ارزیابی وضعیت پوشش ایستگاههای اتوبوس بر اساس مدل تحلیل سلسله مراتبی در GIS با رویکرد یکپارچه سازی سیستم حمل و نقل عمومی (مطالعه موردی منطقه ۴ شهرداری تهران)

محمد مهدی میرزایی[۱] ، یعقوب آزاده دل[۲] ، محسن بهادر[۳]
۱- کارشناس ارشد مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل
۲- کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری
۳- کارشناس ارشد مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل

چکیده

انواع سیستم های حمل و نقل همگانی در کنار یکدیگر، باید شرایطی از قبیل ایمنی و راحتی برای جابجایی مسافران فراهم نمایند. از طرفی زیر سیستمها در مجموعه مورد نظر باید در جایگاه مناسب خود قرار گیرد و در حوزه عملکرد خویش به نحو مناسبی انجام وظیفه نماید، تا کارآیی کل سیستم بهینه گردد. یکپارچه سازی از جهات بسیار متفاوتی برای سیستم حمل و نقل همگانی قابل بررسی است. در این پژوهش یکپارچه سازی عملکردی زیرسیستم های حمل و نقل همگانی آنهم اتوبوسرانی و تنها از منظر پوشش ایستگاهها و دسترسی شهروندان مدنظر است. جهت ارزیابی معابر و سطح پوشش توسط ایستگاه‌های اتوبوس با استفاده از معیارهایی همچون پارامترهای ترافیکی، جمعیتی و کالبدی پس از بدست آمدن وزن اولیه معیار های اصلی و فرعی، با تلفیق لایه‌های آنها و اعمال ضرایب نهایی معابر دارای ارزش و نیازمند به ایستگاه اتوبوس طبقه‌بندی می‌شوند و در نهایت نیز با همپوشانی این لایه و ایستگاه‌های اتوبوس می‌توان در خصوص مناسب یا نامناسب بودن موقعیت ایستگاه‌ها و یا نیازمندی معابر به استقرار ایستگاه جدید تصمیم‌گیری نمود.

وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها براساس مدل تحلیل سلسله مراتبی[۴] و تلفیق، تجزیه و تحلیل دادها توسط سیستم اطلاعات مکانی[۵] با هدف ارائه الگویی جهت ارزیابی معابر شهری از منظر پوشش ایستگاه‌های اتوبوس می‌باشد. در نهایت این تحقیق مناسب و متناسب بودن پراکندگی ایستگاههای اتوبوس را در سطح منطقه و بخصوص معابر دارای ارزش بالا را به خوبی مشخص می نماید. در همین راستا منطقه ۴ شهرداری تهران به عنوان مطالعه موردی مدنظر قرار گرفته است.

کلید واژه: GIS, AHP، اتوبوس، حمل و نقل عمومی

۱- مقدمه

سیستم حمل و نقل همگانی، مهم‌ترین بخش یک سیستم حمل و نقل است که بهبود آن اثرات بسیاری در عملکرد کل سیستم خواهد داشت به طوریکه تاثیر آن بر روند جریان تقاضا و میزان و نحوه جابجایی روزانه مسافرین کاملاً مشهود است[۱].

همچنین با توجه به محدودیت هایی که از نظر اقتصادی وجود دارد، سیستم های حمل و نقل باید در عین حال که نیازهای جابه جایی مسافران را تأمین می نمایند، از نظر منابع مالی نیز قابل توجیه باشند. درنتیجه با ایجاد ارتباط و هماهنگی مناسب در جنبه های مختلف سیستم های حمل و نقل همگانی و درنظر گرفتن نیازهای موجود می توان سیستم حمل و نقل یکپارچه ای را ایجاد نمود تا در کنار افزایش مطلوبیت سیستم حمل و نقل همگانی در جامعه باعث بهبود پارامترهای ترافیکی نیز گردد.

یکپارچه سازی را می توان هماهنگی بین اجزای سیستم حمل و نقل (یا مدها)، و بین سیستم حمل و نقل با فرا سیستم ها و فرو سیستم های موجود تعریف نمود. بنابراین یکپارچه سازی علاوه بر هماهنگ سازی درون سیستمی به هماهنگ سازی سیستم حمل و نقل با سیستم های مرتبط دیگر نیز می پردازد. چندین دهه است که در کشورهای مختلف به مسئله هماهنگ سازی حمل و نقل توجه شده است. اولین سیستم یکپارچه حمل و نقل شهری در آلمان (هامبورگ) در سال ۱۹۶۵ تحت عنوان فدراسیون سیستم های حمل و نقل همگانی هامبورگ راه اندازی شد. در لندن بیش از ۳۰ سال است که شورای شهر لندن هماهنگ سازی حمل و نقل را انجام می دهد. سیستم های حمل و نقل در تورنتو (کانادا) از سال ۱۹۵۴بصورت یکپارچه طراحی شده اند. [۲]. بدین منظور در شهرهای کشور نیز انواع سیستم های حمل و نقل همگانی باید طوری طراحی و به کار گرفته شوند تا در مناطق مختلف، سیستم حمل ونقل مناسبی فعالیت نماید و همراه با ارتباط و هم پوشانی با سیستم های حمل و نقل همگانی مختلف،

sm_mirzaei@yahoo.com
yakoobazadehdel@yahoo.com
mohsenbahador@yahoo.com

4-AHP
5- GIS

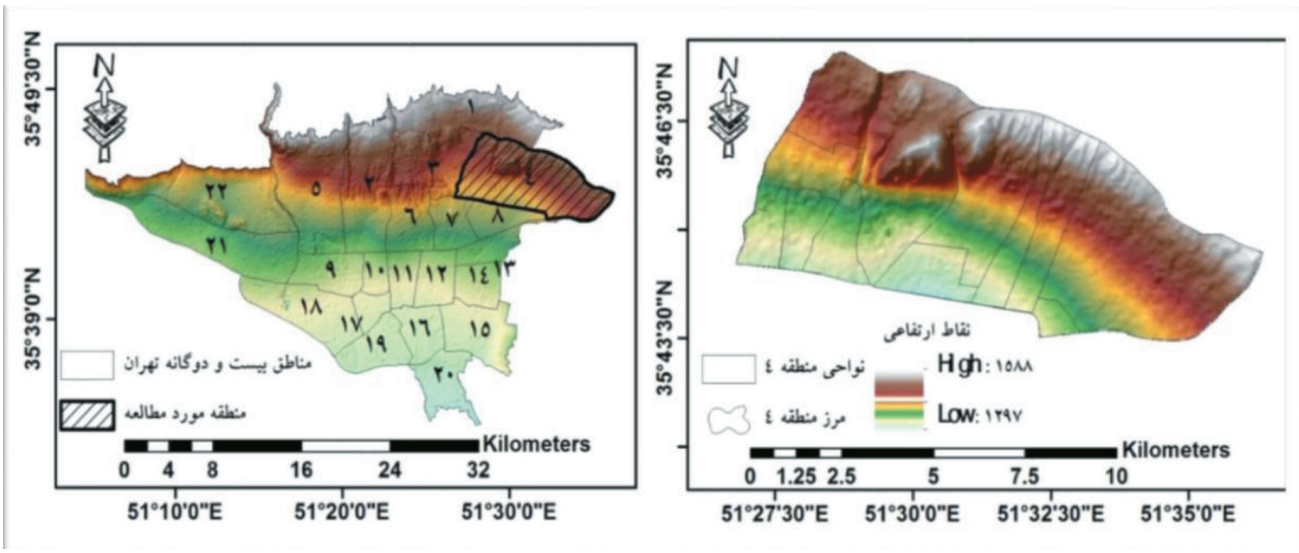
کل شهر طوری پوشش داده شود تا در کنار این مساله که از ظرفیت سیستم حمل نقل همگانی موجود به بهترین شکل استفاده می گردد، مطلوبیت و جذب سفر مسافر نیز توسط مجموعه سیستم حمل و نقل همگانی حداکثر شود.

۲- تعریف مسأله و اهداف تحقیق

شهر تهران به عنوان اولین کلانشهر کشور با مشکلات فراوانی در عرصه حمل و نقلی روبرو است که باعث تحمیل هزینه‌های اجتماعی فراوانی هم به گردانندگان سیستم (مسئولین) و هم استفاده‌کنندگان سیستم (شهروندان) شده است. برای غلبه بر معضلات ترافیکی، از دیرباز، سیاست‌ها و روش‌های مختلفی با توجه به شرایط و ویژگی‌های سامانه حمل و نقل مورد بررسی قرار گرفته و با در نظرگیری پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های موجود، راهکارهای اجرایی متناسب، ارائه و پیشنهاد شده است. یکی از مؤثرترین اقدامات، گسترش استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی در جهت کاهش استفاده از وسیله نقلیه شخصی است. امروزه تمامی کارشناسان به اتفاق بر این عقیده‌اند که تنها راه برون رفت از مشکلات ترافیک، گسترش حمل‌ونقل عمومی است. در این راستا، لازم است با شناسایی دقیق سیستم‌های حمل و نقل عمومی موجود، اقدامات لازم در جهت بهبود کارایی سیستم حمل و نقل عمومی صورت پذیرد. در این تحقیق نیز با در نظرگرفتن ابعاد مختلف شهر و اجزاء آن به ارزیابی معابر و ایستگاه های حمل و نقل عمومی موجود در سطح منطقه ۴ شهرداری تهران به عنوان یکی از پارامترهای عملکردی و یکپارچه سازی سیستم حمل و نقل همگانی پرداخته خواهد شد.

۳- محدوده مورد مطالعه

همانطور که در نقشه شماره (۱) نشان داده شده است، این منطقه از طرف شمال، به خط ۱۸۰۰ و حریم منطقه۱، از طرف غرب در حدود خیابان لنگری با منطقه ۱ و در پاسداران با منطقه ۳. از طرف جنوب با مرز خیابان رسالت با مناطق ۷ و ۸ و در محدوده خیابان دماوند با منطقه ۱۳ از طرف شرق به حریم منطقه ۴ محدود می‌شود. بدین ترتیب منطقه ۴ با مناطق ۱، ۳ ، ۷ ، ۸ و ۱۳ دارای بدنه مشترک و همجوار است. منطقه ۴ شهرداری تهران به عنوان یکی از پرجمعیت‌ترین، وسیع ترین، مهاجرپذیرترین، پرساخت و سازترین، دارنده بزرگ‌ترین حریم با دارا بودن پارک جنگلی لویزان و همچنین با ویژگی‌هایی چون وجود نابرابری اجتماعی- اقتصادی شدید در آن، جوان بودن میانگین سنی جمعیت، وجود اقشار آسیب‌پذیر در محله‌هایی همچون خاک سفید، شمیران نو، شیان و ... از سایر محله‌های تهران قابل تمایز و تفکیک است.



شکل (۱). محدوده مورد مطالعه [۳].

۴- وضعیت خطوط و ایستگاه‌های اتوبوس منطقه ۴ شهرداری تهران

۴-۱- سیستم اتوبوسرانی

عمده‌ترین جزء سیستم حمل و نقل عمومی، به خصوص در کشور ما، سیستم اتوبوسرانی است. هزینه پایین‌تر، آلودگی کمتر، اشغال پایین‌تر سطح خیابان دلایلی برای استفاده بیشتر از این اتوبوسرانی است. برای بهبود سیستم اتوبوسرانی نیاز به شناخت دقیق اجزا مختلف آن شامل ناوگان، شبکه خطوط، تسهیلات جانبی پایانه‌ها، نحوه سرویس‌دهی و ... است.

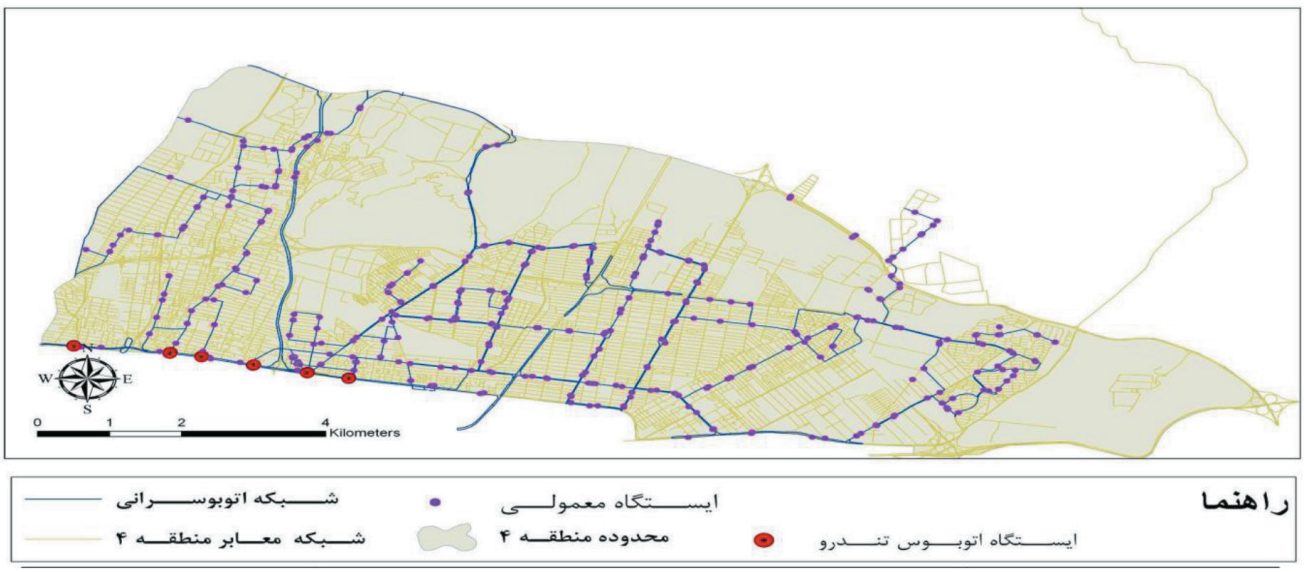
۴-۲- شبکه اتوبوسرانی منطقه ۴

تعداد ۱۹ خط اتوبوس از منقطه ۴ می‌گذرد که از نظر چگونگی عبور این خطوط از منقطه ۴ می‌توان آنرا به ۳ دسته تقسیم کرد:

الف- خطوطی که تمام مسیر آن در داخل منطقه قرار دارد.

ب- خطوطی که در طی مسیر خود از داخل منطقه نیز عبور می‌کنند.

ج- خطوطی که به صورت مماس بر محدوده منطقه عبور می‌کنند. (برای خطوط شمالی و شرقی در صورتی که مبداء یا مقصد آنها داخل محدوده منطقه واقع شده باشد) [۳].



شکل (۲). موقعیت ایستگاه‌های اتوبوس در منطقه ۴ [۳].

۴-۳- ایستگاه‌ها

فاصله، موقعیت، طراحی و بهره‌برداری از ایستگاه‌ها اثر مهمی بر روی عملکرد سیستم اتوبوسرانی دارند. فاصله بین ایستگاه‌ها در برنامه زمانبندی نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. همچنین موقعیت و فاصله ایستگاه‌ها از یکدیگر بر زمان سفر و نتیجتاً بر روی تقاضا تاثیر می‌گذارد، که در این رابطه باید به دو نکته مهم توجه داشت:

الف- زیاد بودن فاصله ایستگاه‌ها از یکدیگر موجب عدم دسترسی مسافران بین راهی به اتوبوس در بین دو ایستگاه مبدا و مقصد و عدم پوشش متناسب تقاضا می‌شود.

ب- کم بودن فاصله ایستگاه‌ها نیز موجب کاهش سرعت و عملکرد اتوبوس در خطوط داخلی شهری می‌گردد.

هر دو مورد عنوان شده در بالا با راحتی سفر در استفاده از اتوبوس ارتباط مستقیم دارند، زیرا وجود دسترسی مناسب به اتوبوس‌ها در ایستگاه‌ها و حذف زمان اندک تا رسیدن به مقصد از مشخصه‌های راحتی سفر می‌باشد. لذا در تعیین فاصله ایستگاه‌ها از یکدیگر بایستی دقت لازم را داشت.

۵- مدل سلسله مراتبی AHP (Anatical hierarchy Process)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند معیاره (کمی یا کیفی) می‌باشد که اساس آن بر مقایسه‌های زوجی نهفته است. تصمیم گیرنده، کار خود را با فراهم آوردن درخت سلسله مراتب تصمیم آغاز می‌کند. درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس با انجام مقایسه‌های زوجی، وزن هر یک از عوامل را در راستای گزینه‌ها مشخص و در نهایت منطق AHP به گونه‌ای اوزان نسبی حاصل برای عوامل و گزینه‌ها با همدیگر تلفیق می‌کند تا تصمیم بهینه حاصل آید.

۵-۱- فرایند تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آنها می‌پردازد. این روش کاربردهای فراوانی در مسائل اقتصادی و اجتماعی پیدا کرده است و در سال‌های اخیر در امور مدیریتی نیز به کار رفته است [۴].

این فرایند طی سه مرحله ذیل انجام می گیرد:

- ساختن سلسله مراتبی
- انجام مقایسات زوجی
- محاسبه وزن (وزن‌دهی)

۵-۱-۱- ساختن سلسله مراتبی

اولین قدم در فرایند تحلیل سلسله مراتبی ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسأله می‌باشد که در آن هدف , معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند.

۵-۱-۲- انجام مقایسات زوجی

استفاده از پرسشنامه مقایسات زوجی برای بررسی ارجحیت برای معیارها و گزینه‌ها ابزار کاربردی روش مذکور می‌باشد. پرسشنامه مذکور طیف مقایسه‌ای ۹-۱ را استفاده می‌کند. این مقیاس مقایسه، تصمیم گیرنده را قادر می‌سازد تا دانش و تجربه را به طور شهودی (حسی) متحد ساخته و تعیین کند که یک عنصر تا چند برابر بر عنصر دیگر با لحاظ معیار غالب است. این مقیاس، از نوع اعداد صحیح است. تصمیم گیرنده این امکان را دارد که ترجیح خود را در غالب هر جفت از عنصر به صورت کلامی، اهمیت برابر، نسبتا مهم‌تر، مهم‌تر، بسیار مهم‌تر، بی‌نهایتمهم‌تر بیان کند. این ترجیحات توصیفی در گام بعد به ترتیب به مقادیر عددی ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ ترجمه می‌شوند. مقدارهای ۲، ۴، ۶ و ۸ نیز به عنوان مقادیر میانه در مقایسه بین دو قضاوت متوالی به کار می‌روند. معکوس این اعداد در مورد طرف دیگر قضاوت‌ها به کار می‌آید. جدول شماره (۱) مقیاس مقایسه مورد استفاده در AHP را نشان می‌دهد.

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	
۹	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم تر یا کاملاً مطلوبتر	EXTREMELY PREFERED
۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	VERY STRONGLY PREFERED
۵	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	STRONGLY PREFERED
۳	کمی مرجح یا کمی مهمتر یا کمی مطلوبتر	MODERATLY PREFERED
۱	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	EQUALLY
۸،۶،۴،۲	ترجیحات بین فواصل فوق	

جدول (۱). مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی [۴] .

۵-۱-۳- محاسبه وزن (وزن دهی)

از آنجاکه هدف تحقیق مورد نظر اولویت‌بندی شاخص‌های تأثیرگذار در تصمیم‌گیری می‌باشد، لذا نیازمند به کارگیری یک روش وزن‌دهی می‌باشیم. محاسبه وزن و به عبارتی وزن‌دهی معیارها، به روش‌ها و مدل‌های متفاوتی انجام می‌گیرد.

- نرخ ناسازگاری

یک ماتریس ممکن است سازگاریا ناسازگار باشد (اگر A دو برابر B اهمیت داشته باشد و B سه برابر C مهم باشد چنانچهA شش برابر C اهمیت داشته باشد این قضاوت را سازگار می‌گوئیم و در غیر اینصورت ناسازگار) در ماتریس سازگار محاسبه وزن ساده می‌باشد و با استفاده از نرمالیزه کردن تک‌تک ستون‌ها بدست می‌آید، در حالیکه برای محاسبه وزن در ماتریس ناسازگار چندین روش ذکر گردیده است. علاوه بر محاسبه وزن در ماتریس‌های ناسازگار که قبلاً مورد بحث واقع شد، محاسبه مقدار C ناسازگاری از اهمیت بالایی برخوردار است.جهت انجام تست سازگاری مراحل زیر طی می‌شود [۴].

- بردار مجموع وزنی (WSV) $WSV = W.A$
- بردار سازگاری $C.V = \frac{WSW}{Wi}$
- شاخص سازگاری $C.I = \frac{\lambda max - n}{n-1}$
- نرخ سازگاری $C.R = \frac{C.I}{R.I}$

اگر ضریب مذکور بیشتر از ۰/۱ باشد به این معنا است که محاسبات انجام شده خطا می‌باشد و می‌بایستی که عملیات و فرایند وزن‌دهی مجددا انجام گیرد و در صورتی که پائین‌تر از رقم مذکور باشد نشان دهنده صحت فرایند وزن‌دهی است [۵].

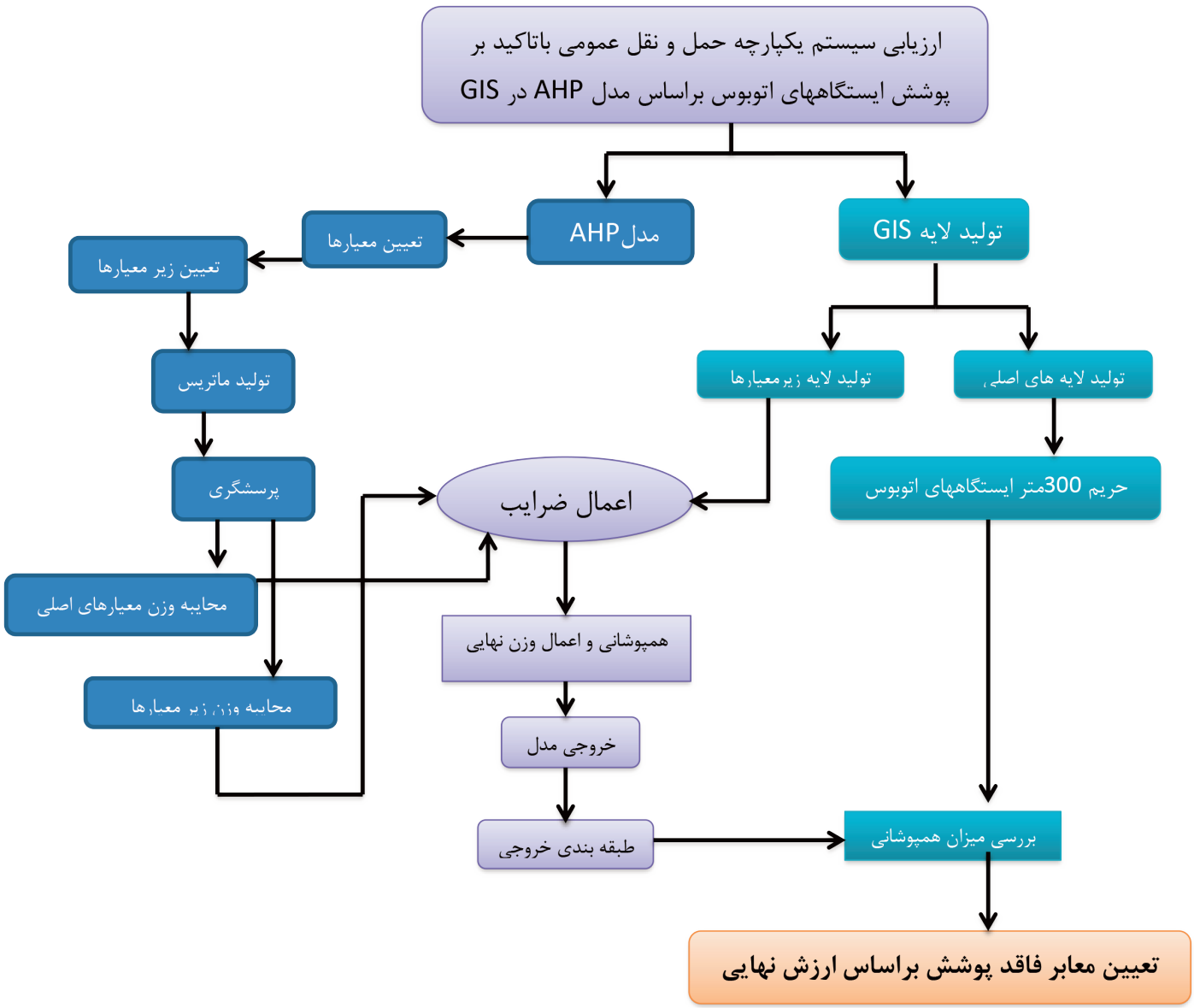
ارزیابی معیارها و تعیین وزن معیارها از طریق فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP): پس از تعیین معیارها، بر اساس میزان ارزش معیارها برای حمل و نقل شهری و منطقه ۴ تهران، وزن‌دهی شدند. برای این منظور از روش‌های تصمیم گیری MCDM استفاده می شود. روش‌های MCDM به عنوان یک فیلد مهم در تصمیم گیری‌ها و انتخاب گزینه های مختلف نقش مهمی دارد و با استفاده از معیارهای مختلف و طبقه بندی شاخص ها گزینه مناسب را انتخاب می‌کند(Baran & ak ,۲۰۱۴;۳۲۳) و اجازه می‌دهد طیفی از معیارهای وابسته به یک مبحث، وزن‌دهی شده و سپس به وسیله کارشناسان و گروهای ذینفع رتبه‌بندی شوند(Zucca et all,۲۰۰۰;۷۵۴). تصمیم‌گیری غالباً با توجه به معیارهای متعددی انجام می‌پذیرد(هیبتی: ۱۳،۱۳۷۸) و زمانی که معیارها و شاخص ها متضاد و در تقابل هم باشند، ارزیابی آنها و بررسی ارتباطات و اثرات متقابل پیچیده خواهد بود (خورشیددوست و عادلی: ۲۷،۱۳۸۸). روش AHP یکی از روش‌های تصمیم گیری و انتخاب گزینه مناسب می‌باشد (Baran & ak ,۲۰۱۴;۳۲۳) که دارای مزایایی همچون اندازه گیری سازگاری در نظرات تصمیم گیرندگان و تجزیه و تحلیل مساله به صورت سلسله مراتبی است(Bevilacqua & Braglia ,۲۰۰۰;۷۱). از روش تحلیل سلسله مراتبی می‌توان در حوزه مسائل و امور حمل و نقل انتخاب مکان یا گزینه مطلوب حمل و نقل عمومی در شهر استفاده کرد(احدی و علیجانی خسرقی؛ ۶،۱۳۹۲).

۶- سیستم اطلاعات جغرافیایی[1]

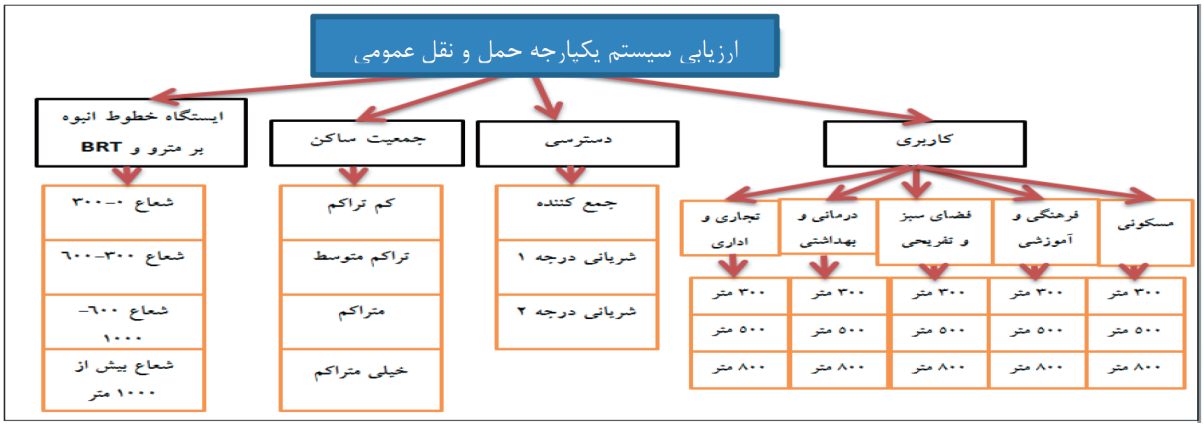
در تجزیه و تحلیل مسائل شهری، می‌بایست به طور همزمان حجم انبوهی از متغیرها در نظر گرفته شده و تصمیم‌گیری‌ها بر اساس ارزش و وزن هر یک از متغیرها اتخاذ گردد و این امر بدون استفاده از یک مدل مناسب و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) میسر نیست [۱۰]. اهمیت استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در برنامه‌ریزی شهری با گسترش سریع شهرها و افزایش سرسام‌آور اطلاعات که باید برای مدیریت شهری پردازش شوند، روشن شده است [۱۱]. استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در برنامه‌ریزی جغرافیایی در زمینه مدیریت شهری و کاربری‌های آن کمک می‌کند تا در سریعترین زمان ممکن مکان‌هایی مناسب جهت کاربری‌های مورد نیاز در سطح شهر پیدا شده و به معنای عام نقشه مکان‌یابی بهینه را به برنامه‌ریزان ارائه دهند. این در صورتی ممکن می‌شود که مدیران اطلاعات وضع فعلی را به بهترین نحو در لایه‌های اطلاعاتی جداگانه در اختیار سیستم قرار دهند [۲۱].

یکی از مهم‌ترین بخش‌های روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تعریف سلسله مراتب می‌باشد. همان‌طوری که اشاره گردیده است، سلسله مراتب پروژه مذکور دارای ۴ سطح می‌باشد که در بالاترین سطح، یعنی سطح اول هدف تصمیم قرار دارد. در سطح دوم، معیارها و شاخص‌های تصمیم‌گیری قرار دارند که خود این معیارها می‌توانند دارای زیرمعیار در سطوح مختلف باشند. در سطح آخر نیز گزینه‌های تصمیم قرار دارند. سلسله مراتب پروژه حاضر براساس توضیحات در شکل (۳) آورده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود، در سطح اول ارزیابی تسهیلات حمل و نقل عمومی همانا هدف تصمیم قرار دارد.

1- GIS



شکل(۳). نمودار مدل مفهومی(ماخذ: نگارنده)

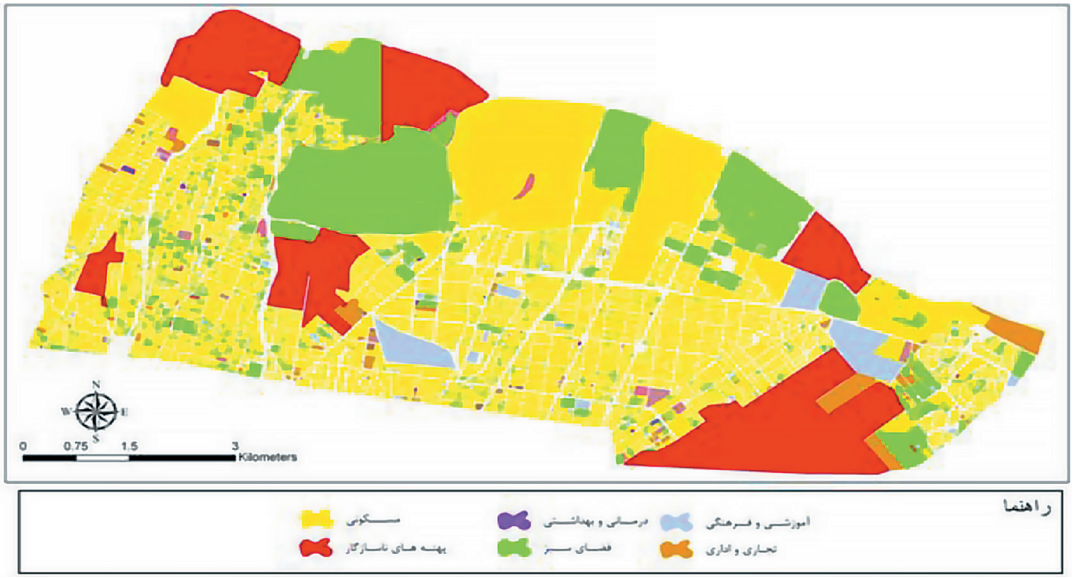


شکل(۴). درختواره فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (ماخذ: نگارنده)

معیارهای در نظر گرفته شده، شامل ۴ معیار اصلی می‌باشند که عبارتند از:

- **کاربری**

ایستگاههای حمل و نقلی، جمعیت، کاربری و دسترسی به عنوان معیارهای اصلی جهت ارزیابی حمل و نقل شهری انتخاب گردیدند که هر کدام زیرمعیارهای جداگانه دارند. کاربری‌های مورد نظر پژوهش دارای ویژگی سازگار و ناسازگار می باشند. سازگاری یا ناسازگاری هر کاربری نیز از طریق پرسشنامه توسط کارشناسان تعیین گردید. بر طبق نتایج، در بخش کاربری‌ها، کاربری‌های مسکونی، آموزشی و فرهنگی، فضای سبز و تفریحی، درمانی و بهداشتی، تجاری و اداری به عنوان کاربری‌های سازگار در منطقه بوده و کاربری‌های نظامی، صنایع، تاسیسات و تجهیزات، حمل و نقل و انبارها جزء کاربری‌های ناسازگار می‌باشند. در این خصوص این کاربری‌ها (سازگار) به عنوان زیر معیار کاربری‌ها و برای هر کدام از این زیر معیارها یا معیارهای فرعی به ترتیب با شعاع دسترسی ۳۰۰، ۵۰۰ و ۸۰۰ متر جهت وزن‌دهی نهایی تعیین گردید. در خصوص حداقل شعاع دسترسی، رعایت شده، که هر شخص با حداقل ۳۰۰ متر پیاده‌روی به یک ایستگاه حمل و نقل عمومی دسترسی پیدا کند و برای حداکثر شعاع دسترسی، بیشترین شعاع برای اینکه شخص انگیزه پیاده‌روی داشته باشد ۸۰۰ متر می‌باشد.



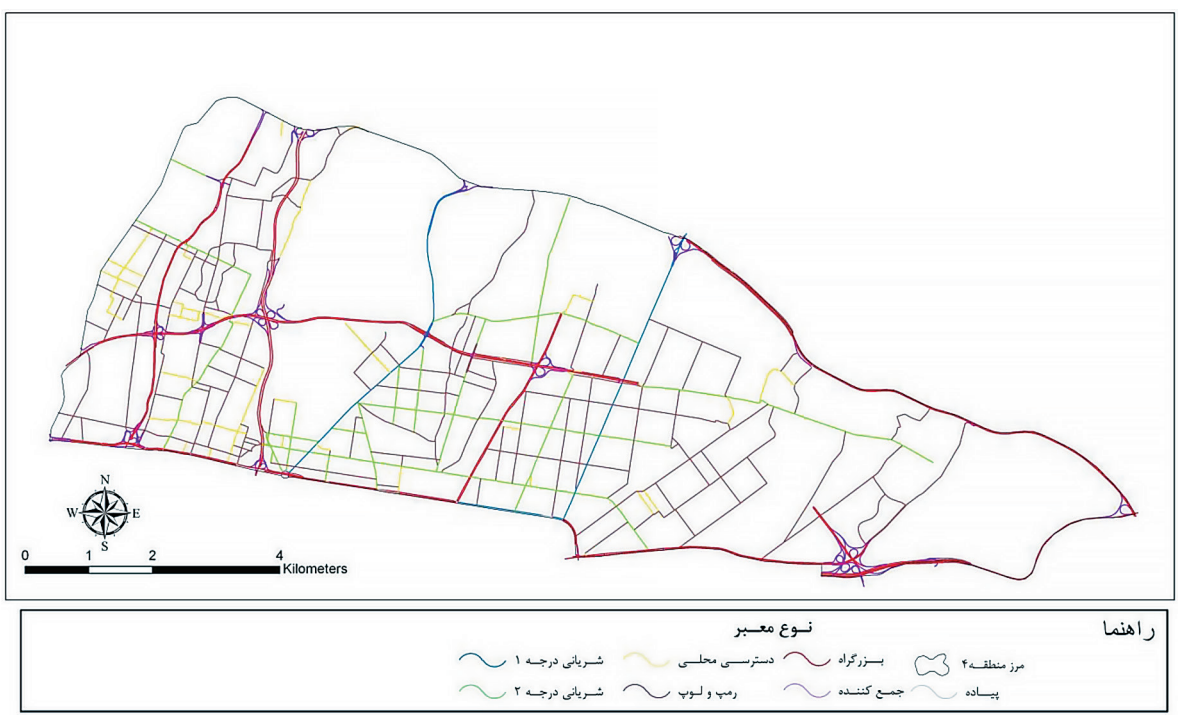
شکل (۴). کاربری‌های منطقه ۴ شهرداری تهران [۳].

- **دسترسی (شبکه معابر)**

در رمپ و لوپ و خیابان‌های محلی امکان ایجاد ایستگاه وجود ندارد و از طرف دیگر استقرار ایستگاه در معابر بزرگراهی نیازمند به تدابیر ویژه و خاص می‌باشد. لذا در این تحقیق فقط سه نوع از معابر، جمع‌کننده، شریانی درجه ۱ و شریانی درجه ۲ به عنوان زیرمعیار در نظر گرفته شدند و با توجه به قرار گرفتن معابر شهری منطقه در پهنه‌های ناسازگار یا ناایمن مانند پهنه‌های صنعتی، نظامی، احداث ایستگاه اتوبوس در اینگونه معابر با سایر معابر شهری کاملاً متفاوت است چرا که نیاز به تدابیر خاص مهندسی و ایمنی دارد و اینگونه معابر نیز در گروه معابر غیرمجاز در ارزیابی طبقه‌بندی گردیده‌اند. به تفکیک کمیت فیزیکی این معابر در محدوده منطقه ۴ شهرداری تهران به شرح جدول (۲) آورده شده است [۳۱].

نوع خیابان	طول معبر		مساحت معبر (هزارمترمربع)					نسبت سطح سواره رو به کل حریم (درصد)	نسبت سطح آسفالت به کل حریم (درصد)	متوسط عرض کل معبر (متر)
	کیلومتر	درصد	سواره رو	پارکینگ	آسفالت	پیاده رو،جوی آب،میانه راه	حریم راه			
جمع کننده و دسترسی محلی	۱۴۲	۴۹	۱۳۵۲	۳۹۹	۱۷۵۰	۹۹۷	۲۷۴۷	۴۹	۶۴	۱۹/۳۳
شریانی درجه ۲	۴۱	۱۴	۵۷۸	۱۱۴	۶۹۲	۴۲۷	۱۱۱۹	۵۲	۶۲	۲۷/۴۹
شریانی درجه ۱	۱۴	۵	۱۹۹	۱۶	۲۱۵	۲۰۷	۴۲۳	۴۷	۵۱	۳۰/۲۵
بزرگراه	۵۶	۱۹	۱۶۱۲	۰	۱۶۱۲	۵۲۴	۲۱۳۵	۷۵	۷۵	۳۸/۱۸
رمپ و لوپ	۳۶	۱۳	۲۸۴	۰	۲۸۴	۸	۲۹۲	۹۷	۹۷	۸/۰۶
جمع	۲۸۹	۱۰۰	۴۰۲۵	۵۲۹	۴۵۵۳	۲۱۶۳	۶۷۱۶	۶۰	۶۸	۲۳/۲۴

جدول (۲). وضعیت شبکه معابر عملکردی (اصلی) منطقه ۴ شهرداری تهران [۳۱].

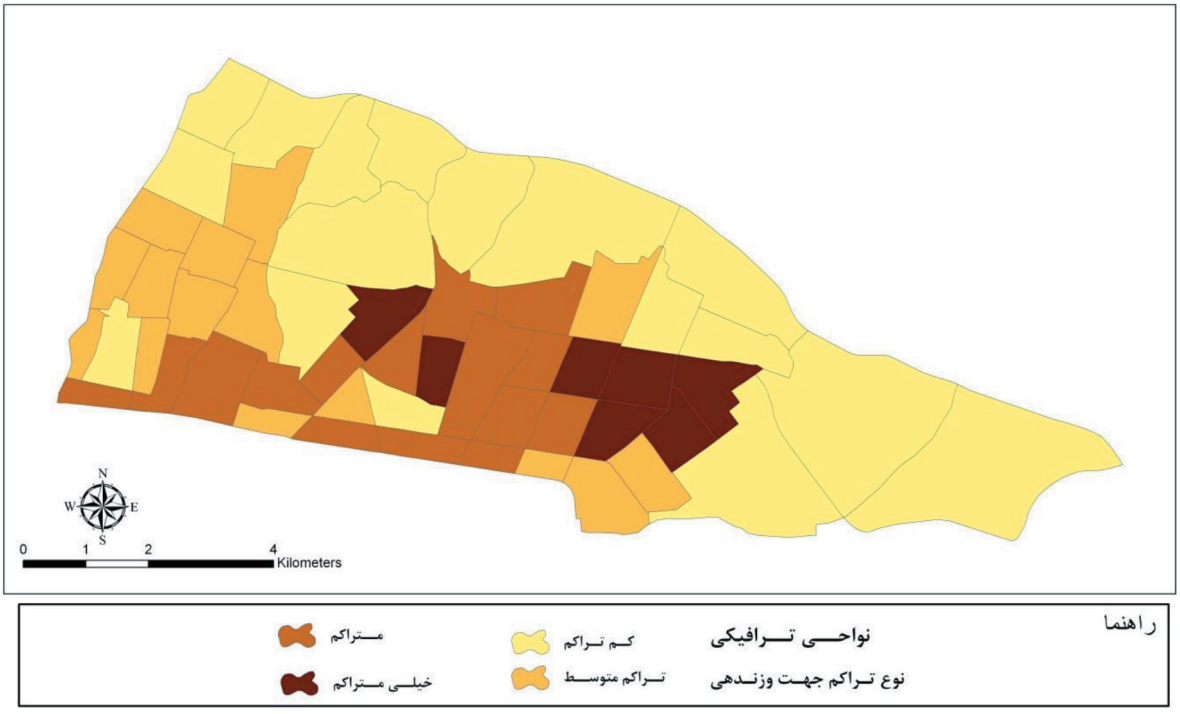


شکل (۵). شبکه معابر منطقه ۴ [۳].

• **جمعیت ساکن**

آگاهی از رقم کل جمعیت یک منطقه تنها و به طور مطلق کافی نیست، باید آن جمعیت در ارتباط با سایر عوامل هم مورد مطالعه و مقایسه قرار گیرد. تراکم از مهم‌ترین رابطه‌ها و عواملی است که در ارتباط با ساخت جمعیتی باید مورد بررسی قرار گیرد. تراکم نسبی رابطه بین جمعیت و مساحت منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

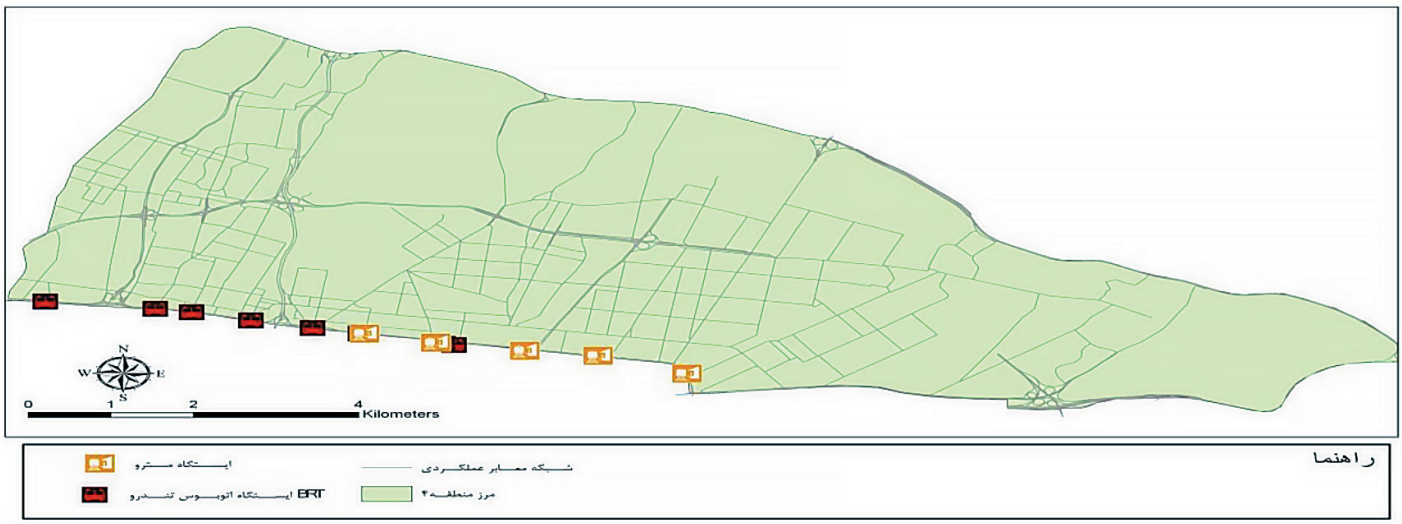
با توجه به اینکه کلانشهر تهران دارای تراکم جمعیت بسیار بالایی می‌باشد و منطقه ۴ شهرداری تهران نیز از تراکم بسیار بالایی برخوردار است لذا طبقه‌بندی این معیار با توجه به در نظر گرفتن جمعیت و وسعت منطقه نسبت به سایر مناطق به صورت زیر آورده شده است. در این خصوص جمعیت و ارزیابی آن و با توجه به اینکه معیار اصلی این تحقیق نیز جمعیت ساکن می باشد اطلاعات جمعیتی از بلوک های آماری (مرکز آمار) در قالب نواحی ترافیکی ایجاد گردید که بر این اساس تراکم جمعیتی در این منطقه به ۴ زیر معیار از نظر میزان تراکم در واحد سطح به شرح ذیل تقسیم گردید شکل (۶) تراکم در نواحی ترافیکی منطقه ۴ شهرداری تهران را نشان داده است.



شکل (۶). تراکم نواحی ترافیکی منطقه ۴ شهرداری تهران [۳].

• **ایستگاه های خطوط انبوه بر(مترو و BRT)**

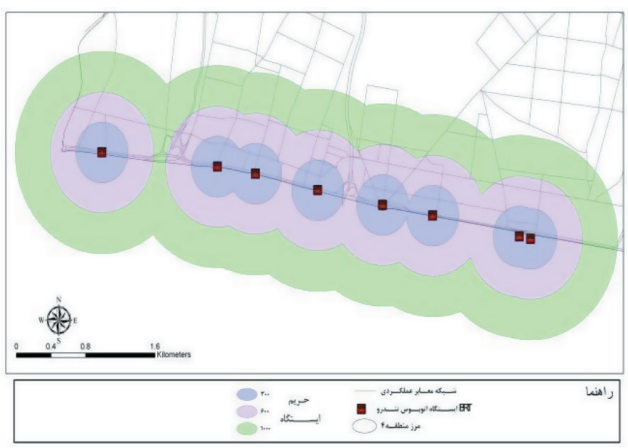
با توجه به حجم بالای جابجایی مسافر توسط خطوط متور و اتوبوس تندرو، در مهندسی حمل و نقل شهری از اینگونه تسهیلات به عنوان مدهای حمل و نقلی انبوه بر نام برده می‌شود. از آنجا که این خطوط روزانه تعداد زیادی از شهروندان را در بین مقاصد مختلف جابجا می نمایند از میزان جذب سفر بالایی برخوردارند و از آنجا که درگاه ورودی به این خطوط، ایستگاه‌های آنها در سطح شهر می‌باشند. از این نقاط به عنوان یک معیار می‌توان استفاده کرد. از طرف دیگر با توجه به اینگونه ایستگاه‌ها باید توسط سایر مدهای حمل و نقلی به خصوص اتوبوس و تاکسی تغذیه گردند، از اهمیت ویژه‌ای در این تحقیق برخوردار می‌شوند. این ایستگاه‌ها در حاشیه جنوبی منطقه ۴ واقع شده‌اند که می‌توان گفت ۵ ایستگاه مترو و ۸ ایستگاه اتوبوس تندرو می‌باشند.



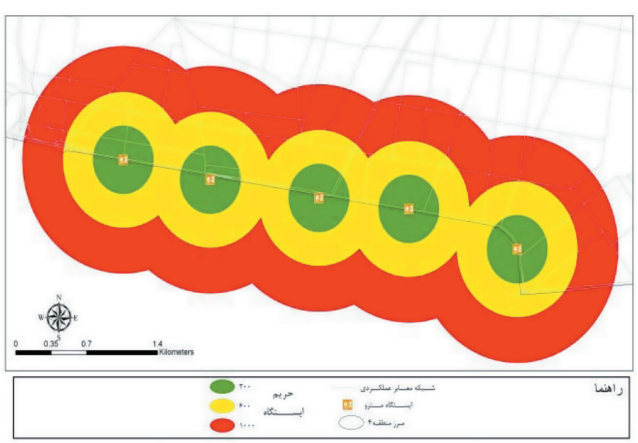
شکل (۷). تراکم نواحی ترافیکی منطقه ۴ شهرداری تهران [۳].

معیار ایستگاه های خطوط انبوه بر (مترو و BRT)

- شعاع دسترسی ۰ تا ۳۰۰ متر
- شعاع دسترسی ۳۰۰ تا ۶۰۰ متر
- شعاع دسترسی ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر



شکل (۷). ایستگاه BRT منطقه ۴ شهرداری تهران [۳].



شکل (۸). ایستگاه مترو منطقه ۴ شهرداری تهران [۳].

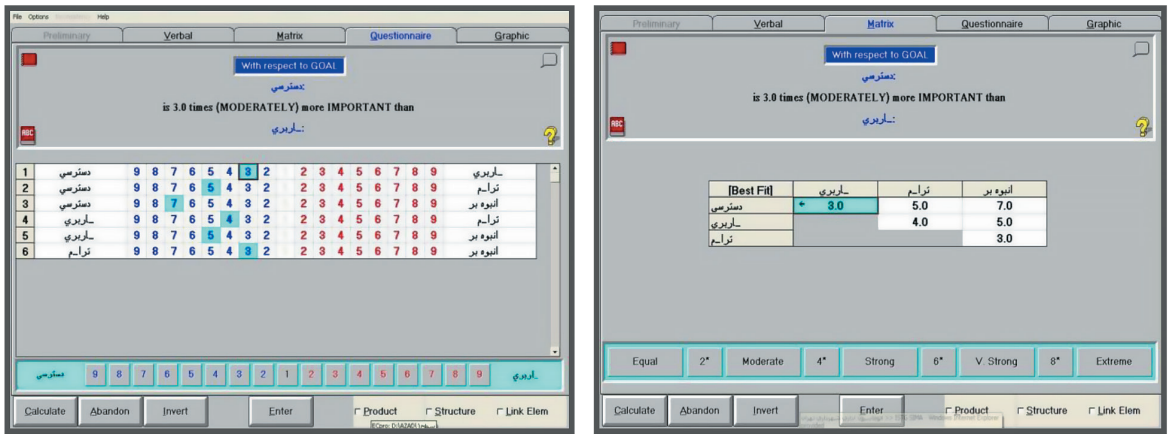
۷- ارزیابی معیارها و تعیین وزن هر معیار

بعد از جمع‌آوری و ارزیابی مقایسه‌های زوجی انجام گرفته، رفع نواقص و حذف پرسشنامه‌های بی‌اعتبار (مقایسه نامتعارف) (به عنوان نمونه ۵۰ پرسشنامه که توسط کارشناسان خبره تهیه شده بود، ۲۰ پرسشنامه دارای خطا بودند بدین صورت که RI بالایی داشتند و ۳۰ پرسشنامه باقی ماند) برای وزن‌دهی از نرم‌افزار Expert Choice استفاده می‌نماییم.

۷-۱- ماتریس مقایسه زوجی معیارها و زیرمعیارها و اعمال ضرایب مربوطه به لایه‌های مکانی

۷-۱-۱- وزن معیارهای اصلی

مقایسه زوجی معیارهای اصلی بدست آمده نشان داد شد که حاصل خروجی وزن‌دهی معیارهای اصلی عبارتند از: معیار کاربری وزن ۰/۲۸۱، معیار دسترسی وزن ۰/۵۵۶، معیار جمعیت وزن ۰/۱۰۹، معیار ایستگاه‌های خطوط انبوه‌بر (مترو و BRT) وزن ۰/۰۵۴ را دارا می‌باشند. ضریب ناسازگاری ۰/۰۶ می‌باشد که حاکی از مقایسه زوجی مناسب و وزن‌دهی مناسب است.



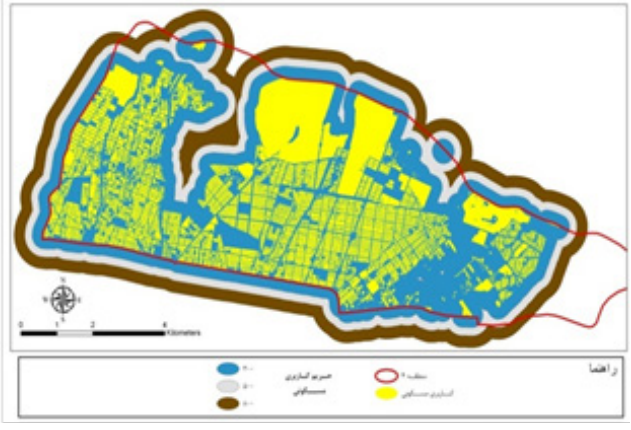
شکل (۹). نمونه ای از محاسبه اوزان معیارها در نرم افزار Choice Expert

۷-۱-۲- وزن زیرمعیارهای کاربری اراضی

از مقایسه زوجی زیرمعیار کاربری‌ها به دست آمد، نشان داده شده که ابتدا زیرمعیار کاربری‌ها با هم مقایسه زوجی شده و وزن حاصل از آن به دست آمد که در نتیجه وزن به دست آمده عبارت است از: مسکونی ۰/۵۸۱، آموزشی و فرهنگی ۰/۱۸۹، فضای سبز و تفریحی ۰/۰۵۴ ، درمانی و بهداشتی ۰/۰۵۴ و تجاری و اداری ۰/۱۲۳. سپس براساس شعاع دسترسی با هم مقایسه شده و وزن‌دهی انجام شد. ضریب ناسازگاری ۰/۰۴ است که حاکی از مقایسه زوجی مناسب می باشد.

- **کاربری مسکونی**

مقایسه زوجی زیرمعیار کاربری مسکونی براساس شعاع‌های دسترسی انجام پذیرفت وزن به دست آمده براساس هر یک از شعاع‌ها به ترتیب: ۳۰۰ متر ۰/۷۳۱، ۵۰۰ متر ۰/۱۸۸، ۸۰۰ متر ۰/۰۸۱ می‌باشد.

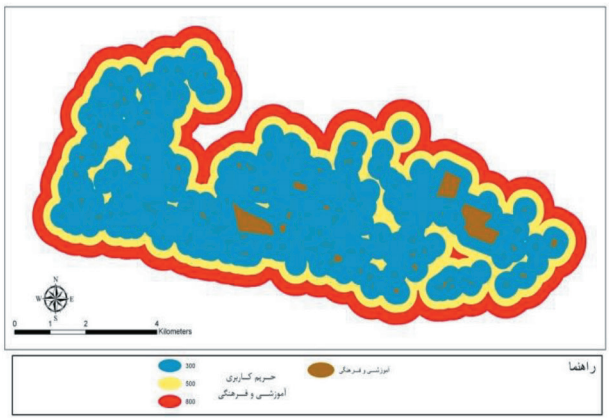


شکل (۱۰). حریم کاربری مسکونی در منطقه ۴ [۳].

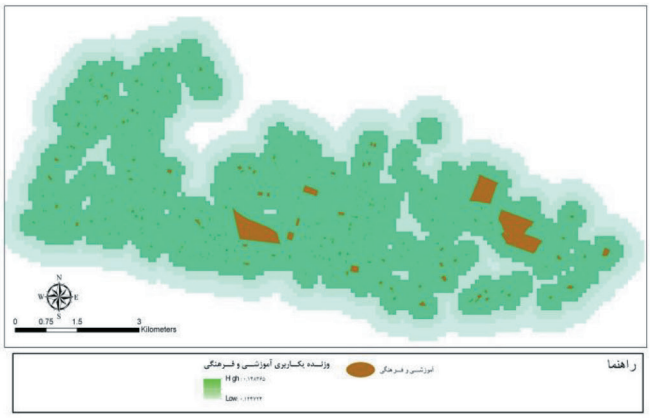
شکل (۱۱). اوزان اختصاص یافته به حریم کاربری مسکونی [۳].

- **کاربری آموزشی و فرهنگی**

مقایسه زوجی زیرمعیار کاربری آموزشی و فرهنگی براساس شعاع‌های دسترسی به دست آمد، نشان داده شده که وزن به دست آمده براساس هر یک از شعاع‌ها عبارت است از: ۳۰۰ متر ۰/۷۸۵، ۵۰۰ متر ۰/۱۴۹، ۸۰۰ متر ۰/۰۶۶ و که ضریب ناسازگاری ۰/۰۸ می‌باشد.



شکل (۱۲). حریم کاربری آموزشی در منطقه ۴ [۳].

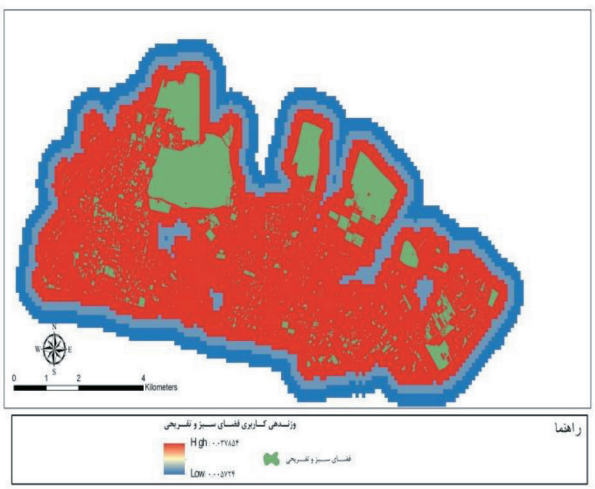


شکل (۱۳). اوزان اختصاص یافته به حریم کاربری آموزشی [۳].

- **کاربری فضای سبز**

مقایسه زوجی زیرمعیار کاربری فضای سبز و تفریحی براساس شعاع‌های دسترسی به دست آمد، نشان داده شده که وزن به دست آمده براساس هر یک از شعاع‌ها عبارت است از: ۳۰۰ متر ۰/۷۰۱، ۵۰۰ متر ۰/۱۹۳، ۸۰۰ متر ۰/۱۰۶ و ضریب ناسازگاری ۰/۰۱ می‌باشد.

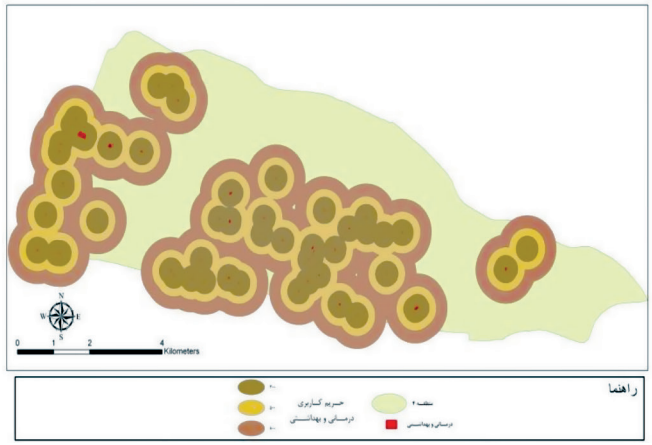
شکل (۱۴). حریم کاربری فضای سبز در منطقه ۴ [۳].



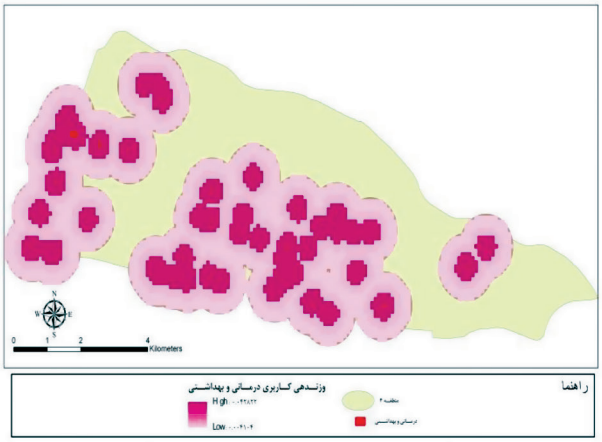
شکل (۱۵). اوزان اختصاص یافته به حریم کاربری فضای سبز[۳].

• کاربری درمانی و بهداشتی

مقایسه زوجی زیرمعیار کاربری درمانی و بهداشتی براساس شعاع‌های دسترسی به دست آمد، نشان داده شده که وزن به دست آمده براساس هر یک از شعاع‌ها عبارت است از: ۳۰۰ متر ۰/۷۹۳، ۵۰۰ متر ۰/۱۳۱، ۸۰۰ متر ۰/۰۷۶ و ضریب ناسازگاری نیز ۰/۲۰ می‌باشد.



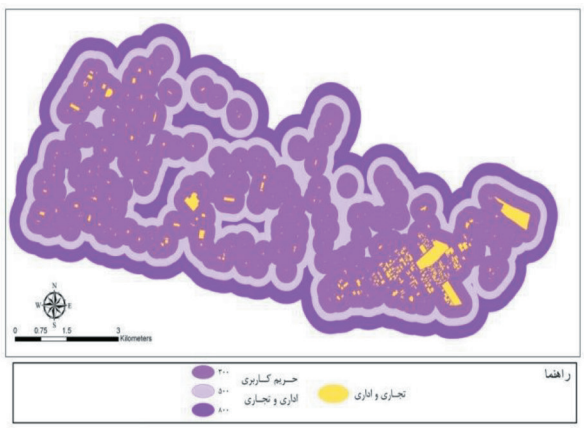
شکل (۱۵). حریم کاربری درمانی در منطقه ۴ [۳].



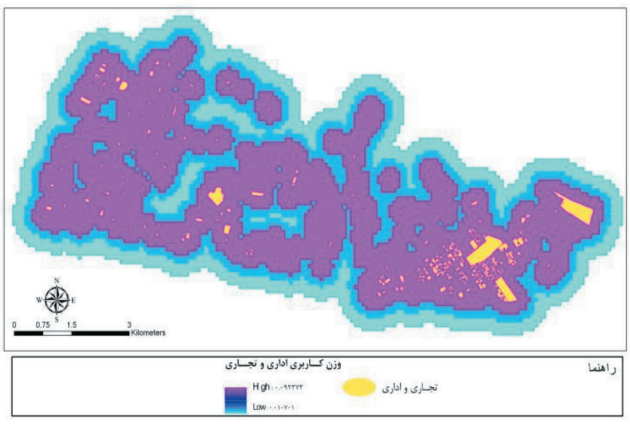
شکل (۱۶). اوزان اختصاص یافته به حریم کاربری درمانی[۳].

• کاربری تجاری اداری

مقایسه زوجی زیرمعیار تجاری و اداری براساس شعاع‌های دسترسی به دست آمد، نشان داده شده که وزن به دست آمده براساس هر یک از شعاع‌ها عبارت است از: ۳۰۰ متر ۰/۱۵۷، ۵۰۰متر ۰/۱۶۲، ۸۰۰ متر ۰/۰۸۷ ضریب ناسازگاری نیز ۰/۰۱ می‌باشد.



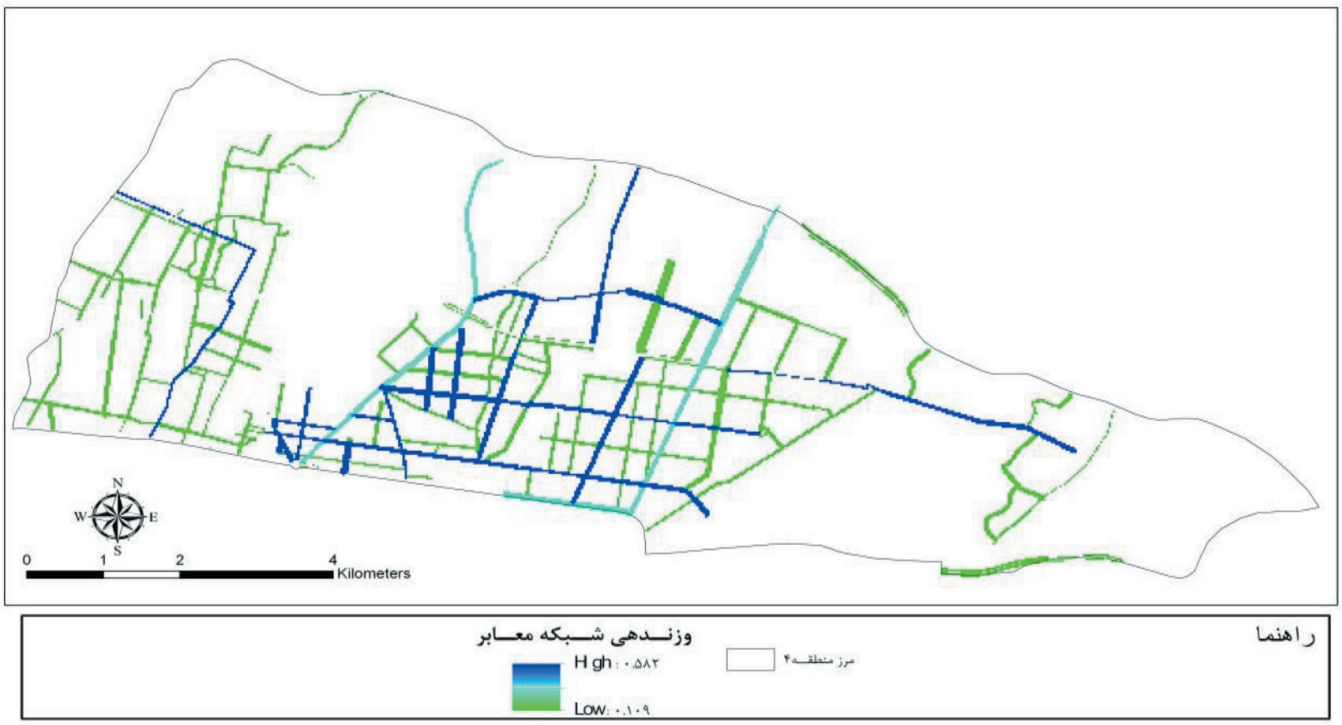
شکل (۱۷). حریم کاربری تجاری اداری در منطقه ۴ [۳].



شکل (۱۸). اوزان اختصاص یافته به حریم کاربری تجاری اداری[۳].

۷-۱-۳- وزن زیرمعیارهای شبکه معابر

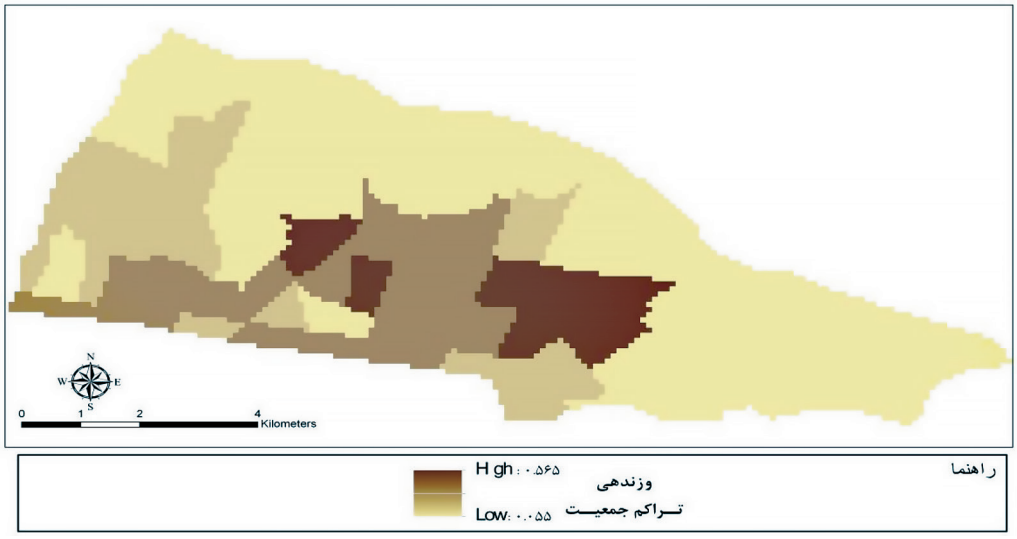
مقایسه زوجی زیرمعیار دسترسی (شبکه معابر) بدست آمد نشان داد شد که حاصل خروجی وزن‌دهی زیرمعیارها عبارتند از: معیار جمع کننده وزن ۰/۱۰۹، معیار شریانی درجه ۱ وزن ۰/۳۰۹، معیار شریانی درجه ۲ وزن ۰/۵۸۲، ضریب ناسازگاری نیز ۰/۰ می‌باشند. نقشه وزن اختصاص یافته به لایه شبکه معابر در ادامه آورده شده ست



شکل (۱۹). اوزان اختصاص یافته به شبکه معابر منطقه ۴ [۳]

۷-۱-۴- وزن زیرمعیارهای تراکم جمعیت

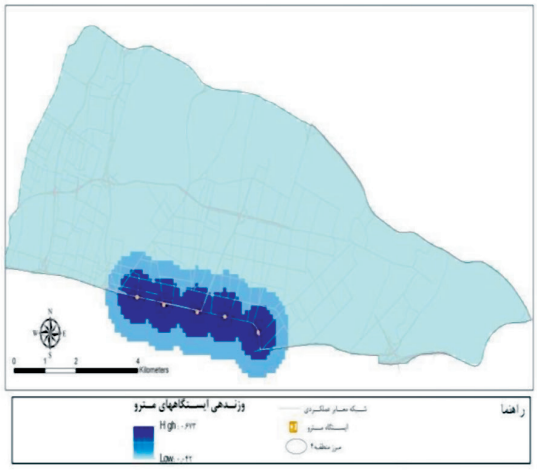
ازمقایسه زوجی زیرمعیار تراکم جمعیت ساکن بدست آمد نشان داد شد که حاصل خروجی وزن‌دهی زیرمعیارها عبارتند از: معیار کم تراکم ۰/۰۵۵، تراکم متوسط ۰/۱۱۸، متراکم ۰/۲۶۲ و. خیلی متراکم ۰/۵۶۵، ضریب ناسازگاری نیز ۰/۰۴ می‌باشد. نقشه وزن اختصاص یافته به لایه تراکم جمعیت در ادامه آورده شده است



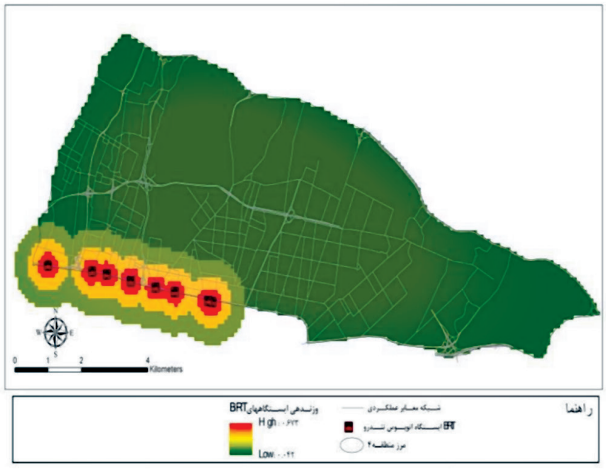
شکل (۱۹). اوزان اختصاص یافته تراکم جمعیت محلات منطقه ۴ [۳]

۷-۱-۵- وزن زیرمعیارهای خطوط انبوه بر

از مقایسه زوجی زیرمعیار جمعیت ساکن بدست آمد نشان داد شد که حاصل خروجی وزن‌دهی زیرمعیارها عبارتند از: ۳۰۰ متر ۰/۶۷۳، ۶۰۰ متر ۰/۱۹۶، ۱۰۰۰ متر ۰/۰۸۹ و بیش از ۱۰۰۰ متر ۰/۰۴۲۰، ضریب ناسازگاری نیز ۰/۰۹ می‌باشند. نقشه وزن اختصاص یافته به لایه ایستگاه‌های اتوبوس تندرو و مترو در ادامه آورده شده است.



شکل (۱۷). اوزان اختصاص یافته به شعای دسترسی ایستگاه مترو



شکل (۱۸). اوزان اختصاص یافته به شعای دسترسی ایستگاه BRT

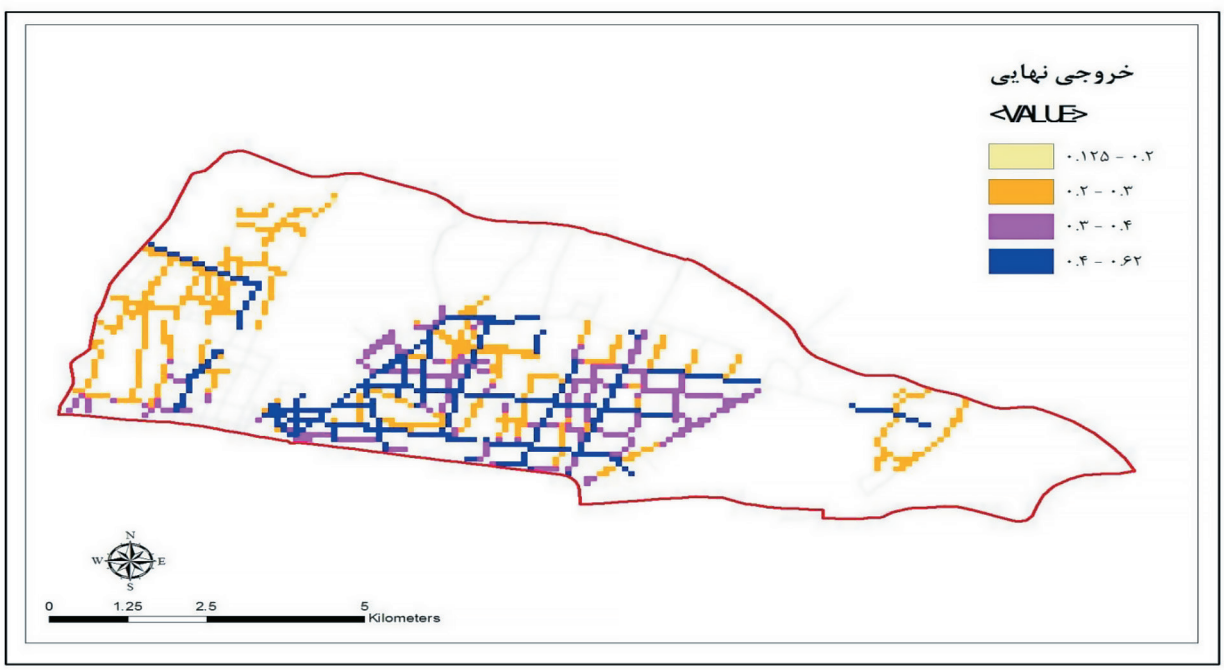
معیارهای اصلی	وزن	زیرمعیار	وزن	معیارهای فرعی	وزن	وزن نهایی
کاربری	۰/۲۸۱	مسکونی	۰/۵۸۱	شعاع ۰ تا ۳۰۰	۰/۷۳۱	۰/۴۲۴۷
				شعاع ۳۰۰ تا ۵۰۰	۰/۱۸۸	۰/۱۰۹۲
				شعاع ۵۰۰ تا ۸۰۰	۰/۰۸۱	۰/۰۴۷۰
		آموزشی و فرهنگی	۰/۱۸۹	شعاع ۰ تا ۳۰۰	۰/۷۸۵	۰/۱۴۸۳
				شعاع ۳۰۰ تا ۵۰۰	۰/۱۴۹	۰/۰۲۸۱
				شعاع ۵۰۰ تا ۸۰۰	۰/۰۶۶	۰/۰۱۲۴
		فضای سبز و تفریحی	۰/۰۵۴	شعاع ۰ تا ۳۰۰	۰/۷۰۱	۰/۰۳۷۸
				شعاع ۳۰۰ تا ۵۰۰	۰/۱۹۳	۰/۰۱۰۴
				شعاع ۵۰۰ تا ۸۰۰	۰/۱۰۶	۰/۰۰۵۷
		درمانی و بهداشتی	۰/۰۵۴	شعاع ۰ تا ۳۰۰	۰/۷۹۳	۰/۰۴۲۸
				شعاع ۳۰۰ تا ۵۰۰	۰/۱۳۱	۰/۰۰۷۰
				شعاع ۵۰۰ تا ۸۰۰	۰/۰۷۶	۰.۰۰۴۱
		تجاری و اداری	۰/۱۲۳	شعاع ۰ تا ۳۰۰	۰/۷۵۱	۰/۰۹۲۳
				شعاع ۳۰۰ تا ۵۰۰	۰/۱۶۲	۰/۰۱۹۹
				شعاع ۵۰۰ تا ۸۰۰	۰/۰۸۷	۰/۰۱۰۷
دسترسی	۰/۵۵۶	جمع کننده				۰/۱۰۹
		شریانی درجه ۱				۰/۳۰۹
		شریانی درجه ۲				۰/۵۸۲
جمعیت ساکن	۰/۱۰۹	۰/۰۵۵				۰/۰۵۵
		تراکم متوسط				۰/۱۱۸
		متراکم				۰/۲۶۲
		خیلی متراکم				۰۵۶۵
ایستگاه خطوط انبوه بر (مترو و BRT)	۰/۰۵۴	۰ تا ۳۰۰ متر				۰/۶۷۳
		۳۰۰ تا ۶۰۰ متر				۰/۱۹۶
		۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر				۰/۰۸۹
		بیش از ۱۰۰۰				۰/۰۴۲

جدول (۲). اوزان نهایی معیار و زیرمعیارها

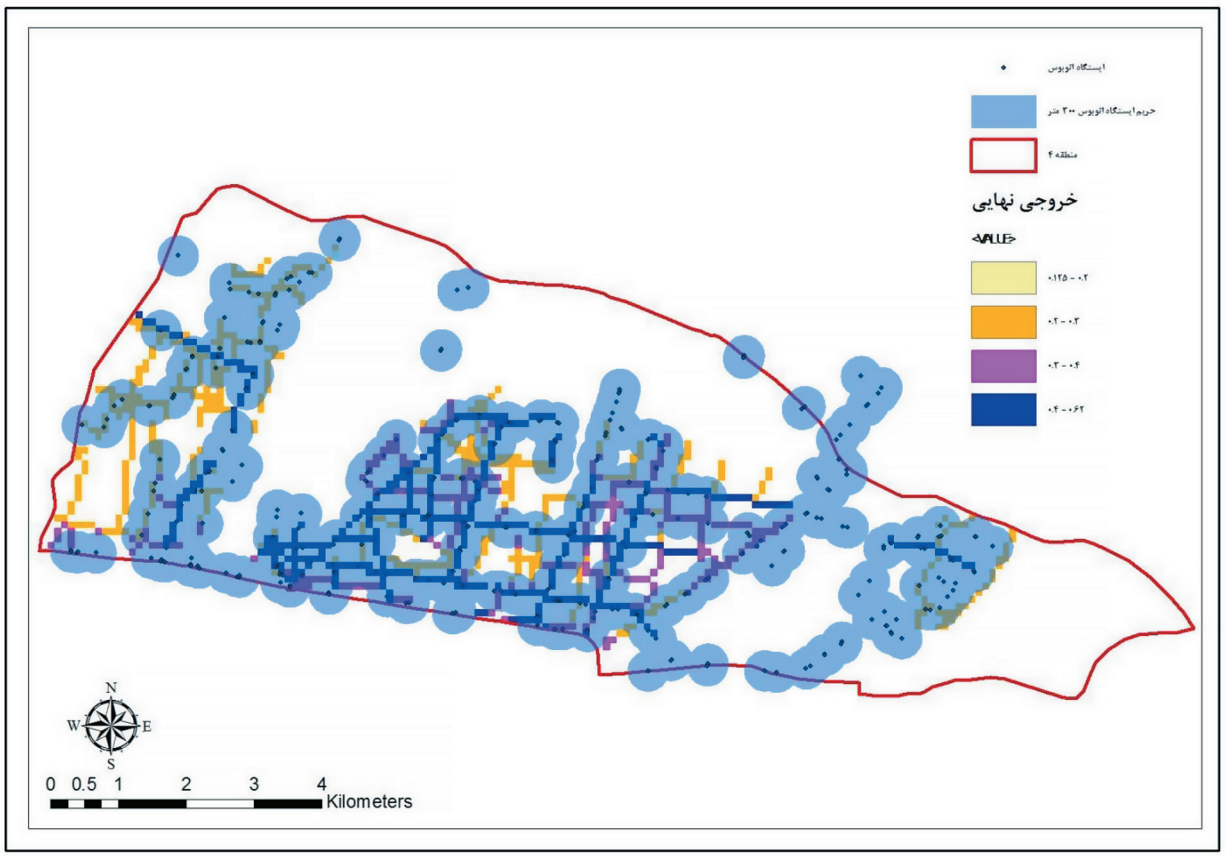
۸- همپوشانی و تحلیل نهایی

در همپوشانی نهایی و اعمال ضرایب و وزن‌های بدست آمده شبکه معابر منطقه مورد مطالعه در مقاطع مختلف از اوزان متفاوتی برخوردار گردید که این اوزان از ۰ تا ۱ متغیر است شبکه معابر بر اساس وزن نهایی به ۴ دسته طبقه‌بندی گردید که اولویت اول را گروه چهارم با امتیاز ۰/۴ تا ۰/۶۴۰ به خود اختصاص داده است. سایر گروه ها نیز اولویت دوم، گروه ۳ با امتیاز ۰/۳ تا ۰/۴، اولویت سوم، گروه دوم با امتیاز ۰/۲ تا ۰/۳ و اولویت چهارم، گروه ۱ با امتیاز ۰/۱۲ تا ۰/۱ را به خود اختصاص داده اند که در شکل(۱۹) نشان داده شده است.

در مرحله پس از تعیین شبکه و طبقه‌بندی آن باید معابر یا مقاطعی که فاقد ایستگاه یا دور از ایستگاه اتوبوس می‌باشند مشخص گردند. با همپوشانی شبکه نهایی و ایستگاه‌های اتوبوس نمی‌توان به نتیجه نهایی رسید چراکه باید فاصله مفید و استاندارد بین ایستگاه‌ها در هر معبر مد نظر قرارگیرد. اما در این قسمت از تحقیق ملاک عمل دسترسی به یک ایستگاه اتوبوس با حداکثر ۳۰۰ متر پیاده‌روی قرار گرفت که با تعیین حریم ۳۰۰ متری ایستگاه‌های اتوبوس و همپوشانی با شبکه معابر وزندار به وضوح مشخص گردید که پراکندگی ایستگاه‌های اتوبوس در سطح منطقه ۴ از الگوی مناسبی برخوردار است چراکه کلیه معابر با اولویت یک تقریباً با ۳۰۰ متر پیاده روی به حداقل یک ایستگاه اتوبوس دسترسی دارند تنها دو مقطع از شبکه دارای اولویت یک می‌باشند که از این پوشش برخوردار نمی‌باشند. در شکل (۲۰) طبقه‌بندی شبکه معابر براساس وزن دریافتی و همپوشانی با حریم ایستگاه‌های اتوبوس نشان داده شده است.



شکل(۱۹). اولویت بندی معابر براساس وزن نهایی



شکل(۲۰). همپوشانی شبکه نهایی با حریم ۳۰۰ متری ایستگاهها

۹- نتیجه‌گیری

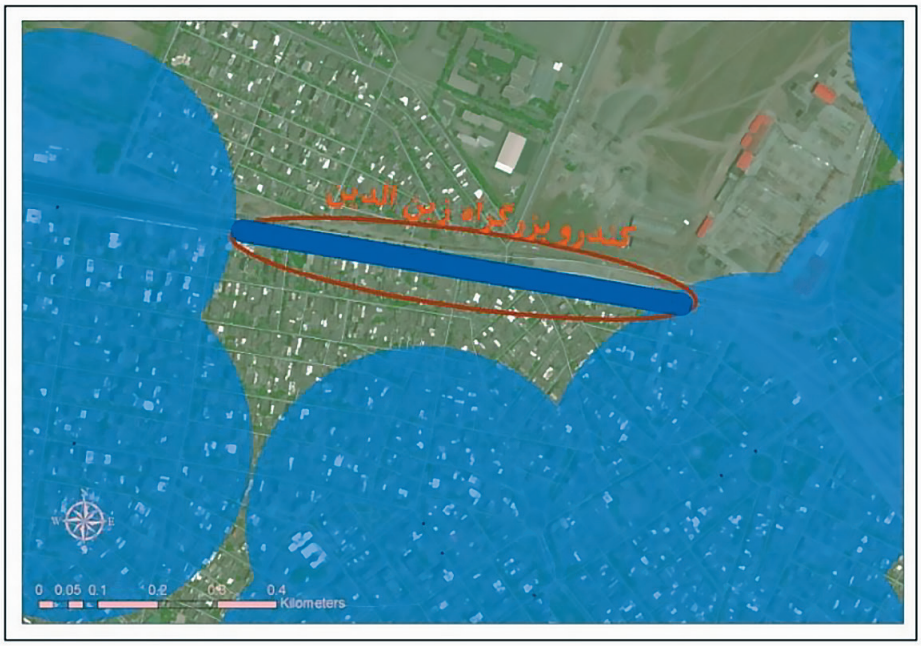
نتیجه گیری یا ارائه پیشنهادات این تحقیق شامل دو بخش می باشد. بخش اول نتایج استفاده از این مدل در ارزیابی شبکه معابر و ایستگاه‌های اتوبوس واقع شده در آنها و بخش دوم ارزیابی ایستگاه‌های اتوبوس منطقه مورد مطالعه در شبکه معابرمی‌باشد.

در خصوص بخش اول باید بر این نکته تاکید نمود که استفاده از مدل وزن‌دهیAHP و GIS معمولاً در مکانیابی تاسیسات و تسهیلات شهری بکار گرفته می‌شوند در حالی که این تحقیق نشان داد برای ارزیابی نیز می‌توان از این مدل استفاده نمود و فضاهای نیازمند اینگونه تسهیلات را نیز به خوبی مشخص نمود.

در خصوص بخش دوم نیز باید عنوان نمود که پراکندگی ایستگاه‌های اتوبوس در سطح منطقه از مطلوبیت برخوردارند چراکه تقریباً تمام معابر با اولویت ۱ توسط ایستگاه‌های اتوبوس پوشش داده شده اند به جز ۲ مقطع که در ادامه به تفسیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۱- کنارگذر بزرگراه شهید زین الدین حد فاصل رجایی تا زهدی

این مقطع به طول حدود ۱۰۰۰ متر فاقد ایستگاه اتوبوس می‌باشد که در بازدید های میدانی بعمل آمده از این مقطع خوشبختانه مشخص گردید که دو پایانه مینی بوس و اتوبوسرانی جدیدالتاسیس در این فضا استقرار یافته اند که به نوعی نشان دهنده مکانیابی مناسب مدیریت شهری در این خصوص بوده است و از طرف دیگر صحه بر خروجی مدل این پژوهش می باشد.



شکل(۲۱).اولویت ۱ فاقد پوشش ایستگاه

شکل(۲۲).پایانه اتوبوس و مینی بوسرانی زیر پل شهید زین الدین

۲- خ ۱۹۶ شرقی تهرانپارس حدفاصل سلطانی تا شادالویی به طول تقریباً ۸۰۰ متر شهروندان در این مقطع باید بیش از ۳۰۰ متر تا حداکثر ۷۰۰ متر باید پیاده‌روی کنند تا به یک ایستگاه اتوبوس دسترسی پیداکنند. اما این معبر مسیر عبور رفت و برگشت خط مینی بوسرانی پایانه زین الدین به رسالت است که به خوبی می تواند کل مقطع مورد نظر را پوشش دهد.

شکل(۲۳). اولویت ۱ فاقد پوشش ایستگاه

معابر با اولویت ۲

تقریباً تمامی این معابر از پوشش مناسب ایستگاهها برخوردارند و تنها در یک مقطع فاقد پوشش است که با خط مینی بوسرانی عبوری از خیابان ۶۹۱ این محدوده را نیز پوشش داده می شود.

معابر با اولویت ۳

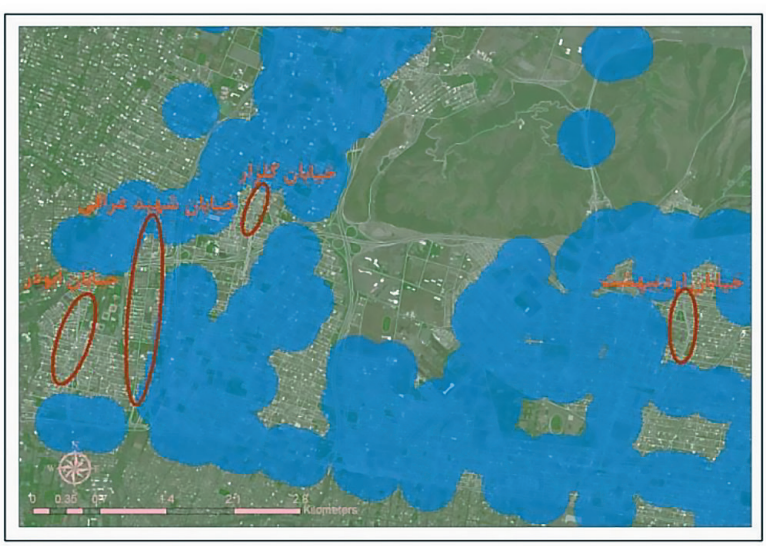
بیشتر طول معابر استخراج شده در مدل نهایی دارای اولویت ۳ می‌باشند که بیشترین عدم پوشش را نیز همین معابر در سطح منطقه براساس مطالعه انجام گرفته به خود اختصایص داده اند. اما از مهمترین معابر این اولویت می توان به معابر مهم اشاره نمود.

۱- خیابان شهید عراقی حدفاصل خیابان خواجه عبدالله تا بزرگراه زین الدین

۲- خیابان ابوذر حدفاصل خیابان خواجه عبدالله تا بزرگراه زین الدین

۳- خیابان گلزار حدفاصل بزرگراه شهید زین الدین تا خ دهم

۴- خیابان اردیبهشت حدفاصل خیابان ممنونی تا بزرگراه شهید زین الدین



شکل(۲۴).اولویت ۳ فاقد پوشش ایستگاه

۶- مراجع

۱- باباغیبی علیرضا، "رهیافتی نو در مدیریت جامع حمل و نقل شهری"، ۱۳۸۹.

۲- معرفی سیستم یکپارچه حمل و نقل همگانی، معاونت عمرانی دفتر حمل و نقل و دبیرخانه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای، وزارت کشور،۱۳۸۶

۳- معاونت حمل و نقل و ترافیک تهران، منطقه ۴ شهرداری تهران.

۴- قدسی پور، س. ح، "مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره"، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی،تهران، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، چاپ هفتم، ۱۳۸۱.

۵- سلطانی، غلامرضا، اقتصاد مهندسی، ۱۳۸۷.

6- Baran, Joanna & ak, Jacek (2014); Multiple Criteria Evaluation of transportation performance for selected agribusiness companies; Procedia - Social and Behavioral Sciences 111 (2014) 320 – 329

7- Zucca A., Sharifi M., Fabbir A., 2008. Application of Spatial Multi-Criteria analysis to site selection for a Local Park (A case study in the Bergoma province, Italy), Journal of Environmental Management, 88:752-769.

8- Bell., M. Dean C.& Blake, M. (2000) AModel forcasting of Fringe Urbansistation with GIS and 3D Visulisation Computers Environment and Urban System, 24(6),pp.559-581.

۹- حدی، محمدرضا؛ علیجانی خسرقی، حسین (۱۳۹۲)؛ ارزیابی و انتخاب سامانه حمل و نقل پایدار؛ فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، شماره ۲۸، صص ۱-۱۸

۱۰- قراگوزلو ع،" GIS و ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست"، انتشارات سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۸۳.

۱۱- فرج زاده اصل، م و سرور ه، "مدیریت و مکان یابی مراکز آموزشی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۶۷، ۱۳۸۱.

۱۲- زبردست، ۱ و محمدی، ع."ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی"، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۵۴۳، ۱۳۸۳.

۱۳- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، "بازنگری طرح جامع شبکه معابر تهران"، ۱۳۹۰- ۱۳۸۶.