سال ۲، شماره ۶ ، فصل پاییز، سال ۱۴۰۲، صفحات ۱۰۸-۸۷

نشریه فضای شهری و حیات اجتماعی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۹/۲۵

تحلیل و ارزیابی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس شهری با استفاده از مدل تحلیل شبکه: مطالعه موردی منطقه ٤ کلانشهر تبریز

فرهاد جلیلوند[۱]، علی آذر *[۲]

۱- کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری، واحد مرند، دانشگاه آزاد اسلامی، مرند، ایران

۲- عضو هیات علمی گروه شهرسازی و معماری، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران.(نویسنده مسئول)

Email :a_azar@iau-maragheh.ac.ir- Tel: 09148140818

چکیده

توسعه و گسترش شهرنشینی و به دنبال آن افزایش تقاضای سفر در سال‌های اخیر، شهرها را با مشکلاتی نظیر ترافیک، کمبود پارکینگ‌های مناسب و کافی، مسائل زیست محیطی و غیره مواجه ساخته است. در عین حال، حمل و نقل عمومی، بویژه اتوبوسرانی در توسعه عملکردهای شهری از اهمیت خاصی برخوردار است. بنابراین پرداختن به ابعاد مختلف این سیستم، برای افزایش راندمان آن، قدمی اساسی در جهت حل مشکلات مذکور خواهد بود. ایستگاه‌های اتوبوسرانی یکی از اجزای مهم این سامانه به شمار می آیند و در صورتیکه در مکان‌های مناسب استقرار یابند باعث افزایش کارایی و عملکرد این سامانه خواهد بود. لذا در این مطالعه سعی گردید تا پارامترهای تاثیرگذار در مکانیابی و توزیع ایستگاه‌های اتوبوس شهری شناسایی شده و بر اساس آن، توزیع فضائی ایستگاه‌های اتوبوس مورد تحلیل و ارزیابی قرار گیرد. جهت نیل به این هدف، با بهره گیری از توابع تحلیلی مختلف در محیط GIS و با استفاده از مدل AHP مکان استقرار ایستگاه‌های اتوبوس منطقه ۴ تبریز براساس معیارهای انتخابی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. برای ارزیابی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس شهری، از سه مولفه اصلی دسترسی، تراکم جمعیتی و ترافیک استفاده شده است. جهت تجزیه و تحلیل این شاخص‌ها، از لایه‌های رقومی کاربری اراضی، شبکه معابر، بلوک‌های آماری و موقعیت مکانی خطوط و ایستگاه‌های اتوبوس شهر تبریز استفاده گردید. نتایج حاصله نشان می‌دهد که ایستگاه‌های اتوبوس، محدوده منطقه ۴ تبریز را بصورت کامل پوشش نمی‌دهند و فاصله استاندارد آنها نیز از همدیگر نیز رعایت نشده است. اما در حالت کلی نقشه نهایی حاصل از مدل AHP الگوی مطلوب توزیع مکانی ایستگاه‌های اتوبوس را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تحلیل و ارزیابی میزان دسترسی محلات مسکونی به ایستگاه‌های اتوبوس نشان داد از میان محلات محدوه شهرداری منطقه ۴ تبریز دسترسی محلات یکه دکان، چوسدوزان ۲، امیرقیز، آخونی ۱، خیام، دامپزشکی، شهید بهشتی، عموزین الدین ۱ و قره آغاج ۱ به ایستگاه‌های اتوبوس مطلوب نیست. در حالت کلی ارزیابی میزان دسترسی به ایستگاه‌های اتوبوس که براساس زیر معیارهای فاصله از مراکز تولید و جذب سفر و با استفاده از مدل AHP حاصل گردید نشان داد که نزدیک به ۷۰ درصد ایستگاه‌های اتوبوس این محدوده در شرایط مطلوب دسترسی قرار دارند.

واژگان کلیدی: توزیع فضایی، ایستگاه‌های اتوبوس شهری، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تبریز، GIS.

Analysis and evaluation of the spatial distribution of urban bus stations whit using the network analysis model: a case study of District 4 of Tabriz metropolis

Farhad Jalilvand [1], Ali Azar *[2]

1- Master of Urban Planning, Marand Branch, Islamic Azad University, Marand, Iran

2- Member of the academic staff of the Department of Urban Planning and Architecture, Maragheh Branch, Islamic Azad University, Maragheh, Iran (Corresponding Author)

Email :a_azar@iau-maragheh.ac.ir

Received December 2023 Accepted: August 2023

Abstract

The development and expansion of urbanization and the subsequent increase in travel demand in recent years have made cities face problems such as traffic, lack of suitable and sufficient parking spaces, environmental issues, etc. At the same time, public transportation, especially Bus system, is of particular importance in the development of urban functions. Therefore, addressing the various aspects of this system to increase its efficiency will be a step towards solving the mentioned problems. The stations of the bus system are one of the important components of this system and if they are established in suitable places, it will increase the efficiency and performance of this system. Therefore, in this research, we tried to identify the effective parameters in the location and distribution of urban bus stations, and based on that, the spatial distribution of bus stations was analyzed and evaluated. In order to achieve this goal, by using different analytical functions in the GIS environment and using the AHP model, the location of the bus stations in the zoom 4 of Tabriz was analyzed and evaluated based on the selected criteria The results show that the bus stations do not fully cover the area of Tabriz 4 and their standard distance from each other is not respected. But in general, the final map obtained from the AHP model shows the desired pattern of the spatial distribution of bus stations.

Key words: Spatial distribution, bus station, Analytic Hierarchy Process, GIS.

مقدمه

با رشد و توسعه و متراکم شدن شهرها، ابعاد حمل و نقل شهری و دسترسی به عملکردهای شهری، شکل پیچیده‌ای به خود گرفته است.حمل و نقل و جابجایی انسان و کالا فعالیتی مهم برای هر جامعه انسانی به شمار می‌آید و تاثیرات عمده‌ای بر روی الگوهای رفتاری – زندگی ساکنین خواهد داشت. گسترش روز افزون شهرها و افزایش جمعیت شهری موجب شده است که تقاضا برای حمل و نقل درون شهری و استفاده از خدمات شهری افزایش یابد. بهینه‌سازی ساختار حمل و نقل مسافر شهری یک راه موثر برای ترویج توسعه شهرهای بدون کربن است (Li, 2023;1). توسعه حمل و نقل عمومی و غیرموتوری، می‌تواند اثرات تغییر اقلیم را کاهش دهد و باعث تعدیل جزایر حرارتی در مراکز شهرها شود(Das, 2022). دسترسی تمام محلات شهر به حمل و نقل عمومی، از جمله شاخص-های حقوق شهروندی می‌باشد. توجه به عدالت فضایی به عنوان رویکرد اصلی در تحلیل توزیع خدمات شهری، ضرورتی اجتناب ناپذیر در پایداری شهرها می‌باشد (بهادر و بهوندی، ۱۴۰۰: ۴۱). امروزه برخورداری از خصوصیات زیست‌پذیری برای شهرها و به ویژه برای کلانشهرها، ضرورت یافته است (ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۴). برنامه‌ریزی مناسب در حوزه حمل و نقل شهری، باعث ارتقای کیفیت زندگی شهری، زیست‌پذیری و افزایش ارزش افزوده دارایی شهروندان می‌شود (Jin & Rafferty, 2018).

سیستم حمل ونقل شهری ازمتغیرهای اصلی پاردایم شکوفایی شهری است. در زندگی شهری معاصر، شبکه‌های حمل ونقل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، تا جایی که از آن به عنوان شریان‌های حیاتی شهر امروزی نام برده می‌شود. از سوی دیگر، داشتن سیستم‌های حمل و نقل درون شهری روان و پویا از مولفه‌ای اصلی رضایتمندی شهروندان و همچنین جزء شاخص‌های شهرنشینی پایدار و مطلوب به حساب می‌آید. حمل و نقل یکی از مهمترین عوامل موثر بر موجودیت و توسعه شهرها است. تقریباً تمام شهرها تحت فشار ترافیک می‌باشند که این امر منجر به بروز مشکلات شهری فراوانی شده است (Roman, 2014:295). بخش حمل و نقل، بر بسیاری از حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست تاثیر دارد (محبی و رفیعیان، ۱۴۰۱: ۹۷). امروزه مسئله حل نشده ترافیک در شهرها و آلودگی ناشی از آن عوارض سهمگینی در سلامتی و نشاط مردم دارد و باعث مرگ بسیاری از بیماران ریوی و قلبی می‌شود (آزاده و علوی‌زاده،۳۹۹ :۶۹). سیستم اتوبوسرانی شهری یکی از انواع سیستمهای حمل و نقل درون شهری عمومی است که با توجه به انعطاف‌پذیری بالای آن نسبت به مترو و هزینه نسبتاً پایین آن و تاثیر زیاد در جابجایی انبوه مسافرین شهری علی الخصوص درکلانشهرها از اهمیت بالایی برخوردار است. علاوه بر این، هزینه‌های بالای ساخت تجهیزات و تاسیسات دیگر انواع حمل و نقل شهری این وسیله را به بهترین گزینه برای رفت آمد افراد در مناطق مختلف شهری مبدل کرده است (سلطانی، ۱۳۹۴: ۳). وجود مشکلات در عملکرد یک سیستم اتوبوسرانی سبب پایین آمدن سطح خدمت و در نتیجه پایین آمدن تقاضا برای آن می شود. این مشکلات را می توان ناشی از کمبود امکانات و منابع، برنامه‌ریزی نامناسب برای تخصیص منابع و مدیریت نادرست دانست (بوشهری و محمدی، ۱۳۹۳: ۲). ایستگاه‌های سیستم اتوبوسرانی یکی از اجزای مهم این سیستم به شمار می‌آید که در صورت اصلاح و ارتقای عملکردی آن، نقش عمده‌ای در اعتلای کیفیت سیستم اتوبوسرانی خواهند داشت. یکی از نکات مهم در این زمینه مکان استقرار ایستگاه‌ها می‌باشد بنابراین لازم است ایستگاه ها در محل هایی تعبیه شوند که باعث افزایش پوشش این سیستم در مناطق مختلف شهر شوند. در کنار این مسأله احداث بی رویه ایستگاه‌های اتوبوس موجب بالا رفتن تعداد دفعات توقف وسیله و در نتیجه باعث افزایش زمان سفر و کاهش سرعت این سیستم در معابر شهری می‌گردد (وارثی و همکاران، ۱۳۹۴: ۵۶). لذا ضرورت دارد که در تعیین و انتخاب مکان‌های مناسب برای استقرار ایستگاه‌ها تمامی عوامل مرتبط با مسئله مورد نظر مورد مطالعه و توجه جدی قرار گیرد. سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی دارای اجزا و عناصر مختلفی می‌باشد که از این میان، ایستگاه‌ها یکی از اجزای مهم این سیستم به شمار می‌آید. ایستگاه‌ها بیانگر مکان‌هایی هستند که در آنجا مسافران به شبکه حمل و نقل دسترسی پیدا می‌کنند (Vuchic,2005: 4) . بنابراین لازم است در محل‌هایی تعبیه شوند که باعث افزایش پوشش این سیستم در مناطق مختلف شهر شوند. همچنین استفاده از تجهیزات مناسب در ایستگاه‌ها به منظور استفاده کاربران باعث افزایش راحتی و در نتیجه افزایش تقاضای استفاده از این سیستم در سفرهای درون شهری می‌گردد.

کلان شهر تبریز با جمعیتی معادل دو میلیون نفر در عصری که سیستم‌های حمل و نقل شهرهای جهان برآنند تا زمان سفرهای درون شهری را به حداقل برسانند، هنوز بدلیل فقدان سیستم های پیشرفته حمل و نقل مانند مترو، تراموا، مونوریل و خیل عظیم جابجایی مسافران درون شهری بر دوش سیستم اتوبوسرانی این شهر می‌باشد. اتوبوسرانی تبریز دارای ۶۴ خط می‌باشد که تعداد خطوط شهری ۵۴ و تعداد خطوط حومه ۱۰ خط می‌باشد. متوسط روزانه مسافر جابجا شده در کل خطوط اتوبوسرانی تبریز ۲۶۰۰۰۰ نفر می باشد. (سالنامه آماری شهر تبریز، ۱۳۹۹). شکل هندسی خطوط اتوبوسرانی تبریز و نیز طول آنها بسیار متفاوت بوده، از نظر الگوی هندسی نامنظم و توسعه یافته از مرکز شهر است. (مهندسین مشاور اندیشکار، ۱۳۸۴: ۵). سیستم اتوبوسرانی تبریز با فرض طول حداکثر پیاده‌روی ۲۵۰ متر برای رسیدن به ایستگاه اتوبوس در مسیرهای رفت و برگشت حدود ۲۰ درصد از مساحت شهر را تحت پوشش مستقیم خود قرار داده است. با استخراج جمعیت‌های مناطق ترافیکی موجود در حوزه نفوذ مستقیم مشخص می‌شود که ۴۶ درصد از جمعیت شهر خارج از سطح پوشش اتوبوسرانی قرار می‌گیرند (مهندسین مشاور اندیشکار، ۱۳۸۴: ۵). دلایل این امر می تواند ناشی از بافت ارگانیک این شهر با شبکه‌های داخلی نامنظم بصورت کوچه های پر پیچ و خم و طولانی، فاصله طولانی ایستگاه‌های اتوبوسرانی و از همه مهمتر مکانیابی نادرست ایستگاه‌ها باشد. منطقه ۴ شهر تبریز به عنوان پرجمعیت ترین منطقه این شهر با بافتی عمدتاً فرسوده و تقاضای سفر بالا نسبت به دیگر مناطق تبریز با مشکلات عمده ای در خصوص سیستم اتوبوسرانی مواجه است. بنابراین پژوهش حاضر در پی دستیابی به این پرسش هست که آیا مکانیابی ایستگاههای اتوبوس شهری منطقه ۴ تبریز با اصول و معیارهای علمی برنامه‌ریزی شهری تناسب دارد یا خیر؟ در راستای این پرسش بر اساس اصول و معیارهای شهرسازی توزیع فضایی ایستگاه‌های این محدوده از شهر مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته و الگویی مناسب جهت مکانیابی ارائه خواهد شد. هدف کلی این مقاله، بررسی و ارزیابی ایستگاه‌های اتوبوس شهری در سطح محدوده مورد مطالعه و پهنه‌بندی میزان دسترسی ساکنین به آن می‌باشد. در این راستا، سوالاتی که پژوهش حاضر در پی دستیابی به پاسخ آنهاست به شرح ذیل می‌باشد:

– تناسب مکانی توزیع ایستگاه‌های اتوبوس در منطقه چهار کلانشهر تبریز در چه وضعیتی قرار دارد؟

– کدام شاخص‌ها در ارزیابی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس شهری موثر هستند؟

–دسترسی به ایستگاه‌های اتوبوس شهری در منطقه ۴ کلانشهر تبریز، چگونه می‌باشد.

مبانی نظری

حرکت عامل اصلی پویایی زندگی شهری و تداوم بخش کلیه فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در سطح شهرها است. معابر شهری، فرم و استخوانبندی شهرها را شکل می‌دهد و نقش بسزایی در شکوفایی شهرها دارند. سیستم حمل ونقل شهری مجموعه منظمی از زیر ساختارهای به هم پیوسته که به منظور جابجایی مسافر و کالای مجاز همراه وی، جلب رضایت مسافر به ارائه خدمات به شهروندان می‌پردازد. ورودی های سیستم شامل مسافر، پرسنل و کارکنان ستادی و صف، منابع مالی، تجهیزات ثابت و متحرک) ناوگان، برق و تاسیسات، کنترل، علائم و مخابرات، خط، ابنیه و مسیر (اطلاعات) جداول زمانی اعزام‌ها، مالی، اداری، پرسنلی می‌باشد. در حالیکه خروجی های سیستم در برگیرنده خدمات ارائه شده، اطلاعات کمیت و کیفیت جابجایی مسافر، هزینه های صرفه جویی شده، هزینه بهره برداری و تعمیر و نگهداری و.. می باشد (احمدی و آرام، ۱۴۰۱: ۵؛ Freitas, 2023;1).

نظریه‌های حمل و نقل شهری

نظریه‌های حمل و نقل شهری تا دهه ۱۹۱۰

از ابتدای تکوین شهرها در جهان تا حدود نیمه قرن نوزدهم که همزمان با اختراع ماشین و حضور وسائل نقلیه موتوری بود، حرکت پیاده شکل غالب جابجایی افراد در شهرها و مقیاس انسانی شکل دهنده ابعاد گذرها محسوب می‌شد. این دوران را به طور کلی می‌توان تحت عنوان دوران آرام در حمل و نقل درون شهری نام نهاد که فاقد تغییرات عمده و ناگهانی در ساختار سامانه‌های جابجایی درون شهری بوده است. اما در دهه‌های پایانی قرن نوزدهم با شروع حمل و نقل ریلی درون شهرها، ایستگاه‌های قطار و راه‌آهن به مراکز مهم ترافیکی و دروازه‌های ورودی شهر تبدیل گردید و سبب تغییرات عظیمی در ساختار شهرها شد. نقش انقلاب صنعتی در این دوره کاملا

مشهود است. در واقع، پس از انقلاب صنعتی، بریتانیا شاهد افزایش چشمگیر سرعت سفر و کاهش نرخ حمل و نقل بار و مسافر بود (Bogart, 2013) .چنین تغییرات اساسی به سرعت کاربری های زمین را جابجا نمود (از طریق افزایش تحرک و دسترسی) و در نهایت محدوده شهر را توسعه دادند.

نظریه‌های حمل و نقل شهری از دهه ۱۹۱۰ تا دهه ۱۹۷۰

از نیمه اول قرن بیستم تا سال‌های ابتدائی دهه ۶۰ قرن بیستم تمرکز و تاکید بر تسهیل هر چه بیشتر حرکت وسائل نقلیه موتوری به هر شکل ممکن، جزئی جدایی ناپذیر از هر گونه برنامه‌ریزی حمل و نقل و ترافیک در شهرها محسوب می‌گردید. در این دوران، به تفکیک مسیرهای حرکتی سواره و پیاده در جهت ایجاد حداکثر بهره‌وری از سامانه‌های حمل و نقل نوین توجه می‌گردید و عابر پیاده و نیازهای وی در اولویت قرار نداشت. نظریه شهر درخشان لوکوریوزیه[1] و ساختار فضایی شهرهای بزرگ تانگه از همین منظر قابل بررسی است. آنچنان که به باور برخی صاحبنظران طی سالهای دهه ۶۰ توصیه‌های لوکوبوزیه به اجرا درآمد و خیابان تبدیل به ماشین تولید ترافیک شد (پاکزاد، ۱۳۸۶ :۳۲).

لوکوربوزیه در شهر درخشان خود به سال ۱۹۳۰ بر نیازهای آمد وشد مدرن تاکید و پیشنهاد تقسیم ترافیک را در سه سطح؛ مترو، سطوح مخصوص پیاده‌ها و مسیرهای اتومبیل ارائه نمود. اما به باور جیکوبز او نیز مانند برنامه‌ریزان باغ شهر، باعث حذف حضور شهروندان از خیابان‌های شهر شد و شهروندان از تردد و مکث در خیابان‌ها، به پارک‌ها تبعید شدند (جیکوبز، ۱۹۹۳: ۲۴). گسترش استفاده از تراموا در ایالات متحده آمریکا (واشنگتن)، و همچنین توسعه مترو باعث خزش شهری نسبت به فضاهای پیرا–شهری و توسعه حومه–نشینی در نیمه اول قرن بیستم گردید. در این دوره، تعداد وسایل نقلیه موتوری از نیم میلیون به بیش از نه میلیون رسید و رشد سریع پس از آن نیز ادامه یافت (MacDonald, 1950). توسعه اتوبان‌ها، پارک‌وی‌ها و آزادراه‌ها از جمله ویژگی‌های عمده این دوره بودند.

نظریه‌های حمل و نقل شهری از ۱۹۸۰ تا کنون

با شروع دهه ۸۰ قرن بستم میلادی رویکردهای قبلی حمل و نقل ماشین – محور با چالش‌های جدی مواجه گردیده و توجه به تعدیل حرکت وسائل نقلیه موتوری در شهرها بویژه در محلات مسکونی به عنوان یک اصل مطرح شد و از همین رو، جنبش‌های جدید برنامه–ریزی شهری مطابق با پاردایم پست – مدرن ایجاد شدند که مهمترین آن «الگوی منشورنوشهرگرایی» است که هدف اصلی آن محدود کردن شهرسازی ماشین – محور و اهمیت دادن به پیاده و ایجاد شهر انسانی بود (آذر و حسین زاده دلیر، ۱۳۸۷: ۱۱۹). استفاده از تکنولوژی‌های جدید از جمله ماشین‌های اتوماتیک، تاکید بر پیاده –محوری و بها دادن به پیادرو مسیرهای دوچرخه و مسیرهای سلامت از جمله مشخصات اصلی این دوره است.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از لحاظ نوع هدف جزء پژوهش‌های کاربردی به حساب می‌آید و از نظر نوع روش، ترکیبی از روش‌های توصیفی و تحلیلی می‌باشد. در این پژوهش برای توصیف و تبیین کامل محدوده مورد مطالعه از این روش استفاده گردیده است و در روش تحلیلی نیز با استفاده از مدل‌ها و تحلیل‌های آماری از قبیل، تحلیل‌های فضایی (Spatial Analyst) و شبکه‌ای (Network Analyst) در محیط GIS برای ارزیابی تناسب مکانی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس شهری منطقه ۴ شهر تبریز استفاده شده است. همچنین از مدل تصمیم‌گیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای وزن‌دهی شاخص‌ها استفاده گردید. برای جمع‌آوری داده‌ها از روش‌های اسنادی، میدانی و پرسشنامه استفاده شده است. در روش اسنادی کتب، مقالات، اسناد طرحهای توسعه شهری، اسناد طرح‌های جامع حمل و نقل شهری، اطلاعات جمع‌آوری شده توسط ارگان‌ها و... مورد مطالعه قرار گرفته تا بدین طریق جنبه‌های تئوریکی تحقیق بدست آمد و از روش میدانی نیز برای شناخت محدوده مورد مطالعه و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز تحقیق به عنوان یکی از روش‌های این تحقیق انتخاب شده است. نتایج حاصله با ضریب دهی به معیارها تفصیلی گردیده و سپس با استفاده از تکنیک GIS توزیع فضایی ایستگاه‌های

[1] . Le Corbusier

اتوبوس شهری محدوده مورد مطالعه مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. پس از بررسی و مطالعه مبانی نظری و تجربی موضوع و همچنین مصاحبه با کارشناسان ذیربط جهت مکانیابی ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده مورد مطالعه ۱۰ شاخص تاثیر گذار و قابل سنجش شناسایی گردید که این ۱۰ شاخص را می‌توان در قالب ۳ معیار دسترسی، اجتماعی و ترافیکی به صورت ذیل دسته بندی نمود:

الف معیار دسترسی: شامل دسترسی به مراکز تولید و جذب سفر (مراکز مسکونی، تجاری- خدماتی، اداری، فرهنگی-تفریحی، بهداشتی-درمانی، مذهبی و مراکز آموزشی)

ب) معیار اجتماعی: تراکم جمعیتی

ج) معیار ترافیکی: شامل فاصله از تقاطعهای اصلی، عملکرد و نوع معابر

در ادامه بر اساس پارامترهای انتخاب شده به جمع آوری داده‌های مورد نیاز تحقیق پرداختیم. منابع داده‌ای این تحقیق شامل داده‌های غیر توصیفی (مکانی) و داده‌های توصیفی می‌باشد. بدلیل متفاوت بودن اهمیت معیارهای انتخابی، بر اساس نظرات کارشناسان و با استفاده از روش وزندهی فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نسبت به امتیازدهی معیارها بر اساس اهمیت آنها اقدام گردید. پس از بدست آمدن ضریب اهمیت (وزن) معیارها، نقشه‌های معیارها در محیط ARC- GIS تلفیق شده و نقشه نهایی تناسب مکانی ایستگاه-های اتوبوس شهری بدست آمد. بر مبنای این نقشه مکان استقرار ایستگاه‌های اتوبوس مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است.

شکل ۱. مدل مفهومی ارزیابی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس شهری *

* دسترسی بر اساس فاصله ایستگاه از مراکز تولید و جذب سفر برحسب متر ، تراکم جعیت بر حسب نفر در هکتار و فاصله ایستگاه‌ها از تقاطع‌ها بر حسب متر محاسبه و ارزشگذاری شده است.

معرفی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه این مطالعه، منطقه ۴ کلانشهر تبریز می‌باشد. این منطقه با وسعت ۲۵۴۰ هکتار و ۳۱۵۱۸۳ نفر، متراکم‌ترین منطقه تبریز است که در غرب شهر قرار گرفته است. جمعیت منطقه ۴ در حدود ۲۱ درصد جمعیت شهر تبریز بوده است. جمعیت این

منطقه نسبت به کل جمعیت شهر تبریز در رتبه اول در میان مناطق ده‌گانه شهر تبریز قرار دارد. اتوبوسرانی تبریز با فرض طول حداکثر پیاده‌روی ۲۵۰ متر برای رسیدن به ایستگاه اتوبوس در مسیرهای رفت و برگشت، حدود ۲۰ درصد از مساحت شهر را تحت پوشش مستقیم خود قرار داده است. با استخراج جمعیت‌های مناطق ترافیکی موجود در حوزه نفوذ مستقیم مشخص می‌شود که ۵۴ درصد از ساکنان تبریز تحت پوشش سیستم اتوبوسرانی و ۴۶ درصد خارج از سطح پوشش اتوبوسرانی قرار می‌گیرند بنابراین می‌توان گفت که ۴۶ درصد از جمعیت شهر برای دسترسی به نزدیکترین ایستگاه ناچار به طی مسافتی بیش از ۲۵۰ متر بوده که معمولا با کمک یک وسیله نقلیه دیگر انجام می‌شود.

محدوده شهرداری منطقه ۴ تبریز شامل۱۹ خطوط اتوبوسرانی می‌باشد. طول کل خطوط اتوبوسرانی این محدوده در حدود ۵۴/۴۸ کیلومتر می‌باشد که نسبت به کل خطوط اتوبوسرانی شهری تبریز ۶/۲۱ درصد را شامل می‌شود. شکل هندسی خطوط اتوبوسرانی این محدوده نیز بصورت شعاعی و توسعه یافته از مرکز شهر می‌باشد بدین صورت که مبدا و ابتدای خطوط رفت در بخش مرکزی و تجاری شهر واقع شده و مقصد و انتهای خطوط برگشت نیز به بخش مرکزی شهر منتهی می‌شود. در مجموع تعداد ایستگاه‌های رفت و برگشت این محدوه ۱۸۷ ایستگاه می‌باشد. از میان خطوط اتوبوسرانی این محدوده، خط انقلاب، پاسداران و استاد جعفری به ترتیب بیشترین تعداد متوسط مسافر روزانه را به خود اختصاص داده اند. بیشترین زمان انتظار مسافر نیز مربوط به خطوط فرودگاه، اره گر و شهید قره باغی می‌باشد. کمترین تعداد ایستگاه اتوبوس نسبت به طول خط نیز به ترتیب مربوط به خطوط فرودگاه، استاد جعفری و خط بهار فیضیه می‌باشد. در شکل ۲ موقعیت خطوط و ایستگاه‌های اتوبوس منطقه ۴ تبریز نشان داده شده است .

شکل ۲. خطوط و ایستگاه‌های اتوبوس شهری منطقه ٤ (ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۲)

یافته‌های تحقیق

در پژوهش حاضر از روش تحلیل شبکه در محیط GIS برای تحلیل وضع موجود توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس، بررسی شعاع عملکردی آنها، تعیین مناطق خارج از شعاع پوشش این مراکز، محاسبه فاصله پیاده روی تا ایستگاه‌ها، تحلیل شاخص دسترسی و محاسبه میانگین فاصله ایستگاه‌های خطوط اتوبوسرانی استفاده شده است. در این روش ابتدا کلیه مسیرهای ارتباطی یا شبکه های دسترسی محدوده مطالعاتی در محیط Auto Map رقومی و تهیه شد (مسیر و جهت رقومی کردن معابر بر اساس جهات واقعی ترافیک در شهر صورت گرفته می شود) و پس از ایجاد توپولوژی، در محیطArc -GIS دارای اطلاعاتی مانند طول معابر، Id، Fnode و Tnode شده و رابطه فضایی بین خطوط شبکه ایجاد می شود. سایر اطلاعات تکمیلی شبکه نیز مانند یک طرفه یا دو طرفه بودن، عرض معابر، تقاطع های موجود و مسیرهای ویژه به شبکه اضافه شده و برای تحلیل آماده شد. شکل ۳، شبکه ارتباطی ایجاد شده در مدل تحلیل شبکه را

برای محدوده شهرداری منطقه ۴ تبریز نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که قسمت شمالی منطقه که شامل باغات و اراضی کشاورزی (به مساحت ۶۳۰ هکتار) می‌باشد، در تحلیل‌های مکانی و آماری محاسبه نگردیده است.

شکل ۳. شبکه ارتباطی ایجاد شده در مدل تحلیل شبکه برای محدوده شهرداری منطقه ٤ (ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۲)

در ادامه بر اساس معیارهای انتخابی ارزیابی و مکانیابی ایستگاه‌های اتوبوس محدوده مورد مطالعه به شرح ذیل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

تحلیل و ارزیابی فاصله ایستگاه‌ها

فاصله ایستگاه‌های مسیرهای اتوبوسرانی از یکدیگر، یکی از مهمترین ابزار تعیین تناسب مکانی ایستگاه می‌باشد. فاصله بین ایستگاه‌ها را می‌توان با برقراری تعادل بین کوتاه‌ترین دسترسی (به منظور حداکثر نمودن پوشش سیستم) و بیشترین سرعت عملیاتی (به منظور حداقل نمودن زمان سفر کاربران) به دست آورد. هرچه تعداد ایستگاهها بیشتر باشد امکان دسترسی کاربران به سیستم بیشتر و پوشش سیستم افزایش می‌یابد. در مقابل باعث کاهش سرعت عملیاتی می‌شود. بنابراین فاصله ایستگاه‌ها از یکدیگر نباید آنقدر زیاد باشد، که برای عابرین پیاده ایجاد خستگی و یا عدم رغبت به استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی نماید. از طرفی فاصله ایستگاهها را نباید آنقدر کم انتخاب نمود، که در اثر توقف های زیاد تأخیر از حد مجاز تجاوز نماید. بررسی های انجام شده نشان می دهد که اگر فواصل ایستگاه‌ها در محدوده تغییرات زیر انتخاب شود راندمان عملکرد سیستم اتوبوسرانی مطلوب خواهد بود:

الف) برای مناطق مرکزی شهر یا نواحی با تراکم جمعیت بالا (بیش از ۲۰۰۰ نفر در هر کیلومتر مربع)۱۵۰ الی ۲۵۰ متر

ب) برای مناطق با تراکم جمعیت متوسط (حدود ۲۰۰۰ نفر در هر کیلومتر مربع) ۲۰۰ الی ۳۵۰ متر

ج) برای مناطق حومه و تراکم جمعیت کم (کمتر از ۲۰۰۰ نفر در هر کیلومتر مربع) ۲۵۰ الی ۵۰۰ متر (محمدی، ۱۳۸۴: ۴۵).

جدول ۱، میانگین فاصله ایستگاه‌های اتوبوس محدوده شهرداری منطقه ۴ تبریز را به تفکیک خطوط رفت و برگشت نشان می‌دهد.

جدول ۱. میانگین فاصله ایستگاه‌های اتوبوس محدوده شهرداری منطقه ٤ تبریز به تفکیک خطوط (برحسب متر)

نام خط	پاسداران	رضوانشهر	انقلاب	شهید قره باغی	توکلی	مفتح	شمس تبریزی	استاد جعفری	بهار حکم آباد	اره گر	قدس آخونی	کوچه باغ	۲۲ بهمن	آذربایجان	جلالیه	رسالت	خیام	میانگین کل
میانگین فاصله ایستگاه‌های رفت	۴۴۸	۴۸۲	۵۸۷	۶۱۴	۵۸۹	۳۷۲	۵۲۷	۳۷۶	۴۴۲	۴۰۰	۵۱۸	۴۲۲	۴۹۶	۶۰۷	۳۶۶	۴۱۳	۴۵۹	۴۷۷
میانگین فاصله ایستگاه‌های برگشت	۴۲۶	۴۲۵	۵۴۲	۵۲۷	۴۶۱	۴۴۴	۵۲۷	۴۰۱	۴۷۵	۴۱۳	۵۶۲	۵۰۰	۴۹۶	۵۸۱	۴۷۱	۵۱۹	۴۷۰	۴۸۴
میانگین فاصله (رفت و برگشت)	۴۳۷	۴۵۳	۵۶۴	۵۷۰	۵۲۵	۴۰۸	۵۲۷	۳۸۵	۴۵۸	۴۰۶	۵۴۰	۴۶۱	۴۹۶	۵۹۴	۴۱۸	۴۶۸	۴۶۴	۴۸۰

(ماخذ: محاسبات میدانی نویسندگان)

نتایج حاصل از محاسبه فاصله ایستگاه‌های اتوبوس محدوده شهرداری منطقه ۴ تبریز بیانگر این است که فاصله ایستگاه‌های این محدوده بین ۳۷۲ الی ۶۰۷ متر می‌باشد. میانگین فاصله ایستگاه‌های رفت ۴۷۷ متر و میانگین فاصله ایستگاه‌های برگشت ۴۸۴ متر می‌باشد. بیشترین فاصله به ترتیب مربوط خطوط آذربایجان، شهید قره باغی و انقلاب می‌باشد. هرچند فاصله ایستگاه‌های این منطقه نسبت به استاندارد تعریف شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برای مناطق شهری (۵۰۰ متر) متناسب می‌باشد اما نکته حائز اهمیت، جمعیت بالای این منطقه می‌باشد. با توجه به تراکم جمعیتی بالای این منطقه (۱۲۴۰۸نفر در کیلومتر مربع) فاصله ایستگاه‌های این محدوده نسبت به شاخصها و استانداردهای جهانی تعریف شده تفاوت داشته و جهت افزایش راندمان عملکرد سیستم اتوبوسرانی این محدوده نیاز به اصلاح و افزایش تعداد ایستگاه می‌باشد. لازم به ذکر است که در قسمتهایی از برخی خطوط اتوبوسرانی فاصله ایستگاه‌ها کمتر از ۳۰۰ متر می‌باشد که این مسئله باعث کاهش سرعت عملیاتی اتوبوسرانی می‌شود.

شعاع عملکردی ایستگاه‌ها

یکی از معیارهای مکانیابی مراکز خدماتی، رعایت شعاع عملکردی آنهاست. عدم رعایت این معیار باعث می‌شود که بخشهایی از شهر تحت پوشش این عملکرد قرار نگرفته و بالعکس مناطقی دارای پوشش مشترک شوند. به همین دلیل بخشهای فاقد پوشش نمی‌توانند به نحو احسن از خدمات کاربری سرویس دهنده بهره‌مند گردند. جهت جلوگیری از چنین معضلی رعایت شعاع عملکردی آنها ضروری می‌باشد.

شعاع عملکردی مفید ایستگاه‌های اتوبوس، متوسط مسافتی است که فرد حاضر است به صورت پیاده این مسافت را تا ایستگاه طی کند. ضرایب گوناگونی توسط متخصصان دسترسی در این خصوص پیشنهاد گردیده است. بطور مثال محدوده‌ای با شعاع ۳۰۰ متری از محور شبکه اتوبوسرانی یا مسافت ۵ دقیقه‌ای پیاده‌روی و یا ۱۰ دقیقه پیاده‌روی یا فاصله ۵۰۰ متری از ایستگاه‌ها ملاک تعیین دسترسی مستقیم افراد قرار گرفته است (رهنما و فرقانی، ۱۳۸۶: ۸۲). در محدوده مورد مطالعه این تحقیق با توجه به ترکیب جمعیت استفاده کننده از اتوبوس (کلیه گروههای سنی، کلیه مشاغل و غیره) شعاع مطلوب عملکردی ایستگاه‌ها ۳۰۰ متر در نظر گرفته شده و ملاک ارزیابی قرار گرفته است. برای بدست آوردن شعاع عملکردی ایستگاه‌های اتوبوس محدوده مورد مطالعه، با استفاده از روش تحلیل شبکه در محیط GIS، مسافت ۳۰۰ متر بر روی شبکه معابر برای ایستگاه‌های رفت و برگشت به تفکیک اعمال گردیده است. نتایج حاصل از ارزیابی شعاع عملکردی ایستگاه‌های رفت محدوده شهرداری منطقه ۴ بیانگر این است که بدون در نظر گرفتن قسمت‌های شمالی منطقه که عمدتا شامل باغات و اراضی کشاورزی می‌باشند ایستگاه‌های اتوبوس ۶۵/۱۸ درصد (۸۷۰ هکتار) از سطح محدوده را (با شعاع مطلوب

دسترسی ۳۰۰ متر) تحت پوشش خود قرار می‌دهند. نتایج حاصل از ارزیابی شعاع عملکردی ایستگاه‌های برگشت محدوده شهرداری منطقه ۴ نیز بیانگر این ست که بدون در نظر گرفتن قسمتهای شمالی منطقه ایستگاه های اتوبوس ۵۲/۱۲ درصد (۶۹۶ هکتار) از سطح محدوده را (با شعاع مطلوب دسترسی ۳۰۰ متر) تحت پوشش خود قرار می‌دهند.

فاصله از مراکز تولید و جذب سفر

برای اینکه جمعیت یک شهر بتوانند و تمایل داشته باشند تا از سیستم‌های حمل و نقل عمومی استفاده کنند بایستی ایستگاه‌های این سیستم‌ها مطلوبیت لازم را از جهت حداقل بودن فاصله بین نقطه شروع سفر تا ایستگاه داشته باشند. به عبارت دیگر، این فاصله که افراد بصورت پیاده طی می‌کنند از مقدار استاندارد خارج نباشد. سیستم اتوبوسرانی شهری نیز از این قاعده مستثنی نبوده و جهت افزایش دسترسی و همچنین ترغیب شهروندان به استفاده از این سیستم بایستی ایستگاه‌های اتوبوس مطلوبیت لازم را از بعد فاصله پیاده‌روی داشته باشند.

فاصله از مراکز تولید و جذب سفر از مهمترین معیارها در مکانیابی ایستگاه‌های اتوبوس از دیدگاه متخصصین ترافیک و شهرسازی می‌باشد. منظور از مراکز تولید و جذب سفر مراکزی هستند که رفت و آمد به آنها به دلایل مختلف زیاد است. از جمله این مراکز می‌توان به مراکز و مجموعه‌های تجاری، مراکز مسکونی، ادارات و مراکز دولتی، پارکها، مراکز پزشکی مانند ساختمان پزشکان و بیمارستانها، مراکز تفریحی، اماکن تاریخی و توریستی و ... اشاره کرد. فاصله ایستگاه‌های اتوبوس از مراکز فوق بایستی به گونه‌ای باشد تا افراد حداقل میزان پیاده‌روی از این مراکز تا ایستگاه‌ها را انجام دهند. در این پژوهش کاربریهای مسکونی، تجاری، اداری، بهداشتی درمانی، آموزشی، مذهبی و فرهنگی – تفریحی به عنوان مراکز عمده تولید و جذب سفر محدوده مورد مطالعه شناسائی و فاصله ایستگاه‌های اتوبوس از این مراکز به طور جداگانه مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا فواصل پیاده‌روی از مراکز تولید و جذب سفر بر اساس معیارهای موجود در این زمینه و با توجه به نظرات کارشناسان تقسیم‌بندی و ارزش‌گذاری شده سپس با استفاده از روش Network Analyze در نرم افزار Arc GIS فواصل پیاده‌روی از ایستگاه‌های اتوبوس تا این مراکز مورد ارزیابی قرار گرفت. بر طبق استاندارهای موجود و همچنین نظرات کارشناسان فاصله قابل قبول پیاده روی از ایستگاه‌های اتوبوس تا مراکز تولید و جذب سفر معمولا حداکثر تا ۳۰۰ متر می‌باشد.

فاصله از مراکز مسکونی

مراکز مسکونی از جمله مراکز تولید و جذب سفر محسوب می‌شوند. معمولاً نقطه شروع و مبدا بیشتر سفرهای شهری که با اهداف کاری، اداری، آموزشی، تفریحی و ... انجام می‌شود مراکز مسکونی می‌باشد و بعد از انجام کارهای روزمره با اهداف فوق عمده سفرهای شهری به مراکز مسکونی جذب می‌شوند. لذا نزدیکی به این مراکز به عنوان یکی از شاخصهای مهم دسترسی به ایستگاه‌های اتوبوس می‌باشد. با توجه به پراکندگی مراکز مسکونی در قالب کاربریهای مسکونی در سطح محدوده مورد مطالعه، شاخصی که برای هدف فوق در نظر گرفته و ملاک ارزیابی قرار دادیم دسترسی محلات مسکونی به ایستگاه‌های اتوبوس می‌باشد. بدین منظور که هر محله باید یک ایستگاه رفت و یک ایستگاه برگشت در فاصله‌ای که بصورت پیاده بتوان طی کرد داشته باشد. بر اساس استانداردهای تعریف شده این فاصله معمولا حداکثر تا ۳۰۰ متر می‌باشد. برای تهیه لایه نزدیکی به مراکز مسکونی ابتدا مرکز و نقطه ثقل محلات مسکونی محدوده مورد مطالعه با استفاده از ابزارData Management و عملگر Featyre To Point در محیط GIS شناسایی و تعیین گردید در ادامه بر اساس شاخصهای موجود در این زمینه و بر اساس نظرات کارشناسان، با استفاده از مدل تحلیل شبکه (Network analyst) لایه نزدیکی به مراکز مسکونی در پنج کلاس به شرح زیر آماده گردید: کلاس ۱ (۱۵۰ متری مرکز محله)، کلاس ۲ (۱۵۰ الی ۳۰۰ متری مرکز محله)، کلاس ۳ (۳۰۰ الی ۵۰۰ متری مرکز محله)، کلاس ۴ (۵۰۰ الی ۷۰۰ متری مرکز محله)، کلاس ۵ (بالای ۷۰۰ متری مرکز محله).

جدول(۲) ارزشگذاری بر اساس فاصله از مرکز محلات

کلاس	مطلوبیت	فاصله از مرکز محله	ارزش-گذاری	مساحت (هکتار)[۱]	درصد
۵	کاملا مطلوب	۱۵۰ متری مرکز محله	۹	۱۱۵/۰۹	۷/۸۲
۴	نسبتا مطلوب	۱۵۰ الی ۳۰۰ متری مرکز محله	۷	۳۸۱/۱۸	۲۵/۷۳
۳	متوسط	۳۰۰ الی ۵۰۰ متری مرکز محله	۵	۴۷۲/۰۴	۳۱/۸۵
۲	نسبتا مطلوب	۵۰۰ الی ۷۰۰ متری مرکز محله	۳	۲۸۲/۱۹	۱۷/۷
۱	کاملا مطلوب	بالای ۷۰۰ متری مرکز محله	۱	۲۵۰/۶۲	۱۶/۹

ماخذ: یافته های تحقیق

در ادامه جهت تحلیل و ارزیابی میزان دسترسی محلات مسکونی به ایستگاه‌های اتوبوس با استفاده از تابع New Closest Facility در مدل تحلیل شبکه، فاصله مرکز هر یک از محلات مسکونی تا نزدیکترین ایستگاه اتوبوس رفت و برگشت به طور جداگانه محاسبه گردید که در جدول ۳، این محاسبات آورده شده است. نتایج بیانگر این است که میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های رفت تا مرکز محلات ۳۳۲ متر و میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های برگشت ۳۴۰ متر می‌باشد. از میان محلات این محدوده دسترسی محلات یکه دکان، چوسدوزان ۲، امیرقیز، آخونی ۱، خیام، شام قازان، شهید بهشتی، عموزین الدین ۱ و قره آغاج ۱ به ایستگاه‌های اتوبوس نسبت به استانداردهای تعریف شده (فاصله پیاده روی ۳۰۰ متر) تفاوت زیادی دارد. در حالت کلی دسترسی محلات مسکونی منطقه ۴ تبریز نسبت به ایستگاه‌های اتوبوس نسبتاً مناسب می‌باشد.

جدول (۳) فاصله نزدیکترین ایستگاه اتوبوس تا مرکز محلات منطقه ٤

ردیف	نام محله	فاصله تا ایستگاه رفت (M)	فاصله تا ایستگاه برگشت (M)	ردیف	نام محله	فاصله تا ایستگاه رفت (M)	فاصله تا ایستگاه برگشت (M)
۱	امیره قیز	۴۲۱	۴۱۳	۲۰	شربت زاده۱	۳۸۳	۳۸۳
۲	اهراب	۳۷۹	۳۳۹	۲۱	شربت زاده۲	۳۲۸	۳۲۸
۳	آخونی۱	۴۱۸	۴۱۸	۲۲	شهرک چمران	۴۰۵	۲۴۹
۴	آخونی۲	۴۱۷	۳۷۷	۲۳	شهید بهشتی	۴۳۸	۴۳۸
۵	بهار	۲۴۵	۲۴۵	۲۴	عمو زین الدین۱	۴۱۵	۴۱۵
۶	جمشید آباد	۶۷	۲۹۹	۲۵	عمو زین الدین۲	۳۹۵	۳۸۰
۷	چوستدوزان۱	۴۹۷	۴۹۷	۲۶	عمو زین الدین۳	۴۵۴	۱۷۵
۸	چوستدوزان۲	۵۲۲	۵۵۲	۲۷	قره آغاج۱	۴۲۷	۴۲۷
۹	چوستدوزان۳	۳۷۵	۳۷۵	۲۸	قره آغاج۲	۳۳۱	۳۰۶
۱۰	حکم آباد۱	۱۷۵	۳۱۱	۲۹	کشتارگاه	۳۵۹	۳۳۶
۱۱	حکم آباد۲	۳۳۶	۳۷۹	۳۰	کوچه باغ۱	۱۵۹	۱۵۹
۱۲	خیام	۴۵۶	۴۸۶	۳۱	کوچه باغ۲	۲۸۴	۲۶۲
۱۳	شام قازان	۳۵۷	۵۳۷	۳۲	گجیل	۲۴۰	۲۶۱
۱۴	رضوانشهر۱	۱۹۹	۱۹۹	۳۳	ورزش	۳۷۷	۳۷۷
۱۵	رضوانشهر۲	۱۱۴	۱۱۴	۳۴	وزیر آباد	۳۰۰	۳۰۰
۱۶	رضوانشهر۳	۸۳	۸۳	۳۵	ویجویه۱	۱۸۹	۱۸۹
۱۷	رضوانشهر۴	۲۱۵	۳۰۸	۳۶	ویجویه۲	۲۵۷	۵۲۹
۱۸	رضوانشهر۵	۲۵۵	۲۵۵	۳۷	یکه دکان	۷۰۴	۶۲۲
۱۹	رضوانشهر۶	۳۳۵	۳۳۵	۳۸	شالچیلار	۲۶۶	۲۷۰

ماخذ: یافته های تحقیق

[۱] . در محاسبه پهنه های مکانیابی معابر محاسبه نگرده است.

فاصله از مراکز تجاری

یکی دیگر از شاخص‌های عمده اقتصادی هر شهری، بازارها و مراکز تجاری آن شهر می‌باشد. دسترسی به این مراکز، همگی با یک نوع شهرسازی قابل توجه به نام شهرسازی تجاری ارتباط می‌یابد (پورمحمدی، ۱۳۸۵: ۹۸). اکثر سفرهای درون‌شهری به علت وجود مراکز عمده تجاری و با هدف خرید از مراکز تجاری صورت می‌گیرد. بنابراین در مکانیابی ایستگاه‌های اتوبوس رعایت فاصله قابل قبول پیاده‌روی از ایستگاه‌ها تا این مراکز الزامی است. مراکز تجاری شامل بازار، پاساژها، مجموعه‌های تجاری مانند فروشگاههای رفاه و مغازه‌هایی که بصورت مراکز خرید روزانه، ناحیه‌ای و منطقه‌ای عمل می‌کنند می‌باشد. در این پژوهش فاصله ایستگاه‌های اتوبوس محدوده مطالعاتی تا مراکز تجاری عمده (مراکز تجاری با حوزه نفوذ ناحیه ای و منطقه ای) بر اساس حداکثر فاصله قابل قبول پیاده‌روی (۳۰۰ متر) مورد ارزیابی قرار گرفته است. این مراکز شامل بازارچه ها، پاساژها و فروشگاههای زنجیره‌ای می‌باشد. عمده فروشگاه‌ها و مراکز تجاری بزرگ منطقه ۴ تبریز در قسمت جنوبی منطقه متمرکز شده اند. جدول ۴، نتایج حاصل از ارزشگذاری فاصله ایستگاه‌های اتوبوس محدوده مطالعاتی را تا مراکز تجاری عمده نشان می‌دهد.

جدول(٤) ارزشگذاری بر اساس فاصله از مراکز تجاری

کلاس	مطلوبیت	فاصله از مراکز تجاری	ارزش‌گذاری	مساحت (هکتار)	درصد
۱	کاملا مطلوب	۱۵۰ متری مراکز تجاری	۹	۵۵/۴۷	۲/۶۲
۲	نسبتا مطلوب	۱۵۰ الی ۳۰۰ متری مراکز تجاری	۷	۱۵۹/۷۸	۷/۵۶
۳	بی‌تفاوت (متوسط)	۳۰۰ الی ۵۰۰ متری مراکز تجاری	۵	۳۱۷/۸۸	۱۵/۰۲
۴	نسبتا نامطلوب	۵۰۰ الی ۷۰۰ متری مراکز تجاری	۳	۳۷۰/۱۳	۱۷/۴۹
۵	کاملا نامطلوب	بالای ۷۰۰ متری مراکز تجاری	۱	۱۲۱۲/۸۵	۵۷/۳۱

ماخذ: یافته های تحقیق

در ادامه جهت تحلیل و ارزیابی میزان دسترسی مراکز تجاری محدوده مطالعاتی به ایستگاه‌های اتوبوس با استفاده از تابع New Closest Facility در مدل تحلیل شبکه، فاصله هر یک از مراکز تجاری تا نزدیکترین ایستگاه اتوبوس رفت و برگشت به طور جداگانه محاسبه گردید. نتایج بیانگر اینست که میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های رفت تا مراکز تجاری ۲۷۰ متر و میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های برگشت ۲۴۷ متر می‌باشد.

فاصله از مراکز اداری

یکی دیگر از عواملی که باعث افزایش سفر در مراکز شهری می‌شود، سفر به ادارات و ارگان‌های دولتی با هدف کار یا مراجعه به آن می‌باشد. تمامی سفرها به این مراکز در ساعات اداری صورت می‌گیرد. تقاضای زیاد سفر به مراکز اداری ایجاب می‌کند تا در مکانیابی ایستگاه‌های اتوبوس، رعایت فاصله قابل قبول پیاده‌روی از ایستگاه‌ها تا این مراکز لحاظ شود. در این قسمت پژوهش فاصله ایستگاه‌های اتوبوس محدوده مطالعاتی تا مراکز اداری بر اساس حداکثر فاصله قابل قبول پیاده‌روی (۳۰۰ متر) مورد ارزیابی قرار گرفته است. این مراکز شامل ادارات و سازمان‌های دولتی، شرکت‌های دولتی، موسسات و بانک‌ها می‌باشد. مراکز اداری منطقه ۴ تبریز با سرانه‌ای معادل ۱/۰۳ متر مربع، ۱/۳۵ درصد از سطح این محدوده را به خود اختصاص داده است. جدول۵ نیز نتایج حاصل از ارزش‌گذاری فاصله ایستگاه‌های اتوبوس محدوده مطالعاتی را تا این مراکز نشان می‌دهد.

جدول(۵) ارزشگذاری بر اساس فاصله از مراکز اداری

کلاس	مطلوبیت	فاصله از مراکز اداری	ارزش‌گذاری	مساحت (هکتار)	درصد
۱	کاملا مطلوب	۲۰۰ متری مراکز اداری	۹	۱۶۱/۵۳	۷/۶۳
۲	نسبتا مطلوب	۲۰۰ الی ۴۰۰ متری مراکز اداری	۷	۴۲۲/۸۱	۱۹/۹۸
۳	متوسط	۴۰۰ الی ۶۰۰ متری مراکز اداری	۵	۳۹۷/۹۱	۱۸/۸۰
۴	نسبتا نامطلوب	۶۰۰ الی ۸۰۰ متری مراکز اداری	۳	۲۸۳/۳۴	۳۹/۱۳
۵	کاملا نامطلوب	بالای ۸۰۰ متری مراکز اداری	۱	۸۵۰/۶۱	۴۰/۲۰

ماخذ: یافته های تحقیق

نتایج حاصل از محاسبه فاصله ایستگاه های اتوبوس تا مراکز اداری محدوده مطالعاتی با استفاده از تابع New Closest Facility در مدل تحلیل شبکه بیانگر این است که میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های رفت تا مراکز اداری ۱۹۸ متر و میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های برگشت ۲۰۸ متر می‌باشد.

فاصله از مراکز بهداشتی – درمانی

مراکز بهداشتی و درمانی از جمله مراکزی هستند که به طور مستقیم در تامین سلامت فرد و جامعه دخیل می‌باشند. دسترسی سریع و به موقع و همچنین ارزان به این مراکز در هر جامعه و بخصوص جوامع شهری خیلی مهم می‌باشد. یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر دسترسی این مراکز، وجود سیستم های حمل و نقل عمومی در فاصله قابل قبولی از این مراکز می‌باشد. بنابراین در مکانیابی ایستگاه‌های اتوبوس فاصله تا این مراکز باید مد نظر باشد. جهت بررسی و ارزیابی این معیار بر اساس حداکثر فاصله قابل قبول پیاده‌روی (۳۰۰ متر) فاصله ایستگاه‌های اتوبوس منطقه ۴ تبریز از مراکز بهداشتی – درمانی مورد ارزیابی قرار گرفته است. این مراکز شامل بیمارستانها، درمانگاها، آزمایشگاه‌ها و مراکز بهداشت می‌باشد. در این محدوده، مراکز بهداشتی درمانی به جز قسمتهای جنوبی منطقه در بقیه نواحی بصورت مشخص و بارز استقرار یافته‌اند و با سرانه‌ای معادل ۰/۲۷ متر مربع، ۰/۲۵ درصد از سطح این محدوده را به خود اختصاص داده است .

جدول(٦) ارزشگذاری بر اساس فاصله از مراکز بهداشتی-درمانی

کلاس	مطلوبیت	فاصله از مراکز بهداشتی-درمانی	ارزش‌گذاری	مساحت (هکتار)	درصد
۱	کاملا مطلوب	۱۵۰ متری مراکز بهداشتی-درمانی	۹	۵۵/۵۶	۲/۶۲
۲	نسبتا مطلوب	۱۵۰ الی ۳۰۰ متری مراکز بهداشتی-درمانی	۷	۱۹۷/۳۶	۹/۳۳
۳	بی‌تفاوت (متوسط)	۳۰۰ الی ۵۰۰ متری مراکز بهداشتی-درمانی	۵	۳۳۴/۹۶	۱۵/۸۳
۴	نسبتا نامطلوب	۵۰۰ الی ۷۰۰ متری مراکز بهداشتی-درمانی	۳	۲۴۶/۳۸	۱۱/۶۴
۵	کاملا نامطلوب	بالای ۷۰۰ متری مراکز بهداشتی-درمانی	۱	۱۲۸۱/۹۴	۶۰/۵۸

ماخذ: یافته های تحقیق

نتایج حاصل از محاسبه فاصله ایستگاه های اتوبوس تا مراکز بهداشتی- درمانی محدوده مطالعاتی با استفاده از مدل تحلیل شبکه در محیط GIS بیانگر این است که میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های رفت تا مراکز بهداشتی- درمانی ۱۶۲ متر و میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های برگشت ۱۶۴ متر می‌باشد.

فاصله از مراکز آموزشی

این مراکز شامل دانشگاه‌ها و مدارس می‌باشد که به عنوان یکی از مراکز جاذب سفر به شمار می‌آیند. سفر به این مراکز در ساعات باز شدن و تعطیلی مدارس و دانشگاه‌ها می‌باشد معمولا ساعت ۱۲ تا ۱۳ بعد از ظهر اوج سفر به این مراکز می‌باشد. مراکز آموزشی منطقه ۴ تبریز با سرانه‌ای معادل ۱/۳۹ متر مربع بعد از کاربری‌های مسکونی و تجاری بیشترین میزان سرانه این بخش از تبریز را به خود اختصاص داده است. در ادامه فاصله ایستگاه‌های اتوبوس محدوده مطالعاتی را نسبت به این مراکز بر اساس حداکثر فاصله قابل قبول پیاده‌روی (۳۰۰ متر) مورد ارزیابی قرار داده‌ایم. جدول ۷، نتایج حاصل از ارزشگذاری فاصله ایستگاه‌های اتوبوس محدوده مطالعاتی را تا این مراکز نشان می‌دهد.

جدول (۷) ارزشگذاری بر اساس فاصله از مراکز آموزشی

کلاس	مطلوبیت	فاصله از مراکز آموزشی	ارزش‌گذاری	مساحت (هکتار)	درصد
۱	کاملا مطلوب	۱۵۰ متری مراکز آموزشی	۹	۱۷۳/۶۴	۸/۲۱
۲	نسبتا مطلوب	۱۵۰ الی ۳۰۰ متری مراکز آموزشی	۷	۴۰۴/۹۱	۱۹/۱۳
۳	بی‌تفاوت (متوسط)	۳۰۰ الی ۵۰۰ متری مراکز آموزشی	۵	۴۳۴/۵۳	۲۰/۵۳
۴	نسبتا نامطلوب	۵۰۰ الی ۷۰۰ متری آموزشی	۳	۲۰۶/۳۰	۹/۷۵
۵	کاملا نامطلوب	بالای ۷۰۰ متری مراکز آموزشی	۱	۸۹۶/۸۲	۴۲/۳۸

ماخذ: یافته های تحقیق

نتایج حاصل از محاسبه فاصله ایستگاه های اتوبوس تا مراکز آموزشی محدوده مطالعاتی با استفاده از مدل تحلیل شبکه در محیط GIS بیانگر این است که میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های رفت تا مراکز آموزشی ۲۴۴ متر و میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های برگشت ۲۸۸ متر می‌باشد.

فاصله از مراکز فرهنگی – تفریحی

مراکز فرهنگی– تفریحی یکی دیگر از مراکز جاذب سفر می‌باشند. سفر به این مراکز در بعد از ظهرها و شب‌ها و مخصوصا در روزهای تعطیل بیشتر صورت می‌گیرد. در این قسمت تحقیق ارزیابی و مکانیابی ایستگاه‌های اتوبوس محدوده مورد مطالعه را نسبت به مراکز فرهنگی – تفریحی این محدوده که شامل سینماها، کتابخانه‌ها، پارک‌ها و .... می‌باشد، بر اساس حداکثر فاصله قابل قبول پیاده‌روی (۳۰۰ متر) مورد ارزیابی قرار گرفته است. در جدول ۸، نتایج حاصل از ارزشگذاری فاصله ایستگاه‌های اتوبوس محدوده مطالعاتی را تا مراکز فرهنگی – تفریحی نشان داده شده است.

جدول(۸) ارزشگذاری بر اساس فاصله از مراکز فرهنگی - تفریحی

کلاس	مطلوبیت	فاصله از مراکز فرهنگی - تفریحی	ارزش‌گذاری	مساحت (هکتار)	درصد
۱	کاملا مطلوب	۱۵۰ متری مراکز فرهنگی - تفریحی	۹	۴۲/۴۶	۲
۲	نسبتا مطلوب	۱۵۰ الی ۳۰۰ متری مراکز فرهنگی - تفریحی	۷	۱۴۴/۵۲	۶/۸۳
۳	بی‌تفاوت (متوسط)	۳۰۰ الی ۵۰۰ متری مراکز فرهنگی - تفریحی	۵	۲۸۱/۴۷	۱۳/۳۰
۴	نسبتا نامطلوب	۵۰۰ الی ۷۰۰ متری مراکز فرهنگی - تفریحی	۳	۳۵۱/۳۹	۱۶/۶۱
۵	کاملا نامطلوب	بالای ۷۰۰ متری مراکز فرهنگی - تفریحی	۱	۱۲۷۵/۲۰	۶۱/۲۶

ماخذ: یافته های تحقیق

نتایج حاصل از محاسبه فاصله ایستگاه های اتوبوس تا مراکز فرهنگی - تفریحی محدوده مطالعاتی با استفاده از مدل تحلیل شبکه در محیط GIS بیانگر این است که میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های رفت تا مراکز فرهنگی - تفریحی ۲۵۲ متر و میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های برگشت ۲۴۳ متر می‌باشد

فاصله از مراکز مذهبی

مراکز مذهبی یکی دیگر از مراکز جاذب سفر می‌باشند این مراکز شامل مساجد، حسینیه ها، امامزاده‌ها و غیره می‌باشد. مراکز مذهبی منطقه ۴ تبریز که عمدتا به صورت پراکنده در سطح محلات استقرار یافته اند سرانه‌ای معادل ۰/۱۲ متر مربع، ۰/۱۶ درصد از سطح منطقه چهار را به خود اختصاص داده است. در نقشه (۵–۱۰) بر اساس حداکثر فاصله قابل قبول پیاده‌روی (۳۰۰ متر) فاصله ایستگاه‌های اتوبوس این منطقه را تا این مراکز مورد ارزیابی قرار داده‌ایم. جدول ۹ نیز نتایج حاصل از این تحلیل را نشان می‌دهد.

جدول(۹) ارزشگذاری بر اساس فاصله از مراکز مذهبی

کلاس	مطلوبیت	فاصله از مراکز مذهبی	ارزش‌گذاری	مساحت (هکتار)	درصد
۱	کاملا مطلوب	۱۵۰ متری مراکز مذهبی	۹	۲۵۳/۶۸	۱۱/۹۹
۲	نسبتا مطلوب	۱۵۰ الی ۳۰۰ متری مراکز مذهبی	۷	۵۱۰/۹۰	۲۴/۱۴
۳	بی‌تفاوت (متوسط)	۳۰۰ الی ۵۰۰ متری مراکز مذهبی	۵	۳۷۸/۷۷	۱۷/۹
۴	نسبتا نامطلوب	۵۰۰ الی ۷۰۰ متری مراکز مذهبی	۳	۱۹۸/۱۷	۹/۳۶
۵	کاملا نامطلوب	بالای ۷۰۰ متری مراکز مذهبی	۱	۷۵۱/۵۳	۳۶/۶۱

ماخذ: یافته های تحقیق

نتایج حاصل از محاسبه فاصله ایستگاه های اتوبوس تا مراکز مذهبی محدوده مطالعاتی با استفاده از مدل تحلیل شبکه در محیط GIS بیانگر این است که میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های رفت تا مراکز مذهبی ۲۱۹ متر و میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های برگشت ۲۵۰ متر می‌باشد

تراکم جمعیت

جمعیت به عنوان یکی از پارامترهای موثر در مکانگزینی مراکز خدماتی می‌باشد. بین میزان جمعیت و میزان تقاضای هر نوع کالا و خدمات یک رابطه مستقیمی وجود دارد به عبارت دیگر با افزایش جمعیت، تقاضای مراکز خدماتی نیز افزایش می‌یابد. در مطالعات حمل و نقل شهری نیز این نکته حائز اهمیت است که با افزایش تراکم جمعیتی میزان سفرهای شهری نیز افزایش یافته و در نتیجه تقاضا برای خدمات حمل و نقل عمومی افزایش خواهد یافت. چنانچه در مباحث نظری نیز اشاره شد در نواحی با تراکم جمعیتی بالا جهت پوشش عملکردی مناسب و افزایش راندمان سیستم حمل و نقل عمومی فاصله ایستگاه‌ها نسبت به نواحی کم تراکم باید کمتر باشد. در این پژوهش بر اساس آخرین سرشماری نفوس و مسکن (آمار جمعیتی سال ۱۳۹۵)، تراکم جمعیتی محدوده شهرداری منطقه ۴، در ۵ کلاس ارزش‌گذاری شده است (ارزش ۹ به معنای بیشترین تراکم و ارزش ۱ به معنای کمترین تراکم می‌باشد). در جدول ۱۰ ارزشگذاری تراکم جمعیتی را آورده شده است.

جدول (۱۰) ارزشگذاری تراکم جمعیتی محدوده شهرداری منطقه ٤ تبریز

کلاس	مناسبت	تراکم نفر در هکتار	ارزش‌گذاری	مساحت (هکتار)	درصد
۱	کاملا مطلوب	۴۰۰ به بالا	۹	۶۳	۲/۴۶
۲	نسبتا مطلوب	۳۰۰ – ۴۰۰	۷	۷۰	۲/۷۷
۳	بی‌تفاوت (متوسط)	۲۰۰ – ۳۰۰	۵	۴۱۱	۱۶/۲۲
۴	نسبتا نامطلوب	۱۰۰ – ۲۰۰	۳	۸۶۳	۳۴/۰۵
۵	کاملا نامطلوب	۰ – ۱۰۰	۱	۱۱۲۸	۴۴/۵

ماخذ: یافته های تحقیق

فاصله از تقاطع

به طور کلی قرارگیری ایستگاه‌های اتوبوس در نزدیکی تقاطع ها باعث افزایش دسترسی کاربران می‌گردد. اما باید به این نکته هم توجه داشت که چنانچه ایستگاه در ابتدای بازوهای یک تقاطع اصلی قرار گیرد، موجب اختلال در حرکت وسیله نقلیه می‌شود. بنابراین ایستگاه‌های اتوبوس باید طوری مکانیابی شوند که علاوه بر حداکثر نمودن دسترسی کاربران سیستم، کمترین تأثیر و اختلال را بر تردد سایر وسایل نقلیه داشته باشند. معیاری که برای این منظور تعریف شده فاصله ۷۵ متری از تقاطع می‌باشد (معاونت عمرانی دفتر حمل و نقل و دبیرخانه شورایعالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور، ۱۳۸۶: ۵). بنابراین ایستگاه‌های اتوبوس نباید در محدوده ۷۵ متری از تقاطع قرار گیرند. جهت ارزیابی فاصله ایستگاه‌ها از تقاطع‌های اصلی محدود مورد مطالعه با استفاده از تابع Buffer در محیط GIS نقشه فاصله از تقاطع به شرح جدول ۱۲ در ۵ کلاس تهیه و ارزشگذاری گردید.

جدول(۱۱) تقاطع‌های اصلی در منطقه ٤ تبریز

– تقاطع ستارخان – شهید قره باغی	– چهار راه نادر	– میدان شهاب
– تقاطع ستارخان – پاسداران	– تقاطع آذربایجان – حجتی	– تقاطع ۲۲ بهمن – قطران
– تقاطع پاسداران – انقلاب	– تقاطع آذربایجان – بهار	– تقاطع دامپزشکی – ۲۲ بهمن
– تقاطع منجم – قدس	– تقاطع آذربایجان – قدس	– تقاطع دامپزشکی – اره گر
– تقاطع منجم – بهار	– میدان جهاد	– چهار راه فجر
– تقاطع منجم – حجتی	– تقاطع فلسطین – چایکنار	– تقاطع آذربایجان – کوچه باغ
– تقاطع فلسطین – شمس تبریزی	– تقاطع منجم – حجتی	– چهار راه گجیل
– تقاطع قطران – قدس	– تقاطع قطران – بهار	– تقاطع قطران حجتی
– تقاطع دامپزشکی – ورزش	– تقاطع خیام – قطران	– تقاطع شریعتی –۱۷ شهریور

جدول(۱۲) ارزشگذاری بر اساس فاصله از تقاطع

کلاس	مطلوبیت	فاصله از تقاطع اصلی	ارزش‌گذاری	مساحت (هکتار)	درصد
۱	کاملا مطلوب	۴۰۰ به بالا	۹	۱۴۶۶/۵۹	۷۰/۴۰
۲	نسبتا مطلوب	۳۰۰ – ۴۰۰	۷	۲۲۶/۳۶	۱۰/۷۰
۳	متوسط	۲۰۰ – ۳۰۰	۵	۲۰۵/۴۶	۹/۷۱
۴	نسبتا نا مطلوب	۱۰۰ – ۲۰۰	۳	۱۵۳/۲۹	۷/۲۴
۵	کاملا نا مطلوب	۰ – ۱۰۰	۱	۴۱/۳۵	۱/۹۵

ماخذ: یافته های تحقیق

نتایج حاصل از ارزیابی معیار فاصله ایستگاه‌ها از تقاطع اصلی بیانگر این هست که از بین ایستگاه‌های رفت محدوده مورد مطالعه ۹ ایستگاه و از بین ایستگاه‌های برگشت ۷ ایستگاه در فاصله کمتر از ۷۵ متری از تقاطعهای اصلی قرار دارند.

سلسله مراتب و عملکرد معابر

شبکه معابر از جمله معیارهای ترافیکی در ارزیابی و مکانیابی ایستگاه‌های اتوبوس محسوب می‌شوند. در مکانیابی ایستگاه‌های اتوبوس باید به این نکته توجه شود که بدلیل عدم ایجاد مزاحمت برای جریان ترافیکی و همچنین مسائل ایمنی، ایستگاه‌ها نباید در بزرگراه‌ها و معابر محلی تاسیس شوند. جهت تهیه این لایه، معابر محدوده مورد مطالعه بر حسب عرض و عملکردشان به ۵ گروه شریانی درجه ۱، شریانی درجه ۲، جمع و پخش کننده اصلی، جمع و پخش کننده فرعی و معابر محلی تقسیم شده و قطعات مجاور این معابر نیز در ۵ کلاس، ارزشگذاری شد. (جدول ۱۳).

جدول(۱۳) ارزشگذاری بر اساس سلسله مراتب عملکردی معابر

کلاس	مطلوبیت	سلسله مراتب معابر	ارزش‌گذاری	مساحت (هکتار)	درصد
۵	کاملا مطلوب	شریانی درجه ۱	۹	۱۷۴/۱۱	۸/۲۳
۴	نسبتا مطلوب	شریانی درجه ۲	۷	۲۰۶/۲۵	۹/۷۵
۳	بی‌تفاوت (متوسط)	جمع و پخش کننده اصلی	۵	۱۶۶/۳۰	۷/۸۶
۲	نسبتا نا مطلوب	جمع و پخش کننده فرعی	۳	۲۲/۸۴	۱/۰۷
۱	کاملا نا مطلوب	معابر محلی – بزرگراه	۱	۱۵۴۰/۰۷	۷۳/۰۹

ماخذ: یافته های تحقیق

شعاع عملکردی ایستگاه‌های برگشت

شعاع عملکردی ایستگاه‌های رفت

فاصله از مراکز تجاری

فاصله از مراکز مسکونی

فاصله از مراکز بهداشتی – درمانی

فاصله از مراکز اداری

شک(٤) نقشه‌های رستری شاخص‌های ارزیابی توزیع ایستگاه‌های اتوبوس درمنطقه ٤ تبریز

(ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۲)

بعد از تهیه لایه‌های مورد نیاز، جهت وزن‌دهی با شاخص‌ها از مدل تحلیل سلسه مراتبی (AHP) استفاده

شده است. بر اساس نظرات کارشناسان ،محاسبه وزن معیارها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بصورت زیر می‌باشد:

جدول(۱٤) نتایج وزن‌دهی به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

معیار	تراکم جمعیت	فاصله از مراکز مسکونی	فاصله از مراکز تجاری	فاصله از مراکز آموزشی	فاصله از مراکز بهداشتی درمانی	فاصله از مراکز اداری	فاصله از مراکز فرهنگی تفریحی	فاصله از مراکز مذهبی	عملکرد معابر	فاصله از تقاطع
وزن	۰/۲۳۴	۰/۱۶۳	۰/۱۰۰	۰/۱۲۲	۰/۰۹۳	۰/۰۵۹	۰/۰۴۶	۰/۰۴۰	۰/۰۸۷	۰/۰۵۶

ماخذ: یافته های تحقیق بر اساس قضاوت‌های کارشناسان با استفاده از مدل AHP

مکانیزمی که ساعتی (Saate, 1988) برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته است، محاسبه ضریبی به نام ضریب سازگاری (CR) است چنانچه این ضریب کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد سازگاری در قضاوتها مورد قبول است و گرنه باید در قضاوتها تجدید نظر شود (زبردست، ۱۳۸۰: ۱۹). در این تحقیق ضریب سازگاری برابر ۰/۰۴ بدست آمده است بنابراین سازگاری قضاوتها مورد قبول می‌باشد.

تلفیق لایه‌های مکانیابی

بعد از آماده کردن لایه‌های مکانیابی با استفاده از GIS و همچنین وزندهی به لایه‌ها با استفاده از مدل AHP، اکنون جهت بدست آوردن نقشه نهایی مکانیابی ایستگاه‌های اتوبوس باید این لایه‌ها را با یکدیگر تلفیق نمود. در این پژوهش ۱۰ لایه فاصله از مراکز مسکونی تجاری، اداری، آموزشی، بهداشتی – درمانی، فرهنگی – تفریحی، مذهبی، تراکم جمعیت، فاصله از تقاطع اصلی و عملکرد معابر بر حسب وزنهایشان با استفاده از روش شاخص همپوشانی در محیط GIS با یکدیگر تلفیق شده که در نقشه (۵-۱۴) مدل نهایی حاصل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نشان داده شده است. این نقشه الگویی مناسب و ملاک ارزیابی توزیع و مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس شهری محدوده شهرداری منطقه ۴ شهر تبریز می‌باشد.

شکل(۵) پهنه‌بندی نهایی ارزیابی توزیع ایستگاه‌های اتوبوس در منطقه ٤ کلانشهر تبریز

(ماخذ: نگارندگان)

در جدول ذیل نتایج ارزیابی میزان مطلوبیت توزیع فضایی و مکانیابی ایستگاه‌های رفت و برگشت بر اساس نقشه حاصله از مدل AHP آورده شده است. مبنای ارزیابی موقعیت هر یک از ایستگاه‌ها نسبت به پهنه‌های مکانیابی می‌باشد.

جدول(۱۵) نتایج ارزیابی ارزیابی توزیع فضایی ایستگاه‌های رفت و برگشت محدوده شهرداری منطقه ٤

مطلوبیت	پهنه‌های مکانیابی		مطلوبیت مکانیابی ایستگاه‌های رفت		مطلوبیت مکانیابی ایستگاه‌های برگشت	
	مساحت (هکتار)	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
کاملا مطلوب	۱۰۹/۷۲	۴/۸۱	۲۶	۲۱/۱۴	۲۹	۲۵/۲۲
نسبتا مطلوب	۵۰۴/۹۲	۲۲/۱۶	۶۱	۴۹/۶۰	۵۸	۵۰/۴۳
متوسط	۴۷۱/۶۵	۲۰/۷۰	۲۴	۱۹/۵۱	۱۹	۱۶/۵۲
نسبتا نا مطلوب	۱۳۵/۲۴	۵/۹۴	۷	۵/۶۹	۵	۴/۳۵
کاملا نا مطلوب	۱۰۵۷/۰۱	۴۶/۳۹	۵	۴/۰۶	۴	۳/۴۸
جمع	۲۲۸۶/۵۴	۱۰۰	۱۲۳	۱۰۰	۱۱۵	۱۰۰

ماخذ: یافته های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از آنجا که عمده ترین قسمت سیستم حمل و نقل عمومی در کشورهای در حال توسعه را شبکه اتوبوسرانی شهری تشکیل می‌دهد، طراحی بهینه شبکه اتوبوسرانی با هدف بهبود وضعیت حمل و نقل عمومی از اهمیت فراوانی برخوردار بوده و لازم است ایستگاه ها در محل هایی تعبیه شوند که باعث افزایش این سیستم در مناطق مختلف شهر شود. لذا بسیار ضروری است که ایستگاههای اتوبوس با توجه به در نظر گرفتن عوامل موثر از جمله تقاضای نقاط جمعیتی، دسترسی به تسهیلات شهری و غیره، به گونه‌ای در سطح معابر شهری توزیع شوند که سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی توانایی پاسخ به تقاضاهای موجود را داشته باشد. در همین ارتباط و در در راستای هدف اصلی پژوهش توزیع فضائی ایستگاه‌های اتوبوس محدوده شهرداری منطقه ۴ شهر تبریز مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی فاصله مناسب ایستگاه‌ها از یکدیگر نشان داد که میانگین فاصله ایستگاه‌های رفت ۴۷۷ متر و میانگین فاصله ایستگاه-های برگشت ۴۸۴ متر می‌باشد. با توجه به تراکم جمعیت بالای این منطقه فاصله ایستگاه‌های این محدوه نسبت به استانداردهای جهانی تعریف شده که معمولاً ۳۰۰ متر می‌باشد مناسب نبوده و این مسئله باعث افزایش مدت زمان انتظار مسافر در ایستگاه‌ها می‌باشد. فاصله کم ایستگاه‌ها نیز در قسمتهایی از برخی خطوط نیز باعث کاهش سرعت عملیاتی اتوبوسرانی می‌شود. لذا این فواصل باید اصلاح و تعدیل گردد. نتایج حاصل از بررسی معیار شعاع عملکردی بیانگر عدم پوشش تمامی فضای محدوده مطالعاتی توسط ایستگاه‌های اتوبوس موجود می‌باشد. با اعمال شعاع مطلوب دسترسی ۳۰۰ متر، ایستگاه‌های رفت ۶۵/۱۸ درصد (۸۷۰ هکتار) و ایستگاه‌های برگشت ۵۲/۱۲ درصد (۶۹۶ هکتار) از سطح محدوده را تحت پوشش خود قرار می‌دهند. نتایج حاصل از تحلیل و ارزیابی میزان دسترسی محلات مسکونی به ایستگاه‌های اتوبوس نشان داد از میان محلات محدوه شهرداری منطقه ۴ تبریز دسترسی محلات یکه دکان، چوسدوزان ۲، امیرقیز، آخونی ۱، خیام، دامپزشکی، شهید بهشتی، عموزین الدین ۱ و قره آغاج ۱ به ایستگاه‌های اتوبوس مطلوب نیست. در حالت کلی ارزیابی میزان دسترسی به ایستگاه‌های اتوبوس که براساس زیر معیارهای فاصله از مراکز تولید و جذب سفر و با استفاده از مدل AHP حاصل گردید نشان داد که نزدیک به ۷۰ درصد ایستگاه‌های اتوبوس این محدوده در شرایط مطلوب دسترسی قرار دارند. ارزیابی فاصله ایستگاه‌های اتوبوس تا مراکز تولید و جذب سفر با استفاده از الگوریتم نزدیکترین مسیر در محیط GIS نیز شرایط مطلوبی را نسبت به این شاخص نشان می‌دهد. بطوریکه میانگین فاصله نزدیکترین ایستگاه‌های اتوبوس تا این مراکز نزدیک به ۳۰۰ متر می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی نهایی مکانیابی ایستگاه‌های اتوبوس شهری منطقه ۴ شهر تبریز که بر اساس معیارهای انتخابی و بر مبنای قضاوت کارشناسان با استفاده از مدل AHP صورت گرفت نشان داد که مکانیابی ۷۰/۷۴ درصد از ایستگاه‌های رفت و ۷۵/۶۳ درصد از ایستگاه-های برگشت در شرایط کاملاً مطلوب و نسبتاً مطلوب می‌باشد. در حالت کلی در خصوص الگوی توزیع ایستگاه‌های اتوبوس منطقه ۴ تبریز می‌توان گفت ایستگاه‌های اتوبوس این محدوده را با شعاع مطلوب دسترسی بصورت کامل پوشش نمی‌دهند و فاصله استاندارد آنها نیز از همدیگر نیز رعایت نشده است. اما نقشه نهایی حاصل از مدل AHP بیانگر این هست ایستگاه‌های این محدوده در شرایطی مطلوب استقرار یافته اند. در ادامه پیشنهادت کاربردی در راستای ارتقای سیتم حمل و نقل عمومی اتوبوس در محدوده مورد مطالعه ارائه می‌گردد:

- در محدوده مورد مطالعه این تحقیق تنها یک خط بصورت BRT قسمتهایی از این محدوده را پوشش می دهد. با توجه تراکم جمعیتی بالای این منطقه پیشنهاد می‌گردد در سایر نواحی و مسیرهای این محدوده نیز از سیستمهای حمل و نقل انبوه بر BRT استفاده گردد.
- شبکه خطوط اتوبوسرانی منطقه ۴ شهر تبریز به تبعیت از شبکه اتوبوسرانی شهر تبریز به صورت شعاعی و توسعه یافته به طرف مرکز شهر است. از عمده عیوب این شبکه می‌توان به عدم پوشش سرویس دهی به تمام قسمتهای شهر، افزایش زمان انتظار، طولانی بودن فاصله دسترسی بخشی از شهروندان به ایستگاه‌های خطوط و تراکم و ترافیک زیاد در مرکز شهر اشاره نمود. پیشنهاد می‌گردد در پژوهش و مطالعاتی الگوی خطوط اتوبوسرانی شهر تبریز مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته و الگوهای مناسب مورد مطالعه و جایگزین گردد.

منابع

- احمدی، محمد، آرام، علی.(۱۴۰۱). مبانی و معیارهای شبکه پایانه‌های مسافربری حمل و نقل مسافران دورن شهری، نشریه علوم زیستی و دانش جغرافیا، شماره ۷ ، صص ۲۰-۱.
- آذر، علی؛ حسین زاده دلیر، کریم. (۱۳۸۷). سامان‌دهی و بهسازی محلّات سنتی با استفاده از رویکرد شهرسازی جدید، نمونه‌ی موردی محلّه‌ی سرخاب تبریز، *نشریه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، دوره ۶، شماره ۱۱، صص ۱۱۷-۱۴۶.
- آزاده، سید رضا؛ علوی زاده شالکوهی، فاطمه، (۱۳۹۹)، سنجش کیفیت ارائه خدمات در سامانه اتوبوسهای تندرو از دیدگاه شهروندان (مطالعه موردی :شهر رشت)، *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال بیستم شماره ۵۷، صص ۹۰-۶۷.
- بهادر، محسن؛ بهوندی، سارا . (۱۴۰۰). ارزیابی میزان تحقق عدالت فضایی و توزیع خدمات شهری در سطح منطقه ۴ ، *فصلنامه چشم‌انداز شهرهای آینده*، دوره ۲، شماره ۴، صص ۶۲-۴۱.
- پاکزاد، جهانشاه.(۱۳۸۶). سیر اندیشه‌ها در شهرسازی، *از کمیت تا کیفیت*، چاپ اول، تهران، انتشارات شرکت عمران شهرهای جدید.
- ساسان‌پور، فرزانه؛ موحد، علی؛ لطفی، امید .(۱۳۹۶). تحلیل قابلیت زیست‌پذیری در مناطق کلانشهر اهواز، *نشریه مطالعات نواحی شهری*، سال ۴، شماره ۱۰، صص ۴۴-۲۳.
- سالنامه آماری شهر تبریز .(۱۳۹۹). معاونت برنامه ریزی شهری کلانشهر تبریز.
- سلطانی علی، ۱۳۹۴. (۱۳۹۴). ارزیابی تطبیقی عملکرد ویژه خطوط اتوبوسرانی از نگاه مسافرین (مطالعه موردی محمور نمازی – زند شیراز)، *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، سال ۲۷ ، پیاپی ،۵۷ شماره ۱ ، صص ۵۲-۳۵.
- محبی، فاطمه؛ رفیعان، محسن .(۱۴۰۱). آینده‌نگاری یکپارچگی منطقه‌ای با رویکرد سناریونویسی در حمل‌ونقل نمونه موردی: (فارس – اصفهان) ، *فصلنامه چشم‌انداز شهرهای آینده*، دوره ۳، شماره ۳، شماره پیاپی ۱۱، صص ۱۲۰-۹۷.
- محمدی و شتاب بوشهری(۱۳۹۳) ، طراحی مسیرهای بلند در شبکه اتوبوسرانی ، *پژوهشنامه حمل و نقل*، دوره ۱۱ شماره ۱.
- مهندسین مشاور اندیشکار، (۱۳۸۴)، مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تبریز (گزارشهای اتوبوسرانی، تاکسی رانی، پارکینگ و مطالعات مبدا – مقصد)
- وارثی، حمید رضا؛ شیران، غلامرضا؛ عزیزی حسنوند، حدیث .(۱۳۹۴) . مکانیابی ایستگاههای اتوبوس با مدل ANP و منطق فازی در GIS (نمونه موردی : شهر خرم اباد)، *نشریه پژوهش و برنامه ریزی شهری، دانشگاه ازاد اسلامی مرودشت*، دوره ۶، شماره ۲۳، صص ۷۶-۵۵.

- Bogart, D. (2013b). The transportation revolution in industrializing Britain: A survey. *University of California-Irvine, Department of Economics*. *ideas.repec.org*. https://ideas.repec.org/p/irv/wpaper/121306.html.
- Das, Deepjyoti . (2022). Role of non-motorized transportation and buses in meeting climate targets of urban regions, Sustainable Cities and Society, vol 86, https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104116.
- Freitas, Andr´e Luís Policani .(2023). An analysis of gender differences and perception of influential criteria forthe quality of urban bus transportation: Evidence from Brazil, Journal of Public Transportation,vol 25, 1-22.
- Jin, J., & Rafferty, P. (2018). Externalities of auto traffic congestion growth: Evidence from the residential property values in the US Great Lakes megaregion. *Journal of Transport Geography*, *70*, 131–140. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.05.02.
- Li, Xinguang . (2023). Comprehensive evaluation model of the urban low-carbon passenger transportation structure based on DPSIR, Ecological Indicators, vol 146, 1-14.
- Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation.Pittsburgh: RWS Publications
- Roman, M., & Roman, M, (2014), Bicycle Transport as on Opportunity to Develop Urban Toursim warsaw example, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 151, 295-301
- Vukan R. Vuchic.(2005). Urbantransit: operation, planning and economic, wiley publisher ,United States.