رتبه‌بندی مناطق توسعه حمل و نقل محور با استفاده از روش AHP و مقایسه آن با وضعیت کاربری اراضی (مطالعه موردی: خط یک متروی مشهد)

فائزه فاطمی پور (دانشجوی دکتری، گروه محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران)
fatemipourfaezeh@gmail.com
رخشاد حجازی (استادیار، گروه محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، نویسنده مسئول)
rokhshadhejazi2000@gmail.com
سید علی جوزی (استاد تمام، گروه محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران)
sajozi@yahoo.com
مرتضی اکبری (استادیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران)
m-akbari@um.ac.ir

چکیده

توسعه حمل و نقل محور (TOD)[1] پیوندی میان برنامه‌ریزی حمل و نقل و کاربری اراضی است. در این پژوهش به منظور ارزیابی کمی و رتبه‌بندی توسعه حمل و نقل محور در خط یک متروی مشهد از روش آنالیز سلسله مراتبی (AHP[2])، استفاده شد. بدین منظور، نه ایستگاه با استفاده از ۵ معیار، ١٤ شاخص و زیرشاخص از جمله شاخص تنوع، کاربری اراضی بررسی و مورد تحلیل قرار گرفتند. با توجه به اینکه نتایج AHP تنها یک میانگین از شاخص‌ها را نشان می‌دهد؛ لذا، برای ایجاد کاربری مناسب در هر منطقه باید شاخص کاربری اراضی در مناطق توسعه حمل و نقل محور مورد توجه قرار گیرد. برای این هدف، کاربری اراضی به ١٦ دسته تقسیم شد و تعداد آن‌ها در هر منطقه بررسی و نسبت آن به جمعیت هر منطقه به دست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین کاربری در زمین‌های اطراف ایستگاه‌ها، کاربری تجاری و بعد از آن کاربری مختلط است. در رتبه‌بندی AHP نیز، بالاترین رتبه مربوط به ایستگاه هفت تیر و هاشمیه به دست آمد. به طوریکه این ایستگاه‌ها، به ترتیب در خدمات اولیه رتبه ۸ و ۹ درخدمات نوع ۲، رتبه ۳ و ۸، و در خدمات شخصی رتبه ۵ و ۹ را به دست آورده‌اند. علاوه برآن، در خدمات اولیه، ایستگاه نمایشگاه، در خدمات شخصی هنرستان و در خدمات نوع ۲، پارک ملت دارای رتبه یک می‌باشند. لذا، نتایج این تحقیق می‌تواند در برنامه‌ریزی شهری و اولویت‌های توسعه حمل و نقل محور به مسئولین کمک نماید.

کلیدواژه‌ها: توسعه حمل و نقل محور، کاربری اراضی، تصمیم گیری چند معیاره، حمل و نقل عمومی، مشهد

1. Transit-Oriented Development (TOD)
2. Analytic Hierarchy Process

۱. مقدمه

حمل و نقل یکی از عوامل مهم در پایداری شهری است (ریبریو[1] و همکاران، ۲۰۱۹) و هماهنگی بین برنامه‌ریزی کاربری اراضی و سیستم حمل و نقل می‌تواند به پایداری در شهرها کمک کند (گاللو[2]و همکاران، ۲۰۱٤، ص. ۹۰۰). توسعه حمل و نقل محور یا همان TOD یکی از ابزارهای موجود و مهم برای تحقق این برنامه است. توسعه حمل و نقل محور در دهه ۱۹۸۰ اولین بار توسط کالتروپ[3] معرفی شد (سراکوچ[4] و همکاران، ۲۰۱۸: ۵۹؛ رحمانی و همکاران، ۱۳۹۹، ص. ۱۸۷). این روش بر روی سه فاکتور اصلی تاکید می‌کند: تراکم، تنوع و طراحی (گاللو و همکاران، ۲۰۱٤، ص. ۹۰۰؛ گریگولون [5]و همکاران، ۲۰۱٦، ص. ۲، هانگ[6]، ۲۰۱۷، ص. ۵). در حال حاضر این سه معیار با دو معیار دسترسی به مقصد و فاصله تا ایستگاه کامل شده است (اوونگ [7]و همکاران، ۲۰۰۱؛ اوونگ و کرورو[8]، ۲۰۱۰).

توسعه حمل و نقل محور، به معنای تراکم و تنوع کاربری زیاد، ایجاد امکانات برای عابر پیاده، ایجاد فضاهای عمومی در اطراف ایستگاه‌ها و طراحی ایستگاه‌ها به صورت مراکز اجتماعی[9]، (توماس[10] و همکاران، ۲۰۱۸،ص. ۱۲۰۱)، در محدوده‌ای با ۱۰ تا ۲۰ دقیقه پیاده‌روی از ایستگاه‌های حمل و نقل است (رنه و لیستوکین، ۲۰۱۹؛ ITDP، ۲۰۱۷، ص. ۱۳). این محلات با ایجاد مناطق فشرده و دوستدار محیط زیست، گسترش حمل و نقل غیرموتوری (پیاده و دوچرخه)، بهبود اقتصاد شهری، حداقل استفاده از خودروی شخصی و جایگزینی آن با حمل و نقل عمومی، باعث رونق اقتصادی و کاهش هزینه‌های خانوار می‌شوند (ویدیاهاری و ایندرجاتی، ۲۰۱۵، ص. ٤۷۵). کرورو[11] اشاره می‌کند، در بیشتر تحقیقات مربوط به توسعه حمل و نقل محور ویژگی‌های مشترکی از جمله؛ توسعه‌ی متنوع، خدمات مناسب حمل و نقل عمومی، تراکم، محیط‌های دوستدار دوچرخه و عابر پیاده، وجود فضاهای عمومی و اجتماعی در نزدیکی ایستگاه‌ها وجود دارد (کرورو و همکاران، ۲۰۰۲، ص. ٦).

در گذشته مطالعات زیادی بر روی مفهوم توسعه حمل و نقل محور صورت گرفته است. در دهه ۱۹۸۰ کالتروپ به معرفی مجدد توسعه حمل و نقل محور پرداخت و معیارهای جدیدی برای محاسبه آن در کتـــاب

1. Ribeiro
2. Galelo
3. Calthorpe
4 . Serra-Coch
5 .Grigolon
6 . Huang
7 . Ewing
8 . Ewing & Cervero
9. Community
10 . Thomas
11. Cervero

متروپولیس‌های جدید در آمریکا[1] ارائه داد. گاللو و همکاران (۲۰۱٤) به اندازه‌گیری توسعه حمل و نقل محور با شاخص‌های حمل و نقل و کاربری اراضی در چهارده ایستگاه پرداختند. آنان در کنار بررسی میزان توسعه حمل و نقل محور و مقایسه ایستگاه‌ها با یکدیگر در شعاع ٤۰۰ و ۸۰۰ متر، در هر ایستگاه، ارتباط بین متغیرها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که در این ایستگاه‌ها ویژگی‌های مورد انتظار در این مناطق وجود ندارد؛ چرا که این مناطق برای ایجاد مناطق توسعه حمل و نقل محور طراحی نشده است. برخی از محققان بعد از محاسبات کمی به خوشه‌بندی ایستگاه‌ها پرداختند (لیوو[2] همکاران، ۲۰۱٦؛ واله[3]، ۲۰۱۵). در پژوهشی که توسط هوانگ و همکاران در سال ۲۰۱۸ انجام شده است؛ برای درک نقش هر ایستگاه در شبکه توسعه حمل و نقل محور به خوشه‌بندی[4] ۲۲ ایستگاه در شهر آرنهم–نیمخن[5] هلند پرداختند و از چهار معیار و هفت شاخص استفاده شده است. در نهایت، ایستگاه‌های مورد بررسی در سه خوشه دسته‌بندی شدند. گوا[6]و همکاران (۲۰۱۸)، به بررسی کارایی مناطق توسعه حمل و نقل محور در ۲۷ ایستگاه در دن–ان توشی[7] توکیو پرداختند. در این تحقیق ایستگاه‌هایی با برنامه‌ریزی و بدون برنامه‌ریزی توسعه حمل و نقل محور با یکدیگر مقایسه و مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تحقیق آنان نشان داد، که ارزش معیارها تقریبا در تمامی فاکتورها در مناطق توسعه حمل و نقل محور کمتر از مناطق بدون برنامه‌ریزی است. در تحقیقی دیگر، رنه و لیستوکینب (۲۰۱۹)، به بررسی ایجاد توسعه حمل و نقل محور در مناطق تاریخی پرداخته و اثرات مخرب و مثبت آن را به دست آورده‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد که برخی از ایستگاه‌ها مناسب توسعه حمل و نقل محور هستند ولی محدویت‌هایی در آن‌ها وجود دارد، دیگر آنکه ایستگاه‌هایی برای توسعه حمل و نقل محور برنامه‌ریزی شده، اما پیش نیازهای توسعه حمل و نقل محور در آن‌ها وجود ندارد و در نهایت ایستگاه‌هایی مناسب توسعه حمل و نقل محور وجود دارد، اما برخی قوانین مانع گسترش آن‌ها در مناطق می‌شود. در سال ۲۰۱۷ سوهونی[8] و همکاران به مدل‌سازی سیستم‌های حمل و نقل جایگزین در شهر بمبئی پرداخته و میزان توسعه حمل و نقل محور را قبل و بعد از اجرای مدل، مورد ارزیابی قرار دادند. علاوه بر این نتایج نظرسنجی از مردم، نشان از تمایل آن‌ها به بهره‌گیری از خودرو شخصی داشته؛ هرچند خودرو فرسوده باشد.

در تحقیقات اخیر تمرکز بر روی محاسبه کمی معیارها و تحلیل آن در شبکه TOD[9] با استفاده از مدل‌های MCDM[10] می‌باشد (مطیعیان و مسگری، ۲۰۱۷). این گونه پژوهش‌ها رتبه توسعه حمل و نقل محور در هر

1 . The New American Metropolis (1993)
2. lye
3 . Vale
4. Tod typology
5. Arnhem-Nijmegen
6. Guo
7. Den-en Toshi Line
8. Sohoni
9. A TOD network
10 . Multiple Criteria Decision Making

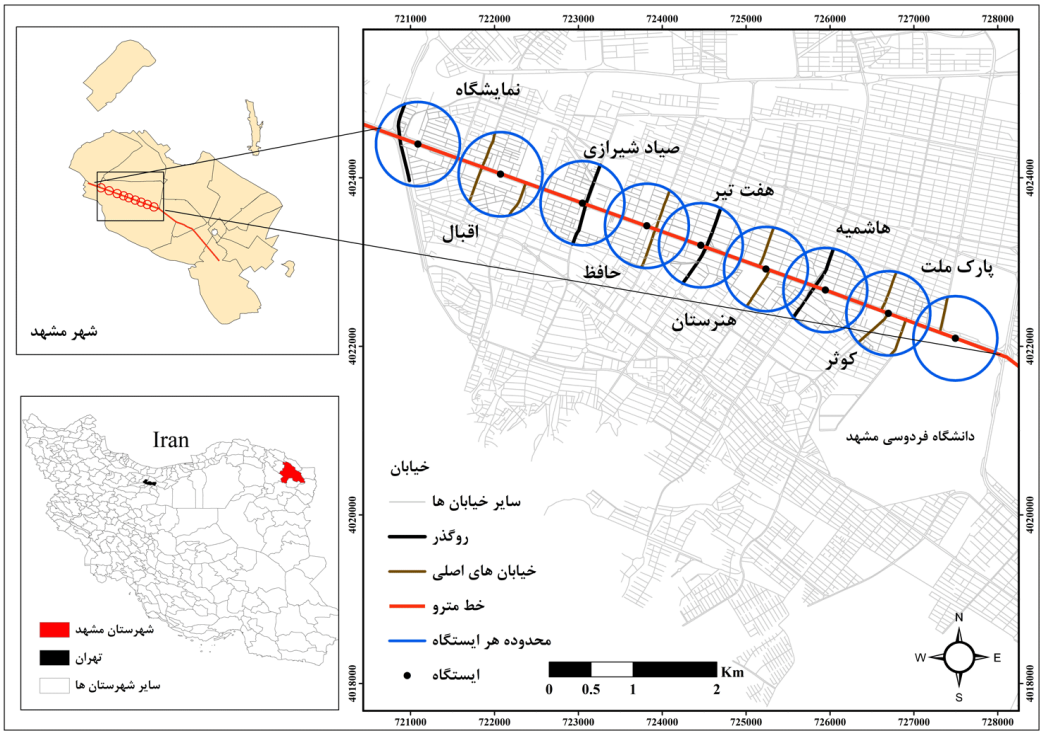
ایستگاه نسبت به سایر ایستگاه‌ها را مشخص می‌کند (ساین و همکاران، ۲۰۱۷). از این جمله، پژوهش ساین و همکاران (۲۰۱۷) است. آن‌ها به کمک هشت معیار و هجده شاخص وبا استفاده از روش AHP به بررسی وضعیت توسعه حمل و نقل محور در ناحیه آرنهم–نیمخن پرداختند. همچنین مطیعیان و مسگری به کمک چهار معیار و چهارده شاخص، با روش AHP فازی به رتبه‌بندی بیست و چهار ناحیه در یک منطقه در شهر تهران پرداختند. به کمک این روش سه نقشه با دیدگاه خوشبینانه، متوسط و بدبینانه استخراج شد.

همان گونه که اشاره شد، در پژوهش‌های مربوط به توسعه حمل و نقل محور، بررسی کاربری اراضی، براساس تعداد کاربری‌ها در محدوده مناطق توسعه حمل و نقل محور و تنوع کاربری‌ها انجام می‌شود. همچنین تاکید بیشتر پژوهش‌ها نیز بر روی فاکتور حمل و نقل است (ITDP, 2017؛ مطیعیان و مسگری، ۲۰۱۷؛ ساین و همکاران، ۲۰۱۷؛ هانگ، ۲۰۱۷؛ گوا و همکاران، ۲۰۱۸؛ پاپاگیاناکیس و همکاران، ۲۰۲۰؛ سراکوچ و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین با توجه به شکاف مطالعاتی در موضوع کاربری اراضی که یکی از دو پایه اصلی توسعه حمل و نقل محور است؛ در این پژوهش کاربری اراضی به شانزده دسته/گروه تقسیم شد و شش دسته از این کاربری‌ها به صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفت و برای سایر کاربری‌ها جدولی ترسیم شد تا وضعیت هر کاربری نسبت به جمعیت در هر منطقه مورد ارزیابی قرارگیرد. از طرفی در این پژوهش، وضعیت کاربری اراضی در هر منطقه به تفکیک نوع آن بررسی شده است. چرا که در نتایج AHP و یا سایر مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، تنها وضعیت تمام کاربری‌ها نسبت به سایر ایستگاه‌ها مشخص می‌گردد؛ و نمی‌توان به کمک آن‌ها به تغییر و توسعه کاربری ارضی در مناطق توسعه حمل و نقل محور اقدام نمود. بنابراین، این پژوهش دو هدف اصلی را دنبال می‌کند: ۱- بررسی معیارها، شاخص‌ها و زیرشاخص‌های متناسب با شرایط محلی شهر مشهد و تحلیل شرایط موجود ۲- بررسی وضعیت تنوع کاربری اراضی در ایستگاه‌های مورد مطالعه و مقایسه شرایط هر کاربری در منطقه با نتایج تحلیل AHP. این روش در جهت بهبود مدل توسعه حمل و نقل محور بوده تا برنامه‌ریزان حوزه شهری به کمک این نتایج بتوانند توان‌مندی‌های منطقه را افزایش داده، ضعف‌ها را شناسایی و در جهت رفع آنها اقدام کنند.

۲. روش شناسی تحقیق:

با توجه به گسترش و علاقه به ایجاد مناطق توسعه حمل و نقل محور در ایران، لازم است تا این تحقیقات با فاکتورهای مناسب در شهرهای ایران انجام گیرد. شهر مشهد مرکز مذهبی ایران محسوب می‌گردد (وطن پرست و همکاران، ۱۳۹٤). دو دلیل برای این بررسی در شهر مشهد وجود دارد. اول آنکه، شهر مشهد به عنوان دومین شهر ایران از نظر جمعیت، سالانه شاهد حضور میلیونی مردم برای اعمال دینی است؛ بنابراین استفاده و بهره‌گیری از حمل و نقل عمومی یک فاکتور مهم در خدمات‌رسانی به زائران و مجاوران خواهد بود. همچنین وجود حرم امام رضا (ع) در مرکز شهر و نزدیکی مراکز کار و تجاری با آن، رفت و آمد به این مناطق را افزایش

می‌دهد. دیگر آنکه، شهر مشهد در حال حاضر دو خط مترو دارد؛ که خط یک به دلیل سابقه بیشتر، در بافت و کاربری اراضی شهری اثر گذار بوده است. بنابراین، منطقه وکیل‌آباد که مسافران کمتری در آن حضور دارند به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد (شکل ۱).

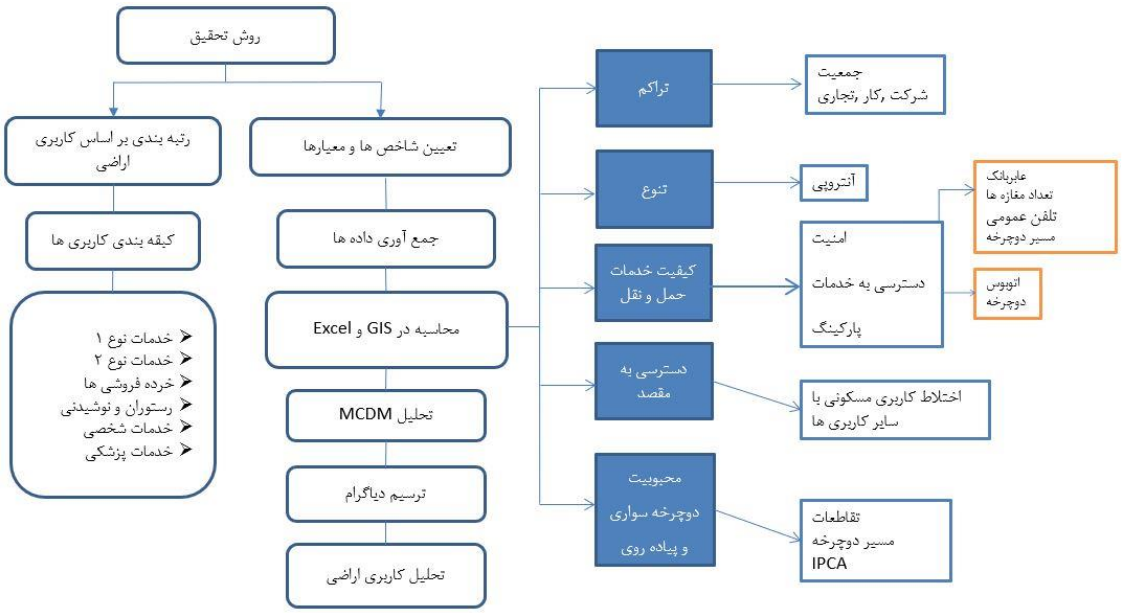


شکل ۱: نقشه مشهد و موقعیت ایستگاه‌ها (فاطمی پور و همکاران، ۱۴۰۱)

۲,۱ انتخاب معیارها و شاخص‌ها

در این پژوهش، جهت رسیدن به هدف اصلی، ۵ معیار، ۱۴ شاخص و زیرشاخص انتخاب شدند (شکل۲). بنحوی که ابتدا معیارها و شاخص‌هایی انتخاب شدند که برای منطقه مورد مطالعه مناسب باشند وسپس انتخاب بر مبنای فراوانی معیارها و شاخص‌ها با استفاده از شاخص‌های مورد استفاده در ادبیات گذشته انجام شد (گاللو و همکاران، ۲۰۱۴؛ مطیعیان و مسگری، ۲۰۱۷؛ رنه و لیستوکین، ۲۰۱۹؛ تکلمن و شن، ۲۰۲۰؛ ساین و همکاران، ۲۰۱۷؛ اونگ و کرورو، ۲۰۱۰؛ عبدالله و مازلن، ۲۰۱۶؛ واله، ۲۰۱۵؛ دستورالعمل‌های طراحی جوامع حمل‌ونقل محور[1]، ۲۰۱۲؛ توماس و همکاران، ۲۰۱۸؛ سوهونی و همکاران، ۲۰۱۷؛ شوآ، ۲۰۱۷؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۶؛ کرورو و کوکلمن، ۱۹۹۷؛ پاپاگیاناکیس[2] و همکاران، ۲۰۲۰).

1. Transit-oriented Communities Design Guidelines
2. Papagiannakis



شکل شماره ۲: نمودار جریانی روش انجام کار

۲,۲ مراحل تحقیق:

تحقیق حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی و کمی است. در گام نخست، برای اندازه‌گیری توسعه حمل و نقل محور با توجه به هدف، زمان و نیروی انسانی، تعدادی از ایستگاه‌های خط یک متروی مشهد انتخاب و در اطراف هر ایستگاه، منطقه مورد مطالعه تعیین شد. لازم به توضیح است که هیچ معیار دقیقی برای تعیین این میزان وجود ندارد و مهم‌ترین معیار راحتی در پیاده‌روی برای ۱۰ دقیقه است (جیکوبسون و فورسایت[1]، ۲۰۰۸؛ دیتامیر و اوهاند[2]، ۲۰۰٤؛ بوسارد[3]، ۲۰۰۲؛ برنامه‌ریزی کاربری اراضی ترانزیت حمایتی[4]، ۱۹۹۲). بنابراین با توجه به میانگین فاصله ایستگاه‌ها از یکدیگر که حدود ۸٤۰ متر است، محدوده‌ای به شعاع ۵۰۰ متر از مرکز ایستگاه به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید.

در گام دوم، نیاز به بررسی یک سری معیار و شاخص است. برای به دست آوردن معیارها و شاخص‌های متناسب با منطقه مورد مطالعه منابع بسیاری مورد بررسی قرار گرفتند و در نهایت با توجه به شرایط منطقه تعداد ۵ معیار و ١٤ زیر شاخص برای محاسبه توسعه حمل و نقل محور انتخاب شد (شکل۲).

در گام سوم؛ نقشه کاداستر شهر مشهد و میزان جمعیت مناطق شهر در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی از شهرداری مشهد تهیه شد. تعداد اتوبوس‌ها در هر ایستگاه از سایت سازمان اتوبوس‌رانی شهر مشهد استخراج شد. به دلیل نبود اطلاعات در سایر معیارها و شاخص‌ها، به مدت ٤ ماه اطلاعات کاربری اراضی، شامل: تعداد

1. Jacobson & Forsyth
2 . Ditmar & Ohland
3 . Bossard
4. Transit-Supportive Land Use Planning

واحدهای مسکونی، مسیرهای دوچرخه، تعداد عابر بانک‌ها، تعداد پارکینگ‌های دوچرخه و تعداد تلفن‌های عمومی در منطقه مورد مطالعه به صورت میدانی تهیه و در جدول اطلاعات و یا به صورت گرافیکی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد شد.

در گام چهارم، بعد از محاسبه معیارها و شاخص‌ها، رتبه‌بندی ایستگاه‌ها به کمک مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره صورت گرفت. در مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، هدف انتخاب بهترین گزینه یا وزن دهی به عوامل تصمیم‌گیری است (اکبری و همکاران، ۲۰۱۹، ص ۵۸۹؛ اکبری و همکاران، ۲۰۲۰، ص ۲۵۰۵). یکی از اولین روش‌های مناسب، استفاده از روش AHP است. این مدل یکی از ابزارهای موثر در تصمیم سازی به ویژه در زمانی است که اهداف موجود و مشخص باشد (حکیمی و همکاران، ۱۳۹۸، ص. ۸۹؛ یزدان‌پناهی و همکاران، ۱۳۹۷، ص. ۲۷). ارزش‌گذاری معیارها و شاخص‌ها به کمک ۱۰ نفر از کارشناسان برنامه‌ریزی‌شهری در شهرداری مشهد صورت گرفت. اهداف توسعه حمل و نقل محور و اهمیت هر یک از معیارها و شاخص‌ها برای کارشناسان بیان شد. در مرحله بعد پاسخ‌ها وارد محیط نرم افزاری Expert Choice شدند و با توجه به تحلیل حساسیت، وزن نهایی استخراج شد (مالچوفسکی، ۱۹۹۹)؛ و در مرحله آخر نیز با طبقه‌بندی کاربری اراضی به تحلیل وضعیت کاربری اراضی پرداخته شد.

۲,۳ محاسبه شاخص‌ها

همان طور که اشاره شد محاسبه توسعه حمل و نقل محور به معنای محاسبه شاخص‌های مرتبط با هر یک از معیارهاست. شکل ۲ معیارها، شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مورد بررسی در این تحقیق را نشان می‌دهد.

۲,۳,۱ تراکم جمعیت، شرکت‌ها، کار و تجاری

در مدیریت شهری، تراکم زیاد جمعیت در شهرها اگر از الگوی مناسبی پیروی کند به توسعه پایدار منجر می‌شود (هوآلی[1] و همکاران، ۲۰۰۹). تراکم در مناطق توسعه حمل و نقل محور متراکم و به هم تنیده است. به صورتی که فروشگاه‌ها، مساکن و دفاتر را در قالب منطقه‌ای به هم فشرده و با فواصلی که قابل پیاده‌روی است ارائه می‌دهد (روشنی و همکاران، ۱۳۹۲، ص. ۳٤). اطلاعات مربوط به جمعیت از فایل رقومی موجود در شهرداری مشهد اخذ شد. اما هیچ اطلاعات جامعی برای شرکت‌ها، کار و مراکز تجاری در دسترس نبود؛ بنابراین این اطلاعات به صورت میدانی جمع‌آوری شدند.

1. Howley

۲,۳,۲ تنوع

تنوع در این حالت به معنی ترکیبی از فعالیت‌های مختلف است؛ تنوع در طراحی، فضاهای عمومی گسترده، گروه‌های نژادی، قومیت‌ها، جنسیت‌ها، سنین، مشاغل و خانوار (سوزوکی[1] و همکاران، ۲۰۱۳؛ تلن[2]، ۲۰۰۶؛ فاینستاین[3]، ۲۰۰۵). در این پژوهش با توجه به منبع توسعه حمل و نقل محور: راهنمایی برای جوامع[4] (۲۰۱۰)، تعداد ۹ فاکتور برای تنوع بررسی شد که شامل: کاربری اراضی، مسکن، مشاغل متنوع، خرده‌فروشی، زیرساخت-های اجتماعی، دسترسی، فضاهای باز و تفریحی، تعامل در جامعه و توسعه فرهنگی می‌باشند.

مفهوم تنوع با شاخص آنتروپی (فرمول شماره ۱ و۲) به دست می‌آید. این شاخص توسط ریتسما ون اک[5] و کومن[6] (۲۰۰۸)، ارائه شده است. این شاخص دارای مقادیر عددی از ۰ تا ۱ است.

فرمول شماره ۱

$$LU_d\,(i) = \frac{\sum Q_{lui} * \ln Q_{lui}}{\ln(n)}$$

Q_{lui} از فرمول و رابطه ۲ بدست می‌آید.

فرمول شماره ۲

$$Q_{lui} = \frac{S_{lui}}{S_i}$$

بطوریکه S_{lui} مساحت هر کاربری و S_i مساحت کل ناحیه و n تعداد کل کاربری‌ها خواهد بود.

۲,۳,۳ دسترسی به مقصد

اختلاط کاربری اراضی شاخصی برای محاسبه دسترسی به مقصد است. در این شاخص میزان اختلاط زمین‌های مسکونی و غیرمسکونی سنجیده می‌شود (تکلمن و شن، ۲۰۲۰). برای محاسبه این شاخص از فرمول ارائه شده توسط زنگ و گویندن (۲۰۰۵)، استفاده شد (فرمول شماره ۳)؛ که در مطالعات مشابه نیز استفاده شده است (هانگ، ۲۰۱۷؛ ساین و همکاران، ۲۰۱٤؛ تکلمن و شن، ۲۰۲۰). ارزش MI از ۰ تا ۱ متغییر خواهد بود.

فرمول شماره ۳

$$\mathrm{MI(x.y)} = \frac{\sum iLc}{\sum i\,(Lc+Lr)}$$

در این فرمول Lc نواحی تجاری، صنعتی، سازمانی و Lr کاربری مسکونی است.

۲,۳,٤ محبوبیت دوچرخه سواری و پیاده‌روی

شاخص‌های مرتبط برای معیار محبوبیت دوچرخه سواری و پیاده‌روی به شرح زیر است:

1. Suzuki
2. Talen
3. Fainstein
4. Transit oriented development: guide to community diversity (2010)
5 . Ritsema van Eck
6 . Koomen

۲,۳,٤,۱ مسیر دوچرخه

دوچرخه وسیله‌ای مناسب برای مسافت‌های کوتاه تا متوسط است؛ اما اگر با حمل و نقل عمومی ترکیب شود برای سفرهای طولانی نیز مناسب خواهد بود (دستورالعمل‌های توسعه حمل و نقل عمومی[1]، ۲۰۱۲، ص. ۵۰).

۲,۳,٤,۲. تراکم تقاطعات

نواحی با بلوک‌های کوچک و تقاطعات بالا باعث کاهش مسافت‌ها و افزایش مسیرهای مستقیم است (دستورالعمل‌های توسعه ترانزیت محور[2]، ۲۰۱٦، ص. ۳۸). در این شاخص تعداد تقاطعات در هر کیلومتر مربع سنجیده می‌شود. محاسبات این شاخص در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام خواهد شد.

۲,۳,٤,۳ منطقه حقیقی پیاده روی[3](IPCA)

IPCA, به معنای میزان حقیقی پیاده‌روی از ایستگاه به میزان ۵۰۰ متر است؛ که این میزان معادل شعاع در نظر گرفته شده برای منطقه توسعه حمل و نقل محور است (ساین و همکاران، ۲۰۱٤). بدین صورت که فاصله خیابان‌ها از ایستگاه تا مرز منطقه توسعه حمل و نقل محور محاسبه شده و منطقه ایجاد شده به فاصله حدودی ۵۰۰ متر، شعاع منطقه توسعه حمل و نقل محور، در خیابان‌ها به دست می‌آید. این شاخص از تقسیم منطقه IPCA بر کل منطقه به دست آمده که دامنه‌ای از صفر تا ۱ را شامل می‌شود.

۲,۳,۵ کیفیت خدمات حمل و نقل:

در حالت ایده‌ال توسعه حمل و نقل محور مکانی برای کار، زندگی و استراحت در اختیار افراد قرار می‌دهد. در طراحی مناطق توسعه حمل و نقل محور هدف نزدیک شدن به اهداف زیباشناختی افراد متفاوت است (جیکوبسون و فورسایت، ۲۰۰۸، ص. ٥٤). این شاخص با سه زیر شاخص مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۲,۳,۵,۱ امنیت در ایستگاه

قسمتی از امنیت را می‌توان به وسیله طراحی وسایل نقلیه، امکانات، افزایش دید و چشم‌انداز تغییر داد (دستورالعمل‌های توسعه حمل و نقل محور، ۲۰۱۲، ص. ۱۳۲). به طورکلی، هر چه بتوان توقف افراد در ایستگاه را افزایش داد، امنیت افزایش می‌یابد. بنابراین زیر شاخص‌های زیر در هر ایستگاه محاسبه شد: دستگاه عابر بانک، تلفن عمومی، مسیر دوچرخه برای عبور از پله‌ها، مراکز تجاری.

1 . Transit-supportive guidelines
2 . Transit oriented development guidelines
3 . Impedance Pedestrian Catchment Areas

۲,۳,۵,۲ دسترسی به خدمات (دوچرخه و اتوبوس)

اگر در نزدیکی ایستگاه‌های مترو امکان استفاده از سایر وسایل حمـل و نقل وجود داشته باشد، استـفاده از حمل و نقل عمومی افزایش خواهد یافت. برای محاسبه این شاخص تعداد خط‌های اتوبوس در هر ایستگاه مترو محاسبه شد.

۲,۳,۵,۳ پارکینگ

وجود پارکینگ به بهبود و گسترش حمل و نقل عمومی کمک می‌کند. اگر مناطق توسعه حمل و نقل محور دارای پارکینگ مناسب در نزدیکی ایستگاه‌ها باشند، افراد برای بهره‌گیری از حمل و نقل عمومی بیشتر تشویق خواهند شد (دستورالعمل‌های حمایتی حمل و نقل، ۲۰۱۲، ص. ٧٤).

۲,٤ تحلیل کاربری اراضی

با توجه به این که یکی از اهداف توسعه حمل و نقل محور ادغام برنامه ریزی کاربری اراضی و حمل و نقل است؛ علاوه بر نتایج اولیه، ویژگی‌های تنوع کاربری اراضی در هر ۹ منطقه مورد بررسی قرار گرفت. همان گونه که بیان شد؛ برای محاسبه شاخص تنوع از۹ فاکتور استفاده گردید، که شامل: کاربری اراضی، مسکن، مشاغل، خرده فروشی، زیرساخت‌های اجتماعی، دسترسی، فضاهای باز و تفریحی، تعامل در جامعه، توسعه فرهنگی می‌باشد (توسعه حمل و نقل محور: راهنمای تنوع جامعه[1]، ۲۰۱۰). برای ایجاد دقت بیشتر این ۹ شاخص به ١٦ دسته تقسیم شدند (جدول ۱)، تا وضعیت کاربری اراضی در مناطق مورد بررسی ارزیابی گردد. در انتها برای امکان مقایسه بین ایستگاه‌ها؛ کاربری اراضی نسبت به جمعیت ساکن در هر منطقه سنجیده شد.

جدول ۱: کاربری‌های اراضی در محدوده مناطق TOD

کاربری‌های اراضی در محدوده مناطق TOD	**توضیحات**
خدمات نوع ۱ (اولیه)	سوپر، میوه، خرازی، خواروبار، سبزی
خدمات نوع۲	تایپ و تکثیر،خشکشویی، آرایشگاه، خیاطی، بازی و سرگرمی، کافی نت،
خدمات نوع ۳	محضر، املاک، آموزشگاه رانندگی، خانه سالمندان، کارواش، پمپ بنزین، تعمیر ماشین، اژانس، تشریفات، عکاسی، تالار، ملزومات آتش‌نشانی، نمایندگی خوردرو، خدمات ساختمانی، مرکز مشاوره، دفتر اسناد، خدمات مسافرتی، خوابگاه
خرده فروشی	طلا، پارکت، گل، اکواریوم، شیشه، عطاری، شیرینی، لباس، کفش، کادویی، موبایل، خوردرو
مشاغل	مهندسین، شرکت‌ها، دفتر وکالت، کارگاه‌ها، آزمایشگاه خاک، چاپ و نشر
پارکینگ	پارکینگ رو باز، پارکینگ طبقاتی
فروشگاه‌های بزرگ خرید روزانه	شهرداری، کوروش

1 . Transit oriented development: guide to community diversity

باشگاه ورزشی	زنانه، مردانه، استخر
فضای سبز	پارک، فضاهای محلی سبز
فرهنگی مذهبی	خیریه، کتابخانه
اداری و انتظامی	اداره‌ها، کلانتری، سازمان‌ها
آموزشی	مهد، مدرسه، دانشگاه
بهداشتی و درمانی	پزشک، مرکز بهداشت، داروخانه
رستوران	کافه، فست فود، رستوران، چای خانه
اقامتی	هتل، مهمان‌پذیر
خدمات شخصی	بانک، بیمه، پست، دفتر پیش‌خوان

۳. یافته‌ها:

۳,۱ تحلیل شاخص‌ها و معیارها به کمک مدل AHP

معیارهای تعیین شده برای ۹ ایستگاه ارزیابی شدند. وزن هر معیار و شاخص با توجه به نظر کارشناسان جامعه آماری در محیط نرم افزار Expert Choice به دست آمد. میانگین عدد تحلیل حساسیت معادل ۰/۰۰۰۱۱ بود. وزن هر معیار، شاخص و زیر شاخص در جدول ۲ نشان داده شده است. در مرحله انتهایی به کمک روش AHP به رتبه‌بندی ایستگاه‌ها پرداخته شد. جدول ۳ و نقشه ۳ ارزش هر شاخص و رتبه هر ایستگاه را نشان می‌دهد.

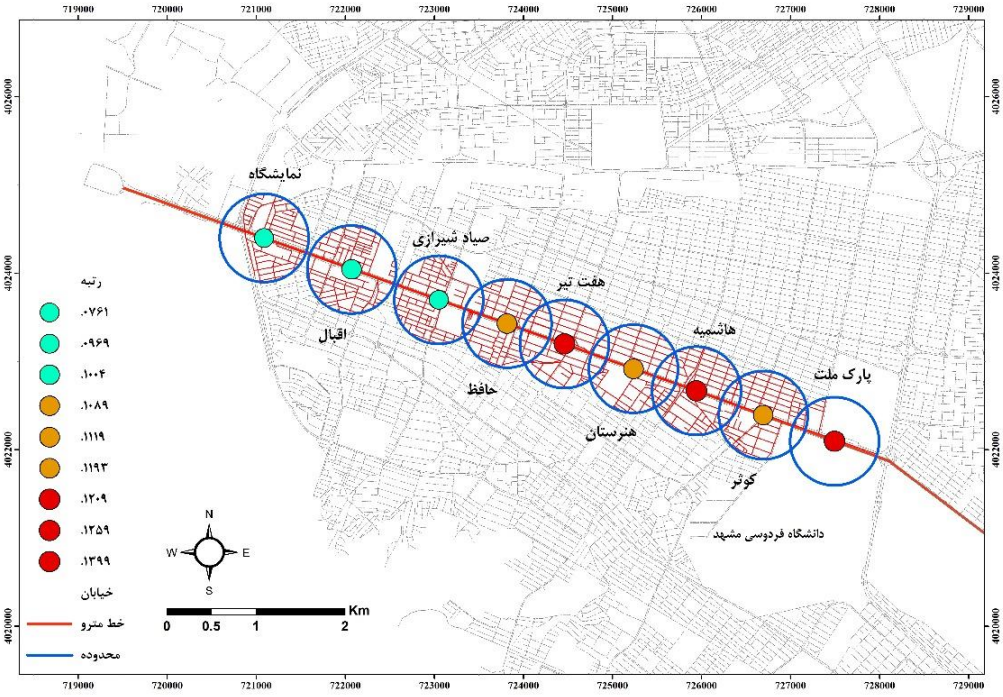
جدول۲: وزن هر کدام از معیارها، شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها

معیار	وزن	شاخص	وزن	زیر شاخص	وزن
تراکم	۰/۳۰۸	جمعیت	۰/۵۶۲		
		جمعیت، شرکت‌ها، کار و تجاری	۰/۴۳۸		
تنوع	۰/۱۵۳	آنتروپی			
کیفیت حمل و نقل	۰/۲۳۹	امنیت	۰/۳۵۹	عابر بانک	۰/۳۰۵
				تعداد مغازه‌ها	۰/۳۸
				تلفن عمومی	۰/۲۱۷
				مسیر دوچرخه	۰/۰۹۸
		دسترسی به سایر وسایل	۰/۲۷۷		
		پارکینگ	۰/۳۶۵	اتوبوس	۰/۷۰۴
				دوچرخه	۰/۲۶۹
دسترسی به مقصد	۰/۱۰۹	(MI)			
محبوبیت دوچرخه	۰/۱۹۱	تقاطعات	۰/۳۴۸		
سواری و پیاده روی		مسیر دوچرخه	۰/۲۹۶		
		IPCA	۰/۳۵۶		

جدول ۳: رتبه هر ایستگاه در مدل AHP و ارزش هر شاخص

ایستگاه‌ها	رتبه	شاخص TOD	شرکتها، کار و تجاری	عابربانک	امنیت	پارکینگ	دسترسی به خدمات	تنوع	تقاطعات	مسیر دو چرخه	IPCA	MI
نمایشگاه	۹	۰,۰۷۶	۰,۰۷۳	۰,۰۱٤	۰,۰۲٦	۰,۰۳۳	۰,۰۰٦	۰,۰۱۸	۰,۰۳٦	۰,۰۰۰	۰,۰٤۳	۰,۰۰٥
اقبال	۷	۰,۰۹۷	۰,۱۰٥	۰,۰٤۲	۰,۰۳۳	۰,۰۳۳	۰,۰۲۳	۰,۰۱۳	۰,۰٥٤	۰,۱۰	۰,۰٤٤	۰,۰۰۹
صیاد شیرازی	۸	۰,۱۱۹	۰,۱۲۹	۰,۰۲۸	۰,۰۲٦	۰,۰٦٦	۰,۰۲۳	۰,۰۱۸	۰,۰٥۰	۰,۰۳۱	۰,۰٤۸	۰,۰۰۹
حافظ	٤	۰,۱٤۰	۰,۱۹۰	۰,۰٦۹	۰,۰۳۹	۰,۰۳۳	۰,۰۳۸	۰,۰۱٥	۰,۰۲٥	۰,۰٤۷	۰,۰٤۲	۰,۰۱۹
هفت تیر	۱	۰,۱۰۹	۰,۱۲۰	۰,۰۲۸	۰,۰۳۱	۰,۰۳۳	۰,۰۲۲	۰,۰۱۷	۰,۰۳۲	۰,۰٥٦	۰,۰٤۰	۰,۰۰۹
هنرستان	٦	۰,۱۲٦	۰,۱٤٥	۰,۰۲۸	۰,۰۳۳	۰,۰۳۳	۰,۰٤٦	۰,۰۱٦	۰,۰٤٥	۰,۰٥٦	۰,۰٤۰	۰,۰۱۲
هاشمیه	۲	۰,۱۱۲	۰,۱۰۳	۰,۰٥٥	۰,۰٤۸	۰,۰۳۳	۰,۰۳۱	۰,۰۱۹	۰,۰٤٥	۰,۰٤٥	۰,۰٤۷	۰,۰۰۸
کوثر	٥	۰,۱۲۱	۰,۰۱۷	۰,۰۲۸	۰,۰۹۹	۰,۰٦٦	۰,۰٥٦	۰,۰۱۸	۰,۰۰٦	۰,۰٥۰	۰,۰۱٦	۰,۰۳۲
پارک ملت	۳	۰,۱۲۱	۰,۰۱۷	۰,۰۲۸	۰,۰۹۹	۰,۰٦٦	۰,۰٥٦	۰,۰۱۸	۰,۰۰٦	۰,۰٥۰	۰,۰۱٦	۰,۰۳۲

نسخه پیش انتشار



شکل شماره ۳: رتبه‌بندی ایستگاه‌های منطقه وکیلآباد مشهد

۳,۲ طبقه‌بندی ایستگاه‌ها بر اساس کاربری اراضی

شانزده نوع کاربری ارائه شده در جدول ۱ برای ۹ ایستگاه در دو گروه بررسی شده است. در گروه اول نسبت جمعیت به کاربری، همراه با رتبه هر ایستگاه ارائه و وضعیت ایستگاه‌ها در کاربری مورد نظر، بررسی شده است (جدول٤). سایر کاربری‌ها در جدول ۵ به همراه تعداد آنها و تعداد جمعیت منطقه برای مقایسه نشان داده شده است.

جدول ٤: نسبت جمعیت به کاربری اراضی و رتبه هر ایستگاه در هر کاربری

ایستگاه	نسبت خدمات اولیه	رتبه	نسبت جمعیت به خدمات نوع ۲	رتبه هر ایستگاه در خدمات نوع ۲	خرده فروشی ها	رتبه	نسبت جمعیت به خدمات درمانی	رتبه هر ایستگاه در خدمات درمانی	خدمات شخصی	رتبه هر ایستگاه در خدمات شخصی	رستوران	رتبه هر ایستگاه در رستوران	رتبه هر ایستگاه در رتبه بندی AHP
نمایشگاه	۱۸۱,۱	۱	۳۳۰,۲	۹	۳۵۰,۹	۹	٦۲۳,۷	٦	۷۰۱,۸	۸	۹۳۵,۷	۹	۹
اقبال	۱۹۹,۱	۳	۱۵٦,۱	۲	۱۹۹,۱	۷	٦٦۳,۵	۷	٥٦۸,۷	٦	٤٤۲,۳	۸	۷

صیاد شیرازی	۲۰۱,۵	۵	۲۱۸,٦	۵	۲۵,۵	۲	۹٤۷,۳	۸	٤۷۳,۷	٤	۲۹۹,۲	۷	۸
حافظ	۱۹۲,۷	۲	۱۷۳,۸	٤	۲۳۳,۳	۸	۳٤۱	۵	٦۳۳,۳	۷	۱۸۸,٦	۵	٤
هفت تیر	۲۹۱,۷	۸	۱۷۳,۸	۳	۱۸,٦	۱	۵۷,۹	۲	٤۸۰,۵	۵	۱٦۳,٤	۲	۱
هنرستان	۲۷٤,۱	۷	۲۲۱,۰۳	٦	۱۰۰,۸	۵	۵۳,۱	۱	۳٤۲,٦	۱	۲۰۱,۵	٦	٦
هاشمیه	۳۳۲,۳	۹	۲۵٤,۷	۸	۳۳,۵	٤	۹۵,۵	٤	۹۵۵,۳	۹	۱٦٦,۱	۳	۲
کوثر	۲۰۰,۲	٤	۲۳۷,٦	۷	۱٤۱	٦	۷۷,۵	۳	٤٤۳,۲	۳	۱۷۷,۳	٤	۵
پارک ملت	۲٦٦,۳	٦	۸۸,۷	۱	۲۹,٦	۳	۰	۹	۳۹۹,۵	۲	٦۱,۵	۱	۳

جدول۵: تعداد واحدهای موجود در هر کاربری به تفکیک مناطق توسعه حمل و نقل محور در مقایسه با جمعیت هر منطقه

ایستگاه‌ها	جمعیت مناطق	خدمات نوع ۳	آموزشی	فروشگاه	پارکینگ	ورزشی	فضای سبز	فرهنگی	اداری	مشاغل	اقامتی
نمایشگاه	۵٦۱٤	٤۰	٦	۱	۰	۱	٦	۰	۵	۵	۰
اقبال	۷۹٦۲	٦۷	۲٦	۲	۱	٤	۱۷	۱۲	۹	۵	۰
صیاد شیرازی	۵٦۸٤	۳۵	۱۰	۱	۰	۹	۳	۵	۱۷	۲	۱
حافظ	۸۸٦٦	۵۵	۳۰	۱	۱	۹	۲	۵	۱۵	۳۹	۱
هفت تیر	۸۱٦۸	٤۳	۵٤	۲	۳	۱۰	۱۱	۵	۱۳	۱۵۸	۱
هنرستان	٦۸۵۲	۵٤	۳۰	۱	۰	۷	۵	٤	٤	۱۱	۰
هاشمیه	۷٦٤۲	۸٦	۱۸	٤	۲	۱۲	۳	٤	۲	۸٦	۰
کوثر	٦۲۰۵	۵۳	۲۵	۰	۰	۱۱	۸	۲	۵	۳۲	۰
پارک ملت	۷۹۹	۳	۵	۰	۰	۵	۱	۰	۳	۲	۰

٤. بحث

نتایج شاخص توسعه حمل و نقل محور برای ۹ ایستگاه در جدول ۳ و شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین کاربری در زمین‌های اطراف ایستگاه‌ها، کاربری تجاری و بعد از آن کاربری مختلط است. این شرایط می‌تواند ناشی از قرارگیری مترو با حاشیه بزرگراه باشد. در نتایجی مشابه شوآ (۲۰۱۷) بیان می‌کند، بیشترین کاربری در اطراف ایستگاه‌ها، کاربری مختلط است که نشان از گسترش کاربری تجاری دارد.

با توجه به جدول ۳، ۹ ایستگاه در ٤ طبقه تقسیم و بررسی شدند: بالاترین رتبه مربوط به ایستگاه هفت تیرو هاشمیه است. این دو ایستگاه در تقاطع دو پل هوایی اول و دوم بر روی بزرگراه وکیل‌آباد هستند. وجود تقاطعات باعث افزایش تراکم تجاری شده است. مطیعیان و مسگری (۲۰۱۷) نیز بالاترین میزان توسعه حمل و نقل محور را در مناطقی به دست آوردند که در تقاطع دو خیابان اصلی واقع شده است؛ زیرا باعث

افزایش میزان رفت و آمد می‌گردد. تراکم جمعیت در این دو ایستگاه نیز بالاست. بطوری که هفت تیر رتبه دوم و هاشمیه رتبه چهارم را دارد. علت کم شدن تراکم جمعیت نسبت به تراکم تجاری منطقه، بزرگ شدن بلوک‌های مسکونی است. بتبع افزایش در رتبه تجاری نسبت به جمعیت، این دو ایستگاه رتبه دوم و سوم را در معیار دسترسی به مقصد به دست آورده‌اند. نکته بعدی در این دو ایستگاه کاهش رتبه تنوع است؛ که دو رتبه انتهایی را به خود اختصاص داده‌اند. در شاخص تنوع اگر در یکی از کاربری‌ها افزایش چشم‌گیری وجود داشته باشد، باعث کاهش عدد تنوع خواهد شد (ریتسما ون اک و کومن، ۲۰۰۸). در معیار محبوبیت دوچرخه سواری و پیاده‌روی وضعیت این دو ایستگاه کمی متفاوت است. به صورتی که ایستگاه هاشمیه رتبه اول و هفت تیر رتبه پنجم را دارد. ایستگاه هاشمیه در دو شاخص طول مسیر دوچرخه و تراکم تقاطعات از هفت تیر پیشی گرفته و در شاخص IPCA عکس این حالت است.

ایستگاه پارک ملت رتبه سوم را کسب کرده است. اما به دلیل شرایط منطقه از سایر ایستگاه‌ها متمایز است. بنابراین در طبقه دوم به تنهایی مورد بررسی قرار گرفت. ایستگاه پارک ملت در ابتدای بزرگراه و در شرقی‌ترین نقطه قرار دارد. در شمال ایستگاه بزرگترین پارک شهری و در جنوب آن بزرگترین دانشگاه شرق کشور قرار دارد. همچنین بزرگترین پایانه اتوبوسرانی منطقه در این ایستگاه است. گاللو و همکاران (۲۰۱٤) در نتایج خود می‌نویسند، ایستگاه‌هایی که بیشترین تراکم وسایل حمل و نقل را دارند، دارای جمعیت، ساختمان، مسکن و اشتغال بیشتری هستند. به صورتی که این ایستگاه بیشترین سطح غیرمسکونی را در بین ۹ ایستگاه دارد. همچنین ایستگاه پارک ملت در معیارهای دسترسی به مقصد و کیفیت حمل و نقل رتبه اول را کسب کرده است. علت امتیاز بالا در معیار کیفیت حمل و نقل دسترسی گسترده به اتوبوس در منطقه و بزرگترین مرکز خرید در داخل ایستگاه مترو در شهر است. اگر چه در این ایستگاه دسترسی به مسیر دوچرخه مناسب وجود دارد؛ اما به دلیل حضور دانشگاه باعث کاهش شاخص‌های تقاطعات و IPCA در منطقه شده است؛ چرا که دانشگاه در سمت جنوبی مسیر را مسدود کرده است.

طبقه بعدی شامل ایستگاه‌های حافظ، کوثر و هنرستان است. ایستگاه حافظ بین دو پل هوایی هفت تیر و صیاد شیرازی، ایستگاه کوثر قبل از پل هوایی ایستگاه هاشمیه و ایستگاه هنرستان بین دو پل هوایی ایستگاه هاشمیه و هفت تیراست. نکته قابل تامل در خط مترو وجود هسته‌های قوی تجاری در ایستگاه‌هایی است که در تقاطع دو خیابان قرار دارند و مانع پیشرفت تجاری در خیابان‌های اطراف خود شده‌اند. در نتایجی مشابه هانگ و همکاران (۲۰۱۸) می‌نویسند، ایستگاه‌های کوچک ممکن است متاثر از دو ایستگاه قوی در اطراف خود باشند. به طوری که این سه ایستگاه از نظرتراکم در شاخص تجاری بعد از سه ایستگاه هفت تیر، هاشمیه و پارک ملت هستند. ایستگاه کوثر رتبه اول در شاخص تنوع است. کومار و همکاران (۲۰۱۸) می‌نویسند مناطق کم‌تراکم در شاخص تجاری دارای رتبه بالاتری در تنوع هستند. چرا که محلات قدیمی‌تر طبیعت مخلوطی دارند. همچنین

این سه ایستگاه رتبه دوم تا چهارم را در معیار محبوبیت در دوچرخه سواری و پیاده‌روی دارند. میزان IPCA در سه منطقه بالاست. طول مسیر دوچرخه از ۱۳۵٦ متر تا ۲٤٦٥ متر است.

طبقه بعدی شامل ایستگاه‌های اقبال، صیاد شیرازی و نمایشگاه است. ایستگاه نمایشگاه در انتهای بلوار وکیل‌آباد واقع شده و منطقه‌ای تازه ساز است. آخرین پل هوایی از روی این ایستگاه عبور کرده است. حدود ۳۰ درصد از اراضی این منطقه شامل مناطق اداری و زمین خالی است؛ که باعث شده جمعیت کمتری در آن ساکن باشد. همچنین دارای کمترین میزان خرده فروش‌ها در بین ۹ ایستگاه است. ساین و همکاران (۲۰۱۷)، نیز در تحقیق خود اشاره می‌کنند مناطقی که توسعه کمتری داشته و کم جمعیت هستند در شاخص‌های اقتصادی رتبه پایینی به دست آورده‌اند. ایستگاه اقبال بین دو پل هوایی نمایشگاه و صیاد شیرازی و از مرکز شهر دور است. ایستگاه اقبال تنها در معیار تنوع بین سه رتبه اول است. سومین پل هوایی از ایستگاه صیاد شیرازی عبور کرده و باید به صورت معمول باعث رونق شاخص تجاری در منطقه می‌شد، اما این ایستگاه از سمت شمال خود منطقه‌ای اداری است و منتهی به زندان مرکزی شهر است که تمایل به گسترش مراکز تجاری را کاهش داده است. در حالی که در منطقه جنوبی خود چندین مرکز تجاری و اقامتی وجود دارد. در ایستگاه‌های صیادشیرازی و اقبال بیشترین میزان تقاطعات در بین ۹ ایستگاه وجود دارد. چرا که مناطق جدید در اختیار گروه‌های مالی متوسط قرار دارد و خبری از قطعات بزرگ مسکونی نیست. کاهش میزان تقاطعات در ایستگاه نمایشگاه ناشی از وجود زمین‌های خالی و تفکیک نشده است. در ایستگاه صیاد شیرازی به دلیل رونق تجارت در منطقه جنوبی آن شاخص MI افزایش یافته است. در نتیجه می‌توان گفت؛ به غیر از نیم دایره‌ای در جنوب ایستگاه صیادشیرازی، این سه ایستگاه از مناطق ضعیف در معیارهای توسعه حمل و نقل محور هستند.

در مرحله بعد برای مقایسه نتایج AHP با وضعیت هر کاربری در مناطق، خدمات نوع ۱ و ۲، خرده فروشی‌ها، رستوران‌ها، خدمات شخصی و درمانی بررسی شدند. لاهورپور (۲۰۲۲) می‌نویسد، شدت کاربری‌ها در مناطق TOD میزان دسترسی را افزایش می‌دهد. بنابراین شدت هر کاربری در این مرحله بررسی شده است.

خدمات نوع ۱ شامل نیازهای روزانه است. همان گونه که در جدول ٤ ملاحظه می‌شود، بهترین رتبه مربوط به ایستگاه نمایشگاه است؛ که در ازای هر۱۸۱,۱ نفر یک واحد تجاری، خدمات نوع ۱ وجود دارد. این در حالی است که ایستگاه نمایشگاه رتبه آخر را در مدل AHP کسب کرده است. علت آن می‌تواند ضعیف بودن منطقه از نظر طبقه مالی باشد چرا که باعث می‌گردد ساکنان منطقه برای کسب درآمد و سود تمایل به واگذاری قسمتی از ساختمان خود برای واحدهای تجاری را داشته باشند. کمترین رتبه متعلق به ایستگاه هاشمیه است. در این منطقه به ازای هر ۳۳۲,۳ نفر یک واحد تجاری وجود دارد. چرا که ساکنان منطقه به دلیل عدم نیاز مالی تمایل کمتری به واگذاری قسمتی از محل مسکونی خود به عنوان واحد تجاری را دارند.

خدمات نوع ۲، کمتر از خدمات ۱ و بیشتر از خدمات نوع ۳ مورد نیاز ساکنان هستند. ایستگاه هاشمیه با کسب رتبه ۲ در رتبه بندی AHP حائز رتبه ۸ در این خدمات است. به طوری که به ازای هر ۲۵٤,۷ نفر یک واحد خدماتی نوع ۲ را داراست. دلیل آن مشابه کمبود خدمات نوع ۱ است.

خرده فروشی‌ها شامل مراکز تجاری هستند که کالایی را عرضه و به فروش می‌رسانند و در دسته خدماتی نیستند. همان گونه که در جدول ٤ مشخص شده است؛ از چهار رتبه اول در این کاربری سه مورد آن در ایستگاه‌هایی است؛ که دارای پل هوایی هستند و شامل هفت تیر، صیاد شیرازی و هاشمیه می‌شود. جاگیری ایستگاه پارک ملت در رتبه سوم کم بودن جمعیت نسبت به واحدهای تجاری است.

نسبت رستوران‌ها در منطقه هم با جمعیت منطقه و هم با میزان مراکز تجاری و تفریحی قابل مقایسه است. در کنار این موضوع؛ وجود رستوران‌ها در حاشیه خیابان‌ها و تقاطعات باعث ایجادحس امنیت و پویایی در محلات شهری می‌گردد. رتبه اول متعلق به منطقه پارک ملت است؛ که ناشی از حضور مردم برای تفریح و همچنین دانشجویان است. رتبه دوم و سوم نیز متعلق به ایستگاه‌های هفت تیر و هاشمیه است؛ که این گسترش ناشی از مراکز خرید در این دو ایستگاه است.

خدمات شخصی از یک واحد برای ۳٤۲,٦ نفر در ایستگاه هنرستان؛ تا ۹۵۵,۳ نفر در ایستگاه هاشمیه متغییر است. با این حال دو ایستگاه هاشمیه و هفت‌تیر که رتبه ۱ و ۲ را در AHP کسب کرده‌اند؛ به ترتیب رتبه ۹ و ۵ را در این نوع خدمات دارند.

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ٤، ایستگاه‌ها در دو گروه دسته‌بندی می‌شوند. در گروه اول ایستگاه‌های هنرستان، هفت تیر، کوثرو هاشمیه دسته‌بندی شدند؛ که دارای خدمات پزشکی زیادی هستند. در گروه دوم نیز ایستگاه‌های حافظ، نمایشگاه، اقبال، صیاد شیرازی و پارک ملت قرار گرفتند. در صورت حذف ایستگاه پارک ملت، ٤ ایستگاه شرقی که نزدیک‌تر به مرکز شهر و در مناطق مرفه‌تر هستند؛ خدمات درمانی بیشتری دریافت می‌کنند. تنها ایستگاهی که هیچ خدمات درمانی دریافت نمی‌کند، ایستگاه پارک‌ملت است. در جدول ۵ نیز سایر کاربری‌ها در هر ایستگاه به همراه جمعیت هر منطقه نشان داده شده است. با توجه به جدول و میزان جمعیت و تعداد کاربری‌ها، می‌توان کمبودهای هر منطقه را بررسی و در رفع آنها اقدام کرد. همچنین به کمک این جدول، شکاف‌ها و تفاوت‌های مناطق با یکدیگر آشکار می‌گردد.

در نهایت می‌توان گفت، موضوع کاربری اراضی یکی از دو ستون اصلی توسعه حمل و نقل محور است. رتبه‌بندی مناطق توسعه حمل و نقل محور که در تحقیقاتی صورت گرفته (این و همکاران، ۲۰۱۷؛ مطیعیان و مسگری، ۲۰۱۷؛ تکلمن و شن، ۲۰۲۰) و مرجعی برای بهبود این مناطق است؛ نمی‌تواند به صورت کامل در تغییر کاربری اراضی مناطق موثر باشد. چرا که رتبه AHP تنها وضعیت کلی منطقه را معین می‌کند. با بررسی وضیت کاربری اراضی به تفکیک می‌توان موقعیت کاربری‌های مختلف و میزان کمبود و یا تعادل را در کاربری اراضی مناطق به دست آورد.

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات جدید و رو به رشد در زمینه TOD در ایران، قسمتی از خط یک متروی شهر مشهد جهت بررسی معیارها و شاخص‌های لازم، انتخاب گردید. نتایج این مرحله به کمک مدل AHP تحلیل و ایستگاه‌های مورد مطالعه طبقه‌بندی شدند. نتایج بیانگر آنست که بیشترین کاربری در زمین‌های اطراف ایستگاه‌ها، کاربری تجاری و بعد از آن کاربری مختلط است. این شرایط می‌تواند ناشی از قرارگیری مترو با حاشیه بزرگراه باشد. به طوریکه ایستگاه‌هایی که در تقاطع پل‌های هوایی قرار داشتند، مثل: هفت تیر و هاشمیه، بیشترین تراکم را به خود اختصاص دادند. علاوه برآن، استفاده از روش AHP، به عنوان یکی از ابزارهای موثر در تصمیم‌سازی، امکان رتبه‌بندی مناطق توسعه حمل و نقل محور را فراهم نمود.

در این پژوهش با توجه به شکاف مطالعاتی در معیار کاربری اراضی که تحلیل این معیار را برای برنامه‌ریزان مشکل نموده است، وضعیت کاربری‌ها در مناطق، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر آنست که خدمات نوع ۱ و ۲ مناطق با امتیازات پایین در مدل AHP، دارای رتبه بالا در این کاربری‌ها بودند، چرا که این مناطق تحت تصرف قشر متوسط از نظر اقتصادی بوده و تمایل بیشتری به واگذاری محل مسکونی خود به واحد تجاری را دارند.

لذا پیشنهاد می‌شود به کمک این نتایج در جهت ایجاد مناطق توسعه حمل و نقل محور در منطقه وکیل آباد اقدام گردد و به کمک تحلیل نتایج کاربری اراضی در جهت بهبود وضعیت کاربری‌ها در هر منطقه، که یکی از ارکان اصلی توسعه حمل و نقل محور است، تصمیمات مناسب مدیریتی اتخاذ شود. با توجه به میزان جمعیت در هر یک از مناطق، کاربری‌های مورد نیاز برای هر منطقه افزایش یابد و صرفاً به تعداد کل کاربری‌های موجود در هر منطقه توجه نشود. این موضوع امکان توسعه حمل و نقل عمومی را بهینه خواهد نمود.

سپاسگزاری

این پژوهش بخشی از نتایج رساله دکتری در دانشگاه ..... دانشکده ..... بوده است. لذا، صمیمانه از همکاری تمام عزیزانی که به نحوی از انحا، در پیشبرد اهداف این رساله کمک و همراهی نموده‌اند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

کتابنامه

۱. حکیمی، ه؛ رضا زاده، ز؛ عسگرنژا، ر، (۱۳۹۸). تحلیلی بر مکان‌یابی پایانه مسافربری روستایی در شهرها با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی (WLC)و مدل الکترا (مطالعه موردی: شهر مشکین‌شهر) *جغرافیا و توسعه فضای شهری*، ٦(۱)،۸۱-۱۰۱ https://doi.org/10.22067/gusd.v6i1.67423

۲. رحمانی، م؛ امین زاده گوهر ریزی، ب؛ رستگار، س؛ این زاده گوهری،ب، (۱۳۹۹). ارزیابی تطبیقی مبانی الگوی توسعه پیشنهادی طرح ساختاری راهبردی (جامع) شهر تهران ۱۳۸٦ با الگوی توسعه حمل‌ونقل عمومی محور (TOD). *جغرافیا و توسعه فضای شهری*. ۷ (۲)، ۱۸۷-۲۰۷ https://www.doi.org/10.22067/jgusd.2021.44987.*0*

۳. روشنی، پ؛ رهنما، م؛ افشاری، م؛ (۱۳۹۲) ارتقاء کیفی محلات مدرن شهری با به کارگیری رهیافت نوشهرگرایی (نمونه موردی :آزاد شهر مشهد) *جغرافیا و توسعه فضای شهری*، ۱*(۰)* https://doi.org/10.22067/gusd.v0i1.15583

٤. فاطمی پور، ف؛ حجازی، ر؛ جوزی، ع؛ اکبری، م؛ (۱٤۰۱)، ارزیابی مدل توسعه مبتنی بر حمل و نقل عمومیTOD با توسعه مدل مکان-گره و تحلیل خوشه‌ای، مشهد، *فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی شهری*، ۱۳ (۵۰) ،۱۶۰-۱۷۳ https://doi.org/10.30495/JUPM.2022.5536

۵. وطن پرست، ا؛ اولادی قادیکلایی، ج؛ اکبری، م؛ (۱۳۹٤)، برنامه‌ریزی سبزراه‌های شهری (مطالعه موردی منطقه یازده شهری کلان شهر مشهد)، جغرافیا و توسعه فضای شهری، ۲(۳)، ۹۱-۱۰۵ https://doi.org/10.22067/gusd.v2i2.45209

٦. یزدان‌پناهی، ع؛ اکبری، م؛ بهرنگ‌منش، م؛ (۱۳۹۷)، بررسی زمانی_مکانی پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین آمار در دشت مشهد، ترویج و توسعه آبخیزداری، ٦(۲۰)، ۲۵-۳۵

7. Abdullah, J., & Mazlan, M. H. (2016). Characteristics of and Quality of Life in a Transit Oriented Development (TOD) of Bandar Sri Permaisuri, Kuala Lumpur. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.268

8. Akbari, M., Neamatollahi, E., & Neamatollahi, P. (2019). Evaluating land suitability for spatial planning in arid regions of eastern Iran using fuzzy logic and multi-criteria analysis, *Ecological Indicators*, 98: 587-598. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.035

9. Akbari, M., Memarian, H., Neamatollahi, E., Jafari Shalamzari, M., Alizadeh Noughani, M., & Zakeri, D. (2021). Prioritizing policies and strategies for desertification risk management using MCDM–DPSIR approach in northeastern Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 23: 2503–2523. https://doi.org/10.1007/s10668-020-00684-3

10. Bossard, E. G., (2002). Envisioning Neighborhoods with Transit-Oriented Development Potential. *San Jose: Mineta Transportation Institute*.

11. Calthorpe, P. (1993). The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream. *Princeton Architectural Press*.

12. Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *2*(3): https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6

13. Cervero, R., Ferrell, C., & Murphy, S. (2002). Transit-Oriented Development and Joint Development in the United States: A Literature Review. *Research Results Digest*.

14. Dittmar, H., Ohland, G., (2004). The New Transit Town: Best Practices in Transit Oriented Development. *Island Press. Washington, D.C*.

15. Ewing, R., Cervero, R., (2010). Travel and the Built Environment, *Journal of the American Planning Association*, 76: 265-294. https://doi.org/10.1080/01944361003766766.

16. Ewing, R., Cervero, R., (2001). Travel and the Built Environment. *Transportation Research Record*, 1780: 87–114. https://doi.org/10.3141/1780-10.

17. Ewing, R., Greenwald, M. J., Zhang, M., Walters, J., Feldman, M., Cervero, R., Thomas, J. (2009). Measuring the Impact of Urban Form and Transit Access on Mixed Use Site Trip Generation rates—Portland Pilot Study. *U.S. Environmental Protection Agency Washington D.C.*

18. Ewing, R. H., (2008). Characteristics, causes, and effects of sprawl: A literature review. *Urban Ecology*, 21(2): 519–535.

19. Fainstein, S. S. (2005). Cities and Diversity Should We Want it? Can We Plan for it? *Urban Affairs Review*, 41(1): 3-19. https://doi.org/10.1177%2F1078087405278968

20. Galelo, A., Ribeir, A., Martinez, L.M. (2014). Measuring and Evaluating the Impacts of TOD Measures - Searching for Evidence of TOD Characteristics in Azambuja Train Line. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111: 899 – 908. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.124

21. Grigolon, A., Singh, Y. J., Koeva, M., Madureira, M., (2016). Transit-Oriented Development (TOD) Assessment Using 3D Visualisation and Modeling. *13th International Conference on Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning.*

22. Guo, J., Nakamura, F., Li, Q., Zhou, Y. (2018). Efficiency Assessment of Transit-Oriented Development by Data Envelopment Analysis: Case Study on the Den-en Toshi Line in Japan. *Journal of Advanced Transportation*, (2): 1-10. https://doi.org/10.1155/2018/6701484

23. Howley, P., Scott, M., Redmond, D., (2009). Sustainability Versus liveability: An Investigation of Neighborhood Satisfaction. *Journal of Environmental Planning and Management*, 52. https://doi.org/10.1080/09640560903083798

24. Huang, R., Madureira, M., Grigolon, A., Brussel, M., (2018). Measuring Transit-Oriented Development (TOD) Network Complementarity Based on TOD Node Typology. *The Journal of Transport and Land Use*, 1: 304–324. https://doi.org/10.5198/jtlu.2018.1110

25. Huang, R. (2017). Measuring Transit-Oriented Development Network Synergy based on Node Typology. Netherlands.

26. ITDP, (2017). TOD Standard 3rd Ed. *New York*.

27. Jacobson, J., Forsyth, A., (2008). Seven American TODs: Good Practices for Urban Design in Transit-Oriented Development Projects. *Journal of Transport and Land Use*, 1(2): 51–88. https://doi.org/10.5198/jtlu.v1i2.67

28. Lahoorpoor, B., Rayaprolu, H., Wu, H., & Levinson, D. M. (2022). Access-oriented design? Disentangling the effect of land use and transport network on accessibility. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*. https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100536

29. Lyu, G., Bertolini, L., Pfeffer, K., (2016). Developing a TOD Typology for Beijing Metro Station Areas. *Journal of Transport Geography*, 55: 40-50. https://doi.org/org/10.1016/j.jtrangeo.2016.07.002

30. Malczewski, J., Moreno-Sanchez, R., Bojórquez-Tapia, L. A., & Ongay-Delhumeau, E. (1997). Multicriteria group decision-making model for environmental conflict analysis in the Cape Region, Mexico. *Journal of Environmental Planning and Management*. https://doi.org/10.1080/09640569712137

31. Motieyan, H., Mesgari, M.S., (2017). Towards Sustainable Urban Planning Through Transit-Oriented Development (A Case Study: Tehran). *International journal of Geo-Information*, 6 (402). https://doi.org/10.3390/ijgi6120402

32. Papagiannakis, A., Vitopoulou, A., Yiannakou, A., (2020). Transit-Oriented Development in the Southern European city of Thessaloniki introducing urban railway: typology and implementation issues, *European planning studies*, https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1724267

33. Phani Kumar, P., Sekhar, C. R., Parida. M. (2018). Residential Dissonance in TOD neighborhoods. *Journal of Transport Geography*, 72: 166–177. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.09.005

34. Renne J. L., Listokin, D. (2019). The Opportunities and Tensions of Historic Preservation and Transit Oriented Development (TOD). *Cities*, 90: 249–262. https://doi.org/org/10.1016/j.cities.2019.01.040

35. Ribeiro, P., Fonseca,F., , Santos, P., (2019). Sustainability Assessment of a Bus System in a Mid-Sized Municipality. *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(2): 36-256. https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1577224.

36. Ritsema van Eck, J., Koomen, E., (2008). Characterising urban concentration and land-use diversity in simulations of future land use, *The Annals of Regional Science*, 42: 123–140.

37. Sahu, A. (2017). A Methodology to Modify Land Uses in a Transit Oriented Development Scenario. *Journal of Environmental Management*, 1 (11): https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.004

38. Serra-Coch, G., Chaste, C., Campos, S., Coch, H., (2018). Graphical Approach to Assess Urban Quality: Mapping Walkability Based on the TOD-Standard. *Cities*, 76: 58–71. https://doi.org/org/10.1016/j.cities.2018.01.007

39. Singh, Y. J., Lukman, A., Flackea, J., Maarseveen, M. F.A.M., (2017). Measuring TOD around Transit nodes - Towards TOD Policy. *Transport Policy*, 56: 96–111. https://doi.org/org/10.1016/j.tranpol.2017.03.013

40. Singh, Y.J, Fard, P., Zuidgeest, M., Brussel, M., Maarseveen, M.V., (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. https://doi.org/org/10.1016/j.jtrangeo.2014.01.014

41. Singh, Y.J., Lukman, A., He, P., Flacke, J., Zuidgeest, M., Maarseveen, M. V., (2015). Planning for Transit Oriented Development (TOD) using a TOD Index. *Conference Paper January 2015.*

42. Sohoni, v. A., Thomas, M., Krishna Rao, K.V., (2017). Application of the Concept of Transit Oriented Development to a Suburban Neighborhood. *Transportation Research Procedia*, 25: 3224–3236. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.135

43. Suzuki, H., Cervero, R., Luchi, K., (2013). Transforming Cities with Transit: Transit and Land-Use Integration for Sustainable Urban Development. *The World Bank, Washington DC.* https://doi.org/10.1596/978-0-8213-9745-9

44. Talen, E., (2006). Design that Enables Diversity: The Complications of a Planning Ideal. *Journal of Planning Literature*, 20(3):233-249. https://doi.org/10.1177/0885412205283104.

45. Teklemariam, E.A., Shen, Z., (2020). Determining Transit Nodes for Potential Transit-Oriented Development: Along the LRTcorridor in Addis Ababa, Ethiopia. *Frontiers of Architectural Research*, https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.03.005

46. Thomas, R., Pojani, D., Lenferink, S., Bertolini, L., Stead, D., Krabben, E. D. (2018). Is Transit-Oriented Development (TOD) an Internationally Transferable Policy Concept? *Regional Studies*.

47. Transit-oriented development guidelines. (2016), *Port Authority of Allegheny County, USA.*

48. Transit oriented development: Guide to community diversity, (2010). *Government of Queensland*

49. Transit-oriented communities design guidelines. (2012). *Trans Link.*

50. Transit- supportive guidelines, (2012). *Ontario*

51. Transit-Supportive land use planning, (1992). *Ontario Ministry of Transportation Guidelines. Ontario Ministry of Municipal Affair*s

52. Vale, D. V. T., (2015). Transit-Oriented Development, Integration of land Use and Transport, and Pedestrian Accessibility: Combining Node-Place Model with Pedestrian Shed Ratio to Evaluate and Classify Station Areas in Lisbon. *Journal of Transport Geography*, 70-80. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.04.009

53. Widyaharia, N. L., Indradjatia, P. N., (2015). The potential of Transit-Oriented Development (TOD) and it opportunity in Bandung Metropolitan Area, *Procedia Environmental Sciences*, 28: 474 – 482. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.057

54. Zhang, Y., Guindon, B. (2006). Using satellite Remote Sensing to Survey Transport-Related Urban Sustainability Part 1: Methodologies for Indicator Quantification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8: 149–164. https://doi.org/10.1016/j.jag.2005.08.005