کنگره بین المللی علوم و مهندسی
آلمان – هامبورگ
اسفند ماه ۱۳۹۶

بررسی راهکارهای طراحی و مورفولوژی ساختمان بر مصرف انرژی در ساختمانهای اداری[۱]

حانیه غلامی[۱*]، محمود فیض آبادی[۲]، حامد کامل نیا[۳]، مهدی علومی بایگی[۴]

۱*- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه فردوسی مشهد، Email: (hanieh.gholami@stu.um.ac.ir)
۲- استادیار گروه معماری، دانشگاه فردوسی مشهد، Email:(feizabadi@um.ac.ir)
۳- دانشیار گروه معماری، دانشگاه فردوسی مشهد، Email: (kamelnia@ferdowsi.um.ac.ir)
۴- دکترای تخصصی برق قدرت، Email: (me_oloomi@yahoo.com

چکیده

مصرف انرژی در ساختمان به عنوان یکی از پارامترهای مهم در طراحی و بهره برداری از آن همواره مورد توجه مهندسان و طراحان بوده است. در کشور ما نیز ادارات دولتی به عنوان یکی از بزرگترین مصرف کنندگان انرژی الکتریکی همواره مورد توجه بوده اند، اما با وجود تمام اقدامات انجام گرفته در راستای کاهش میزان مصرف در آنها، هنوز هم از نظر بهره وری انرژی در جهان جایگاه مطلوبی ندارند و این امر بیانگر اهمیت این موضوع و نیاز به توجه بیشتر به مسئله بهره وری انرژی در ساختمانهای اداری و تلاش برای رسیدن به یک الگو و معیار مطلوب از ساختمانهای اداری کم مصرف در کشور است.

راهکارهای کاهش مصرف انرژی و همچنین مورفولوژی ساختاری بناها از جمله عواملی هستند که در نمونه های انتخابی، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته اند. راهکارهای طراحی در ۵ دسته و مورفولوژی ساختمانها در ۷ دسته طبقه بندی شده اند و نتایج حاصل، از پرکاربردترین تا کم کاربردترین آنها در غالب جداولی طبقه بندی شده است. در نهایت راهکارهایی برای دو گروه از ساختمانهای اداری، شامل راهکارهای بازسازی (ساختمانهای موجود در کشور) و راهکارهای نوسازی (ساختمانهای جدید) طبقه بندی و پیشنهاد گشته است.

واژه‌های کلیدی: ساختمان کم مصرف، راهکارهای طراحی، مورفولوژی ساختمان کم مصرف، طراحی غیر فعال

۱- مقدمه

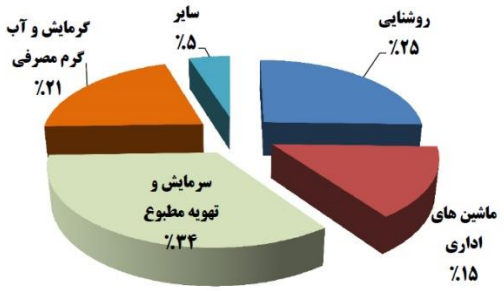
صرفه جویی در مصرف انرژی یکی از چالشهای مهم در دنیای امروز است. دو مسئله آلودگی هوا و بحرانهای زیست محیطی عواملی هستند که آینده بشریت را تهدید میکنند، این مسائل از پیامدهای استفاده بی رویه از سوختهای فسیلی بخصوص در دوران پس از انقلاب صنعتی هستند. رشد جمعیت و پایان پذیری منابع انرژی های تجدید ناپذیر نیز از سوی دیگر باعث افزایش بیش از پیش ارزش این منابع شده است. افزایش نگرانی ها در مورد تبعات زیست محیطی مصرف انرژی و گرم شدن کره زمین در سالهای اخیر اهمیت این موضوع را چندین برابر کرده است. لذا امروزه معماران و مهندسان به طور گسترده

[۱] این مقاله برگرفته از رساله کارشناسی ارشد حانیه غلامی با موضوع" طراحی ساختمان چند عملکردی شرکت برق خراسان رضوی با تاکید بر مولفه های ساختمان انرژی کم در کاربست عناصر معماری اسلامی" با راهنمایی دکتر فیض آبادی و دکتر کامل نیا و مشاوره دکتر علومی بایگی می باشد.

ای به طراحی ساختمانهایی با بهره وری انرژی بالا و حداقل مصرف روی آورده اند؛ ساختمانهایی که با توجه به استراتژی های غیر فعال و راهکارهای طراحی اقلیمی و همچنین استفاده از منابع تجدید پذیر انرژی طراحی و ساخته میشوند.

این مسئله که بیشتر از یک سوم مصرف انرژی در دنیا مربوط به بخش ساخت و ساز و صنعت ساختمان می باشد [1] بر لزوم ساخت بناهای پایدار تاکید بیشتری میکند. ساختمانهای پایدار مصرف منابع ساختمانی و نیز هزینه های اجرا و نگهداری را کاهش میدهند و در عین حال باعث ارتقا سطح سلامت افراد و آسایش آنها میشوند. (همان)

در ایران، مصرف انرژی در ساختمانهای کشور به عنوان یک بخش غیر مولد بیشترین سهم را در بین کلیه بخش‌های مصرف به خود اختصاص داده است، با توجه به تراز نامه انرژی کشور، سالانه بیش از ۴۰ درصد مصرف انرژی مستقیماً صرف تأمین نیازهای این بخش می‌گردد. این در حالی است که اکثر مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهد که بیش از نیمی از این میزان مصرف بدلایل مختلفی تلف می‌گردد، در واقع در صورت رسیدگی به وضعیت ساختمان‌ها با اجرای راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی، ارتقای کارآیی و اصلاح الگوی بهره‌برداری می‌توان با کمتر از نصف این میزان انرژِی مصرفی، آسایش مورد نظر در ساختمانها را فراهم نمود. [۲] در واقع در اغلب ساختمانهای موجود بیش از ۵۰٪ پتانسیل صرفه‌جویی و کاهش مصرف انرژی قابل دستیابی خواهد بود. در این میان اتلاف انرژی در اغلب ساختمانهای دولتی و عمومی در رتبه بالاتری قرار می‌گیرد. ساختمانهای با کاربری اداری به دلیل وجود مالکیت غیرشخصی در آنها و در نتیجه الگوی مصرف انرژی الکتریکی نسبتا نامطلوب و همچنین وضعیت کارکردی و بهره برداری متفاوت نسبت به ساختمانهای مسکونی و تجاری، شرایط خاصی را دارا بوده و توجه ویژه ای را می طلبند. بر اساس اطلاعات مندرج در آمار تفصیلی صنعت برق کشور در سال۱۳۹۴ ، بخش عمومی - که سهم قابل توجه ای از آن را ساختمانهای اداری شامل می گردند - با مصرف ۲۲۱۹۶ میلیون کیلووات ساعت انرژی الکتریکی، بیش از ۹,۶ درصد از کل مصرف برق کشور را در این سال به خود اختصاص داده است. این میزان مصرف نسبت به سال ۹۳، ۱۲/۳ ٪ و نسبت به سال ۸۳ در یک بازه ۱۰ ساله ۲/۸٪ افزایش یافته است. [۳]



تصویر ۱: تراز مصرف انرژی الکتریکی در یک ساختمان اداری [۴]

لذا اهمیت ساختمانهای اداری به عنوان یکی از ارکان اصلی مصرف برق بخش عمومی کشور ،کاملا روشن بوده و در این تحقیق بر روی آنها تمرکز شده است. ایجاد توازن میان تولید و مصرف انرژی و دستیابی به راهکارها و دستورالعملهایی که منجر به مصرف کمترین انرژی و بیشترین بازده در یک ساختمان میشود؛ هدف غایی این طرح تحقیقی است لذا در این مقاله به بررسی و ارائه راهکارهای رسیدن به ساختمانهایی با مصرف کم انرژی و در نهایت ارزیابی مورفولوژی و ساختار کلی نمونه های موفق در جهان خواهیم پرداخت.

۲- روش تحقیق

پژوهش حاضر به دنبال بررسی راهکارهای اجرایی برای رسیدن به حداقل مصرف انرژی و همچنین استراتژی های استفاده از انرژی های تجدید پذیر در ساختمانهای اداری و در نهایت رسیدن به یک چهارچوب کلی از ویژگیهای ساختاری و فرمی (مورفولوژی) برای این ساختمانهاست. برای نیل به این هدف تعداد ۱۷ ساختمان مختلف با رویکرد Low energy و Zero energy مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفتند که از میان، کاربری اداری بیشترین تعداد را به خود اختصاص میدهد. ساختمانها با پراکندگی های مختلف اقلیمی و تعداد طبقات متفاوت به منظور بررسی تمامی ابعاد و ویژگیهای ساختمانهای کم مصرف انتخاب شده اند.

راهکارهای طراحی در این پروژه ها بر اساس دسته بندی زیر طبقه بندی شده اند:

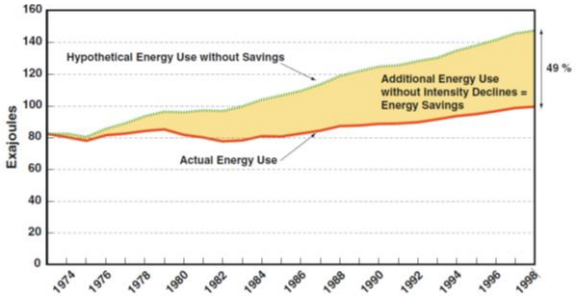
- راهکارهای خورشیدی غیر فعال
- راهکارهای خورشیدی فعال
- حفاظت انرژی
- استفاده از سایر منابع تجدیدپذیر؛ و
- سیستمهای بهره وری انرژی.

در ادامه به بررسی پراکندگی ها و میزان استفاده از هرکدام از راهکارها و شناسایی موثرترین و پرتکرار ترین آنها خواهیم پرداخت.

تصویر۱: پراکندگی نمونه های موردی در جهان (نگارندگان)

۳- بهینه سازی مصرف انرژی[۲]

مبحث بهینه سازی مصرف انرژی اولین بار در سال ۱۹۷۳ مطرح شد و به دنبال بحرانهای نفتی دنیا، کشورهای غربی پیشرفتها و سیاست گذاریهای بسیاری در این زمینه انجام دادند. رویکردها و قوانین بهره وری انرژی برای ۱۱ کشور عضو آژانس بین المللی انرژی (IEA)، باعث ذخیره سازی ۶۵٪ انرژی مصرفی تا سال ۲۰۱۰ در این کشورها شد و از سال ۱۹۷۴ از سوختن ۱,۵ میلیارد تن سوخت جلوگیری کرد. [5]



تصویر۲: تاثیر قوانین انرژی بر پیشرفت بهره وری انرژی در کشورهای IEA [5]

در ایران با توجه به محدود بودن منابع انرژی، رشد بالای مصرف سالانه انواع انرژی در ایران، خارج شدن کشورمان از جرگه صادر کنندگان نفت از اواخر قرن حاضر و بالطبع قطع در آمدهای ناشی از صدور نفت، باعث می‌شود که در صورت عدم برنامه‌ریزی و پیش بینی‌های لازم روند توسعه کشور بطور جدی تحت تأثیر قرار بگیرد. عدم کارآیی فنی و اقتصادی مصرف انرژی و هدررفتن قریب به یک سوم از کل انرژی در فرآیندهای مصرف و مشکلات فزاینده زیست محیطی ناشی از آن، ضرورت مدیریت مصرف انرژی و بالا بردن بازده و بهره وری انرژی را در کشورمان پیش از پیش آشکار می‌سازد. [۶]

[2] Energy efficiency

بهینه سازی انرژی بر اساس تعریف آژانس بین المللی انرژی(International Energy Agency) راه مدیریت و مهار رشد مصرف انرژی است. هر چیزی که در ازای مقدار انرژی وارده یکسان، خدمات بیشتری بدهد و یا به ازای انرژی دریافتی کمتر مقدار یکسانی خدمات بدهد، در مصرف انرژی کارآمدتر است. برای مثال، یک لامپ فلورسنت فشرده (CFL) در مقایسه با یک لامپ رشته ای؛ انرژی کمتری(یک سوم تا یک پنجم) دریافت میکند و همان مقدار نور تولید میکند. لامپ CFL به مراتب بهینه تر محسوب میشود.

بهره وری انرژی به عنوان «اولین سوخت» تعریف شده است، یک منبع انرژی که تمامی کشورها به صورت فراوان در اختیار دارند. بهره وری انرژی میتواند چندین مزیت داشته باشد: از جمله توسعه اقتصاد کلان، افزایش بودجه عمومی، افزایش سلامت و رفاه، بهره وری صنعتی و بهبود توسعه انرژی. [7]

۴- ساختمانهای بهینه

کاهش جهانی میزان دی اکسید کربن، نقش مهمی در کاهش تغییرات آب و هوایی کره زمین ایفا میکند و کاهش مصرف انرژی در زمینه های پر اهمیت، راهکار اصلی برای کاهش مستقیم میزان گازهای گلخانه ای آزاد شده است.

خانه هایی با بهره وری انرژی بالا آغازگر مباحث مختلفی پیرامون این حوزه بوده اند؛ که تعاریف مختلفی در این خصوص وجود دارد. در مورد مصرف انرژی،که به صورت مستقیم به وسیله ویژگیهای غیرفعال ساختمان تحت تاثیر است میتوان دسته بندی های زیر را ارائه کرد:

انرژی-استاندارد ($E \leq 65$ kWh/m²/y) ، انرژی-کم ($E \leq 40 \ldots 50$ kWh/m²/y) ، فوق العاده انرژی کم ($E \leq 20 \ldots 30$ kWh/m²/ y) و غیر فعال ($E \leq 15$kWh/m²/y) . [7]

- ساختمانهای انرژی کم (Low energy buildings) اغلب به عنوان ساختمانهایی با درجه بالای عایق بندی، پنجره هایی با بهره وری انرژی بالا و میزان اتلاف هوای کم شناخته و توصیف میشوند. ساختار این ساختمانها اغلب دارای یک سیستم تهویه مکانیکی است. تعریف جهانی که به اتفاق آرا پذیرفته شده باشد در این زمینه وجود ندارد، اما عمومی ترین تعریف بیان میکند که یک ساختمان انرژی کم، ساختمانی با عملکرد انرژی بالاتر نسبت به یک ساختمان استاندارد است. [9]

- برای ساختمانهای فوق العاده انرژی کم (Ultra low energy) سیستمهای انرژی تجدید پذیر عبارات « ساختمان نزدیک به صفر انرژی[3]» و یا حتی « ساختمانهای خالص انرژی صفر[4]» و « ساختمانهای انرژی پلاس» را به همراه می آورد.

Torcellini و همکارانش در سال ۲۰۰۶ مفهوم ساختمان صفر انرژی را در مبنای معیارهای مختلف دسته بندی کردند:

Net Zero Site Energy : در این نوع، میزان انرژی عرضه شده توسط منبع انرژی تجدید پذیر در داخل سایت، برابر با انرژی استفاده شده توسط ساختمان میباشد. در آمریکا عبارت" ساختمان های انرژی صفر خالص " به این نوع از ساختمان ها اطلاق می شود.

Net Zero Cost Energy: در این نوع، هزینه خرید انرژی، از طریق فروش الکتریسیته تولید شده در داخل سایت به شبکه ی الکتریکی، تامین شده و به تعادل می رسد.

Net Zero Source Energy: این نوع ساختمان به اندازه مصرفش، انرژی تولید میکند که شامل انرژی مصرف شده جهت انتقال انرژی به ساختمان نیز میشود. در حقیقت، تلفات برای انتقال الکتریسیته هم محاسبه میشود بنابراین این نوع از ساختمانها نیازمند تولید الکتریسیته بیشتری نسبت به نوع اول می باشند.

Net Zero Emission Energy: خارج از ایالات متحده و کانادا، ساختمان صفر انرژی به عنوان" ساختمان کربن صفر "یا "ساختمان نشر صفر "شناخته می شود طبق این تعریف کربن انتشاری تولید شده هنگام استفاده سوخت فسیلی در داخل یا خارج سایت توسط تولید انرژی تجدیدپذیر در داخل سایت به تعادل می رسد. تعریف دیگر در این حوزه شامل ساختمانی است که علاوه بر کربن تولید شده توسط ساختمان بهره برداری شده، کربن منتشره هنگام ساخت و ساز را نیز کنترل می کند.[10]

[3] Nearly-Zero Energy
[4] Net-Zero-Energy

۵- رویکردهای بهینه سازی مصرف انرژی

بر اساس قوانین کنرسیسوم بهره وری انرژی ساختمان (چین- آمریکا) [5]،شش حوزه در مورد بهره وری انرژی ساختمان وجود دارد: ۱. طراحی ساختمان ۲. پوشش ساختمان ۳. تجهیزات ساختمان ۴. توزیع انرژی و استفاده از انرژی های تجدید پذیر ۵.کل ساختمان ۶. خط مشی و ارتقاء بازار [11]

در این راستا؛ رویکردهای معماری جهت صرفه جویی در مصرف انرژی نیز که همه آنها زیر مجموعه ای از معماری پایدار و معماری سبز هستند، با عنوان معماری ساختمانهای انرژی صفر و انرژی کم مطرح میشوند:

- ✓ ساختمان انرژی صفر (Zero energy): رویکرد صفر انرژی به ساختمان موضوعی است که طی چند سال اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است و یکی از رویکرد های بسیار مناسب در جهت تحقق معماری پایدار است و در حال حاضر نیز به عنوان هدف آینده طراحی ساختمانها در نظرگرفته می شود و سعی بر این است تا برنامه و سیاست های ساخت و ساز به گونه ای تدوین شود که ساختمان را به سوی صفر انرژی سوق داده و به عبارتی بخش مسکن را از لحاظ انرژی خود کفا کند[12]

  در ساده ترین نگاه، این رویکرد عبارتست از افزایش راندمان و امنیت انرژی و کاهش انتشار آلودگی. آنچه امروزه در دنیا به عنوان انرژی شناخته میشود، نوعی از انرژی است که برای تحویل آن به مصرف کننده هزینه شده است. جامعه ای را در نظر بگیرید که میتواند به اندازه مورد نیاز خود انرژی تولید کند، این مفهوم اصلی ساختمانهای انرژی صفر است. در این دیدگاه انرژی مصنوعی تولیدی را میتوان در موازنه انرژی مصرفی لحاظ نمود و یا جداگانه به عنوان یکی از محصولات جانبی در نظرگرفت. در تعریف دیگر معمولاً به ساختمانی که میزان تولید انرژی سالانه در آن برابر یا بیش از میزان مصرف آن است ساختمان انرژی صفر گفته می شود. [۶]
- ✓ ساختمان انرژی کم (Low energy): ساختمان انرژی کم به هر نوع ساختمانی گفته میشود که مقدار انرژی کمتری نسبت به سایر ساختمانهای عادی مصرف میکند. و به طور کلی از ۲۰ تا ۳۰ kWh/m^2a (کیلو وات ساعت بر مترمربع) انرژی استفاده میکند. ساختمان انرژی کم، ترکیب و بهینه سازی آسایش زندگی، کیفیت کارهای ساخت و ساز، انرژی و بهره وری انرژی و حفاظت محیطی است. این ساختمانها آسایش حرارتی، جریان هوای مطلوب ،رطوبت با کیفیت بالا (کنترل تهویه برای اطمینان از منبع ثابت هوای تازه) غبار روبی فضای زندگی و روشنایی (پنجره های بیشتر برای نور داخلی با امنیت کافی) را تامین میکنند. [13]

نوسازی و استفاده مجدد از یک ساختمان با استفاده از تکنولوژی های انرژی کم یکی از راههای خیلی مهم در راستای پایداری است. در بازسازی انرژی کمتری برای تولید مصالح ساختمانی و انتقال آنها به سایت مصرف میشود چرا که پوسته اصلی ساختمان مجدد مورد استفاده قرار میگیرد. ساختمانهای قدیمی اغلب گزینه های خوبی برای طراحی«انرژی کم» هستند. موانع این کار مواردی از قبیل: محل قرار گیری بنا، فرم ساختمان یا جهت گیری آن است. با وجود این که این موارد میتواند پتانسیل یک ساختمان کم انرژی را کاهش دهد اما هنوز هم بازسازی میتواند هزینه های انرژی را تا ۲۰-۳۰٪ کاهش بدهد.[14] استفاده از این رویکرد میتواند در بسیاری از ساختمانهای اداری فعلی موجود در کشور راه گشا باشد.

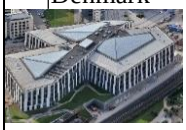
۶- راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان

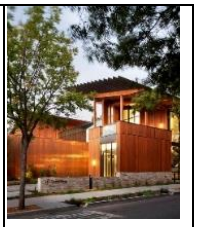
تعداد ۱۲ نمونه موردی با پراکندگی های مختلف و کاربری اداری و همچنین ۵ نمونه دیگر صرف نظر از نوع کاربری آنها انتخاب گشت؛ در هر مورد راهکارهای کاهش مصرف انرژی و رسیدن به ساختمان «Low energy» و «Zero energy» در جداولی طبقه بندی شده اند. به منظور بررسی دقیقتر نتایج حاصل در پنج دسته: ۱.حفاظت انرژی، ۲. راهکارهای خورشیدی غیرفعال ۳. راهکارهای خورشیدی فعال ۴. به کارگیری سایر انرژی های تجدید پذیر و ۵. سیستمهای بهره وری انرژی دسته بندی و ارائه شده است.

[5] Energy Efficiency Consortium, US-China

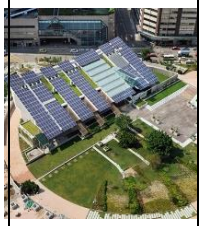
جدول ۱: راهکارهای طراحی برای رسیدن به ساختمانی با مصرف انرژی کم [نگارندگان،۱۳۹۶]

پروژه	راهکارهای طراحی			
	راهکارهای حفاظت انرژی	راهکارهای خورشیدی غیرفعال	راهکارهای خورشیدی فعال	راهکارهای بهره‌وری انرژی
O B F |USA	پیش‌ساخته سازی قطعات مورد استفاده در خارج سایت- عایق بندی قوی- کشیدگی شرقی غربی و بهره گیری از نور روز بیشتر- افزایش تدریجی ارتفاع به سمت شمال به منظور کنترل سایه اندازی توده ها روی یکدیگر- پوسته ساختمانی با بازده بالا- شیشه ۳ جداره- منطقه بندی حرارتی	تهویه طبیعی- حداکثر استفاده از نور روز- استفاده از جریان باد غالب- استفاده از اثر دودکش خورشیدی در آتریوم مرکزی- بام سبز و فضاهای سبز در داخل ساختمان- سیستم سایه انداز نما-سرمایش با جریان هوای خنک در شب- پنجره های قابل کنترل برای تهویه طبیعی	نصب کلکتورهای خورشیدی در بام- فیلمهای باریک سلولهای فتوواتائیک در سایه اندارهای شیشه و نورگیرها- آبگرمکن خورشیدی	سیستم بازیابی حرارتی- سیستم سایه اندازی- خنک کننده های مغناطیسی با کارایی بالا- کاهش مصرف انرژی و جذب آلودگی به وسیله درختان- استفده مجدد از آب باران- تجهیزات اتوماتیک برای کاهش تقاضا و هدر رفت آب- آبیاری قطره ای بامهای سبز- دستگاه های تصفیه آب صنعتی اسمز معکوس و تولید آب آشامیدنی- اتصال به شبکه حمل و نقل عمومی- تهویه با جابجایی هوای تمیز از کف- چراغهای LED-استفاده از لوازم کم مصرف-
Public safety |USA	جهتگیری بنا در راستای استفاده حداکثری از نور روز- کاهش ارتفاع حجم از جنوب به شمال و سایه اندازی روی تراسها- استفاده از مصالح منعکس کننده گرما در بام- فرم بهینه (نزدیک به مکعب) منطقه بندی حرارتی- سایه بانهای افقی	جلوگیری از خیرگی چشم به وسیله سایه بانها و سایه اندازها بر روی پنجره ها- تراسهای سبز- تولید حرارت خورشیدی	سیستم فتوولتائیک	سیستم LCG Facades با قابلیت دید ، عایق قوی و عملکرد حرارتی و بهره وری انرژی بالاتر- فیلترهای پر بازده- سیستم Clear Story™ interior light shelves and sun shades-لوله های تشعشی داخل طبقات برای سرمایش و گرمایش- طراحی منظر Water-efficient- استفاده از مصالح بازیافتی- استفاده از آب باران برای آبیاری باغچه ها
DPR| USA	لفاف فضایی بهینه (مکعب) با بازشوهایی در شمال - سایه بانهای افقی در جداره شرقی- عدم وجود باز شو در غرب و جنوب به دلیل گرمای سوزان منطقه- پوشش منعکس کننده گرما بر روی بام-	پنجره های قابل کنترل و جریان تهویه طبیعی- استفاده از سولار تیوب؛ نورگیری طبیعی از سقف ودر عین کاهش بار گرمایی- برج خنک کننده تبخیری و دودکش خورشیدی برای ایجاد جریان هوا و تهویه- دیوار سبز (عایق صوتی، فیلتر هوا و...)	سیستم فتوولتائیک	فنهای بزرگ برای گردش بیشتر هوا- پنجره های رول آپ و اتوماتیک- استفاده از مصالح بازیافتی و حفظ ۹۰٪ از سازه اولیه ساختمان- چراغ LED_
Energinet.dk| Denmark	لفاف فضایی بهینه (نزدیک به مکعب)-پلان شناور و شفاف-	استفاده از خنک کننده های آب زیر زمینی و پمپهای	آبگرمکن خورشیدی-	سیستم کاهش بار فاضلاب و کاهش مصرف آب- بازیافت آب

	نمای فعال- قرارگیری بخشی از ساختمان روی پیلوتی و جریان هوا- پنجره های ۳ جداره- کاهش نسبت سطح به حجم و استفاده کمتر از مصالح- طراحی دیوارهای شفاف و امکان استفاده مجدد و توسعه در آینده- منطقه بندی حرارتی و عملکردها- پنجره های سه جداره	حرارتی- استفاده حداکثری از نور روز- آتریوم مرکزی- بام سبز یا قهوه ای-	سیستم فتوولتائیک	فاضلاب- تولید برق سبز- استفاده از آب باران
KPMG |Denmark 	ایجاد فرم بهینه در عین خروج از فرم مکعب- فرم شیبدار- پنجره های بزرگتر در قسمت شمالی نسبت به جنوبی(گرمای کمتر و نور بیشتر)-	۳ آتریوم مرکزی به عنوان نقاط کنونی فضای اداری- کنترل جریان نور- تنظیم حرارت- بام سبز و مسیرهای سبز	پانلهای فتوولتائیک-	تولید برق سبز- پرده های اتوماتیک در نما- استفاده از مصالح قابل بازیافت- آبیاری فضای سبز با آب باران-
RSF| USA	لفاف فضایی متشکل از دو بال بلند (۶۰فوت)- بهره حداکثری از نور جنوب- ایجاد فضای میانی سایه‌دار	استفاده از کلکتور خورشیدی در سطح نمای جنوبی به منظور گرمایش هوای سرد بیرون و انتقال آن به زیرزمین (در زمستان)- استفاده از لوور در بال میانی (شمالی-جنوبی)- استفاده از پنجره‌های الکتروکرومیک در جبهه غربی- پنجره‌های دوقسمتی در جبهه جنوبی (قسمت بالا نورگیری غیرمستقیم، قسمت پایین تهویه)-	سیستم فتوولتائیک- سیستم آب گرم خورشیدی	استفاده از توده‌های حرارتی بتنی در فضای زیرزمین به صورت لابیرنتی برای تامین سرمایش و گرمایش غیرفعال- دال‌های طبقات بازتابنده گرما به بیرون (در تابستان)- استفاده از پنجره‌های تنظیم شونده و اتومات- روزنه‌های ورود هوای سرد در نمای شمالی و کانال کشی به زیرزمین
NREL| USA	کاهش عرض پلان (لفاف فضایی باریک و بلند) برای بهره حداکثری از نور جنوب- پودیوم کوچک- کلونادهای سایه‌دار و پیلوت	تراس‌های در عمق در جبهه شرقی و غربی و قراگیری پنجره‌ها در سایه- استفاده از ویدهای باریک و بلند برای ایجاد مکش -پنجره‌های تنظیم شونده- اسکرین‌های خاکستری در نما - استفاده از سایبان‌های متخلخل افقی بر روی بازشوهای نما- کنسول شدن حجم و ایجاد سایه عمیق دورتادور بنا	سیستم فتوولتائیک- سیستم آب گرم خورشیدی	جداشدن بخش‌های اصلی بنا از زمین- پودیوم کوچک- انتقال گرما، سرما و تاسیسات الکتریکی در فاصله ۶۰ سانتی متری زیر سقف- استفاده از ساندویچ پنل و صفحات آلومینیوم بازتابنده در نما- پنجره‌های مرتفع برای نورگیری و کم ارتفاع برای تهویه- استفاده از گرمایش ناشی از تجهیزات
David & Lucile Packard Foundation| USA	لفاف فضایی متشکل از دو بال بلند (۴۰ فوتی)- بهره حداکثری از نور جنوب- ایجاد فضای میانی سایه‌دار- پاسخگویی به بار گرمایی بالا در تابستانها- سایه بانها در	سایه اندازی چند لایه و نفوذ خورشید زمستانی و جلوگیری از آفتاب تابستان- نورگیری و نفوذ هوای تازه بیشتر به واسطه وجود حیاط مرکزی-استفاده از	سیستم فتوولتائیک-	تامین گرما بیشتر از ۲۳ درجه در زمستانها به وسیله نور خورشید، کامپیوترها، پرینترها و گرمای ناشی از فعالیتهای انسانی- سیستم کنترل نور

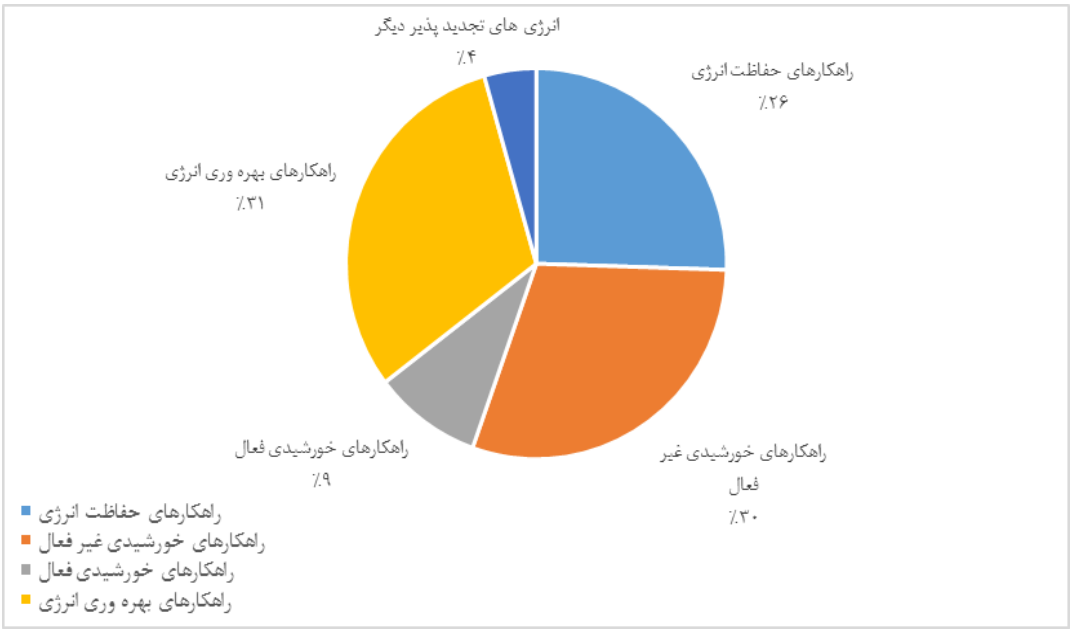
	امتداد سقفها و سایه اندازی با عمق زیاد- عایق بندی استاندارد-	پوشش گیاهی و بالکنها در فضای حیاط مرکزی-پلانینگ باریک و ایجاد عمق بیشتر نفوذ نور- کاهش بار گرمایی مورد نیاز در زمستانها با استفاده از نور و گرمای خورشید-		مصنوعی- استفاده از مصالح بازیافتی- مصالح کم مصرف انرژی- سیستم جمع آوری آب باران
Manitoba Hydro Place |Canada	استفاده از پنجره های دو جداره- فرم بهینه و کاهش سطح اشغال- پنجره های دو جداره با حفره میانی-	ایجاد جریان هوا با استفاده از اختلاف فشار در دو آتریوم شمالی و جنوبی داخل ساختمان-دود کش خورشیدی در قسمت شمالی- استفاده از نور روز- تهویه و سیرکولاسیون طبیعی هوا در طبقات- بیشترین میزان نفوذ نور خورشید به داخل فضاها- سیستم لوورهای باز و بسته شونده در جداره های جنوبی و غربی برای فصل تابستان-فضای سبز و خرد اقلیم داخلی در طبقات-		اتصال به شبکه حمل و نقل عمومی- تهیه طبیعی بدو نیاز به فن در تابستانها و چرخش هوا در زمستانها به وسیله فنهای پر بازده
Int. R E A| UAE	فرم بهینه و کاهش نسبت سطح به حجم همراه با نورگیری در تمام جهات به طوری که هیچ کدام در معرض تابش مستقیم نیست- نما با بازده بالا- کاهش دریافت نور خورشید به واسطه فرم منحنی-	ایجاد یک میکرو اقلیم به وسیله حایلهای حرارتی- طراحی حیاط مرکزی و آتریوم در وسط ساختمان مانند یک واحه سبز در دل کویر- انتخاب و کاشت گیاهان مناسب در این آتریوم برای تهویه هوا-	سیستم فتوولتائیک- آبگرمکن خورشیدی	سیستم مدیریت انرژی هوشمند- حفظ آب- استفاده از مواد کم گسیل- سیستمهای سایه انداز افقی و عمودی- استفاده از سیستم واحد مختلف فن کوئل سرعتی (FCUs) برای تامین سرما با استفاده از سیستم بازیابی جریان آب- استفاده از سنسورهای کنترل روشنایی
One Angel Square|UK	نمای دو پوسته با حفره میانی- فرم بهینه منحنی – کاهش حجم به سطح و حداقل سطح اشغال- جهتگیری آتریوم مرکزی به سمت جنوب برای دریافت نور بیشتر- thermal mass	تهویه طبیعی- دریافت حداکثری نور خورشید- آتریوم مرکزی و اثر دودکشی در تهویه طبیعی هوا- بام سبز- سرمایش و گرمایش با استفاده از قابلیت شیشه های دو جداره دارای حفره میانی و هوای تازه	سیستم فتوولتائیک - دودکش خورشیدی	استفاده از آب باران و چرخه آب خاکستری – سیستم بازیابی گرمایشی- روشنایی LED- تجهیزات و سیستم IT
The Bullitt Centre|USA	فرم بهینه (نزدیک به مکعب)- بازشوها با ارتفاع زیاد برای دریافت نور بیشتر-	پرده های بیرونی نما با سیستم سایه اندازی- نورگیرهای سقفی- تهویه طبیعی در ساختمان- تراس سبز-	سیستم فتوولتائیک	تصفیه آب باران و تبدیل آن به آب آشامیدنی- سیستم توالت کمپوست در جهت کاهش مصرف آب- سیستم تصفیه نور UV- متریال ۱۰۰٪ غیر شیمیایی
The Edge |Netherland	کشیدگی شرقی غربی و استفاده	استفاده از پانلهای LED	سیستم	شبکه تیوبهای حامل آب مورد

	کامل از نور طبیعی- دیوارهای عایق حرارتی بتنی نازک	خاص- تهویه طبیعی هوا با استفاده از آتریوم مرکزی ۱۵ طبقه- نصب پانلهای فتوولتائیک در جداره جنوبی و بام ساختمان	فتوولتائیک	استفاده برای سرمایش و گرمایش در سقف طبقات- سنسور کنترل گرمایش، سرمایش و رطوبت در تمام بخشها- استفاده از آب باران برای سیفون دستشویی و آبیاری گیاهان
GEO|Bangi	فرم خطی به منظور استفاده بیشتر از نور طبیعی در داخل فضاها- سایه اندازی حجم روی بازشوها به واسطه ایجاد شکست در جداره نورگیر اصلی- پوسته ساختمانی انرژی کارآمد با دیوارها و سقف دوجداره و عایق قوی- کاهش تعداد بازشوها در جداره شرقی و غربی- پلان باز و پارتیشن بندی (نفوذ نور بیشتر)-	استفاده از نورگیرهای سقفی با پانلهای فوولتائیک نیمه شفاف- جلوگیری از چشم زدگی نور خورشید با بیرون آمدگی نما به صورت سایه بانهای افقی و پلکانی بودن حجم در مقطع- تبدیل نور مستقیم به پراکنده با آینه رفلکتور در بیرون و رفلکتورهای داخلی-	سیستم فتوولتائیک ماژولهای پلی کریستال ۴۷,۲۸ کیلوواتی؛ ماژولهای سیلیکون آمورف ۶,۰۸ کیلوواتی؛ ماژولهای PV نیمه شفاف شیشه ای در سقف آتریوم ۱۱,۶۴ کیلوواتی و ماژول PV تک سقف با ۲۷ کیلوواتی روی پارکینگ	نورگیری طبیعی فوق العاده عالی (مصرف انرژی تنها در ۵٪ زمان کار)- استفاده از سیستم یکپارچه سرمایش با کویلهای خنک کننده درصفحات بتنی(خنک کننده تابشی)- سیستم کارآمد روشنایی و کنترل میزان نور- طراحی سیستم سقف رودخانه ای (استفاده از سطح سقف PV به عنوان برج خنک کننده)- بهینه سازی تمام پمپها و فنها برای کنترل فعال و مصرف کم انرژی- استفاده از آبهای خاکستری- رطوبت زدایی با برج خنک کننده سبز-
LEO | Malaysia	جهتگیری بهینه ساختمان (پنجره های شمالی و جنوبی)- پلان فضایی انرژی کارآمد-عایق بندی کامل نما و سقف- سقف دوجداره- عدم وجود پنجره در جداره غربی و سایه اندازهای عمیق در جداره شرقی در برابر نور آفتاب اول صبح-	کاهش جذب حرارت با استفاده از بام سبز- تهویه طبیعی در آتریوم- استفاده حداکثری از نور روز به صورت پراکنده- پنجره های حفره ای- دیوارهای ۲۰ سانتی بتنی سبک با پوشش خارجی روشن برای کاهش جذب حرارت دیواره-	سیستم فتوولتائیک- دودکش خورشیدی	سیستم کارآمد سرمایش(کنترل میزان سرمایش و نیاز در هر محدوده)- استفاده از تجهیزات اداری کم مصرف- سیستم مدیریت انرژی
SIEEB|China	فرم H شکل، لفاف فضایی بهینه (نزدیک به مکعب)- کاهش سطح اشغال و امتداد طبقات با پوشش-های متخلخل در فضای بیرون- منطقه‌بندی حرارتی و روشنایی در حجم	استفاده از گیاه برای سایه‌اندازی در طبقات-استفاده از لوورهای افقی در تمام سطح نما- استفاده از قفسه نوری برای دریافت غیرمستقیم تابش خورشید- نمای دو پوسته و جریان هوا در بین دو لایه- ایجاد تراس های پلکانی سایه‌دار رو به جنوب- نمای تمام شیشه در جبهه شمالی بنا	سیستم فتوولتائیک	سنسور تشخیص میزان نور- سنسور تشخیص کاربران- ترکیب گرما و الکتریسیته- سیستم روشنایی کم‌مصرف- بام‌های بازتابنده- لفاف فضایی عایق و بازتابنده- استفاده از پمپ‌حرارتی در زمین- استفاده از استخر آب و گیاهان سایه انداز به منظور ایجاد سرمایش تبخیری در فضای بین دو توده
ZCB| Hong kong	فرم خطی با مقطع ذوزنقه- قرارگیری جبهه بلند در شمال و	بام شیبدار رو به خورشید- پیش‌آمدگی بام (۲ متر) در	سیستم فتوولتائیک-	استفاده از سیستم تهویه SCTF- استفاده از Chilled

	جبهه کوتاه در جنوب- رعایت سلسله مراتب از بیرون به درون- پلان غیر متراکم و ارتفاع کم- ترکیب ساختمان و گودال باغچه	جبهه جنوبی- کاهش سطح نمای شرقی و غربی- استفاده از بام سبز برای کاهش جذب حرارت- استفاده از قفسه‌های نوری و لوورهای عمودی- نمای دوپوسته در جبهه جنوبی- کاهش نسبت بازشو به سطح در نماها-	سیستم آب گرم خورشیدی	Beam- تهویه عبوری با قرار دادن بازشوهای مقابل هم- بام شیبدار و جمع‌آوری اب باران- استفاده از آب‌های خاکستری در آبیاری- سیستم مدیریت هوشمند ساختمان- سوخت بیودیزل

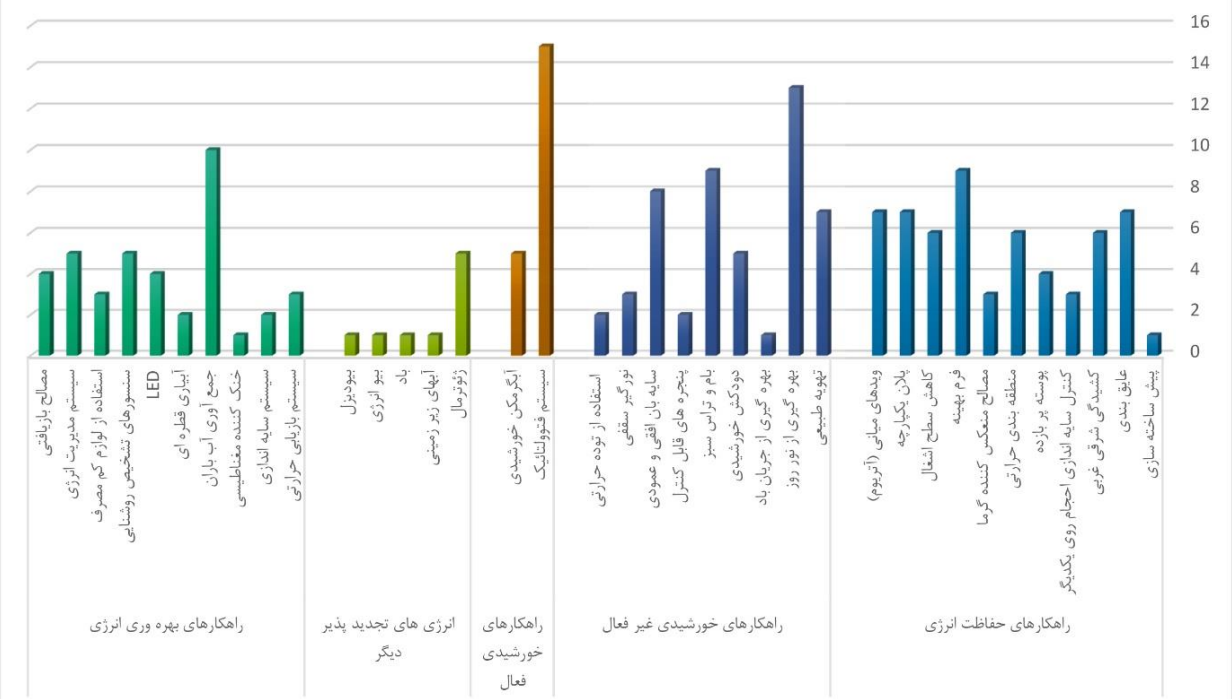
تحلیل نتایج نشان دهنده اهمیت دو موضوع: به کارگیری راهکارهای خورشیدی غیرفعال و راهکارهای حفاظت انرژی در میان طراحان است چرا که بیشترین تنوع و نوآوری در این دو حوزه مشاهده میشود. از میان انرژی های تجدید پذیر، به صورت چشمگیری در اکثر پروژه ها؛ انرژی خورشیدی بیشترین استفاده و بعد از آن به ترتیب، انرژی باد (برای تهویه) و زمین گرمایی در اولیتهای بعدی قرار داشته اند. در بخش سیستمهای بهره وری انرژی نیز طراحان بر موضوعاتی نظیر استفاده از روشنایی، تهویه، گرمایش و سرمایش نوین و کم مصرف، سنسورهای کنترلی و ... تاکید داشته اند.

نمودار ۱: مقایسه سهم هر یک از راهکارها در نمونه های موردی [نگارندگان،۱۳۹۶]



به منظور بررسی بهتر و دقیقتر و همچنین یافتن راه حلهای موثر، راهکارهای با فراوانی بیشتر، صرف نظر از نوع اقلیم و کاربری پروژه در هر یک از گروههای ۵ گانه شناسایی گردید. در این میان؛ راهکارهای خورشیدی فعال با اینکه تعداد راه حلهای کمی را در خود جای داده اند، اما بیشترین تکرار را در بین نمونه های مورد بررسی داشته اند و میتوان گفت که در تمام آنها استفاده از این راهکار دیده میشود. بنابراین عمومی ترین راهکار " استفاده از سیستم فتوولتائیک" و "آبگرمکن خورشیدی" می باشد. پس از آن "بهره گیری از نور روز" و "تهویه طبیعی" و همچنین استفاده از "سایه بانهای افقی عمودی"و" بام و تراس سبز" از پر کاربردترین راهکارها هستند. در بخش راهکارهای حرارتی نیز "فرم بهینه" "پلان یکپارچه" و "آتریوم" بیشترین فراوانی را در میان راهکارها به خود اختصاص داده اند.

نمودار ۲: فراوانی راهکارهای رسیدن به ساختمان کم مصرف [نگارندگان،۱۳۹۶]



۷- مورفولوژی ساختمانهای کم مصرف

موفولوژی و حجم بیرونی پروژه ها در ۷ دسته مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند، این عوامل شامل: کشیدگی- فرم سقف- فرم کلی ساختمان- سیستم سایه اندازی نما- ارتباط با زمین- محل قرارگیری پانلهای فتوولتائیک و فضای سبز هستند که بر میزان مصرف انرژی ساختمان تاثیر گذارند. در جدول ۲ به بررسی این ویژگی ها در ۱۷ نمونه موردی خواهیم پرداخت.

جدول ۲: طبقه بندی موروفولوژیهای ساخت در نمونه های موردی [نگارندگان،۱۳۹۶]

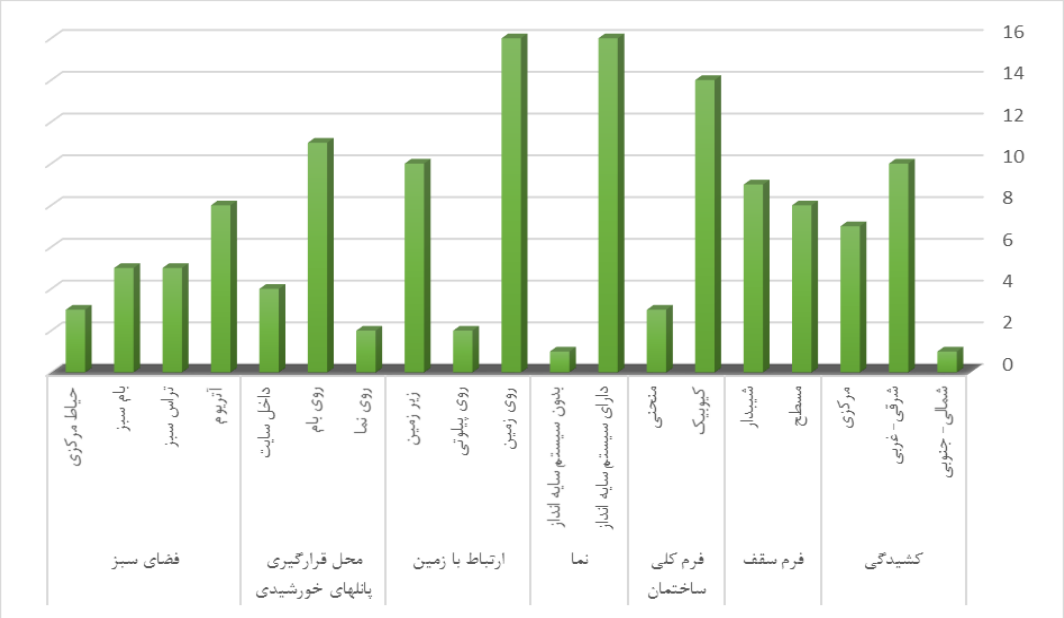
	کشیدگی	فرم سقف	فرم کلی ساختمان	نما	ارتباط با زمین	محل قرار گیری پانلهای فوتوولتائیک	فضای سبز
ساختمان اداری آینده	شرقی- غربی	مسطح	کیوبیک	دارای سیستم سایه انداز	روی پیلوتی- زیر زمین	روی بام- روی نما	آتریوم-تراس و بام سبز
ساختمان اداری امنیت عمومی	شرقی -غربی	مسطح	منحنی	دارای سیستم سایه انداز	روی زمین- زیر زمین	روی بام- داخل سایت	تراس سبز
ساختمان اداری شرکت DPR	فرم مکعبی	شیبدار	کیوبیک	دارای سیستم سایه انداز	روی زمین	داخل محوطه	راهروهای سبز
ساختمان اداری Energinet.dk	فرم مکعبی	مسطح	کیوبیک	دارای سیستم سایه انداز	روی زمین	روی بام	آتریوم و فضاهای سبز داخلی
ساختمان مرکزی KPMG	فرم مکعبی	شیبدار	کیوبیک	دارای سیستم سایه انداز	روی زمین- زیر زمین	روی بام	آتریوم و فضای سبز داخلی
مرکز پژوهشی RSF	شرقی- غربی	شیبدار	کیوبیک	دارای سیستم سایه انداز	روی زمین	روی بام- داخل محوطه	حیاط مرکزی
پژوهشکده ملی انرژی های تجدید پذیر	شمالی-جنوبی	مسطح	کیوبیک	دارای سیستم سایه انداز	روی پیلوتی- روی زمین	داخل محوطه	حیاط ورودی
ساختمان مرکزی بنیاد دیوید و لوسی پکارد	شرقی- غربی	شیبدار	کیوبیک	دارای سیستم سایه انداز	روی زمین	روی بام	حیاط مرکزی
ساختمان شرکت مانیتوبا هیدرو	شرقی- غربی	مسطح	کیوبیک	دارای سیستم سایه انداز	روی زمین- زیر زمین	-	آتریوم و فضای سبز
ساختمان مرکزی آژانس بین المللی انرژی های تجدیدپذیر	فرم مرکز گرا	مسطح	منحنی	دارای سیستم سایه انداز	روی زمین	روی بام	داخلی و آتریوم

همانطور که درنمودار ۳ مشاهده میشود، کشیدگی اغلب بناها شرقی- غربی و یا مرکز گرا (به دلیل استفاده حداکثری از نور روز) است. فرم سقف هم به صورت مسطح و هم شیبدار بسته به اقلیم آب و هوایی و نیز محل قرارگیری پانلهای خورشیدی مشخص میشود. فرم کلی ساختمانها کیوبیک بوده و به منظور کاستن نسبت سطح به حجم و کاهش سطح اشغال به این صورت طراحی شده است. نمای اکثر پروژه ها دارای سیستم سایه اندازی می باشد که برای جلوگیری از خیره گی چشم و مزاحمت نور آفتاب در ساعاتی از روز مورد استفاده قرار میگیرد. پروژه ها اغلب روی زمین قرار گرفته اند و در بعضی از آنها که تعداد قابل توجهی نیز هستند بخشی از بنا در زیر زمین قرار گرفته است، اما ساختمانهای روی پیلوتی با توجه به نوع اقلیم خاص منطقه توسط معماران تنها در چند پروژه انتخاب شده است.

پانلهای خورشیدی در اغلب پروژه ها روی بام و در بعضی از آنها علاوه بر بام داخل محوطه، روی پارکینگ و در قسمت ورودی نیز نصب شده اند و در تعداد محدودی از پروژه ها این سلولها به صورت فیلمهای نازکی روی نما نیز به کار برده شده اند. فضای سبز نیز غالبا در فضای وید میانی آتریوم دیده میشود و علاوه بر آن تراسهای سبز و بامهای سبز نیز مورد توجه

طراحان قرار داشته، در بعضی از پروژه ها نیز فضای سبز در قالب یک حیاط مرکزی در دل پروژه جای گرفته و نقش خود را در کاهش مصرف انرژی ساختمان ایفا میکند.

نمودار ۳: بررسی فراوانی مورفولوژی در ساختمانهای کم مصرف انرژی [نگارندگان،۱۳۹۶]



۸- نتیجه‌گیری

بر طبق آمار، بیشتر ساختمانهای اداری کشور از رتبه مصرف انرژی بالایی برخوردارند که این امر لزوم توجه بیشتر و ارائه راهکارها و اعمال تغییرات در نظام ساخت و ساز این بناها را روشن میسازد. در مورد این ساختمانها میتوان با استفاده از راهکارهای پر کاربرد از قبیل: نصب و راه اندازی سیستمهای فتوولتائیک، سایه بانهای افقی و عمودی، بهره گیری بیشتر از نور روز، عایق بندی قوی، تهویه طبیعی و ... میزان مصرف انرژی را تا حد قابل توجهی کاهش داد.

بر اساس طبقه بندی انجام شده در جدول شماره۳، میتوان از راهکارهای حفاظت انرژی تا حد کمی در ساختمانهای قدیمی در راستای کاهش میزان مصرف انرژی و بهسازی فضا استفاده کرد، که این موارد تنها شامل ارتقاء میزان عایق بندی، منطقه بندی حرارتی و استفاده از مصالح منعکس کننده گرما بر روی بدنه ساختمان میشود.

در بخش راهکارهای خورشیدی غیر فعال نیز میتوان از روشهای تهویه طبیعی، نصب دود کش خورشیدی، کاشت گیاهان و ایجاد فضای سبز، نصب پنجره های قابل کنترل، سایه بانهای افقی و عمودی استفاده کرد.

در مورد راهکارهای خورشیدی فعال میتوان از پانلها و آبگرمکن خورشیدی بدون هیچ محدودیتی در تمامی ساختمانها استفاده کرد.

در مورد استفاده از سایر انرژی های تجدید پذیر در ساختمانهای قدیمی و جدید بسته به نوع اقلیم آب و هوایی و با بررسی صرفه اقتصادی میتوان از هر کدام از صورتهای انرژی بهره برد.

در بخش راهکارهای بهره وری انرژی، با محدودیت کمتری میتوان از بیشتر راهکارها هم در ساختمانهای قدیمی و هم در ساختمانهای جدید استفاده کرد.

جدول ۳: دسته بندی راهکارهای طراحی برای ساختمانهای قدیمی و جدیدالاحداث [نگارندگان،۱۳۹۶]

راهکارهای حفاظت انرژی		ساختمان جدید	ساختمان قدیمی	راهکارهای خورشیدی غیر فعال		ساختمان جدید	ساختمان قدیمی	راهکارهای خورشیدی فعال		ساختمان جدید	ساختمان قدیمی	راهکارهای بهره وری انرژی		ساختمان جدید	ساختمان قدیمی
	پیش ساخته سازی	*			تهویه طبیعی	*	*		سیستم فتوولتائیک	*	*		سیستم بازیابی حرارتی	*	*
	عایق بندی	*	*		بهره گیری از نور روز	*			آبگرمکن خورشیدی	*	*		سیستم سایه اندازی	*	*
	کشیدگی شرقی غربی	*			بهره گیری از جریان باد	*		راهکارهای انرژی های تجدید پذیر دیگر		ساختمان جدید	ساختمان قدیمی		خنک کننده مغناطیسی	*	*
	کنترل سایه اندازی احجام روی یکدیگر	*			دودکش خورشیدی	*	*		ژئوترمال	*	*		جمع آوری آب باران	*	*
	پوسته پر بازده	*			بام و تراس سبز	*	*		آبهای زیر زمینی	*	*		آبیاری قطره ای	*	*
	منطقه بندی حرارتی	*	*		پنجره های قابل کنترل	*	*		باد	*	*		LED	*	*
	مصالح منعکس کننده گرما	*	*		سایه بان افقی و عمودی	*	*		بیو انرژی	*	*		سنسورهای تشخیص روشنایی	*	*
	فرم بهینه	*			نورگیر سقفی	*			بیودیزل	*	*		استفاده از لوازم کم مصرف	*	*
	کاهش سطح اشغال	*			استفاده از توده حرارتی	*							سیستم مدیریت انرژی	*	*
	پلان یکپارچه	*											مصالح بازیافتی	*	
	ویدهای میانی (آتریوم)	*													

با توجه به اینکه ایران کشوریست که در اغلب مناطق آن تعداد روزهای آفتابی زیادی وجود دارد بنابراین میتوان از راهکارهای طراحی غیرفعال خورشیدی به صورت گسترده در بخش ساختمان و به طور خاص در مورد ساختمانهای اداری استفاده نمود. با استفاده از روشهای ارائه شده در جدول بالا میتوان تعداد زیادی از ساختمانهای اداری قدیمی کشور را بازسازی انرژی نمود و با این روش مبلغ زیادی از هزینه های دولت در بخش انرژی را کاهش داد. علاوه بر آن میتوان از این راهکارها در چهارچوب قوانین و مقررات ساختمانی برای ساختمانهای اداری نوساز استفاده و سطح کیفی بناهای جدید را تا حد زیادی ارتقاء داد.

مراجع

[1] Straube, J. (2006). “Green building and sustainability.” Building science digest, U.S. Green Building Council, Green Building Research,Washington, DC.

[۲] راهنمای انجام ممیزی انرژی سریع در ساختمان، پرتال سازمان بهره بری انرژی ایران، سابا

[۳] شرکت مادر تخصصی توانیر، روند ده ساله صنعت برق ایران، برق منطقه ای،توزیع و استانی ، ۱۳۹۴.

[۴] زربخش، م. ح. ، ۱۳۹۴، طرح مدیریت مصرف انرژی در ساختمانهای دولتی با همکاری دفاتر مدیریت مصرف و بسیج ادارات، دفتر آموزش سازمان بهره وری انرژی ایران، سابا. Available: aupa.ir/wp-content/uploads/2016/12/saba.pdf

[5] M. Yang and X. Yu., Energy Efficiency (Benefits for Environmet and Society), springer; pp.11-18, 2015.

[۶] سابا

[7] IEA, Energy Efficiency indicators highlights, IEA Publications, France, 2016.

[8] Ionescu, C., Et al., The historical evolution of the energy efficient buildings , Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol 49,pp.243-253. 2015.

[9] Laustsen J., Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies for New Buildings, IEA Information Paper, March 2008.

[10] P. Torcellini, S. Pless, and M. Deru, D. Crawley, National Renewable Energy Laboratory. U.S Department of energy, 2006.

[11] U.S.- China Clean Energy Research Center, "Annual Report 2013-2014".

[12] Marszala, A.J.; Heiselberg, P.; Bourrelle, J.S.; Musall, E.; Voss, K.; Sartori, I.; Napolitano, A. ,"Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies", Energy and Buildings, Article in Press, 2011.&

[13] Parker, D.S.; Thomas, M. & Merrigan, T., On the path to Zero Energy Homes, Produced for the U.S. Department of Energy by the National Renewable Energy Laboratory, and DOE national laboratory, 2001, available in: www.builditsolar.com.

[14] Collins, T., Parker, S.A., A guidebook of practical information on designing energy-efficient Federal buildings (Low-Energy Building Design Guidelines) ,Prepared for the U.S. Department of Energy by the National Renewable Energy Laboratory, a DOE national laboratory, 2001.

CERTIFICATE

Verification code: PE-BCCF
http:// germanconf.com/verify

Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENCE AND ENGINEERING
HAMBURG 2018

INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENCE & ENGINEERING

HAMBURG - GERMANY | 12 MARCH 2018

Certificate of Paper Admission, Publication & Presentation

Dear Mr. / Ms. Hanieh Gholami, Mahmoud Feizabadi, Hamed Kamelnia, Mahdi Oloomi Baigi

Hereby This is to Certify that your Paper Entitled as:

Investigating building design solutions and morphology on energy consumption in office buildings

Has been Admitted to be Published in Proceedings of the Congress upon opinion of the Review Committee of the International Congress on Science and Engineering, and has been oral in this Congress held in GERMANY-HAMBURG. We ask The Almighty your ever-increasing Success in Knowledge and Research Areas.

INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENCE AND ENGINEERING
HAMBURG 2018

Prof.Dr.Albrecht Wagner
Chief of the Congress

WWW.GERMANCONF.COM