

Original Research Article

Improving the Iranian national standard (INS) indices for the energy performance in buildings through comparing it with the LEED standard: A case study of office buildings in Tehran

Amin Mohammadi^{1*}, Seyed Mohammad Hosein Ayatollahi², Seyed Mohammad Mousavi¹

¹Faculty of Art and Architecture, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

² Faculty of Art and Architecture, Yazd University, Yazd, Iran.

 : 10.22034/AHDC.2022.17166.1590

Received:

August 24, 2022

Accepted:

November 16, 2022

Keywords:

Iranian national standard, LEED international standard, Energy performance of building, Office buildings in Tehran.

Abstract

The aim of this study was to compare the Iranian National Standard (INS) with LEED, a valid international standard, in the field of evaluating energy performance in buildings to show the strengths and weaknesses of INS and then improve and update it. For this purpose, a government office building in Tehran was selected as the case study. To evaluate the energy performance of this building in accordance with the guideline of LEED standard, at first, all of its components and equipment were modeled and simulated in the Design Builder software based on the ASHRAE standard 90.1. Then, the baseline and the proposed models of the ASHRAE standard were configured for the case building, and their annual energy consumption and cost were compared. The simulation results showed that the proposed model of the case building can save 31.5% of the annual cost of energy consumption and can achieve 13 out of 18 points of the LEED standard in the category of energy performance. Afterwards, this proposed model was evaluated by INS to determine the energy consumption criteria and the energy label guidelines for non-residential buildings. As the annual energy consumption of the proposed model for the case building in this study was 73 kWh/m², the energy ratio index (R) for this building, based on INS, was less than one. Thus, it received label A in energy rating. The findings of this research revealed that, in order to receive the highest LEED score in the category of energy performance for an office building, it is necessary to use valid standards, as LEED is far beyond INS in energy conservation, prevention of carbon dioxide emissions, and environmental protection. To improve INS in the category of energy performance for office buildings and to be in line with the LEED standard, this paper recommends a 23% reduction in the energy consumption index of ideal non-residential buildings in Tehran and improvement of this index for the other climates in Iran.

E-ISSN: 2645-372X /© 2023. Published by Yazd University This is an open access article under the CC BY 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



* **Corresponding author:** Amin Mohammadi E-mail: aminmohammadi@pgu.ac.ir

Address: Persian Gulf Avenue, Persian Gulf University, 7516913817. Bushehr, Iran.

Extended Abstract

1. Introduction

Different national standards have been established for building designs for the aims of sustainability and protecting the environment. A range of issues including water efficiency, energy efficiency, and construction materials have been considered in most of these standards.

LEED is one of the most famous standards that has been prepared by the U.S green buildings council. It is used by designers and building engineers from different countries considering geographical, social, cultural, and economic aspects. Among other standards, LEED was selected for this study based on its international reputation and comprehensiveness.

On the other hand, the national standard organization of Iran has released an instruction for the energy labeling of residential and office buildings. This standard was prepared by an energy efficiency company many years ago, but it has not been updated so far. Thus, given the rate of climate change, the effect of this standard on energy efficiency and CO₂ emission of office buildings in megacities cannot be verified.

The aim of this study was to compare the Iranian national standard (INS) with LEED, a valid international standard, in the field of evaluating the energy performance in buildings to show the strengths and weaknesses of INS and then improve and update it.

2. Research Methodology

To do this study, a government office building in Tehran was selected as the case study. To evaluate the energy performance of this building in accordance with the guideline of the LEED standard, at first, all of its components and equipment were modeled and simulated in the Design Builder software based on the ASHRAE standard 90.1. Then, the baseline and the proposed models of the ASHRAE standard were configured for the case building, and their annual energy consumption and cost were compared.

The architectural model of the office building has six floors including a basement, parking, and four upper floors. Generally, the LEED standard uses appendix G from ASHRAE 90.1 criteria to make a model, which means a major renovation. There are two methods to comply with the ASHRAE codes in building designs. In the first method, namely the prescriptive method, all the building components must comply with the minimum requirements of ASHRAE 90.1. The second method, namely the performance method, benefits from building energy simulation. A baseline model is made on the basis of an actual building. It is similar to it in terms of dimensions and occupancy schedule. But its components comply with the minimum requirements of ASHRAE 90.1. Based on this baseline model, a model is extracted through simulation. The main differences between these models are HVAC systems, lighting, shading devices, glazing, and thermal insulation of external walls and roofs.

3. Results and discussion

The simulation results showed that the proposed model of the case building can save 31.5% of the annual cost of energy consumption and can achieve 13 out of 18 points of the LEED standard in the category of energy performance. Afterward, the proposed model was evaluated by INS to determine the energy consumption criteria and the energy label guidelines for non-residential buildings. The annual energy consumption of the proposed model for the case building in this study was 73 kWh/m². Therefore, the energy ratio index (R) for this building, based on INS, was less than one. It received label A in energy rating. The findings of this research revealed that, in order to receive the highest LEED score in the category of energy performance for an office building, it is necessary to use valid standards, as LEED is far beyond INS in energy conservation, prevention of carbon dioxide emissions, and environmental protection.

In this study, the energy consumption index of the reference non-residential building for the climatic conditions of Tehran City, as the case study area, is suggested to be decreased by 23%. As a result, major renovation and integrated solutions in buildings will be required to achieve a high energy label in the national standard of Iran.

4. Conclusion

This paper reports the evaluation of the energy performance of an office building in Tehran using the international standard of LEED and the national standard of Iran. The results are then compared. It is shown that the national standard of Iran is very easy to use to evaluate the energy performance of buildings compared to LEED. Since LEED is stricter than the national standard of Iran, to achieve the highest score of energy performance in LEED, a combination of active, passive, and renewable solutions must be used. This is while achieving the highest level of energy saving in the national standard of Iran does not need the highest level of energy efficiency, as the this study showed. The importance of this issue is revealed when the evaluation of energy performance in non-residential buildings in megacities is declared mandatory by decision-makers in the building industry. In this case, the utilization of the current national standard of Iran to classify the energy use in non-residential buildings cannot significantly affect environmental protection and the availability of zero-Carbon cities.

بهبود شاخص های استاندارد ملی ایران در ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان ها از طریق مقایسه آن بررسی موردی ساختمان های اداری شهر تهران : LEED با استاندارد

امین محمدی^{۱*}، سید محمد حسین آیت اللهی^۲، سید محمد موسوی^۱

۱. استادیار گروه مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر

۲. دانشیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد

چکیده

هدف این مطالعه بروز رسانی و بهبود استاندارد ملی ایران در زمینه ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان ها از طریق مقایسه آن با استاندارد بین المللی LEED است تا از این طریق نقاط قوت و ضعف شاخص های آن مشخص و اصلاح گردد. برای این منظور یک ساختمان اداری دولتی در شهر تهران به عنوان نمونه موردی انتخاب گردید. برای ارزیابی عملکرد انرژی این ساختمان مطابق با دستورالعمل استاندارد لید، ابتدا همه اجزاء و تجهیزات آن بر اساس استاندارد ASHRAE 90/1 در نرم افزار Design Builder مدل سازی و شبیه سازی شد. سپس با استفاده از این نرم افزار، دو مدل اولیه و پیشنهادی استاندارد اشری برای ساختمان مذکور استخراج شد و مصرف سالانه انرژی و هزینه آنها با یکدیگر مقایسه گردید. نتایج بدست آمده از شبیه سازی نشان می دهد که مدل پیشنهادی اشری از ساختمان مذکور سالانه ۵/۳۱ درصد در هزینه مصرف انرژی صرفه جویی به عمل می آورد و می تواند ۱۳ امتیاز از ۱۸ امتیاز استاندارد LEED در بخش عملکرد انرژی را دریافت نماید. سپس این مدل پیشنهادی اشری با استفاده از استاندارد ملی ایران برای تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی برای ساختمان های غیرمسکونی مورد ارزیابی قرار گرفت. از آنجا که مصرف سالانه انرژی مدل پیشنهادی اشری از ساختمان اداری مذکور در این مطالعه ۷۳ kWh/m² است، مطابق استاندارد ملی، شاخص نسبت انرژی (R) برای این ساختمان کمتر از یک بوده و در رده بندی مصرف انرژی، برچسب رده (A) را دریافت می نماید. نتایج این تحقیق نشان می دهد که برای دریافت بالاترین امتیاز LEED در بخش عملکرد انرژی یک ساختمان اداری، استفاده از استانداردهای بسیار بالا در طراحی ساختمان ضرورت دارد و استاندارد مذکور در محافظت از انرژی و جلوگیری از انتشار دی اکسید کربن و حفظ محیط زیست نسبت به استاندارد ملی ایران پیشرو است. پیشنهادات این مطالعه برای بهبود استاندارد ملی در زمینه ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان های اداری و همطراز شدن با استاندارد لید در این زمینه شامل کاهش ۲۳ درصدی شاخص مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی ایده آل در اقلیم شهر تهران و بهبود این شاخص در دیگر اقلیم های کشور می باشد.

تاریخ دریافت:

۲ شهریور ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش:

۲۵ آبان ۱۴۰۱

کلیدواژه ها:

استاندارد ملی ایران، استاندارد بین المللی LEED، عملکرد انرژی ساختمان، ساختمان های اداری تهران

doi: 10.22034/AHDC.2022.17166.1590

E-ISSN: 2645-372X /© 2023. Published by Yazd University This is an open access article under the CC BY 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



نویسنده مسئول: امین محمدی. آدرس پستی: بوشهر، خیابان خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، کد پستی ۷۵۱۶۹۱۳۸۱۷.

Email: Aminmohammadi@pgu.ac.ir

افزایش بی رویه استفاده از سوخت های فسیلی توسط انسان در دهه های اخیر موجب افزایش انتشار گازهای گلخانه ای و تغییرات اقلیمی گسترده در کره زمین گردیده که این موضوع میتواند تهدیدی برای حیات تمام موجودات زنده محسوب شود. برای حفظ محیط زیست و توسعه پایدار، کشورهای مختلف، نظام ها و استانداردهای مختلفی برای طراحی ساختمانها در سطح ملی تدوین نموده اند. در اغلب این استانداردها، موارد مختلفی از جمله بهینه سازی مصرف انرژی و استفاده از مواد و مصالح مناسب برای محافظت از محیط زیست در نظر گرفته شده است. از جمله مشهورترین این استانداردها، استاندارد بین المللی لید^۱ است که توسط شورای ساختمان های سبز ایالات متحده آمریکا^۲ تدوین شده و نسخه های بومی شده آن با توجه به شرایط جغرافیایی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی بصورت داوطلبانه مورد استفاده بسیاری از طراحان و مهندسين ساختمان در کشورهای مختلف جهان قرار می گیرد. این استاندارد بدلیل اعتبار بین المللی، جامعیت و استفاده از آن به عنوان یک سیستم ارزیابی در بسیاری از کشورها از میان سایر استانداردها یا گزینه ها انتخاب و مد نظر این مطالعه قرار گرفته است. آخرین ویرایش این استاندارد شامل ۸ قسمت مختلف است (Green Building and LEED Core Concepts Guide, ۲۰۱۴). موقعیت و حمل و نقل، سایت های پایدار، بهینه سازی آب، انرژی و جو، منابع و مصالح، کیفیت محیط داخل ساختمان، خلاقیت در طراحی و اولویت های محلی از جمله بخش های مختلف این استاندارد را تشکیل می دهند. استاندارد لید دارای یک نظام رتبه بندی جامع نیز می باشد. برای ساختمان های جدید و بازسازی های عمده^۳، هر یک از بخش های مذکور به ترتیب ۱۶، ۱۰، ۱۱، ۳۳، ۱۳، ۱۶، ۶ و ۴ امتیاز را به خور اختصاص می دهد. کسب ۴۰ تا ۴۹ امتیاز توسط یک ساختمان در این نظام رتبه بندی منجر به دریافت نشان تایید شده^۴ توسط لید می گردد. دریافت ۵۰ تا ۵۹ امتیاز می تواند به کسب گواهی نقره ای^۵ منجر شود. برای دریافت نشان طلایی^۶ در این نظام نیاز به ۶۰ تا ۷۹ امتیاز است و سرانجام، ساختمانی که بتواند ۸۰ تا ۱۱۰ امتیاز کسب نماید، موفق به دریافت بالاترین نشان لید یعنی پلاتین^۷ خواهد شد. مهمترین بخش در نظام لید به مانند دیگر سیستم های معتبر امتیاز دهی زیست محیطی ساختمان مثل BREEAM انگلستان و CASBEE ژاپن (رئیس و نیکروان، ۱۳۹۵)، بخش بهره وری انرژی می باشد که در این مطالعه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. از ۳۳ امتیاز این بخش در لید، ۱۸ امتیاز آن به تنهایی متعلق به بهینه کردن عملکرد انرژی^۸ ساختمان می باشد که مهمترین و بیشترین سهم را در این بخش به خود اختصاص داده است. جدول ۱ تصویری کلی از سیستم امتیاز دهی لید برای ساختمان های جدید و بازسازی های عمده را نشان می دهد.

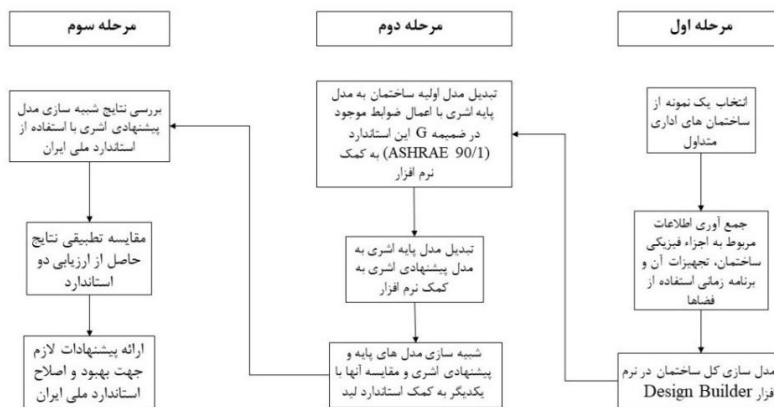
جدول ۱. جزئیات امتیازدهی در استاندارد لید برای ساختمان های جدید و بازسازی های عمده (USGBC, ۲۰۱۹)

| امتیاز | عنوان |
|--------|---------------------------|
| ۱۶ | محل قرار گیری و حمل و نقل |
| ۱۰ | سایت های پایدار |
| ۱۱ | بهره وری آب |
| ۳۳ | انرژی و جو |
| | عنوان زیر مجموعه |
| | راه اندازی اولیه و تایید |
| لازم | پیشنیاز |
| لازم | پیشنیاز |
| لازم | پیشنیاز |
| لازم | پیشنیاز |
| ۶ | امتیاز لازم |
| ۱۸ | امتیاز لازم |
| ۱ | امتیاز لازم |

| | | |
|-----|---------------------|--------------------------|
| ۲ | امتیاز لازم | پاسخ به تقاضای انرژی |
| ۳ | امتیاز لازم | تولید انرژی تجدید پذیر |
| ۱ | امتیاز لازم | مدیریت پیشرفته مبردها |
| ۲ | امتیاز لازم | سوخت سبز و جایگزینی کربن |
| ۱۳ | منابع و مصالح | |
| ۱۶ | کیفیت محیط داخلی | |
| ۶ | خلاقیت در طراحی | |
| ۴ | اولویت های منطقه ای | |
| ۱۱۰ | مجموع | |

در نظام جامع لید، بررسی عملکرد انرژی ساختمان و امتیاز تعلق گرفته به آن از طریق محاسبه میزان صرفه جویی در هزینه سالانه مصرف انرژی ساختمان صورت می‌گیرد و مبنای آن شاخص عملکرد هزینه^۹ (ASHRAE ۲۰۱۶) می‌باشد. از دیگر سو در ایران، سازمان ملی استاندارد، یک معیار مصرف و دستورالعمل برچسب انرژی برای ساختمان های مسکونی (استاندارد ۱۴۲۵۳) (ایران، ۱۳۹۰) و ساختمان های غیرمسکونی و عمدتاً اداری (استاندارد ۱۴۲۵۴) (ایران، ۱۳۹۰) تهیه کرده است. این استاندارد، یک شاخص مصرف انرژی (بر حسب kWh/m²/year) برای یک ساختمان ایده آل در اقلیم‌های مختلف ایران در نظر می‌گیرد. برای تعیین رده مصرف انرژی ساختمان مورد نظر، کفایت شاخص نسبت انرژی (R) آنرا که از تقسیم میزان مصرف سالانه انرژی آن بر مصرف سالانه انرژی ساختمان ایده آل بدست می‌آید محاسبه نماییم. به این ترتیب رده مصرف انرژی ساختمان مورد نظر با کسب یکی از برچسب های A تا G تعیین می‌شود. اما با در نظر گرفتن روند گسترده تغییرات اقلیمی و با توجه به اینکه استاندارد مذکور سالها قبل در ۱۳۹۰ توسط شرکت بهینه سازی مصرف سوخت تهیه و تدوین گردیده و تا کنون بروز رسانی نشده، میزان تاثیرگذاری آن بر بهبود بهره وری انرژی ساختمانهای اداری و جلوگیری از انتشار دی اکسید کربن در شهرهای بزرگ مورد تردید می‌باشد. ساختمان های اداری دولتی در شهرهای بزرگ مثل پایتخت به این دلیل به عنوان نمونه مورد بررسی این تحقیق انتخاب شده اند که سرمایه های زیادی را در خود جای داده اند و بعد از ساختمان های مسکونی، سالانه مقادیر قابل توجهی از مصرف انرژی کشور را به خود اختصاص می‌دهند. در برهه کنونی که تاثیرات مخرب صنعت ساختمان بر محیط زیست بیش از هر زمان دیگری آشکار گردیده، مطابق با آیین نامه اجرایی ماده ۱۸ قانون اصلاح الگوی مصرف مصوب مجلس شورای اسلامی، این ساختمانها در اولویت نیاز به بازسازی و بهبود عملکرد انرژی مطابق با قوانین و استانداردهای ملی قرار دارند. در نتیجه لازم است تا ابتدا نقاط قوت و ضعف این استاندارد شناسایی شده و شاخص های مورد استفاده آن در ارزیابی عملکرد انرژی ساختمانهای اداری بهبود و ارتقاء یابد. این مقاله با هدف بهبود و بروز رسانی شاخص های استاندارد ملی ایران در زمینه ارزیابی عملکرد انرژی ساختمانهای اداری تهیه گردیده تا با بکارگیری این استاندارد بتوان به بهبود بهره وری انرژی و جلوگیری از انتشار دی اکسید کربن در شهرهای بزرگ کمک نمود. این مطالعه طی سه مرحله، ابتدا با جمع آوری اطلاعات کتابخانه ای و سپس استفاده از مدل سازی و شبیه سازی و در انتها با تجزیه و تحلیل نتایج به بررسی تطبیقی استاندارد لید و استاندارد ملی ایران در زمینه ارزیابی عملکرد انرژی ساختمانهای اداری در کلانشهر تهران با اقلیمی نیمه خشک پرداخته است. در مرحله اول، پس از انتخاب یک ساختمان اداری در این شهر، نقشه های معماری و اطلاعات مربوط به فضاها و اجزاء فیزیکی ساختمان، تجهیزات تهویه و تهویه مطبوع مکانیکی، تجهیزات روشنایی و برنامه زمان بندی استفاده از فضاها با مشاهده و پرسشنامه جمع آوری شد و با استفاده از نرم افزار Design Builder، ساختمان مورد نظر مدل سازی گردید. در مرحله دوم، برای ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان با استاندارد لید، مدل ساخته شده در نرم افزار با اعمال ضوابط موجود در ضمیمه G استاندارد ASHRAE 90/1 بر آن، به مدل پایه اشری تبدیل شد و سپس مدل پیشنهادی اشری از ساختمان اداری مذکور به کمک نرم افزار و فایل اطلاعات اقلیمی یک ساعته از مدل پایه اشری تولید گردید. در ادامه، نتایج بدست آمده از شبیه سازی مدل پایه و پیشنهادی اشری با هم

مقایسه می‌شوند تا عملکرد انرژی آنها مطابق استاندارد لید ارزیابی گردد. در آخرین مرحله، نتایج شبیه سازی مدل پیشنهادی انرژی با استفاده از استاندارد ملی ایران مورد بررسی قرار میگیرد و مقایسه تطبیقی بین نتایج حاصل از ارزیابی دو استاندارد انجام می‌شود و سپس پیشنهادات لازم جهت اصلاح و بهبود استاندارد ملی ایران ارائه می‌گردد. تصویر ۱ دیگرام فرآیند تحقیق را نشان می‌دهد.



تصویر ۱. دیگرام فرآیند تحقیق (مأخذ: نگارندگان)

پرسش های پژوهشی

۱. استاندارد ملی ایران برای تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی برای ساختمان های غیرمسکونی، دارای چه نقاط قوت و ضعفی می‌باشد؟
۲. با توجه به روند تغییرات اقلیمی و افزایش دما در شهرهای بزرگ، بکارگیری ویرایش کنونی این استاندارد برای تعیین رده بندی انرژی ساختمان های اداری در کلانشهرهای ایران در قیاس با استانداردهای بین المللی می‌تواند بطور قابل ملاحظه ای به بهبود بهره وری انرژی و کاهش انتشار سالانه دی اکسید کربن در این ساختمانها کمک نماید؟
۳. چه راهکار/راهکارهایی جهت بهبود این استاندارد در زمینه ارزیابی عملکرد انرژی ساختمانها و همطراز شدن آن با استانداردهای بین المللی پیشنهاد می‌گردد؟

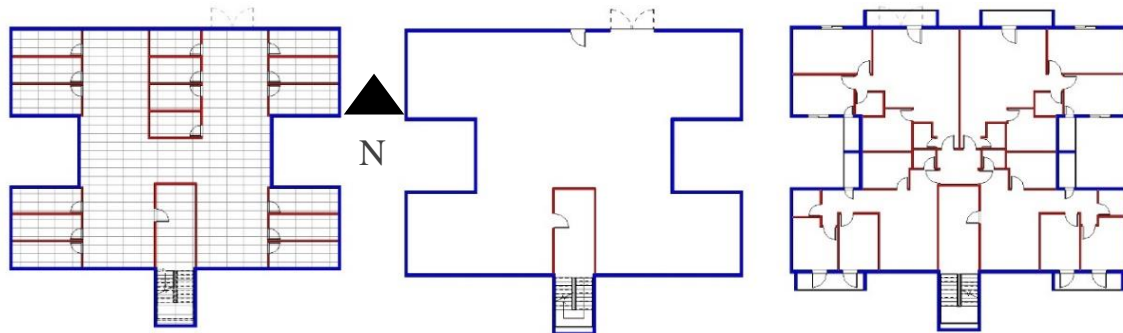
۲ پیشینه تحقیق

تا کنون تحقیقات مختلفی در زمینه بررسی عملکرد انرژی ساختمانها با در نظر گرفتن استاندارد های بین المللی و ملی و مقایسه این استانداردها با یکدیگر در جهت تدوین سیستم های بومی ارزیابی ساختمانهای سبز و رتبه بندی آنها انجام شده است. (Arabi, Balali, Hakimelahi, & Bagheri, Mokarizadeh, & Jabbar, ۲۰۲۰; Golabchi, & Darabpour, ۲۰۲۰; Valipour, Delgarm, Sajadi, Delgarm, & Kowsary, ۲۰۲۰; Fathalian & Kargarsharifabad, ۲۰۱۶; Delgarm, Sajadi, Delgarm, & Kowsary, ۲۰۱۶; Issa & Al Abbar, ۲۰۱۴; Heravi & Qaemi, ۲۰۰۹; Fayaz & Kari, ۲۰۱۶; Naderi, Sajadi, Behabadi, & Naderi, ۲۰۱۸; Meiboudi, Lahijanani, Shobeiri, Jozi, & Azizinezhad, ۲۰۱۶; Shad, Khorrami, & Roodgar, Mahmoudi, Ebrahimi, & Molaei, ۲۰۱۹; Orouji et al., ۲۰۲۰; Zarghami, Fatourehchi, & Shakouri G, Rahmani, Hosseinzadeh, & Kazemi, ۲۰۱۷; Ghaemi, Karamloo, ۲۰۱۹; Zomorodian, Korsavi, & Tahsildoost, ۲۰۱۶; تقی بیگی & نیک قدم, ۱۳۹۵; جهرمی & پور, ۱۳۹۵; خوش کشت & کرد جمشیدی, ۱۳۹۲; رستم زاد, فیضی, صنایعیان, & خاکزند, ۲۰۲۱; رئیسی & نیکروان, ۱۳۹۵; صابر دوات گران, سرشار, & افصلیان, ۱۳۹۵; مظلومیان & قبادیان, ۱۳۹۶; مهربان, مفیدی شمیرانی, & مهرپویا, ۱۳۹۷). در مهمترین آنها که با تمرکز بر ساختمان های اداری و در نظر گرفتن مقررات ملی ساختمان ایران انجام شده، فیاض و کاری (۲۰۰۹) به بررسی مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان ایران پرداخته اند و آنرا با استانداردهای ISO 9164, EN 832 و مقررات ملی کشورهای آلمان، ترکیه و چین مقایسه نموده اند تا بتوان نحوه تطابق این کشورها و پذیرش استانداردهای بین المللی در آنها را

مشخص نمود و از این راه، اصلاحات لازم در مبحث نوزده را پیشنهاد داد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مبحث نوزده در زمینه طراحی اجزاء ساختمان کارایی لازم را دارد اما در زمینه تهویه و دستیافت‌های داخلی گرما ناشی از تابش، تجهیزات و حضور افراد نیاز به اصلاح و بهبودی دارد. رئیسی و نیکروان (۱۳۹۵) در تحقیقی مشابه، به بررسی تطبیقی مهمترین سیستم‌های متداول ارزیابی ساختمان‌های سبز شامل LEED، BREEAM و CASBEE مربوط به کشورهای ایالات متحده آمریکا، انگلستان و ژاپن پرداخته‌اند و زمینه‌های مشابه و متمایز آنها با مقررات ملی ساختمان ایران را شناسایی و مورد مقایسه قرار داده‌اند تا بتوانند از این راه به بهبود و اصلاح مقررات ملی ایران کمک نموده و یک نظام رتبه‌بندی زیست‌محیطی بومی مخصوص ایران برای ساختمان‌ها تدوین کنند. برای تهیه برچسب عملکرد انرژی ساختمان‌های اداری در ایران، باقری و همکاران (۲۰۱۳) در وزارت انرژی، نرم افزار بهسازان را توسعه داده و عملکرد انرژی ۲۸۵ ساختمان اداری در ۴ اقلیم مختلف ایران را شبیه‌سازی و تحلیل نمودند. در نتایج این تحقیق، برچسب انرژی ساختمان‌های اداری از A تا G طبقه‌بندی شده است. در این مطالعه، حد بالای مصرف انرژی ساختمان‌های اداری برای دریافت برچسب A در اقلیم‌های سرد، معتدل، گرم و خشک و گرم و مرطوب به ترتیب ۸۴، ۷۵، ۷۸ و ۸۲ کیلو وات ساعت بر متر مربع در سال در نظر گرفته شده که از شاخص‌های کنونی در استاندارد ملی ایران بیشتر است و نمی‌تواند به عنوان نسخه‌ای بروز شده برای تعیین برچسب عملکرد انرژی ساختمان‌های اداری در شرایط کنونی مورد استفاده قرار گیرد. سرانجام در تحقیقی در راستای توسعه سیستمی جهت ارزیابی ساختمان‌های اداری سبز در ایران، شاد و همکاران (۲۰۱۷) نظامی مشابه دیگر سیستم‌های ارزیابی مانند لید و بریام پیشنهاد داده‌اند که در پروسه وزن‌دهی به معیارهای اصلی آن، عوامل محیطی، اقتصادی-اجتماعی و جنبه‌های فنی بستر تحقیق در نظر گرفته شده است. ۸ معیار بکارگرفته شده در این سیستم شامل انتخاب سایت، بهره‌وری انرژی، بهره‌وری آب، مواد و مصالح، کیفیت محیط داخلی، آلودگی و هدررفت، هزینه و اقتصاد و خلاقیت در طراحی است و بهره‌وری انرژی با ۲۰ امتیاز از مجموع ۱۰۰ امتیاز در این سیستم، بیشترین وزن را در مقایسه با بقیه معیارها دارد. ساختمانی اداری که بین ۱۰۰-۹۱ امتیاز در این سیستم کسب کند، به عنوان یک ساختمان اداری کاملاً سبز شناخته می‌شود که بالاترین نشان در این سیستم است و ساختمانی که ۶۰-۴۱ امتیاز کسب نماید، تنها موفق به دریافت نشان تایید شده می‌گردد که پایین‌ترین امتیاز در این سیستم می‌باشد. برای تست کاربرد عملی این سیستم، بخشی از ساختمان‌های اداری شهر مشهد به عنوان نمونه موردی با بکارگیری GIS و ترکیب آن با این سیستم، مورد ارزیابی و رتبه‌بندی قرار گرفتند و نتایج حاصل از این ارزیابی با دیگر نظام‌های معتبر رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز مانند BREEAM، LEED، CASBEE، GBTOOL و SABA مقایسه شد و نتایج حاصل از این مقایسه، قابل اعتماد بودن آنرا نشان داد. نکته مهم در این سیستم آن است که امتیاز دهی به معیارها در هر بخش توسط طراحان صورت می‌گیرد و طراح می‌تواند در هر بخش، معیارهای خود را برای امتیاز دهی بکار گیرد. بنابراین، ملاک‌های امتیاز دهی به معیارهای ۸ گانه در این سیستم از قبل تعیین نشده و بسته به نظر طراح می‌تواند متغیر باشد.

بررسی پیشینه تحقیق از یک سو نشان می‌دهد که هر یک از نظام‌های پیشنهادی مذکور برای ارزیابی پایداری و یا عملکرد انرژی ساختمان‌های اداری در ایران، دارای نقاط ضعف خاصی می‌باشد که بکارگیری آنها را غیرمتصور نموده و ارزیابی حاصل از آنها را در قیاس با استاندارد ملی ایران مورد تردید قرار می‌دهد. مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان ایران نیز تنها به نحوه طراحی اجزاء و سیستم‌های ساختمان می‌پردازد و دستورالعملی برای بررسی عملکرد انرژی ساختمان‌ها و رده‌بندی آنها ندارد. بنابراین در بهره‌کنونی، استفاده از استاندارد ملی برای ارزیابی عملکرد انرژی ساختمانها در ایران ارجحیت دارد. بکارگیری نظام لید در این مطالعه نیز با توجه به جامعیت و انعطاف‌پذیری آن در مقایسه با دیگر نظام‌های بین‌المللی ارزیابی، می‌تواند اعتبار ارزیابی‌ها را تضمین نماید. از سوی دیگر، مرور ادبیات موضوع نشان داد که در هیچ یک از تحقیقات مذکور، عملکرد انرژی ساختمان‌های اداری با استفاده از استاندارد لید و استاندارد ملی ایران مورد بررسی قرار نگرفته و مقایسه‌ای بین بررسی عملکرد انرژی این ساختمان‌ها با بکارگیری این دو استاندارد انجام نشده تا نقاط قوت و ضعف استاندارد ملی ایران و تاثیر گذاری آن بر بهبود بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها مشخص گردد. این مطالعه از این مرحله فراتر می‌رود تا با هدف بهبود شاخص‌های استاندارد ملی ایران در ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان‌های اداری، نقاط قوت و ضعف آنرا را از طریق مقایسه آن با استاندارد لید مورد بررسی قرار دهد.

مدل معماری ساختمان اداری مورد نظر این مطالعه که نقشه های معماری و حجم سه بعدی آن در تصاویر ۲ و ۳ ارائه گردیده دارای ۶ طبقه شامل یک زیرزمین، یک فضای پیلوت و پارکینگ و ۴ طبقه فضای اداری است.



تصویر ۲- از چپ به راست به ترتیب: پلان زیر زمین، پلان طبقه همکف (پارکینگ و پیلوت) و پلان طبقات اداری (مأخذ: نگارندگان)



تصویر ۳- تصویر سه بعدی از ساختمان در محیط Design Builder (مأخذ: نگارندگان)

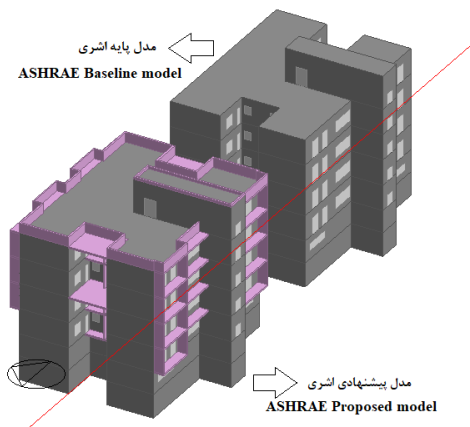
بطور کلی، استاندارد لید از ضوابط موجود در ضمیمه ۱^۰ G مربوط به استاندارد ASHRAE 90/1 (بخش های ۵ تا ۱۰ به ترتیب مربوط به اجزاء فیزیکی ساختمان، سیستم های HVAC، آب گرم مصرفی، سیستم های برق، سیستم های روشنایی و تجهیزات ساختمان) برای ایجاد یک مدل از ساختمان منطبق با اثری استفاده می کند که به معنای یک بازسازی عمده می باشد. دو راه برای انطباق با کدهای اثری در طراحی ساختمان وجود دارد. (ASHRAE, ۲۰۱۶) در روش اول موسوم به روش تجویزی^{۱۱}، تمام اجزاء ساختمان باید از حداقل استانداردهای لازم (۶ بخش مذکور در بالا) که توسط ASHRAE 90/1 تعیین شده برخوردار باشند و انطباق لازم با آن وجود داشته باشد. در روش دوم موسوم به روش عملکرد^{۱۲}، که منطبق بر شبیه سازی کل انرژی ساختمان^{۱۳} است، یک مدل پایه^{۱۴} برای ساختمان مورد نظر پروژه ساخته می شود که از نظر اندازه و برنامه زمان بندی استفاده از فضاها همان خصوصیات را دارد ولی اجزاء آن منطبق بر بخش های ۵ تا ۱۰ روش تجویزی در استاندارد اثری 90/1 می باشند. پس از آن بر اساس مدل پایه، یک مدل پیشنهادی^{۱۵} با استفاده از شبیه سازی استخراج می شود که در واقع یک مدل اصلاح شده از مدل پایه به حساب می آید و مصرف سالانه انرژی و هزینه آن کمتر از مدل پایه اثری می باشد. ویژگی های این دو مدل که در شبیه سازی آنها استفاده شده در جدول ۲ خلاصه گردیده است. تفاوت های عمده در این دو مدل در سیستم های HVAC، سیستم های روشنایی، سایه بانها، شیشه پنجره ها و عایقکاری حرارتی دیوارهای خارجی و بام ساختمان می باشد.

جدول ۲. ویژگی های اجزاء فیزیکی و تجهیزات مدل های پایه و پیشنهادی اثری در این مطالعه

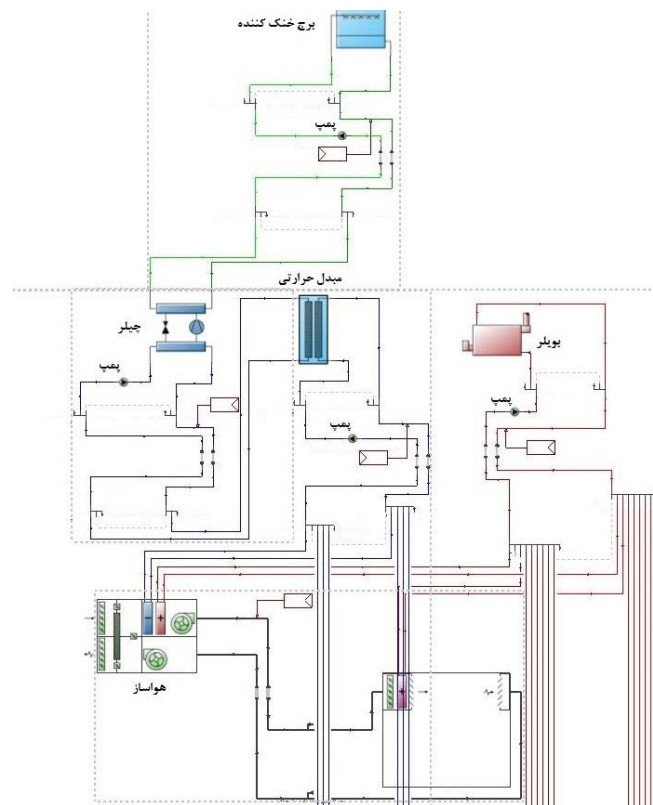
| مشخصات اجزاء فیزیکی ساختمان و تجهیزات | مدل پایه اشری | مدل پیشنهادی اشری |
|--|---|--|
| مساحت ساختمان | 2133/5 | 2133/5 |
| سایه بان شمالی | فاقد سایه بان | افقی و عمودی به عمق ۱۱۰ cm |
| سایه بان جنوبی | فائد سایه بان | افقی و عمودی به عمق ۱۲۰ cm |
| سایه بان غربی | عدم نیاز به سایه بان | عدم نیاز به سایه بان |
| سایه بان شرقی | عدم نیاز به سایه بان | عدم نیاز به سایه بان |
| نقطه تنظیم تهویه طبیعی | فاقد تهویه طبیعی | فاقد تهویه طبیعی |
| برنامه زمانی تهویه طبیعی | فاقد برنامه زمانی تهویه طبیعی | فاقد برنامه زمانی تهویه طبیعی |
| سیستم تعویض هوا | هواساز | هواساز |
| نرخ تعویض هوا در هر ساعت | 0/7 بار | 0/7 بار |
| نوع سیستم سرمایش، ظرفیت/ ضریب عملکرد سیستم و برنامه زمانی سرمایش | هواساز متصل به چیلر-ضریب عملکرد 1/8- آوریل تا سپتامبر | فن کوئل متصل به چیلر با ظرفیت سرمایشی ۸۳۷۰ کیلو وات- آوریل تا سپتامبر |
| نوع سیستم گرمایش، ظرفیت/ ضریب عملکرد سیستم و برنامه زمانی گرمایش | هواساز متصل به بویلر- ضریب عملکرد 0/85- اکتبر تا مارچ | فن کوئل متصل به بویلر با ورودی/خروجی گرمایی ۴۴-۳۷ کیلو وات- اکتبر تا مارچ |
| سیستم روشنایی | بر اساس استاندارد اشری برای ساختمان های اداری- متصل به سطح با توان گرمایی 11/9 w/m ² | بر اساس استاندارد اشری برای ساختمان های اداری- متصل به سطح با توان گرمایی 9/7 w/m ² |
| سیستم آب گرم، ظرفیت سیستم و برنامه زمانی استفاده | بویلر با ورودی/خروجی گرمایی ۴۴-۳۷ کیلو وات- اکتبر تا مارچ | بویلر با ورودی/خروجی گرمایی ۴۴-۳۷ کیلو وات- اکتبر تا مارچ |
| نوع پروفیل پنجره و ضخامت آن | آهنی با ضخامت 4 cm | یو پی وی سی با ضخامت 4 cm |
| تعداد جداره شیشه‌ها و نوع شیشه | بر اساس استاندارد اشری 1-90 با کد U-65 | دوجداره با 13 mm گاز آرگون- شیشه کم گسیل و شفاف 6 mm |
| ضریب انتقال حرارت شیشه ها | 3/69 w/m ² k | 1/49 w/m ² k |
| ضریب جذب گرمای خورشید از شیشه ها | 0/25 | 0/56 |
| ضخامت دیوارهای خارجی | 11 cm | 34 cm |
| مصالح دیوارهای خارجی | سیمان مخصوص روکار- بلوک سیمانی- دو لایه پشم شیشه- صفحات گچی | سنگ گرانیت- ملات ماسه سیمان- بلوک سیمانی مجوف- لایه هوای داخل- عایق حرارتی پلی استایرن- صفحات گچی- رزین پلی استر |
| ضریب انتقال حرارت دیوارهای خارجی | 0/47 w/m ² k | 0/31 w/m ² k |
| مصالح مورد استفاده در عایقکاری حرارتی دیوارهای خارجی و ضخامت آن | پشم شیشه- 6 cm | پلی استایرن- 7 cm |
| مصالح مورد استفاده در عایقکاری حرارتی بام و ضخامت آن | پشم شیشه- 12 cm | لایه هوا- 4 cm |
| برنامه زمانی استفاده از فضاها | 8 am- 4 pm | 8 am- 4 pm |

| | | |
|----------------|----------------|--------------|
| پنجشنبه و جمعه | پنجشنبه و جمعه | روزهای تعطیل |
|----------------|----------------|--------------|

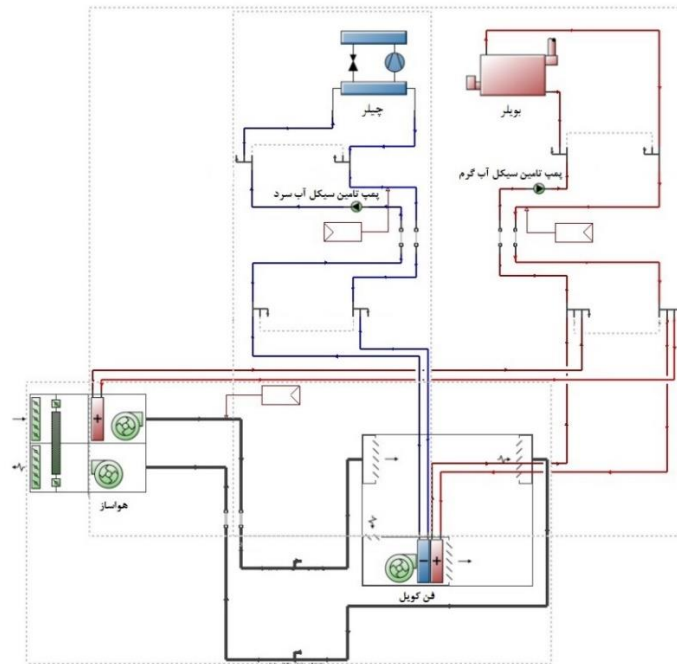
تصاویر ۴ تا ۶ به ترتیب مدل های پایه و پیشنهادی اشری در محیط نرم افزار Design Builder و سیستم HVAC در مدل پایه و پیشنهادی را نشان می دهند. از آنجا که سیستم HVAC ساختمان تاثیر زیادی بر مصرف سالانه انرژی دارد لازم است تا جزئیات آن در هر دو مدل معرفی گردد. در مدل پیشنهادی اشری، از سیستم هواساز برای تهویه و از فن کویل به همراه بویلر و چیلر برای گرمایش و سرمایش ساختمان استفاده شده (تصویر ۶) در حالیکه در مدل پایه اشری، از یک برج خنک کننده در کنار چیلر و مبدل حرارتی متصل به هواساز در سیستم مرکزی برای سرمایش استفاده شده و از بویلر متصل به هواساز برای گرمایش استفاده گردیده است (تصویر ۵). بعلاوه در مدل پیشنهادی اشری نسبت به مدل پایه، از سیستم روشنایی با توان حرارتی کمتر استفاده شده و عایقکاری حرارتی نیز تقویت گردیده است.



تصویر ۴- مدل های پایه و پیشنهادی اشری در محیط نرم افزار Design Builder (مآخذ: نگارندگان)



تصویر ۵- پلان جزئیات سیستم تهویه، گرمایش و سرمایش^{۱۶} در مدل پایه اشری در محیط نرم افزار Design Builder (مأخذ: نگارندگان)



تصویر ۶- پلان جزئیات سیستم تهویه، گرمایش و سرمایش در مدل پیشنهادی اشری در محیط نرم افزار Design Builder (مأخذ: نگارندگان)

برای مقایسه نتایج بدست آمده از شبیه سازی مدل های پایه و پیشنهادی و ارزیابی عملکرد انرژی این دو مدل به کمک لید، لازم است تا شبیه ارزیابی و امتیاز دهی به عملکرد انرژی ساختمان در این نظام معرفی گردد. لازم به ذکر است که در استاندارد لید، میزان صرفه جویی سالانه در هزینه مصرف انرژی، مبنای ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان می باشد. با استفاده از معادله (۱) (ASHRAE ۲۰۱۶) می توان میزان صرفه جویی سالانه در هزینه مصرف انرژی در پروژه یا ساختمان مورد نظر را محاسبه نمود و بر اساس آن، امتیاز کسب شده در بخش عملکرد انرژی ساختمان در نظام لید را معین کرد:

$$(1) \quad [100 \times (\text{هزینه سالانه انرژی مدل پایه} \div \text{هزینه سالانه انرژی مدل پیشنهادی}) - 100] (\%) = \text{میزان صرفه جویی هزینه}$$

بعد از مشخص شدن میزان صرفه جویی سالانه در هزینه مصرف انرژی با بکارگیری معادله (۱) و یا با استفاده از شبیه سازی، با مراجعه به جدول ۳ می توان امتیاز کسب شده متناسب با درصد صرفه جویی سالانه در هزینه مصرف انرژی ساختمان را معین نمود.

جدول ۳. جزئیات امتیاز دهی به میزان صرفه جویی سالانه در هزینه انرژی در استاندارد لید (USGBC ۲۰۱۹)

| میزان صرفه جویی در ساختمان های نو ساز (%) | میزان صرفه جویی در پروژه های بازسازی عمده (%) | میزان صرفه جویی در بازسازی اجزاء ساختمان (%) | امتیاز ساختمان (به استثناء ساختمان های درمانی و مدارس) | امتیاز ساختمان های درمانی | امتیاز ساختمان مدارس |
|---|---|--|--|---------------------------|----------------------|
| ۶ | ۴ | ۳ | ۱ | ۳ | ۱ |
| ۸ | ۶ | ۵ | ۲ | ۴ | ۲ |
| ۱۰ | ۸ | ۷ | ۳ | ۵ | ۳ |
| ۱۲ | ۱۰ | ۹ | ۴ | ۶ | ۴ |
| ۱۴ | ۱۲ | ۱۱ | ۵ | ۷ | ۵ |
| ۱۶ | ۱۴ | ۱۳ | ۶ | ۸ | ۶ |
| ۱۸ | ۱۶ | ۱۵ | ۷ | ۹ | ۷ |

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|-----|
| ۲۰ | ۱۸ | ۱۷ | ۸ | ۱۰ | ۸ |
| ۲۲ | ۲۰ | ۱۹ | ۹ | ۱۱ | ۹ |
| ۲۴ | ۲۲ | ۲۱ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۰ |
| ۲۶ | ۲۴ | ۲۳ | ۱۱ | ۱۳ | ۱۱ |
| ۲۹ | ۲۷ | ۲۶ | ۱۲ | ۱۴ | ۱۲ |
| ۳۲ | ۳۰ | ۲۹ | ۱۳ | ۱۵ | ۱۳ |
| ۳۵ | ۳۳ | ۳۲ | ۱۴ | ۱۶ | ۱۴ |
| ۳۸ | ۳۶ | ۳۵ | ۱۵ | ۱۷ | ۱۵ |
| ۴۲ | ۴۰ | ۳۹ | ۱۶ | ۱۸ | ۱۶ |
| ۴۶ | ۴۴ | ۴۳ | ۱۷ | ۱۹ | --- |
| ۵۰ | ۴۸ | ۴۷ | ۱۸ | ۲۰ | --- |

اما در قیاس با استاندارد لید، ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان در استاندارد ملی ایران با تعیین شاخص نسبت انرژی (R) و به دنبال آن، تعیین رده مصرف انرژی صورت می‌گیرد. با استفاده از معادله (۲) میتوان شاخص نسبت انرژی (R) یک ساختمان غیر مسکونی را محاسبه نمود:

$$R = (\text{kwh}/\text{m}^2) \div (\text{kwh}/\text{m}^2) \div \text{مصرف سالانه انرژی ساختمان}$$

که در آن شاخص مصرف انرژی ساختمان غیر مسکونی ایده آل در اقلیم‌های مختلف با استفاده از جدول ۴ تعیین می‌گردد. در این جدول، اقلیم ۱ و ۲ مربوط به مناطق بسیار سرد و سرد است. اقلیم ۳ و ۴ مربوط به مناطق معتدل و بارانی و نیمه معتدل و بارانی است. اقلیم‌های ۵ تا ۸ نیز به ترتیب مربوط به اقلیم‌های نیمه خشک، گرم و خشک، بسیار گرم و خشک و بسیار گرم و مرطوب می‌باشد. بعد از تعیین شاخص نسبت انرژی (R)، رده مصرف انرژی ساختمان با مراجعه به جدول ۵ تعیین می‌گردد.

جدول ۴. شاخص مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی ایده آل در اقلیم‌های مختلف (kwh/m²/Yr)

| شاخص | | اقلیم |
|---------------|---------------|-------|
| ساختمان خصوصی | ساختمان دولتی | |
| ۱۲۰ | ۸۰ | ۱ و ۲ |
| ۱۵۲ | ۶۴ | ۳ و ۴ |
| ۱۲۴ | ۷۴ | ۵ |
| ۱۱۷ | ۶۴ | ۶ |
| ۱۲۱ | ۸۶ | ۷ |
| ۱۹۷ | ۹۱ | ۸ |

جدول ۵. تعیین رده مصرف انرژی ساختمان غیر مسکونی بر اساس شاخص نسبت انرژی (R)

| رده مصرف انرژی | ساختمان اداری دولتی | ساختمان اداری خصوصی |
|----------------|---------------------|---------------------|
| A | R < 1 | R < 1 |
| B | 1 ≤ R < 2 | 1 ≤ R < 2.2 |
| C | 2 ≤ R < 3 | 2.2 ≤ R < 3.2 |
| D | 3 ≤ R < 4 | 3.2 ≤ R < 4 |
| E | 4 ≤ R < 5 | 4 ≤ R < 4.6 |
| F | 5 ≤ R < 6 | 4.6 ≤ R < 5.2 |

| | | |
|---------------------|----------------|--------------------|
| G | $6 \leq R < 7$ | $5.2 \leq R < 5.5$ |
| برچسب تعلق نمی گیرد | $7 \leq R$ | $5.5 \leq R$ |

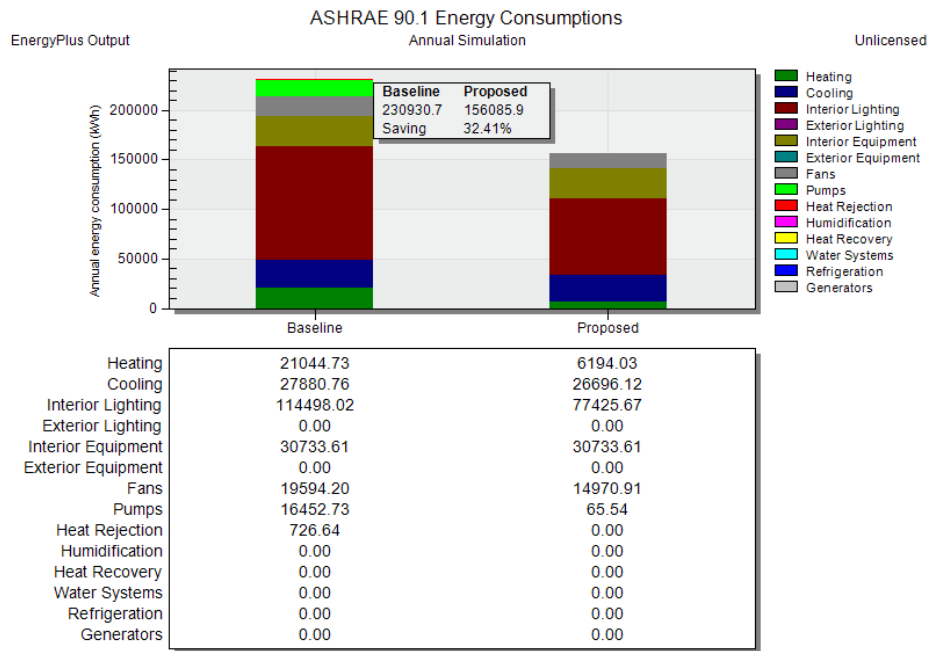
به این ترتیب، ارزیابی عملکرد انرژی مدل پیشنهادی اشری را می توان با بکارگیری استاندارد ملی ایران نیز انجام داد و سپس نتایج حاصل از ارزیابی هر دو استاندارد را با یکدیگر مقایسه نمود.

۴ نتایج و یافته ها

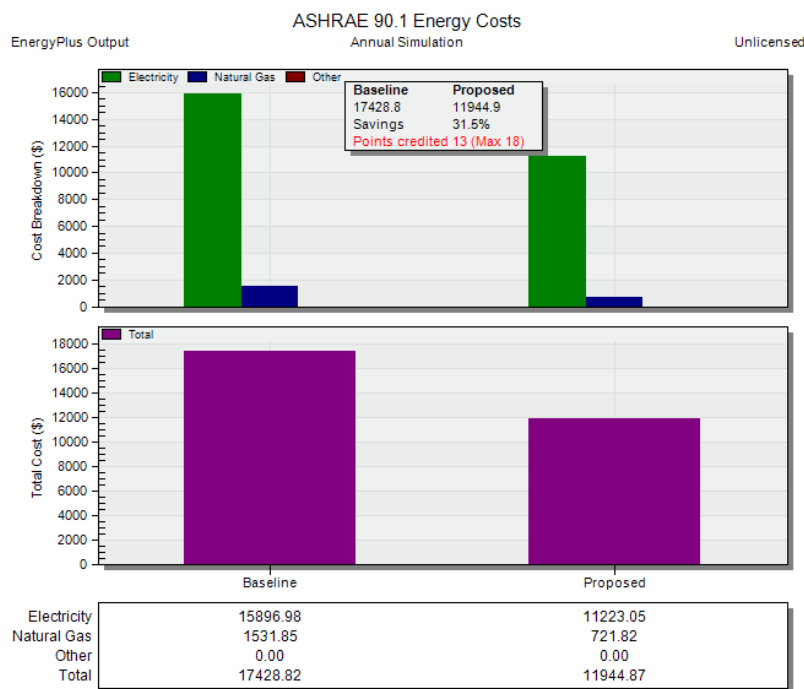
در این بخش، ابتدا یافته های حاصل از شبیه سازی مدل های پایه و پیشنهادی اشری به لحاظ مصرف سالانه انرژی و هزینه آن با یکدیگر مقایسه می شوند و مطابق با استاندارد لید، میزان صرفه جویی سالانه در هزینه مصرف انرژی و امتیاز مربوط به آن مشخص می گردد. سپس، عملکرد انرژی مدل پیشنهادی اشری با استفاده از استاندارد ملی ایران بررسی می شود و در انتها، نتایج ارزیابی هر دو استاندارد با یکدیگر مقایسه می شود تا نقاط قوت و ضعف استاندارد ملی ایران مشخص گردد. در تصاویر ۷ و ۸ به ترتیب میزان مصرف سالانه انرژی و هزینه آن در مدل های پایه و پیشنهادی اشری نمایش داده شده است. میزان مصرف سالانه انرژی در مدل های پایه و پیشنهادی اشری مطابق تصویر ۷ به ترتیب $230930/7$ و $156085/9$ کیلووات ساعت در سال بوده که با توجه به مساحت ساختمان، این میزان به ترتیب برابر با 108 و 73 کیلووات ساعت بر مترمربع در سال خواهد بود. به عبارت بهتر به میزان $32/4$ درصد در مصرف سالانه انرژی صرفه جویی به عمل آمده است. میزان هزینه سالانه انرژی در مدل های پایه و پیشنهادی اشری در این مطالعه ($1 \text{ kwh} = 0/0754 \$$) مطابق تصویر ۸ به ترتیب $17428/8$ و $11944/9$ دلار می باشد. با استفاده از معادله (۱) در بخش قبل می توان میزان صرفه جویی سالانه انرژی برای مدل پیشنهادی اشری را محاسبه نمود:

$$\text{صرفه جویی هزینه} (\%) = 100 - [(11944/9 \div 17428/8) \times 100] = 100 - 68/53 = 31/47 \%$$

به این ترتیب، سالانه $31/47$ درصد در هزینه انرژی مدل پیشنهادی اشری صرفه جویی به عمل می آید که این میزان با محاسبات نرم افزار Design Builder در تصویر ۸ نیز مطابقت دارد.



تصویر ۷- مصرف سالانه انرژی در مدل پایه و پیشنهادی اشری (مآخذ: نگارندگان)



تصویر ۸- هزینه سالانه انرژی در مدل پایه و پیشنهادی اشری (مآخذ: نگارندگان)

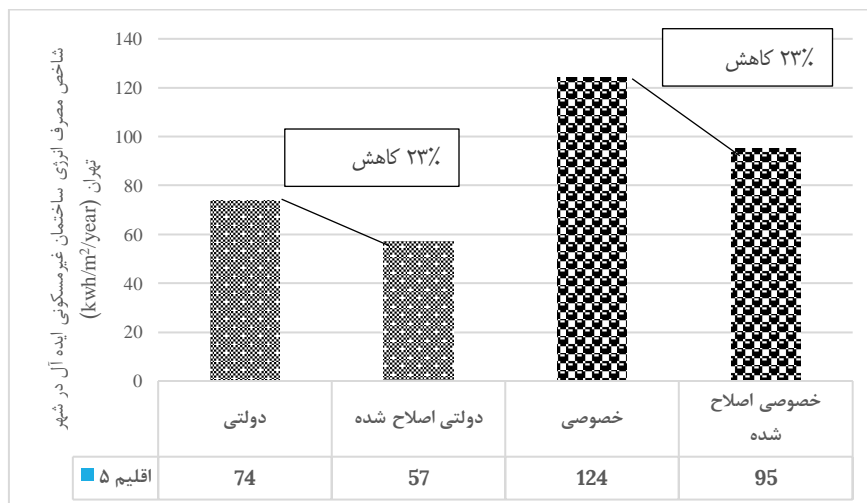
با در دست داشتن میزان صرفه جویی سالانه در هزینه مصرف انرژی مدل پیشنهادی اشری و مراجعه به جدول ۳ مشخص می‌گردد که برای پروژه بازسازی عمده یک ساختمان اداری با ویژگی‌های ذکر شده در جدول ۲، ۱۳ امتیاز از ۱۸ امتیاز بخش عملکرد انرژی ساختمان در قسمت انرژی و جو از استاندارد لید عاید خواهد شد (خانه های سبز رنگ). از آنجا که میزان مصرف سالانه انرژی مدل پیشنهادی اشری در این مطالعه $73 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$ است، با در نظر گرفتن شاخص مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی

اداری دولتی) ایده آل در شهر تهران (اقلیم ۵) از جدول ۴ که برابر با $74 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$ است (خانه های سبز رنگ)، شاخص نسبت انرژی (R) با بکارگیری معادله (۲) به طریق زیر محاسبه می شود:

$$R = 73 \div 74 = 0/98 < 1$$

شاخص R برای مدل پیشنهادی اثری از ساختمان اداری مورد نظر در این مطالعه کمتر از ۱ می باشد و لذا مطابق جدول ۵، بالاترین رده مصرف انرژی (A) (خانه های سبز رنگ) به مدل پیشنهادی اثری مطابق با استاندارد ملی ایران در این مطالعه تعلق می گیرد.

در حالیکه مدل پیشنهادی اثری برای ساختمان اداری مذکور در این مطالعه توانست بالاترین رده صرفه جویی در مصرف انرژی را مطابق استاندارد ملی ایران دریافت نماید (برچسب انرژی A)، اما مطابق استاندارد لید، این مدل تنها موفق به اخذ ۱۳ امتیاز از ۱۸ امتیاز بخش عملکرد انرژی ساختمان گردید. برای کسب امتیاز کامل از این بخش در لید لازم است تا مطابق جدول ۳، حداقل ۴۸ درصد در هزینه های سالانه انرژی صرفه جویی به عمل آید (خانه های نارنجی رنگ). این بدان معناست که مصرف سالانه انرژی مدل پیشنهادی اثری باید به 120186 kwh یا $56/21 \text{ kwh/m}^2$ کاهش یابد. در اینصورت، هزینه سالانه انرژی در این مدل از 11945 دلار به 9062 دلار کاهش می یابد و صرفه جویی سالانه در هزینه مصرف انرژی به ۴۸ درصد می رسد و کسب ۱۸ امتیاز لید در بخش عملکرد انرژی ممکن می شود. برای رفع مشکل عدم همطراز بودن شاخص های استاندارد ملی ایران با استاندارد لید در زمینه ارزیابی عملکرد انرژی، لازم است تا شاخص های مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی ایده آل برای اقلیم های مختلف در استاندارد ملی ایران بهبود یابد. در این راستا و در این مطالعه، کاهش ۲۳ درصدی این شاخص برای اقلیم شهر تهران مطابق تصویر ۹ پیشنهاد می شود. به این ترتیب باید شاخص مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی ایده آل دولتی و خصوصی برای اقلیم شهر تهران به ترتیب از 74 kWh/m^2 و 124 kWh/m^2 به 57 kWh/m^2 و 95 kWh/m^2 سال کاهش یابد. در نتیجه، شاخص R برای مدل پیشنهادی اثری از ساختمان اداری مذکور با مصرف سالانه 73 kWh/m^2 به عدد $1/2$ خواهد رسید و رده مصرف انرژی آن B خواهد بود (خانه های نارنجی رنگ جدول ۵) و تنها در صورتی به رده A ارتقاء خواهد یافت ($R < 1$) که مصرف سالانه آن از 73 kWh/m^2 به 56 kWh/m^2 کاهش یابد که در اینصورت می تواند بالاترین امتیاز نظام لید (۱۸ امتیاز) را نیز در بخش عملکرد انرژی دریافت نماید. این بدان معناست که لازم است اصلاحات انجام شده در مدل پیشنهادی اثری از ساختمان اداری مورد نظر برای بهبود بهره وری انرژی بطور موثری افزایش یابد.



تصویر ۹. شاخص های اولیه و اصلاح شده مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی ایده آل در شهر تهران (مأخذ: نگارندگان)

به این ترتیب مشخص گردید که شاخص های مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی ایده آل یکی از نقاط ضعف اصلی استاندارد ملی ایران در تعیین معیار مصرف انرژی است و با توجه به روند افزایش دما در شهرهای بزرگ ایران، بکارگیری ویرایش کنونی این استاندارد برای تعیین رده بندی انرژی ساختمان های اداری نخواهد توانست بطرز مطلوبی به بهبود بهره وری انرژی و کاهش انتشار دی اکسید کربن در ساختمان های اداری در قیاس با استانداردهای بین المللی مانند لید کمک نماید. برای اطمینان از حصول هدف اصلی این مطالعه که بهبود و بروز رسانی شاخص های استاندارد ملی در زمینه ارزیابی عملکرد انرژی ساختمانهای اداری و همطراز شدن آن با استانداردهای بین المللی است، پیشنهاد گردید تا شاخص های مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی ایده آل دولتی و خصوصی برای اقلیم شهر تهران به عنوان نمونه مورد بررسی این تحقیق مورد بازبینی و اصلاح قرار گرفته و به میزان ۲۳ درصد مطابق تصویر ۹ کاهش یابد. در نتیجه، این کاهش موجب خواهد شد تا همانطور که قبلا در مورد مدل پیشنهادی اثری اثبات گردید، دستیابی به رده های بالای برجسب انرژی در استاندارد ملی و بهبود بهره وری انرژی به مانند استانداردهای بین المللی مانند لید مستلزم بکارگیری اصلاحات عمده و راهکارهای ترکیبی و موثر در ساختمان باشد. به این ترتیب، دستیابی به رده A استاندارد ملی در زمینه مصرف انرژی در یک ساختمان اداری دولتی که در سال های اخیر از سوی دولت اجاری گردیده، مستلزم انجام اصلاحاتی خواهد بود که بهره وری انرژی را به طرز چشمگیری افزایش دهد و موجب کاهش قابل ملاحظه انتشار سالانه دی اکسید کربن گردد.

۵ - بحث در نتایج و یافته ها

در این بخش، نتایج و یافته های این مطالعه با نتایج تحقیقات مشابه در پیشینه تحقیق مقایسه می گردد. این مطالعه نشان داد که شاخص های کنونی مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی ایده آل در استاندارد ملی ایران از نقاط ضعف اصلی این استاندارد در تعیین معیار مصرف انرژی به شمار می رود و پیشنهاد گردید تا این شاخص ها به میزان ۲۳ درصد از مقدار کنونی کاهش یابد و از $74 \text{ kwh/m}^2/\text{Yr}$ برای ساختمان های اداری دولتی در اقلیم نیمه خشک شهر تهران به $57 \text{ kwh/m}^2/\text{Yr}$ تقلیل یابد تا بتوان به بهبود بهره وری انرژی و کاهش سالانه انتشار دی اکسید کربن در شرایط کنونی در این کلانشهر امیدوار بود. مقایسه این نتایج با نتایج مطالعه باقری و همکاران (۲۰۱۳) که حد بالای مصرف انرژی ساختمان های اداری برای دریافت برجسب A در اقلیم گرم و خشک را ۷۸ کیلو وات ساعت بر متر مربع در سال در نظر گرفته اند نشان می دهد که نتایج تحقیق حاضر با توجه به روند فزاینده افزایش میزان دی اکسید کربن و افزایش دما در کلانشهرها به مراتب بهتر از نتایج مطالعه مذکور می باشد.

بعلاوه، مقایسه این مطالعه با تحقیق شاد و همکاران (۲۰۱۷) نشان می دهد که ملاک های امتیاز دهی در تحقیق مذکور از قبل تعیین نشده و بسته به نظر طراح قابل تغییر می باشد که این موضوع می تواند نتایج نهایی امتیاز دهی را تحت تاثیر نظرات شخصی و سلیقه طراح قرار دهد. حال آنکه در تحقیق حاضر، ملاک های امتیاز دهی به ساختمان های اداری در هر اقلیم ثابت بوده و سلیقه افراد در امتیاز دهی نقشی ندارد.

۶ نتیجه گیری

در این مقاله، عملکرد انرژی یک ساختمان اداری در شهر تهران با استفاده از استاندارد بین المللی لید و استاندارد ملی ایران مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج این ارزیابی ها با یکدیگر مقایسه گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که سهولت بکارگیری استاندارد ملی ایران برای ارزیابی عملکرد انرژی ساختمانها در قیاس با استاندارد لید بیشتر است اما آخرین ویرایش استاندارد بین المللی لید در ارزیابی عملکرد انرژی ساختمانها سختگیرانه تر از ویرایش کنونی استاندارد ملی ایران عمل می نماید و یک ساختمان اداری برای دریافت بالاترین امتیاز از عملکرد انرژی در نظام لید باید با بکارگیری ترکیبی از راهکارهای فعال، غیرفعال و تجدید پذیر به سطح قابل توجهی از بهینه سازی مصرف انرژی دست یابد، درحالیکه دستیابی به بالاترین رده صرفه جویی انرژی در استاندارد ملی ایران، آنچنانکه نتایج این مطالعه نشان داد، نیاز به سطح بالایی از بهره وری انرژی نخواهد داشت. اهمیت این موضوع آنجا آشکار می گردد که ارزیابی عملکرد انرژی و تعیین رده بندی در ساختمان های غیرمسکونی در کلانشهرها با هدف جلوگیری حداکثری از انتشار دی اکسید کربن و حفظ محیط زیست توسط دستگاه های قانون گذار و تصمیم گیرندگان در صنعت ساختمان

اجباری گردد. در اینصورت، بکارگیری ویرایش کنونی استاندارد ملی ایران برای تعیین رده بندی مصرف انرژی ساختمان های غیرمسکونی و عمدتاً اداری در قیاس با استاندارد لید و در شرایط فعلی تغییرات اقلیمی و افزایش دما در کلانشهرها نمیتواند نتیجه چشمگیری در محافظت از محیط زیست و دستیابی به شهرهای عاری از کربن به همراه داشته باشد. برای اصلاح این موضوع، در این مطالعه پیشنهاد گردید تا شاخص مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی ایده آل در استاندارد ملی ایران برای شهر تهران به میزان ۲۳ درصد کاهش یابد. بدین ترتیب با بکارگیری این شاخص همپراز شده با استاندارد لید در تعیین رده مصرف انرژی و برچسب آن می توان به دستیابی به ساختمان های اداری کم انرژی با حداقل میزان انتشار دی اکسید کربن در کلانشهر تهران امیدوار بود. در کنار اصلاح و بروز رسانی استاندارد ملی، تامین زیرساخت های اقتصادی لازم و حذف یارانه انرژی توسط دولت نیز از اهمیت فراوانی در این حوزه برخوردار است چراکه سرمایه گذاری در پروژه های بهبود عملکرد انرژی ساختمانها تنها در صورتی توجیه پذیر است که انرژی مصرفی در بخش ساختمان با قیمت واقعی عرضه شود و زمان بازگشت سرمایه به حداقل ممکن کاهش یابد. بدیهیست که با توجه به متفاوت بودن شرایط اقلیمی، اجتماعی و فرهنگی در نقاط مختلف کشور، میزان تغییر در شاخص های استاندارد ملی برای بقیه اقلیمها می تواند موضوع مطالعات آینده در این حوزه باشد.

پی نوشت ها

- 1 LEED
- 2 US Green Buildings Council (USGBC)
- 3 New Construction and Major Renovation
- 4 Certified
- 5 Silver
- 6 Gold
- 7 Platinum
- 8 Optimize Energy Performance
- 9 Performance Cost Index
- 10 Appendix G
- 11 Prescriptive Method
- 12 Performance Method
- 13 Hole Building Energy Simulation
- 14 Baseline Model
- 15 Proposed Model
- 16 Detailed HVAC

References:

- Arabi, S., Golabchi, M., & Darabpour, M. (2020). A Qualitative Approach Towards the Implementation of Urban Sustainability in Tehran. *Space Ontology International Journal*, 9(1), 77-91 .
- ASHRAE. (2016). Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (SI Edition). In ANSI/ ASHRAE/ IES Standard 90.1- 2016. U.S.A: ASHRAE.
- Bagheri, F., Mokarizadeh, V., & Jabbar, M. (2013). Developing energy performance label for office buildings in Iran. *Energy and Buildings*, 61, 116-124. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.022>

- Balali, A., Hakimelahi, A., & Valipour, A. (2020). Identification and prioritization of passive energy consumption optimization measures in the building industry: An Iranian case study. *Journal of Building Engineering*, 30, 101239. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101239>
- Delgarm, N., Sajadi, B., Delgarm, S., & Kowsary, F. (2016). A novel approach for the simulation-based optimization of the buildings energy consumption using NSGA-II: Case study in Iran. *Energy and Buildings*, 127, 552-560. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.052>
- Davat Abar, A., S. Sarshar, and K. Afzaliyan, LEED certification and the necessity of its implementation for green buildings in Iran, in *The fourth international conference on engineering and humanities*. 2016: Ukrain.
- Fathalian, A., & Kargarsharifabad, H. (2018). Actual validation of energy simulation and investigation of energy management strategies (Case Study: An office building in Semnan, Iran). *Case Studies in Thermal Engineering*, 12, 510-516. doi:<https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.06.007>
- Fayaz, R., & Kari, B. M. (2009). Comparison of energy conservation building codes of Iran, Turkey, Germany, China, ISO 9164 and EN 832. *Applied Energy*, 86(10):1949-1955. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.12.024>
- *Green Building and LEED Core Concepts Guide*. (2014). (Third edition ed.). U.S.A: U.S. Green Building Council.
- Heravi, G., & Qaemi, M. (2014). Energy performance of buildings: The evaluation of design and construction measures concerning building energy efficiency in Iran. *Energy and Buildings*, 75, 456-464. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.035>
- Issa, N. S. C., & Al Abbar, S. D. (2015). Sustainability in the Middle East: achievements and challenges. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 6(1), 34-38. doi:[10.1080/2093761X.2015.1006709](https://doi.org/10.1080/2093761X.2015.1006709)
- Iran, N.S.O.o., National standard of Iran, in *Determining energy consumption criteria and energy label guidelines*, 14253, residential buildings. 2011, National Standard Organization of Iran: Iran.
- Iran, N.S.O.o., National standard of Iran, in *Determining energy consumption criteria and energy label guidelines*, 14254, non-residential buildings. 2011, National Standard Organization of Iran: Iran.
- Khosh Kest, N. and M. Kord Jamshidi, Reducing building energy consumption with building thermal performance evaluation system, in *The second national conference on climate, building and optimization of energy consumption*. 2013, Energy Efficiency Organization of Iran: Isfahan. (In Persian)
- Masoumzadeh, A., Rasekhi, H., & Fathi, A. (2016). A comprehensive energy supply model in an office building based on the reference energy system. *International Journal of Sustainable Energy*, 35(1), 88-102. doi:[10.1080/14786451.2013.868808](https://doi.org/10.1080/14786451.2013.868808)
- Meiboudi, H., Lahijanlian, A., Shobeiri, S. M., Jozi, S. A., & Azizinezhad, R. (2018). Development of a new rating system for existing green schools in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 188, 136-143. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.283>
- Mazloomiyan, N. and V. Ghobadiyan, Comparison of indoor environment quality indicators in the ranking system of National Building Regulations of Iran, in *The 4th International Conference on Architecture and Sustainable Urbanism*. 2017, Islamic Azad University, Dubai Branch: Dubai.
- Mehraban, A., M. Mofidi Shemirani, and S. Mehrpooya, Comparative analysis of the assessment process and structure in sustainability assessment systems: BREEAM, LEED, CASBEE, DGNB, HQE, in *National conference of fundamental research in civil engineering, architecture and urban planning*. 2018, Owj Higher Education Institute: Tehran. (In Persian)
- Naderi, E., Sajadi, B., Behabadi, M. A., & Naderi, E. (2020). Multi-objective simulation-based optimization of controlled blind specifications to reduce energy consumption, and thermal and visual discomfort: Case studies in Iran. *Building and Environment*, 169, 106570. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106570>
- Orouji, P., Vakili, A., Behrouz, M. K., Jafari, H. H., Eslami, M. R., Vahidnia, M., Rezaie, M. (2019). Methodology of standardizing the energy labeling and rating of window fenestration in IRAN. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 33, 24-33. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.02.009>
- Roodgar, M., Mahmoudi, M. M., Ebrahimi, P., & Molaei, D. (2011). Sustainability, Architectural Topology and Green Building Evaluations of Kashan-Iran as a Hot-Arid Region. *Procedia Engineering*, 21, 811-819. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2082>

- Rezaei Jahromi, P. and N. Barak Poor, Evaluation of energy efficiency in urban scale comparing two methods, lead and tris, study sample: Zahirabad neighborhood of Tehran. *Naghsh-e-Jahan*, 2016. 6(1): p. 30-18.(InPersian)
- Rostam Zad, S., et al., Parametric Design of a Kinetic Facade for the Improvement of Daylight Performance and Visual Comfort Case Study: An Office Space in Tehran. *Journal of Architecture and Urban Planning*, 2021. 13(31): p. 85-100. (InPersian)
- Raeisi, Z. and M. Nikravan, Examining and comparing common building ranking systems based on sustainability indicators and comparing with the national regulations. *Architecture in hot and dry climate*, 2016. 4(4): p. 1-14. (InPersian)
- Shad ,R., Khorrami, M., & Ghaemi, M. (2017). Developing an Iranian green building assessment tool using decision making methods and geographical information system: Case study in Mashhad city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 324-340.
[doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.004](https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.004)
- Shakouri G, H., Rahmani, M., Hosseinzadeh, M., & Kazemi, A. (2018). Multi-objective optimization-simulation model to improve the buildings' design specification in different climate zones of Iran. *Sustainable Cities and Society*, 40, 394-415. [doi:https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.033](https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.033)
- Taghi Beygi, A. and N. Nick ghadam, Investigating the principles of traditional Iranian architecture with LEED standard principles, in *First National Conference on Future of Engineering and Technology*. 2016, University of Science and Culture: Tehran.(In Persian).
- USGBC. (2019). LEED v4 for Building Design and Construction. In. U.S.A: U.S Green Buildings Council.
- Zarghami, E., Fatourehchi, D., & Karamloo, M. (2019). Establishing a region-based rating system for multi-family residential buildings in Iran: A holistic approach to sustainability. *Sustainable Cities and Society*, 50, 101631. [doi:https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101631](https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101631)
- Zomorodian, Z. S., Korsavi, S. S., & Tahsildoost, M. (2016). The Effect of Window Configuration on Daylight Performance in Classrooms: A Field and Simulation Study. *IUST*, 26(1), 15-24 .