

## 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. به طوری که 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. چه بسا استفاده از اهداف و اصول تجارب اجرایی دیگر نقاط جهان، بتواند راه را برای پژوهش‌های کارآمد 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 مورد استفاده در آن به صورت توصیفی-تحلیلی است و برای داده‌پردازی و تجزیه و تحلیل 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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## ۱- مقدمه

از دیرباز محیط زیست انسان و کیفیت آن، دارای اهمیت فراوانی بوده است، به گونه‌ای که بشر همواره در حال تلاش برای بهبود کیفیت زندگی خود بوده است. 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 گردیده است. چنانچه بتوان علل انسانی را کنترل نموده و کاهش داد، می‌توان انتظار داشت که روند تغییرات اقلیمی، با سرعت کمتری به وقوع بپیوندد (لطفی و همکاران، ۱۳۹۵، ۸). 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 بین‌المللی، 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 بوده است. 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 دارد (امیرنصیری، 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. چه بسا استفاده از اهداف و اصول تجارب اجرایی دیگر نقاط جهان، بتواند راه را برای پژوهش‌های کارآمد 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 نحوه 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 انرژی کارا ایده‌هایی را نیز در زمینه تدوین سیاست‌های طراحی شهری پایدار جهت کاهش تغییرات آب و هوایی نمایان می‌کند.

## ۲- پیشینه 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 اکوسیستی 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 انرژی کارا 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 قرار گرفته است و در ایران نیز، در ده سال گذشته به صورت تخصصی‌تر افزایش یافته است اما تجارب جهانی در حیطه‌ی مباحث زیست‌محیطی و با رویکرد کارایی انرژی، به‌عنوان نتایج اجرایی حاصل از این دیدگاه، کم‌تر مورد توجه و بررسی قرار گرفته است، 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 نازوان شهر اصفهان با اصول انرژی کارایی، مرادبان (۱۳۹۵) در پایان‌نامه‌ی خود تحت عنوان راهنمای طراحی شهری انرژی کارا 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 سپاهان شهر 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 هال سیتی لندن پرداخته است. اما هم‌چنان نیاز به پژوهش‌های مقایسه‌ای و بررسی نکات راهگشا در رسیدن به اجرای چنین پروژه‌های تأثیرگذاری، 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 منطقی 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 به کار 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 به طور فزاینده‌ای به عنوان مهم‌ترین دغدغه بیان می‌شوند، به گونه‌ای 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 به طور مستقیم و بدون واسطه با سیستم‌های جهانی محیط‌زیست، در ارتباط است. تغییر سیستم‌های زیست محیطی جهانی به طور 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. کارایی انرژی با کاهش شدت انرژی که به عنوان انرژی مصرف شده در واحد خروجی تعریف شده است، افزایش می‌یابد (غازی و چاره‌جو، ۱۳۹۷، ۲).

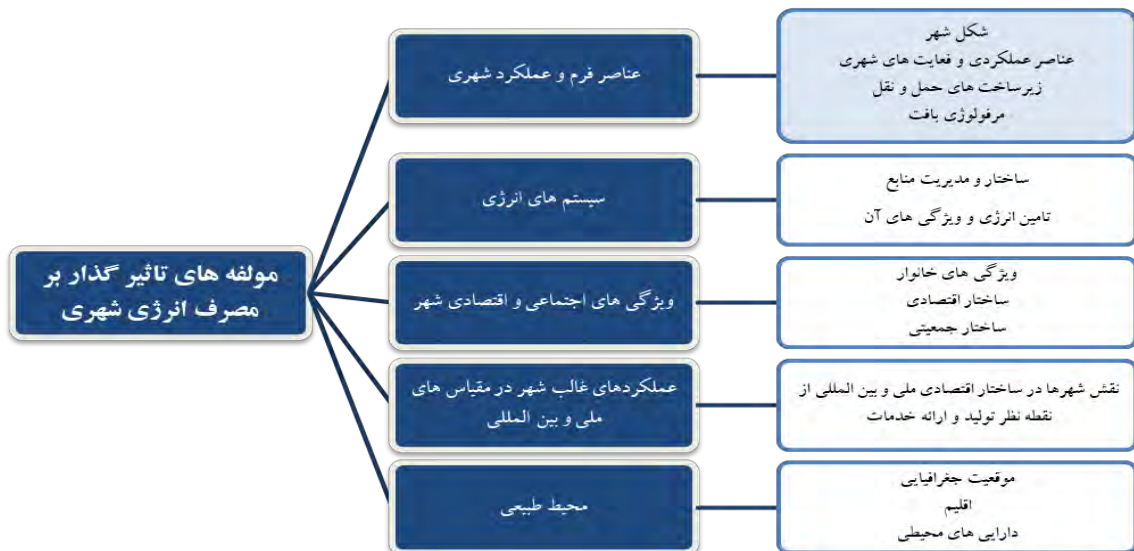
به جرات می‌توان گفت که امروزه انرژی به عنوان بخش جدایی ناپذیری از علوم کاربردی در زندگی بشر می‌باشد. وجود رابطه تنگاتنگ میان نحوه مصرف انرژی و پایداری جوامع، یکی از مسائل چالش برانگیزی است که تاکنون در راستای رشد و توسعه محیط‌زیست انسانی مطرح شده است (کناره‌جو، ۱۳۹۴، ۱۰). کارایی انرژی یکی از پارامترهای 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 به اندازه‌ای توان طبیعی تولید محیط‌زیست، بهره‌برداری انجام شود، اصل سرمایه منابع اکولوژیک به طور پایدار باقی می‌ماند و همیشه استفاده‌ی انسان از محیط به اندازه‌ی 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 به خصوص دستگاه‌های تهویه هوا می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که طراحی شهری، تأثیر 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 در خصوص تبعات زیست‌محیطی مصرف انرژی و گرم شدن کره زمین، بهینه‌سازی را تبدیل به یک ضرورت نموده است (مرتضایی و همکاران، ۱۳۹۴). در قرن حاضر به منظور مقابله با معضلات به وجود آمده ناشی از مصرف انرژی‌های فسیلی و آلودگی زیست محیطی و گرم شدن کره زمین 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 به دنبال دارد. انرژی تجدید پذیر یا پاک، پایان ناپذیرند و آلودگی برای محیط زیست را به وجود 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. به همین منظور سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، افزودن برچسب انرژی را به تولیدات خانگی در دستور کار خود قرار داده است (طاهباز، ۱۳۹۲، ۶).

##### ۴-۲- مولفه‌های تأثیرگذار 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 (به عنوان مثال: نقشی که شهرها در ساختار اقتصادی ملی و بین‌المللی از نقطه نظر تولید و ارائه 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: مؤلفه های تأثیر گذار بر مصرف انرژی در شهر، مأخذ: برگرفته از (GEA, 2012)

نکته قابل توجه در این خصوص این است که مؤلفه های ذکر شده در قالب یک چرخه علت و معلولی به صورت مستمر بر یکدیگر و بر میزان مصرف انرژی تأثیر گذار می باشند. میزان تأثیر گذاری هر یک از عوامل ذکر شده از شهری به شهر دیگر متفاوت می باشد و متأثر از بسیاری عوامل زمینه ای چون تاریخ، ساختار فرهنگی و ساختار اجتماعی، اقتصادی و فعالیتی آن شهر می باشد. در این میان عوامل تاریخی به عنوان یکی از مهمترین عوامل تأثیر گذار بر تمامی زیر سیستم های شهری و از جمله مصرف انرژی به شمار می آید. موقعیت شهر و ویژگی های کلان فرم از آن جمله عناصری می باشند که در متن تاریخی یک شهر توسعه یافته و بر تمامی اجزای آن تأثیر می گذارند. شاهدی بر این مدعا، تفاوت های ساختاری میان شهرهای گسترده آمریکای شمالی وابسته به اتومبیل شخصی در قیاس با شهرهای متراکم توسعه یافته از درون قرون وسطی در بسیاری از بخش های اروپا می باشد. در برخی موارد ویژگی های فعالیتی و عناصر غالب عملکردی شهرها نیز ریشه در تاریخ و بستر هر یک داشته است. برای مثال شهر بیجینگ در چین و منچستر در انگلستان از گذشته تاکنون به عنوان مراکز صنعتی بسیار با اهمیت فعال بوده در حالی که لندن، نیویورک و سنگاپور به عنوان مراکز اقتصادی و تجاری در مقیاس های بین المللی به شمار می آیند. چنین ویژگی های کلیدی و عملکردی شهرها به میزان قابل توجهی بر میزان نیاز و تقاضای انرژی در هر یک تأثیر گذار است (GEA, 2012).

### ۴-۳- اجزای اصلی مصرف انرژی در بافت های شهری

افزایش تقاضای انرژی ناشی از رشد اقتصادی و توسعه بوده و عمدتاً به سوخت های فسیلی وابسته می باشد. رشد تقاضای انرژی نقش کلیدی در روند افزایشی انتشار دی اکسید کربن خواهد داشت. از آنجا که شاخص شدت انرژی (نسبت کل عرضه انرژی اولیه به تولید ناخالص داخلی) برای هر کشوری به آسانی قابل محاسبه است، به عنوان یکی از شاخص های کارایی انرژی برای آن کشور استفاده می شود. شدت انرژی اغلب به عنوان یک جایگزین برای کارایی انرژی استفاده می شود. البته باید توجه داشت که شدت انرژی پائین لزوماً به معنای کارایی بالا نمی باشد. 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 می آورد. حفاظت انرژی (مصرف انرژی کمتر) و کارایی انرژی (کاهش هدر رفت انرژی) می تواند منابع تامین انرژی را بسط داده و توسعه اقتصادی را ارتقا دهد (Daniels, 2003, 359). انرژی مصرفی در محیط های شهری به سه دسته کلی انرژی مصرف شده جهت حمل و نقل، انرژی پنهان و انرژی عملکردی، تقسیم می شود:

۱. انرژی نهفته یا پنهان: متشکل از کلیه ورودی های انرژی مورد نیاز در تولید مصالح اولیه مسکن و هم چنین انرژی های استفاده شده در دستگاه های تولیدی و حمل و نقل مواد منابع طبیعی و کالاهای نهایی می شود (ساخت و ساز، مصالح، نگهداری).
۲. انرژی عملیاتی: برای هر ساختمان (مسکونی و غیرمسکونی) شامل انرژی استفاده شده برای گرمایش، سرمایش، روشنایی و وسایل برقی خانگی می شود و به طور کلی این انرژی از طریق الکتریسیته، گاز، نفت، چوب و غیره ارائه می شود.
۳. انرژی حمل و نقل: انرژی که از طریق وسایل نقلیه عمومی و خصوصی استفاده می شود (Codoban & Kennedy, 2008, 11). بنابراین هرگونه اقدام مناسب و به موقع جهت کاهش مصرف انرژی در هر یک از این بخش ها می تواند در افزایش انرژی کارایی کل موثر باشد. در تقسیم بندی دیگر مصرف انرژی شهرها عمدتاً مربوط به چهار بخش اصلی شامل: ۱. بخش ساختمان (اعم از ساختمان های مسکونی، تجاری، اداری، آموزشی و غیره)؛ ۲. بخش حمل و نقل (اعم از مسافر و یا کالا به صورت هوایی، زمینی و آبی)؛ ۳. بخش صنعت و ۴. بخش کشاورزی می باشد که از دید پژوهشگران دو بخش ساختمان و حمل و نقل، بیشترین مصرف انرژی در شهرها را به خود اختصاص می دهند (شجاع و همکاران، ۱۳۹۸، ۹۲).

### ۵- مروری بر تجارب موفق جهانی انرژی کارایی

با توجه به رویکرد جهانی به مسئله حفظ محیط زیست و تولید انرژی های پاک، تلاش در جهت ایجاد شهرهای پایدار یا بدون کربن در کشورهای مختلف صورت گرفته است. ایجاد چنین بافت هایی در کشورهای اروپایی از جمله آلمان، انگلیس و سوئد از سابقه بیشتری در مقایسه با سایر کشورها برخوردار است. مطالعات بسیاری، در زمینه پایداری در شهرهای بزرگ (به عنوان مثال، سنول، شانگای، نیویورک، آدلاید)، کلان شهرهای متوسط (مانند، کیپ تاون، پورتلند، برلین، کپنهاگ)

و حتی شهرهای کوچکتر (به عنوان مثال فرایبورگ) صورت گرفته است (Frantzeskaki, 2017, 4). در این بخش به معرفی و بررسی اهداف و راه کارهای اجرایی به کار گرفته شده در چند نمونه موفق جهان در زمینه های ایجاد بافت های شهری انرژی کارا پرداخته شده است.

### ۱-۵- 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 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 شده است. 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 زمینه انرژی ساخته شود، طراحی آن به گونه ای است که اتلاف انرژی به صفر خواهد رسید و هیچ گونه آلودگی که منشا آن سوخت های فسیلی باشند در آن ایجاد نخواهد شد (MasdarCity, 2020). با توجه به ویژگی های اقلیمی و اکولوژیکی محل جانمایی شهر مصدر، گروه فاستر و همکاران در راستای اهداف طراحی پایدار سعی کرده اند که تا به بهترین نحو ممکن از نقاط قوت محیطی و اقلیمی در کار خود استفاده نمایند. به علت این که سایت مورد نظر در اقلیم گرم و خشک واقع شده است، وزش باد و میزان سایه اندازی ساختمان ها حائز اهمیت بوده است. 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 گلخانه ای می انجامد حداکثر بهره مندی از سایه اندازی توده های ساختمان بر روی یکدیگر با مدل سازی های متفاوت و بررسی نحوه ساخت و ساز بومیان، کاربردی ترین و پایدارترین حالت قرارگیری توده های ساختمانی مشخص گردیده است. این شهر در موقعیتی مکان یابی شده است که از نسیم های ملایم دریا بهره مند خواهد شد و دیواری پیرامون شهر کشیده خواهد شد که از این شهر در برابر هوای گرم صحرا و آلودگی های صوتی فرودگاه ابوظبی که در نزدیکی آن قرار دارد، محافظت می کند (MasdarCity, 2020).

شهر مصدر دارای بزرگترین شبکه ی خورشیدی در خاورمیانه و جهان برای تامین انرژی خواهد بود. انرژی متمرکز خورشیدی براساس استفاده از نور خورشید طراحی شده است. سایت های قرارگیری ژنراتورهای تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریکی با توجه با عواملی هم چون زاویه تابش خورشید، کاربری های اطراف، نزدیکی به سایر تأسیسات و ... انتخاب شده اند. یکی دیگر از روش های تامین انرژی در شهر مصدر تبدیل زباله ها به انرژی است. شرکت اینترتک که در بخش تولید دستگاه های تبدیل زباله به انرژی فعال است مسئولیت طراحی و اجرای نیروگاه های 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 کرده است تا بتواند از این طریق زباله های تولیدی توسط بخش ساختمان سازی را به انرژی مورد نیاز همان بخش تبدیل کند. یکی از پروژه های تامین انرژی در شهر مصدر " پروژه زمین گرمایی خلیج فارس " است. روند تولید انرژی بدین شکل است که آب در شبکه ای از بین این تونل ها عبور کرده و ضمن عبور به تدریج گرم می شود، در هنگام خروج دمای آب به حدی رسیده است که بتوان از بخار آن برای حرکت توربین ها استفاده نمود (MasdarCity, 2020).

به طور کلی مصدر در نظر دارد با تکنیک هایی مانند، ایزولاسیون، روشنایی با مصرف انرژی حداقل، کنترل درصد بازشوها، بهینه سازی نور طبیعی، نصب تجهیزات هوشمند، سیستم های مدیریت هوشمند ساختمان و توزیع هوشمند و سیستم های مدیریت شهری در مقیاس شهر، مصرف انرژی را کاهش دهد (مرادیان، ۱۳۹۵، ۷۹-۸۰). شهر مصدر دارای سیستم حمل و نقل عمومی پیشرفته ای است که شبکه ای متنوع و به هم پیوسته ای را تشکیل می دهد. با اتکا بر این سیستم از ورود اتومبیل های شخصی و آلاینده به شهر جلوگیری نمود (MasdarCity, 2020). شکل گیری یک قطب جهانی برای آموزش تحقیقات توسعه و تولید تکنولوژی های پارک، همسو شدن با پیشگامان و شرکت های پیشرو در صنعت تکنولوژی پاک، متنوع ساختن اقتصاد ابوظبی با تمرکز بر انرژی های تجدیدپذیر، توسعه شهری پایدار که بالاترین کیفیت زندگی با کمترین اثرات زیست محیطی در هم آمیخته باشند و ایجاد شهری کربن خنثی که تنها انرژی های تجدیدپذیر در آن تولید می شود و هدر رفت منابع در آن صفر است، از جمله اهداف کلی این پروژه است (مرادیان، ۱۳۹۵، ۷۹). اصول اساسی آن نیز به حداقل رساندن دریافت های خورشیدی، به حداکثر رساندن جریان های باد، کاهش مصرف انرژی و افزایش انرژی کارایی است (Wagle, 2014, 8).

### ۲-۵- شهر دانگتان چین

شهر جدید دانگتان با مساحتی حدود ۸۴ کیلومتر مربع و در شمال شانگهای چین و در جزیره چونگ مینگ چین توسط گروه شهرسازی و برنامه ریز اروپا طراحی شده و شرکت سرمایه گذاری صنعتی شانگهای آن را اجرا می کند و یکی از مهم ترین زیستگاه های آبی پرندگان در آسیا به شمار می رود (مرادیان، ۱۳۹۵، ۹۰). این شهر با تامین انرژی و منابع آبی خود، بدون انتشار گازهای گلخانه ای و با رعایت اصول ساخت ساختمان های بدون کربن، سازگار با محیط زیست خواهد بود (Parasad et al, 2009, 81). استفاده از انرژی های 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 مهم ترین ویژگی ها و اهداف این پروژه می باشد (مرادیان، ۱۳۹۵، ۹۱).

دانگتان برای کاهش مصرف انرژی از طریق طراحی زیرساخت ها و ساختمان های انرژی کارا و جهت گیری مناسب ساختمان ها برای دریافت انرژی خورشیدی، نصب سلول های خورشیدی بر روی ساختمان ها، ایجاد بام سبز، نصب توربین های بادی برای ۲۰ درصد از انرژی مورد نیاز شهر، استفاده از سوخت های 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 گرفته است. انتظار می رود 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 ساختمان ها و به کارگیری کاربری مختلط و سناریوهای مترکم جهت کاهش نیاز به سفر،

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

### ۳-۵- شهر ریکیاویک ایسلند

ریکیاویک 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 به دست 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 شده است، اهداف کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ۷۳٪ قبل از سال ۲۰۵۰ را تعیین کرده است. این اهداف بررسی شده برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شاید با آن چه بسیاری از جاه طلبان 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 شده است. 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 خطر ساز عمده، از جمله مناطقی که مستعد سیل هستند، وارد طرحی خواهد شد که برای وقایع احتمالی تشکیل شده است. 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 خواهد شد (City Executive Council Report, 2016, 3-4).

### ۴-۵- پروژه‌ی کریستی‌واک آدلاید استرالیا

کریستی‌واک 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<sup>۱</sup> متولد شده است. 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 آن چه که امکان پذیر 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 حمل و نقل عمومی آدلاید قرار دارد. در کریستی‌واک از رویکردی مشارکتی برای توسعه استفاده شده است 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 پرداخته است. طراحی ساختمان با کارایی 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 تأکید دارد بنابراین فضاهای عمومی و باز در جهت ارتقای روابط اجتماعی ساکنین صورت گرفته است. گونه‌های بومی درختان و گیاهانی که نیاز به آب کمتری دارند و گیاهانی که محصول دارند، پیش بینی شده است. بام سبز نیز نقش تنوع زیستی، امنیت و تولیدکنندگی را عهده‌دار است. به منظور کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها از مصالح بومی استفاده شده و بهره‌مندی از نور طبیعی خورشید و الگوهای باد غالب و پنجره‌های دو جداره در طراحی در نظر گرفته شده‌اند (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 نوآرانه‌ای به تصویب رسید، از جمله ایجاد طیف وسیعی از نهادهای جداگانه برای انجام نقش‌های مختلف، اتفاق افتاده است. 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، مجدداً استفاده می‌شود. پروژه‌های پیشگام مانند کریستی

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 این رو محله‌ی اکولوژیک همربای سیوستاد یک مورد عملی و راهنما برای متخصصین در این حیطة 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. به همین 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) به کار 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 دی‌اکسید 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). به‌طور کلی 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<sup>۲</sup> به پرچمدار توسعه پایدار شهری مالمو 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، جمع‌آوری 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, 2011, 8).

#### ۵-۷- پروژه‌ی بدینگتون لندن انگلستان

توسعه انرژی صفر بدینگتون<sup>۳</sup> یک پروژه جدید مسکن اکولوژیک در حومه‌ی لندن می‌باشد، که در ساتون<sup>۴</sup> 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

<sup>۱</sup>Hammarby Sjöstad  
<sup>۲</sup>Wästra hamnen (in English: western harbour)  
<sup>۳</sup>Malmö  
<sup>۴</sup>Beddington Zero Energy Development (BedZED)  
<sup>۵</sup>Sutton

صفر بدینگون، 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 به‌منظور کارایی بالا در استفاده و تأثیر 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 مسکن 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، از جمله آثاری است که در پی رعایت اصول به‌وجود می‌آید (امیرنصیری، ۱۳۹۶، ۳-۴).

#### ۸-۵- پروژه‌ی کرانزبرگ هانوفر آلمان

محل مسکونی اکولوژیک کرانزبرگ، یکی از بخش‌های جدید هانوفر می‌باشد. این محله به‌گونه‌ای 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 et 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 ارائه می‌شود (Butera, 2008, 331).

#### ۹-۵- ووبان فرایبرگ آلمان

محل ووبان فرایبورگ 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 کارایی 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).

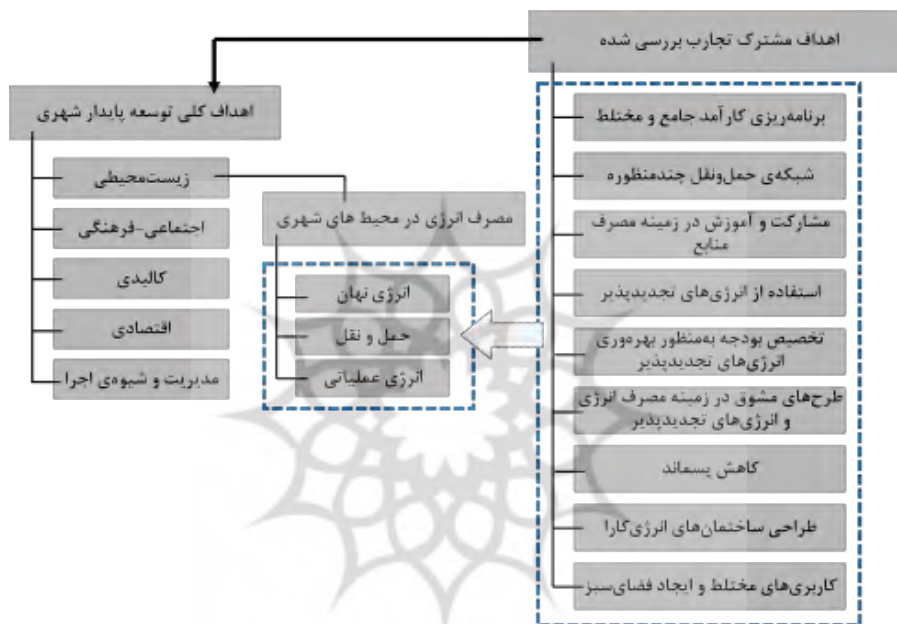
یکی از این مجتمع‌ها که به دهکده‌ی خورشیدی مشهور است توسط معمار رولف دیش طراحی و اجرا گردیده‌است. در این دهکده کلیه‌ی تمهیدات زیست محیطی طراحی و اجرا شده و از لحاظ تأمین انرژی مورد نیاز از منابع تجدیدپذیر نه تنها کاملاً خودکفا بوده بلکه دارای انرژی مازاد بر نیاز نیز می‌باشد این محله در جنوب فرایبورگ، در منطقه‌ای از شهر که سابقاً پایگاه نظامی فرانسه بوده با هدف جذب ۵۰۰ 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 پنل‌های فتوولتائیک و ۵۰۰ مترمربع پنل‌های 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).



## ۶- نتیجه گیری

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 به کار 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، بازار امیریویل در کالیفرنیا، ایستگاه مترو راک ویل مریلند و ژئوس آروادا کلرادو، قصد پیشی گرفتن دارد اما بسیاری از آن‌ها به مرحله‌ی اجرای کامل در نیامده‌اند و کانادا نیز اقدامات مطلوبی با پروژه‌هایی در ویکتوریا و آلبرتا 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 پایداری در 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 زمان‌بر خواهد بود. هرچند که چنین تجربیاتی در صورت برنامه‌ریزی‌های صحیح، سودآور نیز می‌تواند باشد اما در مقایسه‌ی پروژه‌ها با یکدیگر، خرد مقیاس‌ها سریع‌تر به نتایج مدنظر خود دست یافته‌اند. جوامع مورد بررسی در استراتژی‌ی کارایی انرژی متفاوت هستند، اما روند و رویکردهای مشترکی را نشان می‌دهند که 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 در عین حال کاهش چشم‌گیر در مصرف انرژی، ابتدایی‌ترین اقدام در این 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، سرمایه‌گذاری، 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 جمع‌آوری فاضلاب یکپارچه، زیست‌گاز و سایر موارد، ارائه گردیده‌است. در اکثر پروژه‌ها از مزایای اختلاط کاربری و حمل‌ونقل عمومی به خوبی بهره‌برده شده‌است و برخورداری از یک سامانه حمل و نقل چندمنظوره کارآمد 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 دوچرخه‌سوار می‌دهد. دسترسی آسان به فضاهای سبز و محیط‌های طبیعی و یا تفریحی مصنوع در آن‌ها منظور شده‌است. در این نمونه‌ها معمولاً، از فرم فشرده استفاده شده‌است و از طراحی الگوهای سنتی و مصالح بومی بهره‌برده‌است.

در ایران به منظور بهره‌وری از اقلیم و در جهت کارایی بهتر، ساخت‌وسازهای هم‌سو با اقلیم، از گذشته، رواج داشته‌است، کمالین که 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 برنامه‌ریزی‌های 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 مؤثری در کنترل مصرف انرژی و حفظ محیط زیست و در نهایت پایداری برداشت.

منابع

۱. امیرنصیری، میلاد، و امیرنصیری، علی. ۱۳۹۶. بررسی اصول معماری پایدار در طراحی مجموعه انرژی صفر بدینگون و تالار هال سیتی لندن. اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران و معماری دانشگاه میعاد، دانشگاه شهید بهشتی تهران. ۹-۱.
۲. شجاع، سعیده، پورجعفر، محمدرضا، و طیبیان، 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 سندنجان). چهارمین همایش ملی معماری و شهر پایدار، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ۱-۱۳.
۵. قاندری، محمدرضا، و گلشنی، علیرضا. ۱۳۹۵. روش تحلیل محتوا، از کمی‌گرایی تا کیفی‌گرایی. روش‌ها و مدل‌های روان‌شناختی، سال هفتم، شماره ۲۳. ۵۷-۸۲.
۶. کناره‌جو، امیرحسین. ۱۳۹۴. طراحی شهری انرژی کارا ارزیابی میزان انطباق محله نازوان 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 انرژی کارا 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 انرژی کارا. 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 بهینه‌سازی 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 سپاهان شهر اصفهان. پایان‌نامه 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.
۳۲. Blazer, Tyler. 2011. Low-Carbon Communities, An Analysis of the State of Low-Carbon Community Design. The American Institute of Architects, Washington, DC.
- ... 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.
۵۵. 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.
۶۶. ... of ee ykvvükss Climate Policy. 2016. Goals for carbon-neutrality and climate change adaptation along with an action plan until 2020, . pproved b. The ... y xxecuiv. #oo uncll.
۷۷. Codoban, Natalia, & Kennedy, Christopher, A. 2008. Metabolism of Neighborhoods. Journal of Urban Planning and Development.
۸۸. Damanco, AB. 2012. Guide Western Harbour, Sustainable City Development, The city of Malmö Dept, Malmö stad.
۹۹. Daniels, Tom, & Daniels, Katherine. 2003. Environmental Planning Handbook: For Sustainable Communities and Regions. American Planning Association.
۱۰۰. Downton, Paul.F. 2009. Ecopolis: Architecture and cities for a changing climate. Springer as Volume 1 of the Future City Series, Adelaide SA.
۱۱. 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.
۳۲. 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].
۴۴. Parasad, Neeraj, Ranghieri, Federica, Shah, Fatima, Trohanis, Zoe, Kessler, Earl, & Sinha, Ravi. 2009. Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters. Washington, DC: World Bank.
۵۵. Peker, Zeynep. 1998. Energy Efficient Urban Design. Thesis, Master of Science in Urban Design, Izmir Institute of Technology.
۶۶. Poldermans, C. 2006. Sustainable Urban Development, The case of Hammarby Sjöstad Stockholm: Kulturgeografiska institutionen Stockholms Universitet.
۷۷. Wagle, Gaurish. 2014. Masdar-Building a Sustainable City. Global Sustainable Cities Network Amubadala Company.
۸۸. Wheeler, Stephen M., & Timothy Beatley (eds.). 2009. The sustainable urban development reader. England: Routledge Eds.
۹۹. <http://www.bedzed.uk>
۱۰۰. <https://www.cityofadelaide.com.au>
۱۱. <http://www.friburg.de/vauban>
۲۲. <http://www.malmo.se>
۳۳. <http://www.masdarcity.ae>
۴۴. <http://www.reykjavik.is>