تدوین مدل مفهومی انرژی کارایی در حوزه‌ی شهرسازی مبتنی بر تجارب موفق جهانی

فرناز قندهاری: دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی شهری، گروه شهرسازی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
گلناز مرتضایی*: استادیار، گروه شهرسازی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
Mortezaei.g@gmail.com

چکیده

رشد روز افزون جمعیت شهری، پیشرفت تکنولوژی و گسترش وابستگی به اتومبیل معضلات زیست محیطی فراوانی را به همراه داشته است. به‌طوری‌که بخش اعظمی از انرژی جهانی در شهرها به مصرف می‌رسد و شهرها مسئول تولید ۸۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی می‌باشند. در ارتباط با کاهش مصرف انرژی، در زمینه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و همچنین امور ساختمان و معماری، مطالعات و پژوهش‌هایی صورت گرفته و راهکارهای متعددی ارائه شده است اما در زمینه شهرسازی و انرژی مصرفی و راهکارهای برخورد با آن مطالعات چشم‌گیری صورت نگرفته و جای خالی این‌گونه مطالعات احساس می‌شود. چه‌بسا استفاده از اهداف و اصول تجارب اجرایی دیگر نقاط جهان، بتواند راه را برای پژوهش‌های کارامد در کشور، هموار کند. بنابراین در پژوهش پیش‌رو تلاش بر آن بوده تا با استفاده از تحلیل داده‌های ثانویه و اسناد، به درک درستی از یک مدل مفهومی با استفاده از پروژه‌های مهم اجرایی جهان در زمینه‌ی کارایی انرژی، برسد و خلأ موجود در زمینه مطالعه پیش از اجرا و بهره‌گیری از تجربه و امکان مقایسه ادبیات مطالعات انجام شده در حوزه گسترده مربوط به تجارب جهانی و سنجش رابطه انرژی و پایداری برطرف گردد. با توجه به ماهیت کاربردی این تحقیق، روش مورداستفاده در آن به‌صورت توصیفی-تحلیلی است و برای داده‌پردازی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به ترتیب از شیوه‌های اسنادی و تحلیل محتوا بهره جسته است. نتایج پژوهش حاکی از آنست که همکاری و مشارکت میان بخش دولتی و خصوصی در زمینه‌های مختلف نظیر برنامه‌ریزی، طراحی، سرمایه‌گذاری، مدیریت و غیره مشهود است. مشارکت ساکنین، آموزش، ارائه‌ی راهکارهایی برای کاهش تقاضای انرژی، حفاظت از منابع و استفاده از منابع انرژی تجدیدناپذیر، کاهش پسماند، اختلاط کاربری و حمل‌ونقل عمومی از جمله اقدامات موثر در رسیدن به اهداف در این پروژه بوده است.

واژه‌های کلیدی: انرژی کارایی، شهرسازی، مدل مفهومی، تجارب جهانی

* نویسنده مسئول

۱- مقدمه

از دیرباز محیط زیست انسان و کیفیت آن، دارای اهمیت فراوانی بوده‌است، به گونه‌ای که بشر همواره در حال تلاش برای بهبود کیفیت زندگی خود بوده‌است. دستیابی به محیطی با کیفیت و مطلوب، توقعی است که هر شهروند از محیط پیرامون خود دارد. از جمله نکات کلیدی که در راستای میل به این هدف، باید به آن توجه شود، حفظ تعادل میان محیط طبیعی و محیط انسان‌ساخت است. بعد از انقلاب صنعتی، افزایش جمعیت، پیشرفت صنعت، بهبود تکنولوژی ساخت و ساز، استفاده‌ی گسترده از سوخت‌های فسیلی، گسترش روزافزون وابستگی به اتومبیل و غیره، سبب برهم خوردن این تعادل گردیده‌است. چنان‌چه بتوان علل انسانی را کنترل نموده و کاهش داد، می‌توان انتظار داشت که روند تغییرات اقلیمی، با سرعت کمتری به‌وقوع بپیوندد (لطفی و همکاران، ۱۳۹۵، ۸۱). به طوری که امروزه شهرها حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد کل انرژی مصرفی در جهان را به خود اختصاص داده‌اند و ۶۰ تا ۷۵ درصد دی‌اکسید کربن و ۶۰ تا ۸۰ درصد گازهای گلخانه‌ای را در دنیا منتشر می‌کنند (شجاع و همکاران، ۱۳۹۸، ۸۶). همچنین براساس آمارهای بین المللی، سرانه مصرف نهایی انرژی ایران در بخش‌های کشاورزی، خانگی، تجاری و عمومی، حمل و نقل و صنعت به ترتیب ۳,۴ ، ۲,۰ ، ۱,۶ و ۱,۴ برابر متوسط جهانی است (وزارت نیرو، ۱۳۹۷، ۱۱). ایران در طول سال‌های اخیر شاهد افزایش چشم‌گیر شهرنشینی بوده‌است. بیشترین مصرف انرژی شهری نیز، متعلق به ساختمان‌ها و حدود ۴۰ درصد می‌باشد و بیش از یک سوم تقاضای مصرف انرژی را بخش خانگی تشکیل می‌دهد. با توجه به این‌که بیش از ۹۸ درصد از انرژی ساختمان‌ها در ایران توسط محصولات نفتی و گازی تامین می‌گردد، لذا این بخش یکی از منابع اصلی تولید آلودگی می‌باشد، هرچند مصرف انرژی ساختمان‌ها با حوزه‌های گوناگونی مرتبط است (مرتضایی و همکاران، ۱۳۹۶، ۴۲).

در این میان، توجه به اصل صرفه‌جویی در منابع از یک سو به بهره‌برداری مناسب از منابع و انرژی‌های تجدیدناپذیر مانند سوخت‌های فسیلی در جهت کاهش مصرف می‌پردازد و از سوی دیگر به کنترل و به‌کارگیری هرچه بهتر منابع طبیعی به عنوان ذخایری تجدیدپذیر و ماندگار توجه جدی داردامیرنصیری، ۱۳۹۶، ۱). به گونه‌ای که اگر در هر محیطی به اندازه توان طبیعی تولید محیط زیست، بهره برداری انجام شود، اصل سرمایه منابع اکولوژیک به طور پایدار باقی می‌ماند و استفاده انسان از محیط به اندازه آن توان تولیدی، همیشه پایدار می‌ماند که این، همان مفهوم پایداری است و ریشه در یک اصل اکولوژیک دارد(کناره جو، ۱۳۹۴، ۱۱). در ارتباط با کاهش مصرف انرژی، در زمینه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و همچنین امور ساختمان و معماری، مطالعات و پژوهش‌هایی صورت گرفته و راهکارهای متعددی ارائه شده است اما در زمینه شهرسازی و انرژی مصرفی در فضاهای شهری و راهکارهای برخورد با آن مطالعات چشم‌گیری صورت نگرفته و جای خالی این‌گونه مطالعات احساس می‌شود. چه‌بسا استفاده از اهداف و اصول تجارب اجرایی دیگر نقاط جهان، بتواند راه را برای پژوهش‌های کارامد در کشور، هموار کند. از اینرو در پژوهش پیشرو، تلاش بر این است که خلأ موجود در زمینه مطالعه پیش از اجرا و بهره‌گیری از تجربه و امکان مقایسه ادبیات مطالعات انجام شده در حوزه گسترده مربوط به تجارب جهانی و سنجش رابطه انرژی و پایداری برطرف گردد. پژوهش با پرسش‌هایی روبه‌روست نظیر این‌که، چگونه مفاهیم برگرفته از تجربیات، اجرای یک پروژه انرژی کارا، در شهرها را امکان‌پذیر می‌سازد؟ و در نهایت، چه اهداف و اصولی در موفقیت این تجارب دخیل بوده‌اند؟ این پرسش‌ها برآمده از آینده‌نگری بوده و در پی شناسایی ایده‌های پایداری و ارتباط دادن آن‌ها با نحوه‌ی اجرای تجارب فعلی است. دستاورد این پژوهش، شناسایی اهداف و اصول تجارب جهانی با رویکرد کارایی انرژی است که زمینه‌های امکان برنامه‌ریزی و اجرای کارآمد پروژه‌های اکولوژیک آتی را فراهم خواهد ساخت، ضمن آن‌که بررسی تجارب جهانی انرژی‌کارا ایده‌هایی را نیز در زمینه تدوین سیاست‌های طراحی شهری پایدار جهت کاهش تغییرات آب و هوایی نمایان می‌کند.

۲- پیشینه‌ی پژوهش

بعد از انقلاب صنعتی و پیامدهای حاصل از آن، مباحث زیست محیطی و اکولوژی شهرها بسیار مورد توجه قرار گرفت. فعالان حوزه ی شهرسازی در جنبش‌های مختلف ارتباط میان شهرها و محیط زیست اطرافشان را نشان داده‌اند که نقش این ارتباط در برخی نظریات پر رنگ تر و برخی کم رنگ است. گدس بین سال‌های ۱۸۹۰ تا ۱۹۲۵ مباحث اکولوژی شهری را مطرح کرد. کانتر اکوسیستم را هم برای ایجاد مکان پایدار بیان کرد. در سال ۱۹۷۱ برای اولین بار سازمان ملل اکوسیتی را مطرح کرد و نگاه ویژه به مباحث اکولوژی را آغاز کرد. توجه به طبیعت در نظریات تا جایی ادامه پیدا کرد که بنتلی در مقاله‌ی طراحی شهری اکولوژیک سه اصل کارایی انرژی، تقلیل آلودگی‌ها و حفاظت اکوسیستم‌ها را به اصول هفتگانه طراحی شهری خود افزود. از همین‌رو رویکرد انرژی‌کارا در مبحث طراحی و برای رسیدن به پایداری شهرها از اهمیت بالایی برخوردار است و در سال‌های اخیر هم مورد توجه برنامه ریزان و طراحان شهری قرارگرفته‌است و در ایران نیز، در ده سال گذشته به صورت تخصصی‌تر افزایش یافته‌است اما تجارب جهانی در حیطه‌ی مباحث زیست‌محیطی و با رویکرد کارایی‌انرژی، به‌عنوان نتایج اجرایی حاصل از این دیدگاه، کم‌تر مورد توجه و بررسی قرار گرفته‌است، لذا مطالعه در زمینه‌ی اهداف و اصول، نحوه‌ی برنامه‌ریزی و اجرای چنین پروژه‌هایی، می‌تواند بسیاری از ایده‌ها را با نگاه روشن‌تری به مرحله‌ی اجرا برساند.

کناره‌جو (۱۳۹۴) در رساله‌ی خود با عنوان طراحی شهری انرژی کارا ارزیابی میزان انطباق محله ناژوان شهر اصفهان با اصول انرژی کارایی، مرادیان (۱۳۹۵) در پایان‌نامه‌ی خود تحت عنوان راهنمای طراحی شهری انرژی‌کارا با تأکید بر جداره شهری (نمونه موردی خیابان ۱۷ شهریور تهران) و مرتضایی (۱۳۹۷) در پایان‌نامه‌ی دکتری خود با عنوان تدوین زبان انرژی کارایی در بعد ریخت شناسی طراحی شهری مورد پژوهش بافت‌های جدید مسکونی سپاهان‌شهر اصفهان، از جمله مواردی هستند که به تفصیل تجارب مناسبی در پژوهش خود پرداخته‌اند و امیرنصیری (۱۳۹۶) در مقاله‌ای به بررسی اصول معماری پایدار در طراحی مجموعه انرژی صفر بدینگون و تالار هال‌سیتی لندن پرداخته‌است. اما هم‌چنان نیاز به پژوهش‌های مقایسه‌ای و بررسی نکات راهگشا در رسیدن به اجرای چنین پروژه‌های تاثیرگذاری، احساس می‌شود. اهمیت موضوع زمانی آشکار می‌شود که به‌طور مثال، امریکا گزارش‌های مقایسه‌ای در این زمینه را پیش از آغاز کامل پروژه‌های خود بررسی می‌کند.

۳- روش پژوهش

روش‌شناسی در مطالعات، به منطق تحقیق و چگونگی کسب و توجیه معرفت جدید مربوط می‌شود. روش‌شناسی نظریه‌هایی درباره آن‌چه انسان‌ها به هنگام فعالیت‌های مطالعاتی انجام می‌دهند، ارائه می‌دهد. در این پژوهش تلاش بر آن بوده تا با استفاده از روش‌های توصیفی و تحلیل داده‌های ثانویه و اسناد، به درک درستی از یک مدل مفهومی با استفاده از پروژه‌های مهم اجرایی جهان در زمینه‌ی کارایی انرژی، برسد. تحلیل محتوا، هم روشی برای تحلیل داده‌ها و هم روش مشاهده اسناد است که در این پژوهش رویکردی کیفی دارد. تحلیل محتوا از روش‌های عمده مشاهده اسنادی است که به وسیله آن می‌توان متون، اسناد، مدارک و هر نوع سند ثبت و مطالب ضبط شده‌ای، خواه مربوط به گذشته و یا زمان حال را مورد ارزیابی و تحلیلی منظم تر، دقیق تر و چه بسا پایاتر قرار داد (قائدی و گلشنی، ۱۳۹۵، ۵۸). تحلیل محتوای کیفی یکی از روش‌های پژوهش است که برای تحلیل داده‌های متنی، کاربردی فراوان دارد. از دیگر مواردی که می‌توان در آنها از این

روش سود جست، مردم نگاری، نظریه بنیادی، پدیدار شناسی و پژوهش‌های تاریخی است (قائدی و گلشنی، ۱۳۹۵، ۶۹). روش به‌کار گرفته شده جهت گردآوری اطلاعات، روش کتابخانه‌ای و مرور منابع بوده تا ضمن بررسی تجربیات جهانی به ارائه مدل مفهومی برای پژوهش دست یابد.

۴- مبانی نظری

۴-۱- مفهوم انرژی کارایی

با توجه به روند جهانی شهرنشینی، «شهر» و «جهان» و رابطه بین آن‌ها به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان مهم‌ترین دغدغه بیان می‌شوند، به‌گونه‌ای که امروزه دولت‌ها اغلب، استراتژی‌هایی مطرح می‌کنند که از طریق آن می‌توان اثرات هر یک از فضاهای شهری، اعم از عمومی یا خصوصی را بررسی کرد، چراکه کیفیت فضاهای شهری فقط به معنای کیفیت زندگی یا عدالت مکانی نیست، بلکه به‌طور مستقیم و بدون واسطه با سیستم‌های جهانی محیط‌زیست، در ارتباط است. تغییر سیستم‌های زیست محیطی جهانی به‌طور مستقیم بر زندگی شهری تأثیر می‌گذارد (Braun, 2014, 50). کارایی انرژی نیز تبدیل هر واحد انرژی مصرفی به خدمات و محصول بیشتر بدون هیچ‌گونه افت کیفیت در تامین نیاز می‌باشد. مهم‌ترین عنصر در کارایی انرژی، صرفه‌جویی در انرژی و مهمترین شاخص آن، شدت انرژی است. صرفه‌جویی در انرژی با به حداقل رساندن مقدار مصرف انرژی بدون کاهش کیفیت و عملکرد با استفاده از تلفات انرژی و جلوگیری از هدررفت انرژی موجود تضمین می‌شود. کمترین هزینه پرداختی برای انرژی، ذخیره آن از طریق کارایی انرژی می‌باشد. کارایی‌انرژی با کاهش شدت انرژی که به عنوان انرژی مصرف شده در واحد خروجی تعریف شده‌است، افزایش می‌یابد (غازی و چاره‌جو، ۱۳۹۷، ۲).

به‌جرات می‌توان گفت که امروزه انرژی به‌عنوان بخش جدایی ناپذیری از علوم کاربردی در زندگی بشر می‌باشد. وجود رابطه تنگاتنگ میان نحوه‌ی مصرف انرژی و پایداری جوامع، یکی از مسائل چالش برانگیزی است که تاکنون در راستای رشد و توسعه محیط‌زیست انسانی مطرح شده‌است (کناره‌جو، ۱۳۹۴، ۱۰). کارایی‌انرژی یکی از پارامترهای موثر بر توسعه پایدار است که اجازه می‌دهد تا در کنار نیازمندیهای امروز نیاز نسل‌های آینده نیز تامین شود بدون اینکه منابع طبیعی را از بین ببرد (غازی و چاره‌جو، ۱۳۹۷، ۳). مفهوم پایداری ریشه در یک اصل اکولوژیک دارد. براساس این اصل، اگر در هر محیطی به‌اندازه‌ی توان طبیعی تولید محیط‌زیست، بهره‌برداری انجام شود، اصل سرمایه منابع اکولوژیک به‌طور پایدار باقی می‌ماند و همیشه استفاده‌ی انسان از محیط به‌اندازه‌ی توان تولیدی آن، ثابت می‌ماند (کناره‌جو، ۱۳۹۴، ۱۱). سطح شهرنشینی، الگوی مصرف انرژی در شهر را مشخص می‌کند. جمعیت روبه‌رشد و افزایش درآمد، منجر به تقاضای بیشتر حمل و نقل، مسکن، لوازم منزل و به‌خصوص دستگاه‌های تهویه هوا می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که طراحی شهری، تاثیر قابل توجهی بر حفاظت و کارایی انرژی دارد. با این حال، دلیل منطقی برای طراحی انرژی کارا، نیاز به حفاظت از انرژی صرف نیست؛ بلکه کاهش مصرف انرژی برای دستیابی به محیط زیست پایدار و برای سلامت زیست محیطی کل سیاره است (peker, 1998, 2). در سال‌های اخیر افزایش نگرانی‌ها درخصوص تبعات زیست‌محیطی مصرف انرژی و گرم شدن کره‌زمین، بهینه‌سازی را تبدیل به یک ضرورت نموده‌است (مرتضایی و همکاران، ۱۳۹۴). در قرن حاضر به منظور مقابله با معضلات به‌وجود آمده‌ی ناشی از مصرف انرژی‌های فسیلی و آلودگی زیست محیطی و گرم شدن کره‌ی‌زمین دو دیدگاه اساسی وجود دارد:

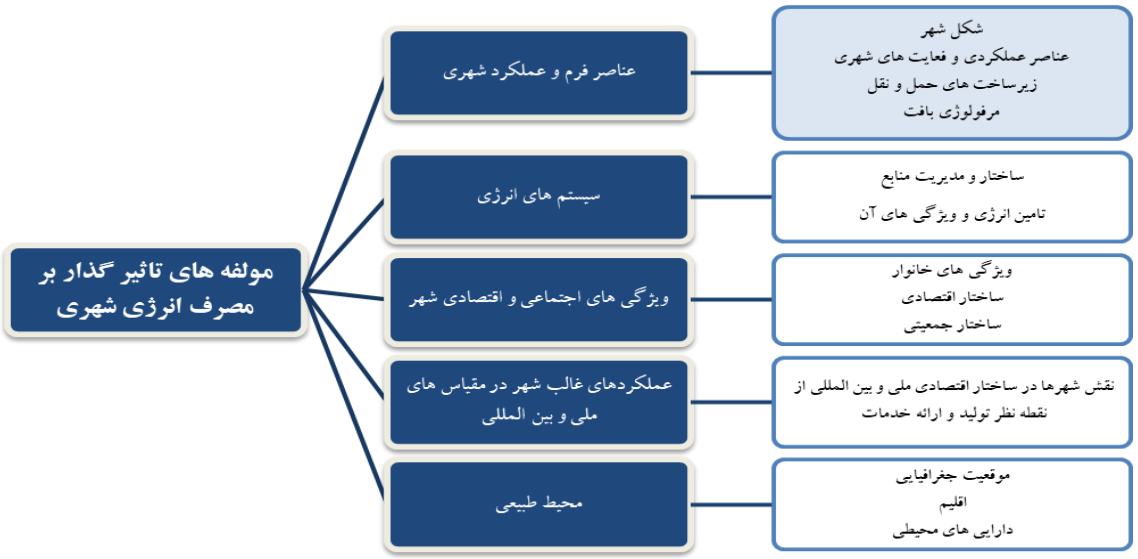
۱. استفاده از انرژی جایگزین از جمله انرژی هسته‌ای و انرژی تجدیدپذیر: انرژی هسته‌ای نیازمند تکنیک‌های پیش رفته‌ای در زمینه‌ی تولید است و بهره‌برداری از آن خطراتی به‌دنبال دارد. انرژی تجدید پذیر یا پاک، پایان ناپذیرند و آلودگی برای محیط زیست را به‌وجود نمی‌آورند.

۲. بهینه‌سازی مصرف انرژی: که شامل بهینه‌سازی تجهیزات در دو زمینه تولید و مصرف انرژی است. افزایش راندمان تجهیزات تولید یکی از مهم‌ترین اقداماتی است که می‌تواند از اتلاف انرژی جلوگیری کند. به‌همین منظور سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، افزودن برچسب انرژی را به تولیدات خانگی در دستور کار خود قرار داده‌است (طاهباز، ۱۳۹۲، ۶).

۴-۲- مولفه‌های تاثیرگذار بر مصرف انرژی

در نگاهی کلان، مؤلفه‌هایی که به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر میزان مصرف انرژی تأثیر گذار می‌باشند را می‌توان در یک تقسیم بندی به صورت زیر بیان نمود :

- ویژگی‌های محیط طبیعی (شامل: موقعیت جغرافیایی، اقلیم و دارایی‌های طبیعی)
- ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی شهری (ویژگی‌های خانوار، ساختار اقتصادی و ساختار جمعیتی)
- عملکردهای غالب شهر در مقیاس کلان و بین‌المللی (به‌عنوان مثال: نقشی که شهرها در ساختار اقتصادی ملی و بین‌المللی از نقطه نظر تولید و ارایه خدمات ایفا می‌کنند)
- ویژگی‌های سیستم‌های انرژی شهری هم از نقطه نظر مدیریت و هم توزیع (برای مثال ساختار و مدیریت منابع تامین انرژی و ویژگی‌های آن)
- فرم (ریخت بافت شهری) و عملکرد شهری (شامل محیط ساخته شده، ساختارها و زیرساخت‌های حمل و نقل، تراکم و عناصر عملکردی و فعالیت‌های شهری) (GEA, 2012).



شکل ۱ : مؤلفه‌های تأثیرگذار بر مصرف انرژی در شهر، مأخذ: برگرفته از (GEA, 2012)

نکته قابل توجه در این خصوص این است که مؤلفه‌های ذکرشده در قالب یک چرخه علت و معلولی به صورت مستمر بر یکدیگر و بر میزان مصرف انرژی تأثیرگذار می‌باشند. میزان تأثیرگذاری هر یک از عوامل ذکرشده از شهری به شهر دیگر متفاوت می‌باشد و متأثر از بسیاری عوامل زمینه‌ای چون تاریخ، ساختار فرهنگی و ساختار اجتماعی، اقتصادی و فعالیتی آن شهر می‌باشد. در این میان عوامل تاریخی به عنوان یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر تمامی زیر سیستم‌های شهری و از جمله مصرف انرژی به شمار می‌آید. موقعیت شهر و ویژگی‌های کلان فرم از آن جمله عناصری می‌باشند که در متن تاریخی یک شهر توسعه یافته و بر تمامی اجزای آن تأثیر می‌گذارند. شاهدی بر این مدعا، تفاوت‌های ساختاری میان شهرهای گسترده آمریکای شمالی وابسته به اتومبیل شخصی در قیاس با شهرهای متراکم توسعه یافته از درون قرون وسطی در بسیاری از بخش‌های اروپا می‌باشد. در برخی موارد ویژگی‌های فعالیتی و عناصر غالب عملکردی شهرها نیز ریشه در تاریخ و بستر هر یک داشته‌است. برای مثال شهر بیجیگ در چین و منچستر در انگلستان از گذشته تاکنون به عنوان مراکز صنعتی بسیار با اهمیت فعال بوده در حالی‌که لندن، نیویورک و سنگاپور به عنوان مراکز اقتصادی و تجاری در مقیاس‌های بین‌المللی به‌شمار می‌آیند. چنین ویژگی‌های کالبدی و عملکردی شهرها به میزان قابل توجهی بر میزان نیاز و تقاضای انرژی در هر یک تأثیگذار است (GEA, 2012).

۴-۳- اجزای اصلی مصرف انرژی در بافت‌های شهری

افزایش تقاضای انرژی ناشی از رشد اقتصادی و توسعه بوده و عمدتا به سوخت‌های فسیلی وابسته می‌باشد. رشد تقاضای انرژی نقش کلیدی در روند افزایشی انتشار دی‌اکسیدکربن خواهد داشت. از آن‌جا که شاخص شدت انرژی (نسبت کل عرضه انرژی اولیه به تولید ناخالص داخلی) برای هر کشوری به آسانی قابل محاسبه‌است، به‌عنوان یکی از شاخص‌های کارایی انرژی برای آن کشور استفاده می‌شود. شدت انرژی اغلب به عنوان یک جایگزین برای کارایی انرژی استفاده می‌شود. البته باید توجه داشت که شدت انرژی پائین لزوما به‌معنای کارایی بالا نمی‌باشد. کارایی عامل مهمی در شدت انرژی است، اما بسیاری از عناصر دیگر نظیر ساختار اقتصاد (به عنوان مثال صنایع بزرگ مصرف کننده انرژی)، وسعت کشور (تقاضای بالاتر بخش حمل و نقل)، آب و هوا (تقاضای بالاتر برای گرمایش یا سرمایش) و نرخ ارز نیز باید مورد توجه قرار گیرند (وزارت نیرو، ۱۳۹۷، ۳۷۰-۳۷۲). انرژی، نیرو و حرکت را برای زندگی مدرن فراهم می‌آورد. حفاظت انرژی (مصرف انرژی کمتر) و کارایی انرژی (کاهش هدر رفت انرژی) می‌تواند منابع تامین انرژی را بسط داده و توسعه اقتصادی را ارتقا دهد (Daniels, 2003, 359). انرژی مصرفی در محیط‌های شهری به سه دسته‌ی کلی انرژی مصرف شده جهت حمل و نقل، انرژی پنهان و انرژی عملکردی، تقسیم می‌شود:

۱ . انرژی نهفته یا پنهان: متشکل از کلیه ورودی‌های انرژی مورد نیاز در تولید مصالح اولیه مسکن و هم‌چنین انرژی‌های استفاده شده در دستگاه‌های تولیدی و حمل‌ونقل مواد منابع طبیعی و کالاهای نهایی می‌شود (ساخت‌وساز، مصالح، نگهداری).

۲ . انرژی عملیاتی: برای هر ساختمان (مسکونی و غیرمسکونی) شامل انرژی استفاده شده برای گرمایش، سرمایش، روشنایی و وسایل برقی خانگی می‌شود و به‌طورکلی این انرژی از طریق الکتریسیته، گاز، نفت، چوب و غیره ارائه می‌شود.

۳ . انرژی حمل‌ونقل: انرژی که از طریق وسایل نقلیه عمومی و خصوصی استفاده می‌شود (Codoban & Kennedy, 2008, 11). بنابراین هرگونه اقدام مناسب و به موقع جهت کاهش مصرف انرژی در هر یک از این بخش‌ها می‌تواند در افزایش انرژی کارایی کل موثر باشد. در تقسیم‌بندی دیگر مصرف انرژی شهرها عمدتاً مربوط به چهار بخش اصلی شامل: ۱. بخش ساختمان (اعم از ساختمان‌های مسکونی، تجاری، اداری، آموزشی و غیره)؛ ۲. بخش حمل‌و نقل (اعم از مسافر و یا کالا به صورت هوایی، زمینی و آبی)؛ ۳. بخش صنعت و ۴. بخش کشاورزی می‌باشد که از دید پژوهشگران دو بخش ساختمان و حمل‌ونقل، بیش‌ترین مصرف انرژی در شهرها را به خود اختصاص می‌دهند (شجاع و همکاران، ۱۳۹۸، ۹۲).

۵- مروری بر تجارب موفق جهانی انرژی کارایی

با توجه به رویکرد جهانی به مسئله حفظ محیط‌زیست و تولید انرژی‌های پاک، تلاش در جهت ایجاد شهرهای پایدار یا بدون کربن در کشورهای مختلف صورت گرفته‌است. ایجاد چنین بافت‌هایی در کشورهای اروپایی ازجمله آلمان، انگلیس و سوئد از سابقه‌ی بیشتری در مقایسه با سایر کشورها برخوردار است. مطالعات بسیاری، در زمینه‌ی پایداری در شهرهای بزرگ (به عنوان مثال، سئول، شانگای، نیویورک، آدلاید)، کلان‌شهرهای متوسط (مانند، کیپ تاون، پورتلند، برلین، کپنهاگ)

و حتی شهرهای کوچکتر (به عنوان مثال فرایبورگ) صورت گرفته‌است (Frantzeskaki, 2017, 4). در این بخش به معرفی و بررسی اهداف و راه‌کارهای اجرایی به‌کار گرفته‌شده در چند نمونه‌ی موفق جهان در زمینه‌های ایجاد بافت‌های شهری انرژی کارا پرداخته‌شده‌است.

۵-۱- شهر مصدر ابوظبی امارات

در سال ۲۰۰۶ ابوظبی شروع به اقدامی ابتکاری در خصوص سیاستی جدید برای انرژی تجدیدپذیر نمود و آن احداث شهر مصدر[1]در مساحتی بالغ بر ۶ کیلومتر مربع برای جمعیتی بین ۳۵ هزار تا ۵۰ هزار نفر بود. این شهر، اولین شهر پاکیزه دنیاست که کاملاً با محیط زیست سازگار بوده، به همین جهت "شهر پایدار، بدون کربن، بدون آلودگی" نامیده شده‌است. مبنای اصلی طراحی این شهر استفاده از منابع انرژی پاک و تجدید پذیر است و سعی بر اینست که، این شهر بالاترین کیفیت زندگی ممکن را به شهروندان خود ارائه دهد. شهر مصدر قرار است به عنوان پایدارترین شهر جهان در زمینه‌ی انرژی ساخته شود، طراحی آن به گونه‌ای است که اتلاف انرژی به صفر خواهد رسید و هیچ گونه آلودگی که منشا آن سوخت‌های فسیلی باشند در آن ایجاد نخواهد شد (MasdarCity, 2020). با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و اکولوژیکی محل جانمایی شهر مصدر، گروه فاستر[2]و همکاران در راستای اهداف طراحی پایدار سعی کرده‌اند که تا به بهترین نحو ممکن از نقاط قوت محیطی و اقلیمی در کار خود استفاده نمایند. به علت این‌که سایت مورد نظر در اقلیم گرم‌وخشک واقع شده‌است، وزش باد و میزان سایه اندازی ساختمان‌ها حائز اهمیت بوده‌است. به منظور کاهش میزان گرمای داخلی ساختمان و فضاهای عمومی شهر، و در نتیجه صرفه جویی در اتلاف انرژی که مسلماً به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای می‌انجامد حداکثر بهره‌مندی از سایه اندازی توده‌های ساختمان بر روی یکدیگر با مدل سازی‌های متفاوت و بررسی نحوه ساخت و ساز بومیان، کاربردی‌ترین و پایدارترین حالت قرارگیری توده‌های ساختمانی مشخص گردیده‌است. این شهر در موقعیتی مکان یابی شده‌است که از نسیم‌های ملایم دریا بهره مند خواهد شد و دیواری پیرامون شهر کشیده خواهد شد که از این شهر در برابر هوای گرم صحرا و آلودگی‌های صوتی فرودگاه ابوظبی که در نزدیکی آن قرار دارد، محافظت می‌کند (MasdarCity, 2020).

شهر مصدر دارای بزرگترین شبکه‌ی خورشیدی در خاورمیانه و جهان برای تامین انرژی خواهد بود. انرژی متمرکز خورشیدی براساس استفاده از نور خورشید طراحی شده‌است. سایت‌های قرارگیری ژنراتورهای تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریکی با توجه با عواملی هم‌چون زاویه تابش خورشید، کاربری‌های اطراف، نزدیکی به سایر تأسیسات و ... انتخاب شده‌اند. یکی دیگر از روش‌های تأمین انرژی در شهر مصدر تبدیل زباله‌ها به انرژی است. شرکت اینرتک[3]که در بخش تولید دستگاه‌های تبدیل زباله به انرژی فعال است مسئولیت طراحی و اجرای نیروگاه‌های تولید برق از زباله را در شهر مصدر به عهده دارد .در حال حاضر این شرکت فعالیت خود را در بخشی از شهر به صورت اولیه شروع کرده‌است تا بتواند از این طریق زباله‌های تولیدی توسط بخش ساختمان سازی را به انرژی مورد نیاز همان بخش تبدیل کند. یکی از پروژه‌های تأمین انرژی در شهر مصدر " پروژه زمین گرمایی خلیج فارس" است. روند تولید انرژی بدین شکل است که آب در شبکه‌ای از بین این تونل‌ها عبور کرده و ضمن عبور به تدریج گرم می‌شود، در هنگام خروج دمای آب به حدی رسیده‌است که بتوان از بخار آن برای حرکت توربین‌ها استفاده نمود (MasdarCity, ۲۰۲۰).

به‌طورکلی مصدر درنظر دارد با تکنیک‌هایی مانند، ایزولاسیون، روشنایی با مصرف انرژی حداقل، کنترل درصد بازشوها، بهینه‌سازی نور طبیعی، نصب تجهیزات هوشمند، سیستم‌های مدیریت هوشمند ساختمان و توزیع هوشمند و سیستم‌های مدیریت شهری در مقیاس شهر، مصرف انرژی را کاهش دهد (مرادیان، ۱۳۹۵، ۷۹-۸۰). شهر مصدر دارای سیستم حمل و نقل عمومی پیشرفته‌ای است که شبکه‌ای متنوع و به هم پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهد. با اتکا بر این سیستم از ورود اتومبیل‌های شخصی و آلاینده به شهر جلوگیری نمود (MasdarCity, 2020). شکل‌گیری یک قطب جهانی برای آموزش تحقیقات توسعه و تولید تکنولوژی‌های پارک، همسو شدن با پیشگامان و شرکت‌های پیشرو در صنعت تکنولوژی پاک، متنوع ساختن اقتصاد ابوظبی با تمرکز بر انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه شهری پایدار که بالاترین کیفیت زندگی با کمترین اثرات زیست محیطی در هم آمیخته باشند و ایجاد شهری کربن خنثی که تنها انرژی‌های تجدیدپذیر در آن تولید می‌شود و هدر رفت منابع در آن صفر است، ازجمله اهداف کلی این پروژه است (مرادیان، ۱۳۹۵، ۷۹). اصول اساسی آن نیز به‌حداقل رساندن دریافت‌های خورشیدی، به‌حداکثر رساندن جریان‌های باد، کاهش مصرف انرژی و افزایش انرژی کارایی است (Wagle, 2014, 8).

۵-۲- شهر دانگتان چین

شهر جدید دانگتان[4]با مساحتی حدود ۸۴ کیلومترمربع و در شمال شانگهای چین و در جزیره چونگ مینگ چین توسط گروه شهرسازی و برنامه‌ریز آروپ طراحی شده و شرکت سرمایه‌گذاری صنعتی شانگهای آن را اجرا می‌کند و یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های آبی پرندگان در آسیا به‌شمار می‌رود (مرادیان، ۱۳۹۵، ۹۰). این شهر با تامین انرژی و منابع آبی خود، بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای و با رعایت اصول ساخت ساختمان‌های بدون کربن، سازگار با محیط زیست خواهد بود (Parasad et al, 2009, 81). استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، حمل و نقل عاری از انتشار آلودگی، شهر فشرده و با تراکم بالاتر، کنترل آلودگی نور، بدون زباله و دارای تنوع زیستی در منظر طبیعی، از مهم‌ترین ویژگی‌ها و اهداف این پروژه می‌باشد (مرادیان، ۱۳۹۵، ۹۱).

دانگتان برای کاهش مصرف انرژی از طریق طراحی زیرساخت‌ها و ساختمان‌های انرژی‌کارا و جهت‌گیری مناسب ساختمان‌ها برای دریافت انرژی خورشیدی، نصب سلول‌های خورشیدی بر روی ساختمان‌ها، ایجاد بام سبز، نصب توربین‌های بادی برای ۲۰ درصد از انرژی موردنیاز شهر، استفاده از سوخت‌های زیستی برای تولید انرژی، استفاده از وسایل نقلیه بدون کربن، ممنوعیت وسایل نقلیه موتوری و جایگزینی آن با دوچرخه و موتورهای برقی، استقلال اقتصادی از طریق تامین نیازهای ساکنین، تبدیل زباله به سوخت و یا بازیافت آن و تولید محصولات ارگانیک بهره گرفته‌است. انتظار می‌رود دانگتان در مقایسه با یک شهر مشابه خود در اندازه و ساختمان و فعالیت تجاری، ۶۴ درصد انرژی کمتری مصرف کند (Parasad et al, 2009,137). در شهر دانگتان یک رویکرد طراحی یکپارچه اتخاذ شده تا ارائه یک شهر بزرگ را ممکن سازد و اقداماتی شامل کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها و به‌کارگیری کاربری مختلط و سناریوهای متراکم جهت کاهش نیاز به سفر،

---

[1] Masdar City
[2] Foster
[3] EnerTech
[4] Dongtan

صورت پذیرد. هرچند این پروژه بنا به دلایلی تکمیل نشده اما توانست اصول و معیارهای کارایی انرژی در مقیاس شهر را، به‌ویژه در حمل‌ونقل عمومی مطرح کند (مرادیان، ۱۳۹۵، ۹۱-۹۲).

۵-۳- شهر ریکیاویک ایسلند

ریکیاویک[۱] اولین شهرداری در ایسلند بود که در سال ۲۰۰۹ سیاستی در مورد کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای سبز اتخاذ کرد. در سال ۲۰۱۶ شورای شهر تصمیم گرفت که فراتر رود و اهداف بلندپروازانه‌تری نیز به‌دست آورد و تا سال ۲۰۴۰ به شهر کربن خنثی تبدیل شود (Reykjavik, 2020). همه سیاست محیط زیست و منابع طبیعی شهر ریکیاویک که در کنار برنامه منطقه‌ای شهر ریکیاویک برای سالهای ۲۰۱۰-۲۰۳۰ منتشر شده‌است، اهداف کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ٪۷۳ قبل از سال ۲۰۵۰ را تعیین کرده‌است. این اهداف بررسی شده برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شاید با آن‌چه بسیاری از جاه‌طلبان ترین شهرهای جهان قصد دارند همگام باشد، اما ریکیاویک در موقعیت بهتری برای انجام آن قرار دارد. این امر از دو طریق صورت می‌گیرد: استفاده از توان زمین گرمایی برای گرمایش و تولید برق ریکیاویک از انرژی تجدید پذیر بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای. استفاده از سوخت فسیلی برای تولید برق و انرژی درون گرمایی چالش‌هایی است که امروزه گسترده شده‌است. اما ریکیاویک روی فاکتور سوم، یعنی حمل و نقل، نیز تمرکز می‌کند. هدف، افزایش استفاده از دوچرخه و اتوبوس به عنوان وسیله اصلی حمل و نقل و اطمینان از این امر است که مردم شانس رفت و آمد را برای کار با پای پیاده دارند. ریکیاویک قصد دارد تا قبل از سال ۲۰۴۰ بی طرف از کربن شود و مشکل تغییر اقلیم را به روشی انسانی و سازگار با محیط زیست حل کند (City Executive Council Report, 2016: 5).

برنامه عمل در سال ۲۰۲۰ و هر پنج سال پس از آن مطابق توافق نامه پاریس ۲۰۱۵ بررسی خواهد شد. نتایج هر دو سال یکبار با مقایسه وضعیت موجود در سال ۲۰۱۵ ارزیابی می‌شود. اقدامات اجتماعی تا سال ۲۰۲۰ به قرار زیر است: در حمل و نقل و استفاده از انرژی تا سال ۲۰۳۰ نسبت ترافیک خودرو ۵۸٪ ، حمل و نقل عمومی ۱۲٪ و تردد و دوچرخه سواری ۳۰٪ خواهد بود و همه آن‌ها مطابق با اهداف برنامه منطقه‌ای شهر ریکیاویک و افزایش ابتکارات شهر در حمل و نقل عمومی و دوچرخه سواری است. تا سال ۲۰۴۰ ، ترافیک خودرو و حمل و نقل عمومی عاری از انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد بود. ۹۰ درصد از کل واحدهای مسکونی جدید برای افزایش نزدیکی خدمات عمومی و کاهش نیازهای مسافرتی در مرزهای فعلی منطقه شهری قرار خواهند گرفت. انگیزه‌هایی برای کاهش پمپ بنزین‌ها عملی خواهد شد. هدف این خواهد بود که پمپ‌های سوخت فسیلی تا سال ۲۰۳۰ در حدود ۵۰ درصد در محدوده شهر کاهش یابد و تا سال ۲۰۴۰ منقرض شود. با ادامه همکاری شهر ریکیاویک با مشاغل و زندگی اقتصادی، بر کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و کاهش ضایعات تأکید خواهد شد. مقوله‌های زباله در مراکز بازیافت محلی در مدت زمان مشخص مطابق با برنامه عمل در مورد مواد زاید اجرا می‌شوند. عوامل خطرساز عمده، از جمله مناطقی که مستعد سیل هستند، وارد طرحی خواهد شد که برای وقایع احتمالی تشکیل شده‌است. معرفی راه حل‌های سبز-آبی و آماده سازی راه حل‌های مبتنی بر طبیعت و راه حل‌های فنی در جلوگیری از سیل و تأکید سبز در کلیه عملیات شهر امری اختیاری نخواهد بود بلکه اجباری است. تا سال ۲۰۲۵ ، ۱۰۰٪ وسایل نقلیه شهر ریکیاویک با انرژی‌هایی بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای تأمین می‌شوند. فرایندی برای حمایت از خرید بدون کربن اجرا خواهد شد. ثبت مستندات و هزینه سفر به گونه‌ای اصلاح می‌شود که شامل ثبت مقدار انتشار آلاینده‌ها توسط هواپیما هم خواهدشد (City Executive Council Report, 2016, 3-4).

۵-۴- پروژه‌ی کریستی‌واک آدلاید استرالیا

کریستی‌واک[۲] یک پروژه‌ی دو هزار مترمربعی توسعه مسکونی است که در جنوب غربی آدلاید قرار دارد. طرح توسعه این پروژه با فعالیت‌های آموزشی و تعاونی، یک سازمان خصوصی به نام اکولوژی شهری استرالیا به سرپرستی پاول داونتان[۳] متولد شده‌است. هنگامی که امارات متحده عربی نتوانست بر نتایج پایداری در قالب یک توسعه بزرگ در سطح شهر تأثیر بگذارد، یک گروه پرشور از افراد تصمیم به ایجاد اکو-دهکده خود برای نشان دادن آن‌چه که امکان‌پذیر است، گرفتند. این پروژه شامل ۲۷ واحد مسکونی، شامل خانه‌های تراکم متوسط همراه با فضای مشترک و باغ‌هایی برای تولید غذای ارگانیک، خشکشویی، سالن اجتماعات، کتابخانه و غیره است. این سایت میزبان یک مرکز آموزشی، به نام مرکز اکولوژی شهری است و در مجاورت محل پیاده‌روی مراکز خرید و حمل‌ونقل عمومی آدلاید قرار دارد. در کریستی‌واک از رویکردی مشارکتی برای توسعه استفاده شده‌است که هزینه آن با ترکیبی از اقساط و سرمایه شخصی تأمین می‌شود. موفقیت در توسعه به شدت وابسته به اشتیاق و تعهد افراد است و تعدد سهامداران نیز عامل اصلی در تحقق آن بود. این پروژه به پایداری محیط زیست در جبهه‌های مختلف پرداخته‌است. طراحی ساختمان با کارآیی انرژی با استفاده از طراحی خورشیدی منفعل و تکنیک‌های نوین ساخت و ساز، آب گرم خورشیدی و سیستم PV خورشیدی، بهره‌وری از آب و نگهداری و استفاده مجدد از آب باران، انتخاب مواد اولیه پایدار، تولید مواد غذایی در محل، ارتقاء حالت‌های حمل و نقل پایدار و زندگی در محل، که موجب تقویت رفتار پایدار جامعه می‌شوند، از اصول مورد توجه پایداری پروژه است (AdelaideCity, 2020). پروژه طراحی سایت بر ایجاد حس تعلق ساکنین از محل تاکید دارد بنابراین فضاهای عمومی و باز در جهت ارتقای روابط اجتماعی ساکنین صورت گرفته‌است. گونه‌های بومی درختان و گیاهانی که نیاز به آب کمتری دارند و گیاهانی که محصول دارند، پیش بینی شده‌است. بام سبز نیز نقش تنوع زیستی، امنیت و تولیدکنندگی را عهده‌دار است. به‌منظور کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها از مصالح بومی استفاده شده و بهره‌مندی از نورطبیعی خورشید و الگوهای باد غالب و پنجره‌های دو جداره در طراحی درنظر گرفته‌شده‌اند (Downton, 2009, 306). رسیدن به موفقیت در این پروژه، با عواملی چون، اشتیاق و تعهد عضویت تعاونی در تحمل ریسک بالا و پذیرش "حق بیمه پایداری" و یک فرایند تحول نوآورانه‌ای به تصویب رسید، از جمله ایجاد طیف وسیعی از نهادهای جداگانه برای انجام نقش‌های مختلف، اتفاق افتاده‌است. ساختمان‌ها به سیستم گرمایش منفعل، سرمایش و تهویه متکی هستند. هزینه‌های انرژی تا ۵۰٪ کمتر از یک "مسکن معمولی" است. سیستم‌های آب گرم خورشیدی به کلیه ساختمان‌ها خدمات می‌دهد. میزان پارکینگ ماشین مورد نیاز با توافق با شورای محلی ۵۰٪ کاهش یافت. سایت منطقه عاری از اتومبیل است و باعث پیاده روی و دوچرخه سواری در داخل و فراتر از آن می‌شود. در ساخت و ساز ، به ویژه در سنگفرش‌ها و محوطه سازی ، از مواد بازیافت شده از سازه‌های تخریب شده در محل استفاده می‌کند. آب باران از پشت بام‌ها و سطوح آسفالت شده در دو مخزن زیر زمینی، بیست هزار لیتری جمع‌آوری می‌شود و از آن برای آبیاری فضای سبز، مجددا استفاده می‌شود. پروژه‌های پیشگام مانند کریستی

۱Reykjavik
۲Christie Walk Adelaide
۳Paul F Downton

واک، امکان توسعه منطقه‌ای پایدار محور جامعه را در طراحی و هم‌چنین مدل کسب و کار و نوآوری حاکمیتی نشان داده‌اند (Downton, 2009, 376).

۵-۵- پروژه‌ی همربای سیوستاد سوئد

تعداد بسیار کمی از شهرها در مقایسه با سوئد، ایده متابولیزم چرخشی انرژی را در عمل به کار برده‌اند از این‌رو محله‌ی اکولوژیک همربای سیوستاد[۱]یک مورد عملی و راهنما برای متخصصین در این حیطه می‌باشد. به عبارتی دیگر این محله یک نمونه بسیار موفق در مورد چگونگی، نمود پیدا کردن دیدگاه متابولیزم در رویکردهای جدید طراحی شهری و سیستم انرژی در محله با تراکم بالا فراهم ساخته‌است. از آغاز برنامه ریزی این محله تلاش بر این بوده‌است که خروجی‌ها و ورودی‌ها و منابع مورد نیاز به طور جامع مورد بررسی قرار گیرند. اصول بهینه سازی مصرف انرژی در پروژه‌ی مذکور شامل استخراج انرژی ناشی از پسماندها، بهره‌مندی از انرژی خورشیدی و کاهش تقاضای انرژی می‌باشد. به‌همین منظور حدود هزار آپارتمان با کوره بیوگاز (به واسطه‌ی استخراج بیوگاز از فاضلاب تولید شده)، مجهز شده‌اند. همچنین بیوگاز برای سوخت اتوبوس‌هایی که در خدمت این منطقه می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. گرمای حاصل از احتراق پسماندهای قابل اشتعال به صورت آب گرم مصرفی و برق به محله باز می‌گردد. نهایتاً لجن باقی‌مانده از این فرآوری باعث باروری جنگل می‌گردد که منجر به تولید چوب برای گرم کردن خانه‌ها می‌شود. ۳۹۰ مترمربع پنل خورشیدی بر روی سقف بلوک‌های ساختمانی به سمت جنوب نصب شده‌است. این پنل‌ها با دریافت جذب انرژی حرارتی از نور خورشید برای گرم کردن آب ساختمان‌ها (آبگرمکن خورشیدی) به‌کار می‌روند. حدود نیمی از انرژی مورد نیاز برای تأمین نیاز آب گرم سالیانه ساختمان‌ها از این طریق فراهم می‌گردد (GlashusEtt, 2007, 14). از دیگر مواردی که در مصرف انرژی و تولید دی اکسید کربن این محله موثر است، فاصله‌ی اندک با مرکز استکهلم، دسترسی به سیستم راه‌آهن سریع‌السیر(با فرکانس بالا) و وجود شبکه گسترده دوچرخه و ترویج پیاده‌مداری است (Wheeler at al, 2009, 241).

به‌طورکلی اهداف کلیدی در برنامه همربای عبارتند از: چرخه طبیعی باید در سطح محلی باشد، حداقل مصرف منابع، کاهش مصرف آب، استخراج انرژی از فاضلاب، مصالح ساختمانی قابل تجدید یا بازیافت، کنترل آلودگی خاک، بازیابی دریاچه، کاهش نیازهای حمل و نقل، تحریک احساس مسئولیت‌پذیری زیست محیطی ساکنان، از پیاده‌مداری به عنوان اهرمی برای توسعه استفاده می‌شود، راه حل‌های استفاده شده باعث افزایش هزینه نمی‌شوند و از دانش، تجربه و فناوری تولید شده برای کمک به توسعه پایدار در زمینه‌های دیگر استفاده می‌شود (Poldermans, 2006, 21).

۵-۶- وسترا همنون مالمو سوئد

وسترا همنون[۲]به پرچم‌دار توسعه پایدار شهری مالمو[۳]تبدیل شده‌است. گسترش این منطقه از زمانی آغاز شد که شهر در تابستان سال ۲۰۰۱ میزبان نمایشگاه Bo01 مسکن اروپا بود. تبدیل زمین صنعتی ساحلی به یک منطقه شهری پر جنب و جوش برای اولین بار در معرض دید عموم قرار گرفت. این اولین منطقه شهری سوئد بود که دارای یک سیستم انرژی خنثی آب و هوا بود و از انرژی کاملاً محلی تولید شده از منابع تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی، باد و آب استفاده می‌کرد. پس از این الگوی نمایشی پرمحتوا ، پروژه‌های دیگری دنبال شد که هدف آن ایجاد پایداری است. ایده‌های پایداری بیشتر، اکنون در فاز سوم پروژه در وسترا همنون، در حال توسعه هستند. یک منطقه شهری مختلط مسکونی، دفاتر، پیش دبستانی، مسکن معلولین و پارکینگ ماشین‌های چند طبقه به عنوان بخشی از پروژه ساخته می‌شود. ساخت و ساز از تابستان سال ۲۰۱۰ آغاز شد و حدود ۷۵ درصد از ۶۳۰ آپارتمان اجاره هستند (Damanco, 2012, 6). مالمو در حال ادامه ابتکارات توسعه شهری خود در منطقه وسترا همنون است و چندین پروژه دیگر در همین راستا در شهر مالمو اجرا می‌شود. بزرگترین منطقه ساختمان‌های کارآمد در سوئد به عنوان بخشی از پروژه جدید ساخته می‌شود. راه‌حل‌های پایداری بلندمدت را می‌توان با همکاری نزدیک با سازندگان تحقق بخشید (MalmöCity, 2020).

به طور خلاصه در این منطقه، بزرگترین مجموعه خانه‌های منفعل سوئد و ساختمان‌های کم‌مصرف، همکاری نزدیک با سازندگان در مراحل اولیه روند برنامه‌ریزی، جمع آوری زباله‌های آلی در مقیاس بزرگ برای تولید بیوگاز، کشت گیاهان روی دیوارها و سقف‌ها و عضویت در پارکینگ اتومبیل برای کلیه ساکنان را شامل می‌شود (MalmöCity, 2020). یک شبکه خیابانی پیچ و خم‌دار، می‌تواند پناهگاهی در برابر جریان بادهای دریا شود. اشکال مختلفی از راهبردهای کاشت گیاهان در دیوارها و سقفهای سبز برای کاهش رواناب سطحی استفاده می‌شود. سیستم پیشرفته زهکشی پایدار شهری، یک بندرگاه زیست محیطی، تفریحی و بصری را از طریق این پروژه ایجاد می‌کند. توربین‌های بادی علاوه بر پنل‌های فتوولتائیک برای سایر نیازهای انرژی، به عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده انرژی مطرح می‌شوند. سفره‌های آب گرم تابستان دریا را برای گرمایش منطقه در زمستان ذخیره می‌کنند. زباله‌های خانگی به بیوگاز تبدیل شده و شبکه گاز طبیعی مالمو را تشکیل می‌دهند (Blazer, ۲۰۱۱, ۸).

۵-۷- پروژه‌ی بدینگتون لندن انگلستان

توسعه انرژی صفر بدینگتون،[۴] یک پروژه جدید مسکن اکولوژیک در حومه‌ی لندن می‌باشد، که در ساتون[۵]در جنوب غرب لندن، واقع شده‌است. وسعت این پروژه حدود ۵/۴۴ هکتار است، که تراکم جمعیتی آن در حدود ۵۰ نفر در هکتار می‌باشد این محدوده توسط بیل دانستر طراحی شده و به عنوان اولین توسعه‌ی کربن خنثی در انگلستان مطرح می‌باشد. جهت مشارکت با توسعه پایدار و روش‌های نوین بهینه سازی مصرف انرژی،۸۲ ساختمان مسکونی با کاربری مختلط احداث شده‌است. در میان ساختمان‌های مسکونی کاربری‌هایی نظیر: تجاری، نمایشگاه، مهدکودک قرار گرفته‌است. کارایی انرژی و انرژی صفر و طراحی غیرفعال از اصول طراحی در این پروژه به‌شمار می‌روند (مرتضایی، ۱۳۹۷، ۵۶).

مجموعه انرژی صفر بدینگتون برای رسیدن اصول زیست محیطی اهدافی را دنبال می‌کند که شامل عدم استفاده از سوخت‌های فسیلی ۵۰ درصد کاهش انرژی مصرفی برای حمل و نقل، ۶۰ درصد کاهش انرژی خانگی در مقایسه با منازل انگلیسی و احتیاجات انرژی گرمایی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، ۳۰ درصد کاهش در مصرف آب، کاهش پسماند و تشویق به بازیافت، استفاده از مصالح ساختاری تولیدکننده‌های محلی مانند آجر و فولاد بازیافتی و بتن در شعاع کمتر از ۶۰ کیلومتر، تولید منابع محلی در شبکه کشاورزی برای غذای محلی، توسعه تنوع زیستی در محیط طبیعی، می‌شود. در ارتباط با رعایت اصول زیست محیطی در مجموعه انرژی

۱Hammarby Sjöstad
۲Västra hamnen (in English: western harbour)
۳Malmö
۴Beddington Zero Energy Development (BedZED)
۵Sutton

صفر بدینگتون، ایدئولوژی به کار گرفته شده در هر مورد عبارت است از: کربن صفر که با کاهش و سرانجام حذف کربن ناشی از سوخت فسیلی در گرمایش، سرمایش و تولید نیرو برای ساختمان‌ها اتفاق می‌افتد. کاهش پسماند محل دفن، به‌منظور کاهش انرژی استفاده شده در حمل پسماند و کاهش گازهای گلخانه‌ای که از محل دفن زباله‌ها می‌انجامد، کاهش کربن ناشی از حمل و نقل، انتخاب مصالح به منظور کارایی بالا در استفاده و تاثیر کم در ساخت و حمل، کاهش مواد خروجی ناشی از تولید غذا، بسته بندی و حمل، کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از مواد شیمیایی که در تولید غذا استفاده شده‌اند، کاهش انرژی استفاده شده در تامین آب و مدیریت فاضلاب و کاهش خطر سیل در محل، افزایش و محافظت از تنوع زیستی مساکن طبیعی، به‌وجود آوردن حسی از جامعه از طریق زنده سازی جنبه‌های با ارزش میراث و فرهنگ محلی، برانگیختن عدالت اجتماعی از طریق توسعه اقتصاد محلی تجارت عادلانه بین المللی، افزایش سطح سلامتی و رفاه عمومی از طریق طراحی و تسهیلات، ازجمله آثاری است که در پی رعایت اصول به‌وجود می‌آید (امیرنصیری، ۱۳۹۶، ۳-۴).

۵-۸- پروژه‌ی کرانزبرگ هانوفر آلمان

محله مسکونی اکولوژیک کرانزبرگ[1] یکی از بخش‌های جدید هانوفر می‌باشد. این محله به گونه‌ای طراحی گردیده‌است که تمامی ابعاد پایداری نظیر تراکم بالا (ساختمانی)، مسکن چند خانواری، استقرار در نزدیکی سیستم تراموا و طراحی شبکه ارتباطی با محوریت حداقل سازی وسایل نقلیه، را پوشش می‌دهد (Wheeler at al, 2009, 325).

اصول بهینه سازی مصرف انرژی در این محله به صورت انرژی خورشیدی، رعایت استانداردهای ساخت‌وساز و طراحی غیرفعال می‌باشد. در مجموع انرژی گرمایشی ۱۰۴ آپارتمان در این محله، به واسطه‌ی پنل‌های خورشیدی تأمین می‌گردد. انرژی خورشیدی در تابستان از طریق لوله‌های مربوطه در مخازن ذخیره می‌شود، بنابراین این امکان را برای گرمایش خورشیدی از بهار تا ماه دسامبر فراهم می‌سازد. حدود ۴۰ درصد از تقاضای انرژی گرمایشی از این طریق و بخشی دیگر نیز به واسطه‌ی شبکه گرمایش محلی تأمین می‌شود. همچنین سه توربین بادی با فاصله‌ای حدود ۱۰۰ متر از این محله ساخته شده، که بزرگترین آنها ۱٫۸ مگاوات می‌باشد. در کل با اعمال استانداردهای ساخت و ساز و مدیریتی در این محله‌ای مسکونی انتشار گازهای گلخانه‌ای حدود ۸۵- ۹۵ کاهش پیدا کرده‌است. در راستای حداقل سازی تقاضای انرژی گرمایشی ساختمان‌ها، کلیه‌ی مشتریان و شرکت‌های ساختمانی ملزم به اخذ قرارداد برای انجام ساخت و ساز شهری استانداردهای دقیق می‌باشند. در این محله یک پروژه مسکونی برای ۳۲ خانوار، که بر اساس طراحی غیر فعال بنیان نهاده شده، تعریف گردیده‌است. استفاده از لامپ‌های کم مصرف به ساکنین پیشنهاد شده‌است، همچنین می‌توانند از کمک هزینه‌هایی برای خرید لوازم خانگی برقی، کم مصرف بهره‌امند شوند. توصیه‌هایی در راستای صرفه جویی در مصرف انرژی از طریق تلفن یا به طور حضوری به ساکنین ارایه می‌شود (Butera, 2008, 331).

۵-۹- ووبان فرایبرگ آلمان

محله ووبان فرایبورگ[2] آلمان را می‌توان یکی از مکان‌های تولد شهرسازی پایدار دانست. احداث نیروگاه هسته‌ای در نزدیکی شهر فرایبورگ در حدود ۳۵ سال، مورد اعتراض قرار گرفت و ساکنین شهر مانع از احداث نیروگاه هسته‌ای در مجاورت این شهر شدند. از آن پس ساکنین، مسئولان، متخصصان، کارشناسان، نهادها، مؤسسات پژوهشی در تکاپو بودند تا بتوانند انرژی مورد نیاز شهر را از منابع تجدیدپذیر همچون خورشید، نیروی باد، حرارت زمین، زیست توده و غیره تأمین نمایند. در این راستا، سیاست‌های کلی شهر بر سه محور اساسی،کاهش مصرف انرژی، استفاده‌ی بهینه از انرژی و نهایتاً استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تعریف شده‌است. احداث مسکن با کمترین میزان مصرف انرژی و یا خانه‌هایی با انرژی مازاد، شهر را قادر ساخته تا انتشارات ناشی از سوخت‌های فسیلی را به طور چشمگیری کاهش دهد و اثرات زیانبار زیست محیطی خود را کم کند. اقدامی که به صورت همزمان بسیار تأثیرگذار بوده، بهبود عایق بندی حرارتی ساختمان‌های قدیمی فرایبورگ می‌باشد که با کمک‌های مالی دولت، سرمایه‌گذاری‌های خصوصی وسیعی را در بخش بهبود کار آیی انرژی از طریق تولید و نصب پنجره‌های جدید و سیستم‌های حرارتی مدرن ایجاد کرده‌است. این تمهیدات در کاهش هزینه‌های آب، برق و سایر خدمات و هم‌زمان افزایش ارزش املاک کاملاً مؤثر بوده‌است (مرتضایی، ۱۳۹۷، ۶۰).

یکی از این مجتمع‌ها که به دهکده‌ی خورشیدی مشهور است توسط معمار رولف دیش طراحی و اجرا گردیده‌است. در این دهکده کلیه‌ی تمهیدات زیست محیطی طراحی و اجرا شده و از لحاظ تأمین انرژی مورد نیاز از منابع تجدیدپذیر نه تنها کاملاً خودکفا بوده بلکه دارای انرژی مازاد بر نیاز نیز می‌باشد این محله در جنوب فرایبورگ، در منطقه‌ای از شهر که سابقاً پایگاه نظامی فرانسه بوده با هدف جذب ۵۰۰۰ ساکن و ایجاد ۶۰۰ شغل احداث گردیده‌است. این بخش یکی از بزرگترین دهکده‌های خورشیدی اروپا می‌باشد که هدف اصلی از این پروژه پیاده سازی یک محله در راستای مشارکت با پیش شرط‌های زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی، و فرهنگی بوده‌است (Vauban Friburg, 2020).

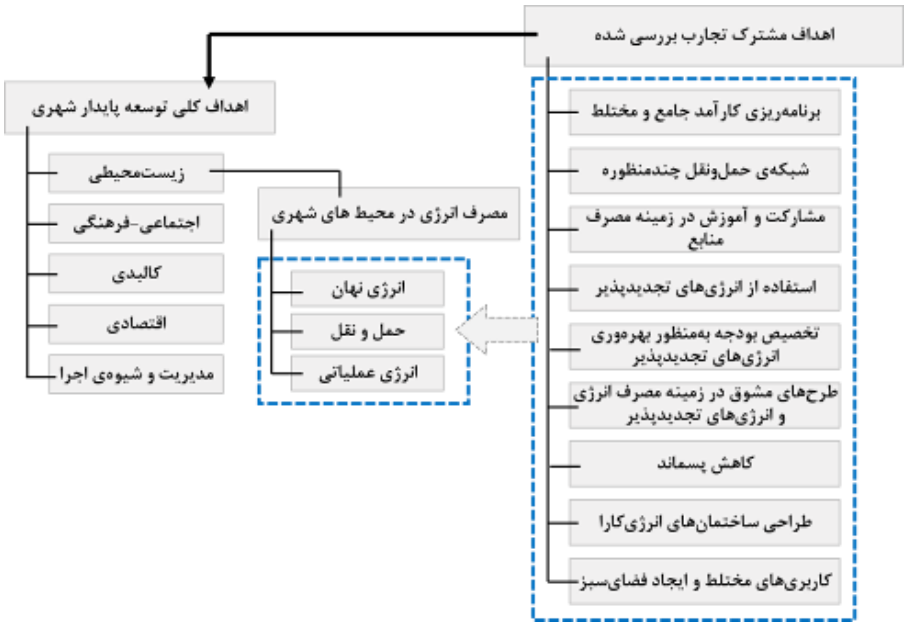
۹۲ واحد در این منطقه با توجه به استانداردهای سیستم غیرفعال ساخته شده‌است. ۱۰ واحد از مسکن‌هایی که بر اساس سیستم غیر فعال طراحی شده‌اند، مصرف انرژی آنها با سیستمی به نام انرژی مثبت بهبود بخشیده شده، به طوری که تولید انرژی در این منازل بیشتر از انرژی مصرفی می‌باشد. لذا مازاد انرژی خورشیدی به شبکه شهری به عنوان سود هر خانه فروخته می‌شود. بیشتر ساختمان‌ها دارای گیرنده‌های خورشیدی یا سلول‌های مولد نوری می‌باشند، سایر بناها توسط مولد مرکب برق و گرما با سوخت چوب گرم می‌شوند. این محله یکی از بزرگترین مناطق خورشیدی اتحادیه اروپا است که دارای بیش از ۲۵۰۰ مترمربع پانل‌های فتوولتائیک و ۵۰۰ مترمربع پانل‌های خورشیدی است. حمل و نقل در ووبان عمدتاً به صورت پیاده یا با دوچرخه می‌باشد. این مجموعه توسط یک تراموا به مرکز شهر فریبورگ متصل شده‌است و مسیرها به صورت خطی طراحی شده‌اند تا تمامی خانه‌ها دسترسی آسان به یک ایستگاه تراموا را به صورت پیاده داشته باشند. از سال ۲۰۰۹ حدود ۷۰٪ از خانوارها زندگی بدون خودروی شخصی را برگزیده‌اند. شمار دارندگان خودرو با گذشت زمان نیز کاهش می‌یابد. هر ساله، خانوارها می‌بایست تعهدنامه‌ای را مبنی بر نداشتن یا داشتن خودرو امضا کنند، که در صورت داشتن آن باید فضایی را در یکی از پارکینگ‌های طبقاتی در حومه با قیمت بالا، خریداری کنند (Vauban Friburg, 2020).

---

[1] Kronsberg Hannover
[2] Vauban Friburg

۶- نتیجه‌گیری

امروزه توجه به مسائل زیست محیطی، تغییرات اقلیمی و معضل سوخت‌های فسیلی، جوامع، برنامه‌ریزان و فعالان شهری را به یک نقطه مشترک رسانده تا تلاش خود را در راستای رسیدن به پایداری و حفظ یگانه زیستگاه مشترکمان به‌کار گیرند. اروپا و در راس آن آلمان، سوئد، انگلستان و هلند، پیشگام این مسیر بوده و تجربیات موفق خود را نمایان ساخته و محرک برنامه‌های جامع شهری و یا پروژه‌های کوچک مقیاس اجرایی دیگر در سایر کشورها شده‌اند. امریکا با طراحی پروژه‌هایی در سال‌های اخیر، مانند دهکده سونوما[۱] بازار امیریویل در کالیفرنیا[۲] ایستگاه مترو راک ویل مریلند[۳] و ژئوس آروادا کلارادو[۴] قصد پیشی گرفتن دارد اما بسیاری از آن‌ها به مرحله‌ی اجرای کامل در نیامده‌اند و کانادا نیز اقدامات مطلوبی با پروژه‌هایی در ویکتوریا[۵] و آلبرتا[۶] انجام داده و یا در دست اقدام قرار داده‌است. اما نکته قابل توجه، عزم جدی دولت‌ها در تحقق این قبیل برنامه‌هاست. در مبحث زیست‌محیطی و میل به پایداری‌در شهرها، مقیاس‌ها متفاوت و شامل برنامه‌ریزی بلندمدت برای یک منطقه و یا حتی طراحی یک شهر جدید، طراحی یک واحد همسایگی و یا بخشی از یک شهر و طراحی یک قطعه یا چند ساختمان، می‌باشد. هرچه مقیاس پروژه بزرگتر، هزینه‌ها بالاتر و به مراتب اجرایی شدن آن دشوارتر و زمان‌برخواهد بود. هرچند که چنین تجربیاتی در صورت برنامه‌ریزی‌های صحیح، سودآور نیز می‌تواند باشد اما در مقایسه‌ی پروژه‌ها با یکدیگر، خرد مقیاس‌ها سریع‌تربه نتایج مدنظر خود دست یافته‌اند. جوامع مورد بررسی در استراتژی کارایی انرژی متفاوت هستند، اما روند و رویکردهای مشترکی را نشان می‌دهندکه می‌توان از آن به‌عنوان یک راهنما در قالب مدلی مفهومی برای دستیابی به نتایج موفق استفاده نمود. برنامه‌ریزی مؤثر و کارآمد جامعه و طراحی در راستای تأمین کیفیت زندگی و درعین‌حال‌کاهش چشم‌گیر در مصرف انرژی، ابتدایی‌ترین اقدام دراین مسیر است. استفاده بهینه از انرژی عموماً اقتصادی‌ترین روش برای کاهش انتشار کربن در جامعه است. پس از آن رویکردهای انرژی‌کارا می‌توانند به‌طور مؤثر و اقتصادی نیازهای جامعه را برآورده کنند.



شکل ۱۱: مدل مفهومی کارایی انرژی مبتنی بر تجارب بررسی شده

در تمام نمونه‌های یادشده، همکاری و مشارکت میان بخش دولتی و خصوصی در زمینه‌های مختلف نظیر برنامه‌ریزی، طراحی، سرمایه گذاری، مدیریت و غیره مشهود است. علاوه بر این، در نمونه‌های مطرح شده، از مشارکت ساکنین بهره گرفته شده‌است. راهکارهایی برای کاهش تقاضای انرژی، حفاظت از منابع و استفاده از منابع انرژی تجدیدناپذیر ارائه شده‌است. به منظور مدیریت کاهش پسماند، متناسب با شرایط، راهکارهای مختلفی نظیر بازیافت و تفکیک زباله، شبکه جمع آوری فاضلاب یکپارچه، زیست گاز و سایر موارد، ارائه گردیده‌است. در اکثر پروژه‌ها از مزایای اختلاط کاربری و حمل‌ونقل عمومی به خوبی بهره برده شده‌است و برخورداری از یک سامانه ی حمل و نقل چندمنظوره کارامد به عنوان عنصری ضروری برای توسعه مطرح است. طراحی شبکه‌های حمل‌ونقل از ساختاری منسجم برخوردارند و به‌گونه‌ای است که اولویت حرکت را به پیاده و دوچرخه سوار می‌دهد. دسترسی آسان به فضاهای سبز و محیط‌های طبیعی و یا تفریحی مصنوع در آن‌ها منظور شده‌است. در این نمونه‌ها معمولا، از فرم فشرده استفاده شده‌است و از طراحی الگوهای سنتی و مصالح بومی بهره برده‌است.

در ایران به منظور بهره‌وری از اقلیم و در جهت کارایی بهتر، ساخت‌وسازهای هم‌سو با اقلیم، از گذشته، رواج داشته‌است، کمااین‌که شهرهایی همانند یزد، بوشهر، زواره و غیره دارای بافت شهری منحصربه‌فردی هستند. امروزه نیز اقدامات خوبی در زمینه‌ی کارایی انرژی انجام پذیرفته‌است که مهم‌ترین آن پروژه‌ی پایلوت ۳۵ هکتاری شهر جدید هشتگرد می‌باشد، هرچند وجود چنین پروژه‌هایی با توجه به پتانسیل بالای این سرزمین در زمینه‌ی انرژی، کافی نیست اما می‌تواند شروع امیدبخشی برای برنامه‌های آتی باشد. می‌توان با برنامه ریزی‌های جامع و تعریف پروژه‌های اجرایی در قالب آن و با در نظر گرفتن موارد اجرایی و بهره‌گیری از نتایج تجارب جهانی، متناسب با شرایط و جوامع شهری ایران گام‌های موثری در کنترل مصرف انرژی و حفظ محیط زیست و در نهایت پایداری برداشت.

۱Sonoma Mountain Village
۲Emeryville Market Place
۳Twinbrook Metro Station
۴Geos – Arvada
۵Dockside Green – Victoria
۶Drake Landing Solar Community – Alberta

منابع

۱. امیرنصیری، میلاد، و امیرنصیری، علی. ۱۳۹۶. بررسی اصول معماری پایدار در طراحی مجموعه انرژی صفر بدینگون و تالار هال‌سیتی لندن. اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران و معماری دانشگاه میعاد، دانشگاه شهید بهشتی تهران. ۱-۹.

۲. شجاع، سعیده، پورجعفر، محمدرضا، و طبیبیان، منوچهر. ۱۳۹۸. فراتحلیل رابطه فرم شهر و انرژی: مروری بر رویکردها، روش‌ها، مقیاس‌ها و متغیرها. دانش شهرسازی، دوره ۳، شماره ۱. ۸۵-۱۰۷.

۳. طاهباز، منصوره. ۱۳۹۲. دانش اقلیمی، طراحی معماری. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی تهران.

۴. غازی، فرناز، و چاره‌جو، فرزین. ۱۳۹۷. تحلیل تاثیر فرم شهری بر مصرف انرژی ساختمان با رویکرد انرژی کارایی (نمونه موردی: محله قطارچیان در شهر سنندج). چهارمین همایش ملی معماری و شهر پایدار، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ۱-۱۳.

۵. قائدی، محمدرضا، و گلشنی، علیرضا. ۱۳۹۵. روش تحلیل محتوا، از کمی‌گرایی تا کیفی گرایی. روش‌ها و مدل‌های روان‌شناختی، سال هفتم، شماره ۲۳. ۵۷-۸۲.

۶. کناره‌جو، امیرحسین. ۱۳۹۴. طراحی شهری انرژی کارا ارزیابی میزان انطباق محله ناژوان شهر اصفهان با اصول انرژی کارایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان.

۷. لطفی، سهند، شعله، مهسا، فرمند، مریم، و فتاحی، کاوه. ۱۳۹۵. تدوین معیارهای طراحی شهری برای محله‌های بدون کربن. فصلنامه علمی-پژوهشی نقش جهان، شماره ۱-۶. ۸۰-۹۲.

۸. مرادیان، محدثه. ۱۳۹۵. راهنمای طراحی شهری انرژی‌کارا با تأکید بر جداره شهری (نمونه موردی خیابان ۱۷ شهریور تهران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران.

۹. مرتضایی، گلناز، محمدی، محمود، و نصراللهی، فرشاد. ۱۳۹۴. تدوین شاخص‌های مرفولوژیکی شهر با محوریت بهره‌وری مصرف سوخت ساختمان، گامی به سوی طراحی شهری انرژی‌کارا. سومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی با رویکرد توسعه پایدار، سازمان نظام مهندسی ساختمان استان اصفهان. ۱-۱۲.

۱۰. مرتضایی، گلناز، محمدی، محمود، نصراللهی، فرشاد، و قلعه‌نوعی، محمود. ۱۳۹۶. بررسی ریخت-گونه‌شناسانه بافت‌های مسکونی جدید در راستای بهینه سازی مصرف انرژی اولیه، مطالعه موردی: سپاهان شهر. فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات شهری، شماره بیست و چهارم. ۴۱-۵۳.

۱۱. مرتضایی، گلناز. ۱۳۹۷. تدوین زبان انرژی کارایی در بعد ریخت‌شناسی طراحی شهری مورد پژوهش بافت‌های جدید مسکونی سپاهان‌شهر اصفهان. پایان نامه دکتری طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان.

۱۲. وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی. ۱۳۹۷. ترازنامه‌ی انرژی سال ۱۳۹۵. دفتر برنامه ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی.

۱۳. Blazer, Tyler. 2011. Low-Carbon Communities, An Analysis of the State of Low-Carbon Community Design. The American Institute of Architects, Washington, DC.

۱۴. Braun, Bruce P. 2014. A New Urban Dispositif? Governing Life in an Age of Climate Change. Environment and Planning D: Society and Space, Volume: 32 issue: 1, p. 49-64.

۱۵. Butera, Federico. 2008. Towards the Renewable Built Environment. In: P. Droege, ed. Urban Energy Transition: From Fossil Fuels to Renewable Power. Amsterdam: Elsevier. p. 329-362.

۱۶. City of Reykjavik's Climate Policy. 2016. Goals for carbon-neutrality and climate change adaptation along with an action plan until 2020, Approved by The City Executive Council.

۱۷. Codoban, Natalia, & Kennedy, Christopher, A. 2008. Metabolism of Neighborhoods. Journal of Urban Planning and Development.

۱۸. Damanco, AB. 2012. Guide Western Harbour, Sustainable City Development, The city of Malmo Dept, Malmo stad.

۱۹. Daniels, Tom, & Daniels, Katherine. 2003. Enviromental Planning Handbook: For Sustainable Communities and Regions. American Planning Association.

۲۰. Downton, Paul.F. 2009. Ecopolis:Architecture and cities for a changing climate. Springer as Volume 1 of the Future City Series, Adelaide SA.

۲۱. Frantzeskaki, Niki, Hölscher, Katharina, & Bach, Matthew. 2017. Co-creating Sustainable Urban Futures, A Primer on Applying Transition Management in Cities, Future City Volume 11, Springer International Publishing AG.

۲۲. GEA. 2012. Global Energy Assessment-Toward a Sustainable Future. Cambridge University Press,Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

۲۳. GlashusEtt. 2007. Hammarby Sjöstad- a unique environmental project in Stockholm. Available at: <www.hammarbysjostad.se/inenglish/pdf/HS_miljo_bok_eng_ny.pdf> [Accessed 5 April 2012].

۲۴. Parasad, Neeraj, Ranghieri, Federica, Shah, Fatima, Trohanis, Zoe, Kessler, Earl,& Sinha, Ravi. 2009. Climate Resilient Cities: A Primer on Reducting Vulnerabilities to Disasters. Washington, DC: World Bank.

۲۵. Peker, Zeynep. 1998. Energy Efficient Urban Design. Thesis, Master of Science in Urban Design, Izmir Institute of Technology.

۲۶. Poldermans, C. 2006. Sustaiable Urban Development, The case of Hammarby Sjöstad Stockholm: Kulturgeografiska institutitionen Stockholms Universitet.

۲۷. Wagle, Gaurish. 2014. Masdar-Building a Sustainable City. Global Sustainable Cities Network Amubadala Company.

۲۸. Wheeler, Stephen M., & Timothy Beatley (eds.). 2009. The sustainable urban development reader. England: Routledge Eds.

۲۹. http;//www.bedzed.uk

۳۰. https://www.cityofadelaide.com.au

۳۱. http;//www.friburg.de/vauban

۳۲. http;//www.malmo.se

۳۳. http;//www.masdarcity.ae

۳۴. http;//www.reykjavik.is