Housing and Rural Environment
Print ISSN: 2008 - 4994 Online ISSN: 2588 - 6215
Homepage: https://jhre.ir

Optimizing opening dimensions in rural houses in Gilan floodplains with the approach of reducing energy consumption; case study: Rodsar city

Seyedeh Masoumeh Fotokian[1], **Narjes Falakian**[2]✉, **Seyedeh Mahdieh Mirmiran**[3] and **Mohammad Reza Vaezi**[4]

1. PhD student of Architecture, Department of Architecture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran. E-mail: massi_arch@yahoo.com
2. Corresponding author, Assistant Professor, Department of Architecture, Ramsar Branch, Islamic Azad University, Ramsar, Iran. E-mail: n_falakian@iauramsar.ac.ir
3. PhD of Architecture, Department of Architecture, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: mahdiehmirmiran@gmail.com
4. Assistant Professor, Department of Architecture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran. E-mail: m.vaezi@damghaniau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 28 November 2023
Received in revised form 5 August 2024
Accepted 6 September 2024
Available online 30 September 2024

Keywords:
Optimization,
opening proportions,
Rudsar country house,
energy consumption

ABSTRACT

Objective: The latest energy balance report (2013-2021) shows a 27.3% increase in the energy consumption of residential buildings. Building components react differently to climate. Unconventional construction in the rural lowlands of Rudsar County increases energy consumption. The study aims to optimize the opening dimensions of houses to reduce energy consumption in this area.

Method: In this context, the first step is to assess the current needs of a typical residential building in the region, followed by the optimization of its energy-intensive components. To carry out this research, Climate Consultant 6.0 software was used to assess the building's climatic design requirements, while Expert Choice 11 software was used to prioritize the energy consuming components using the Analytic Hierarchy Process (AHP). The selected building was modelled in Rhino 7 and its energy simulation was performed using the Honeybee and Ladybug plug-ins within the Grasshopper environment. Finally, the Octopus plugin was used for parametric optimization.

Results: The results of the single objective optimization focused on the energy consumption intensity of the building, indicating that optimizing the window proportions in the kitchen and living room zones had a more significant impact on reducing energy consumption compared to other zones. In addition, openings with canopies on the south façade of the living room had fewer constraints in modifying the opening proportions than those in the south room on the same façade. In summary, both the north and south facades offered greater flexibility in selecting variable window proportions during the design process.

Conclusions: Selectively among the optimal forms that are more commonly implemented, the kitchen zone was found to have an energy consumption difference of 3.58 kWh per square meter per year compared to the existing conditions, with a Window-to-Wall Ratio (WWR) of 31.75% for the northern façade and 8.42% for the eastern façade. Of the total window area used on the exterior of the building, 34% corresponds to the north elevation, 29% to the south elevation, 23% to the east elevation, and 14% to the south elevation, representing the average optimal conditions for the building. Therefore, based on the average optimization results across the zones, reducing the WWR on the south and north facades of the north room to 16.54% and 2.87% respectively could lead to a reduction in energy consumption intensity of 3.52 kWh per square meter per year compared to the current state.

Cite this article: Fotokian, S.M., Falakiyan, N., Mirmiran, S.M., and Vaezi, M. R. Optimizing opening dimensions in rural houses in Gilan floodplains with the approach of reducing energy consumption; case study: Rodsar city. *Housing and Rural Environment*, 43 (187), 41-56. https://doi.org/10.22034/43.187.4

This article is extracted from the doctoral dissertation of the first author with the title: " Optimizing the dimensions (proportions) of southern openings in rural buildings of Gilan with the approach of reducing energy consumption"

© The Author(s).
Publisher: Natural Disasters Research Institute (NDRI).
DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

Introduction

Finding strategies for the optimal use of energy in residential buildings, which in Iran exceeds global consumption levels, is a major challenge for architectural designers and researchers in this field. This issue is particularly critical in rural areas experiencing reverse migration and a burgeoning construction trend, such as certain villages in Rudsar County. In addition, factors considered in architectural design - such as form, orientation, openings and other structural elements - affect energy consumption and interact with each other. Therefore, it is important to focus on these components and the vulnerable regions concerned. The aim of this research is to present optimal conditions for factors influencing energy consumption in rural buildings in Rudsar County. An important aspect of this research is the consideration of the relevant climate, which defines the optimal conditions according to the existing conditions prevailing in the area.

Method

The current study is applied in nature and uses a mixed methods approach. The qualitative method was used to address the first research question, while the second question, centered on simulation processes and outcomes, was approached quantitatively. Given the overall objective of the research, the independent variable consists of the subcomponents of opening dimensions, while the dependent variable is the intensity of energy consumption in the sample of buildings studied. Data collection was carried out through bibliographic studies, field surveys and software simulations. Based on the research objective, the optimization of a crucial climatic component for a typical residential building in the target area was carried out. This process consists of three steps:

- Step One (Climatic Needs Assessment): In the first step of the climatic needs assessment, the EPW file for the city of Rudsar is imported into Climate Consultant. Climatic performance and ASHRAE-55 standards are examined. Needs are prioritized using AHP and evaluated using Expert Choice. Options are determined based on priorities and energy consumption components.
- Step Two (Existing Conditions Energy Simulation): The conditions of all the ranked components from the first stage were modelled in Rhino 7, taking into account the current state of the building. Next, the Honeybee plugin in Grasshopper was used to apply materials according to the ASHRAE 2019 standards and the provisions of Section 19 of the National Building Code. Finally, to identify the climatic region in the energy simulation process, the EPW file for Rudsar County was uploaded to the Energy Plus component and the results for energy consumption intensity were calculated both collectively and in detail for cooling, heating and lighting.
- Step Three (Optimization): The parametric modelling of the sub-components of the factor in question was carried out under the condition that all sub-components are treated equally in each zone of the whole building. This optimization was carried out as a single objective task with a goal function focused only on the annual energy consumption, using the Galapagos component within Grasshopper and the Genetic Algorithm method for computation. Finally,

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

the optimization results were compared with the energy consumption intensity outputs from the second stage of the existing conditions.

Results

intensity for the Bathroom, North Room, South Room, Living Room, Kitchen, Reception and Toilet zones are 27.279, 99.278, 02.279, 15.279, 06.279, 79.278 and 33.279 kilowatt-hours per square meter per year respectively. Of these, the optimization for the north room has the highest energy efficiency of the entire building. The ratio of window area to wall area serves as a sub-component that can be utilized in different design configurations. The variables associated with the north-facing zones have the highest values compared to other orientations, with the sole exception of the OKB, which has the lowest value. The window height can be used in a more balanced way in all zones and all orientations, and these two variables are the window width and OKB, which differ from each other according to each zone with different application and facade.

Conclusions

The north and south facades impose fewer constraints on larger window proportions than the east and west facades. Adjustments to window width and OKB metrics depend on the positioning of the building plan, the façade and the intended use of the associated zone. However, the window height can be balanced across all zones and facades to maintain the optimum condition. The WWR variable serves as an index from which the optimized results can be applied in the event that the overall shape of the studied building is not maintained in alternative design schemes.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

“Not applicable”.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants in the present study.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

مسکن و محیط روستا

شاپا چاپی: ۴۹۹۴ - ۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۶۲۱۵ - ۲۵۸۸

Homepage: https://jhre.ir

بهینه‌سازی ابعاد بازشو در خانه‌های روستایی مناطق جلگه‌ای گیلان با رویکرد کاهش مصرف انرژی؛ مطالعه موردی: شهرستان رودسر

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. رایانامه: massi_arch@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار، گروه معماری، واحد رامسر، دانشگاه آزاد اسلامی، رامسر، ایران. رایانامه: n_falakian@iauramsar.ac.ir

۳. دکترای معماری، گروه معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: mahdiehmirmiran@gmail.com

۴. استادیار، گروه معماری، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران. رایانامه: M.vaezi@damghaniau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۰۹

کلیدواژه‌ها:
بهینه‌سازی،
تناسبات بازشو،
خانه روستایی رودسر،
مصرف انرژی

چکیده

هدف: بر اساس آخرین ترازنامه انرژی در بازه سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ بخش زیادی از مصرف انرژی در کشور مربوط به ساختمان‌های مسکونی است که با رشد مصرف ۲۷/۳۰ درصد همراه بوده است؛ اجزای این ساختمان‌ها تحت تأثیر اقلیم، به اشکال متفاوتی رفتار می‌کند. در سال‌های اخیر، رشد ساخت‌وسازهای نامتعارف در مناطق جلگه‌ای روستایی شهرستان رودسر موجب بالا رفتن مصرف حامل‌های انرژی شده است. ازاین‌رو هدف پژوهش حاضر، بهینه نمودن ابعاد بازشو در خانه‌های این منطقه جهت کاستن از مصرف انرژی است.

روش پژوهش: به این منظور، ابتدا نیازسنجی وضع موجود یک نمونه ساختمان متداول مسکونی در این منطقه و سپس بهینه‌سازی عضو پرمصرف آن خواهد بود. در مسیر پژوهش در اولین گام از نرم‌افزار Consultant Climate 6.0 برای نیازسنجی طراحی اقلیمی ساختمان و از نرم‌افزار Expert Choice 11 برای اولویت‌بندی مؤلفه پرمصرف از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده شد. مدل‌سازی ساختمان موردنظر در نرم‌افزار Rhino7 و شبیه‌سازی انرژی آن توسط افزونه‌های هانی‌بی و لیدی‌باگ محیط گرس‌هاپر انجام شد و درنهایت برای بهینه‌یابی پارامتریک آن از افزونه اختاپوس استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از بهینه‌سازی تک هدفه شدت مصرف انرژی بنا بوده است و بیانگر این است که بهینه‌یابی تناسبات پنجره در زون‌های آشپزخانه و پذیرایی به نسبت سایر زون‌ها، تأثیر بیشتری در کاهش مصرف انرژی بنا دارد. همچنین بازشوی دارای سایبان جبهه جنوبی زون نشیمن نسبت به بازشوی اتاق جنوبی در همان جبهه، دارای محدودیت کمتری در افزایش تناسبات بازشو است که درمجموع این جبهه شمالی و جنوبی هستند که قابلیت تنوع بیشتری در انتخاب متغیرهای تناسبات پنجره را در طراحی دارا هستند.

نتیجه‌گیری: به‌طور گزینشی از میان حالت‌های بهینه‌ای که شکل متداول‌تری در اجرا دارند، زون آشپزخانه با اختلاف ۳/۵۸ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال، نسبت به وضع موجود یافت شد که شاخص WWR آن برای ضلع شمالی، ۳۱/۷۵ و برای ضلع شرقی ۸/۴۲ درصد است. از کل مساحت پنجره‌های به‌کاررفته در سطوح خارجی بنا، ۳۴ درصد مربوط به جبهه شمالی، ۲۹ درصد جنوبی، ۲۳ درصد شرقی و ۱۴ درصد در جبهه جنوبی، میانگین شرایط بهینه در این بنا بوده است. بنابراین باتوجه‌به نتایج حاصل از میانگین بهینه‌یابی زون‌ها، با کاهش شاخص WWR در ضلع‌های جنوبی و شمالی زون اتاق شمالی و رساندن آن به ترتیب به ۱۶/۵۴ و ۲/۸۷ درصد، می‌توان شدت مصرف انرژی را به مقدار ۳/۵۲ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال نسبت به وضع موجود کاهش داد.

استناد: فتوکیان؛ سیده معصومه، فلکیان؛ نرجس، میرمیران؛ سیده مهدیه، واعظی؛ محمدرضا. (۱۴۰۳). بهینه‌سازی ابعاد بازشو در خانه‌های روستایی مناطق جلگه‌ای گیلان با رویکرد کاهش مصرف انرژی؛ مطالعه موردی: شهرستان رودسر. *مسکن و محیط روستا*، ۴۳ (۱۸۷)، ۴۱-۵۶.
https://doi.org/10.22034/43.187.4

این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با بهینه‌سازی ابعاد بازشو در خانه‌های روستایی مناطق جلگه‌ای گیلان با رویکرد کاهش مصرف انرژی می باشد.

ناشر: پژوهشکده سوانح طبیعی. © نویسندگان.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

مقدمه

متوسط مصرف انرژی در بخش مسکونی در ایران بیش از ۴۰ درصد مصرف انرژی کل کشور است (Rahsepar Monfared & Azemati, 2021). مصرف انرژی در برخی از ساختمان‌های کشور حتی تا ۵ برابر متوسط مصرف جهانی است (Amiri Ade et al., 2022). بخش اعظم انرژی مصرفی در بخش ساختمان، به‌طورکلی صرف گرمایش و سرمایش و تأمین آسایش حرارتی می‌شود (Abol-Hasani et al., 2022). طراحی معماری در بخش‌هایی از مصرف انرژی در ساختمان از قبیل بخش آب گرم مصرفی، تجهیزات برقی و سایر سیستم‌های الحاقی تأثیر چندانی ندارند، اما بر بسیاری دیگر از بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در ساختمان تأثیر چشمگیری می‌گذارد. به‌طوری‌که هر تصمیم در فاز طراحی معماری تأثیر قابل‌توجهی بر رفتار ساختمان و به‌تبع آن میزان مصرف انرژی خواهد داشت. عوامل گوناگونی بر میزان شدت مصرف انرژی در ساختمان تأثیرگذار است که شامل اقلیم، نوع کاربری، شکل کالبد و جهت‌گیری بنا، بازشوها و سایر عوامل کالبدی و غیرکالبدی هستند (Farrokhi et al., 2022; Sharghi & Azimi Fereidani, 2017; Memarian et al., 2018; Rasti & Roshan, 2018). این در حالی است که نوع و اندازه هرکدام از این مؤلفه‌ها بر دیگری نیز در جریان مصرف انرژی اثرگذار است.

روند رو به رشد جمعیت و مهاجرت‌های معکوس شهر به روستا در شهرستان رودسر (Amar, 2021)، افزایش ساخت‌وساز را منجر خواهد شد. برای بررسی مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی این منطقه نیاز بود تا بنایی انتخاب شود که واجد شرایط عموم ساختمان‌های منطقه مانند شیوه ساخت، مصالح، جهت‌گیری و کشیدگی مشابه باشد؛ شرایط ذکرشده بعد از نتایج مرحله اول پژوهش، به‌عنوان متغیرهایی هستند که ثابت فرض می‌شوند چون عامل پرمصرف ساختمان در این اقلیم نیستند؛ لذا از میان ساختمان‌های مسکونی روستای بلالم از شهرستان رودسر استان گیلان، نمونه بنای انتخابی در این پژوهش با عمر ساخت ۴۰ سال و با دارا بودن عموم ویژگی‌های عنوان‌شده بناهای منطقه است. هدف پژوهش حاضر ابتدا شناخت مؤلفه تأثیرگذار بر مصرف انرژی ساختمان مسکونی در اقلیم شهرستان رودسر و سپس یافتن حالت بهینه این مؤلفه در جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان موردنظر است. حال پرسش این است که چه مؤلفه‌ای بیشترین تأثیر را در اتلاف انرژی بناهای مسکونی روستایی در شهرستان رودسر دارد؟ و حالت بهینه این مؤلفه، برای کاهش مصرف انرژی چگونه است؟

پیشینه پژوهش

یکی از عوامل مهم در بهبود بهره‌وری انرژی و ارائه راهکارهایی برای کنترل مصرف آن، ارزیابی دقیق مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی است. بنابراین، پیش‌بینی میزان مصرف انرژی در ساختمان و بهینه‌سازی آن، به‌عنوان یک حوزه تحقیقاتی مورد استقبال قرار گرفته است، زیرا این ظرفیت را دارد تا میزان استفاده کارآمد انرژی در ساختمان‌ها را بهبود بخشد.

پژوهش‌های متعددی در مقیاس‌های خرد و کلان به مؤلفه‌های تأثیرگذار ساختمان در مصرف انرژی پرداخته‌اند؛ برای مثال در تحقیقی که توسط اِلبِلتاگی و وِفکی[1] (۲۰۲۱) انجام شد، مصالح، جهت‌گیری، پنجره و عوامل غیر اقلیمی درون ساختمان موردبررسی قرار گرفت و یک روش مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی برای بهبود پیش‌بینی مصرف انرژی برای ساختمان‌های مسکونی در مراحل اولیه طراحی ارائه شد. مولائی و همکاران (۲۰۱۹) به بهینه‌سازی زیرمؤلفه‌های مرتبط با تناسبات بازشو با دو هدف هم‌زمان یعنی یافتن جبهه نورگیری و کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری شهر تهران پرداختند که ایدئال‌ترین حالت، پنجره در جبهه شمال شرقی و بعدازآن در شرق و همچنین نسبت پنجره به دیوار ۲۰ تا ۲۸ درصد با طول و عرض به ترتیب به‌طور میانگین ۶/۵۳ و ۰/۹ متر برای مدل پژوهش بود. همچنین گیوری[2] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با هدف کاهش مصرف، تولید انرژی و آسایش حرارتی در ساختمان اداری بلندمرتبه، بهینه‌سازی هم‌زمان چند مؤلفه مانند ابعاد و نسبت بازشوها به دیوار، خاصیت عایق حرارتی بودن سطوح و سطح سایبان برای هر چهار جهت‌نما را انجام دادند که نتایج آن نشان می‌دهد این بهینه‌سازی منجر به کاهش انرژی نهایی سالانه ۳۳ درصد می‌شود.

1. Elbeltagi & Wefki
2. Giouri

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

در تحقیق دیگری که توسط احمد و همکاران انجام شد، عوامل تأثیرگذار بر طراحی پنجره، ازجمله نسبت پنجره به دیوار و جهت‌گیری پنجره، همراه با مواد مختلف شیشه، در شهر کرکوک عراق برای کاهش مصرف انرژی موردبررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که با استفاده از شیشه شفاف دوبل برای پنجره‌هایی که به‌سوی جنوب هستند و نسبت مساحت بازشو به دیوار آن‌ها ۱۰۰ درصد است، می‌توان کمترین مصرف گرمایش را به دست آورد. همچنین برای پنجره‌هایی که به‌سوی شمال هستند، حداقل مصرف خنک‌کنندگی با استفاده از شیشه دوبل و نسبت مساحت بازشو به دیوار، ۲۵ درصد به دست می‌آید (Ahmed et al., 2023).

نیازسنجی مصرف انرژی ساختمان که متأثر از اقلیم منطقه باشد در پژوهش‌های گوناگونی ارزیابی شده است که درنهایت به مؤلفه یا مؤلفه‌های پرمصرف‌تر منجر شده که قابل بهینه‌سازی هستند. ازجمله این نوع پژوهش‌ها می‌توان به تحقیقی با عنوان «رتبه‌بندی پارامترهای مؤثر بر مصرف انرژی ساختمان با کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی» اشاره نمود که نتایج آن حاکی از این است که مؤثرترین پارامتر، نسبت پنجره به دیوار است (Habib et al., 2014). در تحقیقی با عنوان «بررسی اصول طراحی ساختمان‌های مسکونی در اقلیم معتدل و مرطوب با رویکرد تهویه طبیعی (نمونه موردی: تحلیل بازشو شبیه‌سازی‌شده در بنای مسکونی در شهر آمل)»، ابتدا اولویت‌بندی مؤلفه‌های مؤثر را از روش سلسله مراتبی AHP[3] استخراج شد؛ اولویت اول اثرگذار در ساختمان مسکونی اقلیم شهر آمل، تهویه طبیعی یافت شد و بهترین راندمان، حالت دو بازشوی زیر سقف سازه‌ای در ارتفاع ۱/۷ متری با بیشترین ضریب مکش باد به میزان ۱/۱۹ تعیین شد (Rahsepar Monfared et al., 2021). لبافان (۲۰۲۱) نیز در مقاله خود به تحلیل و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر اقلیم در استان تهران پرداخته و پس از شناسایی آن‌ها، جبهه شمال غربی در تابستان را در حیطه امکانات شرایط اقلیمی این منطقه یافته و راهکارهای مناسب را ارائه نموده است. پتانسیل‌های صرفه‌جویی در انرژی و هزینه به‌عنوان معیار انتخاب در اکثر مطالعات قبلی در نظر گرفته شدند و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) محبوب‌ترین تکنیک انتخاب مؤلفه‌ها برای برخی از سناریوهای تحقیقات بوده است (Balali et al., 2023).

تغییرات هر مؤلفه باتوجه‌به شرایط محیط بیرون و داخلی ساختمان می‌تواند شدت و ضعف‌هایی را ایجاد کند. باید توجه نمود که صرفاً نتیجه شناخت مؤلفه‌هایی از یک پژوهش قابل‌تعمیم به مناطق و کاربری‌های دیگر نیست؛ بنابراین حتی با در نظر گرفتن گوناگونی اقلیم در کشور و مهاجرپذیری برخی روستاهای مناطق معتدل و مرطوب و به‌تبع آن گستردگی تحقیقات در این حوزه، مسائل مربوط به نیازسنجی اقلیمی و بهینه‌یابی مصرف انرژی ساختمان در روستاهای شهرستان رودسر، کمتر موردتوجه قرار گرفته است؛ این موارد لزوم چنین تحقیقی را ایجاب کرده که پژوهش حاضر به این امر پرداخته است.

در سال‌های اخیر توجه زیادی به مسائل توسعه روستایی و ارتقای سطح کیفیت زندگی ساکنین، از سوی نهادهای اجرایی کشور گردید 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 روستاها است (Mirzaee et al., 2019). مسئله بحران انرژی و ضرورت صرفه‌جویی در مصرف آن به‌خصوص 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 (Tahbaz & Jalilian, 2011)؛ 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 آثار ناشی از کنش‌های محیط طبیعی را شامل می‌شود به همراه مؤلفه‌های غیرکالبدی و کالبدی بنا، از عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی در ساختمان هستند (Ghiabaklou, 2014; Mahdavinejad, 2022). با ثابت بودن عامل انسانی، دو عامل اقلیم و کالبد بنا، برای پایدار نمودن شرایط آسایش حرارتی اهمیت بیشتری می‌یابد.

ویژگی‌های اقلیمی مناطق جلگه‌ای گیلان

استان گیلان که تنها ۹ درصد مساحت کل ایران را تشکیل می‌دهد از پربارترین و سرسبزترین مناطق اقلیمی ایران است و در

3. Analytical Hierarchy process

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

تمامی فصول سال دارای بارندگی است. باوجود 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 (Ghobadian, 2013). 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 قابل‌کنترل است. در این پهنه، بارش باران زیاد بوده و تا 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 (Tahbaz & Jalilian, 2011).

ویژگی‌های مسکن مناطق جلگه‌ای گیلان

در مناطق جلگه‌ای گیلان، احداث ساختمان باید با راهکارهای دقیقی صورت گیرد تا بتواند در برابر طرق مختلف نفوذهای رطوبت که مسئله غالب این اقلیم است، به ساختمان مقاومت نماید (رطوبت از سقف و کف) (Diba & Yaghini, 1993)؛ این نیاز موجب شده تا بناهای مسکونی روستایی دارای لایه‌های شفاف مسقف و با بازشوهای بسیار زیاد در جداره‌های خارجی باشد (Khakpour, 2005). اما به‌طورکلی چهار ویژگی مسکن پهنه جلگه‌ای گیلان شامل موارد ذیل است: ۱) ارتفاع بنا از سطح زمین را برای محافظت آن در برابر رطوبت زمین؛ ۲) سقفی با شیب‌های متعدد یا چهار شیب تند؛ ۳) وجود یک یا چند تلار 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 (Taleghani, 2007).

روش‌شناسی پژوهش

در پژوهش حاضر، نوع تحقیق، کاربردی و گونه آن از نوع ترکیبی است؛ در پاسخ سؤال اول پژوهش به شیوه کیفی و در رابطه با سؤال دوم، روند شبیه‌سازی و نتیجه آن به روش کمی انجام شد. با در نظر گرفتن هدف کلی پژوهش، متغیر مستقل، زیرمؤلفه‌های ابعاد بازشو و متغیر وابسته مقدار شدت مصرف انرژی در نمونه ساختمان موردمطالعه است. گردآوری اطلاعات ازطریق مطالعات کتابخانه‌ای، برداشت میدانی و شبیه‌سازی نرم‌افزاری صورت گرفت. باتوجه‌به هدف پژوهش، بهینه‌سازی مؤلفه مهم اقلیمی ساختمان برای یک نمونه بنای مسکونی متداول در منطقه موردنظر، انجام شد. این فرایند شامل سه مرحله است که در مرحله اول، نیازسنجی اقلیمی و مرحله دوم، شبیه‌سازی انرژی بر طبق مؤلفه‌های وضع موجود است؛ مرحله آخر نیز، بهینه‌یابی پارامتریک با یک و چند متغیر از مؤلفه پرمصرف شناسایی‌شده از مرحله اول است (شکل ۱). شرح فرایند هر مرحله در ادامه آمده است:

مرحله اول: ویژگی‌های کالبدی ساختمان تأثیر مستقیم بر مصرف انرژی دارند و ضروری است در انطباق حداکثری با اقلیم منطقه باشند (Mirzaee et al., 2019)؛ لذا ابتدا فایل EPW[4] شهر رودسر را وارد نرم‌افزار Climate Consultatnt می‌کنیم و با مشخص کردن نوع کاربری و استاندارد موردنظر خروجی‌های اقلیمی را از نرم‌افزار استخراج می‌شود. پس از بررسی خروجی‌های نموداری از تحلیل اقلیمی نرم‌افزار Climate Consultant و استاندارد اشری-۵۵، به شناسایی ضرورت‌های موجود در مناطق موردمطالعه پرداخته و مؤلفه‌های منتج از ضرورت‌ها به‌عنوان معیار اولویت‌بندی به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP قرار گرفته و به دلیل وجود ارزیابی با سنجش کمی، با استفاده از نرم‌افزار Expert choice تحلیل می‌شوند. تعیین گزینه‌ها باتوجه‌به نتایج اولویت‌بندی و تکرار مؤلفه‌های معماری مؤثر در مصرف انرژی در پژوهش‌های قبلی است.

مرحله دوم: تعامل بین عناصر طراحی، اقلیم، کاربران، سیستم‌های سرمایش، گرمایش، تهویه و روشنایی بسیار دشوار بوده و

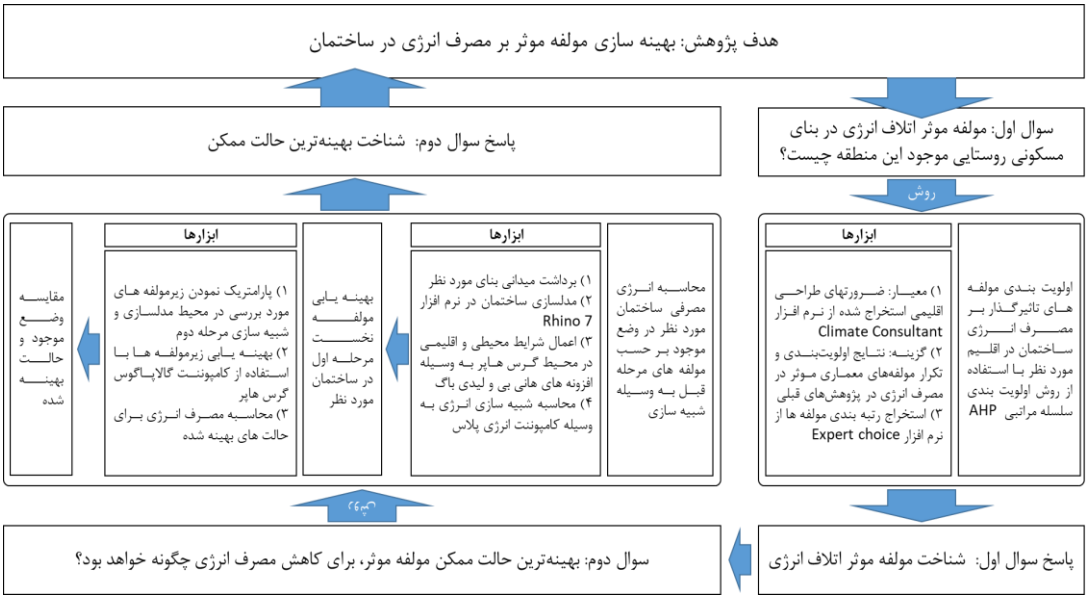
4. EnergyPlus Weather File

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

تنها با استفاده از شبیه‌سازی، تمامی عوامل مداخله‌گر در کارایی انرژی ساختمان، قابل‌بررسی است (Holst, 2003). لذا شرایط همه مؤلفه‌های رتبه‌بندی‌شده مرحله اول باتوجه‌به وضع موجود ساختمان، در نرم‌افزار راینو۷ مدل‌سازی شد؛ سپس برای اعمال برنامه‌دهی طبق استاندارد اشری ۲۰۱۹ و متریال‌دهی از مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان از افزونه هانی‌بی موجود در گرس هاپر استفاده شد. در انتها برای مشخص نمودن منطقه اقلیمی در فرایند شبیه‌سازی انرژی ساختمان، فایل EPW شهرستان رودسر بر کامپوننت انرژی پلاس بارگذاری و نتایج شدت مصرف انرژی به‌صورت کلی و تفکیکی به‌صورت سرمایش، گرمایش و روشنایی محاسبه شد.

مرحله سوم: برای یافتن مقادیر بهینه مؤلفه مهم اقلیمی ساختمان ازطریق پارامتریک نمودن زیرمؤلفه‌های آن در حالتی که همه زیرمؤلفه‌ها به‌صورت هم‌زمان برای هر زون در کل بنا با ارزش یکسان نسبت به یکدیگر باشند، انجام گرفت. این بهینه‌یابی به‌صورت تک‌هدفه و با تابع هدفی که صرفاً مصرف انرژی سالیانه را در نظر دارد به وسیله کامپوننت گالاپاگوس[5] موجود در گرس‌هاپر و با روش الگوریتم ژنتیک محاسبه شد و در انتها نتایج بهینه‌یابی‌ها با خروجی شدت مصرف انرژی وضع موجود از مرحله دوم، مقایسه شد.



شکل ۱. چهارچوب عملکردی تحقیق

یافته‌های پژوهش

نیازسنجی اقلیمی بر طبق شرایط آسایش توسط نرم‌افزار Climate Consultatnt

نمودار سایکرومتریک

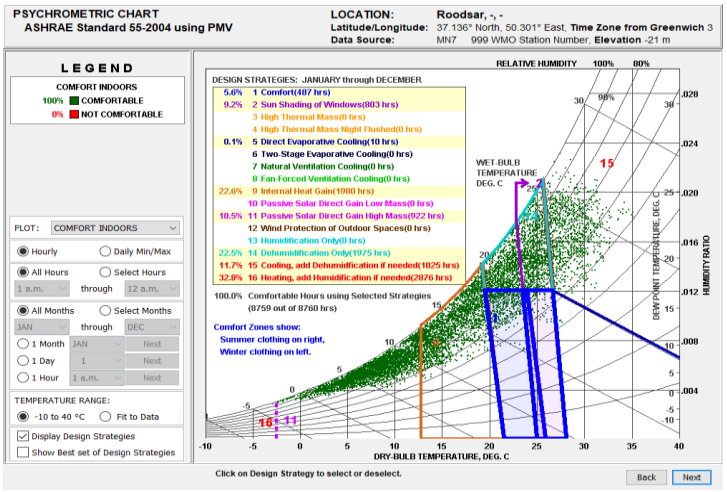
نمودار سایکرومتریک با استفاده از ویژگی‌های اقلیمی مانند دمای خشک، دمای تر، رطوبت نسبی، رطوبت مطلق، فشار بخار منطقه‌ی آسایش را مشخص می‌کند. با استفاده از راهکارهای گرمایشی و سرمایش همچون رطوبت‌دهی و رطوبت‌گیری و غیره می‌توان منطقه آسایش را گسترش داد. در این نمودار نتایج و راهکارهای پیشنهادی گرمایشی و سرمایشی در اقلیم رودسر به شرح زیر قابل‌مشاهده است (شکل ۲).

نتایج حاصل از نمودار سایکرومتریک و شرایط آسایش بیانگر این است که در کل سال، ۵/۶ درصد شرایط عادی در آسایش وجود دارد و برای افزایش میزان این آسایش می‌توان از بهترین راهکارهای ارائه‌شده نرم‌افزار Climate Consultatnt 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

5. Galapagos

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

حرارتی بالا، استفاده از سایبان برای پنجره‌ها و سردسازی با تبخیر است (جدول ۱).



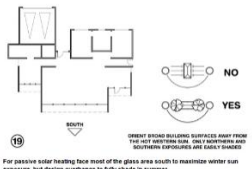
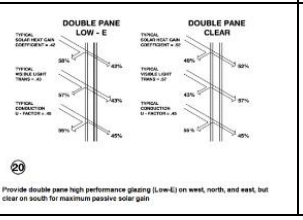
شکل ۲. نمودار سایکرومتریک در شهرستان رودسر (در کل سال) (بر اساس نرم‌افزار Climate Consultatnt)

جدول ۱. میزان تأثیر عوامل مؤثر در ایجاد شرایط آسایش در شهرستان رودسر (در کل سال) (بر اساس نرم‌افزار Climate Consultatnt)

عوامل مؤثر در ایجاد شرایط آسایش	میزان اثرگذاری ٪		عوامل مؤثر در ایجاد شرایط آسایش	میزان اثرگذاری ٪	
	راهکار اولیه	بهترین راهکار		راهکار اولیه	بهترین راهکار
آسایش در شرایط عادی	۵/۱	۵/۶	طراحی پنجره‌های رو به خورشید	۲۴/۲	۲۲/۶
استفاده از سایبان برای پنجره‌ها	۱۲/۶	۹/۲	استفاده از سامانه‌های ایستای خورشیدی با جرم حرارتی کم	۸/۲	–
مصالح با جرم حرارتی بالا	۱/۵	–	استفاده از سامانه‌های ایستای خورشیدی با جرم حرارتی بالا	۱۰/۴	۱۰/۵
مصالح با جرم حرارتی بالا که در شب انرژی جذب‌شده را منتقل می‌کند	۲	–	محافظت در برابر باد	۰	–
سردسازی با تبخیر	۰/۵	۰,۱	ایجاد رطوبت با دستگاه	۰	–
سردسازی دو مرحله‌ای با تبخیر	۱	–	رطوبت‌زدایی	۱۱/۲	۲۲/۵
خنک کردن با استفاده از تهویه طبیعی	۱۳/۶	–	خنک کردن با رطوبت‌زدایی	۱۳/۴	۱۱/۷
تهویه با استفاده از دستگاه	۱۶/۵	–	گرم کردن همراه با افزایش رطوبت	۲۹/۷	۳۲/۸

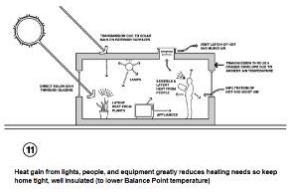
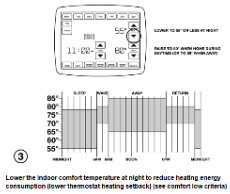
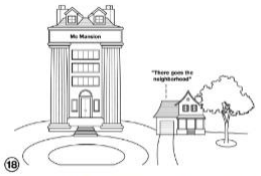
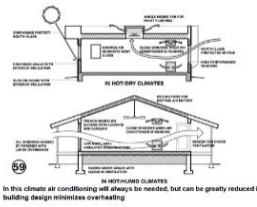
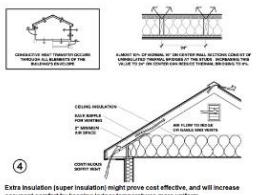
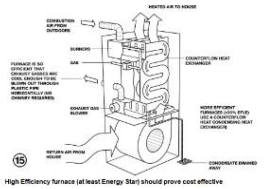
پس از شناخت نیازهای اقلیمی موجود در منطقه، خروجی نهایی نرم‌افزار Climate Consultatnt، در ارتباط با اصول طراحی مرتبط با نیازهای اقلیمی ذکر شده است؛ یعنی برای رسیدن به هر یک از راهکارهای ایجاد شرایط آسایش در بنا، اصول طراحی اقلیمی خود را دارد و در هر یک از این راهکارها، یک یا چند مؤلفه مرتبط از بنا وجود دارد (جدول ۲).

جدول ۲. ارائه راهکارها و اصول طراحی اقلیمی (بر اساس نرم‌افزار Climate Consultatnt)

ردیف	مؤلفه کالبدی بنا	توضیحات	تصاویر اصول استخراجی
۱	جهت‌گیری ساختمان پنجره‌ها	برای گرمایش خورشیدی غیرفعال، برای به حداکثر رساندن قرار گرفتن در معرض خورشید در زمستان، بیشتر سطوح شیشه‌ای را به سمت جنوب قرار می‌دهند، اما طراحی به‌گونه‌ای است که در تابستان کاملاً سایه می‌اندازد.	
۲	شیشه دوجداره	سطوح شیشه‌ای دوجداره با کارایی بالا (Low-E) را در غرب، شمال و شرق ارائه دهید، اما در جنوب شفاف برای حداکثر بهره خورشیدی غیرفعال.	

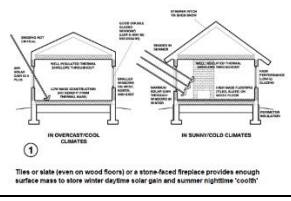
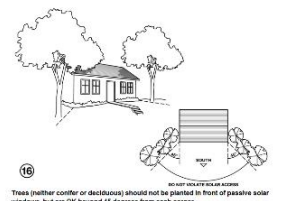
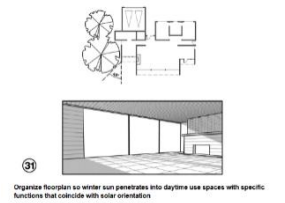
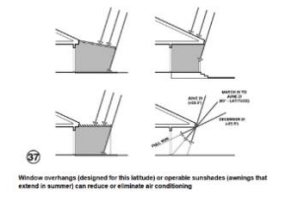
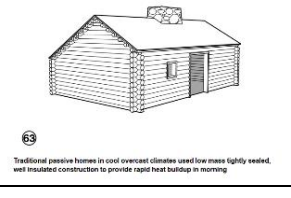
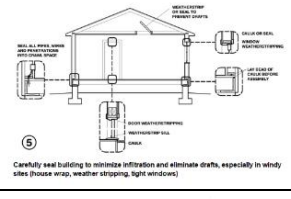
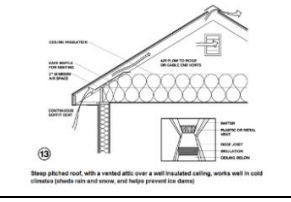
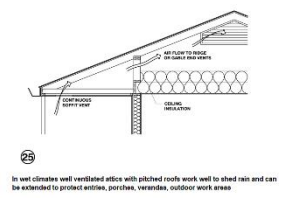
[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

۳	عایق‌بندی و ذخیره انرژی مصالح عوامل غیر اقلیمی	دریافت گرما از چراغ‌ها، افراد و تجهیزات نیازهای گرمایشی را تا حد زیادی کاهش می‌دهد، بنابراین خانه را محکم و عایق نگه دارید (برای کاهش دمای نقطه تعادل).	 Heat gain from lights, people, and equipment greatly reduces heating needs so keep home tight, well insulated (to lower Balance Point temperature)
۴	ذخیره انرژی تأسیسات	برای کاهش مصرف انرژی گرمایشی (کاهش گرمایش ترموستات) دمای محیط داخلی را در شب پایین بیاورید (معیارهای آسایش پایین را ببینید).	 Lower the indoor comfort temperature at night to reduce heating energy consumption (lower thermostat heating setback) (see comfort low criteria)
۵	حجم	ساختمان را کوچک (در اندازه مناسب) نگه دارید؛ زیرا مساحت بیش‌ازحد کف باعث هدر رفتن انرژی گرمایش و سرمایش می‌شود.	 Keep the building small (right-sized) because excessive floor area wastes heating and cooling energy
۶	حجم سقف ابعاد پنجره فضای نیمه‌باز	خانه‌های غیرفعال سنتی در آب‌وهوای مرطوب گرم از سقف‌های بلند و پنجره‌های بلند قابل‌اجرا (فرانسوی) استفاده می‌کردند که توسط برآمدگی‌های عمیق و ایوان‌ها محافظت می‌شدند.	 Traditional passive homes in warm humid climates used high ceilings and tall operable (French) windows protected by deep overhangs and verandahs
۷	تهویه طبیعی ذخیره انرژی	در این آب‌وهوا، تهویه مطبوع همیشه موردنیاز خواهد بود، اما اگر طراحی ساختمان گرمای بیش‌ازحد را به حداقل برساند، می‌تواند تا حد زیادی کاهش یابد.	 In this climate air conditioning will always be needed, but can be greatly reduced if building design minimizes overheating
۸	عایق‌بندی مصالح	عایق اضافی (عایق فوق‌العاده) ممکن است مقرون‌به‌صرفه باشد و با یکنواخت نگه داشتن دمای داخلی، راحتی سرنشینان را افزایش دهد.	 Extra insulation (super insulation) might prove cost effective, and will increase occupant comfort by keeping indoor temperatures more uniform
۹	فضای نیمه‌باز	فضاهای بیرونی محافظت‌شده از باد آفتابی می‌توانند مناطق زندگی را در هوای خنک گسترش دهند (اتاق‌های آفتابی فصلی، پاسیوهای سرپوشیده، حیاط‌ها یا ایوان‌ها).	 Sunny wind-protected outdoor spaces can extend living areas in cool weather (seasonal sun rooms, enclosed patios, courtyards, or verandahs)
۱۰	تأسیسات	گرمایش با راندمان بالا (حداقل انرژی استار) باید مقرون‌به‌صرفه باشد.	 High Efficiency furnace (at least Energy Star) should prove cost effective

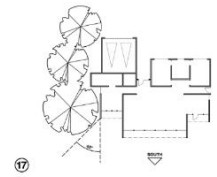
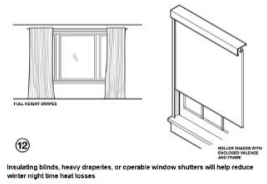
[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

۱۱	جرم حرارتی مصالح	کاشی‌ها یا تخته‌سنگ (حتی روی کف‌های چوبی) یا یک شومینه سنگی، جرم سطحی کافی برای ذخیره انرژی خورشیدی در روز زمستان و «خنکی شبانه» تابستان را فراهم می‌کند.	
۱۲	کاشت گیاه	درختان (نه مخروطی یا برگریز) نباید در مقابل پنجره‌های خورشیدی غیرفعال کاشته شوند، اما بیش از ۴۵ درجه از هر گوشه مشکلی ندارند.	
۱۳	جهت‌گیری چیدمان فضاها	پلان طبقه را طوری سازمان‌دهی کنید که خورشید زمستانی به فضاهای استفاده در روز با عملکردهای خاص که با جهت‌گیری خورشیدی منطبق است نفوذ کند.	
۱۴	سایبان	برآمدگی‌های پنجره (طراحی‌شده برای این عرض جغرافیایی) یا سایبان‌های قابل‌اجرا (سایبان‌هایی که در تابستان امتداد می‌یابند) می‌توانند تهویه مطبوع را کاهش دهند یا حذف کنند.	
۱۵	عایق‌بندی جرم حرارتی مصالح	خانه‌های غیرفعال سنتی در آب‌وهوای ابری سرد از ساختمان‌هایی با جرم کم و محکم مهروموم‌شده و عایق‌بندی‌شده برای ایجاد سریع گرما در صبح استفاده می‌کنند.	
۱۶	عایق‌بندی پنجره‌ها مصالح پل حرارتی	ساختمان را با دقت آب‌بندی کنید تا نفوذ را به حداقل برسانید و کشش‌ها را از بین ببرید، به‌ویژه در مکان‌های بادخیز (پوشش خانه، آب‌وهوا، پنجره‌های تنگ).	
۱۷	تهویه طبیعی عایق‌بندی سقف	سقف شیب‌دار، با یک اتاق زیرشیروانی با تهویه روی سقفی که به‌خوبی عایق‌بندی شده است، در آب‌وهوای سرد به‌خوبی کار می‌کند (باران و برف را می‌ریزد و به جلوگیری از سدهای یخی کمک می‌کند).	
۱۸	فضای نیمه‌باز تهویه طبیعی سقف	در آب‌وهوای مرطوب، اتاق زیرشیروانی با تهویه مناسب با سقف‌های شیب‌دار به‌خوبی برای ریزش باران کار می‌کند و می‌تواند برای محافظت از ورودی‌ها، ایوان‌ها، مناطق کار در فضای باز گسترش یابد.	

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

۱۹	کاشت گیاه	استفاده از مواد گیاهی (بوته‌ها، درختان، دیوارهای پوشیده از پیچک) به‌ویژه در غرب برای به حداقل رساندن افزایش گرما (اگر باران‌های تابستانی رشد گیاهان بومی را پشتیبانی می‌کند).	
۲۰	محافظت از بازشوها	عایق‌بندی پرده‌ها، پارچه‌های سنگین، یا دریچه‌های پنجره قابل‌اجرا به کاهش تلفات گرمای شب زمستانی کمک می‌کند.	

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 درنهایت به رسیدن هدف بیانجامد. در این پژوهش، وزن دهی معیارها بر اساس خروجی راهکارهای نرم‌افزار Climate Consultatnt از نتایج نمودار سایکرومتریک استفاده شد (شکل ۳). به‌منظور درجه‌بندی میزان اهمیت و یافتن معیاری کمی برای ارزیابی اهمیت هرکدام از مؤلفه‌ها در بهینه‌سازی انرژی ساختمان‌ها، میزان تکرار مؤلفه‌های مشابه در ۱۱۹ پژوهش موجود در ۱۰ سال اخیر، ملاک عمل قرار گرفته است (جدول ۳).

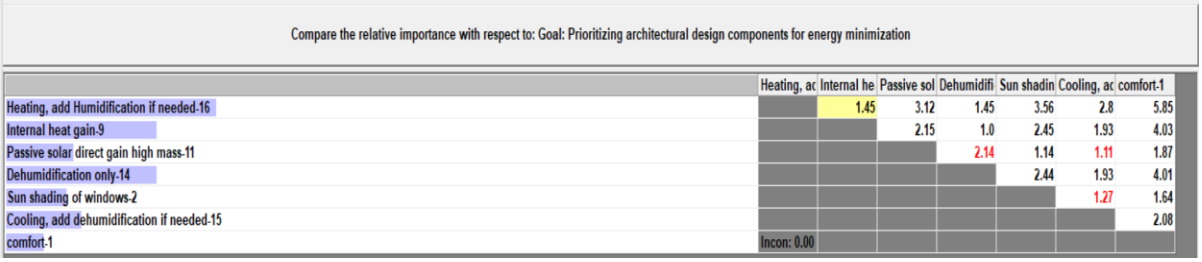
جدول ۳. تکرار مؤلفه‌ها در پژوهش‌های بهینه‌سازی انرژی در ۱۰ سال اخیر

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

در ادامه روند پژوهش به دلیل وجود معیار ارزیابی کمی، برای اجرای این ماتریس‌ها از نرم‌افزار Expert Choice 11 استفاده شد که درنهایت با مقایسه وزن نهایی هرکدام از مؤلفه‌ها نسبت به یکدیگر، رتبه‌بندی شده و درنتیجه مؤلفه ابعاد پنجره با بیشترین وزن یعنی ۰/۰۹۷، در اولویت نخست قرار گرفت. بنابراین پاسخ پرسش اول پژوهش که به دنبال انتخاب مؤثرترین

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

مؤلفه در اتلاف انرژی بنای مسکونی روستایی موجود در این منطقه بوده، ابعاد بازشو است که با استفاده از روش اولویت‌بندی سلسله مراتبی AHP به دست آمد (جدول ۴).



شکل ۳. مقایسه زوجی معیارها (بر اساس نرم‌افزار Expert Choice 11)

جدول ٤. اولویت‌بندی مؤلفه‌ها طبق معیارها (بر اساس نرم‌افزار Expert Choice 11)

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

مدل‌سازی و شبیه‌سازی انرژی برای وضع موجود

برای دستیابی پاسخ به پرسش دوم که به دنبال پارامترهای کم‌مصرف ابعاد بازشو بوده است، ابتدا مدل‌سازی و شبیه‌سازی انرژی برای وضع موجود انجام گرفت. این ساختمان، از شکل متداول بنای مسکونی در روستاهای شهرستان رودسر انتخاب شده و مساحت کل بنا ۱۵۰/۳۸ مترمربع است. جهت قرارگیری بنا شرقی–غربی و بدون زاویه نسبت به جهت شمال است. برای مدل‌سازی در نرم‌افزار راینو، از اطلاعات موجود در نقشه‌های فاز ۱ و برای متریال‌دهی به وسیله افزونه هانی بی و لیدی باگ و اطلاعات آن از نقشه‌های فاز ۲ و پیوست‌های موجود در مبحث ۱۹ مقررات ملی استفاده شد. برنامه‌دهی فضاها طبق استاندارد اشری ۲۰۱۹ انتخاب شد. تنظیمات برای خروجی شدت مصرف انرژی، به وسیله کامپوننت انرژی پلاس و با ورودی فایل اقلیمی EPW ویژه شهرستان رودسر انجام شد. درنهایت خروجی شدت مصرف انرژی وضع موجود برابر ۲۸۲/۳۱ (Wh/m²) در سال است. میزان مصرف انرژی به تفکیک مورد مصرف نیز برای گرمایش ۱۱۹/۴۴، سرمایش ۸۸/۱۶، روشنایی ۳/۴۰، تجهیزات درون ساختمان ۳۸/۴۴ و برای مصرف آب گرم ۳۲/۷۵ (Wh/m²)[۶] در سال است (شکل ۴).

۶. کیلووات ساعت بر مترمربع

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

شکل ٤. مدل‌سازی نمونه بنای مسکونی روستایی در رودسر از راست به چپ: پرسپکتیو پرنده از شمال شرقی بنا؛ پرسپکتیو دید ناظر جنوب غربی بنا؛ پرسپکتیو دید پرنده شمال شرقی بنا

شبیه‌سازی در بهینه‌یابی میزان مصرف انرژی

زیرمؤلفه‌های انتخاب‌شده برای ابعاد بازشو شامل فاصله لبه پایین پنجره تا کف بنا (OKB[۷])، عرض و ارتفاع پنجره، نسبت مساحت پنجره به دیوار (WWR[۸]) است. برای هر هفت زون در جهت‌های اصلی بنا، اختلاف شدت مصرف انرژی مدل موجود با مدل‌های بهینه تعیین شده است. پارامتریک نمودن اندازه‌های متغیرهای وابسته ذکرشده بر اساس نوع کاربرد فضا با استانداردهای متداول آن و باتوجه‌به فواصل ۰/۵ و ۰/۲ متری اندازه‌گذاری شد؛ بدین‌صورت که به‌طور مثال، متغیر OKB در سرویس بهداشتی و حمام، از ارتفاع ۱/۸۰ تا ۲/۲۰ متر در فاصله‌های ۲۰ سانتی‌متری درجه‌بندی شد. عرض پنجره‌ها نیز طبق طول دیوار در فاصله‌های ۰/۵ متری اندازه‌گذاری شد؛ زیرا تأثیرگذاری کمتر از این مقدار فاصله در خروجی انرژی، ناچیز است. تعیین اندازه بازه‌ها در این درجه‌بندی به وسیله رفت و برگشت در بهینه‌سازی پارامترها صورت گرفت؛ بدین‌صورت که با چندین بار بهینه‌یابی، این نتیجه حاصل شد که وقتی پارامترها از این بازه‌ها کمتر باشد، خروجی‌ها را به شکل محسوس تحت تأثیر قرار نمی‌دهد و اگر از این بازه بیشتر باشد اختلاف خروجی‌ها زیاد می‌شود.

پس از تنظیم ژئومتری پنجره‌ها، زیرمؤلفه‌های موردنظر به‌صورت هم‌زمان به همراه خروجی انرژی ساختمان به کامپوننت بهینه‌سازی گالاپاگوس متصل شد تا بر اساس الگوریتم ژنتیک، بهینه‌یابی تناسبات پنجره‌ها برای هر زون متصل به فضای بیرونی و کمتر از مقدار شدت مصرف انرژی کل بنا در وضع موجود را محاسبه کند. خروجی هر زون با ثابت نگه‌داشتن متغیرهای زون‌های دیگر طبق اندازه فعلی آن‌ها انجام شد.

به‌طورمعمول ساختار پنجره‌ها در جداره بنا، بخش زیادی از انرژی فضاها را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ لذا کاهش مساحت و درعین‌حال تقویت نمودن ساختار پنجره‌ها همواره مصرف انرژی را کاهش خواهد داد. به همین جهت در حالت‌های خروجی از بهینه‌سازی مدل حاضر، کمترین شدت مصرف انرژی مربوط به کمترین مساحت‌های پنجره‌ها بوده است؛ ولی به دلیل داشتن کاربری مسکونی و تبعیت از استانداردهای مرسوم، در این پژوهش، دو مسیر اندازه‌های متداول به‌صورت موردی و میانگین اندازه‌های بهینه که حاصل ۲۶۵۲ حالت خروجی از هر زون، آورده شده است. انتخاب ابعاد بهینه پنجره‌های شمالی و جنوبی با بیشترین اندازه‌ها و شرقی و غربی، کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. زون آشپزخانه از میان اندازه‌های منتخب متداول برای زون‌ها، دارای حالت بهینه خروجی شدت مصرف انرژی با مقدار ۲۷۸/۷۳ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال است که نسبت به وضع موجود در یک سال دارای ۵۳۸/۳۶ کیلووات ساعت شدت مصرف انرژی کمتری برای کل بنا است (جدول ۵).

جدول ۵. ۱۵ مدل زون‌های بهینه‌شده از حالت متداول زیرمؤلفه‌های ابعاد بازشو در کل بنا و مقایسه با وضع موجود

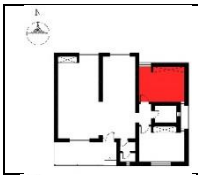
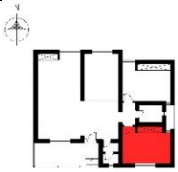
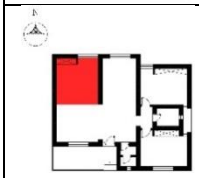
شماره ردیف بهینه یابی	زون‌ها	جبهه قرارگیری	WWR (درصد)	عرض پنجره (متر)	Okb (متر)	ارتفاع پنجره (متر)	شدت مصرف انرژی	مقایسه با وضع موجود		تصویر
								الف	ب	
۱	حمام	شرق	۳/۵۶	۰/۵	۲/۲۰	۰/۴	۲۷۹/۲۳	۳/۰۸	۴۶۳/۱۷	

۷. مخفف کلمه ocoupenci kingstone benchmark به زبان آلمانی است.

8. Window to wall ratio

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

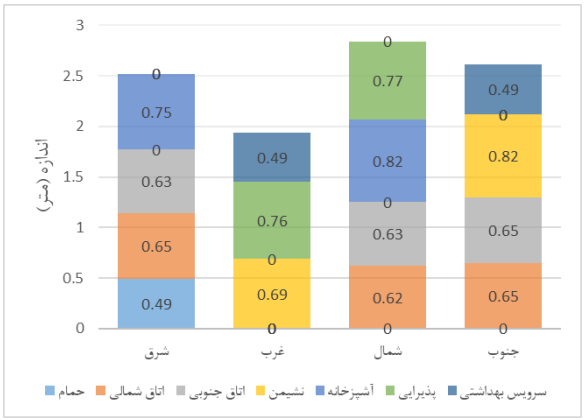
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

۱۹۱۶	اتاق‌خواب شمالی	شمال	۴/۱۴	۱/۵	۰/۵	۰/۵	۲۷۸/۸۰	۳/۵۱	۵۲۷/۸۳	
		شرق	۲/۶۰	۰/۵	۰/۵	۰/۶				
		جنوب	۳۲/۲۵	۰/۷	۱	۱				
۴۹	اتاق‌خواب جنوبی	شمال	۱۱/۶	۱	۰/۵	۰/۵	۲۷۸/۹۳	۳/۳۸	۵۰۸/۲۸	
		شرق	۲/۵۲	۰/۵	۰/۵	۰/۵				
		جنوب	۵/۵۲	۱	۱	۱				
۲۱۱	نشیمن	غرب	۱/۸۹	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۲۷۹	۳/۳۱	۴۹۷/۷۶	
		جنوب	۷/۰۳	۰/۵	۱	۱				
۲۳۴	آشپزخانه	شمال	۳۱/۷۵	۴	۱	۰/۹	۲۷۸/۷۳	۳/۵۸	۵۳۸/۳۶	
		شرق	۸/۴۲	۰/۵	۰/۸	۰/۵				
۲۴	پذیرایی	شمال	۳/۱۲	۱	۰/۶	۰/۵	۲۷۸/۷۴	۳/۵۷	۵۳۶/۸۶	
		غرب	۱/۶۶	۰/۵	۰/۸	۰/۵				
۷۱۳	سرویس بهداشتی	غرب	۶/۰۹	۱	۱/۴	۰/۴	۲۷۹/۲۹	۳/۰۲	۴۵۴/۱۵	
		جنوب	۹/۷۱	۱	۲	۰/۶				

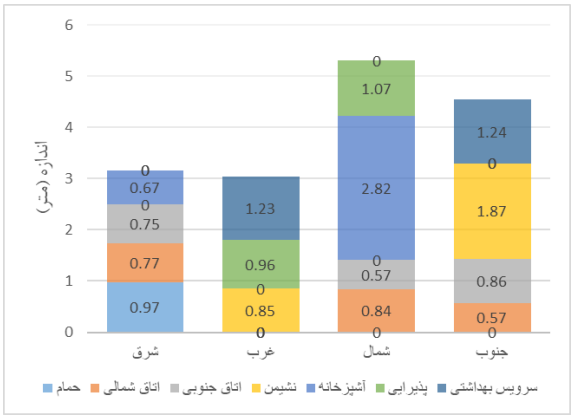
الف- اختلاف مقدار شدت مصرف انرژی هر مترمربع از مدل موجود با مدل‌های بهینه (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)
ب- اختلاف مقدار شدت مصرف انرژی کل مساحت مدل موجود با مدل‌های بهینه (کیلووات ساعت در سال)

در نتایج مربوط به میانگین حالت‌های بهینه‌یابی‌شده، شدت مصرف انرژی زون‌های حمام، اتاق شمالی، اتاق جنوبی، نشیمن، آشپزخانه، پذیرایی و سرویس بهداشتی به ترتیب ۲۷۹/۲۷، ۲۷۸/۹۹، ۲۷۹/۰۲، ۲۷۹/۱۵، ۲۷۹/۰۶، ۲۷۸/۷۹ و ۲۷۹/۳۳ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال است که از این میان بهینه‌یابی اتاق شمالی، بیشترین مقدار بهینه مصرف انرژی را در کل بنا دارد. همچنین میانگین‌های زیرمؤلفه‌های هر زون نسبت به یکدیگر می‌تواند راهکارهای مناسبی برای طراحی عرضه کند؛ اما زیرمؤلفه‌هایی که محدودیت اندازه مربوط به مکان قرارگیری خود در پلان و نما و یا کاربرد خاصی دارند فقط در صورت پیروی طراح از اندازه‌ها و کاربری فضاها در بنای انتخابی این پژوهش است که قابلیت استفاده خواهند داشت. بااین‌حال، درصد نسبت مساحت پنجره به مساحت دیوار، زیرمؤلفه‌ای است که می‌توان در طرح‌های گوناگون نیز از آن استفاده نمود. متغیرهایی از زون‌ها که مربوط به جبهه شمالی‌اند، نسبت به سایر جبهه‌ها دارای بیشترین مقدارند و تنها در okb کمترین میزان را دارا هستند؛ همچنین پنجره دارای سایبان فضای ایوان مجاور در زون نشیمن نسبت به زون اتاق جنوبی، می‌تواند از درصد WWR بیشتری برخوردار باشد. ارتفاع پنجره در همه زون‌ها و همه جهات به شکل متوازن‌تری می‌تواند به کار رود و این دو متغیر عرض پنجره و okb هستند که به نسبت هر زون با کاربرد و جبهه متفاوت، با یکدیگر تمایز دارند (شکل‌های ۵، ۶، ۷ و ۸).

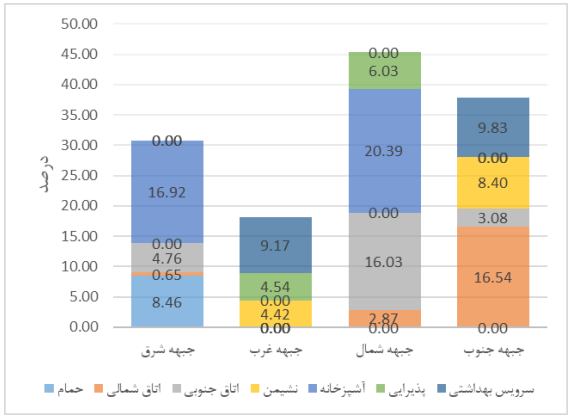
[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]



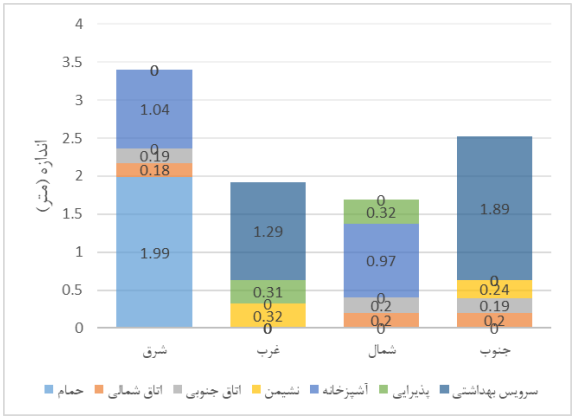
شکل ۵. میانگین ارتفاع بهینه پنجره‌های زون‌ها در ٤ جبهه بنا



شکل ٦. میانگین عرض بهینه پنجره‌های زون‌ها در ٤ جبهه بنا

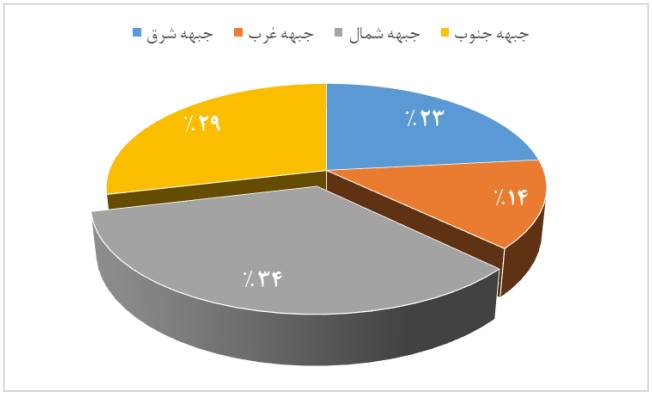


شکل ۷. میانگین درصد WWR بهینه پنجره‌های زون‌ها در ٤ جبهه بنا



شکل ۸. میانگین okb بهینه پنجره‌های زون‌ها در ٤ جبهه بنا

میانگین درصد نسبت مساحت بازشو به دیوار در مدل‌های بهینه جبهه‌های شمالی و جنوبی دارای اولویت است ولی در صورت محدودیت ناشی از همسایگی‌ها می‌توان در جبهه‌های شرق و غرب نیز با احتساب کمترین مقدار بهره برد (شکل ۹).



شکل ۹. میانگین درصد نسبت مساحت بازشو به دیوار در مدل‌های بهینه

نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن میزان مصرف انرژی در بناهای مسکونی که عمده زمان‌های حضور افراد در شبانه‌روز را به خود اختصاص داده است، بهینه‌سازی اجزاء و مؤلفه‌های درگیر در اتلاف انرژی می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی در مقیاس کلان را داشته باشد. اقلیم که نقش اساسی در فرایند تبدیل‌های انرژی درون ساختمان دارد سبب بروز نیازهای متعددی می‌شود که نیازسنجی این شرایط می‌تواند مسیر مشخصی از رفع مشکل اتلاف انرژی را روشن سازد. در این پژوهش نیز ابتدا با بررسی ضرورت‌های طراحی اقلیمی، آسایش محیطی با استفاده از نرم‌افزار Climate Consultant 6.0 انجام شده و سپس با رتبه‌بندی

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

مؤلفه اثرگذار در مصرف انرژی در اقلیم شهرستان رودسر، مؤلفه اولویت اول یعنی ابعاد بازشو، از نرم‌افزار Expert Choice 11 و با روش تحلیل سلسله مراتبی AHP، با معیار کمی یافت شد تا پرسش اول پژوهش مبنی بر به دست آوردن مؤلفه مؤثر در اتلاف انرژی بناهای مسکونی منطقه موردمطالعه پاسخ داده شود. زیرمؤلفه‌های آن نیز شامل فاصله لبه پایین پنجره تا کف داخلی بنا، ارتفاع پنجره و مساحت پنجره نسبت به دیوار (WWR) است. برای پاسخ به پرسش دوم پژوهش نیز که به دنبال یافتن شرایط بهینه این مؤلفه نسبت به وضع موجود بود، مدل‌سازی وضع موجود و مدل‌های بهینه به وسیله نرم‌افزار راینو و پلاگین گرس‌هاپر با افزونه‌های هانی‌بی و لیدی‌باگ انجام شد که در قسمت بهینه‌سازی ابتدا با پارامتریک نمودن زیرمؤلفه‌ها به‌صورت هم‌زمان و سپس انتخاب و اجرای کامپوننت گالاپاگوس برای هر زون، بهینه‌یابی بر اساس کم‌مصرف‌ترین مدل ازلحاظ انرژی محاسبه شد. در این پژوهش دو نوع خروجی متغیرهای وابسته به‌صورت داده‌های متداول طراحی و میانگین موردتوجه قرار گرفت، زیرا برخی از خروجی‌های بهینه‌یابی مصرف انرژی باتوجه‌به نوع کاربری مسکونی کمتر قابل‌استفاده است و این در حالی است که قبل از اعمال بهینه‌یابی، پارامتریک نمودن اندازه‌های متغیرها، بر اساس نوع کاربری هر زون محدود شد. نتایج بیانگر این است که جبهه‌های شمال و جنوب در اعمال اندازه‌های بزرگ‌تر برای تناسبات پنجره، محدودیت کمتری نسبت به جبهه‌های شرق و غرب دارند. اختلاف مقدار میانگین آمیخته از شدت مصرف انرژی در حالت بهینه‌شده برای همه زون‌ها با وضع موجود برابر ۴۸۴/۶۵ کیلووات ساعت در سال است و از این میان کمترین و بیشترین اختلاف حالت‌های میانگین برابر ۴۴۸/۱۳ و ۵۲۹/۳۴ بوده که به ترتیب مربوط به زون‌های سرویس بهداشتی و آشپزخانه است.

تنظیم شاخص‌های عرض پنجره و okb نیز وابسته به موقعیت پلان و نمای بنا و کاربرد زون موردنظر هستند اما ارتفاع پنجره در همه زون‌ها و جبهه‌ها به شکلی متوازنی نسبت به یکدیگر می‌تواند باشد تا حالت بهینه حفظ شود. متغیر WWR، شاخصی است که می‌توان از نتایج مستخرج بهینه آن در صورت عدم پیروی از شکل کل بنای موردمطالعه در طرح بنایی متفاوت استفاده نمود.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

References

Abol-Hasani, N., Mohammad Kari, B., & Rima, F. (2022). 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)

Amar, T. (2021). Analyzing the Migration and Spatial Mobility to Rural Areas of Guilan Province. *Geographical Studies of Coastal Areas Journal*, *2*(2), 79-103. doi: 10.22124/gscaj.2021.19408.1077 (In Persian)

Amiri Ade, P., Tizghalam zenozi, S., Javidi Nejad, M. (2022). The effect of micro climate factors on energy consumption optimization approach in Tehran urban buildings. jgs 2022; 22 (65) :265-282. URL: http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3552-fa.html (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.

Balali, A., Yunusa-Kaltungo, A., & Edwards, R. (2023). A systematic review of passive energy consumption optimisation strategy selection for buildings through multiple criteria decision-making techniques. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 171, 113013.

Diba, D., Yaghini, S. (1993). Analysis and study of the vernacular architecture of Gilan. *Journal of Architecture and Urban Planning*. Issue 24, 6-16. (In Persian)

Emad Elbeltagi, A., Hossam Wefki. (2021). Predicting energy consumption for residential buildings using ANN through parametric modeling, Energy Reports, Volume 7.

Farrokhi, M., Izadi, M. S., & Karimi Moshaver, M. (2022). Analysis of Energy Efficiency of Urban Fabrics in the Hot and Dry Climates, Case Study: Isfahan. *Journal of Iranian Architecture Studies*, *7*(13), 127-147. doi: 10.22052/1.13.127 (In Persian)

Ghiabaklou, Z. (2014). Fundamentals of Building Physics 2 (Environmental Conditions Regulation), Amirkabir University of Technology Branch Academic Jihad, 9th edition. (In Persian)

Ghobadian, V. (2013). Climatic Study of Traditional Iranian Buildings. Tehran: Tehran University Press. Eighth Edition. (In Persian)

Giouri, E. D., Tenpierik, M., & Turrin, M. (2020). Zero energy potential of a high-rise office building in a Mediterranean climate: Using multi-objective optimization to understand the impact of design decisions towards zero-energy high-rise buildings. Energy and Buildings, 209, 109666.

Habib, F., Barzegar, Z., Cheshme Ghasabani, M. (2014). Prioritization of Effective Building Energy Consumer Parameters by AHP Deployment. *Naqshejahan* , 4 (2), 55-61. (In Persian)

J. Holst. (2003). Using Whole Building Simulation Models &Optimizing Procedures to Optimise Builidng Envelope Design with Respect to Energy Consumption & Indoor Environment, Proceedings of 8th International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands.

Khakpour, M. (2005). Native Housing in Rural Communities of Gilan. *Honar ha ye Ziba Journal*, 22(22), 63-72. (In Persian)

Labafan, S. (2021). Analysis and ranking of factors affecting climate and providing solutions using the Climate Consultant climate analysis software; Case study: Tehran Province. *Shabak Journal*, 7(3), 149-160. (In Persian)

Mahdavinejad, M. J., (2022). Outstanding Architecture and Intelligent Energy Consumption: A Design Approach Based on Architectural Concepts in Building Physics, Tarbiat Modares University Press, First Edition. (In Persian)

Memarian, G. H., Madahi, S. M., Aeini, S., & Abdolahi, A. (2018). Investigating the Effects of Walls on Reducing Energy Consumption in Traditional-residential Areas of Kashan, Case Study: Boroujerdi House. *Armanshahr Architecture & Urban Development*, *10*(21), 113-124. (In Persian)

Mirzaee, F., Mehdizadeh Seraj, F., Fayaz, R., Mofidi Shemirani, S. M. (2019). Solar Radiation Absorbed on the Neighborhood Scale regarding the Rural Fabric in Cold Climate Regions. *JHRE*. *38*(167), 19-34. doi: 10.22034/38.167.19 URL: http://jhre.ir/article-1-1872-fa.html (In Persian)

Moulaii, M., Pilechiha, P., Shadanfar, A. (2019). Optimization of Window Proportions with an Approach to Reducing Energy Consumption in Office Buildings. Naqshejahan 2019; 9 (2) :117-123. URL: http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-34001-fa.html (In Persian)

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]

Rahsepar Monfared, R., Kardar, S., Shahrooz Tehrani, I. (2021) .Study of the design principles of residential buildings in a moderate and humid climate with a natural ventilation approach (Case study: Analysis of simulated openings of a residential building in Amol city) .Journal of Environmental Science and Technology 12, (133-146). (In Persian)

Rahsepar Monfared, R., & Azemati, S. (2021). Analysis of Wind Behavior in Natural Ventilation and Reduction of Energy Consumption in Residential Building Based on Vernacular Architecture: A Case Study of Effects of Dimensions and Layout of Opening on Natural Ventilation in Amol City, Iran. *Armanshahr Architecture & Urban Development*, *14*(35), 103-114. doi: 10.22034/aaud.2020.210648.2058

Rasti, S., & Roshan, M. (2018). Evaluation of energy consumption reduction in residential building according to optimal orientation and the percentage of openings in the city of Anzal. *Journal of Renewable and New Energy*, *4*(2), 91-100. (In Persian)

Sharghi, A., Azimi Fereidani, N. (2017). The role of slope shape roofs in heating energy consumption Based on thermal comfort. Journal of Environmental Science and Technology 2, (135-147). (In Persian)

Tahbaz, M., Jalilian, Sh. (2011). Compatibility Indicators with Climate in Rural Housing of Gilan province. *JHRE*. *30*(135), 23-42. URL: http://jhre.ir/article-1-202-fa.html (In Persian)

Taleghani, M. (2010). Mousavi House: The Heritage of Rural Architecture in Gilan, West Plain (1). Institute for the Translation and Publishing of Artistic Works of Matn. First edition. (In Persian)

DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4

[Downloaded from jhre.ir on 2026-06-03]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.4]