Journal Research and Urban Planning

ISSN (Print): 2228-5229 - ISSN (Online): 2476-3845

Summer 2022. Vol 13. Issue 49

Research Paper

Climatic Design; An Example of Adaptation to the Environment (Case study: hot and dry climate of Iran)

Abdolhamid Bahrpeyma [*1], **Mohammad Ali Sargazi** [2]

1, Associate Prof., Department of Civil Eng. University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
2, Assistant Prof., Faculty of art and architecture, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

Received:2020/10/2020
Accepted: 2020/12/23
PP: 282-292

Use your device to scan and read the article online

Keywords:
Climatic design, thermal comfort in hot and dry climate, energy consumption reduction, natural hazards

Abstract

Undoubtedly, the flourishing and growth of the industrial and economic systems of developed countries should be attributed to the correct understanding of the concepts of "development" and "research" and the recognition of the logical and planned relationship between the two. The role of the construction industry in the reconstruction and economic and social development of Iran is undeniable, and achieving the goals of part of the country's development depends only on a systemic approach and efforts to save economies on a large scale. In this regard, climate design, which emphasizes the climatic characteristics of different regions and their impact on the formation of buildings and residential environments, on the one hand, has increased the quality of comfort of indoor spaces and on the other hand relying on non-fossil fuels. And reducing fossil energy consumption plays a significant role in preventing greenhouse gas emissions and the resulting natural hazards. The study aims to examine, in an analytical manner, based on documentary studies, the effective features of climate design on thermal comfort and energy consumption reduction. In this regard, and considering the extent and diversity of climate in Iran and according to the available resources, the focus is on the hot and dry climate group. The results of the present study show that climate design strategies can play a significant role in providing thermal comfort in the architectural space and reducing energy consumption and the risks posed by the current consumption of fossil fuels.

Citation: Abdolhamid Bahrpeyma, Mohammad Ali Sargazi (2022): Climatic Design; An Example of Adaptation to the Environment(Case study: hot and dry climate of Iran), Journal Research and Urban Planning, Vol 13, No 49, PP 282-292.

DOI: 10.30495/JUPM.2022.5530

*. **Corresponding author:** Abdolhamid Bahrpeyma
Address: Associate Prof., Department of Civil Eng. University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
Tell: +989153781723
Email: bahrpeyma@arts.usb.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Use of the correct and modern scientific methods in accordance with the environmental conditions and the optimal use of facilities, building materials and construction methods, in addition to increasing the useful life of buildings and economic savings on a large scale in the country, also provides the comfort of the residents of the buildings.

In the hot and dry climates, we come across solutions that suit the different cultural, social and economic conditions of each country, and it can be said that what was created in the past was the result of the special conditions prevailing in that area, based on a long experience, and therefore the concept and function of the architectural and urban elements of the past and its specific climatic conditions should be known and then solutions should be provided. In this regard, in this research, the effectiveness of climate design solutions in hot and dry climates has been analyzed in raising the quality level of comfort in architectural spaces, and by recognizing the impact of this issue on the reduction of fossil fuels, its significant role in preventing the emission of greenhouse gases and the natural hazards caused by it was analyzed.

Methodology

The main goal of this article is to discover the capabilities of climate design solutions in providing thermal comfort in the architecture of areas with hot and dry climates and its role in reducing dependence on fossil fuels. For this purpose, based on documentary studies, the architectural features of the past in hot and dry climates were analyzed in relation to thermal comfort as well as reducing energy consumption.

Results and discussion

Statistics show that if thermal comfort is provided only by mechanical facilities, it will result in high consumption of fossil fuels and the production of greenhouse gases and the resulting risks. The continuation of such a process will cause disruption of the order of the ecosystem and ultimately many natural hazards. On the other hand, climatic design has the ability to provide thermal comfort with minimal reliance on fossil fules, which can be applied and used in today's architecture. Based on this, identification and analysis of architectural solutions such as building shape, orientation, materials, yard, Baadgir, Godal baghche, Sardab and Orosi have been presented. The main functions of these architectural elements are: 1- reducing the heat loss of the building in winter and at night, 2- reducing the effect of wind on the heat loss of the building, 3- using solar energy for heating the building in winter, 4- protecting the building in against the sun's rays in the summer and against the hot weather, 5- taking advantage of the daily fluctuation of air temperature in creating a thermal balance in the building during the day, 6- increasing the air humidity in the hot season, 7- taking advantage of the suitable outdoor weather conditions, 8 - creating blinds in the interior spaces and 9- reducing the impact of dusty winds on the building.

Conclusion

In this study, the capabilities of climate design solutions and the consequences of using fossil fuels in the current way to provide thermal comfort were analyzed. It was found that architectural climate design in hot and dry climate has the ability to provide thermal comfort conditions for its residents. This goal is possible through the methodical and scientific use of native architectural components and elements, which have been used and tested throughout history and their effectiveness, disadvantages, and advantages have been clarified. On the other hand, it was found that the trend of fossil energy consumption has reached high thresholds and it is necessary to reconsider this matter before reaching the border of the crisis. Therefore, it seems that returning to the principles of climate design, which will reduce energy consumption and reduce the possibility of natural hazards, has become mandatory and not optional.

فصلنامه علمی پژوهش و برنامه ریزی شهری

شاپا چاپی: ۵۲۲۹- ۲۲۲۸ - شاپا الکترونیکی: ۳۸۴۵- ۲۴۷۶

تابستان ۱۴۰۱، سال ۱۳، شماره ۴۹

مقاله پژوهشی

طراحی اقلیمی ؛ نمودی از همسازی با محیط
نمونه موردی: اقلیم گرم‌وخشک ایران

عبدالحمید بحرپیما [1]، **محمدعلی سرگزی** [2]

۱- دانشیار گروه مهندسی عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

۲- استادیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۳

شماره صفحات: ۲۸۲-۲۹۲

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

چکیده

بی‌تردید شکوفایی و رشد نظام صنعت و اقتصاد کشورهای پیشرفته را باید مرهون درک صحیح مفاهیم «توسعه»، «تحقیق» و شناخت ارتباط منطقی و برنامه ریزی شده بین این دو دانست. نقش صنعت ساختمان در بازسازی و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور ایران انکارناپذیر است و دستیابی به اهداف بخشی از توسعه کشور، تنها در گرو داشتن نگرشی سیستمی و تلاش در جهت صرفه‌جویی‌های اقتصادی در مقیاس کلان است. در این راستا، طراحی‌اقلیمی که بر توجه به ویژگی‌های اقلیمی مناطق مختلف و تاثیر آن‌ها در شکل‌گیری ساختمان‌ها و محیط‌های مسکونی تاکید دارد، ازسویی بر بالا بردن سطح کیفی آسایش‌حرارتی در فضاهای داخلی تاثیر گذاشته و از سوی دیگر با تکیه بر انرژی‌های غیرفسیلی و کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی، نقش قابل ملاحظه‌ای در جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای و مخاطرات طبیعی ناشی از آن دارد. این تحقیق قصد دارد به روشی تحلیلی و بر پایه مطالعات اسنادی، ویژگی های موثر طراحی‌اقلیمی بر آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی را مورد بررسی قرار دهد. در این راستا و با توجه به گستردگی و تنوع اقلیمی در ایران و با توجه به منابع در دسترس، تمرکز بر گروه اقلیمی گرم‌وخشک می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد راهکارهای طراحی‌اقلیمی مورد اشاره در این مقاله می‌تواند نقش قابل ملاحظه‌ای در تامین آسایش حرارتی فضاهای معماری و کاهش مصرف انرژی و مخاطرات ناشی از روند مصرف کنونی انرژی‌های فسیلی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی:

طراحی‌اقلیمی، آسایش حرارتی اقلیم گرم‌وخشک، کاهش مصرف انرژی، مخاطرات محیطی

استناد: بحرپیما، عبدالحمید، سرگزی، محمدعلی(۱۴۰۱): **طراحی اقلیمی ؛ نمودی از همسازی با محیط نمونه موردی: اقلیم گرم‌وخشک ایران** ، فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی شهری، سال ۱۳، شماره ۴۹، مرودشت، صص ۲۹۲-۲۸۲.

DOI: 10.30495/JUPM.2022.5530

[1] . **نویسنده مسئول:** عبدالحمید بحرپیما

نشانی: دانشیار گروه مهندسی عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

تلفن: ۰۹۱۵۳۷۸۱۷۲۳

پست الکترونیکی: bahrpeyma@arts.usb.ac.ir

مقدمه:

استفاده از روش‌های علمی صحیح و مدرن منطبق بر شرایط محیطی و استفاده بهینه از امکانات، مصالح ساختمانی و روش‌های ساخت، علاوه بر افزایش عمر مفید ساختمان‌ها و صرفه‌جویی‌های اقتصادی در مقیاس کلان کشور، آسایش ساکنان و استفاده‌کنندگان از ساختمان را نیز فراهم می‌آورد.

توجه به ویژگی‌های اقلیمی بخصوص از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی مورد نیاز جهت کنترل شرایط محیطی فضاها، کاهش آلودگی هوا و سالم سازی محیط زیست و صرفه اقتصادی، بُعدی جهانی یافته است.

موقعیت و وضعیت خاص طبیعی- جغرافیایی ایران که دارای اختلاف حدود ۱۵ درجه عرض جغرافیایی بین شمالی‌ترین و جنوبی‌ترین نقاط شهری کشور است و نیز اختلاف بیش از ۲۵۰۰ متر ارتفاع بین مرتفع‌ترین و پست‌ترین این نقاط، وجود رشته‌کوه‌های البرز در شمال، رشته‌کوه‌های زاگرس در غرب به سمت جنوب، وجود کویر و بیابان در ناحیه مرکزی و شرقی، وجود دریای مازندران در شمال و خلیج فارس و دریای عمان در جنوب، شرایط آب‌وهوایی کاملاً متفاوتی را در نقاط مختلف ایران پدید آورده است (Kasmaei,1999). این تنوع آب‌وهوایی و موقعیت‌های جغرافیایی متفاوت، لزوم پیش‌بینی شکل خاصی از محیط‌های دست‌ساز انسان را برای هر یک از مناطق اقلیمی مختلف ضروری می‌سازد.

مدل‌ها و نمونه‌ها یا طرح‌هایی که با توجه به اقلیم و شرایط آن طراحی شده‌اند می‌توانند بهره‌گیری از انرژی‌های طبیعی و غیرفسیلی موجود در محیط را به میزانی که شرایط اقلیمی محل و نوع ساختمان مورد نظر اقتضاء کند، فراهم سازد.

طراحی‌هایی که با اقلیم و محیط اطراف خود هماهنگ و در تطابق با شرایط طبیعی باشند، می‌توانند بدون نیاز به مصرف سوخت‌های فسیلی و بدون استفاده از وسایل کنترل کننده مکانیکی، شرایط حرارتی بسیار مناسبی را در طول سال به ساکنان خود عرضه نمایند. تغییرات دما، رطوبت و جریان‌هوا و تغییر مداوم روشنایی فضاهای داخلی در چنین ساختمان‌هایی، محیطی مطبوع و دلپذیر را در تمام فصول سال برای ساکنان این ساختمان‌ها فراهم می‌سازد (Tavassoli,1980). نتایج تحقیقات و بررسی‌های مختلف در سایر نقاط جهان بر به‌صرفه‌بودن چنین ساختمان‌هایی از نظر اقتصادی و راحت و مناسب بودن آن‌ها تاکید می‌کند.

در اقلیم گرم‌وخشک، مردم با مسایل ویژه‌ای روبرو هستند که عبارتند از: گرمای زیاد، آفتاب سوزانِ تابستان، خشکی هوا (کمی‌بارندگی)، اختلاف درجه حرارت بین شب و روز، نوسانِ درجه حرارت سالانه و غیره. مردمِ ساکن در این اقلیم در تلاش بوده‌اند تا در هنگام ساختن خانه، تماس با گرما را کم کنند و سایه ایجاد کنند و از خشکی هوا بکاهند، از دیوارهای قطور خشتی که ظرفیت عایق‌سازی خوبی دارند استفاده کنند و تماس با گرما را برای ساعت‌های طولانی به تاخیر بیاندازند. حداکثر گرمای روزانه را تقلیل داده و از پنجره‌های کوچک برای جلوگیری از نفوذ گرمای شدید و خورشید استفاده می‌کردند.

در این اقلیم، ترکیب متراکم و تودرتوی ساختمان‌ها برای کم‌کردن سطوح نمایان، گسترش مجموعه‌ها روی محور شرقی غربی به منظور کم‌کردن شدت تابش آفتابِ غرب و قرار دادن بخش تابستان نشینِ خانه‌ها پشت به آفتاب بعداز ظهر، پیش‌بینی آب و گیاه و درخت در محل‌های مناسبی در خانه و حیاط‌ها و ابداع عناصر ویژه معماری همچون گنبد، بادگیر، ایوان، آب‌انبار و یخدان‌های طبیعی و ... از جمله راه‌حل‌هایی بوده‌اند که مردم این اقلیم در طول قرن‌ها بدان دست یافته‌اند.

در وسعت اقلیم گرم‌وخشک در سرتاسر جهان به راه‌حل‌هایی متناسب با شرایط متفاوت فرهنگی و اجتماعی و اقتصادی هر کشور برمی‌خوریم و می‌توان گفت که آنچه در گذشته ایجاد شده، نتیجه شرایط خاص حاکم بر آن ناحیه، متکی بر تجربه‌ای طولانی بوده است و لذا پیش از هرگونه تکرار باید مفهوم و عملکرد عناصر معماری و شهری گذشته و شرایط اقلیمی خاص آن شناخته شود و سپس راه‌حل‌هایی ارائه گردد. در این راستا در ادامه این پژوهش، بر اساس روش علمی، کارآیی راهکارهای طراحی‌اقلیمی در اقلیم گرم‌وخشک را در بالا بردن سطح کیفی آسایش فضاهای معماری مورد تحلیل قرار داده و از طریق شناخت تاثیر این موضوع بر کاهش سوخت‌های فسیلی، نقش قابل‌ملاحظه آن در جلوگیری از انتشار گازهای‌گلخانه‌ای و مخاطرات طبیعی ناشی از آن مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. بر این اساس در این پژوهش به دو پرسش؛

۱- تاثیر مصرف انرژی‌های فسیلی مورد استفاده برای تامین آسایش حرارتی ساختمان‌ها بر مخاطرات محیطی و

۲- نقش طراحی اقلیمی بر کاهش مصرف انرژی و جلوگیری از عوارض انتشار گازهای گلخانه‌ای در معماری سنتی اقلیم گرم‌وخشک ایران پرداخته می‌شود.

پیشینه و مبانی نظری تحقیق:

روند کنونی مصرف انرژی در ساختمان‌های معاصر که بر پایه مصرف انرژی‌های فسیلی بنا شده است نتایج غیرقابل‌انکاری از جمله کاهش منابع فسیلی و گرم شدن کره زمین را به دنبال دارد (Xu et al., 2016). آمارها نشان می‌دهد ساختمان‌سازی جدید سهم قابل ملاحظه‌ای از کل مصرف انرژی‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را در اختیار دارد.

(Nguyen et al., 2011)در سوی دیگر راهکارهای اقلیمی به کار رفته در معماری گذشته نقش قابل ملاحظه‌ای در کاهش مصرف انرژی فسیلی دارند (Rubio-Bellido et al., 2016)؛ (Xu et al., 2016) ؛ (Nguyen et al., 2011)؛ (Hatamipour et al., 2007). از این رو بایستی برای ساخت بناها از طراحی‌اقلیمی متناسب با اقلیم‌های مختلف استفاده گردد. در این بخش و با توجه به اهمیت موضوع، اهداف طراحی‌اقلیمی در اقلیم گرم‌وخشک بر اساس منابع موجود ارائه می‌گردد. بر این اساس مطالعات نشان می‌دهد متاثر از ویژگی‌های اقلیم گرم‌وخشک، اهداف متنوعی ترسیم شده است. تحقق این اهداف می‌تواند شرایط محیطی فضاها را در این اقلیم تلطیف نموده و امکان زیست در آن‌ها را فراهم نمایند. اصلی‌ترین اهداف عبارتند از: ۱- کاهش اتلاف حرارت ساختمان در زمستان و شب‌ها، ۲- کاهش تاثیر باد در اتلاف حرارت ساختمان، ۳- بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در گرمایش ساختمان در زمستان و استفاده در شب‌ها، ۴- محافظت ساختمان در برابر تابش آفتاب در تابستان و در برابر هوای گرم، ۵- بهره گیری از نوسان روزانه دمای هوا در ایجاد تعادل حرارتی در ساختمان در طی روز، ۶- افزایش رطوبت هوا در فصل گرما، ۷- بهره‌گیری از شرایط مناسب هوای خارج، ۸- ایجاد کوران در فضاهای داخلی و ۹- کاهش تاثیر بادهای غبارآلود بر ساختمان. توجه به اهداف کلی در طراحی اقلیمی باعث سازگاری و هماهنگی ساختمان‌ها و محیطهای مسکونی با شرایط اقلیمی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ابعاد مختلف و نیز باعث هویت‌یافتن معماری در هر اقلیم خواهد شد (Tavassoli,1980).

مواد و روش تحقیق:

هدف اصلی مقاله حاضر، کشف قابلیت‌های راهکارهای طراحی اقلیمی در تامین آسایش حرارتی در معماری اقلیم گرم‌وخشک و کاهش وابستگی به انرژی‌های فسیلی است. برای این منظور بر پایه مطالعات اسنادی، ویژگی‌های معماری گذشته اقلیم گرم‌وخشک در ارتباط با آسایش حرارتی و همچنین کاهش مصرف انرژی مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

ویژگی‌های عمده آب‌وهوای محدوده مورد مطالعه (اقلیم گرم‌وخشک ایران)

بیشتر فلات ایران، دارای آب‌وهوایی گرم‌وخشک است. هر چند که چهار توده کوهستانی البرز در شمال، زاگرس در مغرب، رشته‌کوه‌های مرکزی و ارتفاعات شرق ایران عوامل موثری در تعدیل وضع حرارتی شهرهایی که دربرمی‌گیرند به شمار می‌آیند ولی وضع قرارگیری آن‌ها نسبت به حوزه فرورفته داخلی به گونه‌ای است که این کوهستان‌ها منطقه وسیعی را از دریاها جدا می‌کند.

رشته کوه‌های البرز در شمال، سدی است در مقابل ابرهایی که از دریای مازندران می‌آید. به همین دلیل جبهه شمالی این رشته پرباران و مرطوب و سرسبز است و جبهه جنوبی به خصوص هر چند که به طرف مشرق می‌رویم، خشک‌تر می‌شود. رشته‌کوه زاگرس دیواری است در مقابل ابرهای دریای مدیترانه و اقیانوس اطلس، سرسبزی حوزه کردستان و لرستان در غرب زاگرس به همین علت است. در حالی که در شرق زاگرس به تدریج که از راه شکاف کوه‌های منفرد مرکزی به طرف مشرق می‌رویم موقعیت خشک و کویری می‌شود. رشته کوه‌های شرقی به خصوص در جنوب شرق بیشتر برهنه و خشکند (Kasmaei,1992). باران در ایران در واقع ارتباط مستقیم با وضع این ارتفاعات دارد و از شمال غرب به جنوب شرق به تدریج از مقدار آن کم می‌شود و به همین ترتیب شرایط محیطی نامطلوب‌تر شده و میزان جمعیت نیز کاهش می‌یابد.

حوزه‌های پستی که بین رشته‌کوه‌های گوناگون در ایران قرار دارند تاثیر آشکاری بر محیط زندگی در شهرها و روستاهای مجاور خود می‌گذارند. یکی از حوزه‌هایی که به خاطر وسعت و خصوصیات اقلیمی و زمینی خاص خود بر ترکیب معماری شهرهای اطراف تاثیر فراوان نهاده، اقلیم گرم‌وخشک مرکزی ایران شامل حد فاصل کویر نمک، دشت لوت و فرورفتگی‌های یزد می‌باشد که ناحیه مثلثی شکلی به وسعت تقریبی ۳۰۰ هزار کیلومتر مربع در مرکز ایران قرار دارد.

در اقلیم مذکور، نوسان درجه حرارت زیاد است. هوایی که به داخل کشور وارد می‌شود معمولاً از مرکز سرد و خشک آسیا برمی‌خیزد و از راه شمال به ایران می‌آید، آسمان‌های صاف و بدون ابر به‌وجود می‌آورد و عامل موثری در اختلاف درجه حرارت در فلات مرکزی ایران است. صرف نظر از تاثیر جریان‌هایی که از نواحی دیگر وارد کشور می‌شوند دو عامل مهم تفاوتِ عرض جغرافیایی ۱۵ درجه‌ای (مقدار تابش) و ارتفاع از سطح دریا در درجه حرارت مناطق مختلف ایران موثر است (Kasmaei,1999).

در سراسر فلات ایران نوسان درجه حرارت بین شب و روز به‌چشم می‌خورد. این اختلاف در صحراهای مرکزی و جنوبی بیشتر به چشم می‌خورد و گاهی تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در اقلیم گرم‌وخشک ایران، علاوه بر وضعیت دشت، کمی ارتفاع از سطح دریا و در بعضی موارد پایین بودن عرض‌جغرافیایی، خشکیِ هوا یک مشکل عمده می‌باشد. در اثر خشکی هوا آسمان صاف و در نتیجه تابش آفتاب شدید می‌شود. روزهای

گرم و شب‌های سرد متاثر از همین وضع می‌باشد. در صورتی که هوا مرطوب باشد، این رطوبت مقداری از گرمای تابشی را جذب نموده و مانع از گرم‌شدن زمین می‌شود. بعد از غروب خورشید وجود هوای گرم‌ومرطوب باعث می‌شود که زمین دیرتر سرد شود به عبارت دیگر دیرتر گرمای خود را پس دهد. از طرف دیگر هوای گرم‌ومرطوب نیز به نوبه خود دیرتر از زمین سرد می‌شود (حرارت مخصوص زمین شش دهم (۰/۶) حرارت مخصوص آب است یعنی زمین همیشه سریعتر از آب گرم می‌شود و زودتر هم سرد می‌شود ولی در عوض آب دیر گرم می‌شود و دیرتر هم سرد می‌شود).

در صورتی که هوا خشک باشد روزهنگام، زمین در اثر تابش شدید آفتاب (به خاطر صافی هوا) به شدت گرم می‌شود و با غروب آفتاب در اثر خشکی و صافی هوا به سرعت گرمای خود را پس می‌دهد و سرد می‌شود. هوای صافِ مجاور زمین در این حالت سرد است، به همین علت نوسان درجه حرارت بین شب و روز زیاد است. نوسانِ درجه حرارت در طول سال نیز زیاد می‌باشد یعنی تابستان‌های این اقلیم بسیار گرم و زمستان‌هایش سرد می‌باشد (Mazria,1986).

بحث و ارائه یافته‌ها:

راهکارهای طراحی اقلیمی در اقلیم گرم‌وخشک

یکی از اهداف این مقاله بررسی راهکارهای طراحی‌اقلیمی در معماری گذشته وتحلیل تناسب آن‌ها با اهداف طراحی اقلیمی برشمرده برای اقلیم گرم‌وخشک می‌باشد. از این رو بر اساس مطالعات موجود، این راهکارها شناسایی و تحلیل می‌شوند.

الف- شکل و فرم ساختمان

بهترین فرم آن است‌که در زمستان کمترین مقدار گرمای بیرون‌رونده را از دست بدهد و در تابستان کمترین مقدار گرمای واردشونده به ساختمان را جذب کند. بر اساس مطالعات پیشین، ساختمان مربع شکل بهترین قابلیت را برای نگهداری گرما در زمستان و خنک‌ماندنِ در تابستان دارد. این فرم با کمترین مقدار سطح خارجی، بیشترین حجم را بدست می‌دهد. محاسباتی که در ارتباط با گرمای بیرون‌رونده و واردشونده در ساختمان‌های مختلف با طرز قرارگیری به طرف شمال و جنوب و یا مشرق و مغرب برای شناسایی شکل و فرم صحیح و مناسب ساختمان در اقلیم گرم‌وخشک صورت گرفته نشان می‌دهد در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه، بهترین نسبت بین طول و عرض ساختمان در تابستان برابر با ۱:۱/۲۶ است و در زمستان بخاطر تاثیر زیاد گرمای تابشی، محدودیت ویژه‌ای بدست نمی‌آید ولی در این حال بهتراست که جانب جنوبی وسعت بیشتری داشته باشد چون در تابستان فشارها تقریباً ۸ برابر زمستان است. از این‌رو بهترین شکل، دارای نسبت ۱:۱/۳ خواهد بود و قابلیت انعطاف برای آن تا ۱:۱/۶ مورد قبول است که بدین لحاظ ارزش‌های عددی مقدار گرما در مورد یک ساختمان مربع شکل در تابستان و زمستان به عنوان نقطه مبدا در نظر گرفته شده است (Tavassoli,1980).

ب- جهت گیری

طراحی شبکه‌های ارتباطی به صورت شمالی- جنوبی و قرار گیری بناها با کمی انحراف به صورت شمال شرقی- جنوب غربی که در مرکز ایران به رون راسته معروف است باعث استفاده حداکثر از بادهای مساعد در فصل گرم و حداکثر جذب تابش خورشید در زمستان می‌شود (Moztarzadeh and Hojati,2015). زاویه بهینه برای چرخش محور ساختمان نسبت به محور شرقی غربی در اقلیم گرم وخشک ۲۵ درجه برآورد شده‌است (Keshtkaran,2011).

در اقلیم گرم‌وخشک از جمله یزد، سردترین و گرمترین روز که مبنای محاسبات خورشیدی قرار می‌گیرد به ترتیب ۲۱ ژانویه و ۲۱ ژوئیه می‌باشد. با توجه به این و نیز توجه به تاثیرات تابش بر جوانب مختلف ساختمان می‌توان گفت که در زمستان شدت تابش در طرف جنوب نسبت به تابستان تقریباً ۳ برابر است ولی در جوانب شرق و غرب این برعکس است و شدت در تابستان در جوانب مشرق و مغرب دو برابر زمستان می‌شود. جانب شمالی از مقدار گرمای تابشی کمی برخوردار است. مقدار تابش در سطح افقی بام در تابستان بیشتر از سایر جوانب ساختمان است. بررسی گرمای تابشی بر بام اهمیت فراوان دارد زیرا سطح آن تقریباً برابر با مجموع سطوح جانبی ساختمان می‌شود. پس می‌توان نتیجه گرفت که حرارت‌های پایین معمولاً باعث می‌شود که ساختمان‌ها شکل بهم فشرده‌ای برای ذخیره گرما پیدا کنند. تابش‌های زیاد و شدید موجب می‌شود که خانه و مجموعه در جهت شرقی غربی گسترش پیدا کند.

ج- مصالح

ج-۱- اثرات گرمایی مصالح و تعادل گرمای داخلی

گرمای خارجی پیش از آن‌که روی وضع درجه حرارت داخلی تاثیر بگذارد، باید از بدنه ساختمان عبور نماید. مرحله عبور گرما از بدنه ساختمان می‌تواند با جذب رطوبت توسط یک نوع مصالح خلل و فرج دار مقایسه گردد. بدین معنی که لایه‌های متوالی بدنه ساختمان از گرما اشباع می‌شوند تا اینکه تاثیر گرما به سطح داخلی می‌رسد. بار گرمایی روزانه که کم و بیش حالت صعودی و نزولی آن سینوسی است همین طور که به قسمت‌های ساختمان نفوذ می‌کند، زمان نفوذش کند می‌شود و از شدت آن کاسته می‌گردد. این دو عملکرد مصالح می‌تواند

برای دست یافتن به شرایط تعادل در داخل ساختمان مورد استفاده واقع شود.

در یک روز گرم تابستان در یک ساختمان سنگی، توده عظیم مصالح سنگی بکار رفته سردی شب گذشته را جذب و منعکس می‌نماید و باعث می‌شود که درجه حرارت داخل تقریباً متوسط بماند. درخانه‌های زیرزمینی مانند شمال چین نیز شرایط به همین صورت است. چون توده زمین درجه حرارت را نزدیک به شرایط ایزوترم نگاه می‌دارد (Ghobadyan and Mahdavi,2003).

نیروهای گرمایی که بر ساختمان اثر می‌گذارد ترکیبی از تابش و انتقال گرما است. پدیده تابش شاملِ تابش خورشیدی و مبادله گرمای تابشی محیط خارج و آسمان و گرمای انتقالی مربوط به مبادله درجه حرارت محیط است که ممکن است در اثر حرکت هوا تندتر شود. در شرایط گرم و آفتابی دخول یا نفوذ گرما صورت می‌گیرد. در مواقع سرد در شب و یا در سطحی که بوسیله اشیاء با درجه حرارت پایین احاطه شده مبادله گرما به طور منفی عمل می‌کند یعنی باعث می‌شود که سطوح نمایان گرما پس بدهد.

نخستین قدم برای کنترل گرما از سطح خارجی آغاز می‌شود چون درجه حرارت سطح یک ماده آفتابگیر بیشتر از درجه حرارت هواست، جریان هوا که بر روی یک سطح نمایان بگذرد باعث پایین آوردن درجه حرارت سطح بخصوص در شرایط گرم مفید است. کم‌کردن گرمای سطح خارجی بدین صورت با بیشتر کردن سطح خارجی و استفاده از سطوح منحنی (مثل طاق و گنبد) که شدت تابش آفتاب روی این سطوح رقیق و کم می‌شود ممکن می‌گردد. گام دوم، صاف نمودن و پس و پیش کردن سطح خارجی (مثلاً جلو و عقب کار کردن لایه‌های آجر روی سطح دیوار و به‌وجود آوردن گودی‌های پرسایه) است.

خصوصیات جذب و دفع گرما در مصالح، حالت دفاعی موثر دیگری در مقابل تابش است. این نکته به خصوص در مواقعی که هوا گرم باشد حائز اهمیت است. مصالحی که خاصیت انعکاسی آن‌ها بیشتر از خاصیت جذب تابش می‌باشد و به سهولت مقدار گرمای تابشی جذب‌شده را از دست می‌دهند باعث پایین آمدن درجه حرارت داخل ساختمان می‌شوند. مصالح سفید ممکن است ۹۰٪ و یا بیشتر از مقدار انرژی تابشی را برگردانند در حالی که مصالح تیره ۱۵٪ یا کمتر خاصیت انعکاسی دارند. در اقلیم گرم‌وخشک حتماً به جنبه انعکاسی و بیرون دهندگی گرما در مصالح دقت می‌شود و نیز در این مناطق بدنه خارجی ساختمان باید سفید رنگ و روشن باشد تا از جذب هر نوع تابشی جلوگیری شود. سطوحی که در مقابل اشعه آفتاب (آسمان صاف) قرار می‌گیرد اگر سفیدرنگ و یا روشن باشد، نسبت به سطوحی که دارای جلای فلزی است خنک تر می‌ماند.

ج-۲- کیفیت عبور گرما از مصالح

مهمترین خصوصیت کنترل گرمایی مصالح، خاصیت انتقال گرما است. دگرگونی‌های بار گرمایی روزانه نوسان متشابهی را در داخل بنا باعث می‌شود ولی با دو تفاوت نسبت به خارج این امر صورت می‌گیرد؛ ۱- جریان داخلی ضعیف می‌شود یعنی تغییرات آن کوچکتر می‌شود (میدان نوسان آن کم می‌شود) و ۲- جریان داخلی نسبت به جریان خارجی کند می‌شود (فاز آن تغییر می‌کند). تاثیر اول به خاطر خاصیت عایق سازی مصالح است که با عامل U مشخص می‌شود. این ویژگی، میزان سرعت در انتقال یک واحد گرما را از یک طرف جسم به سمت دیگر آن نشان می‌دهد. هر قدر که مقدار U کم باشد تاثیر عایق سازی مصالح بهتر است. تاثیر دوم به خاطر قابلیت نگه‌داری حرارتی مصالح است که با گرمای ویژه حجمی‌مشخص می‌شود (p.c = تراکم × گرمای ویژه). هر قدر که قابلیت نگه‌داری حرارتی مصالح بیشتر باشد تغییر درجه حرارت که در میان مصالح منتشر می‌شود کمتر است. تاخیر انتقال حرارت در مصالح، کندیِ زمانِ عبور نامیده می‌شود. این خاصیت مصالح فرصت می‌دهد که حداکثر بار گرما در مصالح نگه‌داشته شود و در درجه‌های حرارت پایین آن را پس بدهد. این تاثیر در عین حال میدان نوسان منحنی سینوسی گرمای روزانه را کم می‌کند و معمولاً «ظرفیت عایق‌سازی» نامیده می‌شود.

ج-۳- مقاومت عایق سازی یا تاثیر ظرفیت حرارتی

ماکزیمم تغییرات درجه حرارت سالانه با میزان عایق‌سازی مورد نیاز ارتباط مستقیم دارد و از تغییرات درجه حرارت روزانه یک رابطه موازی با نیازهای ظرفیت حرارتی می‌توان استنتاج کرد. در مناطقی که تغییرات درجه حرارت روزانه ۶ تا ۸ درجه سانتی‌گراد است ساختمان باید از مصالح سنگین ۳۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب مثل سنگ و بتن باشد و برای تغییرات ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد از مصالح سنگین ۷۰۰- ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و در تغییر بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد مانند مناطق گرم‌وخشک از مصالح سنگین ۱۲۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب یا بیشتر باید استفاده کرد چرا که اجزاء سنگین‌وزن، بطور قابل ملاحظه‌ای در برقراری تعادل روزانه موثرند (Kasmaei,1999). معمولاً در اقلیم گرم‌وخشک که نوسان درجه حرارت روزانه زیاد است اگر تقریباً زمان عبور گرما آنقدر باشد که گرما را برای نصف روز نگاه دارد (یعنی خنکی شب برای روز و گرمی‌روز برای شب)، سبب برقراری تعادل گرمایی روزانه می‌گردد. در ضمن بیشترین مقدار تعادل گرمای داخلی وقتی برقرار می‌شود که دیوارهای فضای نشیمن که در روز مورد استفاده است از

مصالح سنگین و فضای خواب که در شب مورد استفاده است از مصالح سبک ساخته شود. کم‌کردن و تخفیف جریان گرما موثرترین چیزی است که در اثر خاصیت مقاومت عایق سازی مصالح ممکن می‌گردد. اندازه و میزان عایق سازی مطلوب با اختلاف بین شرایط گرمایی خارج و نیازهای راحتی ارتباط مستقیم دارد.

در ساختمان، اتاق‌های عمیق در مقابل گرمای شدید خارج خنک‌تر است. به‌کار بردن رنگ‌هایی که خاصیت پس دادن گرمایشان کم است یعنی رنگ‌های سرد، منطقی است که در داخل اتاق استفاده شود. رنگ‌های روشن نسبت بازتابی گرمای تابشی‌شان زیاد است و رنگ‌های تیره برعکس. این است که باید در انتخاب مصالح دقت شود و بدنه ساختمان و در نتیجه رنگ مجموعه به خاطر انعکاس گرما به روشنی بزند. زیر قسمت پیشامدگیِ افقی (سایبان) در جلو اتاق و بالای پنجره بهتر است که رنگ تیره داشته باشد که گرما را به اتاق پس ندهد. همچنین در اقلیم گرم‌وخشک نوسان زیاد گرما بین شب و روز باعث می‌شود که مکان زندگیِ روزانه، با بدنه‌های سنگین و توده‌هایی که عبور گرما را کند می‌کند پوشانده شود و ظرفیت عایق سازی برای محلِ خواب شبانه حذف تا بدین ترتیب از خنکی عصر استفاده شود (Mazria,1986).

د- حیاط

حیاط عناصر اصلی معماری اقلیم گرم‌وخشک محسوب می‌گردد. اگرچه این عنصر معماری در سایر اقلیم‌ها از جمله اقلیم‌های گرم‌ومرطوب و سرد با تناسبات و اجزاء مختص به آن اقلیم‌ها دیده می‌شود با این وجود نقش آن در اقلیم گرم‌وخشک برای معماری سنتی حائز اهمیتی خاص است. این فضا علاوه بر کارکردهای فرهنگی، در تامین نور، تهویه، ارتباط بین فضاهای مختلف موثر بوده (Soltanzadeh,2011) و کارکردهای ویژه خودش را هم داشته است. عنصر حیاط خرد اقلیم مناسبی است که باعث تعدیل تابش در ماه‌های گرم شده و به دلیل نقشی که درختان در کاهش شدت طوفان دارند به آرام شدن فضای حیاط در این مواقع کمک می‌کنند (Zareei and Mirdehghan,2016). رعایت تناسبات مطلوب برای حیاط باعث ایجاد سایه مناسب شده و تاثیر قابل ملاحظه‌ای در رسیدن به آسایش حرارتی و کاهش نیاز به سرمایش در تابستان دارد (Zeynalian and okhovat,2017).

راهکار اقلیمی حیاط که معمولا در ترکیب با فضای سبز و آب شکل می‌گیرد در مواقع خیلی گرم سال (تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد) شرایط آسایش مناسبی را به وجود آورده و باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود (Baghaei et all, 2015).

ه- بادگیر

ابداع بادگیر یکی از راهکارهای ویژه طراحی در اقلیم گرم‌وخشک می‌باشد. این عنصر معماری که مختص تابستان است هوای خارج ساختمان را به داخل اتاق‌های بخش تابستان نشین هدایت می‌کند. این شگرد در اوقات خیلی گرم سال در ترکیب با حوض زیر آن باعث تعدیل حرارت هوای وارد شده به داخل فضاها می‌شود (Iranmanesh et all,2015). همچنین راهکار اقلیمی بادگیر که بیشتر در مرکز ایران و عمدتا در ترکیب با حوض خانه زیر آن استفاده می‌شود یکی از معیارهای کالبدی پایداری در محله‌های اقلیم گرم‌وخشک محسوب می‌شود (Mofidi Shemirani and Moztarzadeh,2015) در تحقیقی که توسط هاشمی‌رفسنجانی و حیدری(۱۳۹۷) انجام شده است اتاق زیر بادگیر کمترین دما را در فصل تابستان در بین تمامی‌فضاهای واحد مسکونی سنتی در کرمان داشته است (Hashemi Rafsanjani and Heidari ,2018).

و- ایوان

ایوان فضای سرپوشیده بزرگی است که به سمت حیاط باز می‌شود و بخشی از قسمت تابستانی خانه محسوب می‌شود. نقش اقلیمی و عملکرد آن در خانه‌های سنتی از نظر ایجاد سایه روی بدنه، تامین تهویه و محافظت در برابر گرما اهمیت دارد (Zarei et all,2017).

ز- گودال باغچه

یکی از شگردهای طراحی در اقلیم گرم‌وخشک وجود حیاط‌هایی پایین تر از سطح کوچه است. این شگرد که هم‌سازی قابل اعتنایی با اقلیم مذکور دارد "گودال باغچه" نامیده میشود. عنصر اقلیمی گودال باغچه سبب نشست هوای خنک در شب‌های تابستان می‌شود که فضاهای اطراف و زیرزمین‌های متعدد پیرامون آن از خنکای آن بهره مند می‌شود. تفاوت اصلی گودال باغچه با سایر زیرزمین‌ها در معنای عام آن، برخورداری خوب از نور و تهویه مناسب از طریق حیاط این شگرد اقلیمی می‌باشد. (Tahbaz,2013) به دلیل تماس جداره‌های فضاهای اطراف گودال باغچه با زمین، اتلاف حرارتی آن‌ها به حداقل می‌رسد (Emadian Razavi,2018). در مجموع استفاده صحیح از جریان هوا و عدم نیاز به دستگاه‌های خنک کننده مصنوعی و در نتیجه کاهش مصرف انرژی فسیلی از خصوصیات این شگرد اقلیمی می‌باشد (Khodabakhshi and Mofidi Shemirani,2001). یکی از وجوه بهره گیری از گودال باغچه، استفاده از خاک حاصل از حفر گودال مربوطه برای تهیه خشت و گل مورد نیاز برای ساخت بنا بوده است. از این منظر این شگرد تاثیر قابل ملاحظه‌ای در حفظ زمین و محیط زیست داشته است (Kazemi and Ayatollahi,2012).

امروزه طراحان با ساخت ساختمان‌های خاک(زمین)پناه سعی در ایجاد سیستمی شبیه گودال باغچه دارند. بهره وری انرژی، بهره‌وری از سطح زمین و حفظ محیط زیست، زیبایی‌شناسی و اهمیت چرخه زندگی بنا از ویژگی‌های این نوع معماری می‌باشد (Nasrollahi and Akrami,2016). این راهکار تاثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش مصرف انرژی و آزادسازی فضای باز دارد (Emadian Razavi and Ayatollahi,2014).

ح- سرداب

سرداب فضایی زیرزمینی در بناهای گذشته است که دمای آن از سایر قسمت‌ها کمتر است. هوای خنک این فضا، محلی برای آسایش اهل خانه در اوقات خیلی گرم بوده است. (Ghobadian,2003) در ساخت سرداب، سه عنصر محیط، اجتماع و اقتصاد توسط پیشینیان در هم آمیخته و مفهوم پایداری به کار گرفته شده است (Kazemi and Ayatollahi,2012).

ط- ارسی

ارسی فضایی است که کارکرد ارتباطی داشته و باعث ایجاد تهویه طبیعی می‌گردد (Zarei et all,2017). این اتاق که شبیه سه‌دری و پنج‌دری می‌باشد سه یا پنج لنگه در با آلت بندی چوبی و جام‌های الوان دارد که به صورت عمودی باز و بسته می‌شود (Iranmanesh et all,2015). این عنصر ساختمانی عملکرد مستقلی نداشته و در ترکیب با سایر عناصر و اجزاء معماری اقلیم گرم‌وخشک از جمله حیاط و حوض آب باعث شکل‌گیری هندسه و سرعت جریان هوا در فضای اتاق ارسی می‌گردد. عملکرد مطلوب این عنصر باعث تهویه و تعویض هوا و همچنین ایجاد آسایش حرارتی در اوقات گرم سال می‌گردد (Atrvash and Fayaz,2015).

تحلیل عملکرد حرارتی راهکارهای اشاره شده در این مقاله در تناسب با اهداف طراحی‌اقلیمی در اقلیم گرم‌وخشک (جدول ۱) نشان می‌دهد هر کدام از راهکارها، عملکرد(های) حرارتی مشخصی دارند که در تلطیف فضای معماری موثرند. حاصل این تدابیر اقلیمی، تامین آسایش حرارتی در فضاهای معماری است که باعث کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها می‌شود.

جدول ۱- عملکرد حرارتی راهکارهای طراحی اقلیمی در اقلیم گرم‌وخشک

عملکردحرارتی/راهکار اقلیمی	کاهش اتلاف حرارت ساختمان در زمستان و شب‌ها	کاهش تاثیر باد در اتلاف حرارت ساختمان	بهره گیری از انرژی خورشیدی در گرمایش ساختمان در زمستان و استفاده در شب‌ها	محافظت ساختمان در برابر تابش آفتاب در تابستان و در برابر هوای گرم	بهره گیری از نوسان روزانه دمای هوا در ایجاد تعادل حرارتی در ساختمان در طی	افزایش رطوبت هوا در فصل گرما	بهره گیری از شرایط مناسب هوای خارج	ایجاد کوران در فضاهای داخلی	کاهش تاثیر بادهای غبارآلود بر ساختمان
شکل و فرم بنا	*	*	*	*				*	*
جهت گیری	*	*	*					*	*
مصالح	*		*		*				
حیاط			*	*		*	*	*	*
بادگیر						*	*	*	
ایوان			*				*	*	
گودال باغچه	*	*		*		*			*
سرداب				*		*		*	
ارسی			*				*		

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.

در سوی دیگر گرمایش جهانی یکی از مشکلات قرن ۲۱ محسوب می‌شود (Jomehzadeh et al., 2017) و انتشار گازهای گلخانه ای از جمله دی اکسید کربن که سهم زیادی از آن به مصرف سوخت‌های فسیلی در ساختمان اختصاص دارد نقش به سزایی در این چالش دارد (Wang et al., 2014). ساختمان‌ها حدود ۴۰ درصد مصرف جهانی انرژی فسیلی را داشته (Masoso and Grobler, 2010) و در نتیجه در تولید ۴۰ درصد گاز دی اکسید کربن مشارکت دارند. تهویه مطبوع، گرمایش و سرمایش بناها بیش از ۶۰ درصد کل انرژی مصرفی در ساختمان را به خود اختصاص می‌دهد (Chan et al., ۲۰۱۰). این آمار نشان می‌دهد چنانچه تامین آسایش حرارتی صرفا توسط ابزار مکانیکی صورت پذیرد مصرف بالای انرژی فسیلی و تولید گازهای گلخانه‌ای و خطرات ناشی از آن را در پی خواهد داشت. ادامه چنین روندی باعث بر هم خوردن نظم اکوسیستم و در نهایت مخاطرات طبیعی فراوان می‌گردد. در سمت دیگر طراحی اقلیمی قابلیت تامین آسایش حرارتی را با کم‌ترین اتکاء به انرژی‌های فسیلی دارد که می‌تواند در معماری امروز کاربردی شده و مورد استفاده قرارگیرد.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها:

در این مطالعه قابلیت‌های راهکارهای طراحی اقلیمی و عواقب مصرف سوخت‌های فسیلی به شیوه کنونی برای تامین آسایش حرارتی مورد تحلیل قرار گرفت. مشخص شد طراحی‌اقلیمی معماری در اقلیم گرم‌وخشک توانایی لازم برای تامین شرایط آسایش حرارتی ساکنان خود را دارد. این هدف از طریق بهره‌گیری روش‌مند و علمی از اجزاء و عناصر معماری بومی امکان پذیر می‌باشد، عناصری که در طول تاریخ مورد استفاده و آزمایش قرار گرفته و کارآیی و معایب و مزایای آن‌ها روشن شده‌است. از دیگر سو مشخص شد روند مصرف انرژی فسیلی به آستانه‌های بالایی رسیده و نیاز است قبل از رسیدن به مرز بحران در این خصوص تجدید نظر شود. از این رو به نظر می‌رسد بازگشت به اصول طراحی اقلیمی که کاهش مصرف انرژی و کاهش احتمال خطرات طبیعی ناشی از آن را در پی خواهد داشت تبدیل به امری الزامی و نه اختیاری شده است.

ملاحظات اخلاقی:

حامی مالی: هزینه‌های مطالعه حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شد.

تعارض منافع: بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References:

۱. Atrvash, Ali and Fayaz, Rima (2015), “The effect of Orosies on the indoor air flow, Case study: Zinat-ol-Molook House, Shiraz”, Journal of Iranian Architecture and Urbanism. 9, 19-26.

۲. Baghaei, Parham., Ansari, Mojtaba., Bemanian, Mohammad Reza and Fayaz, Rima (2015). “The Range of Thermal Comfort in Traditional Residential Outdoor in Yazd”. Hoviatshahr.9(23), 59-72.

۳. Chan, H-Y., Riffat, SB., Zhu, J. (2010). “Review of passive solar heating and cooling technologies”. Renewable and Sustainable Energy Reviews;14, 781–9.

۴. Emadian Razavi, Seyedeh Zeinab (2018). “Evaluating Thermal performance of Earth-sheltered Buildings in Heating Season (Case Study: Hot-Arid Climate of Yazd)”. Journal of architecture in hot and dry claimate. 6(7), 85-99.

۵. Emadian Razavi, Seyedeh Zeinab and Ayatollahi, Seyed Mohammad Hossein, (2014). “Utilizing the thermal stability of the earth in creating thermal comfort”. Sofeh. 24(64), 33-42.

۶. Ghobadian, Vahid., (2003). “Climatic study of traditional Iranian buildings”.Tehran, Iran.

۷. Ghobadian, Vahid. and Mahdavi, Mohammad feyz. (Watson Donald)., (2003) “Climatic design, theoretical principles and implementation of energy use in buildings”, Tehran, Iran.

۸. Hashemi Rafsanjani, leyli., Heidari, Shahin, (2018), “Evaluating adaptive thermal comfort in residential buildings in hot-arid climates; Case study: Kerman province”. Journal of architecture in hot and dry climate, 6(7), 43-65.

۹. Hatamipour, M. S., Mahiyar, H., and Taheri, M. (2007). “Evaluation of existing cooling systems for reducing cooling power consumption”. Energy and Buildings, 39, 105–112.

۱۰. Iranmanesh, elaheh., Nosratpoor, Darya., mirashk daghian, Maryam., Hadi, Marzieh, (2015), “Provide local housing design patterns with emphasis on design elements climatology; Case: Kerman”, Urbun Management, 14(38), 347-370.

۱۱. Jomehzadeh, F., Nejat, P., Calautit, J. K., Yusof, M. B. M., Zaki, S. A., Hughes, B. R., and Yazid, M. N. A. W. M. (2017), “A review on windcatcher for passive cooling and natural ventilation in buildings, Part 1: Indoor air quality and thermal comfort assessment”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 70, 736-756.

۱۲. Khodabakhshi, Shohreh., Mofidi shemirani, Seyed Majid., (2001).” Sustainable construction in

connection with traditional Iranian architecture". Third Iranian National conference, Tehran.
۱۳. Kasmaei Morteza, (1992), "Climatic zoning of Iran, housing and residential environments", Tehran, Iran.
۱٤. Kasmaei Morteza, (1999), "Climate and architecture", Tehran, Iran.
۱٥. Kazemi, Mohammad., Ayatollahi Seyed Mohammad Hosein, (2012). "Introduction of Yazd cellars and related spaces along with an analysis from the perspective of sustainability concepts". Sofeh, 56, 41-56
۱٦. Keshtkaran, P., (2011). "Harmonization Between Climate and Architecture in Vernacular Heritage: A Case Study in Yazd, Iran", Procedia Engineering 21, 428-438.
۱۷. Mazria, edward., (1986). "Guide to Passive Solar Energy in Buildings". (Mahdavi Ali). Tehran, Iran.
۱۸. Masoso, OT., Grobler, LJ., (2010), "The dark side of occupants' behavior on building energy use". Energy and Buildings, 42, 173–7.
۱۹. Moztarzadeh, Hamed., Hojati, Vahideh. (2016). "Analysis of physical criteria of urban sustainable communities emphasized of Iran hot and arid climate". Journal of Sustainable Architecture and Urban Design, 3(2), 59-74
۲۰. Mofidi Shemirani, Seyed Majid., Moztarzadeh, Hamed., (2015). "The Assessment of Physical Criteria of Sustainability in Urban Communities (with Emphasis on the Hot and Dry Climate)", Armanshahr architecture and urban development, 8(15), 261-276.
۲۱. Nasrollahi, Nazanin and akrami Abarghuie, Fatemeh., (2016), "Investigating the effect of energy efficiency for the Earth-Sheltered Buildings in different uses (Case study:Hot-arid climate of yazd)", MAREMAT-E ASAR & BAFT-HAYE TARIKHI-FARHANGI, 6(11), 41-50.
۲۲. Nguyen, A.-T., Tran, Q.-B., Tran, D.-Q., and Reiter, S., (2011), "An investigation on climate responsive design strategies of vernacular housing in Vietnam". Building and Environment, 46, 2088-۲۱۰٦.
۲۳. Rubio-Bellido, C., Arcas, J. s. A. P., and Lainez, J. M. C. (2016), "Understanding climatic traditions: A quantitative and qualitative analysis of historic dwellings of Cadiz", Indoor and Builtuilt Environment, DOI (10.1177/1420326X16682580), ۱-۱۷.
۲٤. Soltanzadeh, Hossein., (2011), "The role of geography on formation courtyards in traditional houses in Iran", Human Geography Research Quarterly, 75, 69-86.
۲٥. Tahbaz, Mansoureh., (2013), Climatic knowledge, Climatic Design, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran
۲٦. Tavassoli, Mahmoud., (1980), "Urban structure and architecture in the hot arid zone of Iran", Tehran, Iran.
۲۷. Wang T, Foliente G, Song X, Xue J, Fang D., (2014), "Implications and future direction of greenhouse gas emission mitigation policies in the building sector of China", Renew Sustain Energy Rev, 31, 520–30. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.023.
۲۸. Xu ,H., Huang, Q., Liu, G., and Zhang, Q., (2016). "A quantitative study of the climate-responsive design strategies of ancient timber-frame halls in northern China based on field measurements", Energy and Buildings, 133, 306–۳۲۰.
۲۹. Zareei, Mohammad Ebrahim., Mirdehghan, Seyed fazlollah, (2016), "The influence of the central yard in moderating environmental condition of the hot and dry climate of Yazd region", Journal of studies on Iranian Islamic city, 6(23), 5-18
۳۰. Zarei, Hani., Razani, Mahdi., Ghezelbash, Ebrahim., (2017), "Reconstructing the Designs Pattern of Shiraz Historical Houses Approaching Climate in the Qajar period", Pazhohesh-ha-ye Bastanshenasi Iran, 7(13), 225-242.
۳۱. Zeynalian, Nafiseh. and okhovat, Hanieh., (2017), "Morphology of courtyard in Qajari houses in hot-dry and hot-humid climates, with a focus on the species of "courtyard in the middle" (Case Study: Yazd and Dezful houses)", Journal of studies on Iranian-Islamic city, 8(30), 15-29.