



Journal of Urban Environmental Planning and Development

Vol 5, No 19, Autumn 2025

p ISSN: 2981-0647 - e ISSN: 2981-1201

Journal Homepage: <https://sanad.iau.ir/journal/juep/>

Research Paper

Explaining the Appropriate Placement Pattern of Residential Buildings in Shiraz City With The Aim of Absorbing Natural Light in Order to Improve Climate Sustainability

Arash Bostanian: PhD Student in Architecture, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

Hadi Keshmiri*: Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

Tahere Nasr: Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

Received: 2024/04/19 PP 1-12 Accepted: 2024/08/16

Abstract

One of the topics that is not paid attention to in the climate approaches of architecture and climate sustainable urban design today is the lack of attention to the depth of natural light, but a lot of attention to solar energy has caused some of the other renewable energies. Because the quality of natural light and its significant impact on the quality of the interior space of the building was neglected. One of the effective solutions in this field is the use of natural light in residential buildings, in order to determine the proper orientation of the residential building for the optimal use of natural light and to benefit from this influential climatic element in the spaces of residential buildings. In this research, an attempt has been made to simulate natural light conditions in residential buildings in Shiraz using Honey Bee and Ladybug energy software, and to analyze elements such as light quality and depth of natural light in the space. The general method of the research is quantitative and by simulating a residential building and rotating it one degree from south to southeast, the findings of the research are compared with each other in a comparative manner to find the most suitable direction in terms of light quality and depth of light. Naturally achieved. It can be said that if the issues related to the quality of sunlight and its depth in the building are considered and the optimal angle of orientation is adopted that both solar energy and daylight can be used, up to the amount of artificial lighting consumption in the building decrease throughout the year. The optimization of energy consumption has been done, and also in the scale of residential buildings in the metropolis of Shiraz, it can lead to the reduction of fossil fuel consumption to a significant extent. Finally, by confirming the hypothesis of the research, we can point to the most suitable angles which are 10, 17, 27 degrees from south to southeast, which is the most suitable angle of the building in relation to the sun in line with the maximum absorption of natural light and the depth of light in the space of residential buildings.

Keywords: Placement pattern, Residential Building, Natural light, Shiraz, Climate Sustainability.



Citation: Bostanian, A., Keshmiri, H., Nasr, T. (2025). Explaining the Appropriate Placement Pattern of Residential Buildings in Shiraz City With The Aim of Absorbing Natural Light in Order to Improve Climate Sustainability. *Journal of Urban Environmental Planning and Development*. 5(19). 1-12. <https://doi.org/10.30495/JUEP.2050.1107464>



© The Author(s) **Publisher:** Islamic Azad University of Shiraz

*. **Corresponding author:** Hadi Keshmiri, **Email:** Keshmirihadi@yahoo.com

This article is derived from the doctorate thesis of the first author, which is entitled Analysis of the suitable pattern of the window in the south face of the residential building in Shiraz city in order to optimize the energy consumption and absorb the required sunlight under the guidance of the second author and the advice of the third author at Islamic Azad University. Shiraz branch is in progress.

Extended Abstract

Introduction

With the modernization of cities and architecture, and excessive attention to fossil fuels in providing the climatic conditions of residential spaces, the world of architecture and urban design has faced tremendous changes, including these changes to the formation of new styles of architecture that With the approach of globalization and the elimination of local designs, it caused the formation of architectural and urban designs based on a series of pre-defined principles and without regard to the climate and perhaps even the culture of that region. Before this, many researches have been done regarding the role of solar energy in the building and also the role of spaces such as atrium in order to control comfort temperature and optimize energy, but this research seeks to investigate the role of the appropriate pattern of building placement in order to use it as much as possible. It is more optimal than sunlight in Shiraz city, how changing the orientation angle of a residential building can affect the benefit of the building from the sun's energy and how much this effect can be different from choosing an inappropriate angle in terms of energy absorption.

In other words, it can be said that not only paying attention to the amount of use of fossil fuels in order to reduce greenhouse gases in order to move towards zeroing these fuels has become a global problem, but especially in the field of the construction industry. Ignoring this will cause these gases to spread more and more on the surface of the planet. As stated at the beginning, there are elements and methods that can reduce the building's energy consumption passively and significantly. This research aims to achieve the maximum amount of light absorption by the sun by doing a more fundamental work and by finding the proper direction of the building with the sun, so as to make the mentioned elements and spaces perform as well as possible, which can be done by reducing The amount of cost and the number of spaces that are directly used only in order to optimize energy consumption in the building is closer to a sustainable climate approach. In general, the statement of the problem of the present research can be stated as follows: the angle of the residential building, which is

proposed in the detailed plan of the city of Shiraz from the south to the southeast, by changing the angle a little like one degree, what effect does it have on the increase and or reducing the quality of natural light and also how to achieve the maximum depth of natural light by making a small change in the angle of the residential building. In other words, it is assumed that the angle mentioned in the detailed plan is very general, and even a small change in this angle can have a great impact on the quality and depth of natural light in the residential space and the efficiency of natural light in residential spaces Increased.

Methodology

The methodology of this research is quantitative and the data collection tools are in the form of a library, and at first, using up-to-date climate data that was taken from the global website of the Energy Plus computing engine in full with all the details and in the software Metanorm of this data is categorized and converted into recognizable format in Honeybee and Ladybug energy modeling software. It should also be noted that in this research, the amount of brightness and quality of light are considered and the output of the analysis has been analyzed and evaluated in terms of the amount of brightness and lux, that climatic and meteorological changes have no effect on the current research and only the angle of rotation. The earth around the sun and the angle of radiation in different days and hours of the year have been considered, which has been constant.

Results and Discussion

After checking the data and simulation outputs, firstly, the depth of sunlight can be divided into two parts based on the maximum and minimum depth of light. In the simulation, at the angles of 10, 17 and 27 degrees from the south to the southeast, there is the greatest amount of light depth, in other words, up to 4 meters depth of the residential space from the aperture of the skylight, during the year in the form of one hundred percent direct light. and there is full illumination, but in the rest of the angles, the amount of direct light is one hundred percent throughout the year up to a depth of 3.50 meters from the aperture, and in these angles at a depth of 4 meters, direct light and full illumination is only from 82.60% to 91.30%. Compared to the

angles of 10, 17 and 27 degrees, there is a difference between 8.7% and 17.40%, which during the year and the number of residential buildings in the city can be a very significant and effective number in reducing the amount of electricity consumption in the building. be residential.

Conclusion

As a result, it can be said that all the findings of the research have been analyzed and evaluated separately at the beginning and finally all the findings have been compared with each other in a comparative manner. It can be stated that the research has sought answers to two questions, one is to use more natural light in the residential space, and how changing the angle, even in a

small way, can promote the increase in the use of natural light in the residential space. make it better So, according to the findings of the research, it can be said that, for example, at a depth of four meters at the angles of 10, 17 and 27 degrees, it has one hundred percent natural light throughout the year, and on the other hand, at the angles of 32 and 34 degrees in Oman. The depth of use of natural light has decreased to 82.20%. And further, this research seeks to answer the problem of increasing the depth of light in the residential space, which can achieve the maximum depth of natural light with quality, therefore, at angles of 10, 17 and 27 degrees at a depth of 7 meters, from 21.70 The percentage of natural light is of good quality, which has decreased to 19.90% compared to the angles of 32 and 34.



فصلنامه برنامه ریزی و توسعه محیط شهری

دوره ۵، شماره ۱۹، پاییز ۱۴۰۴

شاپا چاپی: ۲۹۸۱-۰۶۴۷ شاپا الکترونیکی: ۲۹۸۱-۱۲۰۱

Journal Homepage: <https://sanad.iau.ir/journal/juep/>

مقاله پژوهشی

تبیین الگوی مناسب قرارگیری ساختمان‌های مسکونی شهر شیراز با هدف جذب نور طبیعی در جهت ارتقا پایداری اقلیمی

آرش بستانیان: دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

هادی کشمیری*: استاد گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

طاهره نصر: استاد گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۳۱ صص ۱۲-۱ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۶

چکیده

یکی از مباحثی که امروزه در رویکردهای اقلیمی معماری و طراحی شهری پایدار اقلیمی به آن توجه نمی‌شود، عدم توجه به میزان عمق نور طبیعی می‌باشد. یکی از راهکارهای موثر در این زمینه استفاده از نور طبیعی در ساختمان‌های مسکونی، در راستای مشخص کردن جهت گیری مناسب ساختمان مسکونی برای استفاده هرچه بهینه‌تر از نور طبیعی و بهره‌مندی از این عنصر تاثیر گذار اقلیمی در فضاهای ساختمان‌های مسکونی اشاره کرد. بنابراین، مسئله اصلی پژوهش یافتن مناسب ترین زاویه قرار گیری ساختمان مسکونی در راستای استفاده بهینه تر از نور طبیعی و دیگری افزایش عمق نور طبیعی می‌باشد. که از این رو، پژوهش پیش رو در پی دستیابی به اهدافی چون افزایش کیفیت نور طبیعی در ساختمان مسکونی و همچنین علاوه بر ارتقا کیفیت فضا، به کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی با کم کردن استفاده از نور مصنوعی در طول روز بوده، و همچنین با دستیابی به زاویه‌ای مناسب بتواند به حداکثر عمق نور نیز دست یابد. برای دستیابی به اهداف ذکر شده در این تحقیق کوشش گردیده تا شرایط نور طبیعی در ساختمان‌های مسکونی شهر شیراز با استفاده از نرم افزارهای هانی بی و لیدی باگ شبیه سازی شده. و روش کلی پژوهش به صورت کمی بوده و با شبیه سازی یک ساختمان مسکونی و چرخش یک درجه‌ای آن از جنوب تا جنوب شرق، یافته‌های پژوهش به صورت تطبیقی با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته تا به مناسب ترین زاویه از نظر کیفیت نور و عمق نور طبیعی دست یافت. تا بهینه‌سازی مصرف انرژی صورت گرفته، و همچنین در مقیاس ساختمان‌های مسکونی کلان شهر شیراز می‌توان منجر به کم شدن مصرف سوخت‌های فسیلی به میزان قابل توجهی گردد. در نهایت با تایید فرضیه پژوهش، می‌توان به مناسب ترین زوایا که ۱۰، ۱۷، ۲۷ درجه از جنوب به جنوب شرق بوده اشاره کرد، که مناسب ترین زاویه قرار گیری ساختمان نسبت به خورشید در راستای حداکثر جذب نور طبیعی و عمق نور در فضای مسکونی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی قرارگیری، ساختمان مسکونی، نور طبیعی، شیراز، پایداری اقلیمی.

استناد: بستانیان، آرش؛ کشمیری، هادی و نصر، طاهره. (۱۴۰۴). تبیین الگوی قرار گیری ساختمان مسکونی شهر شیراز با

هدف جذب نور طبیعی در جهت ارتقا پایداری اقلیمی. فصلنامه برنامه ریزی و توسعه محیط شهری، ۵(۱۹)، ۱-۱۲.

<https://doi.org/10.30495/JUEP.2050.1107464>

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز

©نویسندگان



* نویسنده مسئول: هادی کشمیری، پست الکترونیکی: Keshmirihadi@yahoo.com

این مقاله مستخرج از رساله دکترای نویسنده اول می باشد که با عنوان واکاوی در الگوی مناسب پنجره در جبهه ی جنوبی ساختمان مسکونی شهر شیراز در راستای بهینه سازی مصرف انرژی و جذب نور مورد نیاز خورشید به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز در حال انجام است .

مقدمه

با مدرنیته شدن شهرها و معماری، و توجه بیش از اندازه به سوخت‌های فسیلی در تامین شرایط اقلیمی فضاهای مسکونی، جهان معماری و طراحی شهری با تغییرات شگرفی روبرو گشته است، از جمله این تغییرات به شکل گیری سبک‌های جدیدی از معماری که با رویکرد جهانی شدن و حذف طراحی‌های بومی باعث گردید شکل گیری طرح‌های معماری و شهری بر اساس یک سری اصول از پیش مشخص شده و بی توجه به اقلیم و حتی شاید فرهنگ آن منطقه باشد. اما پس از تحریم صادرات نفت به غرب توسط اوپک در سال ۱۹۷۳ میلادی و همچنین مطرح شدن مسائل زیست محیطی، این رویکرد مجدداً مورد بازبینی قرار گرفت. تا آنجا که سازمان‌ها، همایش‌ها و عهد نامه‌های بین‌المللی در راستای حل این بحران جهانی در چند دهه‌ی اخیر شکل گرفته است.

پیش از این پژوهش‌های بسیاری در رابطه با نقش انرژی خورشید در ساختمان و همچنین نقش فضاهایی مانند آتریوم در راستای کنترل دمای آسایش و بهینه سازی انرژی صورت گرفته است، اما این پژوهش به دنبال بررسی نقش الگوی مناسب قرار گیری ساختمان در راستای استفاده هرچه بهینه تر از نور خورشید در شهر شیراز بوده، که چگونه تغییر زاویه جهت گیری یک ساختمان مسکونی می‌تواند در بهره‌مندی ساختمان از انرژی خورشید تاثیر گذار باشد و این تاثیر چه مقدار می‌تواند با انتخاب زاویه نامناسب از لحاظ جذب انرژی اختلاف داشته باشد. طبق مطالعات، بیش از ۴۰ درصد کل منابع انرژی کشور ما در بخش ساختمان مصرف می‌شود. طبق آمار وزارت نیرو، مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی شیراز در اواخر ده هفتاد، حدود ۵۰ درصد بوده است. این آمار نشان از عدم کارایی و کنترل سرمایش و گرمایش و روشنایی در ساختمان‌های امروزی دارد (Zare Mohazabieh et al, 2020) و در جهان نیز مصرف انرژی سالانه ساختمان تقریباً ۴۰ تا ۵۰ درصد از مصرف انرژی جهانی را تشکیل می‌دهد (Yitong et al, 2023) و ساختمان‌های مسکونی ۳۰ درصد از کل انرژی مصرفی کشور را تشکیل می‌دهند (Banihashemi et al, 2015: 308). و همچنین شهرنشینی چهار برابر بیشتر از برآوردهای قبلی است که نشان دهنده نرخ بی سابقه شهرنشینی جهانی است. طراحی و اجرای ساختمان را نمی‌توان به عنوان یک ابزار حیاتی برای مبارزه با تغییرات آب و هوایی انسانی دست کم گرفت (Vincent et al, 2022: 1271) بنابراین صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها یک اقدام مهم برای کاهش تغییرات آب و هوایی است. با بهبود عملکرد حرارتی پنجره‌ها، پتانسیل زیادی برای صرفه جویی در انرژی در ساختمان‌ها وجود دارد (Ohlsson et al, 2022). بناهای منعطف بر پایه برقراری آسایش حرارتی، نیازمند تبیین الگوهای دقیق آسایش هستند. با این حال در اکثر بناهای سنتی، برقراری آسایش افراد بر نور روز، کوران هوا، اینرسی کف و جداره ساختمان معطوف شده که تمامی این عوامل به عنوان تامین انرژی نامحدود طبیعی بوده است (Hamzenejad et al, 2020). بنابراین طراحی ساختمان‌های همساز با اقلیم و بهره‌مند از انرژی‌های تجدید پذیر از جمله انرژی خورشیدی می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی داشته باشد. با توجه به اقلیم گرم و خشک شهرهای فلات مرکزی ایران، تامین آسایش حرارتی فضاهای داخلی و بیرونی، نیازمند کنترل و به حداقل رساندن دریافت تابش خورشیدی در ماه‌های گرم از طریق افزایش مقاومت و ظرفیت حرارتی مصالح، جهت گیری مناسب، افزایش سایه اندازی و بازتاب سطوح خارجی است (Zare Mohazabieh et al, 2020). گرمایش ساختمان، تهویه مطبوع، سیستم روشنایی موارد مصرف کننده انرژی هستند (Mohammadi and Vasigh, 2020). از سوی دیگر کیفیت زندگی سکونت را می‌توان در هماهنگی میان انسان‌ها و محیط مسکونی آنها تصور نمود. به بیان دیگر این وضعیت حاصل شکل و محتوای کنش‌های متعددی است که بین افراد و محیط فیزیکی آن شکل می‌گیرد (Pirozi, 2024: 21).

به عبارتی می‌توان گفت، که نه تنها توجه به میزان استفاده از سوخت‌های فسیلی در راستای کاهش گازهای گلخانه‌ای به منظور حرکت به سمت نزدیک به صفر کردن این سوخت‌ها، به یک معضل جهانی بدل گردیده بلکه علی‌الخصوص در حوزه صنعت ساختمان بی توجهی به این امر باعث گسترش هرچه بیشتر این گازها در سطح کره زمین می‌گردد. همان طور که در ابتدا بیان شد عناصر و راه کارهایی وجود دارد که بتوان نیاز مصرف انرژی ساختمان را به صورت غیر فعال و به صورت چشم گیری کاهش داد. این پژوهش بر آن است تا با انجام یک کار بنیادی تر و با یافتن جهت مناسب ساختمان با خورشید به حداکثر میزان جذب نور توسط خورشید دست یابد تا باعث عملکرد هرچه بهتر عناصر و فضاهای یاد شده گردد که بتوان با انجام این امر با کم کردن میزان هزینه و تعداد فضاهایی که به صورت مستقیم تنها در راستای بهینه کردن مصرف انرژی در ساختمان به کار می‌روند به رویکردی پایدار اقلیمی نزدیک تر شده. و همچنین، به این علت که بیشترین ساختمان‌ها ساخته شده در صنعت ساختمان مربوط به فضاهای مسکونی می‌باشد، و این فضاها به صورت شبانه روزی مورد بهره برداری قرار می‌گیرند، می‌توان این کاربری را یکی از پر مصرف ترین کاربری‌ها از بین پروژه‌های صنعت ساختمان خواند. بنابراین، این پژوهش بر آن است که با بررسی جهت مناسب از نظر جذب هرچه بیشتر نور خورشید به یک الگو و زاویه مناسب دست یابد. به طور کلی بیان مسئله پژوهش حاضر را چنین می‌توان بیان کرد که زاویه قرار گیری ساختمان مسکونی که در طرح تفصیلی شهر شیراز از جنوب تا جنوب شرق به صورت کلی مطرح شده، با تغییر زاویه اندکی مانند یک درجه، چه تاثیری بر افزایش و یا کاهش کیفیت نور طبیعی گذاشته و همچنین چگونه می‌توان با ایجاد تغییر کوچک در زاویه قرار گیری ساختمان مسکونی به حداکثر میزان عمق نور طبیعی دست یافت. به عبارتی، فرض بر این

می‌باشد که زاویه گفته شده در طرح تفصیلی بسیار کلی بوده، و حتی تغییر کوچکی در این زاویا می‌تواند تاثیر بسیاری در کیفیت و عمق نور طبیعی فضای مسکونی داشته و بهره وری از نور طبیعی را در فضاهای مسکونی افزایش دهد. متأسفانه، در بسیاری از منابع‌های موجود در رابطه با راستای قرار گیری ساختمان‌ها نسبت به خورشید، زوایای کلی مطرح شده، که این تحلیل پیش رو بر آن است، تا با تحلیل و شبیه سازی دقیق تر و با حساسیت بیشتر نسبت به پژوهش‌های پیشین به تاثیر قابل توجهی این تغییر، حتی یک درجه جابجایی در راستای قرار گیری ساختمان نسبت به خورشید، چگونه می‌تواند بر کیفیت و میزان عمق نور طبیعی به صورت سالیانه تاثیر گذاشته و در نهایت به بهترین زوایا و بدترین زوایا در این بازه‌ی مشخص شده اشاره و معرفی کند. و همچنین، اهمیت و ضرورت پژوهش را چنین می‌توان عنوان کرد که، بنا به رشد روز افزون شهرها و مشکلات پیش آمده در راستای عدم توجه به مسائل زیست محیطی و سهم بسزای صنعت ساختمان، علی‌الخصوص در حوزه‌ی مسکونی، ضرورت وجود الگویی مناسب در راستای بهینه کردن مصرف انرژی ساختمان در مقیاس کلان و آن هم در اقلیم‌های گرم خشک که بیشترین اتلاف انرژی را دارا می‌باشند، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. از این رو با توجه به افزایش روز افزون آپارتمان‌های مسکونی در کلان شهر شیراز اهمیت و ضرورت کنترل استفاده از سوخت‌های فسیلی با بهینه کردن مصرف انرژی ساختمان از روش‌های غیر فعال می‌تواند نقش بسزایی، نه تنها از لحاظ اقتصادی در بلند مدت بلکه در حفظ این کره‌ی خاکی داشته باشد. حال می‌توان سوالات پژوهش را چنین مطرح کرد که، چگونه می‌توان به افزایش کیفیت نور طبیعی در فضای ساختمان‌های مسکونی دست یافت و همچنین چگونه می‌توان به عمق نور بیشتری نیز دست پیدا کرد. از آنجا که جهت گیری ساختمان‌های در طرح‌های تفصیلی به صورت کلی بوده، برای نمونه در شهر شیراز این راستا، از جنوب تا جنوب شرق تعریف شده است، فرض بر این است که با دقت نظر بیشتر و با حساسیت بر روی زاویه دقیق قرار گیری ساختمان‌های مسکونی به جای معرفی یک بازه‌ی قرار گیری بتوان به افزایش کیفیت نور طبیعی و همچنین افزایش عمق نور دست یافت. بنابراین، با فرض بر اینکه تغییر جزئی در زوایا می‌تواند تاثیر قابل توجه‌ای در موارد ذکر شده داشته باشد به آنالیز و شبیه سازی نور طبیعی در فضای مسکونی با حساسیت تغییر زاویه به صورت یک درجه‌ای پرداخته شده است.

پیشینه و مبانی نظری تحقیق

حیدری ارجلو و همکاران در راستای سیاست گذاری شهری به شبیه سازی و عملکرد سیستم خورشیدی با استفاده از نرم افزار گرسهپار در خانه‌های سنتی و مدرن شهر شیراز پرداخته، که در این بین به تحلیل و آنالیز تاثیر سایه و دیگر شاخص‌های تاثیرگذار در بهینه سازی مصرف انرژی پرداخته است (Heidari Orojloo et al, 2024). محمدی و همکاران نیز به نقش بهره برداری از نور روز به عنوان وسیله‌ای مناسب برای کاهش نیازهای نورپردازی مصنوعی ساختمان‌های غیر مسکونی شناخته شده پرداخته‌اند. و همچنین نور روز را منبعی برای دستیابی به کیفیت محیط داخلی و کارایی انرژی در ساختمان‌های آموزشی و در نتیجه ارتقا پایداری آنها معرفی کرده (Mohammadi et al, 2020: 146).

زهرآ قیابکلو در مجموع کتب خود در رابطه با فیزیک ساختمان از وضعیت غم انگیز ساختمان‌های مدرن که از عناصر طبیعی مانند هوای آزاد، نور خورشید و آسمان، دور هستند صحبت می‌نماید و همچنین تاثیر محیط طبیعی و تاثیرات مهم فیزیولوژیکی و روانی بر سلامت انسان‌ها اشاره می‌نماید (Qiyabaklo, 2013: 1). محمود رازجویان نیز در کتاب آسایش در پناه باد به نقش مهم تهویه طبیعی در ساختمان اشاره می‌کند و آن را از لحاظ راحتی رفتاری در محیط بیرون و درون ساختمان بررسی می‌کند (Razjouyan, 2016: 3). از دیدگاه تئوریک صیادی و مداحی در کتاب معماری پایدار به بازنگری اصلاح طلبانه‌ی مدرنیسم و سنت و راهکارهای آشتی جویانه‌ی این دو، اشاره می‌نماید (Sayadi and Madaghi, 2013: 14). چهار عامل مهمی که بایستی در طراحی معماری مد نظر داشت عبارتند از: "تابش خورشید، جریان هوا، دمای هوا، رطوبت" (Moradi, 2013: 101). طراحی ساختمان‌های همساز با اقلیم و بهره مند از انرژی‌های تجدید پذیر از جمله انرژی خورشیدی می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی داشته باشد. فرم و پوسته خارجی ساختمان مهمترین پارامترهای موثر بر اقلیم داخلی ساختمان بوده و اندازه و جهت استقرار پوسته خارجی بر عملکرد حرارتی ساختمان تاثیر مستقیم دارند. به منظور دستیابی به شکل و فرم پایدار ساختمان از نظر انرژی، لازم است پوسته‌های خارجی ساختمان طوری طراحی و جهت گیری شوند که در مواقع سرد سال حداکثر انرژی تابشی خورشید و در مواقع گرم کمترین انرژی خورشیدی را دریافت نمایند. با توجه به اقلیم گرم و خشک شهرهای فلات مرکزی ایران، تامین آسایش حرارتی فضاهای داخلی و بیرونی، نیازمند کنترل و به حداقل رساندن دریافت تابش خورشیدی در ماه‌های گرم از طریق افزایش مقاومت و ظرفیت حرارتی مصالح، جهت گیری مناسب، افزایش سایه اندازی و بازتاب سطوح خارجی است (Akbari et al, 2020). طبیعت منبع عظیمی است از مصالح، الگوها و تکنیک‌های تکامل یافته‌ای که به بهترین شکل با محیط خود در ارتباط است. این تکنیک‌ها و الگوها از دید مهندسی و معماری به گونه‌ای با یکدیگر هماهنگ شده‌اند که علاوه بر بهینه و تامین عمل کردن فرم، بتوانند تنوع در آن و زیبایی‌هایی را به همراه داشته باشند. بررسی هر یک از ساختارهای طبیعی به شکل مطالعات موردی می‌تواند درسی تازه در چگونگی هماهنگ کردن فرم

و سازه به مهندسان بیاموزد (Gharooni et al, 2014: 139). معماری مرز بین محیط خارجی و بدن انسان است. انسان‌ها زمان زمان قابل توجهی از عمر خود را در انواع مختلف فضای مصنوع و در زیر سقف زندگی می‌کند. بنابراین رئیسی و حیدری در تحقیق خود بر آن بودند تا با تأکیر بر شناخت کامل تری از چرخه نور روز بتوان به توصیه‌های کاربردی دست پیدا کرده، تا فضاهای مسکونی را از منظر توجه به چرخه شبانه روزی نور و پویایی نور طبیعی و با توجه به سبک زندگی امروزی و همچنین کاربری فضاها به طراحی مطلوب تری از حیث تأثیرات غیر بصری نور دست یابند (Raeisi and Heidari, 2023: 7). همچنین جام نیز در پژوهشی به بررسی نقش نور و سایه اندازی در معماری بناهای مسکونی پرداخته، که مواردی چون نور مناسب و ایجاد سایه روشن در طول روز و ایجاد نورهای مصنوعی در شب در فضاهای معماری و تأثیر آن بر کیفیت فضا، علی‌الخصوص فضاهای مسکونی پرداخته است (Jam, 2023). وثیق و یاری کیا نیز به نقش تأثیرگذار نور روز در فضاهای مسکونی و تأثیر آن بر افسردگی زنان خانه دار پرداخته و به تأثیر مولفه‌های چون عمق روشنایی در فضاهای نورگیر، جهت قرار گیری مجتمع مسکونی و فاصله بین مجتمع‌های مسکونی در راستای شناسایی واحدهای مسکونی از لحاظ نورگیری پرداخته تا واحدهای دارای نور مناسب و نامناسب را تشخیص داده و پس از آن به مقیاسه میانگین میزان افسردگی زنان در دو گروه ذکر شده پرداخته است. که در نهایت فرضیه بین میزان نور محیط مسکونی و افسردگی رابطه معنا داری داشته (Vasigh and Yari Kia, 2020). و در پایان، حسینی و همکاران به بررسی رویکردهای نظری نور درمانی در فضاهای درمانی پرداخته‌اند، با چهار رویکرد اصلی، که چگونه نور طبیعی می‌تواند در بهبود عملکرد ساختمان مانند کاهش مصرف انرژی، سلامت ذهنی و جسمانی بیماران، بهبود کارایی کادر درمان و در نهایت نقش نور طبیعی در جهت بهبود آلودگی‌های محیطی پرداخته است (Hosseini et al, 2023). بنا به پژوهش‌های پیشین می‌توان به نقش حائز اهمیت نور طبیعی چه از نظر بهینه سازی مصرف انرژی و چه از نظر ارتقا کیفیت فضای معماری، می‌تواند نقشی تأثیر گذار در انرژی ساختمان و سلامت ذهنی مصرف کنندگان داشته باشد. شناخت شرایط آب و هوایی هر منطقه، مهم ترین عامل در ایجاد آسایش حرارتی کاربران ساختمان‌ها می‌باشد. امروزه، دانش بوم شناسی ساختمان بر افزایش ظرفیت و کیفیت فضا با استفاده از پارامترهای اقلیمی و زیست محیطی در طراحی با توجه به الگوهای بومی توجه فراوان دارد. کشور پهناور ایران با مناطق آب هوایی مختلف دارای معماری ارزشمند متناسب با هر اقلیم می‌باشد. در پژوهش‌های پیشین به زاویه قرار گیری ساختمان مسکونی نسبت به خورشید با مقایسه‌ی این میزان اندک انجام نگردیده و همچنین در تحقیق پیش رو، نه تنها به تأثیر زاویه قرار گیری ساختمان با در نظر گرفتن کیفیت نور طبیعی پرداخته شده، بلکه به تأثیر تغییر این متغیر با افزایش عمق نور در فضای مسکونی پرداخته شده است. که دست یابی به یک زاویه بهینه و مناسب، می‌تواند تأثیر قابل توجهی در ارتقا کیفیت فضای مسکونی و همچنین کم کردن استفاده از انرژی‌های فسیلی را در جهت دست یابی به پایداری اقلیمی را داشته باشد.

امروزه یکی از مهم ترین نکاتی که در ساختمان‌های مسکونی، تجاری، بیمارستان، هتل‌ها و ... در نظر گرفته می‌شود، مسئله بهینه سازی مصرف انرژی است (Rakhshanasab et al, 2023: 21)، که توسعه پایدار شهری از مهم ترین مسائلی که با پیش و پیش بینی آن، می‌توان راه‌های رسیدن به توسعه پایدار در آینده را جستجو کرد. اندیشه توسعه پایدار شهری از جنبه‌های بسیار گسترده قابل بررسی و واکاوی است و لذا ارائه یک تعریف مشخص در این رابطه زیاد ساده نیست (Sharifi et al, 2023: 76). در راستای توسعه پایدار شهری، نور روز نه تنها به بهبود کیفیت محیط داخلی بلکه به بهبود بهره وری، رضایت و سلامت سرنشینان کمک می‌کند. سیستم‌ها و فناوری‌های مختلفی برای استفاده بهتر از نور روز با وارد کردن مقدار بیشتری از نور روز به فضاهای داخلی توسعه یافته‌اند. با این حال، مقدار بیش از حد نور روز ممکن است اثرات منفی مانند ناراحتی حرارتی و تابش نور روز را نیز به همراه داشته باشد که ممکن است رضایت و بهره وری سرنشینان را کاهش دهد. بنابراین، هنگام ارزیابی کمیت و کیفیت نور روز یک فضا، هر دو تأثیر مثبت و منفی باید در نظر گرفته شود (Wang et al, 2020). کنترل تابش نور خورشید برای ایجاد یک محیط بصری راحت ضروری است. نحوه کنترل تابش خیره کننده و در عین حال به حداکثر رساندن استفاده از نور خورشید موضوع مهمی برای ساختمان‌ها برای دستیابی به اهداف کم کربن است (Yuying et al, 2023).

منظور از کیفیت نوری مناسب دستیابی به حالتی است که علاوه بر افزایش کارایی، خوانایی و مصرف بهینه انرژی، جذابیت، شادابی و سلامت ساکنین را نیز مد نظر قرار دهد. اگرچه انجام محاسبات روشنائی براساس شاخص‌های شناخته شده موجود شرط لازم برای رسیدن به کیفیت نوری مناسب است ولی به منظور حصول نتیجه مطلوب کماکان به دانش، تجربه و سابقه طراح در فرآیند طراحی نیاز است (Moulaei et al, 2019: 118). نور روز برای ایجاد یک محیط زندگی راحت برای ساکنین بسیار مهم است زیرا از نور طبیعی برای ایجاد آسایش بصری و روانی استفاده می‌کند. علاوه بر این، فرصتی را برای کاهش وابستگی به منابع انرژی تجدید ناپذیر ارائه می‌دهد و به حفظ انرژی کمک می‌کند. روشنائی به تنهایی سهم قابل توجهی از مصرف برق را به خود اختصاص می‌دهد که بر اهمیت ترکیب استراتژی‌های روشنائی روز برای جبران روشنائی الکتریکی تأکید می‌کند (Kalaimathy and Others, 2023). نور روز ماهیتی پویا و متغیر دارد که میت واند بر مبنای معیارهای طراحی جداره‌های نور گذر (نمای ساختمان) به ویژه هندسه آن، الگوها و ریتم سایه و روشن متفاوتی را در فضای داخلی شکل دهد و بر مبنای موقعیت جغرافیایی ساختمان، زمان، نوع فعالیت‌های فضا، موقعیت و زاویه دید ناظر در فضا و شرایط آسمان ابری یا صاف، ادراکات

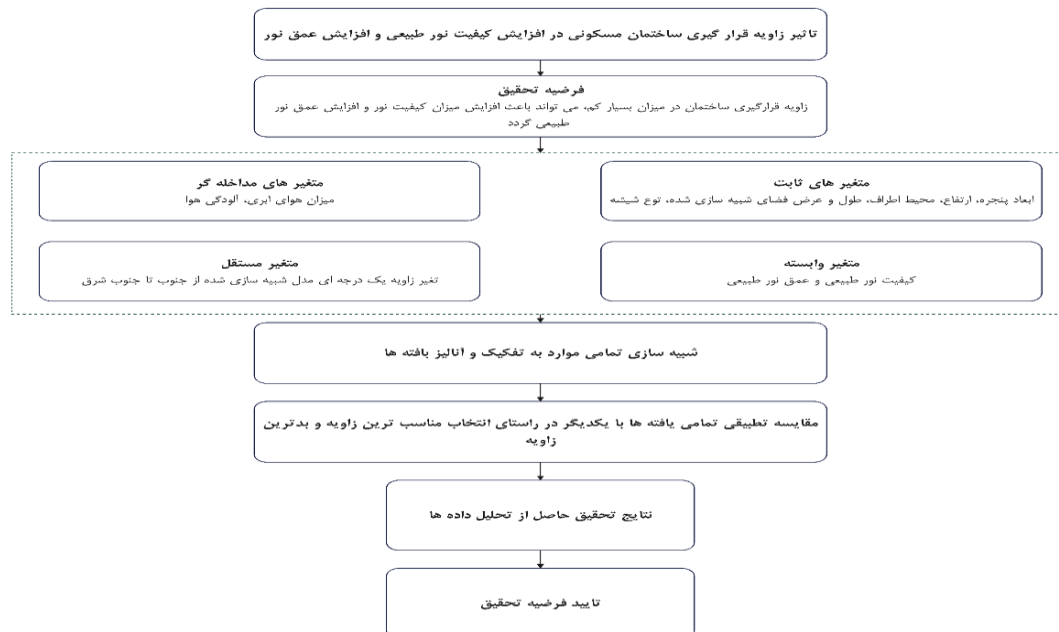
و یا حس و حال متفاوتی را در ساکنان ترغیب و در کل تجربه فضایی متفاوتی را برای آنها ایجاد نماید (Rezaei and Sharghi, 2020). یکی از تاثیرگذارترین انرژی‌های تجدید پذیر در صنعت ساختمان را می‌توان به انرژی نور خورشید نسبت داد. از این رو که نه تنها با خود انرژی گرمایی به همراه دارد بلکه تامین کننده نور در فضا نیز می‌باشد (Ghorbani Nia, 2014: 40). فزون بر استفاده نور خورشید برای روشنایی ساختمان نسبت به نوع طراحی بنا، نور آن به حرارت تبدیل می‌گردد. برای بهره گیری دلخواه از نور، باید ترتیبی اتخاذ شود تا نور خورشید با نوع ساختمان و شرایط اقلیمی محل و نحوه و میزان آن برای قسمت‌های خارجی و داخلی ساختمان هماهنگ باشد. مسلماً وضعیت نور، با توجه به جهت تابش آن در فصول مختلف، در حالت‌های مستقیم یا مورب به ساختمان تغییر می‌کند که به این اصل باید توجه شود (Zamarshidi, 2015: 2). مقدار انرژی خورشیدی تابیده شده به هر نقطه از سطح زمین در طول سال، به شدت و دوام تابش آفتاب در آن منطقه بستگی دارد و میزان گرما و سرمای سطح زمین، عامل اصلی تعیین کننده درجه حرارت هوای بالای آن است (Kasmai, 2018: 4). رنگ سطوح خارجی بر حرارت اکتسابی از خورشید موثر است. رنگهای روشن برای اقلیم‌های گرم و رنگ‌های تیره و مواد جذب کننده برای اقلیم‌های سرد ترجیح داده می‌شوند. این پوشش سفید رنگ موجب می‌شود که حداقل جذب تابش آفتاب صورت گیرد و دمای زیاد به داخل ساختمان جلوگیری شود (Spanani, 2004: 87). و همچنین در صورتی که بتوان حداکثر میزان استفاده از نور روز دست یافت، می‌تواند به صورت مستقیم در کم کردن میزان مصرف برق ساختمان موثر باشد. ساختمان، به عنوان یکی از بزرگترین مصرف کنندگان برق، می‌تواند سهم قابل توجهی در حفاظت از انرژی و همچنین حذف آلاینده‌ها از طریق طراحی ماهرانه ساختمان داشته باشد. تهویه طبیعی به عنوان یک استراتژی غیر فعال موثر برای سرمایش و کاهش مصرف انرژی ساختمان‌های مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که تهویه طبیعی هیچ سوخت فسیلی را مصرف نمی‌کند، می‌تواند میزان انتشار گاز دی اکسید کربن را به طور قابل توجهی کاهش داد در حالی که کیفیت هوای داخلی حفظ می‌شود (Ziabari and Mozafari, 2017). استفاده از نور روز در طول تاریخ معماری همواره مورد نظر معماران بوده و روشهای سنتی متعددی در اقلیم‌های مختلف برای انتقال نور طبیعی به داخل فضا دیده می‌شود. در ایران و در اقلیم گرم و خشک روش‌های متنوعی برای کنترل و هدایت نور روز وجود دارد، اما بعد از اختراع چراغ برق و استفاده از نورهای مصنوعی روش هاینورپردازی طبیعی فراموش شده است که یکی از دلایل ازدیاد مصرف انرژی الکتریکی است اما تجربه‌های اخیر این موضوع را ثابت کرد که نیاز انسان به نور روز از لحاظ روانی و جسمی بسیار بیشتر از تأمین روشنایی با برق است (Mousavi et al, 2019: 6).

مواد و روش تحقیق

روش پژوهش حال حاضر از نظر هدف کاربردی و بر اساس شیوهی گردآوری داده‌های پژوهش توصیفی- تحلیلی می‌باشد. و همچنین گردآوری داده‌ها به صورت کتابخانه‌ای بوده، از این نظر که، در گام نخست مبانی نظری و پیشینه پژوهش از منابع به روز و معتبر علمی داخلی و خارجی که شامل کتاب و مقالات علمی پژوهشی بوده گردآوری شده، و در ادامه پژوهش تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت کمی و کیفی صورت گرفته است که با بهره گیری از شیوهی مدل سازی از نرم افزارهایی که در ادامه مطرح شده به شبیه سازی و تحلیل یافته‌ها پرداخته شده است.

روش شناسی این پژوهش به صورت کمی بوده و ابزارهای جمع آوری اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای بوده و در ابتدا با استفاده از داده‌های اقلیمی به روز که از سایت جهانی موتور محاسباتی انرژی پلاس به صورت کامل با تمامی جزئیات برداشته شده و در نرم افزار متونورم این داده‌ها دسته بندی شده و به صورت فرمت قابل تشخیص در نرم افزار مدل سازی انرژی هانی بی و لیدی باگ تبدیل شده. همچنین لازم به ذکر است که در این پژوهش، میزان روشنایی و کیفیت نور مد نظر بوده و خروجی تحلیل‌ها از نظر میزان روشنایی و به لوکس مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته که تغییرات اقلیمی و هواشناسی تأثیری در پژوهش حال حاضر نداشته و تنها زاویه چرخش زمین به دور خورشید و زاویه تابش در روزها و ساعت‌های مختلف سال مورد توجه بوده که این امر ثابت بوده است. همچنین با استفاده از نرم افزارهای انرژی اوپن استدیون، میزان روشنایی و عمق نور مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. و در ادامه نمونه موردی مطالعه شهر شیراز که به عنوان شهری با اقلیم گرم و خشک بوده مورد بررسی قرار گرفته است. به عبارتی می‌توان گفت این تحقیق، در ابتدا به مدل سازی یک نمونه ساختمان در نرم افزار راینو و گرس هاپر پرداخته و در ادامه داده‌های اقلیمی و مدل سازی اقلیمی در نرم افزار هانی بی انجام شده و محیط بیرون در نرم افزار لیدی باگ شبیه سازی شده است. و بنا به طرح تفصیلی، زاویه قرار گیری ساختمان‌های مسکونی در شهر شیراز به سمت جنوب تا جنوب شرق بوده، مدل شبیه سازی شده، به صورت یک درجه چرخش از جنوب تا جنوب شرق مورد شبیه سازی و آنالیز نور طبیعی چه از نظر میزان روشنایی و عمق نور قرار گرفته و در نهایت، یافته‌های تمامی زوایا به صورت تطبیقی با یکدیگر مورد مقایسه قرار خواهند گرفت. لازم به ذکر است که دو بخش در این پژوهش بسیار حائز اهمیت می‌باشد، یکی میزان افزایش کیفیت نور به طوری که در طول سال نیاز استفاده از نور مصنوعی کمتر بوده و دیگری عمق بیشتر نور طبیعی که عمق فضاهای مسکونی نیز بتواند از حداکثر کیفیت نور طبیعی بهره مند شود. و در

نهایت، از نتایج این پژوهش می‌توان در طراحی فضاهای مسکونی با جذب نور طبیعی و عمق نور بیشتر به افزایش کیفیت فضا و همچنین کاهش مصرف انرژی در این نوع ساختمان‌های بهره‌مند شد.



نمودار ۱. مدل مفهومی پژوهش (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۱. روند شبیه سازی پژوهش

مدل مفهومی روند شبیه سازی پژوهش	
گام اول	استخراج داده‌های اقلیمی و بررسی داده‌های اقلیمی شهر شیراز
گام دوم	ساخت مدل ساختمان جهت شبیه سازی
گام سوم	انتقال داده‌ها به محیط هانی بی و لیدی باگ و ثابت نگه داشتن متغیرهای مداخله گر
گام چهارم	مشخص کردن داده‌های مورد نیاز جهت خروجی شبیه سازی
گام پنجم	انجام شبیه سازی در زوایای مختلف، از جنوب تا جنوب شرق
گام ششم	تحلیل تطبیقی و مقایسه خروجی داده‌ها با یکدیگر

محدوده مورد مطالعه

شهر شیراز، مرکز استان فارس به طول ۴۰ کیلومتر و عرضی متفاوت بین ۱۵ تا ۳۰ کیلومتر با مساحت ۱۲۶۸ کیلومتر مربع به شکل مستطیل و از لحاظ جغرافیایی در جنوب غربی ایران و در بخش مرکزی فارس قرار دارد. مختصات جغرافیایی شیراز عبارت است از ۲۹ تا ۳۰ درجه و ۸ تا ۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ تا ۵۳ درجه و ۵۰ تا ۵۷ دقیقه طول شرقی نسبت به نصف النهار مبدأ قرار دارد. با مساحت ۶۷۵۱ کیلومتر مربع (Kiamarathi and Khanizadeh, 2016). ارتفاع شیراز از سطح دریا ۱۵۹۰ متر می‌باشد (Ranjbar, 2022: 7). تفکیک قطعات مالکیت با کاربری مسکونی به چند قطعه می‌بایست با توجه به جهت گیری متناسب با شرایط اقلیمی شهر شیراز صورت گیرد، که در اولویت اول طول قطعات مالکیت دارای جهتر ۶۱ تا ۳۱ درجه جنوب شرقی و در نهایت دارای جهت شمالی- جنوبی باشد. در هر صورت در قطعات تفکیکی رعایت زاویه بهینه و حد نهایی استقرار ساختمان الزامی است (Shiraz Municipality, 2013:29).

در گام اول: استخراج داده‌های اقلیمی و بررسی داده‌های اقلیمی شهر شیراز

در مرحله‌ی اول تمامی اطلاعات بیست ساله‌ی اخیر اقلیمی شهر شیراز از نرم افزار مترونورم استخراج و جمع آوری شده و به فرمت ای پی دبلیو در راستای انتقال به نرم افزارهای محاسباتی انرژی هانی بی و لیدی باگ تبدیل گردیده است. و در ادامه خلاصه حداکثر و حداقل اطلاعات اقلیمی چون بیشترین و کمترین دمای خشک و همچنین حداکثر و حداقل میزان روشنایی آسمان و نور روز و غیره مشخص گردیده است. و در نهایت میانگین درجه حرارت و حداکثر حداقل دما در طول سال در یک نمودار ارائه شده و محدوده‌ی دمای آسایش به صورت یک نوار خاکستری مشخص گردیده است.

داده‌های اقلیمی شهر شیراز از نرم افزار مترونوم به صورت دقیق و کامل استخراج گردیده و با فرمت ای پی دبلیو به نرم افزار هانی بی و لیدی باگ، که دو نرم افزار شبیه ساز انرژی به صورت الگوریتمیک و پارامتریک می‌باشند معرفی گردیده. که بخش مورد نیاز و قابل توجه این داده‌ها که مورد نیاز این پژوهش می‌باشد، شامل میزان شدت و زاویه تابش خورشید با در نظر گرفتن متغیری چون میزان هوای ابری و روزهای ابری می‌باشد.

در گام دوم: ساخت مدل ساختمان جهت شبیه سازی

مدلی با ابعاد ۳ متر عرض و ۷ متر عمق که حداکثر میزان عمق مجاز در مبحث ۴ مقررات ملی ساختمان می‌باشد. ارتفاع ساختمان شبیه سازی شده به دلیل موافقت اصولی‌های صادر شده از طرف شهرداری شیراز به سازندگان و طراحان ارائه می‌شود، ۳۲۰ متر پیشنهاد شده، از این رو، در شبیه سازی انجام شده، تلاش بر این بوده تا ابعاد مدل تا جای امکان مشابه با موارد مطرح شده و با در نظر گرفتن قوانین امروزی شهرداری شیراز باشد. و در ادامه، در نرم افزار راینو جهت شبیه سازی وارد نرم افزار گرس هاپر گردیده و در آن نرم افزار ۷۸ درصد سطح جبهه‌ی جنوبی آن به عنوان سطح شفاف و یا شیشه تعریف گردیده است. این مدل تنها از یک جبهه قابلیت نور گیری را دارا می‌باشد. لازم به ذکر است که در این مدل تاثیر ارتفاع و طبقه و همچنین تاثیر سایه اندازی اجسام خارجی بر روی بنا در نظر گرفته نشده است.

در گام سوم: انتقال داده‌ها به محیط هانی بی و لیدی باگ و ثابت نگه داشتن متغیرهای مداخله گر

داده‌های استخراج شده وارد نرم افزار هانی بی و لیدی باگ شده و شبیه سازی مدل با در نظر گرفتن ثابت یک سری از متغیرها چون عدم در نظر گرفتن همسایگی، ابعاد ۷۸ درصدی سطح نورگیر در جبهه‌ی جنوبی، ارتفاع، ابعاد مدل، عدم استفاده از سایه بان، و استفاده از یک نوع شیشه، به صورت ثابت در تمامی مسیر شبیه سازی و ثبت داده‌ها رعایت گردیده است.

در گام چهارم: مشخص کردن داده‌های مورد نیاز جهت خروجی شبیه سازی

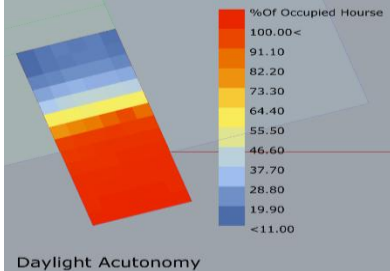
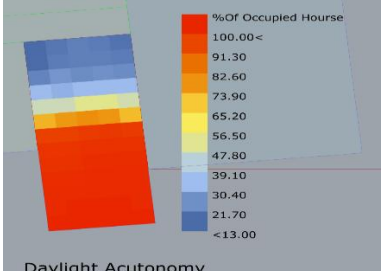
مدل شبیه سازی، به صورت یک درجه، یک درجه از جبهه‌ی جنوب به سمت جنوب شرق (که تنها جبهه‌ی مورد تایید واحد مسکونی در طرح تفصیلی شهر شیراز می‌باشد) مورد تحلیل قرار گرفته و نتایج خروجی به صورت میزان عمق نور، و درصد روشنایی فضا در طول سال به صورت درصدی در یک شبکه‌ی مربعی ۱۴ در ۶ ثبت گردیده است، به عبارتی دیگر در یک شبکه‌ی شطرنجی نیم متر در نیم متر در ارتفاع ۸۰ سانتی متری ثبت و مورد تحلیل و مقایسه قرار گرفته است.

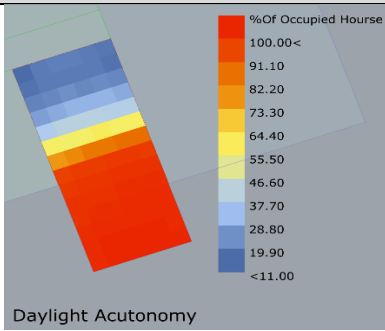
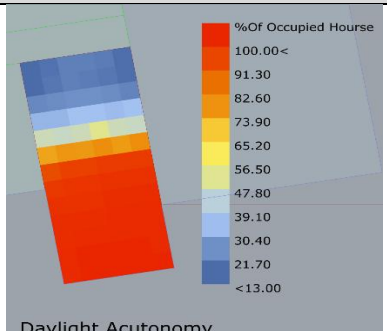
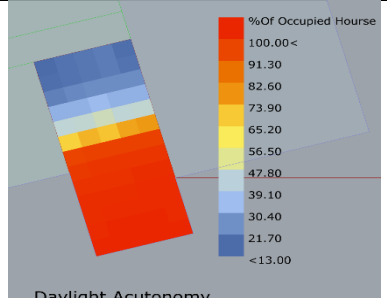
در گام پنجم: انجام شبیه سازی در زوایای مختلف، از جنوب تا جنوب شرق

پس از شبیه سازی، ساختمان در یک بازه‌ی جنوب به جنوب شرق، هر یک درجه تغییر کرده و عملیات شبیه سازی نور خورشید مجدد بر روی آن اعمال گردیده و خروجی آن به صورت درصد و عدد ثبت، و در راستای مقایسه تطبیقی با یکدیگر مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفته شده است.

همان طور که در جدول زیر قابل مشاهده می‌باشد، چند نمونه از آنالیز یافته‌های پژوهش به صورت گرافیکی در زوایای مختلف و به تفکیک به نمایش گذاشته شده است. هر شبکه‌ی مربعی شکل به ابعاد نیم متر در نیم متر بوده که میزان استفاده آن بخش از فضا در طول روز از نور طبیعی به صورت سالیانه و درصدی، در جدول زیر نشان داده شده است. و همچنین، میزان عمق نور در زوایای مختلف و به صورت درصدی نیز در جدول زیر نشان داده شده است. لازم به ذکر است، در راستای خلاصه نویسی به ارائه‌ی چند نمونه بسنده شده است، و نمونه‌های انتخاب شده از مناسب ترین و نامناسب ترین زوایا می‌باشد. به عبارتی زوایای ۱۰، ۱۷، ۲۷ مناسب ترین زاویه، ۳۲ و ۳۴ نیز نامناسب ترین زاویه در بازه‌ی جهت گیری تحلیل شده می‌باشند.

جدول ۲. بخشی از تحلیل‌های صورت گرفته از شبیه سازی میزان عمق نور و نمایش آن به صورت گرافیکی

زاویه قرار گیری	آنالیز شبیه سازی به صورت گرافیکی	زاویه قرار گیری
 32 درجه چرخش (از جنوب تا جنوب شرقی)	 10 درجه چرخش (از جنوب تا جنوب شرقی)	

زاویه قرار گیری	آنالیز شبیه سازی به صورت گرافیکی	زاویه قرار گیری
زاویه ۳۳ درجه چرخش (از جنوب تا جنوب شرقی)	زاویه ۱۷ درجه چرخش (از جنوب تا جنوب شرقی)	زاویه ۲۷ درجه چرخش (از جنوب تا جنوب شرقی)
		

منبع: (مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۳)

بحث و ارائه یافته‌ها

در گام ششم: تحلیل تطبیقی و مقایسه خروجی داده‌ها با یکدیگر

پس از بررسی داده‌ها و خروجی‌های شبیه سازی، در ابتدا می‌توان میزان عمق نور خورشید را بر اساس بیشترین و کمترین عمق نور به دو بخش تقسیم کرد. در شبیه سازی انجام گرفته، در زوایای ۱۰، ۱۷ و ۲۷ درجه از جنوب به سمت جنوب شرق، بیشترین میزان عمق نور وجود دارد، به عبارتی تا عمق ۴ متری فضای مسکونی از دهنه‌ی نورگیر، در طول سال به صورت صد درصد نور مستقیم و با روشنایی کامل وجود دارد، اما در مابقی زوایا، میزان نور مستقیم به صورت صد درصد در طول سال تا عمق ۳.۵۰ متری از دهنه‌ی نورگیر می‌باشد، و در این زوایا در عمق ۴ متری فضای، نور مستقیم و روشنایی کامل تنها از ۸۲.۶۰ درصد الی ۹۱.۳۰ درصد می‌باشد. که در مقایسه با زوایای ۱۰، ۱۷ و ۲۷ درجه، اختلافی بین ۸.۷ درصد الی ۱۷.۴۰ درصد می‌باشد، که در طول سال و تعداد ساختمان‌های مسکونی در سطح شهر می‌تواند عددی بسیار قابل توجه و تاثیرگذار در کم کردن میزان مصرف برق در ساختمان‌های مسکونی باشد.

اما از سوی دیگر در زوایای ۱۰، ۱۷ و ۲۷ درجه‌ی جنوبی به سمت جنوب شرقی، در عمق ۷ متری فضای مسکونی، میزان نور مستقیم و روشنایی حداقل ۲۱.۷۰ درصد می‌باشد، که در مقایسه با زوایای ۳۴ و ۳۲ درجه‌ی جنوبی به سمت جنوب شرق، که در این زوایا میزان روشنایی در طول سال در عمق ۷ متری فضای مسکونی به عدد ۱۹.۹۰ درصد می‌رسد، می‌توان در این شبیه سازی دو زاویه ۳۲ و ۳۴ درجه را به بدترین زوایا در این تحلیل و این بازه‌ی جهت گیری ساختمان نسبت داد. که در مقایسه با زوایای ۱۰، ۱۷ و ۲۷ درجه، اختلافی ۱.۸۰ درصدی در طول سال را دارا می‌باشد.

و در نهایت می‌توان چنین تشریح کرد که، در طرح تفصیلی شهر شیراز، ساختمان‌های مسکونی موظف به رعایت جهت گیری از جنوب تا جنوب شرقی بوده و این پژوهش، بازه‌ی گفته شده را به صورت درجه‌ای و با تقسیم بندی یک درجه تفکیک کرده و مورد تحلیل قرار داده. پس از آنالیز مدل شبیه سازی شده در زوایای ذکر شده، می‌توان چنین گفت که در راستای جذب نور طبیعی و افزایش عمق نور طبیعی بیشتر در بازه‌ی مشخص شده در طرح تفصیلی شهر شیراز، مناسب ترین زاویه‌ها ۱۰ درجه، ۱۷ درجه و ۲۷ درجه از جنوب تا جنوب شرقی بوده که از حداکثر کیفیت نور طبیعی و عمق نور طبیعی می‌توان در مقایسه با دیگر زوایا بهره مند شد، که در جدول شماره ۳، مناسب ترین و نامناسب ترین زاویه‌ها مطرح شده و به صورت کمی و درصدی گفته شده و همچنین در ادامه نیز در جدول شماره ۴، مناسب ترین زوایا در عمق‌های مختلف فضای مسکونی گفته شده و به صورت کمی نیز به میزان بهره مندی فضا در عمق‌های مختلف به صورت سالیانه و درصدی ذکر شده است. که به صورت خلاصه چنین می‌توان گفت که، مناسب ترین زوایای ذکر شده در عمق ۴ متری در طول سال صد درصد از نور طبیعی در طول روز برخوردار می‌باشد و در عمق ۴.۵ متری عمق فضا که شامل ۵ متر عرض بوده شامل بازه‌ی ۹۱.۳۰ الی ۸۲.۶۰ درصدی، از نور طبیعی در طول سال برخوردار بوده، تا عمق ۵ متری این بازه‌ی نور از ۶۵.۲۰ الی ۴۷.۸۰ درصد خواهد بود، تا عمق ۵.۵ متری این بازه‌ی

درصدی کیفیت نور ۴۷.۸۰ الی ۳۰.۴۰ درصد بوده و در نهایت از عمق ۵.۵ متری تا ۶ متری ۳۹.۱۰ الی ۳۰.۴۰ درصد و از ۶ تا ۷ متر، که آخرین عمق نور بوده ۳۰.۴۰ الی ۱۳ درصد می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است که عمیق ترین نقطه‌ی فضای شبیه سازی شده در زوایای مناسب حداقل ۱۳ درصد از کیفیت نور طبیعی در طول سال برخوردار بوده که این عدد باری نامناسب ترین زوایا ۱۱ درصد می‌باشد. که می‌توان به این نکته اشاره کرد که عمیق ترین نقطه در زاویه مناسب و نا مناسب قرار گیری ساختمان دارای ۲ درصد اختلاف می‌باشد.

جدول ۳. تحلیل مناسب ترین و نامناسب ترین زاویه قرار گیری ساختمان نسبت به خورشید

هاتخلیل زاویه			
زوایا بر اساس درجه (از جنوب به جنوب شرق)	اختلاف در عمق ۴ متری (بر اساس درصد)	اختلاف در عمق ۷ متری (بر اساس درصد)	
۲۷، ۱۷، ۱۰	۱۰۰ درصد	۲۱.۷۰ درصد	بهترین زاویه قرار گیری
۳۴، ۳۲	۸۲.۲۰ درصد	۱۹.۹۰ درصد	بدترین زاویه قرار گیری
	۱۷.۸۰ درصد	۱.۸۰ درصد	میزان اختلاف بهترین و بدترین زاویه

منبع: (مطالعات نویسنده‌گان، ۱۴۰۳)

جدول ۴. تحلیل مناسب ترین زاویه‌های قرار گیری ساختمان نسبت به خورشید در عمق‌های مختلف

تحلیل زوایا					هازاویه
تا عمق ۴ متری	تا عمق ۴.۵ متری	تا عمق ۵ متری	تا عمق ۵.۵ متری	تا عمق ۷ متری	
در عمق ۴ متری از سطح نورگیر، فضای مسکونی در طول روز از ۱۰۰ درصد نور طبیعی برخوردار می‌باشد.	در عمق ۴.۵ متری، ۸۲.۶۰ الی ۹۱.۳۰ درصد (در راستای عرضی این عمق)، در طول روز از نور طبیعی برخوردار می‌باشد.	در عمق ۵ متری، ۴۷.۸۰ الی ۶۵.۲۰ درصد (در راستای عرضی این عمق)، در طول روز از نور طبیعی برخوردار می‌باشد.	در عمق ۵.۵ متری، ۳۰.۴۰ الی ۴۷.۸۰ درصد (در راستای عرضی این عمق)، در طول روز از نور طبیعی برخوردار می‌باشد.	در عمق ۷ متری، ۱۳ الی ۳۰.۴۰ درصد (در راستای عرضی این عمق)، در طول روز از نور برخوردار می‌باشد.	۱۰ درجه ۱۷ درجه ۲۷ درجه از جنوب تا جنوب شرقی

منبع: (مطالعات نویسنده‌گان، ۱۴۰۳)

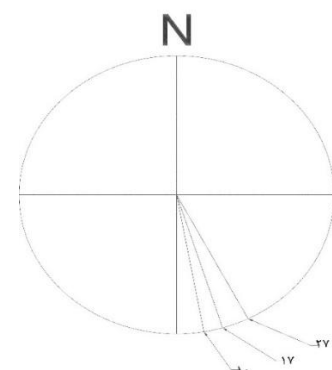
نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

بنا به داده‌های بدست آمده در شبیه سازی بهینه ترین زاویه قرار گیری ساختمان‌های مسکونی در راستای استفاده بهینه تر از نور روز خورشید و همچنین بنا به در نظری گرفتن اختلاف قابل توجه تاثیر زاویه در عمق نور و همچنین کیفیت آن در شهر شیراز که در طول سال میزان قابل توجهی از روزهای آفتابی وجود دارد، می‌توان به این امر اشاره کرد، که توجه به نور روز و استفاده از این منبع انرژی تجدید پذیر، علی الخصوص در ساختمان‌های مسکونی که بیشترین میزان صنعت ساخت و ساز در حوزه‌ی ساختمان را به خود اختصاص داده، در مقیاس بسیار کلان تا چه اندازه مهم و قابل توجه می‌باشد. به عبارتی اگر ساختمان مسکونی در جبهه‌ی مناسب و بهینه قرار گیرد، به تنهایی می‌تواند حدود بیست درصد بیشتر از نور طبیعی در فضای مسکونی استفاده کرده، که این امر می‌تواند تاثیر بسیار چشم گیری در کم کردن میزان استفاده از نور مصنوعی به طور مستقیم و همچنین کم کردن میزان برق مصرفی ساختمان به صورت غیر مستقیم داشته باشد، به عبارتی، گامی قابل توجه به سوی پایدار کردن ساختمان‌های مسکونی و توجه هرچه بیشتر به اقلیم و محیط زیست برداشت.

به طور خلاصه چنین می‌توان بیان کرد که، تمامی یافته‌های پژوهش در ابتدا به تفکیک مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته و در نهایت به صورت تطبیقی تمامی یافته‌ها در تمامی زوایا با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته شده است. می‌توان چنین بیان کرد، که صراحتاً ای پژوهش در پی پاسخ به دو سوال بوده است، یکی استفاده بیشتر از نور طبیعی در فضای مسکونی، که چگونه تغییر زاویه حتی به صورت جزئی می‌تواند

در ارتقا افزایش استفاده از نور طبیعی را در فضای مسکونی بهتر کند. به طوری که بنا به یافته‌های پژوهش می‌توان چنین بیان کرد که برای نمونه، در عمق چهار متری در زوایای ۱۰، ۱۷ و ۲۷ درجه از صد در صد نور طبیعی در طول سال برخوردار بوده و در مقابل در زوایای ۳۲ و ۳۴ در عمان عمق میزان استفاده از نور طبیعی به ۸۲.۲۰ درصد کاهش پیدا کرده. و در ادامه، این پژوهش در پی پاسخ به مسئله‌ی افزایش عمق نور در فضای مسکونی بوده، که بتواند به حداکثر عمق نور طبیعی با کیفیت دست یافت، از این رو در زوایای ۱۰، ۱۷ و ۲۷ درجه در عمق ۷ متری، از ۲۱.۷۰ درصد نور طبیعی با کیفیت برخوردار بوده که در مقایسه با زوایای ۳۲ و ۳۴، این عدد به ۱۹.۹۰ درصد کاهش پیدا کرده است. تحقیق حال حاضر با این فرضیه که انتخاب زاویه مناسب و دقیق تر که در طرح تفصیلی شهر شیراز مطرح شده، می‌تواند نقشی قابل توجه در افزایش بهره‌گیری از کیفیت نور طبیعی و همچنین افزایش عمق نور داشته کار خود را آغاز کرده، تا با دست‌یابی به مناسب‌ترین زوایا، در بازه‌ی جنوب تا جنوب شرق، برای شهر شیراز به اهداف خود که همان طور که مطرح شد افزایش استفاده از نور طبیعی و افزایش عمق نور با کیفیت طبیعی بوده است، با استفاده از مقایسه‌ی تطبیقی دست یابد. و همچنین در ادامه، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که در زوایای مناسب ذکر شده در مقایسه با دیگر زوایا، در عمق‌های بین ۴ الی ۷ متری، می‌توان به افزایش کیفیت نور طبیعی از ۲.۵ درصد الی ۱.۸ درصد که در عمق ۷ متری نیز دست یافت. در شکل ۴، مدل نهایی زوایای مناسب قرارگیری ساختمان مسکونی در شهر شیراز ارائه شده است.

در راستای مقایسه‌ی تطبیقی این پژوهش با پژوهش‌های پیشین، چنین می‌توان بیان کرد که مبنای پژوهش‌های گذشته در راستای تاثیر روانی نور طبیعی بر ساکنین بوده و یا از نظر انرژی نور طبیعی را مورد تحلیل و یا ارزیابی قرار داده‌اند و یا یک بازه‌ی کلی را برای نورگیری مناسب اتخاذ نموده‌اند. که در مقایسه، این پژوهش به صورت جزئی‌تر و با دقت بیشتر بر تغییر زوایا به صورت یک درجه، نه تنها به دنبال افزایش کیفیت نور طبیعی بوده بلکه به دنبال افزایش عمق نور نیز بوده است. و همچنین لازم به ذکر است که، به دلیل عدم دیگر پژوهش‌ها در ارائه زاویه دقیق قرارگیری نمی‌توان به صورت جزئی با تحقیق حال حاضر مقایسه‌ی تطبیقی کرد، که امید است این پژوهش شروعی باشد بر آنالیز دقیق زوایای مختلف قرارگیری ساختمان‌های مسکونی در بازه‌ی کلی مطرح شده در شهرهای مختلف. و در ادامه می‌توان با انتخاب زاویه مناسب، استفاده کننده بتواند در نقاط مختلف فضا از نور با کیفیت طبیعی بهره‌برده و نیاز به استفاده‌ی کمتر از نورهای مصنوعی در نقاط دیگر همان فضا داشته باشد. که در نهایت با شبیه‌سازی دقیق‌تر در این پژوهش می‌توان به این امر دست یافت که چگونه حتی تغییرات جزئی و یا تنها تغییر یک درجه در زاویه قرارگیری ساختمان، می‌تواند نقشی قابل توجه در ارتقا کیفیت و استفاده بهینه‌تر از نور طبیعی داشته باشد. امید است، که این پژوهش شروعی باشد بر توجه به این امر مهم در راستای به دست آوردن زوایای بهینه قرارگیری ساختمان از نظر استفاده از نور روز در شهرهای مختلف ایران، تا در نهایت به یک دفترچه راهنما به صورت کشوری دست یافت، و همچنین در جانمایی ساختمان خود به صورت منفصل از نظر معماری و همچنین تفکیک فضاهای مسکونی در ساختمان‌های متصل در شهرسازی توجه بیشتری شود. از این رو می‌توان به میزان صرفه‌جویی قابل‌تأمل در حوزه‌ی صنعت ساختمان دست یافت.



شکل ۱. مدل نهایی مناسب‌ترین زوایای

قرارگیری ساختمان مسکونی (منبع:

مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۳)

نمودار ۲. مدل مفهومی نتیجه‌گیری پژوهش (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۳)

References

- Akbari, H., & Hosseini Nezhad, F. (2020). Optimization of the building orientation to receive solar radiation in hot-arid climate (Case Studies: Isfahan, Semnan, Kerman and Yazd cities). *Journal of Architecture in Hot and Dry Climate*, 7(10), 251-267. [doi: 10.48301/kssa.2022.321416.1917](https://doi.org/10.48301/kssa.2022.321416.1917). [In Persian]
- Ohlsson, A., K.E., Nair, G., Olofsson, T., (2022), Uncertainty in model prediction of energy savings in building retrofits: Case of thermal transmittance of windows, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 168. doi.org/10.1016/j.rser.2022.112748.
- Banihashemi, S., Golizadeh, Reza Hosseini, M.R., Shakouri, M., (2015), Climatic, parametric and non-parametric analysis of energy performance of double-glazed windows in different climates, *International Journal of Sustainable Built Environment*, Volume 4, Issue 2, Pages 307-322. doi.org/10.1016/j.ijsbe.2015.09.002. [In Persian]
- Gharooni, F., Omrani Pour, A., Yazdi, M. (2014). Bionic Architectural Design, Case Study the Design of Architectural Shells with the Inspiration of Abalone Pearl. *ARMANSHAH ARCHITECTURE & URBAN DEVELOPMENT*, 6(11), 127-140. https://armanshahrjournal.com/article_33470.html [In Persian]
- Ghorbani nia, e., (2014). architectural structure and environmental performance of sustainable lahijan vernacular settlements, north of iran. *hoviateshahr*, 7(16), 39-50. [In Persian]
- Hamzehnejad, M., Fadaee, F., Ildarabadi, P., (2020). Evaluation of Comfort and Thermal Comfort (PMV and PPD) According to Daylight and Home Orientation in Yazd Traditional Houses (Case Study: Malekzade Home in Yazd city). *Journal of Architecture in Hot and Dry Climate*, 8(11), 151-182. [doi: 10.29252/ahdc.2020.1984](https://doi.org/10.29252/ahdc.2020.1984). [In Persian]
- Hosseini, S.R., Mofidi Shemirani, S.M., Etesam E., (2023), A Review of Theoretical Approaches to Light Therapy in Therapeutic Spaces. *North Khorasan University of Medical Sciences*; 14 (4) :112-125. <http://journal.nkums.ac.ir/article-1-2702-en.html> [In Persian]
- Heidari Orojloo, T., Ghorbani Param, A., Hassan Pour, F., (2024). Simulation of solar system performance using software (grasshopper) for energy consumption policy in housing by comparing traditional and contemporary houses in Shiraz city. *Journal of Urban and Regional Policy* ,8 ,25-42. <https://srb.sanad.iau.ir/en/Article/927407> [In Persian]
- Jam, M., (2023). Investigating the role of light and shading in the architecture of residential buildings. *National conference on urban planning and knowledge-based architecture*. [In Persian]
- Kalaimathy, K., Radhakrishnan Shanth, P., Prashanthini, R., Chandramoul, P., Ramalingam, S., (2023), Daylight performance analysis of a residential building in a tropical climate, *Energy Nexus*, Volume 11. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100226>
- Kasmai, M., *Climate and Architecture*, (2018), Khak Publishing House, Isfahan, fifth edition. [In Persian]
- Kiamarathi, M., Khanizadeh, M.A., (2016), Analysis and investigation of urban space (pedestrian) with the approach of promoting social interactions (case example: Shiraz City Health Pedestrian), 4th International Conference on Architecture and Sustainable Urban Development – Dubai. [In Persian]
- Mohammadi, F., Mofidi Shemirani, S.M., Tahbaz, M., (2020). Evaluation and Analysis of the Efficiency of Dynamic Metrics Evaluating Daylight Performance (Daylight Autonomy and Useful Daylight Illuminance) through Sensitivity Analysis; Case Study: Elementary Classroom in Tehran. *Armanshahr*, 13(31), 145-156. [doi: 10.22034/aaud.2020.113264](https://doi.org/10.22034/aaud.2020.113264) [In Persian]
- Mohammadi, S., Vasigh, B., (2020). Evaluation of the Biophilic Approach to Energy Conservation in Residential buildings of Kerman. *Journal of Architecture in Hot and Dry Climate*, 7(10), 175-197. <https://sid.ir/paper/399009/fa> [In Persian]
- Mousavi, F., Mahmodi, M., & Tahbaz, M., (2019). The Effect of Geometry and Area of Windows of Southview Rooms on The Depth of Daylighting (Case Study: Yazd's Traditional Houses). *Hoviateshahr*, 12(36), 5-18. https://sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/38413973601 [In Persian]
- Moulaei, M.M., Pilechiha, P., Shadanfar, A., (2019). Optimization of Window Proportions with an Approach to Reducing Energy Consumption in Office Buildings. *Naqshejahan*, 9(2), 117-123. <http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-41547-en.html> [In Persian]
- Moradi, Sasan, 2013, *Regulation of environmental conditions*, Arman Shahr Publishing House, 9th edition, Tehran. [In Persian]
- Pirozi, A., (2024). Examining the Role of Good Governance Components in the Political System of the Islamic Republic of Iran with an Emphasis on Urban Development. *Journal of Urban and Regional Policy* ,9 ,93-104. <https://sanad.iau.ir/en/Journal/DownloadFile/927417> [In Persian]
- Qiyabaklo, Z., (2013), *Basics of building physics 5 daylight*, Jihad University Publications, Amir Kabir Industrial Unit, first edition, Tehran. [In Persian]

- Ranjbar, S., (2022). Evaluation of the effects of the sidewalks on the surrounding elements, Case study: Ostad Shajarian health walk in shiraz. Journal of Urban and Regional Policy ,4 ,1-22. <https://sanad.iau.ir/en/Article/927365?FullText=FullText> [In Persian]
- Rakhshaninasab, H.R., Charrahi, M., Soleimani Damaneh, M., (2023). Investigation and analysis of effective indicators on Smart housing in Shiraz city. Urban Environmental Planning and Development ,10 ,17-34. <https://sanad.iau.ir/en/Article/909937?FullText=FullText> [In Persian]
- Razjouyan, M., (2016), Comfort in the shelter of the wind, Shahid Beheshti University Press, second edition, Tehran. [In Persian]
- Rezaei, S., Sharghi, A., (2020). Perceptual Performance of Daylight; a Systematic Review of the Role of Daylight Patterns on Occupants' Perceptions in Interior Spaces. Journal of Architecture in Hot and Dry Climate, 8(11), 211-251. doi: 10.29252/ahdc.2020.1988 [In Persian]
- Raeisi, Z., & Heidari, S. (2023). Circadian Effects of Daylight on the typical residential architecture of Tehran. Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning, 28(2), 5-17. doi: 10.22059/jfaup [In Persian]
- Sayadi, S.E., and Madaghi, S.M., (2013), Sustainable Architecture, Lotus Publications, first edition, Tehran. [In Persian]
- Sharifi, A., Shariari, M.A., Vaez, N. (2023). Evaluation of policies of the Islamic city council in the field of urban planning and architecture of Shiraz city from the perspective of sustainable development. Urban Environmental Planning and Development, 11, 71-88. Doi: 10.30495/juepd.2023.1983407.1186 [In Persian]
- Shiraz Municipality, (2013), Detailed plan of Shiraz city, rules and regulations of urban planning and construction (with the exception of the historical-cultural area), city and house (consulting engineers and urban planners and architects), final edition, fall. [In Persian]
- Spanini, A.A. (2004). Climatic capacities of local architecture (a case study on the kish island). peyke noor journal, 84-103. [In Persian]
- Vasigh, B., Yari Kia, A., (2021). Investigating the Effect of Daylight in Residential Spaces on Depression of Housewives (Maskan-e-Mehr. Khorramabad). Journal of Architectural Thought, 5(9), 297-310. doi: 10.30479/at.2020.12657.1441 [In Persian]
- Vincent M., Wheeler, Janghyun Kim, Tom Daligault, Bryan A. Rosales, Chaiwat Engtrakul, Robert C. Tenent, Lance M. Wheeler, (2022), Photovoltaic windows cut energy use and CO2 emissions by 40% in highly glazed buildings, One Earth, Volume 5, Issue 11, Pages 1271-1285. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.10.014>
- Wang, J., Minchen, W., Xiukai, R., (2020), Characterization of the acceptable daylight quality in typical residential buildings in Hong Kong, Building and Environment, Volume 182. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107094>
- Yitong, D., Chengx, D., Fengying, Y., Zeyang, K., Bowen, L., Yuhao, D., Zhiheng, Z., Xudong, S., Ying, X., Shaoyun, G., (2023), Low energy consumption thermochromic smart windows with flexibly regulated photothermal gain and radiation cooling, Applied Energy, Volume 348. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107094>
- Yuying, S., Yunhe, L., Wenjing, X., Wei W., Wenzhe, W., Chunxiao, Z., (2023), A glare predictive control strategy for split-pane electrochromic windows: Visual comfort and energy-saving assessment, Renewable Energy, Volume 218. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119259>
- Zamarshidi, H., Iran's architecture, (2015), the implementation of buildings with traditional materials, winter, Zamard Publishing House, Tehran, 9th edition. [In Persian]
- Zare Mohazzabieh, A., Heydari, S., Shahcheraghi, A., (2020). Indoor Environmental Quality in Qajar Houses of Shiraz with an emphasis on Thermal Comfort and Daylighting (case study: Nemati House). journal of architecture in hot and dry climate, 7(10), 269-291. doi: 10.29252/ahdc.2020.12108.1261 [In Persian]
- Ziabri Moghadam, S.A., Mozafari, F., (2017), The effect of the balcony on natural ventilation, thermal comfort and reduction of external noise in residential buildings. Architecture, period 1, number 6, from page 1 to 8. [In Persian]