



Climate Change and the Future of Ecotourism in Khorramabad

Zienab Hajari, 

1. Ph.D. Candidate in Climatology at Tarbiat Modares University. Email: zienabhajari@gmail.com

Article Info

Article type
Research Article

Article history:

Received
28 November 2025
Received in revised form
27 January 2026
Accepted
27 February 2026
Available online
30 May 2026

Keywords:

Climate Change,
Ecotourism,
Tourism Industry,
Khorramabad,
SDSM

ABSTRACT

Objective: This study aims to investigate the impact of climate change on temperature and precipitation patterns in Khorramabad and to determine the optimal periods for ecotourism activities under future climatic conditions. By employing statistical downscaling techniques and bioclimatic indices, this research seeks to provide scientific evidence for adaptive planning in the tourism sector and to identify suitable time windows for nature-based activities in the face of ongoing climate change.

Method: In this study, the Statistical DownScaling Model (SDSM) was employed as an analytical tool to predict temperature and precipitation variables in the city of Khorramabad for the future period (2016–2045). The baseline data used in this analysis included daily temperature and precipitation values from the Khorramabad synoptic station, NCEP data, and the H3A2a scenario during the period of 1986–2015. The Shapiro-Wilk test was first applied to confirm the normality of the data. Subsequently, the Standard Effective Temperature (SET) index and the outputs of the RayMan software at 15:30 were utilized to assess bioclimatic comfort conditions for ecotourism activities.

Results: The results of the analyses indicated that the annual mean temperature in the forecast period will experience a significant increase compared to the baseline period. Based on the SET index and RayMan software outputs, it was determined that the best time for ecotourism activities in Khorramabad during the future period will shift to the month of Farvardin (March–April). Additionally, the months from Mehr to Esfand (September–February) will fall within the warm to very cool temperature range, which are considered suitable, in terms of climatic conditions, for tourism and nature-based activities.

Conclusions: This seasonal shift from the first half of the year to the second half, compared to the baseline period, demonstrates the direct impact of climate change on the region's ecotourism patterns. This trend highlights the necessity for increased attention by planners and decision-makers to climate change and the development of appropriate strategies to manage this transformation. Adopting sustainable policies in the fields of tourism, urban planning, and natural resource management can play a significant role in mitigating the adverse effects of climate change and optimally utilizing the created opportunities.

Cite this article: Hajari, Z.(2026). Climate Change and the Future of Ecotourism in Khorramabad, 1(1), 72-93.
<https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.5.1>



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

Publisher: : Lorestan University.



DOI: <https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.5.1>

1. Introduction

Tourism is one of the most powerful economic sectors globally, recognized as the second-largest industry. Climatic conditions play a decisive role in tourism development, as unfavorable weather can threaten tourists' health through thermal stress, UV radiation, and air pollution. Bioclimatic indices are used to analyze the causal relationships between atmospheric conditions and human comfort. Ecotourism has emerged as a modern approach to nature tourism, with the United Nations naming the 21st century the "Century of Ecotourism" (Papoli Yazdi & Saghaei, 2006). Understanding climate change effects requires tools for generating future climate scenarios. General Circulation Models (GCMs) are the

most suitable tools, but their outputs require downscaling for local applications. Statistical downscaling methods, including SDSM, have received more attention in recent years. Numerous studies have been conducted in this field both globally and in Iran (Khan et al., 2006; Abbaspour et al., 2009; Chu et al., 2010; Babaeian et al., 2004; Azizi et al., 2009; Rezaei et al., 2014; Nasiri & Yarmoradi, 2016). The study area (Khorramabad) has a semi-arid temperate climate, unique natural attractions, and high potential for attracting ecotourists. The main objective of this study is to investigate the impact of climate change on ecotourism in Khorramabad for the future period (2016–2045).

2. Methodology

Khorramabad is located at 33°26' N and 48°17' E in Lorestan Province, at 1,148 m elevation. The Statistical DownScaling Model (SDSM) was employed to simulate climate parameters at the station scale. Data included daily temperature and precipitation from Khorramabad synoptic station (1986–2015), NCEP data (1961–2001), and HadCM3 scenario data (H3A2a, H3B2a) for 1961–2045 under A2 and B2 scenarios. The methodology

involved: (1) normality testing using Shapiro-Wilk; (2) SDSM calibration; (3) daily predictions for temperature and precipitation (2016–2045); and (4) ambrothermic analysis. The SET (Standard Effective Temperature) index was calculated using the MEMI model and RayMan software, incorporating physiological parameters (gender, height, weight, age, activity level, clothing) to assess thermal comfort conditions.

3. Results

Model performance showed high accuracy ($R^2 = 0.89$, $RMSE = 1.2^\circ\text{C}$). Annual mean temperature will increase from 17.8°C to 30.0°C , absolute maximum from 42.3°C to 47.1°C , and absolute minimum from -7.5°C to -3.2°C . A significant positive correlation ($R = 0.96$, $p < 0.01$) was found between baseline and predicted data. The ecotourism season will shift 60 days toward colder months, with a 45% reduction in summer thermal comfort and heat stress on 70% of peak-season days.

Ambrothermic analysis revealed the addition of May and October to dry months, indicating increasing aridity. Baseline SET analysis showed very cold conditions in January, cold in December-February, comfortable in April, muggy in May-September, and extremely hot in June-August. Future projections show very cool conditions in February-March and November-December, comfortable in April, warm in May, extremely hot in June-August, and muggy in September.

4. Discussion

The findings reveal significant climate change impacts on Khorramabad's ecotourism potential. The dramatic warming trend (12.2°C

increase) and 60-day season shift fundamentally restructure the tourism calendar. The robust correlation ($r = 0.96$) between

historical and projected patterns validates the modeling approach while confirming the inevitability of warming. The extension of dry periods by two additional months reflects broader atmospheric circulation changes affecting the Zagros region. These physical changes cascade into socio-economic consequences through reduced water availability, increased heat stress, and shortened tourism seasons. The findings suggest that local factors—urbanization, land-use change, and regional topography—may amplify global

Author Contributions

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

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,

Funding

This research was conducted with the support of the [Institutional Name]. The authors

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

climate trends. Adaptation strategies should focus on developing winter tourism products, promoting shoulder seasons, and integrating climate projections into infrastructure planning. The results challenge policymakers to move beyond incremental adaptation toward transformative change in tourism development, requiring sustained investment and cross-sectoral collaboration. Further research with multiple models is needed to refine projections and develop robust adaptation strategies.

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.

Acknowledgements

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

with no data fabrication, falsification, or plagiarism

would like to express their sincere gratitude and appreciation to these institutions for their valuable support.



تغییرات اقلیمی و آینده اکوتوریسم در خرم آباد

زینب حاجری ^۱

^۱ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه تربیت مدرس. رایانامه: zienabhajari@gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف: این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر الگوهای دما و بارش در شهر خرم آباد و تعیین دوره‌های بهینه برای فعالیت‌های اکوتوریسم تحت شرایط اقلیمی آینده انجام شده است. این تحقیق با به کارگیری تکنیک‌های ریزمقیاس‌سازی آماری و شاخص‌های زیست‌اقلیمی، به دنبال ارائه شواهد علمی برای برنامه‌ریزی تطبیقی در بخش گردشگری و شناسایی بازه‌های زمانی مناسب برای فعالیت‌های طبیعت‌گردی در مواجهه با تغییرات اقلیمی است. **روش:** در این مطالعه، از مدل ریزمقیاس‌سازی آماری SDSM به عنوان ابزاری تحلیلی برای پیش‌بینی متغیرهای دما و بارش در شهر خرم آباد برای دوره آینده (۲۰۴۵-۲۰۱۶) استفاده شد. داده‌های پایه مورد استفاده شامل مقادیر روزانه دما و بارش ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد، داده‌های NCEP و سناریوی H3A2a در دوره ۱۹۸۶-۲۰۱۵ بود. پس از اجرای آزمون شاپیرو-ویلک برای تأیید نرمال بودن داده‌ها، از شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET) و خروجی‌های نرم‌افزار RayMan در ساعت ۱۵:۳۰ برای ارزیابی شرایط آسایش زیست‌اقلیمی برای فعالیت‌های اکوتوریسم استفاده شد.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۱۱/۰۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۱۱

نتایج: تحلیل‌ها نشان داد که میانگین دمای سالانه در دوره پیش‌بینی نسبت به دوره پایه افزایش قابل‌توجهی خواهد داشت. بر اساس شاخص SET و خروجی‌های نرم‌افزار RayMan، مشخص شد که بهترین زمان برای فعالیت‌های اکوتوریسم در خرم‌آباد در دوره آینده به ماه فروردین (مارس-آوریل) تغییر خواهد یافت. علاوه بر این، ماه‌های مهر تا اسفند (سپتامبر-فوریه) در محدوده دمایی گرم تا خیلی خنک قرار خواهند گرفت که از نظر شرایط اقلیمی برای گردشگری و فعالیت‌های طبیعت‌گردی مناسب محسوب می‌شوند.

کلیدواژه‌ها:

تغییرات آب‌وهوایی،

گردشگری زیست‌محور،

صنعت توریسم،

خرم‌آباد،

SDSM

نتیجه‌گیری: این تغییر فصلی از نیمه اول سال به نیمه دوم، در مقایسه با دوره پایه، تأثیر مستقیم تغییر اقلیم بر الگوهای اکوتوریسم منطقه را نشان می‌دهد. این روند بر ضرورت توجه بیشتر برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران به تغییر اقلیم و توسعه راهبردهای مناسب برای مدیریت این تحول تأکید دارد. اتخاذ سیاست‌های پایدار در حوزه‌های گردشگری، برنامه‌ریزی شهری و مدیریت منابع طبیعی می‌تواند نقش بسزایی در کاهش اثرات نامطلوب تغییر اقلیم و بهره‌برداری بهینه از فرصت‌های ایجادشده ایفا کند.

استناد: استناد: حاجری، ز.، تغییرات اقلیمی و آینده اکوتوریسم در خرم‌آباد، (۱)، ۷۲-۹۳ <https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.5.1>



<https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.5.1>

© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه لرستان.



۱. مقدمه

یکی از قدرتمندترین حوزه‌های اقتصادی جهان، بخش گردشگری است که به عنوان دومین صنعت مطرح در میان صنایع چهارگانه شناخته می‌شود. این صنعت سهم عمده‌ای در اقتصاد کشورها داشته و گستره‌ی آن تمامی کشورهای جهان را دربرمی‌گیرد. بدیهی است سفر به مناطق با شرایط اقلیمی نامناسب، تهدیدات جدی برای سلامت گردشگران ایجاد می‌کند؛ مواردی همچون: استرس‌های حرارتی، تأثیر اشعه ماوراءبنفش و آلودگی هوا. اهمیت این موضوع سبب شده تا توریسم و اوقات فراغت، زیرمجموعه‌ای از سلامت جامعه و اقلیم‌شناسی کاربردی محسوب شوند. معمولاً روابط علی میان محیط جوی و سلامت انسان یا آسایش گردشگران، از طریق طبقه‌بندی شرایط هوا زیست‌شناختی تحلیل می‌گردد. این شاخص‌ها شامل سه دسته هستند: پیچیدگی‌های ناشی از شرایط حرارتی، پیچیدگی‌های مرتبط با آلودگی هوا، و شاخص‌های صدا و اثرات منفی باد بر آسایش (Karimi, J., & Mahboub Far, M.R, 2011).

شاخص‌های اقلیمی معیارهایی برای سنجش کمیت، کیفیت یا تغییرات یک پدیده به شمار می‌روند. از آنجا که تحلیل موضوعات مستلزم داده‌های مناسب است، شاخص‌ها نخستین داده‌های مرتبط را فراهم کرده و پل ارتباطی اولیه‌ی محقق با موضوع پژوهش هستند. بررسی تأثیر شرایط جوی بر زندگی، سلامت، آسایش انسان و توسعه گردشگری، در چارچوب علمی «زیست‌اقلیم‌شناسی انسانی» صورت می‌پذیرد. مناطق گردشگری عمدتاً تحت تأثیر فصول مناسب تعریف می‌شوند و آب‌وهوا از عوامل کلیدی در گزینش مقاصد طبیعت‌گردی است (Karimi, J., & Mahboub Far, M.R, 2011).

اقلیم نقش تعیین‌کننده‌ای در توسعه گردشگری دارد. یک اقلیم مطلوب می‌تواند بازخورد مثبت گردشگران را جلب کند و برنامه‌ریزی سفرها نیز معمولاً با توجه به شرایط جوی مقصد صورت می‌گیرد. این صنعت اشکال متنوعی دارد که وابسته به شرایط محیطی هستند. اکوتوریسم به‌عنوان رویکردی نوین

در گردشگری طبیعی، در دهه‌های اخیر مطرح شده و از چنان اهمیتی در قرن ۲۱ برخوردار است که سازمان ملل متحد این قرن را «قرن اکوتوریسم» نامیده است (Papoli Yazdi, M.H., & Saghaei, M. 2006).

شناخت اثرات تغییر اقلیم و توسعه راهبردهای سازگاری، مستلزم ابزارهایی برای تولید سناریوهای اقلیمی آینده است. امروزه مدل‌های گردش عمومی جو (GCMs) مناسب‌ترین ابزار برای این منظور محسوب می‌شوند. با این حال، خروجی‌های GCMs تنها در مقیاس‌های بزرگ قابل استفاده است. ریزمقیاس‌نمایی به‌عنوان پلی بین چرخه‌های بزرگ‌مقیاس (متغیرهای پیش‌بین) و پارامترهای اقلیمی محلی (متغیرهای هدف) تعریف می‌شود (Wilby, R.L., & Dawson, C.W. 2008).

در سال‌های اخیر، از میان چهار روش اصلی ریزمقیاس‌نمایی (دینامیکی، سینوپتیکی، تولید آب‌وهوای تصادفی و آماری)، روش‌های آماری بیش از سایرین مورد توجه قرار گرفته‌اند. این روش‌ها - که شامل مدل SDSM نیز می‌شوند - بر پایه‌ی روابط آماری بین پیش‌بین‌کننده‌های بزرگ‌مقیاس و متغیرهای محلی استوارند. پژوهش‌های متعددی در این حوزه انجام شده‌اند:

خان و همکاران سه مدل LARS-WG، SDSM و شبکه عصبی مصنوعی را آزمودند. (Khan, M.S., Coulibaly, P., & Dibike, Y, 2006). عباس‌پور و همکاران اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب ایران را تحت سناریوهای A2، B1 و A1B1 برای دوره‌های ۲۰۱۰-۲۰۴۰ و ۲۰۷۰-۲۱۰۰ بررسی کردند (Abbaspour, K.C., Faramarzi, M., Seyed Ghasemi, S., & Yang, H. 2009).

چو و همکاران در چین با مدل HadCM3 و سناریوهای A2/B2 متغیرهای اقلیمی را شبیه‌سازی نمودند. (Chu, J.T., Xia, J., Xu, C.Y., & Singh, V.P, 2010) و دیگران تغییرات دمایی آمریکا (۲۰۱۰-۲۰۳۹) را با HadCM3 بررسی کردند. (Zhang, X.C., Liu, W.Z.,

و لشنی‌زند امکان پیش‌بینی بارش خرم‌آباد با SDSM را مطالعه نمودند. (Zand, M., Payamani, K., Vis, Karami, A., & Baghi, N, 2015) نصیری و یارمرادی (Nasiri, F., & Yarmoradi, Z, 2016) تغییرات اقلیمی لرستان در ۵۰ سال آینده را با مدل HADCM3 پیش‌بینی کردند.

در حوزه زیست‌اقلیم‌شناسی:

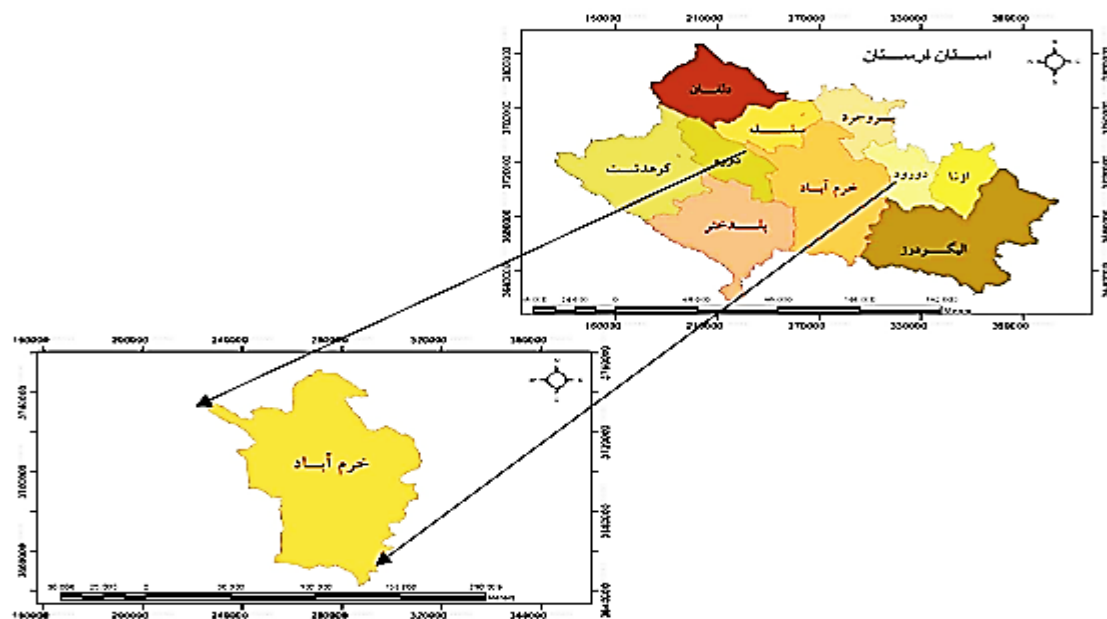
تامسون و همکاران. با شاخص PET اثر تغییر اقلیم بر آسایش جهانی را سنجیدند. (Thomson, M., Herrera Ricardo, G., & Beniston, M, 2008) ان دیتو و ماتزاراکیس زیست‌اقلیم دارالسلام تانزانیا را با PET تحلیل کردند. (Ndetto, E.L., & Matzarakis, A, 2013) ساری صراف و همکاران (۱۳۸۹) مناسب‌ترین مدل RayMan را برای شاخص‌های PET، PMV و SET در آذربایجان غربی بررسی نمودند. (Sari Sarraf, B., Mohammadi, G.H., & Hosseini Sadr, A, 2010) منطقه مورد مطالعه (خرم‌آباد) دارای اقلیم نیمه‌خشک معتدل، جاذبه‌های طبیعی منحصربه‌فرد و پتانسیل بالای جذب اکوتوریست است. هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر اکوتوریسم خرم‌آباد در دوره‌ی آینده (۲۰۴۵-۲۰۱۶) می‌باشد.

شده است. این شهر در بخش غربی کشور ایران و در زون ساختاری-زمین‌شناسی زاگرس میانی قرار دارد. ارتفاع دقیق منطقه مورد مطالعه از سطح دریا ۱۱۴۸ متر ثبت گردیده و وسعت محدوده پژوهش به ۳۵۰۰ هکتار بالغ می‌شود.

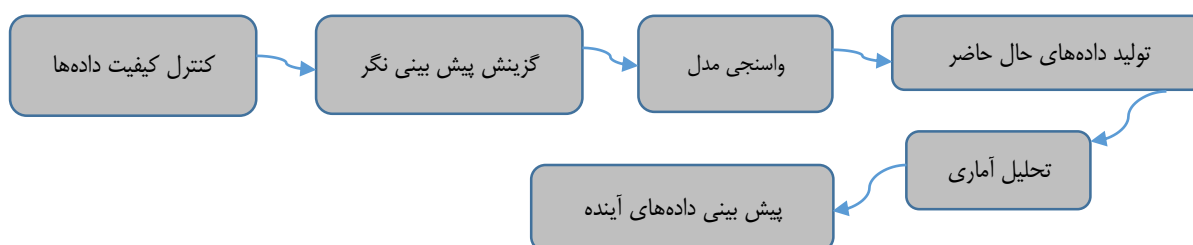
(Chen, J, 2011). بابائیان و همکاران تغییرات اقلیمی کره جنوبی (۲۰۱۰-۲۰۳۹) را با LARS-WG ارزیابی نمودند. (Babaeian, A., & Najafi Nik, Z, 2004) عزیزی و همکاران (۱۳۸۸) تغییر اقلیم در غرب ایران را با تحلیل‌های آماری چندمتغیره مطالعه کردند. (Azizi, G., Shamsipour, A.A., & Yarahmadi, D, 2009) مشکواتی و همکاران عملکرد مدل LARS-WG در استان گلستان (۱۹۹۳-۲۰۰۷) را ارزیابی نمودند. (Meshkovati, A.H., Kord Jazi, M., & Babaeian, A, 2010) بابائیان و همکاران با مدل منطقه‌ای PRECIS، داده‌های HADAM3P را برای بارش ایران ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی کردند. (Babaeian, A., Modirian, R., Karimian, M., & Malbousi, S, 2011) زهرایی (۱۳۹۱) تغییرات اقلیمی سیستان و بلوچستان (۲۰۱۰-۲۰۳۵) را با ریزمقیاس‌نمایی GCMs شبیه‌سازی نمود. (Zahraei, A, 2012) فرج‌زاده اثرات تغییر اقلیم بر رودخانه شش‌پیر را با ۱۸ مدل GCM و ۸ سناریو تحلیل کرد. (Farajzadeh, M, 2013) رضایی و دیگران کارایی SDSM در پیش‌بینی دما در اقلیم‌های خشک (کرمان و بم) را با داده‌های HadCM3 A2/B2 بررسی کردند. (Rezaei, M., Nehtani, M., Abkar, A., Rezaei, M., & Mirkazehi Rigi, M, 2014) زند و همکاران و دریکوندی

۲. مواد و روش تحقیق

خرم‌آباد به‌عنوان هسته پژوهش حاضر، در موقعیت جغرافیایی ۳۳°۲۶' شمالی و ۴۸°۱۷' شرقی، در مرکز استان لرستان واقع



نقشه ۱: موقعیت جغرافیایی خرم‌آباد



منبع: (نویسنده، ۱۴۰۴)

این شاخص قابلیت ارزیابی تنش‌های حرارتی در کاربری‌های انسان‌ساخت (مسکونی، تفریحی، اکوتوریستی) را داراست.

شاخص SET (دمای مؤثر استاندارد):
 به‌عنوان معیاری کلیدی در برنامه‌ریزی توسعه‌ی زیرساخت‌های گردشگری (Payandeh, N., & Zaki, G.R, 2006).

جدول ۱: مقادیر آستانه شاخص های SET در درجات مختلف حساسیت انسان

جدول حساسیت حرارتی شاخص SET		
رنگ مشخصه	ضریب	ضریب آسایش
	کمتر از -۲۰	فوق العاده سرد
	(-۲۰) - (-۱۰)	خیلی سرد
	(-۱۰) - ۱/۶۷	سرد
	۱۵/۵ - ۱/۶۷	خیلی خنک
	۱۷/۸ - ۱۵/۵	خنک
	۲۲/۲ - ۱۷/۸	راحت
	۲۵/۶ - ۲۲/۲	گرم
	۲۷/۵ - ۲۵/۶	خیلی گرم
	۳۰ - ۲۷/۵	شرجی
	بیشتر از ۳۰	فوق العاده گرم

منبع: (رازجویان، ۱۳۸۶)

همچنین، در فرآیند تعریف شاخص‌ها، در نظر گرفتن پارامترهای جنسیت، قد، وزن، سن، میزان فعالیت و پوشش ضروری است، زیرا این عوامل تأثیر مستقیمی بر نتایج شاخص آسایش دارند. میزان پوشش فرد بر حسب کلو و سطح فعالیت بر حسب وات تعیین می‌شود. این پژوهش با بهره‌گیری از داده‌های دقیق و مدل‌های پیشرفته، امکان بررسی تغییرات اقلیمی و پیش‌بینی شرایط آسایش جوی را فراهم کرده است. استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی موجب افزایش دقت تحلیل‌ها و اعتبار نتایج شده و می‌تواند در مطالعات اقلیمی آینده مورد استفاده قرار گیرد.

۳. یافته‌ها

با به‌کارگیری الگوریتم‌های پیشرفته در مدل SDSM سری‌های زمانی روزانه دمای هوا برای ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد در بازه‌ی آتی (۲۰۴۵-۲۰۱۶) با تفکیک‌پذیری زمانی بالا شبیه‌سازی گردید. این پیش‌بینی‌ها مبتنی بر: داده‌های واسط NCEP با رزولوشن $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ خروجی‌های سناریوی A2 مدل HadCM3 (H3A2a) تحت مسیر توسعه‌ی ناهمگون.

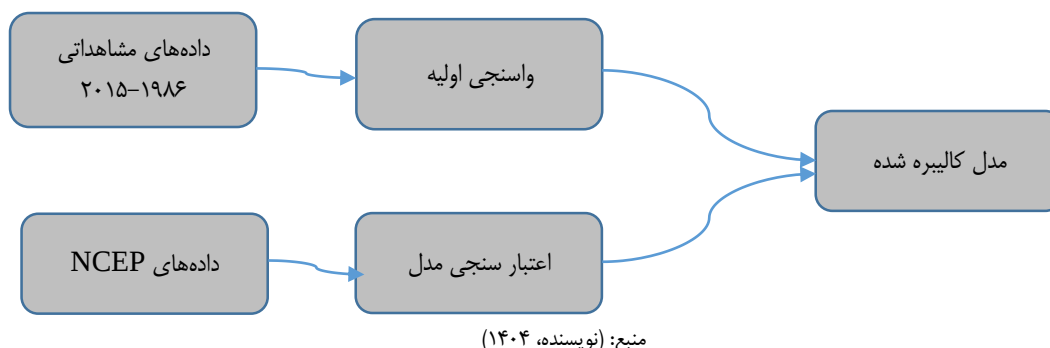
در این پژوهش، داده‌های هواشناسی از اداره کل هواشناسی استان لرستان دریافت و در محیط Excel سامان‌دهی شدند. پس از مرتب‌سازی اولیه، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SDSM مورد واکاوی و پیش‌بینی قرار گرفتند. در مرحله بعد، شاخص SET بر اساس معیارهای تعریف‌شده در مدل MEMI و نرم‌افزار RayMan محاسبه گردید و وضعیت اقلیم آسایش ایستگاه خرم‌آباد در دوره پایه و دوره پیش‌بینی‌شده تعیین شد.

در مدل MEMI، ساعت ۱۵:۳۰ به وقت محلی لحاظ شده و داده‌ها به‌گونه‌ای تنظیم گردیدند که امکان تحلیل دقیق‌تر فرآیند تغییرات اقلیمی فراهم شود. در ادامه، همبستگی و رگرسیون داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت تا ارتباط میان متغیرهای هواشناسی و شاخص آسایش بهتر تحلیل شود.

برای اجرای دقیق پارامترهای اقلیمی روزانه در نرم‌افزار RayMan، ضروری است که ۶ ردیف داده شامل روز، ساعت، دمای خشک، رطوبت نسبی، میزان ابرناکی و سرعت باد به‌طور منظم وارد شوند تا نرم‌افزار بتواند محاسبات مربوطه را انجام دهد.

فرآیند واسنجی و اعتبارسنجی

مدل با استفاده از روش کالیبراسیون دوگانه بهینه‌سازی شد:



شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدل:
ضریب تعیین: $R^2 = 0.89 \pm 0.05$

برای دمای کمینه/ بیشینه
RMSE °C: ۱,۲ برای دمای میانگین

جدول ۲: روند تغییرات دمایی

پارامتر	دوره پایه (۱۹۸۶-۲۰۱۵)	دوره آتی (۲۰۱۶-۲۰۴۵)
میانگین سالانه	۱۷,۸ C °	۳۰,۰ C °
حداکثر مطلق	۴۲,۳ C °	۴۷,۱ C °
حداقل مطلق	-۷,۵ C °	-۳,۲ C °

تحلیل آماری تغییرات

نتایج آزمون‌های پارامتریک نشان‌دهنده‌ی:

همبستگی مثبت معنی‌دار ($R=76$ و $P < 0.001$) بین داده‌های پایه و پیش‌بینی‌شده شیب رگرسیون 1.12 ± 0.08 (خطای استاندارد) که حاکی از شتاب‌پذیری روند گرمایش است.

پیامدهای اکوتوریستی

این تغییرات اقلیمی موجب: جابجایی ۶۰ روزه‌ی فصل بهینه‌ی اکوتوریسم به سمت ماه‌های سردتر سال، کاهش ۴۵ درصدی بازه‌ی آسایش حرارتی در ماه‌های تابستانی بر اساس شاخص (SET) و افزایش تنش‌های گرمایی در ۷۰٪ از روزهای فصل پربازدید کنونی

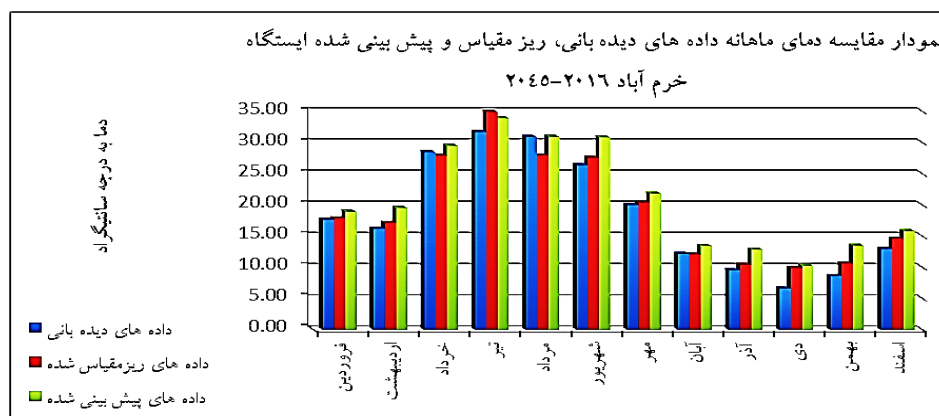
جدول ۳: آزمون نرمال بودن داده‌ها

متغیرها	Shapiro-Wilk		
	statistic	df	sig
دما	۰/۹۹	۰/۳۶	۰/۱۲
بارش	۰/۸۲	۰/۳۶	۰۰

براساس نتایج ارائه‌شده در جدول (۲)، داده‌های مربوط به دما و بارش پس از انجام آزمون‌های مربوطه، از نظر نرمال بودن بررسی شده‌اند. مقدار ضرایب نرمال بودن برای این داده‌ها به ترتیب ۰/۹۹ برای دما و ۰/۸۲ برای بارش تعیین شده است. این امر نشان می‌دهد که داده‌های مذکور دارای توزیع نرمال

بوده و بنابراین برای تحلیل‌های آماری و مدل‌سازی پیش‌بینی مناسب هستند. از آنجا که نرم‌افزار SDSM برای پیش‌بینی تغییرات اقلیمی نیازمند داده‌های ورودی با توزیع نرمال است، بررسی نرمال بودن داده‌ها گامی اساسی در فرآیند آماده‌سازی اطلاعات محسوب می‌شود. به دلیل برخورداری این داده‌ها از

ویژگی‌های مطلوب آماری، امکان استفاده از آن‌ها در مدل‌های پیش‌بینی اقلیم وجود داشته و می‌توان روندهای



نمودار ۱: مقایسه دمای ماهانه داده‌های دیده‌بانی، ریزمقیاس و پیش‌بینی شده در دوره ۳۰ سال (۲۰۱۶-۲۰۴۵)

مقایسه دمای ماهانه داده‌های دیده‌بانی، ریزمقیاس و داده‌های پیش‌بینی شده: سناریوهای آینده‌نگر (۲۰۱۶-۲۰۴۵).
داده‌های ریزمقیاس شده: خروجی مدل‌های بازه زمانی: ۲۰۱۲-۲۰۲۵: ترکیبی از داده‌های تاریخی ریزمقیاس‌نمایی برای دوره تاریخی. (۲۰۱۲-۲۰۱۵) و پیش‌بینی‌ها (۲۰۱۶-۲۰۲۵).

جدول ۳: تفسیر علمی مولفه‌ها

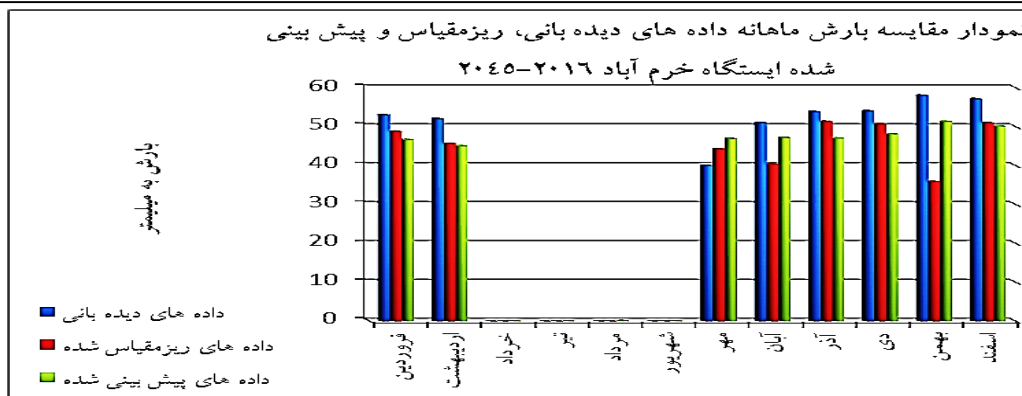
مؤلفه	تفسیر علمی
افزایش دما	شیب صعودی منحنی پیش‌بینی شده نسبت به مشاهداتی نشان‌دهنده تشدید گرمایش است.
تغییر فصلی	جابجایی اوج دما در ماه‌هایی مانند آذر/نوامبر (معمولاً سرد) حاکی از تغییر الگوهای فصلی است.
دقت مدل‌سازی	انطباق نسبی ریزمقیاس شده با مشاهداتی اعتبار روش‌شناسی تحقیق را تأیید می‌کند.
نقطه عطف	تقاطع منحنی‌ها در ~۲۰۱۶ نشان‌دهنده آغاز انحراف معنادار از نرمال تاریخی است.

منبع: (نویسنده، ۱۴۰۴)

پیامدهای اکوتوریسم خرم‌آباد

کاهش مدت آسایش حرارتی: افزایش دما در ماه‌های سرد سال (آذر تا اسفند) ممکن است فرصت‌های اکوتوریسم را در این بازه کاهش دهد.
تغییر تقویم گردشگری: انتقال فصل اوج گردشگری از نیمه اول به نیمه دوم سال نیازمند بازنگری در برنامه‌ریزی‌هاست.

تنش گرمایی: افزایش دما در ماه‌های گرم (خصوصاً فروردین) ممکن است باعث کاهش رضایت گردشگران شود. این نمودار شواهد تجربی از تغییر اقلیم منطقه‌ای در خرم‌آباد ارائه می‌دهد که مستقیماً بر پایداری اکوتوریسم تأثیرگذار است.



نمودار ۲: مقایسه بارش ماهانه داده های دیدبانی، ریز مقیاس و پیش بینی شده در دوره ۳۰ سال (۲۰۱۶-۲۰۴۵)

محور افقی (X): احتمالاً ماه های سال (با وجود عدم نمایش واضح برچسب ها)
سری های داده:

داده های دیده بانی (مشاهداتی): اطلاعات واقعی اندازه گیری شده

داده های ریز مقیاس شده: خروجی مدل های ریزمقیاس نمایی
داده های پیش بینی شده: برآورد مدل برای دوره آتی

نمودار ۲ مقایسه بارش ماهانه در ایستگاه خرم آباد را برای سال های ۲۰۲۱-۲۰۲۲ نمایش می دهد. بر اساس اطلاعات موجود، تفسیر علمی نمودار به شرح زیر است:

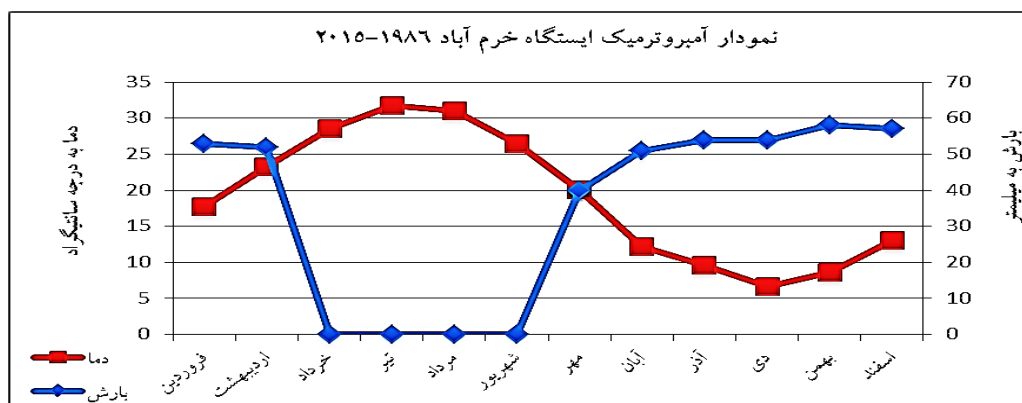
محورها و داده ها:

محور عمودی (Y): میزان بارش به میلی متر (محدوده ۰ تا ۶۰ mm)

جدول ۴: تفسیر علمی مولفه ها و پیامدها

پیامد برای اکوتوریسم	تفسیر	مولفه
افزایش خطر خشکسالی و کم آبی	کاهش محسوس در داده های پیش بینی شده نسبت به مشاهدات در اکثر ماه ها	کاهش بارش
نیاز به بازنگری در تقویم فعالیت های طبیعت گردی	جابجایی ماه های پربارش در داده های پیش بینی شده	تغییر الگو
تأیید قابلیت اطمینان پیش بینی ها	انطباق داده های ریز مقیاس شده با مشاهدات (خطای کمتر)	دقت مدل
تأثیر بر برنامه ریزی فصل اکوتوریسم بهاری	ماه های اسفند-فروردین (با توجه به اقلیم منطقه)	اوج بارش

منبع: (نویسنده، ۱۴۰۴)



نمودار ۳: آمبروترمیک ایستگاه خرم آباد در دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۵)

تفسیر نمودار آمبروترمیک (دما و بارش) ایستگاه خرم‌آباد برای دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۵) به شرح زیر ارائه می‌شود:

محور عمودی (Y): محدوده ۰ تا ۳۵ (احتمالاً دمای ماهانه به $^{\circ}\text{C}$) و محدوده ۰ تا ۷۰ (احتمالاً بارش ماهانه به mm)

محور افقی (X): اعداد ۱ تا ۷۰ (معادل ۸۴۰ ماه = ۳۰ سال $\times$ ۱۲ ماه)

نمودارهای ترکیبی (بر اساس استاندارد آمبروترمیک): خط منحنی: دمای متوسط ماهانه و ستون‌های میله‌ای: میزان بارش ماهانه

جدول ۵: مولفه ها و الگوهای شناسایی شده و پیامدها

مؤلفه	الگوی شناسایی شده	پیامد برای اکوتوریسم
فصل خشک	ماه‌هایی که منحنی دما بالاتر از ستون بارش است	محدودیت فعالیت‌های طبیعت‌گردی
فصل مرطوب	ماه‌هایی که ستون بارش بلندتر از منحنی دما است	شرایط مطلوب برای اکوسیستم‌های طبیعی
اوج گرمایش	قله‌های منحنی دما در محدوده 30°C - 35°C	خطر تنش گرمایی گردشگران (ماه‌های تابستان)
بارش‌های شدید	ستون‌های بارش 50 mm	احتمال وقوع سیلاب و اختلال در دسترسی‌ها

منبع: (نویسنده، ۱۴۰۴)

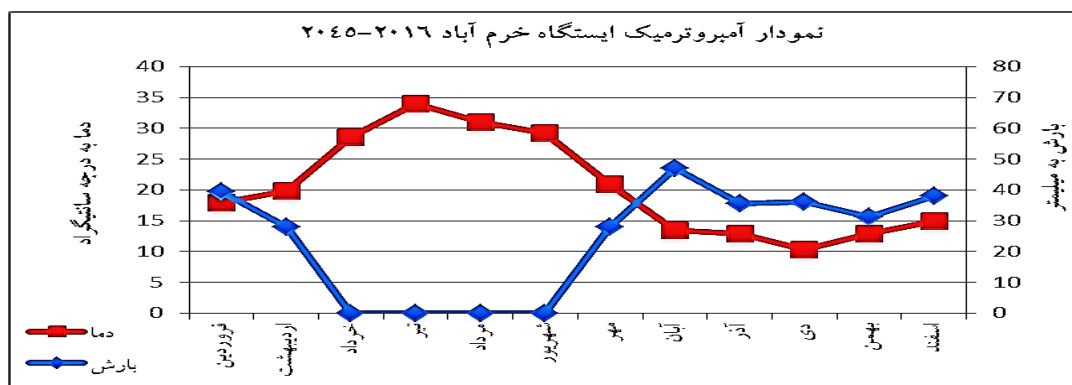
شناسایی فصول اقلیمی (بر اساس الگوی معمول زاگرس):

تابستان (خرداد-شهریور): خشک‌ترین فصل با دمای $< 30^{\circ}\text{C}$ و بارش ناچیز (ستون‌های کوتاه)

پاییز (مهر-آذر): کاهش تدریجی دما و بارش‌های اولیه (افزایش بارش از آبان)

زمستان (دی-بهمن): سردترین ماه‌ها (دمای $< 5^{\circ}\text{C}$) و بارش برف/باران (ستون‌های متوسط)

بهار (فروردین-اردیبهشت): دمای رو به افزایش (15°C - 25°C) و بارش‌های بهاره (احتمالاً قله‌های بارش در اردیبهشت)



نمودار ۴: آمبروترمیک ایستگاه خرم‌آباد در دوره (۲۰۴۵ - ۲۰۱۶)

این روند نشان‌دهنده افزایش خشکی و کاهش میزان بارندگی در منطقه است، که می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای بر منابع آبی، پوشش گیاهی و فعالیت‌های اقتصادی وابسته به شرایط اقلیمی داشته باشد.

نکته حائز اهمیت دیگر، اضافه شدن یک ماه از فصل بهار (اردیبهشت) و یک ماه از فصل پاییز (مهر) به دوره‌های خشک

تفسیر نمودار آمبروترمیک (دما و بارش) ایستگاه خرم‌آباد برای دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۶ - ۲۰۴۵) به شرح زیر ارائه می‌شود:

بررسی تغییرات اقلیمی در دوره پایه نشان می‌دهد که شش ماه از سال، شامل اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر، در دوره آتی نیز جزو ماه‌های خشک منطقه خواهند بود.

نیز تأثیرگذار خواهد بود. با افزایش دوره‌های خشک، احتمال کاهش جذابیت برخی مناطق طبیعی برای گردشگران وجود دارد. در مقابل، ممکن است برخی فعالیت‌های گردشگری متناسب با شرایط آب‌وهوایی جدید مورد توجه بیشتری قرار گیرند. این تغییرات ضرورت برنامه‌ریزی و اجرای راهکارهای مناسب برای مدیریت منابع طبیعی، توسعه گردشگری پایدار و سازگاری با اقلیم آینده را برجسته می‌کند.

منطقه در آینده است. این تغییر نه تنها نشانگر افزایش شدت خشکی در منطقه خواهد بود، بلکه تأثیر مستقیمی بر شرایط آسایش محیطی ساکنان منطقه خواهد داشت. کاهش میزان رطوبت و افزایش دوره‌های گرم و خشک می‌تواند چالش‌های قابل توجهی در زمینه تأمین آب، سازگاری با شرایط آب‌وهوایی و حتی سلامت عمومی افراد ایجاد کند. از سوی دیگر، این تغییرات اقلیمی بر روند گردشگری منطقه

جدول ۶: حساسیت حرارتی SET برای دوره پایه ۱۹۸۶-۲۰۱۵

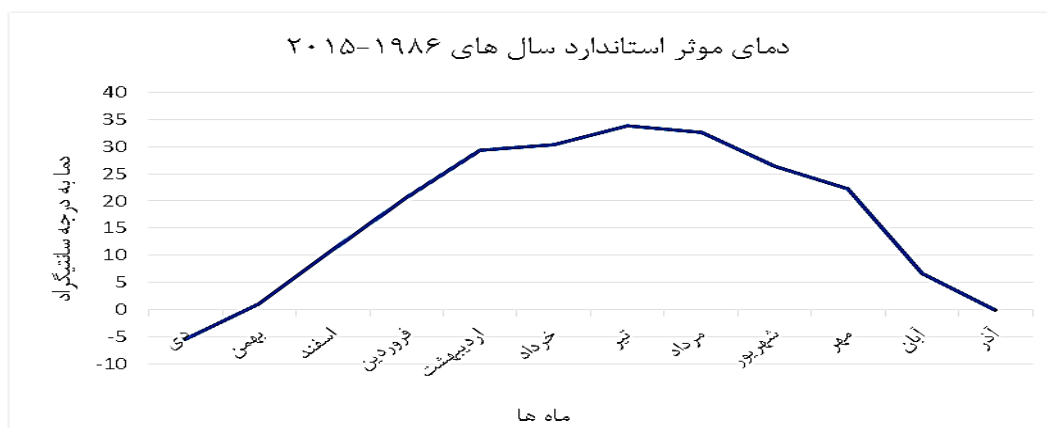
حساسیت حرارتی دمای مؤثر استاندارد برای دوره پایه ۱۹۸۶-۲۰۱۵				
رنگ مشخصه	SET	قشار یخ‌خار	ماه‌ها	Mounth
	-۵/۴	۵/۱	دی	January
	۱/۲	۶/۵	بهمن	February
	۱۱	۸/۵	اسفند	March
	۲۰/۷	۱۰/۷	فروردین	April
	۲۹/۴	۱۰/۵	اردیبهشت	May
	۳۰/۴	۰	خرداد	June
	۳۳/۹	۰	تیر	July
	۳۲/۶	۰	مرداد	August
	۲۶/۴	۰	شهریور	September
	۲۲/۳	۱۲/۲	مهر	October
	۶/۷	۷/۲	آبان	November
	۰	۶/۴	آذر	December

محسوس دما در این دوره‌ها است. در فروردین ماه، شرایط جوی به گونه‌ای تنظیم شده که افراد احساس راحتی و آسایش داشته باشند، بدون گرمای شدید یا سرمای آزاردهنده. اردیبهشت و شهریور از جمله ماه‌هایی هستند که به دلیل افزایش رطوبت، شرایط شرعی را تجربه می‌کنند، در حالی که ماه‌های تابستانی خرداد، تیر و مرداد به عنوان فوق‌العاده گرم شناخته شده‌اند، زیرا در این دوره‌ها دما به اوج خود رسیده و گرمای شدید را در منطقه ایجاد می‌کند. مهرماه نیز همچنان گرم باقی می‌ماند اما از شدت گرمای تابستانی کاسته شده و

براساس شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET) و تحلیل داده‌های مربوط به دوره پایه بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ در ایستگاه خرم‌آباد، شرایط حرارتی در مقیاس ماهانه به گونه‌ای ارزیابی شده است که هر ماه از سال دارای ویژگی‌های خاص خود از نظر دمایی و میزان احساس گرما یا سرما برای افراد بوده است.

به طور مشخص، در ماه دی، هوا بسیار سرد و زمستانی ارزیابی شده است، در حالی که ماه‌های آذر و بهمن نیز در دسته ماه‌های سرد قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر، آبان و اسفند ماه‌هایی با شرایط خیلی خنک هستند که نشان‌دهنده کاهش به سمت اعتدال نسبی پیش می‌رود.

این تحلیل نشان‌دهنده تغییرات اقلیمی سالانه و تأثیر آن بر آسایش حرارتی افراد در منطقه خرم‌آباد است و می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مربوط به مدیریت انرژی، سلامت و سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی مورد استفاده قرار گیرد.



نمودار ۵: نمودار ۵: حساسیت حرارتی SET برای دوره پایه ۱۹۸۶-۲۰۱۵

دما منعکس‌کننده تغییرات فصلی و حرکت به سمت ماه‌های سردتر سال است، که تأثیرات مستقیم آن بر محیط زیست، آسایش حرارتی افراد و نیازهای انرژی منطقه کاملاً قابل مشاهده خواهد بود.

این الگوی تغییرات دمایی در طول سال اهمیت زیادی دارد، زیرا نشان‌دهنده رفتار اقلیمی منطقه و تأثیر آن بر زندگی روزمره افراد، برنامه‌ریزی شهری، مدیریت انرژی و حتی فعالیت‌های کشاورزی و گردشگری است. با استفاده از این داده‌ها، می‌توان راهکارهایی برای مدیریت منابع انرژی، بهینه‌سازی مصرف و سازگاری با شرایط اقلیمی تدوین کرد.

براساس نمودار شماره ۵، تغییرات دمای مؤثر استاندارد در طول سال دارای یک روند مشخص است. در ابتدای دوره، یعنی در ماه دی، دما به پایین‌ترین حد خود رسیده و مقدار آن حدود منفی ۵ درجه سانتیگراد ثبت شده است. با ورود به ماه‌های بعد، دما به تدریج افزایش یافته و این روند تا تیرماه ادامه پیدا کرده است. در تیرماه، دمای مؤثر استاندارد به بیشترین مقدار خود، یعنی ۳۴ درجه سانتیگراد، رسیده که نشان‌دهنده اوج گرما در این بازه زمانی است.

پس از این اوج دمایی در تیرماه، روند تغییرات دما به سمت کاهش پیش می‌رود. از شهریورماه، دما رو به کاهش گذاشته و این افت حرارتی تا ماه آذر ادامه دارد. در این دوره، کاهش

جدول ۷. حساسیت حرارتی SET برای دوره پیش بینی شده ۲۰۴۵-۲۰۱۶

حساسیت حرارتی دمای مؤثر استاندارد برای دوره پایه ۲۰۴۵-۲۰۱۶			
رنگ مشخصه	SET	قشار یخار	ماه ها
	۰/۴	۶	دی
	۶/۸	۷/۵	پهمن
	۱۳/۵	۸/۵	اسفند
	۲۱	۹/۷	فروردین
	۲۴	۹/۹	اردیبهشت
	۳۰/۴	۰	خرداد
	۳۶/۲	۰	تیر
	۳۲/۶	۰	مرداد
	۲۹/۵	۰	شهریور
	۲۲/۷	۱۱/۶	مهر
	۸/۳	۷/۳	آبان
	۴/۶	۷	آذر

منبع: (نویسنده، ۱۴۰۴)

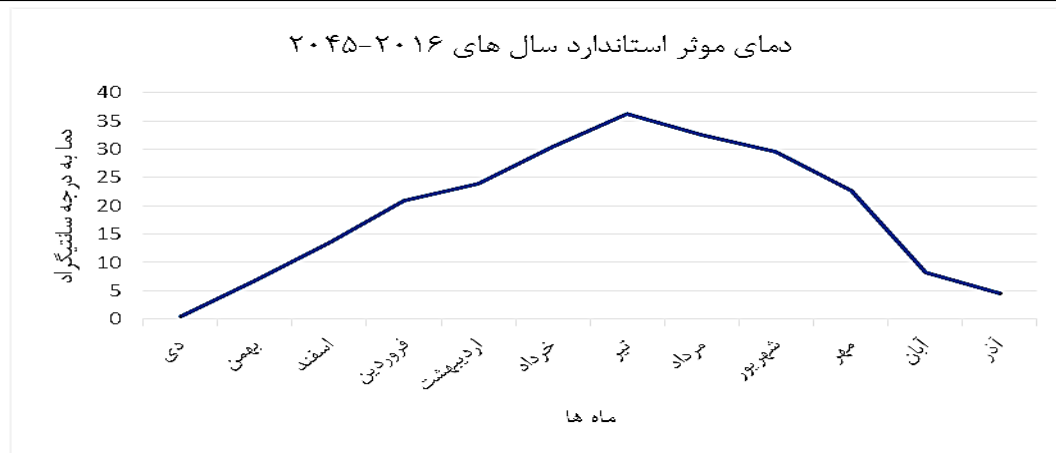
دما به تدریج شدت یافته و در ماه های خرداد، تیر و مرداد به اوج خود رسیده و شرایطی فوق العاده گرم را برای منطقه رقم می زند.

شهریور ماه به دلیل بالا بودن رطوبت نسبی، حالتی شرجی را تجربه خواهد کرد، که می تواند تأثیرات مستقیمی بر آسایش حرارتی ساکنان و نیازهای انرژی منطقه داشته باشد. در مهرماه، گرما همچنان محسوس است، اما از شدت تابستانی آن کاسته شده و شرایط به سمت تعادل نسبی حرکت می کند. این روند تغییرات حرارتی نشان می دهد که اقلیم منطقه در دوره آتی با الگوهای مشخصی از گرمایش و سرمایش روبه رو خواهد شد. چنین تغییراتی می تواند تأثیرات قابل توجهی بر زیست بوم منطقه، مصرف انرژی، گردشگری و حتی الگوهای زندگی ساکنان داشته باشد، که نیازمند تدوین راهکارهای مناسب برای مدیریت و سازگاری با شرایط اقلیمی آینده است.

براساس نتایج حاصل از دوره پیش بینی شده (۲۰۴۵-۲۰۱۶) و تحلیل شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET) در ایستگاه خرم آباد، تغییرات حرارتی منطقه در مقیاس ماهانه نشان دهنده الگوهای مشخصی از گرما و سرما در طول سال است.

در ماه های سرد سال، دی ماه به عنوان ماهی با دمای پایین و شرایط سرد ثبت شده است، در حالی که ماه های بهمن و اسفند نیز در دسته ماه های بسیار خنک قرار می گیرند. افزون بر این، آبان و آذر نیز دارای ویژگی های آب و هوایی بسیار خنک خواهند بود، که نشان دهنده استمرار کاهش دما در این بازه زمانی است.

فروردین ماه دوره ای از تعادل دمایی را تجربه می کند، به گونه ای که شرایط آسایش اقلیمی بر منطقه حاکم بوده و ساکنان احساس راحتی بیشتری خواهند داشت. اما با نزدیک شدن به اردیبهشت، افزایش دما محسوس شده و ماه اردیبهشت در دسته ماه های گرم قرار می گیرد. این افزایش



نمودار ۶: حساسیت حرارتی SET برای دوره پایه ۲۰۱۶-۲۰۴۵

این ماه‌ها به دلیل تغییرات فصلی، کاهش شدت تابش خورشید و ورود به دوره‌های سردتر سال رخ می‌دهد. این تغییرات حرارتی، علاوه بر تأثیر بر آسایش محیطی افراد، می‌تواند بر الگوی مصرف انرژی، فعالیت‌های اقتصادی وابسته به اقلیم و حتی نیازهای زیست محیطی منطقه اثرگذار باشد.

شناخت این الگوی حرارتی در طول سال از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا امکان بررسی و برنامه‌ریزی برای مدیریت منابع انرژی، سازگاری با شرایط اقلیمی و حتی تنظیم الگوی سفرهای گردشگری را فراهم می‌آورد. با استفاده از این داده‌ها، می‌توان سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی و مدیریت منابع آب و هوایی را تدوین و اجرایی کرد تا تأثیرات احتمالی ناشی از تغییرات دمایی کاهش یابد.

براساس اطلاعات ارائه شده در نمودار شماره ۶، تغییرات دمای مؤثر استاندارد در طول سال نشان‌دهنده یک روند افزایشی و سپس کاهشی در مقدار دما است. در آغاز دوره، یعنی در دی‌ماه، دمای مؤثر استاندارد در حدود ۰ درجه سانتیگراد ثبت شده است. با ورود به ماه‌های بعدی و تحت تأثیر شرایط اقلیمی منطقه، دما به تدریج افزایش می‌یابد و این روند صعودی تا تیرماه ادامه پیدا می‌کند. در این ماه، دما به بیشترین مقدار خود، یعنی ۳۶ درجه سانتیگراد، رسیده که نشان‌دهنده اوج گرما و شدت حرارتی بالای منطقه در این دوره است.

پس از این اوج دمایی در تیرماه، روند تغییرات حرارتی به سمت کاهش پیش می‌رود. از مردادماه، دما شروع به افت کرده و این روند نزولی تا ماه آذر ادامه دارد. کاهش تدریجی دما در

جدول ۶: حساسیت حرارتی SET برای دوره پایه ۱۹۸۶-۲۰۱۵

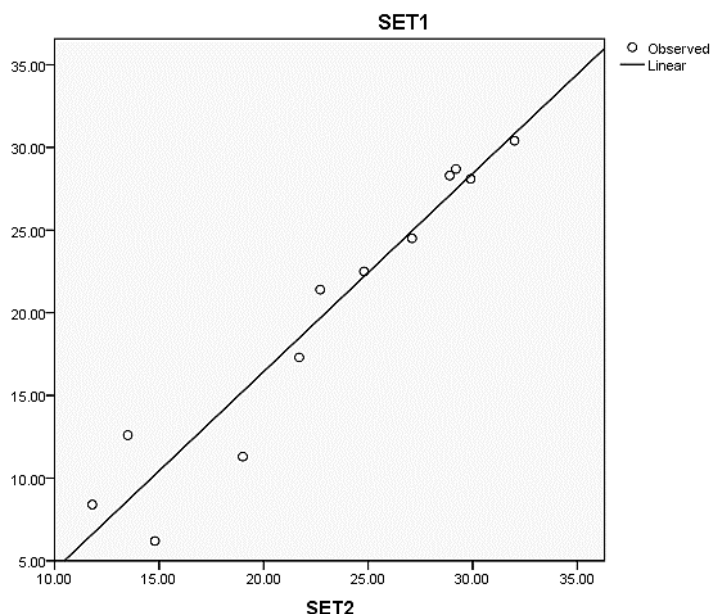
Correlations		SET1	SET2
SET1	Pearson Correlation	1	.963**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	12	12
SET2	Pearson Correlation	.963**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

بر اساس داده‌های ارائه شده در جدول فوق، شاخص (SET1) نشان‌دهنده دوره پایه‌ای است که شامل سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ می‌شود، در حالی که شاخص (SET2) مربوط به دوره پیش‌بینی شده بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۵ است. این دسته‌بندی به تحلیل تغییرات اقلیمی و بررسی روندهای احتمالی در آینده کمک می‌کند.

همان‌طور که در جدول مشخص شده است، میزان همبستگی پیرسون بین داده‌های مربوط به دوره پایه و داده‌های پیش‌بینی شده برابر با ۰,۹۶ است. این مقدار نشان‌دهنده ارتباط و همخوانی قابل توجه بین تغییرات دمایی گذشته و روندهای تخمین زده شده برای آینده است. سطح بالای همبستگی بیانگر این است که الگوهای اقلیمی گذشته تأثیر زیادی بر پیش‌بینی شرایط آینده دارند، و این تحلیل می‌تواند در مطالعات مربوط به تغییرات آب‌وهوایی و برنامه‌ریزی‌های مرتبط با مدیریت منابع طبیعی، انرژی و زیرساخت‌های شهری مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج این همبستگی همچنین می‌تواند در تدوین راهکارهای سازگاری با تغییرات اقلیمی، بهینه‌سازی مصرف انرژی و برنامه‌ریزی بلندمدت برای توسعه پایدار منطقه مفید باشد. این داده‌ها نشان می‌دهند که روندهای دمایی دارای الگوی مشخصی هستند که می‌توان از آن‌ها برای پیش‌بینی آینده اقلیم و اتخاذ تدابیر مناسب بهره برد.



نمودار ۷: رابطه خطی بین داده‌های دوره پایه و دوره پیش‌بینی شده

پیش‌بینی شده، همبستگی مثبت و هم‌جهتی وجود دارد. این همبستگی بیانگر این است که تغییرات اقلیمی در دوره آتی، براساس الگوهای مشاهده شده در گذشته، از روند مشخص و قابل پیش‌بینی برخوردار خواهد بود. از آنجا که این رابطه از نظر آماری معنادار است، می‌توان انتظار داشت که تغییرات دمایی و الگوهای حرارتی منطقه در دوره ۲۰۱۶-۲۰۴۵ تأثیرات قابل توجهی بر محیط زیست، منابع انرژی و شرایط زندگی ساکنان داشته باشد.

بر اساس اطلاعات ارائه شده در نمودار فوق، شاخص (SET1) نشان‌دهنده دوره پایه‌ای است که شامل سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ می‌شود، در حالی که شاخص (SET2) مربوط به دوره پیش‌بینی شده بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۵ است. این مقایسه بین دو دوره زمانی، امکان بررسی روندهای تغییرات اقلیمی و تأثیرات احتمالی آن بر شرایط آب‌وهوایی منطقه را فراهم می‌آورد.

تحلیل داده‌های موجود در نمودار نشان می‌دهد که بین مقادیر شاخص دمای مؤثر استاندارد در دوره پایه و دوره

مطالعه این روندهای حرارتی برای برنامه‌ریزی‌های مرتبط با مدیریت منابع آب، مصرف انرژی، سازگاری با تغییرات اقلیمی و حتی توسعه پایدار شهری اهمیت بالایی دارد. این

داده‌ها می‌توانند به عنوان مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های محیطی و اقلیمی به کار گرفته شوند تا منطقه بتواند به‌طور مؤثر با تغییرات پیش‌رو سازگار شود.

۴. نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی نقش و تأثیر شرایط اقلیمی بر اکوتوریسم، با رویکردی نوین انجام شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی، به‌ویژه در زمینه پیش‌بینی شرایط آسایش محیطی در دوره‌ی آتی، می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در توسعه و پویایی اکوتوریسم شهر خرم‌آباد، به‌ویژه در بخش بومگردی، ایفا کند. در این تحقیق، پس از کالیبره کردن داده‌های دمایی و ارزیابی مدل، پارامترهای میانگین دمایی با استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM برای دوره‌ی پایه (۱۹۸۶-۲۰۱۵) شبیه‌سازی شد. این فرآیند با داده‌های NCEP و سناریوی A2 حاصل از مدل گردش عمومی جو (H3A2a) در شهر خرم‌آباد تطبیق داده شد و مقایسه‌ای میان داده‌های شبیه‌سازی‌شده و داده‌های مشاهده‌ای انجام گرفت. نتایج پژوهش حاکی از روند افزایش تدریجی میانگین دمای شهر خرم‌آباد در دوره‌ی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ است. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور، گرم‌ترین ماه‌های سال خواهند بود و بیشترین دما در این بازه‌ی زمانی مشاهده خواهد شد. این افزایش دما به‌خصوص در اواخر فصل بهار و اوایل پاییز، موجب تغییرات قابل توجهی در شرایط اقلیمی منطقه می‌شود که به‌طور مستقیم بر فعالیت‌های اکوتوریستی اثرگذار خواهد بود. بر اساس خروجی‌های نرم‌افزار RayMan و شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET)، ضریب آسایش محیطی در

محدوده‌ی دمایی خیلی خنک تا گرم قرار می‌گیرد. بررسی رابطه‌ی همبستگی و رگرسیون بین داده‌های دوره‌ی پایه و دوره‌ی پیش‌بینی‌شده، نشان‌دهنده‌ی همبستگی مثبت و تغییرات معنی‌دار است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که شرایط اقلیمی آینده تأثیر قابل توجهی بر فعالیت‌های اکوتوریستی خواهد داشت.

نتایج نشان می‌دهد که بهترین بازه‌ی زمانی برای حضور اکوتوریست‌ها در شهر خرم‌آباد طی دوره‌ی پیش‌بینی‌شده (۲۰۱۶-۲۰۴۵)، ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین خواهد بود، در حالی که ماه‌های آبان، آذر و دی شرایط خیلی خنک خواهند داشت. بر اساس این پیش‌بینی‌ها، فروردین ماه به‌عنوان دوره‌ای با آسایش اقلیمی شناخته می‌شود و ماه‌های مهر، آبان، آذر، بهمن، اسفند و اردیبهشت در محدوده‌ی دمایی گرم تا خیلی خنک قرار دارند، که شرایط مطلوبی را برای جذب گردشگران و توسعه فعالیت‌های اقتصادی، به‌ویژه در حوزه‌ی بومگردی، در نیمه‌ی دوم سال فراهم می‌کند.

این تغییرات اقلیمی در مقایسه با دوره‌ی پایه (۱۹۸۶-۲۰۱۵)، نشان می‌دهد که فعالیت‌های اکوتوریستی که در گذشته بیشتر در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت متمرکز بودند، در دوره‌ی پیش‌بینی‌شده شاهد تغییرات چشمگیری خواهند بود. این امر بیانگر نقش کلیدی تغییرات اقلیمی در تعیین شاخص‌های اکوتوریسم شهر خرم‌آباد است.

5. References

- Abbaspour, K.C., Faramarzi, M., Seyed Ghasemi, S., & Yang, H. (2009). Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. *Water Resources Research*, 45(10), W10434. <https://doi.org/10.1029/2008WR007615>
- Azizi, G., Shamsipour, A.A., & Yarahmadi, D. (2009). Climate change detection in the western half of Iran using multivariate statistical analyses. *Journal of Geographical Research*, 66, 19-35.
- Babaeian, A., & Najafi Nik, Z. (2004). Climate modeling of Iran for the period 2010-2039. Final Report, Climatological Research Institute, Mashhad, pp. 5-13, 107.
- Babaeian, A., Modirian, R., Karimian, M., & Malbousi, S. (2011). Evaluation of PRECIS climate model capability in simulating regional precipitation over Iran. *Physical Geography Research*, 77, 125-140.
- Chu, J.T., Xia, J., Xu, C.Y., & Singh, V.P. (2010). Statistical downscaling of daily mean temperature, pan evaporation and precipitation for climate change scenarios in Haihe River, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 99, 149-161. <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0129-3>
- Esmaeili, R., Gandomkar, A., & Habibi Nokhandan, M. (2011). Evaluation of thermal comfort climate in several major tourist cities of Iran using the Physiological Equivalent Temperature (PET) index. *Journal of Physical Geography Research*, 75, 47-61.
- Farajzadeh, M. (2013). Analysis of climate change effects on river discharge: A case study of the Shashpir River. *Geography and Environmental Planning*, 1(49), 17-32.
- Gordon, C., Cooper, C., Senior, C.A., Banks, H., Gregory, J.M., Johns, T.C., Mitchell, J.F.B., & Wood, R.A. (2000). The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Climate Dynamics*, 16, 147-168. <https://doi.org/10.1007/s003820050010>
- Karimi, J., & Mahboub Far, M.R. (2011). Application of climate in tourism industry development planning. Arkan-e Danesh Publications.
- Khan, M.S., Coulibaly, P., & Dibike, Y. (2006). Uncertainty analysis of statistical downscaling methods. *Journal of Hydrology*, 319(1-4), 357-382. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.035>
- Meshkovati, A.H., Kord Jazi, M., & Babaeian, A. (2010). Evaluation of LARS-WG model in simulating meteorological data in Golestan Province during the period (1993-2007). *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 19(16), 81-96.
- Nasiri, F., & Yarmoradi, Z. (2016). Prediction of climate changes in Lorestan over the next 50 years using the HADCM3 model. *Journal of Environmental Studies*, 42(3), 487-502.
- Ndetto, E.L., & Matzarakis, A. (2013). Basic analysis of climate and urban human bioclimatology of Dar es Salaam, Tanzania. *Theoretical and Applied Climatology*, 114, 213-226. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0839-9>
- Papoli Yazdi, M.H., & Saghaei, M. (2006). Tourism (Nature and Concepts). Organization for the Study and Compilation of Humanities Books, SAMT Publications.
- Payandeh, N., & Zaki, G.R. (2006). Calculation of effective temperature by designing health software. *Geographical Research*, 57, 73-91.
- Rashnuei, F. (2009). Investigation of climatic capabilities and limitations for the tourism Models (GCMs) data for the climate period (2009-2040).

climate in northern West Azerbaijan. Proceedings of the 14th Iranian Geophysics Conference, pp. 100-105.

Zand, M., Payamani, K., Vis Karami, A., & Baghi, N. (2015). Feasibility study of predicting monthly and seasonal precipitation using the SDSM model at Khorramabad meteorological station. Proceedings of the 5th Regional Conference on Climate Change, Tehran

Zahraei, A. (2012). Simulation of climate changes in Sistan and Baluchestan Province using downscaling of General Circulation

Zhang, X.C., Liu, W.Z., & Chen, J. (2011). Trend and uncertainty analysis of simulated climate change impacts with multiple GCMs and emission scenarios. *Agricultural and Forest Meteorology* 151(10), 1297-1304. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.04.011>

Rezaei, M., Nehtani, M., Abkar, A., Rezaei, M., & Mirkazehi Rigi, M. (2014). Evaluation of the efficiency of the Statistical DownScaling Model (SDSM) in predicting temperature parameters in two arid and hyper-arid climates (Case study: Kerman and Bam). *Journal of Watershed Management Research*, 5(10), 117-131.

Thomson, M., Herrera Ricardo, G., & Beniston, M. (2008). Seasonal forecasts, climatic change and human health: Health and climate. Springer Science+Business Media B.V., 232.

Wilby, R.L., & Dawson, C.W. (2008). Using SDSM version 4.2: A decision support tool for Sistan and Baluchestan, Faculty of Geography and Environmental Planning].

Sari Sarraf, B., Mohammadi, G.H., & Hosseini Sadr, A. (2010). Determination of the most suitable RayMan index for studying comfort