مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره یازده، بهمن ماه ۱۴۰۲ (۶۸-۵۳)

ارائه مدل بهینه سازی ساختمان جهت مقابله با اثرات منفی تغییرات اقلیمی در جهت کاهش مصرف انرژی

اردا زارعی[۱]

سینا فرد مرادی نیا[۲] *

fardmoradinia@iaut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۵/۲ **تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۲۹**

چکیده

زمینه و هدف: امروزه کلان شهر ها نقش بسیار مهمی در آلایندگی محیط زیست دارند، افزایش روزافزون جمعیت با افزایش مصرف سوخت های فسیلی و منابع انرژی همراه است که این موضوع باعث افزایش انتشارات گازهای گلخانه ای در اتمسفر میشود. اثرات افزایش گازهای گلخانه ای با بروز پدیده گلخانه ای سبب تغییرات اقلیمی می شود. با توجه به اتلاف زیاد انرژی در ساختمان های مسکونی موجود، هدف این تحقیق انتخاب راهکار مناسب برای بهینه سازی ساختمان و کاهش مصرف انرژی در این بخش است.

روش بررسی: در این تحقیق، در تاریخ ۱۳۹۸/۱۰/۱ ابتدا مقدار انرژی مصرفی سالانه یک تیپ ساختمان مسکونی ۸ طبقه در تبریز با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس شبیه سازی شد. سپس مقدار انرژی مصرفی سالانه ساختمان یاد شده با شرایط آب و هوای دو اقلیم متفاوت یزد و رشت نیز شبیه سازی شد تا میزان مصرف انرژی ساختمان در هر ۳ شهر مقایسه شود. سپس با کمک نرم افزار شبیه سازی JePlus، انرژی مصرفی حالت های مختلف ساختمان (جهت گیری، موقعیت، دما، اقلیم)، درهر ۳ شهر شبیه سازی شد تا رفتار ساختمان از لحاظ مصرف انرژی بررسی شود. در نهایت مقدار انرژی مصرفی گرمایشی و سرمایشی ساختمان به عنوان توابع هدف انتخاب شده و توسط نرم افزار JePlus + EA بهینه سازی انجام گرفت.

یافته ها: با توجه به متغیرهای تعریف شده در ورودی نرم افزار JePlus، ۴۳۲ حالت مصرف انرژی برای ساختمان به‌دست آمد. و با توجه به انتخاب انرژی مصرفی گرمایشی و سرمایشی ساختمان به عنوان توابع هدف، توسط نرم افزار JePlus + EA بهینه سازی انجام گرفت. نتایج بهینه سازی نشان داد با توجه به پارامترهای یکسان در نظر گرفته شده برای هر سه اقلیم، مصرف انرژی ساختمان در شهر رشت ۱۶ درصد، یزد ۱۴ درصد و تبریز ۱۲ درصد کاهش یافته است.

۱- گروه مهندسی عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. *(مسوول مکاتبات)

بحث و نتیجه گیری: بررسی نتایج این مطالعه نشان داد اگر ساختمان در جهت و موقعیت صحیح با توجه به نوع اقلیم و وضعیت آب و هوا (جهت تابش خورشید، دما، رطوبت و...) احداث شود و دمای گرمایش و سرمایش داخل ساختمان در حد آسایش تنظیم گردد، مصرف انرژی ساختمان نیز درحد قابل ملاحظه ای کاهش می‌یابد؛ در نتیجه از سهم هر ساختمان در میزان انتشار گاز دی اکسید کربن در اتمسفر که اثرگذارترین گاز در تغییرات اقلیمی است، کاسته می شود.

واژه های کلیدی: بهینه سازی ساختمان، تغییرات اقلیمی، انرژی ساختمان، نرم افزار جی ای پلاس، بارگرمایی و سرمایی.

J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No.11, February, 2024

Providing a Building Optimization Model to Counter the Negative Effects of Climate Change to Reduce Energy Consumption

Arda Zarei [1]
Sina Fard Moradinia [2 *]
fardmoradinia@iaut.ac.ir

Admission Date: February 17, 2021 Date Received: July 23, 2020

Abstract

Background and Objective: Today, metropolises play a very important role in environmental pollution, increasing population is associated with increasing consumption of fossil fuels and energy resources, which increases greenhouse gas emissions into the atmosphere. The effects of increasing greenhouse gases with the occurrence of greenhouse phenomena cause climate change. Due to the high energy loss in residential buildings, The purpose of this study is to select an appropriate solution to optimize the building and reduce energy consumption in this sector.

Material and Methodology: In this research, first, the annual energy consumption of a type of 8-storey residential building in Tabriz was simulated using Energy Plus software. Then, the annual energy consumption of the building was simulated with the weather conditions of two different climates of Yazd and Rasht to compare the energy consumption of the building in all 3 cities. Then, with JePlus simulation software, the energy consumption of different building modes (orientation, position, temperature, climate) was simulated in all 3 cities to study the behavior of the building in terms of energy consumption. Finally, the amount of heating and cooling energy consumption of the building was selected as the target functions and optimized by JePlus + EA software.

Findings: According to the variables defined in the input of JePlus software, 432 energy consumption modes were obtained for the building. And according to the selection of heating and cooling energy consumption of the building as target functions, optimization was done by JePlus + EA software. The optimization results showed that according to the same parameters considered for all three climates, building energy consumption in Rasht has decreased by 16%, Yazd by 14% and Tabriz by 12%.

Discussion and Conclusion: The results showed that if the building is built in the right direction and position according to the type of climate and weather conditions (for sunlight, temperature, humidity, etc.) and the heating and cooling temperature inside the building is set to comfort, The energy consumption of the building is also significantly reduced As a result, the share of each building in the amount of carbon dioxide emissions into the atmosphere, which is the most effective gas in climate change, is reduced.

Keywords: Building optimization, climate change, building energy, JePlus software, heat and cold load.

1- Department of Civil Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
*(*Corresponding author*)

مقدمه

تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی به عنوان تهدیدات اصلی جوامع انسانی اساسا با مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه است. بخش مسکونی، که به ترتیب ۲۷ و ۱۷ درصد از مصرف انرژی جهانی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می-دهد، نقش مهمی در کاهش تغییرات آب و هوایی جهانی دارد. مصرف انرژی جهانی مسکونی در سال های ۲۰۰۰ الی۲۰۱۱، ۱۴ درصد افزایش داشته است. در این پژوهش در راستای هدف کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی، تلاش شده است تا تاثیر کاربرد نرم افزار JePlus، در بهینه سازی فایل انرژی پلاس با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ژنتیک چند هدفه بررسی شود.

در این تحقیق، در تاریخ ۱۳۹۸/۱۰/۱ میزان مصرف انرژی یک ساختمان مسکونی در تبریز با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس شبیه سازی شد. سپس مقدار انرژی مصرفی سالانه ساختمان مذکور با شرایط آب و هوای دو اقلیم متفاوت یزد و رشت نیز شبیه سازی شد تا میزان مصرف انرژی ساختمان در هر ۳ شهر مقایسه شود. سپس با کمک نرم افزار JePlus، انرژی مصرفی حالت های مختلف ساختمان (جهت گیری، موقعیت ، دما، اقلیم)، درهر ۳ شهر شبیه سازی شد تا رفتار ساختمان از لحاظ مصرف انرژی بررسی شود. در آخر با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ژنتیک چند هدفه توسط نرم افزار JePlus+EA بهینه سازی صورت گرفت.

مطالعه و تحقیقات انجام شده در خصوص اثرات تغییرات اقلیمی و بهینه سازی انرژی ساختمان به شرح جدول ۱ می باشد.

جدول ۱- مطالعه و تحقیقات انجام شده در خصوص اثرات تغییرات اقلیمی و بهینه سازی انرژی ساختمان

Table 1. Study and research on the effects of climate change and building energy optimization

ردیف	نویسنده	عنوان مقاله	نتیجه
۱	اصغری و همکاران(۱)	تحلیل انرژی بار سرمایشی ساختمان با استفاده از سایبان و عایق حرارت در سه اقلیم گرم، معتدل و سرد ایران	نتایج نشان داد که کاربرد عایق حرارتی حتی با ضخامت یک سانتیمتر تاثیر خوبی در کاهش مصرف انرژی دارد.
۲	ایرانی و نصرالهی(۲)	بررسی تغییرات اقلیمی در بازه سالهای ۲۰۲۰ -۲۰۸۰	براساس شبیه سازی انجام شده دمای کره زمین رو به افزایش است به همین دلیل نیاز به تولید بارگرمایی در منازل کم می شود.
۳	محرمی و همکاران(۳)	مروری بر تاثیر تغییر المانهای ساختمانی بر بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های مسکونی	انرژی نهفته، انرژی مصرفی توسط کلیه فرآیندهای مرتبط در تولید یک ساختمان است. مثلا در منطقه‌ای که سنگ آهن موجود می‌باشد مناسب‌ترین سازه بکارگیری فولاد می‌باشد.
۴	نصیرزاده و شفیعی(۴)	برر سی رویکرد ساختمان سبز و سازگار با محیط زیست در طراحی ساختمان های اداری جهت بهینه سازی و ذخیره از انرژی	نتایج نشان می‌دهند سرمایه‌گذاری در احداث مولدهای فتوولتائیک دارای خالص ارزش فعلی و نرخ بازده داخلی بالایی می‌باشند.
۵	رحمانی و همکاران(۵)	ارائه یک مدل بهینه سازی چند هدفه برای افزایش کارایی انرژی در ساختمان های مسکونی	بخش عمده ای از اتلاف بیش از حد انرژی در بخش ساختمان در ایران، به دلیل مصالح و تجهیزات غیراستاندارد به کار رفته در ساختمان ها و انتخاب نامناسب پوشش ساختمان هاست.

۶	غیبی و همکاران(۶)	بررسی عددی و تجربی برافروختگی نماهای شیشه ای در ساختمانهای اداری در اقلیم گرم و خشک	عامل اصلی اتلاف حرارت ساختمان، جبهه جنوبی ساختمان (دارای نمای شیشه ای در برابر تابش مستقیم آفتاب) می باشد. بنابراین پس از بررسی راه حل‌های مختلف، چرخش ۱۸۰ درجه ای ساختمان مد نظر قرار گرفت.
۷	خداکرمی و قبادی(۷)	بهینه سازی مصرف انرژی در یک ساختمان اداری مجهز به سیستم هوشمند	یافته‌های شبیه‌سازی نشان داد که امکان کاهش بیش از ۳۵ الی ۴۰ درصد مصرف انرژی سالانه وجود داشته و بیشترین میزان صرفه‌جویی در بخش‌های سرمایش و روشنایی است.
۸	ضرغامی و ادیبی(۸)	ارزیابی عملکرد حرارتی بام سبز در پایداری و بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان های مسکونی در اقلیم گرم وخشک ایران	نتایج نشان می‌دهد که چنانچه گیاه دارای ارتفاع کمتر، لایه بستر کشت عمیق‌تر و شاخص مساحت برگ بیشتر باشد، تا حدود ۸/۵۴ ٪ در مصرف انرژی سالیانه ساختمان صرفه‌جویی به عمل آمده است.
۹	ابراهیم پور و کریمی واحد(۹)	روش های مناسب بهینه سازی مصرف انرژی دریک ساختمان دانشگاهی در تبریز	نتایج نشان داد که درساختمان بهینه‌سازی شده، میزان مصرف انرژی در کل ساختمان، در زمستان حدود ۳۵ ٪، در تابستان حدود ۴۴ ٪ و در کل سال ۴۰ ٪ کاهش پیدا کرده است.
۱۰	جی ال گان و همکاران(۱۰)	بهینه سازی تکاملی برای طراحی کارآمد انرژی ساختمان های مسکونی مرتفع	یک روش بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیکی تکاملی (GA) برای کشف سیستماتیک، بهترین ضریب طرح ریزی توسعه یافته است.
۱۱	جورجیو و همکاران(۱۱)	بهینه سازی زمان محدب انرژی از طریق ذخیره سازی الکتریکی در ساختمان ها	مصرف انرژی با بهینه‌سازی انرژی باتری روشی امیدوارکننده برای مدیریت مصرف انرژی به نظر می‌رسد.
۱۲	راجیو کمال و همکاران(۱۲)	کنترل استراتژیک و بهینه سازی ذخیره انرژی حرارتی در ساختمان ها با استفاده از انرژی پلاس	از مدل‌های ریاضی ذخیره انرژی برای تغییر اوج تقاضای برق و استفاده از زمان تعرفه روز به عنوان متغیر تصمیم و کاهش استفاده شد. دستیابی به کاهش هزینه سالانه ۱۰ تا ۱۷ درصد برای مصرف کنندگان میسر شد.
۱۳	گورسل و مارال(۱۳)	تأثیر تغییرات آب و هوا بر ساختمان‌های مسکونی موجود در ترکیه	نتیجه این ارزیابی سه سناریو مختلف است که راه حل‌های مختلفی را نسبت به خنک کننده های فضا ایجاد می‌کنند.
۱۴	گرکچک و دورموش(۱۴)	انرژی و تصمیم‌گیری مبتنی بر عملکرد محیطی فرآیند پشتیبانی از مراحل اولیه طراحی ساختمان‌های مسکونی	نتایج نشان می‌دهد که مهمترین پارامترها مربوط به سطوح شفاف نمای ساختمان است. و ضریب انتقال حرارت (SHGC) پنجره ها، بیشترین تأثیر را در انرژی و عملکرد محیطی مسکونی دارد.
۱۵	کلارک و همکاران(۱۵)	بررسی پیامدهای احتمالی آینده تغییرات آب و هوا بر مخارج انرژی ساختمان در اطراف	ایجاد هزینه‌های انرژی در آینده نتایج نشان می‌دهد که تغییرات در هزینه‌های خالص در کل یکنواخت نیست.

۱۶	فراه و همکاران(۱۶)	ادغام تغییرات آب و هوا در داده‌های هواشناسی برای شبیه‌سازی انرژی ساختمان	نتایج نشان می‌دهد که انرژی حرارتی در شرایط آب و هوایی فعلی برای ارزیابی دقیق عملکرد انرژی یک ساختمان کافی نیست.
۱۷	زای و هلمن(۱۷)	پیامدهای تغییرات آب و هوایی در انرژی ساختمان و طراحی	تأثیرات احتمالی تغییرات آب و هوا در ۵۶ منطقه مورد بررسی نشان داد که به طور مستقیم به مصرف انرژی و طراحی انرژی مربوط می‌شود.
۱۸	ییت و ازورهان(۱۸)	روشی برای کمک به طراحان ضمن برآوردن الزامات آیین‌نامه‌های دولتی و برنامه‌های صدور گواهینامه ساختمان سبز	استفاده از نرم افزارMatlab Optimtool بسته ای که از یک نرم افزار شبیه سازی حرارتی خطی ساخته شده است و یک روش ساده، انعطاف پذیر، کارآمد و کاربر پسند برای کاهش هزینه انرژی می باشد.
۱۹	خیری(۱۹)	روش‌های بهینه‌سازی استفاده شده در طراحی پوشش و هندسه ساختمان با انرژی موثر	پارامترهای پوشش ساختمان و تنظیمات هندسی می توانند به میزان قابل توجهی بر انرژی ساختمان تأثیر بگذارند
۲۰	سمبریز و همکاران(۲۰)	برنامه‌ریزی و راه حل‌های بهینه‌سازی انرژی عملیاتی برای ساختمان‌های هوشمند	با مدیریت مؤثر و خودکار عناصر ساختمان با استفاده از رفتار انسانی مدل‌ها، مصرف کلی انرژی کاهش می یابد.
۲۱	ژائو و همکاران(۲۱)	عملکرد مصرف انرژی با توجه به تغییرات آب و هوایی در یک ساختمان اداری	تایج شبیه‌سازی نشان داد آب و هوا تأثیر جزئی بر بار خنک کننده ساختمان می‌گذارد.
۲۲	شی و همکاران(۲۲)	بهینه‌سازی طراحی انرژی کارآمد در ساختمان	موتورهای شبیه‌سازی، الگوریتم‌های بهینه‌سازی و برنامه‌های کاربردی بهینه‌سازی طراحی انرژی کارآمد در ساخت و ساز، یک تکنیک امیدوارکننده برای طراحی ساختمان‌هایی با مصرف انرژی بالاتر است.

روش تحقیق

در این تحقیق در تاریخ ۱۳۹۸/۱۰/۱ میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان یک بلوک از چهار بلوک واقع در یک مجتمع مسکونی ۶۴ واحدی در شهر تبریز با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس شبیه‌سازی شد. سپس همین ساختمان در دو اقلیم متفاوت یزد و رشت نیز مدل‌سازی و نتایج با هم مقایسه شد. سپس با کمک نرم افزار JePlus انرژی مصرفی ساختمان در حالت‌های مختلف (جهت گیری، موقعیت، دما، اقلیم)، درهر ۳ اقلیم شبیه‌سازی شد. در نهایت مقدار انرژی مصرفی گرمایشی و سرمایشی ساختمان به عنوان توابع هدف انتخاب شده و توسط نرم افزار JePlus + EA بهینه سازی انجام گرفت.

مشخصات ساختمان مورد نظر

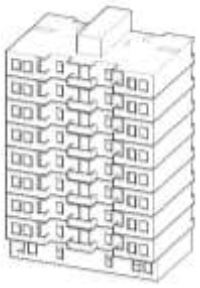
ساختمان مورد نظر، یک بلوک از چهار بلوک در یک مجتمع مسکونی ۶۴ واحدی، واقع در منطقه ائل گلی شهر تبریز است. ساختمان از ۸ طبقه، هر طبقه دو واحد، هر واحد ۱۳۰ مترمربع، هم تیپ و یک طبقه هم کف تشکیل شده است (شکل۱). اسکلت بتن آرمه، مساحت کف آن در حدود ۲۶۰متر مربع می باشد. نمای مدل سازی شده ساختمان در شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده است. مدل سازی ساختمان به طور کامل با درنظر گرفتن تمام پنجره ها ودرب ها انجام شده است.

شکل ۱- نقشه طبقه همکف و طبقات ۱ تا ۸

Figure 1. Ground Floor & 1-8 Floors maps

شکل ۲- نمای سه بعدی ساختمان (نمای غربی)

Figure 2. D view of the building(W)



شکل ۳- نمای سه بعدی ساختمان (نمای شرقی)

Figure 3. D view of the building(E)

نرم افزار انرژی پلاس

انرژی پلاس یک نرم افزار تحلیل انرژی و شبیه سازی حرارتی است که با توجه به تعریف مشخصات ساختمان توسط کاربر، خروجی‌های متعددی از جمله سرمایش و گرمایش و روشنایی و خروجی‌های دیگر را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. این نرم افزار بر اساس ترکیبی از برنامه‌های دی او ای (Doe) و بلاست (Blastt) عمل می‌کند. تحلیل و محاسبات بر اساس تعادل حرارتی در کل ناحیه شبیه سازی صورت می‌گیرد. این کار مستلزم استفاده از داده های آب و هوایی می‌باشد. در این تحقیق داده های مورد نیاز پروژه از جمله میزان دما، تابش، بارندگی و کلیه فایل‌های اقلیمی، از داده‌های نمونه هوایی ای پی دبیلیو (EPW)، استفاده شده است.

نرم افزار JePlus

نرم افزار JePlus [1] برای مطالعه پارامتری فایل IDF انرژی پلاس توسط دکتر یی ژانگ[2] در انگلستان کدنویسی و توسعه داده شده است و مبتنی بر زبان جاوا (Java) کار می‌کند. این برنامه برای پاسخ‌گویی به الزامات تحقیقات ساخته شده است و با دانش و مهارت کاربران خود مدام در حال پیشرفت است و به همین دلیل یک ابزار بسیار تخصصی برای پر کردن شکاف در زمینه مدل‌سازی موجود است. البته می‌توان با استفاده از "درخت پارامتر"، تمام گزینه‌های طراحی را در JePlus تعریف کرد. اگر یک طرح ساختمان شامل ده پارامتر باشد، تعداد راه‌حل‌های طراحی به‌راحتی می‌تواند تا میلیون‌ها اضافه شود. در این موارد، برای شناسایی راه‌حل طراحی خوب (نه بهترین) باید از تکنیک-های بهینه‌سازی استفاده شود.

1- JEPlus – An EnergyPlus simulation manager for arametrics

2- Dr. Yi Zhang

نرم افزار JePlus + EA [1]

این نرم افزار نیز توسط دکتر یی ژانگ توسعه داده شده است و با الگوریتم NSGA 2 [2](بهترین و جامع‌ترین الگوریتم بهینه-سازی) مخصوصا در بهینه‌سازی‌های چند هدفه، کار می‌کند. این برنامه نیز مبتنی بر زبان جاوا کار می‌کند و نتایج به‌دست آمده در فایل JePlus را با تفهیم توابع هدف به آن بهینه‌سازی می-کند. این الگوریتم بهینه‌سازی فقط یک تابع را بهینه نمی‌کند بلکه توابع هدف به صورت دسته‌ای از جواب ها در یک نمودار به اسم پارتو (Pareto Chart) شناسایی می‌شوند.

یافته ها

نتایج نرم افزار انرژی پلاس (انرژی مصرفی سالانه ساختمان در تبریز، یزد و رشت)

میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان مسکونی، با مشخصات و داده های ذکر شده ورودی: فایل آب و هوایی (تبریز، یزد و رشت) جهت گیری ساختمان ۹۰ درجه، موقعیت ساختمان در شهر، دمای سیستم گرمایش ۲۳ درجه سانتیگراد و دمای سیستم سرمایش ۲۶ درجه، در نرم افزار انرژی پلاس شبیه‌سازی شد و مقدار انرژی مصرفی برای روشنایی داخلی، گرمایش و سرمایش ساختمان، طبق جداول ۲، ۳ و ۴ به‌دست آمد.

جدول ۲- نتایج انرژی مصرفی سالانه ساختمان در تبریز (ژول)

Table 2. Results of annual energy consumption of buildings in Tabriz (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
تبریز ، ۹۰ ، شهر ، ۲۶ ، ۲۳	۶/۵۱E۱۰	۱/۱۶E۱۲	۷/۳۲E۱۰	۱/۳۰E۱۲

جدول ۳- نتایج انرژی مصرفی سالانه ساختمان در یزد (ژول)

Table 3. Results of annual energy consumption of buildings in Yazd (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
یزد ، ۹۰ ، شهر ، ۲۶ ، ۲۳	۶/۵۱E۱۰	۴/۹۵E۱۱	۲/۰۳E۱۱	۷/۶۳E۱۱

جدول ۴- نتایج انرژی مصرفی سالانه ساختمان در رشت (ژول)

Table 4. Results of annual energy consumption of buildings in Rasht (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
رشت، ۹۰ ، شهر، ۲۶ ، ۲۳	۶/۵۱E۱۰	۶/۶۳E۱۱	۱/۱۲E۱۱	۸/۴۰E۱۱

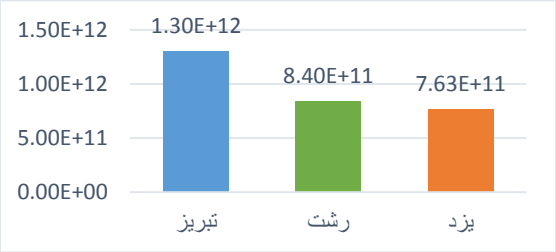
مقایسه مصرف انرژی کل سالانه ساختمان در تبریز، یزد و رشت

۱- انرژی مصرفی کل سالانه ساختمان در شهر تبریز ۱/۵ برابر بیشتر از انرژی مصرفی شهر رشت می باشد. (شکل۴)

۲- انرژی مصرفی کل سالانه ساختمان در شهر تبریز ۱/۷ برابر بیشتر از انرژی مصرفی شهر یزد می باشد. (شکل۴)

1- JePlus+EA: jEPlus optimisation tool

2- NSGA 2: Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm



شکل ۴- نمودار مقایسه مصرف انرژی کل سالانه ساختمان در تبریز، یزد و رشت (ژول)

Figure 4. Comparison chart of total annual energy consumption of buildings in Tabriz, Yazd and Rasht (Joule)

نتایج نرم افزار JePlus

بررسی نتایج شهر تبریز : با توجه به متغیرهای تعریف شده در ورودی نرم افزار JePlus ، ۱۴۴ حالت خروجی برای شهر تبریز به‌دست آمد. ۳ حالت آن جهت مقایسه انتخاب شدند: حالت پایه (جدول۵)، کمترین مقدار انرژی (جدول۶) و بیشترین مقدار انرژی (جدول۷)

جدول ۵- نتایج انرژی مصرفی سالانه ساختمان در تبریز- حالت پایه (ژول)

Table 5. Results of annual energy consumption of buildings in Tabriz - baseline (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
تبریز، ۹۰ ، شهر، ۲۶، ۲۳	۶/۵۱E۱۰	۱/۱۶E۱۲	۷/۳۲E۱۰	۱/۳۰E۱۲

جدول ۶- کمترین مقدار انرژی مصرفی کل سالانه ساختمان در تبریز (ژول)

Table 6. The lowest total annual energy consumption of the building in Tabriz (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت ، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
تبریز، ۱۸۰ ، حومه، ۲۷ ، ۲۱	۶/۵۱E۱۰	۹/۱۸E۱۱	۴/۴۰E۱۰	۱/۰۳E۱۲

جدول ۷- بیشترین مقدار انرژی مصرفی کل سالانه ساختمان در تبریز (ژول)

Table 7. The highest annual energy consumption of the building in Tabriz (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
تبریز، ۴۵، حومه، ۲۵ ، ۲۳	۶/۵۱E۱۰	۱/۱۸E۱۲	۷/۷۰E۱۰	۱/۳۳E۱۲

بررسی نتایج نشان می‌دهد: از ۱۴۴ حالت ایجاد شده در شهر تبریز، ۲۵حالت بزرگتر از حالت پایه و ۱۱۸ حالت کوچکتر از حالت پایه می‌باشند. یعنی ۸۳ ٪ مقادیر انرژی مصرفی کل به‌دست آمده از نرم افزار JePlus، کمتر از مقدار پایه می‌باشند.

این عدد نشان می‌دهد که ساختمان در حالت پایه، برای احداث در شهر در تبریز مناسب نیست.

بررسی نتایج شهر یزد: با توجه به متغیرهای تعریف شده در ورودی نرم افزار JePlus، ۱۴۴ حالت خروجی برای شهر یزد به‌دست آمد. ۳ حالت آن جهت مقایسه انتخاب شدند: حالت پایه

(جدول۸)، کمترین مقدار انرژی (جدول ۹) و بیشترین مقدار انرژی (جدول ۱۰)

جدول ۸- نتایج انرژی مصرفی سالانه ساختمان در یزد - حالت پایه (ژول)

Table 8. Results of annual energy consumption of buildings in Yazd - baseline (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
یزد، ۹۰ ، شهر، ۲۶ ، ۲۳	۶/۵۱E۱۰	۴/۹۵E۱۱	۲/۰۳E۱۱	۷/۶۳E۱۱

جدول ۹- کمترین مقدار انرژی مصرفی کل سالانه ساختمان در یزد (ژول)

Table 9. The lowest total annual energy consumption of the building in Yazd (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
یزد، ۱۸۰ ، شهر، ۲۷ ، ۲۱	۶/۵۱E۱۰	۳/۱۳E۱۱	۱/۴۶E۱۱	۵/۲۴E۱۱

جدول ۱۰- بیشترین مقدار انرژی مصرفی کل سالانه ساختمان در یزد (ژول)

Table 10. The highest annual energy consumption of the building in Yazd (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
یزد، ۹۰ ، حومه، ۲۵ ، ۲۳	۶/۵۱E۱۰	۴/۹۷E۱۱	۲/۲۴E۱۱	۷/۸۶E۱۱

بررسی نتایج نشان می‌دهد: از ۱۴۴ حالت ایجاد شده در شهر یزد، ۱۳ حالت بزرگتر از حالت پایه و ۱۳۰ حالت کوچکتر از حالت پایه می‌باشند. یعنی ۹۱٪ مقادیر انرژی مصرفی کل به‌دست آمده از نرم افزار JePlus، کمتر از مقدار پایه می باشند. این عدد نشان می‌دهد که ساختمان در حالت پایه، برای احداث در شهر یزد مناسب نیست.

بررسی نتایج شهر رشت: با توجه به متغیرهای تعریف شده در ورودی نرم افزارJePlus، ۱۴۴ حالت خروجی برای شهر رشت به‌دست آمد. ۳ حالت آن جهت مقایسه انتخاب شدند: حالت پایه (جدول۱۱)، کمترین مقدار انرژی (جدول۱۲) و بیشترین مقدار انرژی (جدول۱۳)

جدول ۱۱- نتایج انرژی مصرفی سالانه ساختمان در رشت - حالت پایه (ژول)

Table 11.Results of annual energy consumption of buildings in Rasht - baseline (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
رشت، ۹۰ ، شهر، ۲۶ ، ۲۳	۶/۵۱E۱۰	۶/۶۳E۱۱	۱/۱۲E۱۱	۸/۴۰E۱۱

جدول ۱۲- کمترین مقدار انرژی مصرفی کل سالانه ساختمان در رشت (ژول)

Table 12. The lowest total annual energy consumption of the building in Rasht (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری ، موقعیت، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
رشت، ۱۸۰ ، شهر، ۲۷ ، ۲۱	۶/۵۱E۱۰	۴/۱۳E۱۱	۷/۰۸E۱۰	۵/۴۹E۱۱

جدول ۱۳- بیشترین مقدار انرژی مصرفی کل سالانه ساختمان در رشت (ژول)

Table 13. The highest annual energy consumption of the building in Rasht (joule)

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	روشنایی داخلی	گرمایش	سرمایش	انرژی مصرفی کل (ژول)
رشت، ۳۱۵ ، حومه، ۲۵ ، ۲۳	۶/۵۱E۱۰	۶/۸۲E۱۱	۱/۲۱E۱۱	۸/۶۸E۱۱

بررسی نتایج نشان می‌دهد: از ۱۴۴ حالت ایجاد شده در شهر رشت، ۱۶ حالت بزرگتر از حالت پایه و ۱۲۷ حالت کوچکتر از حالت پایه می‌باشند. یعنی ۸۹ ٪ مقادیر انرژی مصرفی کل به‌دست آمده از نرم افزار JePlus کمتر از مقدار پایه می‌باشند. این عدد نشان می‌دهد که ساختمان درحالت پایه، برای احداث در شهر رشت مناسب نیست.

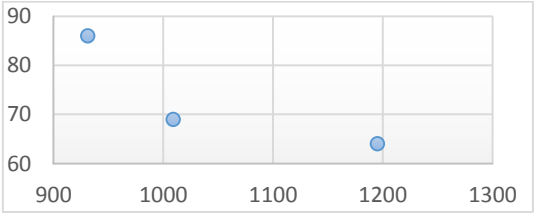
نتایج نرم افزار Je Plus + EA

نتیجه بهینه سازی ساختمان در تبریز، یزد و رشت: بعد از وارد کردن ورودی‌ها در نرم افزار شامل: فایل JePlus، فایل آب و هوایی (تبریز، یزد و رشت) و تعریف مقدار انرژی گرمایشی و سرمایشی به عنوان توابع هدف، خروجی نرم افزار طبق جداول ۱۴، ۱۵ و ۱۶ ایجاد شد. مقادیر بهینه‌سازی شده با تعریف مقدار مصرف انرژی گرمایشی در محور افقی و انرژی سرمایشی در محور عمودی، به‌صورت نمودار پارتو در فضای ترسیم ظاهر می‌شوند. (شکل ۵ ، ۶ و ۷)

جدول ۱۴- نتیجه بهینه سازی ساختمان در تبریز

Table 14. Results of building optimization in Tabriz

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	گرمایش (گیگا ژول)	سرمایش (گیگا ژول)
تبریز ، ۴۵ ، حومه ، ۲۶ ، ۲۳	۱۱۹۵	۶۴
تبریز ، ۱۸۰ ، شهر ، ۲۵ ، ۲۲	۱۰۰۹	۶۹
تبریز ، ۹۰ ، شهر ، ۲۵ ، ۲۱	۹۳۱	۸۶



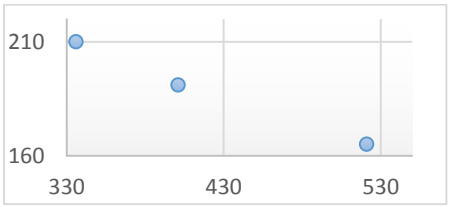
شکل ۵- نمودار نتیجه بهینه سازی ساختمان در تبریز

Figure 5. Graph of the result of building optimization in Tabriz

جدول ۱۵- نتیجه بهینه سازی ساختمان در یزد

Table 15. The result of building optimization in Yazd

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	گرمایش (گیگا ژول)	سرمایش (گیگا ژول)
یزد، ۳۱۵ ، حومه، ۲۷، ۲۳	۵۲۱	۱۶۵
یزد، ۲۲۵ ، شهر، ۲۶ ، ۲۲	۴۰۱	۱۹۱
یزد، ۱۳۵ ، حومه، ۲۵ ، ۲۱	۳۳۶	۲۱۰



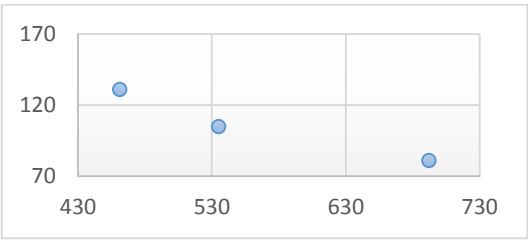
شکل ۶- نمودار نتیجه بهینه سازی ساختمان در یزد

Figure 6. Diagram of the result of building optimization in Yazd

جدول ۱۶- نتیجه بهینه سازی ساختمان در رشت

Table 16. The result of building optimization in Rasht

فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	گرمایش (گیگا ژول)	سرمایش (گیگا ژول)
رشت، ۴۵ ، حومه، ۲۷ ، ۲۳	۶۹۲	۸۱
رشت، ۱۳۵ ، شهر، ۲۶ ، ۲۲	۵۳۵	۱۰۵
رشت، ۹۰ ، حومه، ۲۵ ، ۲۱	۴۶۱	۱۳۱



شکل ۷- نمودار نتیجه بهینه سازی ساختمان در رشت

Figure 7. Diagram of the result of building optimization in Rasht

بررسی نتیجه بهینه سازی ساختمان در تبریز: ۱- جهت گیری با زاویه ۱۸۰ درجه۲- موقعیت احداث در شهر ۳- دمای سرمایش ۲۵ درجه ۴ - دمای گرمایش ۲۲ درجه، دارای حالت بهینه درمصرف انرژی کل سالیانه است. (شکل ۵)

بررسی نتیجه بهینه سازی ساختمان در یزد: ۱- جهت گیری با زاویه ۲۲۵ درجه ۲- موقعیت احداث در شهر ۳- دمای سرمایش ۲۶ درجه ۴- دمای گرمایش ۲۲ درجه، دارای حالت بهینه در مصرف انرژی کل سالیانه است.(شکل ۶)

بررسی نتیجه بهینه سازی ساختمان در رشت: ۱- جهت گیری با زاویه ۱۳۵ درجه ۲- موقعیت احداث در شهر ۳- دمای سرمایش ۲۶ درجه ۴- دمای گرمایش ۲۲ درجه، دارای حالت بهینه در مصرف انرژی کل سالیانه است. (شکل ۷)

مقایسه نتایج انرژی مصرفی سالانه ساختمان در دو حالت پایه و بهینه

نتایج انرژی مصرفی سالانه ساختمان در دو حالت پایه و بهینه در ۳ شهر تبریز، یزد و رشت به شرح جدول ۱۷ می باشد.

جدول ۱۷- مقایسه نتایج انرژی مصرفی سالانه ساختمان در دو حالت پایه و بهینه (گیگا ژول)

Table 17. Comparison of the results of annual energy consumption of the building in two basic and optimal modes (Giga joules)

ردیف	اقلیم	فایل آب و هوا، جهت گیری، موقعیت، سرمایش، گرمایش	حالت	روشنایی داخلی (گیگا ژول)	گرمایش (گیگا ژول)	سرمایش (گیگا ژول)	انرژی مصرفی کل (گیگا ژول)	مقدار کاهش انرژی مصرفی کل (گیگا ژول)	درصد بهینه سازی
۱	تبریز	تبریز، ۹۰ ، شهر، ۲۶ ، ۲۳	پایه	۶۵/۱	۱۱۶۰	۷۳/۲	۱۳۰۰	۱۶۰	۱۲
۲	تبریز	تبریز، ۱۸۰ ، شهر، ۲۵ ، ۲۲	بهینه	۶۵/۱	۱۰۰۹	۶۹	۱۱۴۰		
۳	یزد	یزد، ۹۰ ، شهر، ۲۶ ، ۲۳	پایه	۶۵/۱	۴۹۵	۲۰۳	۷۶۳	۱۰۶	۱۴
۴	یزد	یزد، ۲۲۵ ، شهر، ۲۶ ، ۲۲	بهینه	۶۵/۱	۴۰۱	۱۹۱	۶۵۷		
۵	رشت	رشت، ۹۰ ، شهر، ۲۶ ، ۲۳	پایه	۶۵/۱	۶۶۳	۱۱۲	۸۴۰	۱۳۵	۱۶
۶	رشت	رشت، ۱۳۵ ، شهر، ۲۶ ، ۲۲	بهینه	۶۵/۱	۵۳۵	۱۰۵	۷۰۵		

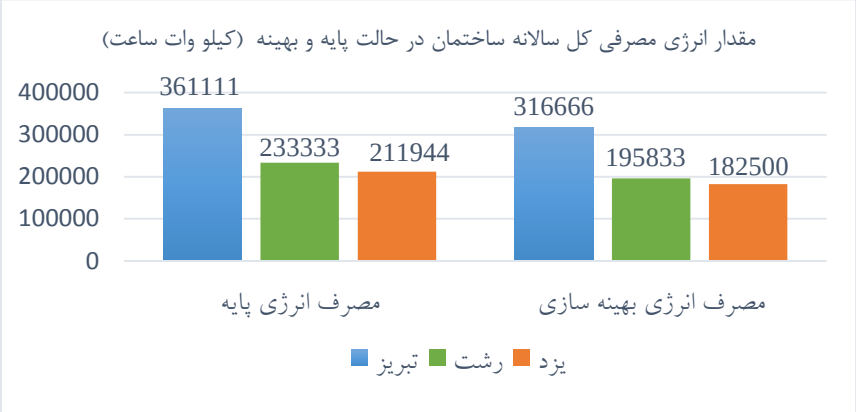
بررسی نتایج طبق جدول ۱۷ نشان داد:

۱- میزان مصرف انرژی گرمایشی سالانه ساختمان در حالت بهینه سازی شده در شهر تبریز، یزد و رشت به ترتیب به میزان ۱۵۱، ۹۴ و ۱۲۸ گیگا ژول معادل ۴۱۹۴۴، ۲۶۱۱۱ و ۳۵۵۵۵ کیلو وات ساعت نسبت به حالت پایه کاهش یافته است.

۲- میزان مصرف انرژی سرمایشی سالانه ساختمان در حالت بهینه سازی شده در شهر تبریز، یزد و رشت به ترتیب به میزان ۴، ۱۲ و ۷ گیگا ژول معادل ۱۱۱۱، ۳۳۳۳ و ۱۹۴۴ کیلو وات ساعت نسبت به حالت پایه کاهش یافته است.

۳- میزان مصرف انرژی مصرفی کل سالانه ساختمان تبریز، یزد و رشت به ترتیب به میزان ۱۶۰، ۱۰۶ و ۱۳۵ گیگا ژول معادل ۴۴۴۴۴، ۲۹۴۴۴ و ۳۷۵۰۰ کیلو وات ساعت کاهش یافته است. (شکل۸)

۴- درصد بهینه‌سازی مصرف انرژی کل سالانه ساختمان تبریز، یزد و رشت به ترتیب ۱۲، ۱۴ و ۱۶ درصد است. (شکل۹)



شکل ۸- مقایسه نتایج مصرف انرژی کل سالانه ساختمان دردو حالت پایه و بهینه در تبریز، یزد و رشت(کیلووات ساعت)

Figure 8. Comparison of the results of the total annual energy consumption of the building in basic and optimal conditions in Tabriz, Yazd and Rasht(kW.h)

شکل ۹- درصد بهینه سازی مصرف انرژی کل سالانه ساختمان در تبریز ، یزد و رشت

Figure 9. Optimization of total annual energy consumption of buildings in Tabriz, Yazd and Rasht

نتیجه گیری

در این تحقیق، با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس میزان مصرف انرژی سالانه یک ساختمان مسکونی۸ طبقه واقع در یک مجتمع مسکونی در شهر تبریز شبیه‌سازی شد. سپس همین ساختمان در دو اقلیم متفاوت یزد و رشت نیز جهت مقایسه مدل‌سازی شد. درقدم بعدی با استفاده از نرم افزار JePlus، انرژی مصرفی حالت‌های مختلف ساختمان (جهت گیری، موقعیت، دما، اقلیم)، در سه اقلیم تبریز، یزد و رشت، شبیه‌سازی ونتایج مورد بررسی، تجزیه و تحلیل قرار گرفت. (۴۳۲ حالت) سپس مقدار انرژی گرمایشی و سرمایشی به عنوان توابع هدف این ۴۳۲ حالت انتخاب شدند و با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک چند هدفه توسط نرم افزار Jeplus + EA، بهینه‌سازی انجام گرفت و نتایج زیر به‌دست آمد:

۱- در آب و هوای سرد و خشک تبریز:

در صورتی‌که بنا در زاویه ۱۸۰ درجه در داخل شهر احداث شود و دما برای سرمایش ۲۵ درجه و گرمایش ۲۲ درجه تنظیم گردد، می‌توان به میزان ۱۲٪ مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی سالانه را کاهش داد.

۲- در آب و هوای گرم ، خشک و بیابانی یزد:

در صورتی‌که بنا در زاویه ۲۲۵ درجه در داخل شهر احداث شود و دما برای سرمایش ۲۶ درجه و گرمایش ۲۲ درجه تنظیم گردد،

می‌توان به میزان ۱۴٪ مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی سالانه را کاهش داد.

۳- در آب و هوای معتدل و مرطوب رشت:

در صورتی‌که بنا در زاویه ۱۳۵ درجه در داخل شهر احداث شود و دما برای سرمایش ۲۶ درجه و گرمایش ۲۲ درجه تنظیم گردد، می‌توان به میزان ۱۶٪ مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی سالانه را کاهش داد.

این تحقیق نشان داد که بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان مسکونی در شرایط یکسان، در منطقه معتدل و مرطوب رشت دارای تاثیر بهتری نسبت به منطقه گرم و خشک و بیابانی یزد و منطقه سرد و خشک تبریز است.

References

1. Asghari, M., Poulaei, Z and Yazdani, H., 2019. Energy analysis of building cooling load using canopies and thermal insulation in three warm, temperate and cold climates of Iran, Iranian Journal of Mechanical Engineers, 123, pp.14-24. (In Persian)
2. Irani, A and Nasrollahi, F., 2019. Study of Climate Change in the period 2080-2020, Green Architecture Quarterly, 5, 1. (In Persian)
3. Moharrami, M., Khodaverdi, P., Abbasi, Y and Sohrabi, A., 2019. A Review of the Impact of Changing Building Elements on Energy Consumption Optimization in Residential Buildings, Journal of Civil and Research, 1, pp.98-113. (In Persian)
4. Nasirzadeh, E., and Shsfiee, M., 2019. Investigating the green and environmentally friendly building approach in designing office buildings for optimization and energy storage, Architecture, 1, 6. (In Persian)
5. Rahmani, M., Shakouri, H and Kazemi, A., 2017. Presenting a Multi-Objective Optimization Model to Increase Energy Efficiency in Residential Buildings, Industrial Management, 9, 1, pp. 28-103. (In Persian)
6. Gheybi, F,. Mousavi, R and Eskandari, H., 2016. Numerical and experimental study of glass facades in office buildings in hot and dry climates, Iranian Journal of Energy, 20, 4, pp. 25-25. (In Persian)
7. Khodakarami, J and Ghobadi, P., Optimization of energy consumption in an office building equipped with an intelligent system, Journal of Energy Engineering and Management, 6, 2, pp.12-23. (In Persian)
8. Zargami, E and Adibi, E., 2016. Evaluation of Green Roof Thermal Performance in Sustainability and Optimization of Energy Consumption of Residential Buildings in Hot and Dry Climate of Iran, Architecture and Urban Planning, 4, 1. (In Persian)
9. Ebrahimpour, A and Karimi, Y., 2012. Appropriate Methods for Optimizing Energy Consumption in a University Building in Tabriz, Modares Journal of Mechanical Engineering, 12, 4, pp.91-104. (In Persian)
10. Gan, V.J.L., Wong, H.K., Tse, K.T., Cheng, Jack CP., Lo, Irene M.c and Chan, CM., 2019. Simulation-based evolutionary optimization for energy-efficient layout plan design of high-rise residential buildings. Journal of Cleaner Production, 231, pp.1375-1388.
11. Georgiou, S.G., Christodoulides, P and Kalogirou, S.A., 2019. Real-time Energy Convex Optimization via electrical storage in Buildings - A Review. Renewable Energy, 139, pp.1375-1388.

12. Kamal, R., Moloney, F., Wickramaratne, C., Narasimhan, A and Goswamib, D.Y., 2019. Strategic control and cost optimization of thermal energy storage in buildings using EnergyPlus. Applied Energy, 246, pp.77-90.
13. Dino, G.I., and Akgül, M.C., 2019. Impact of climate change on the existing residential building stock in Turkey: Ananalysis on energy use, greenhouse gas emissions and occupant comfort. Renewable Energy, 141, pp.828-846.
14. Gercek, M and Arsan, D.Z., 2019. Energy and environmental performance based decision support process for early design stages of residential buildings. Sustainable Cities and Society, 48, 101580.
15. Clarke, L., Eoma, J., Marten, H. E., Horowitz, R., Kyle, P., Link, R., Mignone, B.K., Mundra, A and Zhoua, Y., 2019. Effects of long-term climate change on global building energy expenditures. Energy Economics, 72, pp.667-677.
16. Farah, S., Whaley, D., Saman, W and Boland, J., 2019. Integrating Climate Change into Meteorological Weather Data for Building Energy Simulation. Energy & Buildings, 183, pp.749-760.
17. Zhai, Z.J and Helman, M.J., 2019. Implications of Climate Changes to Building Energy and Design. Sustainable Cities and Society, 44, pp.511-519.
18. Yigit, S and Ozorhon, B., 2018. A Simulation-Based Optimization Method for Designing Energy Effcient Buildings: Energy & Buildings. 178, pp.216-227.
19. Kheiri, F., 2018. A review on optimization methods applied in energy-efficient building geometry and envelope design. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 92, pp.892- 920.
20. Sembroiz, D., Careglio, D., Ricciardi, S and Fiore, U., 2018. Planning and operational energy optimization solutions for smart buildings. Information Sciences, 000, pp.1-14.
21. Zhao, D., Fana, H., Pana, L., Xua, Q and Zhangc, X., 2017. Energy Consumption Performance Considering Climate Change in Office Building. Procedia Engineering, 205, pp.3448- 3455.
22. Shi, X., Tian, Z., Chen, W.B and Jin, X., 2016. A review on building energy efficient design optimization rom the perspective of architects: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 65, pp.872-884.