

شناسایی محدوده‌های مستعد ایجاد توسعه حمل و نقل محور¹ در خطوط مترو نمونه موردی خطوط

مترو سه گانه شهر اصفهان

سید مهدی ابطحی، دانشیار دانشکده حمل و نقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، تماس: ۰۹۳۶۱۷۰۷۴۳۱

*نویسنده مسئول: شهره عزتیان، دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای

زیبا، دانشگاه تهران، تماس: ۰۳۱۳۴۴۴۱۵۴۰

ezzatian_sh@ut.ac.ir

علی نعمان، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی حمل و نقل، دانشکده حمل و نقل دانشگاه اصفهان،

دانشگاه اصفهان تماس: ۰۹۳۷۵۶۱۷۲۰۷

چکیده:

رویکرد توسعه حمل و نقل محور نوعی از توسعه به همراه اختلاط کاربری، فشردگی و تراکم بالا است که با دسترسی آسان به حمل و نقل عمومی تعریف می‌شود. در ایران تعریف این رویکرد به اشتباه به نگاه نقطه‌ای و ایستگاهی تقلیل پیدا کرده است، معمولاً طراحی محدوده‌های توسعه حمل و نقل محور به ایستگاه‌های بلند مرتبه با کاربری تجاری و اداری محدود شده‌اند و نتوانسته‌اند خواسته‌ها و انتظارات مدیران و شهروندان را بر مبنای تعریف این نوع توسعه در شهر محقق کنند. در این تحقیق ابتدا شاخص‌های توسعه حمل و نقل محور تدوین شده و ظرفیت خطوط مترو در شهر اصفهان سنجیده شده‌اند تا محدوده‌هایی که مستعد ایجاد رویکرد توسعه حمل و نقل محور هستند؛ شناسایی شود. به عبارتی نقاط ایستگاهی در خطوط مترو اصفهان با ارائه الگوریتم رتبه بندی و آزمون آن، در قالب مناطق مستعد در شبکه مترو اصفهان به صورت اولویت بندی معرفی شده‌اند. ایستگاه‌های دروازه دولت، میدان عتیق و میدان آزادی بیشترین امتیاز برای تحقق توسعه حمل و نقل محور را به دست آورده‌اند. این ایستگاه‌ها، به دلیل استقرار در مناطق مناسب برای دسترسی عموم به حمل و نقل، جانمایی در نقاط استراتژیک شهر و وجود تنوع عملکردی، منتخب نقاط مستعد در شهر اصفهان بوده‌اند. همچنین در نتیجه تحقیق از طریق روش خوشه بندی در نرم افزار Expert choice چارچوب برنامه ریزی برای محدوده‌های مستعد پیشنهاد شده است. به گونه‌ای که هر خوشه با یک رویکرد منحصر پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی:

توسعه حمل و نقل محور، نقاط ایستگاهی، خوشه بندی، شبکه خطوط مترو، اصفهان

¹ TOD

۱- مقدمه:

رویکرد توسعه حمل و نقل محور گونه‌ای از توسعه فضاهای زندگی و کار است که بر مبنای فاصله از ایستگاه حمل و نقل عمومی تعریف می‌شود. در این محدوده‌ها برای عابرین پیاده در فاصله ۴۰۰ تا ۸۰۰ متری و یا فاصله حدود ۵ تا ۱۰ دقیقه پیاده‌روی، قابلیت حرکت راحت و ایمن فراهم می‌شود. در این رویکرد طیفی از شدت کاربری و تراکم و ارتفاع ساختمان‌ها وجود دارد؛ بدین معنا که در نواحی نزدیک‌تر به ایستگاه، خدمات بیشتری به پیاده و خدمات کمتری به خودرو شخصی ارائه می‌شود. همچنین در نزدیکی ایستگاه تراکم و اختلاط بیشتری از کاربری‌ها لازم است و با دور شدن از ایستگاه این شدت کاهش می‌یابد.

پیتر کالتورپ توسعه حمل و نقل محور را یک اجتماع با کاربردهای مختلط، که در فاصله ۸۰۰ متر پیاده‌روی از یک ایستگاه حمل و نقل عمومی است و در یک منطقه تجاری قرار دارد، تعریف می‌کند (کالتورپ، ۱۹۹۳، ص. ۳۶، ۳۸ و ناولز، ۲۰۱۵، ص. ۱۰۴). این رویکرد از مهمترین نظریه‌های دهکده‌های حمل نقلی است که به منظور ایجاد محلاتی سرزنده‌تر و پایدارتر با محوریت ایستگاه‌های حمل و نقل همگانی مطرح شده و بر ترکیب اصول طراحی شهری و حمل و نقل همگانی به ویژه سامانه‌های ریلی، در جهت استقرار اجتماعاتی فشرده‌تر، دارای کاربری مختلط و با قابلیت پیاده‌روی در پیرامون پایانه‌های حمل و نقلی بیش از پیش تأکید می‌کند. در حقیقت نظام ریلی، بنیاد نظام حمل و نقل شهر است (شکوهی و همکاران، ۱۳۹۳، ص. ۱۲۰-۱۲۱).

در این رویکرد اختلاط کاربری‌های مسکونی، خرده فروشی، دفترکار، فضای باز و خدمات عمومی در یک محیط قابل پیاده روی فراهم می‌شود تا شهروندان بتوانند از طریق شبکه‌ی حمل و نقل عمومی، دوچرخه سواری و پیاده‌روی؛ سفر ایمن و ارزان در سطح شهر داشته باشند (ژانک^۲ و همکاران، ۲۰۲۰، ص. ۱۰۷ و کاکلمن^۳، ۱۹۹۷، ص. ۲۱۰-۲۱۲). ویژگی‌های توسعه حمل و نقل محور شامل تراکم بالای واحدهای مسکونی، جمعیت متنوع، مشاغل و واحدهای اداری متعدد به همراه شبکه حمل و نقل عمومی متراکم شهری با بازدهی بالا در محیط‌های مناسب برای عابران پیاده است (کمروزمن^۴ و همکاران،

² Calthorpe

³ Knowles

⁴ Zhang

⁵ Kockelman

⁶ Kamruzzaman

۲۰۱۶، ص. ۹۷۰ و سرورو و برتولینی^۷ و همکاران، ۱۹۹۷، ص. ۲۳، اوینگ و سرورو^۸ ۲۰۱۰، ص. 270-175). عناصر و مولفه‌های برنامه ریزی و طراحی توسعه حمل و نقل محور را می‌توان در ۸ محور تعریف کرد.

تراکم: تراکم جمعیتی و ساختمانی افزایش جمعیت یا مشاغل در واحد زمین را به دنبال دارد، موجب کاهش سفر با خودرو می‌شود. هر ۱۰ درصد افزایش تراکم موجب کاهش ۲-۳ درصدی استفاده از خودرو می‌شود.

کاربری مختلط: ترکیب کاربری‌های مسکونی، تجاری، اداری و ... با یکدیگر، موجب کاهش سفر با خودرو و افزایش استفاده از مدل‌های جایگزین و به‌ویژه پیاده‌روی می‌شود. واحدهای همسایگی دارای کاربری‌های مختلط موجب کاهش ۵ تا ۱۰ درصدی استفاده از خودرو می‌شود. به زعم قربانی و ترکمن نیا (۱۳۹۴)، بخشی از کاهش حجم تقاضا از طریق سیاست‌های کاربری زمین محقق می‌شود. مانند تغییر ساختار شهری و کاربری اراضی با هدف افزایش تراکم، استفاده از فضاهای خالی موجود در بافت شهری و ایجاد کاربری‌های مختلط در پی کاهش وابستگی به وسایل نقلیه شخصی با ایجاد مسافت‌های سفری کوتاه‌تر و سوق دادن مدل‌های حمل‌ونقل به سوی پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و حمل‌ونقل عمومی است (قربانی و ترکمن نیا، ۱۳۹۴، ص. ۸۲)

دسترسی منطقه‌ای: توسعه مرکز شهر در مقیاس منطقه‌ای و ایجاد ارتباط شبکه‌ای در میان مراکز، موجب کاهش استفاده از خودرو می‌شود. واحدهای همسایگی در مناطق مرکزی بین ۱۰ تا ۳۰ درصد کمتر از خودرو استفاده می‌کنند.

مدیریت و طراحی راه‌ها: بهبود مقیاس، طراحی و مدیریت خیابان‌های چندمنظوره موجب افزایش استفاده از آن‌ها می‌شود. آرام‌سازی ترافیک، تمایل به استفاده از خودرو را کاهش و پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری را افزایش می‌دهد.

موقعیت پیاده‌روی و دوچرخه‌سوار: بهبود کمیت و کیفیت پیاده‌روی، مسیرهای دوچرخه و ایمنی مسیر پیاده‌روی، استفاده از خودرو را کاهش می‌دهد.

دسترسی و کیفیت حمل‌ونقل عمومی: بهبود کیفیت خدمات حمل‌ونقل عمومی و اینکه چه مسیریابی دسترسی به حمل‌ونقل عمومی دارند، استفاده از خودرو را کاهش می‌دهد.

مدیریت و عرضه پارکینگ: کاهش تعداد پارکینگ‌های هر ساختمان و مدیریت آن‌ها، موجب افزایش قیمت استفاده از پارکینگ و کاهش استفاده از خودرو می‌شود. هزینه استفاده از پارکینگ موجب

⁷ Bertolino

⁸ Ewing and Cervero

کاهش ۱۰ تا ۳۰ درصدی استفاده از خودرو می‌شود.

طراحی مکان و محوطه: طراحی ساختمان‌ها و تسهیلات پارکینگ دارای کاربری‌های مختلف، استفاده از خودرو را کاهش می‌دهد؛ به‌ویژه اگر سایت دارای حمل‌ونقل عمومی باشد.

مدیریت حرکت: برنامه‌ها و سیاست‌های مدیریت حرکت که شامل مدل‌های مختلف استفاده از حمل‌ونقل می‌شود، با مشخص کردن هدف سفر استفاده از خودرو را بین ۱۰ تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهد) چن و همکاران، ۲۰۱۹، ص. ۱۰۲-۱۰۴، نوولز، ۲۰۱۲، ص. ۲۵۵)

برنامه‌ریزی برای تحقق توسعه حمل و نقل محور در سه سطح قابل برنامه‌ریزی است:

برنامه‌ریزی در سطح ناحیه شهر به منظور ایجاد یکپارچگی میان اهداف ناحیه‌ای مانند کاهش ترافیک و ارتقای سلامتی با توجه به شرایط زمینه‌ای مانند الگوی رشد جمعیت و مکان‌یابی مراکز اشتغال و فعالیت انجام می‌شود. در سطح ناحیه‌ای لازم است فراتر از محدوده ایستگاه مدنظر قرار گرفته و به شبکه‌ای از مکان‌های مرتبط از طریق حمل‌ونقل همگانی توجه گردد. در این مقیاس همچنین باید به مراکز اصلی اشتغال و الگوهای سفر در مقیاس شهر و ناحیه توجه شود. برنامه‌ریزی در این سطح مستلزم ایجاد هماهنگی میان طرح‌های موجود از دیدگاه رشد شهری، حمل‌ونقل، توسعه مسکن و اشتغال است (شورای عالی شهرسازی و معماری، ۱۳۹۷، ص. ۸۶-۸۹).

برنامه‌ریزی در سطح کریدور مستلزم توجه به نقش ایستگاه‌ها و ارتباط آن‌ها با یکدیگر با توجه به توزیع سکونتگاه‌ها و مراکز فعالیتی است. هدف از این برنامه‌ریزی حصول اطمینان از این مهم است که توسعه در یک ایستگاه، مکمل توسعه در سایر ایستگاه‌ها بوده و شبکه‌ای از مکان‌های متصل به حمل و نقل عمومی شکل بگیرد. برنامه‌ریزی در سطح ایستگاه، یکی از مهم‌ترین اجزای عملیاتی و اجرایی توسعه حمل و نقل محور است. با توجه به موقعیت مکانی و نوع سیستم حمل‌ونقل همگانی، نقش و جایگاه ایستگاه متفاوت خواهد بود. زیرا هر ایستگاه دارای حوزه نفوذی است که از آن تأثیر می‌پذیرد و شناخت و تحلیل آن در برنامه‌ریزی و طراحی نقش اساسی دارد (جیم^۹ و همکاران، ۲۰۱۹، ص. ۴۱۵ و استیون^{۱۰}، ۲۰۱۷، ص. ۱۰-۱۵)

همانطور که در تعریف سطوح عملکردی توسعه حمل‌ونقل محور مطرح شد، این رویکرد می‌تواند در مرکز شهر و حومه شهر فعالیت کند، تفاوت اصلی انواع رویکرد در تراکم هر مکان است (پریچارد^{۱۱}، ۲۰۱۹، ص. ۲۵) در مقیاس منطقه‌ای، برنامه‌ریزی توسعه حمل و نقل محور مزایایی

⁹ Jamme

¹⁰ Stevens

¹¹ Pritchard

مانند کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، دسترسی بهتر به مشاغل و فرصت‌ها، کاهش هزینه‌های زیرساخت و ترویج سبک زندگی سالم و حمل و نقل فعال را فراهم می‌کند (گالیوان^{۱۲}، ۲۰۱۵، ص. ۹۵ و رن و همکاران^{۱۳}، ۲۰۱۶، ص. ۳۹-۴۱)، از سوی دیگر این رویکرد می‌تواند بهره‌وری اقتصادی را افزایش دهد و بسیاری از عوامل منفی ناشی از وابستگی به خودرو، از جمله ازدحام ترافیک، تلفات رانندگی و هزینه‌های بالاتر رانندگی را کاهش دهد. تنوع کاربری‌ها و اتصال شبکه خیابان‌ها نیز می‌تواند به طور قابل توجهی تعداد و طول سفرهای با خودرو را در این مناطق در مقایسه با مناطق دیگر کاهش دهد (ناولز، ۲۰۱۵، ص. ۹۳ و پارکر^{۱۴} و همکاران، ۲۰۰۷، ص. ۸۴) رویکرد توسعه حمل و نقل محور سیستم‌های جدید حمل و نقل و برنامه ریزی شهری را به هم پیوند می‌دهد و صرفاً مبتنی بر سیستم‌های حمل و نقل ریلی سنگین^{۱۵} نیست بلکه می‌تواند مبتنی بر حمل و نقل ریلی سبک^{۱۶}، حمل و نقل سریع اتوبوس^{۱۷} و دوچرخه سواری و دوچرخه اشتراکی باشد (ناولز، ۱۹۹۲، ص. ۱۲۰).

روند شهرنشینی فرصتی برای اجرای مفهوم شهر کم کربن (کم آلوده) است و توسعه حمل و نقل محور امکان کاهش اثرات تغییر اقلیم را از طریق پیوند کاربری زمین و شبکه حمل و نقل می‌تواند فراهم کند. با ایجاد و هدایت توسعه شهر به مناطق پیرامون حمل و نقل عمومی (پایانه‌ها، ایستگاه اتوبوس) قابلیت دسترسی در شهر و مناطق بهبود یافته و سهولت و ایمنی جابجایی فراهم می‌شود (اوینگ^{۱۸} و همکاران، ۲۰۱۰، ص. ۲۷۰ و هاندایینی^{۱۹}، ۲۰۱۴، ص. ۱۵۶). در تحقیقی از توماس و برتولینی (۲۰۱۷) عوامل موفقیت توسعه حمل و نقل محور شامل؛ سیاست گذاری در شهر، تعریف روابط موثر بین منطقه‌ای، مشارکت عمومی، و اجرای طرح‌های میان رشته‌ای برای اطمینان به سرمایه گذاران و توسعه دهندگان بوده است. (لنگ^{۲۰} و همکاران، ۲۰۲۰، ص. ۱۱۴). به عبارتی رویکرد توسعه حمل و نقل محور کمک می‌کند به جای اینکه سیستم‌های حمل و نقل ریلی انبوه و کاربری زمین مربوطه را جداگانه در نظر بگیریم، یک

¹² Gallivan

¹³ Renne

, S. Hamidi, R. Ewing

¹⁴ Parker

¹⁵ HRT

¹⁶ LRT

¹⁷ BRT

¹⁸ Ewing

¹⁹ Handayani

²⁰ Lang

استراتژی برنامه ریزی خوب، هر دو جنبه را در برنامه ریزی ساختار فضایی شهری ادغام کند (یانگ²¹ و همکاران، ۲۰۲۱، ص. ۷۸-۷۹).

در بررسی پیشینه تحقیق در طراحی و برنامه ریزی توسعه حمل و نقل محور، منطقه کولون به عنوان یکی از مناطق کلان شهر هنگ کنگ و مجاور با حمل و نقل عمومی به عنوان هسته اصلی توسعه حمل و نقل محور شناسایی شده است تا حد امکان منطقه ای فشرده با تراکم بسیار بالا ایجاد شود که قابلیت پاسخ دهی به بخش اعظم نیازهای مردم منطقه را داشته باشد پیاده روی و دوچرخه سواری در مجاورت ایستگاه حمل و نقل انبوه تسهیل شده است (پاوروانفاس نینگ و بحری²²، ۲۰۱۹، ص. ۷۴). همچنین در منطقه سلطان احمد استامبول نیز پس از شناسایی محدوده به عنوان فرصتی برای تحقق توسعه حمل و نقل محور؛ شبکه جاده ها، خیابان ها و راه های عابر پیاده به گونه ای طراحی شده اند که جابجایی افراد پیاده بدون هیچ وسیله نقلیه به راحتی و با اطمینان ممکن باشد. منطقه سلطان احمد از کاربری اراضی متفاوتی تشکیل شده است و فعالیت های فراوانی اعم از تجاری، مسکونی و تفریحی برای حمایت از این نوع توسعه در خود دارد (همان، ۲۰۱۹، ص. ۸۱).

در ایران الگوی توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی یکی از الگوهای توسعه شهری است که بر محوریت حمل و نقل عمومی و به ویژه مترو استوار است. این الگوی توسعه در میان کاربری زمین و حمل و نقل، ارتباط ایجاد کرده و در واقع حمل و نقل عمومی را محور توسعه شهری قرار می دهد (شورای عالی شهرسازی و معماری ایران، ۱۳۹۷، ص. ۹۵). این الگو با استقرار کاربری های متراکم به صورت مختلط در ایستگاه های مترو یا اراضی اطراف آن، زمینه استفاده از خودرو شخصی را کاهش داده و در مقابل، استفاده از مترو را افزایش می دهد.

مفهوم و اجرای توسعه حمل و نقل محور در ایران با دو مشکل مواجه بوده است. اول، رویکرد توسعه حمل و نقل محور در ایران به اشتباه به مفهوم ایجاد مجتمع های ایستگاهی و واحدهای تجاری بلند مرتبه در پیرامون ایستگاه های قطار برداشت شده است، در حالیکه در واقع هدف اصلی توسعه حمل و نقل محور کاهش استفاده از خودرو شخصی، کاهش سفرهای درون شهری و ایجاد عدالت اجتماعی در توزیع متعادل خدمات و کاربری در مناطق شهری تعریف شده است. دوم، در خطوط مترو احداث شده ارزیابی ها پس از بهره برداری و بررسی میزان بازدهی هر یک از ایستگاه ها، نمایانگر عدم رضایت از بازدهی نامطلوب بوده است. در بسیاری از ایستگاه ها تعداد مسافران و حجم ورود و خروج بسیار پائین تر از میزان تحقق پذیری بوده و بسیاری از واحدهای خدماتی مانند مجموعه های تجاری و اداری در

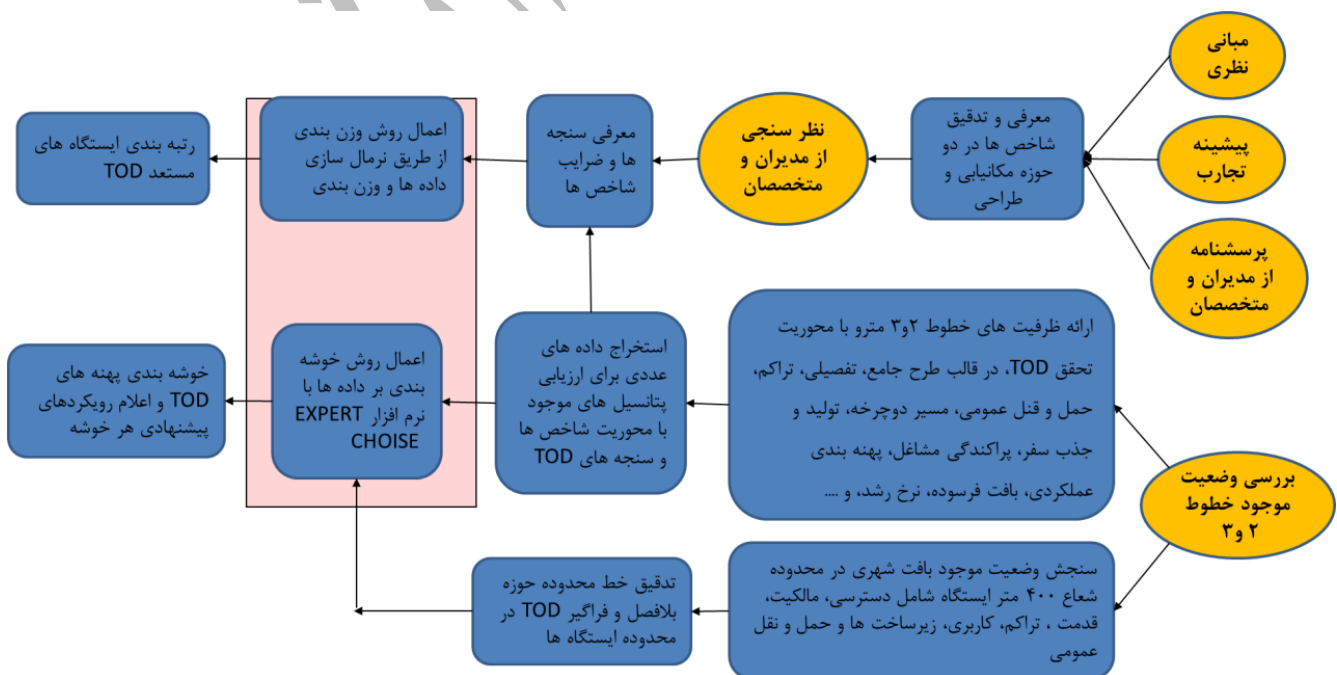
²¹ Yang

²² Purwantiasning and Bahri

ایستگاه‌های مترو غیرفعال مانده و یا بهره‌برداری نشده است. این در حالی است که در بسیاری از ایستگاه‌ها اراضی پیرامون و هم‌جوار ایستگاه که فاقد هرگونه برنامه از پیش تعیین‌شده برای پشتیبانی از مترو بودند، در فرایند عمومی مصوبات و احداث ایستگاه از دسترس مدیریت شهری خارج شده و در نتیجه عواید ناشی از ارزش افزوده اقتصادی زمین در تحقق خط مترو، به شهرداری بازگردانده نشد. همچنین هزینه‌های تحمیل‌شده به مدیریت مترو، بازدهی مالی خط مترو را به حداقل کاهش داد و شهرداری توانایی تغییر کاربری و یا برنامه‌ریزی جهت جذاب سازی و حمایت از خطوط مترو را نیز از دست داد (معاونت برنامه ریزی و توسعه منابع انسانی شهرداری اصفهان، ۱۴۰۰، ص. ۱۲۷). به همین منظور در این تحقیق تلاش می‌شود که با تبیین شاخص‌های تحقق توسعه حمل و نقل محور به این سوال پاسخ داد که چگونه می‌توان ایستگاه‌های متروی مستعد این رویکرد را شناسایی و برنامه ریزی کرد؟ و مستعدترین ایستگاه‌های مترو برای اجرای توسعه حمل و نقل محور در شهر اصفهان کدام است؟ همچنین برای پیشگیری از مشکلات و ارائه راه حل‌های نوآورانه، رویکرد مناسب برنامه ریزی برای تحقق این رویکرد در ایستگاه‌هایی که مستعد هستند، چگونه می‌تواند تعریف شود؟

۲. متدولوژی:

در این تحقیق به منظور شناسایی نقاط مستعد توسعه با رویکرد حمل و نقل محور ابتدا شاخص‌های تحقق رویکرد از طریق مطالعات نظری، تجارب عملی و نظرسنجی از مدیران و کارشناسان تعریف شده و با مطالعه گرایش‌ها، فرصت‌ها و امکانات زمینه‌ای، ظرفیت‌های شهر در قالب داده‌های متناظر



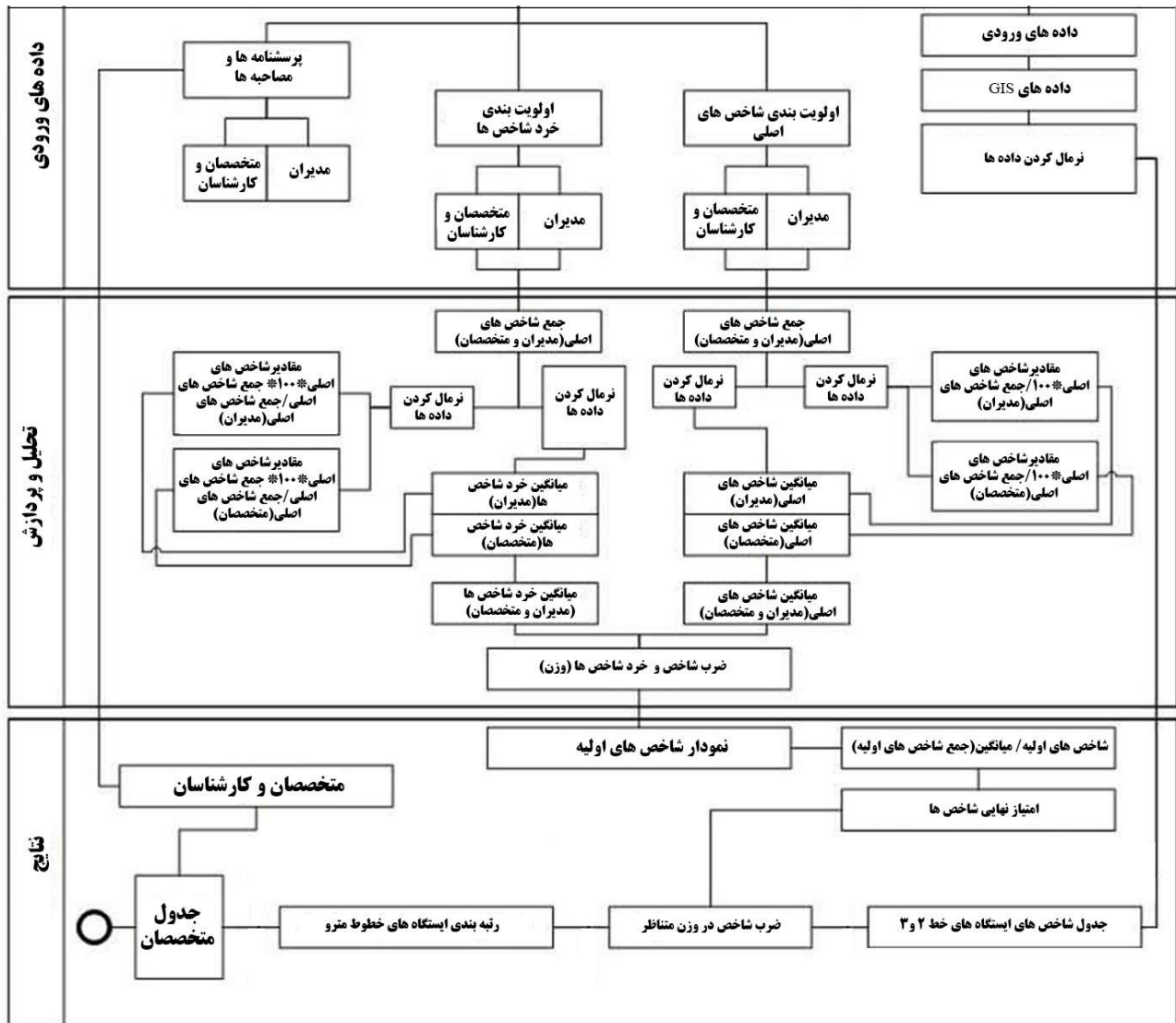
با شاخص‌ها استخراج شدند.

. شکل (۱): نمودار روش تحقیق

سپس هر یک از داده‌ها با تعدادی سنجه مورد سنجش قرار گرفت. در گام نخست باید وزن‌بندی و اولویت‌انرژی‌گذاری شاخص‌ها در حل این موضوع مشخص شود، در این بخش داده‌های ورودی نظرات مدیران، کارشناسان و نخبگان این حوزه است. خروجی این گام یک ماتریس نرمال شده از اوزان نهایی شاخص‌ها می‌باشد. در این ماتریس هر وزن نمایانگر اهمیت هر یک از شاخص‌ها است. خروجی این الگوریتم در واقع ورودی الگوریتم بعدی خواهد بود.

در گام دوم الگوریتم پیشنهادی، وظیفه اولویت‌بندی و مشخص کردن نقاط ایستگاهی مستعد توسعه حمل‌ونقل محور را خواهد داشت، در این مرحله ورودی‌ها شامل: ماتریس خروجی از گام اول و همچنین اطلاعات موردنیاز مستخرج شده از آمار، نقشه‌ها، مطالعات، طرح‌ها و ... به تفکیک هر ایستگاه است، این ورودی‌ها را می‌توان به صورت مستقل وارد نرم‌افزار کرد و یا بر اساس تحلیل‌های مکانی در عملیات محاسباتی الگوریتم برنامه‌ریزی شود، در این صورت ورودی موردنیاز نقشه‌ها و اطلاعات زمین خواهد بود. به منظور تحقق این تحقیق در نمونه موردی، داده‌های مکانی (GIS) شهر اصفهان استخراج شده و در الگوریتم اعمال گردید تا خطوط ۲ و ۳ مترو اصفهان به عنوان نمونه موردی، ارزیابی شود و بهترین محدوده‌های هم‌جوار با خط مترو برای تحقق رویکرد توسعه حمل و نقل محور شناسایی و اولویت‌بندی شود. همچنین با استفاده از روش خوشه‌بندی در نرم‌افزار Expert Choice رویکرد و محتوای برنامه‌ریزی محدوده‌های توسعه حمل و نقل محور در قالب خوشه‌های همگن ارائه شده است. از این طریق مناطق مستعد توسعه حمل و نقل محور شناسایی شده و محتوای برنامه‌ریزی آنها پیشنهاد شده است.

شکل (۲) الگوریتم تعیین اولویت ایستگاه مستعد توسعه حمل و نقل محور در خطوط مترو



۲.۱. معرفی محدوده مورد مطالعه: ایستگاه های خطوط سه گانه مترو اصفهان

کلان شهر اصفهان با جمعیت بالغ بر ۲ میلیون نفر و مساحت ۵۵,۰۰۰ هکتار، مرکز استان اصفهان و سومین شهر پر جمعیت در ایران، پس از تهران و مشهد است. در این شهر تاریخی احداث مترو با

چالش‌های جدی مواجه بوده، در مسیر مترو ۵ خط برنامه ریزی شده است که از چهارسوی شمال به جنوب و شرق به غرب، جمعیت شهرهای اطراف را به مرکز شهر پیوند می‌زند. در حال حاضر خط یک مترو به بهره‌برداری رسیده و خطوط ۲ و ۳ در حال حفاری هستند (معاونت حمل و نقل شهرداری اصفهان، ۱۳۹۹). تجربه ساخت و بهره‌برداری از خط یک قطار شهری اصفهان می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای اقدامات بعدی در مکان‌یابی، احداث و بهره‌برداری از ایستگاه‌های خطوط دیگر این شهر باشد. به نظر می‌رسد در اجرای خط ۱ ترکیبی از اولویت‌های تحقق‌پذیری طرح، هزینه‌های مالی، مسائل میراثی، سرعت اجرا و آینده‌نگری توسعه شهر در مکان‌یابی ایستگاه‌ها و شکل ساخت آن‌ها مؤثر بوده است و متأسفانه از ابتدای پروژه یک برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مدون و مشخص در این زمینه وجود نداشته است (معاونت برنامه ریزی و توسعه منابع انسانی، ۱۴۰۰).

اما اهمیت برنامه‌ریزی توسعه فضاهای اطراف ایستگاه‌ها قبل از ساخت و بهره‌برداری از ایستگاه‌های مترو و توجه به رویکرد توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمدتاً بعد از بهره‌برداری از ایستگاه‌های خط ۱ برای تصمیم‌گیران روشن گردید؛ زیرا برخی ایستگاه‌های مترو علی‌رغم هزینه‌های بالای احداث به اعداد پیش‌بینی شده برای جذب مسافر نرسید و در عین حال امکان مداخله برای تغییر کاربری، تراکم، تغییر قطعات و یا استفاده از ظرفیت زمین‌های اطراف ایستگاه برای شهرداری وجود نداشت. اطراف برخی ایستگاه‌ها زمین‌های تفکیک نشده کشاورزی واقع شده که مالکان حاضر به فروش آن نشدند و اطراف برخی دیگر خرده‌مالکان صرفاً به فکر ساخت خانه‌های یک یا دو طبقه بودند. به همین منظور برای اصلاح ساختار برنامه ریزی خطوط مترو با رویکرد توسعه حمل و نقل محور ضرورت دارد که قبل از اجرای خطوط مترو، مطالعه‌ای برای برنامه ریزی محدوده مستعد توسعه حمل و نقل محور انجام شود.

۳. یافته‌های تحقیق

رویکرد توسعه شهری مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی بر مبنای ایجاد ساختاری بدون وابستگی به خودرو شخصی است که می‌تواند به‌صورت شبکه‌ای در کل شهر گسترش پیدا کرده و فاصله دسترسی افراد به نقاط مختلف عملکردی شامل محل کار، زندگی، تفریح و ... را به حداقل برساند و با بهره‌گیری از خدمات ارزان‌قیمت و ایمن حمل‌ونقل همگانی؛ عدالت فضایی و دسترسی برابر را برای شهروندان محقق کند (هولزراو^{۲۳}، ۲۰۱۹، ص. ۱۳۰-۱۳۲).

به صورت کلی اصول هشتگانه توسعه حمل و نقل محور شامل حمل و نقل همگانی، تغییر نگرش در طراحی، فشردگی، تراکم، اختلاط، اتصال، قابلیت دوچرخه سواری و قابلیت پیاده‌روی

²³ Holz-Rau

است (سرور و ۲، ۱۹۹۳. ص ۲۵۰). از این روی ایستگاه‌های موجود در خطوط مترو شماره ۳ و ۲ در ابتدا با توجه به اصول توسعه حمل و نقل محور آسیب شناسی شده‌اند. همان‌گونه که در جدول (۱) مشخص شده است، هر یک از ایستگاه‌ها تعدادی از استانداردها را دارد. در برخی از ایستگاه‌ها مانند ایستگاه‌های ۶/۲ تا ۱۴/۲ (ایستگاه‌های خلیج، میدام امام حسین، آمادگاه، میدان نقش جهان، ابن سینا و ...) که در محدوده مرکزی شهر مستقر شده‌اند، بیشترین میزان دسترسی به حمل و نقل همگانی، بیشترین ارتباطات گونه‌های مختلف حمل و نقل و پیاده محوری وجود دارد. فشردگی و تراکم در این محدوده‌ها بیشتر است. در ایستگاه‌هایی که در حاشیه شهر مستقر شده‌اند، بیشترین میزان دوچرخه سواری و توسعه متراکم امکان پذیر است.

جدول (۳): آسیب شناسی ایستگاه‌های خط ۲ و ۳ مترو اصفهان

ایستگاه/خط	حمل و نقل عمومی	پیاده محوری	دوچرخه محوری	انتقال حرکت	اختلاط	اتصالات	تراکم	فشردگی
۲/۱	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓
۲/۲	×	✓	✓	×	×	×	✓	✓
۲/۳	×	✓	✓	×	×	×	✓	×
۲/۴	×	×	×	×	×	×	×	✓
۲/۵	✓	×	×	×	×	×	×	×
۲/۶	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	×
۲/۷	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	×
۲/۸	✓	✓	✓	×	×	✓	×	✓
۲/۹	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	×
۲/۱۰	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	×
۲/۱۱	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	×
۲/۱۲	✓	×	×	✓	✓	✓	×	✓
۲/۱۳	✓	✓	×	✓	×	✓	×	×
۲/۱۴	✓	✓	×	✓	×	✓	×	×
۲/۱۵	✓	✓	×	✓	×	×	×	×
۲/۱۶	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	×

۲/۱۷	✓	✓	×	×	×	×	×	×
۲/۱۸	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	×
۲/۱۹	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	✓
۳/۱	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	×
۳/۲	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	×
۳/۳	✓	×	×	✓	×	×	✓	×
۳/۴	×	✓	✓	×	×	×	✓	✓
۳/۵	×	✓	×	×	×	✓	✓	✓

منبع: نگارندگان بر اساس گزارش ارزیابی طرح توسعه مترو اصفهان، ۱۳۹۷

بررسی اسناد موجود و طرح‌های مطالعاتی خطوط مترو اصفهان نشان می‌دهد که در طرح جامع شهر، مباحث حمل‌ونقل همگانی به‌درستی دیده نشده است. این در حالی است که برنامه‌ریزی حمل‌ونقل می‌تواند با بازدهی مطلوب زیرساخت‌های شهر را تقویت کرده و عدالت فضایی فراهم کند. به عنوان مثال در برنامه احداث خطوط مترو، برای بهره‌برداری حداکثری از ظرفیت ارتفاعی زمین محدوده ایستگاه‌ها، برنامه‌ریزی منسجمی وجود نداشته است. در ایستگاه‌های به دور از مرکز شهر می‌توانست برنامه‌ریزی بهتری صورت گیرد تا با ایجاد واحدهای تجاری بیشتر، شهرداری عوارض بیشتری گرفته و همچنین سرمایه‌گذار جذب کند، اما محقق نشده است (گزارش ارزیابی طرح توسعه مترو اصفهان، ۱۳۹۷). برخی ایستگاه‌ها به لحاظ وجود زمین‌های بایر فرصت خوبی برای توسعه خدمات دارد. شهرداری می‌تواند با اعمال سیاست‌هایی از خرد شدن زمین‌های اطراف جلوگیری کند و با تأمین اختلاط کاربری در زمین‌های دانه‌درشت و تراکم بهینه، نیازهای محدوده توسعه حمل و نقل محور را تأمین کند.

در مرحله تحلیل داده‌ها بررسی مطالعات نظری، تجارب جهانی و نظرسنجی از مدیران و متخصصان، فهرستی از سنجه‌ها برای شناسایی اصول توسعه حمل و نقل محور در شهر اصفهان استخراج شد. هر یک از اصول با تعدادی سنجه مورد سنجش قرار گرفت تا در الگوریتم اولویت بندی بتواند، نقاط مستعد توسعه حمل و نقل محور در شهر را معرفی کند. سنجه‌های مورد نظر از سوی مدیران و متخصصان وزن بندی شده که در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول (۴): شاخص‌های تعریف شده و وزن بندی از سوی مدیران و متخصصان

اصول	سنجه‌ها	متخصصان	مدیران
تراکم	تراکم ساختمانی	۱۶,۷	۱۷
	نرخ رشد	۴,۵	۶

اختلاط	اختلاط کاربری	۷	۶
	قیمت زمین	۲,۷	۸,۳
	تنوع مالکیت زمین	۵,۳	۲
انتقال حرکت	قطب‌های عملکرد اساسی	۵,۳	۶
	قطب‌های عملکرد گردشگری	۳,۷	۵,۵
حمل و نقل عمومی	تعداد خطوط و مسافران خطوط مترو	۷,۷	۵
	تعداد خطوط و مسافران خطوط بی آر تی	۵,۲	۵
	تعداد خطوط و مسافران خطوط اتوبوس	۲,۸	۵
	تعداد خطوط و مسافران خطوط تاکسی	۱,۳	۲,۵
فشرده‌گی	بافت فرسوده	۲,۵	۳
	اراضی بایر	۶,۳	۳
پیاده محوری	تعداد تقاطع‌ها	۸,۸	۳
	حجم مسافران عبوری	۳,۳	۵
اتصال	دانه بندی و نفوذ پذیری	۲	۲,۲
	تعداد بلوک‌های شهری	۳,۸	۳,۳
دوچرخه محوری	امنیت و ایمنی	۴,۵	۶
	طول مسیر دوچرخه	۳	۳
جمع		۱۰۰	۱۰۰

از نگاه مدیران وجود تراکم ساختمانی، پایین بودن قیمت زمین، وجود قطب‌های عملکردی خدماتی و گردشگری از مهمترین مولفه‌های تحقق توسعه شهری حمل و نقل محور بوده است و تعداد خطوط/مسافران خطوط تاکسی، وضعیت دانه بندی و نفوذ پذیری، تنوع مالکیتی و طول مسیر دوچرخه کمترین اثر را در امکان توسعه حمل و نقل محور دارد. این در حالی است که متخصصان نیز تراکم ساختمانی، تعداد تقاطع‌ها، تعداد خطوط مترو را مهمترین مولفه در تحقق این نوع توسعه دانسته‌اند. به عبارتی وجود تقاطع‌های حرکتی و خطوط حمل و نقل همگانی اساس ایجاد چنین توسعه‌ای بوده است. اما برای مدیران وجود قطب‌های عملکردی در اراضی ارزان قیمت برای تحقق این توسعه کفایت می‌کند.

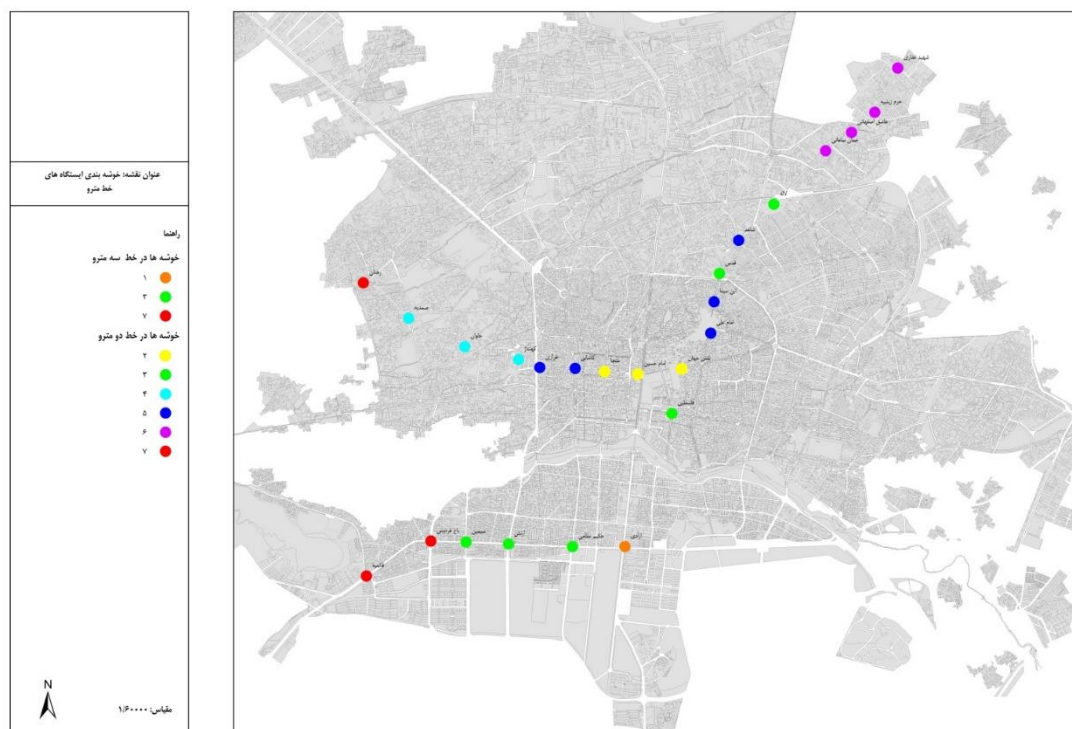
به منظور اولویت بندی نقاط مستعد توسعه حمل و نقل محور داده‌های متناظر با هر یک از شاخص‌ها از موقعیت مکانی و فضایی ایستگاه‌ها استخراج شده و در جدول وارد شده تا وزن بندی در آن‌ها اعمال شود. از آنجایی که اعداد حاصل طیف متنوعی دارند و برخی به صورت تعداد عارضه بوده و یا برخی نسب عددی، برای نرمال کردن داده‌ها، هر عدد بر میانگین ردیف خودش تقسیم شده تا داده‌های نرمال در یک طیف عددی به دست آید(در چند مورد مانند تراکم هر داده بر میانگین همین ردیف تقسیم شده اما در تغییرات

نرخ رشد بر داده‌ها به جای میانگین بر ماکزیمم تقسیم شدند. در قیمت زمین نیز چون بازه بالاترین قیمت و پایین‌ترین قیمت در بررسی شاخص اثر مثبت داشته، ابتدا میانگین عددی گرفته شده و سپس عدد هر ایستگاه از میانگین کم شده و عبارت قدر مطلق آن در جدول نوشته شده تا تنها قسمت‌هایی که قیمت بالاتر یا پایین‌تر از میانگین بوده اثرگذار باشند. در شاخص امکان تملک آسان به دلیل منفی بودن اثر شاخص بر تحقق توسعه حمل و نقل محور اعداد در منفی ضرب شده تا شاخص اثر منفی خودش را بگذارد. در مرحله بعد تمام ضرایب در اعداد نرمال شده متناظر ضرب شده‌اند. در جدول شماره (۵) اولویت ایستگاه‌ها متناظر با خروجی ضرایب در خطوط ۲ و ۳ مترو نشان داده شده است.

جدول (۵)، اولویت بندی نقاط مستعد توسعه حمل و نقل محور در خطوط مترو شهر اصفهان

اولویت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
امتیاز	۱,۰۶	۱,۰۵	۰,۹۶	۰,۹۶	۰,۹۱	۰,۸۶	۰,۸۶	۰,۸۱	۰,۸۰	۰,۷۵
خط / ایستگاه	۲,۸	۲,۱۱	۳,۱	۲,۱۰	۲,۴	۲,۱۵	۲,۱	۲,۹	۲,۱۴	۳,۴
اولویت	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
امتیاز	۰,۷۳	۰,۷۱	۰,۷۱	۰,۶۹	۰,۶۸	۰,۶۷	۰,۶۵	۰,۶۳	۰,۶۳	۰,۶۲
خط / ایستگاه	۲,۱۹	۲,۵	۲,۱۷	۳,۲	۲,۱۲	۲,۷	۲,۱۶	۲,۱	۲,۱۸	۲,۲

در گام بعدی الگوریتم پیشنهادی، وظیفه مشخص کردن دسته نقاط ایستگاهی مستعد توسعه حمل و نقل محور را خواهد داشت، در این مرحله ورودی‌ها شامل: ماتریس خروجی از گام اول و همچنین اطلاعات موردنیاز مستخرج شده از آمار، نقشه‌ها، مطالعات، طرح‌ها و ... به تفکیک هر ایستگاه است، این ورودی‌ها را می‌توان به صورت مستقل وارد نرم‌افزار کرد و یا بر اساس تحلیل‌های مکانی در عملیات محاسباتی الگوریتم برنامه‌ریزی شود، در این صورت ورودی موردنیاز نقشه‌ها و اطلاعات زمین خواهد بود. در ادامه داده‌های استخراج شده از اطلاعات مکانی در نرم‌افزار Experts Choice وارد شده تا خوشه‌های همگن برای ارائه رویکرد و محتوای برنامه‌ریزی توسعه حمل و نقل محور در نقاط مستعد در ایستگاه‌های مترو شهر اصفهان معرفی شوند. در نقشه شماره ۱ دسته بندی خوشه‌های پیشنهادی، ارائه شده است.



نقشه شماره (۱) خوشه بندی محدوده ایستگاه‌های مترو اصفهان در برنامه ریزی توسعه حمل و نقل محور،
منبع: نگارندگان

مطابق با نقشه شماره (۱) محدوده‌های ایستگاهی که ویژگی‌های مکانی و فضایی مشترکی داشته‌اند در یک خوشه قرار گرفته‌اند و متناسب با خروجی هر خوشه امکان ارائه رویکرد پیشنهادی برای آنها به وجود آمده است. به عبارتی محدوده‌های ایستگاهی که در ورودی شهر بودند در یک خوشه پیشنهاد شده‌اند. پهنه ایستگاه‌های قائمیه، رهنان و باغ فردوس از هر دو خط ۲ و ۳ توسعه ورودی شهر را به وجود آورده‌اند. ایستگاه‌های حکیم نظامی، ارتش، سیمین با وجود اشتراکات فراوان با ایستگاه فلسطین و لاله از تراکم بالای حجم حرکت برخوردار بوده و در یک گروه پیشنهاد شده‌اند. همچنین پهنه ایستگاه‌های مرکز شهر مانند خلجا، میدان امام حسین و نقش جهان نیز محتوای برنامه ریزی مشابهی را در خوشه همگن خود فراهم می‌کنند. در جدول شماره (۶) اطلاعات جزئیات خوشه‌های پیشنهادی به تفکیک ارائه شده است.

جدول (۶): اطلاعات جزئیات خوشه‌ها

خوشه	قیمت زمین	ایمنی و امنیت	نرخ رشد	حجم ترافیک	تعداد تقاطع‌ها	خطوط دوچرخه	خطوط و مسافر اتوبوس	خطوط تاکسی	خطوط اتوبوس	خطوط بی‌ارتی	خطوط مترو
۱	۱۰	۳	۳٫۸	۲۵۸۷	۸۷	۱۲۷۷	۱۶۰۶۹۸	۷	۶	۲	۲
۲	۴٫۳	۲٫۶	۰٫۵	۳۱۸۱	۲۰۵	۱۵۲۳	۵۷۵۹۴	۲	۵	۰٫۳	۱٫۳
۳	۵٫۴	۳٫۱	-۰٫۲۵	۳۶۸۹	۱۹۹	۱۶۰۸	۹۴۰۰۹	۲٫۸	۴٫۸	۲	۱
۴	۲٫۳	۱٫۶	۲٫۸	۱۲۵۶	۱۵۶	۱۲۳۴	۸۲۲۳	۰٫۶	۳	۰	۱٫۳
۵	۴٫۴	۲٫۴	-۰٫۰۱	۲۵۶۹	۲۶۰	۱۳۹۰	۶۲۶۶۳	۲	۵٫۴	۱٫۲	۱
۶	۲٫۵	۲٫۵	-۰٫۷	۱۵۶۹	۱۷۴	۹۹۸	۲۶۰۶۵	۰٫۷۵	۳٫۵	۱٫۲۵	۱
۷	۴	۲٫۶	-۲٫۲	۲۴۴۸	۲۱۰	۱۴۵۱	۴۳۰۴۴	۱	۲٫۶	۰٫۶	۱٫۳

ادامه جدول (۶)

خوشه	بافت فرسوده	قدمت بنا	مساحت زمین	اراضی بایر	مالکیت عمومی	قطب گردشگری	قطب عملکرد های اساسی	اختلاط کاربری	تعداد طبقه
۱	۰	۱	۵۳۱	۰	۸۱	۰٫۱۹	۱٫۳	۱۱	۲٫۵
۲	۱۰۹۴۴۵	۱	۳۱۵	۰	۱۸	۳۱	۷٫۳	۱۶	۲٫۳
۳	۴۲۹۵۱	۱	۲۲۴	۰	۳۳	۰٫۱۵	۲۷	۱۴	۲٫۷
۴	۲۲۰۱۸	۱٫۳	۴۰۵	۲۵٫۶	۱۷	۰٫۱۹	۱۴	۱۲	۲٫۲
۵	۲۲۴۰۲۹	۲	۲۳۲	۰٫۴	۱۳	۱۰	۱۰	۱۵	۲٫۶
۶	۲۱۶۴۹۳	۲	۱۵۲	۳٫۶	۱۸	۰٫۰۱	۱۵	۱۴	۳٫۵
۷	۴۶۲۶۱	۱	۲۶۲	۰٫۱۲	۲۷	۰٫۶	۲۱	۱۲	۲٫۵

باتوجه به محتوای اطلاعات فضایی و مکانی در هر یک از خوشه‌ها امکان برنامه ریزی و پیشنهاد رویکرد برای هر گروه فراهم شده است. جدول شماره (۸) محتوای برنامه ریزی و رویکرد پیشنهادی برای خوشه‌های همگن را نشان می‌دهد.

جدول (۷)، محتوای برنامه‌ریزی و رویکرد پیشنهادی برای خوشه‌های همگن

انواع سطوح عملکردی	توسعه انواع حمل و نقل محور	خوشه‌ها	ایستگاه‌ها	رویکرد پیشنهادی
شهر	مرکز شهر	۱	آزادی	درآمدزایی
		۲	خلیج - نقش جهان	بازآفرینی
	۳		امام حسین	روان‌سازی
کریدور	مرکز منطقه	۳	قدس - فلسطین - حکیم نظامی - ارتش	روان‌سازی
			لاله، سیمین	محرك توسعه
	کریدوری	۴	صمدیه - جاوان - کهنده	تزریق خدمات
کریدور	کریدوری	۵	- کاشانی - ابن سینا - امام علی	بازآفرینی
			خرازی، شاهد	محرك توسعه
ایستگاه	حاشیه شهر	۶	عمان سامانی - عاشق اصفهانی - حرم - دارک	محرك توسعه
			۷	رهنان - قائمیه - باغ فردوس

مطابق با جدول شماره ۷ در پهنه ایستگاه‌های مرکز شهر که در سطح عملکردی شهر مقیاس دارند، در ایستگاه آزادی به دلیل بالابودن قیمت زمین رویکرد درآمدزایی پیشنهاد می‌شود؛ در ایستگاه‌های خلیج و نقش جهان ضرورت دارد رویکرد بازآفرینی شهری مورد توجه قرار گیرد و در ایستگاه میدان امام حسین نیز روان‌سازی عملکردی و حرکتی پیشنهاد شده است. در خوشه ایستگاه‌های منطقه‌ای متناسب با مکان ایستگاه‌ها، روان‌سازی حرکتی و ایجاد بسترهای محرك توسعه پیشنهاد شده است. به عبارتی در ایستگاه‌های لاله و سیمین که حجم تردد و تراکم جمعیتی بالاست، ضرورت دارد طرح محرك توسعه بستری برای بهره‌گیری از امکانات در مجاورت با حمل و نقل همگانی فراهم کند. در خوشه ایستگاه‌های کریدوری به دلیل اهمیت ارتباط و شبکه‌سازی مسیر حرکت افراد میان ایستگاه‌های مختلف ضرورت دارد با امکان تزریق خدمات، بازآفرینی شهری و محرك توسعه اتصال و تکامل شبکه برقرار شود. در خوشه‌ی حاشیه شهر به دلیل فقدان خدمات و قطب‌های عملکردی نیاز است که طرح‌های محرك توسعه پیشنهاد شود.

در خوشه ورودی شهر نیز در خطوط ۲ و ۳؛ تزریق خدمات می‌تواند شبکه توسعه حمل و نقل محور در خطوط مترو را ارتقا دهد و تکمیل کند.

۴- بحث:

رویکرد توسعه حمل و نقل محور با توجه به اصول هشتگانه شامل حمل و نقل همگانی، تغییر نگرش در طراحی، فشردگی، تراکم، اختلاط، اتصال، قابلیت دوچرخه سواری و قابلیت پیاده روی می‌تواند با ضرایب اهمیت مختلف متناسب با بستر مورد مطالعه برنامه ریزی و طراحی شود.

در بررسی تحقیق‌های پیشین در بعد مکان یابی، ون^{۲۵} و همکاران (۲۰۱۷) در آمریکای شمالی (کانادا) مطالعه‌ای را برای شناسایی محدوده‌های مستعد توسعه حمل و نقل محور انجام دادند و شاخص‌های زیر معرفی کردند: تمرکز بر حمل و نقل عمومی، افزایش فرصت دسترسی به عملکردهای گوناگون در یک محدود حمل و نقل، کاهش هزینه ساکنان منطقه برای استفاده از امکانات و خدمات و کاهش تمرکز در جابه‌جایی بین منطقه‌ای. این شاخص‌ها به صورت موضعی پیشنهاداتی را برای ایجاد بستر توسعه حمل و نقل محور ارائه داده‌اند. اما نتایج این تحقیق برای شبکه سازی این توسعه‌ها در شهر پیشنهادی ارائه نکرده است. همچنین در مطالعات برای اروپا (هلند) نیز شاخص‌هایی مانند تمرکز بر بهبود فضای شهری، ایجاد پارکینگ‌های کارآمد و امن برای خودروهای شخصی، تاکسی‌ها و دوچرخه در مجاورت ایستگاه‌های ریلی، تمرکز بر تقویت شبکه حمل و نقل عمومی با افزایش تعداد ناوگان و کاهش سرفاصله‌های زمانی، کاهش زمان سفر بین نقاط محدوده توسعه حمل و نقل محور در مقیاس بین مناطق از اصلی ترین شاخص‌های تحقق توسعه حمل و نقل محور در شهر در نظر گرفته شده است (ون و همکاران، ۲۰۱۷، ص ۵۰-۵۵). در این تحقیق نیز صرفاً به تبیین و شناسایی شاخص‌ها پرداخته شده است اما اطلاعات و داده‌های مکانی و زمینه‌ای برای منطقه خاصی بررسی نشده است و مقایسه‌ای در میان نقاط مستعد شهر انجام پذیرفته است. همچنین در مرور تحقیقات در بعد طراحی در منطقه کولون در هنگ‌کنگ محدوده مجاور با حمل و نقل عمومی به عنوان هسته اصلی توسعه شناسایی شد که تا حد امکان منطقه‌ای فشرده با تراکم بالا برای پاسخ‌دهی به نیازهای مردم ایجاد شود. در تمام خیابان‌های اصلی راه‌های عابر پیاده شناسایی و ایمن سازی شد تا امکان حمل و نقل پویا (پیاده روی و دوچرخه سواری) در مجاورت ایستگاه حمل و نقل همگانی فراهم شود اما در این تحقیق به جزئیات شاخص‌ها و مولفه‌هایی که مد نظر قرار گرفته اشاره‌ای نشده است.

²⁵ Van

همچنین در تحقیقی در منطقه سلطان احمد استامبول نیز پس از شناسایی محدوده به عنوان فرصتی برای تحقق توسعه حمل و نقل محور؛ شبکه جاده‌ها، خیابان‌ها و راه‌های عابر پیاده به گونه‌ای طراحی شده‌اند که جابجایی افراد پیاده بدون هیچ وسیله نقلیه به راحتی و با اطمینان ممکن باشد. اما این تحقیق مولفه‌های چندوجهی و متنوعی که بتواند پاسخگوی رویکرد طراحی برای توسعه حمل و نقل محور باشد را ارائه نمی‌دهد. به عبارتی اصولی برای مکانیابی و طراحی در تحقق توسعه حمل و نقل محور در مجاورت با ایستگاه‌های مترو پیشنهاد نمی‌دهد. در تحقیق پیش رو تلاش شده است که اصول و مولفه‌های مکانیابی و طراحی برای توسعه حمل و نقل محور ارائه شود و نقاط مختلف در خطوط مترو با توجه به اطلاعات زمینه‌ای بررسی و مقایسه گردد. در این مقایسه از نظر مدیران، کارشناسان و متخصصان بومی بهره برده شده و صرفاً به استانداردهای جهانی اکتفا نشده و تلاش شده است که شاخص‌ها بومی سازی شود. هم چنین با خوشه بندی داده‌های نقاط مستعد در خطوط مترو، پیشنهادهای برای سیاست گذاری کلان در مقیاس شهر ارائه شد.

نتایج تحقیق نشان داد که با توجه به نظرسنجی مدیران و متخصصان؛ سنجه‌های تراکم ساختمان، نرخ رشد جمعیت، تعداد تقاطع‌های پیاده و سواره، اختلاط کاربری، تعداد خطوط و مسافران مترو، وجود اراضی بایر، وجود قطب‌های خدمات اساسی و اختلاط قیمت زمین بیشترین ضریب را باید در الگوریتم وزندهی نقاط مستعد توسعه حمل و نقل محور داشته باشند. از سوی دیگر محدوده‌هایی که داده‌های مکانی آنها در سنجه‌ها، همگن بوده‌اند در یک خوشه دسته بندی شده‌اند که محتوای برنامه ریزی مشابهی را ایجاد می‌کنند. همانطور که در مبانی نظری مطرح شد، برنامه ریزی و طراحی توسعه حمل و نقل محور در سه سطح قابل سیاست گذاری است. محدوده‌هایی که در مرکز شهر قرار گرفته‌اند به دلیل ویژگی‌های تراکمی و جمعیتی و اختلاط در یک خوشه همگن دسته بندی می‌شوند. ایستگاه‌های ورودی شهر، یک دسته همگن را ایجاد می‌کنند. همچنین ایستگاه‌هایی که در یک کریدور به لحاظ مکانی و فضایی داده‌های مشابهی دارند در یک خوشه مستقل معرفی شده‌اند. در این پژوهش در شهر اصفهان نیز باتوجه به ویژگی‌های مکانی و زمینه‌ای، سطوح عملکرد خوشه‌ها در سه دسته شهر، کریدور و ایستگاهی تعیین شده‌اند. خوشه‌های ۱ و ۲ و ۳ در مقیاس عملکردی شهر در دو نوع توسعه حمل و نقل محور مرکز شهر و مرکز منطقه‌ای تعریف شده‌اند. خوشه‌های ۴ و ۵ و ۶ در مقیاس عملکردی کریدوری باید برای نوع توسعه حمل و نقل محور محوری در داخل شهر و ورودی شهر برنامه ریزی شوند. خوشه ۷ نیز در مقیاس عملکردی ایستگاه، باید نقطه ورودی برای شهر ایجاد کنند.

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق تلاش شد تا تعریف رویکرد حمل و نقل محور از نگاه صرفاً نقطه‌ای و ایستگاهی در محدوده ایستگاه‌های مترو به انواع توسعه پهنه‌ای، خطی و نقطه‌ای در مقیاس‌های عملکردی مختلف در شهر تغییر کند. برای شناسایی نقاط مستعد برنامه ریزی توسعه حمل و نقل محور ضرورت دارد که مولفه‌های مکانی و زمینه‌ای در ابعاد مختلف انواع حمل و نقل همگانی؛ تراکم ساختمانی و جمعیتی؛ اختلاط کاربری، جمعیتی و اقتصادی؛ فشردگی و طراحی میان‌افزا، بهبود اتصالات حرکتی، تغییر نگرش در طراحی؛ قابلیت دوچرخه سواری و قابلیت پیاده روی مورد توجه قرار گیرد. در تحقیق حاضر نقاط مختلف در خطوط مترو اصفهان با نظر کارشناسان و متخصصان بومی ارزیابی شد و با ارائه الگوریتم رتبه بندی، مناطق مستعد توسعه حمل و نقل محور معرفی شدند. ایستگاه‌های دروازه دولت، میدان عتیق و میدان آزادی بیشترین امتیاز را برای تحقق توسعه حمل و نقل محور دارند و در ۷ خوشه پیشنهاداتی برای سیاست گذاری کلان در مقیاس شهر ارائه شد.

در این خوشه بندی ۷ نقطه همگن در خطوط مترو ۲ و ۳ به دست آمد. در خوشه شماره ۱ به دلیل بالابودن قیمت زمین و تراکم بالای ساختمانی برنامه ریزی با هدف درآمدزایی پیشنهاد شده است. در خوشه ۲ ایستگاه‌های مرکز شهر با حجم بالایی از خطوط حمل و نقل عمومی و اختلاط کاربری همراه هستند که نیاز به بازآفرینی شهری در این محدوده‌ها وجود دارد. به دلیل تنوع خدمات و حجم بالای خطوط حمل و نقل عمومی، خوشه ۳ نیاز به بهبود اتصال و محرک توسعه میان‌افزا دارد. خوشه ۴ دارای تراکم جمعیت بالا و بیشترین اراضی بایر است اما فاقد خدمات اولیه است و تزریق خدمات در این منطقه ضروری است. در خوشه ۵، به دلیل بافت فرسوده شهری و تراکم خطوط حمل و نقل عمومی، ایجاد محرک توسعه برای توسعه و بازآفرینی شهری پیشنهاد شده است. در خوشه ۶، به دلیل تراکم پایین ساختمانی و جمعیتی و وجود اراضی بایر، پروژه‌های محرک توسعه مورد نیاز است. در خوشه ۷ پیشنهاد می‌شود که خدمات عمومی در ورودی‌های شهر تزریق شود. به نظر می‌رسد اگر بتوان در مطالعات آتی سوال تحقیق را برای کل شهر اصفهان توسعه داد، می‌توان از داده‌های زمینه‌ای برای کل شهر استفاده کرد و نقاط مستعد توسعه حمل و نقل محور را نه صرفاً با محوریت خطوط مترو بلکه با دید کلان، نسبت به تمام انواع شبکه حمل و نقل عمومی پیشنهاد داد.

۶. فهرست مراجع

۱. شورای عالی شهرسازی و معماری ایران، (۱۳۹۷)، *راهنمای ملی توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی*،

تهران: نشر شهرداریها

۲. شکوهی، محمد، عزت الله مافی و فهیمه عبادی نیا، (۱۳۹۳)، نقش شبکه ریلی درون شهری در چشم انداز بوم شناختی و اقتصادی حمل و نقل شهر مشهد، نشریه جغرافیا و توسعه فضای شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، (۲)، ۱۱۷-۱۲۸
۳. قربانی، رسول و نعیمه ترکمن نیا، (۱۳۹۴)، بررسی تطبیقی نقش کاربری ترکیبی بر تولید سفر در محلات شهری (محلله چهنو و کارمندان منطقه ۶ مشهد)، نشریه جغرافیا و توسعه فضای شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، (۲)، ۸۱-۹۲
۴. معاونت حمل و نقل شهرداری اصفهان، (۱۳۹۷)، گزارش ارزیابی طرح توسعه مترو اصفهان، گزارش سالیانه شهرداری اصفهان، اصفهان
۵. معاونت حمل و نقل شهرداری اصفهان، (۱۳۹۹)، ارزیابی عملکرد خطوط مترو اصفهان، گزارش سالیانه شهرداری اصفهان، اصفهان
۶. معاونت برنامه ریزی و توسعه منابع انسانی، (۱۴۰۰)، بازنگری در طرح های حمل و نقل محور، گزارش سالیانه شهرداری اصفهان، اصفهان
7. Calthorpe, P. (1993). *The next American metropolis: Ecology, community and the American dream* : Princeton Architectural Press, New York.
8. Carlton, Ian, (2009), *Histories of transit-oriented development: perspectives on the development of the TOD concept*. (2). Working Paper.
9. Cervero, K. Kockelman, (1997), *Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design*, *Transport, Transport Environment journal*, (2). 199-219
10. Chen, M. Yazdani, M. Mojtahedi, S. Newton, (2019), *The impact on neighbourhood residential property valuations of a newly proposed public transport project: The Sydney Northwest Metro case study* *Transp. Res. Interdiscip. Perspect*, (3)
11. Cervero. R. (1993), *Transit-Supportive Development in the United States: Experiences and Prospects*, University of California at Berkeley, (7). 234-294
12. Ewing, R. Cervero, (2010), *Travel and the built environment: a meta-analysis*, *J. Am. Plann. Assoc.*, 76 (2). 265-294
13. Gallivan, F., Rose, E., Ewing, R., Hamidi, S., Brown, T, (2015), *Quantifying Transit's Impact on GHG Emissions and Energy Use - The Land Use Component*, Transit Cooperative Research Program, Report (176)
14. Holz-Rau, J. Scheiner, (2019), *Land-use and transport planning—a field of complex cause-impact relationships. Thoughts on transport growth, greenhouse gas emissions and the built environment* , *Transport Policy*, (74). 127-137

15. Handayani, K. D. M. E. (2014), "*TOD Best Practice: Lesson Learned for GHG Mitigation on Transportation Sector in Surabaya City, Indonesia*, *Procedia-Social and Behavioral Science*, (135).152-158.
16. Jamme, J. Rodriguez, D. Bahl, T. Banerjee (2019), *A twenty-five-year biography of the TOD concept: from design to policy, planning, and implementation*, *J. Plan. Educ. Res*, (39). 409-428
- 17 .Kamruzzaman, D. Baker, S. Washington, G. Turrell, (2016), *Determinants of residential dissonance: implications for transit-oriented development in Brisbane*, *Int. J. Sustain. Transp*, (10). 960-974
- 18 Knowles, R.D, (2012), *Transit oriented development in Copenhagen, Denmark* , Ørestad J. *Transport. Geography*, (22). 251-261
- 19 Knowles, R.D, (1992), *Light rail transport*. In: *Whitelegg, J. (Ed.), Traffic Congestion: Is There a Way Out?* Leading Edge Press, Hawes.107–133.
- 20 Knowles, R.D., Ferbrache, F., (2015), *Evaluation of wider economic impacts of light rail investment on cities*. *Journal of Transport Geography*, Available online 9 October 2015.
- 21 Liu, M. Zhang, T. Xu. (2020). *A conceptual framework and implementation tool for land use planning for corridor transit-oriented development*, *Cities*. 107
- 22 Lang, E.C.M. Hui, T. Chen, X. Li, (2020), *Understanding livable dense urban form for social activities in transit-oriented development through human-scale measurements*, *Habitat Int.*104
- 23 Pritchard, Y. Frøyen, (2019), *Location, location, relocation: how the relocation of offices from suburbs to the inner-city impacts commuting on foot and by bike*, *Eur. Transp. Res.*(11). 14
- 24 Parker, T., and D. Mayer (2007). *California transit-oriented development (TOD) searchable database*. California Department of Transportation.
- 25 Purwantiasning, A, and Saeful B. (2019), *Understanding the TOD Concept of Historical Areas Through Precedent Studies*. International conference on advanced research in applied science and engineering. Amsterdam, Netherlands.
- 26 Renne, S. Hamidi, R. Ewing, (2016), *Transit commuting, the network accessibility effect, and the built environment in station areas across the United States*, *Res. Transport. Economy*, (60). 35-43
- 27 Richard D. Knowles and Fiona Ferbrache, (2019), *Transit Oriented Development and Sustainable Cities: Economics, Community and Methods*, Elgar pub, University of Oxford, UK
- 28 Stevens. M, (2017), *Does compact development make people drive less?*, *J. Am. Planning. Assoc*, (83). 7-18

- 29 Van Lierop, Dea, Kees Maat, and Ahmed El-Geneidy, (2017), *Talking TOD: learning about transit-oriented development in the United States, Canada, and the Netherlands*, Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability 10.(1). 49-62.
- 30 Yang, J. Cao, Y. Zhou, (2021), *Elaborating non-linear associations and synergies of subway access and land uses with urban vitality in Shenzhen*, Transp. Res. A Policy Pract, 144. 74-88

مجلس
البحرين
للشؤون
البحرية