

مکانیابی ایستگاه مسافری راه آهن با کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

نمونه موردی: ایستگاه راه آهن شهر همدان

محمدعلی عاشوری دهنه‌سری*، حریر صدرایی، وحید علی‌قارداشی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری - دانشگاه تهران ، ashouri922@gmail.com

۲- کارشناس ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل - راه آهن ج.ا.ا. sadraei_h@rai.ir

۳- مدیر کل دفتر مهندسی و نظارت تاسیسات زیربنایی - راه آهن ج.ا.ا. alighardashi_v@rai.ir

چکیده

ایستگاه‌ها در شبکه حمل‌ونقل همگانی، به عنوان یکی از زیرساخت‌های مهم توسعه شهری محسوب می‌شوند. زیرساختی که وظیفه انتقال و توزیع مسافرین را در بالاترین سطح از راحتی، امنیت و آسایش بر عهده دارد. با توجه به انعطاف کمتر زیرساخت‌های ریلی، هزینه‌های زیاد و طولانی بودن فرآیند تهیه طرح، احداث و بهره‌برداری از ایستگاه‌های ریلی، این فرآیند را به پروژه‌هایی میان مدت و یا بلندمدت تبدیل کرده است. بر این اساس، کاملاً مشهود است که ایستگاه‌های مسافری حمل‌ونقل ریلی انبوه‌بر، می‌بایست به عنوان یک زیرساخت پرهزینه و باارزش، در تعامل با سایر زیرساخت‌های یک شهر، از جمله سیستم‌های حمل‌ونقل درون شهری و بصورت چندوجهی مکانیابی و طراحی گردند. مکانیابی بهینه ایستگاه مسافری راه آهن از میان گزینه‌های موجود در شهر همدان، هدفی است که در این پژوهش دنبال خواهد شد. روش پژوهش برای دستیابی به مکان بهینه بدین شکل است که ابتدا به شناخت کلی از ویژگی‌های شهری و حمل‌ونقلی شهر همدان به عنوان نمونه‌ی موردی پرداخته خواهد شد. سپس بر مبنای معیارهای مکانیابی ایستگاه مسافری راه آهن، چندین مکان مناسب برای ایجاد ایستگاه مسافری پیشنهاد و در نهایت با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، کارایی گزینه‌های پیشنهادی محاسبه و مکان بهینه از میان گزینه‌ها انتخاب خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: مکانیابی، ایستگاه راه آهن، شهر همدان، تحلیل پوششی داده‌ها، DEA

۱- مقدمه

در شهرسازی امروز، توسعه شهر و حمل‌ونقل نمی‌تواند مستقل از یکدیگر تحقق یابد. از این رو ارتباط تنگاتنگ و انکارناپذیری با یکدیگر و با معیارهای کیفی شهر، سیاست‌گذاری‌ها و نیز اقتصاد شهری دارد. صنعت حمل‌ونقل یکی از عناصر اصلی در توسعه اقتصادی هر کشور به شمار می‌رود و از مهمترین زیرساخت‌های هر جامعه محسوب می‌شود. حمل‌ونقل ریلی به دلیل مزایای بسیاری همچون ایمنی، نظم، سرعت، راحتی، هزینه کمتر، سازگاری با محیط زیست، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و غیره به عنوان بهترین سیستم حمل‌ونقل همگانی شهری و بین‌شهری معرفی می‌گردد. در این میان ایستگاه‌ها، بعنوان قلب سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی، دارای نقش مهمی در تبادل مسافر بین این سیستم و سایر سیستم‌های حمل‌ونقلی می‌باشند. لذا تعیین مکان مناسب ایستگاه جزء مهمترین فاکتورهای ارزیابی سیستم ریلی محسوب می‌شود.

۲- ضرورت پژوهش

از آنجایی که تغییر مکان ایستگاه‌ها به دلیل هزینه‌های سرمایه‌گذاری بالا، وسعت محوطه احداثی ایستگاه و وجود ساختمان‌های ثابت تقریباً غیر ممکن و یا بسیار دشوار است، تعیین مکان غیراصولی آن‌ها موجب عدم استفاده از سرمایه گذاری انجام شده و هدر رفت زمان، هزینه، نیروی انسانی و نهایتاً عدم کارایی سیستم حمل‌ونقل ریلی می‌گردد. بنابراین توجه به اهداف اصلی در تعیین مکان مناسب ایستگاه نظیر جذب حداکثر مسافر، سرویس‌دهی به مناطق پر فعالیت اصلی شهر، تعامل با کلیه طرق حمل‌ونقلی، کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری، حداقل نمودن زمان سفر و حداکثر نمودن سطح پوشش ایستگاه‌ها بسیار حائز اهمیت است.

۳- اهداف پژوهش

بعد از مشخص شدن اهمیت و ضرورت مکانیابی ایستگاه‌ها بصورت اصولی و بر اساس اطلاعات شهری، زیست محیطی، اقتصادی و غیره، مهمترین اهداف مکانیابی ایستگاه‌های مسافری را می‌توان به شرح ذیل بیان نمود:

- جذب حداکثر مسافر
- سرویس‌دهی به مناطق پر فعالیت اصلی شهر
- تعامل با سایر گونه‌های حمل‌ونقلی
- کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری
- حداقل نمودن زمان سفر
- حداکثر نمودن سطح پوشش ایستگاه‌ها

بر اساس اهداف پژوهش، در ادامه به بررسی معیارها و شاخص‌های پژوهش برای مکانیابی ایستگاه مسافری راه‌آهن شهر همدان پرداخته خواهد شد.

۴- معیارهای مکانیابی ایستگاه‌های مسافری راه‌آهن

مکانیابی ایستگاه‌های مسافری راه‌آهن می‌بایست با اهدافی همچون جذب مسافر بیشتر، سرویس‌دهی به مناطق فعال جمعیتی و مشاغل در شهر، تعامل با سایر گونه‌های حمل‌ونقل همگانی، کاهش هزینه‌ها، افزایش بازدهی و غیره صورت گیرد. بر این اساس نیاز به تبیین و تعریف معیارهای چندجانبه در مکانیابی بهینه ایستگاه‌های مسافری ضروری بنظر می‌رسد.

مهاجری و امین (۲۰۱۰)، چهار معیار امکان اتصال به شبکه ریلی، خدمات رسانی بهینه به مسافری، مطلوبیت شهری و معماری و معیار اقتصادی را به عنوان عوامل تاثیرگذار در مکانیابی ایستگاه‌های راه‌آهن برشمرده است. هورنر و گروپسیک (۲۰۰۱)، در مقاله خود با عنوان جانمایی ترمینال‌های ریلی بر مبنای اطلاعات GIS، مبنای مکانیابی و انتخاب گزینه‌های اولیه خود را حداکثر دسترس پذیری شهری و مکانیابی در نزدیکی معابر با ظرفیت بالا دانسته اند. همچنین عمده ایستگاه‌های راه‌آهن اروپا به گونه‌ای مکانیابی شده‌اند که به خوبی با سایر سرویس‌های حمل‌ونقل همگانی (از جمله تراموا، خطوط اتوبوس و سایر خطوط ریلی) در تعامل هستند. علاوه بر این، در کنار ایستگاه‌ها مراکز تاکسی، ادارات توریست، شرکت‌های اجاره دوچرخه و اتومبیل جانمایی شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود، عوامل مختلفی در مکانیابی ایستگاه‌های راه‌آهن تاثیرگذار هستند. در این راستا، بر اساس شناخت شهر همدان، ویژگی‌ها و محدودیت‌های موجود، معیارهای مکانیابی ایستگاه‌های راه‌آهن به شکل ذیل قابل دسته‌بندی هستند:

- معیار کالبدی- فضایی
- معیار حمل‌ونقل و دسترسی
- معیار اقتصادی
- معیار زیست‌محیطی

در ادامه به تفصیل هر کدام از معیارها توضیح داده شده و شاخص‌های متناظر آنها تبیین خواهد شد.

۴-۱- معیار کالبدی-فضایی

توازن و یکپارچگی میان برنامه‌ریزی کاربری زمین و حمل‌ونقل همگانی یکی از اصول مهم برنامه‌ریزی شهری است که در رویکردهای مختلفی همچون توسعه حمل‌ونقل همگانی محور، رشد هوشمند، نوشهرگرایی و غیره به چشم می‌خورد. این معیار بطور کلی به یکپارچگی ساختاری حمل‌ونقل همگانی و زیرساختهای فضایی-کالبدی شهر منجر می‌شود. شاخص‌های کالبدی-فضایی مطرحه در این پژوهش که متناسب با نمونه موردی تعیین شده‌اند، عبارتند از: انطباق بر سازمان فضایی و قابلیت دسترسی به عناصر شاخص و با هویت شهر، مطلوبیت و سازگاری کاربری‌ها با ماهیت مکانیابی ایستگاه راه‌آهن و در نهایت فراهم بودن شرایط و وجود زمینه‌ها برای توسعه حمل‌ونقل همگانی محور^۱ در ادامه به بررسی شاخص‌های پژوهش پرداخته می‌شود.

۴-۱-۱- انطباق بر سازمان فضایی و قابلیت دسترسی به عناصر شاخص و با هویت شهر

استخوان‌بندی شهر مجموعه‌ای است مرکب از یک ستون فقرات و شبکه‌ای به هم پیوسته از کاربری‌ها و عناصر مختلف و متنوع شهری که شهر را در کلیت آن انسجام می‌بخشد و تار و پودش در همه گستره شهر تا انتهای ترین اجزای آن یعنی محله‌های مسکونی امتداد می‌یابد. این مجموعه، شالوده سازمان فضایی-کالبدی شهر بوده و مبنای خصوصیات کلی شهر است و سایر ساختمان‌ها در شهر همانند پرکننده‌ها، مابین بخش‌های اصلی این شبکه را می‌پوشانند (حبیبی، ۱۳۷۶: ۱۸). استخوان بندی شهر، محدوده‌ای است که محورها، توده‌ها، فضاها و فعالیت‌های شهر بصورت عمده در یک راستا توسعه یافته‌اند. استخوان-بندی اصلی شهر عرصه ای است وسیع که در آن بسیاری از عناصر و فعالیت‌های شهری جای می‌گیرد و در نظم بخشیدن به روابط دسته جمعی ساکنان در مقیاس شهر نقش مهمی ایفا می‌کند (حبیبی، ۱۳۷۶: ۱۸). مشخصات استخوان‌بندی و سازمان فضایی در قالب سه گروه اصلی ذیل قابل دسته‌بندی می‌باشد:

- مشخصات کالبدی (عناصر کالبدی، موقعیت شهری، ساختار و بافت شهری، دسترسی‌ها و...)
- مشخصات عملکردی و فعالیت‌ها (اجزای عملکردی، ترکیب و همجواری آنها)
- مشخصات فضایی و بصری (شبکه نمادین)

^۱ TOD

ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی با توجه به عملکرد ویژه خود و تداوم آن در دوره زمانی طولانی، به عنوان یکی از عناصر کالبدی و فعالیتی ویژه در شهر بشمار می‌روند که می‌تواند در شرایط خاص بصورت نمادین نیز عمل نماید. بنابراین ایستگاه‌های ریلی علاوه بر نقش اساسی در توزیع سفرهای درون‌شهری و بین‌شهری، به عنوان یک زیرساخت حیاتی در شهر معرفی می‌گردند.

از سوی دیگر، با توجه به اینکه عمده بارگزاری‌های کالبدی و فعالیتی می‌بایست تحت تاثیر سازمان فضایی و استخوان‌بندی شهر شکل گیرند، یکپارچگی ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی با سازمان فضایی و عناصر شاخص و باهویت شهر، می‌تواند کارایی، ظرفیت و مزیت ایستگاه‌های حمل‌ونقل ریلی را به مقدار قابل قبولی افزایش داده و یکپارچگی حمل‌ونقل همگانی و کاربری زمین را منجر شود.

با توجه به اینکه یکی از مولفه‌های کلیدی سازمان فضایی شهر، عناصر شاخص فعالیتی و هویت بخش شهر می‌باشند؛ مکانیابی ایستگاه‌های راه‌آهن می‌بایست با توجه به موقعیت این عناصر و در راستای یکپارچگی در خدمات رسانی به عناصر و ساختارهای مذکور صورت گیرد.

۴-۱-۲- مطلوبیت و سازگاری کاربری‌های پیرامونی

در جریان مکانیابی ایستگاه‌های راه‌آهن در شهر، مناطقی که ایستگاه‌ها در آن واقع می‌شوند، به دلیل دسترسی سریع به سیستم حمل‌ونقل انبوه بر، عمدتاً بصورت فزاینده‌ای رشد پیدا کرده و تراکم محلی و منطقه‌ای نیز به تبعیت از آن متحول و به رشد عمودی و بلند مرتبه سازی منجر خواهد شد. اطراف ایستگاه‌ها به تدریج تغییر ماهیت داده و تشدید نقل و انتقال مسافر، مراکز جدید اقتصاد منطقه‌ای (CBD) و جذب و توزیع سفر را شکل می‌دهند. بدلیل اهمیت موضوع و تجارب جهانی در زمینه مکانیابی عناصر جدید، رعایت اصول همجواری، ظرفیت و مطلوبیت، می‌تواند توسعه ناموزون و پراکنده شهری را ارتقاء داده و کاربری‌های موجود شهری در محله و منطقه را متناسب و همگون سازد. در جدول ذیل، ماتریس چهارگانه‌ای (جدول ۱) برای ارزیابی میزان سازگاری، مطلوبیت، ظرفیت و وابستگی نمایش داده شده است.

جدول ۱. ارزیابی کیفی کاربری‌ها

ویژگی‌های قابل بررسی در ماتریس	حالات کاربریها نسبت به هم	نوع تعریف ماتریس	
اندازه و ابعاد زمین، شیب، شبکه ارتباطی، تأسیسات و تجهیزات، کاربری‌های وابسته، کیفیت هوا، صدا، نور، بو، دید و منظر	کاملاً سازگار نسبتاً سازگار بی تفاوت نسبتاً ناسازگار کاملاً ناسازگار	سازگاری کاربریهای مختلف همجوار با یکدیگر	ماتریس سازگاری
اندازه و ابعاد زمین، موقعیت، شیب، خصوصیات فیزیکی زمین، شبکه ارتباطی، تأسیسات و تجهیزات، کاربری‌های وابسته، کیفیت هوا، صدا، نور، بو، کاربری‌های همجوار	کاملاً مطلوب نسبتاً مطلوب نسبتاً نامطلوب کاملاً نامطلوب	سازگاری بین کاربری و محل استقرار	ماتریس مطلوبیت
انطباق نوع فعالیت با سطح تقسیمات کالبدی (محلی، ناحیه‌ای، منطقه‌ای، شهری و فراشهری)	کاملاً مناسب نسبتاً مناسب نسبتاً نامناسب کاملاً نامناسب	سازگاری کاربری با ظرفیت و مقیاس عملکردی	ماتریس ظرفیت
میزان وابستگی عملکردها و کاربری‌های همجوار به یکدیگر نظیر وابستگی کاربری مسکونی به کاربری‌های آموزشی و تجاری	کاملاً وابسته نسبتاً وابسته نسبتاً غیروابسته کاملاً غیروابسته	وابستگی کاربری‌های مختلف به یکدیگر و لزوم همجواری آنها	ماتریس وابستگی

با در نظر گرفتن اصول چهارگانه سازگاری، مطلوبیت، ظرفیت و وابستگی، سازمان فضایی و کالبدی شهر می‌تواند تحت تأثیر راه‌اندازی ایستگاه راه‌آهن به عنوان یک عنصر شهری جدید و کارآمد، متحول شده و نظام شهرسازی چند هسته‌ای، بصورت مطلوب‌تر در شهر ایجاد و گسترش یابد.

۴-۱-۳- وجود زمینه‌ها برای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی

ایده توسعه حمل‌ونقل همگانی محور^۲ در سطح خرد با ارائه راهکارهای طراحی شهری زمینه محور، بر گسترش اجتماعات محلی و باهمستانهای زیست‌پذیر تأکید می‌کند (رفعیان و دیگران، ۱۳۹۲: ۵۹). باهمستان‌هایی پویا، کارا، سرزنده و مشوق تعاملات اجتماعی که گسترش آنها از اهداف و انگاره‌های پایداری در طراحی شهری است.

امروزه ایستگاه‌های راه‌آهن با توجه به جابجایی حجم بالایی از مسافر و پتانسیل‌های فضایی و جمعیتی موجود، در بسیاری از شهرهای جهان، به عنوان ترکیبی از عملکردها و فضاهای شهری پویا، منقطع و چندوجهی شناخته می‌شوند که علاوه بر جابجایی مسافر، بسیاری از عملکردهای خدماتی شهر را نیز پوشش داده و از سطح محلی تا شهری و منطقه ای خدمات رسانی می‌کنند.

دکتر بحرینی، فضاهای شهری را اینگونه تعریف می‌کند: «فضای شهری به مفهوم صحنه ایست که فعالیتهای عمومی زندگی شهری در آنها به وقوع می‌پیوندد. خیابانها، میدانها و پارکهای یک شهر فعالیتهای انسانی را شکل می‌دهند.» (بحرینی: ۱۳۸۹: ۳۱۳). بعضی از تعاریف نیز فضایی را که دارای تعاملات اجتماعی باشد، فضای شهری می‌دانند؛ به طوری که سه شاخصه ی باز بودن فضا، عمومی بودن فضا و برقراری تعاملات اجتماعی در فضا را سه شاخص ضروری و توأمان فضای شهری معرفی میکنند (پاکزاد، ۱۳۸۴).

هر فضای شهری که در اطراف ما وجود دارد استفاده و عملکردهای خاص خود را دارا می‌باشد. برخی فضاها در این میان، از جمله ایستگاه‌های حمل و نقل، می‌توانند استفاده‌های گوناگونی را دارا باشند و نیازهای متعددی از شهروندان را تامین نمایند. فضاهایی که بتوان علاوه بر عملکرد اصلی خود، نیازها و خدمات متنوعی را تامین کنند، به عنوان فضاهای چند عملکردی شناخته می‌شوند. این عامل بر انعطاف فضایی، حس رضایت، امنیت و در نتیجه افزایش استفاده مردم از این چنین فضاهایی تأثیر می‌گذارد.

بنابر تعاریف فوق و تجارب جهانی موجود، می‌توان ایستگاه‌های راه‌آهن را علاوه بر نقش حمل‌ونقل و جابجایی مسافر، به عنوان فرصتی برای ایجاد فضاهای انسان محور با تعاملات اجتماعی بالا شناخت. بنابراین، قابلیت توسعه چندعملکردی در محدوده‌های ایستگاهی و ارائه خدمات متنوع شهری و محلی، علاوه بر نقش جابجایی مسافر در ایستگاه‌های راه‌آهن، از جمله مسائلی است که در انتخاب مکان بهینه برای ایستگاه مسافری، می‌بایست مدنظر قرار گیرد.

۴-۲- معیار حمل‌ونقل و دسترسی

یکی از مهمترین مواردی که در جذب مسافر در سیستم‌های ریلی سریع تأثیرگذار است، تعامل آن با سایر گونه‌های حمل‌ونقلی می‌باشد. به نوعی یکپارچگی میان حمل‌ونقل ریلی و سایر گونه‌های مختلف حمل‌ونقل می‌تواند ظرفیت و کیفیت حمل‌ونقل ریلی را به‌صورت فزاینده‌ای افزایش دهد. در واقع راهبرد حمل‌ونقل یکپارچه یکی از راهبردهای حمل‌ونقل پایدار است که با هدف کاهش ناهمگنی و تفرق‌های موجود در نظام مدیریت خدمات حمل‌ونقلی پیشنهاد شده است. در واقع هدف از یکپارچه‌سازی دستیابی به سیستم کارا تر و پایدارتر است. بکارگیری سیستم‌های حمل‌ونقل ترکیبی مسافران را قادر خواهد ساخت تا علاوه بر تعیین مسیر مربوطه، میزان توقف خود در ایستگاه‌های میانی را تعیین یا در ایستگاه‌های مورد نظر قادر به تغییر روش جابجایی از قطار به سایر شیوه‌های جابجایی باشند. این امر سبب می‌شود تا با این تامین سفرهای پیوسته با حداقل تاخیر ممکن، افزایش و بهبودی در سفرهای انجام شده صورت پذیرد. بنابراین یکی دیگر از اصولی که در مکانیابی ایستگاه‌های مسافری راه‌آهن می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، ایجاد حداکثر یکپارچگی و تعامل با سایر گونه‌های حمل‌ونقل است. این کار اولین سطح و مشخص‌ترین تعریف یکپارچگی است که در دو سطح حمل‌ونقل درون‌شهری و برون‌شهری قابل طرح خواهد بود.

² TOD

۴-۲-۱- یکپارچگی حمل و نقل درون شهری

در خصوص حمل و نقل درون شهری، یکپارچه سازی زیرساخت های عمومی و خصوصی راهکاری برای افزایش سهم حمل و نقل عمومی است و به خصوص امکان دسترسی از مناطق با پوشش کم حمل و نقل عمومی به مناطق مرکزی شهر (با محدودیت های ترافیکی) را فراهم می آورد.

۴-۲-۲- یکپارچگی حمل و نقل برون شهری

در خصوص حمل و نقل برون شهری، یکپارچه سازی زیرساخت های حمل و نقلی مختلف اعم از جاده ای، ریلی، هوایی و در موارد خاص دریایی، سفر آسان بین مدهای مختلف را به دلیل نزدیکی فیزیکی و برنامه زمانی یکپارچه ممکن می سازد و موجبات سهولت دسترسی مسافران را فراهم می آورد. در این موارد می توان از مدهای حمل و نقلی با انعطاف کمتر (مانند ریلی، هوایی و دریایی) در قسمتی از سفر با طول بیشتر و برای قسمت های کوتاه سفر از جاده که دارای انعطاف بیشتریست، استفاده نمود.

۴-۲-۳- دسترسی به شبکه معابر با ظرفیت مطلوب

پارامتر دسترسی در مکانیابی ایستگاه های راه آهن از مهمترین پارامترهای مورد بحث خواهد بود. مسیرهای منتهی به ایستگاه نقش مهمی در تعیین محل ایستگاه دارند. خیابان های پرتردد و کم عرض به دلیل مشکلات ترافیکی و ازدحام خودروها، قطعاً مسافران با مقصد ایستگاه را با مشکلات فراوان روبرو خواهند نمود. بنابراین مسیرهای مجاور آن باید ظرفیت این بار ترافیکی را داشته باشند.

۴-۲-۴- شرایط مطلوب دسترسی به حمل و نقل غیرموتوری

پیاده روی مهمترین و قدیمی ترین شبکه ارتباطی است و از آن جهت دارای اهمیت است که در مقیاس حرکت انسانی قرار دارد. دوچرخه سواری نیز یکی از سیستم های حمل و نقل سازگار با اهداف توسعه پایدار است که می تواند به عنوان جزئی از یک زنجیره حمل و نقلی دیده شود که در سطوح محله ها و یا بخشی از شهر مورد استفاده قرار گیرد. این سیستم ها فاقد هر گونه آثار سوء بر محیط زیست هستند، سلامتی افراد جامعه را در دراز مدت تضمین می نمایند، انرژی مورد نیاز مستقیماً توسط فرد تأمین می شود، به علاوه اینکه این روش ها کاملاً اقتصادی بوده و هزینه ای کمتر از حمل و نقل عمومی دربردارد. از مهمترین ملاحظات آنست که می بایست به آنها توجه شود، می توان به ایجاد کاربری های مختلط برای ایجاد مبدا و مقصدهای نزدیک تر به هم، طراحی مسیرهای متناسب با شرایط جوی و امن نسبت به خطرات وسایل موتوری، ارایه امکانات مورد نیاز و غیره اشاره نمود. در حال حاضر اهمیت پیاده روی و دوچرخه سواری در برخی کشورها به خصوص کشورهای توسعه یافته و برخی کشورهای آسیایی شناخته شده و آن را در صدر برنامه های توسعه حمل و نقل شهری خویش قرار داده اند.

۴-۳- معیار اقتصادی

یکی از شاخص های مهم در کلیه مطالعات امکانسنجی و انتخاب گزینه برتر، ارزیابی اقتصادی آنهاست. هر پروژه، صرف نظر از نوع و اندازه بایستی صرفه اقتصادی داشته باشد. وجاهت اقتصادی یک پروژه حصول اطمینان از سودمندی سرمایه گذاری آن بوده و موجبات پایداری و ماندگاری آن را فراهم می سازد. در خصوص انتخاب بهترین مکان برای احداث ایستگاه مسافری درون محدوده شهری، شاخص های هزینه و درآمد مدنظر می باشد. مجموع کل هزینه اولیه با احتساب مواردی شامل هزینه ساخت مسیر، هزینه تملک اراضی، هزینه لازم برای اخذ مجوزهای لازم از شهرداری و هزینه ساخت ایستگاه و زیربنای TOD مورد نیاز (تجاری، ایستگاه، سالن های انتظار، پارکینگ و محوطه سازی ها) برآورد شده است. همچنین مجموع کل درآمد اولیه از فروش زیربنای تجاری محاسبه شده و با فرض گرفتن مقادیر نرخ تورم، نرخ تنزیل، طول مدت ساخت و طول مدت فروش ارزیابی اقتصادی گزینه ها صورت گرفته است.

۴-۴- معیار زیست محیطی

بررسی مراحل رشد و توسعه فضایی شهرهای جهان از گذشته تا به امروز نشان می‌دهد که تغییرات فناوری قرن اخیر بخصوص تکنولوژی حمل و نقل، باعث رشد سریع فیزیکی این شهرها و تبدیل شهرها از فرم ارگانیک به گسترده شده است. به همین دلیل در سالهای اخیر شاهد واکنشی به پراکندگی شهری در شکل طرح رشد هوشمند بوده ایم. تلاش‌هایی برای محدود کردن رشد شهری یا تغییر شکل آن به شکلی پایدارتر که سه ویژگی ذیل را تامین نماید:

- حفظ فضای باز و ایجاد توسعه شهری که از نظر زیباشناختی جذابتر باشد
- کاهش هزینه‌های خدمات عمومی
- کاهش وابستگی به خودرو شخصی که باعث به وجود آمدن پراکنش شهری شده است (بنتو و همکاران، ۲۰۰۴، ص ۲۱۱).

تمامی شاخص‌هایی که در بالا ذکر شد، باعث می‌شود تا با کاهش آلودگی‌ها، افزایش استفاده از انرژی‌های پاک و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، سکونتگاه‌ها به سمت پایداری زیست محیطی حرکت نمایند.

۵- شناخت نمونه موردی؛ شهر همدان

همدان یکی از شهرهای ایران در منطقه غربی و کوهستانی ایران و مرکز شهرستان و استان همدان است. این شهر در دامنه کوه الوند و در بلندای ۱۷۴۱ متری از سطح دریا واقع شده است و از شهرهای سردسیر ایران به شمار می‌آید. همدان قدیمی‌ترین شهر ایران و از کهن‌ترین شهرهای جهان است. در سال ۱۳۸۵ مجلس شورای اسلامی در مصوبه‌ای همدان را «پایتخت تاریخ و تمدن ایران» اعلام کرد. همچنین همدان اولین پایتخت نخستین شاهنشاهی ایران، «مادها» بوده است.

۵-۱- موقعیت شهر همدان در ارتباط با شبکه سراسری ریلی کشور

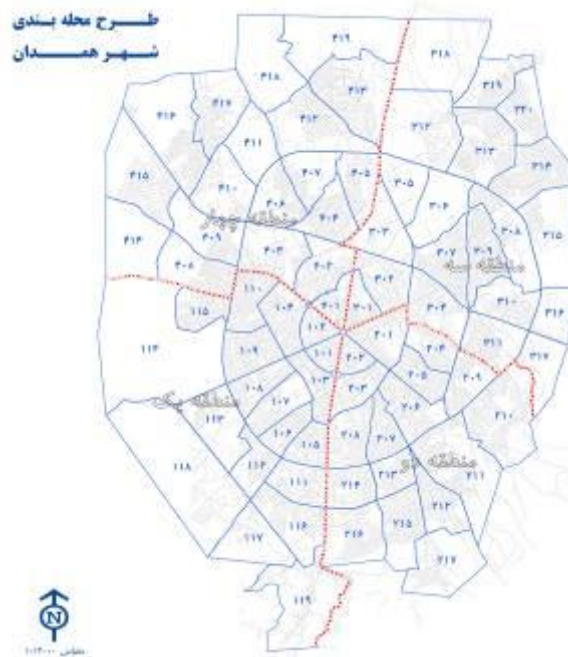
طرح راه‌آهن تهران - همدان - سنندج به طول ۴۱۰ کیلومتر، بصورت یک خطه، با سرعت طرح ۱۶۰ km/h برای مسافری و ۱۲۰ km/h برای باری طراحی گردیده است. (مسیر تهران- همدان به طول ۲۶۰ کیلومتر و مسیر همدان- سنندج به طول ۱۵۰ کیلومتر). این طرح در مسیر خود از شهرهای تهران، رباط کریم، ساوه، فامنین، همدان، بهار، قروه و سنندج عبور می‌نماید (شرکت ساخت و توسعه زیربنای کشور، ۱۳۹۵) و با هدف اتصال مناطق غربی کشور به شبکه راه‌آهن سراسری طراحی شده است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت خطوط ریلی در غرب کشور

۵-۲- تقسیمات کالبدی شهر

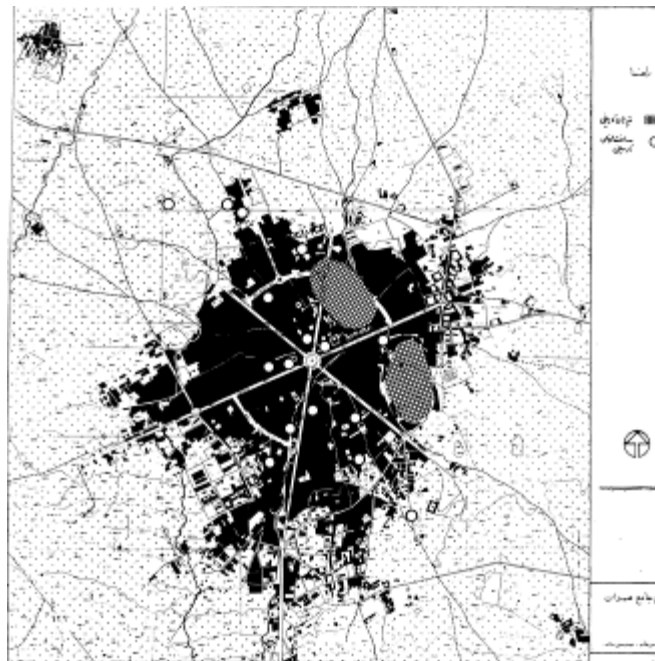
شهر همدان طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران، از جمعیت ۵۴۸۳۷۸ نفری برخوردار می‌باشد. این جمعیت در وسعت ۶۲۸۵ هکتاری شهری همدان سکنا گزیده اند. به این ترتیب تراکم جمعیتی شهر همدان حدود ۸۷ نفر در هکتار می‌باشد. در تقسیمات کالبدی شهر همدان، این شهر بصورت قطعات‌های یک دایره از میدان مرکزی شهر به چهار منطقه تقسیم شده است. در تصویر ذیل (شکل ۲) تقسیمات کالبدی شهر همدان نمایش داده شده است:



شکل ۲. نقشه تقسیمات کالبدی شهر همدان

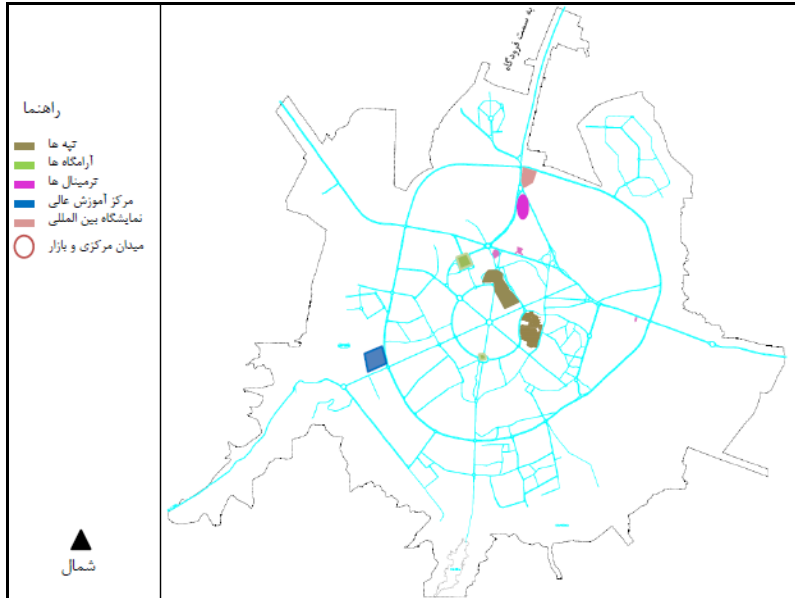
۵-۳- استخوان بندی شهر

شهر همدان بر روش طراحی شهرهای دایره‌ای یا متحدالمرکز استوار است که در اصطلاح شهری به این گونه شهرها سبک باروک گفته می‌شود. میدان مرکزی همدان در حکم همان نقطه مرکزی دایره‌است. بنای این میدان در سال ۱۳۰۷ خورشیدی آغاز و از اوایل ۱۳۱۱ مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌است. شعاع میدان مرکزی همدان ۸۰ متر است. عمده عناصر تاریخی شهر همدان که بر ساختاردهی کالبد شهر تاثیر بسزایی دارند، در اطراف این میدان واقع شده‌اند. در تصویر ذیل (شکل ۳) نقشه میدان مرکزی و موقعیت عناصر و ابنیه تاریخی شهر نمایش داده شده‌است.



شکل ۳. پهنه‌ها و عناصر تاریخی شهر همدان (مهندسین مشاور مرجان، ۱۳۵۰)

در فاصله‌های دورتر از محیط این میدان بلوارها و خیابان‌ها با شعاع بزرگتر قرار دارند که در حال حاضر به علت توسعه شهر در برخی از جهت‌های شهر تا دایره سوم هم رسیده‌است. به این دایره‌ها در اصطلاح خیابان‌های کمربندی گفته می‌شود. ۶ خیابان اصلی شهر به نام‌های باباطاهر، اکباتان، شهدا، تختی، بوعلی و شریعتی، به میدان مرکزی همدان وصل شده‌اند، که استخوان‌بندی اصلی شهر را شکل می‌دهند. خیابان‌های ۶ گانه و عناصر تاریخی شهر همدان، ساختار کالبدی- فضایی و بصری شهر همدان را شکل داده و در تداوم آنها محلات و مناطق جدید شهری شکل می‌گیرند. در نقشه ذیل (شکل ۴)، عناصر شکل دهنده به استخوان‌بندی شهر نمایش داده شده است:



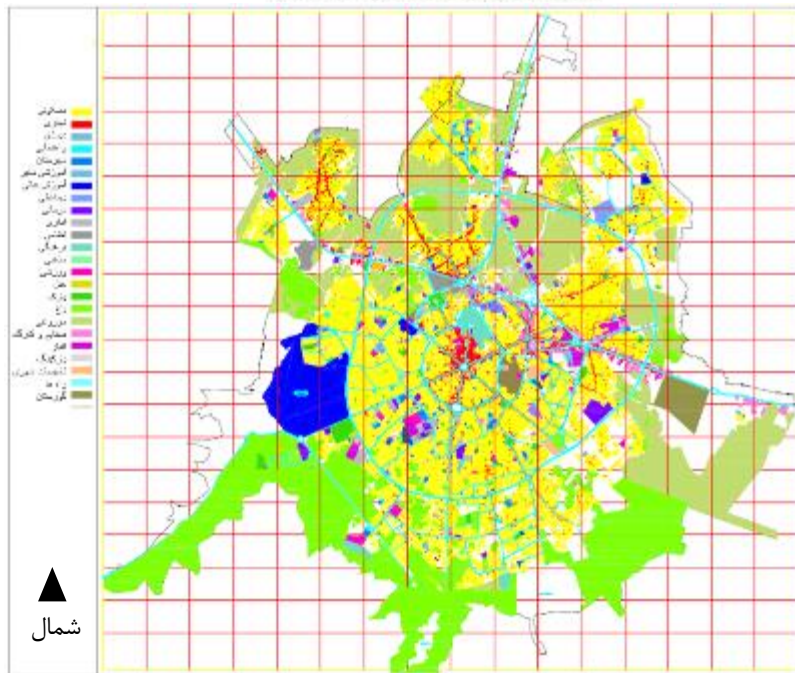
شکل ۴. عناصر شاخص شهر همدان (ماخذ: نگارندگان)

همانطور که در نقشه فوق ملاحظه می‌کنید مهمترین کاربری‌های حمل‌ونقلی در شهر عبارتند از:

- پایانه بزرگ مسافربری شهر همدان که در میدان عاشورا واقع شده است. این پایانه دارای مساحتی معادل ۲۴۰،۰۰۰ متر مربع بوده و سرویس‌دهی آن به تمام نقاط کشور (درون استانی و برون استانی) می‌باشد.
- پایانه سفیدآبی که در بلوار بدیع الزمان همدانی واقع شده و دارای مساحتی معادل ۱۴۸۳۹ متر مربع می‌باشد. سرویس‌دهی این پایانه درون استانی بوده و روزانه ۸ تا ۱۰ هزار نفر مسافر از این پایانه جابجا می‌شوند.
- فرودگاه شهر همدان که در فاصله حدوداً ۵ کیلومتری از میدان عاشورا و در شمال شهر قرار دارد.

۵-۴- کاربری اراضی شهر

مطالعات کاربری زمین در جهت شناخت شهر و آشنایی با چگونگی پراکندگی فعالیت‌های شهری استوار می‌باشد. در مطالعات کاربری زمین، وضع موجود پراکندگی انواع فعالیت‌های شهری مانند مسکونی، بهداشتی، آموزشی راه‌ها و معابر به نمایش کشیده می‌شود. در نقشه ذیل (شکل ۵) کاربری اراضی در شهر همدان نمایش داده شده است:

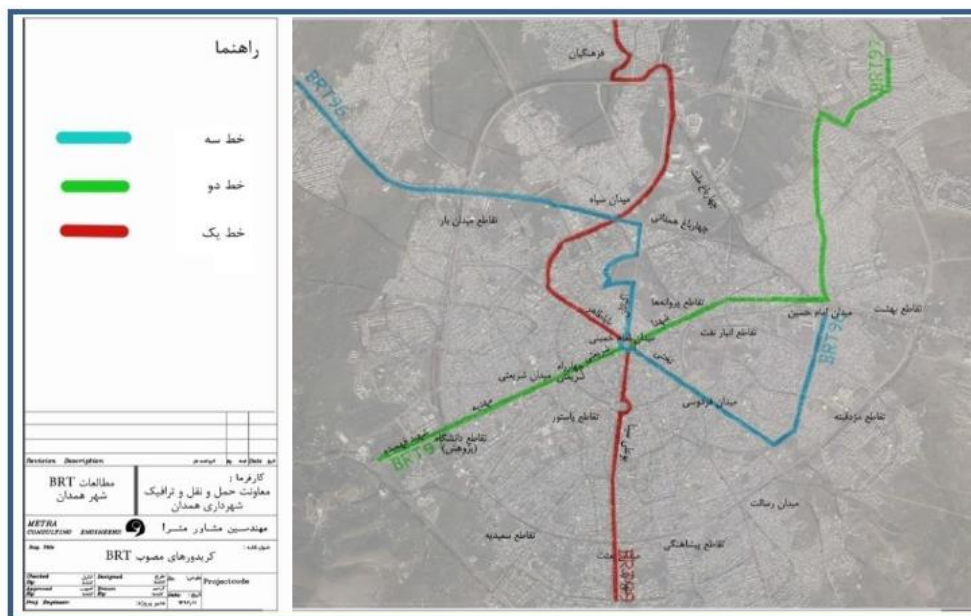


شکل ۵. کاربری زمین وضع موجود شهر همدان

همانطور که در نقشه فوق نمایش داده شده است، عمده کاربری‌های غیرمسکونی و فعالیتی در راستای استخوان بندی شعاعی شهر کشیده شده‌اند، که این موضوع نشان از نقش پررنگ خطوط حمل‌ونقل و دسترسی در ساختار دهی به کالبد و فضاها در شهر همدان دارد.

۵-۵- خطوط حمل‌ونقل همگانی انبوه‌بر شهر

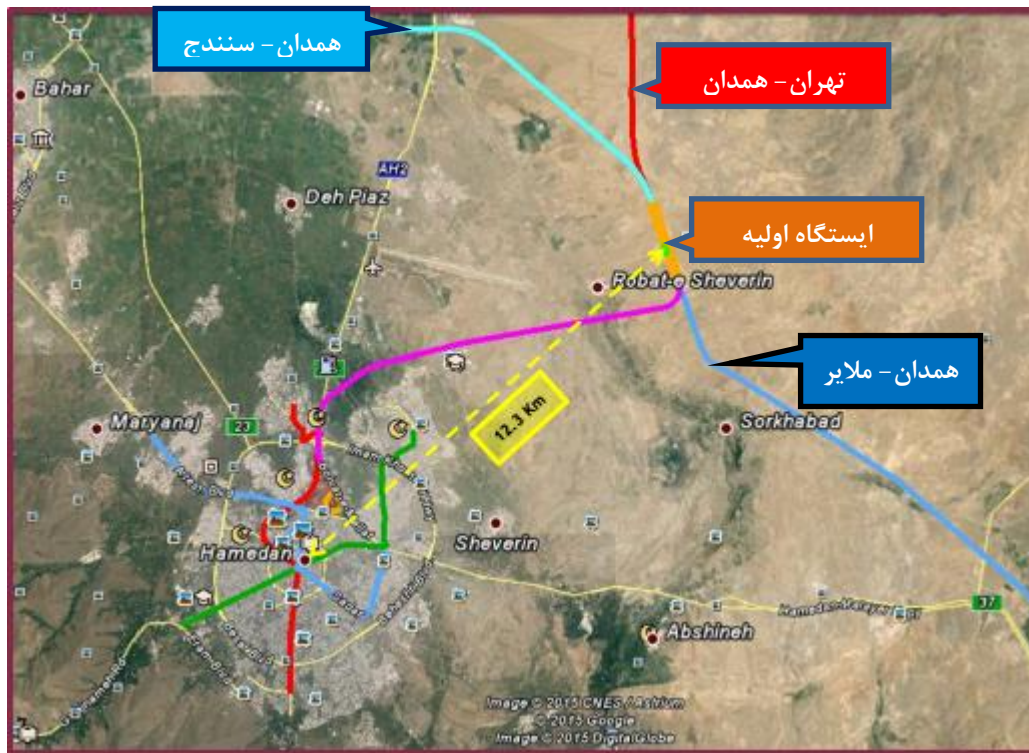
خطوط حمل‌ونقل همگانی انبوه‌بر شهر همدان شامل خطوط اتوبوسرانی تندرو می باشد که به صورت سه کریدور در قالب مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک همدان پیشنهاد و تصویب شده است. این کریدورها در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶. خطوط مصوب BRT شهر همدان (مهندسین مشاور مترا، ۱۳۹۳)

۶- مکانیابی ایستگاه جدید راه آهن مسافری شهر همدان

با توجه به اینکه راه آهن به عنوان یک مد حمل و نقل همگانی انبوه بر و یک زیرساخت اساسی، نقش اساسی در توسعه شهرها بر عهده دارد، ضرورت ارتباط و همپیوندی ایستگاه های راه آهن با مراکز شهری اجتناب ناپذیر است. در راستای طراحی مسیر ریلی غرب کشور از مسیر تهران- همدان- سنندج، ابتدا مکانیابی ایستگاه شهر همدان در خارج از محدوده شهری با فاصله ای بیش از ۱۲ کیلومتر از مرکز شهر صورت گرفت. در شکل ۷ موقعیت ایستگاه اولیه نمایش داده شده است. همانطور که در این شکل ملاحظه می کنید، ایستگاه اولیه در موقعیت بسیار دور از شهر اصلی واقع شده است. با توجه به اینکه مکانیابی ایستگاه های مسافری راه آهن می بایست بصورت تعاملی با شهر صورت گیرد، ایستگاه اولیه از این مزیت برخوردار نمی باشد و نمی تواند به مسافری شهر سرویس دهی مناسبی داشته باشد. در این خصوص، با هدف ارائه سرویس مسافری کارآمد، ضروری است که مکانیابی ایستگاه در داخل محدوده شهری و در تبادل با سایر گونه های حمل و نقل و همچنین رعایت اصول سازگاری و همجواری شهری صورت گیرد.



شکل ۷. موقعیت ایستگاه اولیه شهر همدان

با در نظر گیری اهداف مذکور، مبادرت به مکانیابی ایستگاه مسافری جدید در نزدیکی شهر گردیده است که اولاً از شاخص های کالبدی-فضایی مناسبی برخوردار باشد، ثانياً ارتباطات با شبکه حمل و نقل شهر برقرار شود، ثالثاً از لحاظ اقتصادی سرمایه گذاری صورت گرفته بازگشت پذیر باشد و رابعا بیشترین سازگاری را با محیط زیست داشته باشد. شایان ذکر است که، فرض پژوهش، استفاده از ایستگاه فعلی همدان بعنوان ایستگاه باری می باشد.

۶-۱- معرفی گزینه ها

به منظور مکانیابی موقعیت ایستگاه جدید مسافری همدان، تعداد ۳ گزینه که گزینه اول تا گزینه سوم نامگذاری شده است، به شرح ذیل مورد بررسی قرار گرفته اند. گزینه های مورد مطالعه بطور خلاصه در جدول ۲ تشریح شده اند.

۱. طول مسیر راه آهن از ایستگاه قبلی حدود ۱۱/۳ کیلومتر است و موقعیت ایستگاه مسافری همدان بطول ۸۵۰ متر و عرض ۱۲۰ متر در جنب اداره راه و شهرسازی استان همدان جانمایی شده است.

۲. طول مسیر راه آهن از ایستگاه قبلی حدود ۱۶/۳ کیلومتر است. گزینه دوم همانند گزینه اول تا کیلومتر ۱۱+۰۰۰ جنب اداره راه و شهرسازی استان همدان بوده و در ادامه در راستای بلوار عبور کرده و در نهایت موقعیت ایستگاه مسافری همدان بطول ۸۵۰ متر و عرض ۱۲۰ متر در مجاورت پایانه بزرگ مسافربری شهر جانمایی شده است.
۳. طول مسیر راه آهن از ایستگاه قبلی حدود ۹/۳ کیلومتر است. گزینه سوم نیز تا کیلومتر ۳+۰۰۰ همانند گزینه اول و دوم می باشد و در ادامه به سمت روستای شورین امتداد می یابد و پس از آن از بین روستای شورین و شهرک امید پارس می گذرد و در انتها موقعیت ایستگاه مسافری همدان بطول ۸۵۰ متر و عرض ۱۲۰ متر در جنوب شهرک امید پارس جانمایی شده است.

جدول ۲. معرفی گزینه های مکانیابی ایستگاه جدید راه آهن شهر همدان

گزینه ها	همجواری	موقعیت جغرافیایی
گزینه اول	در مجاورت اداره راه و شهرسازی استان همدان و بلوار بسیج	شمالی
گزینه دوم	در ضلع جنوبی میدان عاشورا و در مجاورت ترمینال مسافری	مرکزی
گزینه سوم	در مجاورت شهرک امید پارس	شرقی

در ادامه تکنیک تحلیل پوششی داده ها تشریح و بر اساس شاخص های پژوهش به ارزیابی گزینه های پیشنهادی برای مکانیابی ایستگاه جدید راه آهن شهر همدان پرداخته خواهد شد.

۶-۲- ارزیابی گزینه ها با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده ها

امروزه سازمان ها به طور غیر قابل پیش بینی با تکنولوژی های جدید، محصولات جدید و بازارهای جدید روبه رو می شوند. با توجه به تغییرات محیطی و پیچیده شدن تصمیمات سازمانی، لزوم بکارگیری برنامه ای جامع برای مواجهه با این گونه مسائل بیشتر از گذشته ملموس می شود. در هر زمان پژوهش های متعددی در سازمان وجود دارد که لازم است با توجه به اهداف سازمان و بر اساس اهمیت آن ها، مهمترین پروژه انتخاب و اولویت بندی شود. یکی از روش هایی که به سازمانها، قابلیت انتخاب

راهبردی پروژه‌های مناسب را به صورت کمی می‌دهد، استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها³ (DEA) است. تحلیل پوششی داده‌ها یک ابزار بسیار قدرتمند جهت اندازه‌گیری کارایی تکنیکی نسبی می‌باشد که از تکنیک‌های تحقیق در عملیات برای محاسبه وزن‌های اختصاص یافته به ورودی‌ها و خروجی‌ها استفاده می‌کند. در واقع به منظور تعیین نمره کارایی مقادیر واقعی ورودی و خروجی‌ها در وزن‌های مستخرج شده توسط مدل ضرب می‌شود.

در سال‌های اخیر کاربردهای مختلفی از تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی عملکرد انواع مختلف فعالیت‌ها در تعداد وسیع و محتواهای مختلف استفاده شده است. یکی از علل کاربرد وسیع روش‌های DEA، بکارگیری آسان آن برای موقعیت‌های پیچیده و فعالیت‌هایی است که با چندین ورودی و چندین خروجی هستند. علم DEA به کمک مدل‌های ریاضی و برنامه‌ریزی خطی مثال‌های واقعی را به مدل‌های خطی تبدیل کرده و ارزیابی خود را بر اساس همه مشاهداتی که انجام شده است، قرار می‌دهد و همین مساله باعث می‌شود تا دید درستی نسبت به واقعیت پیدا کرده و تصمیم‌گیری درستی انجام می‌شود. در روش‌های DEA کارایی هر گزینه نسبت به کارایی بقیه گزینه‌ها سنجیده می‌شود. بنابراین کارایی نسبی هر گزینه از تقسیم کارایی آن گزینه به بزرگترین کارایی حاصل می‌شود. بنابراین کارایی نسبی گزینه‌ها همواره کوچکتر یا مساوی یک است.

حال چنانچه فرض کنیم گزینه تصمیم‌گیرنده Z ام، با صرف X_j خروجی Y_j را تولید نموده است، کارایی نسبی برای گزینه k ام که آن را با RE_k نشان می‌دهیم، چنین تعریف می‌شود:

(1)

$$RE_k = \frac{Y_k / X_k}{\max\{Y_j / X_j ; j = 1, \dots, n\}}$$

از جمله مزایای کارایی نسبی می‌توان به این مورد اشاره کرد که همواره یکی از گزینه‌ها دارای کارایی یک است. حال چنانچه فرض کنیم با گزینه‌هایی روبه‌رو هستیم که با مصرف بردار ورودی (X_1, \dots, X_m) بردار خروجی (Y_1, \dots, Y_s) را تولید می‌کنند، برای محاسبه کارایی چنین گزینه‌هایی، اگر قیمت همه خروجی‌ها مشخص باشد و هزینه تمام ورودی‌ها معلوم باشد، کارایی آن از رابطه زیر بدست می‌آید که در آن u_r قیمت خروجی r ام یعنی Y_r ($r=1, \dots, S$) و v_i هزینه ورودی i ام یعنی X_i ($i=1, \dots, m$) می‌باشد و کارایی فوق به کارایی اقتصادی⁴ معروف است. اما در غیر این صورت، یعنی زمانی که نتوانیم ارزش مشخصی برای ورودی‌ها و خروجی‌ها در نظر بگیریم، برای تعیین u و v ها، نیاز به استفاده از مدل‌های DEA داریم که در ادامه به ذکر آنها می‌پردازیم. در این حالت کارایی نسبی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

(2)

$$RE_k = \frac{UY_k / VX_k}{\max\{UY_j / VX_j ; j = 1, \dots, n\}}$$

در واقع هنر DEA این است که این ارزش‌ها را مستقل از نظر شخصی مدیر، مشخص می‌کند. با انجام یک فرآیند ریاضی مدل خطی زیر برای بدست آوردن اهمیت نسبی ورودی و خروجی‌ها (وزن‌ها) بدست می‌آید که به مدل مضربی CCR معروف است.

³ Data Envelopment Analyze(DEA)

⁴ Economic Efficiency

$$\begin{aligned} & \text{Max } \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \\ \text{s.t } & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{r=1}^s v_i x_{io} = 1 \\ & v_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \\ & u_r \geq 0 \end{aligned}$$

در مساله انتخاب بهترین مکان برای ایستگاه جدید مسافری راه آهن همدان، ابتدا با استفاده از روش دلفی نظرات کارشناسان در خصوص هر یک از گزینه‌ها و با توجه به شاخص‌هایی که در ابتدای مقاله توضیح داده شد و بطور خلاصه در جدول ذیل (جدول ۳) آمده است، اخذ و رتبه‌بندی اولیه هر یک از گزینه‌ها مشخص گردید.

جدول ۳. معرفی شاخص‌های مکانیابی ایستگاه جدید راه آهن شهر همدان

۱	انطباق بر سازمان فضایی و قابلیت دسترسی به عناصر شاخص و با هویت شهر
۲	مطلوبیت و سازگاری کاربری‌های پیرامونی
۳	وجود زمینه‌ها برای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD)
۴	یکپارچگی شقوق حمل‌ونقل درون‌شهری
۵	یکپارچگی شقوق حمل‌ونقل برون‌شهری
۶	دسترسی به شبکه معابر با ظرفیت مطلوب
۷	شرایط مطلوب دسترسی به حمل‌ونقل غیرموتوری
۸	سازگاری با مسائل زیست‌محیطی
۹	هزینه برآورد شده برای ایستگاه
۱۰	درآمد برآورد شده از ایستگاه

در کاربرد تکنیک DEA تشخیص شاخص‌ها بعنوان ورودی و خروجی مدل از اهمیت بسیار بالایی در صحت نتیجه نهایی برخوردار است، از این رو در مرحله بعدی به انتخاب شاخص‌های ورودی و خروجی پرداخته شد. بطور مثال شاخص "یکپارچگی شقوق حمل‌ونقل درون‌شهری" بعنوان خروجی مدل در نظر گرفته شد، زیرا گزینه‌ای که در این شاخص عدد بالاتری را به خود اختصاص دهد قطعاً گزینه مطلوب‌تری خواهد بود. همچنین "شاخص هزینه برآورد شده برای ایستگاه" بعنوان ورودی مدل در نظر گرفته شد، زیرا گزینه‌ای که در این شاخص عدد کمتری را به خود اختصاص دهد، قطعاً گزینه مطلوب‌تری خواهد بود. در نهایت وزن هر یک از شاخص‌ها در محاسبه حداکثر کارایی گزینه‌ها محاسبه و مطابق جدول ۴ ارائه می‌گردد:

جدول ۴. اندازه گیری شاخص های مکانیابی ایستگاه مابین سه گزینه پیشنهادی

	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	معیار ۴	معیار ۵	معیار ۶	معیار ۷	معیار ۸	معیار ۹	معیار ۱۰	کارایی
گزینه ۱	۰,۴۵	۰,۱۶	۰,۴۵	۰,۲۹	۰,۱۶	۰,۲۹	۰,۳۳	۰,۴۵	۰,۵۵	۰,۲۵	۰,۳۳
گزینه ۲	۰,۴۳	۰,۳۹	۰,۲۷	۰,۴۳	۰,۴۵	۰,۳۳	۰,۲۹	۰,۳	۰,۲۵	۰,۱۴	۱
گزینه ۳	۰,۴۳	۰,۲۵	۰,۳۳	۰,۴۵	۰,۳۳	۰,۳۵	۰,۴۰	۰,۵۵	۰,۶۵	۰,۳۳	۰,۴۳

۷- نتیجه گیری

ایستگاه های راه آهن، بعنوان قلب سیستم حمل و نقل ریلی، دارای نقش مهمی در تبادل مسافر بین این سیستم و سایر سیستم های حمل و نقلی می باشند. مکانیابی ایستگاه ها، به عنوان یک زیرساخت پرهزینه و باارزش که تاثیر قابل توجهی در کیفیت جابجایی مردم یک شهر دارد، می بایست بگونه ای صورت گیرد که علاوه بر تامین دسترسی مناسب، سایر کیفیت های زندگی شهری را نیز ارتقاء دهد. بر این اساس در این پژوهش از چهار جنبه کالبدی، حمل و نقل، اقتصادی و زیست محیطی، معیارها و شاخص های مکانیابی ایستگاه های راه آهن مورد بررسی قرار گرفت. بعد از شناخت نمونه موردی و استخراج گزینه های مکانیابی ایستگاه مسافری شهر همدان، با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده ها (DEA)، بر اساس ده شاخص، کارایی گزینه های پیشنهادی محاسبه گردید و مکان بهینه از میان گزینه های موجود انتخاب شد. این فرآیند، با توجه به شرایط شهرهای مختلف و نوع سرویس های حمل و نقلی خدمات رسان، می تواند برای مکانیابی ایستگاه های مسافری راه آهن مورد استفاده قرار گیرد.

مراجع

- ۱) حبیبی، محسن، استخوان بندی شهر تهران، سازمان فنی و مهندسی شهرداری تهران، ۱۳۷۶
- ۲) بحرینی، سیدحسین، فرآیند طراحی شهری، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۸۹
- ۳) رفیعیان، مجتبی؛ پورجعفر، محمدرضا؛ تقوایی، علی اکبر؛ صادقی، علیرضا، ارائه فرآیند طراحی شهری اجتماعات محلی با تأکید بر رویکرد «توسعه حمل و نقل محور»، فصلنامه مطالعات شهری، بهار ۱۳۹۲
- ۴) مهندسین مشاور هرازراه، مطالعات امکانسنجی جانمایی ایستگاه راه آهن شهر همدان، ۱۳۹۴
- ۵) مهندسین مشاور مرجان، طرح جامع شهر همدان، گزارش مرحله دوم، دبیرخانه شورای عالی شهرسازی، ۱۳۵۰
- ۶) مهندسین مشاور مترا، مطالعات طراحی خطوط BRT شهر همدان، ۱۳۹۳
- 7) Bento, D, Antonio M. "The impact of urban spatial structure on travel demand in the United States", World Bank Policy Research Working Paper. No 1. pp. 418-466; 2004.
- 8) Mohajeri, Nahid; Amin, Gholam R. "Railway station site selection using analytical hierarchy process and data envelopment analysis", Computers & Industrial Engineering 59, pp 107-114; 2010.
- 9) Horner, Mark W; Grubestic, Tony H. "A GIS-based planning approach to locating urban rail terminals", Kluwer Academic Publishers 28: 55-77; 2001.
- 10) May, AD. & Roberts, M, "The design of integrated transport strategies", Journal of Transport Policy, Vol. 2, No. 2, Pages 97-105; 1995.
- 11) Charnes, A. Cooper, W. W., and Rhodes, E. "Measuring Efficiency of Decision Making Units," European Journal of Operational Research, 2, pp. 429-444; 1978.