



Evaluation and Comparison of RayMan Model Indices against Evans Index for Developing an Ecotourism Calendar (Optimal Times for Nature Tourism) in Borujerd and Kuhdasht Counties

Fataneh Jafarpour,¹

1. Social Sciences Teacher at Farhang High School in Khorramabad. Email: fataneh.j.1371@gmail.com

Article Info

Article type
Research Article

Article history:

Received
24 February 2026
Received in revised form
29 March 2026
Accepted
30 May 2026
Available online
1 July 2026

Keywords:

Climatic Indexand,
Tourism Calendar,
Evans,
Human Bioclimatology,
RayMan.

ABSTRACT

Objective: Weather is one of the most fundamental factors affecting the Earth's structure and a vast resource for the tourism economy. In this study, in order to determine the suitable ecotourism calendar in Borujerd and Kuhdasht counties, the performance of RayMan model bioclimatic indices (including PET, PMV, and SET) has been evaluated in comparison with the Evans index. The study aims to identify the most accurate approach for determining thermal comfort periods in these mountainous regions. By comparing these two methods, the research seeks to provide a scientific basis for tourism planners and policymakers in Lorestan Province.

Method: Climatic data including air temperature, relative humidity, cloud cover, wind speed, and vapor pressure for the period 1999 to 2014 were extracted from the relevant stations. Using RayMan software, bioclimatic index values were calculated and analyzed on a daily and monthly scale. The Evans index was also applied to the same dataset to enable direct comparison between the two approaches. All statistical analyses were performed using appropriate software to ensure accuracy and reliability of the results.

Results: The results on a daily scale showed that based on SET and PMV indices (RayMan model), the best time for ecotourists at Borujerd station is from June 27 to August 27, while the Evans index introduces the periods June 22 to June 14 and September 5 to October 6. At Kuhdasht station, the RayMan model shows the periods May 18 to June 3 and September 11 to October 3, but the Evans index considers the periods May 4 to May 25 and September 18 to October 23 as suitable. On a monthly scale, the RayMan model in Borujerd identifies July and August as the best times, while the Evans index suggests June and September. In Kuhdasht, the RayMan model does not consider any month as having climatic comfort, but the Evans index considers May and October as suitable. The RayMan model consistently recorded more detailed thermal classifications compared to the Evans index.

Conclusions: In general, the greater the difference in thermal sensitivity degrees, the more accurate the analysis of various temperatures will be. The results of this study show that the RayMan model provides a better understanding of the bioclimatic conditions of the study area compared to the Evans index and is more efficient for preparing ecotourism calendars in the studied regions. The 11 thermal spectra of the RayMan model offer superior precision over the three-category classification of the Evans index. Therefore, for mountainous regions like the Zagros, the use of PET, PMV, and SET indices is recommended for sustainable tourism planning.

Cite this article: Hajari, Z., Jafarpour, F., Taghavigodarzi, S, (2026). Evaluation and Comparison of RayMan Model Indices against Evans Index for Developing an Ecotourism Calendar (Optimal Times for Nature Tourism) in Borujerd and Kuhdasht Counties 1(1), 185-202.. <https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.12.1>



© © Author(s) retain the copyright and full publishing rights

Publisher: : Lorestan University.



DOI: <https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.12.1>

1. Introduction

Bioclimatic indices represent human responses to weather conditions and simplify understanding the complex impact of atmospheric elements on human comfort. These indices enable comparison of comfort climates across different locations. Research in tourism climatology spans approximately four decades, with indices such as PMV, PET, SET, and TCI proving highly effective in determining climatic comfort for tourism purposes. In Iran, systematic investigation of tourism attractions began in 1976, with numerous studies using RayMan and other models to assess tourism climates in various regions. Studies in Lorestan Province have reported two optimal tourism

peaks (May-June and September-October). Borujerd and Kuhdasht counties have numerous natural attractions that facilitate various ecotourism activities in different seasons. These activities require precise planning for nature-based tourism development, as favorable climatic conditions are fundamental to tourism development. The aim of this study is to determine suitable ecotourism calendars using the RayMan model and Evans index, and to compare their performance in identifying climatic comfort periods to aid better planning for nature tourism development in these regions.

2. Methodology

Borujerd city is located in the northeastern part of Lorestan Province in the Zagros mountainous region, covering approximately 1,606 km² at coordinates 48°54'E longitude and 33°55'N latitude, with an elevation of 1,629 meters. Kuhdasht city is located in western Lorestan Province, covering approximately 3,904 km² at coordinates 33°47'E longitude and 32°35'N latitude, with an elevation of 1,159 meters. The RayMan model is a thermo-physiological heat balance model used to derive PET, PMV, and SET indices. Required input parameters include positional data (latitude,

longitude, elevation), meteorological variables (dry air temperature, vapor pressure, relative humidity, wind speed, cloud cover), individual physiological factors (height, weight, age, gender), and clothing/activity levels. Climatic data for 1999-2014 were obtained from relevant stations. PET, PMV, and SET values were calculated using RayMan software and analyzed on daily and monthly scales. The Evans index determines comfort zones based on the relationship between dry air temperature and four parameters (relative humidity, air flow, activity, and clothing) across three categories: cold, comfortable, and warm.

3. Results

Based on daily PET at Borujerd station, climatic comfort occurs in two periods: May 26 to June 21 and September 5 to September 29, recording 52 comfort days. At Kuhdasht station, comfort occurs from May 18 to June 3 and September 11 to October 3, with 40 comfort days. According to the PMV index at Borujerd, comfort occurs from June 27 to August 27, with 61 comfort days; at Kuhdasht, comfort occurs from June 15 to June 28 and August 23 to

September 5, with 28 comfort days. Based on the SET index at Borujerd, comfort occurs from June 27 to August 27, with 62 comfort days; at Kuhdasht, comfort occurs from June 15 to June 28 and August 23 to September 10, with 32 comfort days. The Evans index at Borujerd shows comfort from May 22 to June 14 and September 5 to October 6, with 54 comfort days; at Kuhdasht, comfort occurs from May 4 to May 25 and September 18 to October 23,

with 57 comfort days. All three RayMan indices recorded longer periods of cold/cool sensitivity compared to warm sensitivity, indicating

predominance of cool to cold conditions in both regions.

4. Discussion

The comparison of the two approaches reveals significant differences in precision and coverage. The RayMan model performs calculations based on 11 thermal spectra (from "extremely cold" to "extremely hot") and provides more refined analysis through indices like PMV and SET. In contrast, the Evans index uses only three categories: "cold," "comfortable," and "warm." This limitation prevents the Evans index from distinguishing between "slightly cool" and "very cold" or "mild warmth" and "severe heat." In Borujerd, PET, PMV, and SET recorded 52, 61, and 62 comfort days respectively; in Kuhdasht, 40, 28, and 32 days. The Evans index, if counting

tolerable days, yields more days (206 in Borujerd, 189 in Kuhdasht) but lacks precision in distinguishing thermal stress intensity. The optimal times for ecotourists at Borujerd according to RayMan (SET and PMV) are June 27 to August 27, while Evans suggests May 22 to June 14 and September 5 to October 6. At Kuhdasht, RayMan recommends May 18 to June 3 and September 11 to October 3, but Evans proposes May 4 to May 25 and September 18 to October 23. The RayMan model's higher resolution and alignment with human physiology make it superior for ecotourism planning.

5. Conclusion

This study compared the performance of the RayMan model (with PET, PMV, and SET indices) and the Evans index for developing an ecotourism calendar in Borujerd and Kuhdasht counties. The RayMan model, with its 11 thermal sensitivity categories, provides more detailed analysis of thermal conditions compared to the Evans index's three-category classification. This limitation of the Evans index prevents it from distinguishing between varying degrees of thermal stress, potentially including unsuitable periods as "tolerable" that

may not be truly comfortable for nature tourists. Given its higher resolution and better alignment with actual human physiological conditions, the use of PET, PMV, and SET indices is recommended for ecotourism calendars in mountainous Zagros regions. Optimal periods: Borujerd (RayMan) June 27-August 27; Kuhdasht May 18-June 3 and September 11-October 3. These findings provide a scientific basis for nature tourism planning in Lorestan Province, guiding local authorities in developing targeted strategies for sustainable ecotourism development.

Author Contributions

In the preparation and writing of this article, all authors have contributed equally. All stages of the research, from study design and data

collection to analysis of results and final writing of the article, are the result of collaboration and collective agreement of all authors.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

We are very grateful to everyone who assisted us in conducting this research.

Ethical Considerations

All authors affirm that this research was conducted in accordance with ethical standards, with no data fabrication, falsification, or plagiarism.

Funding

This research was conducted with the support of the [Institutional Name]. The authors would like to express their sincere gratitude and appreciation to these institutions for their valuable support.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



ارزیابی و مقایسه عملکرد شاخص‌های مدل ریمن در برابر شاخص اوانز به منظور تدوین تقویم اکوتوریسم (بهترین زمان‌های گردشگری طبیعی) در دو شهرستان بروجرد و کوهدشت

فتانه جعفرپور ۱

۱. دبیر علوم اجتماعی دبیرستان فرهنگ خرم آباد، رایانامه: fataneh.j.1371@gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف: آبوهوا یکی از بنیادی‌ترین عوامل مؤثر در ساختار کره زمین و منبعی عظیم برای اقتصاد گردشگری به‌شمار می‌رود. در این پژوهش، به منظور تعیین تقویم مناسب اکوتوریسم در دو شهرستان بروجرد و کوهدشت، عملکرد شاخص‌های زیست‌اقلیمی مدل ریمن (شامل PMV، PET و SET) در مقایسه با شاخص اوانز ارزیابی شده است. **روش‌ها:** داده‌های اقلیمی شامل دمای هوا، رطوبت نسبی، میزان برانگیختگی آئسین، سرعت باد و فشار بخار در بازه زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۳ از ایستگاه‌های مربوطه استخراج گردید. با استفاده از نرم‌افزار RayMan، مقادیر شاخص‌های زیست‌اقلیمی محاسبه و در مقیاس روزانه و ماهانه تحلیل شد.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۱۰

نتایج: نتایج در مقیاس روزانه نشان داد که بر اساس شاخص‌های SET و PMV (مدل ریمن)، بهترین بازه زمانی برای حضور اکوتوریست در ایستگاه بروجرد از ۶ تیر تا ۵ شهریور است، در حالی که شاخص اوانز بازه‌های ۱ تا ۲۳ خرداد و ۱۴ شهریور تا ۱۴ مهر را معرفی می‌کند. در ایستگاه کوهدشت، مدل ریمن بازه‌های ۲۸ اردیبهشت تا ۱۳ خرداد و ۲۰ شهریور تا ۱۱ مهر را نشان می‌دهد، اما شاخص اوانز بازه‌های ۱۴ اردیبهشت تا ۴ خرداد و ۲۷ شهریور تا ۱ آبان را مناسب می‌داند. در مقیاس ماهانه، مدل ریمن در بروجرد ماه‌های تیر و مرداد را بهترین زمان معرفی می‌کند، در حالی که شاخص اوانز خرداد و شهریور را پیشنهاد می‌دهد. در کوهدشت، مدل ریمن هیچ کدام از ماه‌ها را دارای آسایش اقلیمی نمی‌داند، اما شاخص اوانز اردیبهشت و مهر را مناسب برمی‌شمارد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، هر چه تفاوت درجات حساسیت حرارتی بیشتر باشد، تحلیل دماهای گوناگون دقیق‌تر خواهد بود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدل ریمن نسبت به شاخص اوانز شناخت بهتری از زیست‌اقلیم منطقه مورد مطالعه ارائه می‌دهد و برای تهیه تقویم اکوتوریسم در مناطق مورد بررسی کارآمدتر است.

کلیدواژه‌ها:

شاخص اقلیمی،

تقویم گردشگری،

اوانز،

زیست‌اقلیم‌شناسی انسانی،

RayMan.

استناد: جعفرپور، ف، حاجری، ز، تقوی‌گودرزی، س (۱۴۰۵). ارزیابی و مقایسه عملکرد شاخص‌های مدل ریمن در برابر شاخص اوانز به منظور تدوین تقویم

اکوتوریسم (بهترین زمان‌های گردشگری طبیعی) در دو شهرستان بروجرد و کوهدشت، (۱)، ۱۸۶-۲۰۲.

<https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.12.1>



<https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.12.1>



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه لرستان.

۱. مقدمه

شاخص‌های زیست‌اقلیمی، واکنش انسان به شرایط آب‌وهوایی را نشان می‌دهند و در قالب طبقه‌بندی عددی، طیفی از «بسیار مناسب» تا «بسیار نامناسب» را شامل می‌شوند. این شاخص‌ها درک تأثیر پیچیده عناصر جوی بر آسایش انسان را ساده‌تر می‌سازند و امکان مقایسه اقلیم آسایشی مکان‌های گوناگون را فراهم می‌آورند (De Freitas, 2001). تحقیقات در حوزه آب‌وهواشناسی توریسم و اوقات فراغت حدود چهار دهه قدمت دارد و روندی پرفرازونشیب داشته است. پس از طبقه‌بندی‌های طبیعی اقلیم (کوپن، تورنت‌وایت، تروارتا)، اقلیم‌شناسان به ارزیابی اقلیم از منظر انسانی روی آوردند. از کارهای اولیه می‌توان به ناحیه‌بندی اقلیم انسانی برای استراحتگاه‌های ساحلی فرانسه و تقسیم‌بندی بیوکلیمایی آمریکا اشاره کرد. شاخص TCI توسط میسرکوفسکی (۱۹۸۵) معرفی شد و بعداً توسط ماتزاراکیس (۱۹۹۵) توسعه یافت. شاخص‌های دمایی-فیزیولوژیک برگرفته از معادله بیلان انرژی بدن (فانگر) و مدل (Jendritzky, G. Menz, G. Schmidt- MEMI, Kessen, W. Schirmer, H, 1990) پایه‌ریزی شدند.

پژوهش‌های متعدد دیگر (Hounam, C. E, 1967 & Matzarakis, A, H. Mayer, 1979 & Perry, A, H, 2001 & Deb, Ch. Ramachandraiah, A, 2010)

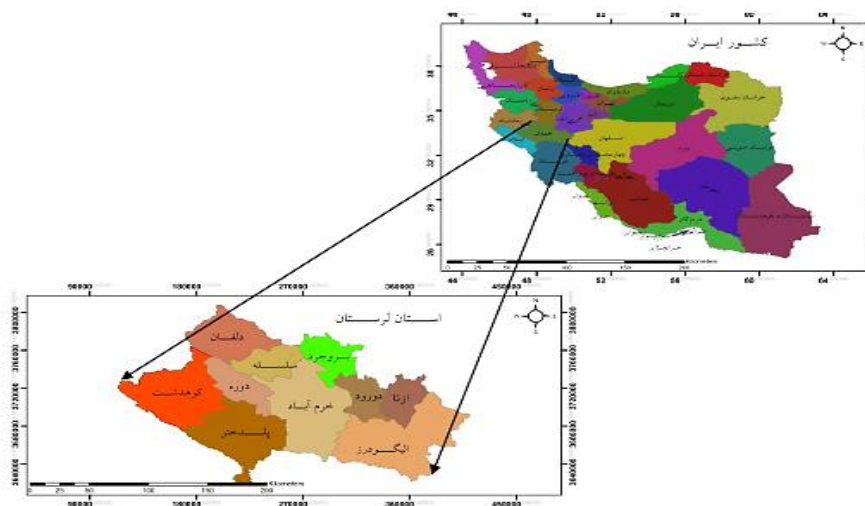
نشان داده‌اند که شاخص‌هایی مانند PMV، PET، SET و TCI توانایی بالایی در تعیین آسایش اقلیمی برای اهداف گردشگری دارند. بررسی سیستماتیک جاذبه‌های گردشگری از سال ۱۳۵۴ آغاز شد. تحقیقات علمی نوین در این حوزه محدود اما رو به رشد است. (Zolfaghari, H, 2007)، با مدل Rayman آسایش حرارتی تبریز را فقط ۴۷ روز در سال تعیین کرد. (Heidari, F, 2008)، سواحل خلیج فارس و دریای عمان را با PET و PMV بررسی کرد. (Farajzadeh, 2010) اقلیم توریستی ایران را با TCI پهنه‌بندی نمودند. (Ataei, H., & Hashemi Nasab, S, 2011)، پتانسیل‌های استان سمنان را با PET مطالعه کردند. (Barimani, F., &

(Esmailnejad, M, 2010)، روش‌های سنتی و نوین را در سواحل جنوبی مقایسه نمودند. (Sari Sarraf, B., Mohammadi, G.H., & Hosseini Sadr, A, 2010) نشان دادند که شاخص PET نتایج بهتری در شمال آذربایجان غربی ارائه می‌دهد. (Fotouhi, S., Yari, M., & Yari, Y, 2012)، در تالاب هامون از TCI، ترجونگ و اوانز استفاده کردند. (Baghideh, M., Asgari, E., Shoja, F., & Jamalabadi, J, 2014)، در اصفهان نتیجه گرفتند که PET و PMV شناخت بهتری از زیست‌اقلیم دارند. (Feizi, V., Shayan, S., & Malashahi, M, 2010 & Karamvandi, Z, 2012)، با شاخص TCI استان لرستان را بررسی کرده و دو اوج مطلوب (اردیبهشت-خرداد و شهریور-مهر) و نامناسب‌ترین ماه‌ها (ژانویه، فوریه، دسامبر) را گزارش دادند. (Parvaneh, B., Shahrokhi Vandi, S.M., & Nazari, N, 2011)، آسایش دهه‌ای الیگودرز را تعیین کردند. مهدی‌نسب و (Mahdinasab, M., & Naserzadeh, M.H, 2013)، در دریاچه گهر با مدل MEMI، ماه‌های اردیبهشت، خرداد، شهریور و مهر را مناسب‌ترین زمان معرفی نمودند. شهرستان‌های بروجرد و کوهدشت دارای جاذبه‌های طبیعی متعددی هستند که هر یک به‌نوبه خود، زمینه‌ساز فعالیت‌های مختلف اکوتوریستی در فصول گوناگون می‌باشند و طبیعت‌گردان را به سوی خود جذب می‌کنند. این فعالیت‌ها نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و هدفمند برای جذب و توسعه گردشگری طبیعت‌محور است، چرا که یکی از ارکان اساسی توسعه صنعت گردشگری در هر منطقه، داشتن شرایط اقلیمی مساعد و شناسایی زمان‌های مناسب اقلیمی برای سفر به آن مناطق می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش، تعیین تقویم زمانی مناسب برای فعالیت‌های اکوتوریسم در شهرستان‌های بروجرد و کوهدشت، با استفاده از مدل ریمن (RayMan) و شاخص اوانز، و همچنین مقایسه عملکرد این دو روش در شناسایی دوره‌های آسایش اقلیمی جهت کمک به برنامه‌ریزی بهتر توسعه گردشگری طبیعی در این مناطق است.

۲. مواد و روش

دارد. پست‌ترین ناحیه نیز دشت «سیالخور» با ارتفاع تقریبی ۱۵۰۰ متر است. شهرستان کوه‌دشت در غرب استان لرستان و در منطقه کوهستانی زاگرس واقع شده است. مساحت آن حدود ۳۹۰۴ کیلومتر مربع بوده و در محدوده ۳۳ درجه و ۴۷ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۵۹ متر است.

شهر بروجرد، در بخش شمال شرقی استان لرستان و در ناحیه کوهستانی زاگرس جای گرفته است. مساحت آن حدود ۱۶۰۶ کیلومتر مربع بوده و از نظر مختصات جغرافیایی در راستای ۴۸ درجه و ۵۴ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۲۹ متر است. بلندترین نقطه بروجرد، قله «والش» با ۳۶۲۳ متر ارتفاع می‌باشد که در کوه گرین، واقع در غرب شهر بروجرد قرار



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان های بروجرد و کوه‌دشت

مدل Rayman جزء مدل های موازنه حرارتی ترمو - فیزیولوژیک است که به عنوان مبانی برای به دست آوردن شاخص های PET و PMV و SET محسوب می گردد. پرایمرهای مورد نیاز در این مدل برای تعیین شاخص های PET و PMV و SET به چهار دسته تقسیم می شوند:

۱. پارامترهای موقعیتی؛ شامل طول، عرض جغرافیایی و ارتفاع هندسی محل ۲. پارامترهای هواشناسی شامل دمای هوای خشک بر حسب درجه سانتی گراد، فشار بخار به هکتو پاسکال، رطوبت نسبی به درصد، سرعت بار بر حسب متر بر ثانیه و میزان ابرناکی آسمان بر حسب اکتا ۳. دسته سوم از پارامترها شامل متغیرهای فردی که به عنوان ویژگی های فیزیولوژیک مؤثر در مدل لحاظ می گردند. در این رابطه می بایست ویژگی های فردی مثل قد، وزن، سن و جنسیت وارد مدل شود. با توجه به اینکه داده های فیزیولوژیک، پوشش و نوع فعالیت بیمار متفاوت و متغیر هستند، بنابراین طبق توصیه مدل، می توان مواردی را به صورت میانگین یا حالت استاندارد در نظر گرفت.

جدول ۱: مقادیر آستانه شاخص های PET، PMV و SET در درجات مختلف حساسیت بدن انسان

حساسیت حرارتی شاخص PET									
مقدار	< ۴	۴	۸	۱۳	۱۸	۲۳	۲۹	۳۵	۴۱
حساسیت حرارتی	خیلی سرد	سرد	خنک	کمی خنک	راحت	کمی گرم	گرم	خیلی گرم	داغ
رنگ									
حساسیت حرارتی شاخص PMV									
مقدار	< -۳.۵	-۳.۵	-۲.۵	-۱.۵	-۰.۵	۰.۵	۱.۵	۲.۵	۳.۵
حساسیت حرارتی	خیلی سرد	سرد	خنک	کمی خنک	راحت	کمی گرم	گرم	خیلی گرم	داغ
رنگ									
حساسیت حرارتی شاخص SET									
مقدار	کمتر از -۲۰	(-۲۰) - (-۱۰)	(-۱۰) - (-۱.۶۷)	۱.۶۷ - ۱۵.۵	۱۷.۸ - ۲۲.۲	۲۲.۲ - ۲۵.۶	۲۵.۶ - ۲۷.۵	۲۷.۵ - ۳۰	بیشتر از ۳۰
حساسیت حرارتی	فوق العاده سرد	خیلی سرد	سرد	خیلی خنک	خنک	راحت	گرم	خیلی گرم	فوق العاده گرم
رنگ									

(مانتراکس و دیگران، ۱۳۹۹) و

مقیاس الف، ب و ج و به تفکیک روز و شب مشخص شده و به سه وضعیت گرم، سرد و راحت تقسیم می گردد. (رازجویان، ۱۳۶۷).

اولین برای تعیین منطقه آسایش، رابطه دمای خشک هوا را با چهار فراسنج رطوبت نسبی، جریان هوا، فعالیت و پوشش مشخص می کند. با استفاده از جدول اولیه، جدول شماره ۱، دمای مطلوب روز و شب با توجه به فراسنجهای مذکور در سه

جدول ۳: شاخص اوانز

مقیاس	شرایط گرمایی	رطوبت نسبی	دمای روزانه	دمای شبانه
الف	محدوده منطقه آسایش دمایی با جریان هوای ۱ متر در ثانیه	۰-۳۰	۲۹/۵-۳۲/۵	۲۷/۵-۲۹/۵
		۳۰-۵۰	۲۸/۵-۳۰/۵	۲۶/۵-۲۹
		۵۰-۷۰	۲۷/۵-۲۹/۵	۲۶-۲۸/۵
		۷۰-۱۰۰	۲۶-۲۹	۲۵/۵-۲۸
ب	محدوده منطقه آسایش دمایی با لباس سبک تابستانی و روانداز سبک در شب با جریان نامحسوس هوا (۱/۱ متر در ثانیه)	۰-۳۰	۲۲/۵-۳۰	۲۰-۲۷/۵
		۳۰-۵۰	۲۲/۵-۲۸	۲۰-۲۶/۵
		۵۰-۷۰	۲۲/۵-۲۷/۵	۲۰-۲۶
		۷۰-۱۰۰	۲۲/۵-۲۷	۲۰-۲۵/۵
ج	محدوده منطقه آسایش دمایی با لباس معمولی و گرم و روانداز ضخیم در شب	۰-۳۰	۱۸-۲۰	۱۶-۲۰
		۳۰-۵۰	۱۸-۲۰	۱۶-۲۰
		۵۰-۷۰	۱۸-۲۰	۱۶-۲۰
		۷۰-۱۰۰	۱۸-۲۰	۱۶-۲۰

منبع: (طاووسی و عبدالحی، ۱۳۸۹)

۳. یافته های تحقیق

۴ خرداد و ۸ تا ۱۴ مهر دیده می شود. حساسیت حرارتی خشک نیز از ۱۲ فروردین تا ۱۶ اردیبهشت و از ۱۵ مهر تا ۱۵ آبان ادامه دارد. از ۱۶ آبان تا ۱۱ فروردین، حساسیت حرارتی سرد وجود دارد و از ۱ تیر تا ۱۳ شهریور، حساسیت حرارتی کمی

بر اساس شاخص دمای فیزیولوژیک (PET) در ایستگاه بروجرد و در مقیاس روزانه، آسایش اقلیمی در دو بازه ۵ تا ۳۱ خرداد و ۱۴ شهریور تا ۷ مهر حاکم است. همچنین حساسیت حرارتی کمی خشک در بازه های ۱۷ اردیبهشت تا

جدول ۴: شاخص PET روزانه ایستگاه بروجرد

[illegible]

بر پایه‌ی شاخص دمای فیزیولوژیک (PET) در ایستگاه کوه‌دشت و در مقیاس روزانه، شرایط آسایش اقلیمی در بازه‌های ۲۸ اردیبهشت تا ۱۳ خرداد و ۲۰ شهریور تا ۱۱ مهر برقرار است. حساسیت حرارتی کمی خنک از ۴ تا ۲۷ اردیبهشت و همچنین در ۱۲ مهر (با توجه به متن اصلی «۱۲ بهره‌آبان» که احتمالاً اشتباه تایپی و منظور «۱۲ مهر» است)

جدول ۵: شاخص PET روزانه ایستگاه کوه‌دشت

[illegible]

در ۲۴ آبان وجود دارد. از ۷ آبان تا ۷ فروردین نیز حساسیت حرارتی سرد حاکم است. در مجموع، شاخص PMV در بروجرد ۶۱ روز آسایش، ۶۴ روز حساسیت کمی خنک، ۹۰ روز حساسیت خنک و ۱۵۰ روز حساسیت سرد را نشان می‌دهد.

طبق شاخص میانگین پیش‌بینی شده (PMV) در ایستگاه بروجرد و در مقیاس روزانه، آسایش اقلیمی از ۶ تیر تا ۴ شهریور حاکم است. حساسیت حرارتی کمی خنک در بازه‌های ۲۳ خرداد تا ۵ تیر و ۵ شهریور تا ۲۳ مهر دیده می‌شود. حساسیت حرارتی خنک از ۸ فروردین تا ۲۲ خرداد و همچنین

جدول ۶: شاخص PMV روزانه ایستگاه بروجرد

جدول PMV روزانه ایستگاه بروجرد																																
ماه / روز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	
فروردین																																
دیبهشت																																
خرداد																																
تیر																																
مرداد																																
شهریور																																
مهر																																
آبان																																
آذر																																
دی																																
بهمن																																
اسفند																																

مهر تا ۱۲ خرداد ادامه دارد. از ۸ تیر تا ۳۱ مرداد نیز حساسیت حرارتی کمی گرم حاکم است. در مجموع، این شاخص در کوهدشت ۲۸ روز آسایش، ۳۷ روز حساسیت کمی خنک، ۲۴۵ روز حساسیت خنک و ۵۵ روز حساسیت کمی گرم را نشان می‌دهد.

با توجه به شاخص میانگین پیش‌بینی شده (PMV) در ایستگاه کوهدشت و در مقیاس روزانه، آسایش اقلیمی در بازه‌های ۲۵ خرداد تا ۷ تیر و ۱ تا ۱۴ شهریور حاکم است. حساسیت حرارتی کمی خنک از ۱۳ تا ۲۴ خرداد و از ۱۵ شهریور تا ۷ مهر دیده می‌شود. حساسیت حرارتی خنک از ۸

جدول ۷: شاخص PMV روزانه ایستگاه کوهدشت

جدول PMV روزانه کوهدشت																															
ماه / روز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱
فروردین																															
اردیبهشت																															
خرداد																															
تیر																															
مرداد																															
شهریور																															
مهر																															
آبان																															
آذر																															
دی																															
بهمن																															
اسفند																															

دارد. همچنین حساسیت حرارتی سرد از ۱۰ آبان تا ۲۲ اسفند حاکم است. جمعاً این شاخص در بروجرد ۶۲ روز آسایش، ۶۰ روز حساسیت خشک، ۱۱۰ روز حساسیت خیلی خشک و ۱۲۳ روز حساسیت سرد ثبت کرده است.

از نظر شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET) در ایستگاه بروجرد و در مقیاس روزانه، آسایش اقلیمی از ۶ تیر تا ۵ شهریور برقرار است. حساسیت حرارتی خشک در بازه‌های ۲۵ خرداد تا ۵ تیر و ۶ شهریور تا ۲۲ آبان دیده می‌شود. حساسیت حرارتی خیلی خشک از ۲۳ اسفند تا ۲۴ خرداد و از ۲۳ مهر تا ۹ آبان ادامه

جدول ۸: شاخص SET روزانه ایستگاه بروجرد

جدول SET روزانه ایستگاه بروجرد																																
ماه / روز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	
فروردین																																
دیهشت																																
خرداد																																
تیر																																
مرداد																																
شهریور																																
مهر																																
آبان																																
آذر																																
دی																																
بهمن																																
اسفند																																

خرداد تا ۷ تیر و ۱ تا ۱۸ شهریور برقرار است. حساسیت حرارتی خنک از ۹ تا ۲۴ خرداد و از ۱۹ شهریور تا ۱۲ مهر

بر اساس شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET) در ایستگاه کوهدشت و در مقیاس روزانه، آسایش اقلیمی در بازه‌های ۲۵

دید می‌شود. حساسیت حرارتی خیلی خنک از ۱۳ مهر تا ۸ خرداد ادامه دارد. از ۸ تیر تا ۳۱ مرداد نیز حساسیت حرارتی گرم حاکم است. جمعاً این شاخص در کوه‌دشت ۳۲ روز

جدول ۹: شاخص SET روزانه ایستگاه کوهدشت

[illegible]

نیز سرمای شدید (حساسیت حرارتی خیلی سرد) ثبت می‌شود. همچنین از ۲۴ خرداد تا ۱۳ شهریور، شرایط گرم (حساسیت حرارتی گرم) وجود دارد. در مجموع، این شاخص در بروجرд ۵۴ روز آسایش، ۶۹ روز سرمای ملایم، ۱۵۹ روز سرمای شدید و ۸۳ روز گرمای ملایم را نشان می‌دهد.

بر پایه شاخص اوانز و در مقیاس روزانه، ایستگاه بروجرد در دو بازه زمانی شامل ۱ تا ۲۳ خرداد و ۱۴ شهریور تا ۱۴ مهر دارای شرایط آسایش اقلیمی است. در بازه‌های ۱۷ فروردین تا ۳۱ اردیبهشت و ۱۵ مهر تا ۶ آبان، احساس سرمای ملایم (حساسیت حرارتی سرد) حاکم است. از ۷ آبان تا ۱۶ فروردین

جدول ۱۰: شاخص اوانز روزانه ایستگاه بروجرد

[illegible]

گرم در سه بازه (۵ خرداد تا ۵ تیر، ۵ تا ۲۶ شهریور، و ۸ مهر تا ۵ آبان) ثبت شده و گرمای شدید از ۶ تیر تا ۴ شهریور ادامه دارد. جمعاً این شاخص در کوهدشت ۵۷ روز آسایش، ۷۸ روز سرمای ملایم، ۱۱۴ روز سرمای شدید، ۵۴ روز گرمای ملایم و ۶۲ روز گرمای شدید را نشان می‌دهد.

بر اساس شاخص اوانز و در مقیاس روزانه، ایستگاه کوهدشت در بازه‌های ۱۴ اردیبهشت تا ۴ خرداد و ۲۷ شهریور تا ۱ آبان از آسایش اقلیمی برخوردار است. سرمای ملایم از ۱۵ اسفند تا ۱۳ اردیبهشت و همچنین از ۲ تا ۲۰ آذر دیده می‌شود. سرمای شدید نیز از ۲۱ آبان تا ۱۴ اسفند حاکم است. شرایط

جدول ۱۱: شاخص اوانز روزانه ایستگاه کوهدشت

جدول روزانه شاخص آواز در شهرستان کوهدشت																															
ماه / روز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱
فروردین																															
اردیبهشت																															
خرداد																															
تیر																															
مرداد																															
شهریور																															
مهر																															
آبان																															
آذر																															
دی																															
بهمن																															
اسفند																															

۴. نتیجه‌گیری

تا سرد در هر دو منطقه است. برای نمونه، در بروجرد بر اساس شاخص SET، ۱۱۰ روز «خیلی خشک/خیلی خنک» و ۱۲۳ روز «سرد» گزارش شده است. در شاخص اوانز، اگر روزهای صرفاً «سرد» یا «گرم» را همچنان برای فعالیت اکوتوریستی قابل تحمل فرض کنیم، در ایستگاه بروجرد ۵۴ روز آسایش مطلق و ۱۵۲ روز قابل تحمل (جمعاً ۲۰۶ روز) وجود دارد. در ایستگاه کوهدشت نیز ۵۷ روز آسایش و ۱۳۲ روز قابل تحمل به دست می‌آید. این رویکرد دامنه زمانی بیشتری برای گردشگری پیشنهاد می‌کند، اما فاقد درجه‌بندی دقیق شدت تنش‌های حرارتی است.

مدل ریمن محاسبات خود را بر پایه ۱۱ طیف دمایی (از «فوق‌العاده سرد» تا «فوق‌العاده گرم») انجام می‌دهد و به کمک شاخص‌هایی مانند PMV و SET، امکان تحلیل ظریف‌تری از شرایط حرارتی فراهم می‌آورد. در مقابل،

در این پژوهش، عملکرد دو رویکرد اصلی ارزیابی آسایش اقلیمی (مدل ریمن با سه شاخص PET، PMV، SET و شاخص اوانز) برای تعیین تقویم اکوتوریسم در شهرستان‌های بروجرد و کوهدشت مقایسه گردید. یافته‌های حاصل از مقیاس روزانه و ماهانه نشان می‌دهد که اگرچه هر دو روش دوره‌های آسایش را شناسایی می‌کنند، اما از نظر دقت، تفکیک‌پذیری و پوشش طیف‌های دمایی تفاوت آشکاری دارند. بر اساس جدول استخراج شده از داده‌ها، مقادیر روزهای آسایش در ایستگاه بروجرد برای شاخص‌های PET، PMV و SET به ترتیب ۵۲، ۶۱ و ۶۲ روز است. در ایستگاه کوهدشت نیز این مقادیر برای PET ۴۰ روز، برای PMV ۲۸ روز و برای SET ۳۲ روز به دست آمده است. همچنین هر سه شاخص، دوره‌های طولانی‌تری از احساس سرما (یا خنکی) را نسبت به احساس گرما ثبت کرده‌اند که نشان‌دهنده غلبه شرایط خنک

تیر و مرداد را انتخاب می‌کند (در مقابل خرداد و شهریور در شاخص اوانز). در کوهدشت، مدل ریمن هیچ ماهی را کاملاً دارای آسایش اقلیمی نمی‌داند، در حالی که شاخص اوانز اردیبهشت و مهر را آسایش معرفی می‌کند. با توجه به قدرت تفکیک بالاتر مدل ریمن (۱۱ طیف دمایی در برابر ۳ طیف)، و تطابق بهتر نتایج آن با شرایط فیزیولوژیک واقعی بدن انسان (بر پایه معادله بیلان انرژی)، استفاده از شاخص‌های PET، PMV و SET برای تهیه تقویم اکوتوریسم در مناطق کوهستانی زاگرس (مانند بروجرد و کوهدشت) توصیه می‌شود. شاخص اوانز هرچند ساده‌تر است، اما به دلیل عدم تفکیک درجات میانی تنش‌های گرمایی و سرمایی، ممکن است دوره‌های نامناسبی را نیز به عنوان «قابل تحمل» قلمداد کند که در عمل برای آسایش طبیعت‌گردان مطلوب نیست.

شاخص اوانز تنها از سه طبقه «سرد»، «مطبوع (آسایش)» و «گرم» بهره می‌برد. این محدودیت باعث می‌شود که شاخص اوانز نتواند تفاوت بین «کمی خنک» با «بسیار سرد» یا «گرمای ملایم» با «گرمای شدید» را نشان دهد. بنابراین، مدل ریمن شناخت بهتری از زیست‌اقلیم منطقه ارائه می‌دهد. بهترین زمان حضور اکوتوریست در ایستگاه بروجرد بر اساس مدل ریمن (شاخص‌های SET و PMV) از ۶ تیر تا ۵ شهریور است، در حالی که شاخص اوانز بازه‌های ۱ تا ۲۳ خرداد و ۱۴ شهریور تا ۱۴ مهر را معرفی می‌کند. در ایستگاه کوهدشت، مدل ریمن بازه‌های ۲۸ اردیبهشت تا ۱۳ خرداد و ۲۰ شهریور تا ۱۱ مهر را مناسب می‌داند، ولی شاخص اوانز بازه‌های ۱۴ اردیبهشت تا ۴ خرداد و ۲۷ شهریور تا ۱ آبان را پیشنهاد می‌دهد. در مقیاس ماهانه نیز در بروجرد مدل ریمن ماه‌های

5. References

- Ataei, H., & Hashemi Nasab, S. (2010). Evaluation of tourism climate potential in Semnan Province using the Physiological Equivalent Temperature (PET) index. *Journal of Urban Ecology*, 1(2), 23-32. <https://doi.org/20.1001.1.25383930.1389.1.2.2.8>
- Baghideh, M., Asgari, E., Shoja, F., & Jamalabadi, J. (2014). Investigation and comparison of the performance of RayMan model parameters in determining a suitable tourism calendar (Case study: Isfahan). *Journal of Geography and Development*, 36, 135-144. <https://doi.org/10.22111/GDIJ.2014.1714>
- Barimani, F., & Esmaeilnejad, M. (2010). Investigation of bioclimatic indices affecting the determination of the tourism season (Case study: Southern regions of Iran). *Journal of Geography and Development*, 23, 27-46. <https://doi.org/10.22111/GDIJ.2011.544>
- Boroujeni, H.M. (2010). *Tourism development planning: A sustainable and integrated approach*. SAMT Publications.
- Buratti, C., & Ricciardi, P. (2009). Adaptive analysis of thermal comfort in university classrooms: Correlation between experimental data and mathematical models. *Building and Environment*, 44, 674-687. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.06.001>
- Deb, C., & Ramachandraiah, A. (2010). Evaluation of thermal comfort in a rail terminal location in India. *Building and Environment*, 45, 2571-2580. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.05.023>
- de Freitas, C.R. (2001). Theory, concepts and methods in climate tourism research. *Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*, 3-20.
- Esmaeili, R., Gandomkar, A., & Habibi Nokhandan, M. (2010). Zoning assessment of comfort climate in Razavi Khorasan using the Physiological Equivalent Temperature (PET) index. *Journal of Climatological Research*, 1, 102-114.
- Esmaeili, R., Gandomkar, A., & Habibi Nokhandan, M. (2011). Evaluation of comfort climate in several major tourist cities of Iran using the Physiological Equivalent Temperature (PET) index. *Journal of Physical Geography Research*, 75, 47-61.
- Esmaeilzadeh Razlighi, M., & Aliabadi, A. (2011). Evaluation of tourism climate in Qeshm Island using the Tourism Climate Index (TCI). *Proceedings of the National Conference on Qeshm Island, Future Perspective*.
- Farajzadeh Asl, M. (2005). *Geographic Information Systems and its application in tourism planning*. SAMT Publications.
- Farajzadeh Asl, M., & Ahmadabadi, A. (2010). Evaluation and zoning of Iran's tourism climate using the Tourism Climate Index (TCI). *Journal of Physical Geography Research*.
- Feizi, V., Shayan, S., & Malashahi, M. (2010). Study of climatic conditions of Lorestan Province for tourism development using the TCI index. *Proceedings of the Conference on the Application of Physical Geography in Environmental Planning*, Islamic Azad University, Khorramabad Branch.
- Fotouhi, S., Yari, M., & Yari, Y. (2012). Identification of ecotourism potentials of bioclimatic comfort in Hamoon Wetlands. *Wetland Ecobiology Scientific-Research Quarterly*, 3(11).
- Heidari, F. (2008). *An analysis of tourism climate on the coasts of the Oman Sea and the Persian Gulf using PET and PMV indices* [Master's thesis, Razi University].

- Höppe, P. (1999). The Physiological Equivalent Temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43, 71-75.
- Hounam, C.E. (1967). Meteorological factors affecting comfort (with special reference to Alice Springs, Australia). *International Journal of Biometeorology*, 11(2).
- Jendritzky, G., Menz, G., Schmidt-Kessen, W., & Schirmer, H. (1990). Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover.
- Karamvandi, Z. (2012). Evaluation of climatic conditions of Lorestan Province using the Tourism Climate Index (TCI) to prepare a tourism climate calendar [Master's thesis, University of Zanjan].
- Karbasi, A., & Rahimi, N. (2001). Energy, global warming, and tourism. *Proceedings of the 3rd National Energy Conference of Iran*.
- Karimi, J. (2010). Tourism planning in Saravan utilizing the day and night comfort of the Terjung index. *Proceedings of the 2nd National Conference on Geography and Urban Planning*.
- Karimi, J., & Mahboub Far, M.R. (2011). Application of climate in tourism industry development planning. Arkan-e Danesh Publications.
- Kaviani, M. (1993). Investigation and mapping of Iran's human bioclimatic conditions. *Geographical Research Quarterly*, 27.
- Lashgari, H. (1996). Flood-inducing precipitation patterns [Doctoral dissertation, Physical Geography].
- Latifzadeh, D. (2010). The impact of climate on ecotourism in northern Khuzestan [Master's thesis, Islamic Azad University, Khorramabad Branch].
- Mahdinasab, M., & Naserzadeh, M.H. (2013). Determination of the tourism time calendar in Gahar Lake based on the MEMI model. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 13(30).
- Mahmoudi, H. (2014). Investigation of climate comfort in Ilam based on the Standard Effective Temperature (SET) index. *Proceedings of the 16th Iranian Geophysics Conference*, 398-402.
- Matzarakis, A. (1995). Human-biometeorological assessment of the climate in Greece [Doctoral dissertation, University of Thessaloniki].
- Matzarakis, A., & Mayer, H. (1997). Heat stress in Greece. *International Journal of Biometeorology*, 41, 34-39.
- Matzarakis, A., Mayer, H., & Iziomon, M.G. (1999). Applications of a universal thermal index: Physiological Equivalent Temperature. *International Journal of Biometeorology*, 43, 78.
- Matzarakis, A. (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments – application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 51, 323. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8>
- Mill, R.C., & Morrison, A.M. (1992). The tourism system (2nd ed.). Prentice Hall International.
- Mohammadi Moghaddam, M. (2010). Investigation of thermal comfort and tourism climate in Kermanshah Province using Physiological Equivalent Temperature (PET) and Standard Effective Temperature (SET) indices [Master's thesis, Razi University].
- Naseri, A. (2009). Comparative studies of Aligudarz, Borujerd, and Khorramabad counties in terms of tourism development considering climatourism criteria [Master's thesis, Islamic Azad University, Khorramabad Branch].

- Nazari, N. (2010). Climate and architecture (Case study: Aligudarz city) [Master's thesis, Islamic Azad University, Khorramabad Branch].
- Parvaneh, B., Shahrokhi Vandi, S.M., & Nazari, N. (2011). Determination of climatic comfort conditions on a decadal scale based on bioclimatic indices (Case study: Aligudarz). *Journal of Environmental Planning*.
- Parvaneh, B., & Mahdinasab, M. (2012). A perspective on the thermal comfort of wetlands in Pol-e Dokhtar County for tourism development. *Journal of Tourism Space*, 2(5), 71-90.
- Payandeh, N., & Zaki, G.R. (2006). Calculation of effective temperature by designing health software. *Geographical Research*, 57, 73-91.
- Perry, A.H. (1997). Recreation and tourism. In R.D. Thompson & A. Perry (Eds.), *Applied Climatology: Principles and Practice* (pp. 240-248). Routledge.
- Perry, A. (2001). More heat and drought. *Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*.
- Razjoyan, M. (1988). *Comfort through climate-responsive architecture*. Beheshti University Publications.
- Saliqeh, M., Barimani, F., & Esmailnejad, M. (2008). Climatic zoning of Sistan and Baluchestan Province. *Journal of Geography and Development*, 12. <https://doi.org/10.22111/GDIJ.2008.1245>
- Sari Sarraf, B., Mohammadi, G.H., & Hosseini Sadr, A. (2010). Determination of the most suitable RayMan index for studying comfort climate in northern West Azerbaijan. *Proceedings of the 14th Iranian Geophysics Conference*, 100-105.
- Sari Sarraf, B., Jalali, T., & Kamali Azin, J. (2010). Zoning of tourism climate in the Arasbaran region using the TCI index. *Journal of Geographical Space*, 10.
- Scott, D., Jones, B., & Mac Boyle, G. (2004). *Climate, tourism and recreation*. University of Waterloo, Canada.
- Vafaiepour, M., Parvaneh, B., Shakiba, A., & Biranvandzadeh, M. (2010). A new method for calculating the Tourism Climate Index (TCI). *Proceedings of the Conference on the Application of Physical Geography in Environmental Planning*, Islamic Azad University, Khorramabad Branch.
- Yan, Y.Y. (2005). Human thermal climates in China. *Physical Geography*, 26(3). <https://doi.org/10.2747/0272-3646.26.3.163>
- Zolfaghari, H. (2007). Determining the appropriate temporal calendar for tourism in Tabriz using Physiological Equivalent Temperature (PET) and Predicted Mean Vote (PMV) indices. *Journal of Geographical Research*, 62, 129-141.