ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2021.142938.1638

تحلیل اثرات کاربری اراضی و شبکه حمل‌ونقل بر انتشار گازهای گلخانه‌ای با رویکرد شهر کم‌کربن*

فرشاد نوریان[1]- آرش فتح جلالی[2]- تارا ساوجبلاغی[3]**

۱. دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
۲. کارشناسی‌ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. کارشناسی‌ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۱۰ تاریخ اصلاحات: ۹۷/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۱۰/۱۶ تاریخ انتشار: ۰۰/۰۶/۳۱

چکیده

امروزه اثرات ناشی از تغییر اقلیم در جهان به اندازه‌ای ملموس است که توجه جامعه جهانی را به خود جلب کرده است. گسترش این پدیده موجب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است. از سوی دیگر شهر کم‌کربن مفهومی است که ذهن جامعه جهانی را به خود معطوف داشته است. همچنین برنامه‌ریزی کاربری اراضی به سبب تعیین نحوه استفاده از اراضی شهر و تقاضای سفر، بر روی انتشار گازهای گلخانه‌ای تأثیر می‌گذارد، لذا با تدوین معیارهایی جهت کاربست اصول شهر کم‌کربن در فرآیند برنامه‌ریزی کاربری زمین و حمل‌ونقل، می‌توان به این مهم دست یافت. به‌علاوه مقوله شهرهای جدید، در سال ۱۳۶۸ در ایران مطرح شد. در پی این سیاست، شهرهای جدیدی پیرامون کلانشهر تهران طراحی شدند که از مهم‌ترین این شهرها می‌توان به شهر جدید هشتگرد اشاره نمود که علی‌رغم معضلات متعدد از جمله عدم وجود سیستم‌های یکپارچه حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی صحیح کاربری زمین، نتوانسته در دستیابی به اهداف خود موفق عمل نماید. در این پژوهش، ابتدا مبانی نظری شهر کم‌کربن مورد بررسی قرارگرفته سپس، برای ۳۵ هکتار از اراضی بکر شهر جدید هشتگرد، سه سناریو پیشنهاد شده و با اندازه‌گیری میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، توسط نرم‌افزار Communi-tyviz، تولید گازهای گلخانه‌ای محاسبه شده است. جهت تحلیل دقیق‌تر معابر، از تکنیک تحلیل چیدمان فضا استفاده می‌شود. یافته‌ها نشان‌دهنده وجود ارتباط مستقیم بین فرم شبکه معابر، کاربری اراضی و تولید گازهای گلخانه‌ای است که با اعمال تغییر در فرم شبکه معابر، توسعه حمل‌ونقل یکپارچه و تغییر در پراکنش کاربری‌ها می‌توان تا ۴۱ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل را کاهش داد.

واژگان کلیدی: گازهای گلخانه‌ای، شهر کم‌کربن، برنامه‌ریزی کاربری زمین، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، محدوده ۳۵ هکتاری.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده دوم با عنوان «برنامه‌ریزی کاربری اراضی و شبکه حمل‌ونقل با رویکرد کارایی انرژی، مطالعه موردی: محدوده ۳۵ هکتاری در شهر جدید هشتگرد» با راهنمایی نویسنده اول در دانشکده شهرسازی (پردیس هنرهای زیبا) دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۶ انجام شده است.

** E_mail: fnoorian@ut.ac.ir

۱. مقدمه

شهرها سهم عمده‌ای در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند به‌طوری‌که نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند و براساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته این سهم به ۷۰ درصد در سال ۲۰۵۰ می‌رسد. شهرها ۸۰ درصد از مصرف انرژی جهان و به همین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای جهان را به خود اختصاص می‌دهند (World Bank, 2011, p. 15). همچنین مدارک و مستندات از IPCC نشان می‌دهد که مصرف افزایش‌یافته انرژی مبتنی بر کربن و نتیجه آن افزایش در انتشار گاز گلخانه‌ای علت اصلی گرمای جهانی و تغییر آب‌وهوا است که به مقدار زیادی در شهرها منتشر می‌شوند. در شهرها فعالیت‌های مختلف با شدت بیش‌تری انجام می‌شوند و بنابراین حجم گسترده‌ای از انرژی مصرف می‌شود. معکوس نمودن این روند نیازمند یک تغییر سریع و ضروری به سمت توسعه کم‌کربن است. هر تأخیری مشکل را برای حل کردن، سخت‌تر و پرهزینه‌تر خواهد ساخت. ازاین‌رو، مفهوم ساختن شهرهای کم‌کربن و همچنین راهبردهای طراحی برای ساختن پایدارتر و زیست‌پذیرتر توسعه منطقه‌ای و جهانی امری بسیار ضروری و بااهمیت است؛ بنابراین فعالیت‌های شهری پیچیده و متنوع، نیازمند حوزه‌ای از ابزارهای سیاستی هستند که بتوان به‌طور مؤثر از عهده مسئله گرمای جهانی برآمد. در اینجا نیاز به اندازه‌گیری و تحلیل انتشارهای جاری گازهای گلخانه‌ای و جذب در بخش شهری برای برآورد اثرات ابزارهای سیاستی بر سطوح انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود دارد (IPCC, 2007, p. 69). افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید انسان‌ها، عمدتاً سوختن سوخت‌های فسیلی و تغییرات کاربری زمین است (Ibid, p. 64) . علاوه بر این، یک پذیرش در حال رشد توسط دانشمندان و سیاستگذاران وجود دارد که برنامه‌ریزی کاربری زمین و راهبردهای توسعه می‌تواند منجر به کاهش‌هایی در مصرف سوخت‌های فسیلی شود. برای مثال، یک شکل شهر فشرده می‌تواند تقاضاهای سفر برای کاهش مصرف سوخت فسیلی را کاهش دهد و توسعه مختلط می‌تواند مصرف انرژی را کاهش دهد. از سوی دیگر چون اغلب تصمیمات درباره کاربری زمین در سطح محلی گرفته می‌شود، برنامه‌ریزی کاربری زمین محلی نقشی مهم در کاهش اثرات تغییر آب وهوا را بازی می‌کند (Hussey & Wei, 2009). در واقع قدرت‌های محلی بیش‌تر متوجه این موضوع شده‌اند که تغییرات آب وهوای جهانی اساساً یک «بعد محلی» دارد (Betsill & Bulkeley, 2007, p. 12). تلاش‌های محلی نقش مهمی در کاهش انتشارات گازهای گلخانه‌ای دارد و قوانین محلی می‌تواند بر پیامدهای تغییر آب وهوا اثر بگذارد. با وجود این، ایجاد شهر کم‌کربن هدفی برای رسیدن به پایداری است. همچنین نگاه به برخی از گزارش‌های جهانی در خصوص عملکرد کشورها در زمینه تغییرات اقلیمی، عملکرد ضعیف ایران و روند رو به انحطاط محیط‌زیست آن را خاطر نشان می‌سازد. در گزارش منتشرشده از سوی مؤسسه، «جرمن واچ[1]» با عنوان شاخص عملکرد تغییر اقلیم، رتبه ایران در میان سایر کشورهای جهان را در جایگاه بسیار ضعیف نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که با روند نزولی این رتبه، ایران در طی دو گزارش اخیر این مؤسسه، رتبه دوم از آخر را کسب نمود.

اگرچه ایران در زمره کشورهای صنعتی قرار نگرفته است و در مقام مقایسه با کشورهای توسعه‌یافته، سهم کم‌تری در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد، اما نگاهی به آمارها و ارقام انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای جهان نشان می‌دهد که ایران در مقایسه با شرایط موجود خود و با توجه به میزان صنعتی شدن (بدون مقایسه با کشورهای دیگر) سهم بسیار بالایی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد که این روند نگران‌کننده به نظر می‌رسد. ازاین‌رو می‌توان گفت شهرهای ایران همانند بسیاری از شهرهای جهان در معرض تغییرات اقلیمی و اثرات زیان‌بار ناشی از آن هستند؛ که در صدر این شهرها، شهرهای صنعتی، کلانشهرها و شهرهای جدید پیرامون آن‌ها قرار می‌گیرند. مقوله شهرهای جدید، در سال ۱۳۶۸ در ایران مطرح شد. این سیاست با هدف اصلی تأمین مسکن برای اقشار کم‌درآمد و تمرکززدایی از کلانشهرها و از همه مهم‌تر توسعه شهرسازی از پیش اندیشیده شده به‌ویژه برای شهر تهران مطرح شد. در پی این سیاست شهرهای جدید پیرامون کلانشهر تهران طراحی و به اجرا درآمدند که از مهم‌ترین این شهرهای جدید می‌توان به شهر جدید هشتگرد اشاره نمود. این شهر علی‌رغم معضلات متعدد از جمله عدم وجود سیستم‌های یکپارچه حمل‌ونقل و عدم برنامه‌ریزی صحیح کاربری زمین نتوانست آن چنان که باید و شاید در دستیابی به اهداف خود موفق عمل نماید؛ اما علی‌رغم تمامی معضلات موجود، به دلیل بکر و جدید بودن اراضی، داشتن برنامه و توسعه از پیش اندیشیده شده می‌تواند نقش مهمی را در کاهش سرعت و روند تولید گازهای گلخانه‌ای ایفا نمایند. بنابراین به‌عنوان یکی از شهرهای جدید اطراف کلانشهرهای تهران و کرج می‌تواند محمل مناسبی برای به‌کارگیری اصول و معیارهای شهر کم‌کربن به‌ویژه در بخش حمل‌ونقل و کاربری زمین در جهت کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای (کربن دی‌اکسید، کربن منواکسید و غیره) باشد که در واقع هدف و شاکله اصلی پژوهش حاضر را تشکیل می‌دهد. هدف این پژوهش، سنجش اثرات دو مقوله برنامه‌ریزی کاربری زمین و شبکه حمل‌ونقل به‌عنوان دو عنصر اصلی و اساسی در سازماندهی فضایی شکل شهرها، بر انتشار گازهای گلخانه‌ای است. در همین راستا ۳۵ هکتار از اراضی بکر واقع در شهر جدید هشتگرد (معروف به محدوده ۳۵ هکتاری) جهت بررسی و سنجش تأثیر این دو عامل انتخاب شد تا تعیین شود با تغییر در فرم شبکه معابر و افزایش میزان هم‌پیوندی آن و

تغییر نظام کاربری زمین در تناسب با اصول و معیارهای شهر کم‌کربن تا چه اندازه می‌توان انتشار گازهای گلخانه‌ای را در نمونه مطالعاتی تغییر داد.

۲. مبانی نظری

مبانی نظری در پژوهش حاضر نقشی اساسی و کلیدی بر عهده دارد، چرا که در راستای تعیین اهداف، معیارها و شاخص‌های شهر کم‌کربن، مبانی نظری مربوط به حوزه شهرهای کم‌کربن مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است تا بر اساس کاربست آن‌ها تعیین کرد تا چه اندازه کاربست این شاخص‌ها در محدوده ۳۵ هکتاری پایلوت می‌تواند در کاهش تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای مؤثر باشد. لذا در ادامه به تبیین و تعاریف مطالب ذکر شده فوق پرداخته شده است.

۲-۱- شهر کم‌کربن، تعاریف و مفاهیم مرتبط با آن

محققان عقیده دارند که شهرهای کم‌کربن نه تنها انرژی کم‌کربن و تولید کم‌کربن را در برمی‌گیرند بلکه مصرف کم‌کربن و جامعه کم‌کربن را در بر می‌گیرد. شهر کم‌کربن به‌عنوان بازتاب جامعی از تولید کم‌کربن، مصرف کم‌کربن، محیط‌زیست کم‌کربن و برنامه‌ریزی شهری کم‌کربن» تعریف می‌شود. ایده‌ها و نظریه‌های توسعه کمی نظیر: شهر انرژی کارا، توسعه حمل‌ونقل عمومی محور[۲] قبلاً از اصول توسعه کم‌کربن استفاده کرده‌اند (Reed & Wilkinson, 2009, p. 34). بعضی از این ایده‌ها بر استفاده از انرژی تجدیدپذیر تأکید می‌کنند. بعضی از ایده‌های دیگر انتشار کم‌کربن، راهبردهای فضایی در برنامه‌ریزی را اتخاذ می‌کنند؛ نظیر: شهرهای فشرده و اکولوژیک. ایده‌های دیگر برای کاهش انتشار کربن بر اعمال قوانین و سیاست‌ها تأکید می‌کنند. اگرچه بسیاری از کشورها و مناطق، قبلاً برای مهار پدیده کربن عمل کرده‌اند، اما اصطلاح شهر کم‌کربن بسیار جدید و نو است که هنوز به یک اجماع کلی در تعریف آن نرسیده‌اند. شهرها باید در تعریف یک شهر کم‌کربن از دید محلی تلاش کنند. چالش این است که چگونه کیفیت‌های اجتماعی محلی را در میان چارچوب پایداری جهانی توسعه دهیم (Roseland, 2012, p. 10).

بنابراین با توجه به تعاریفی که از شهر کم‌کربن مطرح شد و اهداف اصلی و کلیدی آن، در یک بررسی کل‌نگر می‌توان اصول شهر کم‌کربن را در موارد و دسته‌های ذیل خلاصه نمود:

۱. کاهش انتشارات کربن از طریق باز ساماندهی فعالیت‌های شهری در بخش‌های مختلف؛
۲. تغییر جهت به سمت ساختار شهری فشرده؛
۳. توسعه و حفاظت از زیرساخت‌های سبز (باقری، ۱۳۹۴، ۲).

۲-۲- ابعاد شهر کم‌کربن

ابعاد موجود بسیاری که توسعه پایدار را شناسایی می‌کنند، ابعاد شهر کم‌کربن را نیز شامل می‌شوند اما آن‌ها در تحلیل، تأکید و راهبرد متفاوت‌اند. در اینجا چهار بعد جوامع محلی سبز و کم‌کربن بیان می‌شود که به شرح ذیل است:

- هارمونی و همسازی با طبیعت

اکوسیستم ما یک شبکه به‌هم‌پیوسته است که هستی بشر را با دیگر موجودات محیط طبیعی به هم مرتبط می‌کند. به‌عبارت‌دیگر جوامع بشری، بخشی از یک اکوسیستم است که باید با اصول محیطی موافقت کند و هارمونی و تعادل سیستم را حفظ کند. به‌منظور دستیابی به هارمونی و همسازی با اکوسیستم‌های طبیعی، وجود یک شهر کم‌کربن لازم است. شهری که مصرف انرژی آن بیش‌تر از طبیعت نیست، می‌تواند انرژی تولید کند و یا دوباره آن را مصرف کند؛ اما تخلیه مواد زائد آن در کم‌ترین حد است (Cheng & Chang, 2012, p. 42). علاوه بر این، یک شهر کم‌کربن سیستم را در پاسخ به اثرات آب‌وهوایی پیش‌بینی‌شده و مورد انتظار تنظیم می‌کند و وفق می‌دهد. محیط طبیعی یک سرمایه بزرگ است و راهبردهای کاهش و سازگاری به حفاظت آب‌وهوای پاک، جذب کربن و کاهش خشکسالی‌ها و سیل‌ها کمک می‌کند (گلیج و شریف زادگان، ۱۳۹۳، ۵۵).

- سلامت

این بعد مستقیماً به سیستم طبیعی مرتبط می‌شود و بر شرایط زندگی مردم تأکید می‌کند. اکنون ما شاهد تراکم نسبی کم، حومه‌های مبتنی بر اتومبیل با کیفیت بسیار بالاتر مسکن و زیرساخت هستیم که این توسعه پراکنده مخاطرات طبیعی همچون سیل، طوفان و افزایش درجه، آلودگی هوا و به‌ویژه افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای را به دنبال دارد (Frank, Engelke, & Schmid, 2003).

- رفاه و تجدید معنوی

در این بعد، جوامع بشری ارتباط اصلی با سیستم‌های طبیعی را دارند و باید ماهیت تجدید رفاه معنوی را جستجو کنند. زندگی مبتنی بر تکنولوژی در این زمان و عصر، یک اختلال و بی‌نظمی ذاتی که باعث کاهش مقدار جنگل‌ها می‌شود را ایجاد می‌کند. بنابراین شهرهای کم‌کربن باید برای ایجاد ارتباط بین بشر با محیط طبیعی ایجاد شوند. راهبردهایی نظیر محافظت از گونه‌های بومی در برابر تغییرات آب‌وهوا، ایجاد باغ‌های شهری برای کاهش جزایر گرمایی شهری و محافظت از دمای پایدار سطح تالاب‌ها، همه سلامت معنوی، روحی و فیزیکی را افزایش می‌دهند و برای ساکنان یک حس تعهد به مکان را فراهم می‌کنند (Beatley & Stephen, 2004, p. 65).

- محیط‌های ساخته‌شده زیست‌پذیر

این بعد بر ویژگی‌های طراحی کاربری زمین فیزیکی نظیر اشکال شهری، تراکم و کاربری مختلط را در برنامه‌ریزی شهر کم‌کربن تأکید می‌کند. محیط‌های ساخته‌شده زیست‌پذیر، ابزارهای طراحی شهری را که با فعالیت‌های

خواسته‌شده، کیفیت سبک زندگی و آرزوهای ساکنان سازگار می‌شود، در برمی‌گیرد (Hester, 2006, p. 43). یک شهر کم‌کربن باید الگوهای توسعه تراکم بالاتر، انتخاب‌های متنوع حمل‌ونقل، تکنیک ساختمان‌های سبز و نظایر آن را برای حمایت از یک حس مکان با چشم‌انداز محیطی ساخته‌شده جذاب، نظیر خیابان‌های قابل پیاده‌روی و مناظر دلگشا را تشویق کند (گلیج و شریف زادگان، ۱۳۹۳، ۵۶).

۲-۳- اصول شهر کم‌کربن

به طور کلی چهار اصل برای شهر کم‌کربن در ادبیات و متون نظری جهانی ارائه شده است، که در ادامه به خلاصه‌ای از آن‌ها اشاره شده است:

۲-۳-۱- کاهش انتشارهای کربن دی‌اکسید از ساختار و فعالیت‌های شهری

کاهش انتشارات کربن دی‌اکسید دو مرحله اساسی و پایه‌ای برای کاهش گرمای جهانی هستند. انتشارات کربن دی‌اکسید اغلب از مصرف انرژی نشأت می‌گیرد. بنابراین سیاست انرژی بر ذخیره انرژی میان بخش‌های حمل‌ونقل، مسکونی و صنعتی و تهیه منابع انرژی سبز تجدیدپذیر تمرکز می‌کند. راجع به جذب کربن دی‌اکسید، کمربندهای سبز در اطراف مجتمع‌های شهری باید احیا و گسترش داده شود. سبز کردن فضای شهری موانعی را برای پدیده جزیره گرمایی در شهرها قرار خواهد داد. همان‌طور که در پیش‌گفته شد، بازساختاردهی شهری به سمت شکلی فشرده، به نظر می‌رسد که اثری مطلوب بر سطح انتشار کربن دی‌اکسید داشته باشد. همچنین برای بازساماندهی فعالیت‌ها و کارکردهای شهری باید توسعه فضاهای باز و سبز عمومی در راستای کاهش انتشارات کربن دی‌اکسید از فعالیت‌های مختلف اجتماعی- اقتصادی صورت گیرد (American Planning Association, 2008, p. 8).

۲-۳-۲- تغییر به سمت یک ساختار شهری فشرده

یک ساختار شهری فشرده به‌عنوان یک شبکه به‌هم‌پیوسته از منطقه ساخته‌شده مرکزی و قطب‌های اصلی دیگر حمل‌ونقل در منطقه مادر شهری تصور می‌شود. قطب‌های مرکزی به‌عنوان مراکزی برای کارکردهای شهری جاذب و جمع‌کننده جمعیت هستند. این مناطق به‌هم‌پیوسته به‌طور کارا توسط حمل‌ونقل عمومی با دیگر محلات در منطقه مادر شهری به هم وصل خواهند شد؛ بنابراین یک زیست‌پذیری بهتر برای شهروندان فراهم می‌کنند و توسعه پایدار منطقه مادر شهری به‌عنوان یک کل را مطمئن می‌سازد (Ibid, p. 8).

۲-۳-۳- افزایش کارایی انرژی در بخش‌های مختلف بر تأکید بر بخش کاربری زمین و حمل‌ونقل

ایجاد یک سیستم انرژی شهری با کارایی بالا و انتشار کربن کم، یکی از اصول مهم شهر کم‌کربن است. بنابراین، بازساختاردهی شهری را باید در یکپارچگی نزدیکی با سنجه‌های وابسته به انرژی انجام داد. کاربری‌های مختلط و فشرده جمع شده در مراکز به‌هم‌پیوسته، ساختمان‌های بلندمرتبه را برای اهداف مسکونی و تجاری دربرمی‌گیرد. تمرکز تقاضای انرژی در مناطق یکپارچه و برابر کردن تقاضای انرژی میان چنین مراکزی به شناسایی یک سیستم یکپارچه فضایی از عرضه و مصرف انرژی کارآمد کمک خواهد کرد. مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل به‌طور اساسی، درصورتی‌که شهروندان یک مادر شهر به‌طور مناسب در یک ساختار شهری فشرده و پاسخگو، سکونت و کار کنند و نیازهای روزمره خود را برطرف نمایند، کاهش خواهد یافت چراکه مسافت سفرهای روزانه آن‌ها کاهش خواهد یافت و تقاضای کلی حمل‌ونقل در منطقه مادرشهر کاهش می‌یابد (Zhang, 2011, p. 36). کاهش مسافت سفرها، تغییر از استفاده از خودروهای شخصی را به سمت دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی تشویق خواهد کرد. وقتیکه تقاضای ترافیک، تراکم آن را در ساختار شهری فشرده افزایش می‌دهد، عملکرد حمل‌ونقل عمومی برای بهبود تناوب خدمات و آسایش به‌اندازه کافی مفید خواهد شد و همین موضوع تغییری از خودروی شخصی به سمت حمل‌ونقل عمومی را تسریع خواهد کرد. همچنین نظرسنجی‌های اخیر از برنامه‌های تغییر اقلیم در ۳۰ شهر جهان نشان داده است که در کاهش تغییرات اقلیمی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل، توسعه حمل‌ونقل عمومی (سیستم‌های حمل‌ونقل سریع‌السیر)، ایجاد فن‌آوری‌های پاک، ارتقای حمل‌ونقل غیر موتوری و آگاهی عمومی مؤثر است (United Nations, 2011, p. 28).

جدول ۱: کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق محیط ساخته‌شده (حمل‌ونقل)

نوع طراحی	توضیحات
زیرساخت‌های حمل‌ونقل جدید کم‌کربن	طرح‌هایی به‌منظور کاهش تقاضا برای انرژی و مصرف آب و جمع‌آوری زباله
نوسازی زیرساخت‌های کم‌کربن	نوسازی و ارتقای زیرساخت‌های حمل‌ونقل برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای
ناوگان جایگزین	تعویض ناوگان با وسایل نقلیه باانرژی کارآمد و کم‌کربن
تغییر نوع سوخت	تغییر استفاده از سوخت‌های فسیلی برای تأمین انرژی ناوگان به انرژی کم‌کربن یا سوخت‌های تجدیدپذیر

نوع طراحی	توضیحات
افزایش بهره‌وری انرژی	اقدامات به‌منظور افزایش بهره‌وری انرژی از وسایل نقلیه موجود و استفاده از آن‌ها
اقدامات کاهش تقاضا	اقدامات به هدف کاهش تقاضا برای حمل‌ونقل موتوری شخصی
اقدامات افزایش تقاضا	اقدامات برای افزایش تقاضا برای اشکال جایگزین سفر حمل‌ونقل عمومی پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری

(United Nations, 2011, p. 101)

۲-۳-۴- افزایش جذب و ذخیره کربن

در این بخش فقط توجه به فضای سبز در مناطق شهری بسیار اهمیت دارد . سبز بودن یکی از عناصر کلیدی برای در نظرگرفتن در طراحی یک ساختار شهری با انتشار کربن کم است. زندگی گیاهی برای حذف کربن دی‌اکسید عمل می‌کند و میکروکلیماهای شهری مخرب را کاهش می‌دهد، بنابراین به‌طور غیرمستقیم به کاهش انتشارات کربن دی‌اکسید کمک می‌کند. از لحاظ انرژی بیومس، پوشش‌های گیاهی نقشی مهم را در ساختار شهری بازی خواهند کرد. گسترش منطقه و بهبود کیفیت فضای سبز در هر دو مناطق ساخته‌شده و حومه‌های دورافتاده، به‌طور مثبت در توسعه مادرشهر با کربن کم همکاری خواهد کرد. همچنین این موضوع باید در نظر گرفته شود که نهادهای مدیریت شهری اغلب رویکرد چند هدفی دارند. برای مثال، گسترش در سطح اشغال ساختمان و افزایش حجم ترافیک، هر دو علائم یک شهر رشدکننده است. برای مدیران شهر تا حدی مشکل است که تصمیمات را با متعادل کردن نیازها برای حمایت از یک چنین فرآیندی از شهرنشینی با نیازها برای کاهش انتشار کربن، در یک حالت جامع بسازند (American Planning Association, 2008, p . 14).

۲-۴- تدوین چارچوب نظری پژوهش

درنتیجه بررسی‌های انجام‌شده بر روی ادبیات نظری در زمینه شهرهای کم‌کربن، می‌توان اذعان داشت که معیارهای متنوعی در ارتباط با موضوع برنامه‌ریزی کاربری اراضی و حمل‌ونقل شهری و به‌طورکلی برنامه‌ریزی شهری در منابع ارائه‌شده است. بر همین مبنا، در این قسمت به‌عنوان مهم‌ترین دستاورد نهایی بخش مبانی نظری این پژوهش، معیارهای نهایی برنامه‌ریزی شهری مؤثر بر تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی (به دلیل وابستگی درونی دو موضوع مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای از معیارهای شهر کم‌کربن و کارایی انرژی استفاده می‌شود.) تبیین شده تا در گام بعدی پژوهش ملاک عمل قرار گیرد و بر اساس آن‌ها سناریوهای پیشنهادی ارائه شد. همچنین دستیابی به معیارهای شهر کم‌کربن در سناریوهای پیشنهادی در زمینه‌های مختلف، با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در متون نظری مرتبط با موضوع پژوهش، تدوین‌شده است که در جدول زیر به تفصیل به آن‌ها پرداخته‌شده است.

جدول ۲: تدوین معیارهای برنامه‌ریزی شهری مؤثر بر تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای با رویکرد شهرهای کم‌کربن (چارچوب نظری پژوهش)

معیارها	سیاست‌های دستیابی به معیارها
فرم فشرده و متراکم (پایدار)	- جای‌دهی تسهیلات عمومی و تأسیسات خدماتی در مراکز یکپارچه و جذب ساکنان در کنار آن‌ها؛ - خطوط حمل‌ونقل عمومی منظم و دائمی با حداکثر فاصله زمانی ۲۰ دقیقه (غیر از خطوط BRT و مترو) (Cervero & Kockelman, 2017, p. 20). - مکان‌گزینی یا مکان‌گزینی مجدد مصرف‌کنندگان بزرگ گرما نزدیک منابع انرژی تجدیدپذیر و استفاده‌نشده (Kim, 2018). - شکل‌دهی یک شبکه سبز کلانشهری توسط افزایش دادن سطوح سبز در مناطق ساخته شده و محافظت کردن کمربندهای سبز یا نواحی در مناطق دورافتاده.
هارمونی و همسازی با طبیعت	- حفظ فضاهای باز و افزایش سهم فضای سبز در هر محدوده (Kim, 2018). - استفاده از درختان سایه‌انداز در مسیرهای پیاده و پیاده‌روها؛ - استفاده از تکنولوژی‌های سازگار با محیط‌زیست در ساختمان و شبکه حمل‌ونقل.
اختلاط کاربری‌ها	- ترکیب و اختلاط متنوعی از فروشگاه‌ها، مراکز اداری، آپارتمان‌ها و خانه‌ها؛ - حداکثر فاصله پیاده‌روی تا نزدیک‌ترین مرکز تأمین مایحتاج روزانه: ۲۰۰ متر؛ - حفاظت از زمین‌های برون‌شهری؛ - وابستگی کم‌تر به اتومبیل، مصرف کم‌تر سوخت در بخش حمل‌ونقل و تشویق به حمل‌ونقل عمومی فرصت بیش‌تر برای پیاده‌روی؛ - تشویق به زندگی اجتماعی و نظارت بهتر و درنتیجه آن افزایش امنیت عمومی.

معیارها	سیاست‌های دستیابی به معیارها
اختلاط کاربری‌ها	- حمل‌ونقل عمومی خودبسنده و کاهش وابستگی به اتومبیل و کاهش سفرهای تولیدی؛ - کاهش فاصله‌ها به دلیل اختلاط کاربری و تراکم بالای جمعیتی؛ - کاهش هزینه‌های ناشی از گرم شدن کره زمین، درنتیجه فرم شهری متراکم، به همراه مصرف کم‌تر سوخت و تولید کم‌تر آلودگی.
پیاده‌مداری یا پیاده‌محوری	- ایجاد قابلیت دسترسی پیاده به‌تمامی محدوده و کاربری‌های درون محدوده؛ - دسترسی پیاده (حداکثر ۱۰ دقیقه) به اکثر فعالیت‌ها و کاربری‌های محله‌ای؛ - طراحی معابر پیاده‌مدار و در پاره‌ای از موارد خاص، مسیرهای پیاده عاری از حرکت سواره؛ - فعال بودن بصری طبقه همکف (Cervero & Kockelman, 2017, p. 20). - نفوذپذیری فیزیکی طبقه همکف؛ - سایه‌اندازی مناسب در پیاده‌روها جهت ترغیب به پیاده‌روی و تأمین آسایش اقلیمی؛ - طول پیاده‌روها می‌بایست حداقل از ۱.۸ متر بیش‌تر در نظر گرفته شود (Ibid, p. 20).
شبکه معابر و حمل‌ونقل عمومی کارا و یکپارچه	- توسعه و بهبود اتصالات معابر برای آرام کردن جریان‌های ترافیک موتوری؛ - دسترسی‌های سواره به‌منظور استفاده حداکثر از نور خورشید در فصل زمستان و باد جنوبی در تابستان، در جهت شمالی- جنوبی پیشنهاد می‌شود. - مسیرهای پیاده و دوچرخه ایمن و مناسب تأمین شود. - کاهش عرض سواره در مسیرهای درون محله‌ای جهت افزایش ایمنی عابر پیاده؛ - ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی دارای شعاع پوششی ۲۵۰ متری باشند. - مراکز محلات و واحدهای همسایگی و ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی در هماهنگی با یکدیگر جانمایی گردند. - تأمین پارکینگ در مجاورت ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی؛ - کاهش فضای پارکینگ در محدوده به‌منظور کاهش وابستگی به اتومبیل؛ - حداکثر فاصله پیاده‌روی تا نزدیک‌ترین ایستگاه حمل‌ونقل همگانی ۱ کیلومتر؛ - حداکثر فاصله پیاده‌روی تا نزدیک‌ترین سرویس حمل‌ونقل مستقیم به ایستگاه حمل‌ونقل همگانی با ظرفیت بالا: ۵۰۰ متر (Cervero & Kockelman, 2017, p. 20). - کلیه سطوح مخصوص پارک سواره به‌صورت غیر حاشیه‌ای در نظر گرفته شود (Kim, 2018).
تقسیمات شهری	- مساحت انواع سطوح تقسیمات با توجه به شعاع دسترسی به مراکز خدماتی تعیین شود؛ تا از طریق پیاده و دوچرخه قابل‌دسترسی باشد. - توزیع متعادل مراکز خدماتی در سطح محدوده؛ - تأمین کاربری‌های خدماتی ساکنین با توجه به سلسله‌مراتب شبکه دسترسی؛ - تعیین بیشینه و کمینه جمعیتی به‌منظور توزیع متعادل جمعیت در سطح محدوده؛ - ترکیب و نوع فعالیت‌ها در مراکز تقسیمات پیشنهادی در راستای افزایش سرزندگی و تشویق حضور ساکنین؛ - تعریف عناصر مرکزی برای هر یک از تقسیمات به‌عنوان عنصری که شعاع هر یک از تقسیمات بر اساس دسترسی به آن تعیین شود.
تراکم ساختمانی و نظام ارتفاعی	- افزایش تراکم و فشردگی الگوی سکونتگاه افزایش داده شود. - افزایش تراکم ساختمانی تا حد ممکن؛ - جهت جلوگیری سایه‌اندازی ساختمان‌ها، ارتفاع و مجاورت ساختمان‌ها با یکدیگر کنترل شود. - افزایش تراکم ساختمانی در مجاورت ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی (TOD)؛ - ارتفاع ساختمان‌ها در جبهه مقابل باد غالب در اقلیم سرد افزایش داده شود.
پراکنش کاربری‌های خدماتی و جاذب سفر	- جانمایی کاربری‌های خدماتی در فاصله دسترسی پیاده (۱۵۰ تا ۲۵۰ متر) و دوچرخه (۴۰۰ تا ۶۰۰ متر) (Cervero & Kockelman, 2017, p. 17). - سطوح کاربری‌های مختلط به‌صورت عمودی و افقی در سطح محدوده افزایش‌یافته و به صورت پراکنده توزیع گردند. - مراکز تمرکز کاربری‌های خدماتی به‌صورت پراکنده توزیع گردند. - جانمایی مراکز کار و فعالیت به‌صورت یکپارچه در محدوده مطالعاتی؛ - استقرار کاربری‌های منطقه‌ای و ناحیه‌ای در لبه‌های خارجی محدوده؛

۳. روش‌شناسی

پژوهش حاضر به‌طورکلی در زمره تحقیق‌های کمی و به لحاظ هدف در رده پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد. در این راستا روش‌شناسی پژوهش حاضر در ابعاد «برنامه‌ریزی»، «شبیه‌سازی (مدل‌سازی)»، «مستندسازی و تحلیل» است. مدل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری تولید گازهای گلخانه‌ای در شهر، طیف بسیار متنوعی را به خود اختصاص می‌دهند. از طرف دیگر، امروزه نقش نرم‌افزارها در شهرسازی غیرقابل‌انکار بوده، به‌نحوی‌که استفاده از آن‌ها نه‌تنها موجب تسریع امر برنامه‌ریزی می‌شود، بلکه دقت طرح‌ها در صورت استفاده از ابزارهای مناسب به‌شدت افزایش می‌یابد؛ بنابراین، انواع مدل‌های اندازه‌گیری تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در شهر، مبنا و پایه تولید نرم‌افزارهای مختلفی را در این زمینه فراهم آورده است.

۳-۱- بررسی مدل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری تولید گازهای گلخانه‌ای در شهر

مدل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در شهر، طیف بسیار متنوعی را به خود اختصاص می‌دهند، لذا شناخت و بررسی‌های آن‌ها جهت تعیین مدل و ابزار مورد نیاز و سازگار با ویژگی‌های این تحقیق، ضروری است. جهت نیل به این مهم، شناسایی، تبیین ویژگی‌ها و خصوصیات مدل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری و دسته‌بندی آن‌ها بر اساس ویژگی‌هایشان، گام بسیار مهمی در این بخش ا ز تحقیق به‌شمار می‌رود؛ بنابراین روش‌ها و مدل‌های اندازه‌گیری گازهای گلخانه‌ای دسته‌بندی متفاوتی دارد که از قرار زیر است:

۱. دسته‌بندی بر اساس حیطه عمل
- مدل‌های تک‌بخشی
- مدل‌های چندبخشی

۲. دسته‌بندی بر اساس ماهیت روش‌شناختی
- مدل‌های فضایی/ غیرفضایی
- مدل‌های شبیه‌سازی/ پایان‌نگر
- مدل‌های مشاهده مبنا/ فرآیند مبنا

۳. دسته‌بندی بر اساس مقیاس

در ارتباط با موضوع این تحقیق (مبحث انتشار گازهای گلخانه‌ای و اندازه‌گیری آن) نرم‌افزارهای متنوعی وجود دارد که هرکدام دارای ویژگی‌های خاص خود می‌باشد. تفاوت این نرم‌افزارها به‌طور عموم در ویژگی‌های مدل مورد استفاده در آن‌ها خلاصه می‌شود؛ به عبارت دیگر، بر اساس ویژگی‌های هر نرم‌افزار در زمینه ویژگی‌های کلیدی مدل مورد استفاده (مقیاس، ماهیت روش‌شناختی و حیطه عمل) قابلیت‌های آن متفاوت می‌شود. البته لازم به ذکر است که یکی از موارد مهم دیگری که موجب تفاوت میان ابزارهای تحلیلی تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شوند، قابلیت استفاده از این ابزارها در چرخه برنامه‌ریزی شهری (جمع‌آوری اطلاعات، تفسیر، طراحی مشارکتی و تعیین سیاست‌ها، اجرا و پایش) بوده که در میزان اثرگذاری و قابلیت به‌کارگیری نرم‌افزار بسیار مؤثر می‌باشد. از سوی دیگر ویژگی‌های تحقیق، عامل اصلی و تعیین‌کننده ابزار تحلیلی مورد استفاده در تحقیق می‌باشد. همچنین، گستردگی نرم‌افزارهای موجود در این زمینه و ویژگی‌های متفاوت هر یک، ضرورت تعیین نیازهای اساسی تحقیق جهت انتخاب نرم‌افزار مناسب را آشکارتر می‌نماید.

۳-۲- معرفی نرم‌افزار

در این پژوهش به منظور اندازه‌گیری هرچه دقیق‌تر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از بخش حمل‌ونقل، از نرم‌افزار CommunityViz به‌عنوان ابزار تحلیل و اندازه‌گیری تعداد سفرهای تولیدی بر اساس نوع و نحوه پراکنش کاربری‌های شهری و به‌تبع آن میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده شده است. این نرم‌افزار یکی از افزونه‌های نرم‌افزار ArcGis بوده که براساس طرح کاربری اراضی و به عبارت بهتر بر اساس فواصل میان کاربری‌های خدماتی (جاذب سفر) و کاربری‌های مسکونی (تولیدکننده سفر) تعداد سفرها را محاسبه می‌نماید؛ بنابراین بر اساس تعداد سفرهای تولیدی و تعیین میانگین فواصل سفر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سالیانه بخش حمل‌ونقل قابل تخمین و محاسبه است. با توجه به هدف اصلی پژوهش که تعیین رابطه بین سه موضوع کاربری زمین، شبکه معابر و حمل‌ونقل و میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای است و همچنین ازآنجا که یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار در افزایش پیاده‌مداری و توسعه حمل‌ونقل یکپارچه و به دنبال آن کاهش سفرهای شخصی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، میزان هم‌پیوندی شبکه معابر است، جهت بررسی این موضوع از تکنیک تحلیل چیدمان فضا و نرم‌افزار مربوط به آن یعنی DepthMap استفاده شده است. از سوی دیگر به‌منظور نمایش و تحلیل دقیق‌تر شبکه معابر و کاربری اراضی به‌صورت توأمان برای ارائه سناریوهای کاربری اراضی پیشنهادی و مکانیابی ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی بر اساس نظام کاربری زمین و هم‌پیوندی معابر، از هم‌پوشانی و روی‌هم گذاری لایه‌های دو نرم‌افزار ArcGis و DepthMap استفاده شده است. لازم به ذکر است برای انجام این امر از یک نرم‌افزار واسطه و بسیار منعطف به نام Mapinfo (صرفاً برای تبدیل فرمت و انتقال اطلاعات از Depth Map به ArcGis) استفاده شد که در ادامه روند پژوهش (تحلیل یافته‌ها) و در تحلیل هر یک از سناریوهای پیشنهادی به‌کار برده شده است.

۳-۳- محدوده مطالعاتی

به‌منظور ارزیابی میزان تأثیرگذاری مؤلفه‌های برنامه‌ریزی کاربری اراضی و شبکه حمل‌ونقل بر تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای، سایت ۳۵ هکتاری در شهر جدید هشتگرد به دلیل بکر بودن زمین و امکان مداخله از پیش اندیشیده

شده وکاربست اصول و معیارهای استخراج شده از مبانی نظری، به‌عنوان نمونه موردی این تحقیق در نظر گرفته شد. شهر جدید هشتگرد در دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز، غرب استان تهران و میانه راه کرج- قزوین واقع شده و فاصله آن با شهرهای کرج، تهران و قزوین به ترتیب ۶۰، ۲۵ و ۷۵ کیلومتر است. محدوده این شهر با مساحت ۴۴۶۱ هکتار، به ترتیب در عرض و طول جغرافیایی ۳۵ و ۵۰ درجه قرار دارد. همچنین جمعیت شهر طبق سرشماری سال ۱۳۸۵ حدود ۱۶۰۰۰ نفر (حدود ۱۱ درصد پیش‌بینی طرح جامع مصوب برای سال ۸۵) بوده است (طرح جامع شهر جدید هشتگرد، ۱۳۸۵).

۴. اعتبارسنجی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

بعد از بخش صنعت و ساختمان، بخش حمل‌ونقل بیش‌ترین مصرف‌کننده انرژی و تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای در شهرها می‌باشد. این بخش با میزان مصرف انرژی در اتومبیل‌ها در ارتباط بوده و از طریق آن اندازه‌گیری می‌شود؛ به عبارت دیگر از طریق تعیین میزان سفرهای ایجاد شده توسط کاربری‌های متفاوت می‌توان به‌طور غیرمستقیم میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل در شهرها را اندازه‌گیری نمود.

۴-۱- روش محاسبه

همان‌طور که ذکر شد، میزان سفرهای تولیدی و جذب شده کاربری‌های مختلف، به‌عنوان عامل اصلی مؤثر بر میزان مصرف انرژی و تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل مطرح می‌باشد. به بیان دیگر، کاربری‌ها را می‌توان به دو دسته مبدأ (تولید سفر) و مقصد (جاذب سفر) تقسیم نمود که بر این اساس، میزان سفرهای تولیدی بین مبدأ و مقصد، میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل را مشخص می‌نماید. با این فرض، کاربری‌های خدماتی (مانند آموزشی، تجاری، اداری، درمانی و غیره) به‌عنوان کاربری‌های جذب‌کننده سفر و کاربری مسکونی به‌عنوان تولیدکننده سفر می‌باشند. از سوی دیگر، در صورتی که فاصله بین کاربری‌های تولیدکننده و جذب‌کننده سفر (مبدأ و مقصد) با پیاده و دوچرخه قابل دسترس باشد، در آن صورت سفر سوارهای صورت نمی‌گیرد؛ بنابراین با تعیین متوسط میزان فاصله بین مبدأ و مقصد سفر و مقایسه آن بین سناریوهای مختلف به میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در حمل‌ونقل دست یافت. بر همین مبنا، در ابتدا میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل با توجه به میزان تولید سفر تمامی کاربری‌های مسکونی با استفاده از ابزار تحلیلی اثرات عمومی نرم‌افزار Communityviz محاسبه می‌شود. سپس متوسط فاصله ساختمان‌های مسکونی با انواع کاربری‌های خدماتی در سطح محله و ناحیه با استفاده از تحلیل اثرات عمومی (متوسط فاصله به نقاط مورد علاقه) محاسبه می‌شود. در نهایت میزان اولیه انتشار گازهای گلخانه‌ای محاسبه شده و در درصد واحدهای مسکونی که متوسط فاصله آن‌ها به مراکز خدماتی بیش‌تر از ۲۵۰ متر باشد، ضرب شده و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید شده در بخش حمل‌ونقل برای سناریوهای مختلف محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که مراکز خدماتی در این تحلیل، در دو سطح محلی و ناحیه‌ای در نظر گرفته شده است و میزان فاصله برای هر یک محاسبه می‌شود.

۴-۲- داده‌های مورد نیاز و فرآیند اجرای مدل در نرم‌افزار

داده‌های مورد نیاز جهت استفاده از ابزار تحلیلی اثرات عمومی با توجه به یکسانی محیط نرم‌افزار با محیط Arc-GIS، دارای فرمت یکسان می‌باشند؛ بنابراین، دولایه اطلاعاتی برای هر سناریو در این قسمت لازم است. لایه اول، لایه قطعات مسکونی بوده که شامل موقعیت فضایی هر قطعه، تعداد خانوار ساکن در هر قطعه است. لایه دوم، لایه مکان‌های مورد علاقه است که شامل کاربری‌های در سطح محلی مانند مهدکودک و دبستان، تجاری محلی، فضای بازی، مسجد و کتابخانه و در سطح ناحیه‌ای شامل راهنمایی، درمانی و اداری است. بنابراین در ابتدا، با وارد کردن لایه ساختمان‌های هر سناریو و اطلاعات مورد نیاز آن، ابتدا میزان خام انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش حمل‌ونقل محاسبه می‌شود. سپس لایه کاربری‌های خدماتی نیز وارد ابزار تحلیلی اثرات عمومی شده و متوسط فاصله ساختمان‌ها از این نقاط به‌صورت یک ستون اطلاعاتی به لایه ساختمان‌ها اضافه می‌شود. در نهایت با محاسبه درصد فاصله‌های بیش‌تر از ۲۰۰ متر برای کاربری‌های محلی و ۵۰۰ متر برای کاربری‌های ناحیه‌ای، میزان انتشار نهایی گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل برای هر سناریو به دست می‌آید. لازم به ذکر است که فرضیات و استانداردهای مصرفی مورد استفاده در این نرم‌افزار متناسب با استانداردهای جهانی تنظیم شده است که میزان آن‌ها با استانداردهای ایران و شهر جدید هشتگرد تفاوت دارد؛ ولی با توجه به این‌که هدف از این اندازه‌گیری، مقایسه بین طرح‌های پیشنهادی با رویکرد شهر کم‌کربن می‌باشد، تفاوت استانداردها و فرض‌های اولیه لطمه‌ای به فرآیند تحقیق وارد نمی‌نماید. همان‌طور که پیش‌تر نیز گفته شد، در بخش دوم به منظور تحلیل شبکه معابر و تعیین میزان هم‌پیوندی آن از تکنیک تحلیل چیدمان فضا و نرم‌افزار مربوط به آن از نرم‌افزار Depth-Map استفاده شده است. لایه اطلاعاتی مورد نیاز برای این نرم‌افزار لایه بلوک‌بندی شده و بلوک‌های خام در محیط نرم‌افزار AutoCad و با فرمت DXF می‌باشد که جهت انجام تحلیل اولیه مورد نیاز است. در گام بعدی پس از انجام تحلیل‌ها و تعیین میزان هم‌پیوندی معابر جهت انتقال داده‌ها به دو شکل مکانی و توصیفی از نرم‌افزار

واسط MapInfo استفاده شده است که اطلاعات حاصل از تکنیک تحلیل چیدمان فضا با فرمت MIF وارد محیط نرم‌افزار شده و به فرمت فایل shape که فرمت مورد تأیید در نرم‌افزار ArcGis می‌باشد قابل تغییر خواهد بود.

جدول ۳: داده‌های مورد نیاز نرم‌افزارهای تحلیلی پژوهش

نام نرم‌افزار	داده‌های ورودی مورد نیاز	خروجی داده‌ها و اطلاعات	فرمت فایل خروجی
CommunityViz	داده‌های مربوط به کاربری‌های مسکونی و خدماتی داده‌های (داده‌های با فرمت Shape File)	تعیین میزان خام گازهای گلخانه‌ای سالیانه بر اساس اعداد سفر ما بین کاربری‌های مسکونی و خدماتی (جاذب سفر)	- Shape File - GeoDataBase
Depth Map	شکل خام بلوک‌بندی و معابر محدوده مطالعاتی (با فرمت DXF)	تعیین میزان هم‌پیوندی شبکه معابر بر اساس نظریه گراف‌ها	- MIF
MapInfo	نقشههای با فرمت مختلف MIF و SHP و Dbf	انتقال و تبدیل فرمت داده از محیط نرم‌افزار DepthMap به ArcGis	-SHP -DXF -DBF

۴-۳- تحلیل میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در سناریوها

تحلیل سناریوی اول یا همان بررسی وضع موجود بر اساس داده‌های موجود در طرح جامع بازنگری شهر جدید هشتگرد و براساس طرح و الگوی کاربری زمین و حمل‌ونقل پیشنهادی آن تحلیل و مورد سنجش قرار می‌گیرد. در سناریوی دوم که حداقل مداخله است به کاربست چارچوب نظری استخراج شده از مبانی نظری از طریق کم‌ترین مداخله و بهینه‌ترین مداخله در وضع موجود پرداخته می‌شود. سناریوی سوم یا حداکثر مداخله (بیشینه کارایی) است که در این پژوهش، بیش‌ترین میزان مداخله در وضعیت موجود (طرح پیشنهادی فرادست) صورت گرفته تا بتوان به بیش‌ترین کاهش در تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در محدوده مطالعاتی دست یافت؛ که در ادامه تمامی موارد ذکرشده در هر یک از سناریوها (سناریوی وضع موجود، حداقل مداخله، حداکثر مداخله) موردبررسی قرارگرفته و ویژگی هر یک از سناریوها مطرح می‌شود و سپس سناریوی برتر به لحاظ سازگاری بیش‌تر با محیط محدوده مطالعاتی انتخاب، دستورالعمل و راهکارهای ملاک عمل جهت دستیابی به شهر کم‌کربن یا کربن صفر در محدوده مطالعاتی و همچنین سطوح بالاتر برنامه‌ریزی مطرح می‌شوند.

۴-۳-۱- تحلیل کاربری اراضی و یکپارچگی شبکه حمل‌ونقل در سناریوی وضع موجود

۴-۳-۱-۱- اصول و دستورالعمل‌های ملاک عمل

اصول و استانداردهای ملاک عمل در سناریوی وضع موجود به شرح ذیل ارائه شده است:

۴-۳-۱-۱-۱- کاربری مسکونی- بلوک‌های مسکونی

سرانه پیشنهادی برای کاربری مسکونی ۱۸ متر مربع پیشنهاد شده است.
حداقل مساحت زمین در کاربری مسکونی، به ازای هرواحد در تراکم متوسط، ۷۵ متر مربع و در تراکم زیاد، ۴۰ مترمربع می‌باشد.
حداقل مساحت تفکیک در تراکم متوسط مسکونی ۳۰۰ مترمربع می‌باشد.

۴-۳-۱-۱-۲- کاربری‌های خدماتی

سرانه کاربری‌های خدماتی در مجموع ۱۰.۵ متر مربع پیشنهاد شده است.
کاربری‌های خدماتی به‌صورت خطی در جداره شرقی محدوده جانمایی شده‌اند.

۴-۳-۱-۱-۳- شبکه معابر

سلسله‌مراتب شبکه ارتباطی پیشنهادی شامل شریانی درجه دو اصلی، شریانی درجه دو فرعی، دسترسی محلی اصلی و دسترسی محلی فرعی می‌باشد.
عرض شریانی درجه دو اصلی، ۴۵ متر، شریانی درجه دو فرعی، ۳۵ متر، دسترسی محلی اصلی، ۲۴ متر و دسترسی محلی فرعی، ۱۶ و ۱۸ متر پیشنهاد شده است.
پارکینگ برای کاربری‌های خدماتی تأمین گردد.

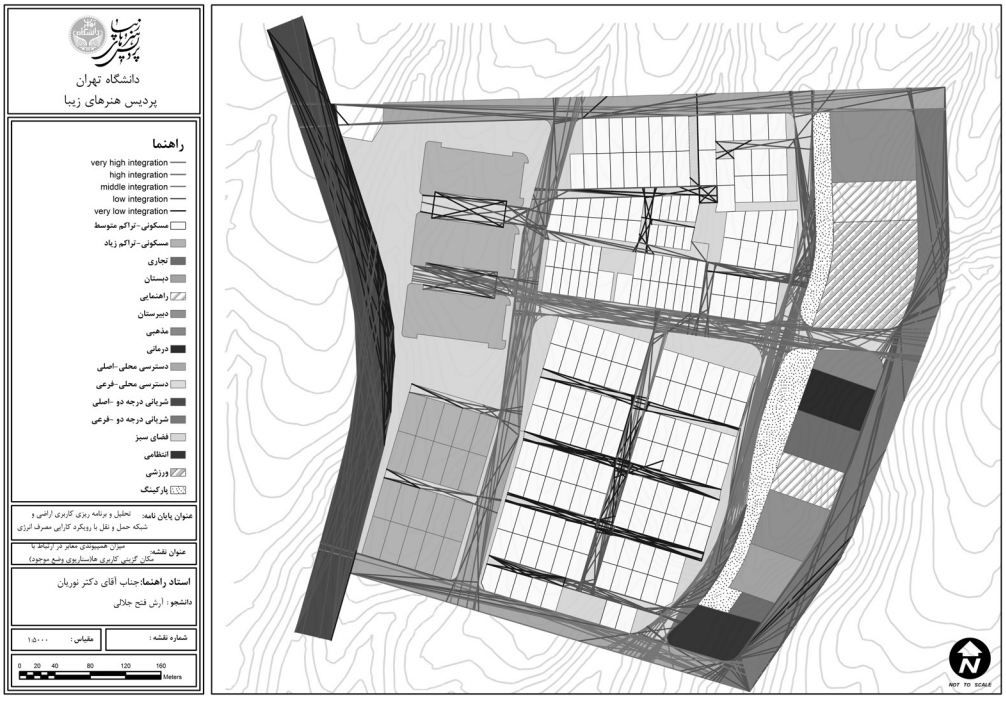
۴-۳-۱-۱-۴- نظام ارتفاعی و تراکم

کاربری‌های مسکونی در محدوده با تراکم متوسط و زیاد پیشنهاد شود.
سطح اشغال کاربری مسکونی با تراکم متوسط ۱۸۰ تا ۲۴۰ درصد با سطح اشغال ۶۰ درصد و تراکم زیاد، تراکم ۲۸۰ درصد با سطح اشغال ۴۰ درصد می‌باشد.
در سناریوی وضع موجود، پیشنهادهای طرح جامع بازنگری شهر جدید هشتگرد (۱۳۸۵) مورد ارزیابی و تحلیل قرارگرفته است که این پیشنهادها برای کاربری اراضی محدوده مطالعاتی شامل موارد زیر است:
- تسهیلات اجتماعی: مهدکودک، مدرسه ابتدایی، مدرسه راهنمایی و کاربری‌های فرهنگی.
- واحدهای خدماتی و تجاری/ صنعتی با ویژگی خدماتی: فروشگاه‌های محلی، فروشگاه‌های منطقه‌ای، اداری و نظامی.
- واحدهای مسکونی.

همچنین با توجه به اسناد فرادست محدوده، تراکم جمعیتی برای این محدوده ۲۲۳ نفر در هکتار پیشنهاد شده است. لذا جمعیت آتی محدوده با توجه به مساحت حدود ۳۵ هکتاری، حدود ۷۸۰۰ نفر برآورد می‌شود. همچنین انواع کاربری‌های پیشنهادی طرح جامع برای این محدوده شامل کاربری‌های مسکونی، تجاری، دبستان، دبیرستان، راهنمایی، درمانی، شبکه معابر، فضای سبز و باز، مذهبی، انتظامی، پارکینگ و ورزشی بوده است. کاربری مسکونی با ۴۳ درصد، بیش‌ترین سهم را از فضای محدوده اشغال نموده است. شبکه معابر، با حدود ۳۰ درصد، پس از کاربری مسکونی، سهم بالایی از کاربری‌های پیشنهادی سناریوی وضع موجود را به خود اختصاص داده است. همچنین بررسی امر اتصال و هم‌پیوندی معابر در پژوهش حاضر در راستای سنجش میزان حضورپذیری عابر پیاده، پیاده‌مداری و سنجش چگونگی پراکنش کاربری‌های خدماتی و جاذب سفر در سناریوهای حداقل و حداکثر مداخله به‌کار برده می‌شود؛ بنابراین در سناریوی وضع موجود، شبکه معابر و الگوی شبکه دسترسی پیشنهادی طرح جامع بازنگری شهر جدید هشتگرد موردبررسی و سنجش قرار می‌گیرد تا الگوی سفرسازی در محدوده تعیین شود؛ بنابراین بر اساس تحلیل چیدمان فضا، میزان هم‌پیوندی[۳] شبکه معابر و به‌تبع آن الگوی حضورپذیری و تقاضای سفر در سناریوی وضع موجود موردبررسی قرارگرفته است که نتایج آن به شرح زیر است:

نتایج بررسی‌های صورت گرفته (شکل ۱) حاکی از آن است که در سناریوی وضع موجود به‌طورکلی میزان هم‌پیوندی در شبکه معابر د ر اغلب نقاط سایت ۳۵ هکتاری، از ارزش هم‌پیوندی پایین و بسیار پایین (معبر غربی، شمالی و شرقی) و تنها بخش‌هایی از معبر مرکزی محدوده از هم‌پیوندی بالا و بسیار بالا برخوردار هستند. به‌طورکلی می‌توان چنین بیان نمود که شبکه معابر بافت دارای هم‌پیوندی متوسط رو به پایین است که این موضوع نشانگر تحقق‌پذیری پایین اصل یکپارچگی شبکه ارتباطی، حمل‌ونقل و فشردگی بافت است که یکی از اصول اصلی شهر کم‌کربن به شمار می‌رود؛ لذا به دنبال این امر، ترغیب بیش‌تر ساکنین به استفاده از خودروی شخصی و افزایش نرخ سفرسازی و تولید انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل صورت می‌گیرد.

شکل۱: میزان اتصال و هم‌پیوندی شبکه ارتباطی در ارتباط با نظام کاربری زمین (سناریوی وضع موجود)



۴-۳-۱-۲- تحلیل نظام کاربری اراضی و تولید گازهای گلخانه‌ای بر اساس فواصل میان کاربری‌های مسکونی و خدماتی

در این بخش همان‌طور که در بخش روش‌شناسی پژوهش مطرح شد از نرم‌افزار CommunityViz جهت محاسبه تعداد سفرها و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل استفاده شده است. در این روش اصل بر این است که کاربری‌های خدماتی به‌عنوان مکان‌های جذب‌کننده سفر مطرح بوده و جریان سفر از کاربری‌های مسکونی به سمت آن‌ها شکل می‌گیرد. یکی از دلایل وجودی و شکل‌دهی به این سفرها، میزان فاصله بین مبدأ سفر (ساختمان‌های مسکونی) و مقصد سفر (کاربری‌های خدماتی) است. درصورتی‌که این فاصله از حد توان دسترسی پیاده و دوچرخه (که در این تحقیق، ۵۰۰ متر برای کاربری‌های ناحیه‌ای و ۲۰۰ متر برای کاربری‌های

محله‌ای فرض شده) کم‌تر باشد، سفری صورت نمی‌گیرد. بر همین مبنا، در این قسمت برای سناریوهای پیشنهادی میزان متوسط دسترسی هریک از قطعات مسکونی به کاربری‌های خدماتی و درصد قطعاتی که در فاصله بیش‌تر و یا کم‌تر از این میزان قرار داشته، محاسبه شده است. سپس با ضرب این درصد در میزان خام انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سفرهای محلی، ناحیه‌ای و جمع آن با میزان خام انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سفرهای شهری، میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای(CO2، CO و NO و هیدروکربن‌ها) در بخش حمل‌ونقل برای سناریوهای پیشنهادی محاسبه شده است که نتایج آن به شرح جدول زیر است:

جدول۴: محاسبه تولید گازهای گلخانه‌ای در سناریوی وضع موجود

شاخص	سناریوی اول (وضع موجود)
میزان انتشار خام CO2 (کیلوگرم در سال)	۱۳۰۹۴۲۷.۸۶
میزان انتشار خام CO (کیلوگرم در سال)	۲۹۶۸۷۸.۵۲
میزان انتشار خام NO (کیلوگرم در سال)	۲۱۸۹۱.۳۳
میزان انتشار هیدروکربن‌ها (کیلوگرم در سال)	۳۴۰۲۴.۱۶
مجموع (کیلوگرم در سال)	۱۶۶۲۲۲۱.۸۷

بنابراین با توجه به کلیه مطالب ذکرشده، نمودارهای حاصل از تحلیل‌های انجام گرفته در محیط نرم‌افزار و مدل تحلیلی مربوطه این‌چنین می‌توان بیان نمود که میزان تولید خام گاز کربن دی‌اکسید (CO2) بر اساس طرح پیشنهادی طرح جامع یا همان سناریوی وضع موجود ۱۳۰۹۴۲۷.۸۶ کیلوگرم در سال است. همچنین میزان خام انتشار گازهای گلخانه‌ای کربن منواکسید (CO) نیتروژن منواکسید (NO) و هیدروکربن‌ها در محدوده مطالعاتی به ترتیب ۲۹۶۸۷۸.۵۲ کیلوگرم در سال، ۲۱۸۹۱.۳۳ کیلوگرم در سال و ۳۴۰۲۴.۱۶ کیلوگرم در سال محاسبه شده است.

۴-۳-۲- تحلیل کاربری اراضی و یکپارچگی شبکه حمل‌ونقل در سناریوی حداقل مداخله

۴-۳-۲-۱- اصول و دستورالعمل‌های ملاک عمل

اصول و استانداردهای ملاک عمل در سناریوی حداقل مداخله به شرح ذیل ارائه شده است:

۴-۳-۲-۱-۱- کاربری مسکونی- بلوک‌های مسکونی

سرانه ۳۵ متر مربع کاربری مسکونی برای تأمین آسایش محیطی ساکنین ملاک عمل بوده و مساحت قطعات مسکونی به ۱۵۰ مترمربع کاهش می‌یابد.

۴-۳-۲-۱-۲- شبکه معابر و حمل‌ونقل عمومی

سطح معابر به خصوص سطح پوشیده‌شده آن در محدوده کاهش یابد.
معابر سواره و پیاده در هماهنگی با خطوط توپوگرافی محدوده و شیب وضعیت موجود پیشنهاد شود.
دسترسی‌های سواره در جهت شمالی- جنوبی پیشنهاد می‌شود.
مسیرهای پیاده و دوچرخه ایمن و مناسب در کل محدوده تأمین شده و بلوک‌های ساختمانی را به یکدیگر وصل نماید.
عرض مسیرهای سواره کاهش داده شده است.
اولویت حرکت در دسترسی‌های محلی اصلی و فرعی با پیاده و دوچرخه می‌باشد.
شبکه معابر با مسیرهای پیشنهادی طرح جامع هماهنگ می‌باشد.
ایستگاه‌های اتوبوس و مینی‌بوس دارای شعاع پوششی ۲۵۰ متری می‌باشند.
مسیر و ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی با مراکز محله و واحد همسایگی هماهنگ می‌باشند.
پارکینگ در مجاورت ایستگاه‌های مینی‌بوس (داخل محله) تأمین شود.

۴-۳-۲-۱-۳- تراکم ساختمانی و نظام ارتفاعی

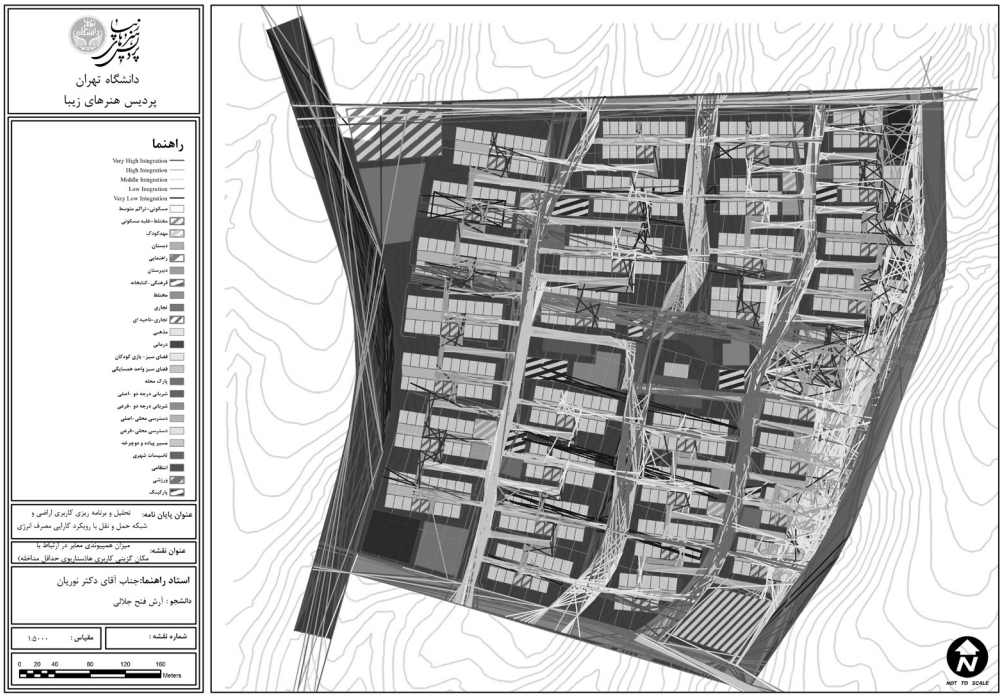
حداکثر تراکم ساختمانی کاربری مسکونی به ۳۲۰ درصد افزایش می‌یابد.
سطح اشغال کاربری مسکونی به ۸۰ درصد افزایش می‌یابد.
ارتفاع ساختمان‌های مسکونی حداکثر ۴ طبقه می‌باشد.
میزان مساحت و سرانه فضای باز و سبز افزایش یابد.
تراکم مسکونی، برای کل محدوده متوسط در نظر گرفته شده است.

۴-۳-۲-۱-۴- کاربری‌های خدماتی

مهدکودک، فضای بازی کودکان، فضای سبز واحد همسایگی، مختلط (واحد همسایگی)، به‌عنوان کاربری‌های خدماتی در سطح واحد همسایگی در نظر گرفته شده‌اند.
دبستان، مذهبی، فرهنگی، ورزشی، تجاری خرد و پارک محله به‌عنوان کاربری‌های خدماتی در سطح محله در نظر گرفته شده‌اند.
کاربری‌های خدماتی در فاصله دسترسی پیاده و دوچرخه (۲۰۰ تا ۵۰۰ متر) جانمایی شده‌اند.

کاربری‌های مختلط با غلبه مسکونی به‌عنوان کاربری مختلط به‌صورت عمودی در درون محدوده پراکنده شده‌اند.
چهار مرکز تجمع کاربری‌های خدماتی در مقیاس واحد همسایگی، به صورت پراکنده و متعادل توزیع شده‌اند.
کاربری‌های مختلط در سطح مراکز واحدهای همسایگی پراکنده شده‌اند.
کاربری‌های خدماتی با مقیاس ناحیه‌ای در لبه‌های خارجی محدوده جانمایی شده‌اند.
به‌منظور فراهم آوردن شرایط یکسان برای مقایسه سناریوهای پیشنهادی کاربری زمین، تراکم جمعیتی، جمعیت پیشنهادی و مساحت کاربری‌های خدماتی مشابه یکدیگر در نظر گرفته شده و اعمال تغییرات در نحوه توزیع آن‌ها صورت گرفته است؛ بنابراین در این سناریو، تراکم جمعیتی ۲۲۳ نفر در هکتار، جمعیت آتی محدوده حدود ۷۸۰۰ نفر در نظر گرفته شده است. برمبنای دستورالعمل‌های ارائه شده در زمینه‌های مختلف، طرح کاربری زمین پیشنهادی شامل کاربری‌های مسکونی، مهدکودک، تجاری، تجاری- ناحیه‌ای، دبستان، دبیرستان، راهنمایی، فرهنگی، درمانی، مختلط، مختلط با غلبه مسکونی، شبکه معابر، فضای سبز واحد همسایگی، فضای بازی کودکان، مذهبی، تأسیسات شهری، انتظامی، پارکینگ، ورزشی و فضای باز است که در این میان، کاربری‌های مسکونی، شبکه معابر و فضای باز، بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند. در ارتباط با شبکه معابر و حمل‌ونقل پیشنهادی این‌چنین می‌توان بیان نمود که در سناریوی حداقل مداخله شبکه معابر و الگوی شبکه دسترسی پیشنهادی بر اساس اصول و معیارهای مطرح شده در بخش چارچوب نظری، کم‌ترین مداخله در وضع موجود صورت گرفته است تا الگوی سفرسازی و حضورپذیری در محدوده تعیین شود. بر مبنای دستورالعمل‌های پیشنهادی در زمینه شبکه معابر، در محدوده موردمطالعه، مسیرهای شریانی درجه دو پیشنهادی طرح بازنگری در اطراف محدوده حفظ شده و در داخل محدوده بر اساس ویژگی‌های توپوگرافی موجود سایت، دو مسیر سواره (با عرض ۱۲ متر و دارای مسیر دوچرخه) در جهت شمال- جنوب پیشنهادشده و دسترسی به بلوک‌های ساختمانی در جهت غربی- شرقی و پیاده تعریف شده است. در این سناریو همان‌طور که پیش‌تر نیز ذکر شد، شبکه معابر و حمل‌ونقل پیشنهادی بر اساس پراکنش کاربری‌های جاذب سفر (کاربری‌های خدماتی) و بر اساس شعاع دسترسی یا شعاع پوشش ۲۵۰ متر می‌باشند؛ بنابراین با توجه به این‌که تعیین محل ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی بر اساس میزان تراکم کاربری‌های جاذب سفر و یا حضورپذیری بیش‌تر ساکنین صورت می‌گیرد، در همین راستا بر اساس تحلیل چیدمان فضا، میزان هم‌پیوندی یا یکپارچگی و به‌هم‌پیوستگی شبکه معابر و به دنبال آن الگوی حضورپذیری و تقاضای سفر در سناریوی حداقل مداخله موردبررسی و تحلیل قرارگرفته که نتایج آن به شرح زیر است:
نتایج بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که در سناریوی حداقل مداخله به دلیل رعایت اصول و معیارهای شهر کم‌کربن، به‌طورکلی میزان هم‌پیوندی نسبت به سناریوی وضع موجود تا حد نسبتاً مطلوبی افزایش یافته است و همین امر منجر به ترغیب بیش‌تر ساکنین به سوی استفاده کم‌تر از خودروی شخصی می‌شود؛ بنابراین همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، میزان هم‌پیوندی در سه محور شمالی- جنوبی و محور اتصال دهنده شرقی- غربی که در مرکز سایت واقع شده است، دارای میزان هم‌پیوندی بالا و بسیار بالا می‌باشند. درنتیجه با توجه به اصول و معیارهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی و شهر کم‌کربن، در مجاورت معابری که دارای میزان هم‌پیوندی بالا و بسیار بالا می‌باشند، ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی با شعاع دسترسی۲۰۰ تا۲۵۰متر مکانیابی شده و تراکم ساختمانی با فاصله گرفتن از ایستگاه‌ها کاهش می‌یابد همانطور که در شکل هم‌پوشانی لایه‌ای ArcMap و DepthMap قابل مشاهده است، در سناریوی حداقل مداخله سعی شده است تا شبکه ارتباطی در تناسب با پراکنش کاربری‌های خدماتی، جاذب سفر و در تناسب با توپوگرافی وضع موجود پیشنهاد داده شود تا ضمن کاهش فواصل سفر ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی در بهینه‌ترین مکان استقرار یابند و به‌صورت یکپارچه و در ارتباط با سایر شیوه‌های حمل‌ونقلی همچون پیاده و دوچرخه عمل کنند.

شکل۲: میزان اتصال و هم‌پیوندی شبکه ارتباطی در ارتباط با مکان‌گزینی کاربری‌های خدماتی (سناریوی حداقل مداخله)



۴-۳-۲-۲- تحلیل نظام کاربری اراضی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اساس فواصل میان کاربری‌های مسکونی و خدماتی در سناریوی حداقل مداخله

در سناریوی حداقل مداخله، نسبت به سناریوی وضع موجود سعی شده است که با تغییر در پراکنش کاربری‌های خدماتی در سطح محلی و ناحیه‌ای، فواصل سفر (متوسط فاصله تا کاربری‌های خدماتی) و به دنبال آن تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در محدوده مطالعاتی کاهش یابد. در سناریوی حاضر درصد قطعات مسکونی که در فاصله بین ۵۰۰ تا ۲۰۰ متر از کاربری‌های خدماتی (سفرهای محلی) به ۵.۶۷ درصد همچنین درصد کاربری‌های مسکونی که در فواصل بیش از ۵۰۰ متر از کاربری‌های خدماتی (سفرهای ناحیه‌ای) واقع شده‌اند، به ۳۸.۶ درصد کاهش یافته است، همین موضوع باعث کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در محدوده مطالعاتی شده است و مقدار عددی آن به۹۸۱۷۲۶.۸۴ کیلوگرم در سال رسیده و نسبت به سناریوی وضع موجود کاهش نسبتاً محسوسی دارد.

جدول ۵: محاسبه گازهای گلخانه‌ای تولیدی در سناریوی حداقل مداخله

شاخص	سناریوی دوم (حداقل مداخله)
میزان انتشار CO2 تولیدی (کیلوگرم در سال)	۷۷۲۲۵۱.۸۴
میزان انتشار CO تولیدی (کیلوگرم در سال)	۱۷۵۰۸۷.۹۰
میزان انتشار NO تولیدی (کیلوگرم در سال)	۱۲۹۱۰.۶۹
میزان انتشار هیدروکربن تولیدی (کیلوگرم در سال)	۲۰۰۶۶.۱۸
مجموع (کیلوگرم در سال)	۹۸۱۷۲۶.۸۴

۴-۳-۳- تحلیل کاربری اراضی و یکپارچگی شبکه حمل‌ونقل در سناریوی حداکثر مداخله

۴-۳-۳-۱- اصول و دستورالعمل‌های ملاک عمل

اصول و استانداردهای ملاک عمل در سناریوی حداکثر مداخله به شرح ذیل ارائه شده است:

۴-۳-۳-۱-۱- کاربری مسکونی- بلوک‌های ساختمانی

سرانه ۳۵ متر مربع کاربری مسکونی به‌طورمتوسط برای تأمین آسایش محیطی ساکنین ملاک عمل بوده است. جهت ایجاد تنوع، قطعات مسکونی در مساحت‌های ۱۵۰،۱۲۰ و ۲۰۰ مترمربع پیشنهاد شده‌اند.

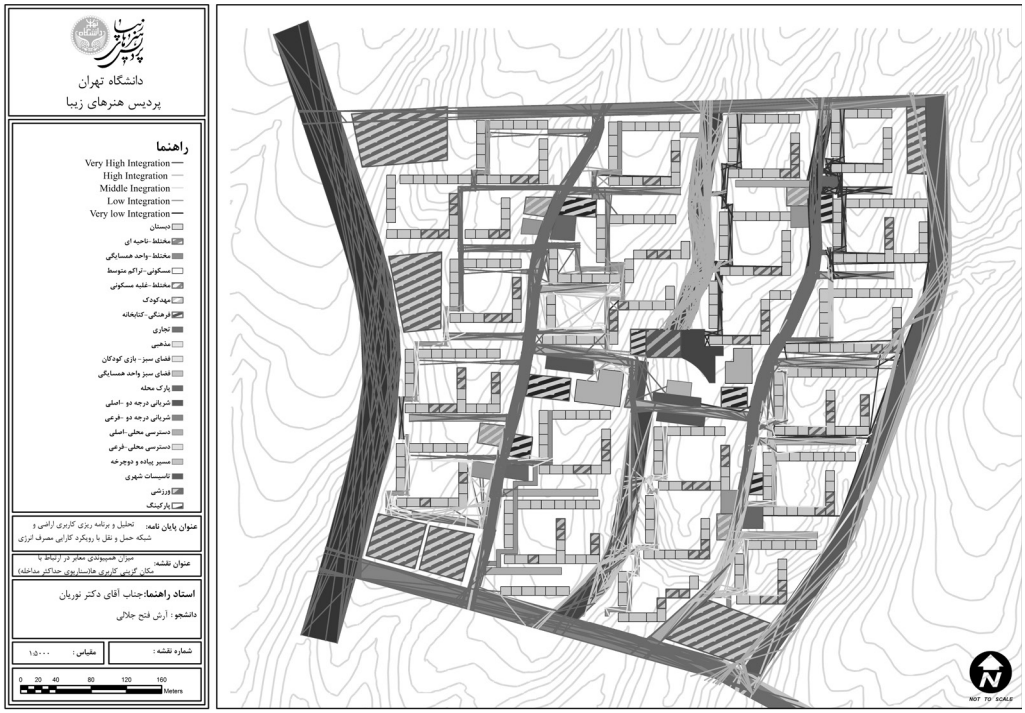
۴-۳-۳-۱-۲- تراکم ساختمانی و نظام ارتفاعی

حداکثر تراکم ساختمانی کاربری مسکونی بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ درصد افزایش می‌یابد.
سطح اشغال کاربری مسکونی به ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد.
ارتفاع ساختمان‌های مسکونی حداقل ۳ و حداکثر ۶ طبقه می‌باشد.
میزان مساحت و سرانه فضای باز و سبز افزایش یابد.
تراکم مسکونی، برای کل محدوده متوسط در نظر گرفته شده است.

۴-۳-۳-۱-۳- کاربری‌های خدماتی

مهدکودک، فضای سبز واحد همسایگی، مختلط (واحد همسایگی)، به‌عنوان کاربری‌های خدماتی در سطح واحد همسایگی در نظر گرفته شده‌اند.
دبستان، مذهبی، فرهنگی، ورزشی، تجاری خرد و پارک محله به‌عنوان کاربری‌های خدماتی در سطح محله در نظر گرفته شده‌اند.
کاربری‌های خدماتی (اعم از واحد همسایگی، محلی و ناحیه‌ای) در فاصله دسترسی پیاده و دوچرخه (۲۰۰ تا ۵۰۰ متر) جانمایی شده‌اند.
کاربری‌های مختلط با غلبه مسکونی به‌عنوان کاربری مختلط به‌صورت عمودی در درون محدوده پراکنده شده‌اند.
چهار مرکز تجمع کاربری‌های خدماتی در مقیاس واحد همسایگی، به صورت پراکنده و متعادل توزیع شده‌اند.
کاربری‌های مختلط در سطح مراکز واحدهای همسایگی پراکنده شده‌اند.
کاربری‌های خدماتی با مقیاس ناحیه‌ای به منظور کاهش فاصله دسترسی به کاربری‌های ناحیه‌ای، در قالب کاربری‌های مختلط با مقیاس ناحیه‌ای تأمین شده‌اند.
کاربری‌های مختلط ناحیه‌ای در لبه‌های خارجی محدوده جانمایی شده‌اند.
این سناریو نیز همانند سناریوی دوم، با رویکرد شهر کم‌کربن یا کربن صفر پیشنهاد شده است، با این تفاوت که در سناریوی دوم، میزان تغییرات اعمال شده در سناریوی وضع موجود مختصر بوده است، به‌طوری‌که در سناریوی حداقل مداخله، تغییرات اعمال شده درحد تغییر میزان مساحت، جهت‌گیری و ابعاد قطعات، تراکم‌های ساختمانی و نحوه توزیع کاربری‌های خدماتی به‌خصوص در سطح محلی خلاصه شده بود ولی در این سناریو (حداکثر مداخله)، در قیاس با سناریوی دوم، تغییرات اعمال شده بیش‌تر بوده است. اهم تغییرات اعمال شده در این سناریو، شامل تغییر در نحوه چیدمان قطعات مسکونی، نظام ارتفاعی، ابعاد، مساحت، جهت‌گیری قطعات مسکونی و نحوه توزیع کاربری‌های خدماتی در مقیاس ناحیه‌ای، محلی و واحد همسایگی است. بر اساس مطالب ارائه شده در سناریوی قبل، در این سناریو نیز تراکم جمعیتی ۲۲۳ نفر در هکتار، جمعیت آتی محدوده حدود ۷۸۰۰ نفر در نظر گرفته شده است. همچنین بر مبنای دستورالعمل‌های ارائه شده در زمینه‌های مختلف، طرح کاربری زمین پیشنهادی شامل کاربری‌های مسکونی، مهدکودک، تجاری، دبستان، فرهنگی، مختلط واحد همسایگی، مختلط ناحیه‌ای، مختلط با غلبه مسکونی، شبکه معابر، فضای سبز واحد همسایگی، فضای بازی کودکان، مذهبی، تأسیسات شهری، پارکینگ، ورزشی و فضای باز است که در این میان، کاربری‌های مسکونی، شبکه معابر و فضای باز، بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند. همان‌طور که از نام این سناریو پیداست؛ بیش‌ترین تغییرات در شبکه معابر و حمل‌ونقل را نسبت به الگوی شبکه معابر، پراکنش کاربری‌ها و شبکه حمل‌ونقل در سناریوی وضع موجود شاهد بوده است. در این سناریو محور شریانی درجه ۲ در بخش غربی سایت و شریانی درجه ۲ فرعی در بخش شرقی همچنین دو محور باارزش دسترسی و جمع و پخش‌کننده محلی پیشنهاد شده است. در راستای ارتقای زمینه‌های پیاده‌مداری در محدوده مسیرهای پیاده و دوچرخه به‌صورت یکپارچه و به‌هم‌پیوسته بین بلوک‌های مسکونی و کاربری‌های خدماتی در ارتباط با سایر شیوه‌های حمل‌ونقل عمومی در نظر گرفته شده است. بنابراین همانطور که شکل هم‌پیوندی (شکل ۳) نیز بیان می‌کند، در این سناریو معابر واقع در لبه غربی، جنوبی و شمالی نسبت به سناریویی‌های پیشین از ارزش هم‌پیوندی و یکپارچگی بیش‌تری برخوردار بوده و دارای سطح هم‌پیوندی بسیار بالا می‌باشند. از همه مهم‌تر این‌که در این سناریو محور واقع در لبه شرقی محدوده نیز به لحاظ سطح هم‌پیوندی ارتقاءیافته و دارای ارزش هم‌پیوندی بالا است. به‌طورکلی بافت محدوده به لحاظ هم‌پیوندی شبکه معابر و ارزش حضورپذیری در فضا و ارتقای زمینه‌های پیاده‌مداری از یکپارچگی و هم‌پیوندی نسبتاً مطلوب برخوردار است. این موضوع منجر به افزایش پیاده‌مداری و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در محدوده مطالعاتی می‌گردد. به‌منظور ارزیابی جانمایی و مکان‌گزینی مناسب کاربری‌های خدماتی، از تحلیل هم‌پوشانی لایه‌ای هم‌پیوندی شبکه معابر و کاربری‌های پیشنهادی در سناریو حداکثر مداخله استفاده شده است. همانطور که شکل ۳ نمایش می‌دهد، کاربری‌های مختلط و خدماتی بر اساس اصول و معیارهای شهر کم‌کربن و استانداردهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی در مجاورت لبه‌های دارای هم‌پیوندی بالا و بسیار بالا واقع‌شده‌اند؛ بنابراین بر اساس اطلاعات حاصل از شکل فوق، تراکم ساختمانی در مجاورت معابر و با فاصله گرفتن از معابر و لبه‌های دارای هم‌پیوندی بالا، این مقدار تا میزان ۳۰۰ درصد با احتساب ۱۰۰ درصد سطح اشغال (سه طبقه) کاهش می‌یابد.

شکل ۳: میزان اتصال و هم‌پیوندی شبکه ارتباطی در ارتباط با مکان‌گزینی کاربری‌ها (سناریوی حداکثر مداخله)



۴-۳-۳-۲- تحلیل نظام کاربری اراضی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اساس فواصل میان کاربری‌های مسکونی و خدماتی در سناریوی حداکثر مداخله

در سناریوی حداکثر مداخله، نسبت به سناریوی وضع موجود سعی شده است که با تغییر در پراکنش کاربری‌های خدماتی در سطح محلی و ناحیه‌ای، فواصل سفر (متوسط فاصله تا کاربری‌های خدماتی) و به دنبال آن تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل در محدوده مطالعاتی کاهش یابد. در سناریوی حاضر درصد قطعات مسکونی که در فاصله بین ۵۰۰-۲۰۰ متر از کاربری‌های خدماتی (سفرهای محلی) واقع شده‌اند به صفر درصد کاهش، همچنین درصد کاربری‌های مسکونی که در فواصل بیش از ۵۰۰ متر از کاربری‌های خدماتی (سفرهای ناحیه‌ای) واقع شده‌اند، به ۱۶.۲ درصد کاهش یافته است که این موضوع منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در محدوده مطالعاتی شده است و مقدار عددی آن به ۳۳۶۱۷۹.۶۹ کیلوگرم در سال رسیده و کاهش یافته است و نسبت به سناریوی وضع موجود از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار است.

جدول ۶: محاسبه گازهای گلخانه‌ای تولیدی در سناریوی حداکثر مداخله

شاخص	سناریوی سوم (حداکثر مداخله)
میزان انتشار خام CO_2 تولیدی (کیلوگرم در سال)	۲۶۴۸۲۸.۱
میزان انتشار خام CO تولیدی (کیلوگرم در سال)	۶۰۰۴۲.۸۴
میزان انتشار خام NO تولیدی (کیلوگرم در سال)	۴۴۲۷.۴۶
میزان انتشار هیدروکربن‌ها تولیدی (کیلوگرم در سال)	۶۸۸۱.۲۹
مجموع (کیلوگرم در سال)	۳۳۶۱۷۹.۶۹

۵. بحث و نتیجه‌گیری

از دهه ۷۰ قرن بیست با تقلیل منابع و بروز محدودیت‌ها، دنیا در چالش با مسئله پیچیده و بغرنج برخواسته از تهدیدات مصرف منابع انرژی و به‌تبع آن تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای قرار گرفت. در این میان مسئله سوخت‌های فسیلی و گستردگی استفاده از آن‌ها ریشه اصلی بروز این تهدیدات بوده است. آنچه امروزه در نتیجه استفاده گسترده از منابع تجدیدناپذیر انرژی و به طور کلی به‌عنوان معضلی جدی مطرح شده، پدیده انتشار فزآینده گازهای گلخانه‌ای است. این پدیده در واقع متأثر از عوامل طبیعی، اقتصادی و تمامی رخدادهای ناشی از مداخلات انسان در محیط پیرامونش بوده است که به وجود آمدن معضلاتی و انجام اقداماتی هم چون تخریب جنگل‌ها، بیابان‌زایی، تلفات گسترده انسانی، سقوط و تلاشی اقتصاد

جهانی، کاهش منابع طبیعی آب، آلودگی هوا، آب، خاک و گرم شدن کره زمین از جمله عوامل تأثیرگذار بر تشدید پدیده انتشار گازهای گلخانه‌ای و در عین حال پیامدهای ناشی از آن هستند. از سویی اطلاعات حاکی از آن است روند شهرنشینی و میزان مصرف انرژی در آن به صورت فزآیندهای رو به افزایش است. به‌صورتی که پیش‌بینی شده است تا سال ۲۰۳۰، ۶۰ درصد مردم دنیا در شهرها ساکن شوند، ۷۳ درصد انرژی دنیا به واسطه شهرها مصرف و ۷۶ درصد گازهای گلخانه‌ای در دنیا نیز توسط شهرها منتشر شوند. از این رو با توجه به مشکلات فوق و روند فزآینده آن، لزوم کنترل نحوه و میزان مصرف انرژی و به تبع آن رفع این مشکلات در جوامع شهری از ضرورت بالایی برخوردار است. البته همواره نگرش‌های مختلفی پیرامون رویکردهای مورد توجه در این زمینه وجود داشته که در این میان وجود ارتباط تنگاتنگ میان برنامه‌ریزی شهری و میزان و نحوه تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای و دستیابی به اصول شهر کم‌کربن در شهرها یکی از موارد مورد بحث است؛ بنابراین بررسی چگونگی ارتباط میان بخش‌های مختلف و دخیل کردن و ادغام مباحث شهر کم‌کربن در فرآیندهای برنامه‌ریزی شهری نیازمند تأمل و مطالعات فراوان است. در پژوهش حاضر سعی بر آن بوده که به این ارتباطات پرداخته شود، به همین منظور ابتدا، با استناد به چارچوب نظری فراهم شده و ویژگی‌های وضعیت موجود عرصه پژوهش (خالی از سکونت، بکر بودن و فرصت مطلوب جهت اعمال تغییرات و مدل‌سازی مطلوب) سه سناریو برای محدوده تعیین شد؛ بنابراین در تمامی سناریوهای پیشنهادی من جمله سناریوی حداقل مداخله و حداکثر مداخله، معیارهای فرم فشرده و متراکم، هارمونی با طبیعت، اختلاط کاربری، پیاده‌مداری، حمل‌ونقل و شبکه معابر کارا و یکپارچه، تقسیمات شهری، تراکم ساختمانی و پراکنش کاربری‌های خدماتی ملاک عمل برنامه‌ریزی قرار گرفت (تمامی جزییات برنامه‌ریزی و طراحی شهر کم‌کربن در توضیحات سناریوها مطرح شده است و در طرح کاربری اراضی شبکه معابر پیشنهادی به نمایش درآمده است). در قدم بعدی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از مدل تحلیلی مربوطه و نرم‌افزار مربوط به آن محاسبه و ملاک عمل قرار گرفت، بدین شرح که در هر سناریوی کاربری اراضی پیشنهادی، کاربری‌ها در دو دسته مسکونی و خدماتی تقسیم شدند، سپس برحسب فاصله بین کاربری‌های خدماتی (به‌عنوان جاذب سفر) و کاربری‌های مسکونی (تولیدکننده سفر)، تعداد سفرهای تولیدی (سالیانه) و سپس میزان خام انتشار گازهای گلخانه‌ای (سالیانه) در نرم‌افزار تحلیلی (CommunityViz) محاسبه شد. به‌منظور بررسی دقیق‌تر و تفکیک سفرها برحسب محلی، ناحیه‌ای و شهری و استخراج میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سالیانه در هر یک از سناریوهای پیشنهادی، درصد قطعات مسکونی بافاصله میان ۵۰۰- ۲۰۰ متر (با فرض این‌که سفرسازی در فاصله بیش از ۲۰۰ متر صورت می‌گیرد) برای سفرهای محلی و درصد قطعات مسکونی با فاصله بیش‌تر از ۵۰۰ متر، برای سفرهای ناحیه‌ای تعیین شد و با ضرب این درصد در عدد خام به‌دست‌آمده میزان تولید گازهای گلخانه‌ای سالیانه بخش حمل‌ونقل برای هر سناریو محاسبه شده و ملاک عمل ارزیابی قرارگرفته شد. در همین راستا بر اساس مبانی نظری بررسی شده از یک‌سو، نتایج حاصل از ارزیابی و اندازه‌گیری میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای، سناریوهای کاربری اراضی و تحلیل شبکه معابر پیشنهادی، چنین می‌توان استنتاج نمود که با تغییر در نظام کاربری اراضی و شبکه ارتباطی در شهر جدید هشتگرد، به میزان قابل‌توجهی در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در محدوده مطالعاتی (واحد همسایگی شهر جدید هشتگرد) تغییر ایجاد شد. به‌عبارت دیگر، تغییر در نحوه چیدمان کاربری‌های خدماتی، پراکنش کاربری تأسیسات شهری و ویژگی‌های کاربری‌های مسکونی به‌عنوان زمینه‌های برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری و تغییر در فرم شبکه معابر و یک‌پارچه‌سازی شبکه حمل‌ونقل، به میزان زیادی در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در محدوده تأثیرگذار بوده است. نتایج بررسی انواع معیارهای تدوین شده در فرآیند پژوهش، نشان‌دهنده این موضوع مهم است که بین کاربری زمین، نحوه پراکنش آن، شبکه معابر، حمل‌ونقل و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای رابطه لازم وجود دارد و با ایجاد تغییرات در کاربری زمین، فرم شبکه معابر و شیوه‌های متنوع حمل‌ونقلی می‌توان به حداکثر ۷۹ درصد کاهش و حداقل ۴۱ درصد کاهش در انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح واحد همسایگی در شهر جدید هشتگرد دست پیدا نمود.

جدول ۷: مقایسه میزان تغییرات انتشار گازهای گلخانه‌ای در سناریوهای پیشنهادی

شاخص	سناریوی اول (وضع موجود)	سناریوی دوم (حداقل مداخله)	سناریوی سوم (حداکثر مداخله)
میزان انتشار خام CO_2 تولیدی (کیلوگرم در سال)	۱۳۰۹۴۲۷.۸۶	۷۷۲۲۵۱.۸۴	۲۶۴۸۲۸.۱
میزان انتشار خام CO تولیدی (کیلوگرم در سال)	۲۹۶۸۷۸.۵۲	۱۷۵۰۸۷.۹	۶۰۰۴۲.۸۴
میزان انتشار خام NO تولیدی (کیلوگرم در سال)	۲۱۸۹۱.۳۳	۱۲۹۱۰.۶۹	۴۴۲۷.۴۶
میزان انتشار هیدروکربن‌ها تولیدی (کیلوگرم در سال)	۳۴۰۲۴.۱۶	۲۰۰۶۶.۱۸	۶۸۸۱.۲۹

شاخص	سناریوی اول (وضع موجود)	سناریوی دوم (حداقل مداخله)	سناریوی سوم (حداکثر مداخله)
کل انتشار گازهای گلخانه‌ای سالیانه تولیدی بخش حمل‌ونقل (کیلوگرم در سال)	۱۶۶۲۲۲۱.۸۷	۹۸۱۷۲۶.۸۴	۳۳۶۱۷۹.۶۹
مجموع (کیلوگرم در سال)	-	۴۱ درصد	۷۹ درصد

در این بخش، به منظور انتخاب سناریوی برتر بر اساس معیارهای استخراج شده از چارچوب نظری، از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاری (روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)) استفاده شده است؛ بنابراین در راستای انتخاب سناریوی برتر ابتدا معیارها به‌صورت زوجی و دودویی با یکدیگر مقایسه شده و اولویت‌بندی می‌شوند و در انتها سناریوهای پیشنهادی در تناسب با معیارها، در راستای انتخاب سناریوی برتر مقایسه زوجی می‌گردند. لازم به ذکر است ملاک این مقایسه جدول ۹ کمیتی توماس ال ساعتی مبدع این مدل است. نتایج به دست آمده از مقایسه زوجی میان معیارها به شرح شکل است.

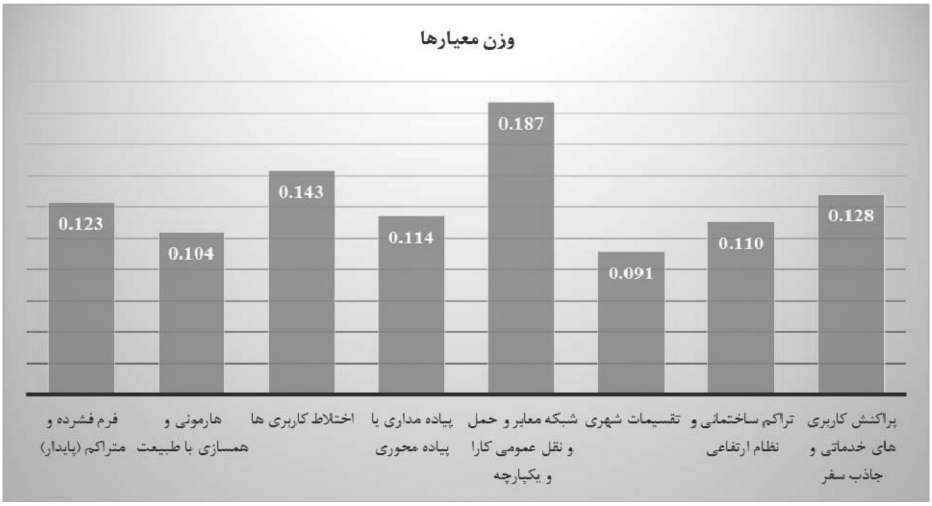
جدول ۸: مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی گزینه‌ها

امتیاز (شدت ارجحیت)	تعریف
۱	ترجیح یکسان
۳	کمی ارجح
۵	ترجیح بیش‌تر
۷	ترجیح خیلی بیش‌تر
۹	کاملاً ارجح
۲، ۴، ۶ و ۸	ترجیحات بینابین (وقتی حالت‌های میانه وجود دارد)

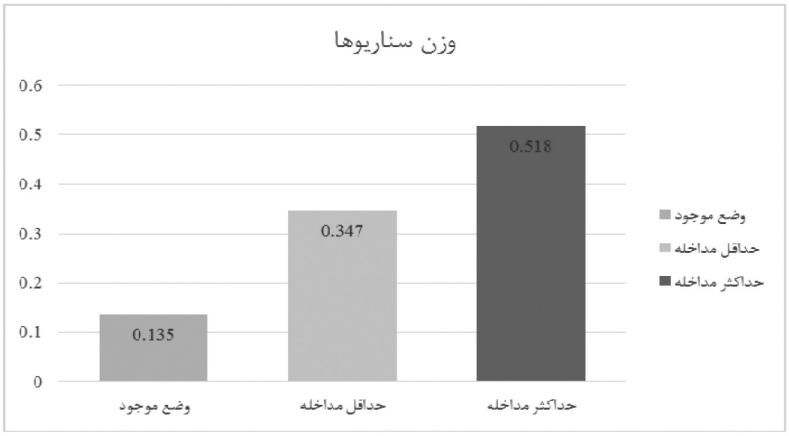
(زبردست، ۱۳۸۰، ۱۵)

بر اساس ارقام و اوزان نمایش داده شده در این شکل می‌توان چنین بیان نمود که معیار یکپارچگی شبکه حمل‌ونقل و معابر با وزن ۰.۱۸۷ در اولویت اول، اختلاط کاربری‌ها با وزن ۰.۱۴۳ در اولویت دوم، پراکنش کاربری‌های خدماتی و جاذب سفر با وزن ۰.۱۲۸ در اولویت سوم و پس از آن به ترتیب معیارهای فرم فشرده و متراکم، پیاده‌مداری، تراکم ساختمانی، هارمونی و همسازی با طبیعت و تقسیمات شهری با وزن‌های ۰.۱۲۳، ۰.۱۱۴، ۰.۱۱۰، ۰.۱۰۴ و ۰.۰۹۱ در اولویت‌های بعدی جهت برنامه‌ریزی و طراحی سناریوها قرار گرفتند. در ادامه روند محاسبات، هر یک از معیارها در ارتباط با سناریوهای پیشنهادی مقایسه زوجی شدند. پس از اتما م روند محاسبات نتایج چنین به دست آمد که به لحاظ کاربست معیارها در سناریوها سناریوی حداکثر مداخله با وزنی معادل ۰.۵۱۸ در رتبه اول و سناریوی حداقل مداخله با وزنی معادل ۰.۳۴۷ در اولویت دوم و در نهایت سناریوی حفظ وضع موجود با وزن ۰.۱۳۵ در اولویت سوم قرار گرفت؛ بنابراین در یک بررسی کلی، سناریوی حداکثر مداخله به لحاظ کاربست بیش‌تر معیارهای شهر کم‌کربن به‌عنوان سناریوی برتر معرفی شود؛ و ملاک صحیح بودن قضاوت‌ها، ضریب ناسازگاری است که در تمامی مراحل میزان آن برابر با ۰.۰۶ بوده است و اگر این میزان کم‌تر از ۰.۱ باشد بیانگر صحیح بودن محاسبات و قضاوت‌ها می‌باشد. اما در یک بررسی کلان‌نگر و با صرف‌نظر از ارزیابی که بر مبنای میزان کاربست هر یک از معیارهای استخراج شده از مبانی نظری در محدوده مطالعاتی می‌باشد، می‌توان چنین اذعان نمود که سناریوی حداکثر مداخله علی‌رغم بهره‌مندی بیش‌تر از معیارهای شهر کم‌کربن، در کوتاه مدت نیازمند صرف هزینه‌های مالی و زیرساختی بسیار بالایی بوده که در صورت اجرایی شدن به لحاظ اقتصادی کارایی پایین‌تری نسبت به سناریوی حداقل مداخله دارد. بنابراین به لحاظ اجرایی و تحقق‌پذیری و در بازه زمانی کوتاه مدت سناریوی حداقل مداخله با کاهش ۴۱ درصدی در انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند گزینه‌ای متعادل به لحاظ اجرایی و کاربست معیارهای شهر کم‌کربن باشد.

شکل ۴: مقایسه معیارها در ارتباط با هدف (وزن نهایی معیارها در ارتباط با هدف)



شکل ۵: مقایسه سناریوها در ارتباط با معیارها (وزن نهایی سناریوها)



پی‌نوشت

1. German Watch
2. Transit Oriented Development
3. Integrity

فهرست منابع

- باقری، اعظم. (۱۳۹۴). لزوم تمرکز بر توسعه شهرهای کم‌کربن در ساختار مدیریت شهری، اولین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری و شهرسازی و مدیریت شهری. https://civilica.com/doc/544455
- زبردست، اسفندیار. (۱۳۸۰). کاربرد «فرآیند تحلیل سلسله مراتبی» در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. *نشریه هنرهای زیبا*، ۱۰. https://jhz.ut.ac.ir/article_13624_2bf4e3907f825cf5f07eb3af7820579e.pdf
- طرح جامع بازنگری شهر جدید هشتگرد. (۱۳۸۵). وزارت راه و شهرسازی. https://www.mrud.ir
- گلیج، محمدرضا؛ و شریف زادگان، محمدحسین. (۱۳۹۳). برنامه‌ریزی راهبردی توسعه پایدار شهری با تأکید بر شهر کم‌کربن، دانشگاه شهید بهشتی. https://centlibrary.sbu.ac.ir/faces/search/bibliographic/biblioFullView.jspx?_afPfm=-16a5mbg-cja

- APA, Policy Guide on Planning & Climate Change. (2008). https://www.planning.org/policy/guides/adopted/energy.htm
- Beatley, T., & Wheeler, S. (2004). The Sustainable Urban Development Reader, Routdledge Press. https://www.routledge.com/Sustainable-Urban-Development-Reader/Wheeler-Beatley/p/book/9780415707763
- Betsill, M., & Bulkeley, H. (2007). Looking Back and Thinking Ahead: A Decade of Cities and Climate Change Research. *Local Environment.* http://sciencepolicy.colorado.edu/students/envs_4800/betsill_2007.pdf
- Building Low- Carbon Society, Ministry of the Environment, Japan, December. (2007). https://www.env.go.jp/earth/info/pc071211/en.pdf
- Cervero, R., & Kockelman, K. (2017). Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920997000096
- Cheng, W.H., & Chang, H.S. (2014). An Exploration of Efficiency and Influencing Factors of Low Carbon City, Real Corp. https://conference.corp.at/archive/CORP2012_99.pdf
- Hester, RD. (2006). Design for Ecological Democracy. https://books.google.com/books?hl=fa&lr=&id=Yr34D-wAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=23.+Hester,RD,+2006,+,+Design+for+ecological+democracy&ots=d-KrCW2kTwN&sig=RYiIFsZal6dFGoUmqIW1Gao4TYM#v=onepage&q&f=false
- Hussey, C.M., & Wei, T. (2009). Assessing Local Land use Planning Awareness, Analysis, and Actions for Climate Change. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 368-381. https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=arch_crp_facultyschol
- IPCC, Climate Change Synthesis Report: Mitigation Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Cambridge, UK: Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdfTang,
- IPCC, Climate Change. (2007). Synthesis Report: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/
- Kwi-Gon, K. (2018). Low-Carbon Smart Cities Tools for Climate Resilience Planning, Springer Press. https://www.semanticscholar.org/paper/Low-Carbon-Smart-Cities%3A-Tools-for-Climate-Planning-Kim/dfdb0f2187c9eaaf827fae217a329c315796e10c
- Lawrence, D.F., & Engelke, P. (2005). Multiple Impacts of the Built Environment on Public Health: Walkable Places and the Exposure to Air Pollution. https://doi.org/10.1177/0160017604273853
- Lawrence, F., Engelke, F., & Schmid, T. (2003). Health and Community Design: The Impact of the Built Environment on Physical Activity. https://www.researchgate.net/publication/37717305_Health_and_Community_Design_The_Impact_Of_The_Built_Environment_On_Physical_Activity/link/53f4c8e20cf2888a74911b59/download
- Reed, R., & Wikinson, S. (2009). International Comparison of Sustainable Rating Tools. *The Journal of Sustainable Real Estate (JOSRE)*, 1, 1-22. http://www.josre.org/wp-content/uploads/2009/12/international-comparison-of-sustainable-rating-tools.pdf
- Roseland, M. (2012). Eco-city Dimensions: Healthy Community, Healthy. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275197000036?via%3Dihub
- United Nations. (2011). Women, Gender Equality and Climate Change, 28-32. https://www.un.org/womenwatch/feature/climate_change/downloads/Women_and_Climate_Change_Factsheet.pdf
- World Bank Report Development and Climate Change. (2011). 15-20. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/4387/9780821379875_overview.pdf
- Zhang, L. (2011). Alternative Scenarios for the Development of a Low-Carbon City: A Case Study of Beijing. *Energies*, 4, 2225-2310. https://pdfs.semanticscholar.org/c786/c7cef0d2cdfbc562f268b615d6aa49146ad3.pdf?_ga=2.245670791.284857540.1626519987-2124679439.1626519987

نحوه ارجاع به این مقاله

نوریان، فرشاد؛ فتح جلالی، آرش؛ و ساوجبلاغی، تارا. (۱۴۰۰). تحلیل اثرات کاربری اراضی و شبکه حمل‌ونقل بر انتشار گازهای گلخانه‌ای با رویکرد شهر کم‌کربن. نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۱۴(۳۵)، ۳۱۱-۳۳۰.

DOI: 10.22034/AAUD.2021.142938.1638

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_135481.html

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open- access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/