

ارزیابی ویژگی‌های قطار حومه‌ای در برابر سایر وسایل حمل و نقل عمومی و خصوصی

علمی - پژوهشی

علی اصغر گهرپور*، استادیار، دانشکده عمران و معماری، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
فرشید توان، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد الکترونیک، ملایر، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: goharpour_a@malayeru.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۰ - پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۵

صفحه ۲۸۴-۲۶۹

چکیده

پیشرفت و صنعتی شدن جوامع و به تبع آن زایش و توسعه حومه‌های شهری، افزایش شدید تقاضای سفر را به همراه آورده است. این افزایش تقاضا در کنار جهش رشد درصد مالکیت خودرو منجر به پدیدآوری مسائل و مشکلات متعددی مانند افزایش بی رویه مصرف انرژی، انواع آلودگی زیست محیطی، تاخیر و تراکم ترافیک و مسائل روحی و روانی ناشی از اختلال ترافیک شده است. چالش اصلی پیش روی سیاست گذاران حمل و نقل در کنار عرضه سیستمی کارآمد جهت پاسخ به حجم انبوه سفرها، تمهید اقداماتی در راستای کاهش خسارات فوق است. قطار حومه‌ای یک سیستم حمل و نقل عمومی ریلی است با هدف پاسخگویی به سفرهای رفت و برگشتی روزانه با موضوعاتی مانند کار، آموزش، تحصیل و تجارت است. این سیستم می‌تواند با استفاده از ظرفیت‌های خود در بهبود مشکلات ناشی از حمل و نقل نقشی اساسی ایفا کند و حتی در طولانی مدت منجر به بهره‌وری اقتصادی گردد. در این پژوهش معین می‌شود که تا چه اندازه قطار حومه‌ای می‌تواند به نیازهای حمل و نقلی این خطوط پاسخ دهد و افزایش خدمات به‌کارگیری این سیستم در مقایسه با سایر شیوه‌ها دارای چه مزایایی است. هدف این پژوهش تحلیل و ارزیابی توانایی‌ها و عملکرد قطار حومه‌ای از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و ترافیکی است تا با برجسته‌سازی خصوصیات این سیستم گامی مؤثر در بسط عرصه علمی و پژوهشی ورود این سیستم به چرخه رقابت پایدار برداشته شود تحلیل همزمان دو خط با خصوصیات مختلف مناطق حومه‌ای، تبیین معیارهایی مطابق با توسعه‌های نوین شهری، افزایش سهم مطلوبیت‌های شخصی کاربران در سایر معیارها از جنبه‌های نوآوری این پژوهش هستند. در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل اماری چند شاخصه اینگونه استدلال می‌شود که بر اساس معیارهای تعیین شده قطار حومه‌ای با کسب اکثریت امتیازات حد ایده‌آل تعریف شده دارای رتبه نخست و دارای بالاترین حد مطلوبیت نسبت به سایر شیوه‌های حمل و نقلی است.

واژه‌های کلیدی: حمل و نقل عمومی، رقابت پذیری، قطار حومه‌ای

۱- مقدمه

رقابتی در برابر رقبای بالقوه و بالفعل است. مقصود اصلی از تجزیه و تحلیل عوامل خارجی مؤثر بر رقابت این است که مشخص شود که یک سازمان چگونه استراتژی‌های رقابتی خود را تدوین نماید تا بتواند از فرصت‌های موجود محیطی استفاده کند و در مقابل چگونه جهت حفظ بقای خود در ادامه رقابت، اثرات ناشی از تهدیدات را کاهش دهد (Ketteli, 2002). طبق فرهنگ لغت اوربانسم، حومه یک قطعه شهری شده

رقابت‌پذیری با تعبیر توانمندی و تمایل ورود به رقابت تعریف شده است. به عبارت دیگر رقابت پذیری توانایی افزایش سهم بازار، سود دهی، رشد افزوده و ماندن در صحنه رقابت عادلانه است (Tavan and Goharpoor, 2019). نقطه شروع و آغازین برای تجزیه و تحلیل یک صنعت، معمولاً شناسایی عوامل و نیروهای اثرگذار بر سازمان‌های موجود در آن صنعت بوده و هدف از شناسایی این نیروها توانایی افزایش مزیت‌های

و نقل عمومی جنبه‌های نوآوری این تحقیق هستند.

۲- پیشینه پژوهش

مفهوم «راه‌آهن حومه‌ای» برای اولین بار به‌وسیله دانشکده ترافیک و حمل و نقل دانشگاه تونگجی^۱ مطرح شد (Peng, Wang and Jianhong, 2019). قطار حومه‌ای نوعی از حمل و نقل ریلی مسافری است که با هدف ایجاد اتصال شهرهای اقماری به کلانشهرها و یا اتصال حومه شهر به مرکز آن و شبکه ریلی درون شهری به همراه سرویس‌دهی ریلی شهرک‌های کوچک‌تر در مسیر و یا گاهی به‌عنوان رینگ‌های دوم و سوم خطوط حمل و نقل ریلی شهرها عمل می‌کند. سامانه‌های قطار حومه‌ای غالباً برای انتقال مسافران از خانه به مراکز اشتغال و تحصیل خدمت‌رسانی می‌کنند. در سال‌های اخیر توجه به تعریف اصطلاح «قطار حومه‌ای» و شناسایی تفاوت‌های آن با سایر شیوه‌های مشابه در اهمیت بیشتری قرار گرفته است. شاخص‌های جدول شماره ۱ و مقدار آنها مربوط به توصیف قطار حومه‌ای می‌باشد که از کمیسیون برنامه‌ریزی منطقه‌ای جنوب شرقی ویسکانسین، در سال ۱۹۸۸ نقل شده است (Ghahramani and Monaemi, 2016).

جدول ۱. شاخص‌های قطار حومه‌ای

| مقدار شاخص | شاخص |
|---------------------|--|
| ۲ تا ۱۰ واگن | طول قطار |
| برقی یا دیزلی | سامانه کشش |
| خط موجود یا خط مجزا | ملزومات تملک زمین |
| ۲۰ تا ۵۰ | طول مسیر (مایل) |
| ۲ تا ۵ | فاصله بین ایستگاه (مایل) |
| ۷۹ | حداکثر سرعت بهره برداری (مایل بر سرعت) |
| ۳۰ تا ۵۰ | سرعت متوسط (مایل بر ساعت) |
| ۳۰ تا ۶۰ | سرفاصله (زمان اوج تقاضا) (دقیقه) |
| ۱ تا ۳ | سرفاصله (زمان غیر اوج تقاضا) (ساعت) |

همچنین، در کشور ما واحد بهره برداری از قطارهای حومه‌ای شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران نیز جهت تفکیک و تشخیص سیستم قطار حومه‌ای از سایر سیستم‌های حمل و نقل عمومی ریلی به تعیین معیار و تبیین ویژگی‌هایی

در اطراف یک شهر است. حومه قبل از هر چیز یک تعریف اداری دارد و تحت نفوذ مرکز شهر است اما این تعریف اداری گاه، مطابق با واقعیت نیست یعنی یک شهر می‌تواند دارای قلمرو یا ضمیمه‌ای کلی یا جزئی از حومه‌های خود باشد و یا حوزه‌ای که عمدتاً به منطقه مسکونی اختصاص می‌یابد و در بیرون از شهر قرار دارد، حومه خوانده می‌شود. پس یک حومه ممکن است به‌صورت روستا جلوه کند و یا یک شهر را شامل شود. گسترش شهرنشینی در سال‌های اخیر و مساله رفت و آمد مردم در شهرهای پرجمعیت و حومه‌ای به یک معضل عمومی تبدیل گردیده و این معضل علاوه بر اتلاف وقت شهروندان سبب بروز مشکلات عدیده و تحمیل هزینه‌های متعدد به جامعه و دولت شده است (Talebi and Paydar, 2017). به دلیل اجتناب ناپذیر بودن سکونت و یا مهاجرت مردم به شهرهای حومه در حوزه شهرهای بزرگ، لزوم توسعه حمل و نقل حومه‌ای مطلوب و مناسب بیش از پیش اهمیت می‌یابد. در این میان مد ریلی حمل و نقل در مناطق حومه‌ای و یا به بیان بهتر، قطارهای حومه‌ای از امتیازات برتری نسبت به سایر روش‌های حمل و نقل برخوردار است (Ghahramani and Monaemi, 2016). راه‌آهن حومه‌ای می‌تواند با استفاده از ظرفیت خود مزیت‌های رقابتی قابل توجه‌ای را در اختیار صاحبان کسب‌وکار قرار داده و منجر به بهره‌وری اقتصادی گردد. وجود درخواست‌های متنوع و همچنین رشد و توسعه شهرک‌های اقماری و در کنار آن اتخاذ سیاست‌هایی مثل آزاد سازی قیمت سوخت از جمله دلایلی است که مطالعه پتانسیل بالقوه قطارهای حومه‌ای و اولویت‌بندی آنها را در دستور کار مراکز پژوهشی و علمی مرتبط قرار داده است.

مشکلات مذکور، حمل و نقل حومه‌ای را به یک مسئله کلی تبدیل کرده است و این تحقیق سعی دارد این مسئله را به بیانی مشخص و هدفمند تبدیل کرده و شکاف موجود در معرفی راه‌حلی بلند مدت را با معرفی و مقایسه ظرفیت‌های قطار حومه‌ای برطرف کند. هدف از این پژوهش تحلیل رقابت پذیری در بین سامانه‌های موجود و فعال حمل و نقل حومه‌ای است که به مقایسه جنبه‌های مختلف توانمندی قطار حومه‌ای با سایر وسایل نقلیه عمومی و شخصی بر اساس معیارهای مختلف ترافیکی، اجتماعی و اقتصادی می‌پردازد. تفکیک رقبا بر اساس توانمندی، بررسی همزمان دو محدوده متفاوت حومه‌ای، استفاده از اصول و سیاست‌های توسعه مبتنی بر حمل

برای این نوع قطار بر اساس همان معیارها در قالب یک چک لیست پرداخته که بخشی از آن در جدول شماره ۲ آمده است (Tavan and Goharpoor, 2019).

از جمله خطوط داخلی فعال این سامانه می‌توان به خطوط اتصال قم، قزوین، گرمسار و پرند به تهران، سرخس به مشهد، جلفا و سلماس به تبریز، اندیمشک و خرمشهر به اهواز اشاره کرد.

جدول ۲. چک لیست تشخیص قطار حومه‌ای

| معیار | وضعیت | معیار | اندازه |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|
| موقعیت جغرافیایی | بین شهرهای بزرگ و حومه‌ای آنها | میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت) | ۶۰-۱۰۰ |
| تکرر سفر | روزانه یا روزهای خاص | سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت) | ۱۲۰ و کمتر |
| هدف عمده سفر | شغلی و تحصیلی | زمان سفر (ساعت) | کمتر از ۲ |
| حساسیت تاخیر | زیاد | طول سفر (کیلومتر) | کمتر از ۱۵۰ |
| ساعات مطلوب سفر | ترافیک صبح و عصر | طول خط (کیلومتر) | ۲۵-۱۵۰ |
| شماره صندلی | ندارد | تواتر اعزام قطار (دقیقه) | ۲۰-۳۰ |
| مسافران ایستاده | تقریباً ندارد | فاصله ایستگاه‌ها (کیلومتر) | ۱۰-۵۰ |

این مد حمل و نقلی در سال‌های دهه ۱۹۶۰ در ژاپن و اروپا با توجه به رشد و توسعه شهر نشینی، افزایش جمعیت ساکن در حومه شهرها و تعداد شهرک‌های اقماری، تراکم ترافیک و مشکلات ناشی از آن مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفت و به سرعت تبدیل به یکی از محورهای اصلی حمل و نقل حومه به شهر و بالعکس شد. بگونه‌ای که تصور حمل و نقل این مناطق بدون در نظر گرفتن نقش قطار حومه‌ای امکان پذیر نیست و حتی با وجود گستردگی خطوط قطارهای حومه‌ای در اروپا و ژاپن، بازهم خطوط جدیدی در حال برنامه‌ریزی و احداث هستند (Emadi and Vahedi, 2017).

بسیاری از سیاست‌هایی که امروزه برای مدیریت ترافیک بکار گرفته می‌شوند، از جمله مدیریت تقاضای سفر، افزایش مطلوبیت حمل و نقل همگانی، احداث و ایجاد خطوط جدید حمل‌ونقل همگانی و غیره، همگی بر سهم استفاده از وسایل مختلف حمل و نقل تأثیرگذار هستند (Mahpour and Shahebrahimi, 2019). خدمات حین سفر یکی از مهمترین عوامل مؤثر در استفاده از سیستم‌های حمل و نقل عمومی است (Demircan and Tunc, 2019). یکی از خواسته‌های اساسی افراد در جوامع امروزی بدون شک بهبود کیفیت خدمات حمل و نقل عمومی است. شرکت‌های خدمات مسافربری برای رقابت در این فضا نیاز دارند که عوامل مؤثر بر رضایت مسافران و معیارهای کیفیت خدمات از دید آنها را شناسایی کنند و ضمن ارزیابی وضعیت خود از این دیدگاه، برای بهبود وضعیت خود و کسب رضایت مسافران اقدام نمایند. (Tahmasebi and Nikjoo, 2021). مطالعات انجام گرفته در زمینه انتخاب بهترین سیستم حمل و نقل عمومی بیشتر از منظر گزینش بر اساس مسائل اقتصادی بوده است. در ادامه این مطالعات میلر علاوه بر در نظر گرفتن پارامترهای اقتصادی شامل هزینه‌های ساخت، بهره برداری، نگهداری و هزینه سفر سیستم‌های مختلف حمل و نقل عمومی به بررسی عملکرد این سیستم‌ها از نقطه نظر سرویس دهی، زمان سفر، ظرفیت و خصوصیات عملکردی نیز پرداخته است (Mille and Mayer, 2001). لیتمن در تحقیق خود به ارزیابی کارآیی برنامه جدید ترانزیت و مقایسه اتوبوس حمل و نقل ریلی در مناطق شهری آمریکا می‌پردازد. معیارهایی که در این ارزیابی مد نظر قرار گرفته شده عبارتند از: هزینه اجراء، هزینه وسیله نقلیه، تعداد مسافر به ازای هر مایل، دامنه پوشش خدمات، راحتی و آسایش، ظرفیت جابه‌جایی، هزینه زیرساخت‌ها، انعطاف پذیری، سرعت، قابلیت اعتماد، تعداد ایستگاه، آلودگی صوتی و هوا، فضا به ازای هر مسافر و تعداد شبکه‌های موجود (Litman, 2007).

توزکایا به‌وسیله روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی^۲ ارزیابی تأثیرات زیست محیطی و روش‌های حمل و نقل را در دستورکار پژوهش خود قرار می‌دهد. در آن پژوهش به ارزیابی گزینه‌های حمل و نقل ریلی، جاده‌ای، دریایی و چند وجهی پرداخته شده است (Tuzkaya, 2009). یکی از بخش‌های تهدید کننده محیط زیست، حمل و نقل و به‌خصوص بخش

(Jianhong, 2019). در یک پژوهشی علمی با مقایسه حمل و نقل ریلی شهری و حومه‌ای در آلمان و جمهوری چک مقبولیت قطار حومه‌ای اینگونه توصیف می‌شود که این مدل ریلی حمل و نقل می‌تواند به عنوان ستون فقرات شبکه حمل و نقلی عمل کرده تا سایر مسیرهای تغذیه کننده در مناطق داخلی را به هم متصل کند و از آنجایی که حمل و نقل ریلی از مسیر سایر وسایل حمل و نقل شهری جدا شده است می‌تواند دسترسی نسبتاً ساده و سریعی به مراکز شهر داشته باشد. همچنین برای پیشبرد توسعه قطارهای حومه‌ای پیشنهاد می‌شود که طرحهای احداث و توسعه این سیستم تا حد امکان با الگوهای جغرافیایی و شرایط منطقه‌ای شهر انتخاب شده سازگار شوند. بنابراین، اندازه جمعیت مرکز شهر و کل مناطق داخلی آن، توزیع فضایی شهرها و سکونتگاه‌های در داخل آن، تراکم جمعیت و بسیاری از عوامل دیگر مانند تحرک عمومی یا سطح درآمد برخی از جنبه‌های کلیدی در این موضوع هستند که باید در نظر گرفته شوند و نیز طرح تداخل و همپوشانی با فعالیت سایر مدهای حمل و نقلی (مانند امکانات پارک سوار در جهت افزایش سرعت عملکردی) از جمله موارد موثر در بهبود موفقیت این سیستم هستند. آن پژوهش در ارزیابی اثرات غیرمستقیم اما مهم اجتماعی-اقتصادی قطار حومه‌ای به: کاهش نسبی حجم و شلوغی وسایل حمل و نقل، سازگاری با محیط زیست و در نتیجه کاهش اثرات منفی زیست محیطی ناشی از ترافیک، کاهش تصادف و افزایش ایمنی حمل و نقل، کاهش نسبی پروژه‌های راهسازی و تعریض، تمرکز جزئی جریان‌های حمل و نقل و همچنین تغییر احتمالی الگوهای نامناسب در شکل گیری منطقه مسکونی اشاره می‌کند (Seidenglanz, Chvátal and Nedvedová, 2014). در پژوهشی دیگر با عنوان «تحلیل تقاضا و مطالعات امکان سنجی راه اندازی قطارهای حومه‌ای در استان یزد» پس از انجام مطالعات فنی، اقتصادی و اجتماعی نشان داده می‌شود که ایجاد شهرهای ریل پایه و توسعه قطارهای حومه‌ای در آن ناحیه مطالعاتی با توجه به ویژگی‌ها و امتیازهای منحصر به فرد آن از قبیل جابه‌جایی حجم انبوه مسافر، سرعت و ایمنی بالا، کاهش هزینه‌های سفر، مصرف سوخت، کاهش آلودگی زیست محیطی و خسارات جانی و مالی ناشی از تصادفات جاده‌ای و همچنین ایجاد توازن و تعادل جمعیتی مناطق عمده شهری و حومه، ضرورتی اجتناب ناپذیر است (Talebi and paydar, 2017).

حمل و نقل خصوصی است. در حالی که تأثیرات شگرف در حوزه زیست محیطی استفاده از حمل و نقل ریلی ارزش این سیستم را افزون کرده است. کاهش خسارات و هزینه‌ها، برآورد و تخمین ارزش اقتصادی صرفه جویی شده توسعه این نوع از حمل و نقل نسبت به جاده‌ای و ارزیابی اقتصادی زیست محیطی آن، از جمله ارزش‌های اجتماعی این زیرساخت است (Paydar, Ameli and Tehrani, 2020). تجربه دهه‌های گذشته نشان می‌دهند که عموم مردم به علت نرخ هزینه‌های مناسب و ایمنی بالا اغلب استقبال چشمگیری از خدمات حمل و نقل ریلی نشان داده‌اند. مدل ریلی از مزایایی چون مصرف سوخت کمتر، سازگاری بهتر با محیط زیست، ایمنی بالاتر، قابلیت انتقال انبوه کالا و مسافر و راحتی سفر برخوردار است (Nouri, et al., 2018). سیستم‌های حومه‌ای حمل و نقل مدرن توانسته‌اند به رشد و توسعه اقتصادی در شهرهای بزرگ (کلانشهر) کمک کنند. پروژه‌های ساخت و توسعه مسیرهای ریلی حومه‌ای موجب صرفه‌جویی در وقت و سایر هزینه‌های مسافران در مقایسه با دیگر روش‌های سفر می‌گردد. بعلاوه در دسترس بودن مسیر ریلی حومه‌ای با قیمت کمتر نسبت به جاده موجب تشویق سیاست‌گذاران به استفاده بیشتر از این سیستم می‌شود (Emadi and Vahedi, 2017). همچنین در جهت رشد و توسعه کاربری‌های متأثر از سیستم‌های حمل و نقل در باب مسئله تخصیص کاربری و تراکم‌ها به نواحی مجاور ایستگاه‌های حمل و نقل ریلی اثبات شده است که میزان استفاده از سامانه حمل و نقل ریلی در فشردگی کاربری‌ها، کاهش درجه تعارض کاربری‌ها، دسترسی پذیری و اثرات زیست محیطی نقش موثری دارد (Ma, et al., 2018). تجربه راه آهن حومه‌ای در کشورهای توسعه یافته نشان می‌دهد که توسعه آن یک راهکار ضروری برای تحقق توسعه پایدار شهرهای بزرگ، به ویژه کلانشهرها و تراکم‌های شهری است و برای توسعه این مهم، راهکارهایی نظیر توسعه شهری هماهنگ با امکان ایجاد زیرساخت حمل و نقل ریلی، نحوه مدیریت و حمایت مراکز دولتی (مانند اعطای یارانه‌های سوخت و تجارت) و همچنین ایجاد نظام مدیریتی هماهنگ بین اداره‌کنندگان و برنامه‌ریزان حمل و نقل شهری و برون شهری برای فراهم کردن یک چهارچوب هماهنگ در جهت همپوشان سازی فعالیت قطار حومه‌ای با سایر سیستم‌های حمل و نقلی^۳ ضروری بنظر می‌رسد (Peng, Wang and

سامانه با سایر سیستم‌ها استفاده می‌شود. ساختار پژوهشی به این شکل است که قطار حومه به همراه چند سیستم حمل و نقل (اتوبوس، پاراترانزیت و وسایل شخصی) به‌عنوان گزینه‌های هدف مورد ارزیابی توسط معیارهای مشخص شده قرار می‌گیرند. پس در این تحلیل به دلیل گستردگی حوزه‌های معیارسازی نیاز به غیریکسان‌سازی وزن معیارهای بررسی است. پس بهترین روش برای رسیدن به مسئله تحقیق استفاده از شیوه‌ای ارزیابی چند متغیره است. در این پژوهش ابتدا جهت تعیین و تخصیص اطلاعات و داده‌های پیش نیاز از روش مطالعه کتابخانه‌ای تحقیقات گذشته استفاده شده است و در مرحله‌ی بعدی منطق‌های نظریه پردازی از الگوریتم‌های ریاضی و فازی از روش‌های سنجش چند معیاره تاپسیس^۵ بهره می‌برند. پس با تعیین و اعتبار سنجی شاخص‌های عملکردی، سیستم‌های حمل و نقل موجود در مناطق مورد مطالعه به‌عنوان گزینه‌های رقابت بر اساس دو معیار (وزن شاخص‌ها و برآورد میزان عملکرد سیستم‌ها در آن شاخص‌ها) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

مراحل اساسی روش پژوهش شامل گام‌های شکل ۱ است.

گام اول: مطالعه ادبیات تحقیق و شناسایی معیارها

گام دوم: تعیین میزان اهمیت و وزن معیارها و زیر معیارها توسط روش تاپسیس

گام سوم: مقایسه سیستم‌های حمل و نقل حومه‌ای توسط روش تاپسیس فازی

شکل ۱. مراحل و گام‌های روش تحقیق

۳-۱- تعیین شاخص‌های رقابت پذیری

در گام اول با انجام روش استدلال قیاسی در مطالعه و بررسی منابع، حیطه موضوعی مزیت‌ها از بطن آرمان، ایده‌آل و نیاز جوامع شهری با در نظر گرفتن استعدادها و ویژگی‌های حمل و نقل مناطق حومه‌ای از برآیند مباحث مطرح شده در قسمت پژوهش‌های پیشین اقتباس می‌شود. سپس با در نظر گرفتن موضوعات مزیت‌ها، معیارهایی جامع و قابل اندازه‌گیری به نمایندگی از محتوای مزیت‌ها تدوین می‌شود. محیط بررسی این تحقیق بایستی مطلوبیت هر دو بخش تاثیر گذار و مرتبط با عملکرد سیستم‌ها یعنی (سیاست‌گذار و استفاده‌کننده) را دربرگیرد تا اجماع مشتری بر سر تعلق امتیازات به وسایل

در یک مقاله‌ی پژوهشی در راستای نیل به اهداف همین پژوهش با روش تحلیل سلسه مراتبی مزایای رقابت پذیری قطار حومه‌ای را در مطالعه موردی مسیر قطار حومه‌ای تهران-پرنده بررسی می‌کند و با توجه به شاخص‌های ایمنی، زمان سفر، راحتی، سهولت دسترسی و قابلیت اطمینان در بین جامعه آماری کاربران سیستم‌های حمل و نقلی محور مذکور، قطار حومه‌ای را با کسب ۳۹/۷ درصد مقبولیت سیستمی مطلوب ارزیابی می‌کند (Forouhid and Keyvanpour, 2019). یک مقاله دیگر در مورد نقش اجتماعی اقتصادی این قطار، یافته‌های اصلی یک نظرسنجی میدانی را در مورد قطارهای حومه‌ای بمبئی و مسافران روزانه‌ی آن تحلیل می‌کند. در این راستا در ابتدای تحقیق جامعه هدف کاربران سفرهای این سیستم را مسافرانی از نوع متقاضیان سفرهای تکرار شونده در دوره زمانی مشخص (روزانه و یا هفتگی) با اهداف کار، آموزش و درمان برمی‌شمارد و برای آنالیز موضوع مطلوب به بررسی میزان رضایت مسافران قطار حومه‌ای از خدمات این سیستم می‌پردازد. در آن تحقیق سعی می‌شود که جنبه‌های مختلف خصوصیات مسافران قطار حومه‌ای از نظر تعداد اعضای خانواده که با قطارهای حومه‌ای سفر می‌کنند، هدف از سفر آنها، میانگین مسافت طی شده و تعداد ساعات سپری شده در روز، تعداد سفرهای سالیانه توسط قطارهای حومه‌ای و همچنین جنبه‌های ایمنی و امنیتی و تمهیداتی برای هر نوع شرایط اضطراری که در سفرهای منظم قطار به وجود می‌آید را ملاک بررسی قرار دهد (Abhyankar, Narayanmurti and Ramachandran, 2012) و در معرفی یک نمونه موفق بکارگیری قطارهای حومه‌ای در کتاب «مزیت‌های رقابت پذیری قطار حومه‌ای»، ناحیه ریلی میدلند شرقی^۶ کشور انگلستان مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد که از جمله مشخصات کیفی خدمات این سیستم به: انعطاف پذیری در برنامه‌ریزی، کلاس بندی سرویس‌ها، توسعه خدمات رفاهی ایستگاهی و درون ناوگانی و همچنین تعیین سیاست‌های حمایتی و رویکردهای تکریم مشتریان اشاره می‌شود (Tavan and Goharpoor, 2019).

۳-۲ روش تحقیق

برای رسیدن به هدف پژوهش که برجسته‌سازی ظرفیت و توانمندی قطار حومه‌ای است از شیوه مقایسه همزمان این

۳-۲- روش تاپسیس

از روش تاپسیس برای اولویت بندی گزینه‌ها بر اساس تعدادی معیار استفاده می‌شود. مدل تاپسیس یکی از تکنیک‌های روش AHP می‌باشد که توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱، پیشنهاد شد. این مدل، یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که از آن استفاده زیادی می‌شود. در این تکنیک فرض بر آن است که معیارهای تصمیم‌گیری به‌طور یکنواخت افزایشی یا کاهش‌ی هستند. در فرایند این متدولوژی ابتدا ماتریس تصمیم تشکیل شده و در قدم بعد این ماتریس به ماتریس نرمال تبدیل می‌گردد. سپس با ضرب اوزان در این ماتریس، ماتریس تصمیم موزون ساخته می‌شود. یعنی در این روش m گزینه به وسیله n شاخص، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

مختلف حمل و نقل حاصل شود. شاخص‌ها بین ۴ معیار (کشش اقتصادی، سازگار با محیط زیست، توسعه حمل و نقل محور^۱ و ویژگی‌های ترافیکی) در ۴ گروه با تعداد ۱۶ شاخص پالایش می‌شوند که شرح آن در جدول شماره ۵ آمده است. همچنین با تحقیق و بررسی زیرساخت‌ها و مسیرهای دسترسی به مناطق تحت مطالعه سامانه‌ها و وسایل موجود و فعال و در خطوط مناطق مورد مطالعه مشخص و در عناوینی به شرح: حمل و نقل جاده‌ای در دو بخش عمومی (شامل اتوبوس و مینی‌بوس و پارترانزیت مانند تاکسی، ون و ...) و خصوصی (اتومبیل شخصی) و حمل و نقل ریلی (شامل انواع سامانه‌های قطار حومه‌ای) تعیین شده‌اند.

جدول ۵. معیار و شاخص رقابت‌پذیری حمل و نقل حومه‌ای

| ش | معیار | شاخص |
|----|-------------------------|--|
| ۱ | اقتصادی | مناسب بودن هزینه استفاده |
| ۲ | اقتصادی | کاهش تحمیل هزینه‌های ترافیکی به بدنه‌ی اجتماع |
| ۳ | TOD | تنوع و کیفیت خدمات خارج و درون ایستگاه |
| ۴ | TOD | سازگاری با کاربری‌های اطراف ایستگاه |
| ۵ | TOD | هماهنگی با سایر شبکه‌های حمل و نقل عمومی |
| ۶ | TOD | تاثیر بر رشد و توسعه اقتصادی اجتماعی منطقه |
| ۷ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | کیفیت برنامه‌ریزی و زمان بندی |
| ۸ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | سهولت دسترسی |
| ۹ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | کاهش مدت زمان سفر (زمان حرکت، میزان اتلاف وقت، زمان رسیدن تا پای ناوگان) |
| ۱۰ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | رفاه و راحتی حین سفر |
| ۱۱ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | ایمنی سفر |
| ۱۲ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | امنیت مسافر درون ناوگان و ایستگاه |
| ۱۳ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | قابل اعتماد بودن (عملکرد دقیق مطابق برنامه اعلام شده) |
| ۱۴ | محیط زیست و سلامت | کاهش انتشار گازهای آلاینده |
| ۱۵ | محیط زیست و سلامت | صرفه جویی در منابع طبیعی (سوخت فسیلی و زمین) |
| ۱۶ | محیط زیست و سلامت | جلوگیری از ایجاد آلودگی‌های صوتی، دیداری و اجتماعی |

گام چهارم: در گام بعد باید برای هر معیار یک ایده آل مثبت و یک ایده آل منفی از روابط گفته شده در ادامه محاسبه می شود.

$$d^+ = \left\{ (\max v_{ij}/j \in j), (\min v_{ij}/j \in j) \right\} \{i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (5)$$

$$d^- = \left\{ (\min v_{ij}/j \in j), (\max v_{ij}/j \in j) \right\} \{i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (6)$$

گام پنجم: فاصله از ایده آل مثبت و منفی، فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده آل مثبت و منفی با روابط ۷ و ۸ محاسبه می شود.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \cdot i = 1, \dots, m \quad (7)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \cdot i = 1, \dots, m \quad (8)$$

گام ششم: سنجش نزدیکی هر گزینه به حالت ایده آل حساب می شود. برای این کار از رابطه ۹ استفاده می شود.

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

مقدار عددی C_i بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به یک نزدیکتر باشد راهکار به جواب ایده آل نزدیکتر است و راه کار بهتری می باشد. برای انجام محاسبات تکنیک تاپسیس به صورت فازی^۷ نخست باید از یک طیف زبانی مناسب برای گردآوری داده ها استفاده کرد. در این مرحله یک مقیاس زبانی هفت درجه برای امتیاز دهی به عملکرد هر سیستم مطابق جدول شماره ۳ و همچنین طیف پنج درجه برای رتبه بندی میزان اهمیت معیارها مطابق جدول شماره ۴ طراحی شده است که به شرح ذیل است:

جدول ۳. طیف زبانی معادل فازی پرسشنامه دوم

| متغیر زبانی | معادل فازی |
|---------------|---------------|
| خیلی ضعیف | (۰,۰,۰/۱) |
| ضعیف | (۰,۰/۱,۰/۳) |
| ضعیف تا متوسط | (۰/۱,۰/۳,۰/۵) |
| متوسط | (۰/۳,۰/۵,۰/۷) |
| تقریباً خوب | (۰/۵,۰/۷,۰/۹) |
| خوب | (۰/۷,۰/۹,۱) |
| خیلی خوب | (۰/۹,۱,۱) |

اساس تکنیک تاپسیس، بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص به طور یکنواخت افزایشی یا کاهش می شود. تکنیک های ریاضی این عملیات شامل گام های زیر است: گام اول: ماتریس تصمیم گیری را تشکیل داده (رابطه ۱) و با استفاده از روش های بی مقیاس سازی نرمالایزسیون می شود (رابطه ۲).

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2)$$

گام دوم به بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم گیری با نرم اقلیدسی می پردازد. (ماتریس بی با مقیاس شده N که هر درایه آن را با n_{ij} نشان داده می شود). هر n_{ij} با تقسیم درایه متناظر در ماتریس اولیه بر جذر مجموع مربعات عناصر ستون متناظر و به صورت زیر محاسبه می شود:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}} \quad (3)$$

گام سوم: در این گام ماتریس بی مقیاس موزون تشکیل می گردد. به طور کلی در این گام ماتریس بی مقیاس N به ماتریس بی مقیاس موزون V تبدیل می شود. وزن هر یک از شاخص ها با استفاده از تکنیکی انترویی ANP, AHP و ... محاسبه می شود. پس ماتریس ب مقیاس شده را در ماتریس مربعی $n \times n$ که عناصر قطر اصلی آن اوزان شاخص ها و دیگر عناصر آن صفر است ضرب می شود. ماتریس حاصل را ماتریس بی مقیاس شده موزون می گویند و با V نشان داده می شود (رابطه ۴).

$$V = N * W_{n \times n} \quad (4)$$

جدول ۴. طیف زبانی معادل فازی پرسشنامه اول

| متغیر زبانی | معادل فازی |
|---------------|-----------------|
| خیلی کم اهمیت | (۰,۰۰/۲۵) |
| کم اهمیت | (۰,۰/۲۵,۰/۵) |
| اهمیت متوسط | (۰/۲۵,۰/۵,۰/۷۵) |
| مهم | (۰/۵,۰/۷۵,۱) |
| خیلی مهم | (۰/۷۵,۱,۱) |

۳-۳- تعیین شاخص‌های رقابت پذیری

محیط بررسی جهت دسترسی به اهداف این تحقیق بایستی مطلوبیت هر دو بخش تاثیرگذار و مرتبط با عملکرد سیستم‌های حمل و نقل یعنی (سیاست‌گذار و استفاده کننده) را دربرگیرد تا اجماع مشترکی بر سر تعلق امتیازات به وسایل مختلف حمل و نقل حاصل شود. پس از بررسی و مطالعه در زمینه اثرگذاری‌ها و کارکردهای مختلف و نقاط ضعف و قدرت جوامع شهری و ساختارهای مختلف آن در هنگام مواجه با صنعت حمل و نقل، موضوع معیارهای مورد نظر مشخص می‌شود. در این تحقیق نیازهای سیاست گزار تعمیم داده شده و با مشورت اساتید و منابع موجود شاخص‌ها بین ۴ عامل (کشش اقتصادی، سازگار با محیط زیست، توسعه حمل و نقل محور^۱ و ویژگی‌های ترافیکی) در ۴ گروه با تعداد ۱۶ شاخص پالایش می‌شوند. در این گروه‌بندی هر معیار از تعدادی شاخص تشکیل شده که شاخص‌ها به عنوان جزئیات عملکردی معیار و هر معیار نماینده‌ی موضوعی مزیت رقابتی حمل و نقل هستند که شرح آن در جدول شماره ۵ آمده است. همچنین با تحقیق و بررسی زیرساخت‌ها و مسیرهای دسترسی به مناطق تحت مطالعه و همچنین آمار، اطلاعات و منابع ادارات مرتبط با حوزه حمل و نقل، سامانه‌ها و وسایل موجود و فعال و در خطوط مناطق مورد مطالعه مشخص و در عناوینی به شرح: حمل و نقل جاده‌ای در دو بخش عمومی (شامل اتوبوس و مینی‌بوس و پاراترانزیت مانند تاکسی، ون، خودروی اشتراکی و ...) و خصوصی (اتومبیل شخصی) و حمل و نقل ریلی (شامل انواع سامانه‌های قطار حومه‌ای) تعیین شده‌اند.

جدول ۵. معیار و شاخص رقابت پذیری حمل و نقل حومه‌ای

| ردیف | معیار | شاخص |
|------|-------------------------|--|
| ۱ | اقتصادی | مناسب بودن هزینه استفاده |
| ۲ | اقتصادی | کاهش تحمیل هزینه‌های ترافیکی به بدنه ی اجتماع |
| ۳ | TOD | تنوع و کیفیت خدمات خارج و درون ایستگاه |
| ۴ | TOD | سازگاری با کاربری‌های اطراف ایستگاه |
| ۵ | TOD | هماهنگی با سایر شبکه‌های حمل و نقل عمومی |
| ۶ | TOD | تاثیر بر رشد و توسعه اقتصادی اجتماعی منطقه |
| ۷ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | کیفیت برنامه‌ریزی و زمان بندی |
| ۸ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | سهولت دسترسی |
| ۹ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | کاهش مدت زمان سفر (زمان حرکت، میزان اتلاف وقت، زمان رسیدن تا پای ناوگان) |
| ۱۰ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | رفاه و راحتی حین سفر |
| ۱۱ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | ایمنی سفر |
| ۱۲ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | امنیت مسافر درون ناوگان و ایستگاه |
| ۱۳ | ویژگی‌های فنی و ترافیکی | قابل اعتماد بودن (عملکرد دقیق مطابق برنامه اعلام شده) |
| ۱۴ | محیط زیست و سلامت | کاهش انتشار گازهای آلاینده |
| ۱۵ | محیط زیست و سلامت | صرفه جویی در منابع طبیعی (سوخت فسیلی و زمین) |
| ۱۶ | محیط زیست و سلامت | جلوگیری از ایجاد آلودگی‌های صوتی، دیداری و اجتماعی |

۳-۳- جمع‌آوری اطلاعات

حومه‌ای در دو مرکز آموزش عالی در اهواز و دو مرکز اداری در تهران برای کسب اطلاعات پایه‌ای مورد نظر پرسشنامه اخذ شده است. اعضای جامعه آماری نخبگان کارشناسان و پژوهشگرانی هستند که در بخش‌های مختلف مطالعات و فعالیت حوزه حمل و نقل حومه‌ای مشغول‌اند و به تصمیم‌گیری و تحلیل امور حمل و نقل احاطه دارند را (مانند کارمندان مرکز توسعه، آموزش و فناوری راه آهن جمهوری اسلامی ایران، اداره کل راه آهن جنوب و اداره کل راه آهن زاگرس، اداره راه‌داری و حمل و نقل جاده‌ای شهرستان اهواز، اساتید و دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد دانشکده فنی مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیکی و دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت تشکیل می‌دهند. این جامعه آماری به تفکیک اعضا در جدول شماره ۶ و ۷ آمده است.

جدول ۶. اعضای جامعه آماری پرسشنامه الف

| ردیف | اعضا | تعداد | نحوه ارتباط |
|------|--|-------|--------------|
| ۱ | اساتید دانشگاه | ۵ | حوزه مطالعات |
| ۲ | پژوهشگران دانشگاهی دانشگاهی حوزه حمل و نقل | ۱۵ | حوزه مطالعات |
| ۳ | مدیران و کارشناسان ادارات مرتبط | ۱۰ | حوزه اجرایی |

جدول ۷. اعضای جامعه آماری مرحله دوم تاپسیس

| ردیف | اعضا | تعداد | نحوه ارتباط با موضوع |
|------|--------------------------------------|-------|-------------------------|
| ۱ | اساتید دانشگاه | ۵ | حوزه مطالعات |
| ۲ | پژوهشگران دانشگاهی حوزه حمل و نقل | ۱۰ | حوزه مطالعات |
| ۳ | مدیران و کارشناسان ادارات مرتبط | ۱۰ | حوزه اجرایی |
| ۴ | کاربران سفر | ۸۰ | استفاده کننده |

پرسشنامه‌ها ابزار اصلی جمع‌آوری داده‌های این پژوهش هستند که از طرق میدانی و الکترونیکی توزیع و جمع‌آوری می‌شوند. باید در هنگام طرح سوال‌های این پرسشنامه‌ها ابتدا به روایی آنها توجه کرد. مقصود از روایی این است که آیا ابزار اندازه‌گیری مورد نظر می‌تواند ویژگی و خصوصیتی که ابزار برای آن طراحی شده است را اندازه‌گیری کند یا خیر؟ به عبارت دیگر مفهوم روایی به این سوال پاسخ می‌دهد که ابزار اندازه‌گیری تا چه حد خصیصه مورد نظر را می‌سنجد. در اینجا باید به این سوال پاسخ داده شود که آیا سوال‌های طرح شده برای پرسشنامه‌ها می‌تواند نتیجه مورد نظر پژوهش در هر مرحله را بدست آورد. برای پاسخ به این سوال، ابتدا سوالات پرسشنامه‌ها به ۶ نفر از خبرگان زمینه مطالعات پژوهشی برای کنترل انتقال مفاهیم داده شده (جامعه آماری روایی پرسشنامه از یک گروه حداقل ۴ نفری از خبرگان موضوع انتخاب می‌شود) و پس از تایید روایی کیفی سیر مفهومی سوالات و مقبولیت آزمون روایی محتوایی به شکل کمی با استفاده از ضریب نسبی روایی محتوا (CVR)، انتخاب جامعه و نمونه آماری صورت می‌گیرد. حجم نمونه تا حد زیادی به هدف و روش تحقیق بستگی دارد. هنگامی که پیش‌بینی تفاوت نظرات خبرگی کم یا با همبستگی بالا باشد. از بین جامعه خبرگان، حجم نمونه هر مقداری را با توجه به حجم و اهمیت پژوهش می‌تواند اختیار کند پس در مرحله‌ی اول فرایند اخذ اطلاعات آماری، به منظور وزن‌دهی به معیارها از جامعه آماری مطابق جدول شماره ۶ خواسته می‌شود که از طریق پرسشنامه کتبی یا الکترونیکی مطابق طیف جدول ۴ اهمیت معیارها را مشخص کنند. برای اخذ اطلاعات از پرسشنامه دوم جهت آنالیز قسمت اصلی تاپسیس علاوه بر افراد فوق، در این مرحله هم به جامعه آماری گسترده‌تری که بتواند درک دقیق‌تری از مسائل به‌روز حمل و نقل داشته باشند نیاز است و هم بایستی نظرات کاربران سفرهای حومه‌ای را در تصمیم‌گیری مداخله داد.

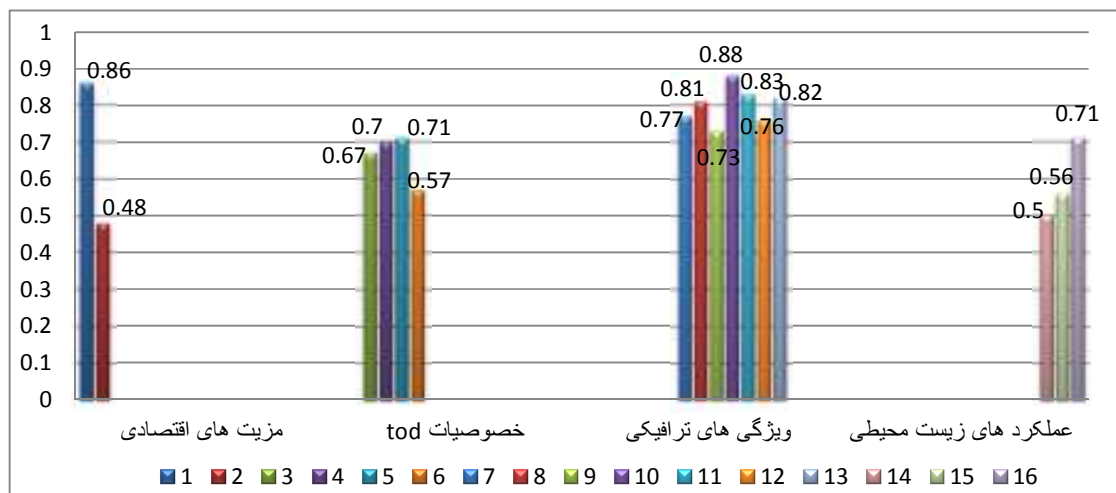
برای جامعه آماری پرسشنامه دوم بعلاوه جامعه نخبگی در پرسشنامه اول، از کاربران راه و متقاضیان سفر حومه‌ای خطوط اندیمشک - اهواز و تهران - پیشوا بر اساس یک نمونه ۸۰ نفری (مطابق فرمول مورگان) از جامعه آماری ۱۰۰ نفره سفرهای هدف (کاری و آموزشی) یعنی متقاضیان سفرهای

۴- نتایج تحلیل داده‌ها

در این قسمت از مطالعه از روش (کمینه، میانگین، بیشینه) استفاده شده است. با استفاده از نرم افزار EXCELL با فرمول نویسی AVERAGE، MAX و MIN مانند شکل شماره ۲، ماتریس وزن معیارها به دست می‌آید. بر اساس نتایج این مرحله بالاترین وزن میانگین معیارها مربوط به مزیت ویژگی‌های ترافیکی و پس از آن رتبه‌های دوم و سوم وزنی با اختلاف ناچیز به ترتیب بین مزیت‌های اقتصادی و خصوصیات TOD توزیع می‌شود و در نهایت رتبه پایانی به وزن مزیت عملکردهای زیست محیطی می‌رسد. همچنین شکل نمودار شماره ۲، برای بررسی بهتر نتایج وزن‌ها ارایه شده است.

طبق مراحل روش فازی تاپسیس ابتدا به تعیین وزن معیارهای تعیین شده پرداخته می‌شود. تمامی پاسخ‌های جمع‌آوری شده ۳۰ پاسخگو از نظر مفهومی دارای درجه‌ی اعتباری خوبی هستند و به‌عنوان داده قابل اعتماد مبنای کار قرار می‌گیرند. برای نرمال‌کردن اعداد حاصله و به دست آمدن ماتریس ضرایب اهمیت از رابطه ۱۰ استفاده شده که برای تجمیع مجموعه‌ای از اعداد فازی مثلثی کمینه l و میانگین m و بیشینه u در نظر می‌گیرد.

$$F_{AGR} = \left(MIN\{L\}, \frac{\sum_{i=1}^n m}{n}, MAX\{u\} \right) \quad (10)$$



شکل ۲. نمونه نرمال سازی داده‌ها (مثال معیار میزان هزینه)

| | معیار 5 | | معیار 4 | | معیار 3 | | معیار 2 | | معیار 1 | | ماتریس میانگین | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | L | U | L | U | L | U | L | U | L | U | جد < | | | | | |
| 6 | 0.58518 | 0.93703 | 0.84074 | 0.67037 | 0.75555 | 0.63333 | 0.48148 | 0.45185 | 0.28888 | 0.17407 | 0.78888 | 0.64444 | 0.46666 | 0.90740 | 0.81481 | 0.66666 |
| | 0.41851 | 0.90370 | 0.81111 | 0.65185 | 0.73703 | 0.6 | 0.45185 | 0.46296 | 0.30740 | 0.19629 | 0.62962 | 0.47407 | 0.31851 | 0.73333 | 0.55925 | 0.38148 |
| 0 | 0.75925 | 0.94814 | 0.86666 | 0.70740 | 0.88518 | 0.78518 | 0.62962 | 0.92962 | 0.85555 | 0.70740 | 0.98148 | 0.91851 | 0.76666 | 0.94074 | 0.86296 | 0.71111 |
| 4 | 0.31111 | 0.58888 | 0.44074 | 0.29629 | 0.64444 | 0.48518 | 0.32592 | 0.47037 | 0.30370 | 0.18518 | 0.39629 | 0.25185 | 0.16666 | 0.48888 | 0.32222 | 0.18888 |

شکل ۳. گام دوم تاپسیس، تشکیل ماتریس میانگین

| راه حل ها | | معیار 1 | | | معیار 2 | | | معیار 3 | | | معیار 4 | | | معیار 5 | | |
|------------|--|---------|---|---|---------|---|---|---------|--------|--------|---------|---|---|---------|--------|--------|
| جد < | | L | U | M | L | U | M | L | U | M | L | U | M | L | U | M |
| ایده آل | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ضد ایده آل | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0468 | 0.0468 | 0.0468 | 0 | 0 | 0 | 0.0781 | 0.0781 | 0.0781 |

شکل ۴. محاسبه و تعیین ایده آل+ و ضد ایده آل

ماتریس قبل، ماتریس موزون تصمیم تشکیل گردد. ایده آل‌های مثبت و منفی صورت می‌گیرد.

محاسبه PIS $Positive$ $ideal$ point و $Negative$ $ideal$ point، NIS گام بعدی این عملیات است در این گام برای هر شاخص یک ایده آل مثبت ($A+$) و یک ایده آل منفی ($A-$) محاسبه می‌شود (شکل ۴). در این پژوهش برای ساده کردن تحلیل نتایج در همان ابتدا تمام معیارها به صورتی در نظر گرفته شده که بار مثبت داشته باشند به این معنی که امتیاز بالاتر برای هر سیستم نشان دهنده بهتر بودن آن سیستم شود. مثلاً مدت زمان سفر با واژه (کمتر) و هماهنگی با سیستم حمل و نقل عمومی با واژه (بیشتر) مورد سؤال قرار می‌گیرد. گام بعدی فاصله از ایده آل‌های مثبت و منفی و محاسبه راه حل ایده آل است. در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل حساب می‌شود و فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده آل مثبت و منفی مشخص خواهد شد (شکل ۵).

سپس از داده‌های برگرفته از تمامی پرسشنامه‌ها محاسبه ایده آل‌های مثبت و منفی صورت می‌گیرد. محاسبه $Positive$ $ideal$ point، $Negative$ $ideal$ point و NIS گام بعدی این عملیات است در این گام برای هر شاخص یک ایده آل مثبت ($A+$) و یک ایده آل منفی ($A-$) محاسبه می‌شود (شکل ۷). همانطور که بیان شد برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده آل مثبت بزرگترین مقدار و ایده آل منفی کوچکترین مقدار آن معیار است. در این پژوهش برای ساده کردن تحلیل نتایج در همان ابتدا تمام معیارها به صورتی در نظر گرفته شده که بار مثبت داشته باشند به این معنی که امتیاز بالاتر برای هر سیستم نشان دهنده بهتر بودن آن سیستم شود. مثلاً مدت زمان سفر با واژه (کمتر) و هماهنگی با سیستم حمل در گام دوم و اصلی تحلیل داده‌های برگرفته شده از ۱۰۵ پرسشنامه دوم مطابق طیف جدول شماره ۴ جهت انجام کلیه عملیات‌ها به نرم‌افزار $FUZZY$ $TOPSIS$ $SOLVER$ وارد می‌شوند. عملیات اول تحلیلی تشکیل ماتریس امتیازدهی به عملکرد سیستم‌ها است. با توجه به تعداد شاخص‌های تصمیم‌گیری و گزینه‌های تحلیلی، ماتریس تصمیم‌گیری در فرم 16×4 تعیین می‌گردد (شکل ۳) که پس از تشکیل بایستی عملیات بی‌مقیاس سازی آن انجام شود. سپس با ضرب ماتریس اوزان معیارها در

| راه حل ها | | معیار 1 | | | معیار 2 | | | معیار 3 | | | معیار 4 | | | معیار 5 | | | معیار 6 | | |
|-------------------|--|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|---|
| جد < | | L | U | M | L | U | M | L | U | M | L | U | M | L | U | M | L | U | M |
| ایده آل | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ضد ایده آل | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0468 | 0.0468 | 0.0468 | 0 | 0 | 0 | 0.0502 | 0.0502 | 0.0502 | 0 | 0 | 0 |
| نمایندگرایان | | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| انوس | | 10.0634 | 0.7283 | 0.6959 | 0.6994 | 0.5338 | 0.6232 | 0.4962 | 0.6502 | 0.7155 | 0.5773 | 0.5148 | 0.6604 | 0.5212 | 0.6508 | 0.7745 | 0.724 | 0.4978 | |
| بارانزینت | | 10.2987 | 0.7536 | 0.7262 | 0.6891 | 0.5637 | 0.6423 | 0.592 | 0.5862 | 0.6727 | 0.5152 | 0.5331 | 0.6981 | 0.5298 | 0.6593 | 0.7649 | 0.7685 | 0.6042 | |
| نظر خوجه ای | | 8.8381 | 0.6107 | 0.6379 | 0.6607 | 0.4749 | 0.487 | 0.3585 | 0.3778 | 0.6955 | 0.569 | 0.5206 | 0.6372 | 0.5115 | 0.6174 | 0.5173 | 0.6782 | 0.4838 | |
| سایل شخصی | | 10.6015 | 0.8102 | 0.8204 | 0.7537 | 0.5289 | 0.5643 | 0.6721 | 0.3626 | 0.6107 | 0.479 | 0.5056 | 0.7542 | 0.6934 | 0.6961 | 0.7653 | 0.8478 | 0.7372 | |
| راه حل ضد ایده آل | | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | |
| انوس | | 7.917 | 0.4084 | 0.5066 | 0.5312 | 0.5441 | 0.4375 | 0.4935 | 0.3041 | 0.4367 | 0.4889 | 0.5581 | 0.593 | 0.617 | 0.5714 | 0.2702 | 0.4894 | 0.667 | |
| بارانزینت | | 7.4922 | 0.3608 | 0.4387 | 0.5588 | 0.5114 | 0.4148 | 0.3842 | 0.3899 | 0.5227 | 0.5814 | 0.5178 | 0.4994 | 0.5929 | 0.5533 | 0.2794 | 0.3876 | 0.499 | |
| نظر خوجه ای | | 9.9779 | 0.6903 | 0.6534 | 0.6316 | 0.6342 | 0.6426 | 0.6475 | 0.6337 | 0.4669 | 0.5024 | 0.548 | 0.6542 | 0.6291 | 0.6796 | 0.6465 | 0.6184 | 0.6993 | |
| سایل شخصی | | 6.8844 | 0.2748 | 0.2714 | 0.4014 | 0.5545 | 0.5265 | 0.2822 | 0.6506 | 0.6903 | 0.632 | 0.5722 | 0.3783 | 0.3456 | 0.4751 | 0.2831 | 0.2409 | 0.3056 | |

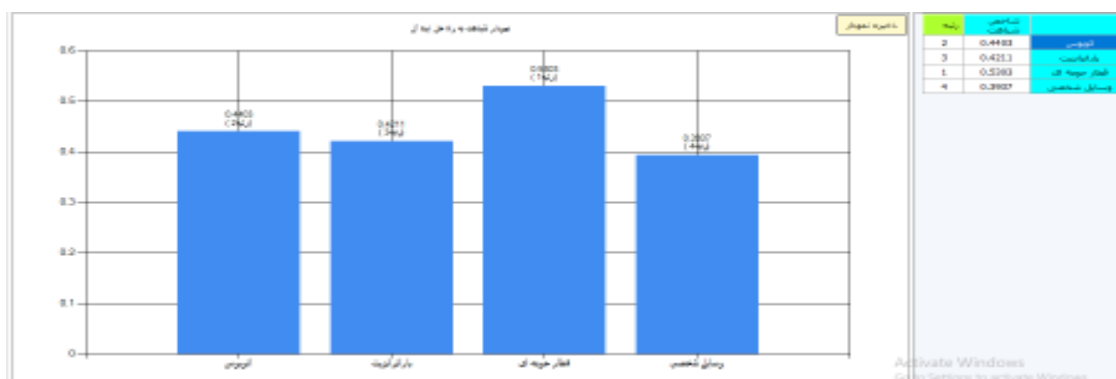
شکل ۵. فاصله گزینه‌ها از ایده آل‌های ترسیم شده

| رتبه | شبهات | نتیجه |
|------|--------|--------------|
| 2 | 0.4403 | اتوبوس |
| 3 | 0.4211 | پاراترانزیت |
| 1 | 0.5303 | قطار حومه ای |
| 4 | 0.3937 | وسایل شخصی |

شکل ۶. رتبه‌بندی گزینه‌های رقابت

از مشکلات و معضلات ترافیکی موجود را متقبل شده‌اند از رقابت با دو گزینه اول عقب‌تر هستند. هرچند در ارزیابی گزینه پاراترانزیت که رتبه سوم را کسب کرده است. اینگونه به نظر می‌رسد که نقطه قوت این مد جاده‌ای در بحث کاهش هزینه‌های استفاده کنندگان است که این گزینه را از گزینه خودروی شخصی پیشتر می‌سازد. اما همچنان در معیارهایی مانند ایمنی سفر و تاثیر بر رشد منطقه در رقابت با اتوبوس ناکام می‌ماند. و در آخر نیز گزینه خودروی شخصی علیرغم قابلیت دسترسی بالا، پویایی برنامه زمانبندی و رفاه و راحتی حین سفر امتیاز بسیار مطلوبی را کسب می‌کند. اما، به لحاظ مشکلات زیست محیطی، نبود ایمنی کافی و عدم توانایی در رشد و توسعه منطقه/ف طبق پیش بینی رتبه آخر را از بین گزینه‌ها کسب می‌کند.

پس از آنالیز تمامی داده‌های آماری در طی مراحل فوق خروجی نهایی محاسبات نرم افزار به صورت نتایج رتبه بندی ۴ گزینه هدف تحلیل یعنی سیستم‌های حمل و نقلی حاصل گردید که در شکل شماره ۶ به نمایش درآمده است. برای درک بهتر از نتایج رقابت گزینه‌ها، در شکل ۷ نمودار مقایسه‌ای بین رتبه‌های ماخوذه هر ۴ گزینه رقابتی نمایش داده شده است. همان‌طور که انتظار می‌رفت با توجه به اوزان کسب شده شاخص‌ها، قابلیت و عملکرد قطار حومه‌ای در مقایسه با سایر مدهای فعال در این حوزه از امتیاز بالاتری برخوردار است و حتی از لحاظ نزدیکی به ایده‌آل‌های مثبت نیز دارای جایگاه کاملاً مطلوبی است. سپس گزینه اصلی رقابت با قطار حومه‌ای، اتوبوس است که در رتبه دوم شبهات با ایده‌آل مثبت قرار می‌گیرد. اتوبوس حتی در تحلیل برخی از معیارهای ترافیکی مانند سهولت در دسترسی، کیفیت زمانبندی و قابل اعتماد بودن از قطار حومه‌ای موفق‌تر است منتها این شیوه حمل و نقلی در شاخص‌های عمده TOD و محیط زیست از قطار حومه‌ای عقب‌تر می‌ماند. به‌طور کلی رقابت بین رتبه‌های دوم، سوم و چهارم با اختلاف نسبتاً کمی دنبال شده است. گزینه‌های پاراترانزیت و خودروی شخصی که گزینه‌های حمل و نقل کم ظرفیت این مسئله بودند به لحاظ اینکه سهم گسترده‌ای



محور افقی از ۰/۰ تا ۱/۰ نشان دهنده نزدیکی به ایده‌آل

شکل ۷. نمودار کلی رقابت گزینه‌ها

۵- نتیجه گیری

نیاز به یک تحلیل تخصصی تری است اما به نظر می رسد دو مولفه نیاز به سرمایه هنگفت اولیه و پایین بودن نرخ بازگشت سرمایه چالش اصلی پیش روی بکارگیری این سیستم است. در این تحلیل ۳ گزینه حمل و نقل جاده‌ای در رتبه‌بندی بعدی به ترتیب اتوبوس در جایگاه اول، پارترانزیت در جایگاه دوم و خوددوری شخصی در جایگاه سوم قرار می‌گیرند. فواصل نسبتاً کم امتیازات این ۳ گزینه در حالی است که پراکندگی امتیازات در معیارهای متفاوتی صورت گرفته است و همچنان مدهای جاده‌ای حمل و نقل عمومی در مقایسه با وسایل شخصی دارای مزایای فراوانی هستند.

این پژوهش نشان می‌دهد در بین شیوه‌های متنوع حمل و نقل در خطوط حومه‌ای، سیستم قطار حومه‌ای دارای بالاترین مطلوبیت خدمت‌رسانی برای جوامع شهری است و تغییر نگرش سیاست‌گذاری‌ها به سمت استقبال هرچه بیشتر این سیستم امری ضروری بنظر می‌رسد. لذا جهت رسیدن به یک حمل و نقل پایدار در کلانشهرها بایستی مطالعه‌سنجی و تسهیل شرایط ورود این سامانه به خطوط حومه‌ای در اولویت برنامه‌های سیاست‌گذاران عرصه حمل و نقلی قرار گیرد. برای افزایش کارایی قطار حومه‌ای نیز با توجه به نتایج تحلیل بایستی در معیارهایی که قطار حومه‌ای قابلیت پایینی دارد با به‌کارگیری شیوه‌های مهندسی حمل و نقل سعی در مرتفع سازی نقاط ضعف این سیستم نمود. از آنجایی که چند مسیر متفاوت از لحاظ ساختار شهرسازی حومه‌ای مورد تحلیل قرار گرفته است می‌توان اینگونه استدلال کرد که نتایج این پژوهش برای تمامی حوزه‌های حومه‌ای کلانشهرها اعتبار دارد و برآورد تحلیل این پژوهش برای هر نوع ارتباط حومه شهری با کلانشهر از حیث جمعیت، تعدد سفرها و ویژگی‌های جغرافیایی قابل تعمیم است.

۶- پی‌نوشت‌ها

1. Analytical Hierarchy Process (Ahp)
2. Transportation Management
3. East Midlands Trains
4. Topsis
5. Transit-Oriented Development (Tod)
6. Fuzzy Topsis

همان‌طور که بیان شد هدف این پژوهش تبیین مزیت‌های رقابت پذیری قطار حومه‌ای برای کمک به توسعه پایدار خدمات حمل و نقلی این سیستم در مسیرهای حومه‌ای است که در قالب یک مدل مقایسه‌ای با ساختاری از روابط و اهمیت گذاری‌ها بیان می‌شود. ایده‌آل‌ها و آرمان‌های جوامع شهری، مشکلات، حجم و ویژگی‌های سفرهای حومه‌ای از حیث نوع و ساختار سفر مانند بسامد رفت و برگشتی، هدف عمدتاً مشخص (کاری، آموزشی و خرید) و همچنین زمان نسبتاً معین (اوج صبح‌گاهی و عصرگاهی) ساختار فرآیند طراحی، ارزیابی و تحلیل مسئله را مشخص می‌کنند. در بخش ارزیابی معیارهای رقابت‌پذیری حمل و نقل حومه‌ای اینگونه به نظر می‌رسد که امروزه معضلات ترافیکی و مشکلات زیست محیطی حاصل از آن و همچنین هماهنگی ساختار شهرسازی با خصوصیات زیر ساخت‌های حمل و نقل عمومی به یک دغدغه بزرگ تبدیل شده است. لذا در طراحی یک سیستم جدید و یا به‌روزرسانی سامانه‌های موجود بایستی به مزیت‌های فوق بیشتر از گذشته اهمیت داد. در بخش‌های بعدی تحلیل پژوهش، سیستم قطار حومه‌ای از لحاظ رده‌بندی جایگاه نخست و از لحاظ مطلوبیت نیز رتبه قابل قبولی کسب می‌کند. گزینه قطار حومه‌ای بیش از ۵۰٪ شاخص شباهت به ایده‌آل‌های مثبت را کسب می‌کند که نشان دهنده توان و ظرفیت بالای خدمت‌رسانی این سیستم است. این سامانه به‌عنوان تنها نماینده حمل و نقل ریلی در خطوط حومه‌ای از لحاظ برخی معیارها، دارای مزیت مطلق و در برخی دیگر از معیارها دارای مزیت نسبی در قیاس با حمل و نقل جاده‌ای است. از جمله این مزیت‌ها فراهم کردن ایمنی و رفاه و آسایش مسافران در حین سفر است که این سیستم را از سایر رقبا متمایز ساخته است و همچنین در مبحث توسعه مناطق و هماهنگی کاربری‌ها در موضوعات TOD و جلوگیری از انتشار آلودگی‌های زیست محیطی، قطار حومه‌ای سیستمی لازم و ضروری برای نیل به اهداف مطرح شده جوامع شهری ارزیابی می‌شود. در مقابل از جمله نقاط ضعف قطار حومه‌ای، طولانی بودن زمان سفر و همچنین نبود چالاکای کافی و کیفیت در زمان بندی حرکت این سیستم برآورد شده است. در تحلیل این سیستم مطابق با مزایای اقتصادی اگر چه

۷- مراجع

- امین طهماسبی، ح. نیکجو ز، (۱۳۹۹)، "رتبه‌بندی شرکت‌های مسافربری اتوبوسرانی برون شهری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخه"، فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل و نقل، سال هجدهم، دوره سوم، شماره ۶۸، ص. ۲۷۵-۲۵۹.
- پایدار، ع. عاملی، ع. طهرانی، ه. (۱۳۹۹)، "ارزیابی عملکرد سیستم حمل و نقل مترو با استفاده از تکنیک‌های اقتصاد مهندسی و تحلیل پوششی داده با رویکرد توسعه حمل و نقل پایدار (مطالعه موردی: کلان شهر تهران)"، فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل و نقل، سال هفدهم، دوره دوم، شماره ۶۳، ص. ۲۰۱-۲۰.
- توان، ف. و گهرپور، ع. (۱۳۹۸)، "مزیت‌های رقابت پذیری قطار حومه ای"، تهران، انتشارات ریرا.
- طالبی، س. پایدار، ح. (۱۳۹۶)، "تحلیل تقاضا و مطالعات امکان سنجی راه اندازی قطارهای حومه‌ای در استان یزد"، پنجمین کنفرانس بین المللی پیشرفت‌های اخیر در مهندسی راه‌آهن، تهران: ۲۴-۲۶ اردیبهشت.
- عمادی، م. و احدی، ح. (۱۳۹۶)، "ارایه مدل جدید ارزیابی اقتصادی احداث و توسعه خطوط حومه‌ای مطالعه‌ی موردی مسیر تهران شهریار"، پنجمین کنفرانس بین المللی پیشرفت‌های اخیر در مهندسی راه‌آهن، تهران، ۲۴-۲۶ اردیبهشت.
- فروید، ا. کیوانپور، علی، (۱۳۹۸)، "تحلیل رقابت‌پذیری قطار حومه‌ای با وسایل حمل و نقل عمومی غیرریلی و شخصی"، فصلنامه علمی جاده، سال هفدهم، دوره چهارم، ص. ۸۰-۷۱.
- قهرمانی، ح. و منعمی، م. (۱۳۹۴)، "روند مطالعات امکان سنجی قطارهای حومه‌ای به همراه مطالعه موردی تهران - شهریار"، چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، ۵-۶ اسفند.
- ماهپور، ع. شاه‌ابراهیمی ا. (۱۳۹۸)، "ارایه یک مدل انتخاب وسیله برای دانش آموزان در شهرهای میانی بزرگ (مطالعه موردی: شهر اردبیل)"، فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل و نقل، سال هفدهم، دوره اول، شماره ۶، ص. ۱۸۵-۱۹۴.
- نوری، ش. ناظمی، ع. افشاری، م. ازدر، ر. (۱۳۹۷)، "شناسایی عوامل تاثیرگذار بر کیفیت خدمات حمل و نقل عمومی از دید گروه‌های مختلف اجتماعی (مطالعه‌ی موردی: قطار تهران-مشهد)"، فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل و نقل، دوره پانزدهم، شماره سوم، شماره ۵۶، ص. ۲۲۳-۲۳۸.
- Abhyankar, A. Narayanmorthy, A. Ramachandran, V., (2012), "Survey on Mumbai Suburban Local Train Travelers", Review of Integrative Business and Economics Research, Vol. 1 , Issue 1, pp. 292-303.
- Demircan, M. L. and Tunc, S., (2019), "A proposed service level improvement methodology for public transportation using Interval Type-2 Fuzzy EDAS based on customer satisfaction data", In International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems, Springer, Cham, pp. 1351-1359.
- Kettell, B., (2002), "Applying The Porter Model To The Valuation Of Internet And Technology Stocks", Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Litman, T., (2007), "Developing Indicators for Comprehensive and Sustainable Transport Planning", Transportation Research Record, Vol. 2017, No.1, January, pp. 10-15.
- Ma, X. Chen, X. Li, X. Ding, C. and Wang, Y., (2018) "Sustainable station level planning: An integrated transport and land use design model for transit oriented development", Journal of Cleaner Production, Vol. 170, pp.1052-1063.
- Meyer, M D. Miller, E J., (2001), "Urban Transportation Planning 2nd edition", New York: McGraw-Hill.

-Seidenglanz, D. Chvátal, F. Nedvedová, K., (2014), “Comparison of Urban and Suburban Rail Transport in Germany and in the Czech Republic”, Review of Economic Perspectives Nardohspodarsky Obzar, Vol. 14, Issue 2, pp. 165–194.

-Peng, L. Wang, C. WuStudy, J., (2019), “Study on the operation mode of suburban railway at home and abroad and the inspiration to Beijing”, Journal of Physics: Conference Series; Bristol Vol. 1187, Iss. 5.

-Tuzkaya, U.R., (2009), “Evaluating the environmental effects of transportation modes using an integrated methodology and an application”, International Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 6, No. 2, January, pp. 277-290.

Evaluating the Characteristics of the Suburban Train against Other Public and Private Transportation Vehicles

Ali Asghar Goharpour, Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Malayer University, Malayer, Iran.

Farshid Tavan, M.Sc., Grad., Islamic Azad University of Malayer Electronic Branch, Malayer, Iran.

E-mail: goharpour_a@malayeru.ac.ir

Received: September-Accepted: February 2023

ABSTRACT

The development and industrialization of communities, and consequently the birth and development of urban suburbs, has led to a sharp increase in travel demand. This increase in demand, along with the jump in the growth rate of car ownership, has led to the emergence of several problems, such as excessive energy consumption, environmental pollution, traffic delays, and psychological problems caused by traffic. The main challenge for transportation policy makers, in addition to providing to respond to the large volume of travel, is to take measures to reduce the above losses. The suburban train is a rail's public transportation system that runs between the distances of a metropolis with topics such as work, education, and business. This system can play a key role in improving transportation problems and even lead to economic efficiency in the long run. This study determines the extent to which suburban trains can meet the transportation needs and what are the benefits of increasing the services of using this system compared to other methods. The purpose of this study is to evaluate the performance of suburban trains from various economic, social and traffic aspects to highlight the characteristics of this system to take an effective step in expanding the scientific field of this system into enter the cycle of sustainable competition in the transportation of suburban areas. Simultaneous analysis of two lines with different characteristics of suburban areas, explanation of criteria in TOD, increasing the share of personal preferences of users in other criteria are aspects of innovation in this study. In this research, using the research method of multi-criteria statistical, it is argued that according to the set criteria, suburban train By gaining the majority of points defined as the ideal limit, it has the first rank and has the highest level of desirability.

Keywords: Competitiveness, Public Transportation, Suburban Train