

Spatial analysis of metro station areas in the Tehran using transit-oriented development (TOD) principles

Siamak Badr

Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

(Corresponding Author)

E-mail: siamakbadr@gmail.com

Milad Tofangchi Mahyari

Ph.D. in Urban Planning, School of Urban Planning, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Transit-oriented development (TOD) has become an influential concept in urban planning, aimed at fostering more sustainable urban environments through the integration of land use and transportation systems. TOD encourages higher density, and mixed-use development within walkable distances of public transport nodes, reducing reliance on private vehicles. In the context of rapidly expanding urban regions, this approach is particularly relevant. The Tehran metropolis—having experienced a population increase of nearly twentyfold over the past century—faces mounting challenges related to urban sprawl, unbalanced land use distribution, inefficient transportation systems, and increased intra-city travel distances. These dynamics highlight the urgent need for transit-integrated urban development models. This study investigates the spatial potential of TOD implementation across Tehran by focusing on the station areas surrounding public transport infrastructure. Unlike previous research, which often concentrates on isolated case studies of individual stations or lacks comprehensive classification, this study provides a citywide spatial assessment of TOD readiness. The primary objective is to evaluate the suitability of station catchment areas—defined by an 800-meter walkable distance—for TOD criteria and to classify these areas based on spatial and functional attributes. The methodological framework of the study centers on the integration of spatial analysis with statistical modeling. Using Geographic Information Systems (GIS), 137 transit stations located within the municipal boundaries of Tehran were selected as the spatial units of analysis. A network-based service-area analysis was conducted to delineate the actual walking distance of 800 meters around each station, ensuring more accurate urban spatial representations than simple Euclidean buffers. Subsequently, a set of TOD-related indicators was measured within each station area. These indicators encompassed variables such as residential density, access to commercial centers, availability of urban services and infrastructure, connectivity to public transport modes, land-use mix, and the presence of green and open spaces. The data were compiled from multiple urban and transportation datasets and standardized for comparability across all station areas. To reduce dimensionality and uncover latent structures among the indicators, Exploratory Factor Analysis (EFA) was applied. This statistical technique enabled the identification of six principal components representing the core dimensions of TOD performance: (1) access to dense residential areas, (2) access to commercial/business centers, (3) availability of urban services and infrastructure, (4) proximity to other modes of public transport, (5) diversity of land uses, and (6) access to green and open space. Following the EFA, cluster analysis was employed to classify the 137 station areas into typologically distinct groups based on their factor scores. Six TOD station typologies were identified, reflecting varying degrees of readiness and potential for TOD-oriented transformation. These typologies capture the heterogeneity of Tehran's urban form and transport integration, from highly connected and dense central areas to peripheral zones lacking critical TOD features. The analysis revealed that while certain clusters possess favorable conditions for TOD implementation, others fall significantly short of the minimum requirements, particularly in terms of mixed land use and connectivity. These findings underscore the necessity for differentiated planning strategies at both citywide and district levels. In areas with high TOD potential, policies should support mixed-use infill development and improved transit services. In less developed areas, foundational infrastructure and land-use rebalancing are essential preconditions for TOD success. By leveraging spatial and statistical methodologies in a complementary manner, this research offers a robust analytical framework for assessing TOD opportunities and challenges in large metropolitan regions. The results contribute to a broader understanding of how spatial typologies of station areas can inform transit-integrated urban development strategies, with specific implications for Tehran's future urban and transportation planning agendas.

Keywords: Transit-oriented development (TOD), exploratory factor analysis (EFA), cluster analysis, Tehran

فصلنامه علمی نامه معماری و شهرسازی، ۱۸ (۴۸)، ۵۶-۸۳

DOI: 10.30480/AUP.2025.5728.2226

نوع مقاله: پژوهشی

تحلیل فضایی محدوده ایستگاه‌های متروی کلانشهر تهران با استفاده از اصول توسعه حمل‌ونقل همگانی (TOD)*

سیامک بدر

استادیار گروه برنامه‌ریزی و طراحی شهری و منطقه‌ای، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
(نویسنده مسئول)

E-mail: siamakbadr@gmail.com

میلاد تفنگچی مهبیاری

دکتری شهرسازی، دانشکده شهرسازی، دانشکدگان هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

رشد جمعیت شهرها درکنار توسعه کالبدی پراکنده و توزیع نامتوازن کاربری‌ها و تراکم‌ها، موجب طولانی شدن سفرها شده است و شهرها را با مشکلاتی چون ناکارآمدی سیستم‌های حمل‌ونقل، کمبود دسترسی به خدمات و فاصله میان عرصه‌های کار و سکونت و پیامدهای ناشی از ترافیک مواجه کرده است. یکی از راهکارهایی که به‌منظور کاهش سهم سفرهای شخصی و بهره‌برداری از سایر روش‌های حمل‌ونقلی درکنار افزایش کارآمدی استفاده از فضا مطرح شده «توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی» است. با وجود اهمیت «توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی»، تحلیل یکپارچه‌ای از امکان‌پذیری به‌کارگیری این رویکرد به‌صورت فضایی انجام نشده است. لذا هدف اصلی این مقاله بررسی میزان تناسب محدوده ایستگاهی متروی کلانشهر تهران، جهت پیاده‌سازی اصول و معیارهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل با به‌کارگیری روش تحلیل عاملی اکتشافی و تحلیل خوشه‌ای است. یافته‌های پژوهش مبین آن است که عوامل دسترسی به پهنه‌های متراکم سکونت، دسترسی به مراکز کسب‌وکار، دسترسی به خدمات و زیرساخت‌های شهری، دسترسی به حمل‌ونقل عمومی، دسترسی به کاربری مختلط و دسترسی به فضای سبز و باز به‌ترتیب بیشترین اهمیت را در کلانشهر تهران دارند. افزون بر آن، برخی از محدوده‌های ایستگاهی نیاز به تقویت ترکیب، تراکم و دسترسی داشته و این درحالی است که برخی از محدوده‌های ایستگاهی شرایط لازم برای تحقق توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی را ندارند.

کلیدواژه‌ها: توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD)، تحلیل عاملی اکتشافی، تحلیل خوشه‌ای، کلانشهر تهران

* این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی دکتر میلاد تفنگچی مهبیاری با عنوان «تحلیل فضایی محدوده ایستگاه‌های متروی تهران با استفاده از اصول توسعه حمل‌ونقل همگانی (TOD)» است که با راهنمایی دکتر سیامک بدر در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی انجام شده است.

مقدمه

از زمانی که مفهوم توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی^۱ در اواخر دهه ۱۹۸۰ پدیدار شد، توجه فزاینده‌ای از سوی محققان و حرفه‌مندان به این موضوع به عنوان روشی برای ادغام مهندسی حمل و نقل و برنامه‌ریزی شهری، برنامه‌ریزی کاربری زمین و طراحی شهری مطرح شده است (Ibraeva et al., 2020, 110). در دهه‌های اخیر، توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی (TOD) به عنوان راهبردی برای حل و فصل مشکلات شهرهای معاصر از جمله تسکین پراکنده‌رویی موجود و پاسخی به گسترش شهری ناپایدار و وابستگی به خودرو مطرح شده است (علی‌الحسابی و مرادی، ۱۳۸۹، ۱؛ ۱۱۱، ۲۰۲۱، ۱؛ Khare et al., 2021, 1; Ibraeva, et al., 2020, 110).

در واقع این شکل خاص از توسعه، یک رویکرد یکپارچه برای تلفیق برنامه‌ریزی حمل و نقل و کاربری زمین در مواقع این شکل خاص از توسعه، است که افراد را تشویق می‌کند تا در نزدیکی خدمات حمل و نقل زندگی کنند و وابستگی خود را به خودرو شخصی کاهش دهند (Carlton, 2009, 1). ادغام کاربری زمین و حمل و نقل به این مفهوم است که یک الگو با تراکم نسبتاً بالا از توسعه شهری تعریف شود که دارای ترکیبی متعادل از کاربری اراضی و یک محیط شهری قابل پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری است که افراد را تشویق می‌کند تا به جای استفاده از خودروی شخصی، پیاده‌روی کنند، دوچرخه‌سواری کنند یا از اشکال مختلف حمل و نقل عمومی استفاده کنند (Jain Singh et al., 2019, 267).

امروزه رشد جمعیت شهری در کنار توسعه کالبدی پراکنده، توزیع نامتوازن کاربری‌ها و تراکم، موجب افزایش فاصله سفرها و اتلاف وقت و انرژی شده است. در کنار پراکنده‌رویی شهری، یکی دیگر از محسوس‌ترین مشکلات سفر با خودروهای شخصی و فرم کنونی توسعه شهرها، افزایش ازدحام ترافیکی در مراکز شهری است (امیدی و صارمی، ۱۴۰۰، ۶۴). بنابراین با توجه به نقش پراهمیت توسعه حمل و نقل همگانی در توسعه اقتصادی پایدار شهری اتخاذ سیاست‌های مناسب در بخش حمل و نقل شهری به عنوان یکی از زمینه‌های اصلی رشد اقتصادی شهر، کاهش آلاینده‌های زیست محیطی، اختلاط کاربری‌ها و ... ضروری به نظر می‌رسد. در ایران توسعه شبکه حمل و نقل همگانی متناسب با افزایش جمعیت شهری نبوده و به‌ویژه در کلانشهرها و شهرهای حومه‌ای، عدم کفایت و ناکارآمدی شبکه حمل و نقل همگانی موجب افزایش بی‌رویه استفاده از وسایل نقلیه شخصی شده است. از سوی دیگر، بررسی کلی وضعیت سیستم حمل و نقل درون و برون شهری نشان‌دهنده ارتباط ضعیف آن با کانون‌های سکونت اشتغال و گذران اوقات فراغت است. آنچه که توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی نامیده می‌شود، تلاشی برای پیوند میان برنامه‌ریزی و توسعه شهری و حمل و نقل همگانی می‌باشد. در این سیاست، نقطه اصلی توجه و تمرکز، چهار سطح منطقه (شهر)، کریدور، پهنه‌های ایستگاهی و بلوک (قطعه) است که در صورت برقراری پیوند کالبدی و عملکردی اهداف مورد نظر در هماهنگی میان توسعه شهری و توسعه حمل و نقل همگانی را تأمین خواهند کرد (میرمقتدایی و باریکانی، ۱۳۹۶، ۹).

در طول قرن گذشته، با رشد حدود بیست‌برابری جمعیت کلانشهر تهران، مشکلات ترافیکی به یکی از چالش‌های اصلی در بیشتر روزهای سال تبدیل شده است. همچنین به گزارش سازمان بهداشت جهانی (۲۰۱۹) کلانشهر تهران به عنوان یکی از آلوده‌ترین شهرهای دنیا دارای مشکلات عدیده‌ای است؛ کمبود آب، مصرف بالای انرژی، وجود بافت‌های ناکارآمد شهری واقع در معرض خطر، خودرو محوری، نابرابری در دسترسی به خدمات حمل و نقل عمومی و فقدان فضاهای عمومی با کیفیت به میزان کافی از جمله این موارد هستند (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۹، ۱۸۸؛ صارمی و امیدی، ۱۴۰۲، ۱۶۱). بنابراین ضرورت توجه به سامانه حمل و نقل عمومی می‌بایست در اولویت برنامه‌ریزی‌ها قرار گیرد. این موضوع آن‌قدر اهمیت دارد که حتی در طرح جامع اول تهران (سال ۱۳۴۸) نیز ابعاد رویکرد توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی در آن مورد توجه قرار

گرفته بود. یکی از راهکارهای کلیدی برای کاهش ترافیک، کاهش سهم سفرهای درون شهری با خودروهای شخصی و جایگزینی آن با سایر روش‌های حمل‌ونقل است. این رویکرد در قالب توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی به عنوان یک راهکار مؤثر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این الگو که به عنوان یک روش نوین برای تغییر رفتار شهروندان و اصلاح ساختار فیزیکی شهرها با استفاده از فناوری‌های مرتبط با جمعیت و ساکنان شهری شناخته می‌شود، در بسیاری از کشورهای جهان به منظور کاهش مشکلات ترافیکی مورد استقبال گسترده‌ای قرار گرفته است. با گذشت بیش از دو دهه از راه‌اندازی مترو در تهران و با توجه به چشم‌انداز توسعه آتی آن، انتظار می‌رود که با تکیه بر اصول توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD)، از این زیرساخت به صورت بهینه‌تری برای بهبود دسترسی شهروندان به خدمات شهری استفاده شود (صارمی و امیدی، ۱۴۰۲، ۱۶۱).

از طرفی عدم توجه به نقش ایستگاه‌های مترو در توسعه نواحی شهری نه تنها سبب تقلیل اثرات مثبت شده بلکه خود می‌تواند سبب بروز چالش‌ها و مشکلات عدیده شود. در کلانشهر تهران گسترش سامانه‌های مترو، لزوم مدیریت و مکان‌یابی مناسب این ایستگاه‌ها را ضروری می‌سازد (خیرالدین و همکاران، ۱۳۹۲، ۱۶). این درحالی است که در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو در کلانشهر تهران کمتر ویژگی‌های بافت پیرامونی مترو مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین از آنجایی که ایستگاه‌های مترو می‌توانند نقش بسزایی در توسعه و رشد مناطق اطراف خود به ویژه در زمینه‌های اقتصادی ایفا کنند، اولویت‌بندی محدوده‌های ایستگاهی مترو متناسب با اصول توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی می‌تواند علاوه بر ارائه نتایج بدیع و نوآورانه، تحلیل مناسبی از فرصت‌ها، امکانات و محدودیت‌های پهنه‌های ایستگاهی مترو در آینده کند.

وعده توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی برای افزایش استفاده از حمل‌ونقل همگانی، افزایش توسعه اقتصادی، و ایجاد «احساس مکان» در گره‌های حمل‌ونقل به خوبی در ادبیات نظری تا به امروز مستند شده است (Baldwin Hess & A. Lombardi, 2004؛ دلایی میلان و خیرالدین، ۱۳۹۶؛ صارمی و امیدی، ۱۴۰۲؛ علی‌الحسابی و مرادی، ۱۳۸۹؛ Kamruzzaman et al., 2014). اما درحالی‌که ساخت سامانه‌های ریلی درون شهری در شهرهای بزرگ ایران در سال‌های اخیر، اهمیت بررسی مفهوم توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی را برجسته کرده، ابعاد مختلف این مفهوم برای استفاده از ظرفیت‌های این سامانه‌ها برای دستیابی به فرم‌های پایدارتر شهری در ادبیات طراحی و برنامه‌ریزی شهری تا به امروز مستتر بوده است و در اغلب موارد وضعیت یک یا چند ایستگاه مورد بررسی قرار گرفته و تحلیل یکپارچه از وضعیت تمام محدوده‌های ایستگاهی در کل ساختار حمل‌ونقل و دسترسی یک شهر صورت نگرفته است. ازسوی دیگر مطالعات اندکی تا به امروز به صورت تجربی گونه‌شناسی محدوده‌های ایستگاهی مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی را به روش کمی شناسایی کرده است و تحلیل و طبقه‌بندی از تمامی محدوده ایستگاه‌های واقع در یک شهر انجام نشده است. بنابراین وجه تمایز این پژوهش از سایر پژوهش‌های مشابه در جامعیت آن در بررسی تمامی محدوده‌های ایستگاهی در کلانشهر تهران و اولویت‌بندی آن‌ها براساس اصول و معیارهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی این محدوده‌ها در آینده است. درواقع براساس اولویت‌بندی ارائه شده در این تحقیق مشخص خواهد شد کدام یک از محدوده‌ها برای تبدیل شدن به یک محدوده ایستگاهی از ظرفیت بیشتری برخوردار است. بنابراین، هدف اصلی پژوهش حاضر این است که با توجه به اصول و معیارهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی در شعاع عملکردی محدوده ایستگاه‌های متروی تهران (شعاع ۸۰۰ متری) میزان تناسب این محدوده‌ها جهت پیاده‌سازی معیارهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی را مورد بررسی قرار دهد. بنابراین دو سؤال اصلی از این قرار است:

- شاخص‌ها و عوامل توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی در شعاع عملکردی محدوده ایستگاه‌های

متروی تهران (شعاع ۸۰۰ متری) کدام‌اند؟

- محدوده ایستگاه‌های متروی تهران جهت پیاده‌سازی معیارهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی در چه وضعیتی قرار دارند؟

به‌منظور پاسخگویی به این سؤالات، در گام نخست متون نظری مرتبط با توسعه حمل‌ونقل همگانی مرور شده و گونه‌بندی‌های ارائه‌شده به‌منظور طبقه‌بندی محدوده‌های ایستگاهی ارائه شده و شاخص مکانی مربوط به آن از مبانی نظری استخراج شده است. در گام دوم در محدوده ایستگاه‌های متروی کلانشهر تهران وضعیت این شاخص‌ها مورد بررسی قرار گرفته و از طریق تحلیل عاملی عوامل اصلی به‌منظور طبقه‌بندی محدوده‌های ایستگاهی شناسایی شده است. در گام سوم با استفاده از تحلیل خوشه‌ای محدوده ایستگاه‌های متروی کلانشهر تهران سطح بندی شده تا مشخص شود هرکدام ایستگاه‌ها به‌منظور توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی در چه وضعیتی قرار می‌گیرند.

پیشینه تحقیق

توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) نشان‌دهنده یک رویکرد یکپارچه برای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و کاربری زمین است (Schlossberg & Brown, 2004, 34). توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی، برنامه‌ریزی و طراحی استراتژیک برای اطمینان از توسعه شهری فشرده، با کاربری مختلط، سازگار با عابر پیاده و دوچرخه، و توسعه شهری مناسب و متراکم که در اطراف ایستگاه‌های حمل‌ونقل سازماندهی شده است. توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی از این ایده استقبال می‌کند که مکان‌یابی امکانات، مشاغل، کسب‌وکار و مسکن در اطراف مراکز حمل‌ونقل، استفاده از حمل‌ونقل و سفرهای غیر موتوری را ارتقا می‌دهد. توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی زمانی که به‌صورت مطلوب برنامه‌ریزی شود، فراگیر خواهد بود (Salat & Ollivier, 2007). حدود بیست و پنج سال پیش، پیترو کلتورپ^۱ اصطلاح «توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی» را در کلانشهرهای جدید آمریکا، «کتابی درمورد بوم‌شناسی جوامع» ابداع کرد. کلتورپ و نیو اربنیست‌های^۲ همفکر خود با تأکید بر تراکم، قابلیت پیاده‌روی، فضای عمومی و کاربری مختلط، چشم‌انداز خاصی از جامعه را با ویژگی‌های مقرون‌به‌صرفه بودن، سازگاری با محیط‌زیست، و با کیفیت زندگی برتر ترویج کردند. آن‌ها استدلال کردند که دسترسی به حمل‌ونقل ریلی نقش اساسی در ظهور چنین شیوه‌ای از زندگی شهری ایفا می‌کند (Jamme & Banerjee, 2019, 409). کلتورپ توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی را به‌عنوان یک راهنمای نئو سنتی برای طراحی یک اجتماع پایدار می‌دید (Carlton, 2009, 1) که در آن، نیاز به توسعه انتزاعی برنامه‌های کاربری زمین و طرح توسعه، دستورالعمل‌های طراحی نمای خیابان، سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی اولویت‌دار و برنامه مالی وجود دارد. طرح‌ها باید شامل انواع مسکن قابل استطاعت، کاربری‌های تجاری، جاذبه‌های تجاری و مختلط باشند. با این حال، آن‌ها باید به اندازه کافی انعطاف‌پذیر باشند تا امکان خلاقیت، اصالت و قابل استطاعت بودن را فراهم کند (Jeihani & Zhang, 2013, 4).

گونه‌شناسی مناطق با استفاده از اصول توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی

گونه‌شناسی مناطق با استفاده از اصول توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی، فرایندی است برای اولویت‌بندی مکانی و زمانی تعیین انواع سرمایه‌گذاری‌های مناسب در جوامع مختلف و هدایت آن سرمایه‌گذاری‌ها. این گونه‌شناسی ابزاری برای طبقه‌بندی و تمایز جوامع مبتنی بر حمل‌ونقل در یک شهر با گروه‌بندی آن‌ها براساس ویژگی‌های مشترک فراهم می‌کند. یک گونه‌شناسی با هدف ایجاد یک چشم‌انداز آرمانی از

کاربری‌های آبی زمین، اولویت‌بندی ایستگاه‌ها برای سرمایه‌گذاری، ارائه دستورالعمل‌ها و اقدامات برای اجرا، و اندازه‌گیری عملکرد براساس طیف وسیعی از معیارها است (Salat & Ollivier, 2007). لذا در ادامه مهم‌ترین مطالعات انجام‌گرفته در رابطه با گونه‌شناسی محدوده‌های ایستگاهی مورد بررسی قرار گرفته است:

سرورو و کوکلمن^۴ (1997) با تکیه بر پارادایم روستای مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی^۵، فرضیه سه بعدی را فرموله کردند. آن‌ها تراکم، تنوع و طراحی را به عنوان پیشران‌های ضروری در محیط ساخته‌شده برای کاهش تمایل برای استفاده از وسیله نقلیه و افزایش استفاده از حمل‌ونقل همگانی مطرح کردند. به عبارت دیگر، آن‌ها مفهوم توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی را به عنوان یک ابزار برنامه‌ریزی عملیاتی کردند (Jamme, 2019, 415). هدف اصلی روش تدوین‌شده در این مطالعه، میزان اثرگذاری هریک از ابعاد و معیارهای تدوین‌شده بر کاهش وابستگی به خودروی شخصی است و برای سنجش این میزان، از معیار مسافت طی‌شده استفاده شده است. تأثیرگذارترین معیارهای برنامه‌ریزی و طراحی بر کاهش وابستگی به خودرو شخصی که توسط سرورو و کاکلمن ارائه شده عبارت‌اند از: تراکم جمعیتی، دسترسی، اختلاط کاربری‌ها، اختلاط عمودی، دسترسی به خدمات محلی، قابلیت پیاده‌روی، تقاطع‌های چهارراهی، شکل بلوک و پارکینگ حاشیه‌ای (Cervero & Kockelman, 1997).

ادوینگ و سرورو، در سال ۲۰۱۰، مطالعات خود را با تعریف ابعاد مؤثر بر افزایش استفاده از حمل‌ونقل همگانی و پیاده‌روی برای سفرهای درون‌شهری، تکمیل کرد. ابعاد مطرح‌شده، شامل پنج بعد «تراکم»، «تنوع»، «طراحی»، «دسترسی» و «فاصله تا حمل‌ونقل همگانی»^۶ است. تأثیر ابعاد ارزیابی مطرح‌شده در این مطالعه با استفاده از نتایج مدلسازی ریاضی بر هریک از شیوه‌های سفر به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است (Ewing & Cervero, 2010):

مطابق با نتایج این مطالعه، «فاصله تا مرکز شهر» و «دسترسی به مشاغل با خودروی شخصی» در ارتباط با بعد دسترسی و «تراکم تقاطع‌ها» و «درصد تقاطع‌های چهارراهی» در ارتباط با بعد طراحی، بیشترین تأثیر را در کاهش مسافت طی‌شده توسط خودرو شخصی داشته‌اند. در بین معیارهای ارزیابی ارائه‌شده، «تراکم تقاطع‌ها» در ارتباط با بعد طراحی، و «دسترسی به خرده‌فروشی‌ها» و «اختلاط کاربری» در ارتباط با بعد تنوع، به ترتیب بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد سفرهای پیاده و دوچرخه دارند. در بین معیارهای ارائه‌شده، «فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه حمل‌ونقل همگانی» در ارتباط با بعد فاصله تا حمل‌ونقل همگانی و «درصد تقاطع‌های چهارراهی» و «تراکم تقاطع‌ها» در ارتباط با بعد طراحی، به ترتیب بیشترین تأثیر را در افزایش استفاده از حمل‌ونقل همگانی دارند.

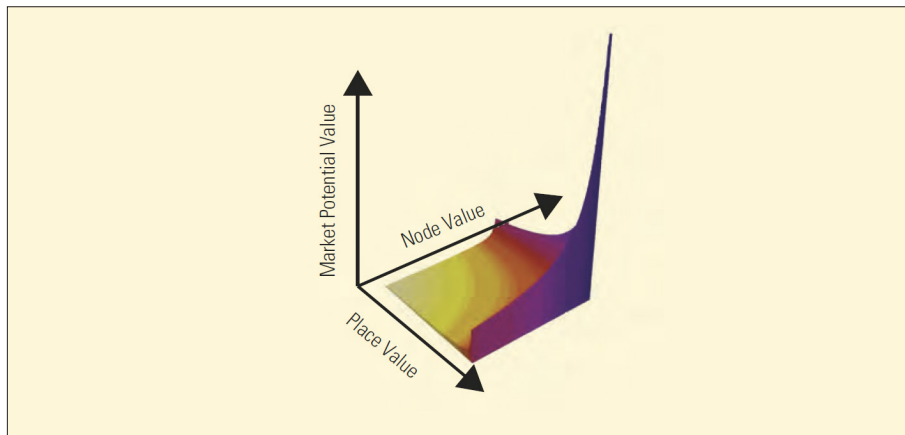
به‌طور کلی، نتایج مطالعات سرورو نشان می‌دهد که هریک از ابعاد تعریف‌شده برای برنامه‌ریزی و طراحی محیط انسان‌ساخت، به تنهایی تأثیر چندانی در کاهش وابستگی به خودرو و افزایش استفاده از شیوه‌های حمل‌ونقل پایدار ندارند. رعایت آن‌ها در کنار یکدیگر در برنامه‌ریزی و طراحی جوامع شهری منجر به دستیابی به اهداف توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی و سایر رویکردهای مرتبط با آن خواهد شد.

مطالعات جیم و بنرجی^۸ چارچوب ۶ دی^۹ را به عنوان چارچوب عملیاتی پیشنهاد می‌دهد که شامل این معیارها می‌شود: (۱) تراکم^{۱۰}، یعنی افزایش سکونت و فعالیت در نزدیکی ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی. (۲) تنوع^{۱۱}، یعنی ترکیب کاربری زمین از مسکن، فعالیت‌های خرده‌فروشی، خدمات پشتیبان، و فضای عمومی در فاصله پیاده‌روی از ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی. (۳) طراحی مناسب برای عابر پیاده^{۱۲}. (۴) دسترسی‌پذیری به مقصد^{۱۳}، یعنی دسترسی مناسب به شبکه حمل‌ونقل منطقه‌ای. (۵) فاصله تا حمل‌ونقل^{۱۴}، یعنی دسترسی به ایستگاه حمل‌ونقل که به مسئله پیاده‌روی نیز مربوط می‌شود و (۶) مدیریت تقاضا^{۱۵} از طریق کاهش پارکینگ

در نزدیکی ایستگاه حمل و نقل عمومی (Jamme & Banerjee, 2019, 415).

سلات و اولویر چارچوب ۳ ارزشی یا چارچوب ۳ وی^۶ را برای گونه‌شناسی محدوده‌ها ایستگاهی ارائه می‌دهند. این چارچوب رویکردهای بین‌المللی را براساس مدل گره/مکان یا مدل بازار/ مکان با شناسایی سه مقداری که می‌تواند ویژگی‌های یک ایستگاه حمل و نقل را مشخص کند، با هم ادغام می‌کند (شکل ۱) (Salat & Ollivier, 2007, 5):

- **ارزش گره^۷**، اهمیت یک ایستگاه در شبکه حمل و نقل عمومی را براساس حجم ترافیک مسافری، چندوجهی بودن و مرکزیت آن در شبکه دسترسی توصیف می‌کند. مقادیر گره از طریق یک شاخص ترکیبی اندازه‌گیری می‌شود.
- **ارزش مکانی^۸**، کیفیت شهری یک مکان و جذابیت آن را از نظر امکانات رفاهی، مدارس و مراقبت‌های بهداشتی، نوع توسعه شهری؛ دسترسی محلی به نیازهای روزانه با پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری؛ کیفیت بافت شهری اطراف ایستگاه، به‌ویژه قابلیت دسترسی عابران پیاده، اندازه کوچک بلوک‌های شهری، شبکه‌بندی ظریف خیابان‌های متصل که محله‌های پیر جنب و جوشی را ایجاد می‌کنند. و الگوی مختلط کاربری زمین را توصیف می‌کند. ارزش مکانی از طریق یک شاخص ترکیبی اندازه‌گیری می‌شود.
- **ارزش بالقوه بازار^۹** به ارزش تحقق‌نیافته بازار در محدوده‌های ایستگاهی اشاره دارد. این ارزش از طریق تحلیل بازار (مطالعه تقاضا و عرضه) به دست می‌آید و از طریق یک شاخص ترکیبی که شامل محرک‌های اصلی تقاضا از جمله تراکم انسانی فعلی و آتی (سکونت به اضافه اشتغال) است و تعداد فعلی و آینده مشاغل قابل دسترسی از طریق حمل و نقل با فاصله ۳۰ دقیقه از ایستگاه، اندازه‌گیری می‌شود. محرک‌های اصلی عرضه نیز شامل زمین قابل توسعه، تغییرات بالقوه در منطقه‌بندی (مانند تراکم‌های ساختمانی^{۱۰})، و سرزندگی بازار می‌شود. نگاه این رویکرد به جای عقب نگاه کردن، رو به جلو است.



شکل ۱. همگام سازی ارزش های بالقوه گره، مکان و بازار

منبع: Salat & Ollivier, 2007

دستورالعمل راهنمای استاندارد توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی^{۱۱}، در سال ۲۰۱۳، توسط مؤسسه سیاست‌گذاری حمل و نقل و توسعه و در قالب ۸ اصل برای ارزیابی محیط انسان‌ساخت در محلات شهری ارائه شده که در آن، به معیارهای ارزیابی امتیازدهی شده و مجموع امتیازات برابر ۱۰۰ است. این دستورالعمل

در سال ۲۰۱۷ به روز رسانی شده و تعدادی از معیارهای ارزیابی و امتیاز اختصاص داده شده به هریک تغییر پیدا کرده است. اصول و معیارهای ارزیابی این روش و امتیاز مربوط به هرکدام در جدول (۱) نمایش داده شده است (Institute for Transportation & Development Policy, 2017).

جدول ۱. اصول و معیارهای ارزیابی راهنمای استاندارد توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی

اصول	معیار	امتیاز
دسترسی به حمل و نقل همگانی	-	شرط لازم
تراکم	تراکم غیر مسکونی	۷
	تراکم مسکونی	۸
فشرده‌گی	سایت‌های توسعه یافته شهری	۸
	تسهیلات متنوع حمل و نقل همگانی	۲
اختلاط	تبادل بین نحوه اختلاط کاربری‌ها	۸
	دسترسی به مراکز تأمین مایحتاج روزانه	۳
	دسترسی به پارک‌ها و زمین‌های بازی	۱
	مساکن استطاعت‌پذیر ^{۲۲}	۸
	حفاظت از ساکنان بومی	۳
	حفاظت از مشاغل و خدمات بومی و محلی	۲
	پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای	۸
تغییر نگرش در طراحی	ورودی‌های سواره مختص به گاراژها و پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای	۱
	مساحت اختصاص داده شده به سواره	۶
	پارکینگ دوچرخه در ایستگاه حمل و نقل همگانی	۱
اتصال شبکه خیابان‌ها	بلوک‌های کوچک	۱۰
	تقاطع‌های پیاده‌مدار	۵
	مسیرهای دوچرخه	۲
	پارکینگ دوچرخه در ایستگاه حمل و نقل همگانی	۱
شبکه پیاده‌روی	پارکینگ دوچرخه در ساختمان‌ها	۱
	دسترسی دوچرخه به ساختمان‌ها	۱
	وضعیت پیاده‌روها	۳
	وضعیت گذرگاه‌های عابر پیاده	۳
	فعال بودن بصری طبقه همکف ^{۲۳}	۶
	نفوذپذیری فیزیکی طبقه همکف	۲
	وضعیت سایه‌اندازی	۱

منبع: Institute for Transportation & Development Policy, 2017

راهنمای مرکز توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی در سال ۲۰۱۰ میلادی توسط مرکز توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی^{۲۴} تدوین و منتشر شده و در آن با استفاده از دو معیار به ارائه گونه‌شناسی پهنه‌های ایستگاهی پرداخته شده است. این دو معیار عبارت‌اند از: «وسیله یا مایل طی شده سالیانه خانوار» و «میزان تعادل کار و سکونت». این دو معیار در محدوده ایستگاهی (محدوده‌ای به شعاع ۸۰۰ متر در اطراف ایستگاه حمل و نقل همگانی) اندازه‌گیری شده و براساس مقادیر آن‌ها گونه ناحیه ایستگاهی مورد نظر مشخص شد. میزان تعادل بین کار و سکونت از رابطه زیر به دست می‌آید (9, 2010, The Center for Transit-Oriented Development):

$$\text{تعداد شاغلین در محدوده ایستگاهی} = \frac{\text{میزان تعادل کار و سکونت}}{(\text{تعداد ساکنین در محدوده ایستگاهی} + \text{تعداد شاغلین در محدوده ایستگاهی})}$$

برای به دست آوردن مقدار وسیله یا مایل طی شده سالیانه خانوار از یک تحلیل رگرسیونی چند متغیره استفاده شده است. بدین صورت که متغیرهای نرخ مالکیت خودرو، میزان استفاده از خودرو و میزان استفاده از حمل و نقل همگانی به عنوان متغیرهای وابسته و متغیرهای درآمد خانوار، بعد خانوار، تعداد شاغل به ازای هر خانوار، زمان سفر تا محل کار (به تفکیک خودروی شخصی و حمل و نقل همگانی)، تراکم خانوار، اندازه بلوک، میزان دسترسی به حمل و نقل همگانی و میزان دسترسی به شغل به عنوان متغیرهای مستقل در این تحلیل وارد می‌شوند و در نهایت، خروجی آن مقدار وسیله یا مایل طی شده سالیانه خانوار خواهد بود. نقاط شکست و طبقه‌بندی این دو معیار در گونه‌شناسی ارائه شده برای معیار وسیله یا مایل سالیانه خانوار به ۵ دسته و معیار میزان تعادل کار و سکونت به ۳ دسته تقسیم می‌شود. بنابراین ۱۵ گونه محدوده ایستگاهی می‌تواند وجود داشته باشد (شکل ۲) (9, 2010, The Center for Transit-Oriented Development).



شکل ۲. گونه‌شناسی پهنه‌های ایستگاهی پیشنهادی در راهنمای گونه‌شناسی مرکز توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی

منبع: Center for Transit Oriented Development, 2010

در این راهنما پس از ارائه گونه‌شناسی پیشنهادی، تعداد ۳۷۶۰ محدوده ایستگاهی در ۳۹ منطقه از ایالات متحده آمریکا مورد بررسی قرار گرفته و پس از محاسبه دو معیار گونه‌شناسی برای هرکدام، گونه هریک مشخص شده است.

در تلاشی دیگر به منظور تعیین استاندارد و چارچوبی برای امتیازدهی و رتبه‌بندی میزان انطباق با اصول توسعه حمل‌ونقل عمومی محور، مرکز پژوهشی سیاست‌های شهری و منطقه‌ای دوکاکیس^{۲۵} وابسته به دانشگاه نورث ایسترن ایالات متحده در سال ۲۰۱۳ چارچوبی را تحت عنوان «نظام رتبه‌بندی عملکرد توسعه حمل‌ونقل عمومی محور منصفانه»^{۲۶} معرفی کرد. این چارچوب به جای ارزیابی پروژه‌ها، میزان انطباق با اصول TOD را در سطح نواحی اطراف ایستگاه‌ها مورد ارزیابی قرار می‌دهد. ازجمله دیگر وجوه تمایز این رویکرد توجه خاص به عادلانه و منصفانه^{۲۷} بودن دسترسی به حمل‌ونقل عمومی است. در این رویکرد، مسافت طی شده با خودروی هر خانوار^{۲۸} به عنوان شاخص اصلی ارزیابی عملکرد حمل‌ونقل عمومی محور در نظر گرفته شده و مناطقی که در وضع موجود آن‌ها مقدار این شاخص کم است، به عنوان نقاط بهینه برای توسعه حمل‌ونقل عمومی محور معرفی شده‌اند. چارچوب امتیازدهی پیشنهادی دوکاکیس ۳ بخش مفهوم توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی را برای ارزیابی مدنظر قرار می‌دهد (Pollack et al., 2013):

- وجود سامانه حمل‌ونقل عمومی (و سایر روش‌های حمل‌ونقل غیرخودرویی) و کیفیت آن‌ها؛
- محوریت «محلات حمل‌ونقل عمومی محور»؛ و
- خصوصیات و ویژگی‌های توسعه در محلات مجاور ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی محور.

این چارچوب شامل معیارها و شاخص‌هایی در هریک از این سه بخش است. مجموعه این شاخص‌ها در قالب شاخصی جامع در مقیاس ۵۰ تجمیع می‌شوند و براساس آن مناطق در چهار دسته حمل‌ونقل عمومی محور^{۲۹} (امتیاز بالاتر از ۴۰)، پشتیبان حمل^{۳۰} (امتیاز ۳۰ الی ۴۰)، مرتبط با حمل‌ونقل عمومی^{۳۱} (امتیاز ۲۰ الی ۳۰) و مجاور سامانه حمل‌ونقل عمومی^{۳۲} (امتیاز کمتر از ۲۰) طبقه‌بندی می‌شوند (Pollack et al., 2013). علاوه بر بررسی ابعاد و معیارهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی در مراجع جهانی، «راهنمای ملی توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی» نیز به عنوان مهم‌ترین راهنمای ملی مورد بررسی قرار گرفته است. راهنمای ملی توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی در سال ۱۳۹۶ با همکاری معاونت حمل‌ونقل وزارت راه و شهرسازی، شورای عالی شهرسازی و معماری ایران و مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی وزارت راه و شهرسازی تهیه شده است. راهنمای ملی توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی در واقع تعیین‌کننده رویکرد جدیدی برای طرح‌های توسعه و عمران در کشور است. اصول و معیارهای این راهنما برای توسعه‌های مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی به شرح جدول (۲) ارائه شده است (میرمقتدایی و باریکانی، ۱۳۹۶):

جدول ۲. اصول و معیارهای راهنمای ملی توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی

معیار	اصول
ایمنی و پیوستگی مسیر عابر پیاده	حرکت پیاده
فعالیت و سرزندگی قلمرو پیاده	
برقراری آسایش اقلیمی در قلمرو پیاده	
ایمنی و پیوستگی مسیر عبور دوچرخه	استفاده از دوچرخه
فضای کافی برای توقف و نگهداری دوچرخه‌ها	
وجود فضای مناسب برای حمل دوچرخه در ناوگان حمل‌ونقل همگانی	

اصول	معیار
ایجاد هم‌پیوندی	مسیرهای کوتاه، مستقیم و متنوع برای عبور پیاده و دوچرخه
	دسترسی مناسب عابر پیاده و دوچرخه به حمل‌ونقل همگانی
بهره‌گیری مطلوب از حمل‌ونقل همگانی	پوشش کامل شبکه حمل‌ونقل همگانی
	سرفاصله زمانی مناسب حمل‌ونقل همگانی
	یکپارچگی سیستم حمل‌ونقل همگانی
	دسترسی پیاده به ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی انبوه
ایجاد آمیختگی	اختلاط کاربری‌ها و وجود عملکردهای مورد نیاز در جوار ایستگاه حمل‌ونقل همگانی
	امکان دسترسی ساکنان مناطق مسکونی به حمل‌ونقل همگانی انبوه بر به‌نحوی که گروه‌های کم‌درآمد مسیر سفر روزانه کوتاه‌تری داشته باشند
	تأمین فضای باز به‌عنوان یکی از کاربری‌های ضروری مهم
تعدیل تراکم	بالا تر بودن تراکم نسبی فضای کار و سکونت در نزدیکی ایستگاه حمل‌ونقل همگانی در مقایسه با نواحی مجاور و رعایت هماهنگی با بافت‌های مجاور
ایجاد فشردگی	اولویت توسعه شهری در نواحی موجود شهر
	طراحی توسعه فشرده در اطراف ایستگاه حمل‌ونقل همگانی
تغییر رویکرد رایج در طراحی	به حداقل رساندن فضای عبور و توقف خودرو شخصی و به حداکثر رساندن استفاده از حمل‌ونقل همگانی انبوه در معابر
	طراحی معابر اطراف ایستگاه‌ها به نفع حمل‌ونقل همگانی

منبع: میرمقتدایی و باریکانی، ۱۳۹۶

مدل مفهومی تحقیق

درک مکان، زمان و چگونگی ایجاد ارزش بالقوه نیاز به ابزارهایی دارد که به تمایز فرصت‌های موجود ایستگاه‌های مختلف در شبکه حمل‌ونقل عمومی کمک می‌کند. بهبود حمل‌ونقل در یک مکان، شرایط مساعد برای توسعه آن ایجاد می‌کند و همچنین توسعه یک مکان شرایط مساعد برای توسعه بیشتر سیستم حمل‌ونقل را ایجاد می‌کند (Salat & Ollivier, 2007, 4). بنابراین می‌توان گفت توسعه حمل‌ونقل همگانی با موضوع توسعه مکان در یک ارتباط دوسویه قرار می‌گیرد. حال با این تفاسیر سؤال اصلی این است که هرکدام از محدوده‌های ایستگاهی برای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی در چه وضعیتی قرار می‌گیرند. به‌منظور پاسخگویی به این سؤال لازم است محدوده‌های ایستگاهی برای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی گونه‌شناسی شوند.

مزیت گونه‌شناسی در این است که محدوده‌های ایستگاهی را براساس مناسب بودن آن‌ها برای انطباق با توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی متمایز می‌کند، سیاست‌های عمومی را برای حمایت از برخی از گونه‌های متمایز محدوده‌های ایستگاهی طبقه‌بندی می‌نماید، جهت‌گیری پهنه‌بندی و کاربری‌های آینده زمین و اولویت‌بندی ایستگاه‌ها برای سرمایه‌گذاری را ارائه می‌دهد. لذا در ادامه با توجه به پیشینه تحقیق، مدل مفهومی این مقاله در قالب ۳ بخش اصلی ارائه شده است: بخش اول شامل مطالعات صورت‌گرفته به‌منظور

گونه‌شناسی توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی می‌شود که شامل معیارها و شاخص‌های مختلف گونه‌شناسی محدوده‌های ایستگاهی است. از طریق استخراج ۴۲ شاخص مکانی از بخش اول، در قالب بخش دوم و از طریق تحلیل عاملی اکتشافی، عوامل اصلی به گونه‌شناسی محدوده‌های ایستگاهی واقع در کلانشهر تهران معرفی شده است. در قالب بخش سوم و از طریق تحلیل خوشه‌ای، ۶ خوشه بر مبنای مشابهت میان عوامل مشخص شده و وضعیت هریک از خوشه‌ها به منظور توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی تشریح شده است (شکل ۳).



شکل ۳. مدل مفهومی تحقیق

روش‌شناسی تحقیق

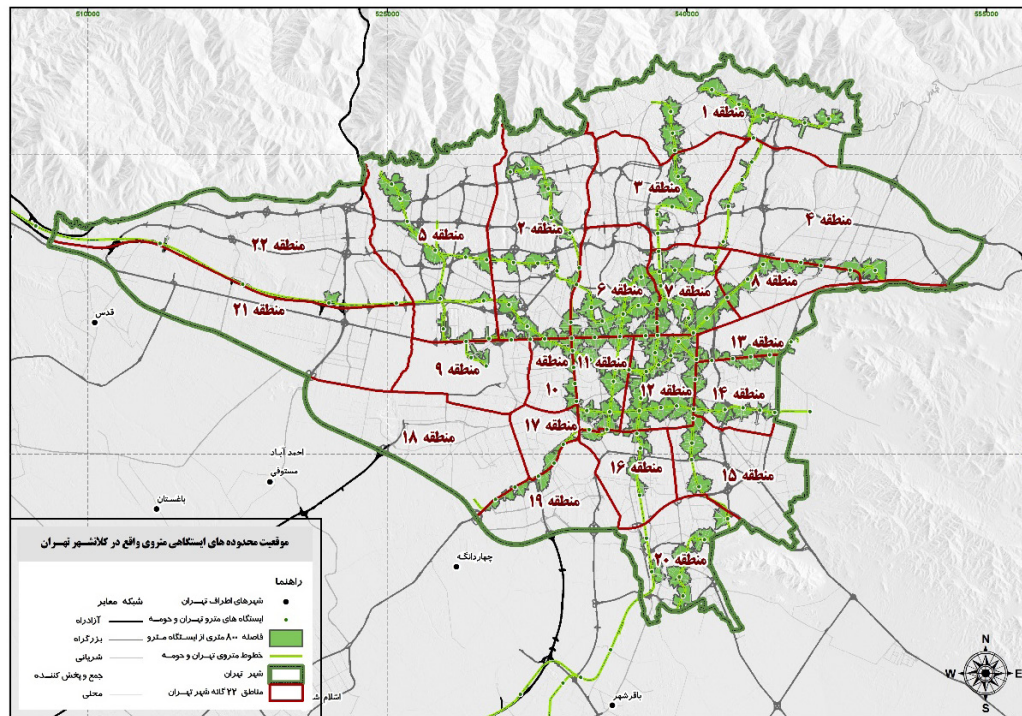
معرفی بررسی موردی پژوهش (محدوده‌های ایستگاهی متروی واقع در کلانشهر تهران)

کلانشهر تهران به عنوان پایتخت ایران و پرجمعیت‌ترین شهر کشور بر طبق آخرین سرشماری نفوس و مسکن ۸۶۹۳۷۰۶ نفر جمعیت را در خود جای داده است. بهره‌برداری از اولین ایستگاه مترو در سال ۱۳۷۸ با اتصال بخش غربی خط ۲، از ایستگاه صادقیه (تهران) تا امام خمینی (ره) اتفاق افتاد. اکنون با گذشت حدود ۳ دهه از شروع توسعه مترو در شهر تهران در حال حاضر ۱۳۷ ایستگاه متروی در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران قرار گرفته است (اعم از فعال، غیرفعال و در حال اجرا) که در این بین منطقه ۱۲، منطقه ۲ و منطقه ۱۱ بیشترین سهم را از ایستگاه‌های متروی واقع در شهر تهران دارند.

متون علمی و گزارش‌های منتشرشده در زمینه توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی عمدتاً شعاع قلمرو جغرافیایی آن را بین ۲۵٪ تا ۵٪ مایل (۴۰۰ متر الی ۸۰۰ متر) در نظر گرفته‌اند. به‌طور کلی شعاع TOD حداکثر

فاصله‌ای است که شهروندان حاضرند برای دسترسی به سامانه حمل‌ونقل عمومی پیاده‌روی کنند و این میزان عموماً فاصله‌ای در نظر گرفته شده که حداکثر با ۱۰ دقیقه پیاده‌روی قابل پیمودن باشد (O'Sullivan, 2012). از نظر کلتروپ توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی به محدوده‌ای با کاربری مختلط در فاصله متوسط ۲۰۰۰ فوت (یا ۱۰ دقیقه) پیاده‌روی از یک ایستگاه حمل‌ونقل و یا منطقه تجاری اطلاق می‌شود. چنین نواحی «منطقه‌های مسکونی، خرده‌فروشی، کاربری اداری، فضای باز و کاربری‌های عمومی را در یک محیط قابل پیاده‌روی ترکیب می‌کند و باعث می‌شود ساکنان و شاغلین بتوانند با حمل‌ونقل عمومی، دوچرخه، پیاده یا ماشین سفر کنند» (Baldwin Hess & A. Lombardi, 2004; 26 Jamme & Banerjee, 2019, 411).

براین مبنا می‌توان گفت پهنه ایستگاهی با مرکزیت ایستگاه مترو تعریف شده و اراضی محیط بر آن را تا شعاع ۸۰۰ متر را شامل می‌شود. از آنجاکه در محدوده پهنه ایستگاهی امکان دسترسی به صورت پیاده و یا با استفاده از وسایل تردد غیر موتوری به یکی از انواع حمل‌ونقل همگانی وجود دارد، این پهنه نسبت به پسرانه خود از مزیت بیشتری برای محقق کردن سیاست «توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی» برخوردار است (میرمقتدایی و باریکانی، ۱۳۹۶، ۶). در ادامه با توجه به قرارگیری ۱۳۷ ایستگاه واقع در محدوده شهر تهران با توجه به اطلاعات مکانی مرکز آمار و رصد شهری شهرداری تهران با استفاده از تحلیل شبکه^{۳۳}، فاصله ۸۰۰ متری زمینی از هریک از ایستگاه‌های فوق مشخص و بر روی نقشه شهر تهران ترسیم شده است. این محدوده‌ها در ادامه با استفاده از شاخص‌ها و عوامل فضایی تعریف شده مورد بررسی قرار گرفته و در قالب خوشه‌های مشخص طبقه‌بندی شده‌اند (شکل ۴).



شکل ۴. موقعیت محدوده‌های ایستگاهی متروی واقع در کلانشهر تهران

معرفی روش‌های مورد استفاده در تحقیق

رنه و ولز^{۳۴} (2005) در گزارش خود در مورد اندازه‌گیری توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی به این نتیجه

رسیدند که کمبود ابزار جامع برای اندازه‌گیری کمی سطوح آن وجود دارد و اندازه‌گیری این سطوح به برنامه‌ریزی بهتر کمک خواهد کرد (Jain Singh et al., 2014, 130). اما از آنجایی که توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی ذاتاً یک مفهوم فضایی است، برنامه‌ریزی و ارزیابی آن باید با استفاده از تحلیل‌های فضایی انجام شود (Jain Singh et al., 2019, 268). بنابراین تحلیل‌های انجام شده در این تحقیق با استفاده از تحلیل شاخص‌های فضایی انجام گرفته است. با توجه به هدف پژوهش که استخراج عوامل اصلی توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی به منظور گونه‌شناسی محدوده‌های ایستگاهی در شهر تهران است، یکی از بهترین ابزارهایی که امکان دسته‌بندی شاخص‌ها و طبقه‌بندی نمونه‌ها را خواهد داد، روش‌های تحلیل عاملی اکتشافی و تحلیل خوشه‌ای است که در ادامه این روش‌ها تشریح شده‌اند:

۱- تحلیل عاملی اکتشافی^{۳۵}

روش تحلیل عاملی اکتشافی در مواردی به کار می‌رود که هدف، کشف یا شناسایی ابعاد پنهان تشکیل دهنده یک پدیده خاص باشد. در این روش، متغیرهای تبیین‌کننده پدیده مورد مطالعه، پس از بررسی ادبیات نظری و تجربی مرتبط استخراج می‌شوند. سپس محقق با استفاده از این روش، متغیرهای متعددی را که نشانگر پدیده مورد بررسی هستند به تعداد کمتری از ابعاد پنهان (عوامل) تقلیل می‌دهد. هریک از این عوامل، مجموعه‌ای از متغیرهای مرتبط با موضوع مطالعه را دربرمی‌گیرند. عوامل استخراج شده از این طریق، به عنوان مؤلفه‌های مناسب برای تبیین و تفسیر پدیده مورد نظر عمل می‌کنند. در تحلیل عاملی اکتشافی، محقق از قبل اطلاع دقیقی ندارد که چند عامل از داده‌ها در مطالعه موردی او استخراج خواهند شد یا ترکیب این عوامل (یعنی تعلق متغیرها به هر عامل) چگونه خواهد بود. فرایند تحلیل عاملی اکتشافی شامل مراحل مشخص و خطی است که در آن‌ها محقق باید تصمیم‌های مهمی اتخاذ کند. بنابراین، تعیین مسیر تصمیم‌گیری در این فرایند از اهمیت بالایی برخوردار است. مراحل شش‌گانه‌ای شناسایی متغیرها یا شاخص‌های تبیین‌کننده موضوع، کنترل تناسب داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی، تعیین روش و تعداد عواملی که باید استخراج کرد، انتخاب روش دوران عوامل، تفسیر و نامگذاری عوامل و محاسبه امتیازات عاملی مسیر تصمیم‌گیری را برای انجام تحلیل عاملی اکتشافی در حوزه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای نشان می‌دهد (زبردست، ۱۳۹۶، ۶).

۲- تحلیل خوشه‌ای^{۳۶}

درک و تمایز تنوع در ویژگی‌های یافت شده در بین نمونه‌ها هدف اصلی تحلیل خوشه‌ای است. برای دستیابی به این هدف، شناسایی گروه‌هایی از داده‌ها با ویژگی‌های مشابه برای ابعاد (عوامل) مختلف، بدون توجه به موقعیت مکانی آن ضروری است. یک تحلیل خوشه‌ای تجربی، روشی برای ترکیب مشاهدات در گروه‌ها براساس شباهت آن‌ها در مجموعه‌ای از ویژگی‌های از پیش تعیین شده، برای تسهیل شناسایی انواع نمونه‌ها انجام می‌شود. تحلیل خوشه‌ای برای طبقه‌بندی نمونه‌ها به انواع نمونه‌های مختلف براساس شباهت‌ها و تفاوت‌های مقادیر تحلیل عاملی به دست آمده استفاده می‌شود، به گونه‌ای که هر نمونه از نظر داخلی تا حد امکان مشابه اما از نظر خارجی متفاوت با انواع محله‌های دیگر باشد (Song & Knapp, 2007, 11). درواقع تحلیل خوشه‌ای برای جستجوی گروه‌هایی از نمونه‌ها که برخوردار از سطوح مشابهی از توسعه هستند، استفاده می‌شود. این روش به عنوان یک تکنیک مناسب برای گروه‌بندی نمونه شناخته شده است و به طور گسترده در علوم مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. برای اولین بار روش‌های مختلف سلسله‌مراتبی برای تعیین تعداد خوشه‌های نمونه‌ها به کار گرفته شده است. یک روش خوشه‌ای غیر سلسله‌مراتبی (K-means)

نیز وجود دارد که با استفاده از مراکز خوشه، بهترین راه حلّ سلسله‌مراتبی را برای «تنظیم دقیق» می‌یابد و بهترین روش برای خوشه‌بندی نمونه‌ها را استخراج می‌کند (Oliveira Soares et al., 2003, 130-131).

یافته‌های تحقیق

طبقه‌بندی شاخص‌های اندازه‌گیری از طریق تحلیل عاملی اکتشافی

معرفی شاخص‌های اندازه‌گیری متغیرها یکی از مراحل اساسی در فرایند پژوهش است، زیرا این شاخص‌ها تعیین می‌کنند که چگونه متغیرهای مورد مطالعه سنجیده و ارزیابی خواهند شد. شاخص‌های اندازه‌گیری ابزارهایی هستند که به محققان امکان می‌دهند تا مفاهیم نظری را به داده‌های کمی تبدیل کنند. با توجه به ماهیت کمی متغیرهای این پژوهش به منظور جمع‌آوری آن‌ها از داده‌های موجود مانند آمارهای رسمی، گزارش‌ها، یا بانک‌های اطلاعاتی رسمی شهرداری تهران استفاده شده است. سپس به منظور استانداردسازی و هم‌جهت شاخص‌ها از تحلیل فازی استفاده شد و از طریق محاسبه میانگین مقادیر فضایی در ۱۳۷ محدوده ایستگاهی در نرم افزار ArcGIS ورژن ۱۰٫۸ این شاخص‌ها اندازه‌گیری شده است. با توجه به ویژگی‌های فوق در ادامه شاخص‌های اندازه‌گیری محدوده‌های ایستگاهی از مبانی نظری تحقیق مستخرج شده، معرفی شده است. لازم به توضیح است مجموع این شاخص‌های ۴۲ گانه در ادامه با استفاده از روش‌های آماری مختلف در ۱۳۷ محدوده ایستگاهی مورد بررسی قرار خواهد گرفت تا از طریق تحلیل عاملی و خوشه‌ای، عامل‌ها و گونه‌های مختلف محدوده‌های ایستگاهی در سطح کلانشهر تهران مشخص شود (جدول ۳).

جدول ۳. معرفی شاخص‌های مستخرج از مبانی نظری پژوهش

شاخص‌های مستخرج از مبانی نظری	منبع
اندازه بلوک‌ها	Salat & Ollivier, 2007; Cervero & Kockelman, 1997; The Center for Transit-Oriented Development, 2010; Institute for Transportation & Development Policy, 2017
حجم ترافیک مسافری خطوط مترو	Salat & Ollivier, 2007
چندوجهی بودن ایستگاه و مرکزیت آن	Salat & Ollivier, 2007
نزدیکی به امکانات رفاهی (تجاری-خدماتی)	Salat & Ollivier, 2007
نزدیکی به مراکز آموزشی	Salat & Ollivier, 2007
نزدیکی به مراکز درمانی	Salat & Ollivier, 2007
دسترسی محلی به نیازهای روزانه (کاربری تجاری)	Salat & Ollivier, 2007; Institute for Transportation & Development Policy, 2017; Cervero & Kockelman, 1997
فاصله از بافت‌های فرسوده	Salat & Ollivier, 2007
دسترسی به معابر شریانی و جمع و پخش‌کننده	Salat & Ollivier, 2007
تراکم جمعیت ساکن	Salat & Ollivier, 2007; Ewing & Cervero, 2010; Cervero & Kockelman, 1997; The Center for Transit-Oriented Development, 2010
تراکم شاغلین ساکن	Salat & Ollivier, 2007; Nelson et al., 2001; Ewing & Cervero, 2010
تراکم شرکت‌ها	Salat & Ollivier, 2007
وجود اراضی قابل توسعه در آینده	Salat & Ollivier, 2007

شاخص‌های مستخرج از مبانی نظری	منبع
تراکم تقاطع‌ها	Salat & Ollivier, 2007; Ewing & Cervero, 2010; Cervero & Kockelman, 1997
تمرکز مراکز فعالیتی	Salat & Ollivier, 2007; Nelson et al., 2001; Institute for Transportation & Development Policy, 2017
تراکم ساختمانی	Salat & Ollivier, 2007; Nelson et al., 2001; Pollack, Gartsman & Wood, 2013; Institute for Transportation & Development Policy, 2017
متوسط شیب (معاير)	Jamme et al., 2019; Cervero & Kockelman, 1997
نزدیکی به پارکینگ عمومی	Salat & Ollivier, 2007; Nelson et al., 2001; Schlossberg & Brown, 2004; Ewing & Cervero, 2010; Institute for Transportation & Development Policy, 2017
نزدیکی به خطوط BRT	Jamme et al., 2019; Ewing & Cervero, 2010; Pollack, Gartsman & Wood, 2013; VTPI, 2014; Institute for Transportation & Development Policy, 2017; The Center for Transit-Oriented Development, 2010 میرمقتدایی و باریکانی، ۱۳۹۶
نزدیکی به ایستگاه‌های BRT	Jamme et al., 2019; Ewing & Cervero, 2010; Pollack, Gartsman & Wood, 2013; VTPI, 2014; Institute for Transportation & Development Policy, 2017; ۱۳۹۶، میرمقتدایی و باریکانی،
نزدیکی به خطوط اتوبوس	Jamme et al., 2019
نزدیکی به ایستگاه‌های اتوبوس	Jamme et al., 2019
انتشار گازهای گلخانه‌ای	Jamme et al., 2019
نزدیکی به خطوط فیبر نوری	Jamme et al., 2019
تنوع کاربری تجاری	Nelson et al., 2001
سهم از کاربری مختلط (Zoning)	Nelson et al., 2001; Cervero & Kockelman, 1997
تراکم درختان در خیابان‌ها	Schlossberg & Brown, 2004; VTPI, 2014
سهم خیابان شریانی و جمع و پخش‌کننده	Schlossberg & Brown, 2004; Institute for Transportation & Development Policy, 2017
فاصله تا مرکز شهر (CBD)	Ewing & Cervero, 2010
نزدیکی به عرصه‌های عمومی	عباس زادگان و همکاران، ۱۳۹۰
نزدیکی به پارک‌ها و فضای سبز	Institute for Transportation & Development Policy, 2017 میرمقتدایی و باریکانی، ۱۳۹۶
حفاظت از ساکنان بومی (تراکم کمتر مهاجرین)	Institute for Transportation & Development Policy, 2017
نفوذپذیری فیزیکی (سهم معاير بالای ۶ متر)	Institute for Transportation & Development Policy, 2017
ساختمان‌ها و زیرساخت‌های سبز (متوسط NDVI)	Green Building Council, 2014
مجاورت با مناطق ۴ گانه محیط زیست	Green Building Council, 2014
مجاورت با دریاچه‌ها و زیرساخت‌های آبی	Green Building Council, 2014

منبع	شاخص‌های مستخرج از مبانی نظری
میرمقتدایی و باریکانی، ۱۳۹۶	یکپارچگی سیستم حمل‌ونقل همگانی
The Center for Transit-Oriented Development, 2010	نرخ مالکیت خودرو
The Center for Transit-Oriented Development, 2010	نرخ مالکیت موتور سیکلت
The Center for Transit-Oriented Development, 2010	بعد خانوار
The Center for Transit-Oriented Development, 2010	تعداد شاغل به ازای هر خانوار
The Center for Transit-Oriented Development, 2010	تراکم خانوار

بررسی چولگی و کشیدگی به محقق کمک می‌کند تا نرمال بودن توزیع داده‌ها را ارزیابی کند. اگر داده‌ها از توزیع نرمال فاصله داشته باشند، ممکن است نیاز به استفاده از روش‌های آماری مناسب‌تر (مانند تبدیل داده‌ها یا روش‌های ناپارامتریک) باشد. این بررسی به‌ویژه در تحلیل‌های پارامتریک مانند تحلیل عاملی اکتشافی اهمیت زیادی دارد. درواقع بیش از انجام تحلیل عاملی برای بررسی کیفیت داده‌ها، ضروری است نحوه توزیع داده‌های هریک از متغیرها و میزان انطباق آن‌ها از توزیع نرمال مورد بررسی قرار گیرد. ضریب کشیدگی و ضریب چولگی، دو شاخصی هستند که برای این نوع بررسی‌ها به کار برده می‌شوند. متغیرهایی که مقدار عددی ضریب کشیدگی آن‌ها از $3/5$ و ضریب چولگی آن‌ها از 2 بزرگتر باشد، از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کنند. این متغیرها باید شناسایی شده و از طریق تبدیل‌های غیرخطی نرمال شوند. با توجه به اینکه در برخی موارد تبدیل داده‌های بعضی از متغیرها به توزیع نرمال ممکن است با دشواری‌هایی همراه باشد، فرگوسن و کاکس معتقدند که اگر ۲۵ درصد متغیرها از توزیع نرمال تبعیت نکنند انجام تحلیل عاملی اکتشافی با این داده‌ها قابل قبول است (زبردست، ۱۳۹۶، ۷). با توجه به محاسبه میزان چولگی و کشیدگی شاخص‌های مورد بررسی کمتر از یک چهارم شاخص‌ها از توزیع نرمال پیروی نکرده و انجام تحلیل عاملی برای این متغیرها بلامانع خواهد بود.

در ادامه نتایج ارائه‌شده مربوط به دو آزمون مهم برای بررسی کفایت داده‌ها و مناسب بودن آن‌ها برای تحلیل عاملی اکتشافی با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن ۲۴ محاسبه شده است. این آزمون‌ها شامل شاخص کفایت نمونه‌گیری کایزر-مایر-اولکین^{۳۷} و آزمون بارتلت^{۳۸} هستند. مقدار 0.726 برای KMO نشان‌دهنده این است که داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب هستند. سطح معناداری (Sig.) کمتر از 0.05 (در اینجا 0.000) برای آزمون بارتلت نشان‌دهنده رد فرضیه صفر است. یعنی ماتریس همبستگی بین متغیرها به اندازه‌ای قوی است که تحلیل عاملی را توجیه می‌کند. با توجه به این نتایج، می‌توان نتیجه گرفت که داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی اکتشافی مناسب هستند (جدول ۴).

جدول ۴. آزمون KMO و بارتلت

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.726
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	5958.682
	df	741
	Sig.	0.000

جدول (۵) خلاصه‌ای از تجزیه واریانس کل در یک تحلیل عاملی اکتشافی دوران یافته است. در اینجا توضیحات مربوط به هر عامل ارائه شده است. در عامل ۱ مقدار ویژه اولیه برابر با 10.593 است که 27.16%

از واریانس را توضیح می‌دهد. پس از دوران اما، ۱۵.۴۹۹٪ از واریانس را توضیح می‌دهد. در عامل ۲ مقدار ویژه اولیه برابر با ۳.۸۹۷ است که ۹.۹۹۲٪ از واریانس را توضیح می‌دهد. پس از دوران، این عامل ۱۱.۴۰۲٪ از واریانس را توضیح می‌دهد. در عامل ۳ مقدار ویژه اولیه برابر با ۲.۹۰۶ است که ۷.۴۵۱٪ از واریانس را توضیح می‌دهد. پس از دوران، این عامل ۱۱.۰۵۸٪ از واریانس را توضیح می‌دهد. در عامل ۴ مقدار ویژه اولیه برابر با ۲.۸۹۶ است که ۷.۴۲۷٪ از واریانس را توضیح می‌دهد. پس از دوران، این عامل ۹.۸۵۳٪ از واریانس را توضیح می‌دهد. در عامل ۵ مقدار ویژه اولیه برابر با ۲.۶۱۶ است که ۶.۷۰۸٪ از واریانس را توضیح می‌دهد. پس از دوران این عامل، ۹.۶۲۵٪ از واریانس را توضیح می‌دهد. در عامل ۶ مقدار ویژه اولیه برابر با ۲.۲۲۳ است که ۵.۷۰۰٪ از واریانس را توضیح می‌دهد. پس از دوران، این عامل ۷.۰۰۰٪ از واریانس را توضیح می‌دهد. بنابراین شش عامل در مجموع ۶۴.۴۳۷٪ از کل واریانس را پس از دوران توضیح می‌دهند. از آنجایی که اکثر محققین معتقدند برای حصول اطمینان از نتایج مدل آن تعداد عواملی را باید استخراج کرد که جمعاً حداقل ۶۰ درصد تغییرات داده‌ها را توضیح دهند (زبردست، ۱۳۹۶، ۸) لذا می‌توان گفت تعداد عامل‌ها برای انجام تحلیل عاملی مناسب بوده است. همچنین می‌توان گفت شش مؤلفه اول اهمیت زیادی دارند؛ زیرا در مجموع بخش قابل توجهی از واریانس کل را توضیح می‌دهند. همچنین دوران انجام شده در این تحقیق به روش واریمکس^{۴۹} است که به توزیع مجدد واریانس بین مؤلفه‌ها کمک می‌کند و تفسیر نتایج را آسان‌تر می‌سازد (جدول ۵).

جدول ۵. واریانس کل تحلیل عاملی انجام شده

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	10.593	27.160	27.160	10.593	27.160	27.160	6.045	15.499	15.499
2	3.897	9.992	37.152	3.897	9.992	37.152	4.447	11.402	26.901
3	2.906	7.451	44.603	2.906	7.451	44.603	4.313	11.058	37.959
4	2.896	7.427	52.029	2.896	7.427	52.029	3.843	9.853	47.812
5	2.616	6.708	58.737	2.616	6.708	58.737	3.754	9.625	57.437
6	2.223	5.700	64.437	2.223	5.700	64.437	2.730	7.001	64.437
Extraction Method: Principal Component Analysis.									

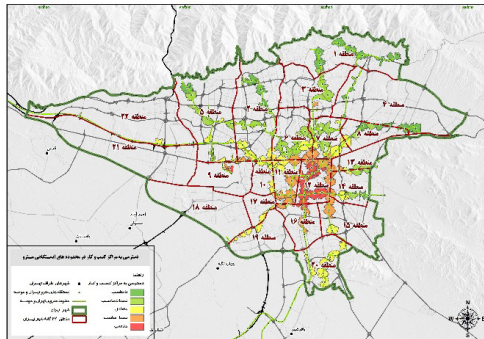
پس از انجام تحلیل عاملی اکتشافی و اعمال دوران واریمکس، بارهای عاملی^{۴۰} از طریق ماتریس عوامل دوران یافته^{۴۱} در نرم افزار SPSS ورژن ۲۴ استخراج شده است که نشان دهنده همبستگی هر متغیر با مؤلفه‌های اصلی هستند. در ادامه توضیحات مربوط به هریک از عوامل ارائه شده است:

- عامل شماره ۱ (تحت عنوان دسترسی به پهنه‌های متراکم سکونت): این عامل بیشتر با متغیرهای مرتبط با «تراکم سکونت» (مانند تراکم شاغلین ساکن، تراکم جمعیت، تراکم خانوار و تراکم ساختمانی) ارتباط قوی دارد؛
- عامل شماره ۲ (تحت عنوان دسترسی به مراکز کسب و کار): این عامل با متغیرهای نظیر تراکم فعالیت، نزدیکی به ایستگاه‌های چند وجهی، مالکیت موتور سیکلت و نزدیکی به مرکز شهر (CBD) ارتباط دارد؛

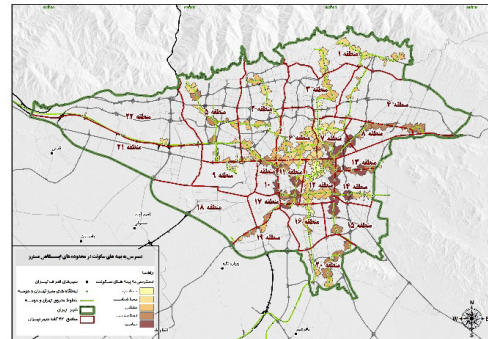
- عامل شماره ۳ (تحت عنوان دسترسی به خدمات و زیرساخت‌های شهری): این عامل با متغیرهای نظیر نزدیکی به خطوط اتوبوسرانی، تعداد شاغل به ازای هر خانوار، دسترسی به معبر شهری و دسترسی به ایستگاه اتوبوس ارتباط دارد؛
 - عامل شماره ۴ (تحت عنوان دسترسی به حمل‌ونقل عمومی): این عامل بیشتر با متغیرهای مرتبط با نزدیکی به خطوط BRT و ایستگاه‌های BRT ارتباط دارد؛
 - عامل شماره ۵ (تحت عنوان دسترسی به کاربری مختلط): این عامل بیشتر با متغیرهای مرتبط با مالکیت خودرو شخصی و تراکم شرکت‌ها، سهم پهنه مختلط و نزدیکی به کاربری درمانی ارتباط دارد؛ و
 - عامل شماره ۶ (تحت عنوان دسترسی به فضای سبز و باز): این عامل بیشتر با متغیرهای مرتبط با دسترسی به پارک و فضای سبز و تراکم درخت ارتباط دارد.
- با توجه به خروجی‌های تحلیل عاملی اکتشافی در ۱۳۷ محدوده ایستگاهی مترو در شهر تهران در ادامه وضعیت محدوده‌ها در رابطه با هریک از عوامل نامگذاری شده مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به توضیح است به منظور دسته‌بندی محدوده‌های ایستگاهی در رابطه با هریک از عوامل استخراج شده از روش نقطه شکست^{۴۲} در محیط نرم‌افزار Arc GIS ورژن ۱۰٫۸ استفاده شده است:
- بررسی عامل دسترسی به پهنه‌های متراکم سکونت در سطح کلانشهر تهران نشان می‌دهد (شکل ۵) در محدوده‌های ایستگاهی واقع در پیرامون مرکز شهر (مناطق ۱۰ و ۱۱) و مناطق متمایل به شرق (۷، ۸، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵) به واسطه تراکم بیشتر جمعیت، شاغلین، خانوار و تقاطع‌ها این عامل در وضعیت مناسبی قرار دارد و با فاصله گرفتن از مرکز و حرکت به سمت ایستگاه‌های شمالی و شمال غربی از مقادیر آن کاسته می‌شود.
 - به واسطه مجاورت با شرکت‌ها و مرکز اصلی کسب‌وکار شهر تهران محدوده‌های ایستگاهی واقع در سه منطقه ۱۱، ۱۲ و ۱۶ در رابطه با عامل دسترسی به مراکز کسب‌وکار امتیاز بالاتری کسب نموده‌اند. آلاینده‌گی بیشتر و وجود بافت فرسوده در این محدوده از دیگر ویژگی‌های محدوده‌های ایستگاهی مرکزی شهر است. همچنین هرچه از این محدوده به سمت اطراف به‌ویژه شمال شهر حرکت کنیم از امتیاز مقادیر مربوط به این عامل کاسته می‌شود (شکل ۶).
 - در رابطه با عامل دسترسی به خدمات و زیرساخت‌های شهری تحلیل‌های صورت‌گرفته نشان از پراکندگی این عامل در سطح شهر تهران دارند (شکل ۷). درواقع ایستگاه‌ها مجاور خیابان انقلاب (حدّ فاصل توحید تا فردوسی) و چند ایستگاه دیگر در شمال و شمال غرب تهران بیشترین امتیاز را به لحاظ این عامل تجربه می‌کنند. دسترسی مطلوب این محدوده‌ها به خطوط و ایستگاه‌های اتوبوس در کنار مجاورت با کاربری‌های آموزشی و خدماتی باعث وقوع چنین پدیده‌ای در سطح شهر تهران شده است.
 - عامل دسترسی به حمل‌ونقل عمومی با شاخص‌هایی نظیر دسترسی به خطوط و ایستگاه‌های BRT و پارکینگ عمومی را دربرمی‌گیرد در مرکز متمایل به شمال و شمال شرق (مناطق ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۷، ۸ و ۱) مطلوب‌تر از حاشیه ارزیابی می‌شود و با حرکت به غرب از مقادیر آن کاسته شده است. درواقع گرچه توسعه جدید شهر تهران عمدتاً متمایل به شمال است؛ اما بررسی این عامل نشان می‌دهد توسعه حمل‌ونقل عمومی در غرب تهران به میزان کافی اتفاق نیفتاده است (شکل ۸).
 - وضعیت محدوده‌های ایستگاه به لحاظ عامل دسترسی به کاربری مختلط نشان از نوعی تمرکز در اطراف متروی ۷ تیر دارد. درواقع ایستگاه‌های واقع در حدّ فاصل ۳ کیلومتری این ایستگاه از مطلوبیت بالاتری برخوردار بوده و با حرکت به سمت پیرامون از مقادیر آن کاسته شده است. لازم به

توضیح است محدوده‌های ایستگاهی واقع در مجاورت خیابان شریعتی به واسطه وجود شرکت‌ها و فعالیت‌های متنوع در رابطه با این عامل در وضعیت نسبتاً مطلوبی قرار گرفته‌اند (شکل ۹).

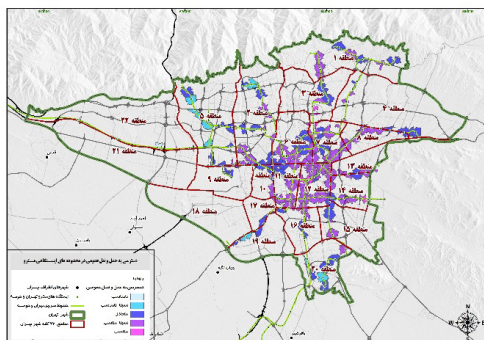
- در رابطه با عامل دسترسی به فضای سبز و باز نیمه شرقی و غربی در مقایسه با قسمت‌های مرکز شهر از مطلوبیت بالاتری برخوردار است. وجود پارک‌ها، فضاهای باز و تراکم درخت بیشتر در مناطق ۱، ۳، ۵، ۸، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۲۰ باعث امتیاز بالای این عامل در محدوده‌های ایستگاهی واقع در این محدوده‌ها شده است (شکل ۱۰).



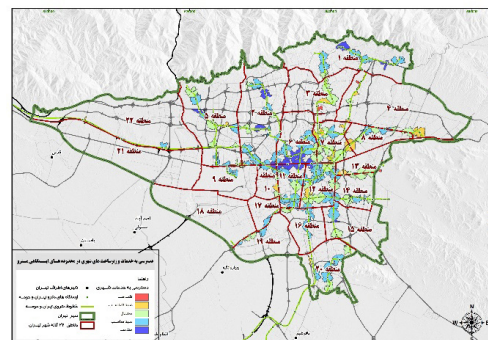
شکل ۶. دسترسی به مراکز کسب و کار در محدوده‌های ایستگاهی مترو



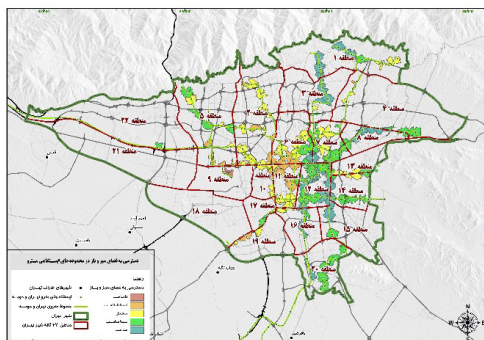
شکل ۵. دسترسی به پهنه‌های متراکم سکونت در محدوده‌های ایستگاهی مترو



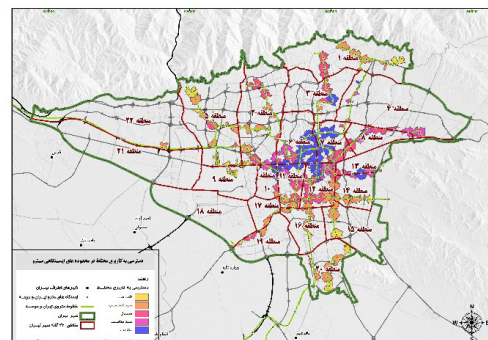
شکل ۸. دسترسی به حمل و نقل عمومی در محدوده‌های ایستگاهی مترو



شکل ۷. دسترسی به خدمات و زیرساخت‌های شهری در محدوده‌های ایستگاهی مترو



شکل ۱۰. دسترسی به فضای سبز و باز در محدوده‌های ایستگاهی مترو



شکل ۹. دسترسی به کاربری مختلط در محدوده‌های ایستگاهی مترو

طبقه‌بندی شاخص‌های اندازه‌گیری با استفاده از تحلیل خوشه‌ای

در ادامه به منظور خوشه‌بندی محدوده‌های ایستگاهی از تحلیل خوشه‌ای استفاده شده است. در گام اول نمودار دندوگرام با استفاده از روش Ward's در جهت محاسبه تعداد خوشه‌ها در محیط نرم افزار SPSS ترسیم شد و مشخص شد خوشه‌بندی نمونه‌ها می‌تواند در قالب ۶ خوشه صورت گیرد. جدول (۶) نتایج تحلیل واریانس^{۴۳} را نشان می‌دهد که برای بررسی تفاوت‌های بین خوشه‌ها براساس نمرات عاملی انجام شده است. با توجه به اینکه سطح معناداری (Sig.) تمامی مقادیر برابر با ۰٫۰۰۰ هستند، این موضوع نشان‌دهنده تفاوت‌های معنادار بین خوشه‌ها از نظر تمامی نمرات عاملی است. مقادیر F بالا نیز نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل توجه بین خوشه‌ها هستند.

جدول ۶. آزمون ANOVA در رابطه با تعداد خوشه‌ها

	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
factor 1	4.920	5	0.850	131	5.786	0.000
factor 2	13.583	5	0.520	131	26.134	0.000
factor 3	17.933	5	0.354	131	50.700	0.000
factor 4	18.144	5	0.346	131	52.492	0.000
factor 5	17.940	5	0.353	131	50.762	0.000
factor 6	13.139	5	0.537	131	24.482	0.000

The F tests should be used only for descriptive purposes because the clusters have been chosen to maximize the differences among cases in different clusters. The observed significance levels are not corrected for this and thus cannot be interpreted as tests of the hypothesis that the cluster means are equal.

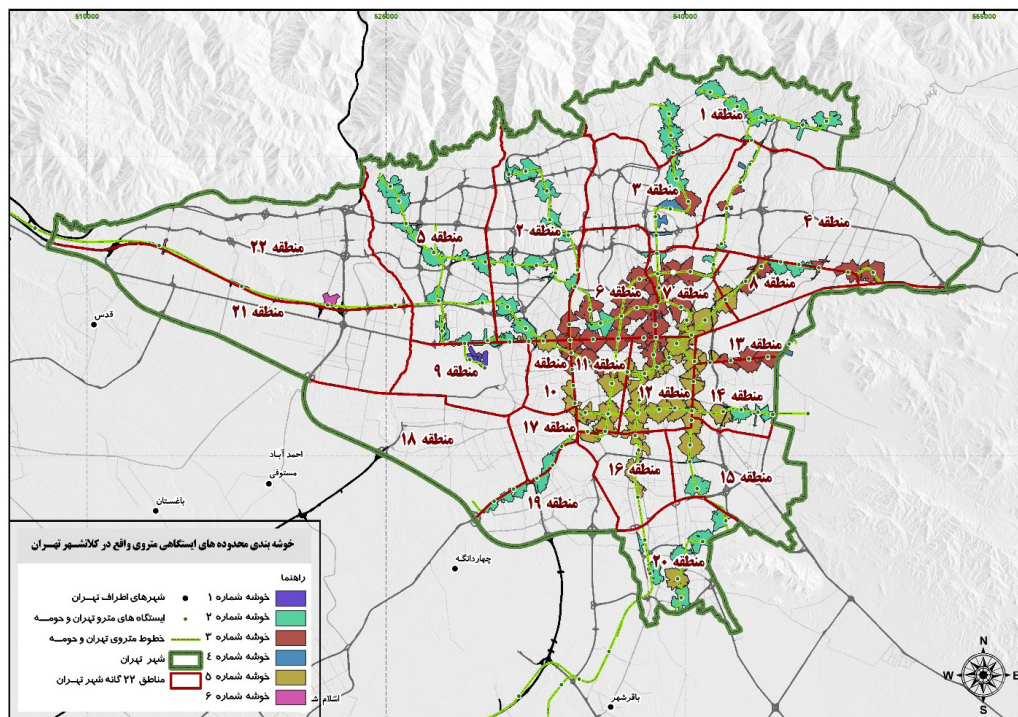
با توجه به قرارگیری هر محدوده ایستگاهی در یک خوشه (که نشان‌دهنده گروه‌بندی محدوده‌ها براساس شباهت‌هایشان است) در ادامه توضیحات مربوط به ۶ خوشه شناسایی شده در محدوده کلانشهر تهران ارائه شده است (شکل ۱۱):

- خوشه شماره ۱ که دسترسی به حمل‌ونقل عمومی، مراکز کسب‌وکار و خدمات و زیرساخت‌های شهری مطلوب بوده و دسترسی به پهنه‌های متراکم سکونت، به کاربری مختلط و به فضای سبز و باز بسیار محدود است؛ در محدوده‌های ایستگاهی پیرامون فرودگاه مهرآباد، این خوشه شکل گرفته است؛
- خوشه شماره ۲ که دسترسی به خدمات و زیرساخت‌های شهری، حمل‌ونقل عمومی و فضای سبز و باز در وضعیت مطلوبی بوده و دسترسی به پهنه‌های متراکم سکونت، مراکز کسب‌وکار و کاربری مختلط به شکل محدوده دنبال می‌شود. محدوده‌های ایستگاهی واقع در مناطق ۱، شمال ۳، ۲، ۵، ۱۵، ۱۷، ۱۹ و ۲۰ در این خوشه جای می‌گیرند؛
- خوشه شماره ۳ که دسترسی به خدمات و زیرساخت‌های شهری، حمل‌ونقل عمومی، کاربری مختلط و فضای سبز و باز مطلوب بوده اما دسترسی آن به پهنه‌های متراکم سکونت و مراکز کسب‌وکار با محدودیت همراه است؛
- خوشه شماره ۴ که دسترسی به حمل‌ونقل عمومی و فضای سبز و باز در حد مطلوبی بوده اما تراکم

سکونت، تمرکز کسب و کار، کاربری مختلط و خدمات و زیرساخت‌های شهری محدود است. این خوشه به لحاظ مکانی در جنوب شرق منطقه ۳ و شمال غرب منطقه ۴ و در محدوده ایستگاهی میرداماد، حقانی، همت و حسین آباد متمرکز است (و همچنین دو محدوده ایستگاهی شهید کلاهدوز در شرق و استادیوم آزادی در غرب)؛

- خوشه شماره ۵ که به لحاظ دسترسی به خدمات و زیرساخت‌های شهری، حمل و نقل عمومی و فضای سبز و باز مطلوب بوده اما اختلاط کافی از سکونت و فعالیت در آن‌ها وجود نداشته و برخی از محدوده‌های ایستگاهی قرارگرفته در این خوشه با غلبه فعالیت و برخی بسیار با غلبه سکونت هستند. به لحاظ جغرافیایی محدوده‌های ایستگاهی پیرامون مرکز شهر متمایل به سمت جنوب و شرق در این خوشه قرار می‌گیرند؛ و

- خوشه شماره ۶ که در آن‌ها دسترسی به پهنه‌های متراکم سکونت، مراکز کسب و کار، خدمات و زیرساخت‌های شهری، حمل و نقل عمومی و کاربری مختلط محدود بوده و صرفاً دسترسی به فضای سبز و باز در آن‌ها مطلوب بوده است. سه محدوده ایستگاهی غرب تهران واقع در حد فاصل دو منطقه ۲۱ و ۲۲ (وردآورد، چیتگر و ایران خودرو) در این خوشه قرار می‌گیرند.



شکل ۱۱. خوشه بندی محدوده‌های ایستگاهی متروی واقع در کلانشهر تهران

نتیجه‌گیری

از زمانی که مفهوم توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی در اواخر دهه ۱۹۸۰ پدیدار شد، توجه فزاینده‌ای از سوی محققان و حرفه‌مندان به این موضوع به عنوان راهی برای ترکیب حمل و نقل و برنامه‌ریزی کاربری زمین و طراحی شهری مطرح شده است. با توجه به افزایش مشکلات ناشی از ازدحام ترافیکی در شهر تهران، ضرورت توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی را بیش از پیش آشکار نموده است، اما با گذشت بیش از

دو دهه از راه اندازی مترو در تهران در مطالعات انجام گرفته در اغلب موارد وضعیت یک یا چند ایستگاه مورد بررسی قرار گرفته و تحلیل جامعی از وضعیت محدوده‌های ایستگاهی واقع در شهر تهران صورت نگرفته است. ازسوی دیگر مطالعات اندکی تا به امروز به صورت تجربی گونه‌شناسی محدوده‌های ایستگاهی مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی را به روش کمی شناسایی کرده است و تحلیل و طبقه‌بندی جامع از محدوده ایستگاه‌های واقع در محدوده شهر تهران انجام نشده است. لذا، هدف اصلی این مقاله این است که با توجه به اصول و معیارهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی در شعاع عملکردی محدوده ایستگاه‌های متروی تهران (شعاع ۸۰۰ متری) بررسی کند که تا چه اندازه این محدوده‌ها جهت پیاده‌سازی معیارهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی مناسب هستند.

با توجه به هدف اصلی این تحقیق شاخص‌های اندازه‌گیری گونه‌شناسی محدوده‌های ایستگاهی به منظور توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی از مبانی نظری پژوهش مستخرج شد. لازم به توضیح است مجموع شاخص‌های ۴۲ گانه و عوامل ۶ گانه مستخرج از تحلیل عاملی اکتشافی در ادامه با استفاده از روش‌های آماری-فضایی مختلف در ۱۳۷ محدوده ایستگاهی مورد بررسی قرار خواهد گرفت و ازطریق تحلیل خوشه‌ای، گونه‌های مختلف محدوده‌های ایستگاهی در سطح کلانشهر تهران مشخص شد. با توجه به خروجی‌های تحلیل عاملی اکتشافی در ۱۳۷ محدوده ایستگاهی مترو در کلانشهر تهران ۶ عامل مشخص شده به منظور اندازه‌گیری محدوده‌های ایستگاهی در سطح کلانشهر تهران به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از:

۱. عامل دسترسی به پهنه‌های متراکم سکونت؛
 ۲. عامل دسترسی به مراکز کسب‌وکار؛
 ۳. عامل دسترسی به خدمات و زیرساخت‌های شهری؛
 ۴. عامل دسترسی به حمل‌ونقل عمومی؛
 ۵. عامل دسترسی به کاربری مختلط؛ و
 ۶. عامل دسترسی به فضای سبز و باز.
- به‌منظور گونه‌شناسی محدوده‌های ایستگاهی، خروجی تحلیل خوشه‌ای انجام گرفته نشان داد می‌توان محدوده‌های ایستگاهی شهر تهران را در قالب ۶ خوشه متمایز از یکدیگر تحلیل و ارزیابی نمود:
- خوشه شماره ۱ (۱/۵ درصد از کل محدوده‌های ایستگاهی) که دسترسی به حمل‌ونقل عمومی، مراکز کسب‌وکار و خدمات و زیرساخت‌های شهری مطلوب بوده و دسترسی به پهنه‌های متراکم سکونت، به کاربری مختلط و به فضای سبز و باز بسیار محدود است؛ در محدوده‌های ایستگاهی پیرامون فرودگاه مهرآباد، این خوشه شکل گرفته است. به‌واسطه عدم شکل‌گیری سکونت (و عدم امکان توسعه آن در آینده) در این محدوده‌ها توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی در آن‌ها میسر نخواهد بود؛
 - خوشه شماره ۲ (۴۱/۶ درصد از کل محدوده‌های ایستگاهی) که دسترسی به خدمات و زیرساخت‌های شهری، حمل‌ونقل عمومی و فضای سبز و باز در وضعیت مطلوبی بوده و دسترسی به پهنه‌های متراکم سکونت، مراکز کسب‌وکار و کاربری مختلط به شکل محدوده دنبال می‌شود. محدوده‌های ایستگاهی واقع در مناطق ۱، شمال ۳، ۲، ۵، ۱۵، ۱۷، ۱۹ و ۲۰ در این خوشه جای می‌گیرند. به‌واسطه شکل‌گیری زیرساخت‌های مورد نیاز توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی نیازمند تزریق توامان فعالیت و سکونت در این محدوده‌ها خواهد بود؛
 - خوشه شماره ۳ (۲۴/۸ درصد از کل محدوده‌های ایستگاهی) که دسترسی به خدمات و

زیرساخت‌های شهری، حمل‌ونقل عمومی، کاربری مختلط و فضای سبز و باز مطلوب بوده اما دسترسی آن به پهنه‌های متراکم سکونت و مراکز کسب‌وکار با محدودیت همراه است. این خوشه به لحاظ مکانی در نیمه شمالی متمایل به شرق مرکز شهر قرار گرفته است؛ گرچه زیرساخت‌ها و حداقلی از ترکیب فعالیت و سکونت را برای تبدیل شدن به توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی اما تراکم سکونت و تمرکز فعالیت در آن‌ها می‌بایست تقویت شود و توسعه عمودی سکونت و فعالیت در این محدوده‌ها مورد نیاز خواهد بود؛

- خوشه شماره ۴ (۴/۴ درصد از کل محدوده‌های ایستگاهی) که دسترسی به حمل‌ونقل عمومی و فضای سبز و باز در حد مطلوبی بوده اما تراکم سکونت، تمرکز کسب و کار، کاربری مختلط و خدمات و زیرساخت‌های شهری محدود است. این خوشه که به لحاظ مکانی در جنوب شرق منطقه ۳ و شمال غرب منطقه ۴ و در محدوده ایستگاهی میرداماد، حقانی، همت و حسین‌آباد متمرکز است (و همچنین دو محدوده ایستگاهی شهید کلاه‌دوز در شرق و استادایوم آزادی در غرب). این محدوده‌ها شروط لازم به‌منظور توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی را در کوتاه مدت نخواهد داشت و حجم تغییرات عمده در نظام کاربری و زیرساخت‌های مورد نیاز برای تبدیل آن به محدوده ایستگاهی مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی لازم است؛

- خوشه شماره ۵ (۵/۵ درصد از کل محدوده‌های ایستگاهی) که به لحاظ دسترسی به خدمات و زیرساخت‌های شهری، حمل‌ونقل عمومی و فضای سبز و باز مطلوب بوده اما اختلاط کافی از سکونت و فعالیت در آن‌ها وجود نداشته و برخی از محدوده‌های ایستگاهی قرار گرفته در این خوشه با غلبه فعالیت و برخی بسیار با غلبه سکونت هستند. به لحاظ جغرافیایی محدوده‌های ایستگاهی پیرامون مرکز شهر متمایل به سمت جنوب و شرق در این خوشه قرار می‌گیرند. اختلاط به‌عنوان مهم‌ترین اصل TOD می‌بایست در این محدوده‌ها به شکل ویژه‌ای دنبال شود تا شاهد شکل‌گیری محدوده‌های ایستگاهی مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی در آن‌ها باشیم؛

- خوشه شماره ۶ (۲/۲ درصد از کل محدوده‌های ایستگاهی) که در آن‌ها دسترسی به پهنه‌های متراکم سکونت، مراکز کسب‌وکار، خدمات و زیرساخت‌های شهری، حمل‌ونقل عمومی و کاربری مختلط محدود بوده و صرفاً دسترسی به فضای سبز و باز در آن‌ها مطلوب بوده است. سه محدوده ایستگاهی غرب تهران واقع در حد فاصل دو منطقه ۲۱ و ۲۲ (وردآورد، چیتگر و ایران خودرو) در این خوشه قرار می‌گیرند که با توجه با فاصله معنی‌دار آن‌ها با مرکز سکونت و فعالیت صرفاً نقش عبوری داشته و برای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی مناسب نمی‌باشد.

از زمان ایجاد اولین خط مترو در ایران از اواخر دهه ۱۳۷۰ تا به امروز تجربه ایجاد محدوده یا پهنه ایستگاهی توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی در تهران وجود نداشته است. البته چندین مراکز تجاری-اداری بر روی ایستگاه‌های مترو ایجاد شده که نمی‌توان آن‌ها را هم‌جهت با سیاست‌های توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی دانست. براساس مطالعات صورت گرفته در رابطه با ویژگی‌های محدوده ایستگاهی متروی کلانشهر تهران، برخی از این محدوده‌ها حداقلی‌های لازم برای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی را ندارند و بعضاً در تضاد با این مفهوم قرار دارند؛ درواقع ۵ محدوده ایستگاهی واقع در خوشه‌های شماره ۱ و ۶ (۳/۶۵ درصد از کل محدوده‌های ایستگاهی) فاقد ویژگی‌های لازم برای تبدیل شدن به یک مرکز فعال توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی هستند و محدوده مناسبی برای ایجاد مرکزیت قوی و خدمات پشتیبان در اطراف آن‌ها وجود ندارد. همچنین

۶ محدوده ایستگاهی واقع در خوشه شماره ۴ (۴/۴ درصد از کل محدوده‌های ایستگاهی) نیز با توجه به میزان تغییرات مورد نیاز، شروط لازم به منظور توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی را در کوتاه‌مدت نخواهد داشت. در ۵۷ محدوده ایستگاهی واقع در خوشه شماره ۲ (۴۱/۶ درصد از کل محدوده‌های ایستگاهی) نیز هر سه موضوع ترکیب، تراکم و دسترسی به کاربری‌های سکونت و فعالیت نیاز به تقویت خواهد داشت. در ۳۴ محدوده ایستگاهی واقع در خوشه شماره ۳ (۲۴/۸ درصد از کل محدوده‌های ایستگاهی) موضوع تراکم و دسترسی به کاربری‌های سکونت و فعالیت می‌بایست تقویت شود و نهایتاً در ۳۵ محدوده ایستگاهی واقع در خوشه شماره ۵ (۲۵/۵ درصد از کل محدوده‌های ایستگاهی) صرفاً موضوع ترکیب بهینه از کاربری‌های سکونت و فعالیت می‌بایست دنبال شود.

ازسوی دیگر با وجود تأثیرات مثبت کالبدی و دسترسی که در قالب توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی ایجاد می‌شود، نظام کاربری‌های زمین و ایجاد بستر لازم برای یک توسعه مختلط در قالب حمل‌ونقل همگانی نیازمند برنامه‌ریزی بلندمدت در سطوح شهری است. برنامه‌ریزی در مقیاس شهری ساختار فضایی محدوده‌ها را ترسیم می‌کند، اولویت توسعه در محدوده‌های ایستگاهی را مشخص می‌کند، سیاست‌های لازم متناسب با ویژگی محدوده‌ها اتخاذ می‌نماید و سرمایه‌گذاری لازم به منظور توسعه این محدوده‌ها را جذب می‌کند.

درنهایت می‌توان گفت می‌بایست در شهر تهران متناسب با چارچوب مصوبه شورای عالی شهرسازی و معماری ایران در رابطه با موضوع «راهنمای ملی توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی» با توجه به شرایط محلی و تنوع جغرافیایی، فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی آن، یک دستورالعمل خاص با توجه به بافت فیزیکی و نهادی منحصربه‌فرد آن تهیه شود و با توجه به اولویت‌بندی محدوده‌های ایستگاهی صورت‌گرفته در این پژوهش، طرح‌های اجرایی با رویکرد توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی با مشارکت مردم محلی و مدیریت شهری تهیه و تنظیم شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Transit-oriented development (TOD)
2. Peter Calthorpe
3. New urbanists
4. Cervero and Kockelman
5. Transit village paradigm
6. Destination accessibility
7. Distance to transit
8. Jamme & Banerjee
9. 6D
10. Density
11. Diversity
12. Pedestrian-friendly design
13. Destination accessibility
14. Distance to transit
15. Demand management
16. 3V Framework
17. Node value
18. Place value
19. Market potential value
20. FARs

21. TOD standard
22. Affordable housing
23. Visually active frontage
24. Center for transit oriented development (CTOD)
25. Dukakis center for urban & regional policy
26. Performance rating system for equitable transit oriented development
27. Equitable
28. Household vehicle miles traveled (VMT)
29. Transit oriented
30. Transit supportive
31. Transit related
32. Transit adjacent
33. Network analysis
34. Renne and Wells
35. Exploratory factor analysis
36. Cluster analysis
37. KMO
38. Bartlett's test of sphericity
39. Varimax
40. Factor loadings
41. Rotated component matrix
42. Natural break
43. ANOVA

فهرست منابع

- امیدی، پیمان و صارمی، حمیدرضا (۱۴۰۰). ارزیابی تراکم و اختلاط کاربری‌ها جهت پیاده‌سازی توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی (مورد مطالعه: ایستگاه مترو منیریه تهران). نشریه علمی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، ۲۴ (۴)، ۶۳-۷۷.
- خیرالدین، رضا، فروهر، امیر و ایمانی، جواد (۱۳۹۲). توسعه هدفمند ایستگاه‌های مترو؛ از قطب‌بندی فضایی تا یکپارچگی شهری در تهران. نمونه‌های مورد مطالعه: ایستگاه مترو دکتر شریعتی و ایستگاه مترو میدان شهدا. فصلنامه علمی پژوهشی باغ نظر، ۱۰ (۲۷)، ۱۵-۲۶.
- دلایی میلان، ابراهیم و خیرالدین، رضا (۱۳۹۶). سنجش عدالت فضایی در بستر نظام حمل‌ونقل عمومی با مدل تحلیل شبکه‌ای (مورد پژوهی: مناطق ۲، ۳، ۴ و ۵ شهر تهران). فصلنامه علمی-پژوهشی نگرش نو در جغرافیای انسانی، ۹ (۳)، ۳۹-۱۹.
- رحمانی، مهرداد، امین‌زاده گوهرریزی، بهرام و رستگار، سعید (۱۳۹۹). ارزیابی تطبیقی مبانی الگوی توسعه پیشنهادی طرح ساختاری راهبردی (جامع) شهر تهران ۱۳۸۶ با الگوی توسعه حمل‌ونقل عمومی محور (TOD). مجله جغرافیا و توسعه فضای شهری، ۷ (۲)، ۱۷۸-۲۰۷.
- زبردست، اسفندیار (۱۳۹۶). کاربرد روش تحلیل عاملی اکتشافی (EFA) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای؛ مورد پژوهی: سنجش وضعیت پایداری اجتماعی در کلانشهر تهران. نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی، ۲۲ (۲)، ۵-۱۸.
- صارمی، حمیدرضا و امیدی، پیمان (۱۴۰۲). چگونگی پیاده‌سازی TOD در شعاع عملکردی ایستگاه‌های مترو، نمونه مطالعاتی: ایستگاه مترو منیریه تهران. فصلنامه برنامه‌ریزی توسعه شهری و منطقه‌ای، ۸ (۲۵)، ۱۵۵-۱۹۴.
- عباس‌زادگان، مصطفی، رضازاده، راضیه و محمدی، مریم (۱۳۹۰). بررسی مفهوم توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی و جایگاه مترو شهری تهران در آن. فصلنامه علمی پژوهشی باغ نظر، ۸ (۱۷)، ۴۳-۵۸.
- علی‌الحسابی، مهران و مرادی سلمان (۱۳۸۹). تبیین مفهوم توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی و معیارهای تعیین مراکز آن (مطالعه موردی خط ۱ مترو شیراز). نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی، ۲ (۴۱)، ۱۱۱-۱۲۳.
- مرکز آمار و رصد شهری شهرداری تهران (<https://data.tehran.ir>)
- میرمقتدایی، مهتا و باریکانی مرضیه (۱۳۹۶). راهنمای ملی توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی. تهران: شورای عالی شهرسازی و معماری ایران.

- Bernick, Michael, S., & Cervero, R. (1997). *Transit Villages in the 21st Century*. New York: McGraw-Hill.
- Baldwin Hess, D., & A. Lombardi, P. (2004). Policy Support for and Barriers to Transit-Oriented Development in the Inner City; Literature Review. *Journal of the Transportation Research Board*, 1887(1), 26-33.
- Carlton, I. (2009). Histories of Transit-Oriented Development: Perspectives on the Development of the TOD Concept. UC Berkeley: *Institute of Urban and Regional Development*. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/7wm9t8r6>
- Center for Transit Oriented Development (2010). *Performance-Based Transit-Oriented Development Typology Guidebook*. The Center for Transit-Oriented Development (CTOD).
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). *Travel demand and the 3ds: density, diversity, and design*. University of California at Berkeley.
- Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the Built Environment; A Meta-Analysis. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265-294.
- Green Building Council (2014). *LEED Reference Guide for Neighborhood Development*. Washington, DC.
- Ibraeva, A., Correia, G.H.D.A., Silva, C., & Antunes, A.P. (2020). Transit-oriented development: A review of research achievements and challenges. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132, 110-130.
- Institute for Transportation & Development Policy (2017). *TOD Standard version 3.0*. New York. ITDP.
- Jain Singh, Y., Fard, P., Zuidgeest, M., Brussel, M., & van Maarseveen, M. (2014). Measuring transit oriented development: a spatial multi criteria assessment approach for the City Region Arnhem and Nijmegen. *Journal of Transport Geography*, 35, 130-143.
- Jain Singh, Y., Flacke, J., Zuidgeest, M., & Van Maarseveen, M. (2019). *Planning for Transit Oriented Development (TOD) Using a TOD Index*. CRC Press; Taylor & Francis Group.
- Jamme, H.T., & Banerjee, T. (2019). A Twenty-Five-Year Biography of the TOD Concept: From Design to Policy, Planning, and Implementation. *Journal of Planning Education and Research*, 39(4), 409-428.
- Jaihani, M., & Zhang, L. (2013). *Development of a framework for transit oriented development (TOD)*. Maryland State: state highway administration.
- Kamruzzaman, M., Baker, D., Washington, S., & Turrell, G. (2014). Advance transit oriented development typology: case study in Brisbane, Australia. *Journal of Transport Geography*, 34, 54-70.
- Khare, R., Govind Kumar Villuri, V., Chaurasia, D., & Kumari, S. (2021). Measurement of transit-oriented development (TOD) using GIS technique: a case study. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 832.
- Nelson, D., Niles, J., & Hibshoosh, A. (2001). *A New Planning Template for Transit-Oriented Development*. San José State: Mineta Transportation Institute.
- Soares, O.J., Manuela Lourenco Marques b, M., & Manuel Ferreira Monteiro, C. (2003). A multivariate methodology to uncover regional disparities: A contribution to improve European Union and governmental decisions. *European Journal of Operational Research*, 145 (1), 121–135.
- O'Sullivan, A. (2012). *Urban Economics (8 ed.)*. McGraw-Hill.
- Pollack, S., Gartsman, A., & Wood, J. (2013). *eTod Score: Executive Summary*. Dukakis Center for Urban and Regional Policy.

- Salat, S., & Ollivier, G. (2007). Transforming the Urban Space through Transit-Oriented Development; The 3V Approach. In S. Salat, & G. Ollivier. *The World Bank*.
- Schlossberg, M., & Brown, N. (2004). Comparing Transit-Oriented Development Sites by Walkability Indicators. *Transportation Research Record*, 1887(1), 34-42.
- Song, Y., & Knaap, G.J. (2007). Quantitative Classification of Neighbourhoods: The Neighbourhoods of New Single-family Homes in the Portland Metropolitan Area. *Journal of Urban Design*, 12(1), 1-24.
- VTPI (2014). *Transit Oriented Development: Using Public Transit to Create More Accessible and Livable Neighborhoods*. Retrieved September 28, 2014, from TDM Encyclopedia: <http://www.vtpi.org/tdm/tdm45.htm>

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Architecture and Urban Planning. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



نحوه ارجاع به این مقاله

بدر، سیامک و تفنگچی مهبیاری، میلاد (۱۴۰۴). تحلیل فضایی محدوده ایستگاه‌های متروی کلانشهر تهران با استفاده از اصول توسعه حمل‌ونقل همگانی (TOD). *فصلنامه علمی نامه معماری و شهرسازی*، ۱۸(۴۸)، ۵۶-۸۳.

DOI: 10.30480/aup.2025.5728.2226

URL: https://aup.journal.art.ac.ir/article_1434.html