

امکان‌سنجی احداث و توسعه خطوط حمل‌ونقل عمومی متناسب با ساختار کالبدی و زیست‌محیطی شهر و پیرامون (مطالعه موردی: مترو در شهر سنندج)

کیومرث حبیبی*، شیما زندکریمی**

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۱/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۲/۱۲

چکیده

افزایش جمعیت در شهرهای بزرگ کشور و گسترش بی‌رویه شهرها بدون برنامه‌ریزی صحیح، چیدمان اتفاقی مراکز تولید و جذب سفر و عدم وجود فن‌آوری ارتباطی جایگزین، سبب ایجاد سفرهای شهری زیاد به‌ویژه با وسایل نقلیه شخصی شده است. حرکت، عامل اصلی پویایی زندگی شهری و تداوم‌بخش کلیه فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی در سطح شهرها است. همچنین، نقل و نقل و زیرساخت‌های مرتبط با آن هم به‌صورت مستقیم و هم با واسطه بر توسعه کالبدی شهرها اثرگذار هستند. در صورت ساماندهی شبکه دسترسی به‌عنوان شاهراه‌های حیاتی شهر، بافت شهری قادر به ادامه حیات خود بوده و امکان رشد و توسعه هرچه بیشتر شهر را فراهم می‌کند. بی‌شک یکی از مهم‌ترین معضلات رشد شهرها، ناکارآمدی شبکه ارتباطی است. معابر کم‌عرض، درهم‌تنیده، غیر هندسی و ناهماهنگ با نیازهای دسترسی، افزون بر اینکه آلوده و دسترسی به بافت را برای ساکنان دشوار می‌سازد، تأمین خدمات و تأسیسات شهری را نیز با دشواری روبه‌رو می‌کند. شهر سنندج به‌عنوان مرکز سیاسی اداری استان کردستان و مادر شهر منطقه‌ای و از نظر ارتباطی در محور مواصلاتی شمال- جنوب (شماره ۱۰) و محور ارتباطی شرق- غرب واقع شده است و نقش قطب مسلط جمعیتی و اقتصادی و سیاسی استان را دارد همچنین به خاطر ساختار خاص در عرضه خدمات و امکانات مختلف نه‌تنها مکان مراجعه روستاییان، بلکه ساکنان سایر شهرهای استان و حتی شهرها و روستاهای خارج از استان نیز هست. در این مقاله با روش توصیفی- تحلیلی که باهدف امکان‌سنجی ایجاد خطوط مترو برای شهر سنندج و حومه انجام پذیرفته است سعی بر آن شده است تا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و بهره‌گیری از مدل IHWP و با در نظر گرفتن معیارهای ارتباطی، اجتماعی- اقتصادی، زیست‌محیطی و کالبدی- فضایی مسیرهای بهینه جهت حمل‌ونقل (مترو) مکان‌یابی گردد. نتایج نشان‌دهنده آن است که بهترین مسیرهای پیشنهادی جهت حرکت مترو در محور شمالی- جنوبی ننه- فرودگاه و شرقی- غربی آیدر- نایسر با اولویت زمانی میان‌مدت (تا ۱۵ سال) تعبیه شده است.

واژگان کلیدی

حمل‌ونقل درون‌شهری، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سیستم ارتباطی، ظرفیت و حجم ترافیک

habibi_ki@yahoo.co.uk

shima.zandkarimi@gmail.com

* کیومرث حبیبی، دانشیار گروه شهرسازی دانشکده هنر و معماری دانشگاه کردستان

** شیما زندکریمی، کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری دانشگاه آزاد همدان^۱

۱- مقاله برگرفته از پایان‌نامه با موضوع: امکان‌سنجی احداث و توسعه خطوط حمل‌ونقل عمومی متناسب با ساختار کالبدی و زیست‌محیطی شهر و پیرامون (مطالعه موردی: مترو در شهر سنندج)

مقدمه

تا قبل از انقلاب صنعتی که معروف به دوران آرام در حمل و نقل درون شهری است، الگوی جابه‌جایی‌ها بر اساس حرکت فرد پیاده و وسایل نقلیه متکی به حیوانات به‌عنوان شیوه حمل و نقل عمومی و خصوصی بود، با شروع انقلاب صنعتی و حاکمیت تفکر مدرنیسم و مطرح شدن تئوری "شهر مناسب با اتومبیل شخصی" و نیز اختراع خودرو، پیشرفت چشمگیری در حمل و نقل با اولین ترامواهای الکتریکی به وجود آمد. در اواخر قرن نوزدهم با شروع حمل و نقل ریلی درون شهرها، منجر به تغییرات شگرفی در ساختار شهرها شده، نخستین قطار زیرزمینی در سال ۱۸۶۳ در لندن و در اوایل قرن بیستم نیز اتوبوس‌های دوطبقه ساخته شدند. در چند دهه اخیر با تغییر یافتن دیدگاه شهرسازی ماشینی و گرایش به شیوه شهرسازی انسان‌گرا و تجربه‌گرا، تلاش‌هایی در کاهش مشکلات تردد در شهرهای بزرگ صورت گرفت، از جمله آلودگی‌های مختلف ناشی از تردد اتومبیل در شهرها. نمونه موردی پژوهش حاضر در شهر سنج و نواحی منفصل شهری نله، نایسر، گریزه و حسن‌آباد، با مشکلات ترافیک و ازدحام بیش از حد خودروها دسته و پنجه نرم می‌کند که در بسیاری از خیابان‌ها با تداخل شدید سواره و پیاده، عبور خیابان‌ها از میان بافت قدیمی و ارزشمند شهر عدم وجود پارکینگ‌های کافی، عرض کم معابر، حضور بیش از حد خودروهای شخصی، آلودگی هوا و عدم آسایش ساکنین مواجه هستیم.

روش تحقیق

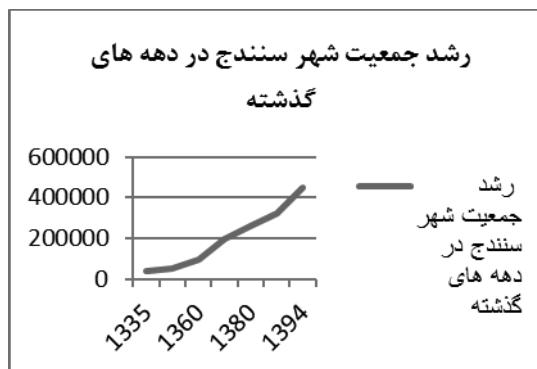
این پژوهش از نوع کاربردی-توسعه‌ای بوده که روش انجام آن توصیفی-تحلیلی است. در این مطالعه از طریق بررسی‌های میدانی و مدارک موجود، اطلاعات لازم از منابع آماری مختلف جمع‌آوری شده و سپس با استفاده از مدل تحلیل شبکه دسترسی در سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های تحلیل آماری و سایر نرم‌افزارهای مربوطه تجزیه و تحلیل گردید. در نهایت با استفاده از ماتریس ارزیابی داخلی-خارجی (EI) و استفاده از مفاهیم راهبردی، راهبردهایی برای امکان‌سنجی احداث مترو ارائه شده است.

ادبیات موضوع

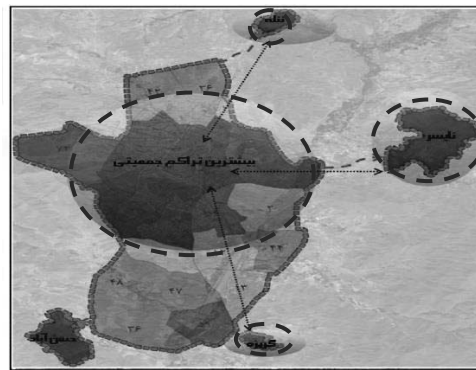
نیاز به شبکه‌های حمل و نقل جدید، افزایش تقاضا را برای گسترش و ساخت فضاهای زیرزمینی در برداشته است. بر اساس آمارهای بین‌المللی، بخش اعظم شهرنشینی در دهه‌های اخیر، به خاطر افزایش شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه بوده است. عوامل متعددی در این مهم دخیل می‌باشند که از مهم‌ترین آن‌ها مهاجرت به شهرها به‌ویژه مهاجرت‌های روستا شهری است. به این منظور صنایع نوین جابجایی از قبیل سیستم‌های ارتباط از راه دور، بی‌سیم، انرژی‌های نوین، تجارت الکترونیکی، رسانه‌های جدید، تکنولوژی اطلاعاتی، سیستم‌های هوشمند حمل و نقلی، تکنولوژی مدیریت زنجیره‌ای کالا نقش مؤثری را ایفا می‌کنند (Zielinski & Berdish). (16: 2008) این شرایط موجب کاهش قابل توجه سفرهای شهری و بین‌شهری انسان‌ها خواهد شد؛ اما از سوی دیگر، رشد قابل توجه جمعیت، افزایش رفاه و نیاز به انتقال کالا و وسایل موردنیاز، جابجایی مسافر و بار را به شدت افزایش داده و از این رو نه تنها استفاده از وسایل حمل و نقلی و تعداد آن‌ها محدود نشده، بلکه افزایش عرضه مطابق تقاضا و نیازهای موجود اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (Yaliniz, 886: 2011) در ایران هم جمعیت شهرنشین رشد قابل ملاحظه‌ای در مدت زمان حدود نیم‌قرن تجربه کرده و در دوره ۸۵ - ۱۳۳۵ بیش از ۸ برابر شده است که درصد شهرنشینی را به بیش از ۲ برابر افزایش داده است. این مهم، لزوم توسعه زیرساخت‌های شهری با توجه به افزایش جمعیت شهرنشین را نمایان تر نموده است. مطابق با استانداردهای تعریف‌شده در ایران، شهرهای بالاتر از ۵۰۰ هزار نفر به‌عنوان کلان‌شهر و شهرهایی با جمعیت بالاتر از یک میلیون نفر، احداث مترو توجیه‌پذیر خواهد بود. شرایط فوق می‌تواند برحسب پارامترهای متنوع تا حدود زیادی تغییر نماید. در این میان، شهر سنج با توجه به وضعیت خاص توپوگرافی و بالا بودن نرم ترافیک شهری در مقایسه با جمعیت فعلی، روند گسترش و ساخت فضاهای زیرزمینی را قبل از رسیدن به معیارهای توسعه شبکه‌های زیرزمینی، دیکته می‌نماید؛ که به بررسی لزوم احداث متروی سنج در سال‌های آتی و تحلیل پایداری سازه تونل پیشنهادی می‌پردازیم. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مطابق روابط، جمعیت شهر سنج در سال ۱۴۰۰ به بالای ۵۰۰ هزار تن و در سال ۱۴۱۵ به بالای یک میلیون تن خواهد رسید که با توجه به وضعیت ویژه توپوگرافی و نرم بالای ترافیک شهری، لزوم احداث شبکه‌های زیرزمینی مترو و تونل‌های شهری را حتی قبل از معیارهای جمعیتی می‌تواند توجیه‌پذیر نماید. با توجه به مطالب فوق، مطالعه مفهومی، امکان‌سنجی احداث مترو در سنج در سال‌های آتی و ارائه مسیر پیشنهادی ارائه شده است.

معرفی محدوده مورد نظر

شناخت و تحلیل شهر سنندج: بافت شهر سنندج با همخوانی با بستر طبیعی به صورت پلکانی شکل گرفته و معابر باریک و پله‌ای به صورت ارگانیک درون بافت قدیم ایجاد شده‌اند و محدوده‌های مشخصی را به وجود آورده‌اند. قرارگیری بخش مرکزی شهر سنندج در فضای کاسه‌ای شکل منجر به ایجاد دید از بیرون مناسب از ارتفاعات هم‌جوار و بخش‌های مختلف ورود به شهر شده است. شهر سنندج و حومه با جمعیتی در حدود ۴۲۰ هزار نفر در ۵۰ سال اخیر رشدی حدود ۷/۵ برابر داشته است. لذا رشد جمعیت شهر سنندج ۱/۲ برابر متوسط رشد جمعیت در مناطق شهری کشورهای در حال توسعه جهان بوده و به نظر می‌رسد افزایش جمعیت در این شهر بیش از روند توسعه بخش‌های دیگر بوده است. از طرفی با توجه به قطبیت این شهرها به‌عنوان پایتخت و مرکز استانی از کشور و به دلایل متفاوتی چون تحصیل، خرید و فعالیت‌های درمانی، امروزه جمعیت واقعی این شهر در روز بیش از مقادیر آمارگیری شده است (مشاور تدبیر شهر، ۱۳۸۵).



تصویر ۱- تراکم جمعیت به تفکیک نواحی در شهر سنندج



تصویر ۲- تغییرات جمعیتی شهر سنندج

اولویت مطالعه و تهیه طرح تفصیلی شبکه معابر شهر بر اساس درجه و رتبه این معابر و اهمیت آن‌ها در شهر و تکمیل شبکه معابر شهری تعیین می‌شود. نظر به اینکه شهر سنندج قبلاً نیز دارای طرح‌های جامع و تفصیلی بوده و بخش‌های جدید شهر بر مبنای طرح‌های تفکیکی و آماده‌سازی مصوب اجرا شده است؛ لذا اغلب معابر اصلی شهر شامل تعریض و اصلاح نیستند و یا در صورت ضرورت توسعه و تعریض مراحل از تعریض انجام شده و در بر این‌گونه معابر در مرحله تفصیلی تغییر چندانی ایجاد نخواهد شد. در بافت قدیمی و تاریخی و نواحی مرکزی شهر امکان تعریض خیابان‌ها به شدت کاهش می‌یابد؛ حمل‌ونقل شهری را با مشکل مواجه ساخته و موجبات ترافیک شهری را به وجود آورده است. با توجه به نمودار رشد جمعیت و سیل مهاجرت‌های روزافزون از روستاهای اطراف به شهر سنندج امکان افزایش جمعیت به یک میلیون نفر طی چند سال آینده و پاسخگو نبودن معابر تنگ و کم‌عرض نواحی مرکزی و میانی شهر سنندج؛ وجود یک سیستم حمل‌ونقلی زیرزمینی برای حل مشکل ترافیک در این نواحی از ضرورت‌های رفع ترافیک در شهر سنندج بشمار می‌آید. شکل‌های زیر معابر شهر سنندج و عرض برخی معابر و وضعیت ترافیک را در شهر سنندج نشان می‌دهد.



تصویر ۳- ظرفیت و حجم ترافیک معابر اصلی شهر سنندج (طرح توسعه و عمران شهر سنندج)

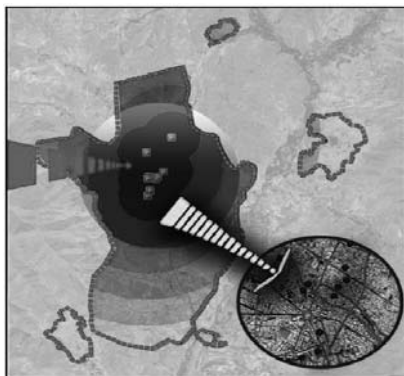
شهر سنندج در سال ۱۹۹۱ میلادی (۱۳۷۰ خورشیدی) با بهره‌گیری از ۵ دستگاه اتوبوس، اولین گروه اتوبوس‌های شهری را به خدمت گرفت. امروزه در این شهر و در ۲۸ مسیر شهری و حومه، حدود ۱۸۰ اتوبوس فعال بوده، به طوری که بخشی از آن‌ها از قابلیت سرویس‌دهی بسیار پائینی برخوردارند که این آمار به نسبت سرانه جهانی اتوبوس در شهرها تنها ۴۰٪ را به خود اختصاص داده است (آمار سازمان اتوبوس‌رانی شهر سنندج، ۱۳۹۰). مطابق آمارهای موجود، در سنندج حدود ۱۵۶۰ تاکسی گردش، ۱۶۸۰ تاکسی خطی و ۱۸۰۰ سواری آژانس که در مجموع حدود ۵۰۰۰ و با در نظر گرفتن مسافرکش‌ها، به بیش از ۶۰۰۰ دستگاه افزایش می‌یابد (آمار سازمان تاکسیرانی شهر سنندج، ۱۳۹۰). در جدول ۱، درصد و تعداد سفر سالانه وسایل مختلف حمل‌ونقلی شهرهای مطالعه شده با توجه به آمارهای سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ برآورده شده است (آمار سازمان تاکسیرانی و اتوبوس‌رانی شهر سنندج، ۱۳۹۰).

جدول ۱- درصد و تعداد سفر سالانه وسایل نقلیه مختلف

تعداد کل سفر	موتورسیکلت	خودرو شخصی (سواری)	خودرو نیمه جمعی انواع تاکسی	خودرو شخصی (اتوبوس و مینی‌بوس)
۲۲۰ میلیون سفر	۲٪	۴۸٪	۴۳٪	۷٪
۵ میلیون	۱۰۵ میلیون	۹۵ میلیون	۱۵ میلیون	

از آنجاکه ایجاد مراکز خدماتی جدید مستلزم صرف هزینه‌های زیاد است، تعیین مکان بهینه این مراکز به نحوی که همه شهروندان از خدمات آن بهره‌مند شوند، بسیار مهم است. در برنامه‌ریزی شهری افزایش تقاضای پارکینگ در نتیجه افزایش تقاضای سفر با وسیله نقلیه تشخیص داده شده است (shoup, 1999: 549): از این رو، توزیع کاربری‌های شهری درجایی که تقاضای سفر به وجود می‌آید، تقاضای توزیع پارکینگ را تعیین می‌کند. نرخ تقاضای سفر بر کاربری‌های متفاوت شهری از یک سو به وسیله کارکرد یا جذب کاربری تعیین می‌شود و از سوی دیگر، الگوی رفتاری مسافر آن را تعیین می‌کند (Jiax, 2003: 9).

در شهر سنندج نیز تعدادی پارکینگ در بافت مرکزی شهر واقع شده است که با توجه به توزیع نامناسب آن‌ها و حجم بالای ترافیک در نواحی مرکزی شهری عبور و مرور در این نواحی خود باعث ایجاد ترافیک در این نواحی شده است. از طرفی نواحی میانی و حاشیه از هرگونه پارکینگ محروم می‌باشند. تصور زیر موقعیت پارکینگ‌های شهر سنندج و نحوه دسترسی به آن‌ها را در چندلایه دسته‌بندی شده نشان می‌دهد. به این صورت که هرچه از این نواحی دورتر می‌شویم دسترسی به آن‌ها دشوارتر می‌گردد.



تصویر ۴- موقعیت و نحوه دسترسی پارکینگ‌های شهر سنندج

همان‌طور که از جدول، نقشه‌ها و مطالب ذکر شده برمی‌آید سرانه تاکسی و اتوبوس در شهر سنندج و تعداد پارکینگ‌های مورد استفاده در این شهر بسیار کم بوده که پاسخگوی نیاز جمعیت شهر سنندج نیست.

مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

ارزیابی سیستم حمل‌ونقل متناسب با شکل و ساختار شهر

در دهه پایانی قرن گذشته و در آستانه هزاره سوم و با تقویت گرایش به رویکردهای اجتماعی و طراحی شهری در توسعه بافت‌های پیرامونی پایانه‌های حمل‌ونقلی، در سالیان اخیر توسعه حمل‌ونقل همگانی مدار^۱ به‌عنوان کامل‌ترین دیدگاه معرفی شده است که برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های این‌گونه اخیر، وجود کاربری مختلط در پیرامون پایانه‌ها، توجه به کیفیات طراحی محله، کاهش استفاده از اتومبیل شخصی و گسترش گونه‌های ترابری همساز با حمل‌ونقل همگانی به‌ویژه پیاده‌روی و به دوچرخه‌سواری است (M.Daisa, 2004: 118). به‌طور خلاصه از وجود سه ت؛ تراکم، تنوع و طراحی عنوان عوامل متمایزکننده توسعه حمل‌ونقل همگانی مدار از توسعه وابسته به حمل‌ونقل همگانی نام برده می‌شود.

در آستانه هزاره سوم بر ترکیب اصول طراحی شهری و حمل‌ونقل همگانی به‌ویژه سامانه‌های ریلی در جهت استقرار اجتماعاتی فشرده‌تر، دارای کاربری مختلط و باقابلیت پیاده‌روی در پیرامون پایانه‌های حمل‌ونقلی بیش‌ازپیش تأکید می‌گردد. از جمله مهم‌ترین نظریه‌های ارائه شده در این رابطه دهکده‌های حمل‌ونقلی^۲ است که منظور ایجاد محلاتی سرزنده‌تر و پایدارتر با محوریت ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی است. مایکل برنیک^۳ و رابرت سرورو^۴ برای طراحی دهکده‌های حمل‌ونقلی اصول چهارگانه‌ای را معرفی کرده‌اند که عبارتند از:

- دهکده حمل‌ونقلی دارای فاصله حدود ۵۰۰ متری (۵ دقیقه پیاده‌روی) از ایستگاه حمل‌ونقل همگانی؛
- ایستگاه حمل‌ونقل و فضاهای شهری و عمومی پیرامونان به‌عنوان مرکزیت دهکده حمل‌ونقلی؛
- ایستگاه حمل‌ونقل سبب تسهیل ارتباط ساکنان و کارکنان با دیگر مناطق، دسترسی آسان به مرکز شهر، مراکز اصلی فعالیت و دیگر مقاصد عامه‌پسند؛
- فضاهای عمومی اطراف ایستگاه دارای نقشی عمده به‌عنوان یک نقطه گردهمایی اجتماعی و مکانی برای برگزاری رویدادهای ویژه و مراسم (<http://www.transitvillages.org>).

حمل‌ونقل مهم‌ترین عامل در کیفیت زندگی شهری است از این‌رو آن دسته از شکل‌های شهری که حمل‌ونقل و به‌خصوص حمل‌ونقل عمومی را حمایت می‌کنند مناسب‌تر از آن‌هایی هستند که چنین ویژگی را ندارند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از نظر تحرک و حمل‌ونقل کاراترین شکل شهر آن است که از شبکه حمل‌ونقل تبعیت کند؛ البته کلیه انواع شبکه‌های حمل‌ونقل از کارایی یکسان برخوردار نیستند. شهرهای ستاره‌ای، خطی، منطقه‌ای در امتداد محورهای ارتباطی شکل می‌گیرند. در شکل ستاره‌ای راه‌ها در یک نقطه مرکزی به هم متصل شده تشکیل مرکز شهر را می‌دهند. تجربه توسعه شهر در گذشته نشان می‌دهد که تا وقتی که شهر تنها متکی به یک مرکز واحد باشد در این صورت با رشد اندازه شهر محورهای نزدیک به مرکز پیوسته شلوغ می‌شوند. در شبکه چندمرکزی، راه‌های ارتباطی به هم نمی‌رسند تا تشکیل یک مرکز واحد را بدهند، بلکه برخی از خطوط در بعضی گره‌ها همدیگر را قطع می‌کنند. حمل‌ونقل به‌جای اینکه متمرکز شود پراکنده می‌شود که در نتیجه دسترسی نسبتاً یکسانی را برای تمام مناطق شهری تأمین می‌کند و تا وقتی که هیچ‌یک از گره‌ها در محل تلاقی راه‌ها پیش از اندازه بزرگ نشوند خطر شلوغی ترافیک وجود نخواهد داشت (Arbury, 2005).

با روش تحلیلی-توصیفی و با استفاده از مدل‌های مختلف ویلیامسون، آنتروپی شانون و هلدرن به بررسی و تحلیل الگوی کالبدی فضایی شهر سنندج به انجام رسیده است. نتایج حاصل از مدل‌ها نشان می‌دهد که تا دهه ۱۳۶۵ رشد و گسترش شهر سنندج به‌صورت فشرده بوده است؛ اما بعد از این دهه و به‌ویژه در دهه‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ رشد و گسترش شهر به‌شدت بی‌قواره و پراکنده بوده است. الگوی موجود حاکم بر رشد و توسعه شهر سنندج الگوی کهکشانی است؛ حال آنکه نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد الگوی قطاعی-متمرکز و یا شعاعی متمرکز برای رشد و گسترش آتی شهر مناسب‌تر است (حبیبی، ۱۳۹۴). در جدول زیر انواع مختلف حمل‌ونقل عمومی را برای انواع مختلف ساختار شهر مورد بررسی قرار می‌دهیم.

1 - Transit Oriented Development (TOD)
 2 - Transit Villages
 3 - Michael Bernik
 4 - Robert Cervero

جدول ۲- ارزیابی حمل‌ونقل عمومی مناسب و اصول طراحی

ساختار شهر	حمل‌ونقل عمومی مناسب (براند فری)	پراکندگی ترافیک موتوری (براند فری)	اصول طراحی شبکه (قرب و زیاری)	شکل	نمونه شهر
مرکزی	مترو LRT	در نتیجه تمرکز زیاد جمعیت و با بزرگ‌تر شدن شهر ترافیک موتوری اولیه به تدریج در تعدادی از راه‌های اصلی متمرکز خواهد شد (راه‌های شعاعی و حلقه‌ای)؛ بنابراین استفاده از اتومبیل حداقل در منطقه مرکزی شهر باید محدود گردد.	شبکه ارتباطی در هسته مرکزی شهر است و به تدریج گسترش می‌یابد.		هنگ کنگ - قسمت مرکزی پاریس
ستاره‌ای	LRT-BRT پاراترانزیت	راه‌های اصلی ارتباطی موتوری احتمالاً در "پنجه‌ها" و در حلقه‌های متصل‌کننده پنجه‌ها متمرکز خواهند شد. با رشد میزان ترافیک در امتداد محورهای پنجه ازدحام و آلودگی به وجود خواهد آمد. به همین دلیل استفاده از اتومبیل در بخش مرکزی باید محدود گردد.	خیابان‌ها از یک هسته مرکزی منشعب شده و راه‌های ارتباطی منطبق بر شعاع‌های اصلی و ناحیه مرکزی شهر است.		واشنگتن - کپنهاگ - مسکو
اقمار	BRT - تراموا- مترو	از آنجایی که جمعیت در بخش‌های کوچک توسعه پراکنده شده؛ بنابراین می‌توان انتظار داشت اتومبیل عمده‌ترین وسیله نقلیه باشد. از سویی دیگر برای دسترسی به نواحی پراکنده شهری حمل‌ونقل ریلی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.	یک شبکه حمل‌ونقل اصلی به‌عنوان رابط بین اقمار و شهر مرکزی؛ همین‌طور اقمار با یکدیگر، همچنین سیستم‌های فرعی در رابطه با شبکه اصلی		یوکوهاما - گلاسکو
دوایر متحدالمرکز	تراموا LRT	برای دسترسی در رینگ‌های اصلی شهر از قطار سبک شهری می‌توان استفاده نمود.	منطبق بر رینگ‌ها و شعاع‌های اصلی شهر		اریل - دترویت - سن لوئیز
خطی	تراموا BRT	یک مسیر اصلی ترافیک موتوری به موازات مسیر اصلی حمل‌ونقل عمومی وجود خواهد داشت. مسیرهای فرعی ترافیک از خط اصلی شروع یا به آن ختم می‌شود.	کل ساختار متکی بر حمل‌ونقل خطی بوده که یک سیستم حمل‌ونقل عمومی را به وجود می‌آورد و ستون فقرات شهر را شکل می‌دهد.		شهرهای ساحلی - برازیلیا - بخشی از مادرید - بوکان
شطرنجی	تاکسی عمومی - پاراترانزیت	در این سیستم تعداد زیادی گره یا نقطه تقاطع وجود دارد. راه‌های ارتباطی موتوری در تمام شبکه متمرکز خواهد شد.	کلیه نقاط و تقاطع‌ها توسط شبکه پوشش شده و توسعه شبکه به هر سمت نامحدود است. از خیابان‌های مورب در مناطق مرکزی و تجاری برای کوتاهی مسیر می‌توان استفاده کرد.		بارسلونا - کازابلانکا - داکار - سلماس

تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل IHWP

روش تحقیق در این پژوهش، بر اساس روش و ماهیت توصیفی تحلیلی است؛ زیرا علاوه بر چگونگی بودن ویژگی‌ها و صفات وضع موجود قصد به تشریح و تبیین دلایل چگونگی بودن و چرایی وضعیت مسئله و ابعاد آن دارد و بر اساس هدف کاربردی است؛ زیرا با استفاده از دانش‌بنیادی برای رفع نیازمندی‌های بشر و مشکلات حمل‌ونقل، روش‌ها، اشیاء و الگوها در جهت توسعه رفاه و آسایش و ارتقای سطح زندگی انسان مورد استفاده قرار می‌گیرند. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل تمام نواحی شهر سنندج و چهار ناحیه منفصل نله، نایسر، گریزه و حسن‌آباد است.

در این مقاله ابتدا با توجه به ساختار کالبدی شهر سنندج، به تدوین معیارها و شاخص‌های لازم برای بررسی وضعیت زیست‌محیطی و کالبدی و ارتباطی شهر سنندج پرداخته شده و با توجه به معیارهای فوق و اطلاعات جمع‌آوری شده در بانک اطلاعاتی و با کمک قابلیت نرم‌افزار Arc GIS در زمینه روی هم گذاری لایه‌ها امکان‌سنجی احداث خطوط حمل‌ونقل (مترو) تحلیل شده است. در این تحقیق از مدلی که به اختصار IHWP نامیده می‌شود، استفاده شده است. مدل IHWP ترکیبی از روش منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. مراحل مختلف انجام مدل به این ترتیب است:

مرحله اول: تعیین معیارها و ماتریس داده‌ها

مرحله دوم: کاربرد راهبرد تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP) که خود شامل سه مرحله ذیل است: الف - تعیین اهمیت و رتبه داده‌ها ب - تعیین مبانی نظری و فروض وزن دهی ج - محاسبه امتیاز لایه‌های انتخاب شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP)

$$X = \frac{D}{N} \quad j = D - (N - i)X$$

X = امتیاز اولیه هر شاخص

D = امتیاز به دست آمده از مدل دلفی

N = تعداد کلاس‌های هر شاخص

i = امتیاز به دست آمده برای طبقه‌بندی‌های مختلف هر شاخص

رقم اختصاص داده شده برای طبقه‌بندی‌های مختلف هر شاخص

مرحله سوم: تلفیق نقشه‌ها

مرحله چهارم: تهیه نقشه امکان‌سنجی نهایی برای شهر سنندج و حومه. نتایج و بحث برای هر شهر و محدوده‌ای ویژگی‌های منحصر به فردی دارد که مطالعه آن بر اساس همان ویژگی‌ها انجام می‌گیرد. شاخص‌های به کاررفته در این تحقیق نیز هر کدام به دلایلی که از محدوده مورد مطالعه منشأ می‌گیرد، انتخاب شده‌اند.

جدول ۳ - طبقه‌بندی شاخص‌ها و معیارها جهت تعیین بهترین مکان برای ایستگاه‌های مترو با استفاده از مدل (IHWP همراه با جزییات وزن دهی)

مرحله	اولویت	نام معیار	اولویت	معکوس رتبه	تعداد لایه	دامنه تغییرات	امتیاز لایه				
۱	ارتباطی	ساختار عملکردی شبکه ارتباطی	۲	۲۲	۵	۴.۴	۲۲	۱۷.۶	۱۳.۲	۸.۸	۴.۴
		ساختار عرضی شبکه ارتباطی	۳	۲۱	۵	۴.۲	۲۲	۱۶.۸	۱۲.۶	۸.۴	۴.۲
		دسترسی به پارکینگ‌های شهری	۷	۱۷	۶	۲.۸	۱۷	۱۴.۲	۱۱.۴	۸.۶	۵.۸
		دسترسی به پایانه‌ها	۶	۱۸	۶	۳	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶
		دسترسی به میدان‌ها و فلکه‌های اصلی	۵	۱۹	۵	۳.۸	۱۹	۱۵.۲	۱۱.۴	۷.۶	۳.۸
		حجم سفر	۲	۲۲	۵	۴.۴	۲۲	۱۷.۶	۱۳.۲	۸.۸	۴.۴
۳	اجتماعی - اقتصادی	تراکم ترافیکی	۳	۲۱	۶	۳.۵	۲۱	۱۷.۵	۱۴	۱۰.۵	۷
		تراکم جمعیت	۲	۲۲	۶	۳.۷	۲۲	۱۸.۳	۱۴.۶	۱۰.۹	۷.۲
		تمایل عمومی	۹	۱۵	۴	۳.۷۵	۱۵	۱۱.۲۵	۷.۵	۲.۷۵	
		امنیت	۸	۱۶	۵	۳.۲	۱۶	۱۲.۸	۹.۶	۶.۴	۳.۲
		میزان درآمد	۹	۱۵	۴	۳.۷۵	۱۵	۱۱.۲۵	۷.۵	۲.۷۵	
		قیمت اراضی	۱۰	۱۴	۵	۲.۸	۱۴	۱۱.۲	۸.۴	۵.۶	۲.۸

مؤلفه	اولویت	نام معیار	اولویت	معکوس رتبه	تعداد لایه	دامنه تغییرات	امتیاز لایه			
							۱	۲	۳	۴
زیست محیطی	۴	شیب زمین	۸	۱۶	۵	۳.۲	۱۶	۹.۶	۶.۴	۳.۲
		توپوگرافی (پهنه ارتفاعی)	۱۱	۱۳	۵	۲.۶	۱۳	۷.۸	۵.۲	۲.۶
کالبدی-فضایی	۲	دسترسی به مراکز شهری	۱	۲۳	۶	۳.۸	۲۳	۱۹.۲	۱۵.۴	۷.۸
		دسترسی به مراکز منطقه‌ای	۳	۲۱	۶	۳.۵	۲۱	۱۷.۵	۱۴	۷
		دسترسی به مراکز ناحیه‌ای	۴	۲۰	۵	۴	۲۰	۱۶	۱۲	۸
		دسترسی به مراکز فرهنگی-مذهبی	۸	۱۶	۵	۳.۲	۱۶	۱۲.۸	۹.۶	۶.۴
		دسترسی به مراکز خدماتی	۵	۱۹	۶	۳.۲	۱۹	۱۵.۸	۱۲.۶	۹.۴
		دسترسی به مراکز تجاری	۴	۲۰	۶	۳.۳۳	۲۰	۱۶.۶۷	۱۳.۳۴	۱۰.۰۱
		دسترسی به مراکز درمانی	۵	۱۹	۶	۳.۲	۱۹	۱۵.۸	۱۲.۶	۹.۴
		دسترسی به مراکز آموزش عالی	۶	۱۸	۶	۳	۱۸	۱۵	۱۲	۹
	۴	۲۰	۶	۳.۳۳	۲۰	۱۶.۶۷	۱۳.۳۴	۱۰.۰۱	۳.۳۵	

معیار ارتباطی: یکی از مهم‌ترین معیارهای تعیین توسعه‌یافتگی مناطق شهری توسعه و رشد سیستم حمل‌ونقل و ارتباطی آن است که منجر به بهره‌گیری ساکنان آن مناطق از سایر خدمات رفاهی شهری با صرف وقت و هزینه کمتر می‌شود.

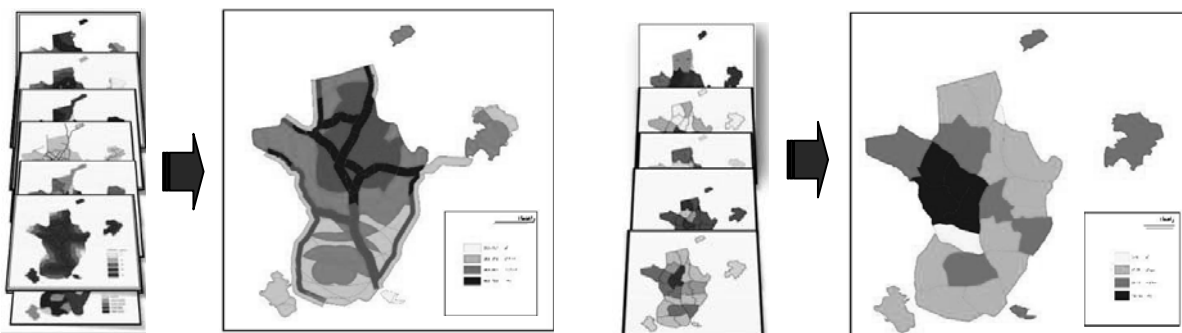
معیار اجتماعی-اقتصادی: معیارهای اجتماعی و اقتصادی یکی از مهم‌ترین معیارها در تعیین سطح پایداری در نواحی مختلف شهری است. به طوری که شهر پایدار دارای هویت محله‌ای مشخص و متمایز از سایر محلات است (مفیدی شمیرانی و مضطرزاده، ۱۳۹۳: ۶۳).

معیار زیست محیطی: در کنار سایر مؤلفه‌های ذکر شده جهت سنجش پایداری و تعیین نقاط مهم دسترسی، مؤلفه‌های زیست محیطی نیز می‌تواند جهت تعیین پهنه‌های ناکارآمد از نظر میزان شیب و توپوگرافی و دسترسی موردسنجش و آزمون قرار گیرد. این مؤلفه به طور مستقیم بر آسایش افراد از نظر بهداشتی، جسمی و روانی تأثیرگذار است.

معیار کالبدی-فضایی: آنچه در مورد شهرهای پایدار اهمیت دارد، دسترسی آسان و برابر تمامی ساکنین به این گونه خدمات است که به عبارتی عدالت فضایی را فقط دسترسی برابر به تسهیلات عمومی اساسی تعریف کرده‌اند و معیار سنجش عدالت هم میزان فاصله از خدمات بوده است. برخی دیگر نیز عدالت فضایی را توزیع یکسان خدمات بر اساس نیازها، سالیق، اولویت‌های ساکنان و استانداردهای خدمات‌رسانی تعریف کرده‌اند (Liao, et.2009:138).

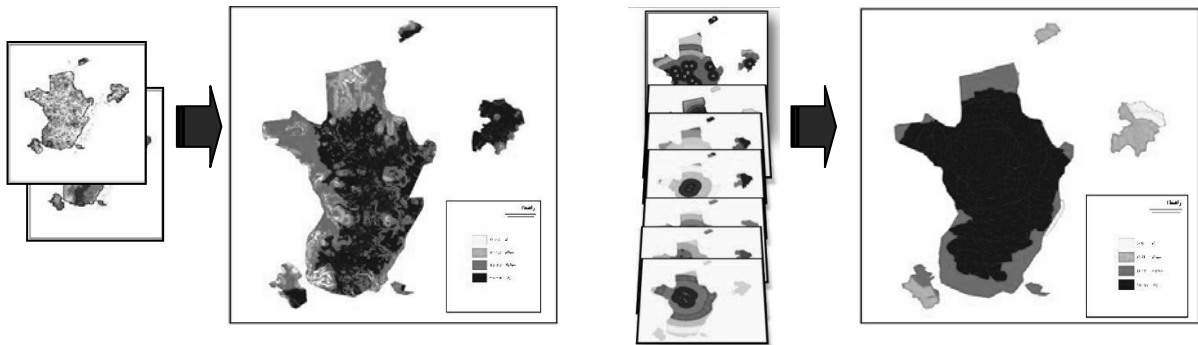
یافته‌های تحقیق

در این بخش نقشه نهایی با کلاس‌بندی داده‌ها در طبقه‌های متمایز فراهم می‌شود؛ به عبارت دیگر امتیازهای مربوط به هر لایه از مجموع شاخص‌ها و معیارهای طبقه‌بندی آن‌ها به دست آمده و نقشه مکان‌یابی تولید شده است.



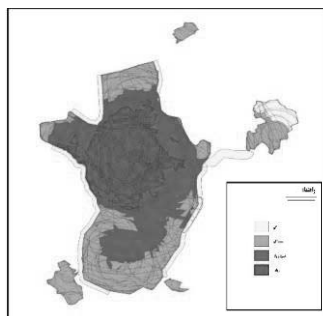
تصویر ۶- امکان‌سنجی با توجه به مؤلفه ارتباطی

تصویر ۵- امکان‌سنجی با توجه به مؤلفه اجتماعی-اقتصادی



تصویر ۷- امکان‌سنجی با توجه به مؤلفه زیست‌محیطی

تصویر ۶- امکان‌سنجی با توجه به مؤلفه کالبدی-فضایی

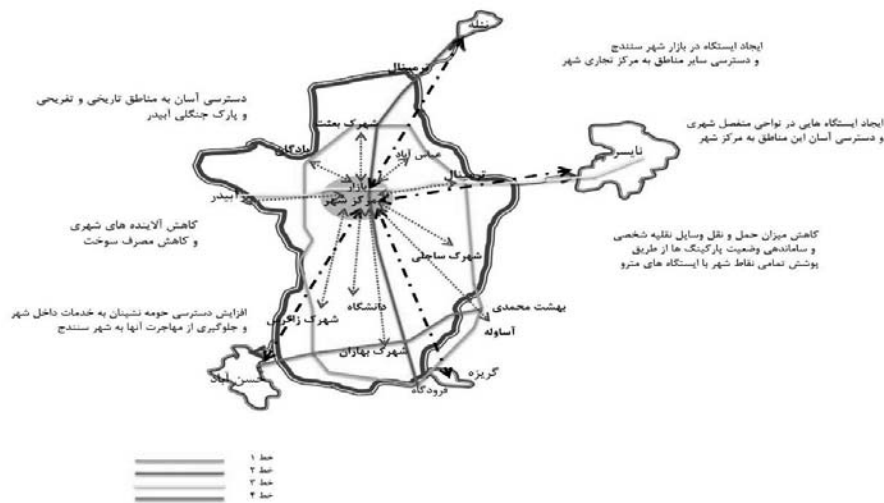


تصویر ۸- نقشه‌های امتیازدهی و امکان‌سنجی احداث خطوط مترو

در نهایت نتایج امکان‌سنجی در شهر سنندج و نواحی پیرامونی شهر نشان می‌دهد که در ۲۶ درصد از نواحی کل شهر سنندج امکان‌سنجی احداث خطوط مترو زیاد، در ۳۰ درصد از سطح محدوده امکان احداث خطوط مترو نسبتاً زیاد، در ۳۲ درصد از اراضی سطح زمین امکان‌سنجی نسبتاً کم و فقط در ۱۲ درصد از کل شهر سنندج و پیرامون امکان احداث خطوط زیرزمینی کم است و در این نواحی می‌توان از سایر خطوط حمل‌ونقل عمومی مانند خطوط BRT، تاکسی و... استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

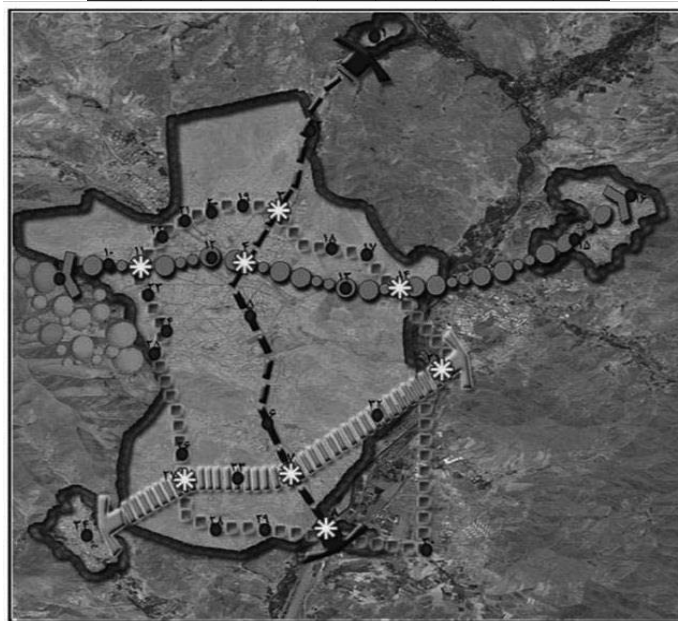
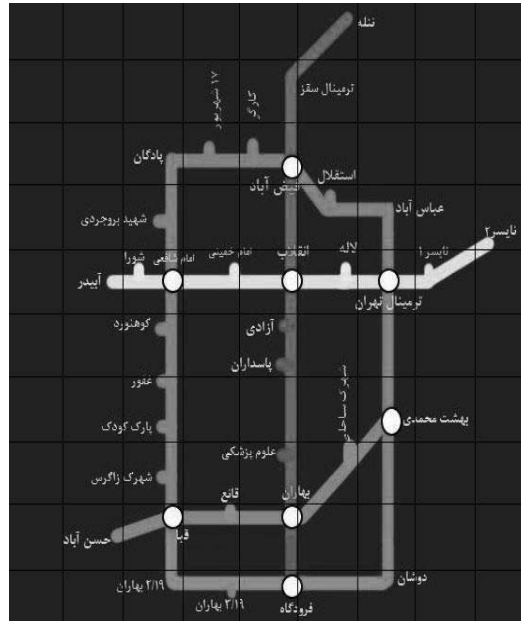
با توجه به این‌که شهر سنندج پتانسیل صنعتی شدن داشته و اراضی کشاورزی نیز دارد در پهنه‌بندی کلان نقش صنعتی-کشاورزی را برای آن در نظر می‌گیریم. شهر سنندج با توجه نواحی منفصل اطراف و قرار گرفتن در مسیر شمالی جنوبی کرمانشاه - تبریز و همچنین شهرستان‌های مرزی بانه و مریوان نقش ارتباطی نیز دارد؛ لذا وجود یک سیستم حمل‌ونقل سریع و ایمن برای این شهر ضروری می‌نماید.



تصویر ۹- برنامه‌های توسعه آتی

اولویت اقدام بر اساس زمان بندی

در این مرحله اقدامات پیشنهادی در دو بخش زمانی میان مدت (۱۵ ساله) و بلندمدت (۲۵ ساله) تقسیم شده‌اند. اقدامات هریک از این دو بخش در محدوده زمانی متفاوتی قابلیت اجرایی شدن را پیدا می‌کنند. اولویت‌دهی زمانی به این دلیل پیشنهاد شد تا مشخص شود در میان مدت به چه اهدافی می‌توان دست یافت و در بلندمدت کدامیک از این پیشنهادها عملی خواهند شد.



تصویر ۱۰- مسیرهای پیشنهادی

جدول ۴- اولویت زمانی برنامه‌های پیشنهادی

برنامه پیشنهادی	اولویت زمانی
اجرای خط ۲ محور شمالی - جنوبی ننه - فرودگاه	میان مدت (تا ۱۵ سال)
اجرای خط ۳ محور شرقی - غربی آبیدر - نایسرا	
اجرای خط ۴ محور شرقی - غربی حسن‌آباد - بهشت محمدی	
اجرای لوپ پیرامونی (خط ۱) شهر سنندج	بلندمدت (تا ۲۵ سال)

از بررسی‌های انجام‌شده چنین برمی‌آید که ساختار عرضی شبکه ارتباطی شهر سنندج در اکثر مناطق نامناسب بوده و دارای عرض کم هستند و دسترسی به پارکینگ‌های شهری و دسترسی به پایانه‌های شهری به دلیل وجود عرض کم معابر و ترافیک‌های شهری برای ساکنان دیگر نواحی و مناطق دورتر از مرکز شهر با مشکل روبروست؛ این در حالی است که نواحی مرکزی شهر سنندج به دلیل وجود بازار و نیز ناحیه گردشگری آیدر و پارک جنگلی آیدر بیشترین میزان جذب سفر را دارند و بیشترین تراکم جمعیت در نواحی منفصل نله، نایسر، گریزه و در نواحی حاشیه‌ای شهر (قشر کم‌آمد) قرار دارند. از طرفی نایسر به‌عنوان یکی از نواحی منفصل شهری در ۱۰ سال اخیر رشد جمعیت ۲۲ درصد داشته است و جمعیت آن ۷ در این مدت برابر شده و به ۷۰۰۰۰ نفر رسیده است. از این رو به‌منظور سمت‌وسو پیدا کردن حمل‌ونقل و سیستم ارتباطی شهر سنندج در راستای معیارهای حمل‌ونقل پایدار، اجرای خطوط پیشنهادی مسیرهای مترو پیشنهاد می‌گردد و نیز جهت نیل به اهداف توسعه پایدار شهری در سنندج و تشویق مردم به پیاده‌روی و طرح سلامت سازی، پیشنهاد می‌گردد دسترسی به مراکز تجاری شهر از طریق مترو صورت گرفته و طرح پیاده راه‌سازی در محورهای انقلاب، نیز اجرایی گردد. با توجه بررسی‌های به‌عمل‌آمده در این تحقیق و بررسی انواع مختلف مدل‌های شهری می‌توان دریافت که حمل‌ونقل مهم‌ترین عامل در کیفیت زندگی شهری است از این رو آن دسته از شکل‌های شهری که حمل‌ونقل و به‌خصوص حمل‌ونقل عمومی را حمایت می‌کنند، مناسب‌تر از آن‌هایی هستند که چنین ویژگی را ندارند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از نظر تحرک و حمل‌ونقل کاراترین شکل شهر آن است که از شبکه حمل‌ونقل تبعیت کند؛ البته کلیه انواع شبکه‌های حمل‌ونقل از کارایی یکسان برخوردار نیستند. شهرهای ستاره‌ای، خطی، منطقه‌ای در امتداد محورهای ارتباطی شکل می‌گیرند. در شکل ستاره‌ای راه‌ها در یک نقطه مرکزی به هم متصل شده تشکیل مرکز شهر را می‌دهند. تجربه توسعه شهر در گذشته نشان می‌دهد که تا وقتی که شهر تنها متکی به یک مرکز واحد باشد در این صورت با رشد اندازه شهر محورهای نزدیک به مرکز پیوسته شلوغ می‌شوند، حال آنکه نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان می‌دهد شهر سنندج از الگوی کهکشانی و اقماری پیروی می‌کند و با توجه به ارزیابی انواع مختلف سیستم‌های حمل‌ونقل متناسب با ساختار شهری، سیستم BRT و مترو برای شهر سنندج مناسب است، از طرفی به دلیل کم‌عرضی معابر و ترافیک بالای خیابان‌های موجود شهر امکان استفاده از روش‌های حمل‌ونقل چون BRT در شهر سنندج امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین بهترین سیستم حمل‌ونقلی متناسب با ساختار شهر سنندج می‌تواند مترو باشد.

منابع

- حبیبی، ک.، پوراحمد، آ.، و مشکینی، آ. (۱۳۸۶). بهسازی و نوسازی بافت‌های کهن شهری. دانشگاه کردستان.
- زیاری، ک. (۱۳۸۸). مبانی و تکنیک‌های برنامه‌ریزی. انتشارات دانشگاه بین‌المللی چابهار.
- سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران
- قریب، ف. (۱۳۸۵). شبکه ارتباطی در طراحی شهری. انتشارات دانشگاه تهران.
- کنسرسیوم مهندسين مشاور آمودراه و راه‌های طلایی البرز. (۱۳۹۳). مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر سنندج. معاونت حمل‌ونقل و ترافیک.
- مطالعات طرح توسعه و عمران سنندج (۱۳۸۵). شرکت مهندسين مشاور تدبيرشهر.
- مفیدی شمیرانی، س. م. و مضطرزاده، ح. (۱۳۹۳). تدوین معیارهای ساختار محلات شهری پایدار. فصلنامه باغ نظر، ۱۱، ۲۹.
- برند فری، ه. (۱۳۸۲). طراحی شهری به‌سوی یک‌شکل پایدارتر شهر. مترجم: سید حسین بحرینی. انتشارات پردازش و برنامه‌ریزی.
- Arbury, J. (2005). From urban sprawl to compact city, an analysis of urban growth management in Auckland.
- Burgess, E. (2005). Growth of the City: An Introduction to a Research Project in the Urban Sociology Reader. London: Routledge. Lin, Jan and Christopher Mele (ed).
- Howard, E. (1898). Tomorrow: A Peaceful Path to Rea. Reform: Swan Sonnenshein, London. (Later republished as Garden Cities of Tomorrow)
- Jiayi, L. (2003). Multi-Functioned Parking Facility's Site Selection in Tourist Towns Case study of Changing China. Ms Theses, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.
- Liao, Ch., Hsien, Ch. H., Sheng, K., & Wan, T. (2009). Explore the spatial equity of urban public facility allocation based on sustainable development, Real corp.
- Lynch, K. (1985). Good City Form. MIT Press, Cambridge, Mass.

- M.Daisa, J. (2004). Traffic, Parking and Transit-Oriented Development, The New Transit Town; Best Practices in Transit-Oriented Development. Edited by Hank Dittmar & Gloria Ohland. Washington, London: Island Press, 113-130.
- Shoup, D.C. (1999). The Trouble with Minimum Parking Requirement, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 33, 7-8, 549-574.
- Yaliniz, P., Bilgic S., Vitosoglu Y., & Turan, C. (2011). Evaluation of urban transportation efficiency in Kutahya. Turkey: Procedia Social and behavioral Sciences, 20, 885-895.
- Zielinski, S., & Berdish, D. (2008). New mobility solutions for urban transportation. Journal of the International Institute, 16, 1.
- www.en.wikipedia.org/wiki/Transportation