

ترجمه انگلیسی این مقاله نیز با عنوان:  
Minimizing Energy Consumption by Optimizing the Exterior Skin Materials  
on the Scale of Urban Block A Case Study of a Deteriorated Area (Hemmat  
Abad, District 6 of Isfahan Province of Iran  
در همین شماره مجله به چاپ رسیده است.

مقاله پژوهشی

کمینه‌سازی مصرف انرژی از طریق بهینه‌یابی مصالح پوسته  
خارجی در مقیاس بلوک شهری  
نمونه موردی: بافت فرسوده همت‌آباد (منطقه ۶ شهر اصفهان)

مسعود شفیعی دستجردی<sup>۱\*</sup>، نگین صادقی<sup>۲</sup>، مریم رفیعی<sup>۳</sup>

۱. کارشناس ارشد معماری و شهرسازی، دانشکده معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دولت آباد، اصفهان، ایران.
۲. دکتری شهرسازی، دانشکده معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.
۳. کارشناس ارشد معماری، پردیس علوم و تحقیقات ایلام، دانشگاه آزاد، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۲۸ تاریخ اصلاح: ۹۹/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۲۶ تاریخ انتشار: ۹۹/۰۹/۰۱

چکیده

**بیان مسئله:** وسعت زیاد بافت‌های فرسوده در کشور و درصد بالای هدررفت انرژی از پوسته و جداره خارجی ساختمان از مهمترین موضوعات مطروحه شهرواست. از این رو بهینه‌سازی مصرف انرژی در مقیاس یک بلوک شهری به واسطه بهینه‌یابی مصالح پوسته خارجی با استفاده از الگوی حیاط مرکزی ضروری به نظر می‌رسد. **هدف پژوهش:** مقایسه سه گزینه آرایه شده در راستای کاربست اصول طراحی همگام با اقلیم است که در مقیاس محدود یک بلوک شهری و با ثابت نگهداشتن تناسب توده و فضای طرح مصوب (مداخلات حداقلی)، با راهکارهایی مانند حیاط مرکزی می‌تواند به کاهش مصرف انرژی بیانجامد. **روش پژوهش:** رویکرد روش‌شناختی این پژوهش کمی و راهبرد آن شبیه‌سازی و مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار «دیزاین بیلدر» است. همچنین از روش بررسی مقایسه‌ای برای مقایسه مصرف انرژی سه گزینه (وضع موجود، طرح مصوب و طرح پیشنهادی) برای طرح بلوک شهری واقع در بافت فرسوده همت‌آباد استفاده شده است.

**نتیجه‌گیری:** در بررسی مقایسه‌ای سه گزینه شامل وضع موجود، طرح مصوب و وضعیت بهینه (الگوی جایگزین) مشاهده می‌شود که در یک بلوک شهری حتی با پایبندی حداکثری به توده و فضا و جهت‌گیری طرح مصوب، امکان صرفه‌جویی بیشتر در مصرف انرژی با تأمین کیفیات طراحی از جمله تأمین عرصه‌های خصوصی مانند حیاط‌های مرکزی وجود دارد و گزینه پیشنهادی با الگوی حیاط مرکزی با پوسته خارجی متشکل از بلوک‌های هبلکس کمترین میزان مصرف انرژی را دارد.

**واژگان کلیدی:** بهینه‌سازی مصرف انرژی، طراحی اقلیمی، پوسته خارجی، بافت فرسوده شهری، اصفهان.

را به معضل مصرف انرژی در جهان معطوف ساخته است  
(Wan, Li, Pan & Lam, 2012; Santamouris, 2016).  
در نظر گرفتن روند مصرف کنونی، طبق پیش‌بینی بریتیش  
پترولیوم، تا سال ۲۰۳۵، مصرف نفت تا ۳۰ درصد و مصرف

مقدمه

افزایش آگاهی جهانی جمعیت رو به رشد جهان، همزمان با  
آثار زیست‌محیطی عظیم منابع، مانند محدودیت انرژی، آثار  
تغییرات اقلیمی، افزایش گازهای گلخانه‌ای، توجه بسیاری

\*نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۲۱۰۵۱۱۹، masoud.shafie.da@gmail.com

در حال توسعه، پرداختن به این مسئله سابقه زيادى ندارد و در دهه‌هاى اخير به صورت مدون در دستور کار قرار گرفته است (Berardi, 2013, 2015).

با توجه به افزايش سهم مصرف انرژى در ساختمان از ۱۰ درصد در سال ۱۹۸۰ به ۳۰ درصد در دهه گذشته (Zhang & Liu, 2017; Si, Tian, Chen, Zhou & Shi, 2018)، مى‌توان تأکيد کرد که معضلات مرتبط با مناطق پرمصرف مانند: بافت‌هاى فرسوده همچنان يکى از چالش‌هاى فراروى مديران شهرى، متخصصين و کارشناسان حوزه معماری و شهرسازی است. يکى از ابعاد مطرح در اين مسئله، حجم بالای مصرف و هدررفت انرژى در بافت‌هاى فرسوده و حتى توسعه‌هاى اخير کلانشهر اصفهان است. البته بخشى از آن مى‌تواند به جهت‌گيرى نامناسب بافت شهرى و عدم استفاده از مصالح مناسب در پوسته خارجى ساختمان‌ها بازگردد. ميزان مصرف انرژى يکى از عوامل اساسى در اقتصاد هر کشور است. براساس گزارش صندوق بين‌المللى پول، ايران دومين کشور جهان از نظر پرداخت يارانه انرژى با رقم ۳۷ ميليارد دلار است. مصرف سرانه انرژى در ايران به ازاي هر نفر بيش از ۵ برابر مصرف سرانه کشورى مانند اندونزى با ۲۲۵ ميليون نفر جمعيت، ۲ برابر چين با يك ميليارد و ۳۰۰ ميليون نفر جمعيت و ۴ برابر کشور هند با يك ميليارد و ۱۲۲ ميليون نفر جمعيت است. مقايسه شاخص شدت مصرف انرژى در ايران با بسيارى از کشورهاى جهان، گويای وضعيت ناهنجار بهره‌بردارى از انرژى است (www.tebyan.net). همچنين به نقل از سايت شرکت توزيع برق اصفهان در ۵ اسفند ۱۳۹۶، ايران از لحاظ منابع فسيلي در رده نخست جهان قرار دارد. با اين حال به دليل بالابودن شدت انرژى، ايران در رده يازدهم مصرف انرژى در جهان قرار دارد. در چنين وضعيتى ضرورى است که با افزايش ظرفيت‌هاى صادراتى و کاهش مصرف داخلى، شدت مصرف انرژى کاهش داده شود. انرژى مصرف‌شده کشور در سال ۹۱، با در نظر گرفتن معيارهاى استاندارد جهانى، در حدود ۱۲۵ ميليارد دلار بوده درحالى‌که برآورد منطقى اين رقم ۴۵ ميليارد دلار تخمين زده شده و به اين ترتيب معادل ۸۰ ميليارد دلار انرژى در کشور تلف شده است (www.tbtr.ir).

على‌رغم وجود مطالعات متعدد با ديده‌گاه‌هاى معماری يا شهرسازی در زمينه ساختمان و انرژى، اين مطالعات کمتر در مقايسه طراحي شهرى و با تأکيد بر ويژگي‌هاى پوسته ساختمان متمرکزند. به نظر مى‌رسد با اتخاذ رويکرد مباني طراحي شهرى، و مقايسه چند سناريوى پوسته ساختمانى بتوان به نتايج قابل توجهى در اين حوزه دست يافت. لذا بررسى تأثيرپذيرى ميزان تقاضاى انرژى با در نظر گرفتن

ذغال سنگ و گاز طبيعى تا ۵۰ درصد افزايش خواهد يافت (Dudley, 2018).

با توجه به نقش عمده ساختمان در مصرف انرژى (تا ۴۰ درصد از کل مصرف انرژى در کشورهاى توسعه‌يافته) و افزايش توليد گازهاى گلخانه‌اى (تا ۴۰ درصد از کل) (Hong, 2018)، امروزه در کشورهاى توسعه‌يافته و در حال توسعه لزوم تعهد به ارتقاى بهره‌ورى انرژى ساختمان‌ها و بسترسازی برای بهره‌گيرى از انرژى‌هاى تجديدپذير اهميت ويژه‌اى دارد. مشکلات زيست‌محيطى و اقتصادى، کشورها را ملزم به بازنگرى و ارتقاى شيوه‌هاى مصرف و البته ارتقاى استانداردهاى زيستى در جهت دست‌يابى به پايدارى کرده است. لذا در بسيارى از کشورهاى توسعه‌يافته و در حال توسعه، لزوم تعهد به ارتقاى بهره‌ورى انرژى ساختمان‌ها و بسترسازی برای بهره‌گيرى از انرژى‌هاى تجديدپذير از اهميت ويژه‌اى برخوردار است. نظر به اينکه بخش قابل ملاحظه‌اى از مصرف انرژى به حوزه ساختمان اختصاص دارد، بازنگرى در طراحي توسعه‌هاى ساختمانى، مى‌تواند گامى در راستاى دست‌يابى به پايدارى باشد. در اين زمينه تحقيقات متعددى در جهت شناسايى گونه و حجم ساختمان و انتقال اطلاعات به نرم‌افزار و شبیه‌سازی برای محاسبات انرژى انجام گرفته است.

طرح بلوک مسكونى واقع در بافت فرسوده همت‌آباد به مساحت حدود ۱.۳ هکتار توسط سازمان نوسازى و بهسازی شهر اصفهان زیر نظر معاونت شهرسازی شهردارى اصفهان توسط مهندسين مشاور «شارمند» تهيه شده و مقرر است در آینده‌اى نزديک به اجراء درآيد. با توجه به وسعت بافت فرسوده و نادیده‌انگاشتن موضوع انرژى و اقليم، نويسندگان مقاله بر آن شدند تا با بررسى و مدل‌سازی طرح مصوب و مقايسه آن با وضع موجود، از منظر مصالح پوسته خارجى و با ارائه پيشنهاده با رويکرد حداقل تغيير در طرح کلى اين مجموعه ساختمانى، پيشنهاده‌اى را برای دست‌يابى به حداقل مصرف انرژى ارائه دهند. در اين پژوهش سعى بر آن است تا روشى برای ارزيباى تقاضاى انرژى بر حسب بهينه‌يابى پوسته ساختمان تدوين شود. اميد است که نتايج اين پژوهش مورد توجه و بهره‌گيرى متوليان امر نوسازى بافت‌هاى فرسوده قرار گيرد.

## بيان مسئله

با توجه به شرايط هر کشور و شهر، رشد اقتصادى، نرخ رشد جمعيت و ويژگي‌هاى اقليمى، سياست‌هاى متفاوتى در جهت صرفه‌جويى مصرف انرژى ساختمان پيشنهاده مى‌شود. با اينکه در کشورهاى توسعه‌يافته، سابقه به‌کارگيرى سيستمى سياست‌ها و ضوابط، طولانى است، در کشورهاى

حاضر تلاشی جهت بررسی وضعیت موجود و طرح مصوب بلوک بافت فرسوده شهری از نظر مصرف انرژی است، با ارائه وضعیت بهینه پوستره خارجی ساختمان‌ها که در چند مرحله مورد شبیه‌سازی قرار گرفته و می‌تواند منجر به تجدیدنظر در کیفیت این طرح‌ها به لحاظ مصرف انرژی و الزامات آن شود.

### پیشینه تحقیق

پژوهش حاضر دومین مقاله حاصل از طرح پژوهشی است که با هدف صرفه‌جویی در مصرف انرژی از طریق بهینه‌سازی پوستره خارجی بنا با تأمین کیفیات طراحی و رعایت اصول طراحی همساز با اقلیم در بلوک شهری با پایبندی حداکثری به طرح مصوب انجام شده است در اولین مقاله، صادقی، شفیعی دستجردی و رفیعی، (۱۳۹۹)، بهینه‌یابی سطوح شفاف پوستره خارجی را به منظور بهینه‌سازی میزان مصرف انرژی در بلوک شهری بافت فرسوده همت‌آباد مورد بررسی و تحلیل قرار داده‌اند. مقاله حاضر به بررسی مصالح پوستره خارجی و میزان مصرف انرژی پرداخته است و نهایتاً گزینه‌هایی را برای بهینه‌سازی پوستره خارجی پیشنهاد می‌دهد.

دوره بحران انرژی و جنبش‌های مدرن زیست‌محیطی در دهه ۱۹۷۰، بسیاری از محققان حوزه معماری، را بر آن داشت تا توجه خود را از طراحی صرف ساختمان به تأثیر طراحی شهری در اقلیم شهری و تأثیرات آن بر استفاده از انرژی ساختمان معطوف سازند. از اواخر دهه ۱۹۷۰ تا اوایل ۱۹۸۰ بسیاری از طرح‌های اقلیمی و دستورالعمل‌های طراحی منظر و کاشت مورد مطالعه قرار گرفت. در این خصوص مطالعات شبیه‌سازی بر روی تأثیر متغیرها در مقیاس محدود (مانند اندازه خانه، نوع، چیدمان خیابان و کاشت درختان) بر محیط اطراف (مانند تابش خورشید، جریان باد و دمای هوا)، جهت مطالعه آسایش اقلیمی و استفاده از انرژی ساختمان انجام گرفته است.

با بررسی تأثیرات مورفولوژی شهری بر تقاضای انرژی، تناسبات و تراکم ارتفاعی ساختمان، تناسبات توده و فضا و سطوح آزاد ساختمان را در ارتباط با میزان مصرف انرژی مؤثر می‌دانند. آنها همچنین میزان تأثیر انتخاب انواع مصالح و جزئیات اجرایی سطوح جداره ساختمان را بر تقاضای انرژی و آسایش ساکنان مورد توجه و مقایسه قرار داده‌اند (Martins, Adolphe & Bonhomme, 2013).

با تجزیه و تحلیل انرژی به کمک نرم‌افزار انرژی پلاس، ویژگی‌های پوستره پاسخ‌گو به اقلیم را برای ساختمان‌های مسکونی و آموزشی ترکیه (استانبول و ازمیر) در اقلیم سرد، مورد تحلیل قرار می‌دهند. آنها با بررسی گزینه‌های مؤثر و

گزینه‌های مختلف پوستره ساختمان می‌تواند تا حدود زیادی بر تصمیم‌گیری‌های حوزه ساختمان و متعاقب آن بر میزان تقاضای مصرف در سطح کلان شهر و کشور مؤثر واقع شود. مقایسه نتایج حاصله می‌تواند در تصمیم‌گیری کلیه نهادها و افراد دخیل در حوزه ساختمان‌ها (از تک ساختمانه در سراسر شهر تا مجتمع‌ها و شهرک‌ها) به ویژه در تصمیمات در خصوص پوستره‌های انتخابی در بافت فرسوده تأثیر به‌سزایی داشته باشد.

### اهمیت و ضرورت انجام پژوهش

با هدف بهینه‌سازی مصرف و ترمیم اقتصاد کشور، تبیین الگوی مناسب و تغییر سبک زندگی مصرفی از اصولی‌ترین راه‌کارهای عملی است. دست‌یابی به این هدف در بعد اجتماعی نیازمند فرهنگ‌سازی و در بعد اقتصادی و زیست‌محیطی، نیازمند بهره‌گیری از علم و تکنولوژی روز جهت بازنگری و ارتقای سیستم‌هاست. افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و تجدیدنپذیر بودن آنها و افزایش روزافزون تقاضا برای مصرف انرژی، همچنین حجم بالای مصرف انرژی در بخش خانگی، وسعت قابل توجه بافت‌های فرسوده شهری و جهت‌گیری نامناسب بناهای واقع در این محدوده‌ها و هدر رفت بالای انرژی ما را نیازمند به انجام چنین مطالعاتی نموده است. از سوی دیگر شیوه‌های مداخله در بافت‌های فرسوده به صورت موضعی (تنها در مقیاس معماری و بدون توجه به ابعاد طراحی شهری) و در مقیاس محدود و کم‌توجهی به مسائل بوم‌شناسی و اقلیمی، ضرورت انجام مطالعات در این زمینه و ارائه راه‌کارهای مورد نیاز را دوچندان نموده است.

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در زمینه طراحی پایدار ساختمان‌ها با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر صورت گرفته است. اما به دلیل موانع و مشکلات موجود از جمله هزینه‌های اولیه بالا، بازدهی کم انرژی و غیره، این پژوهش‌ها نتوانسته‌اند به صورت مؤثری مورد استفاده کاربردی قرار بگیرند (Banihashemi Namini, Shakouri, Tahmasebi & Preece, 2014). از طرفی تأکید بیشتر مطالعات بر ساختمان‌های عمومی مانند اداری و بیمارستان گزارش شده‌اند؛ در حالی که ساختمان‌های مسکونی، سطوح عظیمی از شهرها را تشکیل می‌دهند و ساعات استفاده بیشتری دارند. به صورت ویژه در حوزه ساختمان‌های مسکونی، در محدوده بافت‌های فرسوده لزوم توجه به موضوع مداخله و بازآفرینی از زاویه انرژی مطرح می‌شود؛ موضوعی که در طراحی و نوسازی این بافت‌ها توسط نهادها و دستگاه‌های مسئول فراموش شده یا بسیار کم اهمیت تلقی شده و صرفاً در حد صوری از آن یاد می‌شود. از این رو پژوهش

و رفتار کاربر، قیمت انرژی، کیفیت زیرساخت‌ها و شرایط آسایش برمی‌شمارد و بر تأثیرپذیری و تأثیرگذاری طراحی پوسته بر کلیه عوامل فوق یاد می‌کند (Mitchell, 2005). در مطالعات انرژی در ایران نمونه‌های محدودی به بررسی مصرف انرژی در حوزه ساختمان در مقیاس شهری پرداخته‌اند. از آن جمله می‌توان به پژوهش فرخی، ایزدی، و کریمی مشاور (۱۳۹۷) در حوزه کارایی انرژی در بافت گرم و خشک اصفهان، ناصری و مهرگان (۱۳۹۶) بررسی تأثیرات خصوصیات فیزیکی ساختمان‌ها بر میزان مصرف انرژی در شهر خرم‌آباد اشاره کرد. علاوه بر این عباسی، حاجی‌پور، لطفی و حسین‌پور (۱۳۹۳) و براتی و سرده (۱۳۹۲) به بررسی میزان مصرف انرژی متأثر از فرم شهر، شریفیان بارفروش و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی ویژگی‌های بومی شهر و مصرف انرژی، و برک‌پور و مستن‌زاده (۱۳۹۰) به بررسی رابطه کاربری زمین و مصرف انرژی در ایران و انگلیس پرداخته‌اند. این تحقیقات علی‌رغم تأکید بر اهمیت پوسته ساختمان و اولویت‌بندی عوامل مؤثر و میزان تأثیر آن بر مصرف انرژی در مقیاس ساختمان تا سطوح کلان شهری، اصولاً به مباحث و پیشنهادات صرفاً نظری ختم شده و عملی نشده‌اند (تصویر ۱).

طراحی و مدل‌سازی ساختمان به عنوان راهکار ارتقای کارکرد انرژی در مقیاس محله و شهر، با هدف حداقل‌سازی هزینه‌های زیربنایی انرژی و کارایی ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بررسی طرح‌های صدور گواهی‌نامه انرژی، بکارگیری ابزارها و برنامه‌های پیش‌بینی و طراحی تک‌ساختمان‌ها و سایر برنامه‌های مرتبط متداول در حوزه کارایی انرژی ساخت و ساز به نظر می‌رسد همواره شکاف دانشی در مقیاس طراحی بخشی از شهر (محله - واحد همسایگی) و تأثیر آن بر تقاضا و کارایی انرژی وجود دارد. برای ارزیابی عملکرد انرژی شهرها، باید معیارهایی

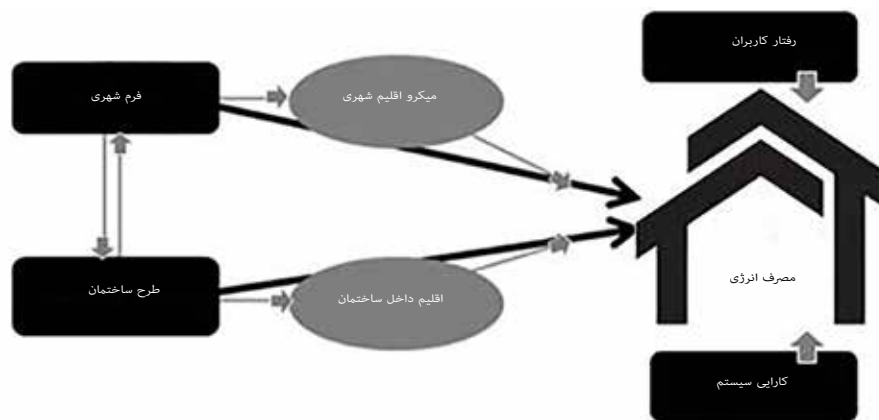
متداول ساختمان بیان می‌کنند که تنها با پیش‌بینی پوسته با شرایط مناسب، ساختمان تا یک چهارم قادر به کاهش مصرف انرژی است (Bektas, B. & T. Aksoy, 2005; Yildiz, Ozbalta & Z.D. Arsan, 2013).

شرایط پوسته و بازشوهای ساختمان‌های متعدد را در جهت مختلف آپارتمان‌های عمان مورد بررسی قرار دادند. سپس با شبیه‌سازی میزان تقاضای انرژی هریک در نرم‌افزار دیزاین بیلدر، با تأکید بر میزان شفافیت و نوع مواد و مصالح پوسته، به پیشنهاداتی در راستای به‌صرفه‌سازی اقتصادی در آن اقلیم پرداخته‌اند (Hassounch, Alshbou & Salaymeh, 2010). مطالعات اوینگ و رانگ به عنوان نقطه عطفی در توجه به متغیرهای فرم مانند اندازه مسکن، نوع مسکن و تراکم ساختمانی که بر مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان تأثیر دارند با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره انجام شد (Ewing & Rong, 2008).

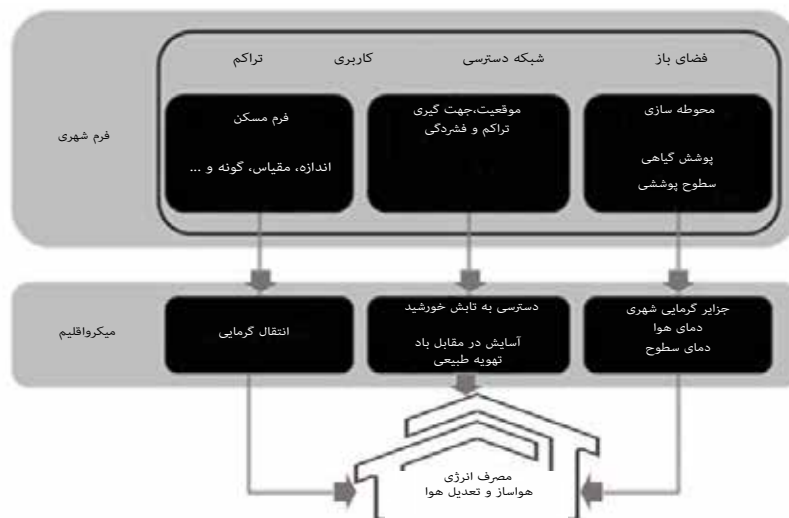
ماری و همکارانش با شبیه‌سازی ساختمانی با عناصر کاملاً عایق‌بندی‌شده و پنجره سه جداره، در خصوص ویژگی‌های بهینه پوسته، سطوح شفاف و جزئیات آن را در رابطه با محاسبات نور و انرژی اعمال کردند (Mari, Arne & Maria, 2016).

به‌طور گسترده به بررسی فرم شهر در ارتباط با تقاضای انرژی پرداختند. آنها مؤلفه‌های شکل و الگوی شهر، فعالیت و الگوی بنا، پراکنش و شبکه‌های دسترسی را از عوامل مؤثر بر میزان مصرف انرژی می‌دانند. آنها در شرح عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی ساختمان، پوسته و مصالح آن در تناسب با اقلیم را شایان توجه ویژه می‌دانند (Martins et al., 2013, 79).

مطالعه تأثیر شهر بر میزان مصرف انرژی در حوزه ساختمان، هشت عامل مؤثر را فرم و هندسه، ریخت‌شناسی ساختمان، مصالح به‌کار رفته، سیستم‌ها و تجهیزات داخلی، فعالیت



تصویر ۱. مدل انرژی - کارایی ساختمان. مأخذ: Eicker, et al. 2015.



تصویر ۲. عوامل مؤثر بر مصرف انرژی. مأخذ: Eicker, et al., 2015.

راحتی، نور طبیعی و تهویه، و میزان انرژی مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش یک ساختمان ایفا می‌کند. نقش تعیین‌کننده پوستره خارجی ساختمان بر میزان مصرف انرژی، تطابق و استفاده بهینه از شرایط اقلیمی و آب و هوایی و بهره‌گیری از نور و تهویه مناسب در ساختمان در پژوهش‌های متعددی از دیدگاه اقلیمی، طراحی و کنترلی با هدف بهینه‌یابی و دسترسی به طراحی پایدار در محیط مورد توجه قرار گرفته است.

معمولاً به طور عام در خصوص بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق پوستره ساختمان، راه‌کارهایی مانند عایق‌کاری حرارتی، کنترل پل‌های حرارتی و جلوگیری از پدیده میعان در جداره‌های ساختمان انجام می‌شود. چالش اصلی آن است که طراحی پوستره مناسب ساختمان، مصرف انرژی را کاهش دهد بدون اینکه به نیازهای ساکنان آسیب برساند. ساخت و سازهای جدید فرصتی برای بهره‌گیری از طرح‌های گرمایش و سرمایش غیرفعال است که با گزینش مصالح و طراحی ساختمان، انرژی موردنیاز برای گرمایش و سرمایش را به حداقل می‌رساند. در برخی کشورهای در حال توسعه در اقلیم گرم، راه‌حل‌های کم‌هزینه‌ای مانند سقف و دیوارهای بازتابنده، رواق و سایه‌انداز و سایه‌بان پنجره می‌توانند مصرف انرژی سرمایشی را کاهش دهند.

### روش پژوهش

در پژوهش حاضر از روش مقایسه‌ای مدل‌های مختلف در طرح بلوک مسکونی واقع در بافت فرسوده همت‌آباد به مساحت حدود ۱۰۳ هکتار استفاده شده است. لذا درصد است با بررسی و مدل‌سازی طرح مصوب و مقایسه آن با وضع موجود، از منظر مصالح پوستره خارجی و با ارائه پیشنهاد با

به عنوان سنجش‌های ارزیابی تعریف شوند. معمولاً معیارها در دسته‌های ارزیابی شهری به صورت زیرساخت‌ها، حمل و نقل، انرژی و منابع طبقه‌بندی می‌شوند. جهت بررسی و تجزیه و تحلیل انرژی در شهر یا بخشی از شهر، معیارهای مورد نظر با بررسی ویژگی‌های مناطق شهری با مصرف انرژی کم در چهار دسته این صورت دسته‌بندی می‌شود: مفهوم کلی انرژی با معیارهای نوآوری و پروژه‌های برجسته، تقاضای انرژی القاشده با لحاظ معیارهای فشرده‌سازی در مقیاس شهر و ساختمان، دسترسی به نور خورشید با تعریف جهت‌گیری اصلی ساختمان‌ها، سایه‌اندازی و مکان‌یابی حوزه‌های کم‌مصرف و پرمصرف گرمایش، منابع انرژی تجدیدپذیر (مانند پانل فتوولتائیک) و کارایی آنها در ساختمان‌ها. برای هر چهار دسته، شاخص‌های توسعه نسبتاً کیفی‌اند که جهت امکان تحلیل به اطلاعات کمی تبدیل می‌شوند (Eicker, Monien, Duminiel & Nouvel, 2015, 325).

در عوامل مؤثر بر مصرف انرژی مسکونی در مقیاس طراحی شهری، خرد اقلیم شامل نور روز، تابش خورشیدی (گرما)، جریان باد (پناهگاه باد یا تهویه) و درجه حرارت محلی (جزیره گرمایی شهری) بررسی و مطالعه می‌شود (تصویر ۲). پوستره خارجی ساختمان شامل سطح بام (بعد پنجم ساختمان)، سقف مجاور فضای کنترل‌نشده، کف مجاور فضای خارج یا مجاور فضای کنترل‌نشده، کف روی خاک، دیوار مجاور فضای خارج یا مجاور فضای کنترل‌نشده، گشودگی‌ها و بازشوها شامل پنجره، در و پل‌های حرارتی است. پوستره ساختمان علاوه بر کارکرد ماهیتی تعریف حریم آسایش و آرامش ساکنان، به‌عنوان مانع حرارتی اولیه بین فضای داخل و خارج است و نقش مهمی در تعیین میزان

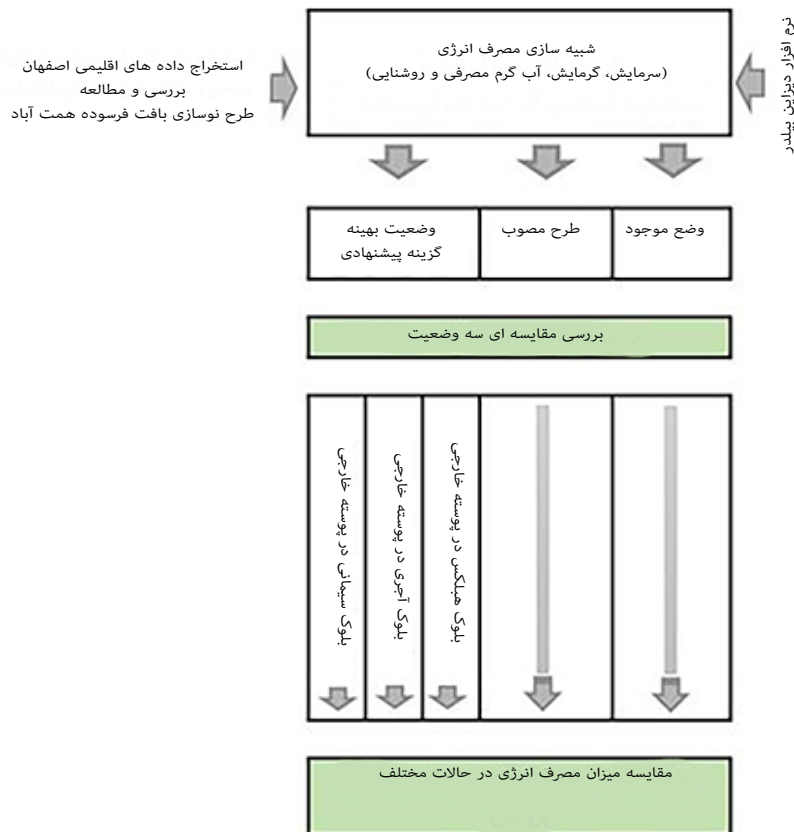


نرم افزار دیزاین بیلدر بوده، تعریف شده است که در این حالت بازدهی سیستم سرمایشی ۸۵ درصد و بازدهی سیستم گرمایشی ۶۲ درصد است. اما سیستم سرمایش و گرمایش ساختمان‌های طرح مصوب و گزینه پیشنهادی پژوهش، فن کوئل با بازدهی ۹۵ درصد است. این سیستم تأسیساتی در تمام شبانه‌روز بنا به ضرورت، با توجه به اقلیم اصفهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. دمای آسایش برای شروع به کار دستگاه‌های گرمایش ۱۲ تا ۲۱ درجه سانتیگراد و برای سرمایش ۲۴ تا ۲۸ درجه سانتیگراد است. در زمینه مصالح ساختمانی دیوارها، سقف و کف، با توجه به این که در ساختمان‌های مختلف از مصالح متفاوت (عمدتاً بدون کیفیت از نظر انرژی) استفاده شده و تلاش پژوهش‌گر بر قابل تعمیم بودن نتایج حاصل از پژوهش به کلیه ساختمان‌های منطقه است. لذا از یک حالت کلی پایه بدون عایق<sup>۱۱</sup> که از پیش فرض‌های نرم‌افزار دیزاین بیلدر است و ضریب انتقال حرارتی نزدیکی به ساختمان‌های موجود عایق نشده در ایران دارد، برای کلیه دیوارها، سقف‌ها، بام‌ها و... در مدل‌سازی وضع موجود منطقه استفاده شده است. برای تعیین میزان ضریب انتقال حرارت مرجع دیوارهای خارجی و شیشه‌ها، در ساختمان‌های طرح مصوب، دیوارهای خارجی ساختمان‌ها با عایق در نظر گرفته شده است که ضریب هدایت

رویکرد حداقل تغییر در طرح کلی این مجموعه ساختمانی، پیشنهاداتی را برای دستیابی به حداقل مصرف انرژی ارائه دهد. در این پژوهش سعی بر آن است تا روشی برای ارزیابی تقاضای انرژی بر حسب بهینه‌یابی پوسته ساختمان تدوین شود. به طور کلی برای محاسبه مصرف انرژی (مدل‌سازی گرمایش، سرمایش، روشنایی، تهویه، تأسیسات، آب مصرفی) در ساختمان‌های مورد پژوهش طبق تصویر ۳، موارد زیر در شبیه‌سازی مدل رعایت شده است:

متوسط تعداد افراد هر واحد مسکونی چهار تا پنج نفر در نظر گرفته شده است، که با توجه به تعداد افراد ساکن در ساختمان تأثیر متابولیسم بدن انسان در نیاز به انرژی فضاها به وسیله نرم‌افزار دیزاین بیلدر<sup>۱</sup> نسخه ۵ در تحلیل و اندازه‌گیری مقادیر مصرف انرژی در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به عملکرد ساختمان مسکونی، متوسط میزان روشنایی هر ساختمان بر حسب لوکس، در نظر گرفته شده است. زمان استفاده از این میزان روشنایی از ساعت ۷ صبح تا ۲۴ نیمه شب است که با توجه به زمان مورد نظر، میزان روشنایی هر فضا با استفاده از نور توأمان طبیعی و مصنوعی تأمین می‌شود. سیستم سرمایش و گرمایش ساختمان‌های وضع موجود در حالت کلی و رایج از نظر مصرف انرژی<sup>۲</sup> که از پیش فرض‌های



تصویر ۳. چارت مراحل پیشبرد تحقیق. مأخذ: نگارندگان.

مشاور شارمند در بهار (۱۳۹۶) در قالب ۹ گزینه ارائه شده است و در نهایت گزینه زیر (تصویر ۴) به عنوان گزینه برتر آن مشاور انتخاب شده است که در این پژوهش نیز به عنوان طرح مصوب مورد بررسی قرار می‌گیرد (تصاویر ۵ و ۶).

**• مراحل پژوهش**

پس از استخراج داده‌های آب و هوایی استان اصفهان از نرم‌افزار دیزاین بیلدر، مراحل زیر جهت دستیابی به اهداف پژوهش مورد شبیه‌سازی انرژی قرار گرفت:

- بررسی و تحلیل میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های وضع موجود.

- بررسی و تحلیل میزان مصرف انرژی در طرح مصوب.

- ارائه گزینه پیشنهادی با استفاده از خروجی نرم‌افزار دیزاین بیلدر.

- بررسی مقایسه‌ای سه وضعیت: وضع موجود، طرح مصوب و وضعیت بهینه (گزینه پیشنهادی).

در ادامه، نتایج حاصل از هر یک از مراحل فوق ارائه شده است:

**• استخراج داده‌های آب و هوایی**

در مرحله اول از محاسبات، نمودارهای آب و هوایی استان اصفهان به ترتیب در تصویر ۷ استخراج شده است.

نمودار روزانه اقلیم مورد نظر که در تصویر ۷ آمده است به ترتیب دمای هوا، سرعت باد، جهت باد، فشار هوا، تابش مستقیم و پراکنده خورشید را نشان می‌دهند. سرعت باد غالب منطقه ۲ تا ۳ متر بر ثانیه است که با زشدن پنجره‌ها می‌تواند در تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی فضاها مؤثر باشد (تصویر ۸).

**بحث: تحلیل میزان مصرف انرژی**

تحلیل میزان مصرف انرژی در قالب آب گرم مصرفی،

حرارتی آن ۱/۰۱ وات بر مترمربع درجه کلون است. میزان ضریب انتقال حرارت مرجع دیوار در ساختمان‌های غیرمستقل  $1/01 \text{ W/m}^2\text{K}$  و میزان ضریب انتقال حرارت مرجع شیشه ساده تک جداره در حالت عمودی و با هر ضخامت  $\text{W/m}^2\text{K}$  ۵/۸ است که در شیشه‌های ساختمان‌های وضع موجود در نظر گرفته شد. همچنین شیشه‌های ساختمان طرح مصوب از نوع دوجداره ۶ میلیمتری با ۱۳ میلیمتر لایه هوا در نظر گرفته شده است. در این حالت ضریب هدایت حرارتی شیشه‌های طرح پیشنهادی  $2/665$  وات بر مترمربع درجه کلون است.

**• موقعیت و مساحت محدوده مورد مطالعه**

محدوده همت‌آباد در جنوب شرقی منطقه ۶ شهر اصفهان واقع شده است. این محدوده از طرف شمال به خیابان سپهسالار و از طرف شرق به خیابان سجاد و از طرف جنوب به بزرگراه همت و اراضی نظامی محدود می‌شود و به عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب شده است. بافت فرسوده واقع در این بلوک شهری از گونه بافت فرسوده با پیشینه اسکان غیر رسمی است. محدوده مورد مطالعه، مساحتی معادل  $80/3$  هکتار دارد که بافت فرسوده‌ی همت‌آباد  $62/4$  هکتار از این سطح را در اختیار دارد. این سطح فرسوده  $27/5$  درصد از مساحت منطقه ۶ و حدود سه درصد از کل سطح فرسوده شهر اصفهان را به خود اختصاص می‌دهد. جهت‌گیری پلاک‌ها در تمام جهات به طور نامنظم صورت گرفته است ولی با توجه به شمالی-جنوبی بودن اغلب معابر، اکثریت پلاک‌های مسکونی جهتی شرقی-غربی یافته‌اند. تمام پلاک‌های موجود مرمتی و تخریبی است و غالب مصالح ساخت به صورت آجر و آهن است و اکثر قطعات آن زیر  $200$  مترمربع مساحت دارند.

**• بررسی و مطالعه طرح نوسازی بافت فرسوده همت‌آباد**

آخرین طرح نوسازی بافت فرسوده همت‌آباد توسط مهندسين



تصویر ۴. موقعیت محدوده مورد مطالعه با مساحت حدوداً ۱۳۰۰۰ مترمربع. مأخذ: نگارندگان.





تصویر ۵. طرح مصوب. مأخذ: مهندسين مشاور شارمند، ۱۳۹۶.

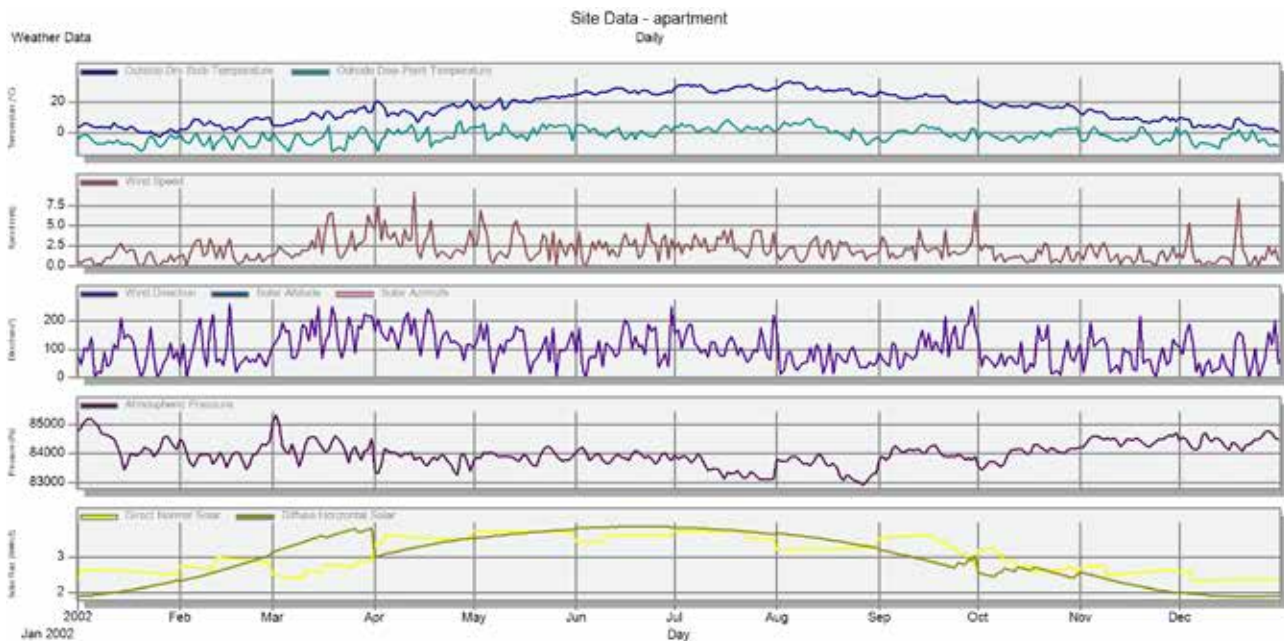


تصویر ۶. سه بعدی طرح مصوب. مأخذ: مهندسين مشاور شارمند، ۱۳۹۶.

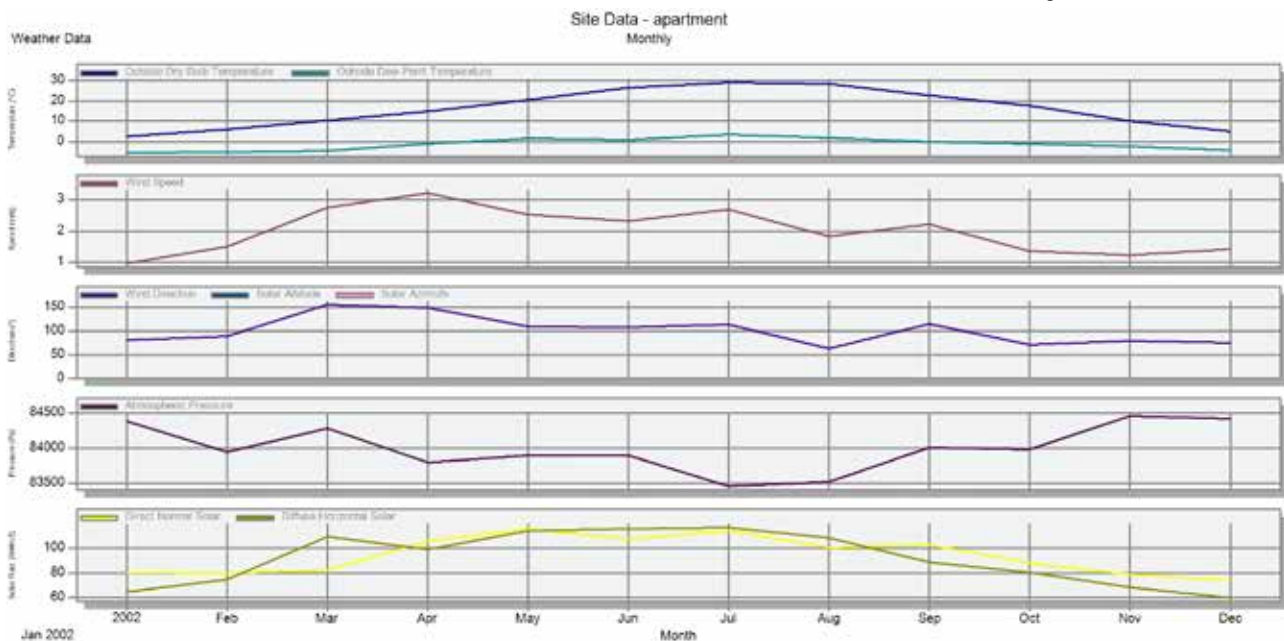
بلوک هیلکس، آجری و بلوک سیمانی در نمای خارجی ساختمان انجام شده است.

روشنایی، گرمایش و سرمایش در حالات مختلف (وضع موجود، مصوب و پیشنهادی بهینه) و در حالت بهینه برای





تصویر ۷. نمودار روزانه اقلیم اصفهان به ترتیب دمای هوا، سرعت باد، جهت باد، فشار هوا، تابش مستقیم و پراکنده خورشید  
 مأخذ: <http://www.esfahanmet.ir>



تصویر ۸. نمودار ماهانه اقلیم اصفهان به ترتیب دمای هوا، سرعت باد، جهت باد، فشار هوا، تابش مستقیم و پراکنده خورشید مأخذ: <http://www.esfahanmet.ir>

حذف شدند و فقط ساختمان‌های موجود مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. این ساختمان‌ها عموماً یک یا دو طبقه هستند که ضلع رو به حیاط آنها کاملاً شفاف به صورت در و پنجره‌هایی با شیشه یک جداره همچنین دیوارهای ساختمان کاملاً آجری و گاه دارای نمای سیمانی هستند (تصویر ۱۰).

شبیه‌سازی انرژی ساختمان‌ها براساس این اطلاعات صورت گرفت و نتایج مشاهده شد. پس از شبیه‌سازی انرژی سالیانه،

• بررسی و تحلیل میزان مصرف انرژی در وضع موجود با استفاده از این مدل می‌توان مصرف انرژی ساختمان‌هایی که هم اکنون در بافت فرسوده شهر اصفهان مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند را با استفاده از مدل‌سازی انرژی تخمین زد (تصویر ۹).

در این مرحله پس از بررسی منطقه مورد بررسی کلیه ساختمان‌های مخروبه و زمین‌های بایر از نقشه وضع موجود

منطقه بايد کاهش مصرف انرژى بخش سرمايش و گرمائش ساختمان مورد توجه قرار گيرد. **تصوير ۱۱** ميزان مصرف ساليانه بخش‌هاى مختلف اين ساختمان‌ها را برحسب وات ساعت بر مترمربع نشان مى‌دهد.

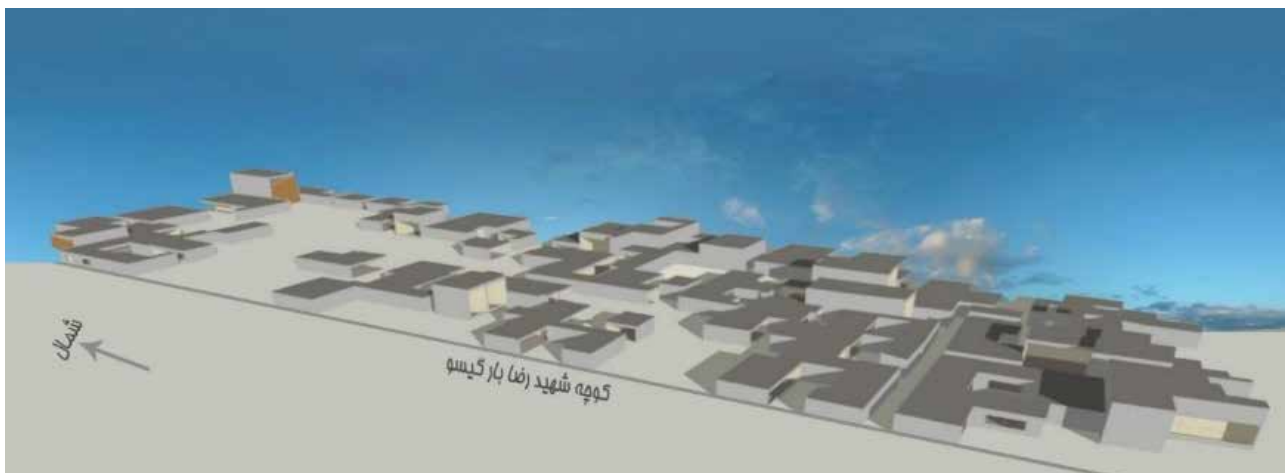
• **بررسى و تحليل مصرف انرژى در طرح مصوب محدوده** در اين مرحله در محدوده مورد پژوهش، حجم ساختمان‌ها، تعداد طبقات و سطوح شفاف بر اساس طرح مصوب، مطابق **تصوير ۱۲**، مدل‌سازى شد.

پس از شبیه‌سازى انرژى ساليانه، نمودار مطابق **تصوير ۱۳** استخراج شد. در نتايج به دست آمده مشاهده شد كه بيشترين ميزان مصرف انرژى ساختمان‌ها مربوط به مصرف انرژى ساختمان‌ها جهت تأمين گرمائش است كه به ميزان ۱۷۳/۴۴ كيلووات ساعت بر مترمربع و مصرف انرژى در بخش سرمايش نيز ۱۳۴/۷۷ كيلووات ساعت بر مترمربع نسبت به وضع موجود کاهش يافته است. ميزان ساليانه مصرف برق اين محدوده ۴۴/۹۳ كيلووات ساعت بر مترمربع در بخش گرمائش و ميزان مصرف برق ساليانه در بخش سرمايش اين ساختمان‌ها ۳۶/۷۹ كيلووات ساعت بر مترمربع است. بديهى است كه در طراحي آينده اين منطقه، کاهش مصرف انرژى بخش سرمايش و گرمائش ساختمان بايد مورد توجه قرار بگيرد. **تصوير ۱۳** ميزان مصرف ساليانه بخش‌هاى مختلف اين ساختمان‌ها را برحسب وات ساعت بر مترمربع نشان مى‌دهد. با توجه به اينكه در شبیه‌سازى انرژى ساختمان‌هاى پيشنهادهى طرح مصوب، شرايط كاملاً بهينه و براساس تكنولوژى روز و مبحث نوزدهم مقررات ملي در نظر گرفته شده است، بديهى است كه ميزان مصرف انرژى در مترمربع طرح پيشنهادهى كمتر از ساختمان‌هاى موجود در محدوده باشد. اما لازم به ذكر است كه اجراى اين تمهيدات مستلزم هزينه اوليه بسيار



تصوير ۹. محدوده مورد مطالعه همت آباد. مأخذ: <http://www.esfahanmet.ir>

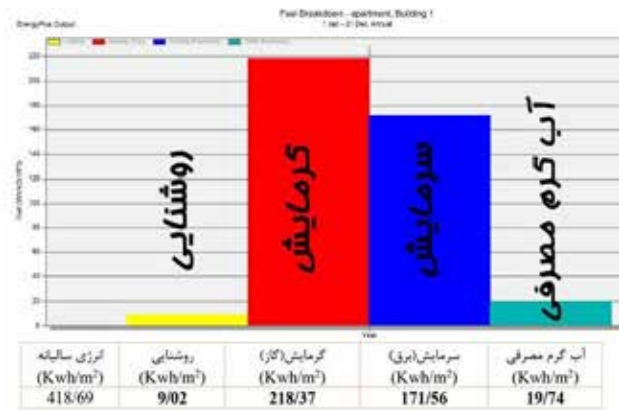
نمودار **تصوير ۱۱** استخراج شد. در نتايج به دست آمده مشاهده شد كه بيشترين ميزان مصرف انرژى ساختمان‌ها مربوط به مصرف گاز ساختمان‌ها جهت تأمين گرمائش آنهاست. ميزان ساليانه مصرف گاز اين محدوده ۲۱۸/۳۷ كيلووات ساعت بر مترمربع در بخش گرمائش و ميزان مصرف برق ساليانه در بخش سرمايش اين ساختمان‌ها ۱۷۱/۵۶ كيلووات ساعت بر مترمربع است. بديهى است كه در طراحي آينده اين



تصوير ۱۰. سه بعدى وضع موجود محدوده مورد مطالعه همت‌آباد. مأخذ: نگارندگان.

زیاد است و ضمانت کافی جهت اجرایی شدن آن وجود ندارد. بنابراین حتی الامکان باید با استفاده از راه حل های طراحی بدون هزینه، این میزان مصرف انرژی را نیز کاهش داد. پیشنهاد گزینه طراحی با رویکرد کاهش مصرف انرژی و با استفاده از خروجی نرم افزار دیزاین بیلدر در این مرحله از پژوهش و از آنجایی که قرار بر مداخله حداقلی در طرح مصوب است، گزینه جایگزین طرح مصوب (تصویر ۱۴) با رعایت موارد زیر ارائه شد:

– پلان ساختمان ها تا حد امکان متراکم و فشرده بوده و کوشش شده تا آنجا که ممکن است سطح خارجی ساختمان نسبت به حجم آن کم باشد تا بیشترین سایه ممکن بر سطوح خارجی ایجاد شود. در نتیجه این تراکم و فشردگی مجموعه، زمان تأخیر به حد مطلوب رسیده است.



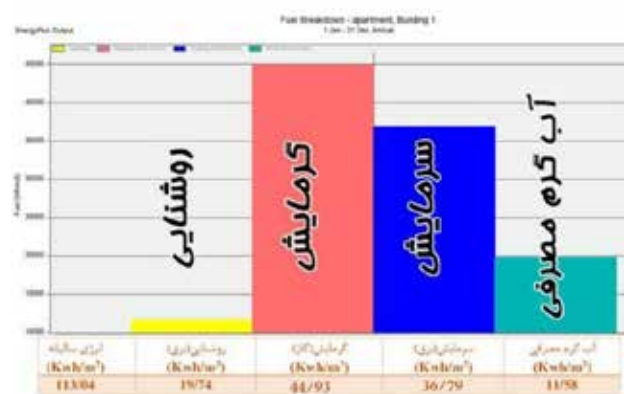
تصویر ۱۱. مصرف انرژی سالانه ساختمان های وضع موجود محدوده مورد مطالعه. مأخذ: نگارندگان



تصویر ۱۲. مدل سازی سه بعدی طرح پیشنهادی مصوب در محدوده مورد مطالعه. مأخذ: نگارندگان.

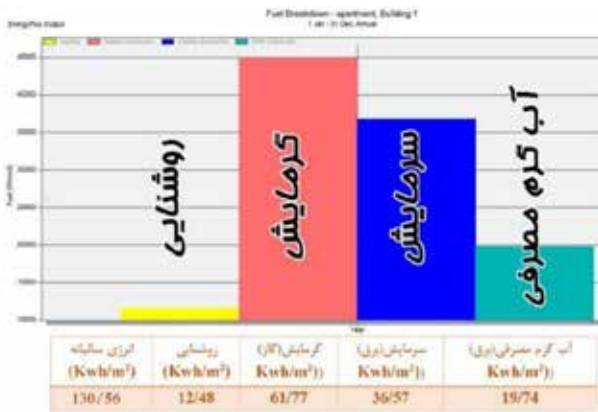


تصویر ۱۴. مدل سازی سه بعدی گزینه پیشنهادی. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۱۳. مصرف انرژی سالانه ساختمان های پیشنهادی طرح مصوب محدوده مورد مطالعه. مأخذ: نگارندگان.





تصویر ۱۵. انرژی مصرفی در بخش‌های مختلف گزینه پیشنهادی، در شرایطی مشابه با شرایط طرح مصوب. مأخذ: نگارندگان.

۱۳۰/۵۶ به ۱۲۳/۵۵ یعنی به میزان ۷/۰۱ کیلووات ساعت بر مترمربع کاهش یافته است (تصویر ۱۶).

براساس تصویر ۱۶ مشابه مرحله قبل، بیشترین میزان مصرف انرژی در بخش گرمایش با گاز است و مصرف انرژی در بخش سرمایش با برق، به میزان قابل توجهی کمتر از مصرف در بخش گرمایش است.

#### - استفاده از بلوک آجری در پوسته خارجی

در این مرحله در سفت‌کاری پوسته خارجی ساختمان‌های طرح پیشنهادی به جای بلوک سیمانی از بلوک‌های آجری استفاده شد که این تغییر باعث کاهش ضریب هدایت حرارتی دیوارهای خارجی از ۱/۸۲۹ به ۱/۶۲۲ وات بر مترمربع درجه کلونین شد و نتایج زیر مشاهده شد.

در این حالت بیشترین و کمترین میزان مصرف انرژی در بخش‌های مختلف ساختمان مشابه حالت قبل است اما به میزان قابل توجهی کاهش یافته‌اند که میزان انرژی سالیانه آن از ۱۲۳/۵۵ به ۱۱۶/۳۷ یعنی به میزان ۷/۱۸ کیلووات ساعت بر مترمربع کاهش یافته است.

براساس تصویر ۱۷، مشابه مرحله قبل، بیشترین میزان مصرف انرژی در بخش گرمایش با گاز است، و مصرف انرژی در بخش سرمایش با برق، به میزان قابل توجهی کمتر از مصرف در بخش گرمایش است.

#### - استفاده از بلوک هبلکس در پوسته خارجی

در این مرحله در سفت‌کاری پوسته خارجی ساختمان‌های طرح پیشنهادی به جای بلوک آجری از بلوک‌های هبلکس استفاده شد که این تغییر باعث کاهش ضریب هدایت حرارتی دیوارهای خارجی از ۱/۰۱ به ۰/۸۲۹ وات بر مترمربع درجه کلونین شد و نتایج زیر مشاهده شد. در این حالت بیشترین و کمترین میزان مصرف انرژی در بخش‌های مختلف ساختمان مشابه حالت قبل است

- توجه به سلسله مراتب عمومی و خصوصی در ترکیب توده و فضا.

- ایجاد یک میکرواقلیم مناسب در مقیاس بلوک‌های ساختمانی (ایده حیاط اندر حیاط، حیاط‌های مرکزی).

بهره‌گیری از چشم انداز و دید مناسب.

- گزینه جایگزین و پیشنهادی براساس مراحل زیر شبیه‌سازی و بهینه‌سازی شد:

- مرحله اول) گزینه پیشنهادی در شرایط کاملاً مشابه (از نظر مصالح، سطح شیشه‌ها، سیستم تأسیساتی و روشنایی، کاربری و ...) با شرایط طرح مصوب شبیه‌سازی شد.

- مرحله دوم) شبیه‌سازی انرژی گزینه پیشنهادی با تغییر مصالح ساختمانی پوسته ساختمان در سه حالت آجری، سیمانی و بلوک هبلکس مورد بررسی قرار گرفت.

- شبیه‌سازی انرژی گزینه پیشنهادی و بهینه‌سازی آن - مرحله اول) شبیه‌سازی انرژی در شرایط طرح مصوب

در این مرحله گزینه پیشنهادی، در شرایط کاملاً مشابه با شرایطی که طرح مصوب شبیه‌سازی انرژی شد، مورد شبیه‌سازی قرار گرفت و نتایج مطابق تصویر ۱۵ حاصل شد. مشاهده می‌شود که کمترین میزان مصرف انرژی در بخش سرمایش و بیشترین میزان مصرف انرژی در بخش گرمایش وجود دارد و میزان انرژی سالیانه به نسبت طرح مصوب، به میزان ۱۷/۵۲ کیلووات ساعت بر مترمربع افزایش یافته است. با توجه به اینکه این طرح می‌تواند بهینه‌سازی شود و با راه‌کارهای دیگر به مصرف سالیانه کمتری نسبت به طرح مصوب برسد، مراحل بهینه‌سازی آن و نتیجه نهایی از مصرف انرژی این طرح ارائه خواهد شد.

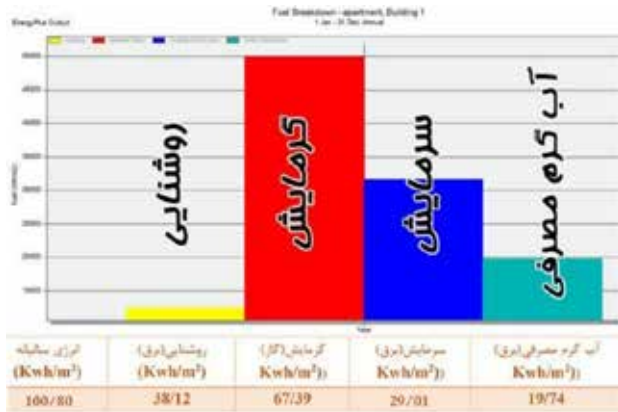
براساس تصویر ۱۵، میزان مصرف انرژی در بخش گرمایش و در بخش سرمایش ۱۳۴/۹۹ و مصرف انرژی سالیانه ۲۸۸/۱۳ کیلووات ساعت بر مترمربع نسبت به وضع موجود کاهش یافته است. با بهینه‌سازی پوسته ساختمان می‌توان در مراحل بعد این میزان از مصرف را نیز کاهش داد.

- مرحله دوم) شبیه‌سازی انرژی گزینه پیشنهادی با تغییر مصالح ساختمانی پوسته ساختمان در سه حالت سیمانی، آجری و بلوک هبلکس.

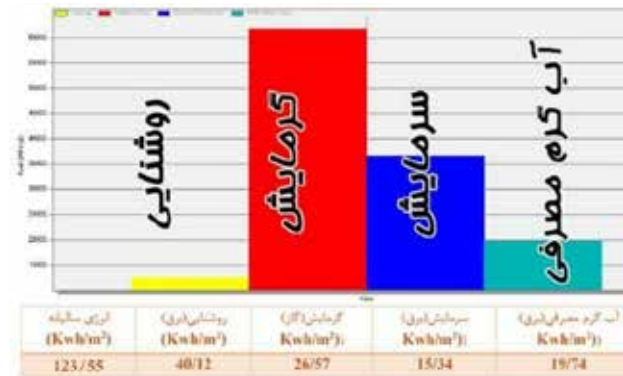
#### استفاده از بلوک سیمانی در پوسته خارجی

در این مرحله در سفت‌کاری پوسته خارجی ساختمان‌های گزینه پیشنهادی به جای آجر از بلوک‌های سیمانی استفاده شد که این تغییر باعث کاهش ضریب هدایت حرارتی دیوارهای خارجی از ۱/۰۱ به ۰/۸۲۹ وات بر مترمربع درجه کلونین شد و نتایج زیر مشاهده شد.

در این حالت بیشترین و کمترین میزان مصرف انرژی در بخش‌های مختلف ساختمان مشابه حالت قبل است اما به میزان قابل توجهی کاهش یافته‌اند. میزان انرژی سالیانه از

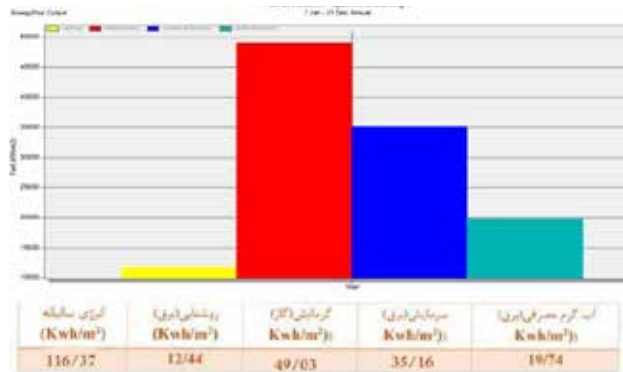


تصویر ۱۸. انرژی مصرفی در بخش‌های مختلف ساختمان‌های طرح پیشنهادی، با بلوک هبلکس در پوسته خارجی ساختمان‌ها. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۱۶. انرژی مصرفی در بخش‌های مختلف ساختمان‌های طرح پیشنهادی، با بلوک سیمانی در پوسته خارجی ساختمان‌ها. مأخذ: نگارندگان.

تولیدکنندگان منابع انرژی منطقه و حوزه بین‌الملل، با معضل افزایش نامطلوب تقاضای انرژی به ویژه در بخش ساختمان روبروست. با توجه به سهم عمده تقاضای انرژی در ایران، پرداختن به موضوع انرژی به ویژه در حوزه ساختمان و معماری در کلیه مراحل برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت و بهره‌برداری دارای اهمیت وافری است. تلاش در جهت هماهنگی و تعامل ساختمان و محیط اطراف، همواره یکی از مبانی پایداری ساخت و ساز است، همانند اکوسیستم‌های طبیعی، ساختمان و محیط مصنوع نیز باید با بهره‌گیری از تمهیدات و پیش‌بینی‌های خاص، قابلیت تطابق متابولیکی و کارکردی با محیط پیرامون را داشته باشد. در راستای دستیابی به پایداری و بهینه‌سازی مصرف انرژی، توجه به حوزه میانی طراحی شهری (در مقیاسی میانی مابین معماری تک بناها و شهرسازی محلات) می‌تواند به عنوان هماهنگ‌کننده ابعاد گوناگون اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، عمل‌کردی و زیست محیطی کارا و پاسخگو واقع شود. با توجه به جایگاه و اهمیت، میزان بالای مصرف انرژی، ساعات زیاد استفاده و درصد بالای تخصیص اراضی شهری به کاربری مسکونی در شهرها، اهمیت پرداختن به موضوع انرژی در ساختمان مسکونی و تأثیرات نما، در میزان مصرف انرژی ساختمان، موضوع پراهمیتی است. در این پژوهش با هدف تأکید بر موضوع صرفه‌جویی در مصرف انرژی، یکی از پروژه‌های مسکونی در دست اجرای شهرداری اصفهان در بافت فرسوده شهری انتخاب شد و بازآفرینی بافت فرسوده شهری با تأکید بر موضوع انرژی و طراحی همساز با اقلیم مورد توجه قرار گرفت. در بررسی مقایسه‌ای سه وضعیت وضع موجود، طرح مصوب و وضعیت بهینه (الگوی جایگزین)، با توجه به تصویر ۱۹، مشاهده می‌شود که با رعایت اصول طراحی همساز با اقلیم در یک بلوک کوچک مقیاس شهری حتی با پایبندی حداکثری به



تصویر ۱۷. انرژی مصرفی در بخش‌های مختلف ساختمان‌های طرح پیشنهادی، با بلوک آجری در پوسته خارجی ساختمان‌ها. مأخذ: نگارندگان.

که به میزان قابل توجهی کاهش یافته‌اند و میزان انرژی سالیانه آن از ۱۱۳/۷۶ به ۱۰۰/۸۰ یعنی به میزان ۱۲/۹۶ کیلووات ساعت بر مترمربع کاهش یافته است. همچنین میزان کاهش انرژی سالیانه نسبت به وضع موجود ۳۱۷/۸۹ و نسبت به طرح مصوب ۱۲/۲۴ کیلووات ساعت بر مترمربع کاهش داشته است. این میزان با توجه به وسعت منطقه در مترمربع عدد قابل توجهی خواهد بود. استفاده از مصالح جدید می‌تواند ضریب هدایت حرارتی تعیین شده در مبحث نوزدهم مقررات ملی را با هزینه کمتر کاهش دهد که منجر به کاهش مصرف انرژی نیز خواهد شد (تصویر ۱۸).

براساس تصویر ۱۸، مشابه مرحله قبل، بیشترین میزان مصرف انرژی در بخش گرمایش با گاز است، و مصرف انرژی در بخش سرمایش با برق، به میزان قابل توجهی کمتر از مصرف در بخش گرمایش است.

### نتیجه گیری

کشور ایران علی‌رغم مطرح بودن به عنوان یکی از عمده‌ترین

آجری (۱۲ درصد)، طرح پیشنهادی مصوب سازمان نوسازی و بهسازی (۱۱ درصد) و کمترین میزان مصرف انرژی برای طرح پیشنهادی با بلوک هبلکس (۱۰ درصد) است (تصویر ۲۰).

### پی نوشت

۱. Design Builder.
۲. General energy cod.
۳. Uninsulated Wall, Heavyweight.

### فهرست منابع

- براتی، ناصر و سردره علی‌اکبر. (۱۳۹۲). تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر میزان استفاده از اتومبیل شخصی و مصرف انرژی در مناطق شهر تهران. *باغ نظر*، (۱۰)، ۳-۱۲.
- برک‌پور، ناصر و مسنن‌زاده، فرزاد. (۱۳۹۰). بررسی مقایسه‌ای سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در حوزه برنامه‌ریزی کاربری زمین در ایران و انگلیس. *مجله مطالعات شهری*، (۱)، ۴۱-۶۰.
- شریفیان بارفروش، سیده شفق، مفیدی شمیرانی، سید مجید. (۱۳۹۳). معیارهای شاکل بوم‌شهر از دیدگاه نظریه‌پردازان. *باغ نظر*، (۳۱)، ۱۰۸-۹۹.
- صادقی، نگین، شفیعی دستجردی، مسعود و رفیعی، مریم. (۱۳۹۹). بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان از طریق بهینه‌یابی سطح شفاف پوسته خارجی در مقیاس بلوک شهری: نمونه موردی بافت فرسوده همت‌آباد در اصفهان. *انرژی ایران*، (۱)، ۲۳-۱۶۱-۱۹۱.

توده و فضا و جهت‌گیری طرح مصوب، امکان صرفه‌جویی در مصرف انرژی با تأمین کیفیات طراحی از جمله تأمین عرصه‌های خصوصی مانند حیاط‌های مرکزی وجود دارد. در این بخش بیشترین میزان مصرف انرژی به ترتیب در ساختمان‌های وضع موجود، طرح مصوب، گزینه پیشنهادی با پوسته سیمانی، گزینه پیشنهادی با پوسته آجری و در نهایت گزینه پیشنهادی با پوسته متشکل از بلوک‌های هبلکس، مشاهده می‌شود. بنابراین گزینه پیشنهادی با الگوی حیاط مرکزی با پوسته خارجی متشکل از بلوک‌های هبلکس کمترین میزان مصرف انرژی را دارد. لازم به ذکر است که مدل‌سازی طرح مصوب با توجه به الزام مقررات ملی ساختمان براساس مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان انجام شده است و چنانچه تحلیل مصرف انرژی براساس مشخصات مندرج در طرح مصوب انجام می‌شد، میزان مصرف انرژی به مراتب بیشتر می‌شد. با هدف خلاصه‌سازی و مقایسه میزان مصرف انرژی در هریک از مراحل پژوهش، تصویر ۲۰ ارائه می‌شود. در این نمودار به ترتیب بیشترین میزان مصرف انرژی در حالت وضع موجود (۴۲ درصد)، طرح پیشنهادی با پوسته خارجی مشابه طرح مصوب (۱۳ درصد)، طرح پیشنهادی با پوسته سیمانی (۱۲ درصد)، طرح پیشنهادی با پوسته

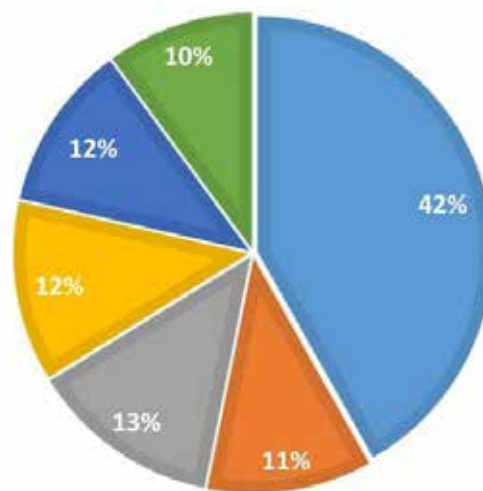


تصویر ۱۹. مقایسه میزان مصرف انرژی در حالات مختلف پژوهش. مأخذ: نگارندگان.



## نسبت مصرف انرژی در هر مرحله از پژوهش برحسب درصد

- وضع موجود
- طرح پیشنهادی مصوب سازمان نوسازی و بهسازی شهرداری اصفهان
- طرح پیشنهادی با پوسته خارجی مشابه طرح مصوب
- طرح پیشنهادی با پوسته سیمانی
- طرح پیشنهادی با پوسته آجری
- طرح پیشنهادی با بلوک هیلکس



تصویر ۲۰. نسبت مصرف انرژی در پژوهش. مأخذ: نگارندگان.

• عباسی، حیدر؛ حاجی‌پور، حسین؛ لطفی، سهند و حسین‌پور، محمد. (۲۰۱۲). توضیح عوامل موثر در شکل شهری در مصرف سوخت خانوارها در بخش حمل و نقل. *مطالعات پایه و فن‌آوری‌های جدید معماری و برنامه‌ریزی*، ۲(۲)، ۱۹-۳۰.

• فرخی، مریم؛ ایزدی، محمدسعید و کریمی‌مشاور، مهرداد. (۱۳۹۷). تحلیل کارایی انرژی در مدل‌های بافت شهری اقلیم گرم و خشک، نمونه موردی، شهر اصفهان. *مطالعات معماری ایران*، ۷(۱۳)، ۱۲۷-۱۴۸.

• مهندسین مشاور شارمند. (۱۳۹۶). *طرح ساماندهی بافت فرسوده همت آباد*. اصفهان: سازمان نوسازی و بهسازی شهرداری اصفهان.

• ناصری، آیت و مهرگان، آرش. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی، مطالعه موردی شهر خرم آباد، *مجله معماری و شهرسازی ایران*، ۸(۱۴)، ۵۹-۷۳.

• Banihashemi Namini, S. B., Shakouri, M., Tahmasebi, M. M., & Preece, C. (2014). Managerial sustainability assessment tool for Iran's buildings. *In Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability* 167(1), 12-23.

• Bektas, B. & Aksoy, T. (2005). Energy Performance of Window Systems of Buildings in Cold Climate Regions. *Science and Engineering Journal of F rat University*, 17(3), 499-508.

• Berardi, U. (2013). *Moving to Sustainable Buildings: Paths to Adopt Green Innovations in Developed Countries*. London: Versita.

• Berardi, U. (2015). Building energy consumption in US, EU, and BRIC countries. *Procedia Eng*, (118), 128-136.

• Dudley, B. (2018). *BP. statistical review of world energy*. BP. *statistical review*. London: UK.

• Eicker, U., Monien, D., Duminil, É., & Nouvel, R. (2015). Energy performance assessment in urban planning competitions. *Applied Energy*, 155, 323-333.

• Ewing, R. & Rong, F. (2008). The impact of urban form on US residential energy use. *Housing policy debate*, 19 (1), 1-30.

• Hassounch, K. Alshbou, A. & Salaymeh, A. A. (2010). Influence of windows on the energy balance of apartment buildings in Amman, *Energy Conversion and Management*,

(51), 1583-1591.

- Hong, T. (2018). IEA EBC annexes advance technologies and strategies to reduce energy use and GHG emissions in buildings and communities. *Energy and Buildings*, (158), 147-149.
- Koepfel, S. & Ürgel, Vorsatz, D. (2007). *Assessment of policy instruments for reducing greenhouse gas emissions from buildings*, UNEP-Sustainable Buildings and Construction Initiative, Budapest: UNEP.
- Mari, L.P., Arne, R. & Maria, W. (2006). Influence of window size on the energy balance of low energy houses. *Energy and Building*, (38), 181-188.
- Martins, T., Adolphe, L., & Bonhomme, M. (2013). Building Energy Demand Based on Urban Morphology Analysis: Case Study in Maceió, *Sustainable Architecture for a Renewable Future*, 10-12
- Mitchell, G. (2005). *Urban development, form and energy use in buildings: A review for the solutions project*. EPSRC SUE SOLUTIONS Consortium.
- Santamouris, M. (2016). Innovating to zero the building sector in Europe: Minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change. *Solar Energy*,(128), 61-94.
- Santamouris, M. (2016). Innovating to zero the building sector in Europe: Minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change. *Solar Energy*, (128), 61-94.
- Si, B., Tian, Z., Chen, W., Jin, X., Zhou, X. & Shi, X., (2018). Performance Assessment of Algorithms for Building Energy Optimization Problems with Different Properties. *Sustainability*,(11)1, 18.
- Wan, K.K.W., Li, D.H.W., Pan, W., Lam, J.C. (2012). Impact of climate change on building energy use in different climate zones and mitigation and adaptation implications. *Appl Energy*, (97), 274-282.
- Yildiz, Y., Ozbalta, T. G. & Arsan, Z .D. (2011). Impact of Window-to-Wall Surface Area for Different Window Glass Types and Wall Orientations on Building Energy Performance: A Case Study for a School Building Located in zmir, Turkey. *Megaron*, 6(1),30-38.
- Zhang, Ji, R.; He, Z.; Liu, J. S. (2017). Simulating the effects of anchors on the thermal performance of building insulation systems. *Energy Build*, 140, 501-507.

#### COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Bagh-e Nazar Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



#### نحوه ارجاع به این مقاله

شفيعى دستجردى، مسعود؛ صادقى، نگين و رفيعى، مریم. (۱۳۹۹). كمينه سازى مصرف انرژى از طريق بهينه يابى مصالح پوسته خارجى در مقياس بلوك شهرى نمونه موردى: بافت فرسوده همت آباد (منطقه ۶ شهر اصفهان). *باغ نظر*, ۱۷(۹۱)، ۹۵-۱۱۰.

DOI:10.22034/bagh.2020.215990.4433

URL: [http://www.bagh-sj.com/article\\_118621.html](http://www.bagh-sj.com/article_118621.html)

