Journal of Geography

Journal Homepage: https://mag.iga.ir

Online ISSN: 2717-2996

Assessment of Thermal Comfort in Kermanshah Province Using De Martonne, Koppen, and Givoni Indices (2012–2021)

Mahmoud Ahmadi[1] **Leila Azari Nezhad**[2]

1. Associate Professor of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
Email: ma_ahmadi@sbu.ac.ir (Corresponding Author).
2. M.Sc. Student, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
Email: azarinezhad.leila@gmail.com

ARTICLEINFO

Article type:
Research Paper

Article History:
Received:
01 July 2026
Received in revised:
03 Sep 2026
Accepted:
09 Sep 2026
Available online:
22 Nov 2026

Keywords
Thermal comfort
De Martonne index
Köppen index
Givoni index
Kermanshah Province

ABSTRACT

Thermal comfort, as one of the key components of climatic design, plays a decisive role in improving quality of life, protecting human health, and optimizing energy consumption. Given the climatic diversity and geographical characteristics of Kermanshah Province, the accurate determination of thermal comfort ranges requires the analysis of climatic data and the application of valid bioclimatic indices. The aim of this study is to investigate the thermal comfort conditions of Kermanshah Province using three indices: De Martonne, Köppen, and Givoni, based on data from nine meteorological stations during the statistical period of 2012 to 2021. In terms of methodology, climatic data including temperature, relative humidity, and precipitation were first obtained from the Iran Meteorological Organization and then analyzed using statistical methods and bioclimatic charts. The results of the De Martonne index showed that most stations are classified as semi-arid. According to the Köppen climate classification, six stations fall within the cold semi-arid climate group (BSk), three stations are classified as hot semi-arid climate (BSh), while only the Sonqor station is placed in the temperate climate group (C). The findings derived from the Givoni method indicate that the number of months with complete thermal comfort varies from one month in Qasr-e Shirin to five months in Kangavar. In all stations, December, January, and February fall within the cold discomfort zone due to low temperature and relatively high humidity. Overall, the results of this research reveal considerable climatic diversity across Kermanshah Province and demonstrate a reasonable consistency among the three applied methods. Moreover, it was found that stations with warmer climatic conditions have the lowest number of thermally comfortable months. These findings can be used in climatic architectural design, urban planning, and regional energy management.

Citation: Ahmadi, M. & Azari Nezhad, L. (2026). Assessment of Thermal Comfort in Kermanshah Province Using De Martonne, Köppen, and Givoni Indices (2012–2021). Geography, 24 (90), 31- 44.
http://doi.org/10.22034/jiga.2026.2092083.1506

© The Author (s). Publisher: Iranian Geographical Associati This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Extended Abstract

Introduction

Thermal comfort, as one of the key components of climatic design, plays a decisive role in improving quality of life, protecting human health, and optimizing energy consumption. Human thermal comfort is defined as the condition in which an individual takes no behavioral action to alter the thermal state of the surrounding environment; according to ASHRAE Standard 55, it refers to conditions of mind expressing satisfaction with the thermal environment. Two main approaches have been proposed for evaluating thermal comfort: the heat-balance approach, based on Fanger's (1970) laboratory research, and the adaptive approach, which considers behavioral and psychological adaptation to outdoor climatic conditions. Numerous studies have examined thermal comfort in various regions of Iran; for instance, Ahmadi and Ghavidel Rahimi (2013) analyzed the temporal pattern of climatic comfort in Tabriz using the predicted mean vote method, finding that comfortable hours were concentrated in the warm months and constituted only about 17% of annual hours. Given the climatic diversity and geographical characteristics of Kermanshah Province, an accurate determination of thermal comfort ranges requires the analysis of climatic data using valid bioclimatic indices. Among the available indices, the De Martonne and Köppen methods are particularly valuable due to their reliance on precipitation and temperature data, which have longer statistical records than other meteorological variables and are measurable at all synoptic stations. Despite the extensive application of these indices in various studies across Iran, a comprehensive assessment that simultaneously integrates the De Martonne, Köppen, and Givoni bioclimatic methods for Kermanshah Province, accounting for its considerable topographic and altitudinal diversity, has not previously been undertaken. This study therefore aims to evaluate the thermal comfort conditions of Kermanshah Province using an integrated application of the De Martonne, Köppen, and Givoni indices across nine selected synoptic stations.

Methodology

Kermanshah Province, with an area of approximately 25,045 km², is located in western Iran between 33°40′ and 35°18′ N latitude and 45°24′ and 48°00′ E longitude. The average elevation of the province above open sea level is about 1,200 meters, a feature that plays an important role in the region's climatic diversity. Of the 12 synoptic meteorological stations operating in the province, 9 stations with complete and reliable data for the statistical period 1391-1400 (2012-2021) were selected for this study. Monthly and annual data on temperature, relative humidity, and precipitation were obtained from the Kermanshah Provincial Meteorological Organization. Three complementary bioclimatic methods were applied. The De Martonne aridity index, which classifies climate into six categories (from arid to very humid) based on the ratio of annual precipitation to mean annual temperature, was computed and mapped for the province using the inverse distance weighting (IDW) interpolation method in ArcGIS. The Köppen climate classification, one of the most widely used climate classification systems worldwide, was applied on a month-by-month basis using mean monthly temperature and precipitation to determine the climatic type of each station (Köppen, 1936; Geiger, 1954; Peel et al., 2007). Finally, the Givoni bioclimatic chart, which incorporates dry-bulb temperature, relative humidity, and human comfort criteria, was used to determine the number of comfortable, cold-stress, and heat-stress months at each station. Descriptive statistical analysis of all indices was conducted using Excel and SPSS software.

Results and Discussion

Analysis of climatic data from the nine selected stations of Kermanshah Province using the three bioclimatic methods (De Martonne, Köppen, and Givoni) revealed considerable climatic and thermal-comfort diversity across the province. Based on the De Martonne index, values ranged between 10 and 70 across the province, placing it within semi-arid, Mediterranean, sub-humid, humid, and very-humid climatic classes; nevertheless, the largest share of the province's area falls within the semi-arid class, indicating the prevalence of relatively dry conditions. This finding is consistent with Ghanghormeh et al. (2018), who reported similar conditions for western regions of Iran. The Köppen classification showed that, of the nine stations studied, eight fall within the arid climate group (B) and only Sonqor station falls within the temperate group (C). Among these, the cold semi-arid climate (BSk) emerged as the dominant pattern, characterizing six stations (Kermanshah, Ravansar, Kangavar, Eslamabad-e Gharb, Javanrud, and Sonqor), while the hot semi-arid climate (BSh) was observed at Sarpol-e Zahab, Gilan-e Gharb, and Qasr-e Shirin. Sonqor station, owing to its higher elevation, exhibited lower average temperatures and higher precipitation, resulting in comparatively cooler and more humid conditions than the rest of the province. The Givoni bioclimatic analysis indicated that the number of months with full thermal comfort ranged from one month at Qasr-e Shirin to five months at Kangavar. Mountainous stations such as Kangavar and Sonqor experience relatively favorable summers and cold winters, whereas warmer stations such as Qasr-e Shirin and Sarpol-e Zahab fall entirely outside the comfort zone during the warm season and require cooling strategies. Across all stations, the months of December, January, and February fell within the cold-discomfort zone due to low temperatures and relatively high humidity, representing the most critical thermal conditions of the year. A comparison with the study of Ahmadi and Ghavidel Rahimi

(2013) on Tabriz revealed notable differences in the temporal and spatial pattern of thermal comfort: while Tabriz, with its cold and dry climate, exhibited a very limited comfort period (about 17% of annual hours) concentrated mainly in June-September, Kermanshah Province, owing to its elevational diversity and mountainous stations, showed comfort periods extending up to five months per year in some locations, without the complete absence of comfort hours observed in Tabriz's winters.

Conclusion

The results indicate that Kermanshah Province is predominantly influenced by a semi-arid climate, with thermal comfort conditions that are limited and strongly season-dependent. The greatest comfort occurs during the transitional seasons (spring and autumn), whereas winters are associated with cold stress and summers, particularly in warmer areas, with heat stress. The considerable agreement among the three bioclimatic methods confirms the validity and effectiveness of integrating multiple climatic indices for a comprehensive assessment of thermal comfort in topographically diverse regions. Accordingly, climate-responsive design strategies are recommended: evaporative cooling, shading, and windbreaks for hot, dry months; thermal insulation and high thermal mass for cold, humid months; and natural ventilation during months of relative comfort. These findings can serve as a scientific basis for climate-responsive architectural design, urban planning, and energy-consumption reduction in buildings across Kermanshah Province. A limitation of this study is the ten-year statistical period of the data; future research is recommended to examine longer-term time series to capture trends in the thermal comfort of Kermanshah Province.

.

Funding

This research received no external funding.

Authors' Contribution

Mahmoud Ahmadi: Thesis supervisor, research design, supervision of the research process, review and control of results, revision and finalization of the manuscript.

Leila Azari Nezhad: Data preparation, data collection, statistical analysis and computations, analysis and interpretation of information and results, preparation of the manuscript draft.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank the respected reviewers for their valuable structural and scientific comments.

References

Ahmadi, M., & Ghavidel Rahimi, Y. (2013). Estimation and temporal analysis of climatic comfort in Tabriz City. Geography and Development, 11(33), 173-182. https://doi.org/10.22111/GDIJ.2013.1330 [Persian]

ASHRAE. (1985). Physiological principles for comfort and health. ASHRAE Fundamentals Handbook, Ch. 8.

ASHRAE. (2020). ANSI/ASHRAE Standard 55-2020: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Dear, R. J., & Brager, G. S. (1998). Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. ASHRAE Transactions, 104(1), 145-167.

De Martonne, E. (1926). Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. La Météorologie, 2, 449-458.

Fanger, P. O. (1970). Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering. Copenhagen: Danish Technical Press.

Fathi Tapeh Rasht, A., Shafizadeh Moghadam, H., & Koochakzadeh, M. (2022). Spatio-temporal analysis of Iran's climate classification based on the De Martonne method and Mann-Kendall test during 1995-2019. Environmental Sciences, 20(3), 137-154. https://doi.org/10.52547/envs.2021.1105 [Persian]

Geiger, R. (1954). Klassifikation der Klimate nach W. Köppen. In Landolt-Börnstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, alte Serie (Vol. 3,603-607). Springer.

Ghanghormeh, A., Roshan, G., & Shahkoei, E. (2018). Revision of the base temperature for thermal comfort in different climatic regions of Iran for calculating the required heating and cooling degree-day index. Sepehr Geographical Information Quarterly, 27(105), 127-143. https://doi.org/10.22131/sepehr.2018.31481 [Persian]

Givoni, B. (1976). Man, Climate and Architecture (2nd ed.). Applied Science Publishers.

Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines. Energy and Buildings, 18(1), 11-23. https://doi.org/10.1016/0378-7788(92)90047-K

Humphreys, M. A. (1975). Field studies of thermal comfort compared and applied. Building Research Establishment, Current Paper CP 76/75, Watford, UK.

Kermanshah Province Meteorological Organization. (2024). Weather information and statistics system. Retrieved from http://www.kermanshahmet.ir/met/amar [Persian]

Kermanshah Regional Water Company. (2024). Geographic location of Kermanshah Province. Retrieved January 19, 2025, from https://www.kshrw.ir/ [Persian]

Koliaei, M., Sadeghzadeh, N., & Mirzaei, H. (2015). Assessment of climatic thermal comfort based on Mahani and Evans indices for achieving sustainable architecture, case study: Hamedan City. 2nd International Conference on New Researches in Civil Engineering, Architecture and Urban Planning. [Persian]

Köppen, W. (1936). Das geographische System der Klimate. In Handbuch der Klimatologie. Gebrüder Borntraeger.

McIntyre, D. A. (1978). Preferred air speeds for comfort in warm conditions. ASHRAE Transactions, 84, 264-277.

Nicol, J. F. (1974). An analysis of some observations of thermal comfort in Roorkee, India and Baghdad, Iraq. Annals of Human Biology, 1(4), 411-426. https://doi.org/10.1080/03014467400000441

Nikghadam, N., Mofidi Shirazi, S. M., & Tahbaz, M. (2015). Comparative analysis of the climatic zoning of southern regions of Iran using the Köppen-Trewartha method and Givoni comfort criteria. Armanshahr Architecture & Urban Development, 8(15), 119-130. [Persian]

Olgyay, V. (1963). Design with Climate. Princeton University Press.

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and Earth System Sciences, 11, 1633-1644. https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007

Riffelli, S. (2021). Global comfort indices in indoor environments: A survey. Sustainability, 13(22), 12784. https://doi.org/10.3390/su132212784

Saligheh, M., Barimani, F., & Esmaeilnejad, M. (2008). Climatic zoning of Sistan and Baluchestan Province. Geography and Development, 6(12), 101-116. https://doi.org/10.22111/gdij.2008.1245 [Persian]

Yaghoubi, A. (2020). Investigating thermal comfort and climate-influenced architecture based on Mahani and Givoni indices in Semnan City. Application of GIS and Remote Sensing in Planning, 9(1), 74-90. [Persian]

جغرافیا

Journal Homepage: https://mag.iga.ir

شاپا الکترونیکی: ۲۹۹۶-۲۷۱۷

ارزیابی آسایش حرارتی استان کرمانشاه با استفاده از تلفیق شاخص‌های دومارتن، کوپن و گیونی

محمود احمدی[۱]، **لیلا آذری نژاد**[۲]

۱. دانشیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسنده مسئول). **ایمیل:** Ma_ahmadi@sbu.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مستخرج از پایان نامه ارشد

تاریخ دریافت:
۱۴۰۵/۰۴/۱۰

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۵/۰۶/۱۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۵/۰۶/۱۸

تاریخ چاپ:
۱۴۰۵/۰۹/۰۱

واژگان کلیدی:
آسایش حرارتی
شاخص دومارتن
شاخص کوپن
شاخص گیونی
استان

چکیده

آسایش حرارتی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی در طراحی اقلیمی، نقش تعیین‌کننده‌ای در ارتقای کیفیت زندگی، سلامت انسان و بهینه‌سازی مصرف انرژی ایفا می‌کند. با توجه به تنوع اقلیمی و ویژگی‌های جغرافیایی استان کرمانشاه، تعیین دقیق محدوده‌های آسایش حرارتی نیازمند تحلیل داده‌های اقلیمی و بهره‌گیری از شاخص‌های معتبر زیست‌اقلیمی است. هدف از این پژوهش، بررسی وضعیت آسایش حرارتی استان کرمانشاه با استفاده از سه شاخص دمارتن، کوپن و گیونی در ۹ ایستگاه هواشناسی طی دوره آماری ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ می‌باشد. روش کار ابتدا داده‌های اقلیمی شامل دما، رطوبت نسبی و بارش از سازمان هواشناسی کشور استخراج و با روش‌های آماری و نمودارهای زیست‌اقلیمی تحلیل شدند. نتایج شاخص دمارتن نشان داد که اغلب ایستگاه‌ها در طبقه نیمه‌خشک قرار دارند. بر اساس طبقه‌بندی کوپن، ۶ ایستگاه در گروه نیمه‌بیابانی سرد (BSK)، ۳ ایستگاه در گروه نیمه‌بیابانی گرم (BSh) و تنها ایستگاه سنقر در گروه اقلیم معتدل (C) قرار گرفت. نتایج روش گیونی نیز بیانگر آن است که تعداد ماه‌های دارای آسایش حرارتی کامل بین ۱ ماه (قصرشیرین) تا ۵ ماه (کنگاور) متغیر است. در تمامی ایستگاه‌ها، ماه‌های آذر، دی و بهمن به دلیل دمای پایین و رطوبت بالا در محدوده ناآسایش سرد قرار دارند. در مجموع، نتایج این پژوهش بیانگر تنوع اقلیمی قابل توجه در استان کرمانشاه و وجود همخوانی مناسب بین سه روش مورد استفاده است. همچنین مشخص شد که ایستگاه‌های دارای اقلیم گرم‌تر، کمترین تعداد ماه‌های آسایش حرارتی را دارند. این یافته‌ها می‌توانند در طراحی معماری اقلیمی، برنامه‌ریزی شهری و مدیریت انرژی در منطقه مورد استفاده قرار گیرند.

استناد: احمدی، محمود و آذری نژاد، لیلا. (۱۴۰۵). ارزیابی آسایش حرارتی استان کرمانشاه با استفاده از تلفیق شاخص‌های دومارتن، کوپن و گیونی، جغرافیا، ۲۴(۹۰)، ۴۴-۳۱.

http://doi.org/10.22034/jiga.2026.2092083.1506

© نویسندگان

صاحب امتیاز: انجمن جغرافیایی ایران

مقدمه

آسایش حرارتی به عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های کیفیت محیطی، نقش اساسی در سلامت، رفاه و بهره‌وری انسان ایفا می‌کند. شرایط محیطی از جمله دما، رطوبت و جریان هوا از طریق ادراک حسی افراد بر میزان آسایش آن‌ها تأثیر می‌گذارند. مطالعات نشان داده‌اند که کیفیت محیط داخلی می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر وضعیت جسمی و روانی انسان داشته باشد. در مطالعات جدید، آسایش حرارتی به عنوان بخشی از مفهوم گسترده‌تر کیفیت محیط داخلی در نظر گرفته می‌شود که تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل محیطی بوده و با استفاده از شاخص‌های ترکیبی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. از سوی دیگر، با افزایش توجه به پایداری محیط زیست و بهینه‌سازی مصرف انرژی، بررسی شرایط آسایش حرارتی در فضاهای مختلف به یکی از موضوعات مهم در طراحی ساختمان و برنامه‌ریزی شهری تبدیل شده است (Riffelli, ۲۰۲۱: ۱).

در مطالعات مرتبط با ارزیابی آسایش حرارتی و طراحی اقلیمی، شاخص‌های ماهانی و گیونی به طور گسترده برای تحلیل شرایط اقلیمی و ارائه راهکارهای معماری همساز با اقلیم مورد استفاده قرار گرفته‌اند (یعقوبی، ۱۳۹۹: ۵۷). در پژوهشی دیگر، به منظور بررسی تنوع اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان، نتایج نشان داد که اقلیم این منطقه تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله دما، رطوبت، بارش، تابش و باد قرار دارد و این تفاوت‌های اقلیمی بیانگر آن است که شرایط آسایش حرارتی نیز در مناطق مختلف متغیر بوده و نمی‌توان یک الگوی یکنواخت برای تمامی نواحی در نظر گرفت (سلیقه و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۰۴).

در همین راستا، احمدی و قویدل رحیمی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای با عنوان «برآورد و تحلیل زمانی آسایش اقلیمی شهر تبریز»، با استفاده از روش میانگین رأی پیش‌بینی‌شده (PMV) و نمودار سایکومتریک گیونی، به تحلیل ساعتی شرایط آسایش حرارتی در شهر تبریز پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیش از ۸۲ درصد از ساعات سال در تبریز خارج از محدوده آسایش حرارتی قرار دارد و بیشترین ساعات آسایش در فصل تابستان متمرکز است (احمدی و قویدل رحیمی، ۱۳۹۲: ۱۷۵). با این حال، مطالعه مذکور بر روی یک شهر خاص (تبریز) و با رویکرد ساعتی انجام شده است، در حالی که پژوهش حاضر با هدف ارزیابی هم‌زمان سه شاخص دومارتن، کوپن و گیونی در مقیاس ماهانه و پهنه‌بندی فضایی در سطح استان کرمانشاه، به دنبال پر کردن خلل پژوهشی موجود در مطالعات منطقه‌ای است.

با وجود مطالعات متعدد در زمینه ارزیابی آسایش حرارتی در نقاط مختلف ایران، تاکنون مطالعه جامعی که به ارزیابی و مقایسه آسایش حرارتی استان کرمانشاه با استفاده از سه شاخص دومارتن، کوپن و گیونی در بازه زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ پرداخته باشد، انجام نشده است. همچنین، مقایسه کارایی این سه شاخص در شرایط اقلیمی استان کرمانشاه و تعیین اینکه کدام یک تطابق بیشتری با شرایط منطقه دارد، به عنوان یک خلأ تحقیقاتی مشخص می‌باشد. از سوی دیگر، تحلیل روند تغییرات آسایش حرارتی در این استان طی یک دوره ده ساله نیز تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است.

هدف پژوهش حاضر، ارزیابی کمی و مقایسه‌ای آسایش حرارتی استان کرمانشاه با استفاده از سه شاخص دومارتن، کوپن و گیونی در بازه زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ می‌باشد.

مبانی نظری

آسایش حرارتی حالتی است که فرد برای تغییر شرایط دمایی محیط هیچ اقدام رفتاری را انجام ندهد. بر اساس استاندارد ASHRAE ۵۵، آسایش حرارتی عبارت است از شرایط ذهنی، که رضایتمندی از محیط اطراف را بیان می‌کند و از طریق

ارزیابی فردی سنجیده می‌شود (ASHRAE, ۲۰۲۰). این استاندارد محدوده دمای هوا و رطوبت را برای افراد ساکن در فضاهای اداری و مسکونی تعیین می‌کند و شامل محدوده رطوبت ۴–۱۲ گرم بر کیلوگرم و دماهای ۲۶–۲۷ درجه سلسیوس در تابستان می‌باشد (ASHRAE, ۱۹۸۵). با وجود اینکه استاندارد ASHRAE برای تعیین محدوده آسایش حرارتی افراد در ساختمان‌های تهویه‌شده طراحی شده است، کاربرد آن در ساختمان‌های بدون سیستم مکانیکی با محدودیت‌هایی مواجه است (Humphreys, ۱۹۷۵). در این ساختمان‌ها، ساکنان معمولاً دامنه دمایی گسترده‌ای را در طول روز تجربه می‌کنند و سرعت بالای هوا در ساختمان‌های با تهویه طبیعی به بهبود آسایش کمک می‌کند (McIntyre, ۱۹۷۸). علاوه بر این، در مناطق گرم و مرطوب، افراد به دما و رطوبت بالاتر عادت کرده‌اند و استاندارد ASHRAE ممکن است بسیاری از شرایط تابستانی را به‌طور اشتباه به عنوان غیرآسایش تلقی کند (Nicol, ۱۹۷٤: ٤١١). بنابراین، طراحی نمودارهای زیست‌اقلیمی و راهکارهای معماری برای آسایش حرارتی باید سازگاری محلی و عادت‌های ساکنان را مدنظر قرار دهد (Givoni, ۱۹۷٦).

برای ارزیابی آسایش حرارتی، دو رویکرد اصلی ارائه شده است. رویکرد اول، رویکرد تعادل حرارتی است که بر اساس نتایج تحقیقات فانگر (Fanger, ۱۹۷۰) در شرایط آزمایشگاهی توسعه یافته است. مبنای نظری این رویکرد، ارتباط نزدیک بین احساس حرارتی فرد و سیستم تنظیم حرارت بدن می‌باشد (Fanger, ۱۹۷۰). رویکرد دوم، رویکرد تطبیقی است که تأکید دارد افراد از طریق اقدامات رفتاری (مانند تغییر لباس، باز کردن پنجره، یا استفاده از فن) می‌توانند خود را با شرایط محیطی سازگار کنند (de Dear & Brager, ۱۹۹۸). در راستای بهبود شرایط آسایش حرارتی، استفاده از راهکارهای سرمایش غیرفعال در طراحی اقلیمی ساختمان‌ها مورد توجه قرار گرفته است. روش‌های سرمایش تبخیری مستقیم و غیرمستقیم از جمله رویکردهای مؤثر در کاهش دمای داخلی ساختمان محسوب می‌شوند. در سرمایش تبخیری مستقیم، پاسخ دمای داخلی به تغییرات شرایط محیطی تقریباً آنی بوده و عملکرد سیستم عمدتاً تحت تأثیر دمای هوای بیرون و دمای تر (Wet-bulb temperature) قرار دارد. در مقابل، در سیستم‌های غیرمستقیم مانند حوضچه‌های سقفی (Roof Pond)، دمای آب به دلیل ظرفیت حرارتی بالا با نوسانات کمتری تغییر کرده و امکان ایجاد شرایط پایدارتر حرارتی در فضای داخلی فراهم می‌شود (Givoni, ۱۹۹۲).

در تحلیل‌های اقلیمی مرتبط با آسایش حرارتی، از دیاگرام‌های زیست اقلیمی مانند دیاگرام اولگی (Olgyay, ۱۹٦۳) برای بررسی شرایط حرارتی مناطق مختلف استفاده می‌شود. این دیاگرام‌ها امکان طبقه‌بندی اقلیم بر اساس شاخص‌های بیوکلیماتیک را فراهم کرده و تفاوت شرایط اقلیمی را از منظر آسایش انسانی نشان می‌دهند. همچنین در برخی تحقیقات مشخص شده است که تنها بخش محدودی از سال در بسیاری از مناطق ایران در محدوده آسایش حرارتی قرار دارد و در سایر دوره‌ها، شرایط اقلیمی نیازمند مداخلات طراحی برای بهبود وضعیت آسایش انسان است. یافته‌های مطالعات پیشین بیانگر آن است که عوامل اقلیمی نظیر دما، رطوبت و ویژگی‌های جغرافیایی هر منطقه موجب تفاوت در پاسخ حرارتی انسان شده و استفاده از یک الگوی ثابت برای ارزیابی آسایش حرارتی در تمامی اقلیم‌ها قابل تعمیم نیست (قانقرمه و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۳۵).

در میان شاخص‌های اقلیمی، روش دومارتن و کوپن به دلیل دقت بالا، استفاده از داده‌های بارش و دما که دارای تاریخچه آماری بیشتری نسبت به سایر مشخصه‌های هواشناسی هستند و در همه ایستگاه‌های سینوپتیک قابل اندازه‌گیری می‌باشند، محبوبیت بیشتری بین محققان دارند و برای انجام مطالعات اقلیمی در پژوهش‌های زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (فتحی تپه رشت و همکاران، ۱۴۰۱: ۱۴۱). اولین طبقه‌بندی اقلیمی کوپن در سال ۱۹۰۰ میلادی ارائه شد و پس از آن چندین بار مورد بازبینی قرار گرفت. بعدها، رودلف گیجر اصلاحاتی بر روی این طبقه‌بندی اعمال کرد و ویرایش نهایی به

نام طبقه‌بندی اقلیمی کوپن–گیجر شهرت یافت (Köppen, ۱۹۳٦; Geiger, ۱۹٥٤: 259). این طبقه‌بندی کره زمین را بر اساس دما، بارش و تغییرات فصلی به پنج منطقه اصلی اقلیمی شامل اقلیم بارانی استوایی، خشک، معتدل بارانی، جنگلی برفی و قطبی تقسیم‌بندی می‌کند (Peel et al., ۲۰۰۷). اگرچه نویسندگان مختلفی دسته‌بندی‌های اقلیمی جدیدی را ارائه کرده‌اند، اما همچنان روش کوپن–گیگر بیشتر از سایر روش‌ها در مطالعات اقلیم‌شناسی کاربرد دارد (نیکقدم و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۲۳).

در سال ۱۹۲۶، شاخص تجربی دومارتن (De Martonne) برای طبقه‌بندی اقلیمی ارائه شد که اساس آن بر دو مؤلفه بارش و دما استوار بوده و زمین را به شش کلاس اقلیمی خشک، نیمه خشک، مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب، مرطوب و بسیار مرطوب تقسیم‌بندی می‌نماید (De Martonne, ۱۹۲٦). شاخص دومارتن نیز مانند کوپن، به دلیل سادگی و دقت بالا در مطالعات اقلیم‌شناسی و آسایش حرارتی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (فتحی تپه رشت و همکاران، ۱۴۰۱: ۱۴۱).

روش تحقیق

این پژوهش از نوع توصیفی–تحلیلی و کاربردی بوده و با هدف بررسی شرایط آسایش حرارتی در استان کرمانشاه در بازه زمانی ۱۳۹۱–۱۴۰۰ انجام شده است. داده‌های اقلیمی شامل میانگین دمای سالانه، رطوبت نسبی، میانگین بارش سالانه و سرعت باد از ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب استان گردآوری شد. داده‌های مورد استفاده از پایگاه سازمان هواشناسی کشور (سازمان هواشناسی استان کرمانشاه، ۱۴۰۳) اخذ گردید و پس از بررسی، ایستگاه‌هایی که دارای آمار کامل و قابل اعتماد بودند، برای تحلیل انتخاب شدند. در راستای ارزیابی شرایط آسایش حرارتی و طبقه‌بندی اقلیم، از شاخص‌های اقلیمی دمارتن، کوپن و گیونی استفاده شد. این شاخص‌ها امکان تحلیل ویژگی‌های اقلیمی و تعیین محدوده‌های آسایش حرارتی را فراهم می‌سازند.

شاخص دومارتن (De Martonne): این شاخص بر اساس دو مؤلفه بارش و دما محاسبه می‌شود و برای تعیین کلاس اقلیمی (خشک، نیمه خشک، مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب، مرطوب و بسیار مرطوب) به کار می‌رود. فرمول ۱:

$$I = P / (T + 10)$$

که در آن P میانگین بارش سالانه (میلی‌متر) و T میانگین دمای سالانه (درجه سلسیوس) می‌باشد. مقدار این شاخص بیانگر میزان رطوبت اقلیم بوده و افزایش آن نشان‌دهنده شرایط مرطوب‌تر و کاهش آن بیانگر اقلیم خشک‌تر است.

طبقه‌بندی کوپن (Köppen): این روش یکی از پرکاربردترین سیستم‌های طبقه‌بندی اقلیم در جهان است که بر اساس میانگین دما و بارش ماهانه و سالانه، اقلیم‌ها را به پنج گروه اصلی شامل اقلیم‌های گرمسیری (A)، خشک (B)، معتدل (C)، سرد (D) و قطبی (E) تقسیم می‌کند (Köppen, ۱۹۳٦; Geiger, ۱۹٥٤; Peel et al., ۲۰۰۷: ۲٥۹).

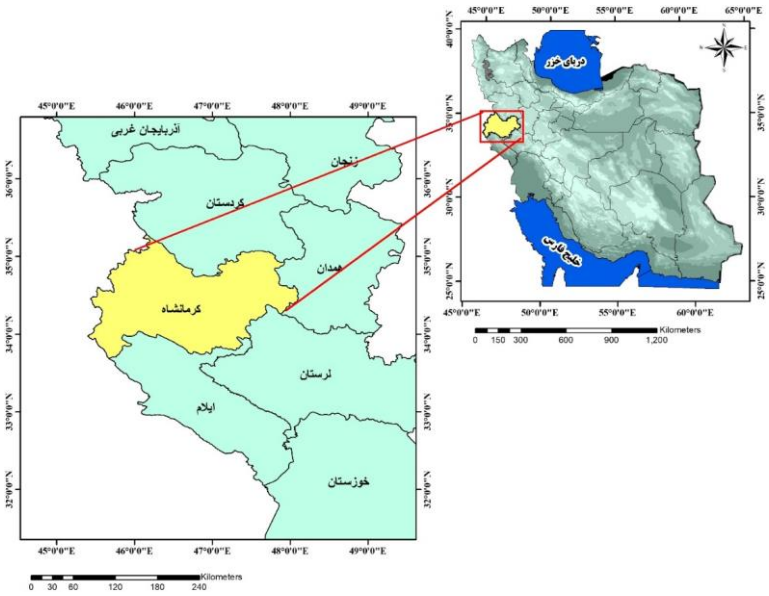
نمودار زیست‌اقلیمی گیونی (Givoni): این نمودار بر اساس ترکیب دما و رطوبت نسبی، امکان تعیین محدوده آسایش حرارتی و همچنین ارائه راهکارهای طراحی اقلیمی مانند تهویه طبیعی، گرمایش خورشیدی و سرمایش تبخیری را فراهم می‌سازد (Givoni, ۱۹۷٦, ۱۹۹۲).

به منظور تحلیل فضایی شرایط اقلیمی استان کرمانشاه، ابتدا داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های منتخب جمع‌آوری گردید. سپس با استفاده از روش درون‌یابی وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW) در محیط نرم‌افزار ArcGIS، شکل‌های پراکنش دما

و بارش تهیه شد. در ادامه، با به‌کارگیری شاخص دومارتن، شکل پهنه‌بندی اقلیمی استان ترسیم گردید. تحلیل داده‌ها با استفاده از آماره‌های توصیفی در نرم‌افزارهای Excel و SPSS انجام شد.

محدوده مورد مطالعه

استان کرمانشاه با وسعتی حدود ۲۵,۰۴۵ کیلومتر مربع، در ناحیه غربی ایران و بین مدارهای ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. مرکز این استان شهر کرمانشاه می‌باشد. استان کرمانشاه از شمال با استان کردستان، از جنوب با استان‌های لرستان و ایلام، از شرق با استان همدان و از غرب با حدود ۳۳۰ کیلومتر مرز مشترک با کشور عراق همجوار است. بزرگترین شهرستان استان از نظر مساحت، کرمانشاه با ۵۶۴۷ کیلومتر مربع و کوچکترین آن، جوانرود با ۷۷۷ کیلومتر مربع است (شکل ۱). (شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، ۱۴۰۳).



شکل ۱. موقعیت سیاسی استان کرمانشاه

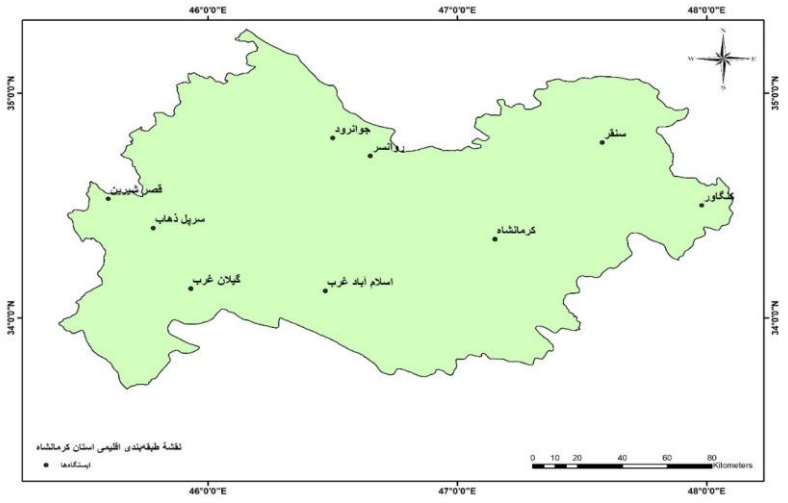
منبع: (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۵)

ارتفاع متوسط استان کرمانشاه از سطح دریاهای آزاد حدود ۱۲۰۰ متر می‌باشد که این ویژگی نقش مهمی در تنوع شرایط اقلیمی منطقه دارد. در استان کرمانشاه ۱۲ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فعال وجود دارد که از میان آن‌ها، ۹ ایستگاه به دلیل برخورداری از داده‌های کامل و قابل اعتماد در بازه زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰، در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند (شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، ۱۴۰۳). (جدول ۱ و شکل ۲).

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	x	y	h	T	بارش	رطوبت
کرمانشاه	۱۵/۴۷	۳۵/۳۴	۶/۱۳۱۸	۱۴/۱۶	۷/۴۲۸	۲/۴۰
روانسر	۶۵/۴۶	۷۲/۳۴	۷/۱۳۷۹	۵۶/۱۵	۵/۴۹۰	۷۸/۴۵
سرپل ذهاب	۷۸/۴۵	۴/۳۴	۵۴۵	۸۵/۲۰	۷/۴۲۸	۷/۴۶
کنگاور	۹۸/۴۷	۵/۳۴	۱۴۶۸	۹۲/۱۳	۱/۴۱۸	۵۴
اسلام آباد غرب	۴۷/۴۶	۱۲/۳۴	۸/۱۳۴۸	۵۳/۱۴	۳/۴۸۰	۵۱
جوانرود	۵/۴۶	۸/۳۴	۴/۱۳۷۵	۲۵/۵	۷/۴۲۸	۳/۴۳
سنقر	۵۸/۴۷	۷۸/۳۴	۱۷۰۰	۴۵/۱۳	۳/۳۹۶	۱/۴۷
گیلان غرب	۹۳/۴۵	۱۳/۳۴	۳/۸۱۶	۹۷/۲۰	۳۳/۴۵۸	۳/۴۲
قصرشیرین	۶/۴۵	۵۳/۳۴	۹/۳۷۵	۰۷/۲۳	۳/۳۵۰	۶/۴۰

منبع: یافته‌های پژوهش (۱۴۰۵)



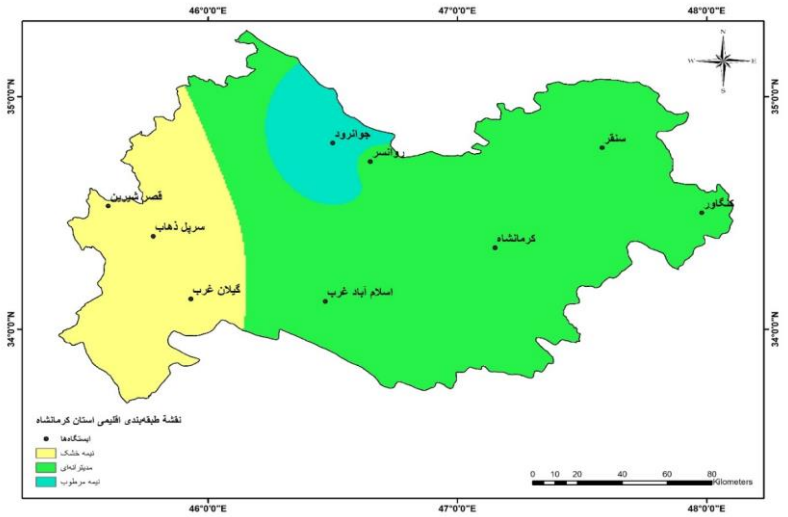
شکل ۲. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی در محدوده مورد مطالعه

منبع: یافته‌های پژوهش (۱۴۰۵)

بحث و یافته‌ها

الف) نتایج شاخص طبقه‌بندی دومارتن

بررسی شکل پهنه‌بندی شاخص دمارتن نشان می‌دهد که مقادیر این شاخص در سطح استان بین ۱۰ تا ۷۰ متغیر است. بر این اساس، اقلیم استان در طبقات نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب، مرطوب و بسیار مرطوب قرار می‌گیرد. بیشترین گستره استان مربوط به اقلیم نیمه‌خشک بوده که بیانگر غلبه شرایط نسبتاً خشک در بخش‌های وسیعی از منطقه است.



شکل ۳. پهنه‌بندی اقلیمی استان کرمانشاه بر اساس شاخص دومارتن

منبع: یافته‌های پژوهش (۱۴۰۵)

ب) طبقه‌بندی کوپن (ماه به ماه)

به منظور تعیین نوع اقلیم ایستگاه‌های استان کرمانشاه، طبقه‌بندی کوپن بر اساس داده‌های میانگین دمای سالانه و مجموع بارش سالانه انجام شد. داده‌های دما و بارش ماهانه و سالانه ایستگاه‌های منتخب در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. میانگین ده ساله دما و بارش ماهانه و سالانه ایستگاه‌های منتخب در بازه زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰

ایستگاه	پارامتر	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	میانگین ۱۰ ساله
کرمانشاه	دما	۷۹/۹	۸۷/۴	۰۹/۴	۹/۵	۳/۱۱۴	۶/۱۸۸	۳۲/۲۵	۸/۲۹۵	۷/۲۸۲	۴/۲۴۹	۸/۱۷	۳/۱۲۱	۱۰/۱۶
کرمانشاه	بارش	۲/۵۹۳	۲/۱۳۶	۹/۳۳۵	۱۹/۶۱	۷/۷۶	۴/۱۱۳	۳۱/۰	۳۲/۰	۰	۷/۱	۷۴/۴۱	۶/۷۸۴	۷۸/۴۱
روانسر	دما	۱۵	۱/۱۶	۳/۱۶	۱۶	۴/۱۵	۵/۱۵	۴/۱۶	۹/۱۴	۱۶	۸/۱۵	۱۵	۱/۱۶	۷۱/۱۵
روانسر	بارش	۳/۷۶۲	۴۶/۸۸	۵/۴۷۶	۷۱/۷۸	۷/۹۴۷	۸/۱۰۷	۴۲/۰	۲/۰	۰	۹۶/۰	۲۵/۴۰	۰/۹۳۹	۳/۴۴
سرپل ذهاب	دما	۸/۱۲۳	۳/۹	۷۷/۸	۲۳/۱۱	۲/۱۷۳	۱/۲۴۴	۲۲/۳۰	۶/۳۳۴	۴/۳۳۵	۴/۲۹۶	۹۵/۲۲	۹/۱۶۵	۸۵/۲۰
سرپل ذهاب	بارش	۱/۶۳۱	۵۳/۶۴	۸/۴۸۳	۶۸/۸۰	۴/۷۶۵	۳/۱۱۷	۰۶/۰	۰۹/۰	۰۶/۰	۴۱/۰	۴۵/۲۱	۵/۶۴۱	۳۶
کنگاور	دما	۸۲/۶	۴۴/۲	۷/۱	۲۹/۴	۹۳/۹	۱/۱۷	۱۸/۲۳	۹/۲۶۶	۶/۲۶۳	۵/۲۱	۷۳/۱۵	۵/۱۰۳	۹۰/۱۳

ایستگاه	پارامتر	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	میانگین ۱۰ ساله
کنگاور	بارش	۸/۵۲۱	۴۹/۶۲	۵/۳۱۹	۲۸/۷۲	۴/۶۵۴	۷۹/۸	۴۲/۰	۱/۰	۰	۸۳/۲	۳۴/۳۴	۳/۸۷۱	۹/۳۴
اسلام آباد غرب	دما	۱/۷	۰۲/۳	۵۶/۲	۹۱/۴	۸/۱۰	۹/۱۷۴	۲۴/۲۴	۶/۲۷۱	۹/۲۶۴	۱/۲۲۷	۳۶/۱۶	۸/۱۰۱	۵۴/۱۴
اسلام آباد غرب	بارش	۰/۷۰۲	۶۱/۷۵	۵/۵۱۸	۳۸/۷۳	۸/۸۰۵	۱۱/۸	۴۷/۰	۱۸/۰	۰۴/۱	۸۷/۱	۲/۳۴	۲/۸۰۵	۸/۳۹
جوانرود	دما	۵۵/۸	۲۵/۵	۸۹/۴	۱/۷	۲/۱۳۲	۷/۲۰۴	۳/۲۷	۴/۳۰	۵/۲۹۳	۳/۲۴۹	۲۵/۱۸	۵/۱۲۳	۸۵/۱۶
جوانرود	بارش	۵/۸۲۶	۲/۱۰۱۸	۱/۵۶	۷۶/۹۶	۴/۹۱۷	۳/۱۴۵	۶۸/۰	۳۱/۰	۲۴/۰	۸/۱	۴۳/۵۱	۴/۹۵۲	۴/۴۹
سنقر	دما	۵۷/۶	۵۸/۲	۱/۲	۵۲/۴	۹۷/۹	۵/۱۶۱	۴۱/۲۲	۸/۲۵۹	۴/۲۵۹	۳/۲۰۳	۱۵	۸۴/۹	۴۳/۱۳
سنقر	بارش	۷/۵۲۹	۸۴/۵۵	۸/۳۱۵	۷/۸۵۲۹	۴/۶۴۳	۴/۱۱۳	۷۶/۱	۲۴/۱	۱۹/۰	۰۲/۳	۱۷/۳۴	۵/۸۲۵	۳۳/۷۴
گیلان غرب	دما	۷/۱۲۱	۷۴/۹	۵۳/۹	۹۱/۱۱	۱/۱۸۲	۷/۲۴۶	۹۷/۳۰	۲/۳۳۶	۵/۳۲	۶/۲۸۷	۰۵/۲۳	۴/۱۶۷	۹۷/۲۰
گیلان غرب	بارش	۵/۶۲۹	۲۷/۷۲	۴/۴۵۶	۱۳/۷۵	۴/۷۶۹	۴۵/۷	۹۹/۴	۷۴/۴	۴/۴	۲۱/۴	۱۷/۲۴	۵/۶۵۸	۲۹/۳۷
قصر شیرین	دما	۷/۱۴۹	۴/۱۱	۸/۱۰۷	۲۵/۱۳	۸/۱۹۴	۲/۲۷۵	۳۱/۳۳	۷/۳۵۲	۱/۳۵۷	۳/۳۱۶	۸۳/۲۵	۱/۱۹۱	۱۶/۲۳
قصر شیرین	بارش	۲/۵۰۸	۲۴/۵۴	۶/۳۵	۸/۱۴۸۴	۵/۷۲۴	۳۲/۸	۰	۲۸/۰	۰۲/۰	۰	۴۶/۱۸	۸/۴۵۱	۴۶/۳۶

منبع: یافته‌های پژوهش (۱۴۰۵)

نتایج نشان داد که اغلب ایستگاه‌های مورد مطالعه در گروه اقلیم‌های خشک (B) قرار می‌گیرند. به‌طوری‌که ایستگاه‌های کرمانشاه، روانسر، کنگاور، اسلام‌آباد غرب، جوانرود، قصرشیرین، سرپل‌ذهاب و گیلان‌غرب در طبقه اقلیم نیمه‌بیابانی (BS) قرار دارند. بر اساس ویژگی‌های دمایی، ایستگاه‌ها به دو زیرگروه سرد (k) و گرم (h) تقسیم شدند؛ به‌گونه‌ای که ایستگاه‌هایی با دمای میانگین سالانه کمتر از ۱۸ درجه در گروه BSk و ایستگاه‌هایی با دمای بیش از ۱۸ درجه در گروه BSh قرار گرفتند. در این میان، ایستگاه سنقر به دلیل برخورداری از شرایط دمایی و بارشی متفاوت، در گروه اقلیم معتدل (C) طبقه‌بندی شد (جدول ۳). در مجموع، نتایج بیانگر غلبه شرایط اقلیم خشک و نیمه‌بیابانی در سطح استان کرمانشاه است که این امر ناشی از کمبود بارش و بالا بودن میزان تبخیر و تعرق در منطقه می‌باشد.

جدول ۳. طبقه‌بندی اقلیمی ایستگاه‌های استان کرمانشاه براساس روش کوپن

ایستگاه‌ها	نوع اقلیم	اقلیم
کرمانشاه، روانسر، کنگاور، اسلام‌آباد غرب، جوانرود، قصرشیرین	نیمه‌بیابانی سرد	BSk
سرپل ذهاب، گیلان غرب	نیمه‌بیابانی گرم	BSh
سنقر	معتدل	Cbd

منبع: یافته‌های پژوهش (۱۴۰۵)

بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، بخش عمده استان کرمانشاه در گروه اقلیم‌های خشک (B) قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده غلبه شرایط کم‌بارش و تبخیر و تعرق بالا در منطقه است. در این نوع اقلیم، میزان بارندگی کمتر از نیاز آبی پوشش گیاهی بوده و در نتیجه، شرایط برای رشد طبیعی درختان محدود می‌باشد. با این حال، بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که ایستگاه سنقر در مقایسه با سایر نقاط استان از شرایط معتدل‌تری برخوردار بوده و در محدوده اقلیم مناسب‌تری برای رشد پوشش گیاهی، به‌ویژه جنگل‌های خزاندار، قرار دارد. همچنین ویژگی‌های دمایی منطقه بیانگر زمستان‌های نسبتاً ملایم بوده و دمای سردترین ماه در محدوده قابل تحمل برای پوشش گیاهی قرار می‌گیرد.

مقایسه شاخص‌های دومارتن و کوپن

به‌منظور درک بهتر تفاوت میان روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی مورد استفاده، مقایسه‌ای بین شاخص‌های دمارتن و کوپن در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. مقایسه طبقه‌بندی اقلیمی ایستگاه‌های منتخب براساس شاخص‌های دومارتن و کوپن

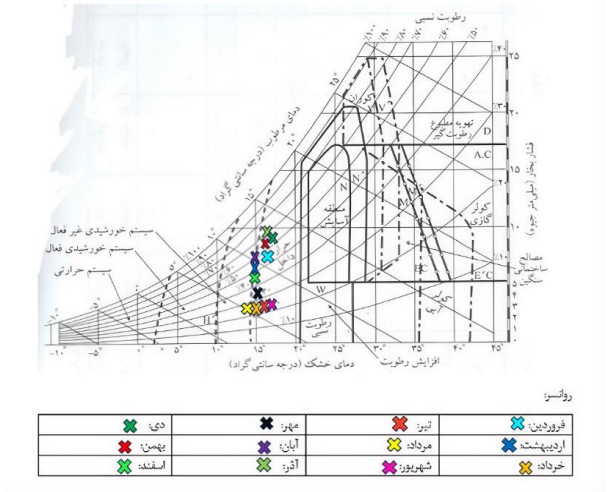
ایستگاه‌ها براساس کوپن	ایستگاه‌ها براساس دومارتن
نیمه بیابانی: کرمانشاه، روانسر، کنگاور، اسلام آباد غرب، جوانرود، قصرشیرین، سرپل ذهاب، گیلان غرب	نیمه خشک: قصر شیرین، سرپل ذهاب، گیلان غرب
معتدل: سنقر	نیمه مرطوب: جوانرود
–	مدیترانه‌ای: سنقر، روانسر، کرمانشاه، اسلام آباد غرب، کنگاور

منبع: یافته‌های پژوهش (۱۴۰۵)

بررسی جدول ۴ نشان می‌دهد که در طبقه‌بندی کوپن، اغلب ایستگاه‌های استان در گروه اقلیم نیمه‌بیابانی قرار گرفته‌اند، در حالی‌که شاخص دمارتن با تفکیک دقیق‌تر، تنوع بیشتری از شرایط اقلیمی شامل نیمه‌خشک، نیمه‌مرطوب و مدیترانه‌ای را نشان می‌دهد. این تفاوت بیانگر آن است که شاخص دمارتن نسبت به تغییرات دما و بارش حساس‌تر بوده و قادر به نمایش جزئیات بیشتری از شرایط اقلیمی منطقه می‌باشد. برای نمونه، ایستگاه‌های قصرشیرین، سرپل ذهاب و گیلان غرب در روش کوپن نیمه‌بیابانی، اما در شاخص دومارتن نیمه‌خشک هستند که نشان‌دهنده خشکی بیشتر این مناطق است. در مقابل، ایستگاه جوانرود در روش دومارتن نیمه‌مرطوب محسوب می‌شود، در حالی که کوپن آن را نیمه‌بیابانی تلقی کرده است. همچنین ایستگاه‌های سنقر، روانسر، کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب و کنگاور بر اساس شاخص دومارتن در طبقه مدیترانه‌ای جای می‌گیرند که نشان‌دهنده شرایط مرطوب‌تر نسبت به سایر نقاط استان است.

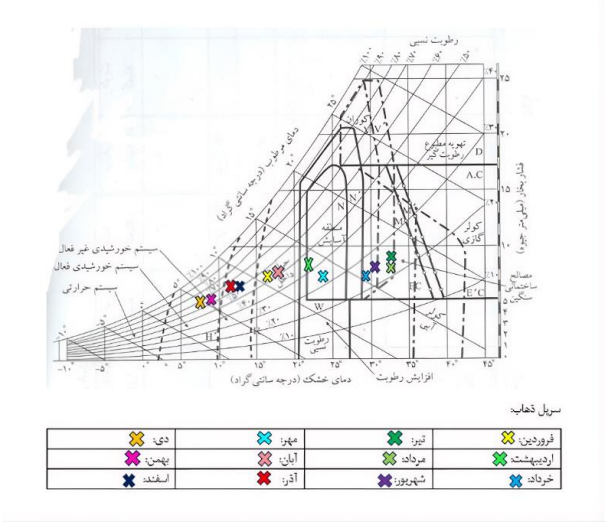
ج) روش گیونی

بر اساس نمودار بیوکلیماتیک گیونی، الگوی آسایش حرارتی در ایستگاه‌های استان کرمانشاه تنوع مکانی قابل توجهی نشان می‌دهد. ایستگاه‌های کوهستانی مانند کنگاور و سنقر دارای تابستان‌های آسایش کامل و زمستان‌های بسیار سرد هستند. در مقابل، ایستگاه‌های گرم و خشک مانند قصرشیرین و سرپل‌ذهاب در دوره گرم سال کاملاً خارج از محدوده آسایش بوده و نیاز مبرم به استراتژی‌های غیرفعال همچون بادگیر، خنک‌کننده تبخیری و سایه‌اندازی دارند. بیشترین ماه‌های آسایش مربوط به کنگاور (۵ ماه) و کمترین مربوط به قصرشیرین (۱ ماه) است. در همه ایستگاه‌ها، ماه‌های آذر، دی و بهمن به دلیل دمای پایین و رطوبت نسبی بالا، بحرانی‌ترین شرایط حرارتی را دارند. بنابراین پیشنهاد می‌شود در طراحی ساختمان‌های منطقه، ترکیبی از جرم حرارتی بالا برای زمستان و خنک‌کننده تبخیری برای تابستان به کار گرفته شود.



شکل ۴. نمودار زیست‌اقلیمی گیونی ایستگاه کنگاور (بیشترین ماه‌های آسایش حرارتی)

منبع: یافته‌های پژوهش (۱۴۰۵)



شکل ۵. نمودار زیست‌اقلیمی گیونی ایستگاه سرپل‌ذهاب (کمترین ماه‌های آسایش حرارتی)

منبع: یافته‌های پژوهش (۱۴۰۵)

بدین مبنا، با مقایسه نتایج سه روش (دومارتن، کوپن، گیونی) نشان‌دهنده هماهنگی قابل توجه میان آن‌ها است. به‌طوری‌که ایستگاه‌هایی که در طبقه‌بندی کوپن در گروه اقلیم‌های گرم و خشک‌تر (BSh) قرار دارند، در تحلیل گیونی نیز دارای کمترین تعداد ماه‌های آسایش حرارتی هستند. این همخوانی، اعتبار نتایج به‌دست‌آمده را تقویت می‌کند، در حالی که روش‌های دمارتن و کوپن بیشتر به طبقه‌بندی سالانه اقلیم می‌پردازند، روش گیونی امکان بررسی دقیق‌تر شرایط آسایش حرارتی در مقیاس ماهانه را فراهم می‌سازد و دید کاربردی‌تری برای طراحی اقلیمی ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر، روش‌های دومارتن و کوپن برای طبقه‌بندی اقلیم در مقیاس سالانه مناسب‌ترند، درحالی که روش گیونی برای تحلیل آسایش حرارتی در مقیاس فصلی و ماهانه و ارائه راهکارهای معماری کاربرد دارد.

تحلیل داده‌های اقلیمی ۹ ایستگاه منتخب استان کرمانشاه با استفاده از سه روش بیوکلیماتیک (دومارتن، کوپن و گیونی) نشان‌دهنده وجود تنوع قابل توجه اقلیمی و شرایط آسایش حرارتی در سطح استان است. بر اساس شاخص دومارتن، مقدار این شاخص در سطح استان بین ۱۰ تا ۷۰ متغیر بوده و استان در طبقات اقلیمی نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب، مرطوب و بسیار مرطوب قرار می‌گیرد. با این حال، بیشترین گستره استان در محدوده اقلیم نیمه‌خشک واقع شده که بیانگر غلبه شرایط نسبتاً خشک در منطقه است. این یافته با نتایج قانقرمه و همکاران (۱۳۹۷) که وضعیت مشابهی را برای مناطق غربی ایران گزارش کرده‌اند، هم‌راستا می‌باشد.

نتایج طبقه‌بندی کوپن نشان داد که از مجموع ۹ ایستگاه مورد بررسی، ۸ ایستگاه در گروه اقلیم‌های خشک (B) و تنها ایستگاه سنقر در گروه اقلیم معتدل (C) قرار دارد. در این میان، اقلیم نیمه‌بیابانی سرد (BSk) به‌عنوان الگوی غالب با ۶ ایستگاه شامل کرمانشاه، روانسر، کنگاور، اسلام‌آباد غرب، جوانرود و سنقر شناسایی شد. همچنین، اقلیم نیمه‌بیابانی گرم (BSh) در ایستگاه‌های سرپل‌ذهاب، گیلان‌غرب و قصرشیرین مشاهده گردید. ایستگاه سنقر با میانگین دمای پایین‌تر و بارش بیشتر، شرایطی معتدل‌تر و مرطوب‌تر نسبت به سایر نقاط استان دارد که این امر ناشی از قرارگیری آن در ارتفاعات و دریافت بارش‌های نسبتاً مناسب می‌باشد.

در تحلیل بیوکلیماتیک گیونی، الگوی آسایش حرارتی نشان داد که تعداد ماه‌های دارای آسایش کامل در ایستگاه‌های مختلف بین ۱ ماه (قصرشیرین) تا ۵ ماه (کنگاور) متغیر است. ایستگاه‌های کوهستانی مانند کنگاور و سنقر دارای تابستان‌های نسبتاً مطلوب و زمستان‌های سرد هستند، در حالی که ایستگاه‌های گرم‌تری مانند قصرشیرین و سرپل‌ذهاب در فصل گرم سال به‌طور کامل خارج از محدوده آسایش قرار دارند و نیازمند راهکارهای سرمایشی هستند. در تمامی ایستگاه‌ها، ماه‌های آذر، دی و بهمن به دلیل دمای پایین و رطوبت نسبی بالا، در محدوده ناآسایش سرد قرار گرفته و بحرانی‌ترین شرایط حرارتی را ایجاد می‌کنند.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استان کرمانشاه عمدتاً تحت تأثیر اقلیم نیمه‌خشک قرار داشته و شرایط آسایش حرارتی در آن محدود و وابسته به فصل است. بیشترین شرایط آسایش در فصول انتقالی (بهار و پاییز) رخ می‌دهد، در حالی که زمستان‌ها با تنش سرمایی و تابستان‌ها (به‌ویژه در مناطق گرم‌تر) با تنش گرمایی همراه است. بر این اساس، استفاده از راهکارهای طراحی اقلیمی ضروری است. در دوره‌های گرم سال، بهره‌گیری از روش‌هایی نظیر تهویه طبیعی، سایه‌اندازی و سرمایش تبخیری توصیه می‌شود، در حالی که در دوره‌های سرد، استفاده از عایق‌بندی حرارتی و جرم حرارتی بالا به منظور کاهش اتلاف انرژی اهمیت دارد. در دوره‌های دارای آسایش نسبی نیز تهویه طبیعی می‌تواند پاسخگوی نیاز حرارتی باشد. به طور خلاصه، برای ماه‌های گرم و خشک، خنک‌کننده‌های تبخیری و بادگیرها مؤثر هستند؛ برای ماه‌های سرد و مرطوب، عایق‌بندی حرارتی و جرم حرارتی بالا پیشنهاد می‌شود؛ و در ماه‌های آسایش، تهویه طبیعی کافی است. این نتایج

می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای طراحی ساختمان‌های همساز با اقلیم و کاهش مصرف انرژی در استان کرمانشاه مورد استفاده قرار گیرد. مقایسه نتایج پژوهش حاضر با مطالعه احمدی و قویدل رحیمی (۱۳۹۲) در شهر تبریز نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل توجهی در الگوی زمانی و مکانی آسایش حرارتی است. در مطالعه آن‌ها، تبریز با اقلیم سرد و خشک، دارای دوره آسایش حرارتی بسیار محدود (حدود ۱۷ درصد از ساعات سال) بوده و عمدتاً در ماه‌های گرم سال (ژوئن تا سپتامبر) متمرکز است. در مقابل، یافته‌های پژوهش حاضر در استان کرمانشاه نشان می‌دهد که اگرچه بخش عمده‌ای از استان در اقلیم نیمه‌خشک قرار دارد، اما به دلیل تنوع ارتفاعی و وجود ایستگاه‌های کوهستانی (مانند سنقر و کنگاور)، تعداد ماه‌های دارای آسایش حرارتی کامل در برخی مناطق به ۵ ماه در سال می‌رسد. همچنین بر خلاف تبریز که زمستان‌ها فاقد هرگونه ساعت آسایش است، در استان کرمانشاه به دلیل عرض جغرافیایی پایین‌تر و شرایط معتدل‌تر در بخش‌هایی از استان، دوره سرد سال با تنش سرمایی شدیدتری همراه نیست. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که الگوهای آسایش حرارتی در ایران تابعی از موقعیت جغرافیایی، ارتفاع و تنوع اقلیمی منطقه‌ای بوده و تعمیم نتایج یک شهر به کل استان یا مناطق دیگر نیازمند احتیاط است.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی آسایش حرارتی استان کرمانشاه با استفاده از تلفیق سه شاخص زیست‌اقلیمی دومارتن، کوپن و گیونی در ۹ ایستگاه سینوپتیک منتخب طی دوره آماری ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ انجام شد. نتایج نشان داد که استان کرمانشاه با توجه به تنوع جغرافیایی و ارتفاعی، از الگوی اقلیمی و آسایش حرارتی نسبتاً متنوعی برخوردار است. بر اساس شاخص دومارتن، بیشترین گستره استان در طبقه اقلیم نیمه‌خشک قرار دارد و طبقه‌بندی کوپن نیز غلبه اقلیم‌های خشک (گروه B)، به‌ویژه نیمه‌بیابانی سرد (BSk)، را در اغلب ایستگاه‌ها تأیید می‌کند. تحلیل بیوکلیماتیک گیونی نشان داد که ایستگاه‌های کوهستانی (کنگاور و سنقر) دارای بیشترین ماه‌های آسایش حرارتی (تا ۵ ماه در سال) هستند، در حالی که ایستگاه‌های کم‌ارتفاع‌تر و گرم‌تر (قصرشیرین و سرپل‌ذهاب) کمترین دوره آسایش (۱ ماه) را دارند. ماه‌های آذر، دی و بهمن در تمامی ایستگاه‌ها بحرانی‌ترین شرایط را از نظر تنش سرمایی نشان می‌دهند.

هماهنگی قابل توجه میان سه روش مورد استفاده، اعتبار و کارایی تلفیق شاخص‌های اقلیمی و بیوکلیماتیک را برای ارزیابی جامع آسایش حرارتی در مناطق با توپوگرافی متنوع تأیید می‌کند. نتایج این پژوهش که با یافته‌های قانقرمه و همکاران (۱۳۹۷) درباره وضعیت اقلیمی مناطق غربی ایران هم‌راستا است و با مطالعه احمدی و قویدل رحیمی (۱۳۹۲) در شهر تبریز نیز مقایسه شد، نشان می‌دهد الگوهای آسایش حرارتی به‌شدت تابع موقعیت جغرافیایی، ارتفاع و تنوع اقلیمی منطقه‌ای بوده و تعمیم نتایج یک ایستگاه یا شهر به کل منطقه نیازمند احتیاط است.

بر اساس یافته‌های پژوهش، در ماه‌های گرم و خشک سال استفاده از خنک‌کننده‌های تبخیری، سایه‌اندازی و بادگیرها، در ماه‌های سرد و مرطوب استفاده از عایق‌بندی حرارتی و جرم حرارتی بالا، و در ماه‌های دارای آسایش نسبی بهره‌گیری از تهویه طبیعی توصیه می‌شود. این یافته‌ها می‌تواند به‌عنوان مبنایی علمی برای طراحی معماری همساز با اقلیم، برنامه‌ریزی شهری و کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های استان کرمانشاه مورد استفاده قرار گیرد. از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به بازه آماری ده‌ساله داده‌ها اشاره کرد که پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی با استفاده از سری‌های زمانی بلندمدت‌تر، روند تغییرات آسایش حرارتی استان کرمانشاه نیز مورد بررسی قرار گیرد.

مشارکت نویسندگان

محمود احمدی: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله. لیلا آذری‌نژاد: تهیه و آماده‌سازی داده‌ها، گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات و تحلیل‌های آماری، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله..

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این پژوهش که مستخرج از پایان نامه ارشد، حامی مالی نداشته است.

تقدیر

از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود. نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌هاست.

منابع

۱) احمدی، محمود و یوسف قویدل رحیمی (۱۳۹۲). برآورد و تحلیل زمانی آسایش اقلیمی شهر تبریز. جغرافیا و توسعه، ۱۱(۳۳)، ۱۷۳-۱۸۲. https://doi.org/10.22111/gdij.2013.1330

۲) سازمان هواشناسی استان کرمانشاه (۱۴۰۳). سامانه اطلاعات و آمار هواشناسی. بازیابی شده از http://www.kermanshahmet.ir/met/amar

۳) سلیقه، محمد، بریمانی، فرامرز و اسمعیل‌نژاد، مرتضی. (۱۳۸۷). پهنه‌بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان. جغرافیا و توسعه، ۶(۱۲)، ۱۰۱-۱۱۶. https://doi.org/10.22111/GDIJ.2008.1245

۴) شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه (۱۴۰۳). موقعیت جغرافیایی استان کرمانشاه. بازیابی شده در ۱۹ ژانویه ۲۰۲۵، از https://www.kshrw.ir

۵) فتحی تپه رشت، امین، شفیع‌زاده مقدم، حسین و کوچک‌زاده، مهدی. (۱۴۰۱). تحلیل فضایی- زمانی طبقه‌بندی اقلیمی ایران براساس روش دومارتن و آزمون من-کندال در دوره آماری ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۸. فصلنامه علوم محیطی، ۲۰(۳)، ۱۳۷-۱۵۴. https://doi.org/۱۰.۵۲۵۴۷/envs.۲۰۲۱.۱۱۰۵

۶) قانقرمه، عبدالعظیم، روشن، غلامرضا و شاهکویی، اسماعیل. (۱۳۹۷). بازنگری در تعیین دمای پایه آسایش حرارتی مناطق اقلیمی متفاوت ایران به منظور محاسبه شاخص درجه-روز مورد نیاز سرمایشی و گرمایشی. فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، ۲۷(۱۰۵)، ۱۲۷-۱۴۳. https://doi.org/۱۰.۲۲۱۳۱/sepehr.۲۰۱۸.۳۱۴۸۱

۷) نیکقدم، نیلوفر، مفیدی شمیرانی، سید مجید و طاهباز، منصوره. (۱۳۹۴). مقایسه تحلیلی پهنه‌بندی اقلیمی مناطق جنوبی ایران با روش کوپن-تراورتا و معیارهای آسایش گیونی. نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۸(۱۵)، ۱۱۹-۱۳۰.

۸) یعقوبی، علی. (۱۳۹۹). بررسی آسایش حرارتی و معماری متاثر از اقلیم بر اساس شاخص‌های ماهانی و گیونی، شهر سمنان. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه‌ریزی، ۹(۱)، ۷۴-۹۰.

9) Ahmadi, M., & Ghavidel Rahimi, Y. (2013). Estimation and temporal analysis of climatic comfort in Tabriz City. Geography and Development, 11(33), 173-182. https://doi.org/10.22111/GDIJ.2013.1330 [Persian].

10) ASHRAE. (1985). Physiological principles for comfort and health. ASHRAE Fundamentals Handbook, Ch. 8.

11) ASHRAE. (2020). ANSI/ASHRAE Standard 55-2020: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

12) Dear, R. J., & Brager, G. S. (1998). Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. ASHRAE Transactions, 104(1), 145-167.
13) De Martonne, E. (1926). Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. La Météorologie, 2, 449-458.
14) Fanger, P. O. (1970). Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering. Copenhagen: Danish Technical Press.
15) Fathi Tapeh Rasht, A., Shafizadeh Moghadam, H., & Koochakzadeh, M. (2022). Spatio-temporal analysis of Iran's climate classification based on the De Martonne method and Mann-Kendall test during 1995-2019. Environmental Sciences, 20(3), 137-154. https://doi.org/10.52547/envs.2021.1105 [Persian]
16) Geiger, R. (1954). Klassifikation der Klimate nach W. Köppen. In Landolt-Börnstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, alte Serie (Vol. 3, pp. 603-607). Springer.
17) Ghanghormeh, A., Roshan, G., & Shahkoei, E. (2018). Revision of the base temperature for thermal comfort in different climatic regions of Iran for calculating the required heating and cooling degree-day index. Sepehr Geographical Information Quarterly, 27(105), 127-143. https://doi.org/10.22131/sepehr.2018.31481 [Persian]
18) Givoni, B. (1976). Man, Climate and Architecture (2nd ed.). Applied Science Publishers.
19) Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines. Energy and Buildings, 18(1), 11-23. https://doi.org/10.1016/0378-7788(92)90047-K
20) Humphreys, M. A. (1975). Field studies of thermal comfort compared and applied. Building Research Establishment, Current Paper CP 76/75, Watford, UK.
21) Kermanshah Province Meteorological Organization. (2024). Weather information and statistics system. Retrieved from http://www.kermanshahmet.ir/met/amar [Persian]
22) Kermanshah Regional Water Company. (2024). Geographic location of Kermanshah Province. Retrieved January 19, 2025, from https://www.kshrw.ir/ [Persian]
23) Köppen, W. (1936). Das geographische System der Klimate. In Handbuch der Klimatologie. Gebrüder Borntraeger.
24) McIntyre, D. A. (1978). Preferred air speeds for comfort in warm conditions. ASHRAE Transactions, 84, 264-277.
25) Nicol, J. F. (1974). An analysis of some observations of thermal comfort in Roorkee, India and Baghdad, Iraq. Annals of Human Biology, 1(4), 411-426. https://doi.org/10.1080/03014467400000441
26) Nikghadam, N., Mofidi Shirazi, S. M., & Tahbaz, M. (2015). Comparative analysis of the climatic zoning of southern regions of Iran using the Köppen-Trewartha method and Givoni comfort criteria. Armanshahr Architecture & Urban Development, 8(15), 119-130. [Persian]
27) Olgyay, V. (1963). Design with Climate. Princeton University Press.
28) Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and Earth System Sciences, 11, 1633-1644. https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007
29) Riffelli, S. (2021). Global comfort indices in indoor environments: A survey. Sustainability, 13(22), 12784. https://doi.org/10.3390/su132212784
30) Saligheh, M., Barimani, F., & Esmaeilnejad, M. (2008). Climatic zoning of Sistan and Baluchestan Province. Geography and Development, 6(12), 101-116. https://doi.org/10.22111/gdij.2008.1245 [Persian]
31) Yaghoubi, A. (2020). Investigating thermal comfort and climate-influenced architecture based on Mahani and Givoni indices in Semnan City. Application of GIS and Remote Sensing in Planning, 9(1), 74-90. [Persian]