



Compilation of the birdwatching calendar for ecotourism guides based on the SET climate index (A case study of Khorramabad)

zienabhajari¹ , raminfarhangi² , Navid Zamani³

1. PhD Student in Physical Geography, Tarbiat Modares University. Email: zienab.hajari@modares.ac.ir
2. Applied Meteorology Expert of Lorestan Provincial Meteorological Office. Email: raminfarhangi46@gmail.com
3. Faculty member of the Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources. Email: zamani.n@lu.ac.ir

Article Info

Article type
Research Article

Article history:

Received
27 November 2025
Received in revised form
7 March 2026
Accepted
7 April 2026
Available online
7 June 2026

Keywords:

Birdwatching,
Ecotourism,
Climatic Comfort,
SET Index,
Khorramabad,

ABSTRACT

Objective: Birdwatching, as one of the subcategories of nature tourism, is introduced as a solution to reform mass tourism, which both leads to the economic use of local people from the ecosystems of a region and turns them into protectors of these valuable ecosystems. Most ecotourists are educated individuals who have a desire to watch birds in their natural habitats. Society's acceptance of birdwatching tours is increasing, and if proper facilities are provided for the development of birdwatching infrastructure, it will result in significant financial turnover. This research aims to determine the climatic comfort of tourists interested in birdwatching in Khorramabad and to identify the best time frames for ecotourism activities in this region.

Method: In this research, to determine the climatic comfort of tourists interested in bird watching in Khorramabad during the statistical period (1991-2022), the SET (Standard Effective Temperature) bioclimatic index was used. This index was calculated using climatic parameters including air temperature, relative humidity, sky cloudiness, wind speed, vapor pressure, and radiant temperature of the environment, utilizing RayMan software. The surveys were conducted on a daily scale to assess tourism climate comfort at Khorramabad station.

Results: The best time frame for the presence of ecotourists with regard to birdwatching activity at Khorramabad station is from (April 7 to July 3 and September 10 to October 18) where the climate is comfortable. Also, the tolerable days are from (May 6 to June 13 and October 9 to November 19), with thermal sensitivity being very cool. The results show that during these periods, climatic conditions are favorable for birdwatching activities.

Conclusions: The findings indicate that education of ecotourism concepts and the development of its infrastructure are among the things that should be taken into consideration to promote birdwatching programs. The identification of suitable climatic periods can help planners and policymakers develop ecotourism infrastructure and provide facilities for tourists. Additionally, the economic benefits from birdwatching tourism can contribute to local community empowerment and ecosystem protection.

Cite this article: Hajari, Z, Farhangi, R, Zamani, N. (2026). Compilation of the birdwatching calendar for ecotourism guides based on the SET climate index (A case study of Khorramabad), 1(1), 35-49. <https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.3.1>



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

Publisher: : Lorestan University.



DOI: <https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.3.1>

1. Introduction

Ecotourism is recognized as a strategic tool for environmental conservation and sustainable economic development, with ecological priorities taking precedence over recreational aspects (Zamani et al., 2022). Birdwatching, as one of the most popular nature-based tourism activities worldwide, attracts tourists, raises public awareness, and plays a vital role in protecting bird habitats (Conradie, 2010). Iran's geographical location and climatic diversity, particularly in Lorestan Province, have made it an attractive destination for international birdwatchers (Almasieh & Moazami, 2020). Wetlands, as key bird habitats, benefit from birdwatching programs both through enhanced conservation and economic opportunities (Moore, 2006).

However, restrictive conservation regulations can create conflicts with local livelihoods, potentially leading to illegal hunting if economic benefits are ignored (Zamani et al., 2020). Studies emphasize the importance of local community education (Garrison et al., 2005), efficient management (Simango, 2011), and technology in expanding birdwatching (Walther & White, 2018). While national research has determined tourism calendars using bioclimatic indices (Zolfaghari, 2007; Barimani & Esmaeilnejad, 2010), a gap exists in precise temporal planning for birdwatching considering tourist comfort. This study aims to develop an optimal birdwatching calendar for Lorestan Province based on the Standard Effective Temperature (SET) index.

2. Methodology

This study was conducted in Lorestan Province, Iran, focusing on the Sefidkuh Protected Area in Khorramabad, which hosts 48 bird species from 24 families and 9 orders. To determine climatic comfort for birdwatching, the Standard Effective Temperature (SET) bioclimatic index was calculated using the RayMan software. Input data included daily meteorological parameters (air temperature, relative humidity, cloud cover, wind speed, vapor pressure, and radiant temperature) over a 32-year statistical period (1991-2022), along with individual physiological characteristics (age, gender, height, weight, metabolic rate, and clothing

insulation) based on Iranian population averages. Birdwatching activity was assessed at 9:30 AM local time, with metabolic rates calculated for light activity (110 W for men, 90 W for women). The MEMI model was employed to simulate thermal balance between the human body and environment. Data were organized in Excel and analyzed using RayMan software to determine daily SET values, which were then classified according to thermal sensitivity categories (from "Very Cold" to "Very Hot") to identify optimal periods for birdwatching activities.

3. Results

Based on the Standard Effective Temperature (SET) index analysis for birdwatching at Khorramabad station, the optimal periods for climatic comfort are April

27 to June 24 and September 1 to October 10. The most severe cold stress occurs from December 8 to January 1 ("Very Cold"), while cold conditions prevail during March 3 to April

2 and November 11 to December 7. "Very Cool" conditions occur during April 20 to April 26 and October 1 to November 10. Thermal stress with "Warm" conditions dominates from June 25 to August 9, and "Hot" conditions from August 10 to September 2.

Overall, 89 days are classified as "Comfortable," 66 days as "Cool," 52 days as "Very Cool," and 46 days as "Warm."

4. Discussion

According to international ecotourism frameworks, the three fundamental pillars of this field—"environmental conservation," "ensuring economic benefits for the local community," and "environmental education and interpretation"—are emphasized as the foundations of sustainable nature tourism development. In this regard, birdwatching, as a specialized form of ecotourism, can serve as a suitable alternative to mass tourism and a mitigating factor for its destructive effects. On the one hand, this activity creates employment and income for local residents, transforming them into active protectors of habitats; on the other hand, by promoting conservation values, it contributes to ecosystem sustainability.

However, weaknesses in the education and empowerment system for human resources pose a serious challenge in this field. Achieving a desirable birdwatching experience—based on maximum bird observation in natural habitats—requires proper training for specialized guides, local communities, and nature tourists. Additionally, the development of appropriate infrastructure, including wooden pathways, observation equipment (telescopes and binoculars), and educational resources, is essential for the qualitative development of this activity.

Combining "Comfortable" and "Very Cool" days yields 141 favorable days (38.6% of the year), extending to 155 days when including "Cool" conditions. This indicates that more than five months of the year offer suitable weather for birdwatching in the Sefidkuh region, with the recommendation that activities be conducted with experienced guides to ensure safety and minimize ecosystem damage.

According to studies (such as Zamani et al., 2022), these measures not only lead to economic development but also serve as a conservation strategy to reduce human-environment conflicts. In this context, effective monitoring of nature tour operations and addressing illegal activities that disturb bird tranquility and reduce community trust are undeniable necessities. Cooperation among responsible organizations such as the Department of Environment and the Ministry of Cultural Heritage, Tourism, and Handicrafts in designing and implementing educational and monitoring programs can facilitate the realization of responsible and sustainable ecotourism.

5. Conclusion

Human bioclimatic comfort is a function of thermal balance between the body and the surrounding environment, shaped by a complex combination of factors including meteorological characteristics (temperature, relative humidity, solar radiation, and wind speed) and individual characteristics (physical activity level). Achieving this thermal balance is a fundamental prerequisite for human health and comfort. In this study, birdwatching activity at 9:30 AM local time at Khorramabad station

was investigated. The results of the Standard Effective Temperature (SET) index show that the thermal range for this activity at the station is classified from "Comfortable" to "Very Cool."

The best time periods for tourist presence in this activity are the "Climatic Comfort" periods from April 27 to June 24 and September 1 to October 10. Additionally, tolerable periods with "Very Cool" thermal sensitivity occur during April 20 to April 26 and October 1 to November 10. These findings become doubly important when integrated with tourism statistics of Lorestan Province; according to reports, this province ranks among the top 5 provinces in hosting domestic tourists for nature-based spring travel.

Author Contributions

In the preparation and writing of this article, all authors have contributed equally. All stages of

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Ethical Considerations

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

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

The findings of this study demonstrate that the Sefidkuh Protected Area in Khorramabad, with its significant species diversity (48 species from 24 families and 9 orders), has high potential for birdwatching ecotourism. Identifying the optimal temporal calendar based on the SET index provides a scientific basis for planning and managing this activity. The presence of species of conservation importance, including five species listed in international endangered lists, further emphasizes the importance of developing sustainable ecotourism in this region. Overall, this study confirms that birdwatching, as a specialized branch of ecotourism, can simultaneously contribute to environmental conservation and sustainable economic development in the region.

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.

Acknowledgements

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

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.



تعیین تقویم بهینه پرندنگری در خرم آباد با استفاده از شاخص SET

زینب حاجری^۱ , رامین فرهنگی^۲ , نوید زمانی^۳ 

۱. دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس. رایانامه: zienab.hajari@modares.ac.ir

۲. کارشناس اداره کل هواشناسی کاربردی استان لرستان. رایانامه: raminfarhangi46@gmail.com

۳. عضو هیات علمی گروه آموزشی علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی: zamani.n@lu.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف: پرندنگری، به عنوان یکی از شاخه‌های متعهدانه طبیعت‌گردی، رویکردی بدیل برای گردشگری انبوه و ناپایدار محسوب می‌شود. این فعالیت نه تنها زمینه‌ساز بهره‌وری اقتصادی جوامع محلی از طریق بهره‌گیری خردمندانه از بوم‌سازگان‌هاست، بلکه با ایجاد انگیزه معیشتی، آنان را به حفظانی فعال برای این عرصه‌های ارزشمند تبدیل می‌کند. با توجه به استقبال فزاینده از تورهای پرندنگری، به‌ویژه در میان قشر تحصیل کرده و علاقه‌مند به مشاهده پرندگان در زیستگاه‌های طبیعی، سرمایه‌گذاری برای توسعه و تقویت زیرساخت‌های این حوزه می‌تواند موجب رونق اقتصادی و خلق گردش مالی قابل توجهی شود. این پژوهش با هدف تعیین دوره‌های آسایش اقلیمی برای فعالیت پرندنگری در ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد طی یک دوره آماری بلندمدت (۱۳۷۰-۱۴۰۱) انجام شده است.

روش‌ها: در این راستا، شاخص زیست‌اقلیمی دمای مؤثر استاندارد (SET) با به‌کارگیری نرم‌افزار RayMan و با استفاده از پارامترهای متغیرهای اقلیمی شامل دمای هوا، رطوبت نسبی، میزان ابرناکی، سرعت باد، فشار بخار و دمای تابشی محیط محاسبه گردید. بررسی‌های انجام‌شده در مقیاس روزانه برای تعیین آسایش اقلیمی گردشگری در ایستگاه خرم‌آباد صورت گرفت.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۱۷

کلیدواژه‌ها:

پرندنگری،

آسایش اقلیمی،

شاخص SET،

خرم‌آباد

نتایج: یافته‌های تحقیق در مقیاس روزانه نشان می‌دهد که مطلوب‌ترین بازه‌های زمانی برای حضور اکوتوریست‌ها در منطقه مورد مطالعه، از ۷ اردیبهشت تا ۳ تیر و نیز از ۱۰ شهریور تا ۱۸ مهر است که شرایط آسایش اقلیمی در آن برقرار می‌باشد. همچنین، بازه‌های زمانی ۱۳ تا ۶ اردیبهشت و ۹ مهر تا ۱۹ آبان به عنوان روزهای با شرایط «قابل تحمل» و با حساسیت حرارتی در محدوده «خیلی خنک» شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه مؤید آن است که آموزش مفاهیم پایه اکوتوریسم و توسعه و ارتقای زیرساخت‌های تخصصی از ارکان اساسی برای موفقیت و ارتقای برنامه‌های پرندنگری در منطقه به شمار می‌آیند. شناسایی دوره‌های اقلیمی مناسب می‌تواند به برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران در توسعه زیرساخت‌های اکوتوریسم و ارائه تسهیلات مناسب به گردشگران کمک نماید. همچنین منافع اقتصادی حاصل از گردشگری پرندنگری می‌تواند به توانمندسازی جامعه محلی و حفاظت از اکوسیستم‌ها کمک کند.

استناد: امیری، ح؛ بیرانوندزاده، م و سبحانی، ن (۱۴۰۵). نقش جامعه محلی در سیاست‌گذاری گردشگری پایدار در خرم‌آباد پس از ثبت جهانی. دوفصلنامه محیط

زیستی و توسعه پایدار، ۱(۱)، ۴۹-۳۵. <https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.3.1>



<https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.3.1>



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه لرستان.

۱. مقدمه

در رویکردهای نوین، اکوتوریسم صرفاً به عنوان یک فعالیت تفریحی تلقی نمی‌شود، بلکه ابزاری راهبردی برای تحقق اهداف حفاظت از محیط زیست و توسعه اقتصادی پایدار شناخته می‌شود. در این چارچوب، ملاحظات بوم‌شناختی و اصل توسعه پایدار در اولویت قرار داشته و جنبه تفرجی در درجه دوم اهمیت است (Zamani, Hatami, Shobeiri, & Kaboudvandpour, 2022).

پرنده‌نگری به عنوان یکی از محبوب‌ترین شاخه‌های گردشگری طبیعت‌محور در جهان، علاوه بر جذب گردشگر و افزایش آگاهی‌های عمومی، نقش انکارناپذیری در حفاظت از زیستگاه‌های طبیعی پرندگان ایفا می‌کند (Conradie, 2010).

موقعیت جغرافیایی ایران در قلمرو پالتارکتیک و همپوشانی آن با قلمروهای اورینتال و اتیوپی، همراه با تنوع توپوگرافی و آب‌وهوایی، سبب غنای زیستی و وجود زیستگاه‌های متنوع برای گونه‌های متعدد پرندگان شده است. این ویژگی، ایران و به‌ویژه استان لرستان را به مقصدی جذاب برای پرندگان و پرندشناسان بین‌المللی تبدیل کرده است (Almasieh & Moazami, 2020).

تالاب‌ها به عنوان کلیدی‌ترین زیستگاه‌های پرندگان، با توسعه برنامه‌های پرندنگری نه تنها بهتر حفاظت می‌شوند، بلکه به دلیل قابلیت‌های اقتصادی و اجتماعی، سالانه شمار زیادی از گردشگران را جذب می‌کنند (Moore, 2006).

با این وجود، قوانین محدودکننده دسترسی به مناطق حفاظت‌شده و تالاب‌ها که با اهداف صرفاً حفاظتی وضع شده‌اند، می‌توانند به ایجاد تعارض با معیشت جوامع محلی بینجامد. اگر این قوانین منافع اقتصادی و فرصت‌های

درآمدزایی ناشی از فعالیت‌هایی مانند پرندنگری را نادیده بگیرند، ممکن است به گرایش به سمت قانون‌گریزی و افزایش شکار غیرقانونی منجر شود (Zamani, Hatami, Shobeiri, & Kaboudvandpour, 2020).

بنابراین، یافتن راهکاری برای تلفیق حفاظت با بهره‌وری اقتصادی ضروری به نظر می‌رسد.

پژوهش‌های متعددی بر اهمیت و پتانسیل پرندنگری تأکید دارند. برای نمونه، (Garrison, at al, 2005) بر آموزش جامعه محلی و طبیعت‌گردان برای توسعه این صنعت تصریح کرده‌اند (Simango, 2011). به رشد سریع این فعالیت و نیاز به مدیریت کارآمد آن اشاره نموده است. همچنین، مطالعاتی مانند (Walther & White, 2018) نقش فناوری و شبکه‌های اجتماعی را در گسترش جامعه پرندنگران حیاتی دانسته‌اند.

در بستر ملی نیز پژوهش‌های متعددی به تعیین تقویم گردشگری با استفاده از شاخص‌های زیست‌اقليمی پرداخته‌اند (Zolfaghari, 2007; Barimani & Esmailnejad, 2010; Fotouhi & Yari, 2012; Mahdinasab & Naserzadeh, 2013. Specifically, Iranmanesh, Shirmardi, & Jahanbazi Gojani, 2017). پتانسیل‌های پرندنگری در تالاب‌های ایران تأکید کرده‌اند. با توجه به خلأ پژوهشی در زمینه تعیین تقویم زمانی دقیق برای فعالیت پرندنگری با در نظرگیری آسایش اقلیمی گردشگران، هدف این پژوهش، تدوین تقویم بهینه پرندنگری برای راهنمایان اکوتوریسم در استان لرستان بر اساس شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET) است.

نقطه آن در ارتفاع ۲۳۹ متر و بلندترین قله (اشترانکوه) در ارتفاع ۴۰۸۰ متری قرار دارد. این تنوع ارتفاعی و قرارگیری در رشته‌کوه‌های زاگرس، شرایط اقلیمی و زیستگاهی منحصربه‌فردی را برای گونه‌های مختلف پرندگان فراهم کرده است. منطقه حفاظت‌شده سفیدکوه خرم‌آباد، به عنوان یکی از کانون‌های اصلی این مطالعه، از غنای گونه‌ای قابل توجهی برخوردار است که در جدول ۱ ارائه شده است.

۲. مواد و روش‌ها

استان لرستان با مساحتی حدود ۲۸۱۵۷٫۸۴ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی ۳۲° ۴۰' تا ۳۴° ۲۳' عرض شمالی و ۴۶° ۵۰' تا ۵۰° ۰۱' طول شرقی در جنوب غرب ایران واقع شده است. این استان با میانگین ارتفاعی بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریا، دارای توپوگرافی متنوعی است که پست‌ترین



شکل ۱- موقعیت منطقه حفاظت شده سفیدکوه

جدول ۱- گونه‌های شناسایی شده در منطقه حفاظت شده سفید کوه خرم‌آباد

گونه‌های شناسایی شده در منطقه حفاظت شده سفید کوه خرم‌آباد (۱۳۹۸-۱۳۹۶)					
ردیف	زیستگاه	گونه	ردیف	زیستگاه	گونه
۱	خشکی‌زی	دارکوب	۲۵	خشکی‌زی	زنبور خوار معمولی
۲	خشکی‌زی	باقرقره دم دراز	۲۶	خشکی‌زی	زنگوله بال
۳	خشکی‌زی	باقرقره شکم سفید	۲۷	خشکی‌زی	کرکس مصری (کرکس کوچک)
۴	خشکی‌زی	باقرقره شکم سیاه	۲۸	خشکی‌زی	کرکس دال
۵	خشکی‌زی	کبوتر چاهی	۲۹	خشکی‌زی	هما
۶	خشکی‌زی	کبوتر جنگلی	۳۰	خشکی‌زی	عقاب مارخور
۷	خشکی‌زی	فاخته (کبوتر کوه پایه)	۳۱	خشکی‌زی	عقاب شاهی
۸	خشکی‌زی	قمری معمولی	۳۲	خشکی‌زی	عقاب طلایی
۹	خشکی‌زی	کمرکولی بزرگ	۳۳	خشکی‌زی	عقاب صحرایی
۱۰	خشکی‌زی	سار صورتی	۳۴	خشکی‌زی	سنقر سفید
۱۱	خشکی‌زی	سار	۳۵	خشکی‌زی	شاهین (بحری)
۱۲	خشکی‌زی	کلاغ ابلق	۳۶	خشکی‌زی	دلیجه کوچک
۱۳	خشکی‌زی	زاغی	۳۷	خشکی‌زی	بالابان
۱۴	خشکی‌زی	کلاغ نوک سرخ	۳۸	خشکی‌زی	سارگپه جنگلی
۱۵	خشکی‌زی	کلاغ نوک زرد	۳۹	خشکی‌زی	شاه بوف
۱۶	خشکی‌زی	غراب	۴۰	خشکی‌زی	مرغ حق
۱۷	خشکی‌زی	توکای سیاه	۴۱	خشکی‌زی	تیهو
۱۸	خشکی‌زی	دم سرخ معمولی	۴۲	خشکی‌زی	کبک دری
۱۹	خشکی‌زی	دم سرخ سر سیاه	۴۳	خشکی‌زی	کبک
۲۰	خشکی‌زی	سهره طلایی	۴۴	کنار آبی	یلوه حنایی
۲۱	خشکی‌زی	دم جنبانک	۴۵	کنار آبی	درنا (درنا معمولی)
۲۲	خشکی‌زی	سسک باغی	۴۶	کنار آبی	درنا طناز (درنا کوچک)
۲۳	خشکی‌زی	گنجشک خاکی	۴۷	کنار آبی	ایبیا
۲۴	خشکی‌زی	بلدرچین	۴۸	کنار آبی	خروس کولی دشتی

منبع: (دریکوند، ۱۴۰۱)

بر اساس سرشماری‌های انجام‌شده، تراکم و تنوع جمعیت پرندگان در منطقه مورد مطالعه به‌طور کمی و کیفی مورد ارزیابی قرار گرفت. در سال ۱۳۹۶، تعداد ۲۱,۷۵۹ قطعه و در سال ۱۳۹۸، تعداد ۱۴,۷۳۷ قطعه پرنده از ۴۸ گونه مختلف در منطقه حفاظت‌شده سفیدکوه خرم‌آباد شناسایی و ثبت شد (جدول ۱).

بالابان (Falco cherrug)، عقاب شاهی (Aquila heliaca)، کرکس مصری (Neophron percnopterus) و زنگوله‌بال (Bucanetes githagineus) اشاره نمود. به‌ویژه، کرکس مصری که در فهرست گونه‌های در معرض خطر انقراض قرار دارد، از جمله گونه‌های نادر مشاهده‌شده در این منطقه است.

از نظر وابستگی به زیستگاه، از ۴۸ گونه شناسایی شده، ۵ گونه کنارآبی و ۴۳ گونه خشکی‌زی بودند که این امر نشان‌دهنده غلبه چشمگیر زیستگاه‌های خشکی بر اکوسیستم منطقه است (Derikvand, Salarvand, Abbasi, & Cheraghi, 2022).

از نظر رده‌بندی تاکسونومی، پرندگان شناسایی شده متعلق به ۲۴ تیره و ۹ راسته بودند. در این میان، راسته گنجشک‌سانان (Passeriformes) با ۸ تیره و ۱۵ گونه و راسته شاهین‌سانان (Falconiformes) با ۵ تیره و ۱۲ گونه، به‌ترتیب متنوع‌ترین راسته‌های حاضر در منطقه بودند. در سطح تیره، تیره کلاغ‌ها (Corvidae) با ۵ گونه، از بیشترین تنوع گونه‌ای برخوردار بود. از نظر تراکم جمعیت، تیره‌های ماکیا (Phasianidae)، سهره‌ها (Fringillidae)، کبوترها (Columbidae) و کلاغ‌ها (Corvidae) پرجمعیت‌ترین تیره‌ها محسوب می‌شوند.

از جمله گونه‌های بااهمیت حفاظتی شناسایی شده می‌توان به پنج گونه دلیجه کوچک (Falco naumanni)،

۳. روش تحقیق

مدل MEMI و مبانی محاسباتی شاخص SET

در این پژوهش، از مدل موازنه انرژی فیزیولوژیک - حرارتی (MEMI) به عنوان چارچوب پایه برای محاسبه دمای مؤثر استاندارد (SET) استفاده شد. این مدل، تعادل پیچیده بین تولید حرارت متابولیک بدن و تبادل آن با محیط را با در نظرگیری پارامترهای محیطی و فردی شبیه‌سازی می‌کند (Höppe, 1999). داده‌های ورودی مورد نیاز برای اجرای مدل در چهار دسته اصلی تهیه و سازماندهی شدند:

عوامل مکانی: این لایه شامل مختصات جغرافیایی (طول و عرض) و ویژگی‌های توپوگرافیک ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد (شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب) بود.

پارامترهای هواشناسی: داده‌های روزانه مربوط به دمای هوای خشک ($^{\circ}\text{C}$)، فشار بخار (hPa)، رطوبت نسبی (%، سرعت باد (m/s) و میزان ابرناکی آسمان (اکتا) برای دوره آماری ۳۲ ساله (۱۳۷۰-۱۴۰۱) از سازمان هواشناسی استان لرستان اخذ گردید. ویژگی‌های فیزیولوژیک فردی: پارامترهای انسانی شامل قد، وزن، سن، جنسیت و نرخ متابولیسم پایه، مطابق با پروتکل استاندارد مدل MEMI و با فرض شرایط میانگین برای یک فرد بزرگسال در نظر گرفته شد.

پوشش و سطح فعالیت: مقاومت حرارتی پوشش بر حسب واحد «کلو» (Clo) و سطح تولید حرارت ناشی از فعالیت بدنی بر حسب «وات» (W) تعریف و در مدل وارد شد.

روند اجرای مدل

پس از گردآوری و کنترل کیفی داده‌ها در محیط نرم‌افزار Excel، کلیه پارامترهای فوق برای ساعت ۹:۳۰ به وقت محلی (که به عنوان زمان شاخص برای فعالیت‌های صبحگاهی پرنده‌نگری در نظر گرفته شده بود) در نرم‌افزار تخصصی RayMan وارد گردید. این نرم‌افزار با بهره‌گیری از الگوریتم‌های مدل MEMI، مقادیر نهایی شاخص SET را برای هر روز از دوره آماری محاسبه نمود. خروجی این فرآیند، مبانی تعیین محدوده‌های آسایش و تدوین تقویم نهایی قرار گرفت.

تأثیر پارامترهای اقلیمی کلیدی بر آسایش گردشگر
تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که سه پارامتر اقلیمی نقش تعیین‌کننده‌ای در آسایش حرارتی گردشگران در منطقه مورد مطالعه دارند:

دما: این پارامتر به عنوان اصلی‌ترین عامل، به‌ویژه در فصل تابستان، بیشترین سهم را در جذب یا دفع گردشگر دارا می‌باشد. رطوبت نسبی: این متغیر در فصول گرم رابطه‌ای معکوس با دما دارد و سطوح بالای آن می‌تواند با کاهش کارایی تبخیر از سطح پوست، استرس حرارتی قابل توجهی را ایجاد نماید.

پارامترهای اقلیمی و فعالیت انسانی ارائه می‌نماید. این ویژگی SET را به ابزاری قدرتمند در ارزیابی کمی آسایش حرارتی و تأثیرپذیری انسان از شرایط جوی تبدیل کرده است. برای محاسبه شاخص‌های بیوکلیماتولوژی در نرم‌افزار RayMan، تهیه و تنظیم صحیح داده‌های ورودی از اهمیت بنیادین برخوردار است. در مرحله اول، داده‌های اقلیمی روزانه می‌بایست در یک ماتریس شش‌ستونه شامل روز، ساعت، دمای خشک (درجه سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی (درصد)، میزان ابرناکی (اکتا) و سرعت باد (متر بر ثانیه) سازمان‌دهی شود. این ساختار استاندارد، پایه لازم برای محاسبات پارامترهای میانی مانند فشار بخار اشباع را فراهم می‌آورد. در مرحله دوم، پارامترهای فیزیولوژیک انسان شامل جنسیت، قد، وزن، سن، سطح فعالیت متابولیک و مقاومت پوشش باید با دقت تعریف گردد. بر اساس مطالعات بومی انجام‌شده، مقادیر متوسط قد برای مردان ایرانی ۱۶۷ سانتی‌متر و برای زنان ۱۶۱ سانتی‌متر گزارش شده است. همچنین میانگین وزن در جمعیت بالغ کشور (۱۸ سال به بالا) برای مردان ۷۳ کیلوگرم و برای زنان ۵۹ کیلوگرم برآورد شده است. برای فعالیت‌های سبک مانند تماشای پرندگان، میزان متابولیسم معادل ۱۱۰ وات محاسبه می‌گردد که از تبدیل انرژی مصرفی ۹۵ کیلوکالری در ساعت با استفاده از ضریب تبدیل ۱،۱۶۳ به دست می‌آید. این پارامترسازی دقیق و مبتنی بر ویژگی‌های جمعیتی بومی، دقت و قابلیت اعتماد شاخص‌های محاسبه‌شده از جمله دمای مؤثر استاندارد (SET) را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد.

سرعت باد: ورزش باد در حد پهنه می‌تواند با افزایش تبادل حرارتی همرفتی و کاهش احساس شرجی شدن هوا، اثر مثبتی بر آسایش داشته باشد. با این حال، سرعت‌های بالای باد به عنوان یک عامل نامطلوب و بازدارنده عمل می‌کند.

- فشار بخار اشباع از طریق معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{es} = 0.61 \exp \left(\frac{17.27T}{T + 237.3} \right) \quad \text{معادله (۱)}$$

T دمای هوا به درجه سانتیگراد، es فشار بخار اشباع بر حسب کیلو پاسکال (هر کیلو پاسکال ۱۰ میلی بار است). جهت تعریف فشار بخار در نرم‌افزار RayMan دمای خشک و رطوبت نسبی اولین روز محاسبه می‌شود.

شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET) به‌عنوان یکی از معتبرترین شاخص‌های بیوکلیماتولوژی انسانی، جایگاه ویژه‌ای در مطالعات محیطی دارد. این شاخص که بر پایه مدل‌سازی تبادل حرارتی بدن انسان با محیط شکل گرفته، قابلیت کاربرد در حوزه‌های متنوعی از برنامه‌ریزی توسعه شهری و منطقه‌ای تا طراحی تخصصی فضاها، مسکونی، اداری، صنعتی، ورزشی و گردشگری را دارا می‌باشد (Höppe, 1999). از منظر فیزیولوژیک، SET دمایی است که در یک محیط استاندارد داخلی (با رطوبت نسبی ۵۰ درصد، سرعت باد کمتر از ۰٫۱ متر بر ثانیه و میانگین دمای تابشی برابر با دمای هوا) منجر به برقراری همان بیلان حرارتی بدن می‌شود که در شرایط واقعی محیط بیرون تجربه می‌گردد. این هم‌سانی شامل نرخ سوخت و ساز کل بدن (مجموع نرخ متابولیسم پایه و بار کاری سبک ۸۰ وات)، دمای پوست و دمای مرکزی بدن بوده و بدین ترتیب پاسخی یکپارچه به ترکیب اثرات

جدول ۲: مصرف کالری در فعالیت پرنده‌نگری

وزن				فعالیت
۱۰۹ کیلوگرم	۹۱ کیلوگرم	۷۳ کیلوگرم	۵۹ کیلوگرم	فراغت
۴۴۶ کالری	۳۷۲ کالری	۲۹۹ کالری	۲۴۱ کالری	پرنده‌نگری

منبع (www. Aka iran.com. & www. See morgh.com/health)

مقدار کالری در ضریب تبدیل ۴/۱۸ محاسبه می‌شود. در مرحله بعد، با توجه به تعریف توان به عنوان نرخ مصرف انرژی در واحد زمان، مقدار به دست آمده بر حسب ژول باید بر مدت زمان فعالیت بر حسب ثانیه تقسیم گردد. از آنجایی که واحد متداول گزارش انرژی مصرفی، کالری در ساعت است، لازم

برای محاسبه توان متابولیک بر حسب وات، ابتدا می‌بایست انرژی مصرفی از واحد کالری به ژول تبدیل گردد. بر اساس رابطه تأییدشده ترمودینامیکی، هر یک کالری معادل ۴/۱۸ ژول انرژی است. بنابراین، انرژی کل مصرفی بر حسب ژول از حاصلضرب

است مدت زمان یک ساعت به معادل ثانیه (۳۶۰۰ ثانیه) تبدیل شود. در نتیجه، فرمول نهایی برای محاسبه توان متابولیک (بر حسب وات) به صورت زیر خواهد بود:

$$P(s) = \frac{W}{t(s)} \quad \text{معادله (۲)}$$

در معادله فوق، P توان، W انرژی و t زمان است.

در متوسط وزن مردان در ایران ۷۳ کیلوگرم و متوسط وزن زنان ۵۳ کیلوگرم در نظر گرفته شده است.

محاسبه فعالیت فراغتی پرنده‌نگری در وزن ۷۳ کیلوگرم برای مردان

رابطه (۱)

$$3600/1249.82 = 18/4 * 299(j/s)34 = 100 * 34\% = (w)$$

محاسبه فعالیت فراغتی پرنده‌نگری در وزن ۵۹ کیلوگرم برای زنان

رابطه (۲)

$$3600/1007.38 = 18/4 * 241(j/s)27 = 100 * 27\% = (w)$$

در این پژوهش، پارامترهای فیزیولوژیک انسانی بر مبنای مشخصات جمعیت مردانه در نظر گرفته شده است. بر اساس

داده‌های رسمی مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۰، میانگین سنی جمعیت بزرگسال کشور برای هر دو جنس مرد و زن حدود ۳۰ سال (۲۹,۷ $\approx$ ۳۰) برآورد شده است که به عنوان معیار سنی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است.

برای تعیین مقاومت پوشش (Clo value) در هر ایستگاه مطالعاتی، از یک رویکرد مبتنی بر شرایط دمایی هر شهرستان استفاده شده است. این پارامتر که به طور مستقیم بر محاسبات تبادل حرارتی بدن تأثیر می‌گذارد، بر اساس طبقه‌بندی ارائه شده در جدول شماره (۲) این مقاله تعیین می‌گردد.

همچنین برای تفسیر کمی مقادیر شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET) و تحلیل سطوح مختلف آسایش حرارتی، از طبقه‌بندی معیارهای حساسیت حرارتی مندرج در جدول شماره (۴) بهره گرفته شده است. این رویکرد یکپارچه، امکان تحلیل فضایی-مکانی دقیق‌تری از شرایط بیوکلیمایی در مناطق مختلف مطالعاتی را فراهم می‌سازد.

جدول ۳: ارزش نارسایی پوشاک

ردیف	مجموعه پوشاک	ارزش نارسایی به کلو
۱	برهنه	۰
۲	شلوار کوتاه	۰/۱
۳	لباس زیر نازک پنبه‌ای و آستین کوتاه، شلوار بلند نازک و جوراب پنبه‌ای	۰/۳۵
۴	مثل بالا + پیراهن آستین کوتاه یقه باز	۰/۵
۵	شلوار سبک، جلیقه، پیراهن آستین بلند و کت	۱
۶	مثل بالا + پالتوی پنبه‌ای	۱/۵
۷	لباس مخصوص مناطق قطبی	۳/۵

معادله شماره (۳)

در معادله فوق T دمای هوا و RH رطوبت نسبی

$$SET = T - \frac{1}{6} (T - 10) (1 - RH / 100)$$

[illegible]

روزهای «خنک»، این بازه زمانی به ۱۵۵ روز در سال گسترش می‌یابد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که بیش از پنج ماه از سال، شرایط جوی برای حضور گردشگران علاقه‌مند به پرندنگری در منطقه سفیدکوه مساعد است. با این حال، توصیه می‌شود این فعالیت با همراهی راهنمایان مجرب و دارای مهارت‌های کوهنوردی انجام پذیرد تا علاوه بر بهره‌مندی از تجربه‌ای ایمن و لذت‌بخش، آسیب‌پذیری اکوسیستم حساس منطقه نیز به حداقل برسد.

بر اساس نتایج کمی ارائه شده در جدول شماره (۵)، توزیع روزهای سال در محدوده‌های مختلف شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET) برای فعالیت پرندنگری در منطقه سفیدکوه به صورت زیر است: ۸۹ روز در محدوده آسایش، ۶۶ روز در شرایط «خنک»، ۵۲ روز در شرایط «خیلی خنک» و ۴۶ روز در شرایط «گرم». با تلفیق روزهای مطلوب (آسایش و خیلی خنک)، در مجموع ۱۴۱ روز از سال (معادل ۳۸٫۶٪ از سال) از نظر بیوکلیماتیک، مناسب‌ترین زمان برای انجام این فعالیت به‌شمار می‌آیند. با در نظر گرفتن محدوده وسیع‌تر شامل

جدول ۶- ارزیابی شاخص SET در مقیاس روزانه فعالیت پرندنگری خرم‌آباد

فعالیت	درجه حرارتی	شاخص SET
پرندنگری	آسایش	۸۹ روز
	خنک	۶۶ روز
	خیلی خنک	۵۲ روز
	گرم	۴۶ روز

۴. بحث

با توجه به چارچوب‌های بین‌المللی اکوتوریسم، سه رکن اساسی این حوزه یعنی «حفاظت از محیط‌زیست»، «تأمین منافع اقتصادی جامعه محلی» و «آموزش و تفسیر محیط‌زیستی» به عنوان مبانی توسعه پایدار گردشگری طبیعت مورد تأکید قرار می‌گیرند. در این راستا، پرندنگری به عنوان یکی از اشکال تخصصی اکوتوریسم، می‌تواند جایگزینی مناسب برای گردشگری انبوه و عامل تعدیل‌کننده اثرات مخرب آن باشد. این فعالیت از یک سو با ایجاد اشتغال و درآمد برای ساکنان بومی، آنان را به حافظان فعال زیستگاه‌ها تبدیل می‌کند و از سوی دیگر با ترویج ارزش‌های حفاظتی، به پایداری بوم‌سازگان‌ها کمک می‌نماید.

با این وجود، ضعف در نظام آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی به عنوان چالشی جدی در این حوزه مطرح است. دستیابی به تجربه مطلوب در پرندنگری که مبتنی بر مشاهده حداکثری پرندگان در زیستگاه‌های طبیعی است، مستلزم آموزش صحیح راهنمایان تخصصی، جامعه محلی و طبیعت‌گردان می‌باشد. همچنین توسعه زیرساخت‌های مناسب از جمله مسیرهای چوبی، تجهیزات مشاهده (تلسکوپ و

دوربین دوچشمی) و تهیه منابع آموزشی از ملزومات توسعه کیفی این فعالیت است.

بر اساس مطالعات انجام‌شده (مانند تحقیق زمانی و همکاران، ۱۴۰۱)، این اقدامات نه تنها به توسعه اقتصادی منجر می‌شود، بلکه به عنوان راهکاری حفاظتی در جهت کاهش تعارضات انسانی با محیط‌زیست عمل می‌نماید. در این زمینه، نظارت مؤثر بر عملکرد تورهای طبیعت‌گردی و مقابله با فعالیت‌های غیرمجاز که موجب اختلال در آرامش پرندگان و کاهش اعتماد جامعه محلی می‌شوند، از ضروریات انکارناپذیر است. همکاری سازمان‌های متولی مانند سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی در طراحی و اجرای برنامه‌های آموزشی و نظارتی می‌تواند زمینه تحقق اکوتوریسم مسئولانه و پایدار را فراهم آورد.

۵. نتیجه‌گیری

آسایش زیست‌اقليمی انسان تابعی از تعادل حرارتی بین بدن و محیط پیرامون است که تحت تأثیر ترکیب پیچیده‌ای از عوامل شامل ویژگی‌های هواشناسی (دما، رطوبت نسبی، تابش خورشید و سرعت باد) و ویژگی‌های فردی (سطح فعالیت فیزیکی) شکل می‌گیرد. برقراری این تعادل حرارتی از

همپوشانی بین روزهای مناسب پرنده‌نگری و فصل اوج گردشگری در استان، فرصت استثنایی برای توسعه این فعالیت و اشتغال‌زایی راهنمایان اکوتوریسم در سطح استان و کشور ایجاد کرده است. بهره‌برداری از این پتانسیل نیازمند عزم جدی نهادهای دولتی و خصوصی برای سرمایه‌گذاری در زمینه‌های زیر است:

ایجاد و توسعه زیرساخت‌های تخصصی شامل برجک‌های پرنده‌نگری و مسیرهای چوبی در اطراف تالاب‌ها و زیستگاه‌های مهم پرندگان
اجرای برنامه‌های آموزشی ساختاریافته برای جوامع محلی، راهنمایان گردشگری و آژانس‌های مسافرتی
طراحی کمپین‌های تبلیغاتی مؤثر برای معرفی و جذب گردشگران به این فعالیت تخصصی
این اقدامات نه تنها به توسعه اقتصادی منطقه کمک می‌کند، بلکه با افزایش آگاهی عمومی، زمینه‌ساز حفاظت پایدار از زیستگاه‌های طبیعی خواهد بود.

ضروریات اولیه تأمین سلامت و آسایش انسان محسوب می‌شود. در این پژوهش، فعالیت پرنده‌نگری در ساعت ۹:۳۰ به وقت محلی در ایستگاه خرم‌آباد مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET) نشان می‌دهد که محدوده حرارتی این فعالیت در ایستگاه مذکور بین "آسایش" تا "خیلی خنک" طبقه‌بندی می‌شود. بهترین بازه‌های زمانی برای حضور گردشگران در این فعالیت، دوره‌های برقراری "آسایش اقلیمی" از ۷ اردیبهشت تا ۳ تیر و از ۱۰ شهریور تا ۱۸ مهر می‌باشد. همچنین بازه‌های قابل تحمل با حساسیت حرارتی "خیلی خنک" در دوره‌های ۱۳ تا ۶ اردیبهشت و ۹ مهر تا ۱۹ آبان قرار دارند. این یافته‌ها از اهمیت دوچندان برخوردار می‌گردد هنگامی که با آمارهای گردشگری استان لرستان تلفیق می‌شوند؛ بر اساس گزارش‌ها، این استان در فهرست ۵ استان نخست پذیرای گردشگران داخلی در سفرهای طبیعت‌گردی فصل بهار قرار دارد.

6. References

- Almasieh, K., & Moazami, M. (2020). Identifying avifauna and the presence time of migratory birds at a university campus in the southwest of Iran. *Journal of Animal Diversity*, 2(1), 104–126. <https://doi.org/10.29252/JAD.2020.2.1.4>
- Barimani, F., & Esmailnejad, M. (2010). Investigation of bioclimatic indices affecting the determination of tourism season (Case study: Southern regions of Iran). *Journal of Geography and Development*, 23, 27-46.
- Conradie, N. (2010). *International Market Potential of Avitourism in South Africa* [Master's thesis, University of South Africa].
- Derikvand, M., Salarvand, A., Abbasi, S., & Cheraghi, M. (2022). Diversity of bird species in Sefidkuh Protected Area of Khorramabad, Lorestan. *Journal of Environmental Science Studies*, 8(3), 6975-
6978. <https://doi.org/10.22034/jess.2022.34980.2.1816>
- demographics, activities, motivations & environmental concerns of Chinese bird watchers. *Bird Conservation International*, 28(3), 337-349.
- Fotouhi, S., Yari, M., & Yari, Y. (2012). Identification of ecotourism potentials of climatic comfort of Hamoon wetlands. *Wetland Ecobiology Scientific-Research Quarterly*, (11).
- Garrison, B., et al. (2005). *Development and Marketing Strategies for Birding and Wildlife Tourism in the Greater Reno Nevada Region*. Nature Tourism Planning.
- Hajari, Z., Naserzadeh, M.H., & Taghavi Godarzi, S. (2019). Preparation of ecotourism calendar for the Persian Gulf region based on MEMI model bioclimatic indices (Case study: Bushehr). *Scientific Quarterly of Tourism Management Studies*, 14(46), 45-

- calendar and trend analysis based on RayMan and ITA models (Case study: Pol-e Dokhtar County). *Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas*, 2(20), 71-89. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.27172325.1400.2.6.5.1>
- Molaei Hashtjin, N., Hooshmand, A., & Rahimi, R. (2014). *Journal of Tourism Space*, 12, 89-106.
- Moore, P. (2006). *Biomes of the Earth: Wetlands*. Chelsea House Publishers.
- Paiandeh, N., & Zaki, G.R. (2006). Calculation of effective temperature by designing health software. *Geographical Research*, 57, 73-91.
- Walther, B.A., & White, A. (2018). The emergence of birdwatching in China: history282. <https://doi.org/10.22054/tms.2019.10434>.
- Zamani, N., Hatami, J., Shobeiri, S.M., & Kaboudvandpour, Sh. (2020). Investigating the role of environmental education in local communities on reducing human-wildlife conflict. *Journal of Animal Environment*, 12(1), 31-40.
- Zamani, N., Hatami, J., Shobeiri, S.M., & Kaboudvandpour, Sh. (2022). Estimation of ecotourism value and the position of education, environmental and socio-economic factors affecting it. *Journal of Animal Environment*, 14(3), 329-336.
- Zolfaghari, H. (2007). Determining the appropriate time calendar for tourism in Tabriz using Physiological Equivalent Temperature (PET) and Predicted Mean Vote (PMV) indices. *Journal of Geographical Research*, 62, 129-141.
- Sangpikul, A. (2020). Tourist perceptions of guided ecotourism tours in Thailand. *Tourism and Hospitality Research*, 20(2), 245-256.
- Shafia, S. (2018). Using primary cultural data for interpretation: A look at birdwatching tours. *Journal of Art and Civilization of the East*, 7(33), 15-22. <https://doi.org/10.22034/jaco.2020.83916>
- Simango, S. (2011). *The Evolution, Structure and Market for Birding Tourism South Africa* [Master's thesis, University of the Witwatersrand].
- Rabun, S.J. (2011). *Birding and Sustainability at The Arcata Marsh and Wildlife Sanctuary* [Master's thesis, University of Oregon].
- Razjoyan, M. (1988). *Comfort through Climate-Responsive Architecture*. Beheshti University Press.
- Rwanda. *Journal for Nature Conservation*, 54, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125797>
- biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43, 71-75. <https://doi.org/10.1007/s004840050092>
- Iranmanesh, Y., Shirmardi, H.A., & Jahanbazi Gojani, H. (2017). *Iran Nature Journal*, 2(4), 82-91.
- Mahdinasab, M., & Naserzadeh, M.H. (2013). Determination of tourism time calendar in Gahar Lake based on MEMI model. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 13(30).
- Mirehashemi, H., Sharafi, S., & Arintabar, H. (2021). Determination of tourism climate