

---Name of Journal-----

Vol(issue), PP.
.atu.ac.ir
DOI:



Original Research

Forecasting the appropriate time for nature tourism in the mangrove forests of the Hara protected area with emphasis on weather conditions

Parvaneh Sobhani

Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9878-3768>

Afshin Danehkar *¹

Professor, Department of Environmental Science, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0641-9286>

Abstract

Determining the appropriate time for the presence of nature walkers in the fields of nature requires forecasting and identifying the favorable months for tourism according to changes in weather conditions. Thus, knowledge of the climate conditions of the tourist destination is one of the most important information needed by the nature walker from the trip. Therefore, in the present study, using Terjong climate index, the optimal time of day and night tourism was determined (from 1996 to 2021) in the mangrove forests of the Hara protected area. Then by using ACCESS-CM2 and CNRM-CM6-1 models to predict the suitable times for the development of nature tourism under the SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios in the near future (2050-2070) and period (2100-2080) was carried out. The results of Terjong index showed that the best time for nature tourism in this region is during the day in the months of January, February and March and during the night in the months of April and November. Also, the prediction results of the studied models indicate It is that the minimum temperature values have increased under both SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios compared to the base period (1996-2014) and this situation can also be seen in the maximum temperature. It is observed that the maximum temperature trend has accelerated since the second half of

*¹ Corresponding Author: danehkar@ut.ac.ir

Review Accepted:

Received:

eISSN:2476-597X

ISSN: 2322-3294

the 2050s and its average has increased under the SSP5-8.5 scenario in the period of 2090-2099. Although the rainfall trend is fluctuating, it shows a decreasing trend in a significant part of the year. In this way, the obtained results show that the studied area does not have a favorable condition for nature tourism in the distant future and under the investigated scenarios, except for the months of January and February. Based on the results obtained, tourism planners and decision makers can develop and plan nature tourism in favorable months with suitable climatic conditions for visitors to this region.

Introduction

Nature tourism is one of the branches of the tourism industry, the income from which has provided an opportunity for tourism areas to protect natural resources and biodiversity. It is possible that in the future, a large number of tourists will be related to the nature tourism sector. This activity often takes place in small groups and in the form of an informed and informative trip with the participation of local people, which causes the interaction between man and nature and from In this way, the natural and cultural heritage of the destination is known and environmental awareness is also improved.

This type of tourism is dependent on pristine attractions and the natural environment, so the quality of the natural environment is a key element in its expansion. The benefit from this type of tourism is used directly and indirectly to empower the local community and protect nature. As an acceptable economic driver, nature tourism brings high economic benefits to the host communities and generates income and new jobs, improves infrastructure and facilities for the host communities, and can contribute to local and regional development. help Sustainable nature tourism is trying to attract the attention of the future generation for such an experience and help the current generation in creating a better place to live, travel and visit.

Materials and Methods

In the present study, using Terjong climate index, the optimal time of day and night tourism was determined (from 1996 to 2021) in the mangrove forests of the Hara protected area. Then by using ACCESS-CM2 and CNRM-CM6-1 models to predict the suitable times for the development of nature tourism under the SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios in the near future (2050-2070) and period (2100-2080) was carried out.

Discussion and Results

The results of Terjong index showed that the best time for nature tourism in this region is during the day in the months of January, February and March and during the night in the months of April and November. Also, the prediction results of the studied models indicate It is that the minimum temperature values have increased under both SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios compared to the base period (1996-2014) and this situation can also be seen in the maximum temperature. It is observed that the maximum temperature trend has accelerated since the second half of the 2050s and its average has increased under the SSP5-8.5 scenario in the period of 2090-2099. Although the rainfall trend is fluctuating, it shows a decreasing trend in a significant part of the year. In this way, the obtained results show that the studied area does not have a favorable condition for nature tourism in the distant future and under the investigated scenarios, except for the months of January and February. Based on the results obtained, tourism planners and decision makers can develop and plan nature tourism in favorable months with suitable climatic conditions for visitors to this region.

Conclusions

According to the findings obtained from this research, climate plays a very important role in the development of nature tourism activities and attracting tourists in natural ecosystems, especially in tropical regions, due to the high temperature and the short time of tourism. Therefore, identifying and predicting the right time for the development of nature tourism in the mangrove forests of the Mangrove Protected Area is of particular importance, considering the high biological limitations and the protection status of the area. Based on the obtained results, tourism planners and decision makers can develop and plan tourism in favorable months and with suitable climatic conditions for visitors to this region.

Keywords: Development of nature tourism, Terjong index, Climate forecasting models, Mangrove forests, Hara protected area

پیش‌بینی زمان مناسب طبیعت‌گردی در جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا با تاکید بر شرایط آب و هوایی

پروانه سبحانی

استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

افشین دانه‌کار^۱

استاد گروه محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، کرج، ایران

چکیده

تعیین زمان مناسب حضور طبیعت‌گردان در عرصه‌هایی از طبیعت، مستلزم پیش‌بینی و شناسایی ماه‌های مطلوب گردشگری با توجه به تغییرات شرایط آب و هوایی می‌باشد. بدین ترتیب آگاهی از شرایط اقلیم مقصد گردشگری یکی از مهم‌ترین اطلاعات مورد نیاز طبیعت‌گردان از سفر است. براین اساس در مطالعه حاضر با استفاده از شاخص اقلیمی ترجونگ به تعیین زمان مطلوب گردشگری در طی روز و شب (از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۱) در جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا پرداخته شد. سپس با بهره‌گیری از مدل‌های ACCESS-CM2 و CNRM-CM6-1 به پیش‌بینی زمان‌های مناسب توسعه طبیعت‌گردی تحت سناریوهای SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در آینده‌ای نزدیک (۲۰۷۰-۲۰۵۰) و دور (۲۰۸۰-۲۱۰۰) اقدام شد. نتایج شاخص ترجونگ نشان داد که بهترین زمان برای طبیعت‌گردی در این منطقه، در طی روز در ماه‌های دی، بهمن و اسفند و در طی شب در ماه‌های فروردین و آبان ماه می‌باشد. همچنین نتایج پیش‌بینی مدل‌های مورد مطالعه حاکی از آن است که مقادیر دمای کمینه تحت هر دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در مقایسه با دوره پایه (۱۹۹۶-۲۰۱۴) افزایش یافته است و این وضعیت در دمای بیشینه نیز قابل مشاهده است به طوری که روند دمای بیشینه از نیمه دوم دهه ۲۰۵۰ سرعت گرفته و میانگین آن تحت سناریوی SSP5-8.5 در بازه زمانی ۲۰۹۰-۲۰۹۹ افزایش یافته است. روند بارش‌ها نیز اگرچه نوسانی است اما در بخش قابل توجهی از سال روند کاهشی را نشان می‌دهد. بدین ترتیب نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که محدوده مورد مطالعه در شرایط آینده دور و تحت سناریوهای مورد بررسی، به جز ماه‌های دی و بهمن در سایر ماه‌ها از وضعیت مطلوبی برای طبیعت‌گردی برخوردار نمی‌باشد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، برنامه‌ریزان گردشگری و تصمیم‌گیران می‌توانند به توسعه و برنامه‌ریزی طبیعت‌گردی در ماه‌های مطلوب و با شرایط اقلیمی مناسب برای بازدیدکنندگان از این منطقه بپردازند.

^۱* نویسنده مسئول: danehkar@ut.ac.ir

کلیدواژه‌ها: توسعه طبیعت‌گردی، شاخص ترجونگ، مدل‌های پیش‌بینی اقلیم، جنگل‌های مانگرو، منطقه حفاظت شده حرا

آماده انتشار

مقدمه

زندگی شهری و الزامات ماشینی آن موجب شده است تا تمایل حضور در طبیعت و جستجوی آرامش طبیعی در بین شهروندان به شکل فزاینده‌ای افزایش یابد. امروزه طبیعت‌گردی در میان گونه‌های مختلف گردشگری از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و در بیست سال اخیر رشد قابل توجهی داشته است (Lehmann, 2023). طبیعت‌گردی از شاخه‌های صنعت گردشگری است که درآمد حاصل از آن، فرصتی را برای مناطق گردشگری به منظور حفاظت از منابع طبیعی و تنوع زیستی فراهم آورده است (UNSD, 2017). از طرفی طبیعت‌گردی در جهان با رشد سریع دارای سهم بالایی در صنعت گردشگری است و پیش‌بینی می‌شود که در آینده، تعداد زیادی از گردشگران مربوط به بخش طبیعت‌گردی باشند (Sobhani & Danehkar, 2024a). این فعالیت اغلب به صورت گروه‌های کوچک و در قالب یک سفر آگاهانه و آموزنده با مشارکت مردم محلی صورت می‌گیرد که باعث تعامل انسان و طبیعت می‌شود و از این طریق میراث طبیعی و فرهنگی مقصد شناخته می‌شود و آگاهی محیط زیستی نیز ارتقاء می‌یابد (Soleimanpouromran & Gholizadeh, 2021).

این نوع گردشگری وابسته به جاذبه‌های بکر و محیط طبیعی است به طوری که کیفیت محیط طبیعی یک عنصر کلیدی در گسترش آن می‌باشد (Mäntymaa et al., 2021; Sobhani et al., 2022a). منفعت حاصل از این نوع گردشگری به طور مستقیم و غیرمستقیم برای توانمندسازی جامعه محلی و حفاظت از طبیعت استفاده می‌شود (Khalid et al., 2019). طبیعت‌گردی به عنوان یک محرک اقتصادی قابل قبول، منافع اقتصادی بالایی را برای جوامع میزبان به ارمغان می‌آورد و باعث تولید درآمد و مشاغل جدید، ارتقاء زیرساخت‌ها و بهبود امکانات برای جوامع میزبان می‌شود و می‌تواند به توسعه محلی و منطقه‌ای نیز کمک نماید (Gupta et al., 2023). طبیعت‌گردی پایدار، تلاش دارد نسل آینده را برای چنین تجربه‌ای مورد توجه قرار دهد و به نسل حاضر، در ایجاد مکانی بهتر برای زندگی، سفر و بازدید یاری رساند (Jones & Nguyen, 2021: 70; Sobhani et al., 2022b).

طبیعت‌گردی در مناطق مختلف باید به سوالاتی هم‌چون "چه زمانی" و "کجا" پاسخ دهد. پیش‌بینی و تعیین زمان مناسب توسعه طبیعت‌گردی بسیار حائز اهمیت است و اجرای فعالیت‌های گردشگری مستلزم بهترین زمان حضور طبیعت‌گردان در عرصه‌هایی از طبیعت

است (Haukeland et al., 2023: 10). بدین ترتیب آگاهی از شرایط اقلیمی در مقصد گردشگری از مهم‌ترین اطلاعات مورد نیاز طبیعت‌گردان است. طبیعت‌گردی تحت تأثیر عوامل گوناگونی است که یکی از مهمترین آن‌ها آب و هوا می‌باشد. وضعیت آب و هوایی یک منطقه از جمله مهم‌ترین عوامل در جذب گردشگر و یا بالعکس تضعیف‌کننده آن است (Ngxongo, 2021). از این رو می‌توان آب و هوا را به عنوان یک ثروت طبیعی در نظر گرفت که با تأثیرگذاری بر منابع محیطی، طول مدت و کیفیت گردشگری، سلامت گردشگران و حتی تجارب شخصی آن‌ها را نیز کنترل نماید (R-Toubes et al., 2021; Bakhtiari et al., 2018: 8). آب و هوای نامناسب می‌تواند منجر به لغو یا محدود شدن سفرها شود. از طرفی آب و هوا بر توزیع منابع طبیعی که گردشگری مبتنی بر طبیعت و زمان اوج ورود گردشگران را ترویج می‌کند، تأثیرگذار است (Mushawemhuka et al., 2022). در واقع شرایط اقلیمی راحت و ایمن لازمه توسعه طبیعت‌گردی است (Yu et al., 2020: 6). بدین ترتیب، پیش‌بینی زمان مناسب توسعه طبیعت‌گردی یکی از مهمترین چالش‌های صنعت طبیعت‌گردی می‌باشد که از مهمترین دلایل آن می‌توان به تغییر اقلیم و حساسیت و آسیب‌پذیری مقاصد گردشگری به آب و هوا اشاره نمود (Wolf et al., 2021).

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

طبیعت‌گردی یکی از شکل‌های پرتقاضای گردشگری است که با هدف برداشت‌های فرهنگی، معنوی، بازدید از جاذبه‌های بکر و دست‌نخورده، دل‌سپردن به چالش‌های گوناگون سفر، ایجاد کمپ و گردش در طبیعت همراه است. این نوع سفر، با سه دستاورد عمده شامل اهداف اجتماعی (تأمین مزایای اجتماعی، مشارکت در برنامه‌ریزی، آموزش و اشتغال)، اهداف اقتصادی (مزایای اقتصادی برای جامعه محلی و پایایی اقتصادی) و اهداف محیط‌زیستی (کمک به حفظ منابع طبیعی، اجتناب از تخریب منابع، مدیریت عرضه و پذیرش ارزش منابع) همراه است (Yuxi & Linsheng, 2020: 8). با توجه به اهمیت ارتباط اقلیم و توسعه گردشگری در محیط‌های طبیعی، تا کنون مطالعات متعددی صورت گرفته است که می‌توان به مطالعه زنگ (۲۰۲۴) در بررسی تحلیل امنیت اکولوژیک و رضایت گردشگران از طبیعت‌گردی و تغییر اقلیم در مناطق برفی اشاره نمود.

نتایج به دست آمده نشان دهنده پیش‌بینی‌های دقیق امنیت اکولوژیک و رضایت گردشگران از شرایط آب و هوایی بر اساس یادگیری عمیق می‌باشد که می‌تواند به فرآیند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی توسعه طبیعت‌گردی کمک نماید. ماشاومهوکا و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی دیدگاه طبیعت‌گردان در مقابل تهدیدات تغییرات آب و هوایی در مقاصد گردشگری پرداختند. آن‌ها بیان کردند که آب و هوا بر توزیع منابع طبیعی و همچنین زمان اوج ورود طبیعت‌گردان به طبیعت تأثیرگذار است و می‌تواند به عنوان یک عامل کنترل‌کننده در طبیعت به‌شمار رود. در مطالعه‌ای دیگر کاتاوتاس و همکاران (۲۰۲۱)، با بهره‌گیری از شاخص UTCI تأثیرات تغییر اقلیم بر آسایش گردشگران را در مقاصد طبیعی کشور یونان مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که در چشم‌انداز آینده، شرایط تنش‌آمیز سرما کاهش و تنش گرمایی نیز افزایش می‌یابد و این تغییرات می‌تواند بر فعالیت طبیعت‌گردان مؤثر باشد. همچنین شجاع و حمیدیان پور (۱۴۰۱)، اثر پیامدهای تغییر اقلیم را در الگوهای زمانی گردشگری در منطقه ساحلی چابهار با استفاده از مدل‌های اقلیمی GFDL-CM3 و EC-ERTH مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که طول دوره آسایش انسانی بر اساس شاخص‌های PMV و PET در این منطقه کاهش پیدا کرده است. مطابق مطالعات صورت گرفته اقلیم دارای نقش بسیار مهمی بر انتخاب زمان و مکان مناسب برای توسعه فعالیت‌های طبیعت‌گردی است. علی‌رغم اهمیت این موضوع، بیشتر مطالعات انجام شده در راستای شناسایی زمان مطلوب از طریق تعیین اقلیم گردشگری می‌باشد و به موضوع پیش‌بینی زمان مناسب برای توسعه طبیعت‌گردی و روند تغییرات اقلیم در سال‌های آتی، پرداخته نشده است. بنابراین در مطالعه حاضر، هدف پیش‌بینی و تعیین زمان مناسب طبیعت‌گردی در جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا (حوزه خمیر و قشم) می‌باشد که به این منظور، با استفاده از شاخص اقلیمی ترجونگک به تعیین زمان مناسب برای بازدید و توسعه طبیعت‌گردی در این منطقه پرداخته شد. همچنین با استفاده از مدل‌های اقلیمی به پیش‌بینی تغییر اقلیم و نقش آن در تعیین بهترین زمان برای توسعه طبیعت‌گردی در منطقه حفاظت شده حرا اقدام گردید.

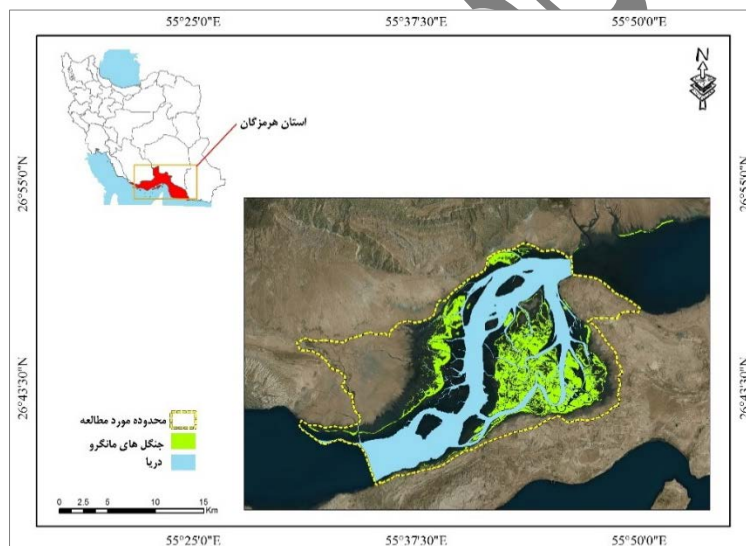
طبیعت‌گردی در ایران با دارا بودن شرایط اقلیمی و طبیعی کم‌نظیر و مناطق بسیار جذاب گردشگری، از ظرفیت بالایی برای رشد و توسعه برخوردار است که یکی از عمده‌ترین این مقاصد جنگل‌های مانگرو در نواحی ساحلی جنوب کشور می‌باشد که طبیعت‌گردی در این

نواحی یکی از مکان‌های پرتقاضای گردشگری است. اوج حضور طبیعت‌گردان در جنگل‌های مانگرو تا حد زیادی وابسته به شرایط آب و هوایی و پیش‌بینی زمان مناسب برای انجام فعالیت‌های طبیعت‌گردی است. براین اساس شناسایی و پیش‌بینی زمان مناسب توسعه طبیعت‌گردی در این مناطق امری ضروری برای دستیابی به توسعه طبیعت‌گردی پایدار و کسب رضایت طبیعت‌گردان است. در این مطالعه با استفاده از شاخص اقلیمی ترجونگ به تعیین زمان مطلوب گردشگری در طی روز و شب (از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۱) در جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا پرداخته شد. سپس با بهره‌گیری از مدل‌های ACCESS-CM2 و CNRM-CM6-1 به پیش‌بینی زمان‌های مناسب توسعه طبیعت‌گردی تحت سناریوهای SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در آینده‌ای نزدیک (۲۰۷۰-۲۰۵۰) و دور (۲۰۸۰-۲۰۱۰۰) اقدام شد. همچنین به منظور تصحیح خطای شبیه‌سازی مدل‌های GCM از روش مقیاس‌گذاری خطی (LS) استفاده شد. در این راستا، عمده‌ترین سوالات تحقیق عبارتند از: ۱) بر اساس شاخص ترجونگ چه زمان‌هایی (طی روز و شب) برای توسعه طبیعت‌گردی در جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا مناسب است؟ ۲) مطابق با نتایج به دست آمده از مدل‌های پیش‌بینی تغییر اقلیم، بهترین زمان برای توسعه طبیعت‌گردی در این منطقه کدام است؟

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه شامل جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا با وسعت ۸۶،۲۵۸ هکتار واقع در استان هرمزگان و شهرستان‌های خمیر، قشم و بندر لنگه با موقعیت جغرافیایی ۲۶ درجه و ۴۳ دقیقه و ۴۷ ثانیه تا ۲۷ درجه و ۰۱ دقیقه و ۰۲ ثانیه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۲۳ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۵۵ درجه و ۵۴ دقیقه و ۰۱ ثانیه طول شرقی می‌باشد (شکل ۳). جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا، به عنوان وسیع‌ترین گستره جنگل‌های مانگرو جنوب کشور (حوزه خمیر و قشم)، برخوردار از تنوع و جمعیت بالای پرندگان آبی و کنارآبی می‌باشد. این منطقه ضمن برخورداری از پتانسیل طبیعت‌گردی به سبب جاذبه‌های طبیعی و چشم‌اندازهای زیبا، دسترسی راحت و زیرساخت‌های گردشگری مناسب، سالانه پذیرای تعداد زیادی از طبیعت‌گردان برای کسب تجربیات کم نظیر است. همچنین این

رویشگاه طبیعی یکی از ذخایر ارزشمند زیستی و طبیعی جزر و مدی محسوب می شود که به دلیل حساسیت های بوم شناختی به عنوان مناطق تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط زیست، مورد برنامه ریزی و مدیریت قرار گرفته اند (Sobhani & Danehkar, 2023b). جنگل های مانگرو خمیر-قشم، به عنوان یک اکوسیستم گذرگاهی خشکی-دریایی، برخوردار از منابع طبیعی و جاذبه های گردشگری فراوانی هستند و فضای مطلوبی را برای توسعه طبیعت گردی فراهم کرده اند. در این راستا فعالیت های طبیعت گردی به دلیل دستیابی به رشد اقتصادی و حفاظت از محیط زیست، به سرعت در نقاط مهم تنوع زیستی آن در حال رشد و توسعه است (Sobhani & Danehkar, 2023a). از این رو، شناسایی و پیش بینی زمان مناسب توسعه طبیعت گردی در این منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

روش

در مطالعه حاضر به منظور شناسایی زمان مناسب طبیعت گردی، از داده های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک قشم با طول جغرافیایی ۲۶ درجه، ۴۵ دقیقه و ۲۲ ثانیه عرض شمالی و ۵۵ درجه،

۵۳ دقیقه و ۴۴ ثانیه طول شرقی با ارتفاع ۶ متر از سطح دریای آزاد، به عنوان نزدیک ترین ایستگاه به محدوده مورد مطالعه استفاده شد (National Meteorological Organization, 2022). در ادامه با استفاده از شاخص ترجونگ به برآورد اقلیم گردشگری و تعیین ماه های مناسب برای توسعه فعالیت های طبیعت گردی طی یک دوره ۲۵ ساله (۱۹۹۶ تا ۲۰۲۱)، در طی روز و شب پرداخته شد.

شاخص ترجونگ

شاخص ترجونگ یکی از روش های زیست اقلیمی برای ارزیابی آسایش انسان است که با استفاده از این شاخص می توان مناسب ترین منطقه و مطلوب ترین ماه های سال را برای گردشگری و اقامت مشخص کرد. همچنین شاخص ترجونگ از قابلیت تعیین زمان مطلوب گردشگری به تفکیک روز و شب برخوردار است (Rezaei et al., 2021). تقسیم بندی شاخص ترجونگ بر اساس تعیین و استفاده از دو ضریب راحتی و تأثیر خنک کنندگی باد به شرح زیر استوار است.

تعیین ضریب حرارتی روز: برای تعیین این ضریب از میانگین حداکثر دمای روزانه بر حسب درجه فارنهایت و میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه بر حسب درصد استفاده می شود.

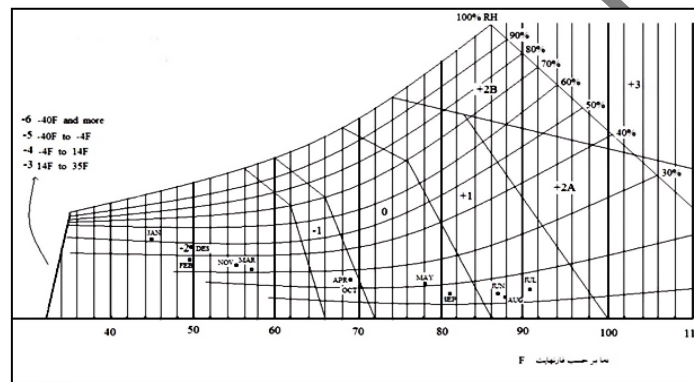
تعیین ضریب راحتی شب: این ضریب بر اساس میانگین حداقل دما بر حسب درجه فارنهایت و میانگین حداکثر رطوبت نسبی بر حسب درصد محاسبه می شود. برای توصیف ضرایب شاخص ترجونگ مطابق جدول ۱ و شکل ۲ است.

جدول ۱. ضرایب شاخص ترجونگ

| شرایط زیست اقلیمی | ضریب Terjong |
|-------------------|--------------|
| بی نهایت سرد | -۶ |
| فوق العاده سرد | -۵ |
| بسیار سرد | -۴ |

| | |
|----------------|-----|
| سرد | -۳ |
| بسیار خنک | -۲ |
| خنک | -۱ |
| مطبوع | ۰ |
| گرم | +۱ |
| داغ | +۲A |
| بسیار داغ | +۲B |
| فوق العاده داغ | +۳ |

(Terjong, 1968: 120)



شکل ۲. محدوده ضرایب راحتی بر حسب محاسبات ترجونگ

(Terjong, 1968: 123)

ضریب تاثیر باد در شاخص ترجونگ وابسته به تعیین ضریب تاثیر باد در شب و روز است.

الف) تعیین ضریب تأثیر باد در شب

با توجه به این که عامل باد شرایط بیوکلیمایی را تشدید و یا تعدیل می کند، از این رو، ابتدا باید میزان دفع انرژی را محاسبه نمود. ارزیابی تاثیر خنک کنندگی باد در شب به دلیل عدم تابش آفتاب، مستقیماً از نمودار شکل ۳ به دست می آید و سپس احساس گرمایی انسان براساس عدد به دست آمده ارزیابی می شود (جدول ۲). بدین ترتیب برای تخمین مقدار دفع انرژی (بر حسب kcal/hr/m^2) می توان از دو روش مطابق رابطه ۱ و شکل ۲ استفاده نمود.

برای محاسبه ضریب تاثیر خنک کنندگی باد از شاخص سوزباد استفاده می شود. به این منظور میزان دفع انرژی بر حسب کیلوکالری در طی یک ساعت (از سطح یک متر مربع بدن) و تحت شرایط متعارف یعنی عدم فعالیت بدنی و دمای عادی پوست یعنی 33°C ($91/4^{\circ}\text{F}$) از رابطه ۲ استفاده می شود.

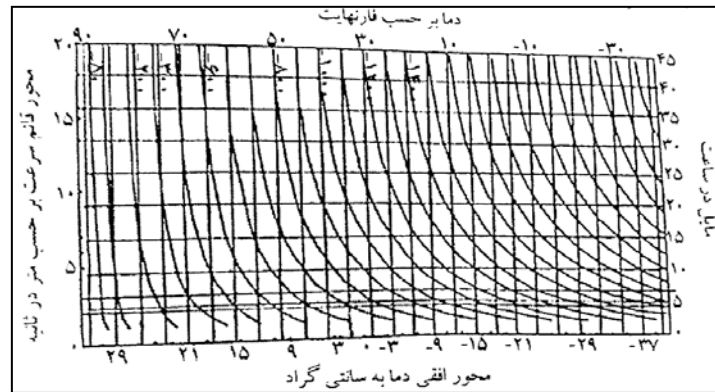
$$H=(10.45+(10\times\sqrt{V})-V)(33-T) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در این رابطه، H: ضریب دفع انرژی (kcal/hr/m^2)، V: میانگین ماهانه سرعت باد (m/s)، T: میانگین حداقل دمای ماهانه ($^{\circ}\text{C}$) است. پس از محاسبه شاخص میزان دفع انرژی هر ماه، این شاخص با جدول ضرایب تاثیر باد (جدول ۲) مقایسه و ارزیابی می گردد تا شرایط آسایش یا عدم آسایش در ماههای مختلف سال برآورد شود (Hejazi Zadeh & Karbalaei Dari, 2017).

جدول ۲. ضریب تاثیر باد در مقیاس سرما باد

| مقدار دفع انرژی | احساس غالب | سمبل |
|-----------------|---|------|
| ۱۴۰۰- و بیشتر | گوشت در معرض این دما و باد منجمد می شود | -H |
| ۱۲۰۰- تا ۱۴۰۰ | فوق العاده سرد | -G |
| ۱۰۰۰- تا ۱۲۰۰ | بسیار سرد | -F |
| ۸۰۰- تا ۱۰۰۰ | سرد | -E |
| ۶۰۰- تا ۸۰۰ | بسیار خنک | -D |
| ۳۰۰- تا ۶۰۰ | خنک | -C |
| ۲۰۰- تا ۳۰۰ | مطبوع | -B |
| ۵۰- تا ۲۰۰ | گرمای مطبوع | -A |
| ۸۰+ تا ۵۰- | گرم | N |
| ۸۰ تا ۱۲۰ | احساس گرمای روی پوست بدن | A |
| ۱۲۰ تا ۱۶۰ | احساس گرمای نامطبوع اضافی | B |
| ۱۶۰ به بالا | احساس گرمای بسیار نامطبوع اضافی | C |

منبع: (Hejazi Zadeh & Karbalaei Dari, 2017)



شکل ۳. نمودار تخمین ضریب تاثیر باد و دفع انرژی بر حسب کیلوکالری،

مترمربع و ساعت (منبع: Kaviani, 1992)

ب) ضریب تأثیر باد در روز

برای به دست آوردن ضریب تاثیر باد در روز از پارامترهای حداکثر دما ($^{\circ}\text{C}$)، سرعت متوسط باد (m/s) و میانگین ساعت واقعی آفتاب روزانه بهره گرفته شد. در این راستا به منظور برآورد ساعت واقعی آفتاب روزانه، داده‌های ساعت واقعی آفتاب ماهانه بر تعداد روزهای هر ماه تقسیم شد و طول ساعات آفتابی و طول روز به ترتیب مطابق مدار میل خورشید از طریق رابطه ۲ تعیین، و سپس با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$\delta = -23.45 \times \cos\left\{ \frac{360(30j+10)}{365} \right\} \quad \text{رابطه (۲)}$$

t_j = شماره ژولیوسی روزی که از اول ژانویه شروع می‌شود (سایر ایام سال نیز بر مبنای ژانویه محاسبه می‌شود).

$$N = 2/15 (\arccos(-\tan\delta \times \tan\Phi)) \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه N : طول ساعات آفتابی، δ : مدار میل خورشید و Φ : عرض جغرافیایی منطقه مورد نظر است.

در ادامه مقدار ساعات آفتابی واقعی ماه مورد نظر را برای هر ساعت تابش آفتاب که به طور متوسط ۲۰۰ کیلو کالری انرژی تولید می‌شود، ضرب گردید تا متوسط انرژی تولید شده در روز حاصل شود. سپس مقدار انرژی تولید شده به وسیله تابش خورشید، از ضریب تاثیر باد در طول روز کم شده تا میزان خنک کنندگی خالص باد در روز بر حسب کیلو کالری به دست آید. در مرحله آخر، قدرت خنک کنندگی خالص باد بر طول روز تقسیم کرده تا مقدار دفع انرژی حاصل شود و بر اساس ضریب تاثیر خنک کنندگی باد، اثر فیزیولوژیک باد استخراج شد.

جدول ۳. تاثیر مشترک باد در شب و روز بر حسب بررسی ترجونگ

| گروه | سمبل | گروه | سمبل | گروه | سمبل |
|------|------|------|-------|------|-------|
| C1 | c/-a | n4 | n/-d | -d1 | -d/-d |
| C2 | c/-b | | | -d2 | -d/-e |
| C3 | c/-c | -a1 | -a/-a | -d3 | -d/-f |
| | | -a2 | -a/-b | -d4 | -d/-g |
| b1 | b/-a | -a3 | -a/-c | | |
| b2 | b/-b | -a4 | -a/-d | -e1 | -e/-e |
| b3 | b/-c | -a5 | -a/-e | -e2 | -e/-f |
| b4 | b/-d | | | -e3 | -e/-g |
| | | -b1 | -b/-b | -e4 | -e/-h |
| a1 | a/-a | -b2 | -b/-c | | |
| a2 | a/-b | -b3 | -b/-d | -f1 | -f/-f |
| a3 | a/-c | -b4 | -b/-e | -f2 | -f/-g |
| a4 | a/-d | -c1 | -b/-c | -f3 | -f/-h |
| | | -c2 | -b/-e | -g1 | -g/-g |
| n1 | n/-a | -c3 | -b/-e | -h1 | -h/-h |
| n2 | n/-b | -c4 | -b/-f | | |
| n3 | n/-c | | | | |

منبع: (Kaviani, 1992)

مدل‌های پیش‌بینی

در مطالعه حاضر به منظور پیش‌بینی زمان مناسب برای توسعه طبیعت گردی در جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا از مدل گردش عمومی جو (GCM) تحت دو سناریوی حد

واسط و بدینانهء اجتماعی-اقتصادی (SSP2-4.5 و SSP5-8.5) برای دو دورهء زمانی آینده نزدیک (۲۰۵۰-۲۰۷۰) و دور (۲۰۸۰-۲۱۰۰) از طریق داده‌های فدراسیون شبکه سیستم زمین (<https://esgf-data.dkrzde/search/esgf-dkrz/>) استفاده شد.

مدل GCM بر اساس سناریوهای متعدد، شبیه‌سازی جامعی را از سیستم زمین ارائه می‌کند (Sobhani & Danekar, 2024b). SSP ها نیز مجموعه‌ای از مسیرهای قابل قبول برای توسعه اجتماعی آینده را توصیف می‌کنند که بر بهترین و سازگارترین شرایط با روند تغییرات آب و هوا استوار هستند. در مطالعه حاضر به منظور تصحیح اریبی مدل‌های منتخب GCM از روش مقیاس‌گذاری خطی (LS) استفاده شد. این روش متغیرهای شبیه‌سازی شده را براساس تفاوت و یا ضریب بین میانگین مشاهده شده و شبیه‌سازی شده اندازه‌گیری می‌کند (مطابق رابطه‌های ۴ و ۵) و تفاوت معادله‌ها به صورت افزایشی می‌باشد که معمولاً برای متغیرهای نامحدود دما اعمال می‌شود، و عملیات ضرب نیز برای متغیرهایی مانند بارش به کار می‌رود. در روابط زیر؛ بارش و دمای تصحیح شده شامل روز d ام و ماه m ام می‌باشد و دما و بارش خام نیز d امین روز از m امین ماه را نشان می‌دهد (عملگرهای مورد انتظار نشان‌دهنده مقدار میانگین بارش مشاهده شده در ماه معین m است) (Hamidiyan & Shoja, 2022).

$$P_{cor,m,d} = P_{row,m,d} \times \frac{\mu(P_{obs,m})}{\mu(P_{row,m})} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$T_{cor,d,d} = T_{row,m,d} + \mu(T_{obs,m}) - \mu(T_{row,m}) \quad \text{رابطه ۵}$$

پس از تصحیح اریبی مدل‌های GCM، به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌های منتخب از روش نمره مهارت استفاده شد. از آنجایی که شبیه‌سازی مدل کاملاً بر مشاهدات منطبق نیست، برای ارزیابی توانایی مدل در شبیه‌سازی نیاز به شاخصی است که هم‌زمان این پارامترها (میانگین واریانس و همبستگی) را لحاظ نماید. بنابراین، از روش SS بین شبیه‌سازی مدل‌ها (m) و مشاهدات (o) مطابق رابطه ۶ استفاده می‌شود. در این رابطه، سه جمله اول (از سمت راست) نشان‌دهنده همبستگی، خطای سیستماتیک (غیرشرطی) و خطای غیرسیستماتیک

(شرطی) برای شبیه‌سازی مدل‌ها در مقایسه با مشاهدات به صورت کمی می‌باشد. مدلی که دقیقاً کلیه خصوصیات مشاهدات را بازتولید کند نمره مهارت آن ۱ است. در صورتی که میانگین و واریانس مقادیر مشاهده شده و مدل برابر و ضریب هم‌بستگی صفر باشد، نمره مهارت مدل ۱- می‌شود و حدود تغییرات نمره مهارت نیز از منفی بی‌نهایت تا ۱ خواهد بود (Asgari et al., 2020: 228).

$$SS = [R^2 m.o] - \left[Rm.o - \left(\frac{\sigma m}{\sigma 0} \right) \right]^2 - \left[\left(\frac{m-o}{\sigma 0} \right) \right]^2 \quad \text{رابطه ۶}$$

در این مطالعه، معیار برای مهارت مدل شامل ۳۷ معیار برای پارامترهای دمای کمینه، بیشینه و بارش (در مقیاس ماهانه (۱۲ ماه)) و ۳ معیار برای پارامتر سالانه دما و بارش تعریف شد. عملکرد مدل‌ها در بازه زمانی مورد بررسی مطابق معیارهای تعریفی برای هر مدل و پارامتر در ایستگاه مورد مطالعه ارزیابی شد. سپس کیفیت مدل‌ها براساس مقدار فاصله اقلیدسی از کم به زیاد مرتب شد. برای هر مدل، فاصله اقلیدسی نمره مهارت آن از نقطه‌ای با نمره مهارت پایه (۱، ۱، ...) می‌باشد که مقادیر کمتر از آن نشان‌دهنده توافق بهتر شبیه‌سازی‌ها با مشاهدات است.

یافته‌ها

مطابق نتایج به دست آمده از شاخص ترجونگ، ضریب راحتی در طی روز برای ماه‌های دی، بهمن و اسفند در وضعیت مطبوع می‌باشد، در حالی که برای ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر و آبان از وضعیت داغی برخوردار است (جدول ۴). در سایر ماه‌های سال نیز از جمله فروردین و آذر ماه دارای وضعیت خنک است. علاوه بر این در طی شب، این شاخص در ماه‌های اردیبهشت تا مهر دارای ضریب راحتی داغ، در ماه‌های فروردین و آبان با ضریب راحتی مطبوع، در آذر و اسفند ماه خنک و در نهایت در دی و بهمن ماه با ضریب راحتی بسیار خنک است. از این رو مطابق نتایج به دست آمده، بهترین زمان برای

طبیعت گردی در جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا، در طی روز در ماه‌های دی، بهمن و اسفند و در طی شب در ماه‌های فروردین و آبان ماه می‌باشد.

جدول ۴. ضریب آسایش شاخص تراجونگ برای ماه‌های مختلف سال (۱۹۹۶-۲۰۲۱)

| ماه | ژانویه | فوریه | مارچ | آوریل | می | ژوئن | جولای | آگوست | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر |
|------------|----------|----------|---------|-----------|------------|---------|-------|---------|----------|-------|--------|--------|
| ضریب راحتی | (دی) | (بهمن) | (اسفند) | (فروردین) | (اردیبهشت) | (خرداد) | (تیر) | (مرداد) | (شهریور) | (مهر) | (آبان) | (آذر) |
| روز | مطبوع | مطبوع | مطبوع | خنک | داغ | داغ | داغ | داغ | داغ | داغ | داغ | خنک |
| شب | بسیارخنک | بسیارخنک | خنک | مطبوع | داغ | داغ | داغ | داغ | داغ | داغ | مطبوع | خنک |

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳)

نتایج ضرایب تأثیر باد در طی شب و روز حاکی از آن است که ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند دارای روزهایی با حالت و احساس غالب مطبوع، فروردین و مهر گرمای مطبوع، در نهایت ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور دارای روزهایی با وضعیت گرم است. همچنین حالت و احساس غالب شب برای ماه‌های فروردین، آبان و اسفند مطبوع، آذر، دی و بهمن خنک و ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر دارای گرمایی مطبوع است. بدین ترتیب در این منطقه، ماه‌هایی که از وضعیت روزهای مطبوع و همچنین شب‌های خنک و مطبوع برخوردار است، برای طبیعت گردی و انجام فعالیت‌های گردشگری مناسب بوده و در مقابل ماه‌هایی که دارای روزهای گرم و شب‌هایی با گرمای مطبوع است، از شرایط مطلوبی برای گردشگری برخوردار نمی‌باشد (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۵. ضریب تأثیر باد شاخص تراجونگ در طول روز و شب برای ماه‌های مختلف سال

(۱۹۹۶-۲۰۲۱)

| ماه | میانگین ساعت آفتابی روزانه | طول روز | ضریب تأثیر باد در ساعت | ضریب تأثیر باد در روز | ضریب تأثیر باد در شب | انرژی خورشیدی روزانه | قدرت خنک کنندگی باد در طول روز | مقدار دفع انرژی Kcl.hr.m ² |
|-----------------|----------------------------|---------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| ژانویه (دی) | ۷/۱ | ۱۰ | -۲۱۷/۶۰ | -۲۱۷۶/۰ | -۲۸۴ | ۱۴۲۰ | -۳۵۹۶ | -۳۵۹/۶۰ |
| فوریه (بهمن) | ۷/۳ | ۱۰/۳۳ | -۲۲۳/۶۰ | -۲۳۰۹/۸ | -۲۸۴/۵ | ۱۴۶۰ | -۳۷۶۹/۸ | -۳۶۴/۹۴ |
| مارس (اسفند) | ۷/۱۷ | ۱۰/۲۸ | -۲۰۱/۷۴ | -۱۷۳۴/۷ | -۲۵۷/۳ | ۱۴۳۴ | -۳۱۶۸/۷ | -۳۰۸/۲۳ |
| آوریل (فروردین) | ۸/۳۶ | ۱۲/۲۵ | -۸۶/۲۲ | -۱۰۵۶/۲ | -۲۰۶/۴ | ۱۶۷۲ | -۲۷۲۸/۲ | -۲۲۲/۷۱ |
| می (اردیبهشت) | ۹ | ۱۳/۰۸ | ۶۰/۰۵ | ۷۹/۱ | -۱۴۵ | ۱۸۰۰ | -۱۷۲۰/۹ | -۱۳۱/۵۶ |

| | | | | | | | | |
|------------------|------|-------|---------|---------|--------|------|---------|---------|
| ژوئن (خرداد) | ۱۰/۶ | ۱۳/۵۵ | ۸۶/۷۲ | ۱۱۷۵/۰ | -۹۰/۹۷ | ۲۱۲۰ | -۹۴۵ | -۶۹/۷۴ |
| جولای (تیر) | ۹/۵۱ | ۱۳/۹۸ | ۱۲۴/۸۶ | ۱۷۴۵/۵ | -۵۳/۰۴ | ۱۹۰۲ | -۱۵۶/۵ | -۱۱/۱۹ |
| آگوست (مرداد) | ۹/۲ | ۱۳/۴۵ | ۱۴۱/۴۳ | ۱۹۰۲/۲ | -۵۱/۶۶ | ۱۸۴۰ | ۶۲/۲ | ۴/۶۳ |
| سپتامبر (شهریور) | ۹/۰۲ | ۱۲/۵۲ | ۱۰۳/۴۱ | ۱۲۹۴/۷ | -۸۸/۳۷ | ۱۸۰۴ | -۵۰۹/۳ | -۴۰/۶۸ |
| اکتبر (مهر) | ۸/۴۳ | ۱۱/۸۲ | ۴۹/۲۳ | ۵۸۱/۹ | -۷۲/۱۴ | ۱۶۸۶ | -۱۱۰۴/۱ | -۹۳/۴۱ |
| نوامبر (آبان) | ۷/۵۴ | ۱۰/۶۷ | -۴۹/۴۷ | -۵۲۷/۹ | -۲۰۵/۳ | ۱۵۰۸ | -۲۰۳۵/۹ | -۱۹۰/۸۰ |
| دسامبر (آذر) | ۶/۷۷ | ۱۰/۳۵ | -۱۵۵/۴۲ | -۱۶۰۸/۵ | -۲۵۷ | ۱۳۵۴ | -۲۹۶۲/۵ | -۲۸۶/۲۴ |

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳)

جدول ۶. تعیین گروه ضریب تاثیر باد شاخص ترچونگ در طول روز و شب برای ماه‌های مختلف

سال (۱۹۹۶-۲۰۲۱)

| ماه | ژانویه (دی) | فوریه (بهمن) | مارس (اسفند) | آوریل (فروردین) | می (اردیبهشت) | ژوئن (خرداد) | جولای (تیر) | آگوست (مرداد) | سپتامبر (شهریور) | اکتبر (مهر) | نوامبر (آبان) | دسامبر (آذر) |
|----------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|---------------|------------------|-------------|---------------|--------------|
| احساس غالب روز | مطبوع | مطبوع | مطبوع | گرمای مطبوع | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرمای مطبوع | مطبوع | مطبوع |
| سمبل روز | -C | -C | -B | -A | N | N | N | N | N | -A | -B | -C |
| احساس غالب شب | خنک | خنک | مطبوع | مطبوع | گرمای مطبوع | گرمای مطبوع | گرمای مطبوع | گرمای مطبوع | گرمای مطبوع | گرمای مطبوع | مطبوع | خنک |
| سمبل شب | -B | -B | -B | -B | -A | -A | -A | -A | -A | -A | -B | -B |
| گروه | -b2 | -b2 | -b1 | -a2 | n1 | n1 | n1 | n1 | n1 | -a2 | -b1 | -b2 |

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳)

تحلیل مدل‌های پیش‌بینی

به منظور تحلیل پارامترهای اقلیمی دما و بارش در دوره مشاهداتی، مقدار آماره Z من کندانال در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد مورد آزمون قرار گرفت (جدول ۷). نتایج به دست آمده حاکی از آن است که طی بازه زمانی ۱۹۹۶-۲۰۲۱ میانگین دمای هوا به جز ماه‌های بهمن و آبان در بقیه ماه‌های سال روند افزایشی داشته است که این روند در ماه‌های اسفند، خرداد، تیر و مرداد در سطح اطمینان ۹۵ درصد و در شهریور ماه در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار است. روند بارش‌ها اگرچه نوسانی است اما در بخش قابل توجهی از سال روند کاهشی را نشان می‌دهد که در اردیبهشت ماه در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار است. همچنین در

شکل ۴، سری زمانی تغییرات میانگین دمای کمینه، بیشینه و بارش سالانه ایستگاه قشم براساس سناریوهای تغییر اقلیم نمایش داده شده است. نتایج به دست آمده نشان دهنده افزایش مقادیر دمای کمینه تحت هر دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در مقایسه با دوره پایه (۲۰۱۴-۱۹۹۶) می باشد. همچنین از سال ۲۰۵۰، این روند افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است و در بازه زمانی ۲۰۹۰-۲۰۹۹ مقادیر دما طبق سناریوی بدبینانه بیش از ۵ درجه سلسیوس بیشتر از دوره پایه ۱۹۹۶-۲۰۱۴ است. این وضعیت در دمای بیشینه نیز قابل مشاهده است به طوری که روند دمای بیشینه از نیمه دوم دهه ۲۰۵۰ سرعت گرفته و میانگین آن تحت سناریوی SSP5-8.5 در بازه زمانی ۲۰۹۰-۲۰۹۹ افزایش یافته است. تغییرپذیری بارش نیز در ایستگاه مورد مطالعه بالا می باشد و در هیچ یک از سناریوهای بینابین و بدبینانه روند واضح و مشخصی را نشان نمی دهد. همچنین مقادیر بارش در سالهای پایانی قرن روند کاهشی داشته و در دوره ۲۰۸۵-۲۰۹۴ به نسبت دوره پایه کاهش یافته است. علاوه بر این، در این مطالعه به منظور مقایسه مقادیر دما و بارش (در دوره‌های مشاهداتی و پیش‌نگری) از نمودار جعبه‌ای استفاده شد (شکل ۵). در این نمودار خطوط رسم شده در داخل مستطیل‌ها نشان دهنده میانه پارامترها در هر دوره است، و عرض مستطیل‌ها در قسمت فوقانی نشان دهنده صدک ۷۵ و در قسمت تحتانی صدک ۲۵ را نشان می دهد، و قسمت‌های انتهایی خطوط قائم نمودار نیز نمایش دهنده مقادیر بیشینه و کمینه پارامترها می باشد. مطابق شکل ۵، مقادیر بارش در مقایسه با دما دامنه بزرگ‌تری دارد و داده‌های آن نیز پراکنده‌تر است و در دوره زمانی ۲۰۸۰-۲۱۰۰ برای هر دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 بیشتر از سایر دوره‌ها است. بدین ترتیب نتایج به دست آمده حاکی از آن است که حداکثر تغییرات پارامترهای دمایی و بارش در سالهای پایانی قرن و تحت سناریوی بدبینانه اتفاق خواهد افتاد.

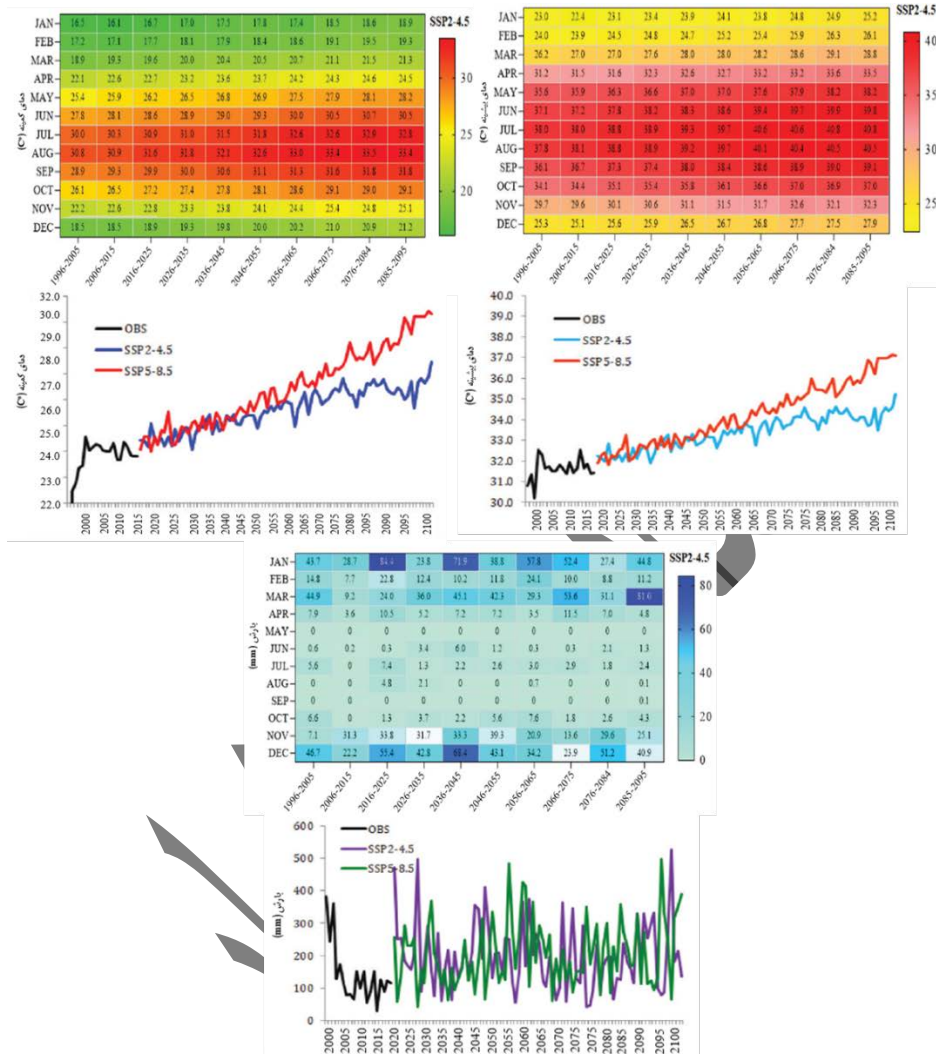
جدول ۷. تحلیل روند پارامترهای دما و بارش در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد

| ماه | Test Z | معنی‌داری | Test Z | معنی‌داری |
|--------------|--------|-----------|--------|-----------|
| ژانویه (دی) | ۱/۱۰ | - | -۵۲/۲۶ | - |
| فوریه (بهمن) | -۰/۰۵ | - | ۱/۲۸ | - |
| مارس (اسفند) | ۱/۷۴ | + | ۰/۰۰ | - |

| | | | | |
|---|-------|----|-------|------------------|
| - | ۱/۲۳ | - | ۰/۸۲ | آپریل (فروردین) |
| * | ۲/۳۸ | - | ۰/۵۵ | می (اردیبهشت) |
| - | -۱۸ | - | ۰/۶۳ | ژوئن (خرداد) |
| - | -۳۸ | * | ۰/۷۱ | جولای (تیر) |
| - | ۰/۰۸ | * | ۲/۱ | آگوست (مرداد) |
| - | ۰/۶۴ | ** | ۲/۳۶ | سپتامبر (شهریور) |
| - | ۱/۲۳ | + | ۱/۶۳ | اکتبر (مهر) |
| - | ۰/۶۵ | - | -۰/۱۰ | نوامبر (آبان) |
| - | -۱/۲۳ | - | ۱/۰۸ | دسامبر (آذر) |

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳)

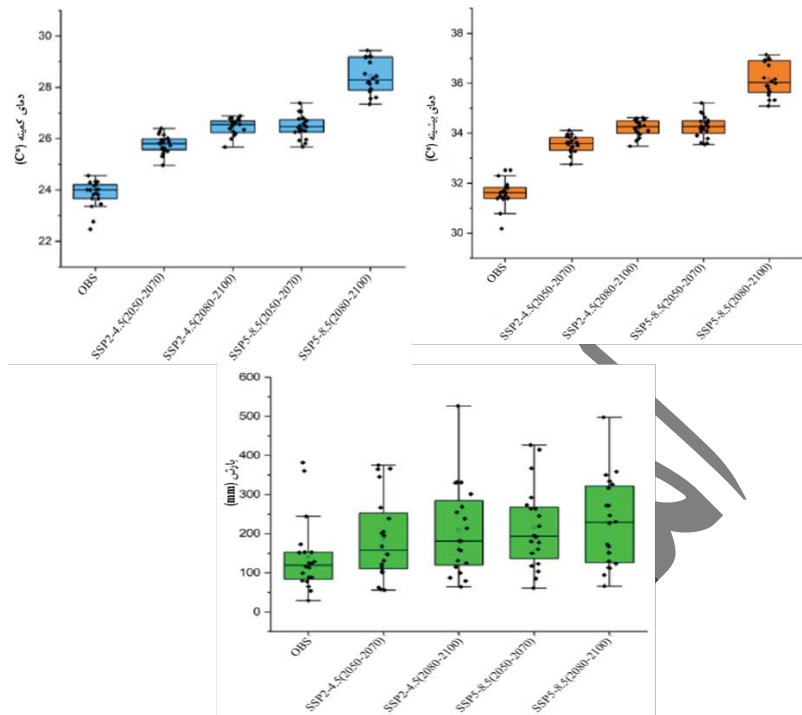
آماده انتشار



شکل ۴. تغییرات بلندمدت میانگین دمای کمینه، بیشینه و مجموع بارش سالانه

تحت سناریوهای SSP در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۱۰۰

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳)

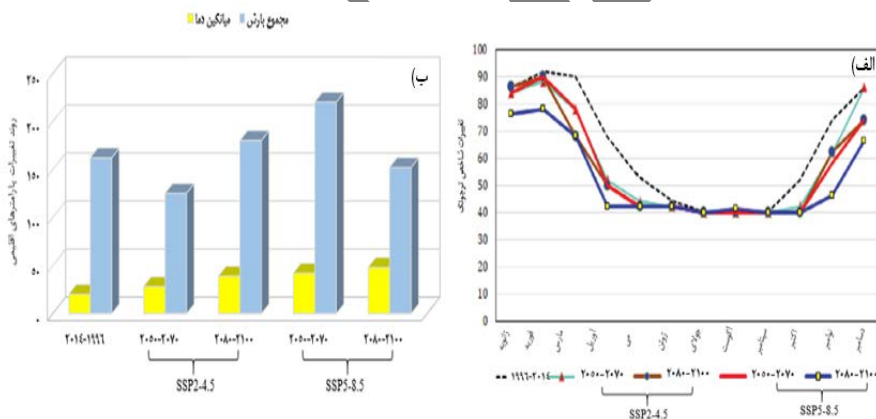


شکل ۵. نمودار جعبه‌ای مقادیر اقلیمی دما و بارش در افق آینده نزدیک (۲۰۵۰-۲۰۷۰) و دور (۲۰۸۰-۲۱۰۰) (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳)

مطابق شکل ۶، میانگین دما در دوره ۲۰۵۰-۲۰۷۰ در شرایط آینده نزدیک و تحت سناریوی SSP2-4.5 به میزان ۳۸/۲ درجه سلسیوس بیشتر از دوره مشاهداتی است. این افزایش در افق آینده دور و سناریوی SSP5-8.5 تا ۵ درجه سلسیوس افزایش خواهد یافت. با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین تغییرات مربوط به بارش‌ها می‌باشد که از ۴۵/۱۱ میلی‌متر در دوره پایه به ۵۶/۸ و ۱۸/۱۲ میلی‌متر به ترتیب در دوره ۲۰۵۰-۲۰۷۰ و ۲۰۸۰-۲۱۰۰ تحت سناریوی SSP5-8.5 می‌رسد. تغییرات بارشی در این منطقه دارای روندی نوسانی است که در دوره میانی افزایش و در آینده دور نیز کاهش می‌یابد.

علاوه بر این، نتایج نشان داد که افزایش دما در این منطقه منجر به کوتاه‌تر شدن دوره آسایش گردشگری و زمان‌های مناسب برای توسعه طبیعت گردی شده است. همان‌طور که در شکل

۶ قابل مشاهده است، تحت سناریوی SSP5-8.5 در آینده دور (۲۰۱۰-۲۰۸۰) وضعیت آب و هوای مطبوع برای گردشگری در هیچ‌یک از ماه‌های سال قابل مشاهده نمی‌باشد و وضعیت گرمای مطبوع و گرم در بخش قابل توجهی از سال الگوی حاکم بر منطقه را تشکیل می‌دهد. حال آن‌که در دوره مشاهداتی طی ماه‌های دی، بهمن و اسفند شرایط بسیار مطلوبی برای فعالیت‌های طبیعت گردی در منطقه وجود دارد. همچنین بیشترین تغییرات شاخص زمان گردشگری در شرایط آینده در طول ماه‌های اسفند، فروردین، مهر، آبان و آذر قابل مشاهده است. در این منطقه فروردین ماه در دوره فعلی از شرایط خوبی برخوردار می‌باشد، در حالی که در افق آینده دور وضعیت آب و هوایی داغی را تجربه خواهد کرد. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که محدوده مورد مطالعه در شرایط آینده دور و تحت سناریوهای تغییر اقلیم، به جز ماه‌های دی و بهمن به دلیل افزایش دما از وضعیت مطلوبی برای گردشگری برخوردار نمی‌باشد.



شکل ۶. نمودارهای: الف) تغییرات شاخص ترسوندگی و ب) روند تغییرات پارامترهای اقلیمی در شرایط مشاهداتی و چشم‌انداز آینده (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳)

بحث و نتیجه‌گیری

آب و هوا می‌تواند نقش اساسی در جذب طبیعت گردان و توسعه فعالیت‌های گردشگری در اکوسیستم‌های طبیعی داشته باشد. مجموعه مختلفی از شاخص‌ها و متغیرهای اقلیمی تعیین می‌کند که یک طبیعت‌گرد از نظر اقلیمی تا چه میزان می‌تواند احساس آسایش کند، و همچنین تجربه مطلوبی از سفر خود داشته باشد (Sobhani & Danehkar, 2023a). جنگل‌های مانگرو در اقصی نقاط جهان یکی از منابع گردشگری پرتقاضا محسوب می‌شوند و به‌عنوان یک مکان طبیعت‌گردی می‌توانند زمینه‌ای را برای توسعه انواع فعالیت‌های گردشگری متناسب با اکوسیستم‌های دریایی-ساحلی فراهم سازند. جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا نیز به دلیل ماهیت جزیره‌ای-ساحلی، تنوع زیستی بالا، چشم‌اندازها و جاذبه‌های طبیعی متعدد، برای حضور طبیعت‌گردان و جذب گردشگران از قابلیت بالایی برخوردار است و همچنین یکی از کانون‌های عمده گردشگری ساحلی محسوب می‌شود. از این رو ضروری است که برنامه‌ریزی مناسبی از نظر زمان مطلوب حضور طبیعت‌گردان در این منطقه فراهم شود. براین اساس در مطالعه حاضر با استفاده از شاخص اقلیمی ترجونگ به تعیین زمان مطلوب گردشگری در طی روز و شب (از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۱) در جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا پرداخته شد. سپس با بهره‌گیری از مدل‌های ACCESS-CM2 و CNRM-CM6-1 به پیش‌بینی زمان‌های مناسب توسعه طبیعت‌گردی تحت سناریوهای SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در آینده‌ای نزدیک (۲۰۵۰-۲۰۷۰) و دور (۲۰۸۰-۲۰۱۰۰) اقدام شد.

همان‌طور که نتایج شاخص ترجونگ نشان داد ضریب راحتی در طی روز برای ماه‌های دی، بهمن و اسفند در وضعیت مطبوع می‌باشد، در حالی که برای ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر و آبان از وضعیت داغی برخوردار است. این شاخص در طی شب نیز، در ماه‌های اردیبهشت تا مهر دارای ضریب راحتی داغ، در ماه‌های فروردین و آبان با ضریب راحتی مطبوع، در آذر و اسفند ماه خنک و در نهایت در دی و بهمن ماه با ضریب راحتی بسیار خنک است. از این رو مطابق نتایج به‌دست آمده، بهترین زمان برای طبیعت‌گردی در جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا، در طی روز در ماه‌های دی، بهمن و اسفند و در طی شب در ماه‌های فروردین و آبان ماه می‌باشد. در این راستا، نتایج مطالعه سبحانی و دانه کار (۱۴۰۱)، نیز مؤید نتایج به‌دست آمده می‌باشد. یافته‌های آن‌ها نشان داد که اواخر فصل

پاییز و زمستان طی ماه‌های آذر، دی و بهمن بهترین زمان برای فعالیت‌های گردشگری در جنگل‌های مانگرو جنوب کشور (استان هرمزگان) می‌باشد. در حالی که نامطلوب‌ترین شرایط اقلیمی و کمترین بازدید گردشگران از این منطقه مربوط به ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر است. همچنین نتایج مطالعه هاتف ربیعی و همکاران (۱۴۰۳) نشان داد که مناسب‌ترین زمان اقلیم گردشگری در جنگل‌های مانگرو خلیج نایبند در ماه‌های دی، بهمن، اسفند، آبان و آذر با شرایط روزهای ملایم و مطبوع و شب‌های خنک و همچنین روزهای گرم و قابل تحمل با شب‌های ملایم و مطبوع است. در مطالعات دیگر رضایی و همکاران (۱۴۰۰) و هوشیار (۱۴۰۲)، بیان کردند که نتایج شاخص ترجونگ از صحت و دقت بالایی برای تعیین زمان مناسب گردشگری در مناطق گرمسیری برخوردار است. یافته‌های مطالعه جوان (۱۳۹۶) نشان داد که ماه‌های آذر، دی و بهمن از بیشترین آسایش اقلیم گردشگری در منطقه آزاد چابهار بر اساس شاخص‌های زیست اقلیمی بیکر و ترجونگ برخوردار است. همچنین از مهمترین ویژگی این شاخص، قابلیت برآورد ماه‌های مناسب طبیعت‌گردی به تفکیک شب و روز در مقصد می‌باشد.

نتایج پیشبینی مدل‌های ACCESS-CM2 و CNRM-CM6-1 نیز نشان داد که طی بازه زمانی ۱۹۹۶-۲۰۲۱ میانگین دمای هوا به جز ماه‌های بهمن و آبان در بقیه ماه‌های سال روند افزایشی داشته است که این روند در ماه‌های اسفند، خرداد، تیر و مرداد در سطح اطمینان ۹۵ درصد و در شهریور ماه در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. روند بارش‌ها اگرچه نوسانی است اما در بخش قابل توجهی از سال روند کاهشی را نشان می‌دهد. علاوه بر این، مقادیر دمای کمینه تحت هر دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در مقایسه با دوره پایه (۱۹۹۶-۲۰۱۴) افزایش یافته است. این وضعیت در دمای بیشینه نیز قابل مشاهده است به طوری که روند دمای بیشینه از نیمه دوم دهه ۲۰۵۰ سرعت گرفته و میانگین آن تحت سناریوی SSP5-8.5 در بازه زمانی ۲۰۹۰-۲۰۹۹ افزایش یافته است. تغییرپذیری بارش نیز در ایستگاه مورد مطالعه بالا می‌باشد و در سال‌های پایانی قرن (دوره ۲۰۸۵-۲۰۹۴) به نسبت دوره پایه کاهش یافته است. در مطالعات مشابه نیز شجاع و حمیدیان پور (۱۴۰۲) و بن شمس و همکاران (۱۳۹۹) بیان کردند که روند تغییرات دمایی در جزیره کیش و کرانه‌های ساحلی استان هرمزگان روند افزایشی خواهد داشت.

علاوه بر این، نتایج نشان داد که افزایش دما در این منطقه منجر به کوتاه تر شدن دوره آسایش گردشگری و زمان های مناسب برای توسعه طبیعت گردی شده است و تحت سناریوی SSP5-8.5 در آینده دور (۲۰۸۰-۲۰۱۰۰) وضعیت آب و هوای مطبوعی برای گردشگری در هیچ یک از ماه های سال قابل مشاهده نمی باشد. حال آن که در دوره مشاهداتی طی ماه های دی، بهمن و اسفند شرایط بسیار مطلوبی برای فعالیت های طبیعت گردی در منطقه وجود دارد. بدین ترتیب نتایج به دست آمده حاکی از آن است که محدوده مورد مطالعه در شرایط آینده دور و تحت سناریوهای تغییر اقلیم، به جز ماه های دی و بهمن، در سایر ماه ها به دلیل افزایش دما، از وضعیت مطلوبی برای گردشگری برخوردار نخواهد بود. در این راستا نتایج مطالعه و لیزاده و خورانی (۲۰۲۲) نیز مؤید یافته های این تحقیق است. آن ها بیان کردند که بر اساس سناریوی RCP8.5، شرایط مناسب گردشگری در استان هرمزگان با توجه به تغییرات اقلیم نسبت به دوره پایه کاهش خواهد یافت. همچنین نتایج مطالعه سبحانی و اسماعیل زاده (۱۳۹۸) نشان داد که تغییر اقلیم منجر به کاهش تعداد گردشگران و زمان مطلوب طبیعت گردی در منطقه شکار ممنوع الوند شده است. بدین ترتیب تغییر اقلیم می تواند توسعه طبیعت گردی را در مقاصد گردشگری تحت تأثیر قرار دهد.

مطابق با یافته های به دست آمده از این تحقیق اقلیم نقش بسیار مهمی در توسعه فعالیت های طبیعت گردی و جذب گردشگران در اکوسیستم های طبیعی به ویژه مناطق گرمسیری به دلیل دمای بالا و کوتاه بودن زمان مطلوب گردشگری برخوردار است. همچنین آگاهی از شرایط اقلیمی در مقصد گردشگری از مهم ترین اطلاعات مورد نیاز گردشگران طبیعت است. با توجه به رشد روز افزون صنعت گردشگری و توسعه طبیعت گردی در جنگل های مانگرو خمیر-قشم، برنامه ریزی مناسب و مطابق با شرایط مطلوب اقلیم گردشگری می تواند به حفاظت از این منطقه، تأمین زیرساخت ها و امکانات مناسب برای گردشگران، و همچنین ایجاد شرایطی برای درک احساس آسایش و رضایت گردشگران کمک نماید. از طرفی، شناسایی و پیش بینی زمان مناسب برای توسعه طبیعت گردی در جنگل های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا با توجه محدودیت های زیستی بالا و وضعیت حفاظتی منطقه، دارای اهمیت ویژه ای می باشد. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده، برنامه ریزان گردشگری و تصمیم گیران می توانند به توسعه و برنامه ریزی گردشگری در ماه های مطلوب و با شرایط اقلیمی مناسب برای بازدیدکنندگان از این منطقه پردازند و نتایج این پژوهش می تواند در

سایر جنگل‌های مانگرو با شرایط اقلیمی و آب و هوایی مشابه نیز قابل استفاده باشد. در این راستا، پیشنهادات ارائه شده در این مطالعه عبارتند از:

- مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات اقلیمی برای دستیابی به گردشگری پایدار و برنامه‌ریزی صحیح

- بهبود در وضعیت حفاظت منطقه از طریق پیش‌بینی تغییر اقلیم و کنترل آسیب‌پذیری مقاصد گردشگری به آب و هوا

- توسعه فعالیت‌های تفریحی و گردشگری در جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا بر اساس تعیین اقلیم آسایش گردشگری

تعارض منافع

تعارض منافی وجود ندارد.

سپاسگزاری

این مقاله با همکاری و مساعدت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF)، برگرفته شده از طرح شماره ۴۰۰۵۹۷۲ به انجام رسیده است.

منابع

۱. بن شمس، آمنه؛ گندمکار، امیر؛ عطائی، هوشمند؛ و صابری، حمید (۱۳۹۸). ارزیابی معماری همساز با اقلیم جزیره قشم به روش تر جونگ-ماهانی در عصر گرمایش جهانی، جغرافیا و برنامه ریزی منطقه‌ای، (۲)۹، ۸۱-۶۵.

[Doi/10.20.1001.1.22286462.1398.9.2.5.1](https://doi.org/10.20.1001.1.22286462.1398.9.2.5.1)

۲. جوان، خدیجه. (۱۳۹۶). تعیین سطوح آسایش اقلیمی ماهانه در منطقه آزاد چابهار با نگاه گردشگری. فصلنامه فضای گردشگری، (۲۲)۶، ۱۵۶-۱۳۹.

<https://www.sid.ir/paper/214231>

۳. حجازی‌زاده، زهرا؛ و کربلایی، علیرضا (۱۳۹۶). مقدمه‌ای بر اقلیم آسایش حرارتی و شاخص‌های آن به همراه نرم افزار TCIC، نشریه آکادمیک انتشارات انجمن جغرافیایی ایران، تهران، ۵۰۶ ص.

<https://www.gisoom.com/book/11331656>

۴. حمیدیان پور، محسن؛ و شجاع، فاتره (۱۴۰۱). مقدمه‌ای بر روش‌ها و شگردهای مدل‌سازی اقلیم و تغییر اقلیم، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان. ۳۹۲ ص.
- <https://climatology.ir/?p=17461>
۵. رضایی، حسن؛ فلاح قاهری، غلام عباس؛ و کرمی، مختار (۱۴۰۰). بررسی پتانسیل‌های زیست اقلیمی جهت توسعه توریسم (مطالعه موردی: نیشابور)، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲، ۱۱۷-۱۳۴.
- https://journals.srbiau.ac.ir/article_17843.html
۶. سازمان هواشناسی کشور. (۱۴۰۱). گزارش اقلیمی سالانه.
۷. سبحانی، پروانه؛ و اسماعیل‌زاده، حسن (۱۳۹۹). تأثیر تغییر اقلیم بر گردشگری در مناطق تحت حفاظت (مورد شناسی: منطقه شکار ممنوع الوند)، جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، ۱۰(۳۷)، ۶۵-۹۰.
- https://gaij.usb.ac.ir/article_5887.html
۸. سبحانی، پروانه؛ و دانه‌کار، افشین (۱۴۰۱). تعیین اقلیم مناسب گردشگری در جنگل‌های مانگروی ایران با استفاده از شاخص اقلیم آسایش گردشگری (TCI) و شاخص اقلیم تعطیلات (HCI)، نشریه محیط‌زیست طبیعی، ۷۵ (ویژه‌نامه محیط‌زیست ساحلی و دریایی)، ۲۹-۴۵.
- https://jne.ut.ac.ir/article_90365.html
۹. سبحانی، پروانه؛ و دانه‌کار، افشین (۱۴۰۲/الف). شناسایی و انتخاب بهترین شاخص اقلیم آسایش گردشگری در رویشگاه‌های جنگلی مانگرو (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده حرا)، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۵۵(۲)، ۲۳-۱.
- https://jphgr.ut.ac.ir/article_92790.html
۱۰. سبحانی، پروانه؛ و دانه‌کار، افشین (۱۴۰۲/ب). مروری بر مطالعات سیمای طبیعی و محدوده‌های مدیریتی جنگل‌های مانگروی خمیر و قشم، طبیعت ایران، ۸(۴)، ۹۷-۱۱۲.
- https://irannature.areeo.ac.ir/article_129934_9aa7d60828a04da587ef56ad89c3ff1c.pdf?lang=en
۱۱. سبحانی، پروانه؛ و دانه‌کار، افشین (۱۴۰۳/الف). شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های پایداری برای ارزیابی عملکرد تورهای طبیعت‌گردی (مورد مطالعه: جنگل‌های مانگرو خمیر - قشم). گردشگری و توسعه، ۱۳(۱)، ۲۴۱-۲۶۱.
- https://www.itsairanj.ir/article_186697.html?lang=fa
۱۲. سبحانی، پروانه؛ و دانه‌کار، افشین (۱۴۰۳/ب). شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییر اقلیم در جنگل‌های مانگرو ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا. مهندسی اکوسیستم بیابان، ۱۲(۲)، ۷۵-۸۸.
- [Doi.org/10.22052/DEEJ.2024.253945.1034](https://doi.org/10.22052/DEEJ.2024.253945.1034)

۱۳. سلیمان پور عمران، محبوبه؛ و قلی زاده، نسیم (۱۴۰۰). بررسی تأثیر آموزش طبیعت گردی در رفتار حمایت از حیوانات و رفتار حفاظت از محیط زیست دانش آموزان، گردشگری و توسعه، ۱۰ (۴)، ۲۶۷-۲۷۸.

https://www.itsairanj.ir/article_147795_2bf2987cbe980b48dab8fb720ef195e9.pdf

۱۴. شجاع، فائزه؛ و حمیدیان پور، محسن (۱۴۰۰). پیش‌نمایی پیامدهای تغییر اقلیم بر الگوهای زمانی گردشگری در منطقه ساحلی چابهار، پنجمین کنفرانس بین‌المللی اقیانوس‌شناسی خلیج فارس، تهران.

<https://civilica.com/doc/1461152/>

۱۵. شجاع، فائزه؛ و حمیدیان پور، محسن (۱۴۰۲). پیش‌نمایی پیامدهای تغییر اقلیم در توسعه گردشگری سواحل جنوب (جزیره کیش)، گردشگری و توسعه، ۱۲ (۴)، ۲۵۵-۲۳۷.

https://www.itsairanj.ir/article_180803.html

۱۶. کاویانی، محمدرضا (۱۳۷۱). ارزیابی اقلیم حیاتی و آستانه‌های تحریک آن در سواحل دریای خزر و دامنه‌های شمالی البرز میانی، پژوهشگاه‌های جغرافیایی دانشگاه تهران، ۲۹، ۴۹-۷۲.

https://jrg.ut.ac.ir/article_14144.html

۱۷. هاتف ربیعی، زهرا؛ دانه کار، افشین؛ کابلی، محمد؛ عزیزاده شعبانی، افشین؛ سبحانی، پروانه (۱۴۰۳). تعیین اقلیم آسایش گردشگری جنگل‌های مانگرو خلیج نایبند براساس دو شاخص بیکر و ترجونگ، نیوار، ۴۸ (۱۲۴-۱۲۵)، ۶۵-۵۰.

https://nivar.irimo.ir/article_192774.html

۱۸. هوشیار، محمود (۱۴۰۲). ارزیابی آسایش انسانی با استفاده از شاخص‌های مختلف بیوکلیماتیک در شهر سقز، جغرافیا و روابط انسانی، ۶ (۱)، ۱-۱۲.

https://www.gahr.ir/article_174016.html

19. Asgari, E., Baaghdeh, M., Kamyar, A., Entezari, A., & Hosseini, M. (2020). An Overview of Climate Changes of Temperature and Precipitation in the CORDEX Range of South Asia (Case Study: Dez Watershed). *Journal of Geography and Regional Development*, 18(1), 225-252. https://jgrd.um.ac.ir/jufile?ar_sfile=371250&lang=en
20. Bakhtiari, B., Bakhtiari, A., & Afzali-Gorouh, Z. (2018). Investigation of climate change impacts on tourism climate comfort in Iran. *Global NEST Journal* 20, 1-13. [Doi.org/10.30955/gnj.002435](https://doi.org/10.30955/gnj.002435).
21. Erkki, M., Liisa, T., Artti, J., & Mikko, K. (2019). Importance of forest landscape quality for companies operating in nature tourism areas, Contents lists available at ScienceDirect, *Land Use Policy*. [Doi: 10.1016/j.landusepol.2019.104095](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104095)
22. Givoni, B. (1997). *Climate consideration in building and urban design*, Wiley, New York. 480p.

23. Gupta, A., Zhu, H., Bhammar, H., Earley, E., Filipski, M., Narain, U., & Taylor, J. E. (2023). Economic impact of nature-based tourism. *Plos one*, 18(4), e0282912. DOI: [10.1371/journal.pone.0282912](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282912)
24. Haukeland, J. V., Fredman, P., Tyrväinen, L., Siegrist, D., & Lindberg, K. (2023). Prospects for nature-based tourism: identifying trends with commercial potential. *Journal of Ecotourism*, 1-18. DOI: [10.1080/14724049.2023.2178444](https://doi.org/10.1080/14724049.2023.2178444)
25. Jones, T. E., & Nguyen, M. H. (2021). Nature-based tourism motivations and visit profiles of domestic and international segments to a Japanese national park. *Quaestio geographicae*, 40 (2), 61-76. DOI: [10.2478/quageo-2021-0013](https://doi.org/10.2478/quageo-2021-0013)
26. Katavoutas, G., Founda, D., Kitsara, G., & Giannakopoulos, C. (2021). Climate change and thermal comfort in top tourist destinations—The case of Santorini (Greece). *Sustainability*, 13(16), 9107. DOI: [10.3390/su13169107](https://doi.org/10.3390/su13169107)
27. Khalid, S., Ahmad, M. S., Ramayah, T., Hwang, J., & Kim, I. (2019). Community empowerment and sustainable tourism development: The mediating role of community support for tourism. *Sustainability*, 11(22), 6248. DOI: [10.3390/su11226248](https://doi.org/10.3390/su11226248)
28. Lehmann, S. (2023). Reconnecting with nature: Developing urban spaces in the age of climate change. *Emerald Open Research*, 1(5). DOI: [10.12688/emeraldopenres.12960.1](https://doi.org/10.12688/emeraldopenres.12960.1)
29. Mäntymaa, E., Tyrväinen, L., Juutinen, A., & Kurttila, M. (2021). Importance of forest landscape quality for companies operating in nature tourism areas. *Land Use Policy*, 107, 104095. DOI: [10.1016/j.landusepol.2019.104095](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104095)
30. Mushawemhuka, W., Fitchett, J. M., & Hoogendoorn, G. (2022). Stakeholder perceptions of climate change threats to the Zimbabwean nature-based tourism sector. *Environmental Development*, 44, 100779. DOI: [10.1016/j.envdev.2022.100779](https://doi.org/10.1016/j.envdev.2022.100779)
31. Ngxongo, N. A. (2021). The impact of climate change on visitor destination selection: A case study of the Central Drakensberg Region in KwaZulu-Natal. Jambá: *Journal of Disaster Risk Studies*, 13(1). DOI: [10.4102/jamba.v13i1.1161](https://doi.org/10.4102/jamba.v13i1.1161)
32. R-Toubes, D., Araújo-Vila, N., & Fraiz-Brea, J. A. (2020). Influence of weather on the behaviour of tourists in a beach destination. *Atmosphere*, 11(1), 121. DOI: [10.3390/atmos11010121](https://doi.org/10.3390/atmos11010121)
33. Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Sadeghi, S. M. M., & Marcu, M. V. (2022a). Estimation of Ecotourism Carrying Capacity for Sustainable Development of Protected Areas in Iran. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19, 1059. DOI: [10.3390/ijerph19031059](https://doi.org/10.3390/ijerph19031059)
34. Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Sadeghi, S. M. M., Marcu, M. V., & Wolf, I. D. (2022b). Evaluating ecotourism sustainability indicators for protected areas in Tehran, Iran. *Forests*, 13(5), 740. DOI: [10.3390/f13050740](https://doi.org/10.3390/f13050740)
35. Terjung, W. H. (1968) World Patterns of Distribution of the Monthly Comfort Index. *International Journal of Biometeorology*, 12, 119-151.
36. UNSD. (2017). Conservation. Retrieved from <http://data.un.org/Glossary.aspx>.

37. Valizadeh, M., & Khorani, A. (2022). The impact of climate change on the outdoor tourism with a focus on the outdoor tourism climate index (OTCI) in Hormozgan province, Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(3), 1605-1612. DOI: 10.1007/s00704-022-04248-5
38. Wolf, F., Filho, W. L., Singh, P., Scherle, N., Reiser, D., Telesford, J., & Kovaleva, M. (2021). Influences of climate change on tourism development in small pacific island states. *Sustainability*, 13(8), 4223. [Doi:10.3390/su13084223](https://doi.org/10.3390/su13084223)
39. Yu, D. D., Li, S., & Guo, Z. Y. (2020). Evaluating the tourist climate comfortable period of China in a changing climate. *Advances in Meteorology*, 2020, 1-11. [DOI: 10.1155/2020/8886316](https://doi.org/10.1155/2020/8886316)
40. Yuxi, Z., & Linsheng, Z. (2020). Identifying conflict tendency between nature-based tourism development and ecological protection in China. *Ecological Indicators*, 109, 1-14. [DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105791](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105791)
41. Zhang, B. (2024). The analysis of ecological security and tourist satisfaction of ice-and-snow tourism under deep learning and the Internet of Things. *Scientific Reports*, 14(1), 10705. [DOI: 10.1038/s41598-024-61598-y](https://doi.org/10.1038/s41598-024-61598-y)

References [In Persian]

1. Benschams, A., Gandomkar, A., Ataei, H., & Saberi, H. (2019). Evaluating harmonical architecture according to Qeshm Island climate by Terjung-Mahani parameters in Global Warming Age. *Geography (Regional Planning)*, 9(34), 65-81. [Doi/10.201001.1.22286462.1398.9.2.5.1](https://doi.org/10.201001.1.22286462.1398.9.2.5.1)
2. Hamidianpour, M., & Shoja, F. (2022). An introduction to the methods and techniques of climate modeling and climate change, *Sistan and Baluchistan University Publications*. 392 p. <https://climatology.ir/?p=17461>
3. Hatef Rabiee, H., Danehkar, A., Kaboli, M., & Sobhani, P. (2024). Determining the tourism comfort climate of the mangrove forests of Nayband Bay based on Baker and Terjung indices. *Nivar*, 48(124-125), 50-65. https://nivar.irimo.ir/article_192774.html
4. Hejazizadeh, Z., & Karbalaei, A. R. (2017). An introduction to thermal comfort climate and its indicators along with TCIC software, *Academic Journal of Iran Geographical Society Publications*, Tehran, 506 p. <https://www.gisoom.com/book/11331656>
5. Hooshyar, M. (2023). Analysis of Human Comfort using different Bioclimatic Indexes in Saghez City. *Geography and Human Relationships*, 6(1), 1-12. https://www.gahr.ir/article_174016.html
6. Javan, Kh. (2017). Determining the Monthly Climatic Comfort Level in Chabahar Free Zone. *Tourism Space Quarterly*, 6(22), 139-156. <https://www.sid.ir/paper/214231>
7. Kaviyani, M. R. (1992). Evaluation of vital climates and thresholds of its stimulation on the shores of the Caspian Sea and the northern slopes of Middle Alborz, *Tehran University Geographical Research*, 29, 49-72. https://jrg.ut.ac.ir/article_14144.html
8. National Meteorological Organization. (2022). *Annual climate report*.
9. Rezaei, H., Falah Qalhari, Gh. A., & Karami, M. (2021). Investigating bioclimatic potentials for tourism development (case study: Neyshabur),

- Environmental Science and Technology*, 22, 117-134.
https://journals.srbiau.ac.ir/article_17843.html
10. Shoja, F., & Hamidianpour, M. (2021). Forecasting the consequences of climate change on the temporal patterns of tourism in the Chabahar coastal region, *the 5th International oceanographic conference of the Persian Gulf, Tehran*.
 11. Shoja, F., & Hamidianpour, M. (2023). Projection Influences of Climate Change On Tourism Development on the Southern Coast (Kish Island). *Journal of Tourism and Development*, 12(4), 237-255.
<https://civilica.com/doc/1461152/>
 12. Sobhani, P., & Danehkar, A. (2022). Investigating tourism climate conditions in Iran's mangrove forests using Tourism Comfort Climate Index (TCI) and Holiday Climate Index (HCI). *Journal of Natural Environment*, 75(Special Issue Coastal and Marine Environment), 29-45.
https://jne.ut.ac.ir/article_90365.html
 13. Sobhani, P., & Danehkar, A. (2023/a). Identification and Selection of the Best Tourism Comfort Climate Index in Mangrove Forest Habitats Case Study: Mangrove Protected Area. *Physical Geography Research*, 55(2), 1-23.
https://jphgr.ut.ac.ir/article_92790.html
 14. Sobhani, P., & Danehkar, A. (2023/b). Natural features and management areas of Khamir and Ghesm mangrove forests. *Iran Nature*, 8(4), 97-112.
https://irannature.areeo.ac.ir/article_129934_9aa7d60828a04da587ef56ad89c3ff1c.pdf?lang=en
 15. Sobhani, P., & Danehkar, A. (2024a). Identifying and prioritizing sustainability indicators to evaluate the performance of nature tourism tours (Case study: Khamir-Qeshm mangrove forests). *Journal of Tourism and Development*, 13(1), 241-261.
https://www.itsairanj.ir/article_186697.html?lang=fa
 16. Sobhani, P., & Danehkar, A. (2024b). Simulating and Predicting Climate Change in Mangrove Forests of Hara Biosphere Reserve. *Desert Ecosystem Engineering*, 12(39), 75-88. [Doi.org/10.22052/DEEJ.2024.253945.1034](https://doi.org/10.22052/DEEJ.2024.253945.1034)
 17. Sobhani, P., & Esmailzadeh, H. (2020). The Impact of Climate Changes on Tourism in Protected Areas (Case Study: Alvand No-Hunting Area). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 10(37), 65-90.
https://gaij.usb.ac.ir/article_5887.html
 18. Soleimanpoumran, M & Gholizadeh, N. (2021). Effect of Nature Education on Animal Support Behavior and Environmental Protection Behaviors of Eighth Grade Students. *Journal of Tourism and Development*, 10(4), 267-278.
https://www.itsairanj.ir/article_147795_2bf2987cbe980b48dab8fb720ef195e9.pdf