

Original Research Article

Features and shading analysis of the Iwans in Qajar houses in Yazd

Airya Norouzi Larki¹, Jaleh Sabernejad^{2*}, Reza Afhami³

¹ Ph.D student, Department of Architecture, Faculty of Art & Architecture, Islamic Azad University of South Tehran, Tehran, Iran

² Assistant professor, Faculty of Art & Architecture, Islamic Azad University of South Tehran, Tehran, Iran

³ Associate professor, Faculty of Art & Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran



10.22034/AHDC.2023.19010.1684

Received:

September 21, 2022

Accepted:

February 8, 2023

Keywords:

House, Iwan, Shadow, Yazd, Qajar

Abstract

An Iwan is the most prominent architectural element of Yazd houses. Qajar houses in Yazd City have more south Iwan compared to the other cities of Iran located in hot and dry climate. The purpose of this study is to investigate the different characteristics of Iwans and to express how they provide shading in Qajar houses in Yazd. The research seeks to answer the following questions: What are the characteristics of Iwans in the architecture of residential buildings in Yazd during the Qajar period? What factors influenced the Iwans in the architecture of residential buildings in Yazd during the Qajar period? and What is the climatic plan (shading) of the porch in the architecture of residential buildings in Yazd in the Qajar period? One of the climatic solutions to achieve thermal comfort in hot and dry cities such as Yazd was to use shade and reduce the effects of sunlight. Due to the climatic conditions and the formation of the historical city of Yazd, Iwans were used to create shade and thermal comfort. As a result, the Iwans in the Qajar houses of Yazd were located in the southwest, southeast and south. The location of the Iwan on the south side has the highest efficiency and provides the most shade in the summer revolution. It seems that certain other factors have been effective in the formation of houses in Yazd, which have taken precedence over shading.



Extended Abstract

1. Introduction

Iwan is the most important architectural element of Yazd houses. The stability of iwans on the south side of Yazd houses shows the importance of these spaces in the design heritage of this city. Also, their importance in the house-building tradition of Yazd is shown by their impressive height and large size on the southern side. By investigating a large number of Qajar houses located in plains (i.e., areas located in the plains of Iran, including Ardestan, Isfahan, Semnan, Sabzevar, Shiraz, Tehran, Yazd, etc.) and desert areas (located on the edge of central deserts of Iran including Tabas, Bam, Qom, Kashan, Gachsaran, etc.), researchers have found that Yazd city has more examples of Qajar houses with south Iwans compared to the other Iranian cities located in hot and dry climates. Investigating the different features of iwans, such as shape, orientation, position versus the facade and plan, height, depth, degree of enclosure, connections of adjacent spaces, shape and size of the openings facing it, evolution and climatic role (shading), in selected houses in Yazd City during the Qajar period will be conducted in this research.

2. Research Methodology

In terms of the purpose or application, this research is a developmental study with a historical approach done through inductive reasoning, based on non-experimental implementation, exploratory strategy and Merten's method. Quantitative and qualitative theories are tested in this research, Also, historical-interpretative analysis, the method of documentary and field research, and implementing content analysis are done at a certain point in time with an in-depth and medium-wide approach.

Yazd City has more Qajar houses with south iwans compared to the other Iranian cities located in the plains (namely areas located in the plains of Iran, including Ardestan, Isfahan, Semnan, Sabzevar, Shiraz, Tehran, Yazd, etc.) and desert areas (namely those located in the edge of central deserts of Iran including Khor-va-Biabanak, Tabas, Bam, Qom, Kashan, Gachsaran, etc.) The research cases include 19 Qajar houses located in Yazd. They were selected based on having a south iwan and the existence of maps and adequate data. The selected houses of Yazd include Akhavan Sigari, Tehrani-ha, Rasoulia, Rohanian, Rismanian, Semsar, Arab (Bibi Roqayeh), Arab (Alireza), Arab-ha, Alavi-ha, Fateh-ha, Farhangi and Mozaffari, Kuroghli, Gerami, Golshan, Lari-ha, Mortaz, Meshkian and Malek. The steps of this research are as follows:

- Investigating the principles and basics of climate and iwan
- Identifying Qajar houses located in Yazd and collecting sufficient data about them
- Analysis of the findings and examination of various dimensions of the variables related to the south iwan including performance, form features, orientation, position, proportions, shading, etc, by using methods such as instrumental measurement, Climate Consultant software 1, Ladybug version 0.0.69 plugin in Grasshopper in Rhino Service software 2.
- Presenting theoretical results for the application of traditional Iranian architectural teachings related to the Iwan.

3. Results and discussion

According to the results, the stability of iwan on the south side of Yazd houses shows the importance of this space in the design heritage of this city, and Yazd has more Qajar houses with south iwans compared to the other Iranian cities. In the Qajar houses of Yazd, the south, southwest and south-east iwans were suitable for summer, and they provided the possibility of benefiting from air flow, protection from sunlight and adverse winds. They were also the best places in terms of physical comfort, and, at the same time, they moderated the temperature of the adjacent spaces. Many activities such as eating, resting, sleeping, reception of guests, house chores, and so on were done in them. In sample houses, compared to the iwans of Yazd houses in previous periods, there was a noticeable change in the depth and opening of the porches and a clear decrease in their height. Moreover, the shape of the semicircular arches has increased. The thickness of the iwan pier is about 60 and 90 cm, which has decreased compared to the previous periods. However, the surface imperfections of the side pier have increased in the form of niches, doorways, and archways. As a result, the piers have become lighter and thinner. In terms of the orientation, the southwest iwan is the most frequent, and the south one is the least frequent. All the iwans in the studied houses are enclosed on three sides, and the definition of the space is enclosed on three sides. This structure, which is open from one side to the yard or garden, has remained unchanged.

Access from two adjacent openings was the most frequent. In these houses, the type of openings is a door, and a double-door is the most frequent. Also, the results of climate analysis show that it is very useful to predict the canopy. Based on this, to prevent disturbing radiation, a suitable canopy has to be provided from the end of April to the beginning of October. Also, the maximum amount of radiation is in July.

4. Conclusion

According to the climatic conditions and the structural orientation of the historical city of Yazd, iwans were used to create shade and thermal comfort. As a result, in the Qajar houses of Yazd, the iwans were placed on the southwest, southeast, and south sides in the order of frequency. Even though the placement of iwans on the south side has the highest efficiency and the most shade is provided during the summer, it seems that other factors were effective in the formation of Yazd houses, which were preferred over shading. Also, the results showed that, during the winter, all the iwans of the studied houses are completely in the shade, except for two cases (more than 95% of them are in the shade). The iwans with the largest number of dark squares are those whose width is almost twice the length, or, to be more accurate, it has the golden ratio of length and width. They provide the most shade in the summer, like the iwan of the Tehrani house, which is located on the southwest side. The iwans whose length is equal to that of the yard where they are located have the most shade during the summer, such as the southwest iwan in the small yard of the Akhavan Sigari, Rasoulia, and Mr. Way houses.

تحلیل ویژگی‌ها و سایه‌اندازی ایوان‌های خانه‌های قاجاری شهر یزد

آریا نوروزی لرکی^۱، ژاله صابر نژاد^{۲*}، رضا افهمی^۳

۱- دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استادیار دانشکده هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- دانشیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

چکیده

ایوان شاخص‌ترین عنصر معماری خانه‌های یزد است. خانه‌های قاجاری شهر یزد بیشترین نمونه‌های خانه‌های قاجاری دارای ایوان جنوبی را در مقایسه با دیگر شهرهای ایران واقع در اقلیم گرم و خشک دارا هستند. هدف پژوهش، بررسی ویژگی‌های مختلف ایوان و بیان چگونگی سایه‌اندازی آن در خانه‌های قاجاری شهر یزد است. پژوهش درصدد پاسخ‌گویی به سؤال‌های ذیل است: ویژگی‌های ایوان در معماری ابنیه‌ی مسکونی یزد در دوره‌ی قاجار چیست؟ - ایوان‌ها در معماری ابنیه‌ی مسکونی یزد در دوره قاجار تحت تأثیر چه عواملی شکل می‌گرفتند؟ نقش اقلیمی (سایه‌اندازی) ایوان در معماری ابنیه‌ی مسکونی یزد در دوره‌ی قاجار چیست؟ یکی از راهکارهای اقلیمی برای نیل به آسایش حرارتی در شهرهای اقلیم گرم و خشک مانند یزد، استفاده از سایه و کاهش تأثیر تابش خورشید بود. با توجه به شرایط اقلیمی و جهت شکل‌گیری شهر تاریخی یزد، از عنصر ایوان به‌منظور ایجاد سایه و آسایش حرارتی استفاده می‌کردند. در نتیجه ایوان‌ها در خانه‌های قاجاری یزد به ترتیب تعدد در سمت جنوب‌غربی، جنوب‌شرقی و جنوبی قرار می‌گرفت. این در حالی است که قرارگیری ایوان در ضلع جنوب، بالاترین کارایی و بیشترین سایه‌اندازی در انقلاب تابستانی را دارد و به نظر می‌رسد دلایل دیگری در شکل‌گیری خانه‌های یزد مؤثر بوده که نسبت به سایه‌اندازی ارجحیت داشته است.

تاریخ دریافت:

۳۰ شهریور ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش:

۱۹ بهمن ۱۴۰۱

کلیدواژه‌ها:

خانه، ایوان، سایه، یزد، قاجار

doi: 10.22034/AHDC.2023.19010.1684

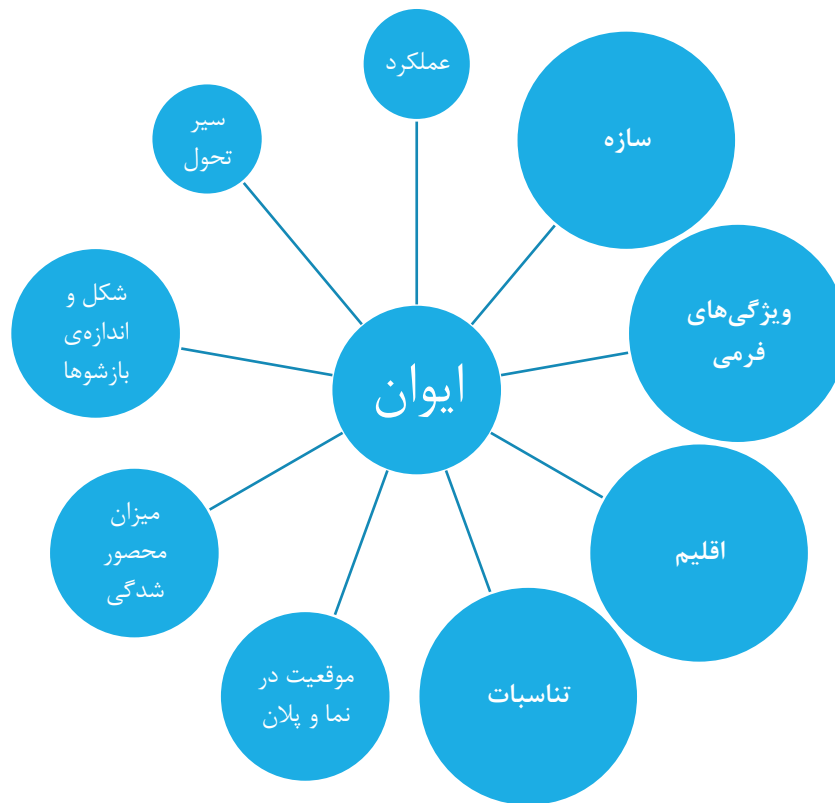
E-ISSN: 2645-372X / © 2023. Published by Yazd University This is an open access article under the CC BY 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



۱ مقدمه

ایوان مهم‌ترین عنصر معماری خانه‌های یزد است. پایداری ایوان در جبهه نسری خانه‌های یزد نشان‌دهنده اهمیت این فضا در میراث طراحی این سرزمین است. ارتفاع چشمگیر و حجم بزرگ آن در ضلع جنوبی گویای جایگاه آن در سنت خانه‌سازی این شهر است.

نگارندگان با بررسی شمار زیادی از خانه‌های قاجاری واقع در نواحی دشتی (مناطق واقع در دشت‌های ایران شامل: اردستان، اصفهان، سمنان، سبزوار، شیراز، تهران، یزد و...) و کویری (حاشیه کویرهای مرکزی ایران شامل: خور بیابانک، طبس، بم، قم، کاشان، گچساران و...) دریافتند که خانه‌های قاجاری شهر یزد بیشترین نمونه‌های خانه‌های قاجاری دارای ایوان جنوبی را در مقایسه با دیگر شهرهای ایران واقع در اقلیم گرم و خشک دارا هستند. بررسی ویژگی‌های مختلف ایوان، همچون: شکل، جهت‌گیری، موقعیت نسبت به نما و پلان، ارتفاع، عمق، میزان محصوریت، ارتباطات فضاهای مجاور، شکل و اندازه بازشوهای رو به آن، سیر تحول و نقش اقلیمی (سایه‌اندازی)، در خانه‌های منتخب واقع در شهر یزد در دوره قاجار به‌منظور تجزیه و تحلیل ایوان این مهم‌ترین عنصر معماری خانه‌های یزد، از مواردی است که در این پژوهش به آن پرداخته خواهد شد (تصویر یک).



تصویر ۱: متغیرهای موردتوجه در بررسی ایوان در خانه‌های منتخب یزد (مأخذ: نگارندگان)

۱-۱ مبانی نظری تحقیق

۱-۱-۱ سایه‌اندازی با هدف افزایش آسایش حرارتی در فضای باز

آسایش حرارتی بیرونی از مؤثرترین عوامل در تأمین کیفیت فضای باز و سلامت کاربر است. کنترل تابش و سایه‌اندازی از جمله پارامترهای اثرگذار بر این مهم هستند. سایه به‌عنوان مانعی در برابر تابش شدید آفتاب بوده و سبب کاهش دمای سطح می‌شود (جعفریان و همکاران، ۱۳۹۹). سایه‌اندازی به‌عنوان بخشی از فرآیند پرهیز از گرما، مرحله اول از رویکرد سه مرحله‌ای طراحی

برای سرمایش یک ساختمان است؛ مرحله دوم شامل سرمایش ایستا و مرحله سوم استفاده از تجهیزات مکانیکی برای سرمایش هر آنچه که راهبردهای معمارانه در مرحله یک و دو قادر به انجام آن نبوده‌اند، است. (لکنر، ۱۳۸۵، ۲۲۳).

در شهرهای دارای اقلیم گرم و خشک مانند یزد، راهکارهای مختلفی از جمله استفاده از سایبان‌های عمودی، افقی و ترکیبی برای بازسوها، بهره‌گیری از پوشش گیاهی، ایوان و غیره به منظور جلوگیری از تابش آفتاب سوزان در نظر گرفته شده است (عابدین میقانکی، ۱۳۹۶) که در این پژوهش به کاربرد ایوان جهت سایه‌اندازی و تأمین آسایش حرارتی بیرونی پرداخته شده است. شرایط محیطی راحت و مطلوب زندگی و تأمین امنیت ساکنان بنا از گزند شرایط نامساعد محیطی و جوی از اصول لاینفک معماری و ساختمان به شمار می‌رود. بدون تردید ایوان به‌عنوان فضایی نیمه‌باز و عنصری در معماری در کنار عوامل زیباشناسانه و عملکردی از لحاظ اقلیمی تأثیر به‌سزایی در آسایش حرارتی دارد که در هماهنگی با محیط اطراف، آسایش حرارتی کاربران را نیز فراهم و به لحاظ اقلیمی به مطلوبیت فضا هم کمک می‌نماید (آدم‌زاده و رضوی‌زاده، ۱۳۹۶) و با قرار گرفتن بین فضای باز و محیط داخل بنا نقش مهمی را در تعدیل هوا به وجود آورده است و کنترل تابش خورشید در فضاهای نیمه‌باز و کاهش دمای تابشی در فضای مسکونی را به همراه دارد (باقری افشار و همکاران، ۱۳۹۴). سایه‌اندازی، بخشی است مکمل که از گذشته تا به حال فرصتی برای بیان زیباشناختی خلق نموده است، مانند؛ رواق یونانی و ایوان در معماری سنتی ایران (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۷).

۱-۲ کاربرد شبیه‌سازی در صنعت ساختمان

نقش مؤثر صنعت ساختمان بر افزایش / کاهش مصرف منابع و همچنین تأثیری که بر محیط‌زیست دارد، ضرورت انجام بازنگری‌هایی در فرآیند شروع یک پروژه ساختمانی را خاطر نشان می‌سازد. در صورت وجود امکان ارزیابی عملکرد بنا قبل از ساخت و بهره‌برداری می‌توان کاهش وابستگی بنا به سوخت‌های فسیلی در تأمین شرایط آسایش را به ارمغان آورد. از این رو، ساماندهی بخش ساختمان در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی در دستور کار تمام کشورها به‌ویژه کشورهای در حال توسعه قرار گرفته است. تولید و ارائه نرم‌افزارهای شبیه‌ساز از جمله اقدامات انجام‌شده در این مسیر است (یعقوبی مقدم و همکاران، ۱۳۹۷). ابزارهای شبیه‌ساز انرژی، کمک مهمی برای طراحان جهت کاهش هزینه انرژی در ساختمان‌ها هستند و امکان تعیین دقیق برخی از متغیرهای مؤثر در تصمیم‌گیری طراحان در رابطه با اعمال بهترین اقدامات برای ساختمان‌های جدید یا موجود را فراهم می‌نمایند (Sousa, 2012: 57).

۱-۱-۳ مفهوم ایوان

ایوان کلمه‌ای فارسی است. در لغت‌نامه دهخدا به معنای صفه، طاق، نشست‌گاه بلند که بر آن سقف باشد، همچنین پیش‌گشاده و درگاه آمده است. در فرهنگ عمید به معنای صفه، پیشگاه اتاق، قسمتی از ساختمان که جلوی آن باز و بدون پنجره باشد آمده است. در فرهنگ معین به معنای صفه، پیشگاه، بخشی مسقف از ساختمان که جلوی آن باز است و درو پنجره ندارد و مشرف به حیاط است، آمده است. ارائه تعریفی از ایوان که ابعاد کمی و کیفی آن را شامل شود، چنین است: ایوان فضای نیمه‌باز تورفته یا عقب نشسته‌ای در دل ساختمان، که با سه دیوار و سقف محدود شده است و میان فضای باز و بسته قرار می‌گیرد. ایوان، فضای ارتباطی، انتقالی با ترکیبی متمایز در بنا به شمار می‌رود؛ در عین حال، فضای مستقلی با عملکرد خاص را در جلوی ساختمان به نمایش می‌گذارد. این دوگانگی، موجودیت ایوان را شکل می‌دهد (رضائی‌نیا، ۱۳۹۶: ۱۲۷).

۱-۱-۴ خانه‌های قاجاری

موردی که معماری ایران در دوره قاجار به آن دست‌یافت، معماری خوب مسکونی بود. دلیل انتخاب دوره قاجار وجود خانه‌های متعدد و فراوانی است که در سرتاسر ایران ساخته شده است. بیشترین ساخت‌وسازها در این دوره به دلیل افزایش جمعیت شهرنشینی به خانه‌ها اختصاص داشت، از این‌روست که معماری قاجار را معماری خانه‌های مسکونی نیز می‌گویند. از سوی دیگر، ایوان جنوبی در خانه‌های یزد دوره قاجار، به دلیل اهمیت اقلیم در این جبهه، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۱-۵ جغرافیا و اقلیم شهرستان یزد

شهرستان یزد در دره‌ای وسیع، خشک و محصور بین رشته‌کوه‌های شیرکوه و خرانق قرار گرفته است. آب‌وهوای یزد به علت قرار داشتن بر روی کمربند خشک جهانی دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک و طولانی‌مدت است.

نوسانات دمایی فصلی و حتی روزانه شهر یزد نیز به‌مانند اکثر مناطق کویری بسیار زیاد است، به‌طوری که کمینه مطلق دمای ایستگاه یزد ۱۶- و دمای بیشینه مطلق آن ۴۵/۶ درجه سلسیوس است (هواشناسی یزد، ۱۴۰۰: ۵).
با توجه به مطالب بالا این تحقیق در پی آن است تعامل اقلیم و ایوان را در خانه‌های یزد دوره قاجار مشخص نماید و نقش ایوان را در ارتقای کیفیت معماری اقلیمی این ابنیه در این دوره بررسی کند.

پرسش‌های پژوهش

- ویژگی‌های ایوان جنوبی در معماری ابنیه مسکونی یزد در دوره قاجار چیست؟
- ایوان‌ها در معماری ابنیه مسکونی یزد در دوره قاجار تحت تأثیر چه عواملی شکل می‌گرفتند؟
- نقش اقلیمی (سایه‌اندازی) ایوان در معماری ابنیه مسکونی یزد در دوره قاجار چیست؟

۲ پیشینه تحقیق

از پژوهش‌های انجام‌شده مرتبط با موضوع پژوهش می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- مقاله "بررسی و تحلیل انتقادی فرضیه‌های خاستگاه ایوان" رضائی‌نیا و لاله به بررسی فرضیه‌های مربوط به خاستگاه و شکل‌گیری ایوان با رویکردی تحلیلی و نقد دیدگاه‌های مطرح شده درباره این فضای ساختمانی، پرداخته‌اند (رضائی‌نیا و لاله، ۱۳۹۳). "صورت ایوان در معماری ایرانی، از آغاز تا سده‌های نخستین اسلامی"، مقاله دیگری از رضائی‌نیا است که با رویکرد تاریخی، صورت ایوان و تحولات آن را در دوران پیش از اسلام و دوران اسلامی موردبررسی قرار داده و تلاش کرده است به درک روشنی از ساختار ایوان برسد و درنهایت صورت ایوان‌ها را به سه صورت ستون‌دار (طارما)، طاق‌دار و طاق‌دار با تلفیق طارما تقسیم‌بندی نموده است (رضائی‌نیا، ۱۳۹۶). ذاکر عاملی و جبل عاملی در مقاله "بررسی سیر تحول ایوان در خانه‌های سنتی دشت یزد اردکان از دوره مظفری تا قاجار"، سیر تحول معماری ایوان در خانه‌های دشت یزد - اردکان با استعانت از روش مکاتب فکری گونه‌شناسی قرن بیستم و از طریق کنار هم قرار دادن ایوان‌های این منطقه در فازهای مختلف تاریخی تجزیه‌وتحلیل کرده‌اند (ذاکر عاملی و جبل عاملی، ۱۳۹۲). در مقاله "سنجش عملکرد عناصر اقلیمی خانه‌های سنتی بافت تاریخی شیراز با رویکرد آسایش حرارتی؛ مورد پژوهی: ایوان" کریم‌زاده و همکاران، سه بنای سنتی ایوان‌دار با موقعیت‌های مختلف جغرافیایی در شیراز انتخاب شده است. سنجش داده‌های آب‌وهوایی با وسایلی همچون ترموپرومتر ۳ و ترموهیگرومتر ۴ انجام و سپس توسط نرم‌افزار شبیه‌سازی اعتبارسنجی و درنهایت شاخص آسایش حرارتی اندازه‌گیری شده است. با توجه به همبستگی بسیار قوی دمای متوسط تابشی و شاخص آسایش حرارتی در حیاط و ایوان این سه خانه دیده شده که به‌رغم اثرات محیطی مؤثر در حیاط پیرامونی، افزایش عرض ایوان‌ها، افزایش مساحت گشایش فضایی ایوان در نما و افزایش ارتفاع از سطح حیاط از یک‌طرف و سایه‌اندازی بیشتر در حیاط از دیگر سو از درجه اهمیت بالاتری برخوردارند (کریم‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰).

- اسکندری و همکاران در مقاله "تأثیر ایوان به‌عنوان دستگاه سایه‌ساز سنتی بر مصرف انرژی ساختمان" اثر عنصر سایه‌ای بیرونی (ایوان) بر مصرف انرژی در چهار منطقه مختلف آب و هوایی و جهات گوناگون، به‌صورت عددی و تجربی با نرم‌افزار انرژی پلاس^۵ موردبررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داده که بهترین موقعیت برای استفاده از ایوان، جهت جنوب است و استفاده از ایوان در آب‌وهوای معتدل و مرطوب، گرم و مرطوب، سرد و کوهستانی و گرم و خشک می‌تواند مصرف انرژی در ساختمان‌ها را به ترتیب ۳۲٪، ۲۶٪، ۱۴٪ و ۲۹٪ کاهش دهد (Eskandari, Saedvandi & Mahdavejad, 2018). در مقاله "بررسی رابطه بین نقش اقلیمی ایوان و میزان مصرف انرژی در خانه‌های سنتی تبریز" هدف بررسی نقش اقلیمی ایوان در میزان مصرف انرژی در چهار ساختمان سنتی تبریز است. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده نقش اقلیمی ایوان در کاهش و تعدیل انرژی خورشیدی در این خانه‌ها است (Najafgholi Pour Kalantari, Singeri & Roshanfekar Jourshari, 2015).

این پژوهش از لحاظ هدف یا کاربرد پژوهشی توسعه‌ای است که با رویکرد تاریخ‌گرایی، با استدلال استقرایی، مبتنی بر اجرای غیرتجربی و راهبرد اکتشافی، با محوریت پژوهش پیش از نظریه (روش مرتن)، با آزمون نظریه متغیرهای کمی و کیفی، با روش تحلیل تاریخی-تفسیری، با رویه پژوهش اسنادی و میدانی با روش اجرای تحلیل محتوا در مقطعی از زمان با رویکرد ژرفانگر و وسعتی میانه انجام گرفته است.

خانه‌های قاجاری شهر یزد بیشترین نمونه‌های خانه‌های قاجاری دارای ایوان جنوبی را در مقایسه با دیگر شهرهای ایران واقع در نواحی دشتی (مناطق واقع در دشت‌های ایران شامل: اردستان، اصفهان، سمنان، سبزوار، شیراز، تهران، یزد و...) و کویری (حاشیه کویرهای مرکزی ایران شامل: خور بیابانک، طبس، بم، قم، کاشان، گچساران و...) دارا هستند. جامعه مورد بررسی، ۱۹ مورد از خانه‌های قاجاری واقع در شهر یزد (ناحیه دشتی) را شامل می‌شود که بر اساس دارا بودن ایوان جنوبی و نیز وجود نقشه‌ها و اطلاعات کافی انتخاب شده‌اند. خانه‌های منتخب شهر یزد شامل: اخوان سیگاری، تهرانی‌ها، رسولیان، روحانیان، ریسمانیان، سمسار، عرب (بی‌بی رقیه)، عرب (علیرضا)، عرب‌ها، علوی‌ها، فاتح‌ها، فرهنگ‌ها و مظفری، کراوغلی، گرامی، گلشن، لاری‌ها، مرتاض، مشکیان و ملک می‌شود. مراحل این پژوهش به شرح زیر است:

۱- بررسی اصول و مبانی اقلیم و ایوان

۲- شناسایی خانه‌های قاجاری واقع در یزد و گردآوری داده‌های کافی پیرامون آن‌ها

۳- تحلیل یافته‌ها و بررسی ابعاد مختلف متغیرهای مرتبط با ایوان جنوبی: عملکرد، ویژگی‌های فرمی، جهت‌گیری، موقعیت، تناسب، سایه‌اندازی و... با بهره‌گیری از روش‌هایی چون: استفاده از اندازه‌گیری ایزاری، نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت^۱، افزونه لیدی‌باگ ورژن ۰۰۰۶۹ در گرسه‌پار در نرم‌افزار راینو سروس^۲.

۴- ارائه نتایج نظری جهت کاربرد آموزه‌های معماری سنتی ایران در ارتباط با ایوان.

۴ نتایج و یافته‌ها

۴-۱ ایوان در خانه‌های قاجاری یزد

۴-۱-۱ عملکرد

اشاره شد که پایداری ایوان در جبهه نسری خانه‌های یزد نشان‌دهنده اهمیت این فضا در میراث طراحی این سرزمین است و خانه‌های قاجاری شهر یزد بیشترین نمونه‌های خانه‌های قاجاری دارای ایوان جنوبی را در مقایسه با دیگر شهرهای ایران دارا هستند.

در خانه‌های قاجاری یزد ایوان‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی تابستان‌نشین بودند و در آن‌ها امکان بهره‌مندی از جریان هوا، محافظت در برابر تابش آفتاب و نیز بادهای نامطلوب فراهم می‌شد و بهترین مکان از لحاظ آسایش فیزیکی و درعین حال سبب تعدیل دمای فضاهای مجاور خود است و عملکردهای فراوانی چون: غذا خوردن، خوابیدن، پذیرایی از مهمان، استراحت کردن، انجام کارهای خانه و... در آن اتفاق می‌افتاد. از لحاظ فضایی، ایوان باعث ایجاد تنوع فضایی، خوانایی، تشخیص و تشخیص خانه، تمایز و درعین حال پیوستگی درون و بیرون می‌شود.

۴-۱-۲ ویژگی‌های فرمی

ایوان‌ها از نظر شکل با توجه به نوع پوشش سقف آن‌ها به سه نوع تقسیم‌بندی می‌شوند. نوع اول ایوان‌هایی با پوشش مسطح و سقف تیرپوش هستند که سابقه آن به هزاره اول قبل از میلاد در محوطه حسنلو می‌رسد. نوع دوم ایوان‌هایی با پوشش منحنی و طاق‌پوش هستند که پیشینه آن به دوره اشکانی در محوطه سلوکیه می‌رسد. عامل به وجود آمدن این دو سبک معماری، تغییر مصالح و پیشرفت فنون ساختمانی است. نوع سوم ایوان‌هایی ترکیبی از نوع ستون‌دار و طاق‌دار هستند، به طوری که در جلوی فضای طاق‌دار، یک ردیف ستون قرار گرفته است که به آن طارما یا طارمه می‌گویند. ریشه چنین ترکیبی را باید در معماری دوره اشکانی و در ایوان بنای برج نسا در عشق‌آباد ترکمنستان جست‌وجو کرد (رضائی‌نیا، ۱۳۹۶: ۱۲۸). در

این پژوهش، کلیه ایوان‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی خانه‌های منتخب یزد از نوع دوم یعنی منحنی و طاق‌پوش (طاق ضربی) است. در این بین، دو مورد (ایوان جنوب‌شرقی خانه اخوان سیگاری و ایوان جنوب‌غربی حیاط بزرگ خانه مرتاض) طاق بیرون زده از سقف دیده شود. در این خانه‌ها نسبت به ایوان‌های خانه‌های یزد در ادوار قبلی، جهش محسوس در عمق و دهانه ایوان‌ها و کاهش محسوس در ارتفاع آن‌ها پدید آمد و شکل قوس‌های نیم دایره‌ای نیز رواج یافته است.

۴-۱-۳ سازه

در این خانه‌ها ضخامت جرز ایوان بین ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر می‌رسد که نسبت به ادوار قبلی کاهش یافته است و در عین حال خلل و فرج‌های سطح جرزهای جانبی به صورت طاقچه، درگاه و طاق نما روندی فزاینده داشته است. در نتیجه جرزها سبک‌تر و لاغرتر شده است.

اشاره شد که در این خانه‌ها قوس‌های نیم‌دایره‌ای رواج یافت که خود چندان ایستا نیستند و نیروی رانشی شدید ایجاد می‌کند. در عین اینکه با اضافه شدن دهانه ایوان نیروی شدیدتری از طاق بر آن‌ها اعمال می‌شود. به‌طور کلی می‌توان گفت ایوان‌های قاجاری ایستایی و دوام کمتری نسبت به ایوان‌های گونه‌های قدیمی‌تر دارند و آسیب‌پذیرترند. کلیه ایوان‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی خانه‌های منتخب یزد منحنی و طاق‌پوش (طاق ضربی) است. تفاوت این ضربی با ادوار قبلی این است که طاق ضربی این دوره را از دیوارهای اسپر در انتهای ایوان و با تکیه‌بر آن شروع و در سر ایوان کور می‌کنند.


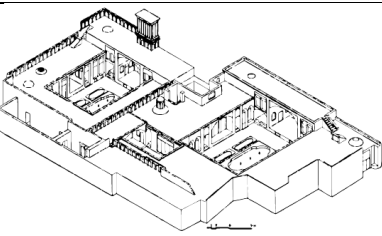
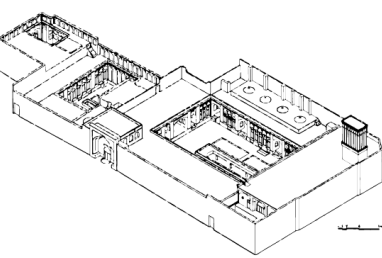
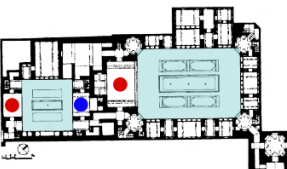
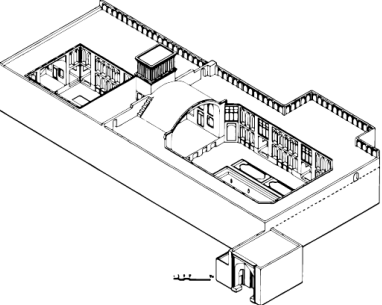
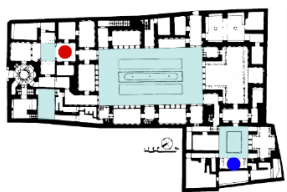
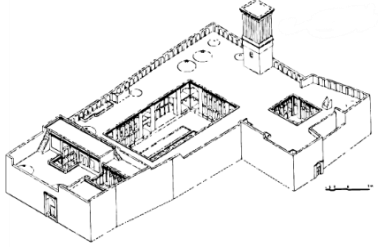
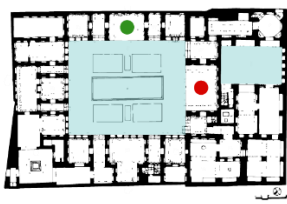
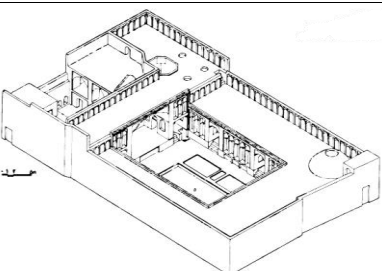
۴-۱-۴ جهت‌گیری

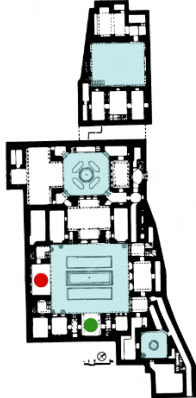
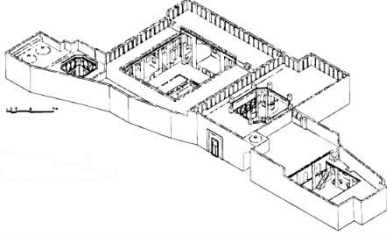
بر طبق جدول ۱، مجموع ایوان‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی در این خانه‌ها برابر با ۳۹ عدد است، این در حالی است که تعداد کل ایوان‌ها در این خانه‌ها برابر با ۴۹ عدد است. در بعضی از خانه‌ها چندین ایوان جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی وجود دارد. ایوان‌های جبهه‌های دیگر در این خانه‌ها انگشت‌شمار و اندک هستند. در میان ایوان‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی، جهت‌گیری جنوب‌غربی بیشترین فراوانی و جنوب کمترین فراوانی را داراست. جملگی بیان‌گر اهمیت و نقش مهم ایوان و نیز جهت‌گیری آن در خانه‌های یزد است.

جدول ۱: بررسی تعداد و جهت گیری ایوان‌ها در خانه‌های منتخب یزد (مأخذ: نگارندگان)

خانه	تصویر سه‌بعدی خانه	پلان طبقه اول	تعداد					
			چسب	ایوان	ایوان جنوبی	ایوان جنوب شرقی	ایوان جنوب غربی	سایر جهه‌ها
اخوان سیگاری			۴	۴	۰	۰	۰	۱
تهرانی‌ها			۴	۱	۰	۰	۰	۱
رسولیان			۴	۵	۰	۱	۰	۲
روحانیان			۴	۱	۰	۰	۰	۱
ریسمانیان			۲	۲	۱	۰	۰	۱
عرب (بی‌رقبه)			۲	۱	۰	۱	۰	۰

۰	۱	۱	۰	۲	۱			عرب (علیرضا)
۰	۱	۲	۰	۳	۷			عرب‌ها
۰	۲	۱	۰	۳	۲	 پلان گودال باغچه		علومی‌ها
۰	۲	۲	۰	۴	۲			فاتح‌ها
۰	۲	۱	۰	۴	۲		تصویر موجود نیست	فرهنگی و مظهاری
۲	۱	۰	۰	۴	۳			کر اوغلی

۰	۱	۰	۰	۱	۲			گرامی
۰	۲	۲	۰	۴	۳			گلشن
۲	۲	۰	۰	۴	۳			لاریها
۱	۲	۰	۰	۴	۲			مرتااض
۱	۱	۰	۰	۲	۴			مستروای
۰	۱	۱	۰	۲	۲			مشکيان

۰	۱	۱	۰	۲	۲			۳
۱۰	۲۴	۱۴	۱	۴۹	۴۳	مجموع: ۱۹		

مشاهده شد که به جز ۵ مورد از ۳۹ ایوان جنوبی، جنوب غربی و جنوب شرقی، در بقیه موارد طول ایوان در امتداد حیاط قرار گرفته است.

۴-۵-۱ موقعیت، مجاورت و دسترسی

یکی از الزام‌های سازه‌ای برای ساخت ایوان‌های طاق دار، عوامل مهارکننده جانبی آن هستند که معمولاً به صورت دو فضای قرینه در دو سوی ایوان ساخته شده که به اشکال گوناگون تداوم داشته است. از آنجایی که ارتفاع ایوان در هر بنایی نسبت به سایر بخش‌ها به میزان قابل توجهی بالاتر است فضاهای جانبی آن نیز معمولاً در دو طبقه احداث می‌شوند.

جدول ۲: بررسی موقعیت، فضاهای مجاور و چگونگی بازشوهای ایوان‌های جنوبی، جنوب غربی و جنوب شرقی در خانه‌های منتخب یزد (مأخذ: نگارندگان)

خانه	تصویری از ایوان	ایوان جنوبی		ایوان جنوب شرقی		ایوان جنوب غربی	
		موقعیت / اندازه / فضاهای مجاور / تعداد بازشو	تعداد ایوان	موقعیت / اندازه / فضاهای مجاور / تعداد بازشو	تعداد ایوان	موقعیت / اندازه / فضاهای مجاور / تعداد بازشو	تعداد ایوان
اخوان سیگاری		-	۱	حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو و بادگیر / ۴ درب	۱	حیاط کوچک / ایوان کوچک / راهرو / ۱ درب	
تهرانی‌ها		-	۱	-	۱	حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو و بادگیر / ۵ درب	
رسولیان		-	۱	حیاط بزرگ / ایوان کوچک / راهرو / ۲ درب	۲	حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو و اتاق بادگیر / ۲ درب	
		-	۱	حیاط کوچک / راهرو / ۲ درب	۱	حیاط کوچک / ایوان متوسط / راهرو و بادگیر / ۱ درب	

روحنیان		-	-	۱	حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو و اتاق خیشخان / ۴ درب
ریسمانیان		۱	حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو، بادگیر و اتاق / ۴ درب	-	-
عرب (بی بی رقیه)		-	حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو و اتاق / ۱ درب	۱	-
عرب (علیرضا)		-	حیاط بزرگ / ایوان کوچک / راهرو / ۱ درب	۱	حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو و بادگیر / ۲ درب
عرب ها		-	حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو / ۲ درب	۲	حیاط متوسط / ایوان بزرگ / راهرو، بادگیر و اتاق / ۲ درب
علمی ها		-	گودال باغچه / ایوان کوچک / راهرو / ۲ درب	۱	حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو و بادگیر / ۲ درب
فاتح ها		-	حیاط متوسط / راهرو و اتاق / ۷ درب	۲	حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو / ۲ درب
				۲	حیاط متوسط / ایوان کوچک / راهرو / ۲ درب
فرهنگی و مظفری		-	حیاط متوسط / ایوان متوسط / راهرو / ۲ درب	۱	حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو، بادگیر (هواکش) و اتاق / ۱ درب
				۲	حیاط متوسط / ایوان متوسط / راهرو و اتاق / ۱ درب

حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو، بادگیر و اتاق / ۵ درب	۱	-	-		کر اوغلی	
حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو و بادگیر / ۱ درب	۱	-	-		گرامی	
حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو / ۲ درب	۲	حیاط کوچک / ایوان متوسط / راهرو و اتاق / ۴ درب	۲	-	گلشن	
حیاط متوسط / ایوان متوسط / راهرو و بادگیر / ۲ درب		حیاط متوسط / ایوان کوچک / راهرو و اتاق / ۱ درب				
حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو، بادگیر و اتاق / ۸ درب	۲	-	-		لاریها	
حیاط کوچک / ایوان کوچک / راهرو و اتاق / ۲ درب						
حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو، بادگیر و هشتی / ۲ درب	۲	-	-		مرتاض	
حیاط کوچک / ایوان کوچک / راهرو / ۲ درب						
حیاط کوچک / ایوان کوچک / راهرو و اتاق / ۳ درب	۱	-	-		مستر وای	
حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو / ۲ درب	۱	حیاط بزرگ / ایوان متوسط / راهرو / ۲ درب	۱	-		مشکیان
حیاط بزرگ / ایوان بزرگ / راهرو / ۱ درب	۱	حیاط بزرگ / ایوان کوچک / راهرو / ۲ درب	۱	-		ملک

همانطور که در جدول دو مشاهده می‌شود در مجاور ایوان‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی خانه‌های منتخب یزد، راهرو (۱۵ مورد)، راهرو و بادگیر (۸ مورد)، راهرو، بادگیر و لتاق (۵ مورد)، راهرو و لتاق (۸ مورد)، راهرو و لتاق بادگیر (۱ مورد)، راهرو و اتاق خیشخان (۱ مورد)، راهرو، بادگیر و هشتی (۱ مورد) قرار گرفته است. در عین حال راهرو بیشترین فراوانی مجاورت را داراست که مرتبط با نوع دسترسی به ایوان و حفظ حریم آن است، چراکه وجود زیرزمین در این خانه‌ها سبب شده تا ایوان به میزان قابل توجهی از سطح کف حیاط بالاتر قرار گیرد تا نورگیرهای زیرزمین ایجاد گردد. در این حالت دسترسی از حیاط به‌طور جداگانه و از طریق راهرو تأمین شده و پلکان‌ها در این راهروها واقع است.

فراوانی موقعیت ایوان‌ها به ترتیب: ۲۳ عدد ایوان در حیاط بزرگ، ۸ عدد در حیاط متوسط و ۷ عدد در حیاط کوچک و یک مورد گودال باغچه است. در جبهه جنوب یک مورد ایوان در یک حیاط بزرگ، در جبهه جنوب‌شرقی ۸ عدد ایوان در حیاط بزرگ و ۳ عدد در حیاط متوسط، ۲ عدد در حیاط کوچک و یک عدد گودال باغچه و در جبهه جنوب‌غربی ۱۴ عدد ایوان در حیاط بزرگ، ۵ عدد ایوان در حیاط متوسط و ۵ عدد ایوان در حیاط کوچک قرار داشتند. در مجموع می‌توان گفت که ایوان‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی عموماً در حیاط بزرگ واقع می‌شدند.

همچنین کلیه ایوان‌ها در این خانه‌ها از سه طرف محصور بودند و تعریف فضای از سه سو محصور که از یک سمت به حیاط یا باغ مقابل باز باشد، ثابت و بدون تغییر باقی‌مانده است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود دسترسی از دو بازشوی مجاور بیشترین فراوانی را دارا بود. در این خانه‌ها نوع بازشوها از نوع درب است و دو درب بیشترین فراوانی را دارد.

۴-۱-۶ تناسبات

با توجه به تنوع گونه‌های شکلی، ابعاد زمین و نیز موقعیت اجتماعی صاحبان خانه‌ها، مساحت ایوان در آن‌ها متفاوت است. مشاهده می‌شود فراوانی اندازه ایوان‌ها به ترتیب: جنوبی (بزرگ ۱ مورد)، جنوب‌غربی (بزرگ ۱۵ مورد، متوسط ۵ مورد و کوچک ۴ مورد) و جنوب‌شرقی (بزرگ ۳ مورد، متوسط ۴ مورد و کوچک ۶ مورد) است. این فراوانی‌ها بیانگر اهمیت ایوان جبهه جنوب‌غربی در این خانه‌ها است چراکه بزرگ‌ترین و بیشترین ایوان در این جبهه واقع شده است.

طول ایوان‌های خانه‌های منتخب یزد از ۳.۴ متر (گلشن) تا ۱۰.۴ متر (لاری‌ها) متغیر است. بیشترین فراوانی در طول بین ۴ تا ۸ متر است. عرض ایوان‌های مذکور از ۲.۱ متر (عرب (علیرضا)) تا ۱۱.۳ متر (لاری‌ها) متغیر است. بیشترین فراوانی در عرض بین ۳ تا ۷ متر است. ارتفاع این ایوان‌ها از ۳.۵ متر (گلشن) تا ۸ متر (مرتاض) متغیر است. بیشترین فراوانی در ارتفاع بین ۴ تا ۸ متر است. نسبت طول به عرض از ۰.۶۴ (تهرانی‌ها) تا ۲.۸۳ (رسولیان) متغیر است. بیشترین فراوانی در نسبت بین ۱.۱ تا ۱.۵ است. نسبت عرض به ارتفاع از ۰.۵ (اخوان سیگاری) تا ۱.۵۶ (لاری‌ها) متغیر است. بیشترین فراوانی در نسبت بین ۰.۷ تا ۱ است. نسبت طول به ارتفاع از ۰.۵۳ (مستر وای) تا ۱.۶۶ (عرب‌ها) متغیر است. بیشترین فراوانی در نسبت بین ۰.۹ تا ۱.۵ است.

مساحت ایوان‌ها از ۱۱.۴۴ مترمربع (ایوان کوچک خانه اخوان سیگاری) تا حداکثر ۹۴.۹۲ مترمربع (ایوان بزرگ خانه لاری‌ها) متغیر است. مساحت: ۲۰-۱۰ مترمربع ۸ مورد (اخوان سیگاری، رسولیان، عرب (علیرضا)، علمی‌ها، فاتح‌ها، گلشن، مستر وای و ملک)، ۳۰-۲۰ مترمربع ۱۳ مورد (روحانیان، عرب (بی‌بی رقیه)، عرب‌ها، علمی‌ها، فاتح‌ها، فرهنگ‌ها، مظفری، گرمی، گلشن، گلشن، مرتاض، مشکیان و ملک)، ۴۰-۳۰ مترمربع ۱۰ مورد (اخوان سیگاری، تهرانی‌ها، ریسمانیان، عرب‌ها، عرب‌ها، فرهنگ‌ها و مظفری، فرهنگ‌ها و مظفری، کراوغلی، گلشن و مشکیان)، ۵۰-۴۰ مترمربع ۴ مورد (رسولیان، عرب (علیرضا)، فاتح‌ها و لاری‌ها)، ۶۰-۵۰ مترمربع ۲ مورد (رسولیان و علمی‌ها)، ۸۰-۷۰ مترمربع یک مورد (مرتاض) و ۱۰۰-۹۰ مترمربع یک مورد (لاری‌ها). بنابراین بیشترین فراوانی در مساحت بین ۲۰ تا ۴۰ مترمربع است.

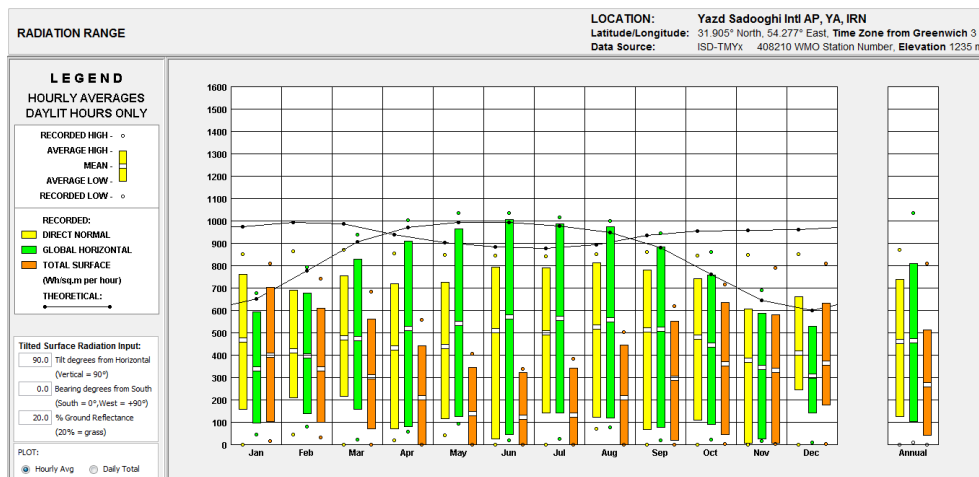
حجم ایوان‌ها از ۴۹.۹۳۸ مترمکعب (ایوان کوچک خانه عرب (علیرضا)) تا ۶۸۳.۴۲۴ مترمکعب (ایوان بزرگ خانه لاری‌ها) متغیر است. حجم: کمتر از ۵۰ مترمکعب ۲ مورد (عرب (علیرضا) و گلشن)، ۱۰۰-۵۰ مترمکعب ۱۱ مورد (اخوان سیگاری، تهرانی‌ها، رسولیان، عرب (بی‌بی رقیه)، علمی‌ها، علمی‌ها، فاتح‌ها، فرهنگ‌ها و مظفری، گلشن، مشکیان و ملک)، ۱۵۰-۱۰۰ مترمکعب ۹ مورد (روحانیان، عرب‌ها، فاتح‌ها، گرمی، گلشن، مرتاض، مستر وای و ملک)، ۲۰۰-۱۵۰ مترمکعب ۶ مورد (اخوان سیگاری، رسولیان، عرب‌ها، فرهنگ‌ها و مظفری، گلشن و مشکیان)، ۲۵۰-۲۰۰ مترمکعب ۴ مورد (ریسمانیان، عرب‌ها، فرهنگ‌ها و

مظفری و لاری‌ها)، حجم ۲۵۰-۳۰۰ مترمکعب ۳ مورد (عرب (علیرضا)، فاتح‌ها و کراوغلی)، ۳۵۰-۳۰۰ مترمکعب یک مورد (علوم‌ها)، ۴۰۰-۴۵۰ مترمکعب یک مورد (رسولیان)، ۶۰۰-۵۵۰ مترمکعب یک مورد (مرتاض) و ۶۵۰-۶۰۰ مترمکعب یک مورد (لاری‌ها). بنابراین بیشترین فراوانی در حجم بین ۵۰ تا ۱۵۰ مترمکعب است.

۴-۷-۱ سایه‌اندازی

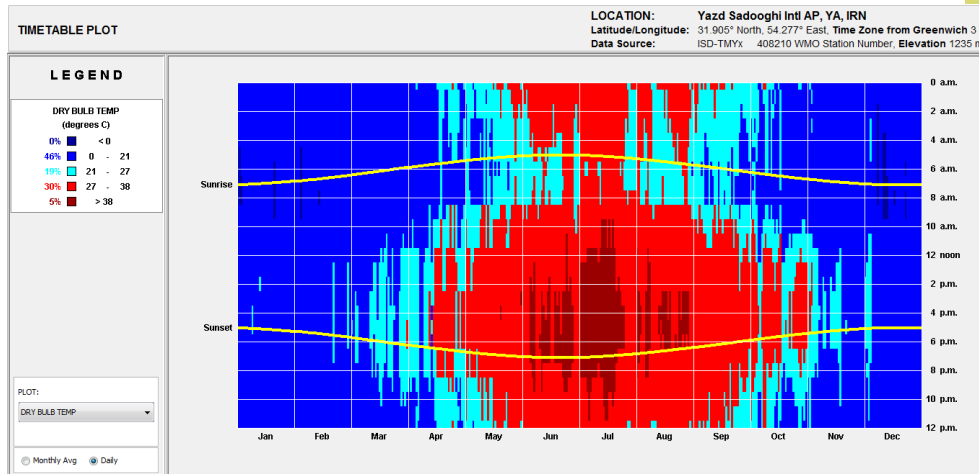
تحلیل اقلیمی داده‌ها به کمک نرم‌افزار

تصویر ۲ میزان تابش دریافتی خورشید را نمایش می‌دهد. رنگ زرد نشان‌دهنده میزان تابش دریافتی خورشید به صورت مستقیم است که به صورت میانگین سالیانه حدود $450 \text{ Wh/sq.m per hour}$ نشان داده شده است. پارامتر دیگر در این نمودار، میزان تابش دریافتی بر روی سطوح افقیست که با رنگ سبز نمایش داده شده است. میزان دریافت تابش خورشید در ماه‌های تابستان بر روی سطح افق این مهم را نیز نشان می‌دهد که باید سقف نهایی ساختمان را در برابر تابش زیاد خورشید محفوظ نمود. رنگ نارنجی در نمودار نشان‌دهنده تابش دریافتی بر روی سطح عمودی در جبهه جنوبست که این میزان جهت به‌کارگیری سیستم‌های فعال و غیرفعال بسیار مهم است. میانگین تابش دریافتی آن نسبت به دو حالت قبل کمتر و حدود $280 \text{ Wh/sq.m per hour}$ است. نکته قابل‌ملاحظه، افزایش میزان انرژی دریافتی خورشید نسبت به تابستان در فصل زمستان به دلیل تابش مایل خورشید نسبت به تابستان است و این می‌تواند به‌عنوان یک پتانسیل جهت بهره‌گیری از گرمایش و یا پیش‌گرمایش طبیعی فضا باشد. البته تابش مازاد که در تابستان دریافت می‌شود را می‌توان به‌وسیله سایبان‌های مناسب کنترل نمود.



Climate Consultant تصویر ۲: میزان تابش دریافتی یزد (مأخذ: نرم‌افزار

تصویر ۳ جهت پیش‌بینی سایبان بسیار کاربردیست. در این نمودار دو خط زرد رنگ نشان‌دهنده بازه طلوع و غروب خورشید و رنگ‌های موجود در پترن، نشان‌دهنده دمای محیط است. بر این اساس می‌توان دریافت که جهت جلوگیری از تابش مزاحم باید از اواخر آوریل (۱۲ فروردین تا ۱۰ اردیبهشت) تا اوایل اکتبر (۹ مهر تا ۹ آبان) سایبان مناسب پیش‌بینی نمود. همچنین حداکثر میزان تابش در ماه ژوئیه (۱۰ تیر تا ۹ مرداد) دیده می‌شود.



تصویر ۳: تقویم نیاز اقلیمی یزد (مأخذ: نرم‌افزار Climate Consultant)

ابزار شبیه‌سازی

امروزه، ابزارهای متعددی در زمینه طراحی برای کمک به طراحان و مهندسين صنعت ساختمان ابداع شده‌است که از جمله پرکاربردترین آن‌ها می‌توان به نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی اشاره کرد. این گونه ابزارها امکان ایجاد مدل واقعی در محیط مجازی را فراهم نموده و بدین طریق، اعمال راهکارهایی را در جهت بهینه‌سازی ساختمان در مرحله قبل از ساخت ممکن می‌سازد. از شبیه‌سازهای موجود، افزونه گرسه‌پایر در نرم‌افزار راینو سروس^۶ (به مخفف راینو، یا راینو تری دی^۷ نامیده می‌شود) است. راینو سروس یک نرم‌افزار تجاری و گرافیکی سه‌بعدی است. برخی از اجزای افزونه گرسه‌پایر امکان ایجاد هندسه‌های دوبعدی و سه‌بعدی و برخی دیگر الگوریتم‌های عددی، متنی، صوتی، تصویری و برنامه‌های کاربردی لمسی را فراهم می‌نماید. گرسه‌پایر خود افزونه‌های زیادی همچون هانی‌بی و لیدی‌باگ را پشتیبانی می‌کند.

افزونه لیدی‌باگ می‌تواند نتایج خروجی همچون دما، رطوبت، سرعت باد، جهت باد، میزان آسایش و دیگر پارامترهای اقلیمی و محیطی را به صورت گرافیک دوبعدی یا سه‌بعدی نمایش دهد.

در پژوهش پیش رو از افزونه لیدی‌باگ ورژن ۰.۰۶۹ در گرسه‌پایر به عنوان ابزار شبیه‌ساز و در افزونه لیدی‌باگ جهت استفاده از داده‌های آب و هوایی در روند شبیه‌سازی از فایل اقلیمی با فرمت epw استفاده شده است.

یکی از قابلیت‌های لیدی‌باگ، آنالیز و بهینه‌سازی میزان سایه‌اندازی مجاورت‌ها بر ساختمان و سایت موردنظر و همچنین بررسی میزان نور مستقیم دریافتی توسط سطوح مدل است. کاهش و افزایش این مقدار به صورت پارامتریک در بازه زمانی مشخص شده امکان‌پذیر خواهد بود.

سناریوی شبیه‌سازی

هدف پژوهش، بررسی سایه‌اندازی در فضای نیمه‌باز (ایوان) است. سایه‌اندازی در دو بازه زمانی؛ انقلاب تابستانی و انقلاب زمستانی شبیه‌سازی شده است.

انقلاب تابستانی طولانی‌ترین روز در نیمکره شمالی و برابر با اول تیرماه است. در این روز خورشید بیشترین زاویه با افق را دارا است و این نشان‌دهنده آغاز فصل تابستان است. انقلاب زمستانی کوتاه‌ترین روز در نیمکره شمالی و مقارن با روز ۱ دی‌ماه است.

در جداول شماره ۳، ۴ و ۵ میزان سایه‌اندازی در انقلاب تابستانی (از ساعت ۰۰:۰۱ تا ۲۴:۰۰) در ایوان‌های ۳ جهت موردبررسی، به صورت جداگانه آورده شده است. بدین منظور ابتدا پلان کلیه ایوان‌ها به مربع‌هایی با طول ۵۰ سانتیمتر تقسیم‌بندی و سپس میزان سایه‌اندازی از هنگام طلوع تا غروب خورشید در انقلاب تابستانی با طیف رنگی سفید تا مشکی مشخص گردیده است. (در مدل‌سازی ارتفاع تمامی فضاهای دور حیاط‌ها و ایوان‌ها در نظر گرفته شده است). طیف رنگی به سه دسته تقسیم شد:

- ۱- بدون سایه: روشن ترین مربع
- ۲- نیم سایه: مربع های خاکستری روشن تا تیره
- ۳- سایه کامل: تیره ترین مربع

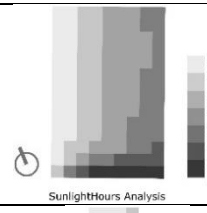
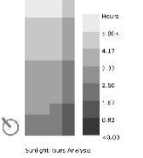
روشن ترین مربع قسمتی از ایوان را که در انقلاب تابستانه، بدون سایه است، را نشان می دهد. مربع های طیف خاکستری رنگ، برخی ساعات سایه را مشخص می نماید و تیره ترین مربع، نشان دهنده آن است که در طول انقلاب تابستانی، کدام قسمت از ایوان به طور کامل سایه دارد. با تعداد مربع های هر دسته، نسبت به کل مربع های تشکیل دهنده ایوان، میزان بدون سایه، نیم سایه و سایه کامل در انقلاب تابستانی به صورت درصد به دست آمد. شایان ذکر است نمودار انقلاب زمستانی تمامی ایوان های خانه های مورد مطالعه به غیر از ۲ مورد (که بیش از ۹۵ درصدشان در سایه است) به طور کامل در سایه قرار می گیرند.

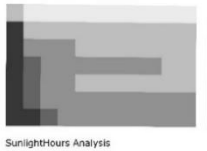
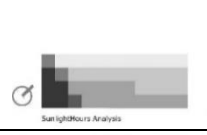
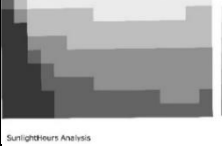
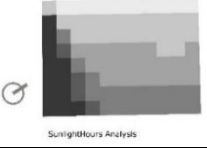
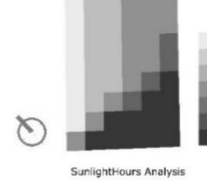
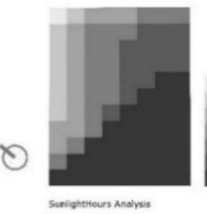
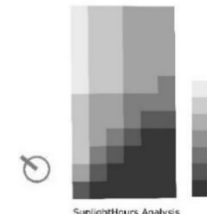
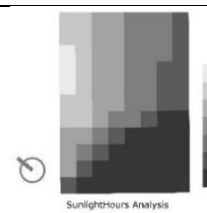

با مقایسه نمودارهای سایه اندازی، ایوان هایی که بیشترین میزان مربع های تیره را داشتند، ایوانیست که عرض آن تقریباً دو برابر طول آن یا به عبارتی دقیق تر از تناسب طلایی (در طول و عرض) برخوردار است و بیشترین سایه را در انقلاب تابستانی فراهم می کند، مانند ایوان خانه تهرانی ها که در جبهه جنوب غربی واقع است. همچنین ایوان هایی که طول آن ها با جبهه حیاطی که در آن قرار دارند، برابر است، دارای بیشترین سایه در انقلاب تابستانی هستند مانند ایوان جنوب غربی در حیاط کوچک خانه های اخوان سیگاری، رسولیان و مستر وای.

جدول ۳: سایه اندازی ایوان جنوبی خانه های قاجاری یزد (مأخذ: نگارندگان)

نام خانه	نمودار سایه اندازی و میزان تابش در انقلاب تابستانی	ابعاد ایوان (متر)			تعداد کل پیکسل ها			بدون سایه (%)	نیم سایه (%)	سایه کامل (%)
		طول	عرض	ارتفاع	بدون سایه	نیم سایه	سایه کامل			
ریسمانیان		۷.۲	۵.۲	۶.۱	۹	۱۴	۱۱۷	۶.۴۲	۱۰	۸۳.۵۷

جدول ۴: سایه اندازی ایوان های جنوب شرقی خانه های قاجاری یزد (مأخذ: نگارندگان)

نام خانه	نمودار سایه اندازی و میزان تابش در انقلاب تابستانی	ابعاد ایوان (متر)			تعداد کل پیکسل ها			بدون سایه (%)	نیم سایه (%)	سایه کامل (%)	
		طول	عرض	ارتفاع	بدون سایه	نیم سایه	سایه کامل				
اخوان سیگاری		۷	۴.۶	۵.۱	۲۴	۹۶	۷۶.۱۹۶	۱۹.۰۴	۴.۷۶	قوس بیرون زده	
رسولیان		۶.۸	۲.۴	۴.۳	۶	۴۶	۰	۱۱.۵۳	۸۸.۴۶	بدون اتاق پستی	
		۵.۷۵	۳.۶	۳.۶	۷۷			۱۲.۹۸	۷۷.۹۲	۹۰.۰۹	تناسبات طلایی

			۷	۶۰	۱۰					عرب (بی بی رقیه)
۱۱.۳۶	۶۵.۹	۲۲.۷۲	۴۴			۴.۱	۲.۱	۵.۸		عرب (علیرضا)
			۵	۲۹	۱۰					
۱۴.۵۸	۷۱.۵۲	۱.۳۸	۱۴۴			۴.۸	۴.۶	۸		عربها
			۲۱	۱۰۳	۲۰					
۱۳.۶۳	۷۵	۱۱.۳۶	۸۸			۴.۴	۴.۱	۵.۶		عربها
			۱۲	۶۶	۱۰					
۲۸.۵۷	۵۴.۷۶	۱۶.۶۶	۴۲			۴.۹	۳.۱	۴.۲		علومها
			۱۲	۲۳	۷					
۳۹.۷۷	۵۹.۰۹	۱.۱۳	۸۸			۴.۷	۴.۴	۵.۵		فاتحها
			۳۵	۵۲	۱					
۲۱.۲۱	۷۱.۲۱	۷.۵۷	۶۶			۵.۷	۳	۵.۷		فاتحها
			۱۴	۴۷	۵					
۲۷.۲۷	۶۹.۳۱	۳.۴	۸۸			۳.۸	۴	۵.۶		فرهنگی و مظفری
			۲۴	۶۱	۳					
۵.۱۹	۹۲.۲	۲.۵۹	۷۷			۳.۷	۳.۷	۵.۸		گلشن
			۴	۷۱	۲					
۷.۱۴	۹۰.۴۷	۲.۳۸	۴۲			۳.۵	۴.۲	۳.۴		گلشن

			۳	۳۸	۱					
۴.۵۴	۷۱.۵۹	۲۳.۸۶	۸۸			۳.۷	۴.۲	۵.۵		مشکیان
۲۸.۵۷	۶۰.۷۱	۱۰.۷۱	۵۶			۴	۴.۳	۳.۵		ملک

جدول ۵: سایه‌اندازی ایوان‌های جنوب‌غربی خانه‌های قاجاری یزد (مأخذ: نگارندگان)

سایه کامل (%)	نیم سایه (%)	بدون سایه (%)	تعداد کل پیکسل‌ها			ابعاد ایوان (متر)			نمودار سایه‌اندازی و میزان تابشی در انقلاب تابستانی	نام خانه
			بدون سایه	نیم سایه	سایه کامل	ارتفاع	عرض	طول		
۷۷.۵	۱۵	۷.۵	۴۰			۵.۲	۲.۶	۴.۴		اخوان سیگاری
۶۰.۳۱	۳۸.۸۸	۰.۷۹	۱۲۶			۵.۸	۷	۴.۵		تهرانی‌ها
۱۱.۳۶	۶۵.۹	۲۲.۷۲	۴۴			۶.۸	۷.۳	۸.۱		رسولیان
۶۵.۳۸	۳۳.۳۳	۱.۲۸	۱۵۶			۴.۸	۶.۱	۶.۶		رسولیان
۱۳.۵۴	۷۵	۱۱.۴۵	۹۶			۴.۹	۴.۲	۶		روحانیان
۳۵.۲۵	۶۴.۱	۰.۶۴	۱۵۶			۶.۴	۶.۳	۶.۷		عرب (علیرضا)



			۵۵	۱۰۰	۱					
۴۷.۱۴	۴۸.۵۷	۴.۲۸	۱۴۰			۶	۵.۲	۷		عرب‌ها
			۶۶	۶۸	۶					
۲۷.۱۷	۶۷.۶۹	۵.۱۲	۱۹۵			۶۶	۶.۶	۷.۷		علمی‌ها
			۵۳	۱۳۲	۱۰					
۴۰.۲۵	۵۷.۱۴	۲.۵۹	۷۷			۴.۲	۳.۸	۵.۵		علمی‌ها
			۳۱	۴۴	۲					
۱۶.۶۶	۷۴.۶۶	۸.۶۶	۱۵۰			۷.۱	۵.۳	۷.۸		فاتح‌ها
			۲۵	۱۱۲	۱۳					
۲۸.۴	۵۹.۰۹	۱۲.۵	۸۸			۵.۵	۴.۱۵	۵.۷		فاتح‌ها
			۲۵	۵۲	۱۱					
۱۵.۸۷	۷۶.۹۸	۷.۱۴	۱۲۶			۶	۴.۷	۷.۵		فرهنگی و مظفری
تناسبات طلایی			۲۰	۹۷	۹					
۴.۱۶	۸۴.۶۱	۱۰.۷۶	۱۳۰			۵.۸	۵.۳	۶.۵		فرهنگی و مظفری
			۶	۱۱۰	۱۴					
۵۱.۳۸	۴۱.۶۶	۶.۹۴	۱۴۴			۵.۹	۶.۱	۶.۲		کراوغلی
			۷۴	۶۰	۱۰					
۳۷.۷۷	۶۰	۲.۲۲	۹۰			۵.۶	۴.۶	۵.۳		گرامی
			۳۴	۵۴	۲					
۵.۹۸	۹۲.۳	۱.۷	۱۱۷			۵.۵	۴.۸	۶.۹		گلشن
			۷	۱۰۸	۲					

۱۰	۸۷.۱۴	۲.۸۵	۷۰			۵.۵	۳.۹	۵.۲		گلشن
			۷	۶۱	۲					
۴۶.۵۹	۵۳.۱۲	۰.۲۸	۳۵۲			۷.۲	۱۱.۳	۸.۴		لاریها
			۱۶۴	۱۸۷	۱					
۲۸.۵۷	۵۷.۱۴	۱۴.۲۸	۱۵۴			۵.۱	۵.۷	۷.۱		لاریها
			۴۴	۸۸	۲۲					
۲۷.۳ طاق بیرون زده	۷۱.۱۵	۱.۵۳	۲۶۰			۸	۷	۱۰.۴		مرتاخ
			۷۱	۱۸۵	۴					
۳۷.۵	۴۸.۷۵	۱۳.۷۵	۸۰			۵.۵	۴.۳	۵.۴		مرتاخ
			۳۰	۳۹	۱۱					
۸۷.۵ هم‌اندازه حیاط	۸.۳۳	۴.۱۶	۷۲			۷.۶	۴.۶	۴.۱		مستر وای
			۶۳	۶	۳					
۵.۵۵	۹۲.۸۵	۱.۵۸	۱۲۶			۵.۵	۵	۷.۱		مشکین
			۷	۱۱۷	۲					
۲۷.۲۷ تناسبات طلایی	۴۴.۱۵	۲۸.۵۷	۷۷			۵.۵	۳.۶	۶		ملک
			۲۱	۳۴	۲۲					

۵ بحث در نتایج و یافته‌ها

برخی از عناصر معماری بومی ممکن است به دلایل مختلف، از جمله عملکرد، آسایش و القای حس تعلق به مکان، در معماری یک اقلیم تداوم داشته و گاه توسعه یافته و از یک عنصر معماری بومی (مثل ایوان) به یک مؤلفه معماری سنتی تبدیل گردد.

خانه‌های سنتی یزد به عنوان نمونه بررسی شد که بیشترین سازگاری را با طبیعت و اقلیم دارند. معماران این بناها با طراحی صخیخ و توجه به آسایش کاربران آن توانسته‌اند در عین سادگی، پاسخگوی نیاز ساکنین خانه‌ها باشند. یکی از این فضاها، ایوان می‌باشد که در معماری مسکونی به شکل فضایی نیمه‌باز، جلوی اتاق‌ها قرار گرفته و با کاربری‌های متفاوت، دسترسی به فضاهای داخلی را ممکن می‌سازد. عنصر ایوان از ویژگی‌های بارز و به عنوان مهمترین بخش در ساختار فضایی خانه‌های تاریخی یزد به شمار می‌رود که به لحاظ قدمت، دوره قاجار تا پهلوی را در برمی‌گیرند. ازین رو در این تحقیق برای بررسی ایوان خانه‌های سنتی یزد در دوره قاجار از روش تحلیل تاریخی - تفسیری، با رویه پژوهش اسنادی و میدانی با روش اجرای تحلیل محتوا در مقطعی از زمان با رویکرد ژرفانگر و وسعتی میانه و داده‌ها از طریق منابع کتابخانه‌ای، و مشاهده مستقیم جمع‌آوری و مورد تطبیق و تحلیل قرار گرفته‌اند. برای دستیابی به هدف پژوهش تلاش گردید بیشتر بناهای مربوط به دوران قاجار موجود در شهر یزد مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند تا نتایج درست و دقیقی تری بدست آید. از این رهگذر ابتدا به مفهوم و تاریخچه ایوان در ادوار گذشته پرداخته شد، سپس به مطالعه و بررسی گونه‌شناسی، عملکرد، فرم، خصوصیات سازه، جهت‌گیری، موقعیت، مجاورت و دسترسی، تناسب، سایه‌اندازی و شبیه‌سازی اقلیمی ایوان بر پایه خانه‌های منتخب پرداخته شد.

۶ نتیجه‌گیری

از اولین موارد قابل توجه در ساخت شهرهای اقلیم گرم و خشک، جهت‌گیری است. جهت‌گیری بافت تاریخی یزد با توجه به آفتاب گرم بعدازظهر تابستان، بادهای گرم و طوفان شن، شمال‌شرقی - جنوب‌غربی یا عمود بر آن در نظر گرفته می‌شد. از این رو جهت و کشیدگی حیاط بزرگ و اصلی خانه‌های مورد بررسی به‌جز یک مورد (که شمالی - جنوبی است)، شمال‌شرقی - جنوب‌غربی (رون راسته) است.

در خانه‌های قاجاری یزد، ایوان‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی تابستان‌نشین بودند و در آن‌ها امکان بهره‌مندی از جریان هوا، محافظت از تابش آفتاب و نیز بادهای نامطلوب فراهم می‌شد و بهترین مکان از لحاظ آسایش فیزیکی و درعین حال سبب تعدیل دمای فضاهای مجاور خود می‌شدند. عملکردهای فراوانی چون: غذا خوردن، خوابیدن، پذیرایی از مهمان، استراحت کردن، انجام کارهای خانه و ... در آن اتفاق می‌افتاد. از لحاظ فضایی ایوان باعث ایجاد تنوع فضایی، خوانایی، تشخیص و تشخص خانه، تمایز و درعین حال پیوستگی درون و بیرون می‌شود.

مشاهده می‌شود که کلیه ایوان‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی خلنه‌های منتخب یزد از نوع دوم یعنی منحنی و طاق‌پوش (طاق ضربی) است. در این بین، دو مورد (ایوان جنوب‌شرقی خانه اخوان سیگاری و ایوان جنوب‌غربی حیاط بزرگ خانه مرتاض) طاق بیرون زده از سقف دیده شود.

در این خانه‌ها نسبت به ایوان‌های خانه‌های یزد در ادوار قبلی، جهش محسوسی در عمق و دهانه ایوان‌ها و کاهش محسوس در ارتفاع آن‌ها پدید آمد و شکل قوس‌های نیم دایره‌ای نیز رواج یافته است.

در این خانه‌ها ضخامت جرز ایوان بین ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر می‌رسد که نسبت به ادوار قبلی کاهش یافته است و درعین حال خلل و فرج‌های سطح جرزهای جانبی به صورت طاقچه، درگاه و طاق نما روندی فزاینده داشته است. در نتیجه جرزها سبک‌تر و لاغرتر شده است.

در میان ایوان‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی، جهت‌گیری جنوب‌غربی بیشترین فراوانی و جنوب کمترین فراوانی را داراست. مشاهده شد که به‌جز ۵ مورد از ۳۹ ایوان جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی، در بقیه موارد طول ایوان در امتداد حیاط قرار گرفته است. ایوان‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی عموماً در حیاط بزرگ واقع می‌شدند. همچنین کلیه ایوان‌ها در این خانه‌ها از سه طرف محصور بودند و دسترسی از دو بازشوی مجاور بیشترین فراوانی را دارا بود. در این خانه‌ها نوع بازشوها از نوع درب است و دو درب بیشترین فراوانی را دارد.

یکی از راهکارهای اقلیمی برای نیل به آسایش حرارتی در شهرهای اقلیم گرم و خشک مانند یزد، استفاده از سایه و کاهش تأثیر تابش خورشید بود. با توجه به شرایط اقلیمی و جهت شکل‌گیری شهر تاریخی یزد، از عنصر ایوان به‌منظور ایجاد سایه و آسایش حرارتی استفاده می‌کردند. در نتیجه ایوان‌ها در خانه‌های قاجاری یزد به ترتیب تعدد در سمت جنوب غربی، جنوب شرقی و جنوبی

قرار می‌گرفت. این در حالیست که قرارگیری ایوان در ضلع جنوب، بالاترین کارایی و بیشترین سایه‌اندازی در انقلاب تابستانی را دارد و به نظر می‌رسد دلایل دیگری در شکل‌گیری خانه‌های یزد مؤثر بوده که نسبت به سایه‌اندازی ارجحیت داشته است. با مقایسه نمودارهای سایه‌اندازی، نمودار انقلاب زمستانی تمامی ایوان‌های خانه‌های مورد مطالعه به‌غیر از ۲ مورد (که بیش از ۹۵ درصدشان در سایه است) به‌طور کامل در سایه قرار می‌گیرند. ایوان‌هایی که بیشترین میزان مربع‌های تیره را داشتند، ایوانیست که عرض آن تقریباً دو برابر طول آن یا به عبارتی دقیق‌تر از تناسبات طلایی (در طول و عرض) برخوردار است، بیشترین سایه را در انقلاب تابستانی فراهم می‌کند مانند ایوان خانه تهرانی‌ها که در جبهه جنوب‌غربی واقع است. همچنین ایوان‌هایی که طول آن‌ها برابر است با جبهه حیاطی که در آن قرار دارند، دارای بیشترین سایه در انقلاب تابستانی هستند مانند ایوان جنوب‌غربی در حیاط کوچک خانه‌های اخوان سیگاری، رسولیان و مستر وای.

پی‌نوشت‌ها

1- Climate Consultant

2- Rhinoceros

۳- Thermo-rometer دماسنج تشعشی است که برای اندازه‌گیری دمای سطح به کار می‌رود.

۴- Thermo-Hygrometer دستگاهی است که برای ثبت حداکثر و حداقل دما و حداکثر و حداقل رطوبت محیط به‌کاربرده می‌شود.

5- EnergyPlus

6- Rhinoceros

7- Rhino3D

References

- Abedin Miqanaki, Mehrnosh; Kamran Kasmaei, Hadiseh and Nezam Abadi, Niloufar. (2017). Recognizing the concept of porch performance in hot and dry climates (examining traditional Tehran homes as a case sample). International Conference on Civil Engineering, Contemporary Iranian Architecture and Urban Development, Tehran. (In Persian)
- Adam Zadeh, Hasti and Razavi Zadeh, Azam al-Sadat. (2017). The role of the Ivan and the impact of its thermal comfort on the building. The Second National Conference on Architecture and Energy with an environmental protection approach and utilization of natural energy, Kashan, Iran. (In Persian)
- Bagheri Afshar, Maryam; Masoudi Nejad, Mostafa and Soltanpour Organi, Parastoo. (2015). Impact of Ivan in the traditional House in hot and humid area (sample studied: Mapa House in Ahvaz). International Conference on Architecture, Urbanization, Civil, Art and the Environment; Future horizons, look at the past, Tehran. (In Persian)
- Eskandari, H, Saedvandi, M & Mahdavinejad, M. (2018), The Impact of Iwan as a Traditional Shading Device on the Building Energy Consumption. Buildings 8, 3.
- Fatahi, Shamsullah; Tanba, Anis and Nourmohammadi, Razieh. (2018). Investigating the Role of Shadows in the Heat Comfort of the Warm and Wet Climate of Iran (Case Sample: Residential Tissue of Ahvaz City). National Conference on Fundamental Research in Civil, Architecture and Urban Development, Tehran. (In Persian)
- Haji Ghasemi, Kambiz. (2004). Ganjnameh of Islamic Architecture Culture of Iran: Yazd Houses. Tehran, Shahid Beheshti University, Rozaneh. (In Persian)
- Jafarian, Sepideh; Sarkardehei, Elham; Monsefi Parapari, Danial and Mojahedi, Mohammad Reza. (2020). Creating outdoor shadows with the aim of enhancing thermal comfort, architecture. Iran Specialist Journal of Architecture and Urban Development, Vol. 3, No. 17: 184-191. (In Persian)

- Karim-zadeh, J; Mahdi-nejad Darzi, J. A & Karimi, B. (2022). Climatic Performance of Traditional Houses in the Old Texture of Shiraz using the Thermal Comfort Approach Case Study: The Iwan (Veranda). *Journal of Iranian Architecture Studies*, 10(20), 89-115. (In Persian)
- Lechner, Norbert. (2006). Heating, cooling, lighting. Translated by Keynejad and Rahman Azari. Tabriz, Tabriz Islamic Art University Press. (In Persian)
- Najafgholi Pour Kalantaria, N, Singerib, M & Roshanfekar Joursharic, S. (2015). Investigation of the Relationship Between the Climatic Role of Iwan and Rate of Energy Consumption in Traditional Houses of Tabriz. *International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction, Procedia Engineering*.
- Nejadriahi, H. (2016). An Investigation on the Role of Iwan as a Sustainable Element in the Traditional Houses of Different Climatic Regions of Iran. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Civil and Environmental Engineering*. 10(7):1-15.
- Rezaei Nia, A., & Laleh, H. (2015). Critical Analysis of Theories on the Origin of Ayvan. *Journal of Archaeological Studies*, 6(2), 59-71. (In Persian)
- Rezaei Nia, Abbas Ali. (2022). The Form of Iwan in the Context of Iranian Architecture, From the Beginning to the Early Islamic Centuries. *Journal of Iranian Architecture Studies*, 6(11), 125-144. (In Persian)
- Sousa, J. (2012). Energy Simulation Software for Buildings: Review and Comparison. 1st Int Workshop on Information Technology for Energy Applications, Portugal: CEUR-WS, 57-68.
- Yaqubi Moghaddam, Maryam; Hakim Azari, Mohammad and Azmoudeh, Maryam. (2018). Investigating the Position of Energy Simulation in Increasing Building Performance. 5th International Conference on Energy Technology and Management With the approach of energy, water and environmental transplantation, Tehran . (In Persian)
- Yazd County Climate Statistics (Reviewed in 1), Yazd Meteorological Office, Applied Meteorological Research Group. (In Persian)
- Zaker Ameli, L., & Jabal Ameli, A. (2013). Investigating the evolution of the Iwan in the traditional houses of Yazd Ardakan Plain from the period of Muzaffari to Qajar. *Soffeh*, 23(3), 103-118. (In Persian)