

Evaluation of the spatial distribution pattern of bus stops in Mashhad city

Shalaleh Ghahri^{1*}, Mohammad Hasan Yazdani², Hamed Jafaryan Somaarin³

1. PhD Student in Geography and Urban Planning, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. Professor of Department of Geography and Urban Planning, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil Iran.

3. PhD Candidate in Architecture, Faculty of Architecture, Islamic Azad University, Kish International Branch, Kish, Iran

Received Date: 25 January 2025 Accepted Date: 18 May 2025

Abstract

Background and Objective: Paying attention to public transportation is one of the most important issues in sustainable development. Access to bus stops is one of the implementation of a successful transportation system. Considering that the city of Mashhad has religious tourism, many pilgrims from all over the world travel to this city every year. Therefore, the purpose of the research is to evaluate the spatial distribution pattern of bus stops in the city of Mashhad.

Methodology: The present study is applied in nature and descriptive-analytic in method. GIS software (nearest neighbor average, low and high clustering, Moran's spatial autocorrelation, network analysis) has been used to analyze the data and research findings..

Findings and Results: The results of the research findings showed that the average ratio of the nearest neighbor indicates a clustering state and the value of G is equal to zero, therefore suggesting a high clustering pattern. Given that the value of the Moran index is 0.65 and the z-score is high and the P-value is small, the data has spatial autocorrelation. Finally, the output from the network analysis and service access showed that in most cases, bus stops in the city of Mashhad are located at a distance of 400 meters and are located at a standard distance in terms of user location (in the administrative-commercial area and the urban core).

Keywords: Spatial distribution, bus stations, network analysis, Mashhad city.

* Corresponding Author Email: arch.ghahri@yahoo.com

Cite this article: Ghahri, S. , Yazdani, M. H. and Jafariyan, H. (2026). Evaluation of the spatial distribution pattern of bus stops in Mashhad city. Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 6(4), 222-235.



شاپا: ۰۷۶۴-۲۷۸۳

دوره ۶، شماره ۴، شماره پیاپی ۲۲، زمستان ۱۴۰۴

Journal Homepage <https://www.srds.ir/>
<https://www.srds.ir/article/221214.html?lang=fa>

ارزیابی الگوی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس در شهر مشهد

شلاله قهری^{۱*} محمد حسن یزدانی^۲، حامد جعفریان ثمرین^۳

۱. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳. دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، واحد بین‌المللی کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، کیش، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۸

چکیده

مقدمه و هدف: توجه به حمل و نقل عمومی یکی از مهم‌ترین مسئله در توسعه پایدار است. دسترسی به ایستگاه اتوبوس یکی از اجرای یک سیستم حمل و نقل موفق است. با عنایت به اینکه شهر مشهد دارای گردشگری مذهبی می‌باشد که سالیانه زائران زیادی از تمام نقاط جهان به این شهر سفر می‌کنند. از این رو هدف پژوهش ارزیابی الگوی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس در شهر مشهد می‌باشد.

روش‌شناسی: پژوهش حاضر از نظر ماهیت کاربردی و از نظر روش توصیفی، تحلیلی است. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌های تحقیق از نرم افزار GIS (میانگین نزدیکترین همسایگی، خوشه‌بندی کم و زیاد، خود همبستگی فضایی شاخص موران، تحلیل شبکه) بهره برده شده است.

یافته‌ها و نتایج: نتایج حاصل از یافته‌های پژوهش نشان داد نسبت میانگین نزدیک‌ترین همسایگی بیانگر حالت خوشه‌ای و مقدار G برابر با صفر بوده لذا مطرح کننده الگوی خوشه‌بندی زیاد می‌باشد. با توجه به اینکه مقدار شاخص موران ۰٫۶۵ و امتیاز Z بالاست و P-value کوچک می‌باشد از این رو داده‌ها دارای خود همبستگی فضایی می‌باشد. نهایتاً خروجی حاصل از تحلیل شبکه و دسترسی خدمات نشان داد در اغلب موارد ایستگاه‌های اتوبوس در شهر مشهد با فاصله ۴۰۰ متری قرار دارند از لحاظ موقعیت کاربری (در محدوده اداری-تجاری و هسته شهری) که دارای فاصله استاندارد هستند استقرار یافته‌اند.

کلید واژه‌ها: توزیع فضایی، ایستگاه‌های اتوبوس، تحلیل شبکه، شهر مشهد.

* نویسنده مسئول : arch.ghahri@yahoo.com

ارجاع به این مقاله: قهری، شلاله، یزدانی، محمدحسن و جعفریان، حامد. (۱۴۰۴). ۱۵. ارزیابی الگوی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس در شهر مشهد. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۶(۴)، ۲۲۲-۲۳۵.

مقدمه و بیان مسأله

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 تأثیرات عمده‌ای بر روی الگوهای رفتاری - زندگی ساکنان 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. بهینه سازی ساختار حمل و نقل مسافر شهری یک راه موثر برای ترویج توسعه شهرهای بدون کربن است (Li, 2023:1).

طی دهه‌های اخیر، گسترش روزافزون شهرها و افزایش جمعیت شهری موجب افزایش تقاضا برای حمل و نقل درون شهری و استفاده از خدمات شهری شده است. این مسئله باعث توجه ویژه‌ی برنامه‌ریزان حمل و نقل و ترافیک به طراحی، ایجاد و گسترش حمل و نقل همگانی در انواع مختلف سیستم‌های حمل و نقل شده است. گسترش حمل و نقل همگانی با کارایی زیاد و سرویس‌دهی مناسب، با در نظر گرفتن معیارهای اقتصادی و محیط زیستی، نه تنها از مشکلات ترافیکی می‌کاهد، بلکه گامی به‌سوی توسعه پایدار و بهبود محیط شهری خواهد بود. برای این منظور طراحی شبکه و یافتن مسیرهای بهینه حمل و نقل همگانی امری ضروری به نظر می‌رسد (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲). 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).

حمل و نقل درون شهری، یکی از عناصر اصلی و مهم سیستم شهری است که زمینه تحرک پویایی شهر را فراهم کرده و دسترسی مردم و شهروندان را به نقاط مختلف شهر ممکن می‌سازد. در این بین، افزایش سریع تعداد وسایل حمل و نقل موتوری به ویژه اتومبیل و استفاده زیاد از آن در شهرهای کشور، به خصوص کلانشهرها، همراه با رشد جمعیت همراه بوده است (ملاشاهی و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۸). توسعه‌ی روزافزون شهرنشینی جابه‌جایی انسان و کالا را به صورت مسئله‌ای درآورده که پیچیدگی آن دائم در حال افزایش است. رشد شهری باعث افزایش تقاضای سفر بر روی تسهیلات ناکافی موجود حمل و نقل شهری شده است و به دنبال آن شهرهای بزرگ دست به گریبان مشکلات زیادی در زمینه‌های تراکم ترافیکی، آلودگی هوا، اتلاف وقت‌های طولانی در مسیرهای سفر روزانه افراد، افزایش مصرف سوخت و استهلاک وسایل نقلیه و غیره هستند (خاکپور و فاریابی، ۱۳۹۱: ۷۷).

سیستم حمل و نقل شهری از متغیرهای اصلی پارادایم شکوفایی شهری است. در زندگی شهری معاصر، شبکه‌های حمل و نقل 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 تأثیر دارد. 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 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 تأثیر زیاد در جابجایی انبوه مسافران شهری علی‌الخصوص در کلانشهرها 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 (جلیوند و آذر، ۱۴۰۲: ۸۸).

توجه به حمل و نقل عمومی یکی از مهم‌ترین مسئله در توسعه پایدار است، علاوه بر توسعه پایدار شهر مشهد دارای گردشگری مذهبی می‌باشد که سالیانه زائران زیادی از تمام نقاط جهان به این شهر سفر می‌کنند. سابقه بکارگیری اتوبوس در امر حمل و نقل درون شهری مشهد به سال ۱۳۱۸ شمسی بر می‌گردد که بخش خصوصی با استفاده از ۲ دستگاه اتوبوس در مسیر حرم مطهر و خیابان ارگ (امام خمینی فعلی) سرویس‌دهی انجام می‌داد. پس از گذشت ۲۶ سال در سال ۱۳۴۴ شرکت واحد اتوبوسرانی با بکارگیری ۱۳ دستگاه اتوبوس تاسیس و در تاریخ ۱۳۵۳/۰۷/۲۷ با نام سازمان اتوبوسرانی شهرداری مشهد ثبت گردید. در حال حاضر سازمان اتوبوسرانی با بهره‌گیری از حدود ۱۷۲۰ دستگاه انواع ناوگان و دارای ۲۸۲۹ ایستگاه اتوبوس

در ۱۶۷ خط خصوصی و سازمانی به زائرین و مجاورین بارگاه ملکوتی امام هشتم (ع) و مردم خدمت‌رسانی می‌نماید. از این هدف پژوهش حاضر بررسی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس در شهر مشهد می‌باشد.

مبانی نظری پژوهش

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 و نقل 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. ورودی‌های 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 خروجی‌های سیستم در برگیرنده خدمات ارائه شده، اطلاعات کمیت و کیفیت جابجایی مسافر، هزینه‌های صرفه جویی شده، هزینه بهره برداری و تعمیر و نگهداری و... می‌باشد (احمدی و آرام، ۱۴۰۱: ۵؛ Freitas, 2023: 1). سامانه حمل و نقل عمومی به سامانه‌ای اطلاق می‌شود که برای عموم جامعه، به صورت انبوه یا گروهی و حتی انفراد، از سوی دولت‌های محلی، شرکت‌های خصوصی یا سرمایه فردی، طراحی و به کار گرفته می‌شود (موسوی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۶۱). حمل و نقل عمومی شهری باعث تحرک مردم در شهرها و در بسیاری موارد در مناطق حومه‌ای نیز می‌شود (Teodorovic & Janic, 2016: 390).

حمل و نقل عمومی در سال ۲۰۱۵، تعداد ۱۰،۵۹ میلیارد مسافر تفکیک شده را در اختیار داشت که تعداد مسافران در سال ۲۰۱۴ که بالغ بر ۱۰،۷۵ میلیارد بود، ۱،۴ درصد از میزان اخیر خود بیشتر است. در این بین تعداد مسافران اتوبوس نیز از ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۵ به میزان ۱،۴ درصد و از سال ۲۰۰۰ به بعد به میزان ۸ درصد کاهش پیدا کرده است. با این وجود، از اوایل دهه ۱۹۷۰ حمل و نقل عمومی نشان دهنده رشد طولانی مدت در میزان مسافران است که ۴۴ درصد بیشتر از تعداد مسافران در سال ۲۰۱۵ است. روند رو به رشد حمل و نقل عمومی همچنان بالاتر از رشد جمعیت است (۳۱ درصد در برابر ۲۰ درصد) (Hughes–Cromwick, 2018: 7-10).

حمل و نقل ترانزیت شهری نقش مهمی در پایداری اقتصاد، محیط زیست و حتی کل جامعه دارد؛ زیرا به بهبود کارایی راندمان ترافیکی کمک می‌کند و به طور موثری تضاد بین ترافیک موجود و تقاضای آن را کاهش می‌دهد (Ibarra-Rojas et al, 2015, 38-75). به ویژه که ساختارهای مناسب شبکه‌ای در کاهش تراکم‌های جاده‌ای، مشکلات مسافرتی و زیست‌محیطی مرتبط مانند آلودگی هوایی و صوتی نقش دارند (Xu et al, 2016: 1084-1098). با کاهش تراکم ترافیکی، می‌توان مقدار زیادی انرژی و منابع تجدیدناپذیر را ذخیره کرد و از تصادفات ترافیکی، مرگ و میر و صدمات ناشی از آن، ضایعات مستقیم و غیرمستقیم اقتصادی جلوگیری کرد (Pternea et al, 2015: 276-291; Xiao et al, 2015: 9140-9150).

از نیمه اول قرن بیستم تا سالهای ابتدائی دهه ۶۰ قرن بیستم تمرکز و تاکید بر تسهیل هر چه بیشتر حرکت وسایل 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 سیرهای 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 لوکوربوزیه و ساختار فضایی شهرهای بزرگ تانگه از همین منظر قابل بررسی است. آنچنان که به باور برخی صاحب‌نظران طی سالهای دهه ۶۰ توصیه‌های لوکوربوزیه 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 و شد 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 ایلات متحده آمریکا (واشنگتن) و همچنین توسعه مترو باعث خزش شهری نسبت به فضاهای پیرا- شهری و توسعه حومه‌نشینی در نیمه او 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. توسعه اتوبانها، پارک وی‌ها و آزادراه‌ها از جمله ویژگی‌های عمده این دوره بودند. با شروع دهه ۸۰ قرن بیستم میلادی رویکردهای قبلی حمل و نقل ماشین-محور با چالش‌های جدی مواجه گردیده و توجه به تعدیل حرکت وسایل نقلیه موتوری در شهرها بویژه در محلات مسکونی به عنوان یک اصل مطرح شد و از همین رو، جنبش‌های جدید برنامه‌ریزی شهری مطابق با پارادایم پست‌مدرن ایجاد شدند که مهمترین آن «الگوی منشورنو شهرگرایی» است که هدف اصلی آن محدود کردن شهرسازی ماشین‌محور و اهمیت دادن به پیاده و ایجاد شهر انسانی بود. استفاده از تکنولوژی‌های جدید از جمله ماشین‌های اتوماتیک، تاکید بر پیاده محوری و بها دادن به پیاده‌رو مسیرهای دوچرخه و مسیرهای سلامت از جمله مشخصات اصلی این دوره است (جلیوند و آذر، ۱۴۰۲: ۹۰).

پیشینه پژوهش

در رابطه با توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس مطالعاتی از سوی پژوهشگران داخلی و خارجی انجام شده در ادامه به گزیده‌ای از آنها اشاره می‌گردد:

تبتی طلاملی و بونی (۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی حمل و نقل عمومی در الجزایر: به سوی رویکرد حکومتی جدید پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد در ۳۰ سال گذشته، شبکه حمل و نقل عمومی در الجزایر با پیاده‌سازی تدریجی سیستم‌های حمل و نقل شهری هدایت شده، گسترش یافته است. با این حال، این سیستم‌های حمل و نقل تنها در صورتی می‌تواند موثر باشد که ساختار مدیریتی و فرآیندهای حکومتی با نیازهای متغیر همیشه در حال ظهور شهرهای بزرگ و نیازهای پویای در حال تکامل جمعیتی تقویت شده باشد. در حال حاضر، این تقویت به گسترش در فراسوی مرزهای فعلی اداری شهرستان نیاز دارد.

ادویلا و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل مکان ایستگاه‌های اتوبوس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در استان لیبادان در شمال غربی نیجریه پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد توجه کامل به مکان ایستگاه‌های اتوبوس تاثیر زیادی در ارتقاء سیستم حمل و نقل عمومی از طریق افزایش دسترسی، ایمنی و اعتماد پذیری دارد.

جی و جائو (۲۰۱۰) در پژوهشی به سنجش رضایت مردم از حمل و نقل عمومی پکن پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد تعداد ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده ۸۰۰ متری، دسترسی‌پذیری به مکان‌های اصلی شهر با حمل و نقل همگانی و ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی، تاثیر مهمی بر رضایت مردم از خدمات حمل و نقل همگانی دارد.

یاتسکیو و بادیلویچ (۲۰۱۷) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل جامع حمل و نقل عمومی چند منظوره برنامه‌ریزی شده HUB پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد برنامه‌ریزی حمل و نقل چند منظوره باید با نهادها، شبکه‌ها، ایستگاه‌ها، اطلاعات کاربران و سیستم‌های پرداخت کرایه یکپارچه شده باشند؛ لازم است تمام تاثیرات مهم، از جمله اثرات بلند مدت غیرمستقیم و غیر تجاری مانند حقوق صاحبان سهام و تغییرات کاربری زمین مورد توجه قرار گیرد.

جلیوند و آذر (۱۴۰۲) در پژوهشی به تحلیل و ارزیابی تحلیل و ارزیابی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس شهری با استفاده از مدل تحلیل شبکه: مطالعه موردی منطقه ۴ کلانشهر تبریز پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد ایستگاه‌های اتوبوس، محدوده منطقه ۴ تبریز را بصورت کامل پوشش نمی‌دهند و فاصله استاندارد آنها نیز از همدیگر رعایت نشده است. اما در حالت کلی نقشه نهایی حاصل از مدل AHP الگوی مطلوب توزیع مکانی ایستگاه‌های اتوبوس را نشان می‌دهد.

محمودزاده و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به ارزیابی سطح مطلوبیت توزیع مکانی ایستگاه‌های اتوبوس در محیط GIS (مورد شناسی: شهر مراغه) پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که ایستگاه‌های اتوبوس، شبکه معابر را به‌صورت لازم پوشش نمی‌دهند و فاصله استاندارد آن‌ها از همدیگر رعایت نشده است. همچنین نتایج مدل تحلیل شبکه نیز نشان داد که از ۸ خط اتوبوس مراغه، ۵ خط در مسیرهای رفت و برگشت و ۲ خط در مسیر برگشت، تغییر کردند و مجموع طول مسیرهای خطوط اتوبوس‌رانی پس از اعمال الگوریتم ۵۷۲۴ متر و زمان لازم برای طی مسیرها ۲۰ دقیقه کاهش یافت. نهایتاً نقشه نهایی الگوی مطلوب توزیع مکانی ایستگاه‌های اتوبوس نشان داد که قسمت‌های کوچکی از شهرک ولیعصر- فاز ۱ و فاز ۲، قسمت‌های

زیادی از شهرک سهند و دارایی- طالب خان، مکان‌هایی کاملاً مطلوب و قسمت‌های زیادی از شهرک ولیعصر- فاز ۱ و قسمت کوچک‌تری از فاز ۲ در حدمطلوب بوده و بقیه قسمت‌ها نیز به ترتیب دارای مطلوبیت متوسط و پایینی در جهت توزیع بهینه مکانی ایستگاه‌های اتوبوس مراغه هستند.

یزدانی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به ارزیابی الگوی پراکنش فضایی ایستگاه‌های اتوبوس شهری و سنجش اثرات آن بر مطلوبیت خدمات دهی شبکه حمل و نقل عمومی پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد میزان کارایی سیستم حمل و نقل عمومی شهر اردبیل در هسته مرکزی، محلات بخش شمالی، بخش‌هایی از محلات شرقی و جنوب غربی شهر بیشتر از سایر محلات بوده است. به نظر می‌رسد بخشی از این وضعیت متأثر از عدم وجود توازن و تعادل در توزیع فضایی تسهیلات حمل و نقل عمومی بوده است. به طوری که در مناطق با تراکم بیشتر ایستگاه‌ها و مرکز ثقل جغرافیایی سیستم اتوبوسرانی شهر و همچنین فواصل کمتر از ایستگاه‌ها و خطوط اتوبوسرانی، میزان مطلوبیت خدمات دهی و میزان کارایی سیستم بالاتر از سایر نواحی و محلات بوده است.

ساجدی نژاد و حسن نایی (۱۳۹۵) در پژوهشی به طراحی سامانه‌های عملیاتی در سیستم اتوبوس‌رانی به منظور ساماندهی حمل و نقل مسافر درون شهری پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد به منظور جذب شهروندان به استفاده از این شیوه حمل و نقل لازم است که به طور همزمان هم از لحاظ کمی و هم از لحاظ کیفی، سامانه‌های اتوبوس‌رانی ارتقاء یابند.

وارثی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس با مدل ANP و منطق فازی در GIS (نمونه موردی: شهر خرم‌آباد) پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد ایستگاه‌های اتوبوس موجود در مقایسه با فواصل استاندارد ایستگاه‌های پیشنهادی برخی از ایستگاه‌های موجود در شهر از موقعیت مکانی مناسب برخوردار نبوده و نیازمند ساماندهی هستند.

رهنما و صباغی آبکوه (۱۳۹۴) در پژوهشی به ارزیابی قابلیت دسترسی فضایی سامانه اتوبوس‌های تندرو (مطالعه موردی: کلانشهر مشهد) پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد به طور کلی برای بیمارستان‌ها و پارک‌ها سطح دسترسی به حداقل می‌رسد و برای کتابخانه‌ها دسترسی متعادل تر است. اما بررسی وضعیت قابلیت دسترسی مجموع سه فعالیت نشان می‌دهد که ۸۷٪ از کل جمعیت طبقات دارای میانگین نمرات دسترسی پایین تر از حد متوسط هستند.

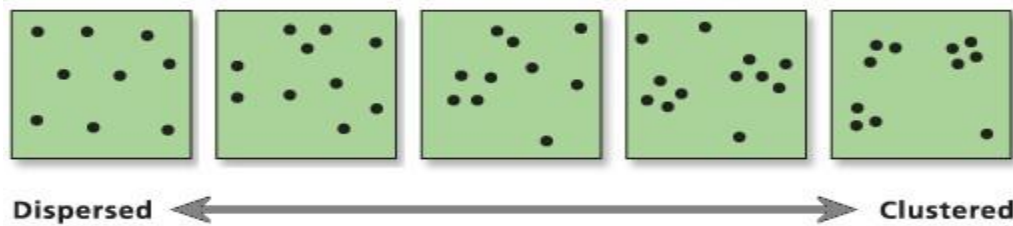
قهری و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به ارزیابی موقعیت ایستگاه‌های اتوبوس و تاکسی بر اساس مدل AHP با استفاده از GIS (مطالعه موردی: منطقه ۴ شهرداری) پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد بیشتر ایستگاه‌ها باید در قسمت جنوبی و مرکزی ایجاد شوند. همچنین به نظر می‌رسد ایستگاه‌های معابر شهری را به صورت لازم پوشش نمی‌دهد. بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد با استفاده از روش به کار رفته در پژوهش حاضر تاکنون تحقیقی انجام نشده است. لذا پژوهش حاضر بر آن است این خلاء علمی را پوشش دهد.

روش پژوهش

روش پژوهش پژوهش حاضر، توصیفی- تحلیلی است و به منظور گردآوری داده‌های مورد نیاز پژوهش، همزمان و به فراخور نیاز پژوهش از روشهای اسنادی و میدانی استفاده شده است. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌های تحقیق از نرم افزار GIS (میانگین نزدیکترین همسایگی، خوشه‌بندی کم و زیاد، خود همبستگی فضایی شاخص موران، تحلیل شبکه) بهره برده شده است. به گونه‌ای که نقشه نهایی به دست آمده از این فرایند، بیانگر توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس در شهر مشهد خواهد بود.

• میانگین نزدیکترین همسایگی:

میانگین نزدیکترین فاصله همسایگی ابتدا فاصله بین نقطه مرکزی هر عارضه را با نقطه مرکزی نزدیکترین همسایه‌اش اندازه‌گیری کرده، سپس میانگین تمامی این نزدیکترین همسایگی‌ها را محاسبه می‌کند. اگر میانگین فاصله محاسبه شده از میانگین توزیع فضایی کمتر باشد، آنگاه می‌توان نتیجه گرفت که توزیع پدیده موردبررسی در فضا به صورت خوشه‌ای می‌باشد. اگر میانگین فاصله محاسبه شده بزرگ‌تر از میانگین توزیع تصادفی فرضی باشد، آنگاه می‌توان نتیجه گرفت که عوارض به صورت پراکنده در فضا توزیع شده‌اند (عسگری، ۱۳۹۰: ۴۰).



شکل ۱- نمایش پراکندگی و خوشه‌ای بودن داده‌های فضایی (مأخذ: غفاری چندانق، ۱۴۰۱: ۸۳)

تحلیل آماری

به لحاظ آماری، میانگین نزدیک‌ترین فاصله همسایگی به شکل زیر برآورد می‌شود:

$$ANN = \frac{D_O}{D_E}$$

میانگین فاصله دیده‌شده بین عارضه‌ی موردنظر و نزدیک‌ترین همسایگانش است که در آن به شکل زیر محاسبه می‌گردد:

$$\overline{D_O} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

میانگین فاصله بین عارضه و نزدیک‌ترین همسایگانش چنانچه توزیع در این فرمول عوارض به شکل تصادفی صورت گرفته باشد و به شکل زیر تبیین می‌گردد:

$$\overline{D_E} = \frac{0.5}{\sqrt{n/A}}$$

در رابطه بالا، فاصله بین عارضه‌ی مورد مطالعه و نزدیک‌ترین همسایه‌اش، شمار کل پدیده‌ها و همچنین مساحت تمامی محدوده‌ی مورد بررسی می‌باشد.

امتیاز استاندارد ANN نیز به شکل زیر برآورد می‌گردد:

$$Z_{ANN} = \frac{\overline{D_O} - \overline{D_E}}{SE}$$

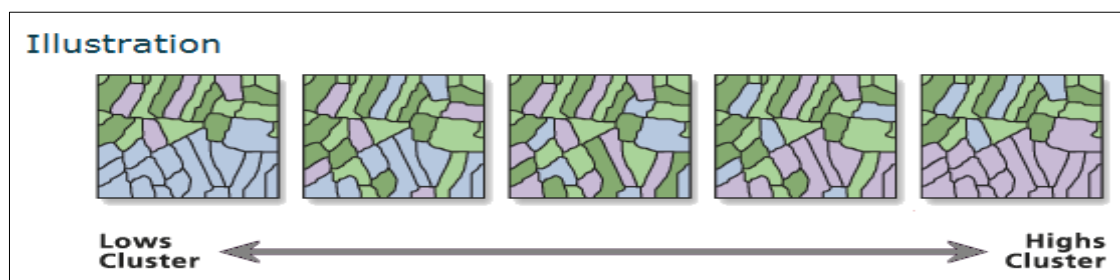
و مساوی با

$$SE = \frac{0.26136}{\sqrt{n^2/A}}$$

مقدار P. Value تقریبی از مساحت زیر منحنی جهت پخش معین خواهد بود که با آزمون آماری محدود می‌گردد (همان).

• خوشه بندی کم و زیاد

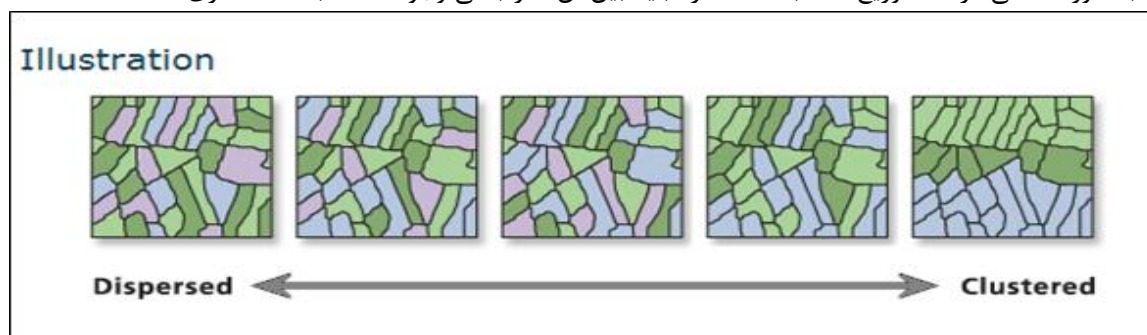
تحلیل خوشه‌بندی زیاد و کم به اندازه‌گیری میزان تراکم و خوشه‌بندی مقادیر زیاد و یا کم در یک متغیر مورد مطالعه می‌پردازد. این تحلیل که به آماره G عمومی نیز معروف است، دومین آیتم از تحلیل الگوها که بعد از ابزار میانگین نزدیک‌ترین همسایگی قرار گرفته‌است و نتیجه حاصل از آن به صورت گرافیکی می‌باشد که در تصویر زیر آمده است. که در تحلیل متغیرها در این آماره فرضیه صفر یعنی هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی چه زیاد و چه کم وجود ندارد. شرط رد فرض صفر برای این آماره، یعنی مقدار Zscore بسیار بزرگ و Pvalue بسیار کوچک و نزدیک صفر است پس مقدار Z مثبت یعنی مقادیر بالا یا زیاد متغیر خوشه‌بندی شده‌است، اگر Z محاسبه شده منفی باشد آنگاه نتیجه می‌گیریم که مقادیر کم و یا پایین خوشه‌بندی شده‌اند.



شکل ۲- تحلیل خوشه بندی کم و زیاد

• خودهمبستگی فضایی

خود همبستگی فضایی به رابطه بین مقادیر باقیمانده در طول خط رگرسیون مربوط می شود. خود همبستگی قوی زمانی رخ می دهد که مقادیر باقیمانده در طول خط رگرسیون مربوط می شود. خود همبستگی قوی زمانی رخ می دهد که مقادیر باقیمانده شدیداً با هم در ارتباط باشند. به عبارت دیگر تغییرات شان به صورتی سیستماتیک رخ دهند. خود همبستگی فضایی مفهومی نسبتاً ساده است و در حقیقت بسط همین مفهوم در امار کلاسیک است. اگر عوارض و یا مقادیر متغیرهای مربوط به آن ها به طور تصادفی در فضا توزیع شده باشند ظاهراً نباید بین آن ها ارتباطی وجود داشته باشد (عسگری، ۱۳۹۰: ۶۰).

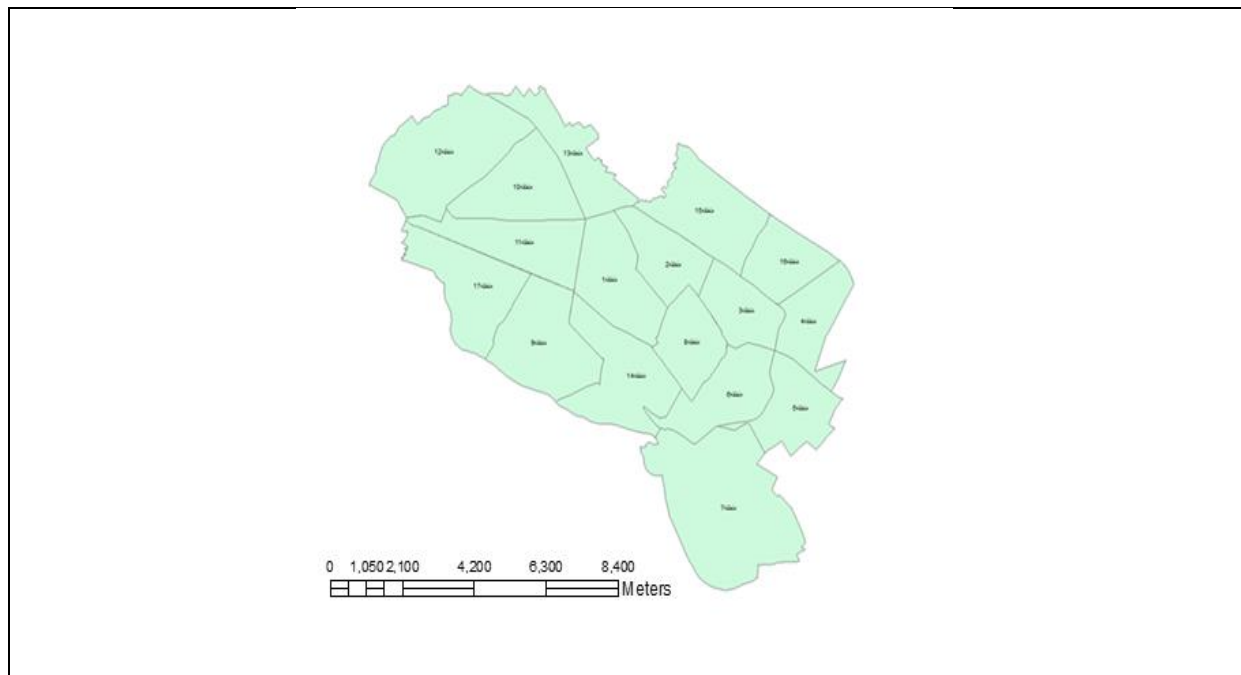


شکل ۳- تحلیل خود همبستگی فضایی

تحلیل شبکه: فرایند تحلیل شبکه به عنوان یکی از مهم ترین قابلیت ها و امکاناتی است که در سیستم اطلاعات جغرافیایی از طریق نرم افزارهایی چون ArcGIS در اختیار کاربران قرار گرفته است. در نرم افزار ArcGIS به منظور انجام تحلیل های شبکه از یک اکستنشن که بصورت پیش فرض در نرم افزار ArcGIS تعبیه شده است و Analyst Network نام دارد استفاده شده است. تحلیل شبکه ابزاری مفید در تحلیل توزیع آب، جریان رودخانه و جریان ترافیک و جزو آن است. Analyst در یافتن محدوده خدمات سرویس دهی در شبکه، پلی گونی دور خدمات خاص (مانند ایستگاه های اتوبوس، پارک ها، فضای های آموزشی و ...) ترسیم می کند و بر اساس زمان تعریف شده و محدودیت دسترسی ها محدوده خدمات رسانی آن را مشخص می نماید (میرصادقی، ۱۳۸۶). در واقع نتیجه این تحلیل یک لایه خطی (خیابان ها) و یک لایه پلی گونی (محدوده سرویس های خدماتی) است (مطیعی، ۱۳۸۴).

محدوده مورد مطالعه

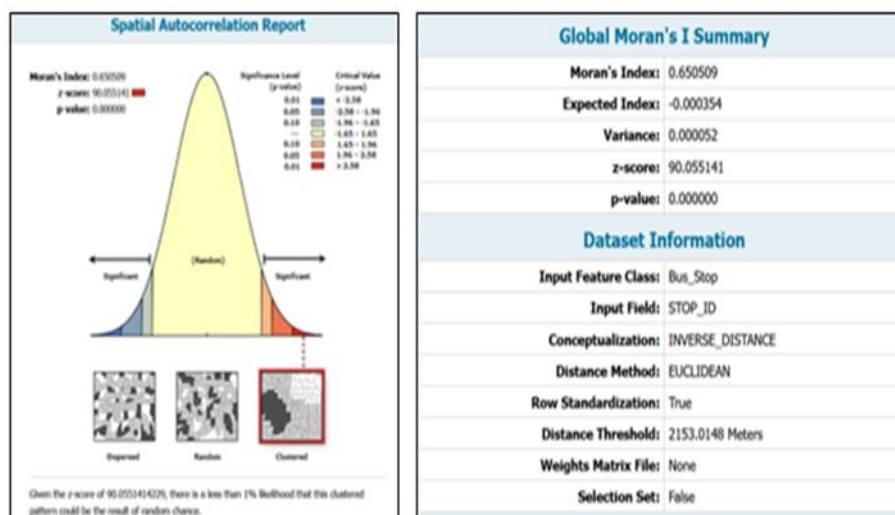
با استناد به دستورالعمل محله بندی و منطقه بندی شهری بر اساس آخرین تغییرات مصوب در سال ۱۳۹۶، کلان شهر مشهد به ۱۷ منطقه شهری و ۱۷۰ محله تقسیم بندی شده و نواحی نیز حذف گردیده است. شهر مشهد براساس آمار سرشماری رسمی از مرکز آمار ایران دارای ۴۱۰۱۰۸ نفر جمعیت می باشد.



شکل ۴- مناطق ۱۷ گانه شهر مشهد

یافته‌های پژوهش

- یافته‌های پژوهش حاضر مشتمل بر میانگین نزدیکترین همسایگی، خوشه‌بندی کم و زیاد، خود همبستگی فضایی، تحلیل شبکه می‌باشد در ادامه به توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده شهر مشهد پرداخته می‌شود.
- **میانگین نزدیک‌ترین همسایگی:** براساس روش نزدیک‌ترین همسایگی، الگوی توزیع ایستگاه‌ها نشان‌دهنده تجمع فضایی خدمات به صورت خوشه‌ای در سطح شهر و عدم پخش منظم و متعادل آن‌ها است. باتوجه به نتایج عددی مطابق جدول نسبت نزدیکترین همسایه برابر با ۰,۳۲ اندازه‌گیری شده‌است و از آنجا که مقدار مثبت می‌باشد بیانگر توزیع خوشه‌ای می‌باشد. برای اطمینان از الگوی پراکنش، از امتیاز استاندارد شده (آزمون Z-Score) استفاده شد هر چه نمره Z عدد منفی بزرگتری باشد، می‌توان به درستی نتیجه آزمون شاخص نزدیکترین همسایه اطمینان کرد.



شکل ۵- میانگین نزدیک‌ترین همسایگی ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده شهر مشهد

با توجه به نتایج، مقدار این آماره برابر با ۶۹,۰۹- بدست آمده است؛ بنابراین با توجه به اینکه مقدار P-value صفر و مقدار Z بزرگ است، فرض خوشه‌ای بودن الگوی پراکنش با سطح اطمینان ۹۹ درصد مورد پذیرش واقع می‌شود. خروجی حاصل از این تحلیل در شکل (۵) قابل ملاحظه می‌باشد.

مطابق شکل (۵) تحلیل حاصل از میانگین نزدیک‌ترین همسایگی ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده شهر مشهد عبارت است از:

الف- میانگین فاصله مشاهده شده برابر با ۶۱,۹۴۴۲ متر؛

ب- میانگین فاصله مورد انتظار برابر با ۱۹۲,۹۹۶۴ متر؛

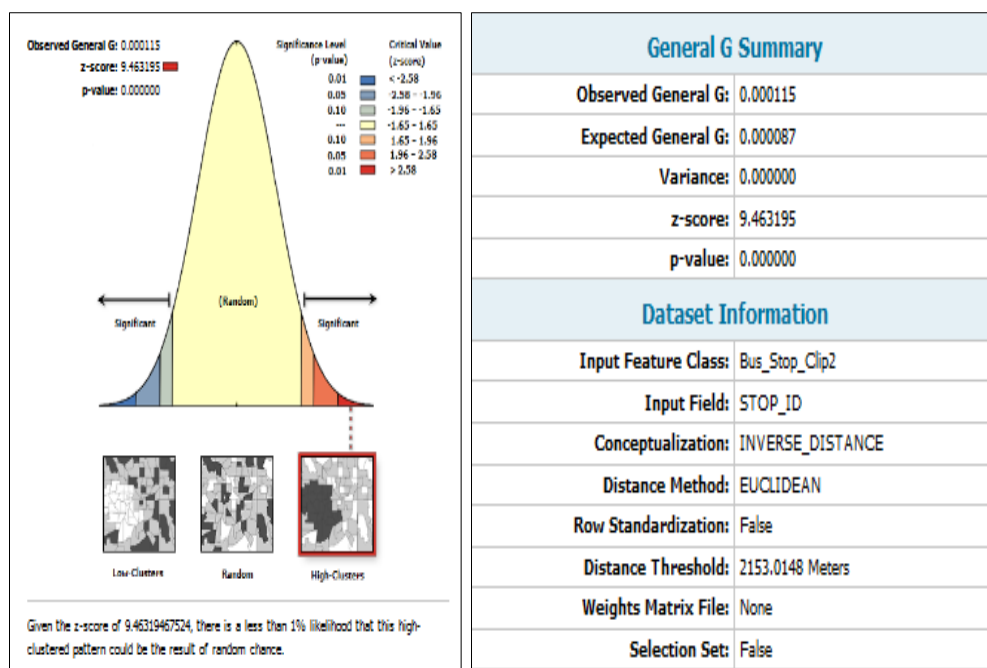
ج- نسبت نزدیک‌ترین همسایگی برابر با ۰,۳۲۰۹۶۱؛

د- نمره Z گزارش شده برای این مجموعه داده برابر با ۶۹,۰۹۴۳۱۵-؛

ه- مقدار P گزارش شده برای این مجموعه داده برابر با ۰,۰۰۰۰۰۰ است.

اگر شاخص محاسبه شده میانگین نزدیک‌ترین همسایگی کمتر از یک باشد، نقاط مورد مطالعه در حالت خوشه‌ای و اگر شاخص محاسبه شده بیشتر از ۱ باشد داده‌ها در حالت توزیع مکانی پراکنده مطرح می‌شوند (عسگری، ۱۹۰: ۴۵). مطابق با شکل (۵) در پژوهش حاضر با توجه به اینکه نسبت میانگین نزدیک‌ترین همسایگی برابر با ۰,۳۲۰۹۶۱۰ است حاکی از وضعیت معطوف به حالت خوشه‌ای می‌باشد.

- **خوشه بندی کم و زیاد:** در این مرحله به تفسیر نتایج با استفاده از گزارش گرافیکی بدست آمده در راستای پاسخگویی به سوال توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس در سطح مناطق شهر مشهد با روش خوشه‌بندی زیاد/کم پرداخته می‌شود. خروجی حاصل از این تحلیل در شکل (۶) قابل ملاحظه می‌باشد.



شکل ۶- نتایج گرافیکی تحلیل خوشه بندی زیاد/کم ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده شهر مشهد

مطابق شکل (۶) تحلیل حاصل از خوشه‌بندی زیاد/کم ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده شهر مشهد عبارت است از:

الف- مقدار شاخص G مشاهده شده برابر با ۰,۰۰۰۱۵؛

ب- مقدار شاخص G مورد انتظار برابر با ۰,۰۰۰۰۸۷؛

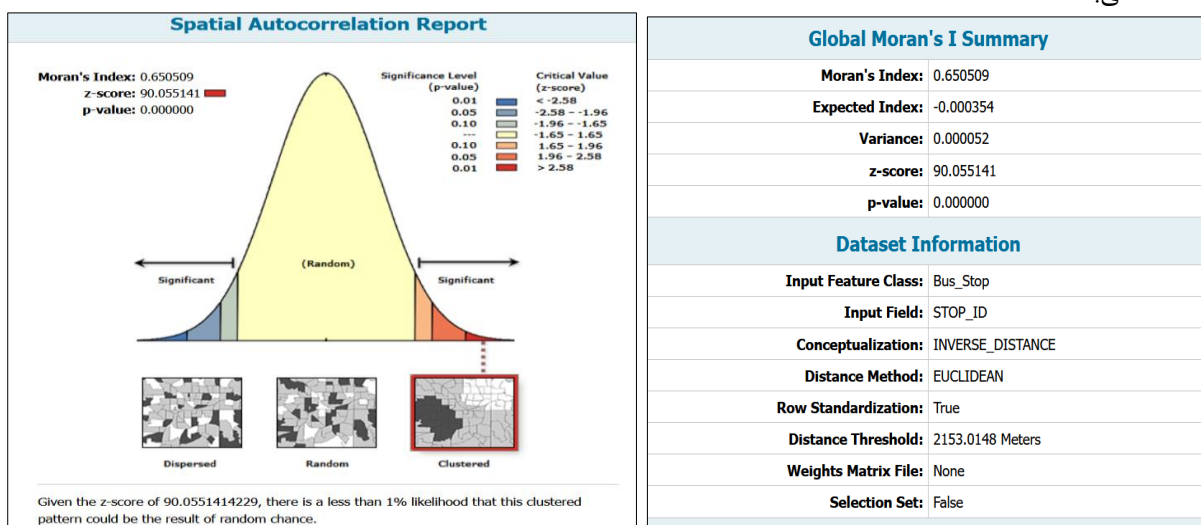
ج- مقدار واریانس برابر با ۰,۰۰۰۰۰۰؛

د- نمره Z گزارش شده برای این مجموعه داده برابر با ۹,۴۶۳۱۹۵

ه- مقدار P گزارش شده برای این مجموعه داده برابر با ۰,۰۰۰۰۰۰ است.

مطابق با شکل (۶) در پژوهش حاضر مقدار شاخص G برابر با صفر بوده که حاکی از الگوی خوشه‌بندی زیاد و تعداد بالای ایستگاه‌های اتوبوس می‌باشد.

خود همبستگی فضایی: این تحلیل نه تنها به خودی خود اطلاعات مفیدی در مورد ارتباط درونی عوارض به دست می‌دهد بلکه نتایج آن برای بسیاری از تحلیل‌های پیچیده تر آماری نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند، نتیجه تحلیل به صورت خروجی گرافیکی و عددی نشان می‌دهد که آیا داده‌ها پراکنده و یا خوشه‌بندی شده هستند. به طور کلی اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد مثبت یک باشد داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد منفی یک باشد، آنگاه داده‌ها از هم گسسته و پراکنده می‌باشد. خروجی حاصل از این تحلیل در شکل (۷) قابل ملاحظه می‌باشد.



شکل ۷- نتایج تحلیل خود همبستگی فضایی شاخص موران ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده شهر مشهد

مطابق شکل (۷) تحلیل حاصل از خود همبستگی فضایی شاخص موران ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده شهر مشهد عبارت است از:

الف- مقدار شاخص موران برابر با ۰,۶۵۰۵۰؛

ب- مقدار شاخص موران مورد انتظار برابر با ۰,۰۰۰۳۵۴؛

ج- مقدار واریانس برابر با ۰,۰۰۰۰۵۲؛

د- نمره Z گزارش شده برای این مجموعه داده برابر با ۹۰,۰۵۵۱۴۱؛

ه- مقدار P گزارش شده برای این مجموعه داده برابر با ۰,۰۰۰۰۰۰ است.

در این تحلیل چنانچه ملاحظه می‌شود شاخص موران ۰,۶۵ می‌باشد که مقد آن مثبت و نزدیک به یک است لذا داده‌ها دارای خود همبستگی فضایی می‌باشد. و همچنین با توجه به بالا بودن امتیاز Z و بسیار کوچک بودن مقدار p-value می‌توان فرضیه عدم وجود همبستگی فضایی بین داده‌ها را رد نمود.

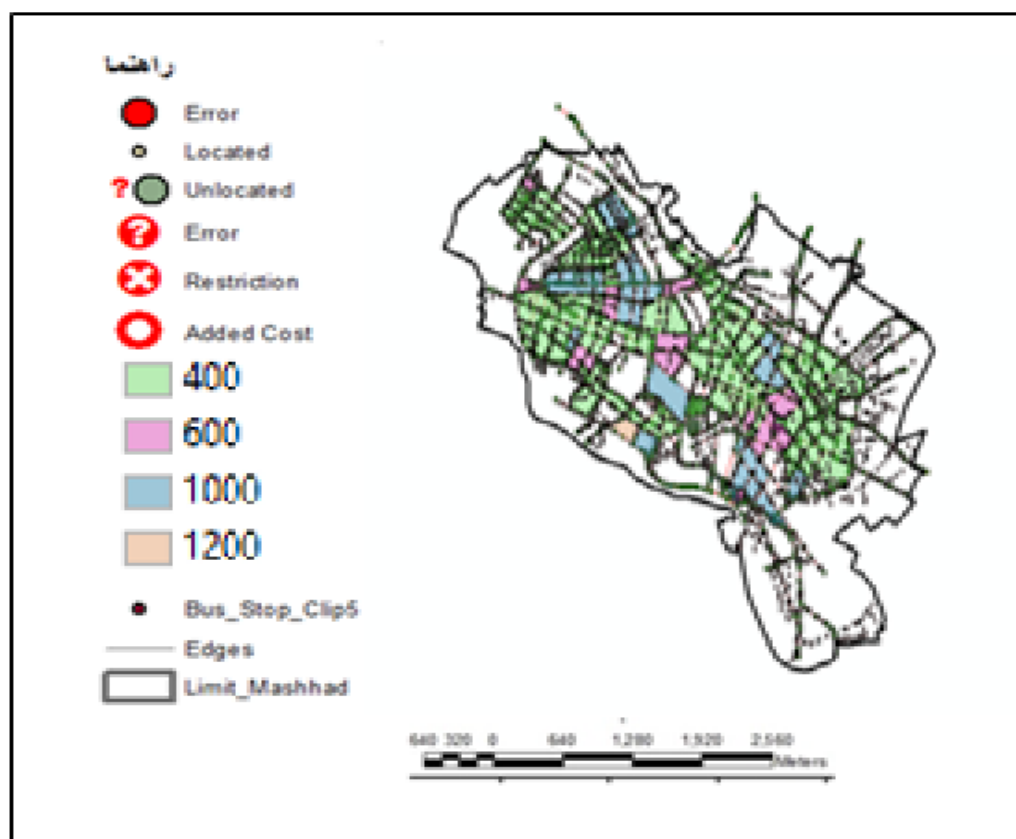
تحلیل شبکه و دسترسی خدمات: در این نوع از تحلیل، مراکز، لینک‌ها، نودها عناصر کلیدی در تحلیل شبکه هستند و باتوجه این عناصر، در پژوهش حاضر ایستگاه‌های اتوبوس به عنوان مکان‌های مرکزی، لینک‌ها نیز مسیرهای هستند که شهروندان را به ایستگاه‌های اتوبوس داخل شهری وصل می‌کند. نودها نیز تقاطعی از لینک‌ها هستند. لازم به ذکر است فاصله متوسط ایستگاه‌های اتوبوس از کاربری بر اساس ضوابط مربوط به ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی طبق جدول (۱) می‌باشد.

جدول ۱- فاصله متوسط ایستگاه‌های اتوبوس از کاربری

موقعیت کاربری	فاصله متوسط ایستگاه‌های اتوبوس از کاربری (متر)
محدوده اداری- تجاری و هسته شهری	تا ۴۰۰-۶۰۰
کاربریهای شهری (توسعه یافته و مسکونی متراکم)	تا ۶۰۰-۱۰۰۰
زمین های توسعه نیافته و حومه شهری	تا ۱۰۰۰-۱۲۰۰

ماخذ: ضوابط مربوط به ایستگاههای حمل و نقل عمومی

خروجی نهایی حاصل از تحلیل شبکه و دسترسی خدمات ایستگاه‌های اتوبوس در شهر مشهد در شکل (۸) قابل ملاحظه می‌باشد.



شکل ۸- محدوده خدمات دهی ایستگاه‌های اتوبوس

روش تحلیل شبکه به منظور دسترسی سریع تر به خدمات در یافتن نزدیکترین مسیر بهینه می‌پردازد که در این پژوهش با توجه به فاصله‌های قرار گیری ایستگاه‌های اتوبوس در مجاورت هم ، بیشتر موارد ایستگاه‌های اتوبوس با فاصله ۴۰۰ متری که فاصله استاندارد هستند قرار گرفته و در بعضی قسمت‌ها جز محدوده پوشش نیستند که در شکل (۸) فاصله‌های متفاوت با رنگ‌های مختلف نمایش داده شده است.

نتیجه گیری

دسترسی به ایستگاه اتوبوس یکی از اجرای یک سیستم حمل و نقل موفق است. توسعه شهری باعث افزایش تقاضای سفر شده است. با بررسی‌های انجام شده ملاحظه می‌شود که حمل و نقل عمومی موجود، توانایی پاسخگویی به این تقاضا را ندارد. از سوی دیگر مشاهده می‌شود که روند افزایشی تقاضای سفر در آینده، استفاده بیش از پیش از سیستم‌های حمل و نقل عمومی را توجیه می‌کند. در همین ارتباط این پژوهش با هدف تجزیه و تحلیل فضایی ایستگاه‌های اتوبوس شهر مشهد برای تعیین

دسترسی فیزیکی آن‌ها با توجه به معابر متصل اطراف ایستگاه‌های اتوبوس توسط تحلیل شبکه و سرویس‌دهی خدمات تدوین یافته است. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد مقدار نسبت میانگین نزدیک‌ترین همسایگی برابر با ۰,۳۲۰۹۶۱۰ است بیانگر حالت خوشه‌ای می‌باشد. مقدار شاخص G برابر با صفر بوده که حاکی از الگوی خوشه‌بندی زیاد و تعداد بالای ایستگاه‌های اتوبوس شهر مشهد است. تحلیل بعدی به کار رفته در پژوهش حاضر تحلیل خودهمبستگی فضایی موران بوده است. در این خصوص با عنایت بر اینکه مقدار شاخص موران ۰,۶۵ می‌باشد و مقدار آن مثبت و نزدیک به یک است. لذا داده‌ها دارای خود همبستگی فضایی می‌باشد. همچنین با توجه به بالا بودن امتیاز Z و بسیار کوچک بودن مقدار p -value می‌توان فرضیه عدم وجود همبستگی فضایی بین داده‌ها را رد نمود. پس از تحلیل و تعیین نوع الگوی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس شهر مشهد به تحلیل شبکه و دسترسی به خدمات با استناد به ضوابط مربوط به ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی پرداخته شد. خروجی حاصله در این زمینه نشان داد در اغلب موارد ایستگاه‌های اتوبوس با فاصله ۴۰۰ متری و به لحاظ موقعیت کاربری (در محدوده محدوده اداری- تجاری و هسته شهری) که فاصله استاندارد هستند استقرار یافته‌اند. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج پژوهش رهنما و صباغی آبکوه (۱۳۹۴) از یک سو مغایر است مبنی بر اینکه به طور کلی برای بیمارستان‌ها و پارک‌ها سطح دسترسی به حداقل می‌رسد. و از جهتی دیگر هخوانی دارد مبنی بر اینکه برای کتابخانه‌ها دسترسی متعادل‌تر است. از آنجایی که در پژوهش حاضر کاربریهای شهری (توسعه یافته و مسکونی متراکم) در فاصله ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر قرار دارند. لذا جهت بهبود سیستم حمل و نقل عمومی بالاخص سیستم اتوبوس‌رانی می‌تواند نقش مهمی را ایفا کند. این بهبود از دو طریق امکانپذیر است یکی ارتقاء سیستم از طریق تغییر در شبکه اتوبوس‌رانی از نظر مسیر، تعداد خطوط و طراحی یک شبکه جدید و دیگری بهبود عملکرد خطوط.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله مستخرج از فعالیت پژوهشی به شکل توضیح داده شده از سوی مجله، مورد تأیید نویسندگان این مقاله است.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر فاقد حمایت مالی است.

سپاسگزاری

از کلیه کسانی که در مراحل مختلف نوشتن این مقاله با نظرات خود ما را یاری دادند سپاسگذاری می‌کنیم.

منابع و مأخذ

پاکزاد، ج؛ (۱۳۸۶). سیر اندیشه‌ها در شهرسازی، از کمیت تا کیفیت، پاپ اول، تهران، انتشارات شرکت عمران شهرهای جدید

جلیوند، ف؛ آذر، ع (۱۴۰۲). تحلیل و ارزیابی توزیع فضایی ایستگاه‌های اتوبوس شهری با استفاده از مدل تحلیل شبکه: مطالعه موردی منطقه ۴ کلانشهر تبریز، نشریه فضای شهری و حیات اجتماعی، ۲(۶)، ۸۷-۱۰۸

<https://doi.org/10.22034/jprd.2023.58164.1060>

خاکپور، ب؛ فاریابی، ز. (۱۳۹۱). بررسی وضعیت سیستم حملونقل عمومی در محدوده‌ی ترافیکی مرکز شهر مشهد

از دیدگاه توسعه‌ی پایدار شهری؛ مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی شهری؛ ۱(۱)، ۷۵-۹۷

رحیم رهنما؛ م؛ صباغی آبکوه، ش. (۱۳۹۴). ارزیابی قابلیت دسترسی فضایی سامانه اتوبوس‌های تندرو (مطالعه موردی: کلانشهر مشهد). مهندس حمل و نقل، ۶(۴)، ۷۴۲-۷۳۱

ساجدی نژاد، آ؛ حسن نایی، ع. (۱۳۹۵). طراحی سامانه‌های عملیاتی در سیستم اتوبوسرانی به منظور ساماندهی حمل و نقل مسافر درون شهری، ۳۱(۴)، ۶۰-۷۳

شوهانی، نادر و همکاران (۱۴۰۱). شناخت عوامل تاثیرگذار بر وضعیت موجود مبلمان شهری و مدلیابی مطلوب برای ساماندهی به فضاها و منظر شهری (مطالعه موردی: شهر ایلام)، فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۱۳ (۵۱)، ۱۹۷-۲۱۴

غفاری چندانق، ن. (۱۴۰۱). تحلیل پراکندگی مکانی - فضایی واحدهای خشک‌شویی و لباسشویی در سطح شهر اردبیل با استفاده از قابلیت‌های تحلیل فضایی در محیط GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق.

فرهادملاشاهی، ح؛ بذرافشان مقدم، ب؛ محتشمی، ت. (۱۳۹۶). بررسی شاخص‌های کمی و کیفی مؤثر در ارزیابی عملکرد سامانه اتوبوس‌های تندرو (BRT) با رویکرد توسعه پایدار مطالعه موردی: کلانشهر مشهد؛ فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات شهری؛ ۶(۲۳)، ۸۷-۹۷

<https://www.sid.ir/paper/515848/fa>

قهری، م؛ لحمیان، ر؛ آزاده دل، ی. (۱۳۹۳). ارزیابی موقعیت ایستگاه‌های اتوبوس و تاکسی بر اساس مدل AHP با استفاده از GIS (مطالعه موردی منطقه ۴ شهرداری تهران)، ۲(۷)، ۱۲۷-۱۴۶.

https://shahr.journals.umz.ac.ir/article_1011.html

محمود زاده، ح؛ فرج نژاد، ز؛ هریسچیان، م. (۱۳۹۹). ارزیابی سطح مطلوبیت توزیع مکانی ایستگاه‌های اتوبوس در محیط GIS (مورد شناسی: شهر مراغه)، جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، ۱۰(۳۶)، ۷۳-۱۰۲

<https://doi.org/10.22111/gaij.2020.5715>

یزدانی، م. ح؛ فیروزی مجنده، ا؛ شکرزاده فرد، ا. (۱۳۹۸). ارزیابی الگوی پراکنش فضایی ایستگاه‌های اتوبوس شهری و سنجش اثرات آن بر مطلوبیت خدمات دهی شبکه‌ی حمل و نقل عمومی، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، ۵۴، ۳۰-۱

http://tms.jrl.police.ir/article_93540.html

وارثی، ح. ر؛ شیران، غ؛ عزیزی حسوند، ح. (۱۳۹۴). مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس با مدل ANP و منطق فازی در GIS (نمونه موردی: شهر خرم‌آباد)، ۶(۲۳)، ۵۵-۷۶.

https://www.armanshahrjournal.com/article_44613.html

Adebola, O., Enosko, O. (2012). Analysis of Bus- stops locations using Geographic Information System in Ibadan North LGA Nigeria, Industrial Engineering Letters, ISSN, 2224-6096, 2 (3): 20-38

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 for the quality of urban bus transportation: Evidence from Brazil, Journal of Public Transportation, vol 25, 1-22

<https://doi.org/10.1016/j.jpubtr.2023.100050>

Hughes-Cromwick, M. P. (2018). 2017 Public Transportation Factbook. American Public Transportation Association, American Public Transportation Association, Washington, DC.

<https://www.worldtransitresearch.info/research/7521/>

Ibarra-Rojas, O. J., Delgado, F., Giesen, R., Muñoz, J.C. (2015). Planning, Operation, and Control of Bus Transport Systems: A Literature Review. Transportation Research Part B: Methodological

<https://doi.org/10.1016/j.trb.2015.03.002>

- I, J., GAO, X. (2010). Analysis of people's satisfaction with public transportation in Beijing, *Habitat International*, 34 (4): 464-470.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2009.12.003>
- Li, Xinguang. (2023). Comprehensive evaluation model of the urban low-carbon passenger transportation structure based on DPSIR, *Ecological Indicators*, vol 146, 1-14.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109849>
- Roman, M., & Roman, M, (2014), Bicycle Transport as an Opportunity to Develop Urban Tourism: Warsaw example, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 151, 295-301
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.027>
- Teodorovic, D., Janic, M., (2016). *Transportation Engineering Theory, Practice and Modeling*. Butterworth-Heinemann. 77: 38–75.
- Tabti-Talamali, A., Baouni, T. (2018). Public transportation in Algiers: Towards a new governance approach, *Case Studies on Transport Policy*, 6 (4): 706-715
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cstp.2018.08.009>
- Xu, X., Chen, A., Yang, C. (2016). A review of sustainable network design for road networks, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20 (3): 1084– 1098
<https://doi.org/10.1007/s12205-016-1729-1>
- Xiao, F., Hu, Z.H., Wang, K.X., Fu, P.H. (2015). Spatial distribution of energy consumption and carbon emission of regional logistics. *Sustainability (Switzerland)*, 7: 9140–9159.
<https://doi.org/10.3390/su7079140>
- Yatskiv, I., Budilovich, E. (2017). A comprehensive analysis of the planned multimodal public transportation HUB, *Transportation research procedia*, 24: 50-57
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.067>