مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره ده، دی ماه ۱۴۰۰(۲۰۶-۱۹۳)

بررسی تاثیر کمی اعمال ضوابط شاخص‌های آسایش حرارتی بر میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی شهر ایلام

بهروز صالحی [1*]

b.salehi@ilam.ac.ir

عبدالحمید قنبران [2]

بهناز شفیعی [3]

شهلا نوری [4]

سیما فردوسیان [5]

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۱۳

چکیده

زمینه و هدف: حدود ۴۴ درصد مصرف انرژی در بخش ساختمان است به همین دلیل توجه به شاخص‌های آسایش حرارتی و راهکارهای غیر فعال می‌تواند تاثیر زیادی در میزان مصرف انرژی در مناطق مختلف داشته باشد. هدف از این پژوهش تعیین وضعیت آسایش حرارتی در شهر ایلام و ارائه راهکارهای ساختمانی متناسب با وضعیت اقلیمی این شهر است.

روش بررسی: این پژوهش در سال ۱۳۹۷ با استفاده از روش توصیفی و شبیه سازی انجام شده است. برای دست‌یابی به ویژگی‌های معماری همساز با اقلیم در شهر ایلام از تحلیل داده‌های آماری ۲۸ ساله (۱۳۹۳- ۱۳۶۶) ایستگاه سینوپتیک این شهر، ضوابط ارائه شده در چهار شاخص آسایش حرارتی استفاده شده است. نرم افزار Design Builder برای مشخص شدن میزان کمی تاثیر راهکارهای ارائه شده در شاخص‌های ماهانی و گیونی استفاده گردید.

یافته ها: با به کارگیری راهکارهای غیرفعال ارائه شده در شاخص‌های ماهانی و گیونی، ساختمان می‌تواند هشت ماه از سال در طی روز و پنج ماه از سال در طی شب بدون مصرف انرژی در محدوده آسایش قرار گیرد. به علاوه جهت قرارگیری ساختمان، درصد نسبی بازشوها و استفاده از مصالح سنگین در دیوارها و سقف‌ها بیشترین تاثیر را در کاهش مصرف انرژی ساختمان دارند.

۱- استادیار گروه مهندسی معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۲- دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکاه آزاد اسلامی واحد ایلام، ایلام، ایران.

۴- کارشناسی ارشد معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۵- کارشناس ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: رعایت ضوابط ارائه شده در شاخص‌های ماهانی و گیونی در جهت گیری ساختمان و بازشوها می‌تواند سبب کـاهش ۲۰ درصدی در مصرف انرژی ساختمان شود، همچنین جایگزین کردن مصالح سنگین به جای مصالح متداول در جداره‌های ساختمان می-تواند به میزان ۳۹ درصد مصرف انرژی را کاهش دهد. به طور کلی با بهره‌گیری از اصول طراحی اقلیمی می‌توان به میزان ۵۲ درصد میزان مصرف انرژی را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: آسایش حرارتی، شاخص‌های آسایش حرارتی، مصرف انرژی، Design Builder.

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 10, January, 2022

Investigating the Impact of Thermal comfort Indices on Energy Consumption in Residential Buildings in Ilam

Behrouz Salehi [1 *]
b.salehi@ilam.ac.ir
Abdol Hanid Ghanbaran [2]
Behnaz Sgafie[3]
Shahla Nouri[4]
Sima Ferdosian[5]

Admission Date: December 4, 2019 Date Received: October 31, 2018

Abstract

Background and objective: About 44% of energy consumption is in the building sector and attention to thermal comfort indices and passive solutions can reduce energy consumption in different areas. The aim of this study is to investigate the thermal comfort situation in Ilam city and providing construction solutions appropriate to the climate of this city.

Material and Methodology: In this study, a descriptive and simulation method was used. In order to achieve the architecture-compatible architecture of the climate in the city of Ilam, a 28-year statistical analysis (1988-2016) of the city's synoptic station, the criteria presented in four thermal comfort indicators have been used. The Design Builder simulator was used to determine the quantitative effect of the solutions presented in Mahani and Gioni indices solutions by thermal comfort indicators.
Based on Mahani and Gioni indices.

Findings: By using of the solutions presented in the Mahani and Gioni Indicator's, the building can be in the comfort zone for eight months from the year of the day and five months from the year without any energy consumption. In addition, building orientation, the relative percentage of openings and the use of heavy materials in walls and ceilings have the greatest impact on reducing the energy consumption of buildings.

Discussion and Conclusion: Energy savings plans that are possible in the early stages of design (building orientation, openings) will result in a 20% reduction in energy consumption, according to the Mahani and Gioni indicators. In addition, replacing heavy materials instead of materials in common building walls can reduce energy consumption by 39%. In general, utilizing the principles of climate design can reduce the amount of energy consumption by 52%.
Considering to the criteria given in the Mahani and Gioni indicators for building orientation and openings can reduce the energy consumption of the building by 20%. Reduce Also, replacing heavy materials with conventional building materials can reduce energy consumption by 39 percent. Overall, using climate design principles can reduce energy consumption by 52%.

Keywords: thermal comfort, Thermal comfort indices, energy consumption, Design Builder.

1- Engineering Faculty, University of Ilam, Ilam, Iran, *(Corresponding Author)
2- Faculty of Architecture and Urbanism Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.
3- Faculty of Architecture, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran,
4- Faculty of Architecture, Ilam University, Ilam, Iran
5- Faculty of Architecture and Urbanism, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

مقدمه

امروزه به دلیل محدودیت منابع انرژی، مسائل زیست محیطی، عدم توازن گازها در جو زمین، گرم شدن هوا، افزایش گازهای گلخانه‌ای، تخریب لایه ازن و باران‌های اسیدی تمامی کشورها اعم از صنعتی و در حال توسعه استفاده بهینه از انرژی را در دستور کار خود قرار داده (۱) و سیاست‌های مختلفی در مورد صرفه جویی در مصرف انرژی را به کار گرفته‌اند (۲). در سالهای اخیر، رشد مصرف انرژی در ایران (۵ تا ۸ درصد) پنج برابر متوسط رشد مصرف در جهان (۱ تا ۲ درصد) گزارش شده است (۳). در ایران میزان مصرف انرژی در بخش ساختمان و مسکن به ازای هر متر مربع ۲/۶ تا ۴ برابر مقدار مصرف در کشورهای صنعتی است (۴). با توجه به این که ۴۴/۳۵ درصد از کل مصرف انرژی کشور مربوط به بخش ساختمان است (۱) و ساختمان‌های مسکونی یکی از عمده ترین بخش‌های مصرف کننده آن هستند (۵) ارائه راهبردهای کاهش مصرف ضروری به نظر می‌رسد که باید با شدت و حتی به صورت اجبار به کار گرفته شوند (۶).

با توجه به پهناور بودن و شرایط اقلیمی مختلف در ایران لازم است ریز اقلیم‌های مختلف آن بررسی و برای هر منطقه شرایط ساخت و ساز متناسب با آن ارائه گردد که در این خصوص پژوهش‌های بسیاری انجام شده (۷-۱۳) و راهکارهایی بر اساس ضوابط شاخص‌های اقلیمی در مناطق مختلف پیشنهاد شده است (۱۸). اما نکته‌ای که در خصوص استفاده از شاخص‌های اقلیمی کمتر به آن توجه شده است میزان کمی تاثیرِ اعمال ضوابط طراحی بر اساس این شاخص‌ها است، با توجه به هزینه بر بودن برخی از راهکارها و لزوم آگاهی از میزان تاثیر در نظر گرفتن راهکارهای اقلیمی در مصرف انرژی لازم است میزان تاثیر راهکارها به صورت کمی و با روش شبیه‌سازی مورد بررسی قرار گیرد.

روش بررسی

در این پژوهش با استفاده از شاخص‌های آسایش حرارتی (ماهانی، گیونی، اولگی، دمای موثر[1]ET) شرایط آسایش و راهکارهای غیر فعال ساختمانی شهر ایلام استخراج و میزان تاثیر راهکارهای پیشنهادی با استفاده از نرم افزار شبیه‌سازی Design Builder، که در مطالعات مختلفی از آن استفاده شده است (۱۰-۱۳)، مورد بررسی قرار گرفته است.

نمونه مورد مطالعه ساختمان مسکونی واقع در شهر ایلام است. شهر ایلام، در عرض ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی در سلسله جبال زااگرس واقع شده است (۱۴). ویژگی‌های آب و هوایی شهر ایلام در طول دوره آماری (۱۳۹۳-۱۳۶۶) از ایستگاه سینوپتیک شهر ایلام که مشخصات آن در جدول ۱ ارائه شده دریافت، و در جدول ۲ نمایش داده شده است (۱۵).

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی، از حیث روش ترکیبی از دو روش توصیفی و شبیه سازی است. برای بررسی تاثیر اعمال راهکارهای ساختمانی، بررسی‌ها بر روی ساختمانی شد که ویژگی‌های آن بیشترین تکرار را در معماری مسکونی شهر ایلام داشته باشد به همین منظور ویژگیهای مختلف ساختمانهای مسکونی طبق نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفت و یک آپارتمان با اسکلت بتنی، واحدهای حدود ۱۰۰ متر مربع، دارای دوخواب با دیوارهای سفالی برای تحلیل استفاده شد. برای اعتبار سنجی نرم افزار و اطلاعات آب وهوایی وارد شده، میزان مصرف یک ساختمان معمول در شهر ایلام، دارای ویژگی‌های ارائه شده در جدول ۳، با بررسی قبوض برق و گاز سال ۹۴ استخراج و با شبیه سازی میزان مصرف ساختمان انتخاب شده در نرم افزارDesign Builder مقایسه شد.

در مرحله آخر برای ارزیابی میزان تاثیر راهکارهای پیشنهادی شاخص‌های اقلیمی، یک ساختمان مسکونی منطبق بر ضوابط معماری و شهرسازی شهر ایلام در پنج طبقه و پیلوت و با در نظر گرفتن راهکارهای پیشنهادی شاخص‌های آسایش حرارتی طراحی گردید. ساختمان مذکور دو بار شبیه سازی شد؛ یکبار با ضوابط و مصالح پیشنهادی شاخص‌های آسایش حرارتی، بار دوم با مصالح متداول شهر ایلام و نتایج شبیه‌سازی برای بررسی

1- Efective Tempreture

میزان تاثیر اعمال ضوابط شاخص‌های آسایش حرارتی بر میزان مصرف با هم مقایسه و نتایج استخراج گردید.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه هواشناسی شهر ایلام

Table 1- Ilam Weather Station Specifications

نام ایستگاه	تاسیس	ارتفاع (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	کد بین اللمللی	
					WMO	ICAO
سینوپتیک ایلام	۱۳۶۳	۱۳۷۰	۳۳/۳۸	۴۶/۲۵	۴۰۷۸۰	OICI

منبع: اداره کل هواشناسی استان ایلام

جدول ۲- آمار آب و هوایی شهر ایلام طی دوره دوره‌های (۱۳۹۳-۱۳۶۶)

Table 2. Statistics of Ilam City during the period (1366-1393)

ماه و عناصر	فروردین	اوردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	مجموع سالیانه
میانگین	۷/۲۵	/۵۸	/۰۲	/۴۰	/۶۰	/۱۳	/۶۰	۸/۵۰	۳/۲۰	۰/۵۳	۰/۵۲	۳/۱۲	۱۱
میانگین	/۱۰	/۴۰	/۳۰	/۴۰	/۴۰	۳۳/..	/۲۷	/۹۰	/۹۰	۹/۷۰	۹/۵۰	/۴۰	/۵۰
میانگین	/۷۰	/۵۰	/۶۰	/۴۰	/۶۰	/۱۰	/۹۰	/۷۰	۸/۱۰	۵/۲۰	۵/۰۰	۸/۳۰	۱۶/۸
میانگین	۴۹	۴۰	۲۳	۲۰	۲۰	۲۰	۲۸	۴۷	۵۵	۶۲	۶۲	۵۵	۴۰
روزهای	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶	۱۲	۱۳	۵	۳۷
بـــارش	۷۶/۳	۳۵/۸	۱/۲	۰/۱	۱/.	۱/۴	۱۰/۶	۷۰/۴	۷۹/۴	۹۴/۷	/۶	۸۲/۱	۵۶۰,
روزهای	۹	۸	۱	۰	۰	۰	۲	۸	۸	۱۰	۱۱	۹	۶۶

منبع: اداره کل هواشناسی استان ایلام

جدول ۳- مشخصات ساختمان وضع موجود

Table 3. Current building status

کاربری	تعداد طبقات	تعداد واحد	مساحت کل (متر مربع)	نوع اسکلت	مصالح دیوار	مساحت هر واحد	تعداد خواب هر واحد	سیستم گرماش	سیستم سرمایش
مسکونی	چهار طبقه و پیلوت	۸	۱۰۰۵	بتنی	سفال	۱۰۰	۲	پکیج	کولر

یافته ها

ارزیابی وضعیت اقلیمی شهر ایلام با استفاده از شاخص-های آسایش حرارتی

در این مرحله ضمن بررسی شرایط آسایش و پیشنهادهای هر چهار شاخص آسایش حرارتی، برای ماههای مختلف پیشنهادهای هر کدام از شاخص‌ها به صورت جداگانه در جدول ۴ ارائه شد.

جدول ۴- جمع‌بندی شرایط آسایش و پیشنهادهای چهار شاخص آسایش حرارتی

Table 4. Summary of comfort conditions and suggestions of four thermal comfort indicators

ماهها	ماهانی	گیونی	شاخص دمای موثرET	اولگی
فروردین	روز معتدل و شب نیاز به منبع گرمایشی	روز کسب حرارت داخلی و شب نیاز به منبع گرمایشی است	روز هوا خیلی خنک و شب سرد نیاز به منبع گرمایشی است.	در روز و شب نیاز به منبع گرمایشی است.
اردیبهشت	روز گرم و شب معتدل	روز در منطقه آسایش و شب کسب حرارتی داخلی	روز دما در محدوده آسایش و شب خیلی خنک است.	روز در منطقه آسایش و شب نیاز به منبع گرمایی است.
خرداد	روز گرم و شب معتدل	روز استفاده از مصالح سنگین، شب کسب حرارت داخلی	روز هوا گرم با شرایط آسایش، شب خیلی خنک است.	روز احساس آسایش هم با جریان هوا و هم از طریق تبخیر ذرات آب امکان پذیر است، شب در منطقه آسایش است.
تیر	نیاز به منبع سرمایشی است	روزاستفاده از مصالح سنگین، شب در آسایش	روز هوا گرم با عدم آسایش، شب خنک است.	جلوگیری از تابش آفتاب، شب در منطقه آسایش است.
مرداد	نیاز به منبع سرمایشی است	روز استفاده از مصالح سنگین، شب در آسایش	روز هوا گرم با عدم آسایش، شب گرم با شرایط آسایش.	روز جلوگیری از تابش آفتاب و استفاده از تبخیر و جریان هوا، شب در منطقه آسایش است.
شهریور	روز گرم و شب معتدل	روز استفاده از مصالح سنگین، شب کسب حرارت داخلی	روز گرم با عدم آسایش و شب خنک است.	روز جلوگیری از تابش آفتاب و استفاده از تبخیر و جریان هوا ، شب استفاده از منبع گرمایی لازم است.
مهر	روز گرم و شب نیاز به منبع گرمایشی	روز استفاده از برودت تبخیری و شب کسب حرارت داخلی	روز هوا گرم با شرایط آسایش ، شب خیلی خنک است.	روز در منطقه اسایش، شب نیاز به منبع گرمایشی وجود دارد.
آبان	روز معتدل و شب نیاز	روز کسب حرارت	روز خنک و شب خیلی خنک و	روز و شب نیاز به منبع گرمایشی

	به منبع گرمایشی	داخلی، شب نیاز به منبع گرمایشی	نیاز به منبع گرمایشی است.	وجود دارد.
آذر	نیاز به منبع گرمایشی است	نیاز به منبع گرمایش است	روز خیلی خنک و شب خیلی سرد و نیاز به منبع گرمایشی است.	روز و شب نیاز به منبع گرمایشی وجود دارد.
دی	نیاز به منبع گرمایشی است	نیاز به منبع گرمایش است	روز خیلی خنک و شب خیلی سرد و نیاز به منبع گرمایشی است.	روز و شب نیاز به منبع گرمایشی وجود دارد.
بهمن	نیاز به منبع گرمایشی است	نیاز به منبع گرمایش است	روز خیلی خنک و شب خیلی سرد و نیاز به منبع گرمایشی است.	روز و شب نیاز به منبع گرمایشی وجود دارد.
اسفند	نیاز به منبع گرمایشی است	نیاز به منبع گرمایش است	روز خیلی خنک و شب خیلی سرد و نیاز به منبع گرمایشی است.	روز و شب نیاز به منبع گرمایشی وجود دارد.

داده‌های ورودی نرم‌افزار شبیه‌ساز

برای شبیه‌سازی از نرم افزار Design Builder استفاده شده است و با توجه به این که داده‌های اقلیمی نمی‌توانند به صورت میانگین و یا برای قسمتی از سال استفاده گردند، بلکه این پارامترها باید تمام روزها و همچنین تمامی ساعات سال را در برداشته باشند، به همین منظور از فایل اقلیمی شهر ایلام که از نرم‌افزار Metonorm به دست می‌آید استفاده شده است. محدوده آسایش حرارتی، بر اساس استاندارد ASHARAE[۱]2010- 55 و حداقل تعویض هوای طبیعی ۱۰ لیتر در ثانیه به ازای هرکاربر در نظر گرفته شد.

اعتبار سنجی نرم افزار و داده‌های اقلیمی ورودی

به منظور بررسی حدود مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی شهر ایلام، اعتبار سنجی نرم افزار و فایل اقلیمی وارد شده میزان مصرف یک ساختمان واقعی با میزان مصرف شبیه سازی شده همان ساختمان مقایسه گردید. انجام این مقایسه در سه مرحله انجام شد.

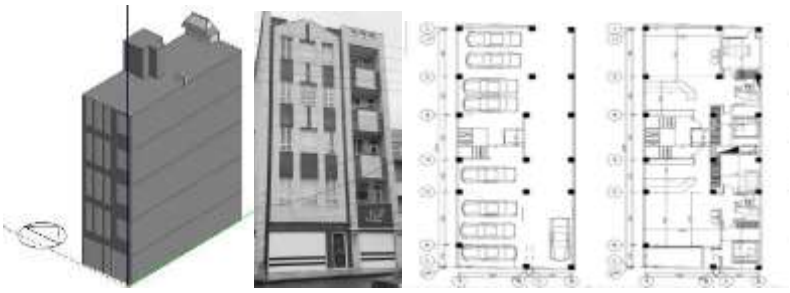
ابتدا مصرف ساختمان وضع موجود از طریق قبوض گاز و برق ساختمان در سال ۹۴ استخراج، و نتایج جمع بندی شده آن پس از تبدیل واحدها و تقسیم شدن بر مساحت کل ساختمان (۱۰۰۵ متر مربع) در جدول شماره ۵ ارائه شد. با توجه به این که میزان مصرف گاز در قبوض مربوطه متر مکعب است برای تبدیل آن به وات ساعت مطابق آیین نامه ممیزی انرژی هر متر مکعب گاز معادل ۱۰۵۶۰ وات ساعت برآورد شده است (۱۶).

۱ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

جدول ۵- میزان مصرف ساختمان وضع موجود مستخرج از قبوض گاز و برق

Table 5. Building Consumption Current status derived from gas and electricity bills

مصرف برق سالیانه (Wh/m2)	مصرف گاز سالیانه (Wh/m2)	جمع کل (Wh/m2)
۸۲۴۹/۵۱۲	۱۶۴۹۱۱/۵	۱۷۳۱۶۱/۰۱۲



تصویر ۱- پلان و نمای ساختمان وضع موجود و شبیه سازی شده در نرم افزار Design Builder

Figure 1. Building plan and layout of the existing and simulated status quo in Design Builder software

در مرحله دوم مصالح به کار رفته در بنا به عنوان یکی از عوامل مؤثر در مصرف انرژی ساختمان‌ها با بازدید میدانی و بررسی نقشه‌های ساختمان وضع موجود استخراج و در جدول ۶ و ۷ ارائه گردیده است.

جدول ۶- ضخامت و ویژگیهای مصالح به کار رفته در جداره‌های ساختمان وضع موجود

Table 6. Thickness and properties of the materials used in existing building walls

مصالح	بام				مصالح	دیوار خارجی(تک جداره) نمای اصلی			
	ضریب هدایت	چگالی (kg/m^3)	گرمای ویژه	ضخامت (cm)		ضریب هدایت	چگالی (kg/m^3)	گرمای ویژه	ضخامت (cm)
ایزوگام	۱/۱۵	۲۱۰۰	۱۷۰۰	۰/۵	سنگ	۱/۵	۲۸۰۰	۱۰۰۰	۳
پلاستر	۰/۷	۸۴۰	۱۴۵۰	۳	پلاستر	۰/۷	۸۴۰	۱۴۵۰	۳
یونولیت	۰/۱۶	۵۰۰	۸۴۰	۲۰	بلوک				۱۵
گچ	۰/۴	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۳	گچ	۰/۴	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲
	دیوار خارجی(تک جداره)					دیوار داخلی(تک جداره)			
پلاستر	۰/۷	۸۴۰	۱۴۵۰	۳	گچ	۰/۴	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲
بلوک	۰/۵۳	۶۰۰۲		۱۵	بلوک	۰/۵۳	۶۰۰۲		۱۰
گچ	۰/۴	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲	گچ	۰/۴	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲

جدول ۷- مشخصات در و پنجره‌های به کار رفته در ساختمان وضع موجود

Table 7. Properties and windows used in the current building

ضریب هدایت حرارتی (w/m.K)	درب		پنجره	
	در چوبی فضای داخلی	درب فلزی	تک جداره	دوجداره
	۳/۵	۵/۸	۶/۹	۳/۳

در آخرین مرحله مصرف انرژی ساختمان وضع موجود در نرم افزار Design Builder شبیه سازی شده و نتایج آن در جدول ۸ ارائه گردیده است.

جدول ۸- نتایج شبیه سازی مصرف انرژی ساختمان وضع موجود

Table 8. Results of simulating the energy consumption of the existing building

ساختمان وضع موجود شهر ایلام	آب گرم (گاز) Wh/m2	سرمایش (الکتریسیته) Wh/m2	گرمایش (گاز) Wh/m2	روشنایی Wh/m2	جمع کل Wh/m2
	۱۱۱۲۹/۳۵	۶۳۸۵۴/۸۸	۷۴۱۰۷/۴۸	۲۲۲۶/۱۲۳	۱۵۱۳۱۷/۸

میزان مصرف انرژی طبق جمع بندی قبوض سال ۹۴ (جدول ۷) حدود (Kwh/m2) ۱۷۲/۱۶ و میزان مصرف در شبیه سازی همان ساختمان (جدول ۸) حدود (Kwh/m2) ۱۵۱/۴برآورد شده که با مصرف واقعی دارای اختلاف (Kwh/m2) ۲۱/۸ که حدود ۱۴/۴ درصد است که این اختلاف می‌تواند به علت خطاهای شبیه سازی ناشی از نرخ تعویض هوای متفاوت، حضور و عدم حضور ساکنان در ساختمان که امکان اعمال در نرم افزار شبیه سازی وجود نداشته، تفاوت ضریب عملکرد سیستم‌های گرمایش و سرمایش واقعی و شبیه سازی شده و همچنین محدوده آسایش حرارتی متفاوت در شهر ایلام باشد با توجه به این که خطای نرم افزار تا ۱۵ درصد قابل قبول است (۱۷) می‌توان داده‌های ورودی نرم افزار و شبیه سازی انجام شده را منطبق با شرایط شهر ایلام در نظر گرفت.

جدول ۹- راهکارهای نهایی استخراج شده از چهار شاخص اقلیمی

Table 9. Final solutions extracted from the climate index

شاخص اقلیمی	پیشنهاد شاخص اقلیمی	راهکار طراحی و نحوه اعمال آن در نرم افزار Design Builder
ماهانی	کشیدگی ساختمان در جهت شرق به غرب	اعمال شده در طراحی و بررسی تفاوتهای میزان مصرف آن با ساختمان های متداول در شهر.
	ابعاد بازشوها متوسط بین ۲۰ تا ۴۰ درصد	در طراحی ساختمان لحاظ گردید.
	دیوارهای سنگین داخلی وخارجی و سقف‌های سنگین با زمان تاخیر بیش از ۸ ساعت.	دیوار آجری که برای زمان تاخیر حداقل ۸ ساعت قطر آن باید ۱۵ سانتیمتر باشد.
گیونی	دمای روز در ماه‌های فروردین، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند در محدوده H است بدین معنا که نیاز به منبع گرمایشی وجود ندارد و با استفاده از مصالح سنگین، فضای داخلی در محدوده آسایش قرار می‌گیرد.	جنس دیوار ها آجر باا قطر ۱۵ سانتیمتر و زمان تاخیر۸ ساعت جنس سقف از بتن با قطر ۲۰ سانتی متر و زمان تاخیر بیش از ۸ ساعت

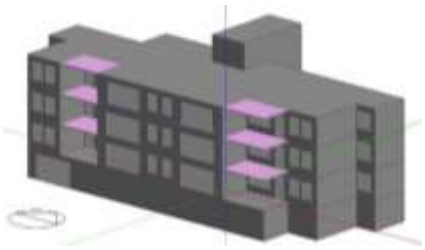
دمای موثر	در برخی از ساعات شبانه روز از خرداد تا شهریور نیاز به سیستم سرمایشی وجود دارد.	در نرم‌افزار سیستم سرمایشی، از خرداد تا شهریور آماده به کار در نظر گرفته شد.
اولگی	در برخی از ساعات شبانه روز از شهریور تا اردیبهشت نیاز به منبع گرمایی وجود دارد.	در نرم‌افزار سیستم گرمایشی از شهریور تا اردیبهشت آماده به کار در نظر گرفته شد.
	شب در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد دمای هوا در محدوده آسایش است و میتوان از فضای بیرونی برای استراحت شبانه استفاده نمود.	در نرم‌افزار سیستم گرمایشی از شهریور تا اردیبهشت آماده به کار در نظر گرفته شد.

طراحی و شبیه سازی مطابق با ضوابط ارائه شده در شاخص‌های آسایش حرارتی

در این مرحله پیشنهادهای چهار شاخص آسایش حرارتی که امکان مدل سازی آنها در نرم افزار Design Builder وجود داشت استخراج گردید (جدول ۹) و به عنوان ضوابط طراحی یک مجتمع مسکونی در شهر ایلام در دو مرحله مد نظر قرار گرفت. در مرحله اول پیشنهادهایی نظیر کشیدگی شرقی-غربی، تعیین ابعاد بازشوها، تامین فضایی به عنوان بهار خواب در طراحی اعمال شد، ولی در شبیه سازی از مصالح متداول مورد بهره در شهر ایلام (جداول ۶ و ۷) استفاده شد. در مرحله دوم علاوه بر ضوابط طراحی ذکر شده موارد استفاده از مصالح سنگین و عایق حرارتی درسقف و دیوارها جهت به حداقل رساندن تبادل حرارت از طریق جدار خارجی اعمال گردید. شبیه سازی در چند مرحله انجام و نتایج آن در جدول ۱۰ ارائه شده است.

تصویر ۲- پلان تیپ طبقات ساختمان طرحی شده

Figure 2. plan of the floors of the building



تصویر ۳- ساختمان شبیه‌سازی شده در نرم افزار Design Builder پس از اعمال ضوابط شاخص‌های آسایش حرارتی

Figure 3. Building simulated in design Builder software after applying thermal comfort criteria

جدول ۱۲ نشان میدهد میزان مصرف انرژی ساختمان طراحی شده بدون تغییر مصالح حدود (Kwh/m2) ۱۲۰۷۰۷/۷ است، در حالی که نتیجه شبیه سازی مصرف انرژی ساختمان وضع موجود در ایلام حدود (Kwh/m2) ۱۵۱۳۱۷/۸بوده است. لذا بهره گیری از طراحی صحیح فارغ از تغییر مصالح متداول می-تواند حدود ۲۰/۲ درصد از میزان مصرف یک مجموعه را کاهش دهد. مطابق اطلاعات جدول ۱۲، میزان مصرف ساختمان طراحی شده بدون تغییر مصالح حدود (wh/m2) ۱۲۰۷۰۷/۷ است، که با تغییر مصالح، استفاده از مصالح پیشنهادی شاخص-های آسایش حرارتی، سقف و دیوارهای سنگین با زمان تاخیر بیش از ۸ ساعت، (طبق جدول ۱۳) میزان مصرف می‌تواند تا (wh/m2) ۷۳۴۱۴/۳۱ کاهش یابد که معادل ۳۹/۱۶ درصد کاهش است.

جدول ۱۰- نتایج شبیه‌سازی ساختمان طراحی شده با اعمال مرحله‌ای ضوابط پیشنهادهای شاخص‌های آسایش حرارتی

Table 10.Building simulation results designed by applying step-by-step criteria for thermal comfort indices

	درصد کاهش مصرف	کاهش مصرف	جمع کل Wh/m2	روشنایی Wh/m2	گرمایش Wh/m2	سرمایش Wh/m2	آب گرم Wh/m2
ساختمان وضع موجود شهر ایلام			۱۵۱۳۱۷/۸	۲۲۲۶/۱۲۳	۷۴۱۰۷/۴۸	۱۱۱۲۹/۳۵	۶۳۸۵۴/۸۸
ساختمان طراحی شده با مصالح متداول در شهر	۲۰/۲	۳۰۶۱۰/۱	۱۲۰۷۰۷/۷	۲۶۰۹/۷۴	۶۰۳۶۱/۰۵	۴۹۷۹۳/۷۹	۷۹۴۳/۱۴۷
افزودن دیوار دو جداره و استفاده از مصالح سنگین	۳۹/۱۶	۳۸۰۰۳/۹	۷۳۴۳۲/۳۱	۲۶۰۹/۷۵	۲۹۷۰۴/۳۴	۳۳۱۵۶/۹۲	۷۹۶۵/۳۰

تجزیه تحلیل نتایج شبیه سازی

بررسی نتایج حاصل از شبیه سازی ساختمان طراحی شده در نرم افزار Design Builder نشان می‌دهد، تغییرات فرم و شکل ساختمان به تنهایی قادر است میزان مصرف ساختمان را ۲۰ درصد کاهش دهد (جدول ۱۲) و دلیلی عمده آن بهره گیری از نور خورشید و جلوگیری از اتلاف انرژی با تعیین دقیق ابعاد پنجره‌ها است. تغییر ساختار سقف و دیوارهای خارجی ساختمان سبب کاهش رسانایی حرارتی سقف به میزان ۰/۷۱۹ w/m2-k و دیوار به میزان ۱/۴۵۳ w/m2-k شده است (جدول ۱۱). کاهش و کند شدن انتقال حرارت از طریق جدارهای خارجی غیرشفاف سبب کاهش اتلاف حرارتی در زمستان و همچنین کاهش نفوذ گرما به داخل ساختمان در تابستان شد. در نتیجه مصرف انرژی ساختمان به میزان ۳۹/۱۶ درصد کاهش یافت (جدول ۱۳). این میزان حاکی از اهمیت پوسته خارجی ساختمان به عنوان واسط بین فضای داخل و خارج می‌باشد که تعیین کننده نحوه انتقال و اتلاف حرارتی ساختمان است.

جدول ۱۱- مقایسه میزان تغییر ضریب رسانایی حرارتی جداره با تغییر ساختار جداره

Table 11. Comparison of rate of change of thermal conductivity coefficient of wall with change of wall structure

	رسانایی حرارتی U-Value(w/m2-k)		رسانایی حرارتی U-Value(w/m^2-k)
دیوار اولیه	۱/۸۳۶	سقف اولیه	۰/۹۳۴
دیوار با مصالح سنگین	۰/۳۸۳	افزودن عایق	۰/۲۱۵

جدول ۱۲- مقایسه میزان کاهش مصرف انرژی ساختمان طراحی شده پس از بهینه سازی با ساختمان وضع موجود

Table 12. Comparison of the energy consumption reduction of the designed building after optimization with the existing building

	سرمایش Wh/m2	گرمایش Wh/m2	روشنایی Wh/m2	جمع کل Wh/m2
ساختمان وضع موجود شهر ایلام	۶۳۸۵۴/۸۸	۷۴۱۰۷/۴۸	۲۲۲۶/۱۲۳	۱۵۱۳۱۷/۸
ساختمان طراحی شده پیش از بهینه سازی	۴۹۷۹۳/۷۹	۶۰۳۶۱/۰۵	۲۶۰۹/۷۳۹	۱۲۰۷۰۷/۷
میزان تغییر پس از بهینه سازی	۱۴۰۶۱/۰۹	۱۳۷۴۶/۴۳	-۳۸۳/۶۰۹	۳۰۶۱۰/۱
درصد تغییر پس از بهینه سازی	۲۲/۰	۱۸/۵	-۱۷/۲	۲۰/۲

جدول ۱۳ - مقایسه میزان کاهش مصرف انرژی ساختمان طراحی شده قبل و بعد از بهینه سازی

Table 13. Comparison of the reduction in energy consumption of the designed building before and after the optimization

	سرمایش Wh/m2	گرمایش Wh/m2	روشنایی Wh/m2	جمع کل Wh/m2
ساختمان طراحی شده پیش از بهینه سازی	۴۹۷۹۳/۷۹	۶۰۳۶۱/۰۵	۲۶۰۹/۷۳۹	۱۲۰۷۰۷/۷
ساختمان طراحی شده پس از بهینه سازی	۳۳۱۵۶/۹۲	۲۹۷۰۴/۳۴	۲۶۰۹/۷۵۲	۷۳۴۱۴/۳۱
میزان تغییر پس از بهینه سازی	۱۶۶۳۶/۸۷	۳۰۶۵۶/۷۱	-۰/۰۱۳	۴۷۲۹۳/۵۷
در صد تغییر پس از بهینه سازی	۳۳/۴	۵۰/۸	۰	۳۹/۲

جمع بندی و نتیجه گیری

با توجه به شاخص‌های دمای مؤثر و اولگی در روز، ماه‌های فروردین، تیر، مرداد، شهریور، مهر، آذر، دی، بهمن (به دلیل گرما یا سرما) خارج از محدوده آسایش هستند و در شب ماه-های فروردین، اردیبهشت، خرداد، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند (به دلیل سرما) خارج از محدوده آسایش قرار می‌گیرند. با به کارگیری راهکارهای ارائه شده در شاخص‌های ماهانی و گیونی می‌توان هشت ماه از سال در روز و پنج ماه از سال در شب بدون مصرف انرژی و با راهکارهای غیر فعال در محدوده آسایش قرار گرفت.

مشاهده وضعیت ساختمان های موجود در منطقه، همان طور که در جزییات ساختمان مورد مطالعه نیز دیده می شود، نشان می دهد بسیاری از ساختمان ها بدون در نظر گرفتن شرایط اقلیمی خصوصا، جهت کشیدگی زیر بنا، میزان بازشوها و مصالح جداره ها طراحی شده اند. نتایج این پژوهش نشان می-دهد توجه به راهکارهای شاخص‌های اقلیمی مانند جهت قرارگیری ساختمان، درصد نسبی بازشوها و استفاده از مصالح سنگین در دیوارها و سقف‌ها بیشترین تاثیر را در کاهش مصرف انرژی ساختمان دارند. نتایج شبیه سازی ساختمان نشان داد جهت گیری مناسب و وضعیت بازشوها چنانچه در مرحله اول طراحی در وضعیت بهینه طراحی شوند، سبب کاهش ۲۰ درصدی در مصرف انرژی خواهد شد. به علاوه انتخاب مصالح مناسب می‌تواند به میزان ۳۹ درصد در کاهش مصرف انرژی ساختمان موثر باشد. در مجموع اعمال راهکارهای شاخص‌های آسایش حرارتی (طراحی، تغییر مصالح و نوع جداره‌ها) می تواند سبب کاهش ۵۲ درصدی مصرف انرژی شود.

References

1. Z. Ghiyabklou, Zahra,2016 "Regulation of Environmental Conditions" Second Edition, Tehran: Amir Kabir University Industrial Jihad.(In Persian)
2. G. Ciulla, V. Brano و A. D'Amico, 2016, ,Modelling relationship among energy demand, climate and office building features: A cluster analysis at European level., Applied Energy, vol 183, pp. 1021-1034.
3. J. Khodakarami ,P. Ghobadi,2016 , "Energy Consumption Optimization in an Office Building with Intelligent Management System," Journal of Energy Engineering and Management Research, No. 8, pp. 12-23.(In Persian)
4. A.Omidvar,S. Zulfiqari and M. marefat,2007, "The Necessity of Localizing Thermal Comfort Standards in Building and Its Impact on Energy Economy," Sixth National Energy Conference, pp. 1-6.(In Persian)
5. N. Najafzadeh, "Estimation of Energy Consumption Requirement in Building for Thermal Comfort Using Oligi Bioclimatic Index. Case Study of Pars Abadmghan City," Journal of Najha Engineering, Volume 3, Number 7, 2010, pp. 62-75.(In Persian)
6. SH. Heydari, And SH. Ghaffari Jabbari,2010, "Thermal Comfort Zone in Cold and Dry Climate of Iran," Journal of Fine Arts - Architecture and Design, pp. 37-42. (In Persian)
7. A.entezari, H. Ahmadi, M. Karami and T. Ahmadi, 2017,"An Analysis on the Climate and the Days of Heating and Cooling Needs of West Islamabad City," Geography and Planning, pp. 1-21.(In Persian)
8. T.tawusi,H. Atai and A. Kazemi, 2008," Architecture of the Newly Built Schools of City", Climate and Isfahan, Geography and Development, pp. 97-113.(In Persian)
9. S. Sharafi, M. Shahinifar, D. Noorullahi, Z. Mohammad Salehi and M. Biranvandzadeh, 2018,"Climate Approach to Building Design and Proposed Plan, Case Study: Khorramabad City," Journal of Environmental Science and Technology. (In Persian)
10. J.khodakarami, A.h.paymanrad, A. Rashidfar, 2018,"Practical Methods of Reducing Energy Consumption in a Residential Complex with a Focus on the Roofing Approach," Journal of Environmental Science and Technology. (In Persian)
11. H.sanaeian, F. Mahdizadeh Seraj, F. Nasrallahi and S. M. Mofidi Shemirani,2013, "The Influence of Mass and Space Cohesion on Building Blocks on Inner Thermal Behavior," Safeh, pp.35-46. (In Persian)
12. G. Allesina ،E. Mussatti ،F. Ferrari و A. Muscio ،،2018. "A calibration methodology for building dynamic models based on data collected through survey and billings،" Energy and Buildings ،pp. 406-416.
13. A. Fathalian and H. Kargarsharifabad, , 2018. "Actual validation of energy simulation and investigation of energymanagement strategies (Case Study: An office building in Semnan,Iran)," Case Studies in Thermal Engineering, pp. 510-516 .
14. T.Akbari, C. Hosseinzadeh and A. Shiri,2016, "Investigating the Suitability of Ilam Citizens' Leisure Spaces (Case Study: Urban Green Spaces)," culture of Ilam, pp. 25-39.(In Persian)
15. Meteorological Office of the Provincial General, Ilam, 2015.(In Persian)

16. B. Kari, F. Tahmasebi, M. abrosh, K. Nanji, h. Niloofar, S. Mohammadi and R. Fayaz,2013, Building Energy Auditing Regulations, Tehran: Road, Housing and Urban Development Research Center. (In Persian)

17. Z. zomorodian, m. tahsildoust,2015, "Validation of Energy Simulation Software in Buildings: An Experimental and Comparative Approach," Iranian Energy Journal, pp. 115-132. (In Persian)