

بررسی تاثیر خصوصیات فیزیکی ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی* (مطالعه موردی شهر خرم آباد)

آیت ناصری^۱ (نویسنده مسئول)، آرش مهرگانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۹

چکیده

پژوهش حاضر تلاش برای ارائه راه حلی جهت کاهش میزان مصرف انرژی در خانه های مسکونی است که در شهر خرم آباد صورت می‌گیرد. به منظور بررسی نحوه اثر خصوصیات فیزیکی ساختمان بر میزان مصرف انرژی آن، نخست هفت نمونه پلان ساختمانی با تناسب متفاوت و مساحت یکسان انتخاب شده و فاکتورهایی چون ابعاد پلان (نسبت طول به عرض)، مساحت بازشوها، میزان شفافیت جداره های آن نسبت به سطح کدر و جهت گیری ساختمان نسبت به جهات جغرافیایی به عنوان عوامل موثر بر میزان مصرف انرژی در نظر گرفته شده اند. ابتدا به منظور بررسی عملکرد حرارتی و روشنایی گزینه های انتخابی، تمامی نمونه‌ها از صفر تا صد درصد پنجره در تمامی جداره‌ها را با فواصل ده درصدی تجربه کرده و میزان مصرف انرژی در هر کدام از آن‌ها در حالاتی همچون زمان اوج سرما و گرما، بازه آسایش و تهویه مطبوع بررسی و نتایج اولیه ثبت می‌شود. پس از آن میزان روشنایی طبیعی در نمونه‌ها سنجیده و با استاندارد روشنایی فضاهای داخلی مطابقت داده می‌شود. در مرحله بعد نتایج بدست آمده به نمودارهای ریاضی و قابل ارزیابی تبدیل شده و شفافیت و روشنایی بهینه در هر نمونه و متعاقب آن میزان مصرف انرژی در بهینه ترین حالت هر نمونه اندازه گیری می‌شود. در آخرین مرحله مصرف بنا بر حسب جهت گیری نسبت به جهات جغرافیایی نیز سنجیده شده و اطلاعات حاصله با نتایج حاصل از مراحل قبل تجمیع شده اند. نتایج نهایی نشان دهنده آنست که در این اقلیم و با کاربری یاد شده؛ تناسب مربع با نسبت یک به یک (طول به عرض) دارای کمترین اتلاف انرژی نسبت به دیگر نمونه‌ها بوده، هم چنین درصد بهینه شفافیت جداره‌ها در نمونه مربع ۳۴/۵ و جهت گیری بهینه ی آن ۸ درجه به سمت شرق بوده است. هم چنین پس از انتخاب ابعاد ساختمان؛ با محاسبه ی مساحت بهینه بازشوها و تعیین جهت گیری مناسب بنا؛ میتوان اتلاف انرژی را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی:

ساختمان مسکونی، بهینه یابی، مصرف انرژی، عناصر فیزیکی، تناسب ساختمان.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات گیلان، رشت، ایران. Ayatn26@yahoo.com

۲. مدرس دانشگاه آزاد اسلامی گیلان، گروه معماری، رشت، گیلان. mehr50gan@yahoo.com

* پژوهش حاضر برگرفته از رساله کارشناسی ارشد آیت ناصری با عنوان "طراحی، آنالیز و مدلسازی یک خانه پسیو" می‌باشد که با راهنمایی دکتر آرش مهرگانی در شهریور ماه ۱۳۹۴ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت تدوین شده است.

۱- مقدمه

فراهم آوردن شرایط آسایش محیطی در ساختمان‌ها همواره از دغدغه‌های اصلی معماران جهان و ایران بوده و در این میان ساختمان‌های مسکونی همواره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده‌اند. با توجه به سهم بسیار زیاد ساختمان‌ها در مصرف انرژی، لزوم توجه به کنترل مقدار مصرف انرژی بدهی بوده و از گذشته همواره مورد توجه قرار داشته است؛ برای مثال در معماری بومی ایران؛ همواره "انتخاب فرم و راهکارهای معماری متناسب با اقلیم" به منظور کاهش مقدار مصرف انرژی در اولویت کار طراحان بوده است، شیبدار ساختن سقف خانه‌ها در نواحی پر باران، انتخاب احجام بسته و کم بازشو در مناطق سرد و طراحی بادگیرها در نواحی گرم و خشک و گرم و مرطوب مثال‌هایی از این دست می‌باشند. این شیوه یکی از کم هزینه ترین روش های ممکن در راستای مدیریت صحیح استفاده از منابع انرژی بوده و سهم بسزایی در کاهش مشکلات ناشی از مصرف بی رویه ی خواهد داشت (نصراللهی، ۱۳۹۰). همچنین شکل ساختمان می‌تواند تاثیر زیادی در هماهنگ ساختن ساختمان با شرایط اقلیمی و همچنین در تعدیل انتقال شرایط بحرانی هوای خارج به داخل ساختمان داشته باشد (کسمایی، ۱۳۸۲). طراحی اقلیمی هم چنین موجب می‌گردد ساختمان‌ها دارای شرایط آسایش بهتری باشند و به جای فشار آمدن به سیستم های گرمایش و سرمایش، خود شرایط آسایش ساکنان را فراهم سازند (واتسون، لبز، ۱۳۸۲). لکن امروز، توجه به سازگاری بنا و اقلیم آن، اغلب در طراحی ساختمان‌ها نادیده گرفته شده و بخش عظیمی از منابع انرژی بدین طریق از دست می‌رود؛ چنانچه آمار تراز نامه انرژی در ایران نشان دهنده آنست که سرانه مصرف نهایی انرژی در بخش صنعت ساختمان ۱/۵ برابر متوسط جهانی و سرانه مصرف انرژی های تجدید پذیر بسیار پایین تر از متوسط جهانی است (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۵).

با توجه به مسائل موصوف، آنچه واضح است آنست که در صورت عدم کنترل مصرف انرژی در آینده نزدیک با مشکلاتی جدی مواجه خواهیم بود. چنانچه گفته شد، طراحی اقلیمی به صورت تجربی پتانسیل بسیار بالای خود را در برآورده ساختن نیازهای آسایشی ساکنان و کاهش مصرف سوخت های فسیلی در گذشته نشان داده است، به بیان دیگر انتخاب صحیح تناسبات یک ساختمان بر حسب اقلیم و نوع کاربری، و همچنین نحوه دریافت و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدید پذیر از طریق فرم معماری بنا می‌تواند

از نخستین گام‌ها در راستای کاهش مقدار مصرف سوخت‌های فسیلی باشد. لکن نظر به پیشرفت تکنولوژی و تغییر الگوی زندگی و تغییرات اقلیمی رخ داده همانند افزایش دما در سالهای اخیر، به نظر می‌رسد راهکارهای گذشتگان جهت کاهش مصرف انرژی، به تنهایی و برای مدت طولانی قادر به پاسخگویی به نیازهای امروز نخواهند بود. در حقیقت انسان امروز جهت حفظ منابع تجدید ناپذیر، نیازمند به کارگیری همزمان دانش معماری و تکنولوژی نوین می‌باشد؛ چرا که به منظور کاهش میزان مصرف انرژی در ساختمان به پاسخ های دقیق و کاربردی در این خصوص نیازمندیم. لذا پژوهش حاضر بر آنست تاثیر ویژگی های فیزیکی ساختمان بر میزان مصرف انرژی آن در شهر خرم‌آباد را به صورت علمی بررسی کرده و ضمن مقایسه ی میزان مصرف در حالات مختلف، راهکاری مبتنی بر علم جهت محاسبه مصرف در حین طراحی ساختمان ارائه نماید. بدین ترتیب در بخش های بعدی مقاله، ابتدا نمونه هایی از پژوهش های مشابه در زمینه کاهش مصرف انرژی ساختمان معرفی شده و نحوه ی انجام مراحل تحقیق به صورت اجمالی توضیح داده می‌شود، سپس ضمن ارائه جزئیات نحوه ی بررسی میزان مصرف انرژی ساختمان در حالات مختلف بیان شده و نتایج ثبت می‌گردند. نتایج نشان دهنده آنست که عواملی چون ابعاد پلان، مساحت بازشوها، میزان شفافیت جداره و جهت گیری ساختمان نسبت به جهات جغرافیایی به صورت مستقیم بر مقدار انرژی مصرفی ساختمان تاثیر گذار می‌باشند. هم چنین به صورت کلی، در اقلیم مورد بررسی ساختمان با تناسب مربع شکل کمترین میزان مصرف را خواهد داشت.

۲- پیشینه تحقیق

امروزه در دنیا به دلیل گران بودن انرژی های فسیلی، طراحی خانه های کم مصرف اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است و در این زمینه در کشورهای مختلف تحقیقات متفاوتی انجام شده است؛ در این زمینه اکثر پژوهش‌ها توجه خود را بر ویژگی های معماری ساختمان (تکنیک‌های ساخت) و نیز منابع جایگزین انرژی متمرکز نموده‌اند. می‌توان گفت تمامی تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، دستیابی به ساختمان های کم‌انرژی را در مرحله ی اول، به کمک اصلاح شیوه های ساخت و ساز مانند استفاده از پنجره های مناسب، عایق بندی صحیح و کافی، حذف پلهای حرارتی، هوابندی و جهت گیری صحیح ساختمان قابل دست یابی می‌دانند. همچنین استفاده از انرژی‌های

توجه خواهد بود. هم چنین با کاهش مساحت پنجره‌های جنوبی و افزایش سطح پنجره‌های شمالی، میتوان از گرمایش بیش از حد فضای داخلی در تابستان جلوگیری کرده، در فصل سرد انرژی بیشتری را جهت گرمایش تامین نموده و دمای فضاهای داخلی را بین ۲۳ الی ۲۶ درجه سانتیگراد حفظ نمود (Persson, Roos, Wall, 2006).

در تحقیق دیگری گراندادیرو، کوریا، لیل و دوارتاز یک ابزار جدید شبیه سازی مصرف انرژی جهت تعیین میزان مصرف ساختمان بهره برده و به کمک شبیه سازی مدل های ساختمانی، ویژگی های فیزیکی اثر گذار بر میزان مصرف انرژی را تحلیل نموده اند. اطلاعات ورودی نرم افزار شامل مساحت عناصر ساختمان (کفها، سقفها، دیوارها و پنجرهها) ضریب هدایت حرارتی مصالح ساختمانی (U-Values)، و ضریب دریافت انرژی خورشیدی پنجرهها بودند. نتایج این پژوهش بیان گر آن بود که مصالح، مساحت پنجرهها و فرم ساختمان مهم ترین عوامل موثر بر مصرف آن می باشند (Granadeiro, Correia, Leal, Duarte, 2013).

کازاناسماز و همکاران در پژوهشی در شهر از میر ترکیه، عملکرد حرارتی ساختمان را بر اساس فرم معماری آن تحلیل کرده و بیان داشته اند که در حدود نیمی (۵۰ درصد) از تفاوت های مصرف انرژی در دو ساختمان مشابه به لحاظ سیستم های تامین انرژی، به دلیل تفاوت در فرم معماری آنها می باشد. مطابق نتایج، عوامل مرتبط با فرم که مستقیماً بر مصرف انرژی تاثیر گذارند نسبت سطح به حجم و جهت گیری ساختمان بوده و پس از آن عایق کاری صحیح بیشترین تاثیر را بر جلوگیری از هدررفت انرژی خواهد داشت (Kazanasmaz, Uygun, Akkurt, Turhan, Ekmen, 2014).

در منابع فارسی حیدری در کتاب "برنامه ریزی انرژی در ایران با تکیه بر بخش ساختمان" به مسئله تولید و مصرف انرژی و لزوم برنامه ریزی برای آن با تاکید بر بخش ساختمان پرداخته است (حیدری، ۱۳۸۸). عرب زاده و کاظم زاده حنایی در مقاله "بررسی پارامترهای مؤثر در میزان مصرف انرژی در بخش مسکونی در ایران"، اثر پارامترهایی چون تنوع مصالح در دیوارهای خارجی، عایقکاری، دیوارهای خارجی، تنوع مصالح در سقف، عایق کاری سقف، انواع شیشه و اندازه پنجره ها در بار حرارتی و میزان مصرف انرژی ساختمان در ماه های سرد سال را در یک ساختمان حقیقی در شرایط بهینه سازی مصرف آب و هوایی شهر تهران بررسی کرده اند (عرب زاده و کاظم زاده حنایی، ۱۳۸۴). نصراللهی نیز در مقاله "ضوابط معماری و شهرسازی کاهش دهنده مصرف انرژی ساختمانها" به بررسی استراتژی های بهره وری انرژی در

پسیو (غیر فعال) و منابع انرژی تجدید پذیر می تواند در این زمینه مفید باشند.

از نظر آیزوور، بررسی تاثیر خصوصیات فیزیکی ساختمان در حقیقت یکی از راه های رسیدن به ساختمان های کم انرژی محسوب میشود (Isover, 2013). جابر و عجیب، ارزیابی بهترین جهت گیری ساختمان، اندازه پنجره، و ضخامت عایق کاری حرارتی برای یک ساختمان مسکونی در منطقه مدیترانه را بررسی کرده اند. نتایج دال بر این مطلب بودند که در حدود ۲۷،۵۹ درصد از مصرف انرژی سالانه را می توان با انتخاب بهترین جهت، اندازه بهینه پنجرهها، سایبان و ضخامت مطلوب عایق صرفه جویی نمود (Jaber, Ajib, 2011). یو و همکارانش از نرم افزار EQUEST برای تجزیه و تحلیل اثرات راهکارهای صرفه جویی در مصرف انرژی کولر در اتاق هایی با جهت های مختلف در چین استفاده نمودند. نتایج نشان می دهد که سایبان و عایق بندی دیوارهای خارجی، بهترین راهکار برای کاهش مصرف برق است که صرفه جویی ۱۱.۳۱ و ۵۵.۱۱ درصدی را به دنبال دارد. بهینه سازی راهکارهای مختلف می تواند مصرف سالانه برق را تا ۲۵،۹۲ درصد کاهش داده و مصرف برق برای سرمایه گذاری و گرمایش به ترتیب تا ۸.۲۱ و ۳۴،۷۷ درصد کاهش می یابد (Jinghua et. al, 2008) محمد الحمود میزان مصرف انرژی یک مدل ساختمان بهینه شده براساس پارامترهای طراحی معماری را به کمک نرم افزارهای شبیه سازی در طول ۲۴ ساعت شبانه روز بررسی کرده و نتیجه می گیرد که تصمیمات اولیه طراحی میتوانند نقش مهمی در تعیین عملکرد حرارتی ساختمان داشته باشند (Mohammad S.AL-Homod, 2005). در پژوهش دیگری نیلسن یک مدل ساختمانی واقعی را شبیه سازی نموده و عملکرد حرارتی آن را بررسی کرده است. نتایج نشان دهنده آن بودند که حداقل نیاز جهت تامین گرمایش و سرمایش، دمای فضای داخلی و میزان دریافت نور خورشید تاثیر بسیار زیادی بر یافتن راه حل های بهینه سازی خواهند داشت. همچنین نوع و سایز پنجرهها براساس نیاز فضاهای داخلی به نور طبیعی تعیین می شوند (Toke Rammer Nielsen, 2002).

پرسون، روز و وال تاثیر سایز پنجرهها بر میزان مصرف انرژی خانه های کم مصرف در شهر گوتنبرگ را به کمک نرم افزارهای شبیه سازی بررسی نموده اند. طبق نتایج بدست آمده، در صورت استفاده از پنجره های چند جداره و عایق بندی شده (کارآمد به لحاظ مصرف انرژی) سایر پنجرهها تاثیر چندانی بر نیاز گرمایشی ساختمان در فصل زمستان نخواهد داشت، اما اثر آن بر نیازهای سرمایشی در فصل تابستان قابل

می‌شود. بدین ترتیب که تمامی ۷ نمونه از صفر تا صد درصد پنجره را در تمامی جداره‌ها با فواصل ده درصدی تجربه کرده و میزان مصرف انرژی در هر کدام از آن‌ها در حالاتی همچون زمان اوج سرما و گرما، بازه آسایش و تهویه مطبوع بررسی و نتایج اولیه ثبت می‌شوند. نتایج بدست آمده (از طریق نرم افزار انرژی پلاس) نیز توسط نرم افزار اکسل به نمودارهایی قابل ارزیابی تبدیل و دسته بندی می‌شوند.

در گام دوم، با توجه به اهمیت روشنایی در فضای داخلی ساختمان، میزان روشنایی طبیعی در نمونه‌ها سنجیده و با استاندارد روشنایی فضاهای داخلی مطابقت داده شده است. سپس در مرحله سوم، به منظور بهینه‌یابی در نمونه‌های مذکور^۳، نتایج مراحل قبل به نمودارهای ریاضی^۴ و قابل ارزیابی تبدیل شده و شفافیت و روشنایی بهینه در هر نمونه و متعاقب آن میزان مصرف انرژی در بهینه‌ترین حالت در هر نمونه اندازه گیری می‌شود.

در گام آخر، تناسب و شفافیت بهینه از هر نمونه به عنوان مدل منتخب در نظر گرفته شده و مدل‌ها با فواصل ده درجه ای از سمت جنوب به میزان ۹۰ درجه به سمت شرق و غرب چرخانده شده‌اند. در این فواصل با گام‌های ۱۰ درجه ای میزان انرژی مصرفی در بار سرمایشی و گرمایشی و کل انرژی لازم جهت سیستم تهویه مطبوع محاسبه و به نمایش درآورده شده است پس از آن، با توجه به اهمیت تاثیر نحوه ی تابش خورشید بر جداره‌های ساختمان، مقدار مصرف بر حسب جهت گیری نسبت به جهات جغرافیایی نیز سنجیده شده و در نهایت اطلاعات حاصله با نتایج حاصل از مراحل قبل جمع و گزینش پیشنهادی معرفی می‌شود (۴).

۴- بحث اصلی

در گام نخست لازم است حجم کلی ساختمان پیش از طراحی جزئیات پیش بینی شود. لذا به منظور تامین جامعه‌ی آماری اولیه، ۷ نمونه تناسب یک خانه مسکونی در نظر گرفته شده که همگی دارای مساحت و حجم هوای یکسان بوده و تفاوت مدل‌ها در نسبت طول به عرض آنها می‌باشد. مدل‌های مذکور مورد تحلیل مصرف انرژی قرار گرفته و نتایج مقایسه می‌شوند. آنچه که در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ نحوه عملکرد حرارتی و روشنایی کل ساختمان به عنوان یک منطقه حرارتی واحد می‌باشد؛ مشخصات نمونه‌های انتخابی در جدول شماره ۱ قابل مشاهده است. در ادامه همانطور که گفته شد مدل‌های انتخابی با درصدهای مختلفی از مساحت بازو پنجره مورد

بخش ساختمان و مسکن در ایران پرداخته است. (نصراللهی، ۱۳۹۰) خیاطیان و رئیس سمیعی عواملی چون تناسب، جهت گیری و میزان شفافیت بهینه ساختمان را بر مصرف انرژی آن موثر دانسته و به کمک محاسبات نشان می‌دهند بررسی شرایط محیطی و انتخاب مشخصات صحیح در مراحل اولیه طراحی باعث کاهش چشمگیر در مصرف انرژی ساختمان می‌شود. (خیاطیان، فاضل و محمد مهدی رئیس سمیعی، ۱۳۹۲) هم چنین برزگر و حیدری، رابطه میان میزان دریافت تابش خورشیدی و مصرف انرژی ساختمان در بخش خانگی را بررسی کرده و نشان می‌دهند خانه‌های دارای جهت گیری اقلیمی دارای مصرف انرژی کمتری می‌باشند (برزگر، زهرا و شاهین حیدری، ۱۳۹۲).

۳- روش شناسی تحقیق

تحقیق حاضر از نوع کاربردی، به لحاظ روش تحقیق از نوع شبیه سازی و رویکرد حاکم بر آن - با توجه به ماهیت موضوع و شاخص‌های مورد بررسی - از نوع طراحی محور می‌باشد. به منظور سنجیدن تاثیر خصوصیات فیزیکی ساختمان بر میزان مصرف انرژی آن و با در نظر گرفتن این امر که سنجیدن تمامی تناسبات موجود جهت یافتن مناسب ترین ابعاد یک خانه ی کم مصرف ممکن نیست؛ هفت نمونه تناسب ساختمانی با هندسه پلان متفاوت و مساحت فرضی و یکسان "۱۵۰ متر مربع" در نظر گرفته شده (نمونه A تا G)؛ هندسه این تناسبات از مربع شروع شده و به سمت اشکالی با کشیدگی بیشتر (مستطیل) ادامه پیدا میکند (۲). با توجه به آنکه در یک منزل مسکونی، سیستم‌های تهویه مطبوع و روشنایی به ترتیب ۴۰ و ۱۱ درصد از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص می‌دهند، نمونه‌های مذکور از نظر نحوه عملکرد حرارتی و روشنایی کل ساختمان تحلیل می‌شوند. همچنین لازم به ذکر است که با توجه به تاثیر خصوصیات مصالح ساختمان در مصرف انرژی آن، مصالح جداره‌ها به صورت پیش فرض در نمونه‌های A تا G یکسان در نظر گرفته شده و در طول فرایند طراحی بدون تغییر می‌باشد، لذا متعاقباً ضریب هدایت حرارتی جداره‌ها و تاثیر آن بر مصرف انرژی در تمامی گزینه‌ها مشابه خواهد بود (۳).

با توجه به اهمیت تاثیر میزان شفافیت جداره‌های ساختمان در مقدار مصرف انرژی آن، در گام نخست مدل فیزیکی نمونه‌ها توسط نرم افزار اکوتکت^۱ شبیه‌سازی شده و میزان مصرف انرژی آنها با درصدهای مختلفی از مساحت پنجره جداره‌های خارجی ساختمان توسط نرم افزار انرژی پلاس^۲ و با توجه به شرایط اقلیمی شهر خرم اباد محاسبه

تحلیل قرار گرفته اند. موارد بررسی شده در این قسمت شامل میزان مصرف در اوج سرما و گرما، تعداد روزهای

جدول ۱: مشخصات نمونه های مورد بررسی (مآخذ: نگارنده)

نمونه	طول (m)	عرض (m)	ارتفاع (m)	مساحت کف (m ²)	مساحت دیوار (m ²)	حجم (m ³)	نسبت طول به عرض	نسبت $\frac{A^5}{V}$
A	۱۲/۲۵	۱۲/۲۵	۳	۱۵۰	۱۴۷	۴۵۰	۱	۰/۳
B	۱۳/۶۴	۱۱	۳	۱۵۰	۱۴۷,۸۴	۴۵۰	۱/۲۴	۰/۳۲
C	۱۵	۱۰	۳	۱۵۰	۱۵۰	۴۵۰	۱/۵	۰/۳۳
D	۱۶/۶۷	۹	۳	۱۵۰	۱۵۴,۰۲	۴۵۰	۱/۸۵	۰/۳۴
E	۱۸/۷۵	۸	۳	۱۵۰	۱۶۰,۰۵	۴۵۰	۲/۳۴	۰/۳۵
F	۲۱/۴۳	۷	۳	۱۵۰	۱۶۹,۵۸	۴۵۰	۳	۰/۳۷
G	۲۵	۶	۳	۱۵۰	۱۸۶	۴۵۰	۴/۱	۰/۴۱

۵- مصرف انرژی در زمان اوج سرما

در سایت و در دمای مذکور به کمک نرم افزار شبیه سازی شده و میزان مصرف انرژی آنها محاسبه می شود، نتیجه ی این تحلیل در شکل شماره ۱ مشخص است، چنانکه می بینیم در اوج سرما نمونه G بدترین عملکرد حرارتی (بیشترین میزان مصرف انرژی) و نمونه A بهترین عملکرد حرارتی را از خود نشان می دهد.

جهت بررسی میزان مصرف انرژی در زمان اوج سرما که برابر با ۲۹ دسامبر (۸ دی) می باشد؛ تمامی نمونه ها توسط نرم افزار^۷ تحلیل می شوند. بر اساس اطلاعات هواشناسی شهر خرم آباد، در این روز میانگین دمای هوا ۲/۴ درجه سانتی گراد تخمین زده شده است. لذا مدل فیزیکی نمونه ها

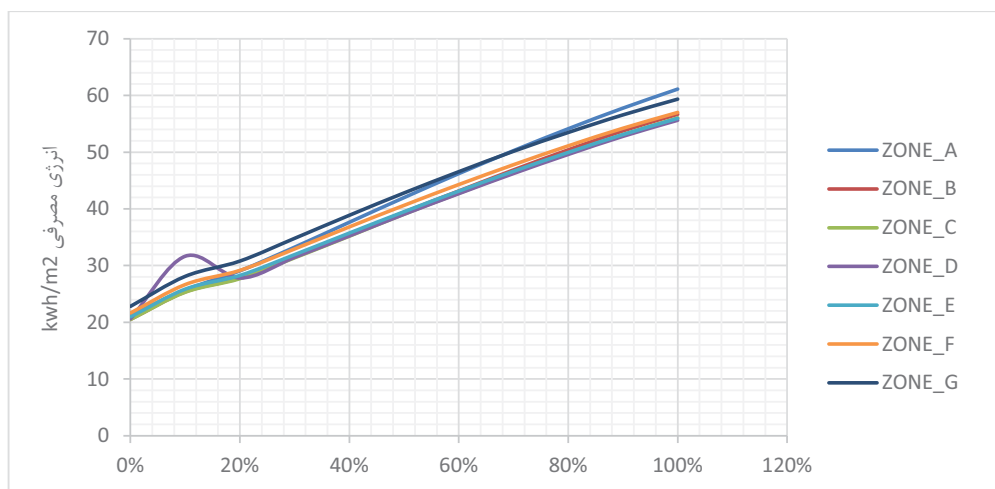


شکل ۱. عملکرد حرارتی نمونه ها در زمان اوج سرما (میانگین دما ۲/۴ درجه) (مآخذ: نگارنده)

۶- مصرف انرژی در زمان اوج گرما

سانتی گراد می باشد. تحلیل های مشابه نشان دهنده ی آنست که نمونه G بدترین عملکرد (بیشترین مصرف انرژی) و نمونه C بهترین عملکرد را داشته و کمترین انرژی را جهت تامین سرمایش مصرف کرده است.

همانگونه که عملکرد نمونه ها در سردترین روز سال بررسی شد، عملکرد سرمایشی آنها در گرمترین روز سال نیز تحلیل می شود. دمای هوا در اقلیم مورد نظر در این روز یعنی ۲۱ جولای (۳۰ تیر) میانگین دمای هوا ۳۱/۴ درجه



شکل ۲. عملکرد حرارتی نمونه‌ها در زمان اوج گرما (میانگین دمای ۳۱/۴ درجه) (مآخذ: نگارنده)

حال سوال پیش آمده آنست که دلیل بی نظمی و عدم تبعیت نمونه D در بازه ی شفافیت جداره ۱۰ درصد در نمودار ۱ و ۲ چیست؟

چنانچه در شکل شماره ۱ دیده می‌شود، در زمان اوج سرما با توجه به مساحت کم باز شو نسبت به جداره کدر ساختمان، تابش ضعیف نور خورشید و اختلاف زیاد دمای هوا بین شب و روز در اقلیم مورد نظر؛ میزان انرژی بدست آمده از طریق بازشوها در طول روز کمتر از انرژی از دست رفته در ساعات شب بوده و ساختمان برای تامین گرمایش نیازمند صرف انرژی بیشتری خواهد بود. در حقیقت میتوان گفت در بازه ی مذکور، مساحت بازشوها نه آنقدر زیاد بوده که انرژی گرمایی مورد نیاز را تامین نماید و نه آنقدر کم بوده که مانع از اتلاف انرژی در ساعات شب گردد. با افزایش مساحت باز شو از ۱۰ تا ۲۰ درصد، دریافت انرژی نیز بیشتر شده و به تدریج با جبران انرژی از دست رفته ، نمودار روندی مشابه دیگر نمونه‌ها پیدا کرده است.

از سوی دیگر در گرمترین روز سال (شکل شماره ۲) بازه شفافیت ۱۰ درصد، تابش شدید خورشید و اختلاف کم بین دمای هوای شب و روز، دمای هوای فضای داخل را افزایش داده و انرژی زیادی برای کاهش آن مورد نیاز خواهد بود. باید توجه داشت هر چه اختلاف درجه حرارت محیط داخل و خارج ساختمان بیشتر باشد به همان میزان به مقدار انرژی مبادله شده میان دو محیط افزوده شده و انرژی بیشتری برای تثبیت دما نیاز خواهد بود (رازجویان، ۱۳۸۸). این در حالی است که در دیگر نمونه ها، تناسبات ساختمان و مساحت بازشوها از صفر تا صد به گونه ای است که نسبت دریافت و اتلاف انرژی متناسب بوده و روند مصرف انرژی نمونه‌ها مشابه است. در توضیحی دقیق تر

همانطور که بیان شد؛ پس از انتخاب ۷ نمونه تناسب ساختمانی در مرحله نخست؛ میزان مصرف انرژی نمونه‌ها در زمان اوج گرما و سرما و در بازه ی شفافیت صفر تا صد جداره‌ها محاسبه و به صورت نمودار ترسیم شده است.

چنانچه در شکل ۱ مشخص است، در زمان "اوج سرما" به طور کلی با افزایش میزان شفافیت جداره از صفر (۰) تا حدود چهل (۴۰) درصد، میزان کلی مصرف انرژی در تمامی نمونه‌ها "به غیر از نمونه D" کاهش یافته و پس از آن با افزایش شفافیت جداره نسبت به سطح کدر؛ مقدار مصرف نیز افزایش یافته است. در تحلیل روند نمودار مذکور باید گفت ضمن افزایش مساحت پنجره در جداره های ساختمان و دریافت انرژی خورشید در طول روز، مقداری از انرژی گرمایشی آن تامین شده و کل انرژی مصرفی مورد نیاز کاهش پیدا میکند.

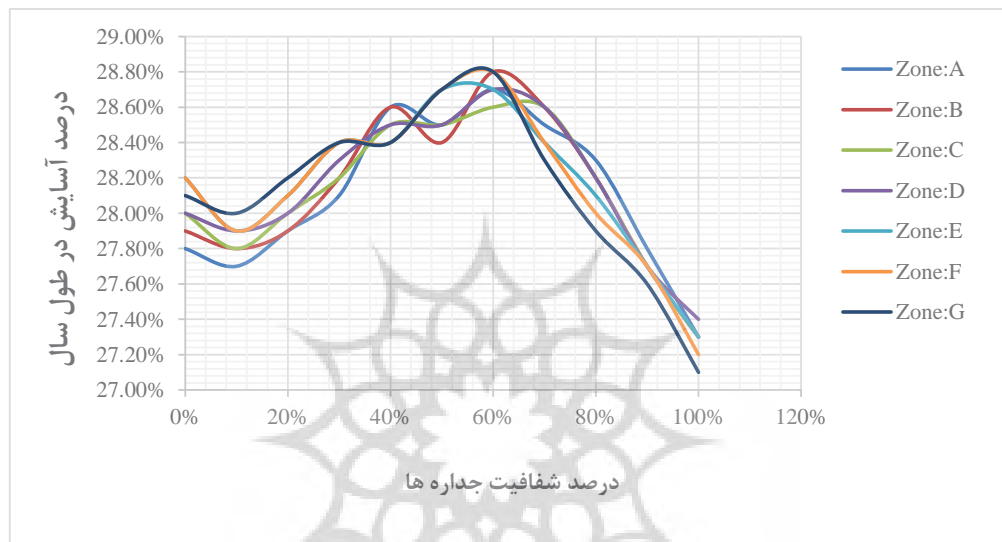
از سوی دیگر افزایش بیش از حد مساحت بازشوها در عین حال اتلاف انرژی را در برداشته و در نهایت میزان مصرف را افزایش خواهد داد. زیرا سطح شفاف ساختمان زیاد شده و در ساعات شب انرژی زیادی از این طریق از دست خواهد رفت. چنانکه دیده می‌شود در تمامی نمونه‌ها با افزایش بازشوها از مقداری معین، میزان مصرف انرژی به صورت قابل ملاحظه ای زیاد شده است.

شکل شماره ۲ نیز نشان دهنده روند مصرف انرژی نمونه‌ها در زمان "اوج گرما" می‌باشد، که مصرف انرژی نمونه‌ها همزمان با افزایش شفافیت جداره، روندی رو به رشد را نشان می‌دهد. دلیل این امر آنست که در هوای گرم با افزایش تدریجی سطح باز شو میزان دریافت انرژی نیز بیشتر شده و برای کاهش دمای هوای داخل ساختمان باید انرژی بیشتری مصرف نمود.

۷- بازه ی آسایش

پس از بررسی میزان مصرف انرژی در زمان اوج گرما و سرما، نحوه عملکرد حرارتی نمونه‌ها در بازه ی آسایش بررسی می‌شود. بازه ی آسایش حرارتی در اقلیم خرم آباد در محدوده دمای بین ۱۸ تا ۲۷ درجه سانتی گراد قرار دارد^۱. لذا با توجه به آن، تعداد ساعاتی از یک سال که هر یک نمونه‌ها در این محدوده قرار دارند استخراج شده است. مطابق تحلیل‌ها نمونه E بهترین عملکرد را از نظر قرارگیری در شرایط آسایش به خود اختصاص داده است (شکل شماره ۳).

می‌توان گفت نسبت کمتر بازشوها در نمونه های A و B و C نسبت به نمونه D، اتلاف انرژی کمتری را در روز های سرد موجب شده و در روزهای گرم انرژی دریافتی آنها متناسب با حجم فضای داخلی ساختمان می‌باشد. نمونه‌های E و F و G نیز به دلیل بیشتر بودن سطح بازشو و با توجه به کشیدگی غربی - شرقی دریافت انرژی بیشتری را "بالاخص در جبهه ی جنوبی" در روزهای سرد تجربه کرده و انرژی خورشیدی مورد نیاز را دریافت میکنند.



شکل ۳. میزان ساعات قرارگیری نمونه‌ها در شرایط آسایش در یک سال (مآخذ: نگارنده)

طور کلی نمونه های کشیده تر عملکرد بهتری داشته و هر چه از کشیدگی نمونه‌ها کاسته می‌شود، درصد آسایش شدت کمتری می‌یابد، تا جایی که نمونه A که کاملاً مربع شکل است تغییر محسوسی را بین ۱۰ تا ۶۰ درصد شفافیت تجربه نمی‌کند. در شرایط عدم آسایش ساعات گرم عملکرد متفاوتی از نمونه‌ها را در تمامی حالات شفافیت شاهد هستیم. نتایج تحلیل در این بازه نشان دهنده آن است که بجز موارد خاص - شفافیت بالای ۸۰ درصد - با افزایش شفافیت جداره، آسایش حرارتی نیز افزایش می‌یابد.

۹- تهویه مطبوع

همانگونه که عنوان شد، بیشترین مصرف انرژی خانه‌ها از طریق سیستم های تهویه مطبوع صورت می‌پذیرد، بنابراین مقایسه بار حرارتی و سرمایشی در نمونه‌ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این راستا نمونه های بررسی شده این بار شرایط آسایش محیطی را بصورت ۲۴ ساعته و در طول ۳۶۵ روز سال تجربه می‌کنند. در این حالت، دمای هوای داخل نمونه‌ها هیچگاه از بازه آسایش (۲۷-۱۸) خارج نمی‌شود.

۸- عدم آسایش

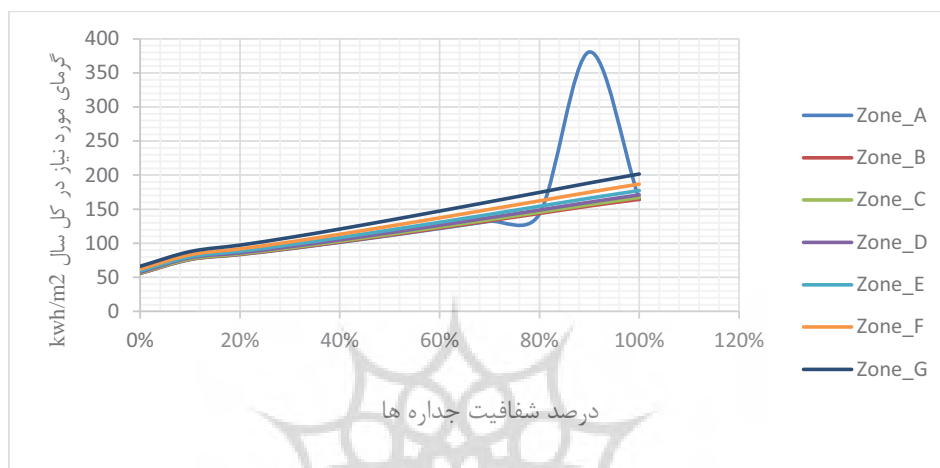
پس از بررسی شرایط آسایش، مابقی ساعاتی که نمونه‌ها در محدوده آسایش حرارتی قرار نمی‌گیرند نیز به دو بخش بیش از حد سرد و بیش از حد گرم تقسیم و بررسی شده است. بدین معنی که ساعاتی که در بخش گرم قرار گرفته دمایی بالاتر از ۲۷ درجه سانتی گراد و ساعاتی که در بخش سرد قرار می‌گیرد دمایی زیر ۱۸ درجه سانتی گراد داشته‌اند. لذا می‌توان به عملکرد حرارتی هر کدام از نمونه‌ها در فصل گرما یا سرما پی برد. پرواضح است که این عملکرد به شدت متاثر از میزان پنجره موجود در جداره نمونه‌ها می‌باشد. هم چنین لازم به ذکر است که در محاسبات انجام شده در این بخش، سیستم تهویه مطبوع پیش بینی نشده و تهویه تنها به صورت طبیعی در نظر گرفته شده است. نتایج نشان دهنده آنست که در شرایط عدم آسایش در ساعات سرد، نمونه‌ها عملکرد بسیار مشابهی را از خود نشان می‌دهند. به این صورت که اکثر نمونه‌ها طی افزایش درصد شفافیت جداره از صفر تا ۱۰۰ درصد، افزایش آسایش را تجربه کرده‌اند؛ به

نمودارها پیداست نمونه‌ها در شفافیت زیر ۲۰ درصد تفاوت چندانی را در مصرف انرژی نشان نمی‌دهند، اما با افزایش درصد شفافیت جداره‌ها، اختلاف انرژی مصرفی بیشتر می‌شود. به صورت کلی نمونه‌ها با کشیدگی کمتر مصرف انرژی کمتری را طلب می‌کنند {نمونه‌های A و B و C تقریباً مصرف یکسانی را نشان می‌دهند} و نمونه G بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است.

هزینه لازم جهت این تثبیت دما استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع است که مصرف انرژی بسیاری را طلب میکند. لذا انرژی مصرفی سیستم تهویه مطبوع در دو بخش گرمایش و سرمایش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱۰- تهویه مطبوع - گرمایش

شکل ۴ نمایشگر میزان انرژی مصرفی سیستم تهویه مطبوع جهت تامین گرمایش می‌باشد. همانگونه که از

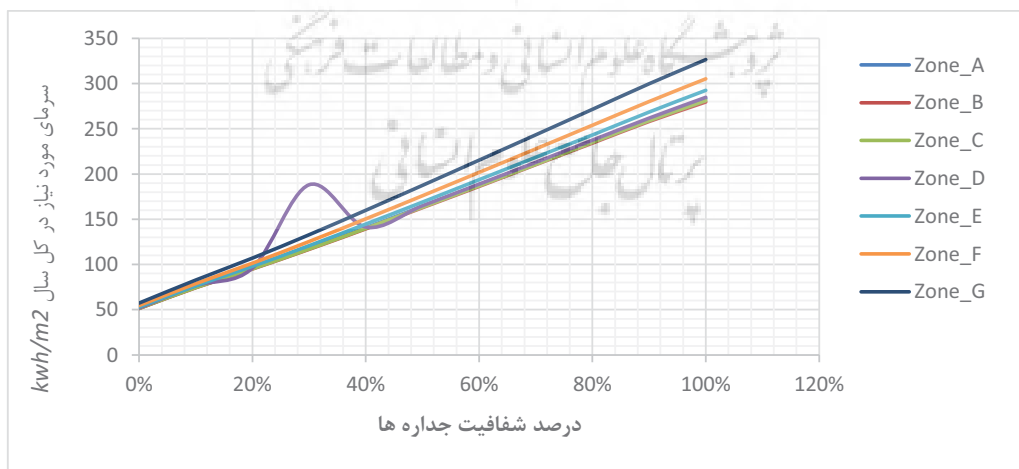


شکل ۴. میزان انرژی مصرفی سیستم تهویه مطبوع جهت تامین گرمایش در نمونه‌ها (مآخذ: نگارنده)

دارای اختلاف غیر قابل صرف نظر می‌باشند. می‌توان چنین تحلیل نمود که میزان شفافیت در جداره‌ها بیشترین تاثیر خود را بر روی بار حرارتی می‌گذارد. با این وجود در اقلیم خرمآباد؛ بار سرمایشی از اهمیت بیشتری برخوردار است.

۱۱- تهویه مطبوع - سرمایش

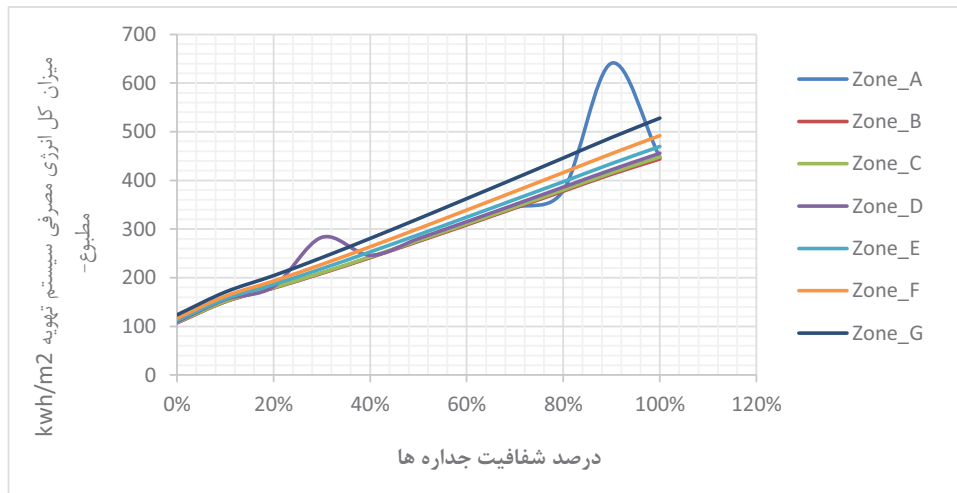
در بررسی بار سرمایشی نمونه‌ها (شکل ۵) نیز نتایج مشابهی حاصل شده است. نمونه‌های A، B، C و D تقریباً مصرف یکسانی را نمایش داده و تنها دو نمونه‌ی بسیار کشیده



شکل ۵. میزان انرژی مصرفی سیستم تهویه مطبوع جهت سرمایش در نمونه‌ها در طول یکسال (مآخذ: نگارنده)

که نمونه‌های دارای کشیدگی بیشتر، مصرف انرژی بیشتری داشته و عملکرد نمونه‌ها با تناسب نزدیک به مربع مناسب‌تر است.

از تجمیع اطلاعات بدست آمده در زمینه تهویه مطبوع قبلی میزان کل انرژی مصرفی این سیستم بدست می‌آید که در شکل شماره ۶ قابل مشاهده است. نتایج حاکی از آنست



شکل ۶. میزان کل انرژی مصرفی سیستم تهویه مطبوع در طول یکسال (مآخذ: نگارنده)

کمتری در فصل زمستان دریافت می‌نماید و در بازه شفافیت ۸۰ الی ۱۰۰ درصد جداره ها، "همانند وضعیت گزینه D در نمودار ۲ و ۱"، تبادل انرژی در نمونه A به حالت بحرانی رسیده و میزان زیاد اتلاف انرژی از طریق بازشوها؛ مصرف انرژی زیادی را جهت حفظ دمای آسایش در ساختمان طلب میکنند. لذا در نمودار افزایشی ناگهانی در مصرف انرژی مشاهده می‌شود. این مسئله با افزایش مساحت پنجره‌ها و رسیدن به حجمی کاملا شفاف برطرف شده و مصرف انرژی به مقدار پیش بینی شده برمیگردد. همانطور که مشاهده می‌شود نمونه A در بررسی میزان کل انرژی مصرفی تهویه مطبوع و در بازه شفافیت ۸۰ الی ۱۰۰، رفتاری مشابهی را نشان میدهد. نتایج کلی تحلیل‌های انجام شده تا بدین جا را می‌توان در جدول شماره ۲ مشاهده نمود:

چنانچه در شکل شماره ۴ و ۵ دیده می‌شود، نمودارها نشان‌دهنده بی‌نظمی در نمونه D در بازه ۲۰ تا ۴۰ درصد و نمونه A در بازه ۸۰ الی ۱۰۰ درصد شفافیت جداره می‌باشند؛ دلیل این امر در خصوص نمونه D قبلا و در بخش محاسبات اوج گرما آورده شده است و در بخش تهویه مطبوع اتفاق مشابهی دیده می‌شود، اما در خصوص نمونه A؛ میزان انرژی مورد نیاز سیستم تهویه مطبوع جهت تامین گرمایش مورد نیاز این نمونه در طول یکسال، با افزایش مقدار باز شو تدریجا افزایش یافته و در بازه ۸۰ الی ۱۰۰ درصد جهشی ناگهانی را نشان میدهد. جهت توضیح این افزایش ناگهانی باید به این مسئله توجه داشت که نمونه A نسبت به دیگر نمونه‌ها دارای سطوح جداره بیشتری در ضلع غرب و شرق و سطوح جداره کمتر در ضلع جنوب می‌باشد. لذا انرژی گرمایی بیشتری را در فصل تابستان و انرژی

جدول ۲: مقایسه کلی عملکرد نمونه‌ها در تحلیل‌های انجام شده. مآخذ: نگارنده

میزان مصرف انرژی	اوج گرما	اوج سرما	بازه آسایش	عدم آسایش	عدم تهویه مطبوع	تهویه مطبوع	عملکرد نمونه‌ها
۲۱ جولای، ۳۱/۴ درجه	۲۹ دسامبر، ۲/۴ درجه	۱۸ الی ۲۷ درجه	آسایش (گرم)	آسایش (سرد)	تهویه مطبوع (گرمایش)	تهویه مطبوع (سرمايش)	
C	A	E	A	A	A, B, C	A, B, C, D	بهترین عملکرد
G	G	-	G	G	G	G	بدترین عملکرد

۱۲- روشنایی طبیعی

مصرفی یک خانه مسکونی را به خود اختصاص می‌دهد. علاوه بر این موسسات معتبر سنجش مصرف انرژی ساختمان مانند لید یا بری ام (LEED - Bream) حداقل‌هایی را برای میزان روشنایی نور طبیعی در فضاها در نظر گرفته‌اند. بنابراین میزان نور طبیعی نیز در نمونه‌ها در بازه شفافیت جداره صفر (۰) الی صد (۱۰۰) بررسی شده و

با توجه به مطالعات پیشین پیرامون انرژی مصرفی و شرایط آسایش چنین به نظر می‌رسد که ابعاد نمونه A (پلان مربع شکل) بهترین گزینه برای دستیابی به حداقل مصرف انرژی در خانه مسکونی است. با این وجود همانطور که پیش تر گفته شد، روشنایی ۱۱ درصد از کل انرژی

حالاتی که دارای ارزش نور طبیعی کمتر از ۵۰۰ لوکس بوده و عملاً نمی‌توانند به عنوان کاندیدای کم مصرف‌ترین نمونه در نظر گرفته شوند حذف می‌گردند.^{۱۰} (www.breeam.com).

جدول ۳: حداقل ارزش نور طبیعی در نمونه‌ها (بر حسب lux) (مأخذ: نگارنده)

شفافیت جداره	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
A	0	331	620	881	1137	1395	1641	1887	2132	2375	2485
B	0	330	622	888	1143	1403	1652	1897	2139	2380	2520
C	0	335	630	897	1157	1408	1669	1917	2170	2415	2534
D	0	371	643	917	1181	1443	1706	1955	2205	2464	2586
E	0	352	664	945	1218	1492	1764	2022	2286	2541	2626
F	0	369	696	989	1271	1558	1845	2110	2387	2655	2728
G	0	390	742	1058	1353	1660	1964	2247	2546	2825	2893

۱۳- بهینه یابی

آمده از محاسبات کل انرژی مصرفی سیستم تهویه

مطبوع و ارزش روشنایی روز در جداول شماره ۴ و ۵ قابل مشاهده می‌باشند. (در این جداول نمونه‌ها به ترتیب با پسوند ۱ و ۲ جهت عدم ایجاد اشتباه نامگذاری شده‌اند). مطابق نتایج جدول شماره ۴، کمترین میزان مصرف انرژی زمانی اتفاق می‌افتد که میزان بازشو در کمترین حد خود (صفر) قرار داشته باشد.

با توجه به اینکه نمونه‌های انتخاب شده بخش کوچکی از بازه تناسبات ساختمانی را در بر می‌گیرند، برای یافتن ابعاد بهینه لازم است این تناسبات به صورت یک الگو درآمد و به شکل یک نمودار پیوسته قابل ارزیابی باشد. بدین صورت که داده‌های موجود مسئله به توابع ریاضی تبدیل شده و بهینه‌یابی انجام می‌شود. نمونه توابع به دست

جدول ۴: توابع تطبیقی عملکرد نمونه‌ها (متوسط مصرف انرژی سیستم تهویه مطبوع) (مأخذ: نگارنده)

نمونه	تابع متوسط مصرف انرژی سیستم تهویه مطبوع	min	کمترین مصرف انرژی kwh/m2	درصد بازشو	رتبه‌بندی	مقدار مصرف kwh/m2
A	$y = 0.1138x^2 + 0.3132x + 0.5251$	$X = -1/37$	$Y = 0/5251$	0	3	55.12
B	$y = 0.1146x^2 + 0.2799x + 0.5199$	$X = -1/22$	$Y = 0/5199$	0	1	54.57
C	$y = 0.1235x^2 + 0.2674x + 0.5204$	$X = -1/08$	$Y = 0/5204$	0	2	54.63
D	$y = 0.2105x^2 + 0.1378x + 0.5677$	$X = -0/32$	$Y = 0/5677$	0	6	59.59
E	$y = 0.1369x^2 + 0.2589x + 0.5325$	$X = -0/94$	$Y = 0/5325$	0	4	55.90
F	$y = 0.1429x^2 + 0.2666x + 0.5473$	$X = -0/93$	$Y = 0/5473$	0	5	57.45
G	$y = 0.1475x^2 + 0.2885x + 0.5724$	$X = -0/93$	$Y = 0/5724$	0	7	60.08

جدول ۵: توابع تطبیقی عملکرد نمونه‌ها (متوسط ارزش روشنایی طبیعی) (مأخذ: نگارنده)

نمونه	متوسط ارزش روشنایی طبیعی	min	کمترین مصرف انرژی kwh/m2	درصد بازشو	رتبه‌بندی	مقدار مصرف kwh/m2
A2	$y = -0.1876x^2 + 1.0558x + 0.0056$	$X = 2/81$	$Y = 1/49$	34.5	4	6.443
B2	$y = -0.1707x^2 + 1.0435x + 0.0093$	$X = 3/00$	$Y = 1/60$	37.2	1	6.925
C2	$y = -0.1776x^2 + 1.0606x + 0.0079$	$X = 2/98$	$Y = 1/59$	36.5	2	6.881
D2	$y = -0.1832x^2 + 1.0826x + 0.0087$	$X = 2/95$	$Y = 1/60$	36	3	6.925
E2	$y = -0.2434x^2 + 1.1735x - 0.0026$	$X = 2/41$	$Y = 1/41$	29.9	5	6.102
F2	$y = -0.2684x^2 + 1.2385x - 0.0048$	$X = 2/30$	$Y = 1/42$	28.7	6	6.146
G2	$y = -0.2969x^2 + 1.3285x - 0.0064$	$X = 2/23$	$Y = 1/47$	28	7	6.362

جدید میزان شفافیت بهینه برای هر کدام از سری نمونه‌ها تعیین شده و میزان مصرف انرژی بر اساس آن محاسبه می‌شود (جدول شماره ۶).

قبل از جمع جبری دو تابع؛ با توجه به تفاوت ما بین ارزش روشنایی و تهویه مطبوع، نمودارهای روشنایی نرمالیزه شده و سپس از توابع تهویه مطبوع تفریق می‌شوند. در توابع

جدول ۶: شفافیت بهینه نمونه‌ها و میزان مصرف آنها بر حسب مقدار بازشو بهینه (پس از اعمال حداقل روشنایی طبیعی) (مأخذ: نگارنده)

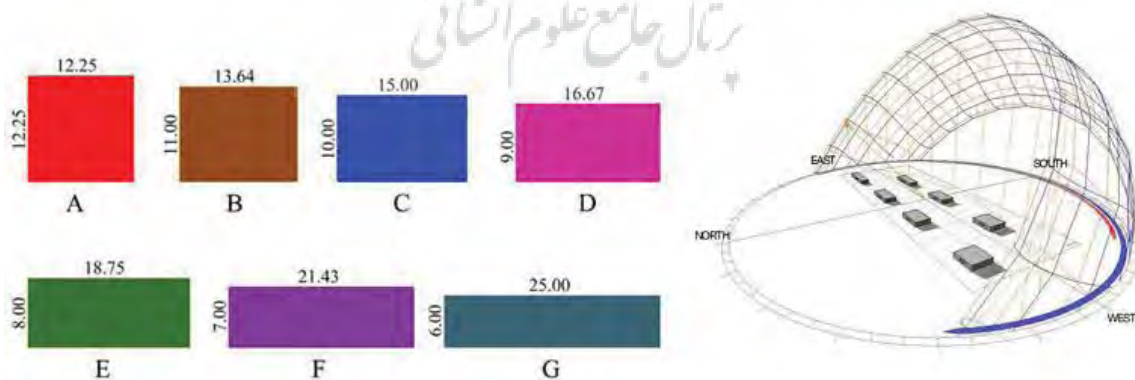
رتبه*بندی	مقدار مصرف انرژی در حالت بازشو بهینه kwh/m2	درصد* بازشو بهینه در روشنایی	مقدار مصرف در میزان شفافیت صفر kwh/m2	توابع	نمونه
1	50.51	۳۴/۵	55.39	A1 - A2	A
2	53.56	۳۷/۲	54.79	B1 - B2	B
3	54.80	۳۶/۵	54.63	C1 - C2	C
6	57.09	۳۶	59.59	D1 - D2	D
4	55.67	۲۹/۹	55.90	E1 - E2	E
5	56.63	۲۸/۷	57.45	F1 - F2	F
7	61.68	۲۸	60.08	G1 - G2	G

به جهات جغرافیایی نیز در میزان مصرف انرژی تاثیرگذار است. نحوه شبیه سازی شکل هندسی نمونه‌ها در نرم افزار و جهت گیری آن‌ها نسبت به جهات جغرافیایی نیز در شکل شماره ۷ دیده می‌شود. لذا در این بخش تناسب و شفافیت بهینه از هر نمونه (نتایج بدست آمده در جدول شماره ۶) به عنوان مدل منتخب در نظر گرفته شده و **مدل‌ها با فواصل ده درجه ای از سمت جنوب به میزان ۹۰ درجه به سمت شرق و غرب چرخانده شده اند.** در این فواصل با گام‌های ۱۰ درجه ای میزان انرژی مصرفی در بار سرمایشی و گرمایشی و کل انرژی لازم جهت سیستم تهویه مطبوع محاسبه و به نمایش درآورده شده است (شکل ۸).

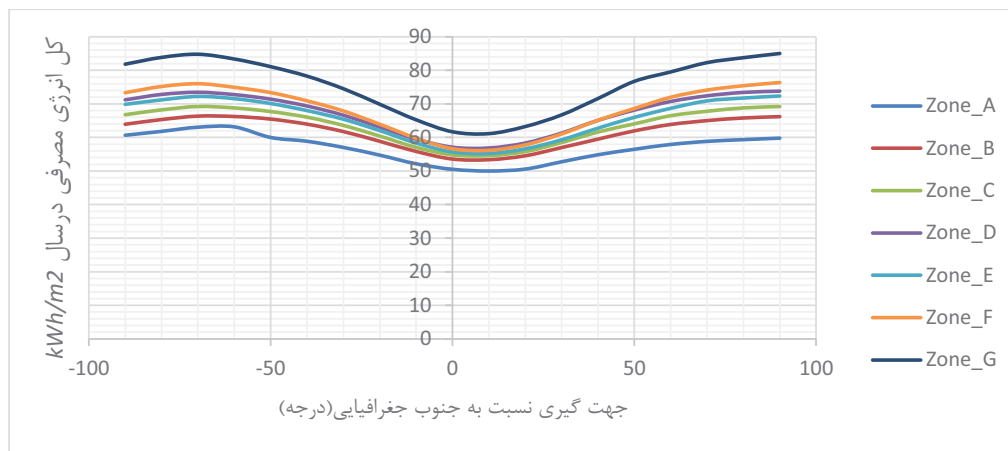
با توجه به جدول شماره ۶؛ نمونه مربع شکل A (نسبت طول به عرض ۱) در حالت بازشو بهینه؛ بهترین عملکرد را به لحاظ میزان مصرف انرژی داشته و با تغییر شکل هندسه پلان از مربع به مستطیل (افزایش نسبت طول به عرض ساختمان) میزان مصرف به صورت کلی افزایش می‌یابد. چنانکه با تغییر هندسه پلان از نمونه A (نسبت طول به عرض ۱) تا نمونه G (نسبت طول به عرض ۴,۱) مصرف انرژی ساختمان بیش از ۱۰ (ده) کیلو وات ساعت بر متر مربع افزایش یافته است.

۱۴- جهت گیری

علاوه بر موارد مطرح شده، جهت گیری ساختمان نسبت



شکل ۷. مشخصات هندسی نمونه‌ها و جهت گیری نسبت به جهات جغرافیایی (مأخذ: نگارنده)



شکل ۸. عملکرد انرژی نمونه های بهینه با توجه به جهت گیری در طول یک سال (مآخذ: نگارنده)

مصرف انرژی پس از اعمال جهت گیری بهینه ی ساختمان (هر چند به میزان کم) کاهش پیدا کرده است. چنانکه نمونه مربع شکل A با میزان شفافیت ۳۴,۵ درصدی جداره و جهت گیری ۸ درجه به سمت شرق از جنوب جغرافیایی دارای کمترین میزان مصرف انرژی بوده و گزینه های مطلوب بعدی به ترتیب نمونه B با میزان شفافیت ۳۷,۲ درصد و نمونه C با شفافیت ۳۶,۵ درصد با جهت گیری های ۸ درجه و ۸,۱ درجه به سمت شرق از جنوب خواهند بود.

با توجه به شکل شماره ۸ تمامی نمونه ها جهت گیری بهینه خود را بین ۰ تا ۱۰ درجه از جنوب جغرافیایی به سمت شرق تجربه کرده و در نهایت نمونه های A، B، C و E به ترتیب بهترین و نمونه های D، F و G بدترین عملکرد را (به لحاظ مصرف انرژی) به خود اختصاص داده اند. در جدول شماره ۷ مقایسه ای ما بین میزان مصرف انرژی نمونه ها قبل و پس از اعمال جهت گیری بهینه انجام و رتبه بندی نمونه ها به لحاظ عملکرد حرارتی نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود میزان

جدول ۷: جهت گیری بهینه نمونه ها (مآخذ: نگارنده)

نمونه	مقدار مصرف انرژی قبل از اعمال جهت گیری kWh/m ²	جهت گیری بهینه (درجه)	مقدار مصرف انرژی بعد از جهت گیری بهینه kWh/m ²	رتبه بندی نهایی
A	۵۰/۵۱	۸	۴۹,۹۰	۱
B	۵۳/۵۶	۸	۵۳,۰۹	۲
C	۵۴/۸۰	۸/۱	۵۴,۴۰	۳
D	۵۷/۰۹	۸/۶	۵۶,۶۴	۶
E	۵۵/۶۷	۸	۵۵,۰۳	۴
F	۵۶/۶۳	۸	۵۶,۰۱	۵
G	۶۱/۶۸	۸	۶۱,۱۲	۷

نموده است؛ به صورتی که کمترین مصرف را نمونه A " با مصرف ۵۰/۵۱ کیلووات ساعت بر متر مربع و مصرف کلی ۷۵۷۶,۵ kwh در سال " و بیشترین مقدار را نمونه G " با مصرف ۶۱/۶۸ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال و مصرف کلی ۹۲۵۲ kwh در سال " به خود اختصاص داده اند. در مرحله ی بعد با اعمال جهت گیری بهینه در هر نمونه مقادیر فوق باز هم تغییر می نماید؛ برای مثال میزان مصرف

چنانچه نتایج حاصله نشان میدهد؛ در مرحله اول و پیش از لحاظ نمودن تاثیر موارد بررسی شده؛ نمونه B با مصرف ۵۴,۵۷ کیلووات ساعت بر متر مربع و مصرف کلی ۸۱۸۵,۵ kwh در سال کمترین؛ و نمونه G با مصرف ۶۰,۰۸ کیلووات ساعت بر متر مربع و مصرف کلی ۹۰۱۲ kwh در سال بیشترین میزان مصرف را دارا بوده اند. عملکرد نمونه ها پس از آن و با اعمال ابعاد بهینه ی بازشوها تغییر

اندیشه انسانی نیازی نخواهند داشت. مروری بر نتایج بدست آمده در مراحل گوناگون این پژوهش و مقایسه تطبیقی آنها بیانگر آنست که ضمن انجام فرآیند طراحی یک ساختمان، به کمک شبیه سازی و انجام محاسبات توسط نرم افزار، میتوان خصوصیات فیزیکی آن را به معیارهایی قابل اندازه گیری تبدیل و مقدار انرژی مصرفی را هر مرحله بررسی نمود. بدین ترتیب ضمن پیش بینی و بررسی فاکتورهای اثر گذار بر مصرف انرژی، میزان مصرف نهایی کنترل شده و امکان انتخاب گزینه بهینه را از میان آلترناتیوهای ممکن وجود خواهد داشت.

در این پژوهش نگارنده با هدف دست یابی به خصوصیات فیزیکی بهینه ساختمان به لحاظ میزان انرژی مصرفی، عملکرد حرارتی ۷ نمونه تناسب ساختمانی در شهر خرم آباد را به کمک دو نرم افزار آنالیز انرژی ساختمان (اکوتکت آنالایسس و انرژی پلاس) شبیه سازی و اطلاعات بدست آمده را از طریق روش های محاسباتی بررسی نموده است. نتایج نهایی تحلیل‌ها نشان دهنده آنست که گزینه مربع شکل (تناسب ۱ به ۱) کمترین میزان مصرف را داشته و با افزایش کشیدگی تناسبات ساختمان، میزان مصرف تقریباً در تمامی موارد افزایش یافته است. این مسئله نشان دهنده اهمیت تاثیر هندسه پلان ساختمان بر مقدار انرژی مصرفی بوده لذا تعیین هندسه‌ی مناسب اولین قدم در راستای طراحی یک ساختمان کم مصرف است. هم چنین محاسبات انجام شده نشان دهنده تاثیر مستقیم تمامی موارد بررسی شده - شامل: ابعاد پلان (نسبت طول به عرض)، مساحت بازشوها، میزان شفافیت جداره‌های آن نسبت به سطح کدر و جهت گیری ساختمان نسبت به جهات جغرافیایی - بر مقدار انرژی مورد نیاز ساختمان می‌باشد. لذا به منظور دستیابی به نتیجه‌ی مناسب، لازم است تمامی موارد در کنار یکدیگر و همزمان تحت بررسی قرار گیرند.

از سوی دیگر، در مواردی که تناسبات ساختمان از پیش تعیین شده و امکان تغییر آن وجود ندارد، می‌توان با توجه به اطلاعات اقلیمی مورد نظر به کمک نرم افزارهای، حالت بهینه جهت گیری ساختمان نسبت به جهات جغرافیایی، میزان شفافیت بهینه جداره‌ها بر اساس مقدار نیاز به دریافت تابش خورشید، نسبت سطح شفاف به سطح کدر ساختمان، میزان دریافت و اتلاف انرژی از طریق بازشوها، نحوه سایه‌اندازی ساختمان‌های اطراف بر بنا و مدت زمان قرارگیری جبهه‌های مختلف ساختمان در سایه در فصول مختلف سال را محاسبه کرده و اتلاف انرژی را تا حد ممکن کاهش داد.

نمونه A پس از جهت گیری مناسب به $49,90 \text{ kwh/m}^2$ در هر متر مربع و 7485 kwh در طول یک سال رسیده است. لذا با سنجش دقیق و تعیین مشخصات فیزیکی ساختمان، میزان مصرف سالیانه در نمونه ی فرضی A به میزان $91,5 \text{ kwh}$ کاهش یافته است. این موضوع نشان دهنده تاثیر مستقیم تمامی عوامل در نظر گرفته شده بر عملکرد حرارتی ساختمان و کاهش و یا افزایش انرژی مصرفی آن می‌باشد.

مسئله ی مهم دیگر تعیین ابعاد مساحت جداره شفاف ساختمان نسبت به جداره کدر آن است که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته. با توجه به آنکه بازشوها وسیله‌ی دریافت نور خورشید و تامین بخش مهمی از انرژی گرمایشی مورد نیاز ساختمان می‌باشند، تعیین مساحت دقیق پنجره‌های مورد نیاز - ضمن لحاظ نمودن اقلیم و مقدار اتلاف انرژی از همان باز شو - حائز اهمیت بسیار است. پیرو نتایج محاسبات؛ درصد شفافیت بهینه جداره بر حسب نسبت طول به عرض ساختمان در پژوهش حاضر مطابق با جدول شماره ۸ می‌باشد. شایان ذکر است در تعیین درصدهای پیشنهاد شده فاکتورهایی همچون جهت گیری ساختمان و حجم فضای داخلی آن نیز دخیل بوده و در عرض جغرافیایی مورد بررسی صحیح می‌باشد. لذا تعیین مساحت باز شو در هر پروژه طراحی به بررسی دقیق نیاز دارد.

جدول ۸: درصد شفافیت باز شو بر حسب نسبت طول به عرض پلان (مأخذ: نگارنده)

نسبت طول به عرض پلان	درصد شفافیت جداره به منظور دریافت بهینه انرژی
۱	۳۴/۵
۱/۲۴	۳۷/۲
۱/۵	۳۶/۵
۱/۸۵	۳۶
۲/۳۴	۲۹/۹
۳	۲۸/۷
۴/۱	۲۸

۱۵- نتیجه گیری

بخش اعظمی از مشکلات زیست محیطی در دنیای امروز مربوط به مصرف بیش از اندازه سوخت‌های فسیلی بویژه در صنعت ساختمان می باشد، لذا بی توجهی به چگونگی و میزان مصرف و اتلاف انرژی در ساختمان‌ها، خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به دنبال خواهد داشت. بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق کنترل فرآیند طراحی، از آن جهت مهم است که این روش‌ها به هیچ‌گونه انرژی جز

باید توجه داشت با وجود دقت ۷۵ تا ۹۵ درصدی نرم‌افزارهای آنالیز انرژی، نمی‌توان تا قبل از مانیتور نمونه واقعی از موفقیت کامل طرح به طور قطع اطمینان حاصل کرد چرا که پروژه‌های شبیه‌سازی انرژی دارای ضریب اشتباه (هر چند اندک) می‌باشند. از طرف دیگر؛ تمامی محاسبات انجام شده در این پژوهش، بر اساس مشخصه‌های فیزیکی ساختمان و با در نظر گرفتن مصالح معمول ساخت‌وساز انجام و پنجره‌ها نیز از نوع تک جداره در نظر گرفته شده‌اند. این در حالیست که با در نظر گرفتن خصوصیات مصالح مناسب اقلیم و پنجره‌های متفاوت در فضاها مقادیر فوق‌باز هم تغییر نموده و مصرف انرژی کاهش خواهد یافت.

هم‌چنین لازم به ذکر است مطالعات این پژوهش تنها به بررسی گوشه‌ای از بحث وسیع کنترل انرژی مصرفی ساختمان پرداخته و نتایج آن به شرایط آب و هوایی و اقلیم شهر خرم‌آباد محدود می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌شود در صورت استفاده از رویکرد پیشنهادی پژوهش در مناطق با موقعیت‌های جغرافیایی متفاوت، شرایط دقیق

پی‌نوشت:

۱. اکوتکت (Ecotect Analysis 2011) نرم‌افزار شبیه‌ساز مدل ساختمان.
۲. انرژی پلاس (Energy Plus 8.2.0) نرم‌افزار شبیه‌سازی مصرف انرژی.
۳. در حالات سرما و گرما، بازه آسایش و تهویه مطبوع همراه با مقدار روشنایی طبیعی
۴. محاسبات توسط نرم‌افزار اکسل (Excell) به تابع درجه دوم تبدیل شده و بهترین حالات مصرف انرژی و میزان درصد بازشو به صورت نسبی مشخص و بهینه‌یابی انجام شده است.
۵. نسبت سطح به حجم نمونه
۶. اداره کل هواشناسی استان لرستان www.lorestanmet.ir/index.php/fa
۷. شبیه‌سازی مدل فیزیکی نمونه‌ها توسط نرم‌افزار Ecotect Analysis و محاسبات میزان مصرف انرژی نمونه‌ها توسط نرم‌افزار Energy Plus انجام شده است.
۸. سازمان هواشناسی استان لرستان.
۹. موسسه تحقیقات ساختمان (BREEAM (Building Research Establishment) و مدیریت انرژی و طراحی محیطی LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)
۱۰. باید توجه داشت در محاسبات انجام شده پنجره‌ها از نوع تک جداره در نظر گرفته شده‌اند و ارزش نور طبیعی در پنجره‌های دو یا سه جداره با شیشه‌های کم‌انتشار بسیار متفاوت خواهد بود.

فهرست منابع:

- برزگر، زهرا؛ حیدری، شاهین (۱۳۹۳). بررسی تاثیر تابش خورشید در بدنه‌های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی، نمونه موردی جهت گیری جنوب غربی و جنوب شرقی در شهر شیراز، نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، دوره ۱۸، شماره ۱، صص. ۴۵-۵۶.
- حیدری، شاهین (۱۳۸۸). برنامه‌ریزی انرژی در ایران با تکیه بر بخش ساختمان، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- خیاطیان، فاضل؛ رئیس سمیعی، محمدمهدی (۱۳۹۲). طراحی، آنالیز و مدلسازی یک خانه صفر انرژی، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، دانشکده معماری و هنر.
- عرب‌زاده، ساناز؛ کاظم‌زاده حناتی، سیامک (۱۳۸۴). بررسی پارامترهای مؤثر در میزان مصرف انرژی در بخش مسکونی در ایران، چهارمین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان.
- کسمایی، مرتضی (۱۳۸۲). اقلیم و معماری، ویراست دوم، نشر خاک، اصفهان.
- مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

اقلیمی در روند پروژه لحاظ گردد. از سوی دیگر مطالعات صورت گرفته مختص خانه‌های مسکونی تک خانوار بوده و بررسی نمونه‌های بزرگتر یا مجتمع‌های مسکونی نیازمند انجام طرح‌های تحقیقاتی گسترده‌تری است. با این حال علاقمندان به مباحث کنترل انرژی ساختمان می‌توانند حالت‌های بهینه استقرار ساختمان، جهت گیری، تناسبات، میزان شفافیت جداره‌ها و دیگر پارامترهای کلیدی مصرف انرژی در بناهای تک خانوار را در اقلیم‌های مختلف بررسی نمایند. همچنین موارد زیر جهت بررسی‌های بیشتر پیشنهاد می‌گردد؛ مطالعه و تحقیق پیرامون انرژی مصرف شده جهت تولید مصالح مختلف؛ تبیین و تالیف استانداردهای طراحی خانه‌های کم مصرف و ایجاد سیستم رتبه‌بندی بومی ساختمان‌ها در کشور؛ بررسی روش‌های غیرفعال تامین گرمایش و سرمایش برای هر کدام از اقلیم‌های چهارگانه کشورمان و بررسی مصالح مناسب جهت استفاده در مناطق مختلف آب و هوایی.

- نصراللهی، فرشاد (۱۳۹۰). ضوابط معماری و شهرسازی کاهش‌دهنده مصرف انرژی ساختمان‌ها، نشست کمیته ملی انرژی ایران.
- واتسون، داند (۱۳۸۲). طراحی اقلیمی: اصول نظری و اجرای کاربرد انرژی در ساختمان، ترجمه وحید قبادیان و محمدفیض مهدوی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- ترازنامه انرژی ایران (۱۳۸۵). وزارت نیرو.
- Al Homoud MS (2005). A systematic approach for the thermal design optimization of building envelopes, Department of Architectural Engineering, King Fahd University Petroleum Minerals, Dhahran 31261, Saudi Arabia.
- Granadeiroa V, Correia JR, Leal VMS. (2013). Envelope-related energy demand: A design indicator of energy performance for residential buildings in early design stages, Energy and Buildings, Vol. 61, pp. 215–223.
- <http://www.isover-students.com/content/view/247/312/>.
- Jaber S, Ajib S (2011). Optimum, technical and energy efficiency design of residential building in Mediterranean region, Energy and Buildings, No. 43, Vol. 8, pp. 1829-1834.
- Jinghua Yu, Yanga C, Tiana L (2008). Low-energy envelope design of residential building in hot summer and cold winter zone in China, Energy and Buildings, No. 40, Vol. 8, pp. 1536-1546.
- Kazanasmaz T, Uygun IE, Akkurt GG (2014). On the relation between architectural considerations and heating energy performance of Turkish residential buildings in Izmir, Energy and Buildings, Vol. 72, pp. 38-50.
- Nielsen TR (2002). Optimization of buildings with respect to energy and indoor environment, Rapport BYG-DTU R-036 2002 ISSN 1601-2917 ISBN 87-7877-094-7, Danmark tekniske universitet, Department of Civil Engineering DTU-building 118 2800Kgs, Lyngby.
- Persson ML, Roos A, Wall M (2006). Influence of window size on the energy balance of low energy houses, Energy and Buildings, Vol. 38, pp. 181-188.

