

Evaluation of the Relationship between the Orientation of the Seasonal Spaces in Yazd Houses and Received Solar Energy and the Building's Thermal Load

Azam Noroozi^{1*}

Received: 2024/12/03

Revised: 2025/01/17

Accepted: 2025/05/17

Published: 2026/01/21

Highlights

- One of the architectural features of the past for improving building conditions and reducing energy consumption has been the orientation according to climatic factors weather features and seasonal migration in the houses.
- In traditional houses, the part of the house that receives the winter sun and is warmer is called the winter room, and the part that is shaded and cooler in the summer is called the summer room. Therefore, one of the effective factors in the orientation of these spaces is the amount of solar radiation they receive.
- According to what was investigated, perhaps in addition to the amount of solar radiation, other factors have also been effective in the orientation of seasonal spaces. These factors include the four-sided nature of the buildings surrounding the courtyard, social, cultural, and climatic factors such as favorable or unfavorable wind direction, which can be examined.

Extended Abstract

Introduction

One of the most critical architectural challenges in hot and dry climates is the significant temperature difference during the day and night and the hot and cold months due to low humidity. There have been different solutions to balance the temperature and provide comfort at different times in the traditional architecture of Iran. The features of traditional architecture for the use of solar energy are the orientation of the building according to climatic factors and weather characteristics and seasonal migration in the houses. Seasonal rooms on different sides around the central courtyard are intended to be used in specific seasons and times.

Theoretical Framework

Yazd is located in the central part of Iran. Yazd enjoys hot and dry weather conditions. The fluctuations of temperatures between summer and winter and through days and nights are high and variable. In traditional houses, the part of the house that receives the winter sun and is warmer is called the winter room, and the part that is shaded and cooler in the summer is called the summer room. Based on research, the most important factor used in determining the optimal orientation of a building is the amount of solar energy radiation on vertical surfaces, which, considering the time of use and the characteristics of seasonal spaces, also plays a major role in analyzing the orientation of these spaces.

Methodology

In the traditional houses of Yazd city, the majority of native houses belong to Qajar houses (Yazdi et al., 1400). The four-season houses are built in Yazd. In this way, the winter-summer rooms are very efficiently located around the central courtyard. In this paper, plans of eight Qajar houses in Yazd city were selected. The amount of solar energy received at 24 different angles of the walls in Yazd has been calculated using the method of Hottel's model. Next, the cooling and heating loads and solar gain in seasonal spaces at different angles were analyzed using the Design Builder

¹ Assistant Professor in Architecture (Energy), Department of Civil and Architecture, Faculty of Engineering, University of Torbat Heydarih, Torbat Heydarih, Iran; Corresponding Author, [Email: a.noroozi@torbath.ac.ir](mailto:a.noroozi@torbath.ac.ir)

simulator. The results were compared with the orientation angles of the seasonal spaces to determine the relationship between them.

Results & Discussion

The results show that in the three cold months, the most significant amount of energy is received on the walls on the south side (zero degrees) and 15 and -15 degrees. Furthermore, the northern walls have the lowest energy received in the three warm months. In the current research, to compare the side angle of the seasonal rooms with the received solar energy, the analysis of the angle of the winter and summer rooms was used. The angles of the winter rooms in the traditional houses of Yazd are -50, -40, and -30 degrees, and the angles of the summer rooms are 130, 140, and 150 degrees.

Using the simulator in two stages includes modeling the entire building and calculating the thermal load of the entire building throughout the year at seven different angles (the basis of the lateral angle in this section is the winter facade side). In the second stage of the simulation, the winter and summer sections were modeled separately, and the thermal load and solar radiation absorption rate were predicted and measured in both sections. According to the first stage of simulation, the lowest cooling-heating load of the building is related to the south (zero degrees), (+15), and (-15) orientations. The results of the second stage indicate that in winter space, the highest absorption and lowest heating load are related to the direction angles of zero, (+15), and (-15) degrees, and in summer space, the direction angles of (180), (+165), and (-165) degrees will have the lowest absorption of solar radiation and the lowest thermal load. Furthermore, the influence of other factors such as the prevailing wind direction in the region was analyzed.

Conclusion


One of the architectural features of the past for improving building conditions and reducing energy consumption has been the orientation according to climatic factors weather features and seasonal migration in the houses. The angles measured in the traditional houses of Yazd do not correspond to the optimal orientation results obtained in the Hotel method and the simulation, and other different reasons have been effective in the orientation of the spaces. According to what was investigated, perhaps in addition to the amount of solar radiation, other factors have also been effective in the orientation of seasonal spaces. These factors include the four-sided nature of the buildings surrounding the courtyard, social, cultural, and climatic factors such as favorable or unfavorable wind direction, which can be examined.

Keywords

Building orientation, summer room, winter room, solar energy, Yazd houses.

Citation:

Noroozi, A. (2026). Evaluation of the Relationship Between the Orientation of the Seasonal Spaces in Yazd Houses and Received Solar Energy and the Building's Thermal Load. *Journal of Urban Sustainable Development*, 6(18), 57-70.

 DOI: <https://doi.org/10.22034/usd.2025.2047257.1314>

 DOR: <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.27170128.1404.6.21.4.3>

URL: https://usdjournals.daneshpajoohan.ac.ir/article_731329.html?lang=en



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by Daneshpajoohan Pishro Higher Education Institute. This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



بررسی جهت گیری فضاهای فصلی خانه‌های یزد نسبت به انرژی خورشیدی دریافتی و بار حرارتی ساختمان

اعظم نوروزی^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۰۱

چکیده: استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بجای سوخت‌های فسیلی در کنار بهبود شرایط ساختمان در کاهش مصرف انرژی، دو راهکار برای حل مشکلات مربوط به تغییرات اقلیمی می‌باشد. از ویژگی‌های معماری گذشته، همسو با این راهکارها، جهت‌گیری متناسب با عوامل اقلیمی و ویژگی‌های آب‌وهوایی و کوچ فصلی در داخل بنا بوده است. فضاهای فصلی، زمستان‌نشین-تابستان‌نشین، در جبهه‌های مختلف پیرامون حیاط مرکزی برای استفاده در فصل و زمانی خاص اختصاص دارد. در این پژوهش ابتدا مقدار انرژی خورشیدی دریافتی در جهت‌گیری فضای تابستان‌نشین-زمستان‌نشین با روش هاتل در ماه‌های سرد و گرم (با توجه به نمودار نیاز اقلیمی شهر یزد) محاسبه شده است. در ادامه با استفاده از شبیه‌ساز دیزاین بیلدر بررسی در دو مرحله شامل مدلسازی کل ساختمان و محاسبه بار حرارتی کل ساختمان در کل سال در هفت زاویه متفاوت و در مرحله دوم شبیه‌سازی، بخش‌های زمستانی و تابستانی بطور مجزا و پیش‌بینی بار حرارتی و میزان جذب تابش خورشید در هر دو قسمت انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که بیشینه انرژی دریافتی در ماه‌های سرد در دیوارهای سمت صفر، ۱۵ و ۱۵- درجه می‌باشد. علاوه بر این، کمینه انرژی خورشیدی در سه ماه گرم، در دیوارهای سمت شمال دریافت می‌گردد. کمترین بار حرارتی در ساختمان در جهت قرارگیری فضای زمستانی به سمت جنوب و در بازه چرخش ۱۵ درجه به سمت شرق و غرب پیش‌بینی گردید. این زوایه‌ها با زاویه سمت زمستان‌نشین و تابستان‌نشین خانه‌های تاریخی یزد که مورد مطالعه قرار گرفته است مطابقت ندارد. به نظر می‌رسد عوامل دیگری چون جهت وزش بادهای نامطلوب، علاوه بر انرژی دریافتی در جهت‌گیری فضاهای فصلی موثر بوده است.

واژگان کلیدی: جهت‌گیری ساختمان، تابستان‌نشین، زمستان‌نشین، شبیه‌سازی حرارتی، روش هاتل، خانه‌های یزد

^{*۱} استادیار معماری انرژی، گروه عمران و معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.

۱- مقدمه و بیان مسئله

از موضوعات مطرح در معماری امروز دنیا موضوع توسعه پایدار می‌باشد. صنعت ساختمان بعد از صنعت کشاورزی، دومین صنعت بزرگ در دنیا است. از جهت دیگر در شرایط کنونی ایران (با جمعیت در حدود ۸۵ میلیون نفر)، معادل کشوری با جمعیت یک میلیارد نفر انرژی مصرف می‌کند که بیشترین میزان مصرف انرژی مربوط به بخش ساختمان است (نوابی و همکاران، ۱۴۰۲). سهم ساختمان و صنایع ساختمان از انرژی مصرفی در دنیا ۴۸ درصد است. بنابر آمار وزارت نیرو حدود ۴۴ درصد از انرژی مصرفی در ایران به منظور تامین آسایش حرارتی ساختمان، سرمایش و گرمایش، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Heirani pour et al., 2021). تاثیر مصرف انرژی در ساختمان بر محیط، مشخص کننده مسئولیت و فرصت معماران برای ساختن آینده‌ای پایدار می‌باشد. در این بین معماری پایدار نه عنوان یک سبک معماری بلکه نگرش هوشمندانه در کاهش مصرف انرژی‌های طبیعی و بهینه سازی استفاده از آن می‌باشد.

در نگرشهایی، می‌توان با بهره بردن از ویژگی‌ها و درس‌های معماری گذشته به معماری پایدار رسید. ترکیب ایده‌های گذشته با علوم و فن‌آوری جدید و همچنین ایده‌های زیباشناسی توانایی پاسخگویی به نیازهای انسانی، منطقه‌ای و اقلیمی را دارد (Lechner, 2014). عواملی که در معماری ایرانی بر چگونگی شکل‌گیری سرپناه و مسکن تاثیرگذار بوده شامل عوامل اقلیمی و شرایط محیطی، عوامل فرهنگی-اجتماعی و اقتصادی و همچنین فنون و مصالح قابل دسترس می‌باشد.

۱-۱- زمستان نشین-تابستان نشین

از مهم‌ترین چالش‌های معماری اقلیم گرم و خشک اختلاف زیاد دما در روز و شب و همینطور در طی ماه‌های گرم و سرد به دلیل پایین بودن رطوبت می‌باشد. راهکارهای متفاوتی برای متعادل سازی دما و تامین آسایش در زمان‌های مختلف از دیرباز در معماری سنتی

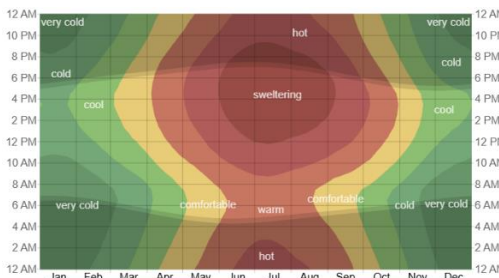
ایران وجود داشته است. جهت‌یابی و چرخش بنا در زاویه-ای خاص ضمن تامین نور مناسب و انرژی کافی در طی روز و بهره‌گیری از این انرژی در طول شب، باعث تعدیل و کنترل شرایط آسایش حرارتی در ساختمان می‌گردد. راهکار اقلیمی دیگری که در خانه‌های مناطق گرم و خشک برای این چالش مطرح شده است، بحث کوچ داخلی متناسب با شرایط هر فصل می‌باشد.

سازماندهی غالب در معماری خانه‌های این اقلیم بر پایه حیاط مرکزی است که فضاهای مختلف با توجه به عوامل موثر بر آنها در پیرامون آن قرار گرفته‌اند. با توجه به تاثیر گردش خورشید بر جبهه‌های مختلف حیاط، طراحان و سازندگان خانه‌ها هر جبهه را به فصل و زمانی خاص اختصاص داده‌اند. در معماری ایران سه رون (جهت قرارگیری ساختمان) وجود دارد، رون راسته، رون اصفهانی و رون کرمانی. در شهر یزد رون راسته استفاده می‌شده است. جهت این رون نزدیک به راستای قبله و مهمترین جهت برای جذب باد جنوب شرقی و شمالی است (پیرنیا، ۱۳۹۰؛ حمزه نژاد و همکاران، ۱۳۹۹).

در خانه‌های تاریخی شهر یزد بخشی از خانه که آفتاب مایل زمستانی به آن می‌تابد و از گرمای بیشتری برخوردار می‌باشد، زمستان نشین و آن قسمت که تابستانها در سایه قرار دارد و خنک تر است، تابستان نشین نام دارند. مجموعه فضاهایی که فضای زمستان نشین را تشکیل می‌دهند عبارتند از: سه‌دری، پنج‌دری و شکم دریده که دارای خصوصیتی چون آفتابگیر بودن و کوتاه بودن سقف می‌شد و اغلب پنجره‌های آن را بزرگ می‌ساختند. در مقابل فضای زمستانی، قسمت تابستان نشین فضاهایی چون زیرزمین، تالار، حوضخانه، پایاب و طنبی را دربر می‌گیرد (پاران و جعفری، ۱۴۰۱). در کنار فضاهای فصلی، عناصر سایه‌انداز باعث کاهش تابش اشعه‌های خورشیدی به سطوح عمودی می‌شود. ایوان یکی از عناصر سنتی در ایجاد سایه است که نقش مهمی در ساختمان دارد (Nourmohammadzad et al., 2022).

۱-۲- جغرافیا و اقلیم شهر یزد

شرق می‌باشد. بررسی بادهای شدید و طوفان‌های گرد و خاک موضوعی است که به سبب آثار مخرب آن بایستی در کنار فراوانی باد در منطقه یزد مورد تحلیل قرار گیرد (امیدوار، ۱۳۸۹). بررسیها در طی دوره آماری ۳۰ ساله نشان می‌دهد که ۵۵٪ از طوفان‌های شهر یزد در فصل بهار، ۳۷٪ در فصل زمستان و بقیه در فصل پاییز بوده است. در بررسی جهت این بادهای معین شد که بیش از ۷۷ درصد این بادهای از سمت ۲۱۰ تا ۲۹۰ درجه نسبت به جنوب می‌وزد که به عنوان جهت باد نامطلوب در این منطقه ارزیابی می‌گردد.



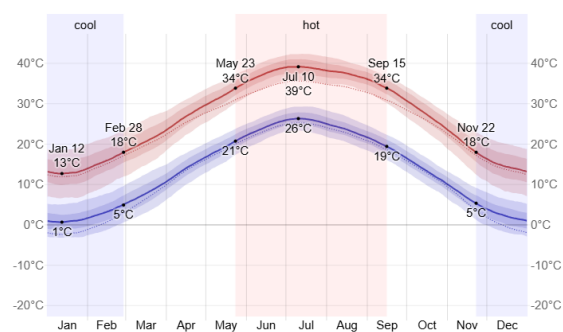
شکل ۲. نمودار نیاز حرارتی در شهر یزد (میانگین مربوط به ۲۰۲۴-۲۰۱۷) (<https://weatherspark.com/y/148915>)

بر اساس نمودار نیاز حرارتی این شهر (شکل شماره ۲)، در سه ماهه تابستان (ژوئن، جولای و آگوست) دمای هوا در طول شبانه روز بالاتر از شرایط آسایش می‌باشد. در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه نیاز غالب، نیاز گرمایشی است. گرمای شدید در تابستان و سرمای خشک زمستانی و نیاز به تامین سرمایش و گرمایش در این زمان‌ها از طریق مهمترین منبع انرژی در اقلیم گرم و خشک، خورشید، اهمیت مقدار انرژی دریافتی در بنا را معین می‌سازد.

پژوهش حاضر در جستجوی تعیین و پیش‌بینی زاویه‌های بهینه فضای تابستان‌نشین - زمستان‌نشین با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی و تطابق این زوایا با جهت‌گیری بناها در معماری سنتی می‌باشد. برای این مقصود زاویه سمت این فضاها فصلی در چند بنای تاریخی مشخص شده است. در ادامه با استفاده از روش محاسباتی مقدار انرژی خورشیدی تاییده به سطوح دیوارها بصورت مستقیم در ۲۴ زاویه متفاوت محاسبه گردیده است. در ادامه با استفاده از

یزد با مختصات طول جغرافیایی ۵۴ درجه شرقی و عرض ۳۱ درجه شمالی در تقسیم‌بندی اقلیمی کوپن، در اقلیم گرم و خشک بیابانی با زمستانهای بسیار سرد و تابستان بسیار گرم قرار گرفته است. علاوه بر اختلاف شدید درجه حرارت روز و شب، کم آبی و وجود بادهای گرم همراه با گرد و خاک و شن از ویژگیهای این منطقه است (شجاعی و همکاران، ۱۴۰۳). با توجه به نمودار میانگین کمینه و بیشینه دمای ماهانه، (شکل شماره ۱) سه ماه ژوئن، جولای و آگوست گرمترین ماههای سال و دسامبر، ژانویه و فوریه ماههای سرد سال هستند. میانگین سالانه دما ۱۸/۹ درجه سانتی گراد است. میانگین رطوبت نسبی سالانه ایستگاه یزد حدود ۲۹ درصد است بیشترین رطوبت نسبی با میانگین ماهانه ۳۹٪ مربوط به ماه ژانویه و کمترین میانگین ماهانه نسبی مربوط به جولای و عدد ۱۳٪ می‌باشد ([https://www.weather-](https://www.weather-atlas.com/en/iran/yazd-climate)

atlas.com/en/iran/yazd-climate). در ماه‌های گرم شرایط زیست اقلیمی بسیار سخت حاصل از گرمای هوا حاکم بوده است و همچنین در ماه‌های سرد شرایط سخت زیست اقلیمی حاصل از برودت هوا وجود داشته است (شجاعی و همکاران، ۱۴۰۳).



شکل ۱. نمودار میانگین دمای ماهانه شهر یزد (میانگین مربوط به ۲۰۲۴-۲۰۱۷) (<https://weatherspark.com/y/148915>)

در شهر یزد، در سه ماه سرد سال بادهای جنوب شرقی و شمال غربی و غرب به ترتیب بیشترین فراوانی را دارند و باد غالب محسوب می‌گردد و میانگین سرعت باد سالانه یزد هم ۲/۴ متر بر ثانیه است. در مورد ماههای گرم باد غالب بر اساس فراوانی، شمال غرب و غرب و جنوب

شبه‌سازی فضای تابستان‌نشین و تابستان‌نشین در محیط شبه‌ساز دیزاین بیلدر^۱ بار حرارتی سرمایشی و گرمایشی و جذب خورشیدی در زوایای مختلف اندازه‌گیری و با زاویه‌های سمت فضاهای فصلی مقایسه می‌شود تا رابطه بین آنها مشخص گردد.

۱-۳- پرسش تحقیق

آیا جهت غالب فضای زمستان‌نشین و تابستان‌نشین خانه-های تاریخی یزد با حداکثر و حداقل میزان انرژی خورشیدی دریافتی سطوح در فصول مختلف مطابقت دارد؟

آیا میزان دریافت انرژی خورشید تنها عامل و یا تاثیرگذارترین عامل موثر بر جهت‌گیری فضای زمستان‌نشین و تابستان‌نشین در خانه‌های سنتی یزد بوده است؟

۲- پیشینه تحقیق

زارعی و همکاران در پژوهشی به بررسی نقش الگوی حیاط مرکزی در تعدیل شرایط اقلیمی یزد می‌پردازند. بدین منظور دو خانه تاریخی در یزد با نرم افزار اکوتک شبه‌سازی شده و عملکرد این دو خانه در تعدیل شرایط مورد تحلیل قرار گرفته است (زارعی و میردهقان، ۱۳۹۵). در مقاله فروزان‌مهر در مورد آسایش حرارتی و کاربردی فضاهای فصلی در خانه‌های یزد، با بهره‌گیری از پرسشنامه و مصاحبه و مشاهدات به تحلیل میزان رضایت ساکنین از این فضاها پرداخته شده است (Foruzanmehr, 2016). او مزایای بهره‌گیری از این فضاها را صرفه‌جویی در مصرف انرژی و طراحی مناسب اقلیمی، ایجاد حس تغییر و نوسازی و سازگاری و استفاده از طبیعت می‌داند. در مقابل معایب این سیستم را سختی انتقال فصلی و کارایی کمتر فضا بیان می‌کند.

حمزه‌نژاد و همکاران (۱۳۹۹) چگونگی فراهم آمدن آسایش راحتی و حرارتی را در خانه تاریخی ملک‌زاده در یزد مورد مطالعه قرار می‌دهند. نتایج پژوهش آنها نشان

داد که رون راسته از نظر دریافت روشنایی روز و آسایش حرارتی بهترین کارایی را داراست. در پژوهشی دیگر شیری و همکاران میزان انرژی تابشی بر فرمهای متفاوت گنبد در آب‌انبارهای شهر یزد را با استفاده از مدل تجربی و شبه‌ساز مورد ارزیابی قرار دادند. برای انجام تحلیل از اطلاعات هواشناسی گرمترین روز سال استفاده شده است (Shiri et al., 2021). دهقان و همکارانش (۱۴۰۱) در تحلیل رفتار حرارتی ایوان در خانه‌های سنتی اصفهان، میزان انرژی مصرفی در این خانه‌ها را برای تامین سرمایش و گرمایش فضا در کنار تامین روشنایی و تهویه طبیعی را با نرم‌افزار دیزاین بیلدر محاسبه و مقایسه کردند.

مطالعات زیادی در زمینه تعیین جهت بهینه ساختمان در شهرهای متفاوت براساس میزان دریافت انرژی خورشیدی و جهت باد غالب منطقه مورد مطالعه انجام گرفته است. اکبری و حسینی‌نژاد (۱۳۹۸) این مطالعه را برای شهرهای اقلیم گرم و خشک انجام دادند. در این تحقیق میزان انرژی دریافتی سطوح قائم محاسبه و براساس حداقل انرژی دریافتی در دوره گرم سال، جهت مناسب استقرار مشخص گردید. بهترین جهت استقرار در ساختمان یکطرفه در شهر یزد و شهرهای مورد مطالعه به-ترتیب اولویت، جهت ۱۸۰ درجه جنوبی و ۱۶۵ درجه جنوب شرقی است. در پژوهشی دیگر کرمی کردعلیوند و همکاران نیز برای تعیین جهت بهینه ساختمان در شهر شیراز با بررسی وضعیت زیست‌اقلیمی به این نتیجه رسیدند که نیاز اصلی در این شهر تامین گرمایش ساختمان بوده و جهت بهینه با توجه به این موضوع معلوم برآورد شد (Karami K. A. & Narengifard, 2017).

نسبت ابعادی و فرم و جهت‌گیری بهینه ساختمان با توجه به تابش خورشید و جهت باد در شهرهای تبریز، یزد و بندرعباس توسط اکبری و رشید کلویر (۱۳۹۷) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در شهر یزد و بندرعباس جهت بهینه ۱۸۰ درجه جنوبی می‌باشد. تاثیر شاخصه‌های بهره خورشیدی، انرژی مصرفی و کربن

شدید آفتاب در ماههای گرم، فضاهای نیمه‌باز چون ایوان کاربرد زیادی دارند. در این تحقیق بر اهمیت میزان انرژی دریافتی در فضاهای فصلی تاکید شده است.

بر اساس تحقیقات انجام شده، مهمترین عاملی که در تعیین جهت بهینه ساختمان استفاده شده، میزان انرژی خورشیدی تابیده بر سطوح قائم می‌باشد که با توجه به زمان کاربری و ویژگی‌های فضاهای فصلی، در تحلیل جهت قرارگیری این فضاها نیز نقش اصلی را دارا است.

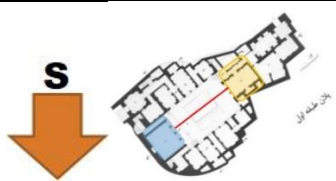

۳- مواد و روش‌ها


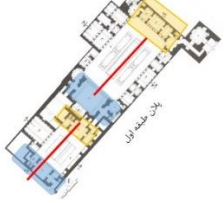



در پژوهش حاضر به منظور مقایسه زاویه سمت فضاهای فصلی با انرژی خورشیدی دریافتی در ابتدا از تحلیل زاویه سمت زمستان‌نشین و تابستان‌نشین استفاده شده است. در بناهای تاریخی شهر یزد بیشترین فراوانی خانه‌های بومی متعلق به خانه‌های قاجاری است (یزدی و همکاران، ۱۴۰۰). در (جدول شماره ۱) پلان هشت مورد از خانه‌های قاجاری نسبتاً سالم که شائبه دخل و تصرف در آن‌ها کمتر بود و جزو بناهای شاخص در شهر یزد است، انتخاب گردید. زاویه سمت فضای زمستان‌نشین و تابستان‌نشین، زاویه خط عمود بر سطح و جهت جنوب جغرافیایی و در جهت خلاف عقربه ساعت، در این بناها استخراج گردید. به منظور درک راحت‌تر زاویه چرخش نماها، چرخش به سمت شرق مثبت و چرخش به سمت غرب با عدد منفی نشان داده شده است.

تولیدی در مشخص کردن جهت‌گیری ساختمان اداری در اقلیمهای مختلف، در تحقیقی که توسط شاعری و همکاران (۱۳۹۹) انجام شد به بررسی تاثیر چرخش ساختمان بر بهره‌خوردگی، انرژی مصرفی و کربن دی‌اکسید تولیدی پرداخته شد. نتایج نشان داد که توصیه کلی در جهت‌گیری جنوب شرقی مطلوب نمی‌باشد. این نتایج مشخص ساخت که جهت ۸۵ درجه نامناسب‌ترین جهت-گیری از منظر مصرف انرژی و تولید کربن در شهر یزد است. نظریه پیرنیا در رابطه با رون کرمانی در معماری خانه‌های کرمان بوسیله حسینی و همکاران مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج مشخص نمود که رون غالب در شهر کرمان رون اصفهانی دارند و این جهت‌گیری با میزان تابش دریافتی در زمستان و بادمطلوب تابستانی نزدیکترین تناسب را داراست (حسینی و حاجی زاده، ۱۴۰۱).

ایجاد فضای معماری مطلوب از مهم‌ترین اهداف معماران می‌باشد و معماری گذشته اقلیمی گرم‌وخشک، بر پایه تعامل اندیشمندانه با طبیعت در راستای استفاده از انرژی‌های طبیعی و رفع مشکلات اقلیمی بوده است. یزدی و همکاران در دو مقاله متفاوت (۱۳۹۸) و (۱۴۰۰) بررسی اجزای کالبدی خانه‌های قاجاری یزد، از جمله فضای زمستان‌نشین و تابستان‌نشین، را مدنظر قرار می‌دهند. بررسی‌ها نشان داد که بیشترین بازشوها در ضلع زمستان-نشین قرار دارند و در جبهه‌ی تابستان‌نشین، بدلیل تابش

جدول ۱: بررسی زاویه سمت فضای زمستان‌نشین - تابستان‌نشین خانه‌های قاجاری یزد.

نام بنا	پلان خانه و فضای فصلی	زاویه سمت تابستان‌نشین	زاویه سمت زمستان‌نشین
خانه مشروطه		۱۳۰ درجه	۵۰- درجه
خانه رسولیان		۱۴۰ درجه	۴۰- درجه

زاویه سمت زمستان نشین	زاویه سمت تابستان نشین	پلان خانه و فضای فصلی	نام بنا
۴۰- درجه	۱۴۰ درجه		خانه گلشن
۴۰- درجه	۱۴۰ درجه		خانه مراتض
۳۰- درجه	۱۵۰ درجه		خانه لاریها
۳۰- درجه	۱۵۰ درجه		خانه تهرانیها
۳۰- درجه	۱۵۰ درجه		خانه محمودی

برای آسمان صاف، هاتل روشی ساده برای محاسبه میزان انرژی تابشی خورشید ارائه کرده است. در این روش میزان تابش مستقیم بر روی سطح افق با معادله

$$I_{bn} = G_{on} * \tau_b * \cos \theta_z \quad (\text{W/m}^2) \quad (1)$$

محاسبه می شود. که در آن (G_{on}) میزان شدت تابش خورشیدی در بالای جو است، θ_z زاویه سمت الراس خورشید و τ_b ضریب عبور تابش مستقیم خورشید در جو بوده و با رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود.

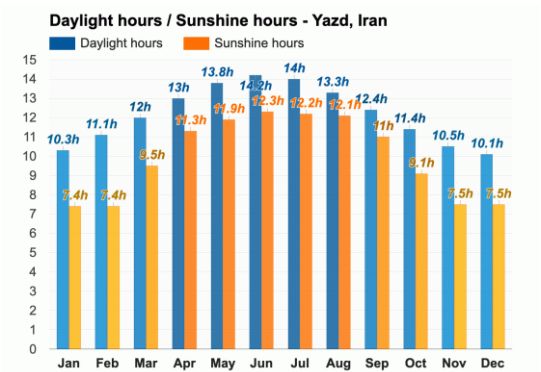
$$\tau_b = a_0 + a_1 e^{\frac{-k}{\cos \theta_z}} \quad (2)$$

۳-۱- روش محاسبه انرژی خورشیدی دریافتی

روشهای گوناگونی برای محاسبه میزان انرژی تابشی دریافتی در سطوح قائم بنا تدوین شده است. از جمله این روشها، مدل هاتل است (بهادری نژاد و یعقوبی، ۱۳۸۶). این روش در مقاله سلیمیان ریزی و همکاران (۱۳۹۶) ارزیابی شد و برآورد آن با داده های پیرانومتر انحراف نسبتاً کمی داشت.

مدل هاتل

محاسبه گردید. در ادامه جهت اندازه‌گیری میزان انرژی دریافتی در طی یک روز، این اعداد در طول ساعت‌های آفتابی روزانه ماه‌های مختلف (شکل شماره ۳) ضرب شده است.



شکل ۳. متوسط ساعات آفتابی (Atlas, 2024).

۳-۲- محیط شبیه‌ساز

برای شبیه‌سازی فضای زمستان‌نشین و تابستان‌نشین و ارزیابی تاثیر جهت‌گیری این دو بخش بر عملکرد آنها از نرم‌افزار دیزاین بیلدر ورژن 6.1.0.6 استفاده شد. موتور مدل‌سازی در آن انرژی پلاس است و اعتبار آن توسط استانداردهای BESTEST و اشری-۱۴ تایید شده است (زمردیان و تحصیلدوست، ۱۳۹۴).

در پژوهش حاضر مدل هندسی ساده شده‌ای از یک ساختمان مسکونی با دو بخش زمستان‌نشین و تابستان‌نشین که به منظور مدل‌سازی مجزای دو بخش، بصورت دو ساختمان جدا طراحی شده است. در ساختمان‌ها تمام جداره‌ها بجز جدار رو به جنوب در زمستان‌نشین و جدار رو به شمال در ساختمان تابستان‌نشین بی‌دررو مدل شده است. (شکل شماره ۴) مدل هندسی و نمودار حرکت خورشید در شهر یزد را نشان می‌دهد.

اطلاعات ورودی در نرم‌افزار با توجه به شرایط محیطی منطقه (شهر یزد) و فایل IRN-YAZD-ITMY.epw به سیستم وارد شد. شرایط آسایش بر پایه سیستم اشری لحاظ شده است. شبیه‌سازی هر فضا جداگانه انجام گرفت. شبیه‌سازی فضای زمستانه برای بازه زمانی فصل زمستان و فضای تابستانه در بازه فصل تابستان تعیین

a_1, a_0 و k عدد ثابت و در محلهایی با ارتفاع کمتر از ۲/۵ کیلومتر بوسیله اعداد a_0^* ، a_1^* و k^* و ضرایب تصحیح محاسبه می‌گردد (Islahi et al., 2015).

$$a_0^* = 0.4237 - 0.00821(6 - A)^2 \quad (3)$$

$$a_1^* = 0.50555 + 0.00595(6.5 - A)^2 \quad (4)$$

$$k^* = 0.2711 - 0.1858(2.5 - A) \quad (5)$$

A ارتفاع از سطح دریا و بر حسب کیلومتر می‌باشد که برای شهر یزد عدد ۱/۲ کیلومتر منظور شده است. همچنین ضرایب تصحیح برای آب‌وهوای تابستان طولانی به ترتیب برابر ۰/۹۷، ۰/۹۹ و ۱/۰۲ خواهد بود. برای محاسبه مقدار تابش مستقیم بر سطوح عمودی (I_{bv}) زاویه دیگری در محاسبات لحاظ می‌گردد. این زاویه، زاویه برخورد تابش مستقیم با سطح عمود (θ_{vy}) است.

$$I_{bv} = \frac{\cos \theta_{vy}}{\cos \theta_z} * I_{bn} \quad (\text{W/m}^2) \quad (6)$$

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \quad (7)$$

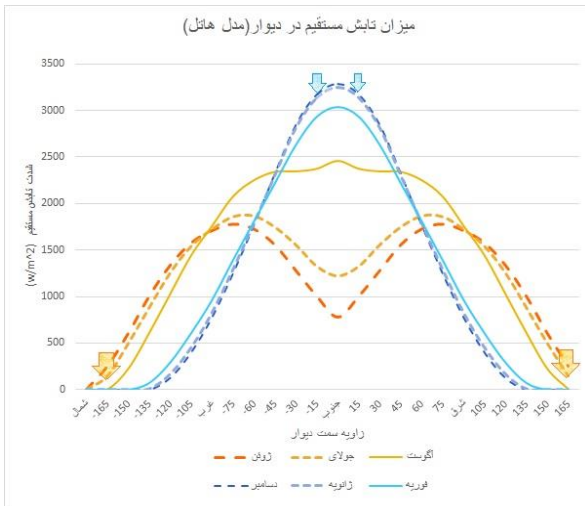
$$\cos \theta_{vy} = -\sin \delta \cos \phi \cos \gamma + \cos \delta \sin \phi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \gamma \sin \omega \quad (8)$$

δ زاویه میل خورشیدی، ϕ عرض جغرافیایی محل، γ زاویه سمت دیوار و ω زاویه ساعت است. در رابطه‌های فوق زاویه سمت دیوار γ از سمت جنوب و در جهت خلاف عقربه ساعت اندازه‌گیری می‌شود. علاوه بر این وضعیت آسمان صاف فرض شده است. رابطه ۹ در اندازه‌گیری زاویه میل خورشید δ استفاده شده است. این زاویه در روز ۲۱ ماه‌های مختلف (ژوئن، جولای و آگوست گرمترین ماه‌های سال و دسامبر، ژانویه و فوریه ماه‌های سرد سال) محاسبه شده است.

$$\delta = 23.45 \sin \left(360 * \frac{284+n}{365} \right) \quad (9)$$

N شماره روز در سال میلادی است.

برای محاسبه میزان انرژی تابش مستقیم بر سطوح قائم متوسط انرژی تاییده شده در هر ساعت با استفاده از روش مدل هاتل برای ۲۴ جهت جغرافیایی شهر یزد

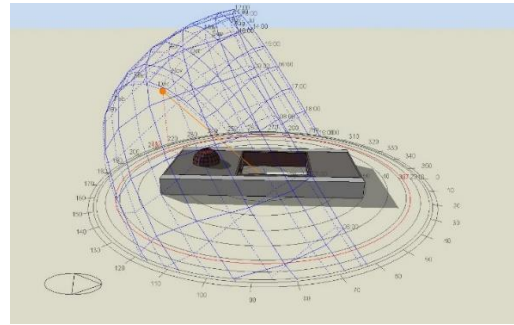


شکل ۵. شدت تابش مستقیم بر دیوار (روش هاتل)

به منظور مشخص کردن جهت بهینه فضای زمستان- نشین و تابستان نشین از نظر مقدار انرژی خورشیدی دریافتی، در زمستان نشین بیشترین مقدار و در فضای تابستان نشین کمترین مقدار دریافت شده مطلوب خواهد بود. نتایج نشان می دهد که در مورد سه ماه سرد که شامل ماه فوریه، ژانویه و دسامبر می گردد، بیشترین مقدار انرژی بر دیوارهای سمت جنوب (صفر درجه) و ۱۵ و ۱۵- درجه دریافت می شود. در سه ماه گرم سال، آگوست، جولای و ژوئن، زاویه ای که کمترین مقدار انرژی را دریافت می کند زاویه سمت شمال (۱۸۰ درجه) است. دیوارهای با زاویه سمت ۱۶۵ و ۱۶۵- درجه در ماه آگوست تابش مستقیم خورشید را دریافت نمی کنند.

استفاده از شبیه ساز در دو مرحله شامل مدلسازی کل ساختمان و محاسبه بار حرارتی کل ساختمان در کل سال در هفت زاویه متفاوت (مبنای زاویه سمت در این بخش، سمت نمای زمستان نشین می باشد) محاسبه شد و نتایج در (شکل شماره ۶) ارائه شده است. با توجه به پیش بینی انجام شده، کمترین بار سرمایشی - گرمایشی ساختمان مربوط به جهت گیری جنوب (صفر درجه) و (۱۵+) و (۱۵-) است.

گشت. بنا بر (جدول شماره ۱) بازه چرخش زاویه سمت زمستان نشین رو به جنوب و تابستان نشین رو به شمال قرار دارد. بر این اساس برای هر بخش تنها در زاویه های جهت غالب چرخش انجام گرفته است.



شکل ۴. مدل هندسی ساختمان در شبیه ساز دیزاین بیلدر و مسیر حرکت خورشید در شهر یزد.

به منظور بی اثر کردن ابعاد فضا در شبیه سازی محاسبات در واحد سطح فضای اشغال شده انجام گرفت.

۴- نتایج و بحث

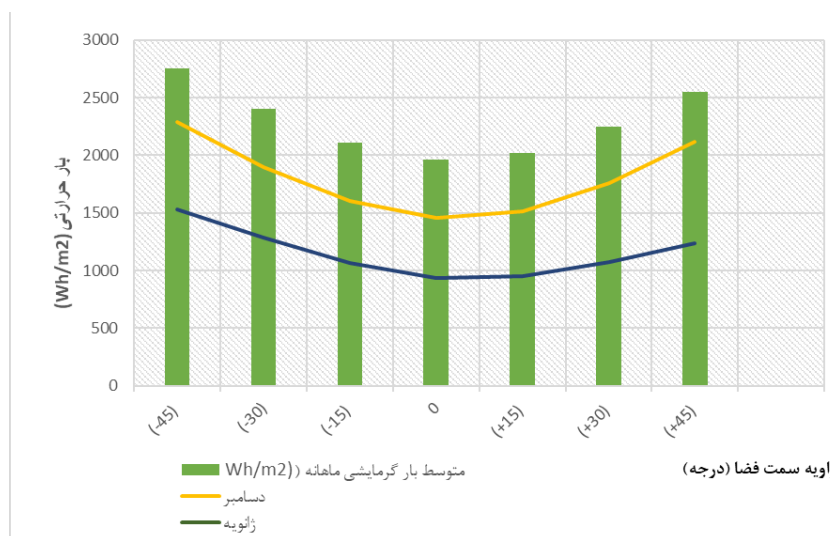
بر اساس (جدول شماره ۱) زاویه سمت زمستان نشین در خانه های تاریخی یزد مورد بررسی در این پژوهش در سه زاویه (۵۰-)، (۴۰-) و (۳۰-) درجه قرار داشته است. همچنین زاویه سمت تابستان نشین در جهت مقابل آن و در زاویه سمت ۱۳۰، ۱۴۰ و ۱۵۰ درجه می باشد. نتایج مربوط به محاسبه مقدار تابش مستقیم بر دیوارها در جهات جغرافیایی مختلف برای سه ماه گرم و سه ماه سرد، در (شکل شماره ۵) آورده شده است.



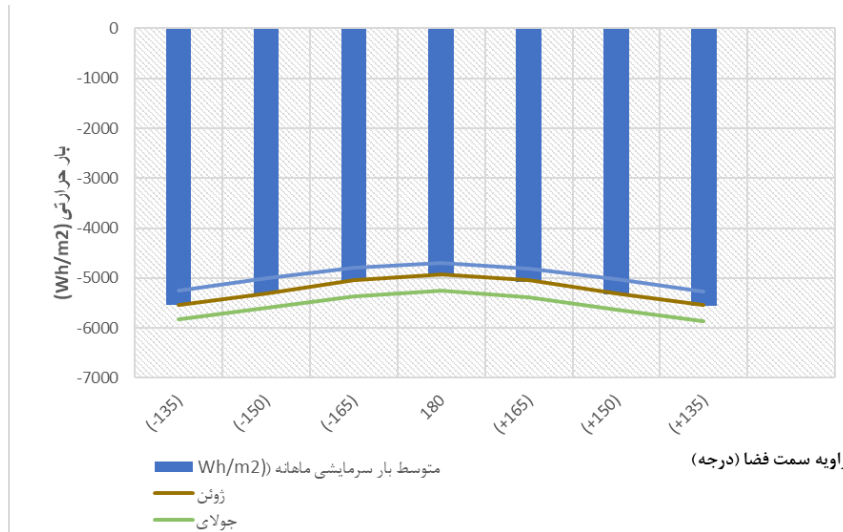
شکل ۶. پیش بینی بار سرمایشی- گرمایشی ساختمان در یک سال در زوایای مختلف

زوایای سمت (۱۸۰) و (۱۶۵) و (۱۶۵-) درجه کمترین جذب تابش خورشید و کمترین بار حرارتی خواهند داشت. این نتیجه‌ها با نتایج دو روش محاسبات عددی هاتل و مدل‌سازی کلی ساختمان تطبیق دارد. ولیکن زوایای مشخص شده با نتایج حاصله از جهت‌گیری ساختمان‌های مسکونی مطالعه شده در شهر یزد مطابقت ندارد.

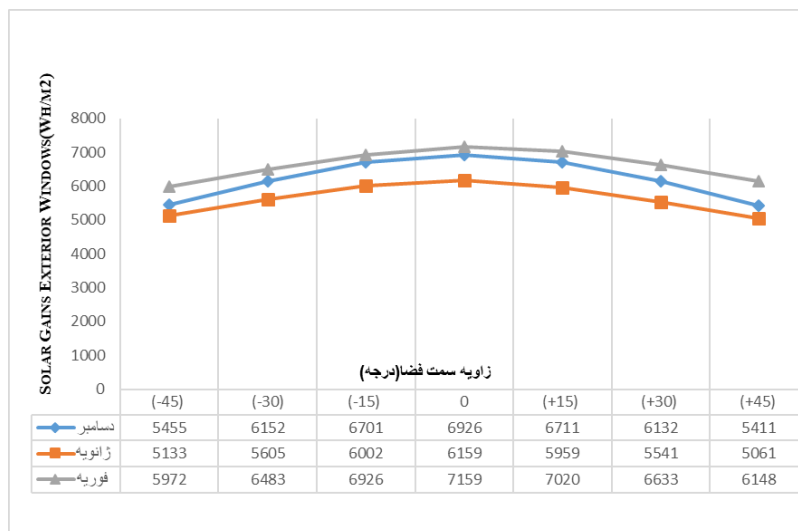
در مرحله دوم شبیه‌سازی، بخش‌های زمستانی و تابستانی بطور مجزا مدل شده و بار حرارتی و میزان جذب تابش خورشید در هر دو قسمت پیش‌بینی و اندازه‌گیری گشت. نتایج در (شکل شماره ۷ و ۸) آمده است. نتایج بیان‌کننده این است که در فضای زمستانی بیشترین جذب و کمترین بار گرمایشی مربوط به زاویه سمت صفر و (۱۵+) و (۱۵-) درجه بوده و در مورد فضای تابستانی نیز



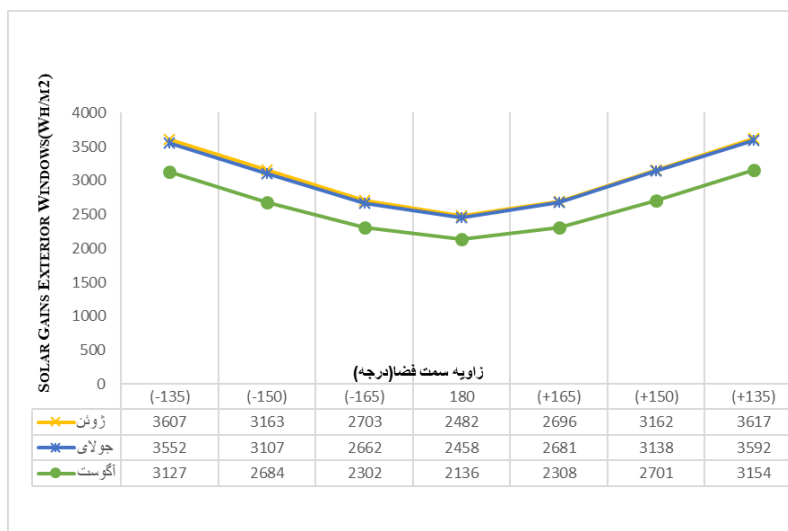
شکل ۷. الف) پیش‌بینی بار حرارتی ساختمان در فضای زمستان‌نشین شکل



شکل ۷. (ب) پیش بینی بار حرارتی ساختمان در فضای تابستان نشین

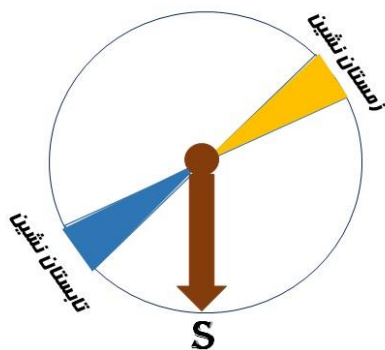


شکل ۸. (الف) پیش بینی میزان تابش جذب شده در زمستان نشین در زوایای مختلف



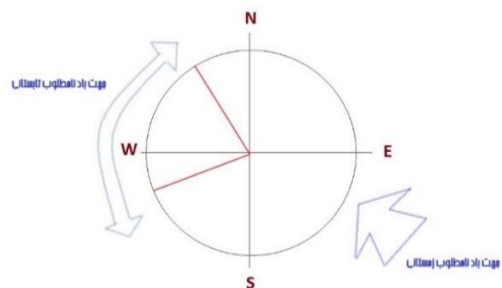
شکل ۸. (ب) پیش بینی میزان تابش جذب شده در تابستان نشین در زوایای مختلف

بوده‌اند. راهکار فضای فصلی و کوچ داخلی در خانه‌های مسکونی برای تامین بیشتر آسایش ساکنین از دیرباز مطرح بوده است. این فضاها به نحوی طراحی می‌شد که در مواقع سرد سال بیشترین مقدار انرژی خورشیدی را در سطوح قائم زمستان‌نشین دریافت کنند. همچنین در دوره گرم سال دریافت کمترین مقدار انرژی توسط دیوارهای تابستان‌نشین مطلوب خواهد بود. در این تحقیق، رابطه جهت‌گیری غالب فضای زمستان‌نشین و تابستان‌نشین خانه‌های قاجاری در شهر یزد و میزان انرژی خورشیدی دریافتی در ماه‌های سرد و گرم سال که بر اساس نمودار نیاز انرژی در شهر یزد انتخاب شده است، با استفاده از روش محاسباتی مدل هاتل و شبیه‌ساز دیزاین بیلدر محاسبه و پیش‌بینی شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است. نخست با استفاده از روش هاتل مقدار انرژی دریافتی توسط دیوارها در ۲۴ زاویه سمت متفاوت محاسبه شد. همچنین میزان بار حرارتی و جذب انرژی خورشیدی در ساختمان و فضاهای فصلی بوسیله شبیه‌ساز دیزاین بیلدر، پیش‌بینی گردید. نتایج نشان می‌دهد که در سه ماه سرد بیشترین مقدار انرژی بر دیوارهای سمت صفر درجه (جنوب) و ۱۵ و ۱۵- درجه دریافت می‌شود. در سه ماه گرم سال، زاویه سمت شمال (۱۸۰ درجه) کمترین مقدار انرژی را دریافت می‌کند. زاویه سمت زمستان‌نشین در خانه‌های تاریخی یزد در سه زاویه ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه به سمت غرب قرار داشته است و زاویه سمت تابستان‌نشین در جهت مقابل آن و در زاویه سمت ۱۳۰، ۱۴۰ و ۱۵۰ درجه می‌باشد. (شکل شماره ۱۰)



شکل ۱۰. طرح کلی از زاویه سمت زمستان‌نشین-تابستان-نشین در خانه‌های تاریخی یزد

بنظر می‌رسد عوامل دیگری نیز بر جهت‌گیری فضاهای فصلی موثر بوده است. از جمله این عوامل می‌توان به چهارطرفه بودن بناها در پیرامون حیاط، عوامل اجتماعی، فرهنگی اشاره داشت که قابل بررسی می‌باشد. از دیگر عوامل- های تاثیرگذار بر جهت‌گیری فضاهای فصلی مطرح شده در مقالات و مطالعات انجام گرفته، جهت وزش باد مطلوب و نامطلوب می‌باشد. چنانکه گفته شد جهت باد غالب در سه ماه سرد سال جنوب شرقی و شمال غربی و غرب و در ماه‌های گرم جهت باد غالب بر اساس فراوانی، شمال غرب و غرب و جنوب شرق می‌باشد. جهت بادهای غالب ماه‌های سرد با توجه به درجه پایین دما باد نامطلوب است. در نتیجه جهت قرارگیری فضای زمستانی بایستی به گونه‌ای انتخاب گردد که ورود جریان بادهای سرد زمستانی به داخل فضا وجود به حداقل کاهش یابد. در ماه‌های گرم اگرچه وزش باد بویژه در صورت افزایش رطوبت می‌توان به تامین آسایش حرارتی کمک کند، اما موضوع بادهای شدید و طوفان‌های گرد و خاک پدیده غالب در فصل بهار و اوایل تابستان می‌باشد. جهت غالب وزش این بادهای نامطلوب در زاویه سمت ۱۵۰- تا ۷۰- درجه بوده و بدلیل همراهی با دانه‌های شن و ماسه آسیب زیادی به ساختمان و آسایش ساکنین وارد می‌کند. (شکل شماره ۹) جهت بادهای نامطلوب زمستانی و تابستانی در شهر یزد را نشان می‌دهد.



شکل ۹. طرح کلی از جهت باد نامطلوب در شهر یزد

۵- نتیجه‌گیری

ساکنین فضاهای معماری شهر یزد، بدلیل قرارگیری در اقلیم گرم و خشک، همواره با مشکل سرمای شدید و خشک زمستانی و گرمای سوزان و رطوبت پایین تابستانی مواجه

- بهادری نژاد، مهدی، و یعقوبی، محمود. (۱۳۸۶). تهویه و سرمایش طبیعی در ساختمانهای سنتی ایران. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- پیرنیا، محمد کریم. (۱۳۹۰). آشنایی با معماری اسلامی ایران. تهران: موسسه فرهنگی سروش دانش.
- حسینی، تهمینه، و حاجی زاده، مجید. (۱۴۰۱). تحلیل و بررسی نظریه پیرنیا درباره رون کرمانی با رویکرد جهت گیری بهینه در معماری و شهرسازی کرمان. فصلنامه علمی کارافن. ۱۹(۴)، ۹۰-۶۷.

<https://doi.org/10.48301/kssa.2022.321416.1917>

- حمزه نژاد، مهدی، فدائی، فرامرز، و ایلدرآبادی، پریا. (۱۳۹۹). ارزیابی آسایش راحتی و بررسی شاخص های آسایش حرارتی PMV و PPD بر مبنای نور روز و جهت گیری خانه، در خانه های سنتی بافت یزد (نمونه موردی: خانه ملک زاده شهر یزد). معماری اقلیم گرم و خشک. ۸(۱۱)، ۱۸۲-۱۵۱.

<https://doi.org/10.29252/ahdc.2020.1984>

- دهقان، نرگس، اکرمی، فرزانه، و ملکی، عباس. (۱۴۰۱). بررسی رفتار حرارتی ایوان در خانه های سنتی اصفهان جهت بازخوانی آن در معماری کنونی با هدف بهینه سازی مصرف انرژی. نشریه علمی اندیشه معماری. ۱۱(۱۱)، ۱۱۵-۱۳۵.

<https://doi.org/10.30479/at.2022.13511.1550>

- زارعی، محمد ابراهیم، و میردهقان، سید فضل الله. (۱۳۹۵). نقش الگوی حیاط مرکزی در تعدیل شرایط سخت اقلیم گرم و خشک منطقه یزد. فصلنامه مطالعات شهر ایرانی اسلامی. ۶(۲۳)، ۱۸-۵.

<http://noo.rs/8oRvI>

- زمردیان، زهرا، و تحصیل دوست، محمد. (۱۳۹۴). اعتبارسنجی نرم افزارهای شبیه سازی انرژی در ساختمان: با رویکرد تجربی و مقایسه ای. نشریه انرژی ایران. ۱۸(۴)، ۱۱۵-۱۳۲.

زاویه های مشخص شده با نتایج جهت بهینه بدست آمده در روش هاتل و شبیه سازی شده مطابقت ندارد و دلایل متفاوت دیگری در جهت گیری فضاها موثر بوده است. از جمله با مقایسه (شکل شماره ۹ و ۱۰) می توان یکی از عوامل موثر بر جهت گیری غالب خانه های تاریخی را محافظت در برابر بادهای نامطلوب منطقه دانست. اختلاف این زوایا با نتایج حاصل از محاسبه بار حرارتی سالانه در شبیه ساز نیز می تواند به سبب محدودیت این نرم افزار در تاثیر بادهای منطقه بر محاسبات و یا تفاوت در دقت داده های ورودی قابل تامل است.

اعلام عدم تعارض منافع

نویسنده اعلام می دارد که در انجام این پژوهش هیچ گونه تعارض منافی برای ایشان وجود نداشته است.

۶- منابع

- اکبری، حسن، و حسینی نژاد، فاطمه. (۱۳۹۸). بهینه سازی جهت استقرار ساختمان در بهره مندی از تابش خورشیدی در اقلیم گرم و خشک (مطالعه موردی: شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد). معماری اقلیم گرم و خشک. ۷(۱۰)، ۲۶۷-۲۵۱.

<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26453711.1398.7.10.11.2>

- اکبری، حسن، و رشید کلویر، حجت الله. (۱۳۹۷). بهینه سازی فرم، نسبت ابعادی و جهت گیری ساختمان بر اساس تابش خورشید و جهت باد (مطالعه ی موردی: شهرهای تبریز، یزد و بندرعباس). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۹(۳۴)، ۱۳-۱.

https://jargs.hsu.ac.ir/article_161479.html

- امیدوار، کمال. (۱۳۸۹). تحلیلی از رژیم بادهای شدید و طوفانی یزد. برنامه ریزی و آمایش فضا. ۱۴(۱)، ۱۰۵-۸۴

https://hsm.sp.modares.ac.ir/article_14187.html

بومی اقلیم گرم و خشک ایران (مطالعه موردی: خانه‌های قاجاری یزد). باغ نظر. ۱۸(۹۶). ۷۶-۵۹.

<https://doi.org/10.22034/bagh.2020.170445.3984>

• یزدی، یاسمن، مفیدی شمیرانی، سید مجید، و اعتصام، ایرج. (۱۳۹۸). معیارهای طراحی در ساختار حیات مرکزی و تالار تابستان‌نشین خانه‌های قاجار یزد. مطالعات هنر اسلامی. ۱۵(۳۴). ۱۱۱-۹۳.

<https://doi.org/10.22034/ias.2019.93928>

• Argon, M. (2023). Wind rose. *Iowa State University Mesonet*.

https://mesonet.agron.iastate.edu/sites/windrose.phtml?station=OIYY&network=IR_ASOS

• Altas, W. (2024). Climate in Yazd, Iran. *Weather Atlas*.

<https://www.weather-atlas.com/en/iran/yazd-climate>

• Daneshyar, M. (1978). Solar radiation statistics for Iran. *Solar Energy*, 21(4), 345-349.

[https://doi.org/10.1016/0038-092X\(78\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0038-092X(78)90013-0)

• Foruzanmehr, A. (2016). Thermal comfort and practicality: Separate winter and summer rooms in Iranian traditional houses. *Architectural Science Review*, 59(1), 1-11.

<https://doi.org/10.1080/00038628.2014.939132>

• Heirani Pour, M., Fayaz, R., & Mahdavinia, M. (2021). Optimization of window dimensions regarding light and heat parameters in residential buildings of cold climate; Case study: Ilam City. *Armanshahr Architecture & Urban Development*, 14(35), 91-101.

<https://doi.org/10.22034/aaud.2019.185696.1881>

• Islahi, A., Shakil, S., & Hamed, M.A. (2015). Hottel's Clear Day Model for a typical arid city-Jeddah. *International J. Engineer. Sci. Invent*, 4(6), 32-37.

https://www.researchgate.net/publication/301621531_Hottel's_Clear_Day_Model_for_a_typical_arid_city_-_Jeddah

<http://necjournals.ir/article-1-803-fa.html>

• سلیمیان‌ریزی، طیبه، مستاجران گورتانی، بهنام، و کرمانی القریشی، سید طاهر. (۱۳۹۶). روش‌های متداول برآورد شدت تابش خورشیدی در سطح افقی زمین. *انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*. ۴(۱). ۲۱-۱۶.

<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24234931.1396.4.1.3.9>

• شاعری، جلیل، وکیلی نژاد، رزا، و یعقوبی، محمود. (۱۳۹۹). تاثیر جهت‌گیری ساختمان اداری بر بهره‌ی خورشیدی، انرژی مصرفی و کربن تولیدی در اقلیم‌های گرم و مرطوب، گرم و خشک و سرد ایران. *نشریه پژوهشی مهندسی مکانیک ایران*. ۲۲(۲). ۷۳-۴۹.

<https://doi.org/10.30506/ijmep.2020.105135.1555>

• شجاعی، مها، شجاعی، مجید، یزدانیان، زهرا، و زاهدیان، مبینا. (۱۴۰۳). رویکرد تحلیلی به تاثیرات اقلیمی بر معماری شهر یزد. *معماری سبز*. ۵(۱۰). ۲۰-۹.

<https://www.noormags.ir/view/en/articlepage/2212835>

• موسوی نوایی، سید علی، فلاوند جوزایی، علی، غفوری، اشکان، و مهدوی عادل، محسن. (۱۴۰۲). تاثیر استفاده از شکاف هوایی در دیوارها بر کاهش مصرف انرژی یک ساختمان مسکونی. *یافته‌های نوین کاربردی و محاسباتی در سیستم‌های مکانیکی*. ۳(۳). ۶۴-۵۶.

<https://civilica.com/doc/2053356>

• یاران، علی، و جعفری، پرستو. (۱۴۰۱). تجزیه و تحلیل نقش انرژی غیرفعال در ارزیابی خانه‌های کاشان. *منظر*. ۱۴(۵۹). ۴۰-۵۷.

<https://doi.org/10.22034/manzar.2022.304882.2150>

• یزدی، یاسمن، مفیدی شمیرانی، سید مجید، و اعتصام، ایرج. (۱۴۰۰). بررسی رابطه‌ی اجزای کالبدی خانه‌های

architecture in Yazd. *Journal of Building Performance*, 13(4), 61-75.

- Nourmohammadzad, H., Tajbakhsh, S., & Kheirabadi, F. (2022). Evaluating the impact of thermal comfort on energy efficiency in traditional residential

نحوه ارجاع به مقاله:

نوروزی، اعظم. (۱۴۰۴). بررسی جهت‌گیری فضاهای فصلی خانه‌های یزد نسبت به انرژی خورشیدی دریافتی و بار حرارتی ساختمان. توسعه پایدار شهری، ۶(۲۱)، ۷۰-۵۷.



DOI: <https://doi.org/10.22034/usd.2025.2047257.1314>



DOR: <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.27170128.1404.6.21.4.3>

URL: https://usdjournals.daneshpajooan.ac.ir/article_731329.html?lang=fa



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by Daneshpajooan Pishro Higher Education Institute. This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)