ISSN: 2538-2594; Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2024;14(2):21-40

Optimizing a sample of Bushehr houses for visual comfort and energy saving

ARTICLE INFO

Article Type
Analytic Study

Authors

Fatemeh Mehrvarz[1]
Mohammadreza Bemanian[2]*
Afsaneh Zarkesh [3]

How to cite this article

M

ABSTRACT

Aims: Utilizing passive architectural elements to conserve energy and optimize natural lighting is a common solution in traditional Iranian architecture. Various factors such as building shape and orientation, window positioning, use of local materials, and shading devices are recognized as traditional architectural elements in warm and humid climates. The main objective of this research is to evaluate the efficiency and optimize architectural elements in the warm and humid climate of Bushehr city, focusing on energy consumption control and utilization of natural light.

Methods: Firstly, through documentary resources, the residential architectural patterns of Bushehr were identified. Then, using the Rhinoceros software environment and Grasshopper plugin, selected variables were parametrically modeled, and quantitative data analysis was conducted using energy tools and radiation analysis. Finally, optimal patterns were selected using a genetic algorithm, and the final response was presented with annual performance analysis.

Findings: By optimizing passive strategies, UDI could be increased up to 96%, and energy consumption could be reduced up to 174.1 kWh/m². In hot and humid climates, paying attention to the minimum absorption of sunlight is essential, in addition to the importance of using natural ventilation.

Conclusion: Using passive architectural elements such as the use of Shenashir, the proportions of the room and the window to wall ratio increases the performance of the building. The conclusion emphasizes the pivotal role of contemporization of traditional houses to resolve contemporary architectural challenges, especially high energy consumption and environmental regulation.

Keywords: Energy efficiency, High-performance architecture theory, Daylight, Bushehr climatic architecture, Multi objective optimization, Traditional architecture.

1- Master of Architecture, Department of Art & Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2- Professor of Architecture, Faculty of Art & Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3. Associate Professor of Architecture, Faculty of Art & Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Correspondence

Address: Department of Art & Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
Email: Bemanian@modares.ac.ir

Article History
Received:
Accepted:
Published:

CITATIONLINKS

[1]. Dormohamadi M, Tahbaz M, Velashjerdi Farahani A. Performance….[2]. Medlock III KB, Soligo R. Economic development and end-use energy demand…..[3]. Moshiri S, Atabi F, Hassan Panjehshahi M, Lechtenböehmer S. Long….[4]. Nasrollahi N, Hatami M, Khastar SR, Taleghani M. Numerical evaluation….[5]. Roshan GR, Orosa JA, Nasrabadi T. Simulation…..[6]. Brahmand Zadeh D, Rezaei Ghahroodi Z. Investigating the trend…..[7]. Dili AS, Naseer MA, Varghese TZ. Passive control methods …..[8]. Priya RS, Sundarraja MC, Radhakrishnan S, Vijayalakshmi L. Solar passive…..[9]. Singh MK, Mahapatra S, Atreya SK. Bioclimatism and vernacular architecture…..[10]. Motealleh P, Zolfaghari M, Parsaee M. Investigating climate responsive…..[11]. Kimura KI. Vernacular technologies applied to modern architecture…..[12]. Hacene B, Chabane Sari NE, Amara S. Conception of a passive….[13]. Scognamiglio A, Garde F, Røstvik HN. How net zero energy buildings…..[14]. Tzikopoulos AF, Karatza MC, Paravantis JA. Modeling energy efficiency……[15]. Aldossary NA, Rezgui Y, Kwan A. Domestic energy consumption…….[16]. Huang KT, Hwang RL. Future trends of residential building cooling energy and……..[17]. Oropeza-Perez I, Østergaard PA. Energy saving potential of utilizing natural ventilation …..[18]. Taleb HM. Natural ventilation as energy efficient solution for achieving low-energy houses…[19]. Taleb HM. Using passive cooling strategies to improve thermal performance and reduce……[20]. Masoumi HR, Nejati N, Ahadi AA. Learning from the heritage architecture: Developing natural……
.

Copyright© 2021, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

بهینه سازی الگوی مسکن بوشهر با هدف آسایش بصری و کنترل مصرف انرژی

فاطمه مهرورز[۱]، محمدرضا بمانیان*[۲]، افسانه زرکش[۳]

۱. کارشناسی ارشد معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲. دکتری معماری؛ استاد گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
۳. دکتری معماری؛ استادیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

چکیده

اهداف: بهره‌گیری از عناصر معماری غیرفعال به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی و استفاده بهینه از نور روز راهکاری متداول در در معماری سنتی ایران است. عوامل مختلف از قبیل شکل و جهت‌گیری ساختمان، موقعیت بازشوها، بهره‌گیری از مصالح بومی و سایه اندازها به عنوان عناصر معماری اسلامی ایرانی در اقلیم گرم و مرطوب شناخته می‌شود. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی کارآمدی و بهینه‌سازی عناصر معماری در آب و هوای گرم و مرطوب شهر بوشهر با تمرکز بر کنترل مصرف انرژی و بهره‌مندی از نور طبیعی است.

روش‌ها: نخست به وسیله منابع کتابخانه ای عناصر اقلیمی مسکونی معماری بوشهر شناسایی شد. سپس در محیط نرم‌افزار راینو و پلاگین گرسهاپر متغیرهای منتخب به‌صورت پارامتریک مدلسازی و توسط از ابزارهای انرژی پلاس و رادیانس آنالیز داده‌های کمی انجام می‌شود. در نهایت الگوهای بهینه توسط الگوریتم ژنتیک انتخاب و ارائه می‌شود.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد با بهینه سازی عناصر معماری به کار رفته در مسکن بوشهر، روشنایی مفید نور روز را تا ۹۶٪ افزایش و مصرف انرژی را تا ۱۷۴.۱کیلو-وات ساعت بر متر مربع کاهش می‌یابد. در اقلیم گرم و مرطوب علاوه بر اهمیت استفاده از تهویه طبیعی توجه به حداقل جذب تابش خورشید اهمیت فراوانی دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان می دهد که توجه به مجموعه عناصر معماری غیرفعال مانند استفاده از شناشیر، تناسبات اتاق **موقعیت پنجره ها باعث** افزایش عملکرد ساختمان می شود. یادگیری از مسکن سنتی بوشهر می تواند راهبردی برای چالش‌های معماری امروزی، به ویژه مصرف انرژی بالا و تنظیم شرایط محیطی فراهم نماید.

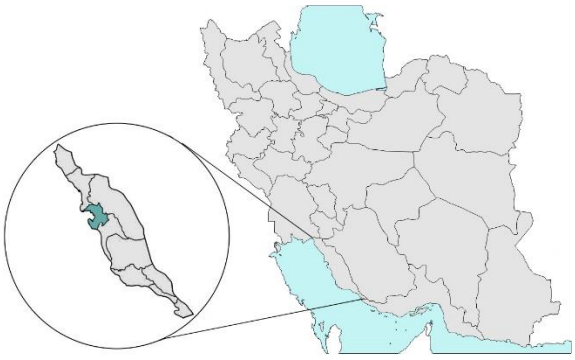
کلیدواژه‌ها: بهره‌وری در مصرف انرژی، نظریه معماری سرآمد، نور روز، معماری اقلیمی بوشهر، بهینه سازی چند هدفه، معماری سنتی ایران، معماری اسلامی ایرانی

مقدمه

تقاضای روزافزون نیاز جهانی، همراه با پیشرفت سریع فناوری، منجر به افزایش بی‌سابقه‌ی مصرف انرژی شده است[۱]. در حال حاضر، ایران با چالش مبرم در بهره‌برداری از منابع انرژی خود روبرو است [۳،۲]، چالشی که به دلیل افزایش نرخ شهرنشینی [٤] و افزایش نگران‌کننده مصرف انرژی که ٦٤ درصد بیشتر از میانگین جهانی است تشدید شده است [٥]. این افزایش به طور قابل توجهی به گسترش استفاده از سیستم‌های تهویه مکانیکی برای تنظیم شرایط محیطی داخلی در ساختمان‌ها مربوط می‌شود که این مسئله به ویژه در مناطقی با شرایط آب و هوایی دشوار مانند شهر بوشهر در جنوب غرب ایران، که در بخش شمالی خلیج فارس واقع شده است (شکل ۱) مشهود است. شهر بوشهر به دلیل شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب خود یکی از سخت‌ترین مناطق آب و هوایی در کشور را داراست که منجر به استفاده گسترده از سیستم‌های تهویه مکانیکی و افزایش مصرف انرژی شده است. آب و هوای بوشهر با تابستان طولانی شناخته میشود و تنها دو ماه از سال با آب و هوای سرد رو به رو میشود، از این رو تا سال ۲۰۱۲ بوشهر رکورد بیشترین مصرف برق خانگی را در ایران داشت [٦].

معماری سنتی ایران دارای ثروتی غنی از راهکارهای غیر فعال برای افزایش آسایش داخلی، به خصوص در آب و هوای خشک، نیمه مرطوب و مرطوب است. مطالعات متعددی به عملکرد حرارتی ساختمان‌هایی که توسط راهکارهای غیر فعال در معماری سنتی بومی طراحی شده اند انجام شده است و اهمیت این الگوها را تأکید میکند [۷-۹]. با توجه به کارایی آنها در کاهش شرایط نامناسب اقلیمی، معماری سنتی به عنوان منبعی ارزشمند برای بررسی و بازطراحی عناصر اقلیمی ساختمان‌های معاصر شناخته می‌شود [۱۰]. علاوه بر این، بازطراحی عناصر معماری سنتی متناسب با هر اقلیم نه تنها نوید کاهش قابل توجه مصرف انرژی یک ساختمان را

دارد، بلکه باعث افزایش آسایش حرارتی فضاهای داخلی آن نیز می شود [۱۲،۱۱]. در نتیجه، امروزه ادغام عناصر غیر فعال با امکانات معماری معاصر اهمیت پیدا کرده است و طراحی متمرکز بر اقلیم را به یک امر ضروری در حفظ انرژی تبدیل کرده است [۱۴،۱۳].



شکل ۱ . موقعیت شهر بوشهر

در معماری معاصر، مطالعات متعددی از الگوهای آب و هوایی سنتی و استفاده از راهکارهای غیر فعال الهام می‌گیرند. پژوهش‌های گذشته تأثیر راهکارهای غیرفعال را بر بهبود شرایط محیطی داخلی و کنترل مصرف انرژی در آب‌وهوای گرم و مرطوب بررسی کرده‌اند [۱۵–۱۹]. طیف گسترده‌ای از عناصر اقلیمی برای بهبود شرایط داخلی در چنین محیط‌های سختی استفاده شده است. معصومی و همکاران [۲۰] ثابت کردند که عناصر معماری در بوشهر، از جمله هندسه، تناسبات و جهت‌گیری، تأثیر قابل توجهی در بهینه‌سازی تهویه طبیعی دارند. فضاهای باز و نیمه باز در برنامه‌ریزی شهری نقش اساسی در تنظیم جریان هوا دارند، فضاهای باز به عنوان یک راهکار تهویه غیر فعال، باد را به فضاهای داخلی هدایت می‌کنند [۲۱]. خصوصا حیاط مرکزی به عنوان یک نقطه محوری در تهویه طبیعی عمل می‌کند، همانطور که مطالعات بسیاری به اثربخشی آن در بهبود آسایش حرارتی فضاهای داخلی در آب و هوای گرم و مرطوب می‌پردازند [۲۳،۲۲]. نکته قابل توجه یافته هایی است که نشان می دهد تناسب و جهت گیری نقش تعیین کننده ای در تهویه فضاهای داخلی دارد. به طور مثال، تحقیقاتی که بر روی خانه‌های سنتی چینی و مالزی تمرکز داشته‌اند مزایای حیاط مرکزی و بالکن موازی را در تسهیل تهویه طبیعی و افزایش آسایش حرارتی تحسین می‌کنند [۲۴]. چندل و همکاران [۲۵] عناصر معماری سنتی که بر شرایط راحتی حرارتی داخلی در برنامه‌های معماری مدرن تأثیر می‌گذارند را مورد بررسی قرار دادند. ویژگی‌های اصلی شناسایی‌شده عبارتند از قرارگیری توده و فضای باز، جهت‌گیری، بازشوها، مصالح و شکل سقف. پژوهش دیگری در رابطه با روشنایی روز و مصرف انرژی فضاهای مسکونی در شرایط آب و هوایی مختلف مکزیک انجام شد [۲۶]. این مطالعه شامل چهار متغیر مختلف مانند نسبت عرض به عمق، نسبت پنجره به دیوار، جهت‌گیری و شرایط آب و هوایی بود. همچنین پژوهشی در مورد ارزیابی الگوریتم‌های یادگیری ماشینی برای پیش‌بینی راحتی بصری انجام شد که متغیرهای مشتق شده از ویژگی‌های فیزیکی مختلف، از جمله ابعاد اتاق و پنجره، جهت‌گیری اتاق‌ها، بازتاب سطوح داخلی، تعداد پنجره‌ها و وضعیت‌های سایه‌پردازی بودند [۲۷].

اهداف و دامنه پژوهش

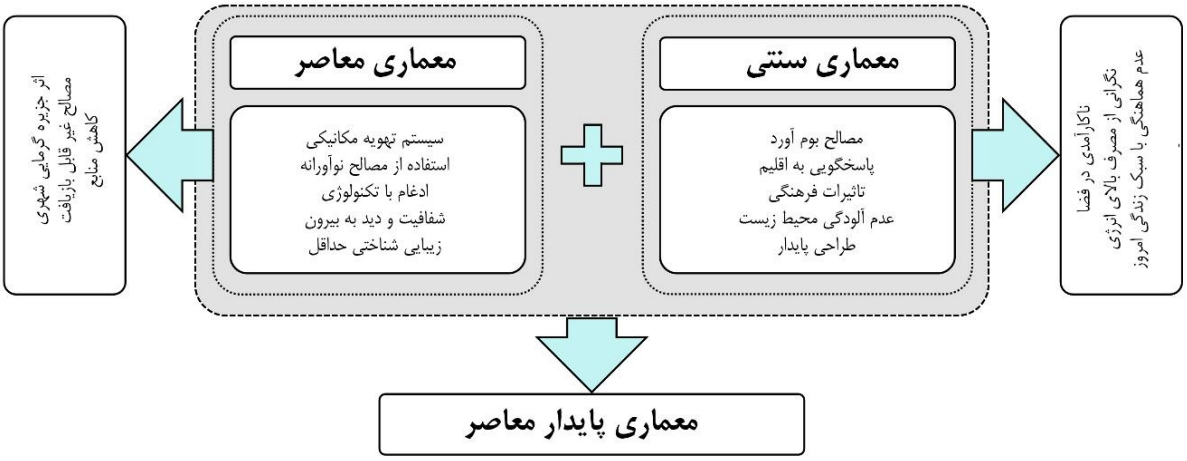
اقلیم گرم و مرطوب یکی از غنی‌ترین منابع الهام معماری بومی ایرانی برای معماری معاصر است. همانطور که پژوهشگران ثابت کردند، بیشترین استفاده از سایه و تهویه طبیعی راهکاری مناسب برای کنترل دمای بالا و رطوبت مضاعف در این اقلیم است [۲۸]. اما امروزه با پیشرفت مصالح سیستم های تهویه مکانیکی اغلب راهکارهای اقلیمی نادیده گرفته می‌شود و در رابطه با بازطراحی عناصر اقلیمی گذشته این سوال برای معماران مطرح میشود که آیا استفاده از راهکارهای اقلیمی همچنان کارایی لازم را دارد؟ پژوهشی جدید که در قبرس انجام شده نشان می‌دهد که استفاده همزمان از الگوی بومی متداول (افزایش ارتفاع اتاق در مناطق گرم و مرطوب) و استفاده از مصالح عایق و تهویه مکانیکی منجر به افزایش ۶–۹ درصدی مصرف انرژی می‌شود [۲۹].

اما نادیده گرفتن تمام راهکارهای گذشته برای بهبود شرایط داخلی و طراحی ساختمان‌ها بدون توجه به اقلیم منجر به افزایش بی‌رویه استفاده از منابع طبیعی و آلودگی هوا شده است. از آنجا که سازگاری ساختمان‌ها با شرایط آب و هوایی و کاهش مصرف انرژی مهمترین رکن آینده پایدار هستند، ارزیابی عملکرد هر یک از شاخص ها و استفاده بهینه از آنها بهترین راه حل را به ما ارائه می‌دهد. همانطور که سیستم‌های ساختمانی سازگار با آب و هوا واکنش‌پذیر یک ترکیب نوآورانه از راه حل های بومی و مدرن را ارائه میکند. این سیستم ها به طور یکپارچه مصالح نوآورانه و فناوری های هوشمند را با اصول جاودانه معماری بومی ترکیب می کنند. در این تحقیق به بررسی گنجینه ها و راهکارهای معماری سنتی در تلفیق با تکنولوژی می پردازیم و با حفظ آثار ارزشمند معماری بومی به دنبال معماری پایدار برای آینده هستیم. شکل ۲ هدف این تحقیق را نشان می دهد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به بررسی کارآیی و بهینه‌سازی عناصر معماری آب و هوایی گرم و مرطوب بوشهر جهت بهبود آسایش بصری و صرفه‌جویی در انرژی می‌پردازد. چارچوب بهینه‌سازی در این مطالعه به سه بخش تقسیم شد: (۱) تعریف متغیرهای معماری سنتی و مدل‌سازی پارامتریک، (۲) بهینه‌سازی راه حل‌های ممکن توسط الگوریتم ژنتیک، و (۳) بررسی کارایی متغیرها و بازطراحی مدل اولیه.

در مرحله اول، متغیرهای مختلف نمای ساختمان بر اساس مطالعه قبلی انتخاب شدند [۲۰] و با توجه به شرایط عمومی ساختمان‌های اداری ایران مدل مورد مطالعه توسط نرم‌افزار راینو به همراه افزونه پارامتریک بصری گرسهاپر توسعه داده شد [۳۱,۳۰]. مرحله دوم، مدل پارامتریک بر اساس نورپردازی و انرژی با استفاده از نرم‌افزارهای رادیانس و انرژی پلاس [۳۱,۳۰] برای تجزیه و تحلیل نور در ابزارهای هانی بی و لیدی باگ و توسعه یافت [۳۲-۳٤]. در مرحله سوم، متغیرهای انتخاب شده بهینه‌سازی شدند. افزونه والسی در محیط گرسهاپر برای بهینه‌سازی فضاهای اداری از بهینه‌سازی سه‌بعدی استفاده شد. میزان نور مفید روز و شاخص مصرف انرژی به عنوان خروجی‌ها به دست آمدند. الگوریتم NSGA-II برای بهینه‌سازی حالات مذکور استفاده شد. در نهایت، برای راه حل‌های انتخابی، معیارهای راحتی بصری همچون معیارهای ASE و sDA به عنوان معیارهای آسایش بصری محاسبه شدند تا راه حل انتخابی را با مدل اولیه مقایسه کنیم.



شکل۲. هدف پژوهش

روش‌تحقیق و شاخص‌های ارزیابی

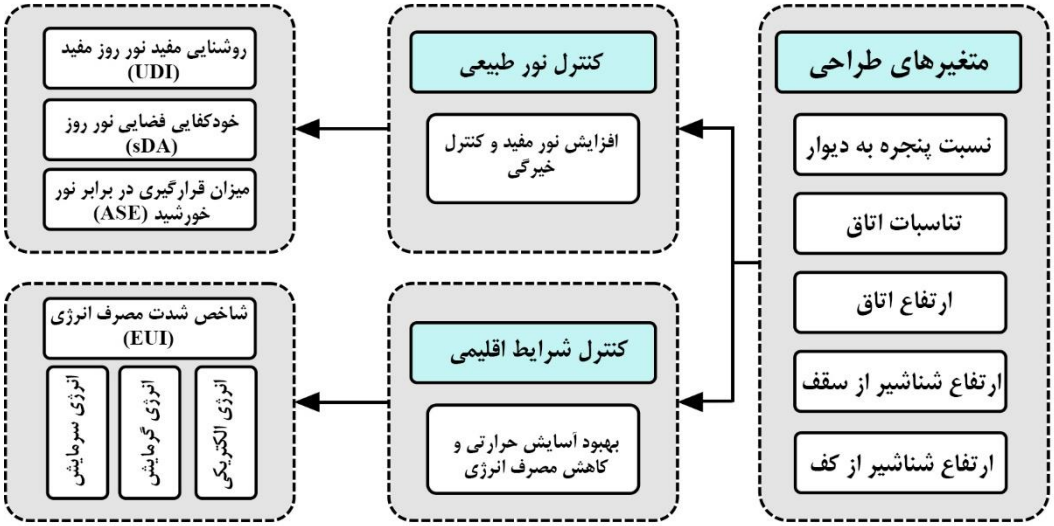
معیارهای مختلف برای ارزیابی کافی بودن نور روز و راحتی بصری استفاده شده است. در این تحقیق، معیارهای نور روز شامل روشنایی مفید نور روز مفید (UDI)، خودکفایی فضایی نور روز ($sDA_{300/50\%}$) و میزان قرارگیری در برابر نور خورشید ($ASE_{1000, 250}$) انتخاب شده‌اند. از بین آن‌ها شاخص‌های $sDA_{300/50\%}$ و $ASE_{1000, 250}$ طبق استانداردهای LEED v4 انتخاب شده اند [۳۵]. میزان قرارگیری در برابر نور خورشید بدان معناست که حداکثر ۱۰٪ از فضاها نباید نور مستقیم روز را با روشنایی بیش از ۱۰۰۰ لوکس بیش از ۲۵۰ ساعت در سال دریافت کنند ($ASE_{1000,250} \leq 10\%$) و خودکفایی فضایی نور روز به معنی یک درصد مشخصی از فضا که باید حداقل ۳۰۰ لوکس روشنایی برای حداقل ۵۰٪ از ساعات کاری سالانه را برآورده کند ($sDA_{300/50\%} \geq 75\%$) [۳۶].

شاخص UDI ابتدا در سال ۲۰۰۵ توسط نبیل و ماردالیویک [۳۷] معرفی شد. UDI درصد زمانی را در یک سال اندازه گیری می کند که نور روز داخلی در یک اتاق در محدوده روشنایی خاص قرار می گیرد. در اصل UDI نشان دهنده فرکانس سالانه نورهای روز است که در یک محدوده تعریف شده قرار می گیرند. در بین مدل های پویا UDI آستانه های بالا و پایین نور طبیعی را مشخص می‌کند [۳۸]. در سال۲۰۲۲ فانگ و همکاران گزارش دادند که روشنایی در محدوده ۳۰۰ تا حدود ۲۰۰۰ لوکس در فضای داخلی برای تأمین آسایش بصری با استفاده از نور روز کافی است [۳۹]، که این مقادیر برای این مطالعه اتخاذ شد. درنتیجه در این پژوهش UDI (300-2000lx) برای تعیین کمیت و ارزیابی عملکرد سالانه نور روز استفاده می‌شود. برای شبیه سازی نور روز، تعدادی از نقاط توسط شبکه ای از حسگرها در ابعاد ۰.۵ × ۰.۵ در فاصله ۰.۷۵ متری از سطح کف توزیع شده است. در مرحله بعد برای ارزیابی تابش خیره کننده، استقلال تابش خیره کننده (GA) مورد استفاده قرار گرفت. این روش شبیه‌سازی‌های سالانه تابش خیره‌کننده ناشی از بردارهای مستقیم به خورشید و آسمان را انجام می‌دهد، با تکیه بر ضرایب نرمال شده نور روز که انتقال شار از تکه‌های آسمان به موقعیت‌های مختلف مشاهده را نشان می‌دهد[۴۰]. شاخص شدت مصرف انرژی (EUI) برای ارزیابی مصرف برق استفاده می شود و مصرف انرژی اتاق را برحسب با مساحت طبقه مطبوع آن بیان می کند. بنابراین، در این مطالعه، EUI به عنوان مجموع گرمایش، سرمایش، تجهیزات الکتریکی و روشنایی الکتریکی که به صورت نرمال شده در طول یک سال ($Kwh/m^2/y$) محاسبه می‌شود. نقاط تنظیم گرمایش و سرمایش، 21°c و 26°c طبق استانداردهای بهره وری انرژی و محیط زیست در ساختمان در ایران هستند [۴۱]. شکل ۳ مدل مفهومی رابطه بین متغیرها و شاخص‌ها را نمایش می‌دهد.

در فرآیند بهینه سازی از افزونه والسی استفاده شد. این افزونه به عنوان یک موتور بهینه‌سازی برای مدیریت چند هدفه در محیط پلاگین گرسهاپر عمل می‌کند [۴۲]. در این تحقیق از این افزونه برای بهینه سازی سه هدفه استفاده شده است. عملکرد آن بر اساس الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی غیرمسلط (NSGA-II) است که در ابتدا توسط دب و آگاروال ابداع شد [۴۳]. الگوریتم NSGA-II فرآیند انتخاب الگوریتم ژنتیک را برای پرداختن به چالش‌های بهینه‌سازی چند هدفه افزایش می‌دهد.

اقلیم و معماری اقلیمی

شهر بوشهر با عرض جغرافیایی ۲۸/۹ درجه و طول جغرافیایی ۵۰/۸ درجه در جنوب غربی ایران واقع شده است. این شهر که در ارتفاع ۱۹.۶ متر از سطح دریا قرار دارد، دارای آب و هوای گرم و مرطوب است. متوسط حداقل دمای سردترین ماه بوشهر (دی و بهمن) ۱۰.۱ درجه و میانگین



شکل ۳. مدل مفهومی رابطه بین متغیرها و شاخص ها

حداکثر دمای گرمترین ماه در تیر و مرداد ۳۸.۱ درجه است. اطلاعات اقلیمی بوشهر در شکل٤ نشان داده شده است. با توجه به نمودار دمای حباب خشک، دمای هوای خشک در ماه های آبان، اسفند و فروردین (۲۲ درصد کل سال) در طول روز بین ۲۲ تا ۲۸ درجه است.

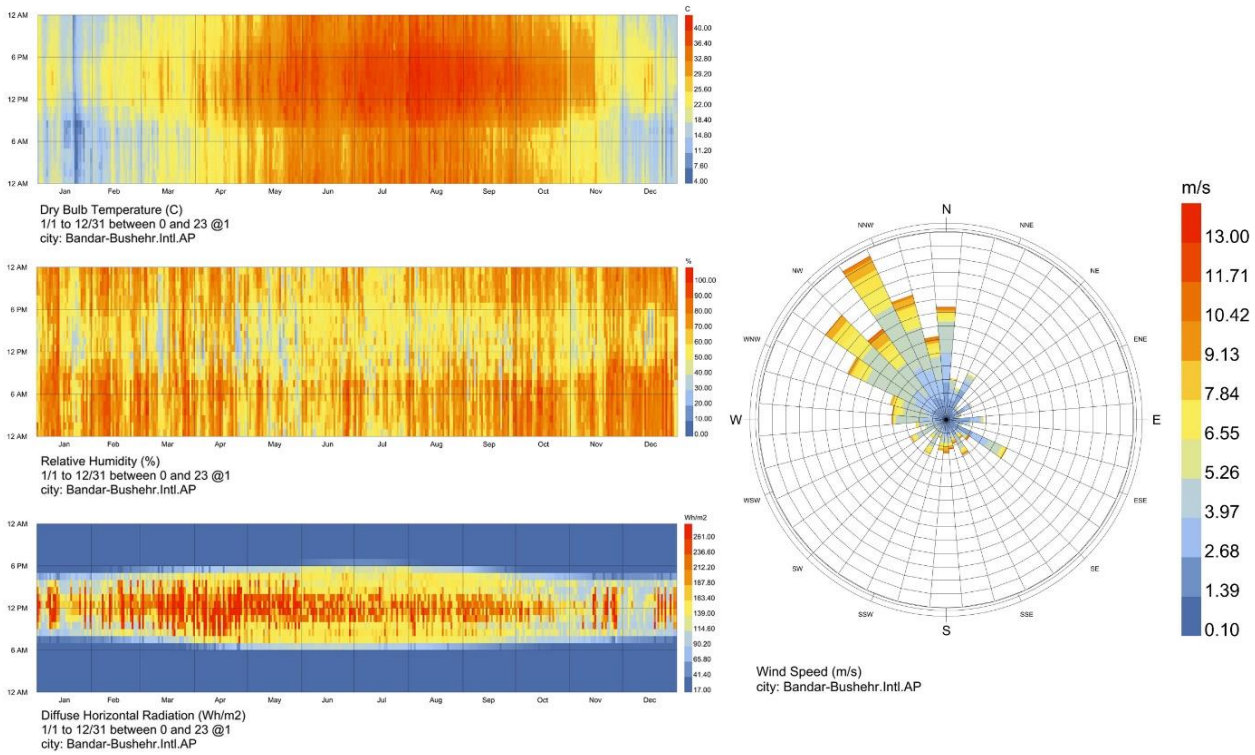
این میزان در شب کمی کاهش می یابد، اما در ٤٤ درصد از سال دما از ۲۸ درجه تا ۳۸ درجه متغیر است. مطابق شکل ٤، رطوبت نسبی بوشهر معمولاً در طول یک سال بین ۳٤ تا ۸۸ درصد متغیر است که می توان آن را در محدوده راحت تا خیلی مرطوب طبقه بندی کرد. به دلیل رطوبت نسبی زیاد در ماه های گرم سال تحمل گرما در این منطقه دشوار است. سایه، تهویه طبیعی و سیستم های تهویه مطبوع از ماه خرداد تا آبان ضروری است.

با توجه به نمودار گلباد بوشهر (شکل٤) جهت باد غالب از شمال و شمال غربی با سرعت ۵.۳ متر بر ثانیه است. این باد که نه ماه از سال را به موازات سواحل شمالی خلیج فارس می وزد، رطوبت نسبی ۵۰ درصد و دمای ۲۲ درجه دارد و در تابستان شرایط آب و هوایی را تعدیل می کند [٤٤،٤٥].

عناصر اقلیمی در معماری سنتی ایران

حیاط مرکزی یکی از ویژگی های خانه های بوشهر است. در معماری بوشهر، این فضا ابعاد کوچکتری نسبت به نواحی مرکزی ایران دارد [٤٦]. با توجه به اندازه کوچک حیاط و ارتفاع بلند دیوارهای اطراف، فضای داخل در بیشتر ایام سال سایه و خنک باقی می ماند [٤٧،٤٨]. علاوه بر این، حیاط مرکزی در معماری بوشهر علاوه بر سازماندهی فضایی، نقش حیاتی در تسهیل تهویه طبیعی با القای جریان هوای گرم به خارج از فضای ساختمان ایفا می‌کند [٤٨]. با پیکربندی فضاهای تک لایه در اطراف حیاط و گنجاندن بازشوها در دو طرف اتاق ها، هدایت و افزایش جریان هوا بین دو فضای باز شهری و حیاط امکان پذیر می شود [٤٤].

فضاهای نشیمن در اطراف حیاط مرکزی چیده شده است. معماری بوشهر به طور معمول شامل سه نوع اتاق معمولی – اتاق نشیمن، اتاق غذاخوری و اتاق خواب – با معمولاً سه، پنج یا هفت در، است. علاوه بر این نسبت عرض به طول اتاق ها به طور کلی ۱ به ۲ یا ۱ به ۳ است [٤٩]. بمنظور بهره‌گیری از نسیم دریا در مناطق مسکونی، اتاق‌های تابستانی



شکل ۴. اطلاعات آب و هوایی بوشهر

در طبقات فوقانی قرار می‌گیرند، در حالی که اتاق‌های زمستانی، که با چند بازشو کوچک مشخص می‌شوند، در طبقه همکف قرار دارند [۵۰]. علاوه بر این، فضاهای خدماتی مانند آشپزخانه، انبارها و حمام ها به دلیل رطوبت و گرما زیاد در طبقه همکف قرار دارند [۵۱]. بمنظور ایجاد شرایط آسایش حرارتی مطلوب در قسمت پایینی اتاق، ارتفاع اتاق ها در طبقه فوقانی بیشتر از حد معمول (حدود ٤ تا ٥ متر) درنظر گرفته شده است.

بازشوها نقش مهمی در هدایت جریان باد دارند و به تهویه طبیعی ساختمان ها کمک می کنند، قرار دادن بازشو در جهت باد باعث ایجاد جریان هوا در داخل اتاق ها می شود. حجم جریان هوا به تعداد و اندازه بازشوها بستگی دارد، در معماری بوشهر پنجره ها به صورت عمودی کشیده شده اند. علاوه بر جهت باد، استفاده از نور طبیعی در تعیین اندازه و جهت بازشوها بسیار مهم است. راه حل های مختلفی برای کاهش تأثیر نور مستقیم و شدید خورشید بر دهانه ها و دیوارها به کار گرفته شد که یکی از آنها سایبان های چوبی معروف به «شناشیر» است. شناشیر نوعی بالکن چوبی است که در خانه‌های بومی آب و هوایی بوشهر رایج است و معمولاً در نمای بیرونی برای سایه انداختن دیوارها و روزنه‌ها ساخته می‌شود [۵۲]. شکل ۵ نمونه هایی از شناشیر را در خانه های بوشهری بوشهر نشان می دهد. این عنصر معماری به طور موثر نور مستقیم خورشید را تنظیم می کند و در نتیجه دمای داخلی را کاهش می دهد [۵۰]. عنصر دیگری که در معماری بوشهر یافت می شود «طارمه» است که از شناشیر متمایز است. طارمه نوعی ایوان است که معمولاً در نزدیکی پلکان خانه‌های قدیمی بوشهر قرار دارد، این فضا که به عنوان یک فضای نیمه باز، فصلی و فضای انتقالی مورد استفاده قرار می گیرد، در برخی از موارد فاقد سقف طراحی شده است [٤٤].

شکل ۵. شناسیر (بایگانی مرکز اسناد اداره کل میراث) [۵۸].

استفاده از مصالح مخصوص با جرم حرارتی کم که گرما را در خود نگه نمی دارند، راه حلی کاربردی برای ساختمان ها در آب و هوای گرم و مرطوب است. چوب یکی از بهترین مواد است زیرا گرما را به آرامی منتقل می کند و گرمای جذب شده از نور خورشید روزانه را در شب از دست می دهد. به دلیل کمبود چوب و درخت در استان بوشهر، از این مصالح کمتر در ساختمان ها استفاده می شود [٤٧]. دیوارها از مواد با جرم حرارتی بالا با ضخامت زیاد (گاهی اوقات تقریباً یک متر ضخامت) برای تحمل وزن سنگین سطوح بالایی ساخته شده بودند [٤٧]، که این مسأله باعث کاهش انتقال حرارت در داخل ساختمان می شود. یکی از سنگ‌های رایج در این ساختمان‌ها سنگ‌های رسوبی مرجانی بود که به دلیل تخلخل، عایق صوتی و حرارتی خوبی بودند [٤٧].

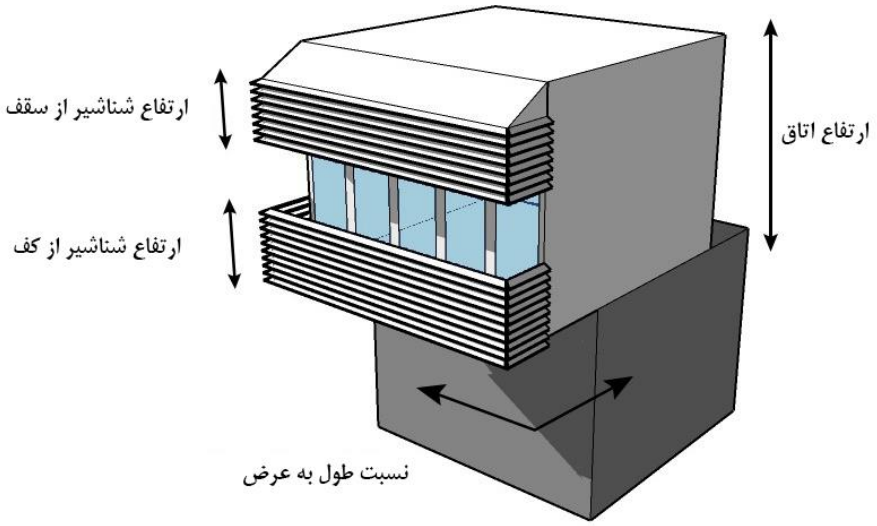
طراحی پارامتریک

در این پژوهش از رویکرد طراحی الگوریتمی برای تحلیل الگوی مناسب یک ساختمان مسکونی تک لایه طبقه دوم استفاده شده است و متغیرهایی مانند نسبت طول به عرض، ارتفاع اتاق، نسبت پنجره به دیوار و ارتفاع شناشیر مورد بررسی قرار گرفته است. در مطالعه موردی، سه مدل پلان با نسبت طول به عرض ۱:۱، ۱:۲ و ۱:۳ در نظر گرفته شد، همچنین نسبت پنجره به دیوار بین ۲۰٪ تا ٦۰٪ و ارتفاع اتاق از ۳ تا ٤ متر به عنوان متغیرهای انتخابی بررسی شده است. همچنین شناشیر با فاصله یک متر از پنجره که با تغییر ارتفاع آن در قسمت‌های بالا و پایین، به‌عنوان یکی از متغیرهای اصلی معرفی شده است. تصاویر ٦ الی ۸ پارامترهای طراحی را نشان می دهد.

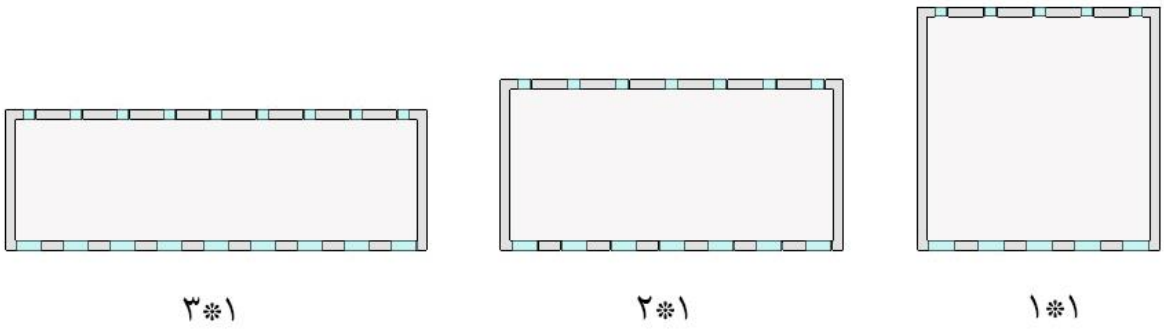
پنجره شمالی در تمامی مدل ها بدون تغییر بوده و نسبت آن به دیوار ۲۰ درصد می باشد.برای شبیه سازی از نرم افزار راینو در محیط پلاگین گرسهاپر و از دو افزونه هانی بی و لیدی باگ برای شبیه سازی نور روز و انرژی استفاده شده است.

در نهایت، بهینه‌سازی چند هدفه با استفاده از ابزار والسی با الگوریتم ژنتیک در میان اهداف طراحی ذکر شده در بالا انجام شد. هدف اصلی این مقاله به حداقل رساندن شدت مصرف انرژی (EUI) و به حداکثر رساندن روشنایی مفید نور روز (UDI)در ساختمان‌های مسکونی در بوشهر است. اتاق مورد بررسی در جهت شمال به جنوب برای دسترسی به نور خورشید بیشتر انتخاب شد. فضای اتاق به صورت پارامتریک

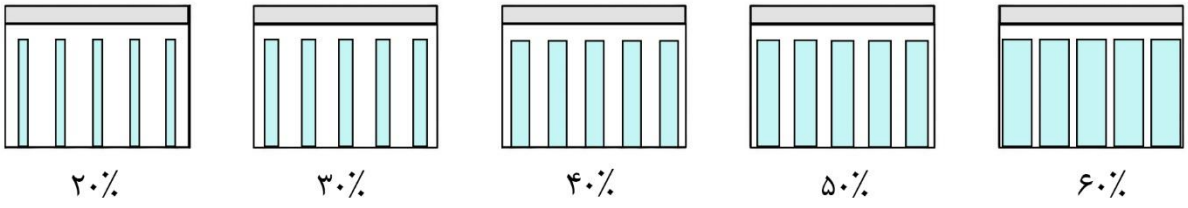
مدل‌سازی شده و ابعاد شناشیر و پنجره بر اساس سایر متغیرها بررسی می‌شوند. در نهایت عملکرد هر متغیر در رابطه با روشنایی مفید نور روز و مصرف انرژی ساختمان مورد بررسی مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۶. متغیرهای طراحی



شکل ۷. نسبت طول به عرض

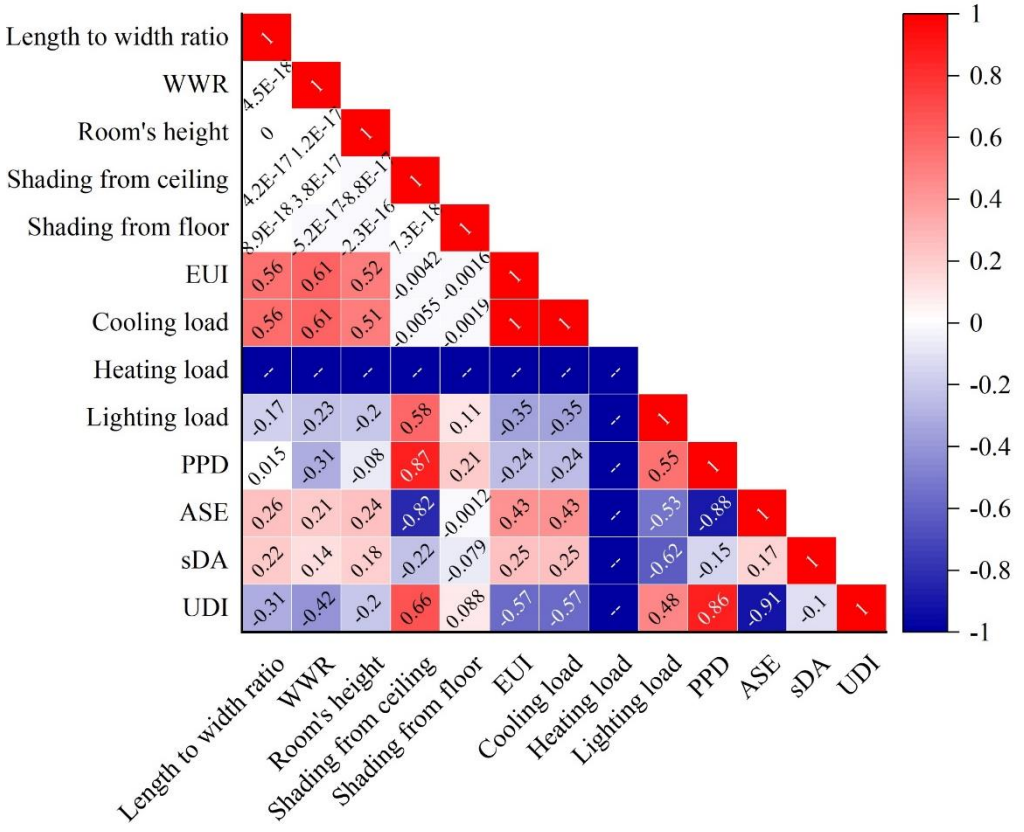


شکل ۸. نسبت پنجره به دیوار

یافته‌ها

تجزیه و تحلیل تاثیر متغیرهای مورد بررسی بر خروجی های مدنظر اهمیت قابل توجهی در ارزیابی عملکرد ساختمان دارد، زیرا امکان تشخیص اهمیت متغیرهای طراحی بر معیارهای مختلف عملکرد را امکان‌پذیر می‌سازد [۵۳]. با توجه به تعداد زیاد شاخص های عملکرد در طول فرآیند بهینه سازی، انجام یک تحلیل حساسیت منجر به درک تأثیر متغیرها بر شاخص‌های عملکرد ساختمان و به انتخاب شاخص‌های مناسب برای بهینه سازی می‌شود. در میان روش‌های مورد استفاده برای تحلیل حساسیت، ضریب همبستگی پیرسون به طور گسترده ای برای تشخیص همبستگی بین متغیرها استفاده می شود. همانطور که در شکل۹ نشان داده شده است، ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرها برای ارائه یک نمای کلی آماری از مجموعه داده محاسبه شد. رنگ ها و مقادیر R در نمودار نشان دهنده بزرگی و جهت همبستگی بین متغیرها و شاخص‌ها هستند. مقادیر R همبستگی خطی بین این متغیرها را نشان می دهد. نمودار نقشه حرارتی به صورت بصری روابط بین پارامترها را نشان می دهد. قرمز نشان دهنده اثر مثبت (+۱) و آبی نشان دهنده اثر منفی (−۱) است. با توجه به شکل۹، هیچ همبستگی قابل توجهی (R> 0.7) به جز ارتفاع شناشیر بین متغیرها مشاهده نمی‌شود. نتایج بیانگر تاثیر ناچیز متغیرها بر بار گرمایش و اهمیت ارتفاع بالای شناشیر بر میزان بار روشنایی است

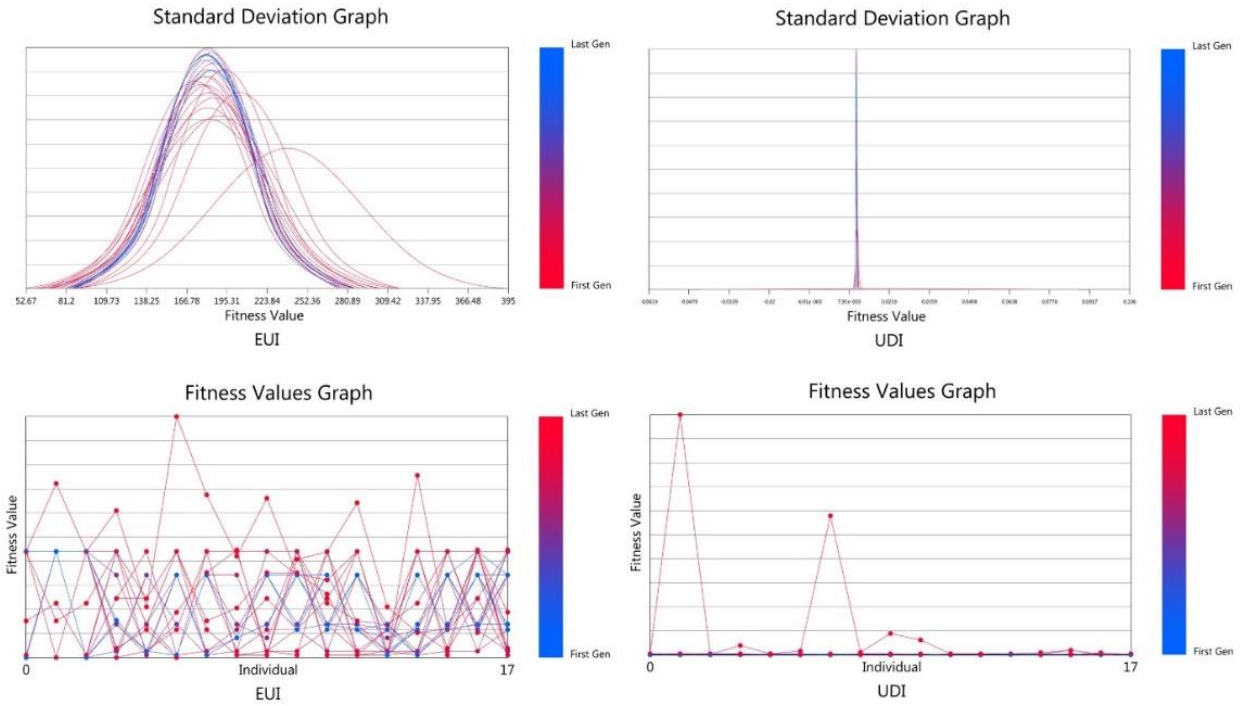
.



شکل ۹. آنالیز حساسیت

بهینه‌سازی

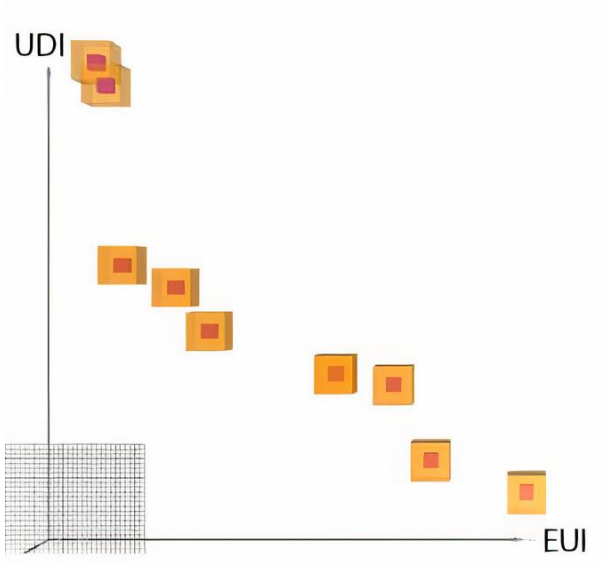
این تحقیق به بهینه‌سازی الگوهای اقلیمی معماری مسکونی بوشهر می‌پردازد. بدین منظور الگوریتم ژنتیک[1] (NSGA-II) برای انجام بهینه‌سازی‌های چندهدفه با استفاده از ابزار والسی انتخاب شده است. این فرآیند برای بررسی شاخص‌های بهینه بمنظور به حداقل رساندن مصرف انرژی و به حداکثر رساندن استفاده از روشنایی مفید نور روز انجام شده است. نمودار انحراف استاندارد در شکل ۱۰ نسل اول (قرمز) و آخرین نسل (آبی) را نمایش می‌دهد. نمودار انحراف استاندارد برای همه ژنوم ها به طور جداگانه برای هر هدف بهینه‌یابی رسم شده است که این نمودار توزیع مقادیر حول میانگین را نشان می دهد. هنگامیکه انحراف استاندارد کم است، نشان می‌دهد که بیشتر مقادیر حول میانگین دسته‌بندی می‌شوند و تنوع کمتری در اهداف بهینه‌سازی وجود دارد، در حالی که انحراف استاندارد بالا نشان‌دهنده تنوع بیشتر در مقادیر شاخص‌ها است. هدف این نمودار ارائه و تجزیه و تحلیل میزان تغییرات برای هر نسل در جمعیت و همچنین بررسی میزان تحرک نسل‌ها در طول شبیه سازی‌ها به سمت عملکرد بهتر است [٥٤]. شکل ۱۰ روند پایداری اهداف طراحی برای نسل‌های گذشته در طول فرآیند بهینه‌سازی نمایش می‌دهد. تغییرات نور روز در ژنوم‌های مختلف تحت بررسی ناچیز است، به این معنی که ژنوم‌های اولیه و بهینه شده به یکدیگر نزدیک هستند و نسل‌های اولیه در محدوده مناسب نور روز قرار دارند. با این حال، در نمودار مصرف انرژی داده‌ها پراکنده هستند، اما در نهایت نسل‌های نهایی به میانگین شبیه سازی نزدیک می‌شوند.



شکل ۱۰. نمودار انحراف معیار

[1] Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II

در بخش دوم، نمودار روند الگوریتم ژنتیک ارائه شده است؛ در این نمودار هر نسل با یک خط چین نشان داده می‌شود که هر نقطه نشان دهنده ژنوم آن نسل است که ژنوم‌های اولیه به رنگ آبی و ژنوم های نهایی قرمز هستند. این نمودار مقادیر بهینه را برای هر هدف طراحی به طور مستقل در کل جمعیت نشان می دهد. هدف این نمودار تجسم نحوه عملکرد راه حل ها در رابطه با یکدیگر، هم در هر نسل و هم در کل جمعیت است [٥٤]. پس از بهینه سازی دو هدفه توسط الگوریتم ژنتیک، بهترین ژنوم ها بر اساس اهداف طراحی، از ٦٨٠ مورد بررسی شده با استفاده از جبهه پارتو انتخاب شدند. شکل ١١ راه حل‌های بهینه پارتو را نشان می‌دهد همچنین جدول ١ جزئیات اطلاعات راه حل‌های بهینه را ارائه کرده است. در تمام موارد بهینه، انرژی کل از ١٤١.٦ تا ٢٣٤.٣ کیلووات ساعت بر متر مربع و روشنایی مفید نور روز بین ٩٣.١٪ و ٩٦.٩٪ متغیر بوده است. با بررسی مقادیر بهینه شده، مشخص شد که به علت تنوع در متغیرهای پاسخ‌ها انتخاب راه حل قطعی در این مرحله غیرممکن است. با این حال، نسبت طول به عرض ١:١ و ١:٢ در بین راه حل ها رایج‌تر است. نتایج نشان می دهد که افزایش طول به سمت جنوب به دلیل افزایش جذب تابش خورشیدی منجر به استفاده از سیستم های تهویه و در نتیجه افزایش مصرف انرژی می شود. علاوه بر این، با توجه به استفاده از سیستم های مکانیکی برای گرمایش و سرمایش، مطالعات نشان می دهد که افزایش ارتفاع اتاق منجر به افزایش فضای اتاق و مصرف انرژی می شود. در این تحقیق، مطابق با یافته های مرجع [٢٩] تایید شد که افزایش ارتفاع اتاق با توجه به سیستم های کاربردی معاصر، مزایای قابل توجهی را ارائه نمی دهد. علاوه بر این، به دلیل نور فراوان خورشید در مدل‌های بهینه شده، معمولاً مدل‌هایی انتخاب می‌شوند که ارتفاع قسمت بالایی ارتفاع شناشیر از ٠.٨ متر تا ١.٦ متر باشد. بمنظور انتخاب پاسخ نهایی از بررسی خیرگی سالانه نمونه های منتخب استفاده شد. این شاخص که به معنای میانگین احتمال تابش خیره کننده در هر ساعت از سال است، با بررسی مدل‌های بهینه شده برای ارزیابی کنترل تابش نور با استفاده از شاخص احتمال تابش نور روز (DGP) محاسبه شده، تعیین می شود.



شکل١١. پاسخ های بهینه

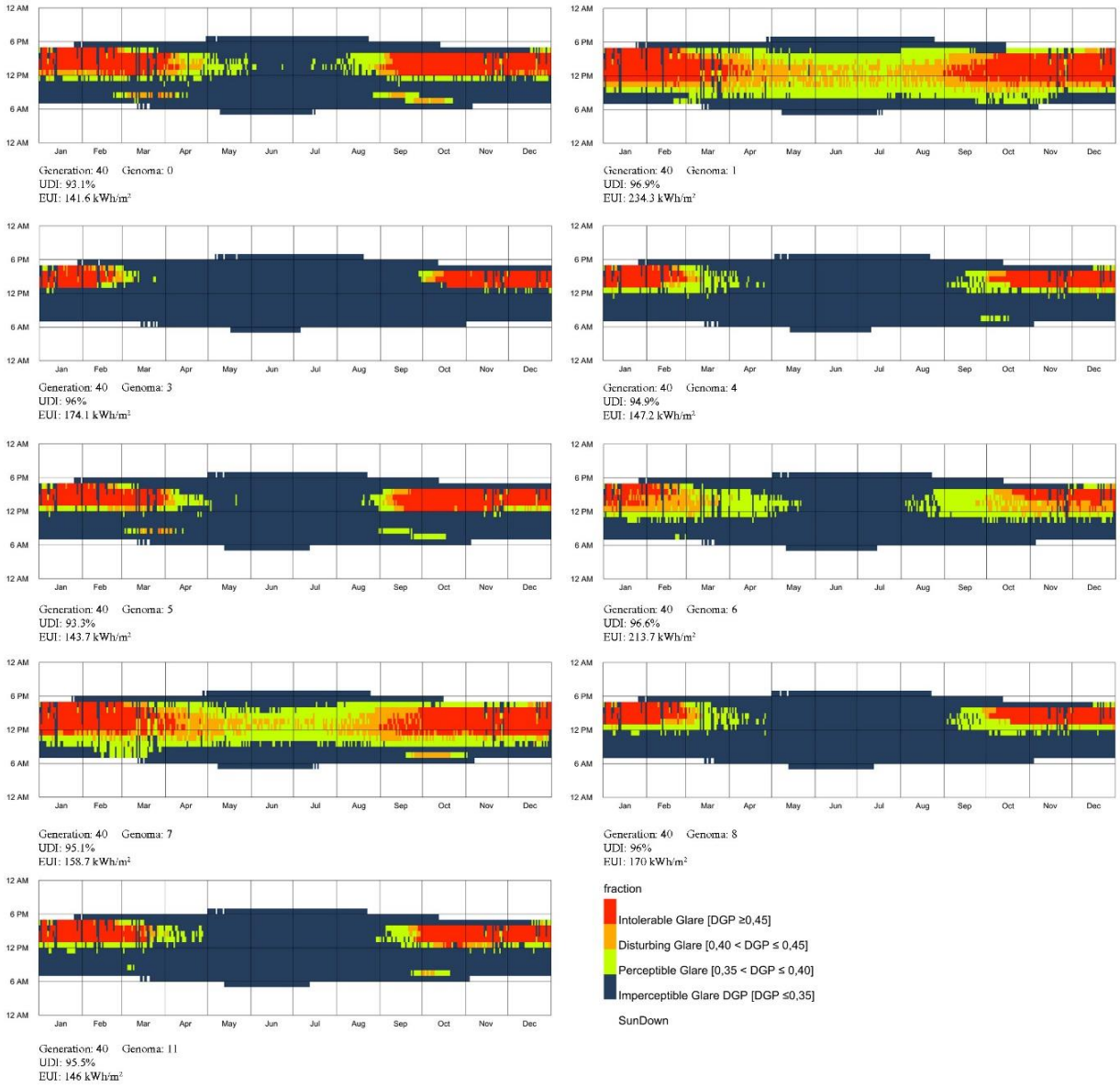
جدول ۱. جزئیات پاسخ های بهینه انتخاب شده

نسل	ژنوم	نسبت پنجره به دیوار	ارتفاع شناشیر		ارتفاع اتاق	نسبت طول به عرض	EUI (kwh/m²)	UDI (%)
			ارتفاع از سقف	ارتفاع از کف				
۴۰	۰	۲۰٪	۰	۰	۳	۱*۱	۱۴۱.۶	۹۳.۱
۴۰	۱	۴۰٪	۱.۶	۰	۴	۱*۱	۲۳۴.۳	۹۶.۹
۴۰	۳	۲۰٪	۰.۸	۱	۳	۲*۱	۱۷۴.۱	۹۶
۴۰	۴	۲۰٪	۰.۸	۰	۳	۱*۱	۱۴۷.۲	۹۴.۹
۴۰	۵	۲۰٪	۰	۱	۳	۱*۱	۱۴۳.۷	۹۳.۳
۴۰	۶	۳۰٪	۱.۶	۰	۴	۱*۱	۲۱۳.۷	۹۶.۶
۴۰	۷	۳۰٪	۰.۸	۰	۳	۱*۱	۱۵۸.۷	۹۵.۱
۴۰	۸	۲۰٪	۰.۸	۰	۳	۲*۱	۱۷۰	۹۶
۴۰	۱۱	۲۰٪	۰.۸	۰	۳.۵	۱*۱	۱۴۶	۹۵.۵

شکل ۱۲ تابش خیره کننده سالانه در فضای داخلی اتاق را در طول روزهای سال نشان می دهد.طبق شکل ۱۲، ژنوم ۱ و ژنوم ۷ بالاترین سطح تابش نور را در طول سال دارند؛ این مسأله ثابت می‌کند که حتی با استفاده از شناشیر به عنوان سایه بان، نسبت بازشو به سطح دیوار نباید افزایش یابد. ژنوم ۳ بهترین عملکرد را در خروجی های نهایی در بین نمونه های مورد بررسی دارد. بنابراین با انتخاب نسبت پلان ۱:۲، ارتفاع شناشیر از سقف ۰.۸، ارتفاع از کف ۱ متر و نسبت پنجره به دیوار ۲۰ درصد به عنوان مدل بهینه انتخاب شد. مصرف انرژی این مدل ۱۷٤.۱ کیلووات ساعت بر متر مربع و روشنایی مفید نور روز ۹٦ درصد است.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت روزافزون طراحی پایدار و افزایش تقاضای انرژی ساختمان‌ها، عناصر غیرفعال برای بهبود شرایط داخلی توجه بیشتری را به خود جلب کرده‌اند. میراث معماری هر منطقه جوهر فرهنگ، سازگاری با آب و هوا و نیازهای ساکنان آن را در بر می‌گیرد. کاوش در شیوه های معماری تاریخی منبعی قوی برای اصلاح معماری معاصر است. اقلیم گرم و مرطوب از جمله شرایط آب و هوایی سخت است که بهره‌گیری از عناصر اقلیمی در طراحی ساختمان در چنین مناطقی را ضروری می کند. بوشهر به دلیل مشخصات اقلیمی متمایز خود، میزان مصرف انرژی بالاتری نسبت به سایر نقاط کشور دارد در حالی که معماری تاریخی بوشهر الگوهای بومی متنوعی برای بهبود شرایط داخلی دارا است. در این تحقیق تلاش شده است تا این مولفه ها را برای معماری معاصر کارآمدتر ارزیابی و بهینه یابی انجام شود. متغیرهای این پژوهش شامل نسبت طول به عرض اتاق، نسبت پنجره به دیوار، ارتفاع اتاق و بهره‌گیری از شناشیر است. همچنین، مصرف انرژی اتاق و روشنایی مفید نور روز به عنوان اهداف کلیدی برای بهینه سازی فضا شناسایی شدند. الگوریتم ژنتیک که در نرم افزار راینو با پلاگین گرسهاپر برای بهینه یابی شاخص ها پیاده سازی شد و توسط جبهه پارتو پاسخ‌های منتخب برگزیده شد. نتایج شبیه‌سازی تأثیر هر یک از متغیرها را در دستیابی به اهداف طراحی روشن می‌کند و بینش‌های ارزشمندی را برای تلاش‌های طراحی آینده ارائه می‌دهد. در



شکل۱۲. تجزیه و تحلیل تابش خیره کننده سالانه راه حل های بهینه

مرحله اول رابطه بین پارامترها و خروجی ها مورد بررسی قرار گرفت. مطابق شکل ۹ مهمترین متغیر در ایجاد آسایش بصری، ارتفاع شناشیر از سقف است. با افزایش ارتفاع شناشیر، ASE کاهش و UDI افزایش می یابد. بدین معنی که با طراحی بخش بالایی شناشیر از تشعشع اضافی جلوگیری می شود و تابش نور خورشید در حد مناسب (بین ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس) قرار می‌گیرد. برای بهبود نور روز در فضاهای داخلی، نسبت پنجره به دیوار در رتبه دوم اهمیت قرار دارد و پس از آن نسبت طول به عرض اتاق اهمیت دارد. برای بررسی مصرف انرژی، نسبت پنجره به دیوار به عنوان مهمترین متغیر شناخته شد.

با افزایش نسبت پنجره به دیوار، با وجود کاهش بار روشنایی به دلیل افزایش بار سرمایش مصرف انرژی افزایش می یابد.

بنابراین با وجود اینکه شناشیر می تواند نور بیش از حد خورشید را کنترل کند و امکان استفاده از پنجره های بزرگتر فراهم شود، به دلیل افزایش مصرف انرژی امکان پذیر نمی-باشد. عامل بعدی که بر مصرف انرژی تأثیر می گذارد، کشیدگی پلان در جهت جنوب است. هر چه طول پلان در جهت جنوب بیشتر باشد، جذب گرمای خورشیدی و نیاز به سرمایش بیشتر است. بنابراین اگرچه طویل شدن پلان تهویه طبیعی را آسان می کند، اما استفاده همزمان با سیستم های مکانیکی توصیه نمی شود. با وجود اینکه در معماری سنتی بومی، معماران بمنظور بهبود آسایش حرارتی ارتفاع اتاق را برای هدایت جریان هوای گرم به سمت بالا افزایش میدادند، در دوران معاصر با ظهور سیستم‌های مکانیکی با افزایش ابعاد اتاق‌ها و منجر به افزایش به فضاهای داخل نیاز بیشتر به تهویه هوا و در نتیجه افزایش مصرف انرژی می‌شود. علاوه بر این، افزایش ارتفاع اتاق در سمت جنوب منجر به افزایش جذب تابش نور خورشید می شود. بنابراین افزایش ارتفاع دیوار در شیوه های معماری فعلی به دلیل افزایش مصرف انرژی توصیه نمی‌شود. مطابق شکل ۹ استفاده از شناشیر بر کنترل مصرف انرژی تأثیری ندارد.

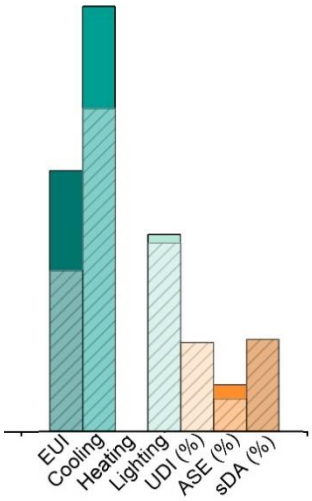
با توجه به نمودار شکل ۱۰، شرایط آسایش بصری در اکثر مدل ها مطلوب است. اما میزان مصرف انرژی در نمودار پراکندگی زیادی دارد، بنابراین مدیریت انرژی به عنوان حیاتی ترین چالش طراحی در این اقلیم شناسایی شد. این موضوع در پاسخ های بهینه انتخابی پارتو نیز مشاهده می شود. در این نمونه‌ها مصرف انرژی در پاسخ‌های بهینه از ۱٤۱.٦ کیلووات ساعت بر متر مربع تا ۲۳٤.۳ کیلووات ساعت بر متر مربع متغیر است. در این پژوهش اهمیت استفاده از شناشیر در تامین آسایش بصری مورد تاکید قرار گرفت. در بیشتر ساختمان‌های سنتی بوشهر، شناشیر غالبا در ضلع شمالی و شمال غربی قرار گرفته اند تا با پوشاندن بازشوها و امکان باز بودن پنجره ها فراهم شود و نسیم دریا را به داخل هدایت می‌کند. با این حال طبق نتایج علاوه بر تهویه طبیعی، کنترل جذب گرمای خورشیدی بسیار مهم است. شناشیر به دلیل اینکه از چوب ساخته شده است و رسانای حرارتی ضعیف است استفاده از آن برای پنجره هایی که در معرض نور مستقیم خورشید هستند توصیه می شود.

در این پژوهش به بررسی راهکارهای اقلیمی در معماری شهر بوشهر با آب و هوای گرم و مرطوب و ارزیابی کارایی آن‌ها بمنظور بازطراحی در معماری پایدار معاصر انجام شد. این پژوهش با کاوش در میراث معماری منطقه و بهره‌گیری از شیوه های تاریخی، بینش ارزشمندی را برای بهینه سازی طرح‌های معاصر ارائه کرده است و نتایج بر نقش حیاتی عناصر معماری غیرفعال در بهبود شرایط داخلی در این اقلیم تاکید می‌کند. در ابتدا با تمرکز بر الگوهای معماری سنتی بوشهر متغیرهای اصلی مشخص شد و توسط الگوریتم ژنتیک با هدف کنترل مصرف انرژی اتاق و تأمین روشنایی مفید نور روز فرآیند بهینه‌سازی انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که ارتفاع مناسب شناشیر برای تأمین آسایش بصری و کنترل خیرگی حیاتی است.

همچنین نسبت پنجره به دیوار و نسبت طول به عرض اتاق به طور قابل توجهی بر راحتی بصری فضای داخلی تأثیر می گذارد. توجه به این نکته مهم است که در حالی که پنجره های بزرگتر ممکن است نور طبیعی را افزایش دهند، اما به دلیل افزایش در مصرف انرژی استفاده از آن توصیه نمی‌شود. علاوه بر این، کشیدگی اتاق ها در جهت جنوب با وجود اینکه تهویه طبیعی را تسهیل می کند منجر به جذب بیشتر گرمای خورشید و افزایش نیاز به سرمایش میشود، که این امر افزایش مصرف انرژی مکانیکی را در بر دارد. همچنین افزایش ارتفاع اتاق به دلیل افزایش فضای داخلی و تاثیر مستقیم بر مصرف انرژی توصیه نمی‌شود. با توجه به راه حل-های بهینه که توسط جبهه پارتو مشخص شد، مصرف انرژی بین نمونه های منتخب بازه بزرگی دارد که بیان کننده نقش

حیاتی مدیریت انرژی در این اقلیم است. در الگوهای سنتی معماری بوشهر شناشیر غالبا در جهت نسیم دریا و تهویه طبیعی قرار گرفته اند اما با اثبات اهمیت آن در تامین آسایش بصری و کنترل جذب گرمای خورشیدی برای سایر پنجره‌ها توصیه می‌شود. استفاده از مواد با رسانایی حرارتی پایین برای شناشیر به ویژه در مناطقی که در معرض نور مستقیم خورشید هستند، بسیار توصیه می شود. نتایج تحقیق نشان داد که اگرچه تهویه طبیعی در معماری سنتی این اقلیم اهمیت دارد، اما امروزه به دلیل استفاده از سیستم‌های مکانیکی، کاهش جذب گرمای خورشیدی به مهم ترین هدف تبدیل گشته است. با مقایسه مدل اولیه و نمونه بهینه شده مشخص شد با UDI و sDA ثابت ASE ۱۶ درصد کاهش می‌یابد. همچنین EUI ۱۰۹ کیلووات ساعت بر مترمربع کاهش می‌یابد که این مقدار با وجود صفر بودن انرژی گرمایش و تنها ۱۰ کیلووات ساعت کاهش بار روشنایی به دلیل ٤٢٦٠٥١ کیلووات ساعت کاهش انرژی سرمایش است. نمودار ۱ مقایسه نتایج نمونه اولیه و نهایی را نشان می‌دهد.

به طور خلاصه، این تحقیق تأثیر متقابل پیچیده عناصر معماری، ملاحظات آب و هوایی و بهره وری انرژی را در دستیابی به شرایط بهینه داخل ساختمان در اقلیم گرم و مرطوب بوشهر تمرکز دارد. این امر نیاز به رویکردی دقیق در طراحی را با توجه به چالش‌های منحصر به فرد اقلیم بوشهر است. معماران و طراحان با استفاده از گنجینه الگوهای سنتی و بهره‌گیری از فناوری‌های معاصر، پتانسیل ایجاد فضاهایی را دارند که نه تنها از نظر بصری راحت باشند، بلکه از نظر انرژی کارآمد و از نظر زیست محیطی پایدار نیز باشند. بررسی شهرهایی با شرایط اقلیمی یکسان و عرض های جغرافیایی متفاوت برای ایجاد استانداردهای طراحی در این اقلیم برای تحقیقات آتی توصیه می شود.



نمودار۱ . مقایسه نتایج نمونه اولیه و نهایی

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل مطالعات نویسنده اول در کلاس های درس اساتید به ویژه نویسندگان دوم و سوم است. بدین وسیله از زحمات دکتر منصور یگانه و دکتر خسرو دانشجو که کلاس هایشان در بهبود این مطالعه نقش قابل توجهی داشته است، تشکر و قدردانی می شود.

تاییدیه‌های اخلاقی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان در مقاله

نویسنده اول، تهیه متن اولیه، تهیه محتوای علمی و تحقیق میدانی ۵۰٪، نویسنده دوم، ایده پردازی و تهیه کانسپت پژوهش اولیه مقاله ۳۰٪، و نویسنده سوم با کنترل ارجاعات، تحلیل ادبیات موضوع و کنترل تحلیل های کمی و کیفی پژوهش ۲۰٪.

منابع مالی/حمایت‌ها

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

فهرست منابع

1. Dormohamadi M, Tahbaz M, Velashjerdi Farahani A. Performance evaluation of a single-side windcatcher in the transitional seasons (case study: Khousf town, southern Khorasan Province, Iran). International Journal of Building Pathology and Adaptation. 2023 Feb 14. https://doi.org/10.1108/IJBPA-01-2022-0002

1.

2. Medlock III KB, Soligo R. Economic development and end-use energy demand. The Energy Journal. 2001 Apr;22(2):77-105. https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol22-No2-4

3. Moshiri S, Atabi F, Hassan Panjehshahi M, Lechtenböehmer S. Long run energy demand in Iran: a scenario analysis. International Journal of Energy Sector Management. 2012 Apr 6;6(1):120-44. https://doi.org/10.1108/17506221211216571

4. Nasrollahi N, Hatami M, Khastar SR, Taleghani M. Numerical evaluation of thermal comfort in traditional courtyards to develop new microclimate design in a hot and dry climate. Sustainable cities and society. 2017 Nov 1;35:449-67. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.017

5. Roshan GR, Orosa JA, Nasrabadi T. Simulation of climate change impact on energy consumption in buildings, case study of Iran. Energy Policy. 2012 Oct 1;49:731-9. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.020

6. Brahmand Zadeh D, Rezaei Ghahroodi Z. Investigating the trend of changes in power consumption in different sectors during the period from 2001 to 2012. Srtc-amar. 2014;2:29-33. [Persian]. Available at: http://amar.srtc.ac.ir/article-1-124-fa.html

7. Dili AS, Naseer MA, Varghese TZ. Passive control methods for a comfortable indoor environment: Comparative investigation of traditional and modern architecture of Kerala in summer. Energy and Buildings. 2011 Feb 1;43(2-3):653-64. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.11.006

8. Priya RS, Sundarraja MC, Radhakrishnan S, Vijayalakshmi L. Solar passive techniques in the vernacular buildings of coastal regions in

energy. 2014 Oct 1;130:20-32. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.05.035

18. Taleb HM. Natural ventilation as energy efficient solution for achieving low-energy houses in Dubai. Energy and buildings. 2015 Jul 15;99:284-91. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.019

19. Taleb HM. Using passive cooling strategies to improve thermal performance and reduce energy consumption of residential buildings in UAE buildings. Frontiers of architectural research. 2014 Jun 1;3(2):154-65. https://doi.org/10.1016/j.foar.2014.01.002

20. Masoumi HR, Nejati N, Ahadi AA. Learning from the heritage architecture: Developing natural ventilation in compact urban form in hot-humid climate: Case study of Bushehr, Iran. International Journal of Architectural Heritage. 2017 Apr 3;11(3):415-32. https://doi.org/10.1080/15583058.2016.1238971

21. Nikghadam N. Patterns of semi-open spaces in vernacular houses of Dezful, Bushehr and Bandar-e-Lenge considering climate atributes. Honar-Ha-Ye-Ziba: Memary Va Shahrsazi. 2013 Sep 23;18(3):54-69. [Persian]. https://doi.org/10.22059/jfaup.2013.51319

22. Rajapaksha I, Nagai H, Okumiya M. A ventilated courtyard as a passive cooling strategy in the warm humid tropics. Renewable energy. 2003 Sep 1;28(11):1755-78. https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00012-0

23. Saligheh E, Saadatjoo P. Impact of central courtyard proportions on passive cooling potential in hot and humid regions (case study: single-story buildings in Bandar Abbas). Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2020 Sep 10;10(2):137-52. [Persian]. Available at: http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-40649-en.html

24. Toe DH, Kubota T. Comparative assessment of vernacular passive cooling techniques for improving indoor thermal comfort of modern terraced houses in hot–humid climate of Malaysia. Solar energy. 2015 Apr 1;114:229-58. https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.01.035

25. Chandel SS, Sharma V, Marwah BM. Review of energy efficient features in vernacular architecture for improving indoor thermal comfort conditions. Nagapattinam, TamilNadu-India–a qualitative and quantitative analysis. Energy and Buildings. 2012 Jun 1;49:50-61. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.033

9. Singh MK, Mahapatra S, Atreya SK. Bioclimatism and vernacular architecture of north-east India. Building and Environment. 2009 May 1;44(5):878-88. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.06.008

10. Motealleh P, Zolfaghari M, Parsaee M. Investigating climate responsive solutions in vernacular architecture of Bushehr city. HBRC journal. 2018 Aug 1;14(2):215-23. https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2016.08.001

11. Kimura KI. Vernacular technologies applied to modern architecture. Renewable energy. 1994 Aug 1;5(5-8):900-7. https://doi.org/10.1016/0960-1481(94)90110-4

12. Hacene B, Chabane Sari NE, Amara S. Conception of a passive and durable house in Tlemcen (North Africa). Journal of Renewable and Sustainable Energy. 2011 May 1;3(3). https://doi.org/10.1063/1.3588132

13. Scognamiglio A, Garde F, Røstvik HN. How net zero energy buildings and cities might look like? new challenges for passive design and renewables design. Energy Procedia. 2014 Jan 1;61:1163-6. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.11.1044

14. Tzikopoulos AF, Karatza MC, Paravantis JA. Modeling energy efficiency of bioclimatic buildings. Energy and buildings. 2005 May 1;37(5):529-44. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.09.002

15. Aldossary NA, Rezgui Y, Kwan A. Domestic energy consumption patterns in a hot and humid climate: A multiple-case study analysis. Applied Energy. 2014 Feb 1;114:353-65. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.09.061

16. Huang KT, Hwang RL. Future trends of residential building cooling energy and passive adaptation measures to counteract climate change: The case of Taiwan. Applied Energy. 2016 Dec 15;184:1230-40. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.11.008

17. Oropeza-Perez I, Østergaard PA. Energy saving potential of utilizing natural ventilation under warm conditions–A case study of Mexico. Applied

Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016 Nov 1;65:459-77. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.038

26. Chi DA. An approach to determine specific targets of daylighting metrics and solar gains for different climatic regions. Journal of Daylighting. 2021 Jan 5;8(1):1-9. https://dx.doi.org/10.15627/jd.2021.1

27. Nourkojouri H, Shafavi NS, Tahsildoost M, Zomorodian ZS. Development of a machine-learning framework for overall daylight and visual comfort assessment in early design stages. Journal of Daylighting. 2021 Nov 29;8(2):270-83. https://dx.doi.org/10.15627/jd.2021.21

28. Nikghadam N. The effect of wind and sun on modulating the heating conditions of Bushehr houses Case Study: Golshan House. Iranian Journal of Architecture & Urbanism. 2016;12:29-46. [Persian]. https://doi.org/10.30475/isau.2017.62028

29. Lotfabadi P, Hançer P. A comparative study of traditional and contemporary building envelope construction techniques in terms of thermal comfort and energy efficiency in hot and humid climates. Sustainability. 2019 Jun 28;11(13):3582. https://doi.org/10.3390/su11133582

30. Radiance. 2021 [Available from: http://radsite.lbl.gov/radiance/.

31. EnergyPlus. 2021 [Available from: https://energyplus.net/.

32. Rhinoceros. 2021 [Available from: http://www.rhino3d.com/.

33. Grasshopper. 2021 [Available from: http://www.grasshopper3d.com/.

34. Roudsari MS, Pak M. Ladybug: a parametric environmental plugin for grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design. Available at: https://www.aivc.org/resource/ladybug-parametric-environmental-plugin-grasshopper-help-designers-create-environmentally

35. Council UG. LEED reference guide for building design and construction. US Green Building Council; 2013. Available at: https://www.usgbc.org/resources/leed-reference-guide-building-design-and-construction

36. archecology. Daylight Credit – LEED v4. 2017; [Available from: https://www.archecology.com/2017/03/15/daylight-credit-leed-v4/.

37. Nabil A, Mardaljevic J. Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. Lighting Research & Technology. 2005 Mar;37(1):41-57. https://doi.org/10.1191/1365782805li128oa

38. Santos L, Leitão A, Caldas L. A comparison of two light-redirecting fenestration systems using a modified modeling technique for Radiance 3-phase method simulations. Solar energy. 2018 Feb 1;161:47-63. https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.12.020

39. Fang J, Zhao Y, Tian Z, Lin P. Analysis of dynamic louver control with prism redirecting fenestrations for office daylighting optimization. Energy and Buildings. 2022 May 1;262:112019. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112019

40. Vignani E. Rhino-Grasshopper EnergyPlus Interfaces. Development of simple input compiler to study technological strategies for low-energy buildings (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino). Available at: http://webthesis.biblio.polito.it/id/eprint/23288

41. Nasrollahzadeh N. Comprehensive building envelope optimization: Improving energy, daylight, and thermal comfort performance of the dwelling unit. Journal of Building Engineering. 2021 Dec 1;44:103418. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103418

42. Makki M, Showkatbakhsh M, Tabony A, Weinstock M. Evolutionary algorithms for generating urban morphology: Variations and multiple objectives. International Journal of Architectural Computing. 2019 Mar;17(1):5-35. https://doi.org/10.1177/1478077118777236

43. Deb K, Pratap A, Agarwal S, Meyarivan TA. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. IEEE transactions on evolutionary computation. 2002 Apr;6(2):182-97. https://doi.org/10.1109/4235.996017

44. Ranjbar E, Pourjafar M, Khaliji K. Innovations in climatic designing due to the wind flowing through the old Bushehr. The Monthly Scientific Journal of Bagh-E Nazar. 2010 Mar

Architecture & Urban Planning. 2018 Feb 20;22(4):93-105 [Persian]. https://doi.org/10.22059/jfaup.2018.229533.671660

50. Watson D. Climatatic design: Energy efficient building principles and practices. Available at: https://www.osti.gov/biblio/6472067

51. Mozafari N, Alimardani M. Climate Adaptability of Old and New House in Bushehr's Historical Texture. Civil and Environmental Engineering. 2020 Dec;16(2):249-58. https://doi.org/10.2478/cee-2020-0024

52. Bahrani H, Sepehri Ahrami A. Recognizing and determining the existence reason and functional role of senasir in the historical context of Bushehr. The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar. 2018 Mar 21;15(58):77-88. Available at: https://www.bagh-sj.com/article_59579_en.html

53. Shen H, Tzempelikos A. Sensitivity analysis on daylighting and energy performance of perimeter offices with automated shading. Building and environment. 2013 Jan 1;59:303-14. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.08.028

54. Makki M, Showkatbakhsh M, Song Y. Wallacei Primer 2.0. Online]. Tratto da www. wallacei. com. 2019.

1;7(13):17-34. Available at: https://www.bagh-sj.com/article_23_en.html

45. Shaeri J, Habibi A, Yaghoubi M, Chokhachian A. The optimum window-to-wall ratio in office buildings for hot–humid, hot–dry, and cold climates in Iran. Environments. 2019 Apr 16;6(4):45. https://doi.org/10.3390/environments6040045

46. Hedayat A, Tabaian SM. The survey of elements forming houses and their reasons in the historical fabric of Bushehr. Journal of Architecture in Hot and Dry Climate. 2015 Sep 23;3(3):35-52. [Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.26453711.1394.3.3.3.2

47. Ghobadian V. Climatic study of traditional Iranian buildings. Tehran: University of Tehran Press [Persian]. 1997. Available at: https://sauc.ir/en/books/

48. Deb K. Multi-objective optimisation using evolutionary algorithms: an introduction. InMulti-objective evolutionary optimisation for product design and manufacturing 2011 Sep 3 (pp. 3-34). London: Springer London. https://doi.org/10.1007/978-0-85729-652-8_1

49. Shaeri J, Yaghoobi M, Aliabadi M, Vakilinazhad R. Experimental study of temperature, relative humidity and wind speed of traditional houses at hot and humid climate of Iran (Case study: Tabib and Nozari houses in Bushehr). Journal of Fine Arts: