ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2020.113274

بررسی و تحلیل اثرات برنامه‌ریزی کاربری اراضی و شبکه حمل‌ونقل بر مصرف انرژی در شهر، مورد مطالعاتی: محدوده ۳۵ هکتاری در شهر جدید هشتگرد*

فرشاد نوریان[1] - آرش فتح جلالی[2]**

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

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۶ تاریخ اصلاحات: ۹۷/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۰۲/۲۳ تاریخ انتشار: ۹۹/۰۶/۳۱

چکیده

رشد شتابان و فزاینده شهرنشینی و در پی آن، افزایش جمعیت شهرها، پیامدهای مختلفی را در زمینه‌های گوناگون به دنبال داشته است. از جمله مهم‌ترین این پیامدها می‌توان به افزایش تقاضا برای منابع انرژی اشاره نمود که خود از دو جنبه قابل‌تأمل است: نخست محدود بودن منابع انرژی تجدیدناپذیر، دوم آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و از سوی دیگر فراگیر شدن آگاهی‌های عمومی نسبت به جنبه‌های یادشده سبب شد تا رویکردهای نوینی نظیر توسعه پایدار، رشد هوشمند و غیره در شهرسازی ظهور یافته و توجه به بحث کارایی انرژی در شهرسازی را آشکار نماید. مفهوم مصرف انرژی در شهر، با مؤلفه‌های گوناگونی در ارتباط است. یکی از این مؤلفه‌ها، ویژگی شبکه معابر و حمل‌ونقل است که در ارتباط با موضوع کاربری زمین بر مصرف انرژی در این بخش (حدود ۳۰ درصد انرژی مصرفی شهرها) تأثیر می‌گذارد. تاکنون مطالعات متعددی در زمینه مصرف انرژی صورت گرفته، اما تحقیقات با ماهیت کمی در ایران کمتر صورت گرفته است. در این مقاله، ابتدا مبانی نظری مطرح‌شده در زمینه انرژی و برنامه حمل‌ونقل مورد بررسی قرارگرفته، سپس مؤلفه‌های مؤثر بر مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل بررسی شده است. در گام بعد، برای ۳۵ هکتار از اراضی بکر شهر جدید هشتگرد (معروف به محدوده ۳۵ هکتاری در مطالعات اسناد فرادست)، سه سناریو پیشنهاد شده و در پایان با اندازه‌گیری شاخص‌های انرژی حمل‌ونقل و کاربری زمین، توسط نرم‌افزار Communityviz، مصرف انرژی سناریوها ارزیابی شده است و جهت تحلیل دقیق‌تر تعیین میزان همپیوندی معابر، از تکنیک تحلیل چیدمان فضا و نرم‌افزار دپث‌مپ[1] استفاده شده است. یافته‌ها نشان‌دهنده وجود ارتباط مستقیم بین فرم شبکه معابر و حمل‌ونقل، کاربری اراضی شهری و مصرف انرژی است که با اعمال تغییر در فرم شبکه معابر، توسعه حمل‌ونقل یکپارچه و تغییر در پراکنش کاربری اراضی می‌توان تا ۳۵ درصد مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل را کاهش داد.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، کارایی انرژی، برنامه‌ریزی کاربری زمین، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، شهر جدید هشتگرد.

* این مقاله برگرفته شده از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده دوم با عنوان «بررسی و تحلیل اثرات برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری و شبکه حمل‌ونقل بر مصرف انرژی در شهر، مورد مطالعاتی: محدوده ۳۵ هکتاری در شهر جدید هشتگرد» با راهنمایی نویسنده اول می‌باشد.

** E_mail:f.noorian@ut.ac.ir

۱. مقدمه

سکونت حدود ۳.۳ میلیارد نفر از جمعیت جهان (۶۰ درصد از کل جمعیت) در شهرها، رشد شتابان و فزاینده شهرنشینی خصوصاً در کشورهای در حال توسعه، پیامدهای مختلفی را در زمینه‌های اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و زیست‌محیطی به همراه داشته است. یکی از این پیامدها، رشد صعودی حدود ۲۰ درصدی میزان مصرف و تقاضای انرژی در شهرها در سه دهه اخیر بوده و پیش‌بینی شده است که این روند تا سال ۲۰۳۵ ادامه خواهد داشت. این افزایش در تقاضا و مصرف انرژی، از دو جنبه تأثیرات عمده‌ای را به همراه داشته است. از یک سو به دلیل وجود منابع محدود جهت تأمین انرژی، موجب به وجود آمدن بحران شدید انرژی شده و از سویی دیگر به دلیل این‌که سهم بالایی از انرژی مورد نیاز (حدود ۸۵ درصد) از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود، آلودگی‌های زیست‌محیطی فراوانی در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای به وجود آمده است. در پاسخ به معضلات مذکور، جنبش‌های متعددی در حیطه شهرسازی شکل گرفته که همگی بر اهمیت و ضرورت توجه به ملاحظات زیست‌محیطی در شهرها مانند میزان مصرف انرژی تأکید دارند. از سوی دیگر، یکی از ابعاد مهم و تأثیرگذار در شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری، فرم شبکه معابر و یکپارچگی شبکه حمل‌ونقل موضوع کاربری اراضی شهری است. برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری با تعیین نحوه استفاده از اراضی شهر، تعیین تراکم‌های مختلف و فراهم آوردن دسترسی مناسب به انواع کاربری‌ها، موجب انتظام بخشی به سیستم شهری و هدایت توسعه آن می‌شود. بنابراین برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری به دلیل ارتباط مستقیم با فعالیت‌های شهری، با بحث انرژی و کارایی آن کاملاً مرتبط بوده و تأثیرگذار است. نحوه تأثیرات این دو مقوله را می‌توان در مصرف انرژی در انواع فعالیت‌های شهری از یک‌سو و انرژی مصرف‌شده جهت دسترسی به این فعالیت‌ها، در نتیجه تولید سفر و مصرف انرژی در این سفرها را از سوی دیگر جستجو نمود.

بر همین مبنا با توجه به شرایط کنونی کشور ایران، در زمینه میزان مصرف انرژی، نیاز به تدوین معیارهایی جهت به‌کارگیری آن‌ها در فرآیند برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری و شبکه حمل‌ونقل، ضروری بوده و از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین شهرهای جدید و از آن جمله شهر جدید هشتگرد، به‌عنوان الگوهای جدید توسعه شهر می‌تواند سهم به‌سزایی را در جذب جمعیت سایر مراکز شهری دارا باشد. این مراکز شهری علی‌رغم انتقادات فراوانی که بر شکل‌گیری آن‌ها از سوی برنامه‌ریزان شده است (تاکنون نتوانسته‌اند به افق جمعیتی پیش‌بینی‌شده برای آن‌ها برسند)، نیازمند برنامه‌ریزی صحیح و محملی مناسب برای به‌کارگیری اصول و رویکردهای نوینی چون کارایی انرژی است. به‌کارگیری معیارهای برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری و شبکه حمل‌ونقل با رویکرد کارایی انرژی در این شهر جدید می‌تواند به‌عنوان فرصتی در جهت به‌کارگیری این معیارها در سایر شهرهای کشور و توسعه هر چه پایدارتر شهری و کاهش مصرف انرژی شود. مطالعه موردی در این پژوهش ۳۵ هکتار از اراضی بکر و خالی از سکنه واقع در محدوده جنوبی شهر جدید هشتگرد (معروف به محدوده ۳۵ هکتاری که با همکاری شرکت عمران شهر جدید هشتگرد و گروه همکار آلمانی انجام شده) است که با کاربست معیارهای کارایی انرژی در آن می‌توان تا حد زیادی از تعداد سفرهای تولیدی ناشی از سفرهای محلی، ناحیه‌ای و سطوح بالاتر کاست و به تبع آن تا حد زیادی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داد.

۲. مبانی نظری

در این بخش تلاش بر آن است که ادبیات نظری به همراه مدل‌ها و نظریات مرتبط بررسی شوند. به علت نگاه کل‌نگرانه و کلانی که موضوع این پژوهش دارد و همچنین ازآن‌رو که مفاهیم مرتبط با تحقیق، مفاهیمی چندبعدی می‌باشند، در این بخش برخی از اساسی‌ترین مفاهیم تبیین می‌گردند تا کلیت تحقیق برای مخاطب قابل‌درک شود.

۲-۱- مفاهیم، اصول و خاستگاه‌های توجه به بحث انرژی

بر اساس مطالب ذکرشده، جنبش‌های متعدد شهرسازی در پاسخ به بحران‌های به وجود آمده در زمینه محیط‌زیست از دهه ۱۹۶۰ میلادی شکل گرفتند که آینده‌ای بهتر، محیط زندگی سالم و باکیفیت‌تر را نوید می‌دادند. از مهم‌ترین این جنبش‌ها می‌توان به توسعه شهری پایدار، رشد هوشمند و نوشهرسازی اشاره نمود. هر یک از این جنبش‌ها دارای اهداف و اصول خاص خود بوده و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به موضوع انرژی و کارایی آن در شهرها تأکید داشته‌اند (Leitman, 1999, p. 41). بنابراین در این قسمت به بررسی اجمالی مفاهیم و اصول این جنبش‌ها به‌عنوان خاستگاه‌های توجه به موضوع انرژی و کارایی انرژی پرداخته‌شده است.

طبق دستور کار ۲۱ پیوند کاربری زمین و برنامه‌ریزی، حفاظت انرژی، مدیریت مصرف و موضوعات مختلف دیگر در سطح محلی با مشارکت مردم محلی گره خورده و در فصل جداگانه‌ای بر ایجاد سکونتگاه‌های پایدار و ضرورت توجه به موضوع انرژی و پایداری آن در شهرها تأکید شده است (Haughton & Hunter, 1994, pp. 248-299).

به‌طور کلی، پایداری انرژی به معنای تأمین انرژی به نحوی است که نیازهای نسل حاضر را بدون مصالحه و صرف‌نظر از توانایی نسل‌های آینده در برآوردن نیازهایشان تأمین نماید. به‌بیان‌دیگر پایداری انرژی به معنای استفاده

از منابعی است که آلاینده‌های تهدیدکننده محیط‌زیست را منتشر نکرده و به‌واسطه مصرف مداوم و پیوسته تمام نشده و همچنین نقشی در تداوم بخشیدن به خطرات عمده سلامت انسان‌ها نداشته باشند (Lantsberg, 2005, p. 12).

جنبش نوشهرسازی یکی دیگر از مبانی فکری پشتیبان موضوع انرژی در حیطه شهرسازی است. شهرسازی نوین یا نوشهرسازی، جنبشی در ایالات‌متحده است که در اوایل دهه ۸۰ ظهور کرد و با بحث درباره رشد حومه شهری در قالب خلق شهرها و مجتمع‌های کوچک، گسترش بی‌رویه شهرها را به چالش کشید. این جنبش به‌هیچ‌وجه نیازهای حیات مدرن و پسامدرن را رد نمی‌کند، بلکه می‌کوشد در جهت رفع آن‌ها راه‌حل‌هایی کالبدی، فنی و غیره متناسب با حیات انسانی و حفظ محیط‌زیست با تأکید بر جایگاه فراموش‌شده انسان (و نه اتومبیل) بیابد (Caves, 2005, p. 332). استیمرز[۲] در سال ۲۰۰۳ میلادی به بررسی ارتباط میان انرژی و شهر پرداخته است. وی در این مقاله، با معرفی دو بخش ساختمان و حمل‌ونقل به‌عنوان بخش‌های تأثیرپذیر از برنامه‌ریزی شهری، مصرف انرژی در دو بخش ساختمان و حمل‌ونقل را مقایسه و ارتباط میان آن‌ها را تفسیر نموده است (Steemers, 2003).

کوان[۳] و لیدر[۴] در سال ۲۰۰۶ میلادی، در زمینه حمل‌ونقل و کارایی انرژی گزارش فنی را در شهرهای آسیایی برای بانک توسعه آسیا تهیه نمودند. در این گزارش، بخش حمل‌ونقل به‌عنوان یکی از بخش‌های مصرف‌کننده انرژی و در حال رشد در شهرها مطرح‌شده و تمرکز اصلی این تحقیق بر دستیابی به سیاست‌های کاهش میزان مصرف انرژی در این بخش بوده است (Kwon & Leather, 2006). همچنین اوکایل[۵] در سال ۲۰۱۰ میلادی، با رویکردی همه جانبه‌نگر در زمینه فرم بهینه ساختمان و کارا از نظر میزان مصرف انرژی تحقیق نموده است. وی در این تحقیق، با تأکید بر تفاوت‌های موجود در زمینه فرم‌های متناسب برای ساختمان‌ها در عرض‌ها و اقلیم‌های متفاوت جغرافیایی، فرم پیشنهادی خود را برای بلوک‌های مسکونی ارائه می‌نماید. به‌طور کلی، تأکید اصلی و ویژه این تحقیق بر ساختمان و فرم آن به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها است (Okeil, 2010).

رویکرد و فرآیند برنامه‌ریزی انرژی روتردام (REAP)[۶] در کشور هلند و شهر روتردام جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی تهیه‌شده و از جمله روش‌های جدید در زمینه کارایی انرژی در شهرها است. از جمله ویژگی‌های این روش قابلیت به‌کارگیری آن از مقیاس ساختمان تا مقیاس شهر است (Dobbelsteen & Van den Tillie, 2009).

فرآیند برنامه‌ریزی پایدار انرژی در شهر[۷] یکی دیگر از فرآیندهای مرتبط با انرژی در شهرها است که توسط سازمان اسکان بشر[۸] ارائه‌شده است. این برنامه از یک فرآیند ده مرحله‌ای به‌عنوان چارچوب اقدامات محلی استفاده می‌نماید و نقش و مشارکت گروه‌های محلی در این فرآیند بسیار پررنگ است. این فرآیند توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی جوامع سالم، ارتقاء مصرف بهینه منابع انرژی را در کشورهای در حال توسعه هدف قرار داده است (UN-Habitat, 2009).

مدل توسعه بر مبنای کارایی انرژی (انرژی کارا)[۹] توسط انجمن برنامه‌ریزی آمریکا در سال ۲۰۰۶ میلادی جهت دستیابی به کارایی انرژی در شهرها ارائه شده است. اهمیت این مدل از این جهت است که در محتوا و مراحل این مدل، بیشتر به مباحث فنی برنامه‌ریزی و طراحی شهری توجه شده و پیشنهادات مدل در این راستا می‌باشند. این مدل، استفاده پایدار از منابع انرژی، فرم و کارکرد اکولوژیک اجتماع، مدیریت منابع اجتماع محور، بهینه‌سازی کاربری زمین، برابری اجتماعی و سرزندگی اقتصادی را به عنوان پنج اصل اساسی برای دستیابی به کاهش میزان مصرف انرژی در شهرها معرفی نموده و راهکارهایی را در این راستا ارائه می‌نماید (APA, 2006, p. 485).

۲-۲- رویکرد کارایی انرژی[۱۰] در شهرها

مدل توسعه بر مبنای کارایی انرژی (انرژی کارا) توسط انجمن برنامه‌ریزی آمریکا در سال ۲۰۰۶ میلادی جهت دستیابی به کارایی انرژی در شهرها ارائه شده است. اهمیت این مدل از این جهت است که در محتوا و مراحل این مدل، بیشتر به مباحث فنی برنامه‌ریزی و طراحی شهری توجه شده و پیشنهادات مدل در این راستا می‌باشند. این مدل، استفاده پایدار از منابع انرژی، فرم و کارکرد اکولوژیک اجتماع، مدیریت منابع اجتماع محور، بهینه‌سازی کاربری زمین و برابری اجتماعی و سرزندگی اقتصادی را به عنوان پنج اصل اساسی در جهت دستیابی به کاهش میزان مصرف انرژی در شهرها معرفی نموده و راهکارهایی را در این راستا ارائه می‌نماید (APA, 2006, p. 485).

برنامه‌ریزان شهری بهترین فرصت را برای ارتقای اقتصادی، زیست‌محیطی و بهداشت عمومی جامعه‌شان در قالب به‌کارگیری بهینه منابع انرژی دارند. نیاز روزافزون جامعه به منابع پاک، فناوری‌های نوین و مدرن که مصرف انرژی را در خدمات، تجارت و نیز کاربری‌های مسکونی بهینه می‌سازد، به همراه الگوهای جدید توسعه بر مبنای بازدهی انرژی در شهر فرصت نابی را در اختیار برنامه‌ریزان قرار داده است. اهمیت افزایش گازهای گلخانه‌ای و تقاضای انرژی به‌صورت چشمگیری در مباحث جهانی افزایش یافته است. جهان در حال نظاره کردن یک‌روند شهرنشینی غیرقابل کنترل است و به‌تبع آن افزایش تقاضای انرژی برای مصارف عمومی، خصوصی و فعالیت‌های اقتصادی که منجر به افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌شود. این امر نیاز

شدید و عاجل به در نظر گرفتن مسائل کارایی انرژی در برنامه‌ریزی شهری و به خصوص کاربری اراضی را بیان می‌نماید (Omer, 2008, p. 233).

۲-۳- مصرف انرژی در شهر

در تعریفی عام، فعالیت‌های انسانی به عنوان عامل اصلی مصرف انرژی در جهان مطرح می‌باشند. بر همین اساس، با دسته‌بندی فعالیت‌های مذکور، می‌توان اظهار داشت که مصرف انرژی در شهرها نیز در بخش‌های مختلفی صورت می‌پذیرد. در کشورهای مختلف و بر مبنای تقسیمات مختلف، بخش‌های مصرف‌کننده انرژی متفاوت است. برای نمونه در کشور کانادا، بخش‌های صنعتی، کشاورزی، مسکونی، تجاری- سازمانی، ساخت‌وساز و حمل‌ونقل، مهم‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی می‌باشند (Khalil, 2009, p. 10).

همچنین نتایج مطالعه در متون نظری نیز چنین بیان می‌کند که در کشور آلمان در حال حاضر بخش‌های عمده مصرف‌کننده انرژی در بخش‌های صنعتی، خانگی و حمل‌ونقل خلاصه شده است. همچنین در کشور انگلستان براساس آمار ارائه‌شده توسط دپارتمان انرژی و تغییرات آب‌وهوایی در سال ۲۰۱۰ میلادی بخش‌های خانگی، صنعتی، حمل‌ونقل و خدمات به‌عنوان مهم‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در این کشور معرفی‌شده‌اند.

پروژه تغییر منابع انرژی مهم‌ترین گام کشور آلمان در راستای مدیریت انرژی و کارایی مصرف آن در مقیاس کلان بوده است و کلیه مقیاس‌ها را شامل می‌شود. لازم به ذکر است که این امر به صورت ناگهانی و بدون برنامه محقق نشده است. زیرساخت‌های موجود در این کشور زمینه را برای انجام این برنامه به خوبی فراهم آورده است. بدیهی است که نظام برنامه‌ریزی شهری از جمله مواردی است که در این برنامه مورد توجه قرار گرفته است. به‌طور کلی اصول سیاست‌های انرژی آلمان بر سه اصل پایداری، تداوم اقتصادی و منابع محیطی انرژی استوار است. همچنین برنامه تغییر منابع انرژی بر اساس پنج محور کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، بهره‌وری بخش ساختمان‌ها، حمل‌ونقل و انرژی‌های تجدید پذیر استوار است (Morris & Pehnt, 2016).

۲-۴- مصرف انرژی در ساختمان‌ها

ساختمان‌ها یکی از مهم‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در شهرها می‌باشند که در کشورهای مختلف به دلیل ویژگی‌های مختلف آن‌ها، سهم متفاوتی را در مصرف انرژی در مقایسه با بخش‌های دیگر به خود اختصاص داده است. برای نمونه در انگلستان، بیش از نیمی از کل انرژی مصرفی در ساختمان‌ها است، در حالی که سهم ساختمان‌ها از کل مصرف انرژی در دیگر کشورهای اتحادیه اروپا و آمریکا به ترتیب ۴۱ و ۳۶ درصد است. در واقع این تفاوت در میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها در کشور انگلستان به نسبت بخش‌های دیگر (حمل‌ونقل و صنعت) به دلیل وضعیت مناسب‌تر حمل‌ونقل عمومی، پیاده‌مداری بیشتر، ترافیک شدید و محدودیت‌های موجود برای پارکینگ است. برای مثال در شهر لندن تنها ۱۰ درصد ساکنین شهر با ماشین شخصی سفرهای روزانه خویش را انجام می‌دهند، در حالی که این نسبت در جهان ۴۰ درصد است (Steemers, 2003, p. 3).

مصرف انرژی بر اساس انواع ساختمان‌های موجود در شهر، متفاوت است. برای نمونه در ساختمان‌های مسکونی، گرمایش فضای خانه، گرم کردن آب، روشنایی و آشپزی از جمله فعالیت‌هایی می‌باشند که مصرف انرژی را در ساختمان‌های مسکونی شکل می‌دهند. در میان فعالیت‌های مذکور، انرژی مصرفی جهت گرمایش فضای داخلی خانه، حدود ۶۰ درصد از کل مصرف انرژی در این ساختمان‌ها را شامل شده و بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص داده است (Steemers, 2003, p. 6; Mitchell, 2005, p. 6).

۲-۵- مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل

مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل، یکی دیگر از مهم‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی است که به مانند بخش ساختمان، براساس ویژگی‌های متفاوت کشورها، سهم متفاوتی را از میزان کل مصرف انرژی در شهرها را به خود اختصاص داده است. برای مثال در سال ۲۰۰۴ میلادی، موسسه تکنولوژی گاز کشور آمریکا سهم مصرف انرژی در حمل‌ونقل را ۲۸ درصد اعلام نموده است (APA, 2006, p. 484). این در حالی است که در همان سال، مصرف بخش حمل‌ونقل در کشور انگلستان، حدود ۲۰ درصد برآورد شده است (Mitchell, 2005, p. 3).

با وجود سهم بالای مصرف انرژی در بخش ساختمان، دلایلی را می‌توان جهت روشن نمودن ضرورت و اهمیت توجه به مصرف انرژی در حمل‌ونقل ارائه کرد که به شرح زیر می‌باشند:

- اول، بسیاری از آلودگی‌های محلی ناشی از حمل‌ونقل (هوا و صدا) در مقایسه با آلودگی ناشی از ساختمان‌ها، بسیار سریع‌تر قابل رفع و حل می‌باشند.
- دوم، نرخ تعویض و یا جانشینی خودروهای قدیمی با خودروهای جدید در قیاس با ساختمان‌ها، بسیار سریع‌تر است. به عبارت بهتر، سیاست‌های حمل‌ونقلی، شانس بیشتری را برای سودرسانی کوتاه‌مدت در مقایسه با سیاست‌های مرتبط با ساختمان دارند.
- سوم، ماشین‌ها تنها با محیط‌زیست ارتباط نداشته، بلکه با مواردی چون تصادفات، مرگ‌ومیر و فرسایش اجتماعی در ارتباط بوده که همین امر، این بحث را در محافل سیاسی در صدر توجه قرار داده است (Steemers, 2003, pp. 3-4).

۲-۶- معیارهای برنامه‌ریزی کاربری اراضی و حمل‌ونقل شهری با رویکرد کارایی انرژی

در نتیجه بررسی‌های انجام‌شده بر روی ادبیات نظری و عملی در زمینه کارایی انرژی در شهرها، می‌توان اذعان داشت که معیارهای متنوعی در ارتباط با موضوع برنامه‌ریزی کاربری اراضی و حمل‌ونقل شهری در منابع ارائه‌شده است. بر همین مبنا، در این قسمت به عنوان مهم‌ترین دستاورد نهایی بخش مبانی نظری این پژوهش، معیارهای نهایی برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری و شبکه حمل‌ونقل با رویکرد کارایی مصرف انرژی تبیین شده تا در بخش‌های بعدی این تحقیق مورد استفاده قرار گیرد و بر اساس آن‌ها طرح پیشنهادی ارائه شد. همچنین جهت دستیابی به معیارهای فوق در سناریوهای پیشنهادی برای محدوده مورد مطالعه، با توجه به بررسی‌های انجام‌شده بر روی منابع و نمونه‌های موردی اجراشده در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، دستورالعمل‌هایی در زمینه‌های مختلف تدوین‌شده است که در جدول ذیل به تشریح آن‌ها پرداخته‌شده است.

جدول ۱: معیارهای برنامه‌ریزی کاربری اراضی و حمل‌ونقل شهری با رویکرد کارایی انرژی

معیارها	راهکارهای ملاک عمل بر اساس مطالعات نظری
فرم فشرده و متراکم (پایدار)	- نزدیکی و یا هسته مرکزی شهر با اختلاطی از مسکن، مراکز کار و مراکز فروش - خطوط حمل‌ونقل عمومی منظم و دائمی با حداکثر فاصله زمانی ۲۰ دقیقه (غیر از خطوط BRT و مترو) (Cervero, 2017, p. 28).
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 (Cervero, 2017, p. 61). - وابستگی کمتر به اتومبیل، مصرف کمتر سوخت در بخش حمل‌ونقل، تشویق به حمل‌ونقل عمومی و فرصت بیشتر برای پیاده‌روی - تشویق به زندگی اجتماعی، نظارت بهتر و در نتیجه آن افزایش امنیت عمومی - ایجاد روابط اجتماعی بالا، در نتیجه افزایش تراکم جمعیتی - حمل‌ونقل عمومی خودبسنده، 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 در نتیجه فرم شهری متراکم، به همراه مصرف کمتر سوخت و تولید کمتر آلودگی.
توزیع متمرکز و پراکنده	- کاربری‌های خدماتی در فرآیند برنامه‌ریزی به‌صورت دسته‌ها و گروه‌های کوچک متمرکز در سطح کل محدوده پراکنده شوند. - فعالیت‌های انسانی باید در اطراف گره‌های حمل‌ونقل عمومی توسعه یابند. - گسترش فضاهای سبز باید در شهر و منطقه ارتقا یابد.
پیاده‌مداری یا پیاده‌محوری	- ایجاد قابلیت دسترسی پیاده به‌تمامی محدوده و کاربری‌های درون محدوده در فرآیند برنامه‌ریزی کاربری زمین بوده که یکی از معیارهای مهم در دستیابی به کارایی انرژی می‌باشد. - دسترسی پیاده (حداکثر ۱۰ دقیقه) به اکثر فعالیت‌ها و کاربری‌های محله‌ای (Cervero, 2017, p. 34). - طراحی معابر پیاده‌مدار و در پاره‌ای از موارد خاص، مسیرهای پیاده عاری از حرکت سواره - فعال بودن بصری طبقه همکف (Cervero, 2017, p. 38). - نفوذپذیری فیزیکی طبقه همکف (Cervero, 2017, p. 38). - سایه‌اندازی مناسب در پیاده‌روها جهت ترغیب به پیاده‌روی و تامین آسایش اقلیمی(Cervero, 2017, p. 41). - طول پیاده‌روها می‌بایست حداقل از ۱.۸ متر بیشتر در نظر گرفته شود (Cervero, 2017, p. 35).

معیارها	راهکارهای ملاک عمل بر اساس مطالعات نظری
شبکه معابر حمل‌ونقل عمومی کارا و یکپارچه	- ایجاد ارتباط و اتصال مناسب محدوده به محیط اطراف خود از طریق سیستم حمل‌ونقل عمومی - دسترسی‌های سواره به منظور 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، واحدهای همسایگی و ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی در هماهنگی با یکدیگر جانمایی گردند. - تأمین پارکینگ در مجاورت ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی - کاهش فضای پارکینگ در محدوده به منظور 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, 2017, p. 20) - کلیه سطوح مخصوص پارک سواره به صورت غیر حاشیه‌ای در نظر گرفته شود.
تنوع	- اختلاطی از کاربری زمین، گونه‌های ساختمان، مسکن و سبک‌های معماری در راستای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها و بلوک‌های مسکونی.
میزان فضاهای باز و سبز	- حفظ فضاهای باز و افزایش سهم فضای سبز در هر محدوده - استفاده از درختان سایه‌انداز در مسیرهای پیاده و پیاده‌روها.
آسایش اقلیمی	- توجه به اصول و معیارهای مورد نظر معماری و طراحی اکولوژیک - توجه به جهت باد و جهت‌گیری معابر - جهت‌گیری معابر به صورت پیچ و خم‌دار در اقلیم سرد و خشک به منظور جلوگیری از ایجاد تونل باد در فصول سرد سال.
تقسیمات شهری	- مساحت انواع سطوح تقسیمات با توجه به شعاع دسترسی به مراکز خدماتی تعیین شود تا از طریق پیاده و دوچرخه قابل دسترسی باشد. - توزیع متعادل مراکز خدماتی در سطح محدوده - تأمین کاربری‌های خدماتی ساکنین با توجه به سلسله مراتب شبکه دسترسی - تعیین بیشینه و کمینه جمعیتی به منظور 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 به عنوان عنصری که شعاع هر یک از تقسیمات بر اساس دسترسی به آن تعیین شود.
تناسب بلوک‌های مسکونی	- جانمایی قطعات مسکونی به صورت فشرده و چسبیده به یکدیگر جهت کاهش سطح اشغال و افزایش فضای آزاد - توجه به اثر باد موجب کاهش ۳ تا ۵ درصدی در میزان مصرف انرژی در اقلیم‌های سرد خواهد شد. - عمق ساختمان برای عبور باد جنوبی در تابستان، کم‌تر از ۲۰ متر باشد. - استفاده از فرم مستطیل در قطعات و بلوک‌های مسکونی. - کاهش عمق قطعات مسکونی به منظور افزایش استفاده از نور خورشید - سایه‌اندازی بلوک‌های ساختمانی بر یکدیگر از طریق تعیین حداقل فاصله بین بلوک‌ها با توجه به‌نظام ارتفاعی موجود در آن‌ها کاسته شود. - طول بلوک‌ها حداکثر چیزی در حدود ۱۱۰-۱۵۰متر باشد (Cervero, 2017).

معیارها	راهکارهای ملاک عمل بر اساس مطالعات نظری
تراکم ساختمانی و نظام ارتفاعی	- افزایش تراکم و فشردگی الگوی سکونتگاه افزایش داده شود. - افزایش سطح فضای باز و سبز - 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 تا۲۵۰ متر) و دوچرخه (۴۰۰ تا۶۰۰ متر) (Cervero, 2017, p. 17). - سطوح کاربری‌های مختلط به صورت عمودی و افقی در سطح محدوده افزایش‌یافته و به‌صورت پراکنده توزیع شوند. - مراکز تمرکز کاربری‌های خدماتی به صورت پراکنده توزیع شوند. - جانمایی مراکز کار و فعالیت به صورت یکپارچه در محدوده مطالعاتی - استقرار کاربری‌های منطقه‌ای و ناحیه‌ای در لبه‌های خارجی محدوده.

۳. روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر به طور کلی در زمره تحقیق‌های کمی و به لحاظ هدف در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد. در این راستا روش‌شناسی پژوهش حاضر در ابعاد «برنامه‌ریزی»، «شبیه‌سازی (مدل‌سازی)»، «مستندسازی و تحلیل» است. مدل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی در شهر، طیف بسیار متنوعی را به خود اختصاص می‌دهند. از طرف دیگر، امروزه نقش نرم‌افزارها در شهرسازی غیرقابل انکار بوده، به نحوی که استفاده از آن‌ها نه تنها موجب تسریع امر برنامه‌ریزی می‌شود، بلکه دقت طرح‌ها در صورت استفاده از ابزارهای مناسب به شدت افزایش می‌یابد. بنابراین، انواع مدل‌های اندازه‌گیری مصرف انرژی در شهر، مبنا و پایه تولید نرم‌افزارهای مختلفی را در این زمینه فراهم آورده است.

در این تحقیق به منظور اندازه‌گیری هرچه دقیق‌تر انرژی بخش حمل‌ونقل، از نرم‌افزار CommunityViz به عنوان ابزار تحلیل و اندازه‌گیری تعداد سفرهای تولیدی و به تبع آن میزان مصرف انرژی، استفاده شده است. این نرم‌افزار یکی از افزونه‌های[11] نرم‌افزار ArcGis بوده که بر اساس 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 مصرف انرژی 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 مصرف انرژی است و همچنین از آنجا که یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار در افزایش پیاده‌مداری و توسعه حمل‌ونقل یکپارچه و به دنبال آن کاهش سفرهای شخصی و مصرف انرژی، میزان هم‌پیوندی[12] شبکه معابر است. جهت بررسی این موضوع از تکنیک تحلیل چیدمان فضا و نرم‌افزار مربوط به آن یعنی دپث‌مپ استفاده شده است. از سوی دیگر به منظور نمایش و تحلیل دقیق‌تر شبکه معابر و کاربری اراضی به صورت توأمان برای ارائه سناریوهای کاربری اراضی پیشنهادی و مکان‌یابی ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی بر اساس نظام کاربری زمین و همپیوندی معابر، از همپوشانی و روی هم گذاشتن 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 استفاده شد که در ادامه روند پژوهش (تحلیل یافته‌ها) و در تحلیل هر یک از سناریوهای پیشنهادی به کار برده شده است.

۴. تحلیل یافته‌ها

به منظور ارزیابی میزان تأثیرگذاری مؤلفه‌های برنامه‌ریزی کاربری اراضی و شبکه حمل‌ونقل بر میزان مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل، سایت ۳۵ هکتاری در شهر جدید هشتگرد به دلیل بکر بودن زمین، امکان توسعه و مداخله از پیش اندیشیده شده و کاربست اصول و معیارهای استخراج‌شده از مبانی نظری به عنوان مطالعه موردی این تحقیق در نظر گرفته شد. شهر جدید هشتگرد در دامنه‌جنوبی رشته کوه البرز، غرب استان تهران و میانه راه کرج- قزوین واقع شده و فاصله آن با شهرهای کرج، تهران و قزوین به ترتیب ۲۵، ۶۰ 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.

۴-۱- تحلیل میزان مصرف انرژی در سناریوها

تحلیل سناریوی اول یا همان بررسی وضع موجود بر اساس داده‌های موجود در طرح جامع بازنگری شهر جدید هشتگرد و بر اساس طرح و الگوی کاربری زمین و حمل‌ونقل پیشنهادی آن تحلیل و مورد سنجش قرارگرفته است. در سناریوی دوم که حداقل مداخله است به کاربست چارچوب نظری استخراج‌شده از مبانی نظری از طریق کمترین مداخله و بهینه‌ترین مداخله در وضع موجود پرداخته شده است. در سناریوی سوم یا حداکثر مداخله (بیشینه کارایی) است که در این طرح، بیشترین میزان مداخله در وضعیت موجود (طرح پیشنهادی فرادست) صورت گرفته تا بتوان به بیش‌ترین میزان از سطح کارایی انرژی در محدوده مطالعاتی حاضر دست‌یافت که در ادامه تمامی موارد ذکرشده در هر یک از سناریوها (سناریوی وضع موجود، حداقل مداخله، حداکثر مداخله) مورد بررسی قرارگرفته و برای هر یک از سناریوها چشم‌انداز تدوین شده و ویژگی‌های هر یک از آن‌ها مطرح می‌شود و پس از آن سناریوی برتر به لحاظ سازگاری بیش‌تر با محیط محدوده مطالعاتی انتخاب شده و دستورالعمل و راهکارهای ملاک عمل جهت دستیابی به پایداری مصرف انرژی در محدوده مطالعاتی و همچنین سطوح بالاتر برنامه‌ریزی مطرح می‌شوند.

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

در سناریوی وضع موجود، پیشنهادات طرح جامع بازنگری شهر جدید هشتگرد (۱۳۸۵) مورد ارزیابی و تحلیل قرارگرفته است که این پیشنهادات برای کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه شامل موارد زیر است:

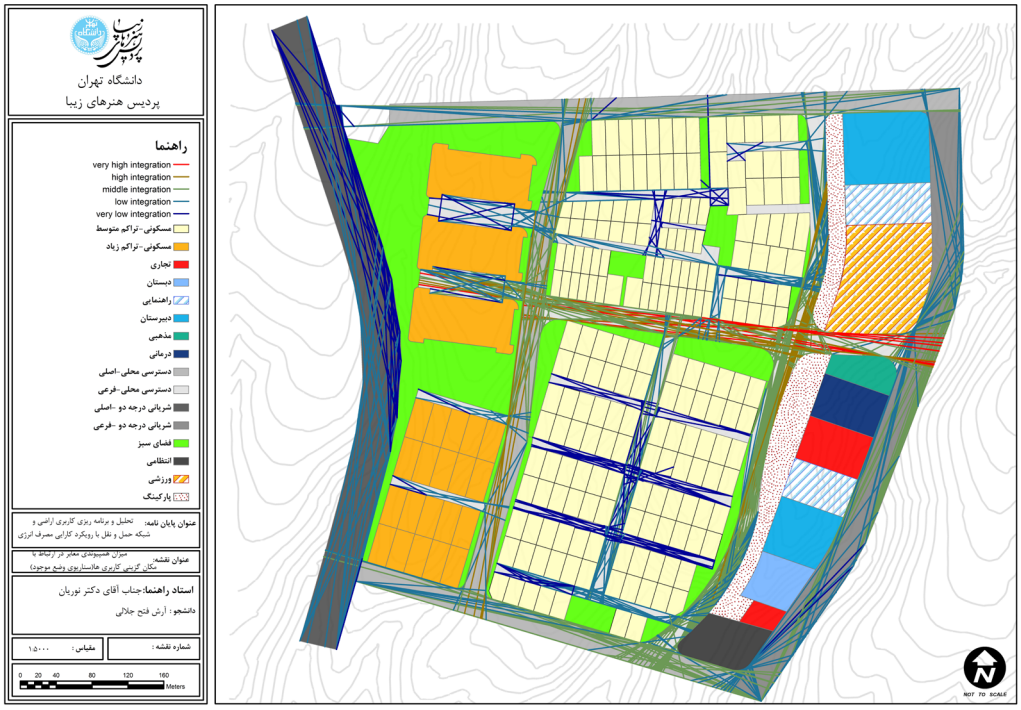
- تسهیلات اجتماعی: مهدکودک، مدرسه ابتدایی، مدرسه راهنمایی و کاربری‌های فرهنگی.
- واحدهای خدماتی و تجاری/ صنعتی با ویژگی خدماتی: فروشگاه‌های محلی، فروشگاه‌های منطقه‌ای، اداری، و نظامی.
- واحدهای مسکونی.

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 در حدود ۳۰ درصد، پس از کاربری مسکونی، سهم بالایی را از کاربری‌های پیشنهادی سناریوی وضع موجود به خود اختصاص داده است.

بررسی امر اتصال و هم‌پیوندی معابر در پژوهش حاضر در راستای سنجش میزان حضور پذیری عابر پیاده، پیاده‌مداری و سنجش چگونگی پراکنش کاربری‌های خدماتی و جاذب سفر در سناریوی‌های پیشنهادی 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 شبکه معابر و به‌تبع آن الگوی حضور پذیری و تقاضای سفر در سناریوی وضع موجود موردبررسی قرار گرفت که نتایج آن به شرح ذیل است:

نتایج بررسی‌های صورت گرفته (شکل ۱) حاکی از آن است که در سناریوی وضع موجود به‌طورکلی میزان هم‌پیوندی در شبکه معابر در اغلب نقاط سایت ۳۵ هکتاری، از ارزش هم‌پیوندی پایین[۱۳] و بسیار پایین[۱۴] (معبر غربی، شمالی و شرقی) و تنها بخش‌هایی از معبر مرکزی محدوده از هم‌پیوندی بالا و بسیار بالا برخوردار است. 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 و یکی از اصول اصلی رویکرد کارایی انرژی به شمار می‌رود، لذا به دنبال این امر، ترغیب بیشتر ساکنین به استفاده از خودروی شخصی و افزایش نرخ سفرسازی و مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل صورت می‌گیرد.

شکل ۱: میزان اتصال و هم‌پیوندی شبکه ارتباطی در ارتباط با نظام کاربری زمین (سناریوی وضع موجود)



۴-۱-۲- تحلیل نظام کاربری اراضی و مصرف انرژی 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 مصرف انرژی بخش حمل‌ونقل استفاده شده است. در این روش اصل بر این است که کاربری‌های خدماتی به عنوان مکان‌های جذب‌کننده‌سفر مطرح بوده و جریان سفر از کاربری‌های مسکونی به سمت آن‌ها شکل می‌گیرد. یکی از مواردی که دلیل وجودی و شکل‌دهی به این سفرها است، میزان فاصله بین مبدأ سفر (ساختمان‌های مسکونی) و مقصد سفر (کاربری‌های خدماتی) است. لذا 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، محاسبه‌شده است. سپس با ضرب این درصد در میزان انرژی مصرفی خام ناشی از سفرهای محلی و ناحیه‌ای و جمع آن با میزان انرژی مصرفی خام ناشی از سفرهای شهری، میزان کل انرژی مصرفی در بخش حمل‌ونقل برای سناریوهای پیشنهادی محاسبه‌شده است که نتایج آن به شرح جدول ذیل است:

جدول ۲: محاسبه مصرف انرژی در سناریوی وضع موجود

شاخص	سناریوی اول (وضع موجود)
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای محلی (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای ناحیه‌ای (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای شهری (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
درصد قطعات مسکونی بافاصله بیشتر از ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر (سفرهای محلی)	۴۱.۱۰
درصد قطعات مسکونی بافاصله بیشتر از ۵۰۰ متر (ناحیه‌ای)	۴۰
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای محلی (لیتر)	۱۳۶۵۲۰۱.۴۳
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای ناحیه‌ای (لیتر)	۱۳۲۸۶۶۳.۴۱
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای شهری (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
کل انرژی سالیانه مصرفی بخش حمل‌ونقل (لیتر)	۶۰۱۵۵۲۳.۳۷

بنابراین همان‌طور که در جدول فوق مشخص است میزان کل انرژی سالیانه مصرفی بخش حمل‌ونقل (لیتر) بر اساس متوسط فاصله دسترسی تا کاربری‌های جاذب سفر یا همان کاربری‌های تجاری- خدماتی ۶۰۱۵۵۲۳.۳۷ لیتر در سال در سناریوی وضع موجود که بر اساس طرح پیشنهادی کاربری زمین و شبکه معابر و حمل‌ونقل به‌دست‌آمده است.

۴-۱-۳- تحلیل کاربری اراضی و یکپارچگی شبکه حمل‌ونقل در سناریوی حداقل مداخله

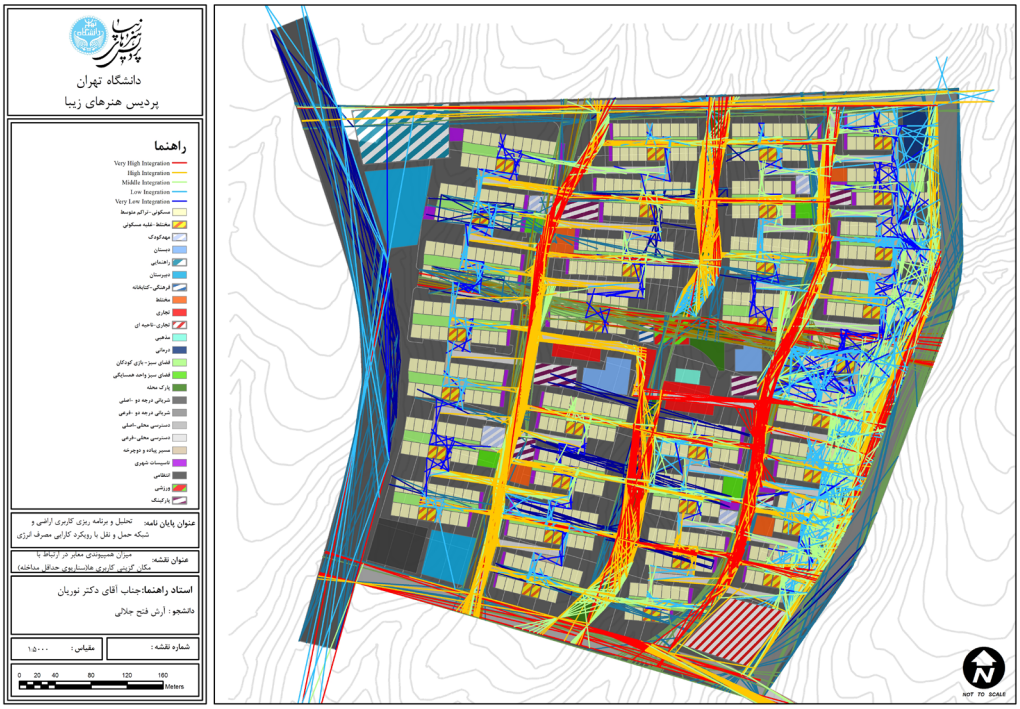
به‌منظور فراهم آوردن شرایط یکسان برای مقایسه سناریوهای پیشنهادی کاربری زمین، تراکم جمعیتی، جمعیت پیشنهادی و مساحت کاربری‌های خدماتی، سناریوهای پیشنهادی مشابه به یکدیگر در نظر گرفته‌شده و اعمال تغییرات در نحوه توزیع آن‌ها صورت شده است. بنابراین در این سناریو، تراکم جمعیتی، ۲۲۳ نفر در هکتار، جمعیت آتی محدوده حدود ۷۸۰۰ نفر در نظر گرفته‌شده است. بر مبنای دستورالعمل‌های ارائه‌شده 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، 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 چنین می‌توان بیان نمود که در سناریوی حداقل مداخله شبکه معابر و الگوی شبکه دسترسی پیشنهادی بر اساس اصول و معیارهای مطرح‌شده در بخش چارچوب نظری و 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 درجه‌دو پیشنهادی طرح بازنگری در اطراف محدوده حفظ‌شده و در داخل محدوده بر اساس ویژگی‌های توپوگرافی موجود سایت، دو مسیر سواره (با عرض ۱۲متر و دارای مسیر دوچرخه) در جهت شمال- جنوب پیشنهاد شده و دسترسی به بلوک‌های ساختمانی در جهت غربی- شرقی و پیاده تعریف‌شده 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 تبع آن الگوی حضورپذیری و تقاضای سفر در سناریوی حداقل مداخله مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته که نتایج آن به شرح ذیل است:

نتایج بررسی‌های صورت گرفته حاکی از آن است که در سناریوی حداقل مداخله به دلیل رعایت اصول و معیارهای کارایی انرژی، به‌طورکلی میزان هم‌پیوندی نسبت به سناریوی وضع موجود، تا حد نسبتاً مطلوبی افزایش‌یافته است و همین امر منجر به ترغیب بیشتر ساکنین به‌سوی استفاده کمتر از خودروی شخصی می‌شود. بنابراین همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است میزان هم‌پیوندی در سه محور شمالی- جنوبی و محور اتصال‌دهنده شرقی- غربی که در مرکز سایت واقع‌شده است، دارای میزان هم‌پیوندی بالا و بسیار بالا می‌باشند. بنابراین با توجه به اصول و معیارهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی و کارایی انرژی در مجاورت معابری که دارای میزان هم‌پیوندی بالا و بسیار بالا می‌باشند، ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی با شعاع دسترسی ۲۵۰ متر مکان‌یابی شده، استقرار یافته و تراکم ساختمانی با فاصله گرفتن از ایستگاه‌ها کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی بر اساس پراکنش کاربری‌های خدماتی مکان‌یابی می‌شوند و همان‌طور که در شکل ۲ قابل‌مشاهده است در سناریوی حداقل مداخله سعی شده است تا شبکه ارتباطی در تناسب با پراکنش کاربری‌های خدماتی و 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 همچنین به‌صورت یکپارچه و در ارتباط با سایر شیوه‌های حمل‌ونقلی همچون پیاده و دوچرخه عمل می‌کنند.

شکل ۲: میزان اتصال و هم‌پیوندی شبکه ارتباطی در ارتباط با مکان گزینی کاربری‌های خدماتی (سناریوی حداقل مداخله)



۴-۱-۴- تحلیل نظام کاربری اراضی و مصرف انرژی 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 به‌تبع آن مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل و تولید گازهای گلخانه‌ای در محدوده مطالعاتی کاهش یابد. در سناریوی حاضر درصد قطعات مسکونی که در فاصله بین ۵۰۰-۲۰۰ متر از کاربری‌های خدماتی (سفرهای محلی) واقع‌شده‌اند به ۵.۶۷ درصد کاهش، همچنین درصد کاربری‌های مسکونی که در فواصل بیش از ۵۰۰ متر از کاربری‌های خدماتی (سفرهای ناحیه‌ای) واقع‌شده‌اند به ۳۸.۶ درصد کاهش‌یافته است، همین موضوع باعث کاهش مصرف انرژی در محدوده مطالعاتی گشته است و مقدار عددی آن به ۴۷۹۲۱۵۶.۷۵ لیتر در سالِ رسیده و نسبت به سناریوی وضع موجود کاهش نسبتاً محسوسی دارد.

جدول ۳: محاسبه مصرف انرژی در سناریوی حداقل مداخله

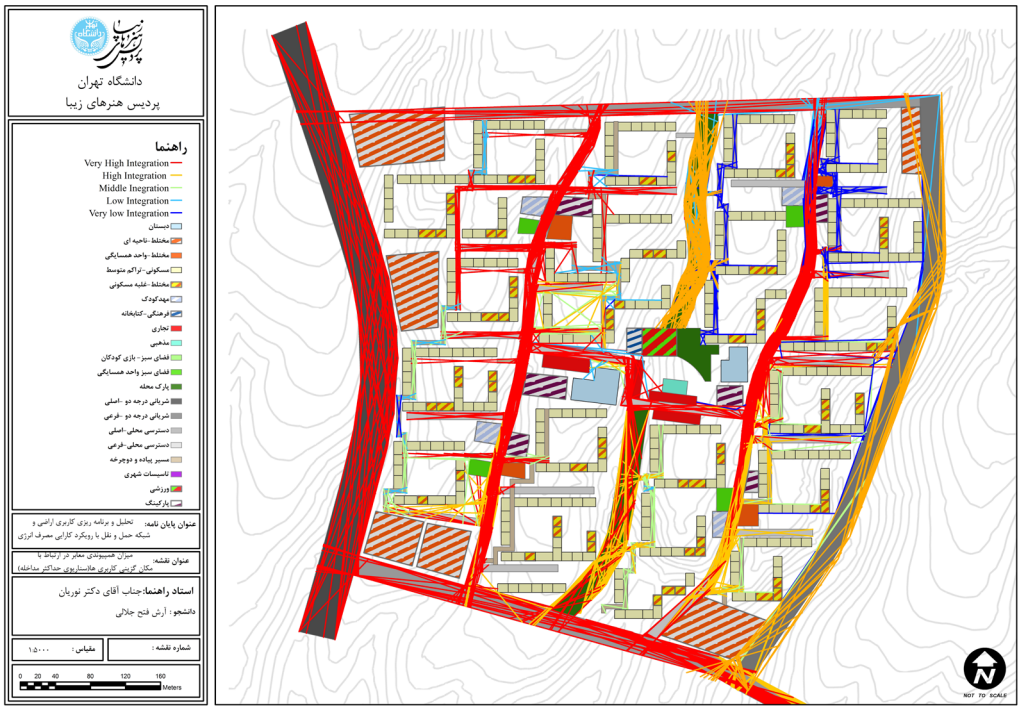
شاخص	سناریوی دوم (حداقل مداخله)
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای محلی (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای ناحیه‌ای (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای شهری (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
درصد قطعات مسکونی با فاصله بیشتر از ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر (سفرهای محلی)	۵.۶۷
درصد قطعات مسکونی با فاصله بیشتر از ۵۰۰ متر (ناحیه‌ای)	۳۸.۶
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای محلی (لیتر)	۱۸۸۳۳۸.۰۳
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای ناحیه‌ای (لیتر)	۱۲۸۲۱۶۰.۱۹
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای شهری (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
کل انرژی سالیانه مصرفی بخش حمل‌ونقل (لیتر)	۴۷۹۲۱۵۶.۷۵

۴-۱-۵- تحلیل کاربری اراضی و یکپارچگی شبکه حمل‌ونقل در سناریوی حداکثر مداخله

این سناریو نیز مانند سناریوی دوم، با رویکرد کارایی انرژی پیشنهاد شده است با این تفاوت که در سناریوی دوم، میزان تغییرات اعمال‌شده در سناریوی وضع موجود مختصر بوده است. بدین‌صورت که در سناریوی حداقل مداخله، تغییرات اعمال‌شده در حد تغییر میزان مساحت، جهت‌گیری و ابعاد قطعات، تراکم‌های ساختمانی و نحوه توزیع کاربری‌های خدماتی به‌خصوص در سطح محلی خلاصه‌شده بود اما در این سناریو (حداکثر مداخله)، در قیاس با سناریوی دوم، تغییرات اعمال‌شده بیشتر بوده است. اهم تغییرات اعمال‌شده در این سناریو، شامل تغییر در نحوه چیدمان قطعات مسکونی، نظام ارتفاعی، ابعاد، مساحت و جهت‌گیری قطعات مسکونی و نحوه توزیع کاربری‌های خدماتی در مقیاس ناحیه‌ای، محلی و واحد همسایگی است. بر اساس مطالب ارائه‌شده در سناریوی قبل، در این سناریو نیز تراکم جمعیتی، ۲۲۳ نفر در هکتار، جمعیت آتی محدوده حدود ۷۸۰۰ نفر در نظر گرفته‌شده است. همچنین بر مبنای دستورالعمل‌های ارائه‌شده 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، سناریوی حاضر، بیشترین تغییرات در شبکه معابر و حمل‌ونقل 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 با ارزش دسترسی و جمع و پخش‌کننده محلی پیشنهاد شده است. برای 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 گرفته‌شده است.

بنابراین همان‌طور که نقشه هم‌پیوندی (شکل ۳) نیز بیان می‌کند، در این سناریو معابر واقع در لبه غربی، جنوبی و شمالی نسبت به سناریوهای 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 ارتقا پیدا نموده و دارای ارزش هم‌پیوندی یا هم‌پیوندی بالا است و به‌طورکلی بافت محدوده به لحاظ هم‌پیوندی شبکه معابر و ارزش حضورپذیری در فضا و به‌تبع آن به لحاظ ارتقای زمینه‌های پیاده مداری از یکپارچگی و هم‌پیوندی نسبتاً مطلوب و یکپارچه بهره می‌برد. به‌منظور ارزیابی جانمایی و مکان‌یابی مناسب کاربری‌های خدماتی از تحلیل همپوشانی لایه‌ای هم‌پیوندی شبکه معابر و کاربری‌های پیشنهادی در سناریو حداکثر مداخله استفاده‌شده است. همان‌طور که شکل ۳ نمایش می‌دهد کاربری‌های مختلط و خدماتی بر اساس اصول و معیارهای کارایی انرژی و استانداردهای توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی در مجاورت لبه‌های دارای هم‌پیوندی بسیار بالا و بالا واقع‌شده‌اند. بنابراین بر اساس اطلاعات حاصل‌شده از نقشه فوق تراکم ساختمانی در مجاورت معابر دارای هم‌پیوندی بسیار بالا و بالا ۶۰۰ درصد با سطح اشغال ۱۰۰ درصد (شش طبقه و با فاصله گرفتن از معابر و لبه‌های دارای هم‌پیوندی بالا این مقدار تا میزان ۳۰۰ درصد با احتساب ۱۰۰ درصد سطح اشغال (۳ طبقه) کاهش می‌یابد.

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



۴-۱-۶- تحلیل نظام کاربری اراضی و مصرف انرژی بر اساس فواصل میان کاربری‌های مسکونی و خدماتی در سناریوی حداقل 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 به‌تبع آن مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل و تولید گازهای گلخانه‌ای در محدوده مطالعاتی کاهش یابد. در سناریوی حاضر درصد قطعات مسکونی که در فاصله بین ۵۰۰-۲۰۰ متر از کاربری‌های خدماتی (سفرهای محلی) واقع‌شده‌اند به صفر درصد کاهش، همچنین درصد کاربری‌های مسکونی که در فواصل بیش از ۵۰۰ متر از کاربری‌های خدماتی (سفرهای ناحیه‌ای) واقع‌شده‌اند به ۱۶.۲ درصد کاهش‌یافته است که همین موضوع منجر به کاهش مصرف انرژی در محدوده مطالعاتی شده است و مقدار عددی آن به ۳۸۵۹۷۶۷.۱۲ لیتر در سال رسیده و کاهش‌یافته است و نسبت به سناریوی وضع موجود از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار است.

جدول ۴: محاسبه مصرف انرژی در سناریوی حداکثر مداخله

شاخص	سناریوی سوم (حداکثر مداخله)
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای محلی (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای ناحیه‌ای (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای شهری (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
درصد قطعات مسکونی بافاصله بیشتر از ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر (سفرهای محلی)	۰
درصد قطعات مسکونی بافاصله بیشتر از ۵۰۰ متر (ناحیه‌ای)	۱۶.۲
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای محلی (لیتر)	۰
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای ناحیه‌ای (لیتر)	۵۳۸۱۰۸.۶۸
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای شهری (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
کل انرژی سالیانه مصرفی بخش حمل‌ونقل (لیتر)	۳۸۵۹۷۶۷.۱۲

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با استناد به چارچوب نظری فراهم‌شده و ویژگی‌های وضعیت موجود عرصه پژوهش (خالی از سکونت، بکر بودن و فرصت مطلوب جهت اعمال تغییرات و مدل‌سازی مطلوب) سه سناریو برای محدوده تدوین شد و بر اساس روش‌های تحلیلی تشریح شده، سناریوهای پیشنهادی ارزیابی شدند. در هر یک از سناریوها اصول و معیارهایی بر اساس استانداردهای کارایی انرژی و استانداردهای توسعه حمل‌ونقل مدار تدوین شد و بر اساس هر یک از این اصول و ویژگی‌ها هر یک از سه سناریوی وضع موجود، حداقل مداخله و حداکثر مداخله پیشنهاد گردید. همچنین میزان مصرف انرژی با استفاده از نرم‌افزار تحلیلی مربوط به پژوهش (CommunityViz) محاسبه شد. بدین شرح که در هر سناریوی کاربری اراضی پیشنهادی، کاربری‌ها در دو دسته مسکونی و خدماتی تقسیم شدند، سپس بر حسب فاصله بین کاربری‌های خدماتی (به عنوان جاذب سفر) و کاربری‌های مسکونی (تولیدکننده سفر)، تعداد سفرهای تولیدی (سالیانه) و سپس مصرف انرژی خام مصرفی (سالیانه) در نرم‌افزار تحلیلی (CommunityViz) محاسبه شد. در گام بعد به منظور بررسی دقیق‌تر و تفکیک سفرها بر حسب محلی، ناحیه‌ای و شهری و استخراج میزان مصرف نهایی انرژی سالیانه در هر یک از سناریوهای پیشنهادی، درصد قطعات مسکونی با فاصله میان ۵۰۰-۲۰۰ متر (با فرض این که 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 به دست آمده میزان انرژی مصرفی سالیانه بخش حمل‌ونقل برای هر سناریو محاسبه شده و ملاک عمل ارزیابی قرار می‌گیرد.

جدول ۵: مقایسه میزان مصرف انرژی در سناریوهای پیشنهادی

شاخص	سناریوی اول (وضع موجود)	سناریوی دوم (حداقل مداخله)	سناریوی سوم (حداکثر مداخله)
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای محلی (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای ناحیه‌ای (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
انرژی سالیانه مصرفی خام ناشی از سفرهای شهری (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳

شاخص	سناریوی اول (وضع موجود)	سناریوی دوم (حداقل مداخله)	سناریوی سوم (حداکثر مداخله)
درصد قطعات مسکونی بافاصله بیشتر از ۲۰۰ متر	۴۱.۱	۵.۶۷	۰
درصد قطعات مسکونی بافاصله بیشتر از ۵۰۰ متر	۴۰	۳۸.۶	۱۶.۲
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای محلی (لیتر)	۱۳۶۵۲۰۱.۴۳	۱۸۸۳۳۸.۰۳۸۷	۰
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای ناحیه‌ای (لیتر)	۱۳۲۸۶۶۳.۴۱	۱۲۸۲۱۶۰.۱۹۳	۵۳۸۱۰۸.۶۸۱۹
انرژی سالیانه نهایی مصرفی ناشی از سفرهای شهری (لیتر)	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳	۳۳۲۱۶۵۸.۵۳
کل انرژی سالیانه مصرفی بخش حمل‌ونقل (لیتر)	۶۰۱۵۵۲۳.۳۷	۴۷۹۲۱۵۶.۷۶۱	۳۸۵۹۷۶۷.۲۱۲
درصد تغییر نسبت به سناریوی اول	-	۲۰.۳۴	۳۵.۸۴

اما نکته قابل تأمل در این میان، توجه به اهمیت اجرایی شدن طرح است که به میزان زیادی در برتری سناریوها و انتخاب سناریوی برتر تأثیر می‌گذارد. در همین راستا بر اساس مبانی نظری بررسی‌شده از یک‌سو و نتایج حاصل از ارزیابی و اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی 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 مصرف انرژی در محدوده مطالعاتی (واحد همسایگی شهر جدید هشتگرد) تغییر ایجاد شد. به‌عبارت‌دیگر، 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 مصرف انرژی محدوده تأثیرگذار بوده است. لذا نتایج بررسی انواع شاخص‌های تدوین‌شده در فرآیند پژوهش، نشان‌دهنده این موضوع مهم است که بین کاربری زمین، نحوه پراکنش آن، شبکه معابر، حمل‌ونقل و میزان مصرف انرژی رابطه لازم وجود دارد و با ایجاد تغییرات در کاربری زمین و فرم شبکه معابر و شیوه‌های متنوع حمل‌ونقلی، می‌توان به حداکثر ۳۶ درصد کاهش و حداقل ۲۱ درصد کاهش در مصرف انرژی در سطح واحد همسایگی در شهر جدید هشتگرد دست پیدا نمود.

لازم به ذکر است که پژوهش انجام شده تنها در محدوده ۳۵ هکتار از شهر جدید هشتگرد انجام شده است و حدود ۳۶ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی سالانه به همراه داشته است، بنابراین در صورت اعمال دستورالعمل‌های مبتنی بر کاهش مصرف انرژی در نظام کاربری اراضی و شبکه ارتباطی کل شهرهای کشور، این رقم بسیار هنگفت بوده و اهمیت توجه به این موضوع را بیش از پیش آشکار می‌نماید. لذا پیشنهاد می‌شود تا دستورالعمل‌هایی بر مبنای کاهش مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل در حیطه برنامه‌ریزی و طراحی شهری تهیه شده تا به عنوان استاندارد در انواع طرح‌های توسعه شهری لحاظ گردند.

پی‌نوشت

1. DepthMap
2. Steemers
3. Kwon
4. Leather
5. Okeil
6. Rotterdam Energy Approach and Planning
7. Sustainable Urban Energy Planning
8. UN-Habitat
9. Energy-Efficiant Development
10. Energy Efficiency
11. Extension
12. Integration
13. Low Integration
14. Very Low Integration

REFERENCES

- American planning Association (APA)(2006). Planning and Urban Design Standard, London: John Wiley & Sons, Inc.
- Caves, R. (2005). The Encyclopedia of the City, London: Routeldge.
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2(3), 199-219. https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6
- Dobbelsteen Van den, A., & Tillie, N. (2009). Towards CO2 Neural City Planning and Low-energy Redevelopment-Presenting the Rotterdam Energy Approach and Planning, Fifth Urban Research Symposium.
- Haughton, M., & Hunter, M. (1994). Sustainable Cities, London, Kingsley Press.
- Khalil, H.A.E.E. (2009). Energy Efficiency Strategies in Urban Planning of Cites, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 7th International Energy Conversion Engineering Conference, August, Denver, Colorado. https://scholar.cu.edu.eg/?q=hebakhalil/publications/energy-efficiency-strategies-urban-planning-cities
- Kwon, E., & Leather, J.A. (2006). Urban Transport Energy Efficiency, Technical note, Regional and Sustainable Development Department, Asian Development Bank (ADB).
- Lantsberg, A. (2005). Sustainable Urban Energy Planning, A Roadmap for Research and Funding, California, California Energy Commission.
- Leitman, J. (1999). Sustaining Cities: Environmental Planning and Management in Urban Design, London: McGraw-Hill.
- Mitchell, G. (2005). Urban Development, Form and Energy use in Buildings: A Review for the Solutions Project, EPSRC.
- Morris, C., & Pehnt, M. (2016). Energy Transition the German Energiewende. Heinrich Böll Foundation, Available form: http://energytransition.de/wp-content/themes/boell/pdf/en/German-Energy-Transition_en.pdf (Accessed 21 August 2015)
- Okeil, A. (2010). A Holistic Approach to Energy Efficient Building Forms. *Energy and Buildings*, 42, 1437-1444. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.03.013
- Omer, A.M. (2008). Energy, Environment and Sustainable Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(9).
- Steemers, K. (2003). Energy and the City: Density, Buildings and Transport. *Energy and Buildings*, 35(1), 3-14. DOI: 10.1016/S0378-7788(02)00075-0
- TOD Standards. (2017). R.cervero and Colleagues, Institue for Transportation Developent and Policy.
- UN-Habitat. (2009). Sustainable Energy Planning, ICLEI, Available at: http://www.unhabitat.org/content.asp?typeid=19&catid=555&cid=5607

نحوه ارجاع به این مقاله

نوریان، فرشاد و فتح جلالی، آرش. (۱۳۹۹). بررسی و تحلیل اثرات برنامه‌ریزی کاربری اراضی و شبکه حمل‌ونقل بر مصرف انرژی در شهر، مورد مطالعاتی: محدوده ۳۵ هکتاری در شهر جدید هشتگرد. نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۱۳(۳۱)، ۲۷۱-۲۸۶.

DOI: 10.22034/AAUD.2020.113274

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_113274.html