علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هفت، مهرماه ۹۹

بررسی تأثیر راهکارهای مختلف بهینه سازی انرژی در رده‌بندی انرژی ساختمان به‌وسیله نرم‌افزار دیزاین بیلدر(مطالعه موردی: ساختمان اداری)

افشین فتحعلیان [۱]

هادی کارگر شریف‌آباد [۲*]

h.kargar@semnaniau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۶ **تاریخ پذیرش:۹۸/۵/۱۶**

چکیده

زمینه و هدف: کاهش منابع انرژی فسیلی، اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از مصرف زیاد انرژی و افزایش سهم مصرف انرژی در بخش ساختمان، ضرورت توجه به مصرف انرژی ساختمان در کشور را بیشتر کرده است. تدوین معیار مصرف انرژی ساختمان در کشور از جمله اقدامات مهم در این راستا می باشد. این مطالعه با هدف تعیین تأثیر راهکارهای مختلف کاهش مصرف انرژی در رده‌بندی انرژی ساختمان اداری به عنوان مطالعه موردی به وسیله نرم‌افزار دیزاین بیلدر انجام گرفته است.

روش بررسی: در این تحقیق، انرژی کل مصرفی یک ساختمان با کاربری اداری در اقلیم سمنان توسط نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی و نتایج حاصل از نرم‌افزار، با مصرف انرژی واقعی ساختمان در سال ۱۳۹۵ که از قبوض انرژی(برق و گاز) ساختمان نمونه به‌دست آمده است، اعتبار سنجی شد. سپس با استفاده از معیار مصرف انرژی ساختمان، راهکارهای مختلف جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی، شبیه‌سازی و با حالت موجود مقایسه گردید.

یافته‌ها: با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی انرژی، راهکارهای به‌کارگیری سایبان افقی خارجی و حذف سایبان داخلی، جایگزینی پنجره با شیشه‌های دوجداره کم گسیل به‌جای تک جداره و نصب یک ورق عایق حرارتی در جدار خارجی ساختمان بررسی شد که به ترتیب ۱۵/۲، ۱۸/۴ و ۸/۲ درصد کاهش مصرف انرژی را نسبت به حالت معمولی به همراه داشته است. سپس شدت مصرف انرژی ساختمان برای هر یک از راهکارهای پیشنهادی، محاسبه شد و رده‌بندی انرژی ساختمان برای هر کدام تعیین گردید.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که جایگزینی سایبان خارجی به‌جای سایبان داخلی کمترین مقدار صرفه‌جویی انرژی دارد و تأثیری در تغییر رده‌بندی انرژی ندارد. به‌کارگیری ترکیبی از پنجره دوجداره به جای تک جداره و عایق حرارتی در جدار خارجی ساختمان ضمن ارتقا در رده‌بندی انرژی، بهترین حالت پیشنهادی بوده است. در نهایت نتایج این مطالعه نشان داد در صورت شبیه سازی دقیق ساختمان-

۱- کارشناسی ارشد، باشگاه پژوهشگران جوان، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

۲- استادیار، مرکز تحقیقات انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

های موجود و سپس اعتبار سنجی، می توان تاثیر راهکارهای مختلف را در تغییر رده مصرف و کاهش انرژی به‌صورت صحیح و قابل اعتماد پیش بینی کرد.

واژه‌های کلیدی: رده‌بندی انرژی، ساختمان اداری، شبیه‌سازی، نرم‌افزار دیزاین بیلدر

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.7, October, 2020

Investigating the Effect of Different Energy Saving Strategies on Energy Rating of Building by Design Builder Software

(Case Study: Office Building)

Afshin Fathalian [1]

Hadi Kargarsharifabad [2*]

zshakeri@ut.ac.ir

Admission Date:August 7, 20198 Date Received: February 15, 2019

Abstract

Background and Objective: Reducing fossil energy resources, the environmental impact of high energy consumption and increasing the energy consumption in the building section, has increased the importance of attention to building energy consumption in the country. Providing the standard of building energy consumption in our country is one of the important activities in this regard. This study aimed to determine the effect of different strategies to reduce energy consumption in the energy classification of office buildings as a case study by Design Builder software.

Method: In this study, the total energy consumption of of an office building in Semnan climate was simulated by Design Builder software and the results obtained by the software, with the actual energy consumption of the building in 2016, which was obtained from the energy bills (electricity and gas) of the building, were validated. Then, using the energy rating of building, different strategies for reducing energy consumption were simulated and compared with the existing situation.

Findings: Using energy simulation software, various energy efficiency strategies such as using external horizontal shading and removing internal shading, replacing windows with low-emitting double-glazed windows instead of single-glass windows and installing a thermal insulation in the external wall of the building were investigated that 15.2, 18.4 and 8.2% reduction in energy consumption achived compared to normal case, respectively. Then, the intensity of building energy consumption for each of the proposed strategies were calculated and the energy rating was determined for each.

Discussion and Conclusion: The results showed that the replacement of external shading instead of internal shading had the least amount of savings and had no effect on the change in energy rating and the use of a combination of double glazing instead of single-walled and thermal insulation in the outer wall of the building while upgrading to the classification, the optimal suggested mode. Finally, the results of this study showed that in the case of accurate simulation of existing buildings and then validation the effects of different strategies on energy rating and consumption can be predicted accurately.

Keywords: Energy Rating, Office Building, Simulation, Design Builder Software.

1- M.Sc., Young Researchers and Elite Club, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran.

2- Assosiate Prof., Energy and Sustainable Development Research Center, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran. *(Corresponding Author)

مقدمه

تدوین معیار مصرف انرژی، یکی از مهم‌ترین اقدامات مدیریت مصرف جهت تعیین چارچوب مناسب برای اعمال قوانین و دستورالعمل‌ها و پیش‌بینی‌های مربوط به تقاضا و برنامه‌ریزی جهت تولید انرژی می‌باشد. در اواخر سال ۱۳۹۰، طرح تدوین برچسب انرژی برای ساختمان های با کاربری اداری انجام پذیرفت و این استاندارد با نام تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی در ساختمان‌های غیرمسکونی" به شماره ۱۴۲۵۴ به ثبت رسید (۱). از آن‌جایی که در کشورهای در حال توسعه بیش از ۴۰ درصد از کل مصرف انرژی متعلق به بخش ساختمان می‌باشد متناسب با ظهور فناوری‌های مختلف، پیچیدگی‌های اجرایی نیز افزایش یافته و تصمیم‌گیری در مورد انتخاب بهترین استراتژی‌ها و راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها اهمیت بیشتری پیدا کرده است (۲). از سویی، تعامل بین عناصر طراحی، اقلیم، کاربران، سیستم‌های سرمایش، گرمایش، تهویه و روشنایی بسیار دشوار بوده و تنها با استفاده از شبیه‌سازی تمامی عوامل مداخله‌گر در کارایی انرژی ساختمان قابل بررسی است (۳). شهیدیان و همکاران (۴) یک نمونه ساختمان غیرمسکونی در شرایط اقلیمی مختلف را ممیزی و انطباق آن با مقررات ملی ساختمان جهت اخذ برچسب انرژی با رویکرد مدیریت مصرف انرژی را بررسی کرده اند. کارگر شریف‌آباد و جلیلیان (۵) با بررسی شاخص شدت مصرف انرژی سالیانه ۱۳ واحد مسکونی با ویژگی‌های متفاوت، نشان دادند استفاده از مصالح نوین به‌جای آجرنما، پنجره دوجداره به‌جای تک جداره و سیستم گرمایشی نیمه متمرکز به‌جای بخاری و آبگرمکن، شدت مصرف انرژی را تا حد قابل قبولی کاهش می‌دهد. در حال حاضر، یکی از جامع‌ترین برنامه-های شبیه‌ساز انرژی در ساختمان، نرم‌افزار با نام تجاری دیزاین بیلدر[1] می‌باشد. یکی از دقیق‌ترین روش‌های اعتبارسنجی نرم-افزارهای انرژی در ساختمان، مقایسه نتایج شبیه‌سازی با مقادیر واقعی حاصل از ممیزی ساختمان‌ها می‌باشد. در این روش، محققان نه تنها به دنبال اعتبارسنجی فرایند فیزیکی مدل بوده، بلکه به دنبال تبیین رفتار کاربران نیز هستند (۶). تحقیقات نشان داده است که علت اصلی تفاوت بین میزان واقعی و پیش‌بینی شده مصرف انرژی، ناشی از خطا در داده-های ورودی به نرم‌افزارهای شبیه‌سازی است (۷، ۸). استادلر[2] و همکاران (۹) با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس[3] نسبت به شبیه سازی مصارف انرژی در یک ساختمان تجاری اقدام و نتایج را با مقادیر واقعی مقایسه نمودند. در پژوهش صورت گرفته توسط اسکین[4] وترکمن[5] (۱۰)، بارهای حرارتی و برودتی، یک ساختمان مسکونی با اقلیم سرد و خشک در مدت زمان ۲۴ ساعت با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس شبیه‌سازی و مقادیر آن با نمونه های واقعی مقایسه گردید که اختلاف بارهای حرارتی و برودتی به ترتیب ۳ و ۵ درصد بوده است. محققان دیگری با شرایط تهویه طبیعی در یک مدرسه ابتدایی بنام هوهن نویندورف در اقلیم سرد و مرطوب کشور آلمان، مصارف انرژی را شبیه سازی و نتایج را با روش تجربی اعتبار سنجی کردند (۱۱). چوی[6] و دوستان (۱۲) بار حرارتی یک ساختمان دارای پوسته دو قسمتی در اقلیم گرم و مرطوب کشور چین را تحلیل کردند و نتایج شبیه‌سازی را با مصارف واقعی مقایسه نمودند. در مطالعه دیگری تاثیر حالتهای گوناگون جداره‌ها در نماهای دو پوسته با بهره‌گیری از نرم افزار دیزاین بیلدر مورد تحلیل قرار گرفته است (۱۳). نتیجه حاصل نشان می‌دهد که در نمای دوپوسته تغییر در تعداد جداره لایه درونی در کاهش مصرف انرژی موثرتر می‌باشد و تغییر در تعداد جداره لایه بیرونی در جهت کاهش مصرف انرژی نقشی ایفا نمی‌کند و حضور بیشتر تابش آفتاب در جبهه جنوبی باعث می‌شود که استفاده از نمای دوپوسته در این جبهه موثرتر باشد. شرقی و عظیمی فریدنی (۱۴) با نرم افزارهای رویت و انرژی پلاس، تاثیر چهار نوع سقف از جمله تخت ، یک طرفه، دو طرفه و چهار طرفه با زوایای مختلف را مقایسه کردند و مناسب ترین

1- Design Builder

2- Stadler
3- Energy Plus
4- Eskin
5- Turkmen
6- Choi

سقف و زاویه آن را در سقف های شیب دار با مساحت کف ثابت با توجه به متوسط دمای متوسط تشعشعی در مدل های بررسی شده نشان دادند. بررسی راهکارهای مدیریتی جهت ایجاد تغییرات در پوسته خارجی ساختمان از جمله سقف با نرم افزار دیزاین بیلدر توسط خداکرمی و همکاران (۱۵) بررسی شده است و با انجام نمونه مطالعاتی در شهر شیراز، تأثیر راهکارهای مدیریت انرژی بر روی سقف بنا، از لحاظ اقتصادی و میزان صرفه جویی در بار اتلافی ساختمان مورد بررسی قرار گرفته است. میرسعیدی و میررشید (۱۶) تاثیر استفاده از سامانه دیوار ترومب بر دمای هوا در داخل ساختمان مسکونی در گنبد کاووس در دو حالت گرمایش و سرمایش را با نرم افزار دیزاین بیلدر بررسی کردند.

در این مقاله با هدف بررسی تأثیر راهکارهای مختلف صرفه‌جویی انرژی در رده‌بندی و معیار مصرف انرژی ساختمان های اداری بر اساس استاندارد ۱۴۲۵۴ ایران با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر، یک ساختمان اداری در شهر سمنان مطالعه شده است. این مقاله یک روش کاربردی و بدون هزینه را برای بررسی تحقق استانداردهای مربوط به مصرف انرژی ساختمان‌ها در کشور با استفاده از شبیه‌سازی انرژی معرفی می‌کند.

مواد و روش

۱. نرم‌افزار دیزاین بیلدر

نرم افزار دیزاین بیلدر که در سال ۲۰۰۵ وارد بازار شده است، نرم افزارتخصصی شبیه سازی انرژی، از پرکاربرد ترین، به روزترین و دقیق ترین نرم افزار های موجود در زمینه انرژی در تمامی دنیا می باشد (۱۷). از خصوصیات مهم این نرم افزار، استفاده از موتور مدلسازی انرژی پلاس است بر اساس ترکیبی از برنامه های دی او ای[1] و بلاست[2] عمل می‌کند. اساس کار این نرم افزار تاسیساتی بر مبنای شرایط اقلیمی میباشد و می توان انرژی مصرفی را برای گرمایش، سرمایش، تهویه و روشنایی در ساختمان ها شبیه سازی کرد.

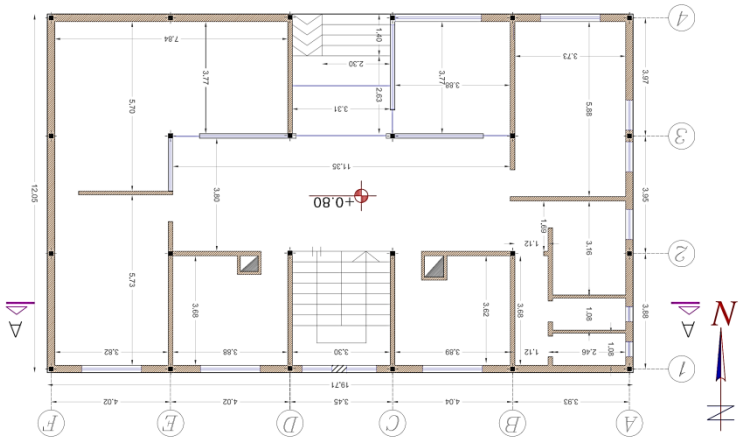
۲. معرفی ساختمان مورد مطالعه

ساختمان مورد مطالعه در شهر سمنان واقع شده است. ساختمان دارای سه طبقه و مساحت هر طبقه در حدود m^2 ۲۴۰ و مساحت کل m^2 ۶۵۱/۳ می‌باشد. پلان طبقه اول و دوم ساختمان مورد مطالعه مطابق با شکل ۱ است. فضاهای موجود در این شبیه‌سازی شامل قسمت‌های اتاق کار اداری، آبدارخانه، نگهبانی، پست امداد، راهرو، بایگانی، سرویس بهداشتی و نمازخانه می‌باشد.

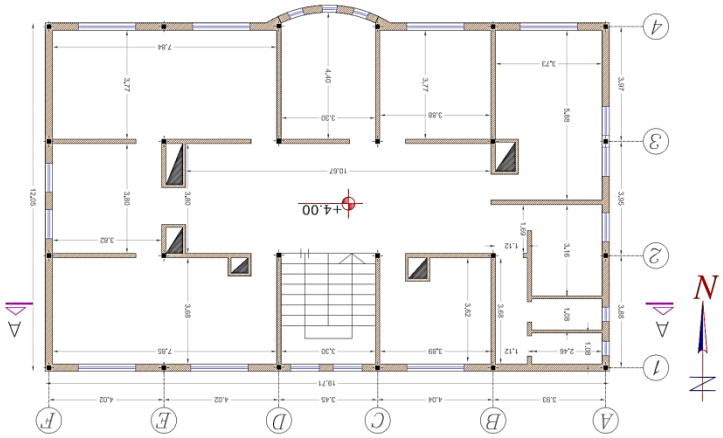
۲,۱. مشخصات حرارتی جداره ساختمان قبل از بهینه‌سازی انرژی

برای افزایش دقت شبیه‌سازی، مشخصات حرارتی مصالح اجزای ساختمان نمونه بر اساس خواص واقعی مصالح شامل دانسیته و ضریب هدایت حرارتی در نرم‌افزار تعریف شده است (جدول ۱).

1-Doe
2- Blast



الف- پلان طبقه اول



ب- پلان طبقه دوم

شکل ۱- پلان طبقه اول و دوم ساختمان

Figure 1. Plan of the first and second floors of the building

جدول ۱- مشخصات حرارتی مصالح اجزا ساختمان نمونه

Table 1-Thermal properties of building materials

موقعیت	جنس لایه (از داخل به خارج)	دانسیته (kg/m^3)	ضریب هدایت (W/mk)	ضخامت (cm)
دیوار خارجی	نازک‌کاری	۱۳۰۰	۰/۶	۳
	آجر فشاری	۱۹۰۰	۱	۳۰
	ملات سیمان	۱۸۶۰	۰/۷۲	۵
	سنگ مرمریت	۲۵۰۰	۲	۲
بام ساختمان	نازک‌کاری	۱۳۰۰	۰/۶	۲
	آجرسفال	۱۹۰۰	۱	۱۰
	نخاله پودری	۸۸۰	۱/۴۴	۱۰
	ملات سیمان	۱۸۶۰	۰/۷۲	۵
	شن و ماسه	۱۹۵۰	۲	۳
	آسفالت	۲۳۳۰	۱/۱۵	۴
کف زمین	سرامیک	۱۹۲۰	۱/۸۰	۱
	ملات سیمان	۱۸۶۰	۰/۷۲	۴
	سنگ لاشه	۲۲۰۰	۱/۸۳	۳۰
درب خارجی	درب شیشه‌ای	۱۴۰	۰/۰۵	۰/۶
	درب‌آلومنیمی	۲۸۰۰	۱۶۰	۴
	درب آهنی	۷۹۰۰	۷۲	۳
دیوار جداکننده	نازک‌کاری	۱۳۰۰	۰/۶۰	۳
	آجرسفال	۱۹۰۰	۱	۱۰
	نازک‌کاری	۱۳۰۰	۰/۶۰	۳
نور گذر	پنجره آلومنیمی	۲۸۰۰	۱۶۰	۴
جدار بین طبقات	نازک‌کاری	۱۳۰۰	۰/۶۰	۲
	آجرسفال	۱۹۰۰	۱	۱۰
	نخاله پودری	۸۸۰	۱/۴۴	۱۰
	ملات سیمان	۱۸۶۰	۰/۷۲	۵
	موزائیک	۲۱۵۰	۲/۹۰	۳

۲,۲. شرایط اقلیمی

ساختمان مورد مطالعه در شهر سمنان با مشخصات ۳۵/۵۵ درجه عرض جغرافیایی، ۵۳/۵۵ درجه طول جغرافیایی واقع شده است که به‌طور معمول در فصل تابستان گرم و خشک و در فصل زمستان سرد و خشک می‌باشد. برنامه‌های شبیه‌سازی به‌طور معمول محاسبات را به‌صورت ساعتی برای تعیین شرایط داخلی ساختمان انجام می‌دهند.. فایل اطلاعات اقلیمی برای ۶ شهر، بندرعباس، تهران، تبریز، شیراز، اصفهان و یزد را از کشور ایران بر اساس اطلاعات آب و هوایی تولید شده و در دسترس می‌باشد (۱۸). در این تحقیق از نرم‌افزار متونرم[1] جهت دریافت اطلاعات آب و هوایی شهر سمنان، طی یک بازه‌ی بیست ساله استفاده شده است (۱۹).

۲,۳. انواع فعالیت بر اساس برنامه زمان بندی ساختمان نمونه

در یک ساختمان با کاربری اداری، نسبت حضور افراد در ساعتهای مختلف روز متفاوت است. ساختمان نمونه نیز به‌طور معمول از روز شنبه تا چهارشنبه هر هفته و از ساعت ۷ تا ۱۶ دارای فعالیت مستمر می‌باشد و به ازای هر مترمربع از کف اتاق ۰/۱۱ فرد به عنوان بیشترین تعداد حاضر در ساختمان، تعیین گردیده است. درصد حضور این افراد شامل کارمندان و مراجعه کنندگان، به‌صورت ساعتی در یک روز غیر تعطیل ثابت و از ساعت ۲۴ تا ۷: صفر، ۷ تا ۸: ٪ ۲۵، ۸ تا ۹: ٪۵۰، ۹ تا ۱۴، ٪ ۷۵، ۱۴ تا ۱۶: ٪ ۱۰۰ و ۱۶ تا ۲۴: ٪ ۵ لحاظ شده است.

۲,۴. سیستم حرارتی برودتی و آب گرم مصرفی ساختمان نمونه

ساختمان اداری مورد مطالعه، در وضعیت کنونی، از بخاری گازسوز با بازده ۵۰ درصد به عنوان سیستم گرمایشی و از اسپلیت با ضریب عملکرد ۲/۸۸ به عنوان سیستم سرمایشی استفاده می‌نماید. آبگرمکن گازسوز با بازده ۵۰ درصد جهت تأمین آب گرم مصرفی ساختمان استفاده می‌شود.

۲,۵. تهویه طبیعی

محل استقرار ساختمان مورد مطالعه در مسیر جریان وزش باد می‌باشد. در نتیجه، جهت دریافت هوای تازه نیازی به تهویه مکانیکی ندارد و دارای سیستم تهویه طبیعی است.

۳. محاسبه شاخص شدت مصرف انرژی

شاخص شدت مصرف انرژی نهایی در بخش ساختمان عبارت است از مقدار انرژی نهایی مصرف شده در یک ساختمان در یک سال تقسیم بر مساحت مورد بهره برداری از ساختمان و برای محاسبه آن ابتدا باید مصرف انرژی نهایی کل ساختمان با استفاده از مجموع مصرف حامل‌های انرژی هم‌تراز شده محاسبه گردد (۱).

(۱)

$$E_{\text{act}}^{\text{Annnual}} = NG_{\text{act}}^{\text{Annnual}} \times LHV_{NG} \times 0.278 + \frac{EL_{\text{act}}^{\text{Annual}}}{Eff_{\text{act}}}$$

که $E_{\text{act}}^{\text{Annnual}}$: مصرف کل انرژی سالیانه ساختمان (کیلووات ساعت در سال) در حالت واقعی، $NG_{\text{act}}^{\text{Annnual}}$: مصرف کل گاز طبیعی سالیانه ساختمان (مترمکعب در سال) در حالت واقعی، LHV_{NG}: ارزش حرارتی گاز طبیعی (مگا ژول بر مترمکعب)، $EL_{\text{act}}^{\text{Annual}}$: مصرف کل انرژی الکتریکی سالیانه ساختمان (کیلووات ساعت در سال) در حالت واقعی و Eff_{act}: متوسط راندمان نیروگاه‌ها، شبکه انتقال و توزیع برق که طبق استاندارد ملی ۱۴۲۵۴ معادل ۲۷ درصد در نظر گرفته شده است. در رابطه ۱ عدد ۰/۲۷۸ برای تبدیل مگا ژول به کیلووات ساعت استفاده شده است. شاخص شدت مصرف انرژی نهایی طبق استاندارد ملی شماره ۱۴۲۵۴ و با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌گردد.

$$EI_{\text{act}}^{\text{Annnual}} = \frac{E_{\text{act}}^{\text{Annual}}}{A} \qquad (۲)$$

در رابطه فوق A: مساحت مفید ساختمان (مترمربع) و $EI_{\text{act}}^{\text{Annnual}}$: شاخص شدت مصرف انرژی ساختمان (کیلووات ساعت در سال بر مترمربع) در حالت واقعی است. برای تعیین رده انرژی ساختمان ابتدا می‌بایست اقلیم ساختمان با توجه به استاندارد ملی ۱۴۲۵۴ شناسایی و سپس نسبت شاخص

1-Meteonorm Software

محاسبه‌شده برای ساختمان به مقدار ایده‌آل داده شده برای آن در استاندارد، طبق رابطه ۳ محاسبه می‌گردد.

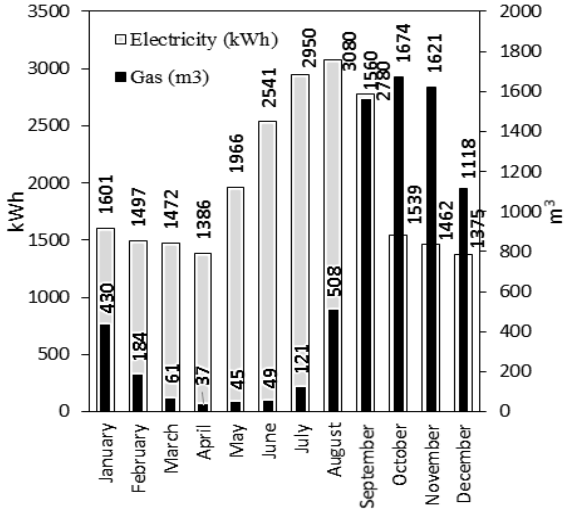
$$R = \frac{EI_{\text{act}}^{\text{Annual}}}{EI_{\text{ideal}}^{\text{Annual}}} \qquad (۳)$$

که در رابطه ۳، $EI_{\text{ideal}}^{\text{Annual}}$ شاخص شدت مصرف انرژی ساختمان (کیلووات ساعت در سال بر مترمربع) در حالت ایده آل در هر اقلیم می‌باشد.

نتایج

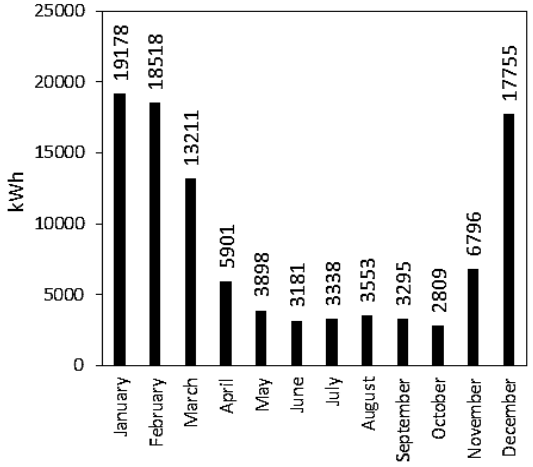
۱. محاسبه مصرف انرژی واقعی ساختمان نمونه و اعتبار سنجی شبیه‌سازی

با بررسی سوابق مصرف برق و گاز مصرفی سالیانه ساختمان نمونه، مقادیر واقعی مصرف انرژی محاسبه‌شده است (شکل ۲). مجموع مقادیر ماهیانه قبوض برق و گاز مصرفی بر مبنای کیلووات ساعت، کل مصرف انرژی ماهیانه واقعی ساختمان را تشکیل می‌دهد (شکل ۳). برای تبدیل هر متر مکعب گاز طبیعی به kWh ، از ضریب ۱۰/۵ استفاده شده است.



شکل ۲- مصرف انرژی الکتریکی و گاز طبیعی بر اساس قبوض ماهیانه سال ۲۰۱۶

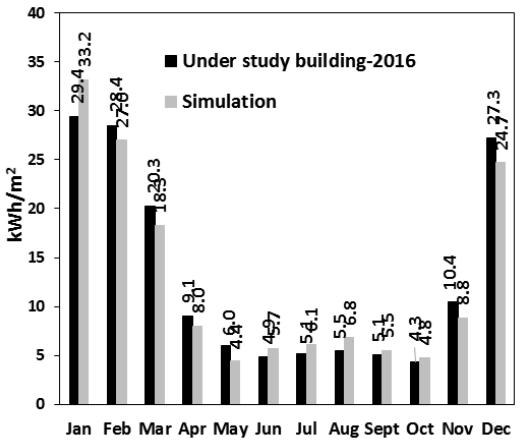
Figure 2. Electricity and natural gas consumption based on monthly bills in 2016



شکل ۳- مصرف انرژی کل ماهیانه بر اساس مقادیر واقعی سال ۲۰۱۶

Figure 3. Total energy per month based on actual consumption values in 2016

به علت تأثیر بعضی از پارامترهای نامشخص، مقـادیر حاصـل از شبیه‌سازی در ماه‌های مختلف با مقادیر واقعی اختلاف دارد (شکل ۴) ولی روند مصرف انرژی شبیه‌سازی شده در طول سال مشابه با مقادیر واقعی می‌باشد. مقدار واقعی کل مصرف انرژی در طول یک سال ۱۵۵/۷۳ کیلووات ساعت بر مترمربع و میزان شبیه‌سازی شده ۱۴۵/۰۴ کیلووات ساعت بر مترمربـع اسـت کـه در کـل دارای اختلاف کمتر از ۷ درصد می‌باشد.



شکل ۴- مقایسه مصرف انرژی حاصل از شبیه‌سازی با مقادیر واقعی سال ۲۰۱۶ قبل از بهینه‌سازی (حالت پایه)

Figure 4. A comparison of simulated energy consumption with actual values in 2016 before optimization

در فرایند شبیه‌سازی با کنترل مجدد ورودی‌های نرم‌افزار، آن‌هایی که با شرایط واقعی کاملاً انطباق ندارند، شناسایی و تأثیر آن‌ها بر مصرف شبیه‌سازی شده بررسی و کاهش یافته است.

۲. راهکارهای بهینه‌سازی انرژی ساختمان نمونه

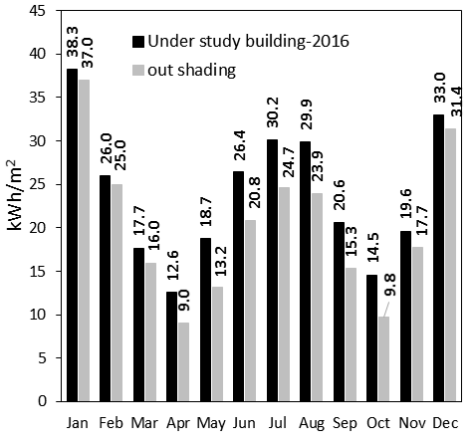
۲,۱. راهکار اول: نصب سایبان افقی در بالای پنجـره‌هـای خارجی به‌جای سایبان داخلی

لازم است علی‌رغم استفاده مناسب از انرژی خورشید از طریـق پنجره‌ها در زمان‌های مناسب، پنجره‌ها در جهت‌های مختلف با نصب سایبان مناسب در برابر تابش خورشید در فصل تابسـتان محافظت شوند. نتایج حاصل از به‌کارگیری سایبان خارجی افقی از جنس پی وی سی به ضـخامت cm ۳ و پـیش‌آمـدگی cm ۸۰ از سطح خارجی ساختمان و همچنین حـذف سـایبان داخلـی بـا وضعیت موجود در شکل ۵ مقایسه شده است. اجرای این راهکار نشان دهنده صرفه‌جویی انرژی بـه میـزان ۱۵/۲ درصـد در بـار حرارتی کل در ساختمان نمونه است.

۲,۲. راهکار دوم: جایگزینی پنجره با شیشه‌های دوجداره به‌جای تک جداره

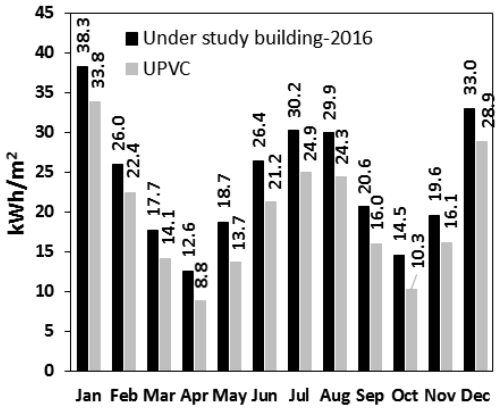
یکی از روش‌های کم‌هزینه و قابل اجرا جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی، به کارگیری پنجره با شیشه‌های دوجداره[1] کم گسیل در جدار خارجی ساختمان نمونه می‌باشد. با اسـتفاده از پنجـره و شیشه دوجداره تبادل حرارتی از طریق پنجره به حداقل ممکـن خواهد رسید. مقایسه نتایج بار حرارتی کلی ماهانـه، حاصـل از جایگزینی پنجره یو پی‌وی‌سی[2] با شیشه‌های دوجداره کم گسیل دارای گاز پرکننده آرگون[3] به‌جای پنجره آلومینیومی معمولی با شیشه‌های تک جداره شفاف در شکل ۶ آمده است. پیشنهاد ارائه شده حاکی از صرفه‌جویی انرژی سالیانه به میزان ۱۸/۴ درصد در بار کل انرژی ساختمان نمونه است. علت این نتیجه را می تـوان ناشی از تأثیر پنجره یو پی‌وی‌سی در کـاهش انتقـال حـرارت از طریق رسانایی، تابش و همرفتی دانست.

1- Double Glazing Clear
2- Unplasticized PolyVinyl Chloride
3- Argon



شکل ۵- مقایسه بار حرارتی ماهیانه ناشی از به‌کارگیری سایبان خارجی نسبت به حالت قبل از بهینه‌سازی (راهکار اول)

Figure 5. A comparison of the monthly heating load in case of installing external awning with the situation before optimization (first strategie)



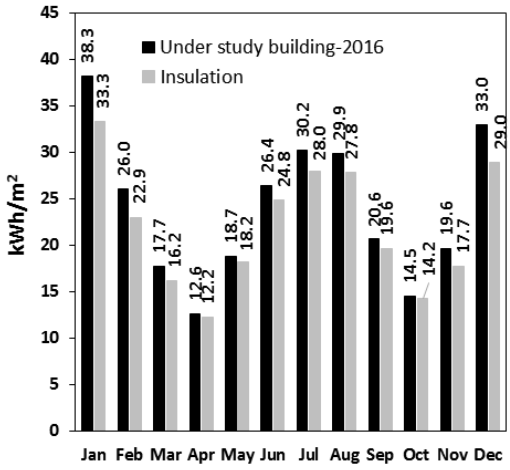
شکل ۶- مقایسه بار حرارتی کلی ماهانه در حالت پنجره UPVC با شیشه‌های دوجداره به‌جای تک‌جداره(راهکار دوم)

Figure 6. A comparison of total heating load per month: single-glazed window is replaced with double-glazed UPVC window (second strategie)

۲،۳. راهکار سوم: نصب یک لایه عایق در جـدار خـارجی ساختمان نمونه

راهکار دیگر بهینه‌سازی مصرف انرژی، افزایش مقاومت حرارتی جدارهای خارجی ساختمان یا کاهش ضریب انتقال حرارت کلی آن می‌باشد. این اقدام می‌تواند با نصب یک لایه ورق پلی استایرن[1] در جدار خارجی ساختمان نمونه انجام شود. پلی استایرن دارای ضریب هدایت حرارتی بسیار پایین (۰/۰۵ W/mK) است. این قابلیت سبب می‌شود که با در نظر گرفتن یک لایه نازک از این عایق و افزایش مقاومت حرارتی دیوار بـه میـزان قابـل تـوجهی صرفه‌جویی در انرژی سالیانه ایجاد گردد. همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده است نتایج شبیه‌سازی حاکی از صرفه‌جویی انرژی سالیانه به میزان ۸/۲ درصد در بار حرارتی کل ساختمان نمونه به علت نصب لایه عایق در جدار خارجی ساختمان است.

1 -Polystyrene

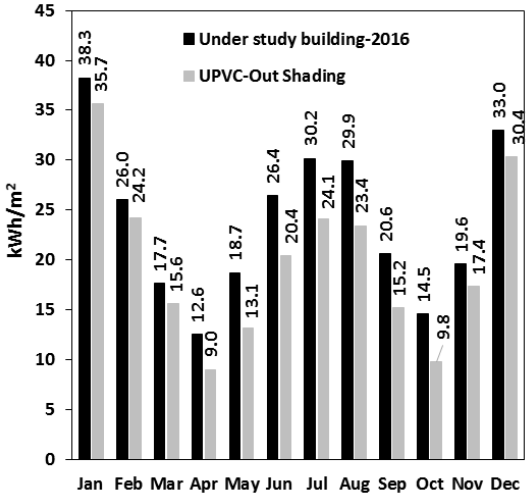


شکل ۷- مقایسه بار حرارتی ماهیانه ناشی از به‌کارگیری عایق در دیوار خارجی نسبت به حالت قبل از بهینه‌سازی (راهکار سوم)

Figure 7. A comparison of monthly heating load in case of installing an external insulating layer with the situation before optimization (third strategie)

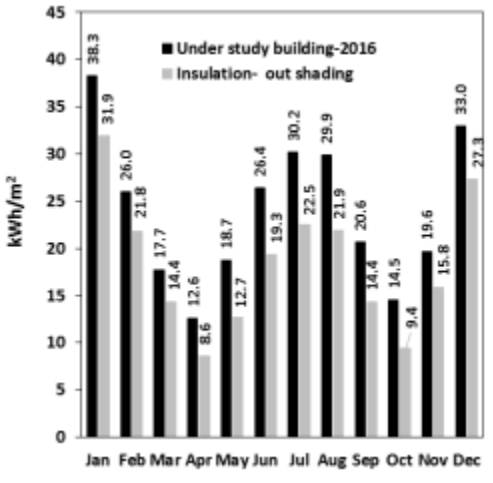
۲،۴. مقایسه ترکیبی راهکارهای سه‌گانه با حالت پایه

بار حرارتی ماهیانه حاصل از به‌کارگیری دوبه‌دو و مجموع سه راهکار پیشنهادی جهت بهینه‌سازی ساختمان در شکل‌های ۸ تا ۱۱ با حالت موجود ساختمان اداری نمونه موردی تحقیق مقایسه شده است.



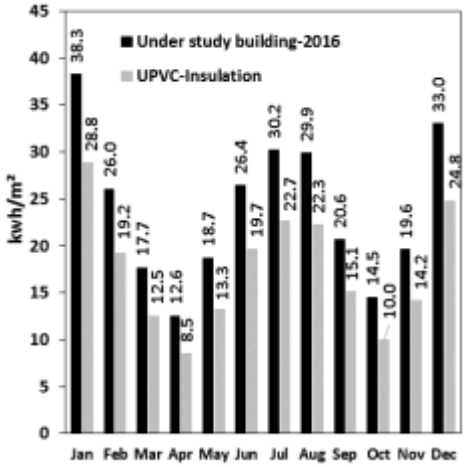
شکل ۸- مقایسه بار حرارتی ماهیانه ناشی از مجموع به‌کارگیری سایبان خارجی و پنجره دوجداره نسبت به حالت موجود (مجموع راهکارهای اول و دوم)

Figure 8. Comparison of monthly due to the application of out shading and double glazed window relative to the current state (first and second strategies)



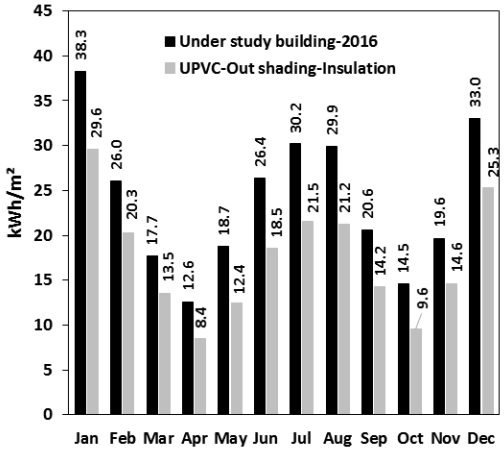
شکل ۹- مقایسه بار حرارتی ماهیانه ناشی از مجموع به‌کارگیری سایبان خارجی و عایق حرارتی نسبت به حالت پایه (مجموع راهکارهای اول و سوم)

Figure 9. Comparison of monthly the use of the external shading and thermal insulation to the present mode (first and third strategies)



شکل ۱۰- مقایسه بار حرارتی ماهیانه ناشی از مجموع به‌کارگیری پنجره دوجداره و عایق حرارتی نسبت به حالت موجود (مجموع راهکارهای دوم و سوم)

Figure 10. A comparison of the monthly to the use of double glazed window and thermal insulation compared to the present mode (second and third strategies)



شکل ۱۱- مقایسه بار حرارتی ماهیانه ناشی از به‌کارگیری مجموع راهکارهای بهینه‌سازی شده نسبت به حالت موجود (مجموع سه راهکار)

Figure 11. A comparison of monthly the use of the total strategies to the present mode (all strategies)

با مقایسه مجموع مصرف انرژی در حالت‌های مختلف بعد از اجرای راهکارها با حالت پایه مشخص می شود بـه ترتیـب راهکارهـای سایبان خارجی و پنجره UPVC، ۱۷/۱%، راهکارهـای سـایبان خارجی و عایق کاری دیوار خارجی، ۲۳/۴%، راهکارهای پنجره UPVC و عایق کاری دیوار خارجی، ۲۶/۶% و مجموع راهکارها ۲۷/۲% کاهش در مصرف انرژی را پیش‌بینی می‌کنند. نکته قابل توجه تأثیر منفی اجرای همزمان راهکار سایبان خارجی با راهکار تعویض پنجره های معمولی با پنجره دوجداره است. نتایج نشـان می دهد این موضع حتی باعث کاهش جزئی تأثیر راهکار تعویض پنجره‌های معمولی با پنجره دوجداره نیز می‌شود. علت این موضوع می‌تواند ناشی از بهره‌گیری کمتر از انرژی خورشید در زمان‌های مختلف علیرغم کم بودن ضریب انتقال حرارت کلی پنجره هـای دوجداره باشد.

۳. تأثیر راهکارهای مختلف کاهش مصرف انرژی بـر رده-بندی انرژی ساختمان اداری نمونه

در این تحقیق از نتایج سالیانه بار کلی محاسبه‌شده توسط نرم‌افزار شبیه‌ساز دیزاین بیلدر در شرایط موجود و راهکارهـای مختلـف صرفه جویی انرژی استفاده شده است. بررسی سـوابق رطوبـت و دمای هوا و مقایسه آن‌ها با شرایط استاندارد ۱۴۲۵۴ نشان می-دهد، اقلیم شهر سمنان، اقلیم نیمه‌خشک با شاخص مصرف انرژی ساختمان اداری ایده آل ۷۴ $kWh/m^2/year$ است. بـا محاسـبه نسبت انرژی، رده‌بندی مصرف انرژی ساختمان در حالات مختلف مطابق جدول ۲ به‌دست آمده است.

جدول ۲- تعیین رده مصرف انرژی ساختمان نمونه بر اساس حالات مختلف

Table 2. Determining the level of building energy consumption on the basis of different states

وضعیت ساختمان	بار سالیانه (kwh/m^2)	میزان صرفه‌جویی(٪)	نسبت انرژی (R)	رده مصرف انرژی
حالت معمولی	۲۸۷/۵۴	-	۳/۸۹	D
سایبان خارجی	۲۴۳/۷۳	۱۵/۲	۳/۲۹	D
پنجره UPVC	۲۳۴/۵۶	۱۸/۴	۳/۱۷	D
عایق‌کاری دیوار خارجی	۲۶۳/۹۷	۸/۲	۳/۵۷	D

سایبان خارجی و پنجره UPVC	۲۳۸/۲۷	۱۷/۱	۳/۲۱	D
سایبان خارجی و عایق‌کاری دیوار خارجی	۲۲۰/۰۹	۲۳/۴	۲/۹۷	C
پنجره UPVC و عایق‌کاری دیوار خارجی	۲۱۰/۹۴	۲۶/۶	۲/۸۵	C
سایبان خارجی و پنجره UPVC و عایق‌کاری دیوار خارجی	۲۰۹/۲۹	۲۷/۲	۲/۸۳	C

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، میزان مصرف انرژی یک ساختمان اداری در اقلیم سمنان با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر مورد بررسی قرار گرفت. راهکارهای به‌کارگیری سایبان افقی خارجی و حذف سایبان داخلی، جایگزینی پنجره با شیشه‌های دوجداره کم گسیل به‌جای تک جداره و نصب یک ورق عایق حرارتی در جدار خارجی ساختمان بررسی شد که به ترتیب ۱۵/۲، ۱۸/۴ و ۸/۲ درصد کاهش مصرف انرژی را نسبت به حالت معمولی به همراه داشته است. با توجه به این‌که می‌توان راهکارهای مختلف را همزمان نیز اجرا کرد، تأثیر دوبه‌دو و مجموع راهکارها نیز در نرم افزار بررسی شد. راهکارهای سایبان خارجی و پنجره UPVC، ٪ ۱۷/۱، راهکارهای سایبان خارجی و عایق‌کاری دیوار خارجی، ٪ ۲۳/۴، راهکارهای پنجره UPVC و عایق‌کاری دیوار خارجی، ٪ ۲۶/۶ و مجموع راهکارها ٪ ۲۷/۲ کاهش در مصرف انرژی را پیش بینی می کنند. در نهایت بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۲۵۴ رده مصرف انرژی ساختمان پس از اجرای هر یک از راهکارها محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد اجرای راهکار سایبان خارجی همزمان با راهکار تعویض پنجره‌های معمولی با پنجره دوجداره مناسب نیست و تأثیری در کاهش مصرف انرژی و بهبود رده مصرف انرژی ساختمان ندارد. در صورت شبیه‌سازی دقیق ساختمان‌های موجود و سپس اعتبار سنجی، می‌توان تأثیر راهکارهای مختلف را در کاهش مصرف انرژی و تغییر رده مصرف انرژی بصورت قابل اعتماد پیش‌بینی کرد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از شرکت گاز استان سمنان به دلیل در اختیار قرار دادن اطلاعات لازم، تقدیر و تشکر می‌شود.

Reference

1. ISIRI, Non Residential Building-Criteria for Energy Consumption and Energy Labeling Instruction Available *Building*, 4, Iranian National Standards Organization, 2011, pp. 4.
2. A. Stephan, R. H. Crawford, K. De Myttenaere, 2011, Towards a more holistic approach to reducing the energy demand of dwellings, *Procedia Engineering*, Vol. 21, pp. 1033-1041.
3. J. Holst, 2003, Using Whole Building Simulation Models &Optimizing Procedures to Optimise Builidng Envelope Design with Respect to Energy Consumption & Indoor Environment, *Proceedings of 8th International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands*.
4. A. Shahidian, F. Riasi, M. m. Amin, 2015, Energy Building Labeling in Iran with Energy Consumption Management Approach, *Scientific Journal of the Iranian Mechanical Engineers Association*, Vol. 24, No. 102, pp. 47-56.
5. H. Kargar Sharifabad, M. Jalilian, 2016, Energy rating of residential buildings in the city of Qom according to the national standard and the effect of several factors affecting it, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 16, No. 1, pp. 361-364.
6. B. Polly, N. Kruis, D. Roberts, 2012, Assessing and Improving the Accuracy of Energy Analysis for

Residential Buildings, *Office of Energy Efficiency and Renewable Energy*.

7. E. M. Ryan, T. F. Sanquist, 2012, Validation of building energy modeling tools under idealized and realistic conditions, *Energy and Buildings*, Vol. 47, pp. 375-382.
8. D. Zhu, T. Hong, D. Yan, C. Wang, 2013, A detailed loads comparison of three building energy modeling programs: EnergyPlus, DeST and DOE-2.1E, *Building Simulation*, Vol. 6, No. 3, pp. 323-335.
9. M. Stadler, R. Firestone, D. Curtil, C. Marnay, 2006, On-site generation simulation with EnergyPlus for commercial buildings, *Lawrence Berkeley National Laboratory*.
10. N. Eskin, H. Türkmen, 2008, Analysis of annual heating and cooling energy requirements for office buildings in different climates in Turkey, *Energy and Buildings*, Vol. 40, No. 5, pp. 763-773.
11. I. Lütkemeyer, J. Krause, G. Löhnert, H. König, D. Hennings, F. Sick, 2011, Energy-Plus Primary School, *Hohen Neuendorf, Germany*, pp. 1-8.
12. J. Joe, W. Choi, H. Kwon, J.-H. Huh, 2013, Load characteristics and operation strategies of building integrated with multi-story double skin facade, *Energy and buildings*, Vol. 60, pp. 185-198.
13. F. MehdizadehSeraj, M. M. Danesh, and H. Sanaeiyan, 2014, The Effects of Inner and Outer layers of Double Glazed Facade on the Rate of Energy Consumption in Official and Educational Buildings (Case study: Iran University of Science and Technology), *Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 16, pp. 181-190.
14. A. Sharghi and N. Azimi Fereidani, 2017, The role of slope shape roofs in heating energy consumption Based on thermal comfort, *Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 19, pp. 135-147.
15. J. Khodakarami, A. H. Peymanrad, A. R. Rashidfar, 2018, Practical ways to reduce energy consumption in a residential complex with the approach of focusing on the building roof, *Journal of Environmental Science and Technology*, Articles in Press, Accepted Manuscript.
16. L. Mirsaeidi, N. Mirrashid, 2018, The Effect of Tromb Wall System on Thermal Comfort in Temperate Climate (Case Study of a Residential Building in Gonbade Kavoos), *Journal of Environmental Science and Technology*, Articles in Press, Accepted Manuscript.
17. Software, Energyplus.2011."Energyplus Engineering Document help. "In the US Department of Energy.
18. A. Ebrahimpour, M. Maerefat, 2010, A method for generation of typical meteorological year, *Energy Conversion and Management*, Vol. 51, No. 3, pp. 410-417.
19. S. Erba, F. Causone, R. Armani, 2017, the effect of weather datasets on building energy simulation outputs, *Energy Procedia*, Vol. 134, No. Supplement C, pp. 545-554.