

ارزیابی پایداری حمل و نقل شهری با تأکید بر معیارهای اقتصادی-اجتماعی با

رویکرد تلفیقی مدل سوتی و MCDM

(مطالعه موردی: منطقه ۵ شهرداری تهران)

بهنوش رضازاده حسینی، کارشناس ارشد، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد

اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

مریم رباطی (مسئول مکاتبات)، استادیار، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد

اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

E-mail: m.robati@srbiau.ac.ir

علی نادران، استادیار، گروه مهندسی حمل و نقل، دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۹

دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶

چکیده

در عصر حاضر با توجه به افزایش جمعیت و رشد و گسترش شهرها نیاز به حمل و نقل به ویژه حمل و نقل عمومی از اهمیت بالایی برخوردار گشته است. از آنجاییکه مردم همه روزه از انواع مختلفی از حمل و نقل (مترو، اتوبوس، تاکسی، دوچرخه، سواری شخصی و ...) بهره می‌برند لذا پرداختن به آن به ویژه از جنبه پایداری در بین متخصصان از اهمیت بالایی برخوردار است با توجه به موقعیت استراتژیک حمل و نقل منطقه ۵ سعی شده با تأکید بر اهمیت اقتصادی و اجتماعی که حمل و نقل عمومی برای مصرف کنندگان خود مد نظر دارد و به واسطه روشهای سوتی، ANP و پرامتی به اهمیت شاخصها و رتبه بندی آنها جهت سهولت دستیابی به پایداری بپردازد. نتایج نشان داد که وضعیت منطقه ۵ شهرداری تهران از منظر معیارهای حمل و نقل پایدار شهری ضعیف‌تر از حد متوسط است. در واقع با توجه به وزن‌دهی‌های انجام شده و نمرات حاصل از این نظرسنجی و آزمون t در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان داد که نمره منطقه ۵ در هر دو رویکرد کمتر از ۲,۵ از ۵ می‌باشد از این رو بر اساس رتبه بندی صورت گرفته در روش پرامتی از بین شاخص‌های بررسی شده بهبود شاخصهای انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از حمل و نقل و مسیرهای دوچرخه سواری و پیاده‌روی در برنامه توسعه حمل و نقل منطقه ۵ شهرداری تهران مورد تأکید بوده و باید در الویت قرار گیرد.

واژگان کلیدی: ارزیابی پایداری، حمل و نقل شهری، شاخص‌های اقتصادی-اجتماعی-زیست محیطی، روش پرامتی، مدل سوتی

۱. مقدمه

در شبکه حمل و نقل در مناطق تهران یکی از چالش شهری بوده و منطقه ۵ نیز به راهکارهای اجرایی و تسریع در آن نیاز دارد ابتدا وضعیت سیستم حمل و نقل فعلی یا برنامه ریزی شده را مورد بررسی قرار داده سپس شاخص‌های موجود را ارزیابی کرده و با استفاده از مدل سوتی^۱ (که یک روش بین‌المللی است) و روش پرامتی^۲ که یکی از تکنیکهای تصمیم‌گیری چند معیاره است و هدف آن رتبه‌بندی شاخص‌ها می‌باشد، پایدارترین و اجرایی‌ترین شاخص‌ها را ارائه داده آنگاه با توجه به رویکرد مقاله نتایج به گونه‌ای ارائه می‌گردد که در سیاستگذاری منطقه قابل استفاده باشد و بتواند الگوی مناسبی جهت استفاده از شاخص‌های حمل و نقل پایدار ارائه نماید.

۲. مبانی نظری پژوهش

توسعه پایدار، مفهومی است که پس از بروز نگرانیهای فزاینده در مورد تبعات منفی توسعه لجام گسیخته، ظاهر شد که نشان دهنده عدالت میان نسلها، تلاش انسان برای پیشرفت و توسعه، به موازات حفظ محیط زیست و منابع موجود است [رصافی و زرابادی پور، ۱۳۸۸].

و به موازات آن حمل و نقل پایدار مطرح شد که مجموعه‌ای از سیاستها و دستورالعملهای یکپارچه، پویا، پیوسته و در بردارنده ی اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی است که توزیع عادلانه و استفاده موثر به جهت رفع نیازهای حمل و نقل جامعه و نسلهای آتی را به همراه دارد [استادی جعفری و رصافی، ۱۳۹۱].

در این زمینه کمیسیون جوامع اروپایی، سیستم حمل و نقل پایدار را سیستمی می‌داند که دارای شرایط زیر است:

- قادر به تأمین دسترسی عادلانه برای افراد، گروهها و شرکتها به صورتی ایمن و سازگار با محیط و اجتماع باشد.

- دارای کارآمدی، تنوع و هزینه‌ی قابل قبول بوده و زمینه را برای اقتصاد رقابتی و همچنین توسعه‌ی متوازن منطقه‌ای فراهم نماید.

حمل و نقل از ضرورت‌های گریزناپذیر هر اجتماع انسانی است که موجب پویایی توسعه ی اقتصادی و اجتماعی می‌گردد. توسعه پایدار به طور عام و حمل و نقل پایدار به طور خاص، در جست و جوی یافتن توازن میان کیفیتهای محیطی، اجتماعی و اقتصادی (در زمان حال و آینده) در عرصه ی تسهیلات حمل و نقل است. در واقع برنامه ریزی و طراحی حمل و نقل پایدار به دنبال دستیابی به راحلهایی برای کاهش عوارض در بخشهای مختلف است [احدی، ضرغامی و آقامحمدی، ۱۳۹۳]. این پایداری تنها با ایجاد تغییرات در طراحی، الگوهای استفاده و مدیریت وسایل نقلیه حاصل نمی‌شود بلکه باید تغییراتی در نحوه تفکر نسبت به شناخت و ارزشیابی راهکارهای ممکن برای حل مشکلات حمل و نقل ایجاد گردد [رسولی، قرنچیک و قرنچیک، ۱۳۹۴]. مدیریت پایدار حمل و نقل، به اثرگذاری توسعه حمل و نقل بر بهبود وضعیت اقتصادی، زیست محیطی، افزایش کارایی سیستم حمل و نقل، ارتقاء وضعیت زندگی اجتماعی و کاهش اثرات زیست محیطی می‌انجامد. با توجه به این موضوع و از آنجاییکه شهرهای مدرن باید یک سیستم حمل و نقل پایدار و مناسب جهت برقراری ارتباط و دسترسی به سایر مناطق شهر را دارا باشند، شهر تهران نیز از این امر مستثنی نبوده و به لحاظ وسعت و بزرگی و به جهت بررسی هرچه دقیق‌تر موضوع، یک منطقه به عنوان نمونه انتخاب گردید. منطقه ۵ تهران با جمعیتی بالغ بر ۹۰۵،۵۰۶ نفر و وسعت ۵۳۱۶ هکتار یکی از مناطق ۲۲ گانه شهر تهران است که به دلیل ضعف در سیستم حمل و نقل عمومی، افزایش مالکیت خودرو و رفاه نسبی و همچنین به سبب تاثیرات زیادی که این عوامل بر پارامترهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌گذارد و با توجه به اینکه شاخص‌های حمل و نقل در هر سه بعد فراوان بوده و رسیدگی به هریک از آنها لازمه صرف زمان و هزینه زیادی می‌باشد بنابراین جهت سهولت در این امر انتخاب چند شاخص با الویت بالا جهت رسیدگی و دستیابی به پایداری ضروری به نظر می‌رسد. از آنجا که انتخاب شاخص‌های کارآمد

ارزیابی پایداری حمل و نقل شهری با تأکید بر معیارهای اقتصادی-اجتماعی با رویکرد تلفیقی مدل سوتی و MCDM (مطالعه

موردی: منطقه ۵ شهرداری تهران)

محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی نشان می‌دهند. فصل ۴۰ دستورالعمل قرن ۲۱ بر لزوم تعریف شاخص‌های توسعه پایدار در سطوح مختلف به عنوان پایه‌ای برای تصمیم‌گیری‌ها تأکید می‌کند [سازمان ملل متحد، ۱۹۹۲]. در این پژوهش ۱۰ شاخص منتخب سوتی (برگزیده از ۴۲۶ شاخص) و ۱۶ شاخص (از بیش از ۱۰۰ شاخص) به صورت بومی سازی شده مورد استفاده قرار گرفته است که شاخص‌های سوتی به شرح زیر ارائه شده است:

- انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از حمل و نقل
- ذرات منتشر شده pm_{10} (کیفیت هوا)، سالانه
- میزانی که طرح‌های حمل و نقل عمومی، تسهیلات بین وجهی و زیرساخت‌های حالت‌های فعال را پوشش می‌دهد.
- سهم معین حمل و نقل فعال و عمومی در رفت و آمد
- دسترسی راحت به خدمات حمل و نقل عمومی
- تلفات تصادف به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت
- قابلیت اطمینان و کیفیت حمل و نقل عمومی
- سرمایه‌گذاری در سیستم‌های حمل و نقل و زیرساخت
- هزینه‌های عمومی و عملیاتی در حمل و نقل
- مقرون به صرفه بودن هزینه‌های سفر به عنوان سهم درآمد [گودمونسون و رگمی، ۲۰۱۷].

از جمله مهمترین پیش‌نیازهای توسعه حمل و نقل پایدار، آماده‌سازی مسیرهای مورد نیاز در این زمینه، به عنوان زیرساخت‌های اصلی حمل و نقل است. که در زیر به انواع این زیرساخت‌ها اشاره می‌گردد.

مسیرهای سبز: مسیر سبز قطعه بلند و باریکی است که اغلب جهت تفریح، عبور عابر پیاده دوچرخه سواری و همچنین گاهی اوقات برای تراموا و وسایل نقلیه سبک ریلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مسیرهای دوچرخه: قسمتی از جاده‌ها که از طریق خط‌کشی برای استفاده انحصاری ازدوچرخه است.

- آلودگی را به حداقل رساند و حتی الامکان از منابع تجدیدپذیر به نحوی استفاده کند که عوارض جانبی آن حداقل باشد [سلطانی، ۱۳۹۰].

در این میان آنچه از اهمیت بالایی برخوردار است اهداف حمل و نقل پایدار است که رابطه تنگاتنگی با اهداف توسعه پایدار دارد و در کاهش عوامل موثر بر سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی نقش مهمی را ایفا می‌کنند و در جهت برنامه ریزی حمل و نقل شهری در آینده‌ای مملو از جمعیت به ارائه راهکار مناسب می‌پردازند که مشتمل بر اهداف زیر است:

- اهداف اقتصادی
 - رشد مطلوب اقتصادی
 - حمایت از اقتصاد پویا
 - دستیابی به بالاترین کارایی
- اهداف اجتماعی
 - بهبود کیفیت زندگی برای گروه‌های مختلف و نسل‌ها
 - تأمین دسترسی عادلانه برای مردم و کالاهایشان
- اهداف زیست محیطی
 - محدود کردن عوارض زیست محیطی
 - بهره‌گیری از انرژی‌های تجدید پذیر و مصالح قابل بازیافت
 - کاهش استفاده از زمین [سلطانی، ۱۳۹۰].

در باب محورهای حمل و نقل پایدار نیز به عقیده لیتمن، حمل و نقل پایدار بر محورهای زیر تمرکز دارد:

- فرایند تصمیم‌سازی در برنامه‌ریزی حمل و نقل
- وابستگی به خودرو
- عدالت در عرضه خدمات حمل و نقل
- طراحی و اجرای زیرساخت‌ها و تاسیسات حمل و نقل
- کاربری زمین
- مناطق در حال توسعه [احدی، ضرغامی و آقا محمدی، ۱۳۹۳].

قابل ذکر است که شاخص‌ها مهم‌ترین ابزار سنجش حمل و نقل پایدار، به شمار می‌روند که پایداری حمل و نقل را در سه بعد

۳-۱ مدل سوتی

اسکاپ^۳ سازمان ملل متحد، پروژه شاخص‌های حمل‌ونقل شهری پایدار (سوتی) را آغاز نمود. هدف تهیه و نشان دادن شاخصی برای سنجش حمل‌ونقل پایدار شهری و پیشرفت به سمت اهداف توسعه پایدار^۴ در شهرهای آسیا بود.

۳-۱-۱ مراحل متد سوتی

- اولین قدم طراحی چارچوب بر اساس ادبیات مربوط به توسعه پایدار و حمل‌ونقل می باشد که اهداف توسعه پایدار مربوط به برنامه ریزی حمل‌ونقل شهری را در برمی گیرد.
- مرحله دوم شناسایی و انتخاب شاخص‌ها برای استفاده از ادبیات پژوهش، معیارهای شاخص و ورودی از جلسه گروه متخصص است.

- مرحله سوم: محدود کردن تعداد شاخص‌ها به چند شاخص اصلی (انتخاب ۱۰ شاخص از ۴۲۶ شاخص منتخب) که قابل اندازه‌گیری در تمام کشورها باشد.

- مرحله چهارم: وزن دهی به شاخص‌ها
- مرحله پنجم: محاسبه و نتیجه‌گیری [گودمونسون و رگمی، ۲۰۱۷].

۳-۲ روش ANP^۵

در این پژوهش به دلیل فقدان وزن دهی در متد پرامتی از این روش استفاده شده است (صرفاً جهت وزن دهی) و به دلیل فزونی تعداد شاخص‌ها از نرم افزار اکسل استفاده گردید که ماتریس مربعات زوجی، سوپر ماتریس اولیه، سوپر ماتریس موزون و حدی به دلیل گستردگی در این بخش آورده نشده است. فقط رتبه بندی و وزن هر یک از شاخص‌ها در این قسمت بیان شده است.

۳-۳ روش پرامتی

روش پرامتی به دلیل آنکه به تغییر و نرمال سازی ماتریس تصمیم گیری نیاز ندارد و همچنین به دلیل سادگی آن، و استفاده از دو عنصر ترجیح و بی تفاوتی که به دنبال ارائه‌ی برترین گزینه است

مسیرهای اتوبوس: که به عنوان راحل مؤثر در رفع چالش ترافیک شهری مورد توجه است.

مسیرهای ریلی: در قالب قطارهای زیرزمینی، منوریلها و غیره [بیانکو و مارتا جی، ۱۹۹۹].

البته در این بین سه سناریو برای دستیابی به حمل و نقل پایدار نیز قابل پیگیری است:

- سناریوی فن آوری (تغییر در فن آوری حمل و نقل مانند سوختها، خودروهای با موتور احتراق بهتر)
- سناریوی انسانی (تغییر در الگوهای رفتاری استفاده کنندگان)

- سناریوی ترکیبی (تغییر در فن آوری و رفتار همراه با هم) [احدی، ضرغامی و آقامحمدی، ۱۳۹۳].

به منظور ارزیابی صحیح و رشد روند پایدار در عرصه حمل و نقل به نظر می رسد سیاست گذار یها و برنامه ریزیهای اجرایی در تحقق این هدف نقش بسزایی داشته باشد. که به طور کلی این سیاستها و برنامه‌ها عبارتند از [جهانشاهلو و امینی، ۱۳۸۶]:

- تغییر ساختار شهری و کاربری اراضی
- مدیریت تقاضا سفر در جهت کاهش سفر و تقلیل تأثیرات سوء حمل و نقل
- تغییر فرهنگ استفاده از وسایل
- مدیریت ترافیک در جهت روانسازی ترافیک
- ارتقاء زیست محیطی
- مدیریت بحران و حوادث در شبکه حمل و نقل

۳ روش شناسی پژوهش

به طور کلی این پژوهش در سه بخش ارائه شده است در بخش نخست به بررسی مبانی نظری و سوابق مسئله پرداختیم سپس در بخش دوم شناسایی و انتخاب شاخص‌ها برای استفاده در ادبیات پژوهش را انجام دادیم، در بخش سوم به بررسی منطقه ۵ شهرداری از نقطه نظری وضعیت حمل‌ونقل موجود پرداخته و در نهایت پایدارترین ترکیب شاخص‌های حمل و نقل در منطقه ۵ شهرداری تهران را ارائه دادیم.

ارزیابی پایداری حمل و نقل شهری با تأکید بر معیارهای اقتصادی-اجتماعی با رویکرد تلفیقی مدل سوتی و MCDM (مطالعه

موردی: منطقه ۵ شهرداری تهران)

آیت الله اشرفی اصفهانی- محمد علی جناح- از جنوب به جاده مخصوص کرج- از غرب به مسیل کن محدود می شود (شکل ۱). به دلیل قرار گرفتن در کوهپایه دارای آب و هوای مطلوب بوده و به جهت دسترسی مناسب، بافت شهری متفاوت و سرریز جمعیت از شهر تهران از بعد از انقلاب جمعیت زیادی به این منطقه سرازیر شده است. جمعیت منطقه ۵ بالغ بر ۹۰۵۵۰۶ هزار نفر و تراکم جمعیتی برابر با ۱۶۱ نفر در هکتار است که وسعتی معادل با ۵۴۲۰ کیلومتر مربع را در بر می گیرد. این منطقه از ۷ ناحیه و ۲۹ محله تشکیل شده که ناحیه ۳ با بیشترین مساحت مشتمل بر ۸ محله و ناحیه ۵، با کمترین مساحت از ۳ محله تشکیل شده است [سایت شهرداری تهران، ۱۴۰۱].

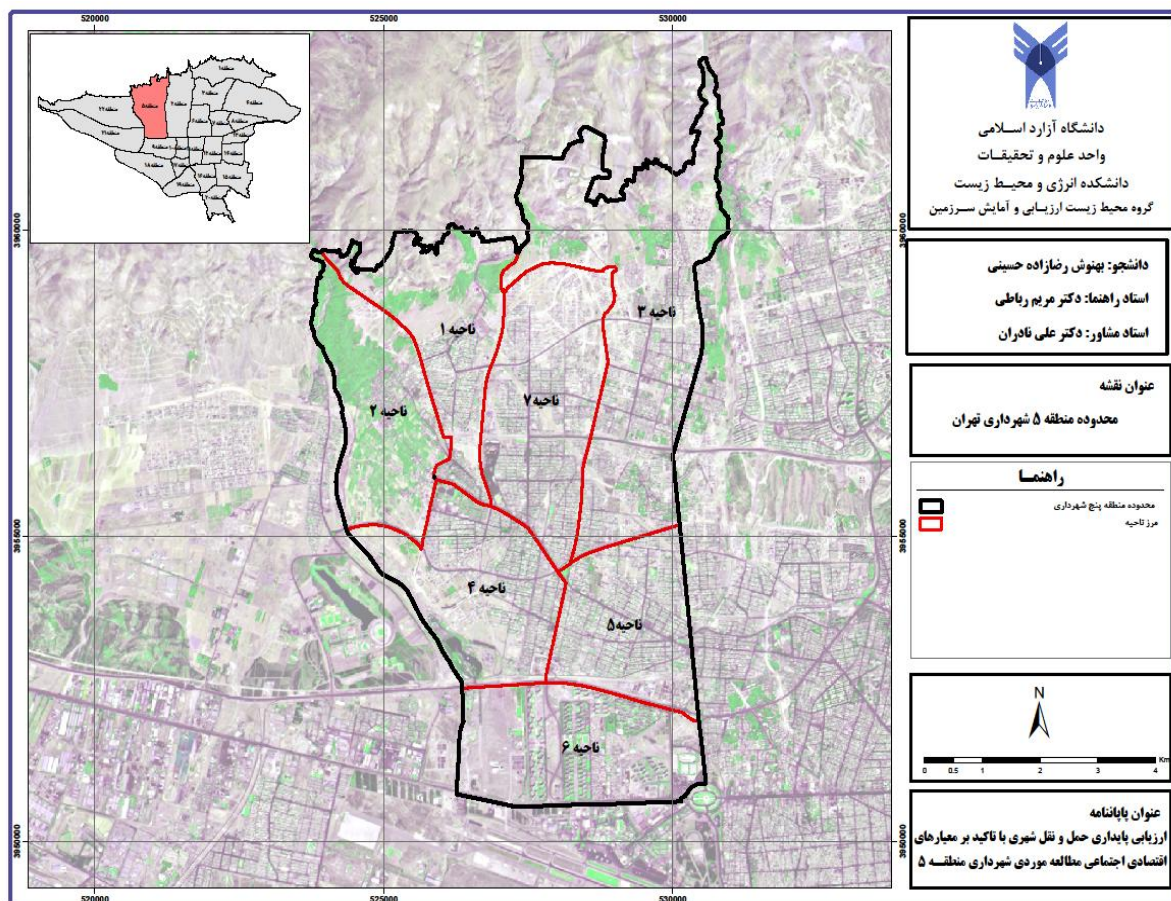
نسبت به سایر روشها برتری دارد در این پژوهش جهت اجرای این متد از نرم افزار اکسل استفاده شده است.

۳-۴ نرم افزار spss

جهت تجزیه و تحلیل پرسشنامه که برای تعیین وزن شاخص ها مورد استفاده قرار گرفته بود از نرم افزار SPSS استفاده گردید و از دو آزمون، بررسی نرمال بودن داده ها با کمک (آزمون کولموگروف-اسپیرنوف) و آزمون T مقایسه با استاندارد کمک گرفته شد.

۳-۵ معرفی محدوده مورد مطالعه

منطقه ۵ شهرداری تهران در شمال غرب کلان شهر تهران واقع شده- از شمال به ارتفاعات شمال تهران- از شرق به بزرگراه



شکل ۱. نقشه محدوده منطقه ۵ شهرداری تهران

شرکت کنترل کیفیت هوا منتهی به سال ۱۴۰۰ نیز به شرح زیر است:

در این منطقه متوسط سالانه AQI منتهی به ۱۴۰۰/۱۲/۲۹ شرکت کنترل کیفیت شهرداری تهران برابر با ۱۱۰ (ناسالم برای گروه های حساس) است و سهم منابع متحرک در تولید آلودگی فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال شانزدهم / شماره اول (۶۲) / پاییز ۱۴۰۳

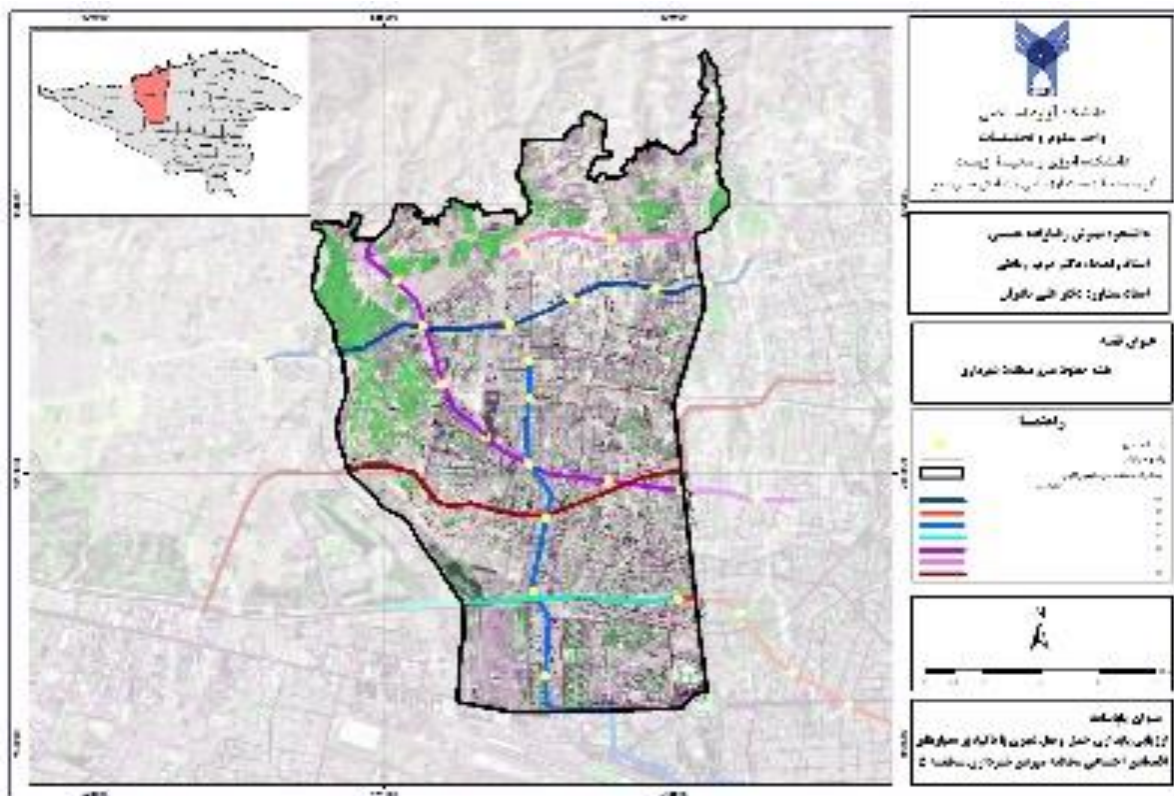
کیلومتر است و جمعا ۸ ایستگاه در منطقه فعال و ۱۳ ایستگاه فعالیت ندارد (شکل ۲). همچنین دارای ۲۵ خط اتوبوس بوده به طول ۲۱۸ کیلومتر که در مجموع ۱۵ خط داخلی را پوشش می دهد و شامل ۲۶۰ دستگاه است (شکل ۳). یک خط اتوبوس از پایانه جنت آباد تا پایانه آزادگان به طول ۲۵٫۸۲ کیلومتر ادامه دارد و با ۱۲۰ دستگاه اتوبوس فعال ۲۹ ایستگاه را پوشش می دهد (شکل ۵). در ضمن تعداد تاکسی ها در این منطقه شامل ۵۶۷۹ دستگاه است که ۸ پایانه و ۳۴ خط واقع در پایانه را در برمی گیرد (شکل ۴). حجم سفر نیز ۳۵۰۰۰۰ هزار نفر به صورت روزانه است [معاونت حمل و نقل ترافیک منطقه ۵ شهرداری تهران، ۱۴۰۱].

منو اکسید کربن (۹۷٫۱ درصد)، اکسیدهای نیتروژن (۳۵ درصد)، اکسیدهای گوگرد (۶ درصد)، ترکیبات آلی فرار (۷۹ درصد)، ذرات معلق (۶۱ درصد).

۳-۵-۱ وضعیت حمل و نقل منطقه

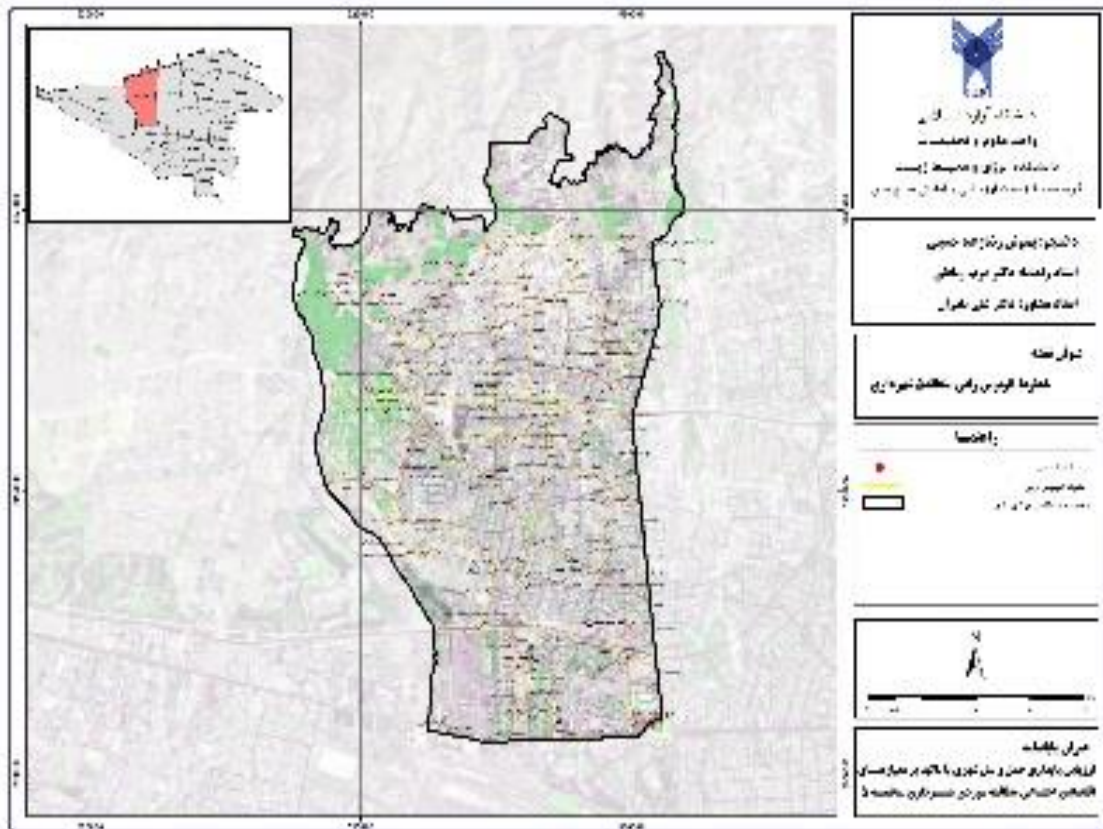
سیستم شبکه حمل و نقل در منطقه ۵ شهرداری تهران به شرح زیر است:

طول بزرگراه ها ۵۷ کیلومتر، طول رمپ و لوپ ۱۸ کیلومتر، طول شریانی درجه یک ۸ کیلومتر و طول شریانی درجه دو ۹ کیلومتر است از نظر حمل و نقل عمومی منطقه مورد نظر دارای ۴/۷۵۰ کیلومتر خطوط مترو بوده که دو خط مترو ۴ و ۶ را در بر گرفته که خط ۴ مترو به طول ۳/۵ کیلومتر و خط ۶ مترو به طول ۱/۲۵۰

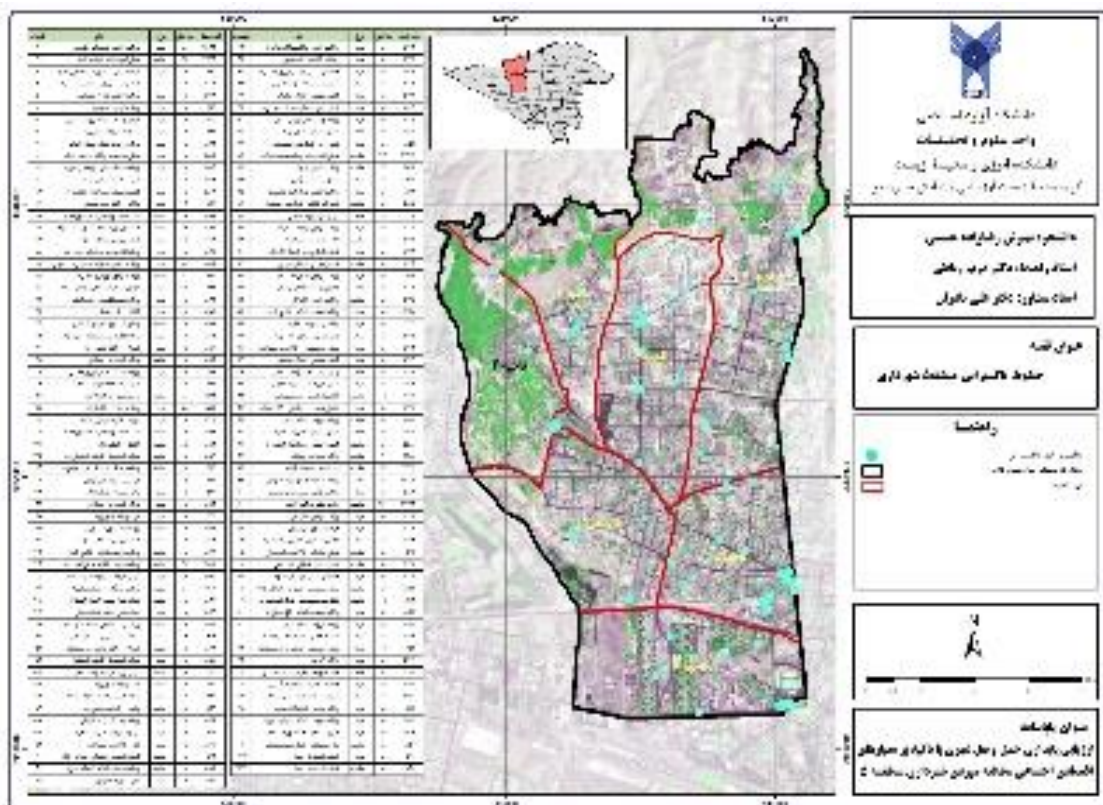


شکل ۲. نقشه خطوط مترو منطقه ۵ تهران

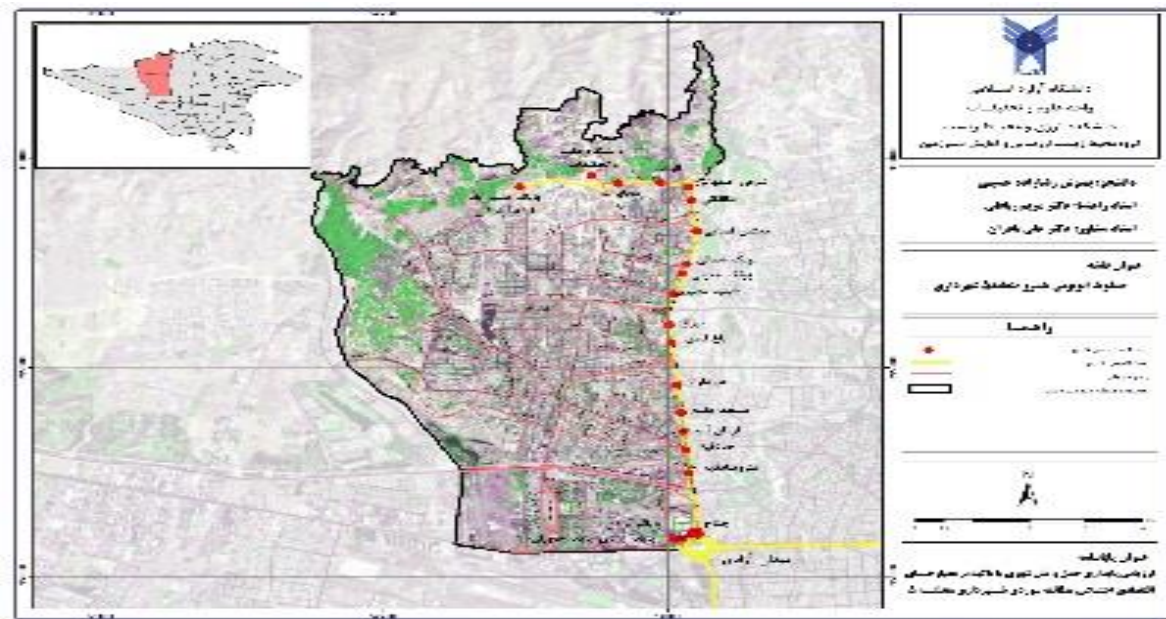
موردی: منطقه ۵ شهرداری تهران)



شکل ۳. نقشه خطوط اتوبوسرانی منطقه ۵ تهران

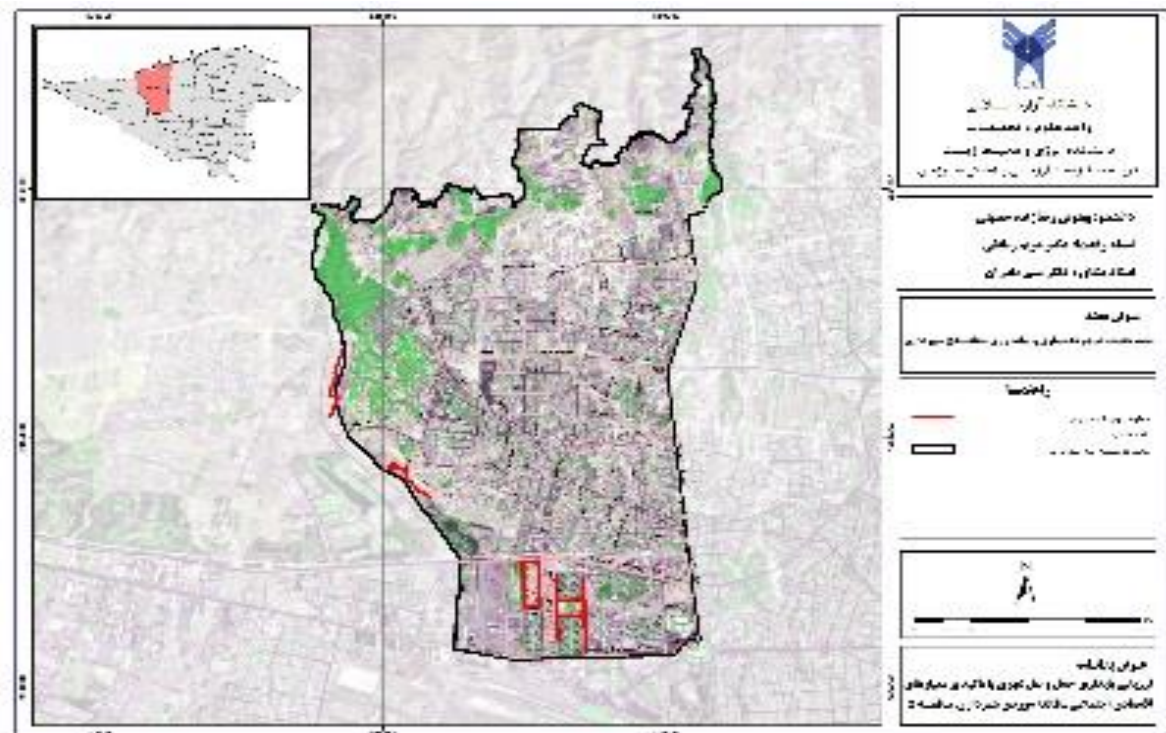


شکل ۴. نقشه خطوط تاکسیرانی منطقه ۵ تهران



شکل ۵. نقشه خطوط اتوبوس تندرو منطقه ۵ تهران

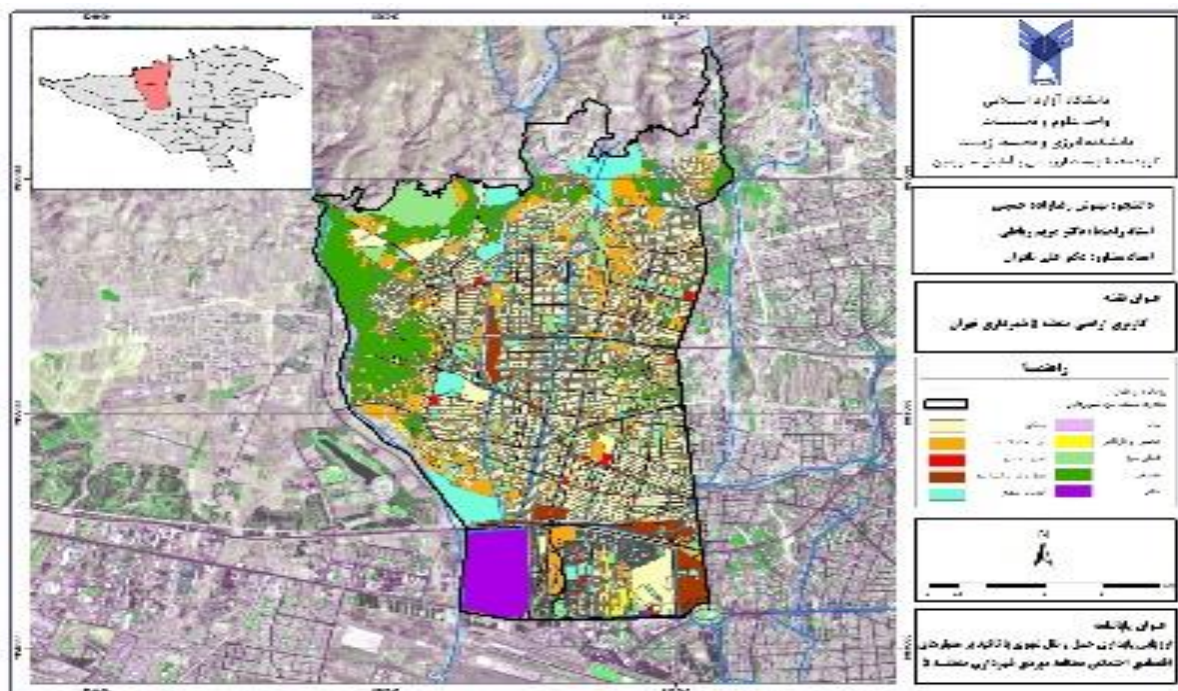
دو آیتم دوچرخه سواری و پیاده روی نیز که نشان دهنده پایداری حمل و نقل است در منطقه چندان مورد توجه نبوده و میزان دوچرخه سواری در آن به دلیل شرایط نامناسب شیب منطقه به شدت اندک است (شکل ۶).



شکل ۶. نقشه خطوط دوچرخه سواری و پیاده روی منطقه ۵ تهران

۳-۲ کاربری اراضی
سرانه کاربری زمین که جهت محاسبه و برآورد اراضی و توزیع آن میان فعالیتها و کاربریهای مختلف به عنوان نوعی معیار شاخص کمی برای سنجش و مقایسه تغییرات کاربریها در طی زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد در منطقه ۵ به شرح (شکل ۷) می باشد.

فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال شانزدهم / شماره اول (۶۲) / پاییز ۱۴۰۳



شکل ۷. نقشه کاربری اراضی منطقه ۵ تهران

۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

۴-۱ تحلیل توصیفی نمونه

برای انتخاب شاخص‌ها و معیارها و وزن دهی آنها از پرسشنامه و جهت نمونه گیری از روش خوشه‌ای تک مرحله‌ای استفاده گردید و تعداد پرسشنامه نیز با کمک فرمول کوکران و به تعداد ۶۷ عدد انتخاب شد و بین کارشناسان و متخصصین در شهرداری منطقه ۵ توزیع شد که ویژگی‌های دموگرافیک آنها در نمودار ۱ نمایش داده شده است.

با توجه به نمودار (۱)، ۵۸ درصد پاسخگویان مرد و بقیه زن بودند. همچنین ۳۷ درصد پاسخگویان بین ۲۰ تا ۳۰ سال و ۳۲ درصد دیگر بین ۴۰ تا ۵۰ سال بودند. فقط ۱ درصد پاسخگویان بیشتر از ۶۰ سال داشت. همچنین ۸۱ درصد از پاسخگویان دارای

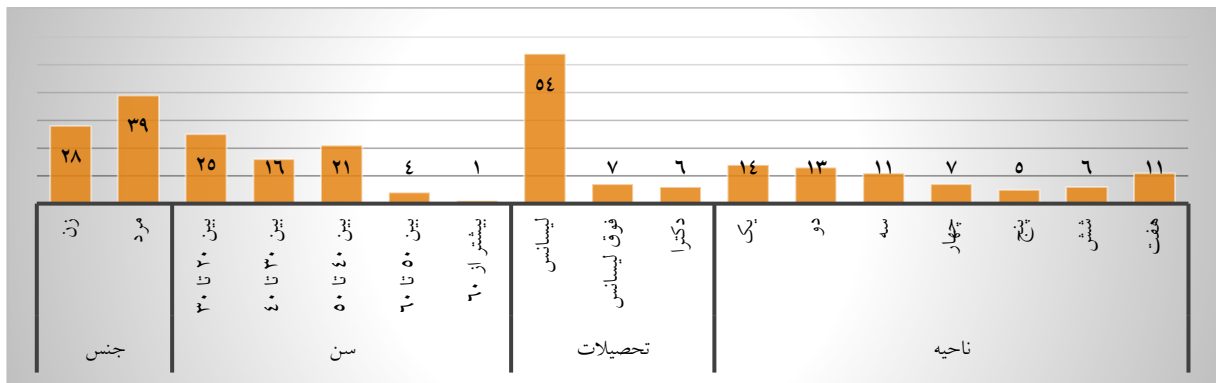
مدرک لیسانس و ۹ درصد دکترا داشتند. ۲۱ درصد از ناحیه ۱ شهرداری منطقه ۵ تهران و ۱۰ درصد از ناحیه ۴ بودند.

۴-۲ فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

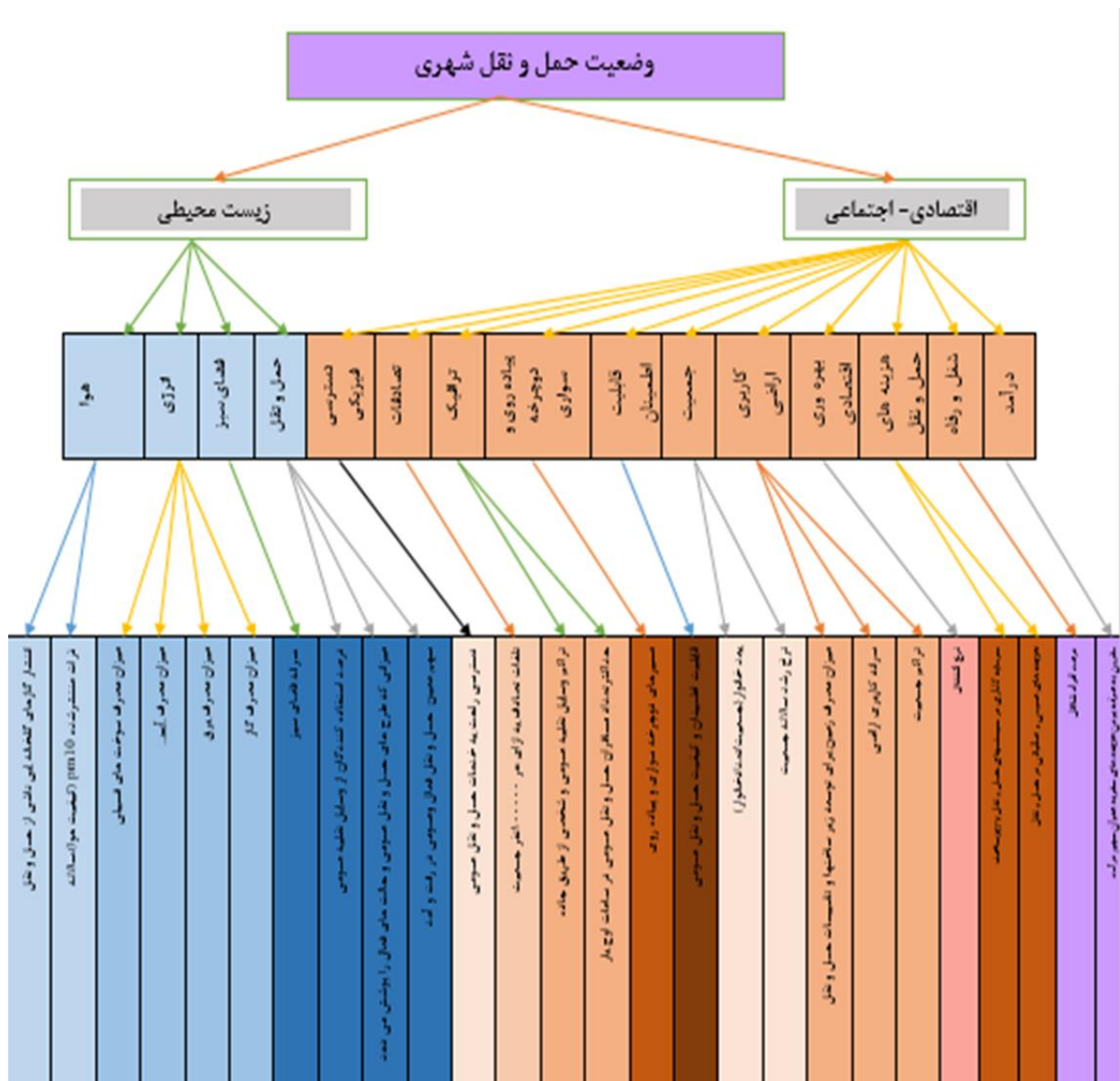
برای رتبه بندی و وزن دهی به شاخص‌ها از روش ANP استفاده شده است. مدل نهایی تحقیق در (شکل ۸) مشاهده می‌شود. این مدل در ۴ سطح قابل توصیف است. سطح اول همان هدف است. سطح دوم محیط، سطح سوم معیار و سطح چهارم شاخص نامیده می‌شود.

۴-۲-۱ رتبه بندی شاخص‌ها به روش ANP

در این مرحله به دلیل زیاد بودن تعداد شاخص‌ها از نرم افزار اکسل استفاده شده است و فقط رتبه‌بندی و وزن هر یک از شاخص‌ها در این قسمت بیان شده است.



نمودار ۱. نمودار ویژگی های دموگرافیک نمونه



شکل ۸ مدل نهایی معیارهای حمل و نقل پایدار شهری منطقه ۵

ارزیابی پایداری حمل و نقل شهری با تأکید بر معیارهای اقتصادی-اجتماعی با رویکرد تلفیقی مدل سوتی و MCDM (مطالعه

موردی: منطقه ۵ شهرداری تهران)

جدول ۱. رتبه بندی و وزن هریک از شاخص های حمل و نقل پایدار شهری

وزن	شاخص
۰/۱۰۰۶	انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از حمل و نقل
۰/۰۸۲۵	ذرات منتشرشده pm10 (کیفیت هوا)، سالانه
۰/۰۵۲۳	میزان مصرف سوخت های فسیلی
۰/۰۳۲۵	میزان مصرف آب
۰/۰۳۴۱	میزان مصرف برق
۰/۰۳۴۸	میزان مصرف گاز
۰/۰۲۶۱	سرانه فضای سبز
۰/۰۰۲۱	درصد استفاده کنندگان از وسایل نقلیه عمومی
۰/۰۶۱۲	میزانی که طرح های حمل و نقل عمومی، تسهیلات بین وجهی و زیرساخت های حالت های فعال را پوشش می دهد
۰/۰۵۵۱	سهم معین حمل و نقل فعال و عمومی در رفت و آمد
۰/۰۲۳۴	دسترسی راحت به خدمات حمل و نقل عمومی
۰/۰۱۴۵	تلفات تصادف به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر جمعیت
۰/۰۲۷۸	تراکم وسایل نقلیه عمومی و شخصی از طریق جاده
۰/۰۴۵۱	حداکثر تعداد مسافران حمل و نقل عمومی در ساعات اوج بار
۰/۰۷۶۱	مسیرهای دوچرخه سواری و پیاده روی
۰/۰۶۱۴	قابلیت اطمینان و کیفیت حمل و نقل عمومی
۰/۰۳۶۱	بعد خانوار
۰/۰۳۹۷	نرخ رشد سالانه جمعیت
۰/۰۲۱۳	میزان مصرف زمین برای توسعه زیر ساخت ها و تاسیسات حمل و نقل
۰/۰۱۵۴	سرانه کاربری
۰/۰۰۱۳	تراکم جمعیت
۰/۰۰۴۱	نرخ اشتغال
۰/۰۵۴۵	سرمایه گذاری در سیستم های حمل و نقل و زیرساخت
۰/۰۴۹۷	هزینه های عمومی و عملیاتی در حمل و نقل
۰/۰۰۷۸	مقرون به صرفه بودن هزینه های سفر به عنوان سهم درآمد
۰/۰۴۰۵	درصد افراد شاغل
۰/۰۰۱	نرخ سازگار

بر اساس جدول شماره ۲ معیار هوا و انرژی و منابع مورد استفاده در رتبه های اول و دوم و بهره وری اقتصادی و توسعه در رتبه آخر قرار دارد.

بنابر جدول شماره ۱ شاخص انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از حمل و نقل و ذرات منتشرشده pm10 (کیفیت هوا)، سالانه در رتبه اول و دوم و تراکم جمعیت در رتبه آخر قرار دارد.

۲-۲-۴ رتبه بندی معیارها به روش ANP

فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال شانزدهم / شماره اول (۶۲) / پاییز ۱۴۰۳

جدول ۲. رتبه بندی و وزن هریک از معیارها حمل و نقل پایدار شهری

وزن	معیار
۰/۱۸۳۱	هوا
۰/۱۵۳۷	انرژی و منابع مورد استفاده
۰/۰۲۶۱	فضای سبز
۰/۱۱۸۴	حمل و نقل
۰/۰۲۳۴	دسترسی فیزیکی
۰/۰۱۴۵	تصادفات و تلفات جانی
۰/۰۷۲۸۸	جریان ترافیک
۰/۰۷۶۱	پیاده روی و دوچرخه سواری
۰/۰۶۱۴	قابلیت اطمینان
۰/۰۷۵۸	جمعیت
۰/۰۳۸۰	کاربری اراضی
۰/۰۰۴۱	بهره وری اقتصادی و توسعه
۰/۱۰۴۲	مخارج و هزینه های عملیاتی و زیر ساخت حمل و نقل
۰/۰۰۷۸	شغل، رفاه
۰/۰۴۰۵	درآمد
۰/۰۰۱	نرخ سازگاری

جدول ۳. رتبه بندی و وزن هریک از رویکردهای حمل و نقل شهری

وزن	رویکرد
۰/۴۸۱۳	زیست محیطی
۰/۵۱۸۷	اقتصادی- اجتماعی
۰/۰۰۱	نرخ سازگاری

نتیجه نهایی رتبه بندی شاخص های رویکرد محیط زیست به شرح جدول شماره ۴ است. بر اساس این رتبه بندی انتشار گازهای گلخانه ای در رتبه اول و درصد استفاده کنندگان از وسایل نقلیه عمومی در رتبه آخر قرار دارد.

۴-۲-۳ رتبه بندی رویکردها به روش ANP

بر اساس جدول شماره ۳ رویکرد اقتصادی اجتماعی در رتبه اول قرار دارد.

۴-۲-۴ رتبه بندی شاخص های رویکرد زیست محیطی

جدول ۴. رتبه بندی و وزن هریک از شاخص های رویکرد محیط زیست

وزن	شاخص
۰/۲۰۹۰	انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از حمل و نقل
۰/۱۷۱۴	ذرات منتشر شده pm10 (کیفیت هوا)، سالانه

ارزیابی پایداری حمل و نقل شهری با تأکید بر معیارهای اقتصادی - اجتماعی با رویکرد تلفیقی مدل سوتی و MCDM (مطالعه

موردی: منطقه ۵ شهرداری تهران)

وزن	شاخص
۰/۱۰۸۶	میزان مصرف سوخت های فسیلی
۰/۰۶۷۵	میزان مصرف آب
۰/۰۷۰۸	میزان مصرف برق
۰/۰۷۲۳	میزان مصرف گاز
۰/۰۵۴۲	سرانه فضای سبز
۰/۰۰۴۳	درصد استفاده کنندگان از وسایل نقلیه عمومی
۰/۱۲۷۱	میزانی که طرح های حمل و نقل عمومی، تسهیلات بین وجهی و زیرساخت های حالت های فعال را پوشش می دهد
۰/۱۱۴۴	سهم معین حمل و نقل فعال و عمومی در رفت و آمد
۰/۰۰۱	نرخ سازگاری

جدول ۵. رتبه بندی و وزن دهی معیارهای رویکرد زیست محیطی

وزن	معیار
۰/۳۸۰۴	هوا
۰/۳۱۹۳	انرژی و منابع مورد استفاده
۰/۰۵۴۲	فضای سبز
۰/۲۴۶۰	حمل و نقل
۰/۰۰۱	نرخ سازگاری

رتبه بندی نهایی معیارهای رویکرد زیست محیطی به شرح ۴-۲-۵ رتبه بندی معیارهای رویکرد زیست محیطی

جدول ۵ می باشد. بر اساس این جدول معیار هوا در رتبه اول و

فضای سبز در رتبه آخر قرار دارد.

جدول ۶. رتبه بندی و وزن دهی شاخص های رویکرد اقتصادی - اجتماعی

وزن	شاخص
۰/۰۴۵۱	دسترسی راحت به خدمات حمل و نقل عمومی
۰/۰۲۷۹	تلفات تصادف به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت
۰/۰۵۳۵	تراکم وسایل نقلیه عمومی و شخصی از طریق جاده
۰/۰۸۶۹	حداکثر تعداد مسافران حمل و نقل عمومی در ساعات اوج بار
۰/۱۴۶۸	مسیرهای دوچرخه سواری و پیاده روی
۰/۱۱۸۳	قابلیت اطمینان و کیفیت حمل و نقل عمومی
۰/۰۶۹۵	بعد خانوار
۰/۰۷۶۵	نرخ رشد سالانه جمعیت
۰/۰۴۱۰	میزان مصرف زمین برای توسعه زیر ساخت ها و تاسیسات حمل و نقل
۰/۰۲۹۶	سرانه کاربری
۰/۰۰۲۵	تراکم جمعیت
۰/۰۰۷۹	نرخ اشتغال

شاخص	وزن
سرمایه گذاری در سیستم‌های حمل و نقل و زیرساخت	۰/۱۰۵۰
هزینه‌های عمومی و عملیاتی در حمل و نقل	۰/۰۹۵۸
مقرون به صرفه بودن هزینه‌های سفر به عنوان سهم درآمد	۰/۰۱۵۰
درصد افراد شاغل	۰/۰۷۸۰
نرخ سازگاری	۰/۰۰۱

۴-۲-۶ رتبه بندی شاخص‌های رویکرد اقتصادی - سواری و پیاده روی در رتبه اول و تراکم جمعیت در رتبه آخر اجتماعی قرار دارد.

نتیجه نهایی رتبه‌بندی این شاخص‌ها به شرح جدول شماره ۶ می‌باشد. بر اساس این جدول شاخص مسیرهای دوچرخه

جدول ۷. رتبه‌بندی و وزن دهی معیارهای رویکرد اقتصادی - اجتماعی

معیار	وزن
دسترسی فیزیکی	۰/۰۴۵۱
تصادفات و تلفات جانی	۰/۰۲۷۹
جریان ترافیک	۰/۱۵۰۵
پیاده روی و دوچرخه سواری	۰/۱۴۶۷
قابلیت اطمینان	۰/۱۱۸۳
جمعیت	۰/۱۴۶۱
کاربری اراضی	۰/۰۷۳۲
بهره وری اقتصادی و توسعه	۰/۰۰۷۹
مخارج و هزینه‌های عملیاتی و زیر ساخت حمل و نقل	۰/۲۰۰۹
شغل، رفاه	۰/۰۱۵۰
درآمد	۰/۰۷۸۰
نرخ سازگاری	۰/۰۰۱

وضعیت حمل و نقل شهری منطقه ۵ در رویکرد زیست محیطی و اقتصادی - اجتماعی در جدول شماره ۸ و ۹ آمده است.

با توجه به جدول شماره ۸ حمل و نقل شهری منطقه ۵ در رویکرد محیط زیستی برابر است با ۲,۱۴۳۷ از ۵ که این نمره از حد متوسط پایین‌تر است و با توجه به جدول شماره ۹ حمل و نقل شهری منطقه ۵ در رویکرد اقتصادی - اجتماعی برابر است با ۱,۸۱۱۷ از ۵ که این نمره نیز از حد متوسط پایین‌تر است.

۴-۲-۷ رتبه بندی معیارهای رویکرد اقتصادی - اجتماعی

نتیجه نهایی رتبه‌بندی این معیارها به شرح جدول ۷ می‌باشد. بنابراین جدول مخارج و هزینه‌های عملیاتی و زیر ساخت حمل و نقل در رتبه اول و بهره وری اقتصادی و توسعه در رتبه آخر قرار دارد.

۴-۳ وضعیت حمل و نقل شهری منطقه ۵ با کمک

روش پرامتی

ارزیابی پایداری حمل و نقل شهری با تأکید بر معیارهای اقتصادی- اجتماعی با رویکرد تلفیقی مدل سوتی و MCDM (مطالعه

موردی: منطقه ۵ شهرداری تهران)

جدول ۸. وضعیت حمل و نقل شهری منطقه ۵ در رویکرد زیست محیطی

نمره	معیار
۰/۷۱۵۰	هوا
۰/۷۰۸۲	انرژی و منابع مورد استفاده
۰/۶۱۵	حمل و نقل
۰/۱۰۵۵	فضای سبز
۲/۱۴۳۷	مجموع از ۵

جدول ۹. وضعیت حمل و نقل شهری منطقه ۵ در رویکرد اقتصادی- اجتماعی

وزن	معیار
۰/۳۶۱۶	مخارج و هزینه های عملیاتی و زیر ساخت حمل و نقل
۰/۲۷۰۹	جریان ترافیک
۰/۲۶۴۰	پیاده روی و دوچرخه سواری
۰/۲۶۲۹	جمعیت
۰/۲۱۲۹	قابلیت اطمینان
۰/۱۴۰۴	درآمد
۰/۱۳۱۷	کاربری اراضی
۰/۰۸۱۱	دسترسی فیزیکی
۰/۰۵۰۲	تصادفات و تلفات جانی
۰/۰۲۷۰	شغل، رفاه
۰/۰۱۴۲	بهره وری اقتصادی و توسعه
۱/۸۱۱۷	مجموع از ۵

معیارها با استفاده از آزمون کلوموگروف- اسپیرنوف استفاده

کردیم و نرمال بودن شاخصها تایید شد. نتیجه آزمون t در جدول ۱۰ آمده است.

۴-۴ آزمون t برای نمره معیارها در رویکردها

برای اطمینان از تعمیم نمرات حمل و نقل شهری به کل نمونه از آزمون t استفاده می شود. قبل از انجام آزمون از نرمال بودن

جدول ۱۰. نتیجه آزمون t

نتیجه در سطح اطمینان ۹۵	سطح معنی داری درصد	معیار
تایید	۰/۰۰۱	هوا
تایید	۰/۰۰۱	انرژی و منابع مورد استفاده
تایید	۰/۰۰۱	فضای سبز
تایید	۰/۰۰۱	حمل و نقل
تایید	۰/۰۰۱	دسترسی فیزیکی

نتیجه در سطح اطمینان ۹۵	سطح معنی داری درصد	معیار
تایید	۰/۰۱	تصادفات و تلفات جانی
تایید	۰/۰۱	جریان ترافیک
تایید	۰/۰۰۱	پیاده روی و دوچرخه سواری
تایید	۰/۰۰۱	قابلیت اطمینان
تایید	۰/۰۰۱	جمعیت
تایید	۰/۰۰۱	کاربری اراضی
تایید	۰/۰۰۱	بهره وری اقتصادی و توسعه
تایید	۰/۰۰۱	مخارج و هزینه های عملیاتی و زیرساخت حمل و نقل
تایید	۰/۰۱	شغل، رفاه
تایید	۰/۰۱	درآمد

۵. نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۵ بحث

به صورت یک الگوی خوشه‌ای مشخص شده است. ویژگی مهم این الگو آن است که در آن از مدل سوتی که یک مدل جهانی و هدف آن تهیه و نشان دادن شاخص برای سنجش حمل و نقل پایدار شهری و پیشرفت به سمت اهداف توسعه پایدار می باشد استفاده شده است.

روش ANP: بررسی ها پیرامون رتبه‌بندی شاخص‌های زیست محیطی نشان داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از حمل و نقل و ذرات منتشر شده pm_{10} (کیفیت هوا)، سالانه رتبه اول و دوم را در بین تمام شاخص‌ها دارند و همچنین معیار هوا نیز رتبه اول را در بین معیارها دارد.

بررسی ها پیرامون معیارها و شاخص‌های اقتصادی- اجتماعی نشان داد که شاخص مسیرهای دوچرخه سواری و پیاده‌روی در رتبه اول و تراکم جمعیت در رتبه آخر قرار دارد. همچنین مخارج و هزینه‌های عملیاتی و زیر ساخت حمل و نقل در رتبه اول و توسعه و بهره وری در رتبه آخر قرار دارد.

روش پرامتی: نتایج این پژوهش نشان داد که وضعیت منطقه ۵ شهرداری تهران از منظر معیارهای حمل و نقل پایدار شهری ضعیف‌تر از حد متوسط است که همت و اراده مدیریتی زیادی تا رسیدن به حد متوسط و بالاتر را می‌طلبد. در واقع با توجه به وزن‌دهی‌های انجام شده و نمرات حاصل از این نظرسنجی و

فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال شانزدهم / شماره اول (۶۲) / پاییز ۱۴۰۳

نتایج این تحقیق از نقطه نظر شاخص‌های زیست محیطی با نتایج حاتمی و همکاران (۱۳۹۷) و ثانی و همکاران (۱۳۹۸) همسو و هم‌راستا است و از لحاظ شاخص‌های اقتصادی- اجتماعی با نتایج پرایودیانتو در شهر کاتماندو همسو و هم‌راستا می‌باشد. نتایج این تحقیق در بعضی شاخص‌ها با نتیجه تحقیق تقوایی و سجادی (۱۳۹۵) همسو و در برخی شاخص‌ها ناهمسو است. همچنین شاخص‌های استخراج شده در این تحقیق با نتایج تحقیق خزایی (۱۳۹۷) کاملاً همسو است ولی در تحقیق حاضر تعداد شاخص‌ها بیشتر است. علاوه بر این در تحقیق گهرپور و آزموده (۱۳۹۴) که در محدوده مترو صادقیه تهران انجام شده، تعداد ۹ شاخص استخراج شده است که با شاخص‌های تحقیق حاضر همسو است. می‌توان دلیل اختلاف در تعداد و نوع شاخص‌ها را تفاوت مکانی و زمانی مورد مطالعه دانست.

۲-۵ نتیجه گیری

مدل سوتی: در این پژوهش در مجموع ۱۵ معیار و ۲۶ شاخص شناسایی شده که ۱۰ شاخص از ۲۶ شاخص آن شاخص‌های سوتی هستند که این شاخص‌ها در منطقه ۵ بومی سازی شده و

۷. مراجع

- احدی، محمدرضا، ضرغامی، سعید؛ آقامحمدی، آرزو (۱۳۹۳) "بررسی شاخص های توسعه پایدار در برنامه ریزی حمل و نقل"، ششمین کنفرانس ملی برنامه ریزی و مدیریت شهری با تأکید بر مولفه های شهر اسلامی، مشهد.

- استادی جعفری، مهدی و رصافی، امیرعباس (۱۳۹۲) "ارزیابی سیاستهای توسعه پایدار در بخش حمل و نقل شهری با استفاده از مدل های سیستم پویایی (مطالعه موردی: شهرمشهد)", دو فصلنامه مدیریت شهری، ۱۱(۳۱)، ۲۹۴-۲۸۱.

- جهانشاهلو، لعلا و امینی، الهام (۱۳۸۵) "برنامه ریزی شهری و نقش آن در دستیابی به حمل و نقل پایدار شهری"، هفتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران.

- رسولی، سیدحسن و قرنجیک، عبدالرشید و قرنجیک، عبدالغفار (۱۳۹۴) "بررسی و ارزیابی حمل و نقل شهری بر توسعه پایدار شهری"، دومین کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در عمران، معماری و شهرسازی.

- رصافی امیر عباس و رزآبادی پور، شیما (۱۳۸۸) "بررسی توسعه پایدار حمل و نقل در ایران با استفاده از تحلیل چند هدفی"، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۱(۲)، ۴۶-۳۲.

- سلطانی، علی (۱۳۹۰) "مباحثی در حمل و نقل شهری با تأکید بر رویکرد پایداری"، انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز.

- سایت شرکت کنترل ترافیک شهرداری تهران air.tehran.ir

- سایت شهرداری تهران www.tehran.ir

آزمون t در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان داد که نمره منطقه ۵ در هر دو رویکرد کمتر از ۲,۵ از ۵ می باشد.

۳-۵ پیشنهادات

۱. با توجه به نتایج این تحقیق مبنی بر معیارها و شاخص های حمل و نقل پایدار شهری و رتبه شاخص های سوتی در رویکرد محیط زیستی و اقتصادی-اجتماعی توجه به این شاخص ها باید سرلوحه کار مدیران مربوطه قرار گیرد و استراتژی های عمومی شامل جلوگیری از حمل و نقل غیر ضروری، تغییر جهت حمل و نقل از حمل و نقل موتوری منفرد به حالت های حمل و نقل عمومی و بهبود حمل و نقل با توجه به استفاده از وسایل نقلیه و سوخت های کارآمد و پاک مدنظر قرار بگیرد.

۲. نتایج این تحقیق نشان داد که در منطقه ۵ شهرداری تهران رتبه اول معیارهای حمل و نقل پایدار شهری در رویکرد زیست محیطی مربوط به انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از حمل و نقل و ذرات منتشر شده pm_{10} (کیفیت هوا) است. لذا باید در جهت بهبود کیفیت سوخت وسایل نقلیه، استفاده از خودروهای برقی و هبریدی و آرام سازی ترافیک گام برداشت.

۳. در رویکرد اقتصادی-اجتماعی نیز در منطقه ۵ تهران معیار مخارج و هزینه های عملیاتی و زیر ساخت حمل و نقل در رتبه اول قرار دارد. بنابراین مدیران مربوطه باید بودجه های بیشتری برای ارتقا این معیار اختصاص دهند.

۶. پی نوشت ها

1. Sustainable Urban Transportation Index (SUTI)
2. Preference Ranking Organization method for Enrichment Evaluations (Promethee)
3. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP)
4. Sustainable Development Goals (SDG)
5. Analytical Network Process (ANP)

- سالنامه آماری شهرداری تهران، (۱۳۹۹).

- معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۴۰۱.

- Bianco, Martha J. (1999) "Technological Innovation and the Rise and fall of Urban Mass Transi". Journal of Urban History.

- Gudmundsson, H, Regmi, M, B (2017) "Developing TheSustainableUrban Transport Index". Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacifi, (87).

- United Nation (1992)" Agenda 21" Agenda 21 and United Nations Conference on Environment and Development.
<http://www.un.org/esa/dsd/agenda21>

