



The Degree of Adaptation for the Establishment and Orientation of the Old and New Educational Buildings of Dezful City with the Climatic Conditions Based on the Law of Cosines

Jaleh Nattaj Ansar¹ , Reza Borna² , Jafar Morshedi³

1. Department of Geography, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Email: ntaha14400@gmail.com

2. (Corresponding Author) Department of Geography, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Email: bornareza@yahoo.com

3. Department of Urban Planning, Shoshtar Branch, Islamic Azad University, Shoshtar, Iran

Email: jafarmorshedi@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article History:

Received:

26 November 2024

Received in revised form:

28 February 2025

Accepted:

7 April 2025

Available online:

13 May 2025

Keywords:

Vertical Energy,
Orientation,
Educational Buildings,
Dezful City,
Law of Cosines.

ABSTRACT

This study aimed to identify the degree of adaptation for the establishment and orientation of old and new educational buildings in Dezful city with the climatic conditions to use the climatic capabilities during school activities and reduce the use of heating and cooling equipment. The law of cosines method and Q Basic software were used to extract the most appropriate pattern of establishing schools based on the climatic conditions. First, the amount of radiant energy received on vertical surfaces was theoretically and realistically calculated for 24 geographical directions based on the climate data of Dezful weather station in the period (1986-2019). Subsequently, the most appropriate direction and other preferred routes were identified and presented, culminating in an examination of the educational buildings in the field. Fifteen examples from old, new, and refurbished schools were selected to compare the general orientation of the buildings with the pattern derived from the law of cosines. Based on the results of Kishnos law and considering the climatic conditions of Dezful city, both in two-sided buildings, and in four-sided buildings, the south direction is the most suitable direction for the installation of walls and openings. When the orientation of these schools is compared to the proper model derived from the study, it becomes clear that the appropriate model has been seen in both new and ancient cases. Of course, openings were built in all geographical directions, as shown in several examples. However, the compatibility with the desired pattern in new schools is generally higher than in old schools.

Cite this article: Nattaj Ansar, J., Borna, R., & Morshedi, J. (2025). The Degree of Adaptation for the Establishment and Orientation of the Old and New Educational Buildings of Dezful City with the Climatic Conditions Based on the Law of Cosines. *Physical Geography Research Quarterly*, 57 (1), 101-114.

<http://doi.org/10.22059/jphgr.2025.385568.1007852>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

One of the important topics in architectural studies is the role of climate factors in each region. In Iran, the climatic diversity has led to the formation of different spaces due to architecture. In addition to adapting and coordinating structures with climate conditions, paying attention to climatic designs also lowers the use of fossil fuels and saves energy. This study aimed to determine the appropriate orientation for the educational buildings of this city so that the best living conditions are provided for the comfort and learning of students in the classrooms.

Methodology

For the law of cosines, in the first step, the angle of radiation and the angle of the direction of radiation were calculated using calculation relationships, and Q-Basic software for the latitude of Dezful city. Subsequently, the angle of deviation (Mdamil) and the duration of daylight for each month in Dezful city were computed. Utilizing the cosine law and effective temperature calculation methods, the theoretical and empirical amounts of direct energy radiated hourly on vertical surfaces across 24 geographical orientations were determined, based on the climatic data from the Dezful meteorological station from 1986 to 2019. Using the effective temperature output for twelve hours each month, the hot and cold periods of the year were separated. Finally, the most suitable directions for the establishment of two- and four-sided educational buildings were introduced based on the largest difference in energy received in Dezful city. Then, old and new schools of Dezful city were examined, and the degree of adaptation of these buildings to the region's climatic conditions was examined.

Results and discussion

Hourly temperature was obtained using the average of maximum and minimum temperature and the monthly average temperature. Then, using the law of cosines, the amount of direct solar radiation reaching a level on the Earth's surface was calculated. To obtain theoretical hours, the amount of energy radiated on vertical walls

was calculated for all geographical directions at a distance of 15 degrees and in all 12 months of the year in Dezful city. However, in some months and at certain hours of the day, the weather is cloudy and prevents sunlight when rain systems enter the region. Therefore, radiation energy calculated for different directions for different months should be made more realistic. The percentage of sunny hours in a given month is calculated by dividing the statistics of sunlit hours at the Dezful meteorological station by the duration of the day in that month in order to obtain values that are close to the actual amount of solar energy. Subsequently, each month's theoretical values of solar energy are multiplied by the percentage of sunny hours in the month in question to arrive at the closest possible value of solar energy. The highest amount of energy belongs to +135 degrees (southeast) and -135 degrees (southwest). The lowest amount of energy belongs to the north direction. It can also be seen that in the cold season, the southern geographical direction received the highest amount of energy by receiving 4755 BTUs of energy, on the contrary, in the hot summer months, the direction of windows and openings, as well as the walls exposed to radiation to the southwest, is completely unfavorable and will greatly aggravate the summer heat conditions.

In buildings with 2 opposite main facades and receiving energy from these two facades, the total energy radiated to both facades was calculated. Based on the climatic conditions of Dezful city, the intensity of heat in the hot period, especially in June to August, is much higher than the intensity of cold in December to February.

As a result of choosing a two-way direction that receives the least energy throughout the year, the south-north directions with 6440 BTUs (57.6%) are more favorable than the west-east direction with 11169 BTUs (100%).

Hence, the building can receive thermal energy from four sides. The optimal direction of four-sided buildings is based on the lowest amount of energy intake throughout the year based on the climatic conditions of Dezful city in the north-southeast-west direction.

Conclusion

Despite Dezful city being tropical at first glance, considering that most of the school activity period is in the second half of the year, in which the air temperature, especially in the morning hours, is below the comfort threshold of students. The orientation of schools and windows, as well as the design pattern of schools, should be configured to optimize the utilization of solar radiation to provide the interior spaces of the classrooms with heat and illumination. Additionally, the law of cosines indicates that the optimal orientation for schools is south in one-sided structures and south-north in two-sided structures. The direction of north-south and west-east is the best and most appropriate for four-sided buildings, and Dezful schools are generally of this type. Based on the orientation table of old and new schools selected as examples, both in the orientation

of old schools and in the newly established schools, a combination of south, north, and west and east directions can be seen. However, in general, in the newly established schools, the direction of the south was observed more.

Funding

There is no funding support.

Authors Contribution

All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.



میزان انطباق جهت استقرار و جهت‌گیری ساختمان‌های آموزشی قدیم و جدید شهر دزفول با شرایط اقلیمی بر اساس قانون کسینوس‌ها

ژاله تناج انصار^۱، رضا برنا^۲، جعفر مرشدی^۳

۱- گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، ایران. رایانامه: ntaha14400@gmail.com

۲- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: bornareza@yahoo.com

۳- گروه شهرسازی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران. رایانامه: jafarmorshedi@gmail.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۹/۰۶

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۱/۱۸

تاریخ چاپ:

۱۴۰۴/۰۲/۲۳

واژگان کلیدی:

انرژی قائم،

جهت‌گیری،

ساختمان‌های آموزشی،

شهر دزفول،

قانون کسینوس‌ها.

هدف این پژوهش شناسایی میزان انطباق جهت استقرار و جهت‌گیری ساختمان‌های آموزشی قدیم و جدید شهر دزفول با شرایط اقلیمی به‌منظور استفاده حداکثری از توانمندی‌های اقلیمی در دوره فعالیت مدارس و کاهش استفاده از تجهیزات گرمایشی و سرمایشی می‌باشد. برای استخراج مناسب‌ترین الگوی استقرار مدارس متناسب با شرایط اقلیمی، از روش قانون کسینوس‌ها و نرم‌افزار Q Basic استفاده شده است. ابتدا میزان انرژی تابشی دریافتی بر روی سطوح قائم به‌صورت نظری و واقعی برای جهات ۲۴ گانه جغرافیایی بر اساس داده‌های اقلیمی ایستگاه هواشناسی دزفول در بازه زمانی (۱۹۸۶-۲۰۱۹) میلادی محاسبه شده، سپس مناسب‌ترین جهت و سایر جهات مطلوب استخراج و معرفی گردید و در نهایت ساختمان‌های آموزشی موردبررسی میدانی قرار گرفت که با انتخاب ۱۵ نمونه از مدارس قدیم، جدید و بازسازی شده، جهت‌گیری کلی ساختمان‌ها با الگوی استخراج شده از قانون کسینوس‌ها مقایسه گردید. بر اساس نتایج حاصل از قانون کسینوس‌ها و با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی شهر دزفول، چه در ساختمان‌های دوطرفه و چه در ساختمان‌های چهار طرفه جهت جنوبی مناسب‌ترین جهت برای استقرار دیوارها و بازشوها می‌باشد. مقایسه جهت‌گیری این مدارس با الگوی مناسب حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که در تعدادی از نمونه‌های قدیمی و در تعدادی از نمونه‌های تازه تأسیس الگوی مناسب رعایت شده است. البته در تعدادی از نمونه‌ها نیز بازشوها در تمام جهات جغرافیایی احداث شده است اما در مجموع میزان سازگاری با الگوی مطلوب در مدارس جدید بیشتر از مدارس قدیمی بوده است.

استناد: تناج انصار، ژاله؛ برنا، رضا و مرشدی، جعفر. (۱۴۰۴). میزان انطباق جهت استقرار و جهت‌گیری ساختمان‌های آموزشی قدیم و جدید شهر دزفول با شرایط اقلیمی بر اساس قانون کسینوس‌ها. *مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۷ (۱)، ۱۱۴-۱۰۱.

<http://doi.org/10.22059/jphgr.2025.385568.1007852>

مقدمه

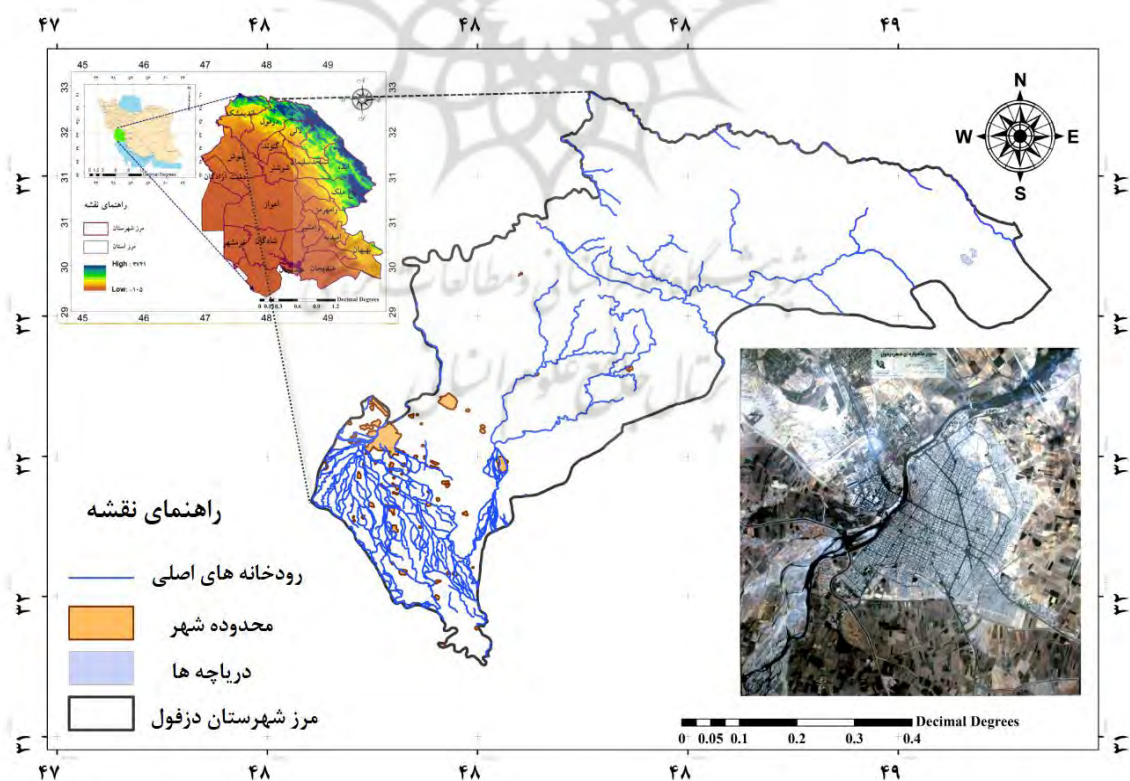
یکی از موضوعات مهم در مطالعات معماری به نقش عوامل آب‌وهوایی هر منطقه تعلق دارد. در ایران نیز تنوع اقلیمی سبب شکل‌گیری فضاهایی متفاوت از نظر معماری شده است. توجه به طراحی‌های اقلیمی علاوه بر سازگاری و هماهنگی ساختمان‌ها با شرایط اقلیمی، سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش سوخت‌های فسیلی می‌شود. شهر دزفول به‌عنوان نماینده‌ای از مناطق آب‌وهوایی گرم، با داشتن ساعات آفتابی زیاد، معماری خاصی را طلب می‌نماید. هدف این تحقیق، تعیین جهت‌گیری مناسب برای ساختمان‌های آموزشی شهرهاست به‌گونه‌ای که بهترین شرایط زیستی برای آسایش و یادگیری دانش‌آموزان در کلاس‌های درس فراهم شود.

تأثیر عوامل محیطی و استفاده از روش‌های تطبیقی را بر آسایش حرارتی ساکنان در ساختمان‌های آموزشی با تهویه طبیعی در آب‌وهوای گرم و خشک مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. و به نقش پنجره در تهویه مطلوب و ایجاد آسایش حرارتی اشاره نمودند (Gangrade & Sharma, 2022). شناخت دقیق طبیعت محیط و تغییر تنوع آن در طول سال و ساعات مختلف شبانه‌روز به خلق و ساخت فضاهای کالبدی مناسب در حد امکانات زمان دست‌یافته است. از این رو شناخت این معماری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Ghaffari, 1995). مناسب‌ترین جهت ساختمان در شهر سقر را جهت جنوب شرقی - شمال غربی معرفی کردند و همچنین میزان انطباق الگوی گسترش مساکن نشان داد که بافت قدیم شهر انطباق تقریباً کاملی با الگوی مناسب جهت‌گیری حاصل از تحقیق و همساز با اقلیم را دارد (Karimzadeh et al, 2021:1). در بهینه‌سازی جهت استقرار ساختمان در بهره‌مندی از تابش خورشیدی در اقلیم گرم و خشک، بهترین جهت استقرار سطوح قائم ساختمان‌های یک‌طرفه را در شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد جهت ۱۸۰ درجه جنوب و بعدازآن جهت ۱۶۵ درجه جنوب شرقی معرفی کردند و همچنین بهترین جهت استقرار سطوح قائم ساختمان‌های دوطرفه در شهرهای مورد مطالعه، جهات (۰، ۱۸۰) درجه و برای ساختمان‌های چهار طرفه جهات (۹۰، ۰، ۱۸۰، ۹۰) درجه است (Akbari & Hosseini Nejad, 2020:251). استفاده از یک هندسه بهینه در ساختمان نقش بسیار مهمی در طراحی ساختمان دارد (Mckeen & Fung, 2014). در زمینه طراحی اقلیمی مطالعات مؤثری صورت گرفته است. استفاده از اقلیم محلی برای بهبود طراحی‌های اقلیمی و شبیه‌سازی انرژی ساختمان توصیه شد (Hui & Chung, 1997). اصول طراحی خیابان و سایبان از منظر اقلیمی مؤثر می‌باشد (Oke, 1998). دستیابی به آسایش حرارتی و روشنایی مورد نیاز در مطالعات جهانی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (Ahsan & Svane, 2010; Mirrahimi et al, 2016). از جمله مطالعاتی که به شکل و جهت‌گیری ساختمان و آسایش حرارتی توجه ویژه داشتند می‌توان به کارهای (Yildiz & Arsan, 2011; Cheung et al, 2005; Ihm & Krarti, 2012; Fiocchi et al, 2011) اشاره کرد. مصرف انرژی کمتری در ساختمان‌های با فرم فشرده به‌ویژه در اقلیم سرد و گرم وجود دارد (Depecker et al., 2001; Ourghi et al., 2007). بهینه‌سازی جهت‌گیری فضاهای آزاد در شهر اردبیل بر اساس شرایط اقلیمی نشان داد که جهت استقرار بهینه حیاط ساختمان جهت جنوب شرقی با کشیدگی در راستای شرقی - غربی است و جهت استقرار معابر نیز به‌منظور جلوگیری از ماندگاری یخ و برف در سطح خیابان‌ها و معابر جهات تا ۳۰ درجه انحراف از جنوب به سمت غرب با توجه به تداخل دو عامل درجه حرارت و تابش آفتاب و جلوگیری از ورود بادهای سرد مناسب‌ترین جهت می‌باشد (Lashkari & Pour Khadem Namin, 2006:19). جهت‌گیری بهینه ساختمان در شهر اهواز بر اساس شرایط اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت و بیشترین مقدار انرژی دریافتی سطوح قائم مربوط به ۱۵ درجه شرقی ۳۰ درجه جنوب شرقی بیان شد (Lashkari et al, 2012:45). بررسی فرم شهر بر مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی شهر شیراز نشان داد که همبستگی بسیار قوی بین الگوی سکونت و میزان مصرف انرژی عملکردی وجود دارد (Hajipour &

(Forouzan, 2015:17). در زمینه بهینه‌سازی جهت‌گیری ساختمان شهر کاشان ایده‌آل‌ترین جهت برای نمای اصلی ساختمان‌های یک‌طرفه، جهتی است که در مواقع گرم، کمترین انرژی و در مواقع سرد، بیشترین انرژی را دریافت نماید (Karbalaei Dari & Hejazizadeh, 2018:85). در بررسی بهینه‌سازی فرم، نسبت ابعاد و جهت‌گیری ساختمان بر اساس تابش خورشید و جهت باد در شهرهای تبریز، یزد و بندرعباس، جهت مناسب استقرار ساختمان بر اساس تابش و جهت باد غالب، در شهر تبریز، جهت ۱۶۵ درجه جنوب شرقی و در شهرهای یزد و بندرعباس، جهت ۱۸۰ درجه جنوب معرفی شد (Akbari & Rashid Klur, 2018:1). در تحقیق طراحی اقلیمی فرم، نسبت ابعادی و جهت استقرار ساختمان بر اساس تابش خورشید در شهر تهران، مناسب‌ترین جهات استقرار ساختمان برای نسبت ابعادی تعیین‌شده، جهت ۱۶۵ درجه جنوب شرقی و غربی و بعدازآن جهت رو به جنوب است (Akbari & Ebrahimi, 2020:1175).

محدوده مورد مطالعه

شهر دزفول مرکز شهرستان دزفول از نظر جغرافیایی در ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه درازای شرقی و ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه پهنای شمالی واقع شده است. این شهر در ۱۵۵ کیلومتری اهواز و در ۳۰۰ کیلومتری دریا و در ارتفاع ۱۴۳ متری از سطح آب‌های آزاد قرار دارد. از لحاظ وسعت دومین شهر بعد از اهواز در استان خوزستان می‌باشد که از سمت شمال به استان لرستان و از سمت شرق به استان چهارمحال بختیاری، از جنوب شرق به شهرستان لالی و شهرستان اندیکا و از غرب به شهرستان اندیمشک و از جنوب به شهرستان شوشتر و شهرستان گتوند و از جنوب غرب به شهرستان شوش محدود می‌گردد (شهرداری دزفول، ۱۳۹۹).



شکل ۱. موقعیت استان خوزستان و نقشه ماهواره‌ای شهر دزفول

روش پژوهش

برای بررسی میزان انطباق جهت استقرار و جهت‌گیری ساختمان‌های آموزشی قدیم و جدید شهر دزفول بر اساس قانون کسینوس‌ها، در مرحله اول، زاویه تابش و زاویه جهت تابش را با استفاده از روابط محاسباتی و نرم‌افزار Q-Basic برای عرض جغرافیایی شهر دزفول محاسبه شد. سپس زاویه انحراف (مدار میل)، طول روز در تمامی ماه‌های سال در شهر دزفول محاسبه و پس از آن با استفاده از روش محاسباتی قانون کسینوس و دمای مؤثر، میزان انرژی مستقیم تابیده‌شده در هر ساعت از روز بر روی سطوح قائم در ۲۴ جهت جغرافیایی به صورت نظری و واقعی محاسبه گردید. با استفاده از خروجی دمای مؤثر برای دوازده ساعت در هر ماه، دوره‌های گرم و سرد سال تفکیک گردید. در نهایت مناسب‌ترین جهت برای استقرار ساختمان‌های آموزشی دو و چهار طرفه بر اساس بیشترین مقدار اختلاف انرژی دریافتی در شهر دزفول معرفی شد. سپس مدارس قدیم و جدید شهر دزفول مورد بررسی قرار گرفت و میزان انطباق این ساختمان‌ها با شرایط اقلیم منطقه مورد بررسی قرار گرفت.

از سایت هواشناسی کشوری، داده‌های هواشناسی دزفول برای دوره آماری (۱۹۸۶-۲۰۱۹) میلادی دریافت گردید؛ و از اطلاعات دمای حداقل، دمای حداکثر و دمای ماهانه ایستگاه هواشناسی دزفول برای محاسبه دمای ساعتی و از ساعات آفتابی این ایستگاه، برای به دست آوردن مقادیر نزدیک به مقدار واقعی انرژی خورشیدی استفاده شد. همچنین برای جهت‌گیری کلی ساختمان‌ها با الگوی استخراج‌شده از قانون کسینوس‌ها، پس از بازدیدهای میدانی، از میان مراکز آموزشی دزفول بر اساس قدیم و تازه تأسیس بودن چند مورد انتخاب شد.

روش محاسبه دمای ساعتی شهر دزفول

با استفاده از میانگین دمای حداکثر و حداقل و متوسط دمای ماهانه، دمای ساعتی بر اساس رابطه (۱) محاسبه گردید (Mohammadi & Lashkari, 2014:109; Erbs, 1984).

$$\text{رابطه (۱)} \quad Th = t + (t_{\max} - t_{\min}) \times (0.4632(f - 3.805) + 0.0984 \cos(2f - 0.36) + 0.0168 \cos(3f - 0.822) + 0.0134 \cos(4f - 3.517))$$

که در رابطه (۱)، t میانگین دمای ماهانه، $t_{\min}$ میانگین دمای حداقل و $t_{\max}$ میانگین دمای حداکثر برحسب سانی گراد است. مقدار f بر اساس ساعت مورد نظر از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$\text{رابطه (۲)} \quad F = 3.14(\text{hours} - 1) / 12$$

دمای ساعتی برای فاصله دوساعته برای تمامی ماه‌ها محاسبه شد

روش محاسبه انرژی تابشی دیوار قائم بر اساس قانون کسینوس‌ها

در روش قانون کسینوس‌ها میزان تابش مستقیم خورشیدی رسیده به یک سطح در روی سطح زمین بر اساس رابطه (۳) محاسبه می‌گردد (Watson & Labs, 1983; Ghobadian, 2005).

$$\text{رابطه (۳)} \quad IS = IN \times \cos \theta$$

در رابطه (۳): IS = شدت تابش بر روی سطح، IN = شدت تابش خورشید بر روی سطح عمود بر پرتوی خورشید، θ = زاویه میان شعاع خورشید و خط عمود بر سطح، در رابطه (۳) مقدار IN از طریق رابطه (۴) محاسبه می‌گردد که توسط استفنسون پیشنهاد شده است (Kasmaei, 2000:174).

$$\text{رابطه (۴)} \quad IDN = I^{\circ} \exp(-\alpha / \sinh)$$

در رابطه (۴)، IDN = حرارت حاصل از تابش مستقیم و عمودی آفتاب، I° = ثابت خورشیدی، α = ضریب خاموشی، h = زاویه تابش خورشید، همچنین θ زاویه تلاقی میان خورشید و خط عمود بر یک سطح عمودی (دیوار) می‌باشد که به‌وسیله معادله کسینوس کروی معین می‌گردد (Watson & Labs, 1983).

$$\text{Cos}(\theta) = \text{cos}(B)(\text{cos}(\psi) - \text{cos}(\phi)) \quad \text{رابطه (۵)}$$

در رابطه $B: (\delta)$ = زاویه تابش، ϕ = زاویه جهت تابش، ψ = زاویه جهت دیوار که در مسیر عقربه‌های ساعت از طرف شمال و بر حسب درجه اندازه‌گیری می‌شود. بدین‌وسیله با استفاده از فرمول‌های ذکر شده مقدار انرژی دریافتی از خورشید در سطح قائم برای ماه‌های مختلف و در ۲۴ جهت جغرافیایی برای شهر دزفول محاسبه گردید.

یافته‌ها

مقادیر انرژی تابشی ورودی بر روی دیوار قائم در تمام جهات جغرافیایی با فواصل ۱۵ درجه جغرافیایی محاسبه شده است. در این بخش از محاسبه فرض بر این بوده است که اگر در تمام طول روز هوا آفتابی باشد چه میزان انرژی تابشی بر روی دیوارهای یک ساختمان که ممکن است در جهات مختلف قرار بگیرد، وارد خواهد شد. جدول (۱) میزان انرژی تابیده شده بر روی دیوارهای قائم را در هریک از جهات و در تمام ۱۲ ماه سال در شهر دزفول نشان می‌دهد.

جدول ۱. میزان انرژی دریافتی (Btu) شهر دزفول برای کل مواقع سال (ساعات نظری)

	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	جمع
شمال	۷۵/۲	۱۰/۲								۱۷	۷۳/۸	۱۰۹/۷	۲۸۵/۹
۱۵	۱۰۲/۶	۹۷/۹	۱۸/۴۵						۲۶/۱	۹۴/۷	۹۸/۹	۲۷۵	۷۱۴/۲
۳۰	۳۱۰/۸	۲۸۳/۲	۱۱۰/۸۲	۳۵/۸	۰/۰۱	۰/۰۶		۳۷/۲۷	۱۵۲/۸	۲۷۰/۲	۳۰۲/۷	۴۳۷/۶	۱۹۴۱/۲
۴۵	۵۱۶/۴	۴۵۷/۲	۳۳۹/۸۲	۱۵۲/۸	۴۹/۱۸	۲۸/۱۸	۵۱/۳۷	۱۵۱/۵	۳۲۹/۱	۴۴۷/۹	۵۰۳/۱	۵۹۹/۵	۳۵۴۴
۶۰	۶۸۶/۸	۶۶۰/۷	۳۷۳/۸۴	۳۲۶	۱۷۷/۵	۱۴۱/۶۴	۱۷۹/۰۵	۳۱۸/۷	۵۱۱/۹	۶۲۰	۶۶۹/۲	۷۳۶/۴	۵۴۰۱/۷
۷۵	۸۱۰/۳	۸۰۳/۹	۵۱۱/۸	۵۲۱	۳۵۲/۳	۳۰۷/۶۱	۳۵۱/۳	۵۰۵/۵	۶۹۹/۴	۷۵۰	۷۸۹/۶	۸۲۳	۷۲۲۵/۷
شرق	۸۷۸/۷	۸۹۲/۳	۶۱۴/۸۷	۷۰۸	۵۴۹/۷	۵۰۴/۸۵	۵۴۴/۴	۶۸۳/۲	۸۳۹/۳	۸۲۸/۸	۸۵۶/۳	۸۵۳/۶	۸۷۵۴
۱۰۵	۸۹۶/۶	۹۴۲	۷۰۳/۱۷	۸۹۷/۸	۷۶۸/۶	۷۲۸/۲۲	۷۵۸/۰۸	۸۶۳/۰۹	۹۵۸/۷	۸۷۰/۵	۸۷۳/۴	۸۴۱/۹	۱۰۱۰۲
۱۲۰	۸۵۳/۳	۹۲۷/۴	۷۴۳/۵۵	۱۰۵۳/۹	۹۸۱/۶	۹۵۴/۱	۹۶۴/۷	۱۰۰۹/۵۸	۱۰۱۲/۷	۸۵۲/۹	۸۳۱/۷	۷۷۲/۹	۱۰۹۵۸/۳
۱۳۵	۷۵۱/۹	۸۵۲/۴	۷۶۲/۶۶	۱۱۸۲/۲	۱۱۸۶/۳	۱۱۷۷/۲	۱۱۶۲/۵	۱۱۲۸/۵	۱۰۳۷/۴	۷۷۷/۲	۷۳۲	۶۵۱/۳	۱۱۴۰۱/۶
۱۵۰	۵۹۹/۳	۷۴۵/۲	۷۵۱/۱۷	۱۳۹۶/۵	۱۳۹۲/۷	۱۴۰۷/۳	۱۳۶۱	۱۲۳۳/۷۸	۱۰۲۰/۳	۶۷۳/۶	۵۸۳/۱	۵۰۱/۱	۱۱۵۶۵
۱۶۵	۴۳۴/۴	۶۱۳/۱	۷۳۲/۶۶	۱۴۰۶/۱	۱۵۵۳/۴	۱۵۶۹/۷	۱۵۱۷/۹	۱۳۴۴/۵	۱۱۱۷/۲	۵۴۴/۵	۴۰۵/۸	۳۴۶/۵	۱۱۵۶۵/۹
جنوب	۳۳۳	۵۳۳/۴	۷۳۹/۴۱	۱۴۵۵/۷	۱۶۰۸/۲	۱۶۲۵/۰۹	۱۵۷۱/۵	۱۳۸۱/۵	۱۰۰۱/۶	۴۶۵/۷	۳۲۳/۷	۲۸۸	۱۱۳۲۶/۸
-۱۶۵	۴۲۴/۴	۶۱۳/۱	۷۳۲/۶۶	۱۴۰۶/۱	۱۵۵۳/۴	۱۵۶۹/۷	۱۵۱۷/۹	۱۳۴۴/۵	۱۱۱۷/۲	۵۴۴/۵	۴۰۵/۸	۳۴۶/۵	۱۱۵۶۵/۹
-۱۵۰	۵۹۹/۳	۷۴۵/۲	۷۵۱/۱۷	۱۳۹۶/۵	۱۳۹۲/۷	۱۴۰۷/۳	۱۳۶۱	۱۲۳۳/۷۸	۱۰۲۰/۳	۶۷۳/۶	۵۸۳/۱	۵۰۱/۱	۱۱۵۶۵
-۱۳۵	۷۵۱/۹	۸۵۲/۴	۷۶۲/۶۶	۱۱۸۲/۲	۱۱۸۶/۳	۱۱۷۷/۲	۱۱۶۲/۵	۱۱۲۸/۵۳	۱۰۳۷/۴	۷۷۷/۲	۷۳۲	۶۵۱/۳	۱۱۴۰۱/۶
-۱۲۰	۸۵۳/۳	۹۲۷/۴	۷۴۳/۵۵	۱۰۵۳/۹	۹۸۱/۶	۹۵۴/۱	۹۶۴/۷	۱۰۰۹/۵۸	۱۰۱۲/۷	۸۵۲/۹	۸۳۱/۷	۷۷۲/۹	۱۰۹۵۷/۷
-۱۰۵	۸۹۶/۶	۹۴۲	۷۰۳/۱۷	۸۹۷/۸	۷۶۸/۶	۷۲۸/۲	۷۵۸/۰۸	۸۶۳/۰۹	۹۵۸/۷	۸۷۰/۵	۸۷۳/۴	۸۴۱/۹	۱۰۱۰۲
غرب	۸۷۸/۷	۸۹۲/۳	۶۱۴/۸۷	۷۰۸/۸	۵۴۹/۷۱	۵۰۴/۸	۵۴۴/۴	۶۸۳/۲۳	۸۳۹/۳	۸۲۸/۸	۸۵۶/۳	۸۵۳/۶	۸۷۵۴/۹
-۷۵	۸۱۰/۳	۸۰۳/۹	۵۱۱/۸	۵۲۱/۰۸	۳۵۲/۳	۳۰۷/۶	۳۵۱/۳۸	۵۰۵/۵۱	۶۹۹/۴	۷۵۰	۷۸۹/۶	۸۲۳/۰۶	۷۲۲۶/۹
-۶۰	۶۸۶/۸	۶۶۰/۷	۳۷۳/۸۴	۳۲۶	۱۷۷/۵	۱۴۱/۶	۱۷۹/۰۵	۳۱۸/۷۸	۵۱۱/۹	۶۲۰	۶۶۹/۲	۷۳۶/۴	۵۴۰۱/۸
-۴۵	۵۱۶/۴	۴۷۵/۲	۳۳۹/۸۲	۱۵۲/۸	۴۹/۱	۲۸/۱۸	۵۱/۳۸	۱۵۱/۶	۳۲۹/۱	۴۴۷/۹	۵۰۳/۱	۵۹۹/۵	۳۵۴۴/۱
-۳۰	۳۱۰/۸	۲۸۳/۲	۱۱۰/۸۲	۳۵/۸	۰/۰۱	۰/۰۶		۳۷/۲۸	۱۵۲/۸	۲۷۰/۲	۳۰۲/۱	۴۳۷/۶	۱۹۴۰/۷۳
-۱۵	۱۰۲/۶	۹۷/۹	۱۸/۴۵						۲۶/۱	۹۴/۷	۹۸/۹	۲۷۵	۷۱۴/۳

همان‌طور که دیده می‌شود، بالاترین مقدار انرژی رسیده در ماه ژانویه، $1625/09$ Btu مربوط به جهت جنوب می‌باشد. در عین حال جهت‌های شمال، 15 درجه شمال شرق و 15 درجه شمال غرب در تمام ماه‌های سرد سال فاقد تابش و انرژی و جهت 30 و 30 در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه کمترین مقدار انرژی و تقریباً نزدیک به صفر بی‌تی‌انرژی دریافت کرده‌اند. از منظر کل انرژی تابشی دریافتی در طول سال جهت دیواری که به سمت 165 و 165 درجه جغرافیایی قرار دارد با دریافت $11565,9$ Btu بالاترین مقدار انرژی را دریافت خواهد کرد. دیواری که به سمت 150 و 150 درجه جغرافیایی قرار دارد با دریافت 11565 Btu در رتبه دوم و جهت 135 و 135 با دریافت $1140,16$ Btu در رتبه سوم قرار دارد. در چهار ماه نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه در تمام طول روز انرژی تابشی بر روی دیوارها برای انتقال به داخل فضاهای داخلی برای گرم کردن و تعدیل دمایی لازم می‌باشد. در چهار ماه اکتبر و نوامبر و مارس و آوریل در تمام جهت شمال تا جنوب (نیمه شرقی ساختمان یا جهت صفر تا 180 درجه جغرافیایی) که به عبارتی ساعات طلوع تا ظهر را در برمی‌گیرد، تمام یا بخشی از انرژی تابشی روی دیوار برای انتقال به درون فضاهای داخلی کلاس‌ها به صورت تابش مستقیم و غیرمستقیم نیاز می‌باشد. در ۵ ماه از سال (ماه‌های می، ژوئن و ژوئیه و اوت و سپتامبر) در هیچ یک از ساعات روز به انرژی گرمایی خورشید نیازی نمی‌باشد. بنابراین در طراحی جهت پنجره‌ها و بازوها در کلاس‌های درس باید به گونه‌ای عمل شود که در این ماه‌ها دیوارها از تابش مستقیم آفتاب در امان بوده و با ایجاد پوشش از طریق سایه‌اندازی یا همجواری با دیوارهای حاشیه‌ای یا سایه‌بان مناسب مانع از تابش مستقیم خورشید بر روی دیوارها و ورود اشعه‌های خورشیدی به داخل کلاس‌ها شده یا با انتخاب مصالح متناسب با اقلیم مانند به کارگیری آجر در دیوار ساختمان مانع از ورود انرژی به داخل کلاس‌ها شد. تا این مرحله از محاسبات فرض بر این بوده است که در تمام ماه‌ها و در تمام ساعات طول روز هوا صاف بوده و نور خورشید بدون هیچ مانعی بر روی سطوح می‌تابد. برای به دست آوردن مقادیر نزدیک به مقدار واقعی انرژی خورشیدی، برای یک دوره آماری ۳۴ ساله، ساعات آفتابی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک دزفول را به طول روز در هر ماه تقسیم کرده و درصد ساعات آفتابی آن ماه به دست آمده است (جدول ۲).

جدول ۲. ساعات آفتابی و درصد ساعات آفتابی شهر دزفول

ماه‌ها	ساعات آفتابی (کل)	طول روز (ساعت)	ساعات آفتابی (روز)	ضریب ساعات آفتابی
ژانویه	۱۳۲/۱	۹/۹	۴/۲۶	۰/۴۳۰
فوریه	۱۶۴/۸	۱۰/۵	۵/۶۸	۰/۵۳۸
مارس	۱۹۸/۱	۱۱/۴	۶/۳۹	۰/۵۵۶
آوریل	۲۱۹/۱	۱۲/۵	۷/۳	۰/۵۸۴
می	۲۷۲/۷	۱۳/۴	۸/۷۹	۰/۶۵۴
ژوئن	۳۲۵	۱۴/۳۵	۱۰/۸۳	۰/۷۷۱
ژوئیه	۳۲۰	۱۴/۳۵	۱۰/۳۲	۰/۷۳۵
اوت	۳۱۵/۲	۱۳/۴	۱۰/۱۶	۰/۷۵۵
سپتامبر	۲۹۰/۲	۱۲	۹/۶۷	۰/۸۰۲
اکتبر	۲۴۰/۱	۱۱/۴	۷/۷۴	۰/۶۷۳
نوامبر	۱۶۲/۵	۱۰/۵	۵/۴۱	۰/۵۱۲
دسامبر	۱۲۴/۴	۹/۹	۴/۰۱	۰/۴۰۲
سالانه	۲۷۶۴/۲	۱۱/۹	۷/۵۷	۰/۶۳

جدول (۲) ساعات آفتابی، طول روز و ضریب تابش هر یک از ماه‌ها را برای شهر دزفول نشان می‌دهد. ژوئن با ۳۲۵ ساعت بیشترین و دسامبر با ۱۲۴/۴ ساعت کمترین ساعات آفتابی را دارا بوده است. سپس طول روز برای روز پانزدهم هر

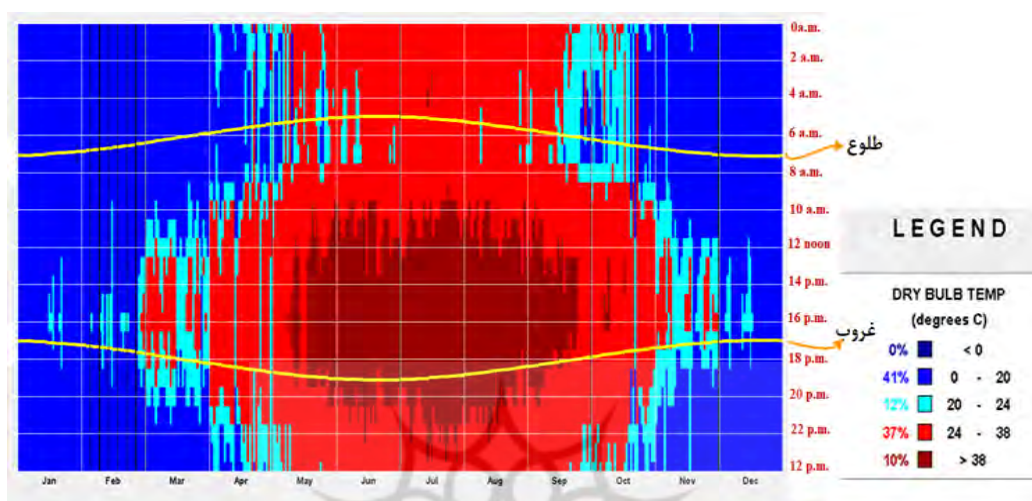
ماه محاسبه گردید تا متوسطی از طول روز برای هرماه حاصل شود. ماه‌های ژوئن و ژوئیه با ۱۴/۳۵ ساعت بیشترین طول روز را دارند. ماه‌های ژانویه و دسامبر با ۹/۹ ساعت کمترین طول روز را دارند. به این ترتیب ماه دسامبر با متوسط ۴/۰۱ ساعت کمترین ساعت آفتابی و ماه‌های ژوئن و ژوئیه با بیش از ۱۰ ساعت آفتاب بالاترین ساعت آفتابی را دارند. به همین ترتیب ماه‌های دسامبر و ژانویه با ضریب متوسط ۰/۴ کمترین و ماه‌های ژوئن و سپتامبر به ترتیب با متوسط ضریب ۰/۷۷ و ۰/۸ بالاترین ضریب آفتابی را به خود اختصاص داده‌اند.

سپس از حاصل ضرب مقادیر نظری انرژی خورشیدی همراه در ضریب ساعات آفتابی ماه موردنظر مقدار نزدیک به واقعی انرژی خورشیدی به دست آمده است. جدول (۳) مقادیر واقعی انرژی تابشی ورودی به دیوار قائم را در کل سال در هریک از جهات مختلف جغرافیایی نشان می‌دهد که در طول سال بیشترین مقدار واقعی انرژی به دیواری که در امتداد ۱۳۵ درجه (جنوب شرق) و ۱۳۵-درجه (جنوب غرب) قرار دارد، می‌تابد. جهات ۱۲۰+ و ۱۲۰- درجه با اندکی تفاوت در رتبه دوم قرار دارند. این جهات به ترتیب ۶۷۵۹ تا ۶۶۶۸ بی‌تی‌یو انرژی دریافت می‌کنند. کمترین میزان انرژی نیز به جهات شمالی تعلق دارد.

جدول ۳. میزان واقعی انرژی دریافتی (Btu) شهر دزفول برای کل سال (ساعات آفتابی)

اوت	سپتام	اکتبر	نوامبر	دسام	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	جمع
شمال	۵۶/۷	۸/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱/۱	۵۶/۸	۸۰/۶	۲۱۳/۶
۱۵	۷۷/۴	۷۸/۵	۱۲/۴	۰	۰	۰	۰	۱۵/۲	۶۱/۹	۷۶/۲	۲۰۲/۵	۵۲۴/۳
۳۰	۲۳۴/۶	۲۳۷/۱	۷۴/۵	۱۸/۳	۰	۰	۲۰/۷	۸۹/۲	۱۷۶/۷	۲۳۳/۳	۳۲۱/۶	۱۳۹۶/۴
۴۵	۳۸۹/۸	۳۸۱/۱	۱۶۱/۳	۷۸/۲	۱۹/۷	۱۲	۲۷/۶	۸۴/۲	۱۹۲/۱	۲۹۲/۹	۳۸۷/۸	۲۴۶۷/۹
۶۰	۵۱۸/۵	۵۲۹/۸	۲۵۱/۵	۱۶۶/۹	۷۱/۳	۶۰/۴	۹۶/۳	۱۷۷/۱	۲۹۸/۹	۴۰۵/۴	۵۱۵/۹	۳۶۳۳/۹
۷۵	۶۱۱/۷	۶۶۴/۷	۳۴۴/۴	۲۶۶/۷	۱۴۱/۶	۱۸۸/۹	۲۸۱	۴۰۸/۴	۴۹۰/۵	۶۰۸/۷	۶۰۴/۹	۴۷۲۳/۳
شرق	۶۶۳/۴	۷۱۵/۶	۴۱۳/۸	۳۶۲/۹	۲۲۰/۹	۲۱۵/۵	۲۹۲/۹	۳۷۹/۸	۴۹۰/۱	۵۴۲	۶۲۷/۳	۵۵۸۴/۹
۱۰۵	۶۷۶/۹	۷۵۵/۴	۴۷۳/۲	۴۵۹/۶	۳۰۸/۹	۳۱۰/۹	۴۰۷/۸	۴۷۹/۸	۵۵۹/۸	۵۶۹/۳	۶۱۸/۷	۶۲۹۴/۳
۱۲۰	۶۴۴/۲	۷۴۳/۸	۵۰۰/۴	۵۳۹/۵	۳۹۴/۶	۴۰۷/۴	۵۱۹	۵۶۱/۲	۵۹۱/۴	۵۵۷/۷	۶۴۱/۲	۶۶۶۸/۸
۱۳۵	۵۶۷/۶	۶۸۳/۶	۵۱۳/۲	۶۰۵/۲	۴۷۶/۸	۵۰۲/۶	۶۲۵/۴	۶۲۷/۴	۶۰۵/۸	۵۰۸/۲	۵۶۴/۳	۶۷۵۹/۵
۱۵۰	۴۵۲/۴	۵۹۷/۶	۵۰۵/۵	۶۶۳/۸	۵۵۹/۸	۶۰۰/۹	۷۳۲/۲	۶۵۸/۹	۵۹۵/۸	۴۴۰/۵	۳۴۹/۵	۶۶۵۲/۷
۱۶۵	۳۲۰/۴	۴۹۱/۷	۴۹۳	۷۱۹/۹	۶۲۴/۴	۶۷۰/۲	۸۱۶/۶	۷۴۱/۹	۶۵۲/۴	۳۵۶/۱	۳۱۲/۸	۶۴۵۴/۶
جنوب	۲۵۱/۴	۴۲۷/۸	۴۹۷/۶	۷۴۵/۳	۶۴۶/۴	۶۹۳/۹	۸۴۵/۴	۷۶۸/۱	۵۸۴/۹	۳۰۴/۵	۲۴۹/۵	۶۲۲۶/۹
۱۶۵-	۳۲۰/۴	۴۹۱/۷	۴۹۳	۷۱۹/۹	۶۲۴/۴	۶۷۰/۲	۸۱۶/۶	۷۴۱/۹	۶۵۲/۴	۳۵۶/۱	۳۱۲/۸	۶۴۵۴/۶
۱۵۰-	۴۵۲/۴	۵۹۷/۶	۵۰۵/۵	۶۶۳/۸	۵۵۹/۸	۶۰۰/۹	۷۳۲/۲	۶۵۸/۹	۵۹۵/۸	۴۴۰/۵	۳۴۹/۵	۶۶۵۲/۷
۱۳۵-	۵۶۷/۶	۶۸۳/۶	۵۱۳/۲	۶۰۵/۲	۴۷۶/۸	۵۰۲/۶	۶۲۵/۴	۶۲۷/۴	۶۰۵/۸	۵۰۸/۲	۵۶۴/۳	۶۷۵۹/۵
۱۲۰-	۶۴۴/۲	۷۴۳/۸	۵۰۰/۴	۵۳۹/۵	۳۹۴/۶	۴۰۷/۴	۵۱۹	۵۶۱/۲	۵۹۱/۴	۵۵۷/۷	۶۴۱/۲	۶۶۶۸/۴
۱۰۵-	۶۷۶/۹	۷۵۵/۴	۴۷۳/۲	۴۵۹/۶	۳۰۸/۹	۳۱۰/۹	۴۰۷/۸	۴۷۹/۸	۵۵۹/۸	۵۶۹/۳	۶۱۸/۷	۶۲۹۴/۳
غرب	۶۶۳/۴	۷۱۵/۶	۴۱۳/۸	۳۶۲/۹	۲۲۰/۹	۲۱۵/۵	۲۹۲/۹	۳۷۹/۸	۴۹۰/۱	۵۴۲	۶۲۷/۳	۵۵۸۴/۹
۷۵-	۶۱۱/۷	۶۶۴/۷	۳۴۴/۴	۲۶۶/۷	۱۴۱/۶	۱۸۸/۹	۲۸۱	۴۰۸/۴	۴۹۰/۵	۶۰۸/۷	۶۰۴/۹	۴۷۲۳/۳
۶۰-	۵۱۸/۵	۵۲۹/۸	۲۵۱/۵	۱۶۶/۹	۷۱/۳	۶۰/۴	۹۶/۳	۱۷۷/۱	۲۹۸/۹	۴۰۵/۴	۵۱۵/۹	۳۶۳۳/۹
۴۵-	۳۸۹/۸	۳۸۱/۱	۱۶۱/۳	۷۸/۲	۱۹/۷	۱۲	۲۷/۶	۸۴/۲	۱۹۲/۱	۲۹۲/۹	۳۸۷/۸	۲۴۶۷/۹
۳۰-	۲۳۴/۶	۲۳۷/۱	۷۴/۵	۱۸/۳	۰	۰	۲۰/۷	۸۹/۲	۱۷۶/۷	۲۳۳/۳	۳۲۱/۶	۱۳۹۶/۴
۱۵-	۷۷/۴	۷۸/۵	۱۲/۴	۰	۰	۰	۰	۱۵/۲	۶۱/۹	۷۶/۲	۲۰۲/۵	۵۲۴/۳

بر اساس برآوردهای حاصل از دمای خشک شکل (۲) شرایط عدم آسایش حرارتی (قسمت‌های با رنگ قرمز و قرمز تیره) در ماه می تا اکتبر از ساعت ۸ صبح شروع و تا ساعت ۲۴ ادامه دارد. در این روز از سال ساعت ابتدایی صبح (۰ تا ۲) نیز شرایط عدم آسایش حاکم می‌باشد. دمای بیش از ۳۸ درجه سانتی‌گراد که ۱۰ درصد محدوده آسایش روز را در ماه‌های می تا سپتامبر از ساعت ۱۰ صبح تا ۲۲ شب به خود اختصاص داده است که این شرایط نیاز به سایه را در طراحی اقلیمی مطرح می‌کند. در مجموع از ۱۰۰ درصد وضعیت ۴۷ درصد در محدوده عدم آسایش قرار دارد و فقط ۱۲ درصد به دمای بین ۲۰ تا ۲۴ ساعت اختصاص دارد.



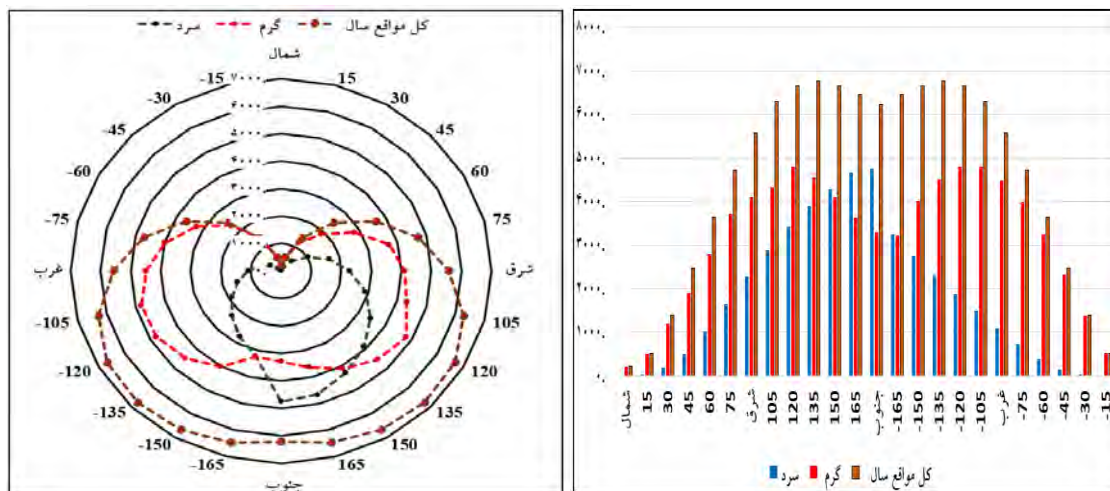
شکل ۲. بررسی زمانی شرایط آسایش حرارتی قبل و بعد از طلوع آفتاب در شهر دزفول

با توجه به جدول شماره (۳) و شکل شماره (۲) ملاحظه می‌شود که در دوره سرد، شهر دزفول در ۵ ماه از سال در طول شبانه‌روز یا در شرایط دمای شبانه دارای هوایی سرد و یا زیر محدوده آسایش انسانی قرار دارد. در این ماه‌ها انتقال انرژی تابشی آفتاب به داخل فضاها و در معرض قرار گرفتن دیوارها می‌تواند با هدایت گرمای ذخیره‌شده بر روی دیوارها دمای داخل فضاها را تا حدود زیادی بالا برده و باعث تعدیل دما در داخل کلاس‌ها گردد. از مجموع انرژی‌های دریافتی در دوره سرد سال، جهت جغرافیایی جنوب با دریافت ۴۷۵۵ بی‌تی‌یو، بالاترین مقدار انرژی را دریافت می‌کند. جهت جغرافیایی ۱۶۵+ با دریافت ۴۶۶۲ بی‌تی‌یو انرژی در رتبه دوم و جهت ۱۵۰+ با دریافت ۴۲۸۵ بی‌تی‌یو انرژی تابشی در رتبه سوم قرار دارد.

همچنین از مجموع انرژی‌های دریافتی در دوره گرم سال، جهت ۱۲۰- با دریافت ۴۸۰۸ بی‌تی‌یو انرژی بالاترین مقدار انرژی تابشی را دریافت می‌کند. جهت ۱۰۵- در رتبه دوم و جهت ۱۲۰+ در رتبه سوم قرار دارند. بنابراین چرخش جهات پنجره‌ها و بازشوها و همین‌طور دیوارهای در معرض تابش به سمت جنوب غرب (جهت ۱۲۰- تا ۱۵۰-) کاملاً نامطلوب و شرایط گرمایی تابستانه را به شدت تشدید خواهد نمود. بر اساس آنچه گفته شد جهت جنوب غرب از لحاظ انتقال گرما در دوره گرم سال نامناسب‌ترین جهت ساختمان در شهر دزفول و جهت جغرافیایی جنوب شرق از لحاظ دریافت بالاترین مقدار انرژی تابشی در دوره سرد سال مناسب‌ترین جهت برای کارگذاری پنجره‌ها و انتقال تابش خورشیدی بر روی دیوارها می‌باشد.

شکل (۳) تغییرات میزان انرژی خورشیدی دریافتی در جهات مختلف برای کل سال، دوره گرم و دوره سرد را نشان می‌دهد. با این استراتژی که باید در انتخاب جهت مطلوب کمترین میزان انرژی در دوره گرم سال و بیشترین مقدار انرژی در دوره سرد سال دریافت شود. لذا با توجه به ضابطه تعیین‌شده برای انتخاب جهت استقرار ساختمان جهت جنوب

مناسب‌ترین جهت و جهات ۱۶۵+ و ۱۵۰+ درجه، جزء جهات قابل قبول استقرار ساختمان از نظر دریافت انرژی خورشیدی می‌باشند.



شکل ۳. تغییرات میزان انرژی خورشیدی دریافتی در جهات مختلف برای کل سال، دوره گرم و دوره سرد

جدول (۴) مقدار انرژی تأیید شده را به ساختمان‌های دوطرفه نشان می‌دهد. با توجه به شرایط اقلیمی شهر دزفول و غلبه دوره گرم بر دوره سرد، بخصوص ماه‌های ژوئن تا اوت، انتخاب جهت دوطرفه‌ای که کمترین مقدار انرژی را در طول سال دریافت کند، به ترتیب جهات جنوبی- شمالی با دریافت ۶۴۴۰ بی‌تی‌یو (۵۷/۶ درصد) نسبت به جهت ماکزیم دریافت انرژی جهت غربی- شرقی با ۱۱۱۶۹ بی‌تی‌یو (۱۰۰ درصد) جهت مطلوب قرار دارد. جهات ۱۶۵+ و ۱۵- با ۶۲ درصد نسبت به جهت ماکزیم در رتبه دوم و جهت ۱۵۰+ و ۳۰- با ۷۲ درصد انرژی دریافتی نسبت به جهت ماکزیم دریافت انرژی در رتبه سوم قرار دارند. در عین حال در دوره گرم جهت شرقی- غربی با دریافت ۸۰۶۵ بی‌تی‌یو نامناسب‌ترین جهت از لحاظ استقرار ساختمان‌های دوطرفه می‌باشد و جهت ۷۵+ و ۱۰۵- و همچنین جهت ۱۰۵+ و ۷۵- به ترتیب با دریافت ۸۵۲۰ و ۸۳۲۲ بی‌تی‌یو بالاترین مقادیر انرژی را در دوره گرم سال دریافت می‌کنند. این در حالی است که جهت شمالی- جنوبی با دریافت ۴۷۵۵/۷ بی‌تی‌یو بالاترین مقدار انرژی را در دوره سرد سال دریافت می‌کند. البته در بیشتر مواقع ساختمان مدارس در وسط حیاط بنا شده و لازم است مقادیر انرژی تابشی برای ساختمان‌های چهار طرفه محاسبه شود.

جدول ۴. انرژی خورشیدی تأیید شده برای نماهای اصلی ساختمان‌های دوطرفه (کل سال، دوره گرم و سرد) بر حسب Btu

ردیف	جهت دریافت انرژی	زاویه استقرار ساختمان	مقدار انرژی دریافتی کل سال	مقدار انرژی دریافتی دوره گرم	مقدار انرژی دریافتی دوره سرد
۱	شمال و جنوب	S	۶۴۴۰/۵۵	۳۵۰۹/۴	۴۷۵۵/۷
۲	۱۶۵- و ۱۵+	15W	۶۹۷۹/۰۸	۳۷۱۸/۲	۳۲۶۷/۶
۳	۱۵۰- و ۳۰+	30W	۸۰۴۹/۱۸	۵۲۱۱/۳	۲۹۳۱/۵
۴	شمال شرق و جنوب غرب	45W	۹۲۲۷/۵	۶۳۹۱/۹	۲۸۲۰/۳
۵	۱۲۰- و ۶۰+	60W	۱۰۳۰۲/۳۶	۷۶۰۴/۵	۲۹۰۴/۸
۶	۱۰۵- و ۷۵+	75W	۱۱۰۷۷/۷۱	۸۵۲۰/۶	۳۱۴۵/۸
۷	شرق و غرب	E	۱۱۱۶۹/۳۴	۸۶۰۵/۴	۳۳۶۸/۸
۸	۷۵- و ۱۰۵+	75E	۱۱۰۱۸/۲۹	۸۳۲۲	۳۶۲۹/۴
۹	۶۰- و ۱۲۰+	60E	۱۰۳۰۲/۸۷	۸۰۴۷	۳۸۲۷/۴
۱۰	۴۵- و ۱۳۵+	45E	۹۲۲۷/۵۲	۶۸۷۹/۵	۴۰۲۷/۸

۱۱	۳۰ - و ۱۵۰+	30E	۸۰۴۸/۷۲	۵۴۷۳	۴۳۰۴/۱
۱۲	۱۵ - و ۱۶۵+	15E	۶۹۷۹/۱۲	۴۱۴۷/۷	۴۶۶۲/۷

جدول (۵) مقدار انرژی خورشیدی تابیده‌شده را بر روی نماهای یک ساختمان چهار طرفه در کل سال نشان می‌دهد. که با توجه به شرایط اقلیمی دزفول، جهت شمال-جنوب شرق - غرب مطلوب‌ترین جهت بر اساس کمترین میزان دریافت انرژی در طول سال می‌باشد. جهت ۷۵+ و ۱۰۵- و ۱۶۵+ و ۱۵- در رتبه دوم از این لحاظ می‌باشد. نامناسب‌ترین جهت نیز ۴۵+ و ۱۳۵- و ۱۳۵+ و ۴۵- منفی می‌باشد. مقادیر انرژی تابیده‌شده بر روی دیوارهای چهار طرفه در دوره گرم سال جهت ۴۵+ و ۱۳۵- و ۱۳۵+ و ۴۵- بالاترین مقدار انرژی را به میزان ۱۳۲۷۱/۴ بی‌تی‌یو دریافت می‌کنند که نامناسب‌ترین جهت برای ساخت مدارس چهار طرفه می‌باشد. از لحاظ بالاترین مقادیر انرژی تابیده‌شده بر روی دیوارهای چهار طرفه در فصل سرد جهت شمال - جنوب و غرب و شرق با دریافت ۸۱۲۴/۵ بی‌تی‌یو انرژی مناسب‌ترین و جهت ۷۵+ و ۱۰۵- و ۱۶۵+ و ۱۵- در رتبه دوم قرار دارد. جهت ۳۰+ و ۱۵۰- و ۱۲۰+ و ۶۰- کمترین میزان انرژی را در دوره سرد سال دریافت کرده‌اند. درجه انحراف از طرف جنوب به طرف شرق می‌باشد. و ساختمانی با انحراف ۴۵ درجه از سمت جنوب نامناسب‌ترین جهت می‌باشد.

جدول ۵. انرژی خورشیدی تابیده‌شده بر نماهای ساختمان چهار طرفه در کل سال، دوره گرم و سرد دزفول Btu

ردیف	جهت دریافت انرژی	زاویه استقرار ساختمان	مقدار دریافت انرژی کل دوره سال	مقدار دریافت انرژی دوره گرم سال	مقدار دریافت انرژی دوره سرد سال
۱	شمال - جنوب - شرق - غرب	N.S.E.W	۱۷۶۰۹/۹	۱۲۱۱۴/۸	۸۱۲۴/۵
۲	۷۵+ و ۱۰۵- و ۱۶۵+	15 SE	۱۷۹۹۶/۸۴	۱۲۶۶۸/۳	۷۸۰۸/۵
۳	۳۰- و ۱۵۰+ و ۱۲۰+	30 SE	۱۸۳۵۱/۵۳	۱۳۰۷۷/۵	۷۲۰۸/۹
۴	۴۵+ و ۱۳۵- و ۱۳۵+	45 SE	۱۸۴۵۵/۰۳	۱۳۲۷۱/۴	۶۸۴۸
۵	۳۰+ و ۱۵۰- و ۱۲۰+	60SE	۱۸۳۵۱/۶۲	۱۳۲۵۸/۳	۶۷۵۸/۹
۶	۱۰۵- و ۱۵- و ۱۶۵+	75SE	۱۷۹۹۷/۳۸	۱۱۲۰۴۰/۲	۶۸۹۷

جدول ۶. خلاصه مدارس مورد مطالعه و جهت قرارگیری پنجره‌ها در بنای قدیمی و جدید

اسم مدارس	سال تأسیس	سال تجدید بنا	جهت پنجره در بنای قدیم	جهت پنجره در بنای جدید
دبیرستان دخترانه حضرت زینب	۱۳۴۴	۱۳۸۸	شمالی و شرقی	شمالی و جنوبی
دبستان انقلاب اسلامی و دبستان شهید راجی	۱۳۴۶	۱۳۹۰	شمالی و شرقی	شمالی و جنوبی
دبستان پسرانه دهخدا یک و دو	۱۳۴۶	۱۳۴۶	جنوبی - غربی	غربی
دبستان پسرانه شاهد آل یاسین	۱۳۴۶	۱۳۴۶	غربی - جنوبی	غربی
دبیرستان پسرانه دهخدا	۱۳۵۰	۱۳۵۰	غربی	جنوبی
دبیرستان مادر و دبستان پرورش	۱۳۵۰	۱۳۸۶	شمالی - غربی	غربی
هنرستان فنی حرفه‌ای حضرت نرجس	۱۳۵۴	۱۳۸۴	شرقی - شمالی	غربی - شمالی و جنوبی
دبستان پسرانه نیارکی (مسلم سابق)	۱۳۵۴	۱۳۹۷	همه جهات	غربی - شمالی
دبیرستان پسرانه مرساقیان	۱۳۵۴	۱۴۰۰	غربی و شمالی	همه جهات
دبیرستان دخترانه فرهنگ	۱۳۵۵	۱۳۵۵	شمالی	شمالی
دبیرستان پسرانه حاج کاظم طائوسی	۱۳۵۷	۱۳۹۷	همه جهات	شمالی
دبیرستان دخترانه مکتب زینب	۱۳۶۴	۱۳۶۴	شمالی غربی و جنوبی	شمالی غربی و جنوبی
مجمع فنی حرفه‌ای امام خمینی،	۱۳۶۴	۱۳۹۱	شمالی - شرقی	شرقی و جنوبی
دبستان دخترانه حقیقت	۱۳۶۴	۱۳۷۱	همه جهات	جنوبی

و بر اساس جدول (۶) جهت‌گیری مدارس قدیم و جدید انتخاب‌شده به‌عنوان نمونه، چه در جهت‌گیری مدارس قدیم و چه در مدارس تازه تأسیس ترکیبی از جهات جنوبی، شمالی، و غربی و شرقی دیده می‌شود. ولی در مجموع در مدارس تازه تأسیس جهت‌گیری جنوب بیشتر رعایت شده است.

بحث

در طراحی و ساخت بناهای همساز با اقلیم در شهر دزفول و در راستای بهره‌مندی مطلوب از انرژی‌های تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی لازم است که وضعیت حرارتی ساختمان‌ها در نظر گرفته شود. هدف این تحقیق تعیین جهت‌گیری مناسب ساختمان‌های آموزشی بر اساس میزان دریافت انرژی تابشی خورشید در شهر دزفول است. با وجود این که شهر دزفول در اولین نگاه شهری گرمسیری است و جهت به تعادل رساندن گرمای سکونتگاه‌های انسانی باید تمام طراحی‌ها بر مبنای کاهش انرژی تابشی بکار بسته شود ولی با توجه به این که بخش عمده‌ای از دوره فعالیت مدارس در نیمه دوم سال است و در بخش زیادی از آن، دمای هوا بخصوص در ساعات صبحگاهی زیر آستانه آسایش برای دانش‌آموزان است، جهت‌گیری مدارس و پنجره‌ها و الگوی طراحی مدارس باید به گونه‌ای باشد که از انرژی تابشی خورشید جهت تأمین گرمای فضای داخلی کلاس و روشنایی آن‌ها در فصل سرد استفاده شود. پیش‌بینی و استفاده از مصالح ساختمانی با ظرفیت حرارتی بالا و متراکم مانند آجر که دارای زمان تأخیری مناسبی باشند از دیگر راهکارهایی جهت طراحی مطلوب اقلیمی در دزفول می‌باشد. نقش باد به‌عنوان یکی از متغیرهای اقلیمی ضروری به نظر می‌رسد اما از آنجایی که باد غالب و نایب غالب به ترتیب از سمت غرب و شمال غرب شهر دزفول است و بیشتر ایام بادهای غربی در منطقه همراه با گردوغبار و ریزگرد هستند و از طرفی بهترین جهت بازشوها به سمت جنوب است هدایت جریان باد به فضای داخلی ساختمان‌ها ضرورتی ندارد. در این پژوهش پس از محاسبات حاصل از روش قانون کیسنوس‌ها بهترین جهت قرارگیری ساختمان‌های آموزشی دزفول جنوب و در درجه بعد جهات جنوب شرقی معرفی شده است. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج حسن اکبری (Akbari & Rashid Kluir, 2019:1) در مورد جهت جنوب که بهترین جهت در بندرعباس معرفی شد همسو است. همچنین در جهت‌گیری بهینه ساختمان در شهر اهواز بر اساس شرایط اقلیمی بیشترین مقدار انرژی دریافتی سطوح قائم مربوط به ۱۵ درجه شرقی و ۳۰ درجه جنوب شرقی بیان شد (Lashkari et al, 2012:45) که با نتیجه پژوهش ما همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به شرایط اقلیمی شهر دزفول، مناسب‌ترین و نامطلوب‌ترین جهت‌گیری ساختمان‌ها با آفتاب‌گیری چند وجهه مدارس در شهر دزفول به شرح زیر می‌باشد:

جهت جغرافیایی جنوب در قیاس با سایر جهات به دلیل دریافت بیشترین انرژی در دوره سرد سال و کمترین انرژی در دوره گرم مناسب‌ترین جهت برای ساختمان‌های یک‌طرفه بشمار می‌آید و در رتبه‌های بعدی، جهات ۱۶۵° و ۱۵۰° (جهات جنوب شرقی) قرار دارند. همچنین نامناسب‌ترین جهت برای کارگذاری پنجره‌ها و جهت‌گیری ساختمان‌های مدارس و کلاس‌ها جهات ۱۵۰- تا ۱۲۰- (جهات جنوب غربی) می‌باشد.

مطلوب‌ترین جهت برای ساختمان‌های دوطرفه، جهات جنوبی-شمالی به دلیل دریافت بیشترین انرژی در دوره سرد سال و کمترین انرژی در دوره گرم سال محسوب می‌شود. همچنین جهات ۱۶۵° و ۱۵- در رتبه دوم و جهت ۱۵۰° و ۳۰- در رتبه سوم مطلوبیت قرار دارند. درعین حال نامناسب‌ترین جهت از لحاظ استقرار ساختمان برای ساختمان‌های

دوطرفه از لحاظ دریافت انرژی، جهت غربی-شرقی با دریافت ۱۱۱۶۹ بی‌تی‌یو انرژی در سال است که ۸۶۰۵ بی‌تی‌یو آن در دوره گرم سال دریافت می‌شود.

با توجه به شرایط اقلیمی شهر دزفول جهت مطلوب برای ساختمان‌های چهار طرفه جهت شمال-جنوب، شرق-غرب با دریافت ۸۱۲۴/۵ بی‌تی‌یو انرژی در دوره سرد می‌باشد همچنین این جهت کمترین میزان انرژی را در طول سال دریافت می‌کند و عمده ساختمان‌های مدارس دزفول از این الگو پیروی می‌کنند، جهت ۷۵+ و ۱۰۵- و ۱۶۵+ و ۱۵- در رتبه دوم مطلوبیت قرار دارند. بر عکس جهت ۴۵+ و ۱۳۵- و ۱۳۵+ و ۴۵- بالاترین مقدار انرژی را به میزان ۱۳۲۷۱/۴ بی‌تی‌یو در دوره گرم سال و جهت ۳۰+ و ۱۵۰- و ۱۲۰+ و ۶۰- کمترین میزان انرژی را در دوره سرد سال دریافت کرده‌اند که نامناسب‌ترین جهت برای ساخت مدارس چهار طرفه می‌باشد.

با توجه با آنچه در محاسبات حاصل از روش قانون کیسنوس‌ها به دست آوردیم بهترین و مناسب‌ترین جهت‌گیری مدارس، در ساختمان‌های یک‌طرفه جهت جنوب، ساختمان‌های دوطرفه جهت جنوبی-شمالی و برای ساختمان‌های چهار طرفه جهت شمال-جنوب، غرب-شرق می‌باشد. بر اساس جدول جهت‌گیری مدارس قدیم و جدید انتخاب‌شده به‌عنوان نمونه، چه در جهت‌گیری مدارس قدیم و چه در مدارس نوساز ترکیبی از جهات جنوبی، شمالی، و غربی و شرقی دیده می‌شود. ولی در مجموع در مدارس تازه تأسیس جهت‌گیری جنوب بیشتر رعایت شده است.

حامی مالی

بر اساس اظهار نویسندگان این مقاله حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان

نویسندگان این مقاله در تمامی مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشته‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در ارتباط با نویسندگی یا انتشار مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

در پایان، نویسندگان از تمامی افرادی که در انجام این پژوهش یاری‌رسان بوده‌اند، بخصوص کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقاله را عهده‌دار بوده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

- اکبری، حسن و ابراهیمی، اسماعیل. (۱۳۹۹). طراحی اقلیمی فرم، نسبت ابعادی و جهت استقرار ساختمان بر اساس تابش خورشید در شهر تهران. *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۵(۴)، ۱۱۷۵-۱۱۸۸.
- اکبری، حسن و حسینی نژاد، فاطمه‌سادات. (۱۳۹۸). بهینه‌سازی جهت استقرار ساختمان در بهره‌مندی از تابش خورشیدی در اقلیم گرم‌وخشک (مطالعه موردی: شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد). *معماری اقلیم گرم و خشک*، ۷(۱۰)، ۲۵۱-۲۶۷.
- Doi: 10.29252/AHDC.2020.12408.1283
- اکبری، حسن و رشید کلویز، حجت الله. (۱۳۹۷). بهینه‌سازی فرم، نسبت ابعادی و جهت‌گیری ساختمان بر اساس تابش خورشید و جهت باد (مطالعه موردی: شهرهای تبریز، یزد و بندرعباس). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۹(۳۴)، ۱-۱۳.
- حاجی‌پور، خلیل و فروزان، نرجس. (۱۳۹۳). بررسی تاثیر فرم شهر بر میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی (نمونه موردی شهر شیراز)، *نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی*، ۱۹(۴)، ۲۶-۱۷.
- Doi 10.22059/JFAUP.2015.55692

- غفاری، علی. (۱۳۷۳). *سازمان‌های فضایی در معماری شهرهای سنتی ایران*. صفحه ۴ (۴)، (۲۶-۳۷)
- قبادیان، وحید. (۱۳۸۰). *بررسی اقلیمی/بینه سنتی ایران*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- کربلائی‌درئی، علیرضا و حجازی‌زاده، زهرا. (۱۳۹۶). بهینه‌سازی جهت‌گیری استقرار ساختمان در شهر کاشان بر اساس شرایط اقلیمی. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۷ (۲۷)، ۸۵-۱۰۳
- کریم‌زاده، سارا؛ لشکری، حسن؛ برنا، رضا و شریعت‌پناهی، مجیدولی. (۱۳۹۹). تحلیل و محاسبه مناسب‌ترین جهت ساختمان از منظر اقلیمی با استفاده از روش قانون کسینوس‌ها در شهر سقز. *فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*، ۱۲ (۳)، ۱-۱۶.
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۷۹). *پهنه‌بندی و راهنمای طراحی اقلیمی، اقلیم گرم و خشک (استان سمنان)*. تهران: انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- لشکری، حسن؛ موزرمی، سارا؛ سلکی، هیوا و لطفی، کوروش. (۱۳۹۰). بهینه‌سازی جهت‌گیری بناهای ساختمانی در شهر اهواز بر اساس شرایط اقلیمی. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، ۴ (۱۲)، ۴۵-۶۲.
- لشکری، حسن و پورخادم نمین، زهرا. (۱۳۸۴). بهینه‌سازی جهت‌گیری فضاهای آزاد در شهر اردبیل بر اساس شرایط اقلیمی. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۰ (۴)، ۱۹-۳۵.
- محمدی، زینب و لشکری، حسن. (۱۳۹۴). *آب و هواشناسی کاربردی (معماری - توریسم)*. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد شهید بهشتی.

References

- Ahsan, T., & Svane, Ö. (2010). Energy efficient design features for residential buildings in tropical climates: the Context of Dhaka, Bangladesh. In *2nd International Conference on Sustainable Architecture and Urban Development (SAUD)*, Univ Jordan, Amman, Jordan, JUL 12-14, 183-202. *csaar press-center study architecture arab region*.
- Akbari, H., & Rashid Kluij, H.A. (2018). Optimization of form, dimensional ratio and orientation of the building based on sunlight and wind direction (Case study: Tabriz, Yazd and Bandar Abbas). *Geographical studies of arid regions*, 9 (34), 1-13. [in Persian]
- Akbari, H., & Hosseini Nejad, F.S. (2020). Optimization for building placement in benefiting from solar radiation in hot and dry climate (Case study: Isfahan, Semnan, Kerman and Yazd cities). *Hot and Dry Climate Architecture*, 7(10), 251-267. [Doi:10.29252/AHDC.2020.12408.1283](https://doi.org/10.29252/AHDC.2020.12408.1283) [in Persian]
- Akbari, H., & Ebrahimi, I. (2020). Climatic design of form, dimensional ratio and direction of building based on solar radiation in Tehran. *Planning Studies for Human Settlements*, 15(4), 1175-1188. [in Persian]
- Cheung, C.K., Fuller, R.J., & Luther, M.B. (2005). Energy-efficient envelope design for high-rise apartments. *Energy and buildings*, 37(1), 37-48. doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.05.002
- Depecker, P., Menezes, C., Virgone, J., & Lepers, S. (2001). Design of buildings shape and energetic consumption. *Building and Environment*, 36(5), 627-635. [doi.org/10.1016/S0360-1323\(00\)00044-5](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(00)00044-5)
- Erbs, D.G. (1984). Models and applications for weather statistics related to building heating and cooling loads.
- Fiocchi, C., Hoque, S., & Shahadat, M. (2011). Climate responsive design and the Milam residence. *Sustainability*, 3(11), 2289-2306. doi.org/10.3390/su3112289
- Gangrade, S., & Sharma, A. (2022). Study of thermal comfort in naturally ventilated educational buildings of hot and dry climate-A case study of Vadodara, Gujarat, India. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 122-146. doi.org/10.22712/susb.20220010
- Ghaffari, A. (1995). Spatial organizations in the architecture of traditional Iranian cities. *Soffeh*, 4(4-3), 26-37. [in Persian]

- Ghobadian, V. (2005). *Climatic study of traditional Iranian buildings*. Tehran: University of Tehran Press. [in Persian]
- Hajipour, Kh., & Forouzan, N. (2015). Investigating the effect of city form on the amount of functional energy consumption in the residential sector (case study of Shiraz). *Journal of Fine Arts-Architecture and Urban Planning*, 19(4), 17-26. [Doi:10.22059/JFAUP.2015.55692](https://doi.org/10.22059/JFAUP.2015.55692) [in Persian]
- Hui, S.C., & Cheung, K.P. (1997, October). Climatic data for building energy design in Hong Kong and Mainland China. *In Proc. of the CIBSE National Conference*, 5-7.
- Ihm, P., & Krarti, M. (2013). Design optimization of energy efficient residential buildings in Tunisia. *Building and Environment*, 58, 81-90. [DOI:10.1016/j.buildenv.2012.06.012](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.06.012)
- Karbalaee Dari, A., & Hejazizadeh, Z. (2018). Optimizing the orientation of the building Kashan based on climatic conditions. *Geographical studies of arid regions*, 7(27), 85-103. [in Persian]
- Karimzadeh, S., Lashkari, H., Borna, R., & Shariat Panahi, M.W. (2021). Analysis and calculation of the most suitable direction of the building from a climatic perspective using the method of the law of cosines in Saez. *Quarterly Attitude New in Human Geography*, 12(3), 1-16. [in Persian]
- Kasmaei, M. (2000). *Zoning and Climate Design Guide, Hot and Dry Climate (Semnan Province)*. Tehran: Building and Housing Research Center Publications. [in Persian]
- Lashkari, H., & Pour Khadem Namin, Z. (2006). Optimizing the orientation of open spaces in Ardabil city based on climatic conditions. *Geographical Research Quarterly*, 20(4), 19-35. [in Persian]
- Lashkari, H., Mozarmi, S., Selki, H., & Lotfi, K. (2012). Optimization of the orientation of buildings in the city of Ahvaz based on climatic conditions. *Physical Geography Quarterly*, 4(12), 45-62. [in Persian]
- McKeen, P., & Fung, A.S. (2014). The effect of building aspect ratio on energy efficiency: A case study for multi-unit residential buildings in Canada. *Buildings*, 4(3), 336-354. [DOI:10.3390/buildings4030336](https://doi.org/10.3390/buildings4030336)
- Mirrahimi, S., Mohamed, M.F., Haw, L.C., Ibrahim, N.L.N., Yusoff, W.F.M., & Aflaki, A. (2016). The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot-humid climate. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1508-1519. doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.055
- Mohammadi, Z., & Lashkari, H. (2014). *Applied Meteorology (Architecture - Tourism)*. Tehran: Shahid Beheshti University Jihad Publications. [in Persian]
- Oke, T.R. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and buildings*, 11(1-3), 103-113.
- Ourghi, R., Al-Anzi, A., & Krarti, M., (2007). A simplified analysis method to predict the impact of shape on annual energy use for office buildings. *Energy conversion and management*, 48(1), 300-305. [DOI:10.1016/j.enconman.2006.04.011](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.04.011)
- Watson, D. (1983). *Climatic design: Energy efficient building principles and practices*. McGraw-Hill, New York, 37.
- Yıldız, Y., & Arsan, Z.D., (2011). Identification of the building parameters that influence heating and cooling energy loads for apartment buildings in hot-humid climates. *Energy*, 36(7), 4287-4296. [DOI:10.1016/j.energy.2011.04.013](https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.04.013)