارهای 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، ۴۴).

امروزه سیستم حمل و نقل عمومی برای داشتن عملکردی بهتر باید به ارائه خدمات سطح بالا پردازد و تا جایی که امکان دارد در دسترس‌تر 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 مناسب‌ترین 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،

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 هزینه 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

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 ایستگاه‌های اتوبوس و ساماندهی آن از مشکلاتی که سیستم حمل و نقل شهری خرم آباد با آن مواجه است، کاست.

۱-۲- پیشینه 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.

۱-۵- روش تحقیق و شیوه گردآوری اطلاعات

اطلاعات مورد نیاز این پژوهش به دو دسته (۱) اطلاعات مکانی (۲) اطلاعات غیرمکانی تقسیم می‌شوند.

۱- اطلاعات مکانی: نقشه کاربری اراضی شهر خرم آباد به صورت رقومی در مقیاس ۱/۲۰۰۰

۲- اطلاعات غیر مکانی: نتایج سرشماری‌ها و آمارنامه‌های مرکز آمار ایران

برای انجام پژوهش ابتدا داده‌های توصیفی جمع‌آوری شد و رقومی‌سازی لایه‌های لازم انجام گرفت. سپس بر اساس شرایط موجود از لحاظ عوامل مورد بررسی، با توجه به مدل ANP شاخص‌ها اولویت بندی شدند که بر اساس آن همپوشانی و تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط مدل منطق فازی در محیط ARC GIS و نرم افزار Super Decision انجام شد. لایه‌های استفاده شده در این تحلیل عبارتند از: فضاهای آموزشی، مراکز ورزشی، بهداشتی-درمانی، ایستگاه‌های موجود، مراکز تجاری، مراکز اداری. راه ارتباطی، تراکم جمعیتی، مراکز صنعتی.

نقشه‌های معیار با توجه به اهداف و روش ANP با بهره‌مندی از ۱۵ کارشناس علمی و اجرایی برای انتخاب ایستگاه‌های اتوبوس ارزشگذاری و طبقه بندی گردیدند. در این مدل معیارها در نظام شبکه‌ای قرار می‌گیرند و به صورت زوجی مقایسه می‌شود. در نهایت لایه‌های طبقه بندی شده با هم تلفیق شدند و نقشه نهایی در محیط GIS بصورت پهنه‌ای از نامطلوب تا مطلوب برای ایستگاه‌های اتوبوس طبقه بندی شد.

مراحل تشکیل مدل تحلیل در محیط GIS

کشور است (صابریان و همکاران: ۱۳۸۹، ۱). در سرتاسر جهان، مسائل و مشکلات حمل و نقل پیش روی ملت‌ها، چندین برابر شده‌اند که تحقیق برای یافتن روش‌ها یا جایگزین‌هایی که ابزار کارآمد، مطمئن، عملی و سریع ترحمل و نقل را تضمین می‌کنند، را ضروری کرده‌اند. شهر خرم آباد به دلیل عدم زیرساخت‌های منظم و مناسب حمل و نقل عمومی با انواعی از مشکلات در حوزه حمل و نقل مواجه است. با توجه به دسترسی شهروندان در حوزه حمل و نقل شهری باید تلاش شود تا راهکارهایی مناسب در راستای بسط و بهینه‌سازی حمل و نقل شهری فراهم کرد و می‌توان شهر را به سمتی برد که هزینه‌های ناشی از مقیاس در ابعاد مختلف از جمله سوخت، آلودگی، دسترسی و... را پایین آورد و از ترافیک و حجم بالای شلوغی خیابان‌ها در ساعات خاصی از روز کاست. از این جهت مکان‌یابی مناسب و دقیق ایستگاه‌های حمل و نقل شهری از جمله اتوبوس زمینه‌ساز تحول بزرگ در حمل و نقل شهر در حال توسعه خرم آباد خواهد بود. این موضوع نیازمند همکاری نهادهای مرتبط و مجری با سازمان اتوبوسرانی از یک طرف و از طرف دیگر همکاری و فرهنگ‌سازی عمومی است. لذا در این پژوهش سعی بر آن خواهد شد تا مکان‌یابی مناسب و همچنین مطالعه دقیق و علمی برای مکان‌یابی صورت گیرد تا بتوان ایستگاه‌های اتوبوس را ساماندهی کرد.

۱-۴- فرضیه تحقیق

مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس در شهر خرم آباد مطلوب نیست.

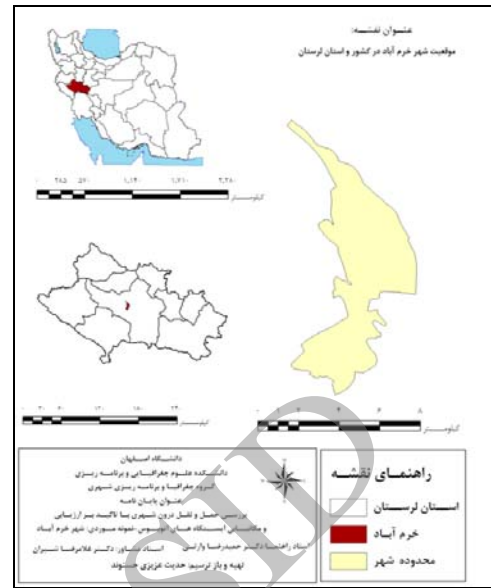
در درون دره‌ای قرار گرفته است که رودخانه خرم - آباد با جهتی شمالی - جنوبی از خط القعر آن می - گذرد. قسمت شمالی شهر منظره‌ای کوهستانی و ناهموار و جنوب آن چشم‌اندازی تقریباً جلگه‌ای دارد. شکل‌گیری کالبد شهر خرم‌آباد متأثر و تابع طبیعت آن است، هر کجا دره، اندکی باز و شیب‌های کناری ملایم‌تر شده و اجازه‌ی 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 رودخانه‌ای 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 ۱۷۶۵ متر و از سمت جنوب به ماسور، پشته حسین آباد که کوه پشته حسین آباد به ارتفاع ۱۵۵۰ متر، محدود است. (پژوهشکده اقتصاد، ۱۳۸۴، ۱۴۷). 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 می‌گردد. رودخانه خرم آباد با جهتی شرقی - غربی نیز در قسمت شرقی شهر آن را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم می‌نماید و رودخانه کرگانه بعد از طی مسافتی و تقریباً در مرکز شهر به رودخانه خرم آباد می‌ریزد.

۱- جمع‌آوری داده‌ها و نقشه‌های مربوط به موضوع
 ۲- تعریف ارزش‌های مورد نظر یا سناریوهای مطلوب در هر نقشه
 ۳- ادغام سناریوهای مطلوب نقشه با یکدیگر
 ۴- مکان‌یابی به وسیله GIS (شاهینودی، ۱۳۸۵: ۱۷).
 ضوابط و معیارهای تعیین محل ایستگاه اتوبوس در تعیین محل ایستگاه اتوبوس نکات زیر مورد توجه قرار می‌گیرد.
 ۱- سلسله مراتب شبکه شهری
 ۲- سیستم تأمین انرژی حرکت برای اتوبوس
 ۳- نزدیکی به مراکز تولید و جذب سفر
 ۴- موانع فیزیکی در مسیر
 ۵- دوری و نزدیکی به مرکز شهر
 ۶- نزدیکی به مراکز تراکم جمعیت
 ۷- عرض مسیر خط اتوبوسرانی
 ۸- مسائل ایمنی برای مسافری
 ۹- عدم ایجاد مزاحمت برای جریان ترافیک عبوری
 ۱۰- نزدیکی به سایر ایستگاههای سیستم‌های حمل و نقل عمومی (عادی و ترمینال)
 ۱۱- دوری از مراکز حساس نسبت به دود و سرو صدا و نقل عمومی (عادی و ترمینال)
 ۱۲- عدم عبور مسافرین از عرض خیابان
 ۱۳- فاصله ایستگاههای یک خط یا ایستگاههای چند خط در یک مسیر از یکدیگر (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی، ۱۳۸۵: ۸)
 ۱-۶- محدوده مورد مطالعه

شهر خرم‌آباد با موقعیت جغرافیایی به طول ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه در ارتفاع ۱۱۷۱ متری از سطح دریا قرار دارد. شهر

فرایند تحلیل شبکه در وزن دهی به معیارهای مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس

فرایند تحلیل شبکه‌ای یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است و در مجموعه مدل‌های جبرانی قرار می‌گیرد. این مدل بر مبنای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی طراحی شده است و "شبکه" را جایگزین "سلسله‌مراتب" کرده است. فرض اصلی در AHP بر روی عملکرد مستقل گروه‌های بالایی سلسله‌مراتبی از همه‌ی قسمت‌های پایینی آن و از معیارهای هر سطح و طبقه بنا نهاده شده است (Chung et al, 2005; Dyson, 2004: 636). بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری را نمی‌توان در یک ساختار سلسله‌مراتبی 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 استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (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 سلسله‌مراتبی با روابط یک سویه فراهم می‌کند، ANP نیز امکان روابط پیچیده داخلی بین سطوح مختلف تصمیم و معیارها را مهیا می‌سازد.



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 مکان‌یابی 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 دسته‌بندی 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.

مسئله باید به شکل روشنی تبیین شده و بصورت یک سیستم منطقی و عقلانی، مانند شبکه تجزیه شود. روش تلفیق تحلیل عاملی با فرآیند تحلیل شبکه‌ای، این امکان را ایجاد می‌نماید تا یک متغیر مرکب از تمامی متغیرهای به کار رفته در مدل استخراج شود. در این مرحله، ابتدا با استفاده از تحلیل همبستگی روابط بین متغیرها و خوشه‌ها مشخص می‌شود. در این روش، معیارها در دو خوشه شامل ۱۰ شاخص قرار گرفتند. در ذیل هر خوشه دسته‌ای از عناصر قرار دارند. این عناصر علاوه بر آنکه در داخل خوشه به هم مرتبط می‌باشند، در بین خوشه‌ها نیز وابستگی دارند. گام دوم، ماتریس مقایسات زوجی و برآورد وزن نسبی تعیین وزن نسبی در ANP شبیه به AHP است به عبارتی از طریق مقایسه زوجی می‌توان وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها را مشخص کرد. مقایسه‌های زوجی عناصر در هر سطح با توجه به اهمیت نسبی آن نسبت به معیار کنترل، شبیه روش AHP انجام می‌شود. ساعتی برای مقایسه زوجی دو مؤلفه یک مقیاس نه تایی را معرفی نموده است. مقدار a_{ij} در ماتریس مقایسه زوجی اهمیت نسبی مؤلفه i با توجه به ستون j را نشان می‌دهد؛ به عبارتی $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$ را مشخص می‌کند. بطوریکه عدد ۱ مشخص کننده اهمیت مساوی بین دو عنصر و عدد ۹ مشخص کننده بیشترین اهمیت ممکن یک عنصر نسبت به عنصر دیگر است.

از ارزش معکوس ($1/a_{ij}$) زمانی استفاده می‌شود که j

مهم تر از مؤلفه i باشد. اگر n مؤلفه وجود داشته

رویکرد بازخوردی ANP^۲ ساختار شبکه‌ای را با ساختار سلسله مراتبی جایگزین کرده است و حاکی از آن است که روابط بین سطوح مختلف تصمیم‌گیری را نمی‌توان به سادگی بالا-پایین، غالب-مغلوب یا مستقیم-غیرمستقیم تصور کرد. برای نمونه می‌توان گفت نه تنها اهمیت بین معیارها مشخص کننده اهمیت بین گزینه‌ها در سلسله مراتب است بلکه اهمیت گزینه‌ها نیز ممکن است در اهمیت بین معیارها تاثیرگذار باشد. بنابراین ارائه ساختار سلسله مراتبی با روابط خطی بالا به پایین نمی‌تواند در مورد سیستم‌های پیچیده مناسب باشد (Lee & Kim, 2000: 374., Momoh, 1998: 819., Saaty, 1980: 45).

سیستم‌های بازخوردی را می‌توان بوسیله یک شبکه نشان داد. شکل ۱- الف و ۱- ب تفاوت ساختاری بین سلسله مراتب و شبکه را نشان می‌دهند. ارتباطات در یک شبکه بوسیله کمان نشان داده می‌شود. جهت کمان‌ها دلالت بر جهت وابستگی دارد. وابستگی متقابل میان دو خوشه که اصطلاحاً وابستگی بیرونی نامیده می‌شود بوسیله پیکان‌های دوطرفه نشان داده می‌شود. وابستگی داخلی میان عناصر گروه بوسیله کمان‌های حلقه‌ای نشان داده می‌شوند. به طور کلی، مدل ANP از سلسله مراتب کنترل، خوشه‌ها، عناصر، روابط متقابل بین خوشه‌ها و عناصر تشکیل می‌شود. فرایند مدل‌سازی شامل مراحل زیر است که به اجمال به آن اشاره می‌شود (Ertay et al, 2006: 247., Sarkis, 2002: 23).

گام اول، پایه‌ریزی مدل و ساختار مسئله

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

معیارها استفاده می‌شود که این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

در کل اگر CI کمتر از $0/1$ 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 می‌توانند 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 می‌دهند. قالب عمومی سوپرماتریس در شکل ۲ نشان داده شده است. در این تصویر CN نشان‌دهنده خوشه N ام، e_{Nn} عنصر n ام در خوشه N ام، W_{ij} ماتریس بلوک شامل وزنهای نسبی بردارهای w تأثیر عناصر در خوشه N ام نسبت به خوشه N ام است. اگر خوشه N ام هیچ تأثیری بر خوشه i ام خودش نداشته باشد (حالت وابستگی داخلی)، W_{ij} صفر می‌شود. سوپر ماتریس به دست آمده در این مرحله سوپرماتریس اولیه معرفی می‌شود.

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_k & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1m1} & \dots & e_{k1} & e_{k2} & \dots & e_{kmk} & e_{n1} & e_{n2} & \dots & e_{nmn} \end{matrix} \\ \begin{matrix} e_{11} \\ e_{12} \\ \vdots \\ e_{1m1} \\ \vdots \\ e_{k1} \\ e_{k2} \\ \vdots \\ e_{kmk} \\ \vdots \\ e_{n1} \\ e_{n2} \\ \vdots \\ e_{nmn} \end{matrix} & \begin{bmatrix} W_{11} & \dots & W_{1k} & \dots & W_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{k1} & \dots & W_{kk} & \dots & W_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{n1} & \dots & W_{nk} & \dots & W_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

نمودار ۲. فرمت استاندارد یک سوپرماتریس A

در روش AHP مقایسه‌های وزنی برای مؤلفه‌های i به جای اختصاص وزن w_i و w_j از وزن نسبی، w_i/w_j استفاده می‌شود. 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 می‌شود. نتیجه آن W واحد است، به عبارتی جمع هر ستون در ماتریس برابر یک می‌شود. برای تعیین میزان سازگاری مقایسه‌ها از شاخص سازگاری وزن

جدول ۱. سوپرماتریس غیروزنی

دوری از نامالییات	اجتماعی									سوپر ماتریس غیروزنی
	تراکم جمعیتی	ایستگاه‌های موجود	راه ارتباطی	فضاهای آموزشی	مراکز اداری	مراکز بهداشتی	مراکز تجاری	مراکز ورزشی	مراکز صنعتی	
اجتماعی	تراکم جمعیتی	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰
دسترسی	ایستگاه‌های موجود	۰,۱۶۹	۰,۰۰۰	۰,۱۷۴	۰,۱۳۹	۰,۱۶۰	۰,۱۷۴	۰,۱۳۹	۰,۱۶۰	۰,۲۱۴
	راه ارتباطی	۰,۲۹۹	۰,۲۷۳	۰,۰۰۰	۰,۱۸۰	۰,۲۹۹	۰,۲۸۷	۰,۲۷۸	۰,۳۰۹	۰,۲۷۳
	فضاهای آموزشی	۰,۱۶۵	۰,۱۰۱	۰,۱۲۶	۰,۰۰۰	۰,۱۲۲	۰,۱۱۱	۰,۱۰۵	۰,۱۷۴	۰,۱۶۳
	مراکز اداری	۰,۰۷۰	۰,۰۷۲	۰,۱۳۴	۰,۱۵۰	۰,۰۰۰	۰,۲۰۲	۰,۰۸۶	۰,۰۷۱	۰,۰۹۵
	مراکز بهداشتی	۰,۱۳۴	۰,۱۰۱	۰,۱۶۴	۰,۱۴۹	۰,۰۹۷	۰,۰۰۰	۰,۱۴۳	۰,۰۸۷	۰,۰۷۳
	مراکز تجاری	۰,۱۰۱	۰,۱۲۵	۰,۱۲۳	۰,۱۹۳	۰,۱۴۱	۰,۰۷۷	۰,۰۰۰	۰,۱۱۲	۰,۱۲۰
	مراکز ورزشی	۰,۰۵۹	۰,۱۰۳	۰,۰۷۰	۰,۰۴۵	۰,۰۷۴	۰,۰۴۶	۰,۰۶۲	۰,۰۰۰	۰,۰۵۹
	مراکز صنعتی	۰,۷۵۰	۰,۶۶۶	۰,۶۶۶	۰,۷۵۰	۰,۸۰۰	۰,۳۳۳	۰,۶۶۶	۰,۶۶۶	۰,۳۳۳
نامالییات	رودخانه	۰,۲۵۰	۰,۳۳۳	۰,۳۳۳	۰,۲۵۰	۰,۲۰۰	۰,۶۶۶	۰,۳۳۳	۰,۲۳۳	۰,۰۰۰

مآخذ: نگارندگان

شود و جمع ستون برابر یک شود، هر ستون ماتریس، استاندارد می‌شود. در نتیجه ماتریس جدیدی به دست می‌آید که جمع هریک از ستونهای آن برابر یک خواهد بود. این موضوع شبیه به زنجیره مارکوف است که جمع احتمالی همه وضعیت‌ها معادل یک است. به ماتریس جدید، ماتریس وزنی گفته می‌شود (فرجی سبکیار و همکاران، ۱۳۹۰).

گام چهارم، تشکیل سوپرماتریس وزنی در واقع ستون‌های سوپرماتریس از چند بردار ویژه تشکیل می‌شود که جمع هر کدام از بردارها برابر یک 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 آنکه از عناصر ستون متناسب با وزن نسبی‌شان فاکتور گرفته

جدول ۲. سوپرماتریس وزنی

دوری از نامالییات		دسترسی							اجتماعی	سوپر ماتریس غیروزنی	
رودخانه	مراکز صنعتی	مراکز ورزشی	مراکز تجاری	مراکز بهداشتی	مراکز اداری	فضاهای آموزشی	راه ارتباطی	ایستگاه‌های موجود	تراکم جمعیتی	تراکم جمعیتی	سوپر ماتریس غیروزنی
۰,۳۳۲	۰,۳۳۲	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۲۹۰	۰,۰۰۰	تراکم جمعیتی	اجتماعی
۰,۱۱۳	۰,۱۷۲	۰,۱۲۲	۰,۱۲۱	۰,۱۰۵	۰,۰۹۷	۰,۰۸۴	۰,۱۰۵	۰,۰۰۰	۰,۱۰۶	ایستگاه‌های موجود	دسترسی
۰,۱۴۴	۰,۱۰۵	۰,۱۸۷	۰,۱۶۸	۰,۱۷۴	۰,۱۸۲	۰,۱۰۸	۰,۰۰۰	۰,۱۶۵	۰,۱۸۷	راه ارتباطی	
۰,۰۸۶۵	۰,۸۷۲	۰,۱۰۵	۰,۰۶۳	۰,۰۶۷	۰,۰۷۳	۰,۰۰۰	۰,۰۷۶	۰,۰۶۱	۰,۱۰۳	فضاهای آموزشی	
۰,۰۵۰	۰,۰۴۳	۰,۰۴۳	۰,۰۵۲	۰,۱۲۲	۰,۰۰۰	۰,۰۹۰	۰,۰۸۱	۰,۰۴۰	۰,۰۴۴	مراکز اداری	
۰,۰۳۸	۰,۰۳۱	۰,۰۵۲	۰,۰۸۶	۰,۰۰۰	۰,۰۵۹	۰,۰۹۰	۰,۰۹۹	۰,۰۶۱	۰,۰۸۴	مراکز بهداشتی	
۰,۰۶۳	۰,۰۶۳	۰,۰۶۷	۰,۰۰۰	۰,۰۴۷	۰,۰۸۵	۰,۱۱۶	۰,۰۷۴	۰,۰۷۶	۰,۰۶۳	مراکز تجاری	
۰,۰۳۱	۰,۰۲۴	۰,۰۰۰	۰,۰۳۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۵	۰,۰۲۷	۰,۰۴۲	۰,۰۶۲	۰,۰۳۷	مراکز ورزشی	
۰,۰۴۶	۰,۰۰۰	۰,۰۶۹	۰,۰۶۹	۰,۰۳۴	۰,۰۸۳	۰,۰۷۸	۰,۰۶۹	۰,۰۶۹	۰,۰۷۰	مراکز صنعتی	
۰,۰۰۰	۰,۰۳۴	۰,۰۳۴	۰,۰۳۴	۰,۰۶۹	۰,۰۲۰	۰,۰۲۶	۰,۰۳۴	۰,۰۳۴	۰,۰۲۳	رودخانه	دوری از نامالییات

مأخذ: نگارندگان

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:

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

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

$$\lim_{k \rightarrow \infty} w^k$$

جدول ۳. سوپر ماتریس حد

دوری از ناملايمات	دسترسى									اجتماعى	
	مراکز صنعتى	مراکز ورزشى	مراکز تجارى	مراکز بهداشتى	مراکز ادارى	فضاهای آموزشى	راه ارتباطى	ایستگاه‌های موجود	تراکم جمعیتى	تراکم جمعیتى	سوپر ماتریس غیروزنى
۰,۰۲۹۱	۰,۰۲۹۱	۰,۰۲۹۱	۰,۰۲۹۱	۰,۰۲۹۱	۰,۰۲۹۱	۰,۰۲۹۱	۰,۰۲۹۱	۰,۰۲۹۱	۰,۰۲۹۱	۰,۰۲۹۱	اجتماعى
۰,۰۱۱۳	۰,۰۱۱۳	۰,۰۱۱۳	۰,۰۱۱۳	۰,۰۱۱۳	۰,۰۱۱۳	۰,۰۱۱۳	۰,۰۱۱۳	۰,۰۱۱۳	۰,۰۱۱۳	۰,۰۱۱۳	دسترسى
۰,۰۱۵۸	۰,۰۱۵۸	۰,۰۱۵۸	۰,۰۱۵۸	۰,۰۱۵۸	۰,۰۱۵۸	۰,۰۱۵۸	۰,۰۱۵۸	۰,۰۱۵۸	۰,۰۱۵۸	۰,۰۱۵۸	
۰,۰۰۸۳	۰,۰۰۸۳	۰,۰۰۸۳	۰,۰۰۸۳	۰,۰۰۸۳	۰,۰۰۸۳	۰,۰۰۸۳	۰,۰۰۸۳	۰,۰۰۸۳	۰,۰۰۸۳	۰,۰۰۸۳	
۰,۰۰۶۱	۰,۰۰۶۱	۰,۰۰۶۱	۰,۰۰۶۱	۰,۰۰۶۱	۰,۰۰۶۱	۰,۰۰۶۱	۰,۰۰۶۱	۰,۰۰۶۱	۰,۰۰۶۱	۰,۰۰۶۱	
۰,۰۰۷۴	۰,۰۰۷۴	۰,۰۰۷۴	۰,۰۰۷۴	۰,۰۰۷۴	۰,۰۰۷۴	۰,۰۰۷۴	۰,۰۰۷۴	۰,۰۰۷۴	۰,۰۰۷۴	۰,۰۰۷۴	
۰,۰۰۷۲	۰,۰۰۷۲	۰,۰۰۷۲	۰,۰۰۷۲	۰,۰۰۷۲	۰,۰۰۷۲	۰,۰۰۷۲	۰,۰۰۷۲	۰,۰۰۷۲	۰,۰۰۷۲	۰,۰۰۷۲	
۰,۰۰۳۸	۰,۰۰۳۸	۰,۰۰۳۸	۰,۰۰۳۸	۰,۰۰۳۸	۰,۰۰۳۸	۰,۰۰۳۸	۰,۰۰۳۸	۰,۰۰۳۸	۰,۰۰۳۸	۰,۰۰۳۸	
۰,۰۰۷۰	۰,۰۰۷۰	۰,۰۰۷۰	۰,۰۰۷۰	۰,۰۰۷۰	۰,۰۰۷۰	۰,۰۰۷۰	۰,۰۰۷۰	۰,۰۰۷۰	۰,۰۰۷۰	۰,۰۰۷۰	دورى از ناملايمات
۰,۰۰۳۴	۰,۰۰۳۴	۰,۰۰۳۴	۰,۰۰۳۴	۰,۰۰۳۴	۰,۰۰۳۴	۰,۰۰۳۴	۰,۰۰۳۴	۰,۰۰۳۴	۰,۰۰۳۴	۰,۰۰۳۴	

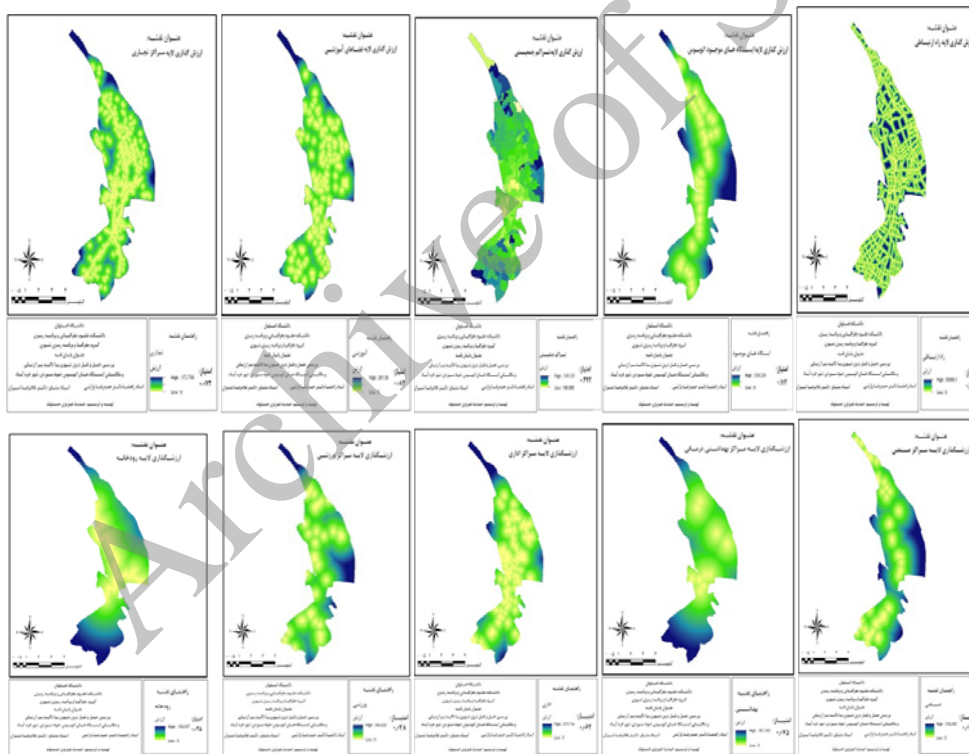
مأخذ: نگارندگان

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 مکان‌یابی با استفاده از نرم افزار GIS و در قسمت overlay fuzzy روی هم گذاری لایه‌ها صورت گرفته و اولویت‌های مکان‌یابی برای ایستگاه‌های اتوبوس در شهر خرم آباد مشخص می‌شوند.

جدول ۴. وزن نهایی شاخص‌های موثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس

شاخص	وزن نهایی
تراکم جمعیتی	۰,۲۹۲
ایستگاه‌های موجود	۰,۱۱۳
راه ارتباطی	۰,۱۵۸
فضاهای آموزشی	۰,۰۸۴
مراکز اداری	۰,۰۶۲
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

تکنیک منطق فازی به تهیه نقشه مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس در خرم آباد می‌پردازیم. مدل منطق فازی (Fuzzy Logic Model)

پیاده سازی منطق فازی (Fuzzy Logic) در GIS در مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس پس از وزن دهی به معیارهای موثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس، در این مرحله با استفاده از

نوع اپراتور مورد استفاده نیز بستگی به نحوه تأثیر پذیری فاکتورهای مختلف از یکدیگر و یا اثر نهایی اپراتور روی مجموعه پارامترها دارد. اثر برخی عملگرهای فازی افزایشی و برخی کاهششی است، یعنی درجه عضویت نهایی هر پیکسل را بسیار کاهش یا افزایش می‌دهد.

عملگرهای فازی شامل اشتراک فازی (Fuzzy AND)، اجتماع فازی (Fuzzy OR)، ضرب فازی (Fuzzy Algebraic Sum) و جمع فازی (Fuzzy Algebraic product)، عملگر فازی گاما (Fuzzy Operation Gamma) برای تلفیق مجموعه فاکتورها مورد استفاده قرار می‌گیرند که در اینجا فقط به بیان روابط آن‌ها اکتفا می‌کنیم.

مقدار $\alpha_A(x)$ بیانگر وزن یا مقدار عضویت پیکسل در مجموعه فازی مورد نظر است. در نهایت با اعمال عملگرهای فازی، واحدهای پیکسلی نقشه خروجی 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 نموده و در نقشه نهایی منظور می‌کند. در مواقعی که دو یا چند فاکتور برای اثبات یک فرضیه بایستی با هم وجود داشته باشند، عملگر اشتراک فازی مناسب است.

عملگر اجتماع فازی (Fuzzy OR)

این عملگر به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

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

بنیانگذار منطق فازی پروفیسور لطفی‌زاده، استاد دانشگاه کالیفرنیاست. ایشان در زمینه منطق فازی تلاش بسیار کرده و پیشرفت کنونی منطق فازی در سراسر جهان مدیون کوششهای اوست. وی منطق فازی را به عنوان روشی علمی پایه گذاشت. منطق فازی متدولوژیهای مختلفی برای بررسی منطقی دانش و علوم می‌که همراه با ابهام و عدم قطعیت هستند را پیشنهاد می‌کند (حسینی، ۱۳۸۱: ۳۴).

فازی بودن طیفی بین سیاه و سفید یا همان خاکستری بودن است که امکان مدل‌سازی برای وضعیتهای غیرقطعی فراگیر دنیای واقعی را فراهم می‌سازد (Dill et al., 2004). در مجموعه‌های کلاسیک همه اعضای یک مجموعه متعلق به آن مجموعه است. ولی هر یک از اعضای مجموعه‌های فازی با یک درجه عضویتی به آن مجموعه تعلق دارد و این درجه عضویت همواره عددی بین صفر و یک است. در واقع منطق فازی به هر عضو یک مقدار عضویتی را بین صفر و یک نسبت به یک مجموعه می‌دهد.

پارامترهای موجود در مساله‌های مکان‌یابی تا حدود زیادی ماهیت فازی دارند. برای مثال فاکتورهای مربوط به فاصله مناسب از برخی عوارض موجود، مجموعه‌های فازی هستند و هر پیکسل با توجه به فاصله‌ای که از عارضه دارد درجه عضویت متفاوتی در این مجموعه دارد. معیار عضویت پیکسل‌ها در مجموعه مطلوب میزان مناسب یا نامناسب بودن آن‌ها و بین ۰ تا ۱ تعیین می‌شود. این مقادیر با استفاده از دانش افراد خبره تعیین می‌شود. اگر تمام پارامترهای مساله به صورت مجموعه‌های فازی با مقادیر عضویت صحیح تعریف شوند می‌توان برای تلفیق پارامترها از اپراتورهای مناسب فازی استفاده نمود.

انتخاب صحیح و آگاهانه ۷ بین صفر و یک، مقادیری را در خروجی به وجود می‌آورد که نشان دهنده سازگاری قابل انعطاف میان گرایش‌های 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 مکان‌یابی 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 پیاده‌سازی مدل منطق فازی در GIS

۱. محاسبه فاصله اقلیدسی معیارها

ابتدا فاصله اقلیدسی معیارها با استفاده از ابزار Distance در تحلیل‌گر 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.

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:

$$\alpha_{product}(x) = \prod_{i=1}^n \alpha_i(x)$$

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:

$$\alpha_{sum}(x) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i(x))$$

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.

معیارها بوده که یکی از مراحل مهم روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) است.

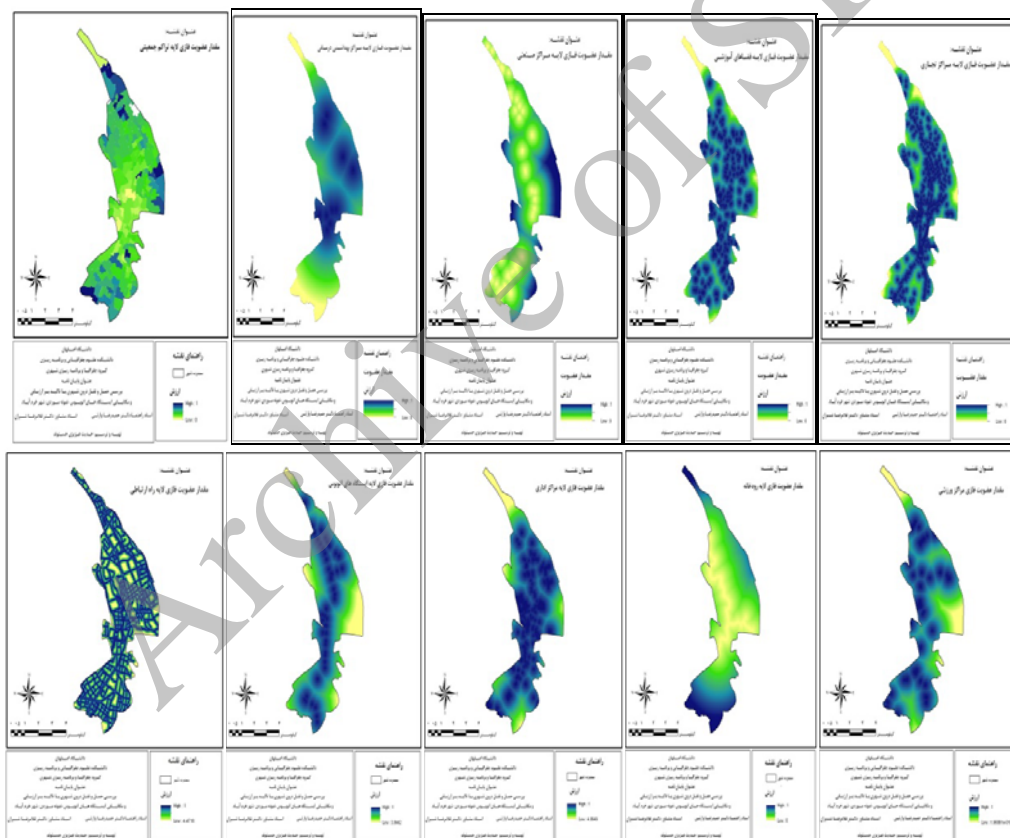
توابع عضویت در درجات فازی عبارتند از: S شکل، J شکل، خطی، تعریف شده توسط کاربر (Eastman, 1993, 112)، گوسین (Gaussian).

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.

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

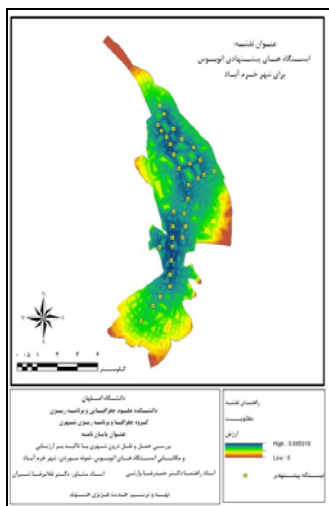


نقشه ۳. نقشه مقدار عضویت لایه‌ها با مدل منطق فازی، مأخذ: نگارندگان

در مرحله گذشته فازی سازی شده است، در این مرحله روی هم گذاشته می‌شود که عملگرهای پنج‌گانه ای برای این منظور وجود دارد. در این پژوهش

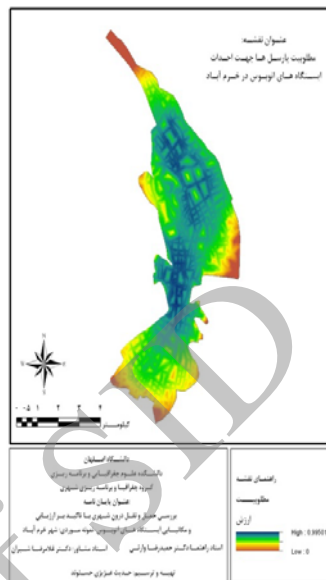
عملیات همپوشانی فازی (Fuzzy Overlay): در این مرحله عملیات، همپوشانی فازی (Fuzzy Overlay) صورت گرفته است. بدین منظور، لایه‌های رقومی که

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



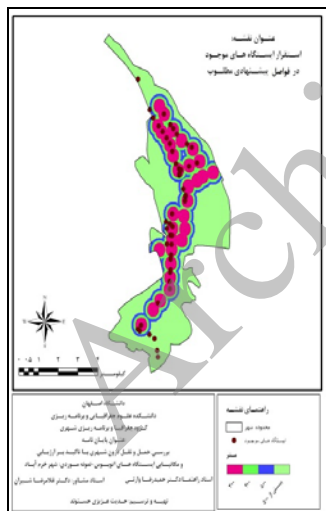
نقشه ۵. نقشه پیشنهادی ایستگاه‌های اتوبوس، مأخذ: نگارندگان

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



نقشه ۴. نقشه همپوشانی لایه‌ها با (Fuzzy Overlay)، مأخذ: نگارندگان

لایه رقومی حاصل از عملیات همپوشانی فضاهای مناسب جهت ساماندهی ایستگاه‌های اتوبوس در نقشه (۴) نشان داده شده است. بطوریکه در این نقشه، هر اندازه پیکسل‌ها به رنگ قرمز نزدیک‌تر شده از مطلوبیت فضاهای 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.



نقشه ۶. نقشه فواصل استاندارد ایستگاه‌های اتوبوس، مأخذ: نگارندگان

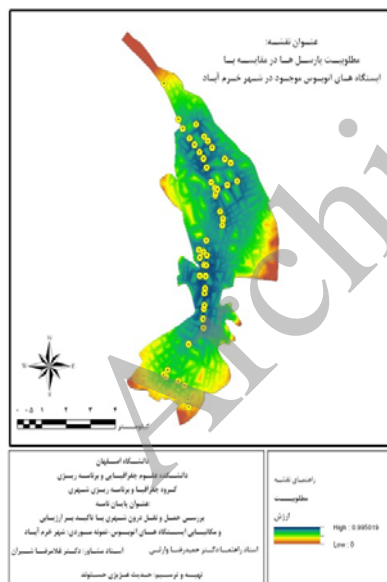
فاصله استاندارد بین ایستگاه‌ها را می‌توان با برقراری تعادل بین کوتاه‌ترین دسترسی (به منظور حداکثر نمودن پوشش سیستم) و بیشترین سرعت عملیاتی (به منظور حداقل نمودن زمان سفر کاربران) به دست

در نقشه نهایی مطلوب‌ترین نقاط برای احداث ایستگاه‌ها نقطه‌گذاری گردیده‌اند. و بطور پیشنهادی ایستگاه‌های مناسب جهت احداث را نشان می‌دهد.

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 منطبق فازی پرداخته شد. در این نقشه ی مقایسه ای، نقاط ایستگاهی بر روی نقشه همپوشانی فازی قرار گرفته است که در نقشه (۵-۱) 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 نامطلوب واقع شده اند، بطوریکه در

آورد. هرچه تعداد ایستگاه‌ها بیشتر باشد امکان دسترسی کاربران به سیستم بیشتر و پوشش سیستم افزایش می‌یابد. در مقابل باعث کاهش سرعت عملیاتی سیستم می‌شود. 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 می‌شود. در این راستا در نظر گرفتن فاصله ایستگاه‌ها بین ۳۰۰ الی ۶۰۰ متر پیشنهاد می‌شود (دفتر حمل و نقل و دبیرخانه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور، ۱۳۸۶: 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 (۶۰۰-۳۰۰ متر) به دور بوده و نیازمند مکان‌گزینی 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 نامطلوب واقع شده اند، بطوریکه در جنوب منطقه که پهنه ای نامناسب است، چندین ایستگاه اتوبوس قرار گرفته اند که این وضعیت نشان

۴- نتیجه گیری

به طور کلی بر اساس مطالعات انجام گرفته، استقرار هر عنصر شهری در موقعیت فضا- مکانی خاصی از سطح شهر، تابع اصول، قواعد، ساز و کار و مکانیسم‌های خاصی بوده است که در صورت رعایت، به موفقیت و کارایی عملکردی آن عنصر در مکان مشخص خواهد انجامید و در غیر اینصورت مشکلات فراوانی بوجود خواهد آمد.

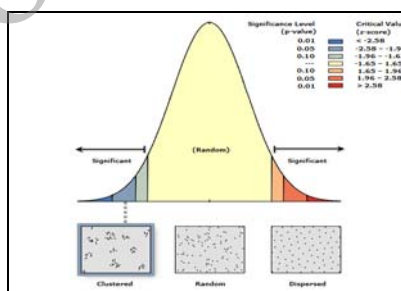
مکان‌یابی ایستگاه‌ها با توجه به اطلاعات مکانی و نیاز سنجی از شهروندان، تأثیر فراوان در کاهش هزینه‌ها و تسهیل در عبور مرور شهروندان توسط حمل و نقل همگانی دارد. به همین دلیل یکی از مراحل مهم و اثر گذار پروژه‌های حمل و نقل عمومی به شمار می‌رود. یکی از چالش‌های برنامه ریزان شهری در فضاهای شهری طراحی و مکان‌یابی ایستگاه‌های مناسب است. در شهر خرم آباد نامطلوب بودن موقعیت مکانی ایستگاه‌های اتوبوس مشکلاتی از قبیل افزایش طول زمان سفر، ازدحام، عدم دسترسی به مناسب مراکز اداری، تجاری، آموزشی، تأسیسات و تجهیزات شهری و... را برای شهروندان این شهر بوجود آورده است. با مطالعه کتابخانه‌ای در زمینه مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس، شاخص‌های تأثیرگذار در احداث مکان‌یابی ایستگاه‌ها شناسایی شده است. سپس این معیارها در محیط GIS با استفاده از عملگرهای مناسب فازی (گاما)، عضویت فازی به خود گرفتند، در نهایت لایه رقومی مناسب را از طریق روی هم گذاری معیارها با یکدیگر ایجاد شده است. لایه رقومی به دست آمده بهترین پهنه‌های فضایی را برای ایجاد ایستگاه‌های اتوبوس در

جنوب منطقه که پهنه‌ای نامناسب است، چندین ایستگاه اتوبوس قرار گرفته اند که این وضعیت نشان دهنده مکان‌یابی 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 خوشه‌ای بودن الگوی آن است (جدول ۵- ۱) و نقشه (۵- ۲).

جدول ۵. خلاصه میانگین نزدیکترین همسایه

فاصله واقعی نزدیکترین ایستگاه اتوبوس	۱۲۸,۳۴ متر
فاصله مورد انتظار نزدیکترین ایستگاه اتوبوس	۱۵۶,۳ متر
مقدار R	۰,۷۱۶
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 پراکنش فضایی خوشه‌ای بودن الگوی پراکنش ایستگاه‌های اتوبوس در شهر خرم آباد را نشان می‌دهد، بدین معناست که همچنان الگوی منظم در این فضاها وجود ندارد، بنابراین ساماندهی فضایی ایستگاه‌های اتوبوس ضروری بنظر می‌رسید.

بنابراین فرضیه تحقیق مبنی بر نامطلوب بودن مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس تأیید می‌گردد.

دسترسی آسان به محل سکونت و کار
- 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 (۱۳۸۴)، 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 شبکه قطار شهری، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم گیری چند معیاره (مطالعه موردی: خط سه قطار شهری تهران)، مدرس علوم انسانی - برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره هفدهم، شماره ۲۱

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

۱- 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.

۲- 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:
- شناخت پراکنش فضایی ایستگاه‌های اتوبوس
- بروز رسانی آمارها و اطلاعات موجود در ارتباط با کاربری‌های شهر خرم آباد
- بهره گیری از سامانه‌های نوین اطلاعاتی و مدیریتی در مکان یابی ایستگاه‌های اتوبوس.
- توسعه ایستگاه‌های اتوبوس به ویژه در مناطق پرجمعیت شهر به دلیل کاهش هزینه‌های سفر و

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

علوی سید علی، پرهیزکار اکبر، رکن‌الدین افتخاری عبدالرضا، قالیباف محمد باقر، پور موسی سید علی (۱۳۹۰) مدل سازی مکانی تقاضای سفر مبتنی بر روشی جدید برای پیش‌بینی و کاهش ترافیک (منطقه ۲ شهرداری تهران)، مدرس علوم انسانی، برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره ۴ ی پانزدهم، شماره ۴

علی عسگری، وحید (۱۳۹۰) مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های اتوبوس درون شهری، پایان‌نامه 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 روش‌های ANP و مقایسه زوجی در محیط GIS، مطالعه موردی دشت گربایگان فسا، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۴۴، زمستان ۱۳۹۰

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (۱۳۸۵)، آیین کار ضوابط مکان‌یابی 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

دفتر حمل و نقل و دبیرخانه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور، معاونت عمرانی، (۱۳۸۶)، راهنمای ایستگاه‌های سیستم اتوبوسرانی.

شاهسونی، جاسم (۱۳۹۱) تحلیل مسیریابی و مکان‌یابی 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 شاهوندی، احمد (۱۳۸۵)، مکان‌یابی فضای سبز شهری، مطالعه موردی (شهر خرم آباد)، پایان‌نامه 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) مکان‌یابی ایستگاه‌های راه آهن زیرزمین شهری مطالعه 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 از GIS، پژوهشنامه حمل و نقل سال هفتم، شماره اول

- Grava, sigurd (2004) urban transportation system, downloaded from digital engineering library at mcgraw-hill
- Saaty, T.L., 1980, The analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill, New York, p 287.
- Sarkis, J., (2002), A Models for Supplier Selection, Journal of Supply Chain Management, Volume 38, pp.18-28.
- Lee, L.W., Kim, S.H., (2000), Using Analytic Network Process and Goal Programming for Interdependent 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, International symposium 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 system in Ibadan north L.G.A. Nigeria, industrial engineering letters, vol.2, No.3, 2012
- Ziari, hassan Mahmud keymanesh and Mohamad khabiri (2007) location stations of public transportation vehicles for improving transit accessibility, transport 22, No.2
- برنامه‌ریزی شهری ۲، پژوهش‌کده تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام، گروه پژوهش‌های فرهنگی و اجتماعی، پژوهشنامه شماره ۱۸
- یزدان پناهی ملیسا، ملکی کیمیا (۱۳۹۰) « بررسی جایگاه حمل و نقل در توسعه اقتصادی پایدار 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 Journal of Production Economics, Volume 96, pp.15-36.
- Dyson, R.G., (2004), Strategic Development and SWOT Analysis at the University of Warwick, European Journal 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, Encamp Congress.
- Ertay, T., Ruan, D., Tuzkaya, U.R., (2006), Integrating Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy for the Facility Design in Manufacturing Systems, Information Science, Volume 176, pp 237-262.
- Henrik hall, carl (2006) a framework for evaluation and design of an integrated public transportation department of science and technology, linköping 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 research in accounting, finance and management sciences, vol.3, No.4, pp. 18-26
- Grava, sigurd (2003) urban transportation system: choices for communities