

Research Paper

Optimizing the Dimensions of the South-Facing Openings an Energy Consumption Reduction Approach (Case Study: Rural Houses in the East of Guilan Province)¹

Seyedeh Masoumeh Fotokiān¹, Narjes Falakiān^{*2}, Seyedeh Mahdieh Mirmirān³, Mohammad Rezā Vaezi⁴

1. PhD student of Architecture, Department of Architecture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Architecture, Ramsar Branch, Islamic Azad University, Ramsar, Iran.

3. PhD of Architecture, Department of Architecture, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4. Assistant Professor, Department of Architecture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.

 DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.27023.1295

Received: 2024/04/08

Accepted: 2025/07/19

Abstract

Heat transfer through glazing - particularly on the southern windows - can significantly increase indoor temperature fluctuations. Hence, the use of transparent façades is essential for providing adequate natural daylight. In residential buildings, especially in temperate and humid climates such as Guilan, where overcast days are more frequent and occupants tend to spend longer periods indoors, controlling energy through window openings becomes more challenging. This study aimed to optimize the size and proportions of south-facing windows in rural dwellings of eastern Guilan to reduce energy consumption while ensuring sufficient daylight availability. To begin, residential buildings in Hosseinabad village (the city of Rudsar) were classified based on building components and climatic requirements using the Analytic Hierarchy Process (AHP). The most prevalent typologies were then simulated for energy performance using Rhino software and its Honeybee plugins. In the low-energy-consumption samples, southern openings—identified as contributing to increased energy demand—were further examined for optimization. Variables such as opening proportions, width, height, OKB, and WWR were analyzed. By keeping all other building components and openings constant, and using the Wallacei plugin, the optimal dimensions and ratios for southern openings were determined. Results showed that in the optimized state, annual energy consumption was reduced by 153.49 kWh. The proposed modifications, compared to the existing conditions, showed an average change of -33.3% in width, -22.22% in height, +50% in OKB, and -39.89% in WWR across the three southern-facing spaces. These changes resulted in a 0.62% reduction in energy use according to sDA standards. Additionally, the average optimized WWR was 9% lower, leading to a further reduction of 73.15 kWh/year, or 0.22% in total energy consumption.

Keywords: Optimization, South-facing Window Dimensions, Rural house in the city of Rudsar, Energy consumption

Highlight

- There is a wide variety of rural residential building types in eastern Guilan, based on the region's climatic design components.
- The proportions of window openings generally play a significant role in the energy consumption of rural residential buildings in eastern Guilan.

1 . This article is derived from the first author's doctoral dissertation titled "Optimizing the Dimensions (Proportions) of Southern Openings in Rural Buildings in Guilan with an Approach to Reducing Energy Consumption," which was conducted at the Islamic Azad University, Damghan Branch, with the guidance of the second author and the advice of the third and fourth authors.

* Corresponding Author: n_falakian@iauramsar.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

In the field of buildings, reducing global warming and energy consumption is becoming increasingly important. However, with the increasing population and shortcomings in environmental policies, buildings face significant challenges. Improper energy consumption habits, inefficient equipment, and inadequate construction processes contribute to excessive energy use. The building sector accounts for a substantial portion of global carbon emissions and energy consumption. In Iran, energy consumption is higher than the global average and has continued to rise in recent years. The building sector, primarily reliant on natural gas and oil, accounts for nearly half of this increase. In Guilan Province, the influx of migrants, increased construction permits, and growing rural migration have further amplified energy demand. Architectural design and building elements can play a critical role in reducing energy consumption. These include the use of suitable materials and thermal insulation, high-performance glazing, optimal building orientation and dimensions, shading devices, and effective thermal management of openings, among other factors. In this study, aiming to reduce energy consumption, existing residential buildings in the village of Hosseinabad (the city of Rudsar)—which has experienced the highest number of constructions permits in recent years—were selected as the case study. The selection was based on demographic trends and the region's recent energy demand growth. The central research questions were: Based on the ranked regional climate-responsive design criteria, what types of residential buildings exist? Among the most frequent building types, which sample demonstrates the lowest energy consumption? And what is the optimal form of its key architectural element in terms of energy efficiency?

Methodology

This study employed a mixed method comprising the prioritization of climatic design needs and components, and building energy simulation and optimization. The selection of the village and the ranking of design requirements were based on climate-responsive architectural criteria. Residential samples were selected based on construction year and spatial configuration. These samples were analyzed using energy simulation software, and the most energy-efficient model was identified. Finally, the key energy-influencing component of this model was optimized using a genetic algorithm, targeting reduced energy consumption and improved sDA index.

Results and discussion

In this study, the Analytic Hierarchy Process (AHP) was employed to calculate the weights of design criteria and components. The psychrometric chart and outputs from the Climate Consultant software were used to determine the weights of climatic design strategies. Based on the prioritization results, window dimensions were identified as the most influential component in climate-responsive rural housing design. During the construction and operation phases, several components—including window dimensions, building materials, semi-open and closed spaces, spatial layout and plan shape, building volume and form, and orientation—were analyzed. Initial field surveys were conducted to classify the samples based on the frequency of construction periods. Furthermore, residential types and subtypes were identified according to their architectural features. Among these, configuration No. 62, with a northeast-southwest orientation and an area of 143.45 m², was selected for detailed analysis. The southern windows of the building had the most significant impact on energy consumption and solar capture. Consequently, the dimensions of these windows were optimized to reduce energy use. Given the region's cloudy climate, daylight access was also considered, and the relevant daylight metric was included in the evaluation. Ultimately, optimized strategies for reducing energy consumption while enhancing daylight performance were identified.

Conclusion

Residential buildings typically consume more energy compared to other building types, primarily due to environmental conditions and internal energy usage behaviors. By controlling various design parameters and components, energy consumption can be significantly reduced. In this study, different residential typologies were examined based on climatic design principles to identify those with optimal energy performance. Typology 11, with a frequency of 10.77%, included samples featuring similar characteristics such as double-skin roofs, modern materials, and WWR between 10–20%. Among these, sample 62 demonstrated the lowest energy consumption—172.40 kWh/m² per year—and was selected for optimization based on the key parameters such as window width, height, and sill height on the southern façade. The internal spatial layout and orientation varied among samples; sample 62 featured public spaces to the east and south, and private spaces to the west. The optimization process aimed to reduce energy consumption and improve the sDA index. The optimized configuration achieved an energy consumption of 171.33 kWh/m² per year, with satisfactory sDA performance in the southern windows of the living and guest rooms.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the persons for scientific consulting in this paper.

**Citation:**

Fotokiān, S. M., Falakiān, N., Mirmirān, S. M., & Vaezi, M. R. (2025). Optimizing the Dimensions of the South-Facing Openings an Energy Consumption Reduction Approach (Case Study: Rural Houses in the East of Guilan Province), *Geographical Studies of Coastal Areas Journal*, 6(3), pp. 83-101. DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.27023.1295

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



بهینه‌سازی ابعاد بازشوهای جبهه جنوبی ساختمان با رویکرد کاهش مصرف انرژی (نمونه موردی: خانه‌های روستایی شرق استان گیلان)^۱

سیده معصومه فتوکیان^۱، نرجس فلکیان*^۲، سیده مهدیه میرمیران^۳، محمدرضا واعظی^۴

۱. دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.

۲. استادیار، گروه معماری، واحد رامسر، دانشگاه آزاد اسلامی، رامسر، ایران.

۳. دکتری معماری، گروه معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۴. استادیار، گروه معماری، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.

DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.27023.1295

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۴/۲۸

چکیده

انتقال حرارت شیشه‌ها به‌ویژه در پنجره‌های جنوبی، در نماهای بیرونی ساختمان، نوسان دمای درون را بالا می‌برد. از آن سو، برای داشتن نور طبیعی، کاربرد نمای شفاف ضروری است. در سکونتگاه‌ها به دلیل زمان حضور بیشتر در آنها در اقلیم معتدل و مرطوبی مانند گیلان که روزهای ابری بیشتری دارد، شرایط دشوارتر است. هدف مقاله، بهینه‌سازی اندازه و تناسبات پنجره‌های جنوبی در سکونتگاه‌های روستایی شرق گیلان برای کاستن از مصرف انرژی، در کنار تأمین نور روز کافی می‌باشد. نخست، سکونتگاه‌های روستای حسین‌آباد شهرستان رودسر برپایه رده‌بندی مؤلفه‌های ساختمان با توجه به نیازهای اقلیمی، با روش تحلیل سلسله مراتبی AHP گونه‌یابی شده‌اند. سپس نمونه‌های با فراوانی بیشتر، با نرم‌افزار راینو و افزونه‌های هانی‌بی، شبیه‌سازی انرژی شده‌اند؛ و برای نمونه کم‌مصرف، بازشوهای جنوبی که بالابرنده مصرف انرژی بوده‌اند، و جزئیات تناسبات بازشو، پهنا و بلندا، OKB و WWR برای بهینه‌یابی بررسی شدند. آنگاه با ثابت نگه‌داشتن دیگر مؤلفه‌ها و بازشوهای دیگر ساختمان، با بهره‌گیری از پلاگین والسی، اندازه‌های بهینه و تناسبات بازشوی جنوبی به دست داده شد. نتایج نشان دادند که از مصرف انرژی در حالت بهینه، ۱۵۳/۴۹ کیلووات ساعت در سال کاسته شد. عامل‌های در نظر گرفته شده، نزدیک به وضع موجود، و میانگین تغییرات در پهنا، و بلندا، OKB و WWR برای هر سه فضای جنوبی، به ترتیب ۳۳/۳-، ۲۲/۲۲- و ۵۰-۳۹/۸۹ درصد بوده است. این تغییرات با توجه به شرایط استاندارد SDA، ۰/۶۲ درصد مصرف انرژی را کاهش داده است. همچنین میزان WWR آن در میانگین حالت‌های بهینه، ۹ درصد کمتر بوده، و از مصرف انرژی در سال برای ساختمان ۷۳/۱۵ کیلووات ساعت، یا ۰/۲۲ درصد کاسته شده است.

واژگان کلیدی: بهینه‌سازی، ابعاد بازشوی جنوبی، خانه روستایی رودسر، مصرف انرژی.

نکات برجسته:

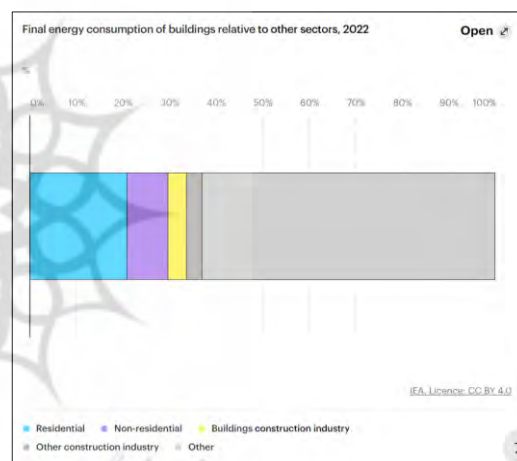
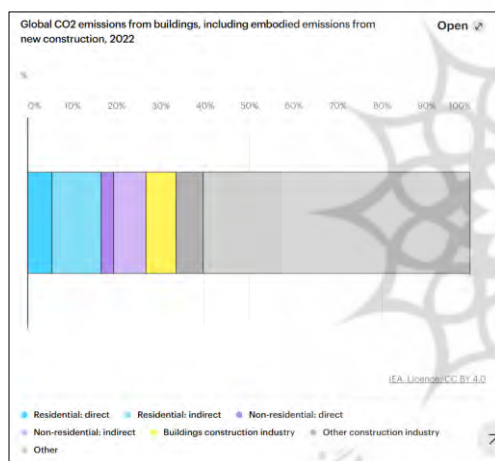
- بر حسب مؤلفه‌های طراحی اقلیمی منطقه شرق گیلان، گونه‌های بناهای مسکونی روستایی متنوعی وجود دارد.
- تناسبات بازشوها عموماً نقش موثری در مصرف انرژی در بناهای مسکونی روستایی شرق گیلان دارند.

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان بهینه‌سازی ابعاد (تناسبات) بازشوهای جنوبی در ساختمان‌های روستایی گیلان با رویکرد کاهش مصرف انرژی می‌باشد که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده‌های سوم و چهارم انجام شده است.

* نویسنده مسئول: n_falakian@iauramsar.ac.ir

۱. مقدمه

در سال ۲۰۱۵، رهبران ۱۹۷ کشور با توافق پاریس موافقت کردند تا گرمایش جهانی ناشی از فعالیت‌های انسانی را زیر ۲ درجه سانتیگراد نگه دارند. با توجه به افزایش جمعیت، مصرف انرژی و نبود سیاست‌های سازگار با محیط‌زیست توسط دولت‌ها در سراسر جهان، این کار دشواری است (Kohli et al, 2023: 86). این روند در حوزه ساختمان با چالش‌هایی مواجه بوده است. طبق ارزیابی چهارساله انرژی حوزه فناوری و تحقیقات در آمریکا، ساختمان‌ها به دلیل عادات مصرف انرژی نادرست و عدم آگاهی کاربران نهایی، تجهیزات ناکارآمد، دستگاه‌های معیوب، فرایندهای عملیاتی نامناسب و سیستم‌های نظارتی با پیگیری اشتباه، ۲۰ درصد بیشتر از نیاز، انرژی مصرف می‌کنند (Copiaco et al. 2023, 133). این در حالی است که به‌عنوان یکی از بخش‌های اصلی مصرف سوخت‌های فسیلی، بخش ساختمان ۳۷ درصد از انتشار کربن و ۳۶ درصد از مصرف انرژی در جهان در سال ۲۰۲۰ را در اختیار داشته است (Zhou et al, 2018: 980). به طور میانگین، نزدیک به ۳۰ درصد انرژی جهان توسط بخش‌های خانگی و تجاری مصرف می‌شود. علاوه بر این، سناریوی مرجع IEO2013 بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۴۰ افزایش ۵۷ درصدی در مصرف انرژی خانگی جهانی را پیش‌بینی می‌کند (Nazari-Heris & Asadi, 2023: 106531). در آمار جهانی سال ۲۰۲۲، بخش مسکن بیشترین میزان مصرف انرژی و انتشار کربن را به خود اختصاص داده است (شکل ۱). وقتی که منازل مسکونی براساس معیارهای کیفی و براساس اصول پایداری ساخته نشده باشند، نمی‌توانند خود را با نیازهای حال و آینده وفق دهند (زارع و همکاران، ۱۴۰۲: ۲۰).



شکل ۱. مصرف نهایی انرژی ساختمان‌ها نسبت به سایر بخش‌ها، ۲۰۲۲. (منبع: ourworldindata.org)

شکل ۲. انتشار جهانی CO2 از ساختمان‌ها، از جمله انتشارات مجسم‌شده از ساخت و سازهای جدید، ۲۰۲۲. (منبع: ourworldindata.org)

روند مصرف انرژی در ایران نسبتاً ۱/۷۵ برابر بیشتر از میانگین جهانی است. بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸، روند مصرف انرژی جهانی ۲/۴ درصد افزایش پیدا کرده است؛ در حالی که در ایران حدود ۸/۷ درصد افزایش یافته است. نزدیک به نیمی از افزایش مصرف انرژی در ایران، به بخش ساختمان تعلق داشت که گاز طبیعی و نفت منابع اصلی انرژی بودند (Vaisi et al. 2023: 87).

افزایش جمعیت مهاجران وارد شده به روستاهای استان گیلان از جمله شهرستان رودسر، از جمله عواملی است که بر بالا رفتن مصرف انرژی تأثیرگذار است. در دوره زمانی ۹۵ - ۱۳۹۰، ۱۰۳۰۶ نفر مهاجر به این شهرستان وارد شده‌اند که از این تعداد در این دوره، تعداد قابل توجه ۴۴۲۸ نفر معادل ۴۲/۹ درصد به نقاط روستایی شهرستان رودسر مهاجرت کرده‌اند (سالنامه آماری استان گیلان، ۱۳۹۹: ۱۴۳). این روند افزایشی ناشی از تغییرات اقلیمی استان‌های جنوبی، شرایط اقتصادی و سایر عواملی است که جلوگیری از آن غیرقابل اجتناب بوده و حتی تأثیر مثبت بر اقتصاد شهرستان و منطقه نیز دارد. در کنار بالارفتن جمعیت مهاجران وارد شده به مناطق روستایی این شهرستان، صدور پروانه ساخت در چهار روستای حسین‌آباد، کلدره، گیلکجان و حسن‌سرا نسبت به روستاهای دیگر این شهرستان رشد بیشتری داشته است.

در فرایند مصرف انرژی، علاوه بر نوع کاربری و منطقه اقلیمی، شناخت ویژگی‌های تأثیرگذار بنا نیز اهمیت دارد. بخش بیشتر انرژی مصرفی در بخش ساختمان، به طور کلی صرف گرمایش و سرمایش و تأمین آسایش حرارتی می‌شود (ابوالحسنی و همکاران، ۱۳۹۴، ۱۰۸). طراحی معماری در بخش‌هایی از مصرف انرژی در ساختمان از قبیل بخش آبگرم مصرفی، تجهیزات برقی و سایر سیستم‌های الحاقی تأثیر چندانی ندارند؛ اما بر بسیاری دیگر از بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در ساختمان تأثیر چشم‌گیری می‌گذارد؛ به طوری که هر تصمیم در فاز طراحی معماری تأثیر قابل توجهی بر رفتار ساختمان و به تبع آن بر میزان مصرف انرژی خواهد داشت (سعادت‌جو، ۱۳۹۶، ۱۸-۲۴). از انواع اجزاء موثر ساختمان در مصرف انرژی می‌توان موارد زیر را نام برد: مصالح و عایق‌های حرارتی (Kim & Moon, 2009: 674)، انواع مختلف شیشه، جهت‌گیری، شکل ساختمان‌ها (Florides et al. 2002, 299)، سایبان پنجره (Caro & Sendra, 2020: 1)، ابعاد پلان (نسبت طول به عرض)، مساحت بازشوها، میزان شفافیت جداره‌ها نسبت به سطح کدر (ناصری و مهرگان، ۱۳۹۶: ۵۹)، ارتفاع و تناسبات بلوک ساختمانی، محل قرارگیری توده، طرح چیدمان (مرتضایی و همکاران، ۱۳۹۶: ۴۸)، حجم سقف و فضای نیمه باز و بسته (لبافان، ۱۴۰۰: ۱۵۶). عناصر ساختمانی نقش عمده‌ای در فرایند مصرف انرژی دارند، اما پوشش ساختمان اولین مسئول انتقال حرارت از فضای باز به درون بنا است. اتلاف انرژی در ساختمان‌ها از طریق عناصر ساختمانی مانند دیوارها، کف، سقف، پنجره‌ها و پل‌های حرارتی رخ می‌دهد. میزان اتلاف حرارت از این مکان‌ها بسته به معماری و موقعیت ساختمان متفاوت است. بازشوهای پنجره در محل خود کارکردهای زیادی مانند تامین نور طبیعی، به‌عنوان بخشی از سیستم تهویه طبیعی و همچنین دستیابی به دید بیرون را انجام می‌دهند. با این حال، پنجره‌ها ضعیف‌ترین ناحیه در محوطه ساختمان برای دسترسی آسان به گرما هستند، زیرا گرما را در تابستان و همچنین در زمستان از دست می‌دهند. این انرژی توسط عوامل زیادی در موقعیت این دهانه‌ها و جهت‌گیری علاوه بر ابعاد و مساحت دهانه‌ها و نحوه استفاده از سایبان به‌عنوان درمان تعیین می‌شود (Elghamry & Hassan, 2020: 2).

با توجه به مطالب بیان‌شده در این پژوهش با هدف کاهش مصرف انرژی، کاربری‌های مسکونی موجود در روستای حسین‌آباد شهرستان رودسر، با بیشترین صدور پروانه ساخت در سال‌های اخیر، انتخاب شدند. انتخاب منطقه با توجه به شرایط جمعیتی و مهاجرتی و همچنین به دلیل افزایش مصرف انرژی در سال‌های اخیر بوده است. اکنون پرسش این است که براساس ضرورت راهکارهای طراحی اقلیمی رتبه‌بندی شده در این منطقه، چه گونه‌هایی از بناهای مسکونی وجود دارد؟ کدام نمونه در گونه با فراوانی بیشتر، کم‌مصرف‌تر است و شکل بهینه مؤلفه موثر آن در مصرف انرژی چیست؟

۲. مبانی نظری

در سال‌های اخیر توجه زیادی به مسائل توسعه روستایی و ارتقاء سطح کیفیت زندگی ساکنین، از سوی نهادهای اجرایی کشور گردیده است، اما مسئله‌ای که در اکثر طرح‌های روستایی مغفول مانده است و یا نقش کم‌رنگی دارد، عدم توجه به مسائل زیست‌محیطی و به‌ویژه بحث انرژی در کنار سایر مسائل اجتماعی، اقتصادی و کالبدی روستاهاست (میرزائی و همکاران، ۱۳۹۸، ۲۰). مسئله بحران انرژی و ضرورت صرفه‌جویی در مصرف آن به خصوص در روستاها که همواره از منابع کمتری نسبت به شهرها برخوردار بوده‌اند، حیاتی‌تر است. پایین بودن سطح زندگی در روستا، نبود تخصص، دور بودن از امکانات شهری، مشکل دسترسی، مشکلات معیشتی و امثال آن از عواملی هستند که لزوم توجه به صرفه‌جویی انرژی در این مناطق را چند برابر می‌کند (طاهباز و جلیلیان، ۱۳۹۰، ۲۳)؛ لذا تلاش برای افزایش عملکرد بهینه عوامل مؤثر بر مصرف انرژی در ساختمان‌های روستایی، می‌تواند نقش مفید، کاربردی و گسترده‌ای در کاهش مصرف انرژی ایفا کند. آسایش حرارتی که بیان‌کننده شرایط تحمل رطوبت، دما و تهویه محیط توسط انسان است، در کنار اقلیم که اثرات ناشی از کنش‌های محیط طبیعی را شامل می‌شود به همراه مؤلفه‌های غیرکالبدی و کالبدی بنا، از عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی در ساختمان هستند (قیابکلو، ۱۳۹۳، ۱۱۱؛ مهدوی‌نژاد، ۱۴۰۱، ۶۸). با ثابت بودن عامل انسانی، دو عامل اقلیم و کالبد بنا، برای پایدار نمودن شرایط آسایش حرارتی اهمیت بیشتری می‌یابد.

۱. ۲. ویژگی‌های اقلیمی مناطق جلگه‌ای گیلان

استان گیلان که تنها نه درصد مساحت کل ایران را تشکیل می‌دهد، از پربرترین و سرسبزترین مناطق اقلیمی ایران است و در تمامی فصول سال دارای بارندگی است. با وجود عرض نسبتاً کم استان گیلان، در حالت کلی از دو ناحیه جلگه‌ای (در امتداد دریا) با کشتزارهای وسیع و ناحیه کوهستانی پوشیده از درختان جنگلی تشکیل شده است (قبادیان، ۱۳۹۲، ۲۹). در این پهنه، روزها حدود ۶ ماه از سال نیاز به سایه وجود دارد و در ۲ تا ۴ ماه از این اوقات وجود کوران هوا برای تعدیل شرایط ضروری است. این پهنه دارای تابستان‌های نسبتاً گرم و مرطوب در ماه‌های خرداد تا شهریور است که با استفاده از کوران هوا قابل کنترل می‌باشد. در این پهنه، بارش باران زیاد بوده و به ۲۰۰۰ میلی‌متر در سال نیز می‌رسد که در پاره‌ای از مناطق در فصول سرد با باد همراه شده و تولید کج باران می‌کند. در سردترین ایام، ۲ تا ۳ ماه از سال روزها و حدود ۶ ماه شب‌ها باید ساختمان را گرم نمود، در این مواقع جریان باد با احساس سرما همراه است و در حدود ۳ ماه شب‌ها امکان وقوع سوز باد (باد همراه با سوز سرد) وجود دارد. جهت وزش بادهای زمستانی از شمال تا شمال غربی امتداد دارد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که این منطقه دارای زمستان‌های نسبتاً سرد است که از دی تا اسفند ادامه می‌یابد و استفاده از وسایل گرماساز را ضروری می‌سازد (طاهباز و جلیلیان، ۱۳۹۰، ۲۸-۲۹).

۲. ۲. ویژگی‌های مسکن مناطق جلگه‌ای گیلان

در مناطق جلگه‌ای گیلان، احداث ساختمان باید با راهکارهای دقیقی صورت گیرد تا بتواند در برابر شیوه‌های مختلف نفوذ رطوبت به درون ساختمان که مسئله غالب در این اقلیم است، مقاومت نماید. این نیاز موجب شده تا بناهای مسکونی روستایی دارای لایه‌های شفاف مسقف و با بازشوهای بسیار زیاد در جداره‌های خارجی باشد (خاکپور، ۱۳۸۴، ۶۴). اما به طور کلی چهار ویژگی مسکن پهنه جلگه‌ای گیلان شامل موارد ذیل می‌باشد: (۱) ارتفاع بنا از سطح زمین برای محافظت آن در برابر رطوبت زمین؛ (۲) سقفی با شیب‌های متعدد یا چهار شیب تند؛ (۳) وجود یک یا چند تالار و ایوان در نماها؛ (۴) ساخت خانه‌ها بر اساس طرحی عمودی که با طرح رایج ساخت مسکن در ایران مرکزی «ساخت افقی اتاق‌ها پیرامون حیاطی درونی» تفاوت دارد (طالقانی، ۱۳۸۹، ۲۷).

۳. ۲. ملاحظات نور روز مورد نیاز در فضای مسکونی

در حالت کلی دو نوع ارزیابی نور روز در ساختمان مطرح می‌باشد که برحسب انتخاب تنها یک نوع آسمان (مثل آسمان تمام ابری) و یا مجموعه‌ای از انواع وضعیت‌های آب و هوایی (به کمک استخراج داده‌های آب و هوایی از فایل آب و هوا که نمایانگر وضعیت آب و هوایی غالب برای منطقه مورد نظر بوده) می‌توان آن را به دو نوع ایستا و پویا تقسیم‌بندی نمود (میری و کمپانی سعید، ۱۳۹۳: ۱۱۰). یکی از انواع ارزیابی پویا، اتونومی نور روز می‌باشد و برای یک نقطه معین در فضای داخلی معادل است با درصدی از زمان‌های مورد استفاده ساختمان در سال که در آن سطح روشنایی مورد نیاز آن فضا که براساس نوع کاربری آن تعیین می‌شود، به تنهایی توسط روشنایی طبیعی قابل دسترس باشد (Reinhart et al., 2012). از آنجا که این شاخص، شناختی فضایی از نور در محیط ارایه نمی‌دهد، شاخص دیگری به نام اتونومی فضایی نور روز تعریف شده است. این واحد ارزیابی روشنایی، درصدی از سطح فضای کاری داخلی را که به روشنایی طبیعی کافی دسترسی دارند تعیین می‌کند. براساس پیشنهاد جامعه مهندسان روشنایی به‌منظور تامین روشنایی کافی در هر نقطه از سطح فضای کاری، حداقل اتونومی نور ۵۰٪ با حداقل روشنایی طبیعی مورد نیاز ۳۰۰ لوکس در زمان‌های کاری بین ۸ صبح تا ۶ بعدازظهر تعریف شده است. پس این شاخص به صورت $sDA \ 50/30\%$ تعریف می‌شود (Lm, 2013: 4). در حال حاضر، پرکاربردترین معیار بین‌المللی برای ارزیابی دینامیک روشنایی، خودمختاری فضایی نور روز (sDA) است که به‌عنوان درصد ساعات کاری سالانه تعریف می‌شود که برای آن نور طبیعی به اندازه کافی برای فراتر از مقدار روشنایی پایه کافی است (Hu et al. 2023: 3). همبستگی بالایی بین ادراک ساکنان و معیار sDA وجود دارد (Reinhart et al., 2014). حداقل این مقدار برای یک فضای دارای پایه‌ترین رتبه انرژی، باید ۵۵ درصد باشد (مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، ۱۴۰۱: ۱۵۱).

۳. پیشینه پژوهش

از نخستین مطالعات در زمینه ارتباط مصرف انرژی در بنا با اجزاء آن می‌توان به کتاب معماری همسان با تغییرات اقلیمی که توسط اسمیت نگاشته شده است، اشاره نمود؛ که در آن به بررسی تأثیرات اقلیم در فرم‌های رایج ساختمان‌های سنتی و مدرن پرداخته است که یکی از محورهای اصلی تأثیر بر مصرف انرژی در ساختمان می‌باشد (Smith, 2005, 12). همچنین بین‌برج نیز در کتاب معماری غیرفعال به جنبه شیوه و نوع انرژی مصرفی ساختمان در شکل‌های گرمایش، سرمایش، روشنایی روز و تهویه طبیعی پرداخت (Bainbridge, 2011: 21). برزگر و حیدری (۱۳۹۲)، رابطه میان میزان دریافت تابش خورشیدی و مصرف انرژی ساختمان در بخش خانگی را بررسی کرده و نشان می‌دهند که خانه‌هایی با جهت‌گیری مناسب اقلیمی، دارای مصرف انرژی کمتری می‌باشند. کوزینیفسکی و همکاران (۲۰۲۲)، خانه‌هایی را در شهر بیالیستوک در شمال شرقی لهستان برای پژوهش خود انتخاب کردند که تحت شرایط آب و هوای معتدل قاره‌ای بوده و بر اساس سیستم طبقه‌بندی آب و هوای کوپن-گایگر واقع شده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که پارامترهای هندسی ساده مشخص شده در مراحل اولیه طراحی یعنی مساحت، محیط، ارتفاع و فشردگی نقش بسزایی در میزان مصرف انرژی دارد. لوکاس و همکاران نیز به بررسی ۲۷ خانه در ایرلند شمالی پرداختند که نشان داد مساحت زیربنا، تعداد افراد خانواده، سن آن‌ها و مقدار زمانی که در خانه به سر می‌برند، از عوامل مهم مصرف انرژی در خانه است (Lucas et al, 2001: 521). زهری و همکاران (۱۳۹۹)، سه گونه از خانه‌های بومی روستایی منطقه جلگه‌ای گیلان (شرق، غرب و مرکز) و میزان مصرف انرژی آن‌ها را با استفاده از مصالح بومی و جدید به روش شبیه‌سازی تحلیل کردند و به این نتیجه رسیدند که میزان انرژی مصرفی خانه‌های روستایی با مصالح بومی به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر از مصرف انرژی با مصالح جدید است.

بررسی جزء موثر تبادل انرژی در بنا همواره محوریت بسیاری از تحقیقات را به خود اختصاص داده است که این مورد تحت تأثیر عوامل محیط بیرونی و درونی ساختمان، در هر مورد شکلی متفاوت دارد. سطح بازشو در بیشتر تحقیقات با استدلال‌های مربوط به ساختار فیزیکی بنا و به دلیل اینکه نزدیک‌ترین ارتباط را با محیط بیرونی بنا دارد نسبت به سطوح دیگر بنا اهمیت بیشتری دارد. یکی از این تحقیقات، پژوهش کاسالاین و همکارانش بوده است که در آن از شبیه‌سازی‌های ساختمانی دینامیکی برای مطالعه تأثیرات انرژی مستقیم و ترکیبی طراحی معماری مرتبط با پنجره از طریق تأثیر متغیرهای اصلی زیر بر نیاز به گرمایش، سرمایش و روشنایی استفاده کرد: مساحت پنجره، تناسبات، موقعیت افقی، سایه‌های خارجی، ویژگی‌های شیشه و نسبت ابعاد اتاق در چهار جهت ساختمان با توجه به وضعیت خورشید، در سه مکان کشور فنلاند که از نظر اقلیمی متفاوتند به‌عنوان متغیرهای زمینه گنجانده شدند. نتایج نشان داد که خنک‌سازی می‌تواند عامل مهم در آب و هوای سرد باشد و ارزیابی کارایی انرژی همیشه باید با استفاده از داده‌های آب‌وهوای محلی و همچنین با داشتن جزئیات کافی طراحی، انجام گیرد (Kaasalainen et al, 2020: 1). مقاله‌ای دیگر از پیله‌چی‌ها و همکاران (۲۰۲۰)، یک روش جدید و چندهدفه برای تجزیه و تحلیل و بهینه‌سازی فرایندهای انرژی مرتبط با طراحی سیستم پنجره در ساختمان‌های اداری ارائه می‌کند. نتایج آن بر نیاز به پیکربندی سیستم پنجره در مراحل اولیه طراحی تأکید دارد.

پژوهش‌هایی نیز با اهداف متفاوتی مانند انرژی و روشنایی به بررسی متغیرها پرداخته‌اند. از جمله مطالعه‌ای که توسط الدوساری و کیم انجام (۲۰۲۰) شد، توسعه طراحی ساختمان مسکونی پایدار را با بررسی عملکرد روشنایی روز و انرژی با متغیرهای طراحی نشان می‌دهد. با تمرکز بر سیستم روشنایی روز، متغیرهای طراحی از جمله نسبت پنجره به دیوار (WWR)، دستگاه‌های سایه‌بان خارجی و انواع شیشه‌ها انتخاب شدند. در نتیجه، نور روز با افزایش WWR و شیشه‌های دوجداره رنگی بهبود یافت، در حالی که این گزینه‌های طراحی می‌توانند باعث گرمای بیش از حد در یک ساختمان مسکونی شوند (Al-Dossary & Kim, 2020). در مقاله الخطاتبه و همکاران (۲۰۲۳)، از بهینه‌سازی چندهدفه برای یافتن طراحی بهینه کلاس درس در مناطق آب و هوایی سرد، مختلط-مرطوب، گرم-مرطوب و گرم-خشک ایالات متحده در جهت کاهش مصرف انرژی و کنترل نور، استفاده شد. طراحی کلاس درس با بهترین عملکرد کلی در همه اهداف دارای پلان مستطیل شکل و پنجره شمال شرقی است. همه راه‌حل‌های بهینه نسبت به کلاس درس مرجع، ۳ تا ۵ درصد نسبت پنجره به دیوار (WWR) و با ارتفاع بیشتر پنجره، ۵ تا ۸ درصد مصرف انرژی کمتری دارند (Alkhatatbeh et al, 2023). پژوهش دیگر نیز که توسط احمد و همکاران (۲۰۲۳) انجام شد، عوامل موثر بر طراحی پنجره، مانند نسبت پنجره به دیوار (WWR) و جهت‌گیری پنجره، همراه با مواد

مختلف شیشه، در شهر کرکوک عراق برای کاهش مصرف انرژی مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که حداقل مصرف گرمایش را می‌توان با شیشه شفاف دابل برای پنجره‌های رو به جنوب در صورتی که $WWR = 100$ درصد بود، به دست آورد. برای پنجره‌های رو به شمال، حداقل مصرف خنک‌کنندگی، با شیشه دوجداره 197 و با $WWR = 25$ درصد به دست می‌آید (Ahmed et al, 2023). شاخص‌هایی مانند عرض، ارتفاع، مساحت، ارتفاع کف داخلی تا لبه پایین بازشو (OKB) و WWR به‌عنوان پارامترهای اندازه و تناسب برای پنجره‌های بنا، در پژوهش‌های گوناگون مورد بررسی قرار گرفته‌اند که نسبت به سایر زیرمؤلفه‌های مربوط به بازشوها بیشتر پرداخته شده‌اند (Lu et al, 2017, Maleki & Dehghan, 2020, Soudbaksh et al, 2022, Dagiyani et al, 2024, Liu et al, 2023).

وجود متغیرها و پارامترهای گوناگون و تأثیرات هر کدام بر یکدیگر، می‌تواند طبق هر هدف، شکلی متفاوت به خود بگیرد. باید توجه نمود که صرفاً نتیجه شناخت مؤلفه‌هایی از یک پژوهش قابل تعمیم به مناطق و کاربری‌های دیگر نیست. همچنین هر منطقه نیز با توجه به نیازهای اقلیمی خود اهداف متفاوتی را می‌طلبد. بنابراین با وجود فراوانی و پردازش‌های متنوع از کاربری‌ها، اقلیم‌ها و سایر موارد تأثیرگذار بر مصرف انرژی در ساختمان که گستردگی تحقیقات را در این حوزه در پی داشته، مسائل مربوط به نیازسنجی اقلیمی و بهینه‌یابی مصرف انرژی ساختمان‌های روستایی شهرستان رودسر، کمتر مورد توجه قرار گرفته است؛ ضرورت پرداختن به این موضوع و شرایط فعلی انرژی در ایران، موارد لزوم انجام چنین تحقیقی را ایجاب کرده که پژوهش حاضر به این امر پرداخته است.

۴. روش پژوهش

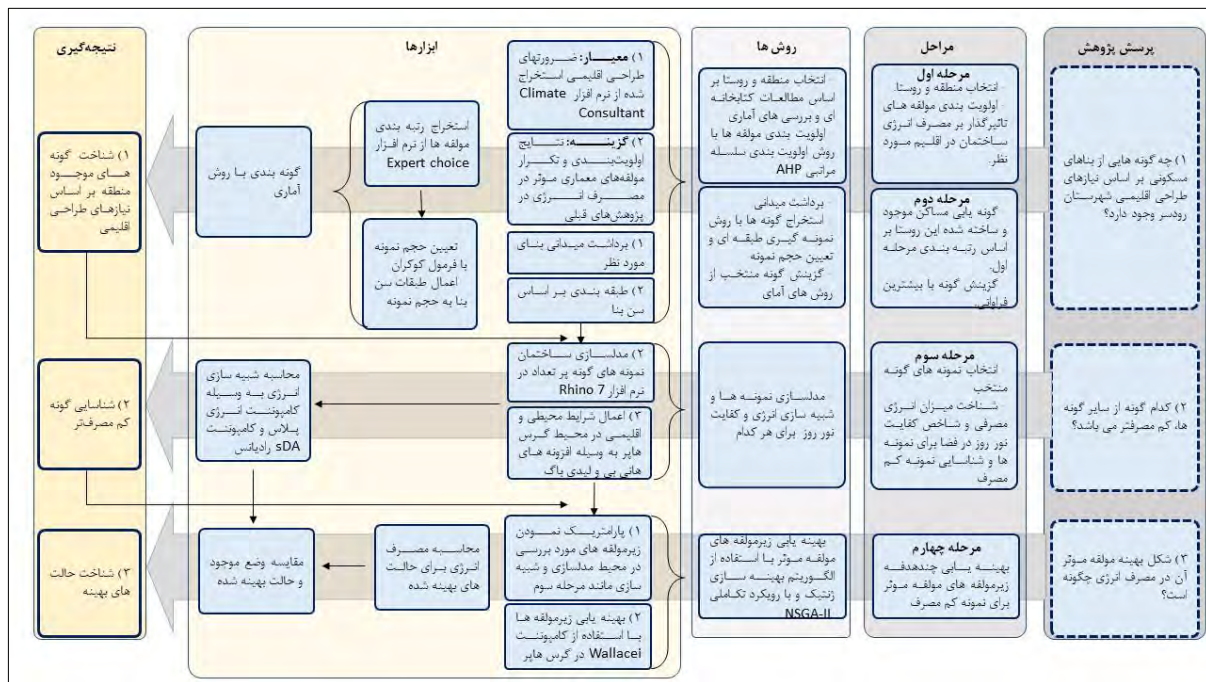
با توجه به ماهیت کاربردی پژوهش حاضر، روش مورد استفاده در آن ترکیبی است؛ بدین صورت که در پاسخ به پرسش اول، رتبه‌بندی نیازها و مؤلفه‌های طراحی اقلیمی و گونه‌یابی طبق همان رتبه‌ها با داده‌های عددی و توصیفی و به روش کمی انجام گرفته است. همچنین برای پاسخ به پرسش‌های دوم و سوم، در استخراج و نتیجه‌گیری شبیه‌سازی و بهینه‌سازی مؤلفه پرمصرف، از داده‌ها و روش کمی استفاده شد. از لحاظ توجه به هدف پژوهش، پرسش سوم، همان پرسش اصلی است و پرسش‌های اول و دوم، پرسش‌های فرعی به شمار می‌روند. با در نظر گرفتن هدف اصلی به خصوص در نمونه بناهای مورد مطالعه، متغیر مستقل آن، زیر مؤلفه‌های ابعاد بازشو و متغیر وابسته نیز مقدار شدت مصرف انرژی و شاخص SDA می‌باشند؛ همچنین متغیر مداخله‌گر، چیدمان فضایی است. گردآوری اطلاعات از روش‌های مطالعات کتابخانه‌ای، برداشت میدانی و شبیه‌سازی نرم‌افزاری صورت گرفته است. طبق مسیر پژوهش، بهینه‌سازی مؤلفه مهم اقلیمی ساختمان برای یک نمونه از گونه مسکونی اقلیمی با بیشترین نرخ فراوانی در روستای حسین‌آباد رودسر، انجام شد. این فرایند شامل چهار مرحله است:

مرحله اول: گام نخست، انتخاب روستا و رتبه‌بندی نیاز اقلیمی آن است. انتخاب شهرستان مورد نظر بر حسب میزان افزایش مهاجرت معکوس در روستاهای شهرستان رودسر و انتخاب روستای حسین‌آباد به جهت افزایش صدور پروانه ساخت، در سال‌های اخیر می‌باشد. ۶ مؤلفه تناسب بازشو، مصالح دیوار، مصالح سقف، فضای نیمه باز و بسته، شکل پلان و جهت‌گیری بنا، به ترتیب جزء رتبه‌های اول نیاز طراحی اقلیمی بوده‌اند.

مرحله دوم: در این گام گونه‌یابی مسکن موجود و ساخته‌شده روستای حسین‌آباد شهرستان رودسر، بر مبنای رتبه‌بندی مرحله پیشین است و گونه با بیشترین فراوانی انتخاب می‌شود. برداشت اولیه میدانی بر اساس سال ساخت بناست، زیرا این مؤلفه بر ۶ مؤلفه اولویت‌بندی شده مرحله قبل تأثیرگذار است. طبقه‌بندی اولیه نمونه‌ها از ۵۳۹ بنای موجود بوده و طبقه‌بندی دوم از ۲۲۴ نمونه است که تعداد آن خروجی فرمول کوکوران از حجم اول است. از نمونه‌های گونه پر تعداد، چیدمان‌های فضاهای داخلی مشابه دسته‌بندی شده و از میان هر دسته یک نمونه که مؤلفه‌های یکسان با دسته خود دارد انتخاب می‌شود.

مرحله سوم: مدلسازی ۱۳ نمونه در نرم‌افزار راینو شبیه‌سازی مصرف انرژی و شاخص SDA آن‌ها با استفاده از افزونه هانی‌بی انجام شد و نمونه دارای کمترین میزان مصرف انرژی گزینش شد.

مرحله چهارم: برای بهبود وضع موجود نمونه منتخب، زیرمؤلفه‌های ابعاد بازشو با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک و به وسیله پلاگین والسی انجام شد. در این فرایند چندهدفه، میزان شدت مصرف انرژی و شاخص SDA برای فضاهای مورد بررسی، با ۱۵ جواب غیرتکراری بهینه، استخراج شد (شکل ۳).



شکل ۳. چارچوب عملکردی تحقیق

۵. یافته‌های پژوهش و بحث

۵.۱. اولویت‌یابی مؤلفه‌ها با تحلیل سلسله مراتبی AHP

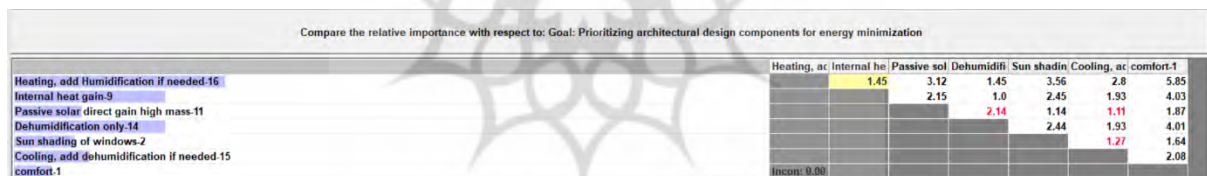
بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی AHP، ابتدا برای محاسبه وزن معیارها و مؤلفه‌ها، از ماتریس‌های زوجی استفاده می‌شود تا در نهایت به رسیدن هدف بیانجامد. در این پژوهش، وزن‌دهی معیارها بر اساس خروجی راهکارهای نرم‌افزار Climate Consultant از نتایج نمودار سایکرومتریک استفاده شد (جدول ۱). پس از شناخت نیازهای اقلیمی موجود در منطقه، خروجی نهایی نرم‌افزار Climate Consultant، در ارتباط با اصول طراحی مرتبط با نیازهای اقلیمی ذکر شده می‌باشد؛ یعنی برای رسیدن به هر یک از راهکارهای ایجاد شرایط آسایش در بنا، اصول طراحی اقلیمی خود را دارد و در هر یک از این راهکارها، یک یا چند مؤلفه مرتبط از بنا وجود دارد. راهکارهای طراحی اقلیمی خروجی آن شامل موارد زیر است: جهت‌گیری ساختمان، تاسیسات، حجم سقف، ابعاد پنجره، حجم و فرم، ذخیره انرژی، قرارگیری پنجره‌ها، محافظت از بازشوها، تهویه طبیعی، سایبان، فضای نیمه‌باز و باز و بسته، عایق‌بندی، رنگ مصالح، شیشه دوجداره، نورگیری، عوامل غیراقلیمی درون ساختمان، فاصله از سطح زمین، کاشت گیاه، پل حرارتی، سقف، مصالح و جرم حرارتی و چیدمان فضاها و شکل پلان.

نتایج حاصل از نمودار سایکرومتریک و شرایط آسایش بیانگر این است که در کل سال، ۵/۶٪ شرایط عادی در آسایش وجود دارد و برای افزایش میزان این آسایش می‌توان از بهترین راهکارهای ارائه شده نرم‌افزار Climate Consultant استفاده نمود. این راهکارها به ترتیب درصد تأثیرگذاری در فراهم آوردن شرایط آسایش شامل گرم کردن همراه با افزایش رطوبت، طراحی پنجره‌های رو به خورشید، رطوبت‌زدایی، خنک کردن با رطوبت‌زدایی، استفاده از سامانه‌های ایستای خورشیدی با جرم حرارتی بالا، استفاده از سایبان برای پنجره‌ها و سردسازی با تبخیر می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱. میزان تأثیر عوامل مؤثر در ایجاد شرایط آسایش در شهرستان رودسر (در کل سال) (براساس نرم افزار Climate Consultatnt)

میزان اثرگذاری %		عوامل مؤثر در ایجاد شرایط آسایش	میزان اثرگذاری %		عوامل مؤثر در ایجاد شرایط آسایش
بهبود	راهکار		بهبود	راهکار	
اولیه	راهکار		اولیه	راهکار	
۲۲.۶	۲۴.۲	۹- طراحی پنجره های رو به خورشید	۵.۶	۵.۱	۱- آسایش در شرایط عادی
-	۸.۲	۱۰- استفاده از سامانه های ایستای خورشیدی با جرم حرارتی کم	۹.۲	۱۲.۶	۲- استفاده از سایبان برای پنجره ها
۱۰.۵	۱۰.۴	۱۱- استفاده از سامانه های ایستای خورشیدی با جرم حرارتی بالا	-	۱.۵	۳- مصالح با جرم حرارتی بالا
-	۰	۱۲- محافظت در برابر باد	-	۲	۴- مصالح با جرم حرارتی بالا که در شب انرژی جذب شده را منتقل میکند
-	۰	۱۳- ایجاد رطوبت با دستگاه	۰.۱	۰.۵	۵- استفاده از خنک کننده تبخیری
۲۲.۵	۱۱.۲	۱۴- رطوبت زدایی	-	۱	۶- خنک کننده تبخیری دو مرحله ای
۱۱.۷	۱۳.۴	۱۵- خنک کردن با رطوبت زدایی	-	۱۳.۶	۷- خنک کردن با استفاده از تهویه طبیعی
۳۲.۸	۲۹.۷	۱۶- گرمایش همراه با افزایش رطوبت (در صورت نیاز)	-	۱۶.۵	۸- تهویه با استفاده از دستگاه

بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی AHP، ابتدا برای محاسبه وزن معیارها و مؤلفه ها از ماتریس های زوجی استفاده می شود تا در نهایت به رسیدن هدف بیانجامد. در این پژوهش، وزن دهی معیارها بر اساس خروجی راهکارهای نرم افزار Climate Consultatnt از نتایج نمودار سایکرومتریک استفاده شد (شکل ۴). برای وزن دهی مؤلفه ها از تکرار مؤلفه ها در ۱۱۹ پژوهش موجود در ۱۰ سال اخیر که در زمینه بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان بهره گرفته شده است (جدول ۲).



شکل ۴. مقایسه زوجی معیارها (بر اساس نرم افزار Expert Choice 11)

جدول ۲. تکرار مؤلفه ها در پژوهش های بهینه سازی انرژی در ۱۰ سال اخیر

شماره	مؤلفه	تعداد تکرار	شماره	مؤلفه	تعداد تکرار
۱	مصالح و جرم حرارتی	۴۷	۱۲	رنگ مصالح	۱۰
۲	ابعاد پنجره	۴۴	۱۳	سقف	۹
۳	حجم و فرم	۴۱	۱۴	نورگیری	۹
۴	جهت گیری ساختمان	۳۸	۱۵	عوامل غیر اقلیمی درون ساختمان	۷
۵	چیدمان فضاها و شکل پلان	۲۶	۱۶	حجم سقف	۶
۶	فضای نیمه باز و باز و بسته	۲۴	۱۷	ذخیره انرژی	۶
۷	سایبان	۲۳	۱۸	قرارگیری پنجره ها	۶
۸	عایق بندی	۲۲	۱۹	فاصله از سطح زمین	۶
۹	تهویه طبیعی	۱۶	۲۰	محافظت از بازوها	۵
۱۰	تاسیسات	۱۴	۲۱	پل حرارتی	۳
۱۱	شیشه دوجداره	۱۰	۲۲	کاشت گیاه	۴

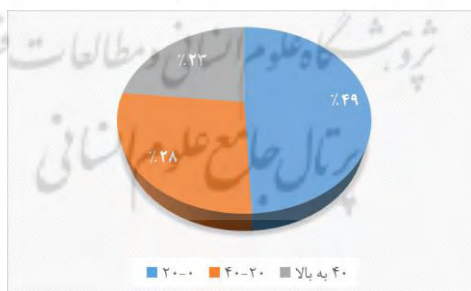
در ادامه روند پژوهش برای اجرای این ماتریس‌ها از نرم افزار Expert Choice 11 استفاده شد که در نهایت با مقایسه وزن نهایی هر کدام از مؤلفه‌ها نسبت به یکدیگر، رتبه‌بندی شده و در نتیجه مؤلفه ابعاد پنجره با بیشترین وزن یعنی ۰/۰۹۷، در اولویت نخست قرار گرفت. بنابراین پاسخ پرسش اول پژوهش مبنی بر چیهستی عامل مؤثر اتلاف انرژی در بنای مسکونی روستایی موجود منطقه، ابعاد بازشو است که با استفاده از روش اولویت‌بندی سلسله مراتبی AHP به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳. اولویت‌بندی مؤلفه‌ها طبق معیارها (بر اساس نرم افزار Expert Choice 11)

اولویت	مؤلفه	وزن	اولویت	مؤلفه	وزن
۱	ابعاد پنجره	۰/۰۹۷	۱۰	عیق بندی	۰/۰۴۳
۲	مصالح و جرم حرارتی	۰/۰۹۱	۱۱	شیشه دوجداره	۰/۰۳۴
۳	فضای نیمه باز، باز و بسته	۰/۰۷۱	۱۲	قرارگیری پنجره‌ها	۰/۰۳۲
۴	چیدمان فضاها و شکل پلان	۰/۰۶۶	۱۳	مصالح سقف	۰/۰۳۱
۵	کاشت گیاه	۰/۰۶۶	۱۴	محافظت از بازشوها	۰/۰۳۱
۶	حجم و فرم	۰/۰۶۱	۱۵	عوامل غیراقلیمی درون ساختمان	۰/۰۲۹
۷	جهت گیری ساختمان	۰/۰۵۸	۱۶	سایبان	۰/۰۲۷
۸	حجم سقف	۰/۰۵۰	۱۷	پل حرارتی	۰/۰۲۶
۹	تاسیسات	۰/۰۴۸			

۵.۲. گونه‌شناسی از وضع موجود

گونه‌یابی مساکن موجود و ساخته شده روستای حسین‌آباد شهرستان رودسر، بر اساس رتبه‌بندی مرحله اول انجام گرفت و در ادامه گونه با بیشترین فراوانی برگزیده شد. برای تعیین حجم نمونه از روش نمونه‌گیری طبقه‌ای استفاده شد بدین صورت که براساس ویژگی‌های ۶ مؤلفه دارای اولویت اول مورد نظر متأثر از سن بنا، طبقه‌بندی ۵۳۹ بنای مسکونی موجود با سه دوره ساخت ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰ و ۶۰ سال به بالا انجام شد (شکل ۵). طبق همین دوره‌های ساخت، برداشت میدانی اولیه صورت گرفت. به جهت کاشت و قطع درختان اطراف بناها در طول دوره ساخت و بهره‌برداری، این مؤلفه در مسیر گونه‌یابی حذف شد و به‌طور کلی ابعاد پنجره، مصالح، فضاهای نیمه‌باز و بسته، چیدمان فضاها و شکل پلان، حجم و فرم و جهت‌گیری ساختمان مؤلفه‌های ذکر شده بودند.

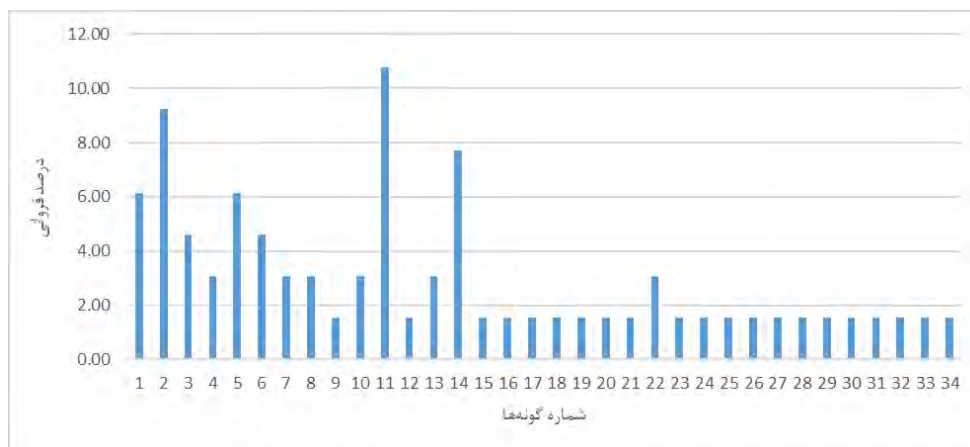


شکل ۵. سن ساخت بناهای موجود

حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران، ۲۲۴ عدد تخمین زده شد و نمونه‌گیری بر اساس درصد فراوانی طبقات دوره‌های ساخت جمعیت اول، انجام شد. سپس برداشت میدانی دوم به تعداد ۲۲۴ بنای مسکونی با ۴۹٪ برای دوره ساخت ۲۰-۴۰ سال، ۲۸٪ برای ۲۰-۴۰ سال و ۲۳٪ برای ۴۰ سال ساخت صورت گرفت. از این تعداد، بر اساس ۵ مؤلفه اول مانند تناسبات و ابعاد بازشو (WWR)، مصالح سقف، مصالح دیوار، نسبت فضای نیمه‌باز به بسته و تعداد طبقات، ۳۴ گونه (جدول ۴) و بر اساس ۶ مؤلفه، ۱۲۴ زیرگونه شناسایی شد. گونه ۱۱م که بیشترین نرخ فراوانی را داشت، به‌عنوان گونه منتخب برگزیده شد (شکل ۶). در این جا، پاسخ به اولین پرسش فرعی این پژوهش داده شد که با در نظر گرفتن چگونگی وجود گونه‌های مسکن روستای حسین‌آباد شهرستان رودسر در کنار ضرورت‌های اقلیمی و مؤلفه‌های طراحی اقلیمی انجام گرفت.

جدول ۴. گونه‌های مسکن روستای حسین‌آباد شهرستان رودسر بر اساس ۵ مؤلفه اولویت‌بندی شده طراحی اقلیمی

تعداد طبقات	نسبت فضای نیمه باز به بسته	مصالح		WWR	درصد فراوانی	شماره گونه
		دیوار	سقف			
۲	۲۰-۱ درصد	جدید	دوپوسته	۳۰-۲۰ درصد	۶.۱۵	۱
۲	۴۰-۲۰ درصد	جدید	دوپوسته	۱۰-۰ درصد	۹.۲۳	۲
۲	۴۰-۲۰ درصد	جدید	دوپوسته	۲۰-۱۰ درصد	۴.۶۲	۳
۲	۲۰-۱ درصد	جدید	دوپوسته	۱۰-۰ درصد	۳.۰۸	۴
۱	۲۰-۱ درصد	جدید	دوپوسته	۱۰-۰ درصد	۶.۱۵	۵
۱	۰ درصد	جدید	دوپوسته	۲۰-۱۰ درصد	۴.۶۲	۶
۱	۲۰-۱ درصد	جدید	دوپوسته	۳۰-۲۰ درصد	۳.۰۸	۷
۱	۴۰-۲۰ درصد	جدید	دوپوسته	۲۰-۱۰ درصد	۳.۰۸	۸
۱	۲۰-۱ درصد	جدید	یک پوسته	۱۰-۰ درصد	۱.۵۴	۹
۲	۰ درصد	جدید	دوپوسته	۲۰-۱۰ درصد	۳.۰۸	۱۰
۱	۲۰-۱ درصد	جدید	دوپوسته	۲۰-۱۰ درصد	۱۰.۷۷	۱۱
۲	۲۰-۱ درصد	جدید	دوپوسته	۱۰-۰ درصد	۱.۵۴	۱۲
۱	۴۰-۲۰ درصد	جدید	یک پوسته	۱۰-۰ درصد	۳.۰۸	۱۳
۲	۲۰-۱ درصد	جدید	دوپوسته	۲۰-۱۰ درصد	۷.۶۹	۱۴
۳	۲۰-۱ درصد	جدید	دوپوسته	۳۰-۲۰ درصد	۱.۵۴	۱۵
۳	۴۰-۲۰ درصد	جدید	دوپوسته	۱۰-۰ درصد	۱.۵۴	۱۶
۱	۲۰-۱ درصد	جدید	تهرانی	۱۰-۰ درصد	۱.۵۴	۱۷
۲	۲۰-۱ درصد	جدید	تهرانی	۲۰-۱۰ درصد	۱.۵۴	۱۸
۲	۰ درصد	جدید	یک پوسته	۳۰-۲۰ درصد	۱.۵۴	۱۹
۳	۲۰-۱ درصد	جدید	دوپوسته	۲۰-۱۰ درصد	۱.۵۴	۲۰
۳	۴۰-۲۰ درصد	جدید	یکپوسته	۲۰-۱۰ درصد	۱.۵۴	۲۱
۱	۲۰-۱ درصد	جدید	یک پوسته	۲۰-۱۰ درصد	۳.۰۸	۲۲
۲	۴۰-۲۰ درصد	جدید	یک پوسته	۱۰-۰ درصد	۱.۵۴	۲۳
۱	۰ درصد	جدید	دوپوسته	۳۰-۲۰ درصد	۱.۵۴	۲۴
۲	۲۰-۱ درصد	قدیم	دوپوسته	۳۰-۲۰ درصد	۱.۵۴	۲۵
۱	۲۰-۱ درصد	قدیم	یک پوسته	۳۰-۲۰ درصد	۱.۵۴	۲۶
۲	۲۰-۱ درصد	قدیم	یک پوسته	۲۰-۱۰ درصد	۱.۵۴	۲۷
۱	۲۰-۱ درصد	قدیم	دوپوسته	۳۰-۲۰ درصد	۱.۵۴	۲۸
۱	۴۰-۲۰ درصد	قدیم	دوپوسته	۱۰-۰ درصد	۱.۵۴	۲۹
۱	۶۰ به بالا	قدیم	دوپوسته	۲۰-۱۰ درصد	۱.۵۴	۳۰
۲	۴۰-۲۰ درصد	قدیم	یک پوسته	۱۰-۰ درصد	۱.۵۴	۳۱
۲	۶۰-۴۰ درصد	قدیم	دوپوسته	۱۰-۰ درصد	۱.۵۴	۳۲
۱	۴۰-۲۰ درصد	قدیم	دوپوسته	۱۰-۰ درصد	۱.۵۴	۳۳
۱	۶۰-۴۰ درصد	قدیم	دوپوسته	۱۰-۰ درصد	۱.۵۴	۳۴



شکل ۶. نمودار درصد فراوانی هر یک از گونه های مسکن روستای حسین آباد

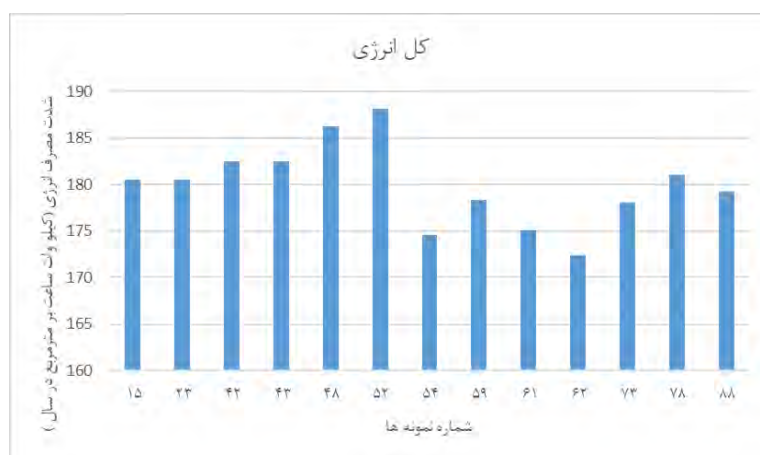
۵.۳. یافتن نمونه کم مصرف تر

به جهت مشابهت مؤلفه های اقلیمی نمونه های گونه مورد نظر با یکدیگر، دسته بندی نمونه ها، طبق تفاوت در جهت گیری فضاهای داخلی و نوع چیدمان (متغیر مداخله گر) انجام شد که در نتیجه آن ۱۳ نمونه مدل با چیدمان های متفاوت، انتخاب شد (جدول ۵).

جدول ۵. گروه بندی نمونه های گونه ۱۱ بر اساس چیدمان فضای داخلی

گروه چیدمان	پلان ها و شماره نمونه ها	اتاق خواب	اتاق خواب	آشپزخانه	سرویس	پذیرایی	نشیمن	ناهارخوری	فضای نیمه
۱	۱۵	شمال	شمال	جنوب	شمال	جنوب	جنوب	غرب	
۲	۲۳	شمال	جنوب	شرق	غرب	غرب	غرب	غرب	
۳	۴۲، ۹۶	غرب	غرب	شرق	جنوب	شمال	شمال	شمال	
۴	۴۳	شرق	شرق	جنوب	شرق	شمال	جنوب	جنوب	
۵	۴۸، ۷۰، ۱۱۱، ۱۳۸	شرق	شرق	غرب	جنوب	مرکز	جنوب	جنوب	

گروه چیدمان	پلان ها و شماره نمونه ها	چیدمان فضاها طبق جهت ها						
		اتاق خواب	اتاق خواب	آشپزخانه	سرویس	پذیرایی	نشیمن	ناهارخوری
۶	۷۴	شمال	شمال	جنوب	جنوب	مرکز	شرق	شرق
	۵۲	شمال	شمال	جنوب	جنوب	مرکز	شرق	شرق
۷	۱۵۶	شمال	جنوب	جنوب	غرب	شرق	شمال	شمال
	۸۹	شمال	جنوب	جنوب	غرب	شرق	شمال	شمال
۸	۵۹	شمال	جنوب	شمال	غرب	جنوب	جنوب	جنوب
	۵۹	شمال	جنوب	شمال	غرب	جنوب	جنوب	جنوب
۹	۹۳	غرب	غرب	شمال	غرب	جنوب	جنوب	جنوب
	۹۳	غرب	غرب	شمال	غرب	جنوب	جنوب	جنوب
۱۰	۶۲	شمال	جنوب	شمال	غرب	جنوب	شرق	شرق
	۶۲	شمال	جنوب	شمال	غرب	جنوب	شرق	شرق
۱۱	۷۳	شرق	شرق	غرب	شمال	جنوب	جنوب	جنوب
	۷۳	شرق	شرق	غرب	شمال	جنوب	جنوب	جنوب
۱۲	۱۴۴	جنوب	جنوب	شمال	غرب	شمال	جنوب	جنوب
	۱۲۹	جنوب	جنوب	شمال	غرب	شمال	جنوب	جنوب
۱۳	۷۸	غرب	غرب	مرکز	جنوب	شرق	شرق	شرق
	۷۸	غرب	غرب	مرکز	جنوب	شرق	شرق	شرق



شکل ۷. انرژی مصرفی در بناهای نمونه گونه ۱۱ به تفکیک نوع مصرف

نمونه ۶۲ از چیدمان شماره ۱۰، با جهت گیری شمال شرقی-جنوب غربی و مساحت ۱۴۳/۴۵ مترمربع، دارای شاخص sDA برای فضاهای جنوبی با میانگین ۷۹/۳۳ درصد است. پنجره های ضلع جنوبی بنا، نسبت به سایر سطوح، دارای بیشترین تأثیر در مصرف و جذب انرژی بودند به طوری که در حالت نمایش دمای سطوح، کمترین دما (از دست دادن انرژی فضای داخلی) و در حالت نمایش انرژی سطوح، بیشترین جذب تابش خورشید را دارد (جدول ۶). بنابراین فرایند بهینه سازی برای ابعاد این بخش از بنا، جهت کاهش مصرف انرژی به عنوان هدف نهایی قرار دارد. اما به جهت ابرناکی اقلیم مورد مطالعه نسبت به سایر نقاط ایران و بررسی این مورد در مرحله ارزیابی اقلیمی توسط نرم افزار Climate Consultant، شاخص کفایت نور روز در فضا، نیز به عنوان هدف دوم بهینه سازی در نظر گرفته شد؛ چرا که می دانیم هر چه ابعاد بازشوها کوچکتر باشد به همان نسبت مصرف انرژی نیز کاهش می یابد، اما با انتخاب شاخص sDA، مؤلفه مهم روشنایی نور روز نیز در کنار انرژی در نظر گرفته می شود. این مرحله پاسخ دهنده پرسش فرعی دوم پژوهش است که نمونه کم مصرف تر گونه منتخب شناسایی شد.

همچنین در مراحل شبیه سازی تمامی نمونه ها، برنامه دهی زمانی، طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی و خصوصیات مصالح، از وضع موجود تنظیم شد. انجام بهینه یابی بدین صورت است که با ثابت بودن سایر شاخص های بنا و زیرمؤلفه های ابعاد و تناسبات بازشوها در اضلاع دیگر ساختمان، مقدار شدت مصرف انرژی و شاخص sDA برای تغییرات بازشوی ضلع جنوبی در شرایط بهینه سنجیده می شود.

جدول ۶. نمایش خروجی های شبیه سازی انرژی و دمای سطوح فضا برای نمونه شماره ۶۲

موضوع نمایش	پرسپکتیو جنوبی	پرسپکتیو شمالی
دما		
انرژی		

۴.۵. بهینه یابی مؤلفه موثر در نمونه بنای کم مصرف

بهینه سازی تناسبات پنجره های جنوبی سه فضا، شامل اتاق خواب جنوبی، نشیمن و فضای پذیرایی با استفاده از افزونه وِالِسی در محیط گرس هاپر با ۳ پارامتر عرض، ارتفاع و 0kb هر پنجره و اهداف کاهش مصرف انرژی و حداکثر مقدار sDA، انجام شد.

پارامترهای مورد بررسی در بازه‌های متداول طراحی مسکونی درجه‌بندی شدند. تعداد عضو در هر نسل ۱۰ عدد و ۵۰ نسل در نظر گرفته شد. فرایند بهینه‌سازی به وسیله الگوریتم ژنتیک و با رویکرد تکاملی NSGA-II که روش محاسبه این افزونه می‌باشد، صورت گرفت. در نهایت ۱۵ راهکار بدون تکرار، در نظر گرفته شد که راهکار اول از نسل ۴۹ و عضو ۹ام با اندازه‌هایی که به حالت متداول طراحی منطقه نزدیک‌تر بودند انتخاب شد؛ این کاهش با ۲۵/۸۲ کیلووات ساعت برای کل بنا در طول سال نسب به وضع موجود است که برای هر سه فضای اتاق جنوبی، نشیمن و پذیرایی، SDA بالای ۵۵ درصد تعیین شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان را داراست. همچنین بیشترین مقدار WWR، ۱۷/۶۲ درصد است که ۲۰/۰۸ کیلو وات ساعت در سال برای کل بنا نسبت به وضع موجود کمتر است این در حالی است که مقدار همین پارامتر برای وضع موجود حدوداً، دو درصد بیشتر می باشد (جدول ۷).

جدول ۷. پارامترهای بهینه‌شده زیر مؤلفه‌های ابعاد باز شو و مقایسه با وضع موجود با دو هدف مصرف انرژی و کفایت نور روز

شماره نسل - شماره فرد	پنجره اتاق خواب جنوبی			پنجره جنوبی نشیمن			پنجره جنوبی پذیرایی			مصرف انرژی			شاخص SDA (%)		
	عرض	okb	ارتفاع	عرض	okb	ارتفاع	عرض	okb	ارتفاع	سالانه (کیلو وات ساعت بر مترمربع)	WWR (%)	پنجره اتاق خواب جنوبی	پنجره جنوبی نشیمن	پنجره جنوبی پذیرایی	
۹_۴۹	۱	۱.۱	۱	۱.۵	۱.۱	۱	۱.۵	۱.۱	۱.۵	۱۷۲.۲۲	۱۲.۴۰	۰.۵۹	۰.۷۲	۰.۷۶	
۸_۴۹	۰.۵	۱.۱	۱.۵	۱	۱.۱	۱	۰.۵	۱.۱	۱.۹	۱۷۱.۴۸	۷.۰۵	۰.۶۰	۰.۵۸	۰.۷۳	
۷_۴۹	۰.۵	۱.۱	۱	۱	۱.۴	۱	۲	۱.۱	۱.۵	۱۷۱.۳۳	۱۱.۷۵	۰.۵۶	۰.۶۱	۰.۸۲	
۶_۴۹	۱	۰.۸	۱	۱.۵	۱.۱	۱	۱.۴	۱.۵	۱	۱۷۲.۲۴	۱۰.۴۴	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۶۸	
۵_۴۹	۰.۵	۰.۸	۱	۱	۱.۴	۱	۰.۵	۱.۴	۱	۱۷۱.۵۴	۵.۲۲	۰.۵۶	۰.۵۹	۰.۵۱	
۴_۴۹	۰.۵	۰.۸	۱	۱.۵	۰.۸	۱	۲.۵	۰.۸	۱.۵	۱۷۲.۲۵	۱۵.۰۱	۰.۵۵	۰.۷۰	۰.۹۶	
۳_۴۹	۱	۱.۱	۱	۱	۰.۸	۱	۱.۵	۱.۴	۱	۱۷۲.۲۱	۹.۱۴	۰.۶۱	۰.۶۳	۰.۹۴	
۱_۴۹	۰.۵	۰.۸	۱	۱	۰.۸	۱	۲	۱.۱	۱	۱۷۲.۲	۹.۱۴	۰.۵۵	۰.۶۳	۰.۸۰	
۰_۴۹	۱	۰.۸	۱	۱	۱.۱	۱	۰.۵	۱.۴	۱.۵	۱۷۱.۹۷	۷.۱۸	۰.۶۱	۰.۶۰	۰.۶۹	
۹_۴۸	۱	۰.۸	۱	۱	۱.۱	۱	۰.۵	۱.۴	۱	۱۷۲.۱۴	۶.۵۳	۰.۶۲	۰.۶۳	۰.۶۶	
۹_۴۷	۱	۱.۱	۱	۱	۱.۱	۱	۰.۵	۱.۴	۱	۱۷۱.۹۱	۶.۵۳	۰.۶۰	۰.۶۰	۰.۶۶	
۸_۴۷	۱	۱.۴	۱	۱.۵	۱.۱	۱	۰.۵	۱.۴	۱.۵	۱۷۲.۰۷	۷.۱۸	۰.۵۸	۰.۶۳	۰.۶۹	
۴_۴۷	۱	۰.۸	۱.۵	۱.۵	۱.۱	۱	۲	۱.۱	۱.۵	۱۷۲.۲۵	۱۵.۶۶	۰.۶۸	۰.۷۰	۰.۸۵	
۹_۴۶	۰.۵	۰.۸	۱.۵	۱.۵	۱.۱	۱.۵	۲.۵	۰.۸	۱.۵	۱۷۲.۲۶	۱۷.۶۲	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۹۷	
۹_۴۵	۱	۰.۸	۱.۵	۱	۱.۱	۱	۲.۵	۰.۸	۱.۵	۱۷۲.۲۸	۱۶.۳۲	۰.۶۰	۰.۶۱	۰.۹۶	
میانگین	۰.۸	۰.۹۴	۱.۱۳	۱.۱۶	۱.۰۸	۱.۰۳	۱.۴	۱.۱۸	۱.۳۲	۱۷۲.۰۲	۱۰.۳۰	۰.۵۹	۰.۶۴	۰.۷۷	
وضع موجود	۱	۰.۸	۱.۵	۲	۰.۸	۱.۵	۲	۰.۸	۱.۵	۱۷۲.۴۰	۱۹.۵۳	۰.۶۸	۰.۸۲	۰.۸۸	

با توجه به شرایط همسایگی بنا و عوامل دیگر طراحی و محیطی، طراح می‌تواند از سایر راهکارهای ارائه‌شده نیز، بهره ببرد. کمترین مصرف انرژی مربوط نسل ۴۹ و عضو ۱۷ام آن می باشد با ۱۷۱/۳۳ کیلو وات ساعت بر متر مربع و بیشترین SDA برای عضو نهم نسل های ۴۵ و ۴۶ است. در اینجا نیز سوال سوم و اصلی پژوهش با ارائه شرایط انتخاب حالت‌های متنوعی از موارد بهینه پاسخ داده شد.

۶. نتیجه‌گیری

به دلیل اینکه بیشترین زمان حضور افراد در محیط‌های مسکونی سپری می‌شود و با توجه به تعداد بسیار بیشتر این نوع کاربری، در مجموع مصرف انرژی مسکونی بر تمام انواع دیگر ساختمان‌ها غلبه می‌کند و اهمیت دارد. ساختمان نیز طبق شرایط محیطی گوناگون، رفتارهای مصرف انرژی متفاوتی از خود نشان می‌دهد که بستگی به پارامترهای اجزاء خود و محیط داخلی دارد. لذا با کنترل این مؤلفه‌ها و پارامترهایشان می‌توان انرژی مصرفی بنا را همگام با آسایش ساکنین کاهش داد. در پاسخ به پرسش نخست، گونه‌یابی بر اساس ۵ مؤلفه نخست حاصل از اولویت‌بندی ضرورت‌های طراحی اقلیمی منطقه انجام شد و ۳۴ گونه از مسکن روستای حسین‌آباد رودسر بدست آمد. اولین مؤلفه‌ای که به غیر از سن بنا برای گونه‌یابی لحاظ شد شاخص WWR است و برای آن، بازه‌های

درصدی ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰ و ۳۰-۴۰ از کل نمونه‌های برداشت‌شده در نظر گرفته شد که به ترتیب دارای درصد فراوانی ۳۳/۸۵، ۴۷/۶۹ و ۱۸/۴۶ می‌باشد؛ بدین صورت که بازه ۱۰-۲۰ درصد WWR، دارای بیشترین فراوانی بازه‌های این شاخص، در بین مسکن روستایی حسین آباد است.

در ادامه برای پاسخ به پرسش دوم، گونه یازدهم با درصد فراوانی ۱۰/۷۷ بیشترین مقدار نمونه‌ها را به خود اختصاص داد. تمام نمونه‌های این گونه دارای شرایط یکسان مانند سقف دوپوسته، مصالح جدید، WWR به مقدار ۲۰-۱۰ درصد و نسبت فضای نیمه‌باز به بسته آن، ۲۰-۱ درصد را دارا هستند. نمونه‌های این گونه، شبیه‌سازی انرژی و نور شدند و نمونه ۶۲ با کمترین میزان شدت مصرف انرژی با ۱۷۲/۴۰ کیلو وات ساعت بر متر مربع در یک سال انتخاب شد؛ پارامترهای مؤثر آن که عرض، ارتفاع و فاصله لبه پایین پنجره تا کف داخلی بنا در ضلع جنوبی بود، گزینش شد. از آنجا که در بررسی تحقیقات پیشین و با توجه به هدف پژوهش، تأثیرگذارترین شاخص در میان زیرمؤلفه‌های ابعاد و تناسبات بازشو، WWR، عرض، ارتفاع و OKB ذکر شده و سایر موارد در اولویت‌های بعدی شناخته شد، لذا در پژوهش حاضر نیز عوامل دیگری مانند تعدد بازشوها، فواصل بینشان و باقی شاخص‌هایی از این دست، در بهینه‌یابی لحاظ نگردید. تفاوت نمونه‌ها در این گونه بر اساس چیدمان و جهت‌گیری فضاهای داخلی آن هاست که از این لحاظ نمونه شماره ۶۲ دارای فضای عمومی در شرق و جنوب بناست و فضاهای خصوصی مانند اتاق‌ها در غرب قرار دارند. همچنین نمونه پرمصرف در این گونه نیز، نمونه شماره ۵۲ با شدت مصرف انرژی ۱۸۸/۱۳ کیلووات ساعت بر مترمربع است. به علت اینکه در شبیه‌سازی انرژی نمونه شماره ۶۲ در نرم‌افزار، تشخیص سطح مؤثر در مصرف انرژی و دما، با بازشوهای نمای جنوبی بنا بوده‌است، از این مرحله به بعد به این مورد برای پاسخ به پرسش‌های بعدی پرداخته‌شد؛ لذا پاسخ به پرسش سوم پژوهش، با دو هدف کاهش مصرف انرژی و افزایش شاخص SDA، مورد بهینه‌سازی قرار گرفت. از میان ۱۵ حالت بهینه شده اول و بدون تکرار، عضو ۷ام نسل ۴۹، با شدت مصرف انرژی ۱۷۱/۳۳، کمترین مقدار را نسبت به وضع موجود بنا داشت. میزان شاخص SDA برای این حالت بدین صورت است که در پنجره‌های اتاق خواب جنوبی، نشیمن و پذیرایی به ترتیب در ۵۶، ۶۱ و ۸۲ درصد مواقع سال، حداقل ۳۰۰ لوکس نور را دریافت می‌کنند. در مجموع، اندازه پارامترهای حالت‌های بهینه نزدیک به وضع موجود اما با مقادیر کمتری است؛ بدین صورت که درصد تغییرات پارامترهای حالت بهینه با کمترین شدت مصرف انرژی نسبت به وضع موجود و با در نظر گرفتن میانگین SDA، ۶۶ درصد در هر سه فضا، برای عرض و ارتفاع پنجره اتاق خواب جنوبی و نشیمن و پذیرایی به ترتیب با کاهش ۵۰، ۳۳/۳ و صفر درصد همراه بوده است در حالی که مقدار شدت مصرف انرژی در حدود ۰/۶۲ درصد کاهش یافته است. علی‌رغم کاهش شاخص‌های ذکر شده در همین مورد، میانگین تغییرات OKB برای هر سه فضا در کمترین شدت مصرف، نسبت به وضع موجود با افزایش ۵۰ درصد همراه بوده است. میانگین WWR حالت‌های بهینه شده، ۱۰/۳۰ درصد و شدت مصرف انرژی آن ۱۷۲/۰۲ است که نسبت به وضع موجود به ترتیب حدوداً ۹ درصد و ۱۷۳/۱۵ کیلووات ساعت در سال برای کل بنا، کمتر می‌باشد.

۷. حامیان پژوهش

این پژوهش حامی مالی و معنوی نداشته است.

۸. مشارکت نویسندگان

نویسندگان در تمام مراحل و بخشهای انجام شده سهم برابر داشته اند.

۹. تعارض منافع

نویسندگان اعلام می کنند که هیچ گونه تضاد منافی ندارند.

۱۰. تقدیر و تشکر

نویسندگان بدینوسیله از همه کسانی که به نوعی در انجام این پژوهش یاری رسانده اند قدردانی می نمایند.

منابع

- ابوالحسنی، نوشین، محمدکاری، بهروز و فیاض، ریما. (۱۳۹۴). بهسازی حرارتی جدار ساختمان های موجود در اقلیم سرد در ایران با بهره گیری از ویژگی های دیوار ترومب، مطالعات معماری ایران، ۴(۲)، صص. ۱۰۷-۱۱۸.
- برزگر، زهرا و حیدری، شاهین. (۱۳۹۲). بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی * نمونه موردی جهت گیری جنوب غربی و جنوب شرقی در شهر شیراز، هنرهای زیبا، ۱۸(۱)، صص. ۴۵-۵۶.
- خاکپور، مزگان. (۱۳۸۴). مسکن بومی در جوامع روستایی گیلان، نشریه هنرهای زیبا، ۲۲(۲۲)، صص ۶۳-۷۲.
- دیبا، داراب، و یقینی، شهریار. (۱۳۷۲). تحلیل و بررسی معماری بومی گیلان. معماری و شهرسازی، ۲۴ (ویژه گیلان)، صص ۶-۱۶.
- زارع، سپیده، یاسوری، مجید و آقائی زاده، اسماعیل. (۱۴۰۲). بررسی و تحلیل وضعیت پایداری مسکن در شهر بندرانزلی، مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی، ۴(۳)، صص. ۱۹-۳۸.
- زهری، سارا، طاهباز، منصوره و اعتصام، ایرج. (۱۳۹۹). تاثیر مصالح و روش های ساخت بومی بر کاهش مصرف انرژی در خانه های روستایی مناطق جلگه ای گیلان، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۱)، صص. ۸۹-۱۰۰.
- سالنامه آماری استان گیلان. (۱۳۹۹). سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان گیلان.
- طالقانی، محمود. (۱۳۸۹). خانه موسوی: میراث معماری روستایی گیلان، جلگه غرب (۱). چاپ اول. موسسه تالیف ترجمه و نشر آثار هنری متن.
- طاهباز، منصوره و جلیلیان، شهربانو. (۱۳۹۰). شاخصه های همسازی با اقلیم در مسکن روستایی استان گیلان. مسکن و محیط روستا، ۳۰(۱۳۵)، صص ۲۳-۴۲.
- قبادیان، وحید. (۱۳۹۲). بررسی اقلیمی / ابنیه سنتی / ایران، چاپ هشتم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- قیابکلو، زهرا. (۱۳۹۳). مبانی فیزیک ساختمان ۲ (تنظیم شرایط محیطی). چاپ نهم. جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- لبافان، سحر. (۱۴۰۰). تحلیل و رتبه بندی عوامل مؤثر بر اقلیم و ارائه راهکار توسط نرم افزار تحلیلی اقلیمی Climate Consultant؛ مطالعه موردی: استان تهران، شبک، ۷(۳)، صص. ۱۴۹-۱۶۰.
- مرتضایی، گلناز، محمدی، محمود، نصراللهی، فرشاد و قلعه نویی، محمود. (۱۳۹۶). بررسی ریخت-گونه شناسانه بافت های مسکونی جدید در راستای بهینه سازی مصرف انرژی اولیه (نمونه موردی: سپاهان شهر)، فصلنامه مطالعات شهری، ۶(۲۴)، صص. ۴۱-۵۴.
- مقررات ملی ساختمان ایران. (۱۴۰۱). مبحث نوزدهم. دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان.
- مهدوی نژاد، محمدجواد. (۱۴۰۱). معماری سرآمد و مصرف هوشمندانه انرژی: رویکردی طراحی مبنا به مفاهیم معمارانه در فیزیک ساختمان، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.
- میرزائی، فهیمه، مهدی زاده سراج، فاطمه، فیاض، ریما و مفیدی شمیرانی، سیدمجید. (۱۳۹۸). اثر شاکله بافت بر میزان جذب تابش خورشیدی بنا در واحدهای همسایگی مناطق با اقلیم سرد (مطالعه موردی: روستای چهرقان)، مسکن و محیط روستا، ۳۸(۱۶۷)، صص. ۱۹-۳۴.
- ناصری، آیت و مهرگان، آرش. (۱۳۹۶). بررسی تاثیر خصوصیات فیزیکی ساختمان های مسکونی بر میزان مصرف انرژی (مطالعه موردی شهر خرم آباد)، معماری و شهرسازی / ایران، ۸(۲)، صص. ۵۹-۷۳.
- Ahmed, A. E., Suwaed, M. S., Shakir, A. M., & Ghareeb, A. (2023). The impact of window orientation, glazing, and window-to-wall ratio on the heating and cooling energy of an office building: The case of hot and semi-arid climate. *Journal of Engineering Research*.
- Al-Dossary, A. M., & Kim, D. D. (2020). A study of design variables in daylight and energy performance in residential buildings under hot climates. *Energies*, 13(21), 1-16.
- Alkhatatbeh, B. J., Kurdi, Y., & Asadi, S. (2023). Multi-objective optimization of classrooms' daylight performance and energy use in US Climate Zones. *Energy and Buildings*, 297: 113468.
- Bainbridge, D.A. & Haggard K. (2011). Passive Solar Architecture; Heating, Cooling, Ventilation, Daylighting and More Using Natural Flows. White River Junction: *Chelsea Green Publishing Company*.
- Caro, R., & Sendra, J. J. (2020). Evaluation of indoor environment and energy performance of dwellings in heritage buildings. The case of hot summers in historic cities in Mediterranean Europe. *Sustainable Cities and Society*, 52: 101798.
- Copiaco, A., Himeur, Y., Amira, A., Mansoor, W., Fadli, F., Atalla, S., & Sohail, S. S. (2023). An innovative deep anomaly detection of building energy consumption using energy time-series images. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 119: 105775.
- Dagiyan, M. M., Molaei, M., Fallah, R., & Sangin, H. (2024). Enhancing Energy Efficiency in a Hypothetical Building through Analysis of Orientation, WWR, Shading, window shape, and Illuminance Intensity.
- Elghamry, R., & Hassan, H. (2020). Impact of window parameters on the building envelope on the thermal comfort, energy consumption and cost and environment. *International Journal of Ventilation*, 19(4), 233-259.
- Florides, G. A., Tassou, S. A., Kalogirou, S. A., & Wrobel, L. C. (2002). Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness. *Applied Energy*, 73(3-4), 299-328.

- Hu, H., Zhang, H., Wang, L., & Ke, Z. (2023). Evaluation and Design of Parameterized Dynamic Daylighting for Large-Space Buildings. *Sustainability*, 15(14): 10773.
- Kaasalainen, T., Mäkinen, A., Lehtinen, T., Moisio, M., & Vinha, J. (2020). Architectural window design and energy efficiency: Impacts on heating, cooling and lighting needs in Finnish climates. *Journal of Building Engineering*, 27: 100996.
- Kim, J. J., & Moon, J. W. (2009). Impact of insulation on building energy consumption.
- Kohli, V., Chakravarty, S., Chamola, V., Sangwan, K. S., & Zeadally, S. (2023). An analysis of energy consumption and carbon footprints of cryptocurrencies and possible solutions. *Digital Communications and Networks*, 9(1), 79-89.
- Koźniewski, Edwin, Beata Sadowska, and Karolina Banaszak. (2022). Geometric Aspects of Assessing the Anticipated Energy Demand of a Designed Single-Family House, *Energies*, 15(9): 3308.
- Liu, K., Xu, X., Zhang, R., Kong, L., Wang, W., & Deng, W. (2023). Impact of urban form on building energy consumption and solar energy potential: A case study of residential blocks in Jianhu, China. *Energy and Buildings*, 280: 112727.
- Lm, I. (2013). Approved method: IES spatial Daylight autonomy (sDA) and annual sunlight exposure (ASE). *Illuminating Engineering Society*. <https://www.ies.org/product/ies-spatial-daylight-autonomy-sda-and-annual-sunlight-exposure-ase>.
- Lu, S., Tang, X., Ji, L., & Tu, D. (2017). Research on energy-saving optimization for the performance parameters of rural-building shape and envelope by TRNSYS-GenOpt in hot summer and cold winter zone of China. *Sustainability*, 9, 294.
- Maleki, A., & Dehghan, N. (2020). Optimization of energy consumption and daylight performance in residential building regarding windows design in hot and dry climate of Isfahan. *Science and Technology for the Built Environment*, 27, 351-366.
- Nazari-Heris, M., & Asadi, S. (2023). Reliable energy management of residential buildings with hybrid energy systems. *Journal of Building Engineering*, 71: 106531.
- Pilechiha, P., Mahdavejad, M., Rahimian, F. P., Carnemolla, P., & Seyedzadeh, S. (2020). Multi-objective optimisation framework for designing office windows: quality of view, daylight and energy efficiency. *Applied Energy*, 261: 114356.
- Reinhart, C., Rakha, T., & Weissman, D. (2014). Predicting the daylit area—a comparison of student assessments and simulations at eleven schools of architecture. *Leukos*, 10(4), 193-206.
- Reinhart, C. F., & Weissman, D. A. (2012). The daylit area—Correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics. *Building and environment*, 50, 155-164.
- Smith, P. F. (2005). *Architecture in a Climate of Change*. Second Edition, Oxford: Linacre House.
- Soudbaksh, K., Etmnan, M., Hakimazari, M., & Salavatian, S. (2022). Impacts of Window Factors and Building Orientation on Energy Consumption in Residential Buildings of Humid Temperate Climatic Zone in Iran. *Journal of Construction in Developing Countries*, 27, 235-262.
- Vaisi, S., Varmazyari, P., Esfandiari, M., & Sharbaf, S. A. (2023). Developing a multi-level energy benchmarking and certification system for office buildings in a cold climate region. *Applied Energy*, 336: 120824.
- Zhou, N., Khanna, N., Feng, W., Ke, J., & Levine, M. (2018). Scenarios of energy efficiency and CO2 emissions reduction potential in the buildings sector in China to year 2050. *Nature Energy*, 3(11), 978-984.

References:

- Abol-Hasani, N., Mohammad Kari, B., & Fayyaz, R. (2016). Thermal Optimization of Existing Buildings in the Cold Climates of Iran Using Trombe-Wall Characteristics. *Journal of Iranian Architecture Studies*, 4(8), 107-118. [In Persian]
- Ahmed, A. E., Suwaed, M. S., Shakir, A. M., & Ghareeb, A. (2023). The impact of window orientation, glazing, and window-to-wall ratio on the heating and cooling energy of an office building: The case of hot and semi-arid climate. *Journal of Engineering Research*.
- Al-Dossary, A. M., & Kim, D. D. (2020). A study of design variables in daylight and energy performance in residential buildings under hot climates. *Energies*, 13(21): 5836.
- Alkhatatbeh, B. J., Kurdi, Y., & Asadi, S. (2023). Multi-objective optimization of classrooms' daylight performance and energy use in US Climate Zones. *Energy and Buildings*, 297: 113468.
- Bainbridge, D.A. & Haggard K. (2011). *Passive Solar Architecture; Heating, Cooling, Ventilation, Daylighting and More Using Natural Flows*. White River Junction: *Chelsea Green Publishing Company*.
- Barzegar, Z., & Heidari, S. (2013). Investigation of the Effects of Building Envelopes Received Solar Radiation on Residential Energy Consumption: A Case of SW and SE Orientation in Shiraz. *Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning*, 18(1), 45-56. [In Persian]
- Caro, R., & Sendra, J. J. (2020). Evaluation of indoor environment and energy performance of dwellings in heritage buildings. The case of hot summers in historic cities in Mediterranean Europe. *Sustainable Cities and Society*, 52:

101798.

Copiaco, A., Himeur, Y., Amira, A., Mansoor, W., Fadli, F., Atalla, S., & Sohail, S. S. (2023). An innovative deep anomaly detection of building energy consumption using energy time-series images. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 119: 105775.

Dagiyan, M. M., Molaei, M., Fallah, R., & Sangin, H. (2024). Enhancing Energy Efficiency in a Hypothetical Building through Analysis of Orientation, wwr, Shading, window shape, and Illuminance Intensity.

Elghamry, R., & Hassan, H. (2020). Impact of window parameters on the building envelope on the thermal comfort, energy consumption and cost and environment. *International Journal of Ventilation*, 19(4), 233-259.

Florides, G. A., Tassou, S. A., Kalogirou, S. A., & Wrobel, L. C. (2002). Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness. *Applied Energy*, 73(3-4), 299-328.

Ghobadian, V. (2012). Climatic study of Iran's traditional buildings. Eighth edition, Tehran, Tehran University Press. [In Persian]

Ghiabaklou, Z. (2013). Basics of building physics 2 (setting environmental conditions). 9th edition, academic journal of Amirkabir University of Technology. [In Persian]

Hu, H., Zhang, H., Wang, L., & Ke, Z. (2023). Evaluation and Design of Parameterized Dynamic Daylighting for Large-Space Buildings. *Sustainability*, 15(14): 10773.

Kaasalainen, T., Mäkinen, A., Lehtinen, T., Moisio, M., & Vinha, J. (2020). Architectural window design and energy efficiency: Impacts on heating, cooling and lighting needs in Finnish climates. *Journal of Building Engineering*, 27: 100996.

Khakpur, M. (2005). Native housing in the rural communities of Gilan. *Honar-ha-ye Ziba*, 22(22). [In Persian]

Diba, Darab; Sure, Shahriar. (1993). Analysis and investigation of the native architecture of Gilan. *Journal of architecture and urbanism*. 24. [In Persian]

Kim, J. J., & Moon, J. W. (2009). Impact of insulation on building energy consumption.

Kohli, V., Chakravarty, S., Chamola, V., Sangwan, K. S., & Zeadally, S. (2023). An analysis of energy consumption and carbon footprints of cryptocurrencies and possible solutions. *Digital Communications and Networks*, 9(1), 79-89.

Koźniewski, Edwin, Beata Sadowska, and Karolina Banaszak. (2022). Geometric Aspects of Assessing the Anticipated Energy Demand of a Designed Single-Family House. *Energies*, 15(9): 3308.

Labafan, Dawn. (2021). Analysis and ranking of factors affecting the climate and providing a solution by Climate Consultant's climate analysis software; Case study: Tehran province. *Shabak magazine*, 7(3), 149-160. [In Persian]

Liu, K., Xu, X., Zhang, R., Kong, L., Wang, W., & Deng, W. (2023). Impact of urban form on building energy consumption and solar energy potential: A case study of residential blocks in Jianhu, China. *Energy and Buildings*, 280: 112727.

Lm, I. (2013). Approved method: IES spatial Daylight autonomy (sDA) and annual sunlight exposure (ASE). *Illuminating Engineering Society*. <https://www.ies.org/product/ies-spatial-daylight-autonomy-sda-and-annual-sunlight-exposure-ase>.

Lu, S., Tang, X., Ji, L., & Tu, D. (2017). Research on energy-saving optimization for the performance parameters of rural-building shape and envelope by TRNSYS-GenOpt in hot summer and cold winter zone of China. *Sustainability*, 9, 294.

Mahdavinnejad, M. J. (2022); Excellent architecture and intelligent energy consumption: a design approach based on architectural concepts in building physics, First edition, Tarbiat Modares University Publications. [In Persian]

Maleki, A., & Dehghan, N. (2020). Optimization of energy consumption and daylight performance in residential building regarding windows design in hot and dry climate of Isfahan. *Science and Technology for the Built Environment*, 27, 351-366.

Mehdizadeh seraj, F., Mirzaee, F., Fayaz, R., & Mofidi Shemirani S. M. (2019). Solar Radiation Absorbed on the Neighborhood Scale regarding the Rural Fabric in Cold Climate Regions. *Housing and Rural Environment*; 38 (167), 19-34. [In Persian]

Mortezaei, G., Mohammadi, M., Nasrollahi, F., & Ghalehnoee, M. (2017). Typo-morphological evaluation of new residential urban texture in order to optimize primary energy consumption case study: Sepahanshahr. *Motaleate Shahri*, 6(24), 41-54. [In Persian]

Naseri, A., & Mehregan, A. (2017). An Investigation into the Effects of Physical Properties of Residential Buildings on the Amount of Energy Consumption (A Case Study of Khoramaabad City). *Journal of Iranian Architecture & Urbanism(JIAU)*, 8(2), 59-73. [In Persian]

Nazari-Heris, M., & Asadi, S. (2023). Reliable energy management of residential buildings with hybrid energy systems. *Journal of Building Engineering*, 71: 106531.

Pilechiha, P., Mahdavinnejad, M., Rahimian, F. P., Carnemolla, P., & Seyedzadeh, S. (2020). Multi-objective optimisation framework for designing office windows: quality of view, daylight and energy efficiency. *Applied Energy*, 261: 114356.

Reinhart, C., Rakha, T., & Weissman, D. (2014). Predicting the daylit area—a comparison of student assessments and simulations at eleven schools of architecture. *Leukos*, 10(4), 193-206.

- Reinhart, C. F., & Weissman, D. A. (2012). The daylight area—Correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics. *Building and environment*, 50, 155-164.
- Statistical Yearbook of Gilan Province (2019). *Management and Planning Organization of Gilan Province*.
- Soudbaksh, K., Etminan, M., Hakimazari, M., & Salavatian, S. (2022). Impacts of Window Factors and Building Orientation on Energy Consumption in Residential Buildings of Humid Temperate Climatic Zone in Iran. *Journal of Construction in Developing Countries*, 27, 235-262.
- Smith, P. F. (2005). *Architecture in a Climate of Change*. Second Edition, Oxford: Linacre House.
- Taleghani, M. (2010). Mousavi's house: the heritage of rural architecture of Gilan, West plain (1). First Edition, Institute for authoring, translating and publishing text works of art. [In Persian]
- Tahbaz, M., Jalilian, S. (2011). Compatibility Indicators with Climate in Rural Housing of Gilan province. *JHRE*, 30 (135), 23-42. [In Persian]
- Vaisi, S., Varmazyari, P., Esfandiari, M., & Sharbaf, S. A. (2023). Developing a multi-level energy benchmarking and certification system for office buildings in a cold climate region. *Applied Energy*, 336: 120824.
- Zare, S., Yasouri, M., & Aghaeizadeh, E. (2023). Analysis and Assessment of Housing Stability in the City of Bandar Anzali. *Geographical Studies of Coastal Areas Journal*, 4(3), 19-38. [In Persian]
- Zohari, S., Tahbaz, M., & Etesam, I. (2019). The effect of local construction materials and methods on reducing energy consumption in rural houses in Gilan plains. *Environmental Science and Technology*, 22(1), 89-100. [In Persian]
- Zhou, N., Khanna, N., Feng, W., Ke, J., & Levine, M. (2018). Scenarios of energy efficiency and CO₂ emissions reduction potential in the buildings sector in China to year 2050. *Nature Energy*, 3(11), 978-984.



نحوه استناد به این مقاله:

فتوکیان، سیده معصومه؛ فلکیان، نرجس؛ میرمیران، سیده مهدیه و واعظی، محمدرضا (۱۴۰۴). بهینه سازی ابعاد بازشوهای جبهه جنوبی ساختمان با رویکرد کاهش مصرف انرژی (نمونه موردی: خانه های روستایی شرق استان گیلان)، *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۶(۳)، ۸۳-۱۰۱. DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.27023.1295

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

