

Projecting changes in the thermal comfort of coastal tourists in Hormozgan province

Asadollah Khorani^{1✉}, Ali Moradi², Abbas Moradi³

1. Geographical Sciences Department, University of Hormozgan, BandarAbbas, Iran

Email: khorani@hormozgan.ac.ir

2. Geographical Sciences Department, University of Hormozgan, BandarAbbas, Iran

Email: ali.moradi.1397.alireza@gmail.com

3. Geographical Sciences Department, University of Hormozgan, BandarAbbas, Iran

Email: moradi@hormozgan.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article History:

Received:

1 April 2023

Received in revised form:

27 May 2023

Accepted:

28 June 2023

Available online:

2 August 2023

Keywords:

Climate changes

projection,

Coastal tourists,

Hormozgan province,

Tourism climate,

Thermal comfort.

ABSTRACT

Weather conditions have a significant impact on the tourism sector, especially coastal tourism. Variations in the climate elements brought on by global warming may present challenges for this sector of tourism. This study aims to evaluate variations of climate elements in coastal regions of Hormozgan Province using the outputs of Global Climate Models (GCMs) and to identify how these differences affect the thermal comfort of coastal visitors to this area. Daily and monthly data of eight synoptic stations were used for the base period 1990–2019, along with the outputs of five GCMs for the near- and the far-future time periods of 2020–2050 and 2050–2100, respectively, based on two Representative Concentration Pathways (RCP 4.5 and RCP 8.5. scenarios). The PMV index was then extracted to evaluate travelers' thermal comfort. The research findings showed that January, February, and December were regarded as thermally stress-free or neutral for coastal tourism during the base period in all the analyzed stations. While April through October were hot and very hot, March and November were just moderately warm. Only The Minab station experienced intolerable conditions in July and August. Both scenarios projected monthly shifts in thermal comfort for visitors in the near and far future. Neutral thermal conditions will be restricted to January and February, while months with no heat stress to moderate warm will change to warm and humid months and intolerable circumstances will worsen everywhere.

Cite this article: Khorani, A., Moradi, A., & Moradi, A. (2023). Projecting changes in the thermal comfort of coastal tourists in Hormozgan province. *Physical Geography Research Quarterly*, 55 (2), 71-87
<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2023.359547.1007773>



© The Author(s).

DOI: [10.22059/JPHGR.2023.359547.1007773](https://doi.org/10.22059/JPHGR.2023.359547.1007773)

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

As a result of the increase in greenhouse gases, it has recently been estimated that temperatures will rise between 0.4 and 2.6 degrees Celsius by the middle of the century and between 0.3 and 4.8 degrees Celsius by the end of the century (IPCC AR5, 2014). These changes will undoubtedly have an impact on the number of tourists and the best time to travel.

According to ASHRAE (1972), thermal comfort is the state in which the brain is content with the environment's temperature. Thermally neutral conditions are another name for this circumstance (Fanger, 1970). According to Mieczkowski (1985), there are six factors that influence the degree of thermal comfort: two human factors, such as physical activity and clothing thermal resistance, and four environmental factors, such as air temperature, air vapor pressure, average radiant temperature, and wind speed. The degree of human thermal comfort in various Environments and conditions has been measured using various combinations of these parameters in various indices (more than 100 indices).

The Predicted Mean Vote (PMV) stands out among thermal comfort indices because of its strong theoretical foundations, simplicity in computation, wide applicability, experimental evaluation, and consideration of all factors affecting the tourism climate (De Freitas et al., 2008).

Methodology

Due to the year-round thermal comfort (Khorasani et al., 2015); specific geomorphological phenomena, such as marine terraces, diverse types of wind erosion, and distinctive landscapes; Beautiful islands and historical and cultural landmarks the coastlines of the Hormozgan Province have a great deal of tourism potential. Although earlier studies have noted an increase in temperature and a decrease in precipitation for these regions (Sharaf and Mir Karim, 2020; Ghasemi 2015), and projections have also confirmed the strengthening of these conditions until the end of this century (Mansouri Daneshvar et al. 2019; Parandin et al. 2019,

Khoorani and Monjazez Marvdashti, 2014), there has been very little research into changes in thermal comfort and tourism climate in the study area under climate change conditions. Valizadeh and Khoorani, 2022 projected a decrease in OTCI values for the future (until the end of this century) based on four large-scale climate models and two scenarios in Hormozgan province (including coastal and non-coastal areas). Based on the output of the HADCM3 model and two scenarios, Khoorani and Manjzeb Marvdashti, 2012, have predicted seasonal changes in the number of visitors for Hengam Island until the end of the 21st century (including an increase in summer and autumn and a decrease in spring and summer). Using the tourism climate information plan, Karimi et al. (2014) revealed comparable seasonal changes in the aesthetic, thermal, and physical components of the tourism climate along the Persian Gulf and Sea of Oman beaches from 1979 to 2008. The aim of this study is to use PMV thermal index to anticipate how climate change may affect the tourism climate along Iran's southern coast in the province of Hormozgan. Monthly climate data of minimum and maximum temperature, sunshine hours and precipitation from 8 weather stations from 1990 to 2019 (for Gheshm station from 1996 to 2019) was downloaded from Iran Meteorological Organization. The data are projected for 2 time periods (near period 2020-2050 and far period 2050-2100) up to the end of the 21st century using an ensemble of 5 GCMs under 2 Representative Concentration Pathways (RCP2.6 and RCP8.5). The LARSWG-6 stochastic weather generator was used to downscale GCM outputs, and the PMV index was calculated for the Historic period (1990-2019), Near period (2020-2050), and Far future (2050-2100).

Results and Discussion

According to the PMV index for 1990-2019, the Bandar Abbas, Jask, Siri, Bandarlang, and Kish Island stations had good travel conditions in December, February, and January, as well as the Abu Musi Station in January and February, the

Minab Station in February, and the Qeshm Island Station in December, March, and February.

The overall evaluation shows that, from May to October, the majority of the year is marked by varied degrees of heat stress. Only a few months, from December to March, make up the ideal thermal season. December and February are usually considered as favorable months by stations. According to the RCP4.5 scenario for the near future (2020-2050), the PMV index of the Bandar Abbas, Bandar Jask, Qeshm, Siri, Abu Musi, Bandar Lange, and Kish stations in February and January, as well as the Minab station in January, indicates a favorable situation.

According to the RCP4.5 scenario, there will be an increase in the severity of heat stress in the far future (2100-2050) with August and July becoming unbearably hot. This increase will be greater than that in the past and the near future.

According to RCP8.5, Bandar Abbas, Bandar Jask, and Qeshm stations in December, February, and January; Siri station in February and January; and Abu Musa, Bandarlange, Minab, and Kish stations in January will be in good condition in the near future (2020-2050).

The intensity of heat stress would increase in the far future (2050-2100) compared to past periods, according to the RCP8.5 scenario. During the months of September, August, July, and June, the degrees of this increase will range from very hot to uncomfortable at most sites.

Conclusion

As a result of the changes in temperature and precipitation in the future periods, the suitable time period for travel and beach activities in Hormozgan province has shifted to January, February, and December, and due to the increase in temperature, the months with Low thermal tension will no longer have suitable conditions for beach activities and travel, and their condition will change to acceptable. These factors will cause seasonal shifts and diminish the optimal tourism climate conditions on Hormozgan's coastlines. It is suggested that future research develop a climate calendar for tourists visiting Hormozan province's coastal areas, taking into account the importance of climatic factors. It is also advised to use the projections from the outputs of Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) GCMs in the future studies.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.



Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

پیش‌یابی تغییرات آسایش حرارتی گردشگران ساحلی در استان هرمزگان

اسدالله خورانی^۱✉، علی مرادی^۲ , عباس مرادی^۳ 

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم جغرافیایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران، رایانامه: khoorani@hormozgan.ac.ir

۲. گروه علوم جغرافیایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران، رایانامه: ali.moradi.1397.alireza@gmail.com

۳. گروه علوم جغرافیایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران، رایانامه: moradi@hormozgan.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۱/۱۲

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۲/۰۳/۰۶

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۰۴/۰۷

تاریخ چاپ:

۱۴۰۲/۰۵/۱۱

واژگان کلیدی:

پیش‌یابی تغییرات اقلیم،
گردشگران ساحلی،
استان هرمزگان،
اقلیم گردشگری،
آسایش حرارتی.

صنعت گردشگری، بخصوص گردشگری ساحلی تأثیرپذیری بالایی از شرایط آب‌وهوا دارد. تغییرات عناصر اقلیمی در اثر گرمایش جهانی می‌تواند چالش‌هایی را برای این شاخه از گردشگری ایجاد کند. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی تغییرات عناصر اقلیمی در مناطق ساحلی استان هرمزگان بر اساس خروجی مدل‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی و آشکارسازی اثرات این تغییرات، برآسایش حرارتی گردشگران ساحلی این منطقه می‌باشد. بدین منظور از داده‌های روزانه و ماهانه ۸ ایستگاه سینوپتیک واقع در محدوده مطالعاتی طی سال‌های ۲۰۱۹-۱۹۹۰ و ترکیبی از خروجی ۵ مدل اقلیمی بزرگ‌مقیاس بر مبنای دو سناریو RCP 4.5 و RCP 8.5 برای دو دوره زمانی آینده نزدیک (۲۰۲۰-۲۰۵۰) و آینده دور (۲۰۵۰-۲۱۰۰) استفاده شده است. سپس برای بررسی آسایش حرارتی گردشگران اقدام به استخراج شاخص PMV شد. نتایج پژوهش نشان داد که در دوره پایه در تمام ایستگاه‌های موردبررسی ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر برای گردشگری ساحلی فاقد تنش گرمایی یا خنثی، مارس و نوامبر کمی گرم، و آوریل تا اکتبر داغ و خیلی داغ محسوب شده است. شرایط غیرقابل تحمل تنها برای ایستگاه میناب در جولای و آگوست محاسبه شده است. بر اساس هر دو سناریو هم در آینده نزدیک و هم در آینده دور جایجایی ماهانه در آسایش حرارتی گردشگران منطقه ایجاد خواهد شد. ماه‌های خنثی فقط به ژانویه و فوریه محدود شده، ماه‌های با تنش گرمایی کم به گرم و داغ تبدیل شده و شرایط غیرقابل تحمل در تمام ایستگاه‌ها افزایش خواهد یافت.

استناد: خورانی، اسدالله؛ مرادی، علی و مرادی، عباس. (۱۴۰۲). پیش‌یابی تغییرات آسایش حرارتی گردشگران ساحلی در استان هرمزگان. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۵ (۲)، ۸۷-۷۱.

<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2023.359547.1007773>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

DOI: [10.22059/JPHGR.2023.359547.1007773](https://doi.org/10.22059/JPHGR.2023.359547.1007773)

© نویسندگان



مقدمه

آب‌وهوا عاملی مهم و موثر بر تمام پدیده‌های محیط طبیعی و از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده فعالیت‌های روزانه و طولانی‌مدت زندگی بشر بوده و از روزی که به کره خاکی پا نهاد آب‌وهوا در زندگی او موثر بوده است. امروزه اثرات آب‌وهوا بر زندگی بشر نه تنها کم نشده، بلکه با توسعه آن اهمیت و ارزش بیشتری یافته است (Critcheffied, 1983). تغییرات بارندگی، تابش خورشید و عوامل مختلف آب‌وهوایی با قدرت هر چه بیشتر بر زندگی انسان حاکم بوده است. به طوری که انتخاب نوع لباس، مسکن، سبک زندگی، معیشت او به طور غیرقابل اجتنابی، پیرو اقلیم بوده است.

بدین جهت آب‌وهوا همراه با چشم‌اندازهای طبیعی و انسانی نقش مؤثری را در تعیین مقصد و بازه زمانی مناسب گردشگران دارد (Berrittella et al., 2006; Scott et al., 2004). تغییر اقلیم یکی از موضوعات مهم در مطالعات گردشگری در سال‌های اخیر می‌باشد. با افزایش گازهای گلخانه‌ای افزایش دمایی بین ۰/۴ تا ۲/۶ درجه سانتی‌گراد تا اواسط قرن بیست و یکم و ۰/۳ تا ۴/۸ درجه سانتی‌گراد را تا اواخر این قرن تخمین زده شده است (IPCC AR5, 2014). بی‌تردید این تغییرات بر بازه مناسب سفر و تعداد گردشگران اثرگذار خواهد بود. مطالعات مربوط به اثر تغییر اقلیم در بخش گردشگری عمدتاً شامل مطالعه تغییرات وضعیت آسایش حرارتی گردشگران (Morabito, et al., 2004)، تغییر شرایط اقلیم گردشگری مناطق مختلف از طریق شاخص‌های اقلیم گردشگری (Amengual et al., 2012; Yu et al., 2009; Panagiotis & Matzarakis, 2019; De Freitas et al., 2004; Yu et al., 2009)، تغییرات چشم‌اندازها در اثر تغییر اقلیم (Lemesios, et al. 2016)، اثرات اکولوژیک تغییر اقلیم، وجوه اقتصادی (Matzarakis, 2001)، و حقوقی تغییر اقلیم در بخش گردشگری (Lin & Matzarakis, 2008; Scott et al., 2008; Matzarakis, 2008) و ... است.

آسایش حرارتی شرایطی است که مغز انسان نسبت به وضعیت حرارتی محیط احساس رضایت داشته باشد (ASHRAE, 1972). این وضعیت را از نظر حرارتی شرایط خنثی نیز می‌نامند (Fanger, 1970). سطح آسایش حرارتی متأثر از ۶ عامل است (۴ عامل محیطی شامل: دمای هوا، فشار بخار هوا، میانگین دمای تابشی، سرعت باد و ۲ عامل انسانی شامل: مقاومت حرارتی لباس یا کلو و مقدار فعالیت بدنی (Mieczkowski, 1985)). ترکیب‌های متفاوتی از این عوامل در شاخص‌های مختلف (بیش از ۱۰۰ شاخص) بکار گرفته شده است تا سطح آسایش حرارتی انسان در محیط‌ها و شرایط مختلف مشخص شود. بسیاری از این شاخص‌ها ترکیبی از دما هوا با یک پارامتر دیگر است (Jendritzky et al., 2014; Johansson et al., 2012). به طور کلی می‌توان این شاخص‌ها را به دودسته تقسیم کرد: شاخص‌های منطقی که بر اساس انتقال حرارت و موازنه انرژی بدن انسان با شرایط محیط اطراف آن استوار بو از جمله این شاخص‌های می‌توان به میانگین رأی پیش‌بینی شده (PMV)، دمای موثر استاندارد در فضای باز (OUT_SET*) و دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) اشاره کرد. شاخص‌های تجربی که بر مبنای مطالعاتی تجربی برای مشخص شدن تجربه ذهنی آسایش حرارتی فرد در ارتباط با پدیده‌های هواشناسی است (Walls et al. 2015).

از میان شاخص‌های آسایش حرارتی، میانگین رأی پیش‌بینی شده (PMV) به دلیل مبانی نظری قوی، سادگی در محاسبه، فهم و کاربرد، ارزیابی تجربی و توجه به تمام موجود اقلیم گردشگری از اعتبار خاصی برخوردار است (De Freitas et al., 2008). از این شاخص با رویکردهای مختلفی از جمله معماری و طراحی مناظر و معابر (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ حمزه نژاد و همکاران؛ ۱۳۹۹؛ مجیدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ زمانی و اکبری، ۱۴۰۰) برنامه‌ریزی توریسم و اکوتوریسم (مزیدی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Habibi et al., 2022؛ خالدی و همکاران، ۱۳۹۸)، پتانسیل سنجی و ارزیابی

اقلیم گردشگری (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ رضایی و همکاران، ۱۳۹۴، سبحانی و دانه‌کار، ۱۴۰۱؛ نظری‌پور و طاوسی، ۱۴۰۰) روند یابی آسایش حرارتی (خیبری و همکاران، ۱۴۰۰)، مقایسه با سایر شاخص‌های آسایش حرارتی (Broday, 2019؛ کاشکی و همکاران، ۱۳۹۸، Asghari et al., 2019) و ارتباط شرایط آسایش حرارتی و سلامت جسمی (Aboubakri et al., 2019; Ghalhari et al., 2019) در ایران و جهان استفاده‌شده و همچنان به‌عنوان شاخصی پذیرفته‌شده موردتوجه قرار دارد.

سواحل استان هرمزگان به دلیل برخورداری از آسایش حرارتی در بخش بزرگی از سال (خراسانی و همکاران، ۱۳۹۵)؛ چشم‌اندازهای بدیع، پدیده‌های ژئومورفولوژیک خاص همچون اشکال مختلف فرسایش بادی، پادگانه‌های ساحلی و گل‌فشان‌ها؛ جاذبه‌های تاریخی-فرهنگی و جزایر زیبا از پتانسیل گردشگری بالایی برخوردار است. اگرچه مطالعات قبلی افزایش دما و کاهش بارش را برای این مناطق گزارش کرده (Sharaf & Mir Karim, 2020; Ghasemi 2015) و پیش‌یابی‌های انجام‌شده نیز تقویت این شرایط را تا انتهای قرن حاضر میلادی تأیید کرده‌اند (Mansouri Daneshvar et al., 2019; Parandin et al., 2019; Khoorani & Monjazeab Marvdashti, 2014) اما بررسی تغییرات آسایش حرارتی و اقلیم گردشگری منطقه مورد مطالعه تحت شرایط تغییر اقلیم بسیار محدود است. Valizadeh, and, Khoorani, 2022 کاهش مقادیر شاخص OTCI را برای آینده (تا انتهای قرن جاری میلادی) بر اساس چهار مدل بزرگ‌مقیاس اقلیمی و دو سناریو در استان هرمزگان (شامل مناطق ساحلی و غیر ساحلی) پیش‌یابی کرده‌اند. خورانی و منجذب مروودشتی، ۱۳۹۳ تغییرات فصلی را در تعداد بازدیدکنندگان از جزیره هنگام در خلیج فارس تا انتهای قرن ۲۱ میلادی (شامل افزایش در تابستان و پاییز و کاهش در بهار و تابستان) بر اساس خروجی مدل HADCM3 و دو سناریو پیش‌یابی کرده‌اند. کریمی و همکاران ۱۳۹۶، با به‌کارگیری طرح اطلاعات اقلیم گردشگری تغییرات فصلی مشابهی را در جنبه‌های زیباشناختی، حرارتی و فیزیکی اقلیم گردشگری سواحل خلیج فارس و دریای عمان را برای دوره ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۸ گزارش کرده‌اند. بنابراین هدف از این پژوهش پیش‌یابی اثرات تغییر اقلیم بر اقلیم گردشگری سواحل جنوبی کشور ایران در محدوده استان هرمزگان بر اساس شاخص حرارتی PMV می‌باشد.

روش پژوهش

در پژوهش حاضر برای پیش‌یابی متغیرهای اقلیمی موردنظر از خروجی ۵ مدل بزرگ‌مقیاس اقلیمی تحت دو سناریو RCP2.6 و RCP8.5 استفاده‌شده است. برای مقیاس کاهی خروجی این مدل‌ها از مدل مولد اقلیم لارس استفاده‌شده است. همچنین از داده‌های مشاهداتی ۸ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ساحلی برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ (به‌جز ایستگاه همدید قسم از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۹) برای ورود به مدل مولد اقلیم لارس نسخه ۶ استفاده‌شده است (جدول ۱). داده‌های اقلیمی شامل کمینه و بیشینه دما؛ بارش و ساعت آفتابی می‌باشد.

سپس از مدل‌های EC-EARTH، BCC-CSM1.1، CCSM4، CMCC-CM و MRI-CGCM3 تحت دو سناریوی ادامه وضع موجود (RCP4.5) و سناریو حداکثر واداشت گازهای گلخانه‌ای (RCP8.5) برای پیش‌یابی داده‌های آینده استفاده شد. (جدول ۲).

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های همدید مطالعاتی (مستخرج از فایل داده‌های ایستگاهی اخذشده از سازمان هواشناسی کشور)

نام ایستگاه	طول جغرافیایی شرقی	عرض جغرافیایی شمالی	ارتفاع (متر)	طول دوره آماری
بندرعباس	۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه	۲۷ درجه و ۱۳ دقیقه	۹/۸	۱۹۹۰-۲۰۱۹
جزیره ابوموسی	۵۴ درجه و ۵۰ دقیقه	۲۵ درجه و ۵۳ دقیقه	۶/۶	۱۹۹۰-۲۰۱۹
چاسک	۵۷ درجه و ۴۶ دقیقه	۲۵ درجه و ۳۸ دقیقه	۵/۲	۱۹۹۰-۲۰۱۹
میناب	۵۷ درجه و ۰۵ دقیقه	۲۷ درجه و ۰۶ دقیقه	۲۹/۶	۱۹۹۰-۲۰۱۹
بندرلنگه	۵۴ درجه و ۵۰ دقیقه	۲۶ درجه و ۳۲ دقیقه	۶/۴	۱۹۹۰-۲۰۱۹
جزیره سیری	۵۴ درجه و ۲۹ دقیقه	۲۵ درجه و ۵۳ دقیقه	۴/۴	۱۹۹۰-۲۰۱۹
جزیره کیش	۵۳ درجه و ۵۹ دقیقه	۲۶ درجه و ۳۰ دقیقه	۳۰	۱۹۹۰-۲۰۱۹
جزیره قشم	۵۶ درجه و ۱۶ دقیقه	۲۶ درجه و ۵۷ دقیقه	۱۲/۸	۱۹۹۶-۲۰۱۹

جدول ۲. مشخصات مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش

ردیف	مدل	کشور	مؤسس	سناریوهای RCP
۱	EC-EARTH	محصول ۱۱ کشور	EC-EARTH Consortium	8.5 & 4.5
۲	BCC-CSM1.1(m)	چین	Beijing Climate Center, China Meteorological Administration	8.5 & 4.5
۳	CCSM4	ایالات متحده آمریکا	National Center for Atmospheric Research	8.5 & 4.5
۴	CMCC-CM	ایتالیا	Centro Euro-Mediterranean per I Cambiamenti Climatic	8.5 & 4.5
۵	MRI-CGCM3	ژاپن	Meteorological Research Institute	8.5 & 4.5

منبع: (Rao & Garfinkel, 2021)

در مرحله بعد با استفاده از شاخص‌های آماری ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تعیین (R^2)؛ اقدام به ارزیابی داده‌های تولیدشده توسط مدل و داده‌های واقعی (مشاهده‌شده) موجود طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۹ در دوره پایه گردید.

روش‌های مختلفی برای تولید سناریوهای اقلیمی منطقه‌ای از سناریوهای مدل گردش عمومی جو، وجود دارد که به آن ریزمقیاس کردن یا ریز گردانی می‌گویند (Wilby and Harris, 2006). برای ریز گردانی خروجی مدل‌های اقلیمی در این مطالعه از مدل مولد اقلیم لارس استفاده شده، سپس به محاسبه آسایش حرارتی منطقه با استفاده از روش PMV به دست آمده است.

مدل مولد اقلیم LARS-WG6

یکی از مطرح‌ترین مدل‌های مولد داده‌ها تصادفی هواشناسی مدل LARS-WG است که برای تولید و ریزمقیاس سازی داده‌های روزانه بارش، تابش، دمای کمینه و بیشینه بر اساس داده‌های گذشته (مشاهداتی ایستگاه‌های هواشناسی) به کار می‌رود. این مدل مولد کاربرد بسزایی در پیش‌بینی تغییرات اقلیمی آینده دارد و محققان زیادی از آن بهره می‌برند. نسخه اولیه این مدل را Rasco et al. 1991 در بوداپست مجارستان، هنگام اجرای پروژه ارزیابی ریسک کشاورزی ابداع کردند و سپس Semenov and Barrow, 1997 به بازنگری و تعدیل آن اقدام نمودند (بذرافشان و همکاران، ۱۳۸۸). LARS-WG برای شبیه‌سازی متغیرهای هواشناسی توزیع‌های آماری پیچیده‌ای را به کار می‌برد. مبنای آن طول دوره خشک و تر، بارش روزانه و سری‌های تابش؛ توزیع نیمه تجربی می‌باشد. در توزیع نیمه تجربی فاصله‌ها به‌طور

مساوی بین مقادیر بیشینه و کمینه سری زمانه ماهانه تقسیم می‌شوند:

$$EMP = \{a_o, a_i, h_i, \dots, i = 0, 1, 2, \dots, 10\} \quad (1)$$

EMP یک هیستوگرام با ده بازه با شدت‌های مختلف بارش است.

a_{i-1} [ai-1, ai]

h_i تعداد رخداد بارش در i امین فاصله را نشان می‌دهد. فاصله‌ها برای طول روزهای تر، خشک و بارش افزایشی

هستند.

تابش به‌طور مستقل از درجه حرارت مدل شده. و به‌جای آن می‌توان از ساعت آفتابی نیز استفاده کرد. مقدار بارش یک روز تر از توزیع نیمه‌تجربی بارش ماه موردنظر و مستقل از سری‌های تر یا مقدار بارش در روز قبل به دست می‌آید. بر این اساس سری‌های فوریه، درجه حرارت را تخمین می‌زنند. درجه حرارت بیشینه و کمینه روزانه به‌صورت فرایندهای تصادفی با میانگین و انحراف معیارهای روزانه که وابسته به وضعیت تر یا خشک بودن روز موردنظر هستند؛ برآورد می‌شوند. سری فوریه مرتبه سوم برای شبیه‌سازی میانگین و انحراف معیار درجه حرارت فصلی به کار می‌رود. رفتار حاکم بر مقادیر مانده‌ها که از تفریق مقادیر میانگین از مقدار دیده‌بانی شده به دست می‌آیند (Rasco et al., 1991).

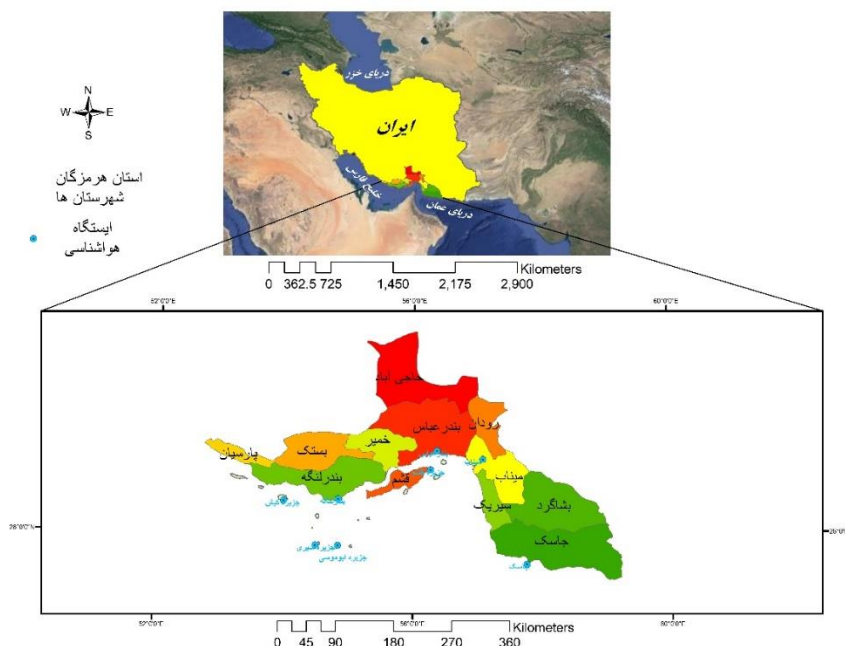
شاخص PMV

شاخص متوسط نظر پیش‌بینی شده (PMV)، از شاخص‌های معروف به‌منظور ارزیابی دمای - فیزیولوژیک است که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده و از متغیرهای هواشناسی (شامل دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و میانگین دمای تابشی)، نارسایی لباس و فعالیت بدنی استفاده می‌کند. ارقام این شاخص از ۳- (سرد) تا ۳+ (داغ) متغیر بوده و در ۷ کلاس طبقه‌بندی شده‌اند (Walls et al., 2015). این شاخص در ابتدا برای سنجش میزان آسایش حرارتی انسان در فضاهای سرپوشیده ارائه شده است اما در ادامه در مطالعاتی برای فضاهای باز نیز بکار گرفته شده است (Chen & Ng, 2012). این شاخص در مطالعات مربوط به آب‌وهوا شناسی توریسم، مطالعات مربوط به برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای به‌ویژه در تعیین مؤلفه حرارتی میکرو اقلیم شهری کاربرد وسیعی دارد. در تعریف این شاخص برای نرخ سوخت‌وساز با کار سبک و میزان نارسایی لباس به ترتیب اعداد ۸۰ وات و ۰/۹ (clo) به‌طور میانگین در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه این شاخص از نرم‌افزار Ray Man کمک گرفته شده است. مدل Ray Man، که توسط Matzarakis, 2001 طراحی شده، یکی از روش‌های مناسب برای محاسبه رابطه‌های شاخص PMV مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه داده‌های فیزیولوژیک، پوشش و نوع فعالیت بسیار متفاوت و متغیر هستند، طبق توصیه مدل می‌توان مواردی را به‌صورت میانگین یا حالت استاندارد در نظر گرفت.

محدوده مورد مطالعه

کشور ایران با وسعت ۱,۶۴۸,۱۹۵ کیلومتر مربع در جنوب غربی آسیا واقع شده و جزو کشورهای خاورمیانه است. نواحی ساحلی گسترده‌ای در شمال و جنوب کشور ایران با طول تقریبی ۵۸۰۰ کیلومتر قرار دارد. هفت استان ساحلی کشور عبارت‌اند از: گیلان، مازندران، گلستان، خوزستان، هرمزگان، بوشهر و سیستان و بلوچستان. چهار هزار و ۹۰۰ کیلومتر ساحل ایران نیز در جنوب کشور واقع می‌باشد. استان هرمزگان با مختصات جغرافیایی ۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ، دارای ۱۳ شهرستان، ۳۹ بخش، ۸۸ دهستان و ۵۰ شهر است. طول دقیق سواحل این استان ۲۲۳۷,۸۰ کیلومتر است که این رقم

حدود ۵۰ درصد از کل سواحل جنوب کشور است. به جز شهرستان‌های بشاگرد، رودان و حاجی‌آباد و بستک تمام شهرستان‌ها از سواحل طبیعی برخوردار هستند. جمعیت استان برابر با ۱۷۷۶۴۱۵ نفر است (مرکز آمار ایران) که ۸۰ درصد جمعیت شهرها و ۴۰ درصد کل جمعیت آن در نوار ساحلی به عمق ۲۰ کیلومتر از دریا استقرار یافته است. این استان با ۱۳ جزیره بیشترین جزایر را در بین استان‌های ساحلی دارد. برخورداری استان هرمزگان از این میزان طول سواحل اهمیت این استان را در بعد صنعت گردشگری بخصوص گردشگری دریایی دوچندان کرده است.



شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی (الف) موقعیت در جنوب غربی آسیا و (ب) موقعیت در کشور ایران

یافته‌ها

با به‌کارگیری شاخص آماری RMSE کارایی مدل مولد اقلیمی لارس بر اساس توانایی و دقت پیش‌یابی میانگین دماها (کمینه - بیشینه)، بارش و مقایسه آن با مقادیر مشاهداتی حاکی از آن است که مدل‌های مذکور توانایی لازم در برآورد و تولید داده‌ها داشته است. در تمامی ایستگاه‌ها مقدار R^2 برای خروجی کمینه و بیشینه دما برابر ۰/۹۹ می‌باشد (جدول ۳).

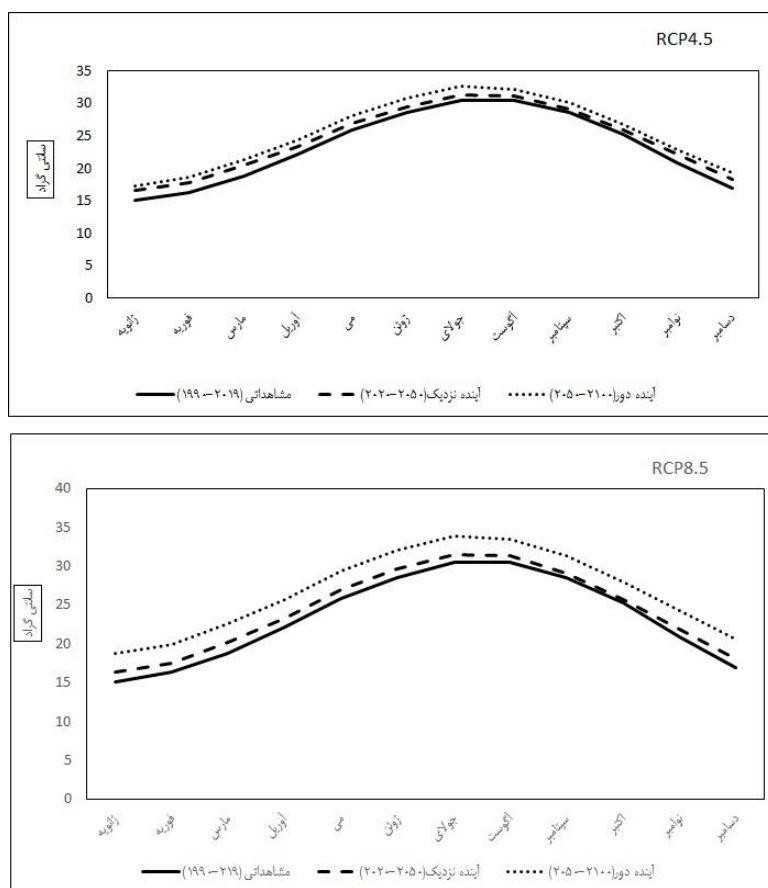
جدول ۳. صحت‌سنجی خروجی متغیرهای کمینه دما، بیشینه دما و بارش بر اساس برون‌داد مولد LARS-WG

جزیره	جزیره کیش	میناب	بندرلنگه	جزیره سیری	جاسک	ابوموسی	بندرعباس	میانگین مدل‌ها
قسم	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²
کمینه دما	۰/۷۷۷	۰/۹۹	۰/۶۹۴	۰/۹۹	۰/۷۷۸	۰/۹۹	۰/۴۳۰	۰/۶۳
بیشینه دما	۰/۸۷۱	۰/۹۹	۰/۶۳۸	۰/۹۹	۰/۷۷۹	۰/۹۹	۰/۱۱۳	۰/۵۳۵
بارش	۵/۴۸	۰/۸۳	۵/۲۴	۰/۸۳	۴/۳۸۸	۰/۸۳	۷/۴۶	۵/۳۳۴

صحت‌سنجی آزمون‌های آماری برای متغیر بارش نشان داد که در بازه ماهانه، مقادیر خروجی مدل‌ها، برآوردی مانند دماهای کمینه و بیشینه نداشته (بالای ۰/۹۸ ضریب همبستگی)؛ به‌ویژه اینکه در دوره سرد سال بارش برآورد شده نسبت به دوره مشاهداتی بیشتر برآورد شده است. در واقع با نگاهی به مقادیر همبستگی و جذر میانگین مربعات خطای داده‌های ماهانه بارش مشاهداتی و برآوردی، آنچه در هر دو سناریوی مدل‌های مذکور مشهود است این است که؛ سری‌های بارش خطای بالاتری را نسبت به عناصر کمینه و بیشینه دما، نشان داده‌اند، که دلیل آن عدم پیوستگی و تغییرپذیری بالای داده‌های بارش نسبت به داده‌های دما در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. مقدار ضریب همبستگی این متغیر از ۰/۸۴ برای ایستگاه بندرعباس تا ۰/۹۸ برای ایستگاه ابوموسی متغیر است (جدول ۳).

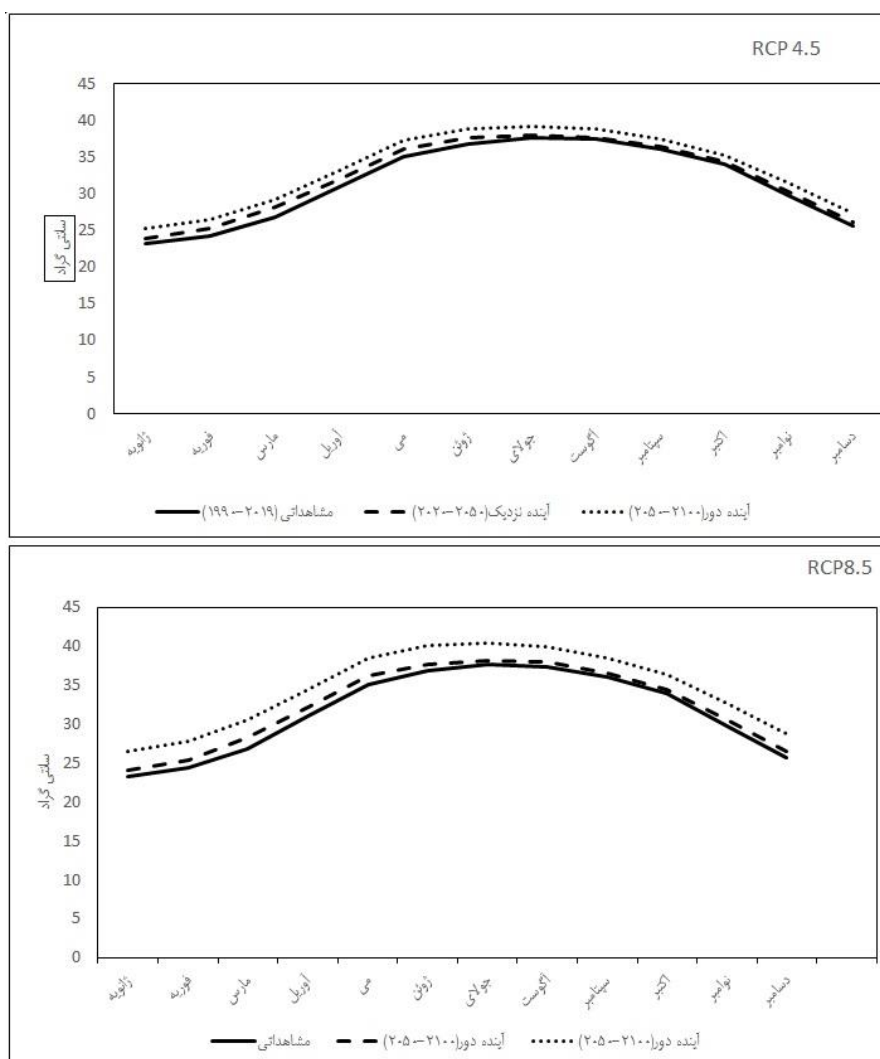
پیش‌یابی تغییرات دما (کمینه - بیشینه) و بارش

مطابق با سناریوی RCP4.5 آستانه تغییرات کمینه دما به ترتیب طی دوره‌های آینده نزدیک (۲۰۲۰-۲۰۵۰) و آینده دور (۲۰۵۰-۲۱۰۰)؛ ۰/۷ تا ۱/۵ و ۱/۸ تا ۲/۸ درجه سانتی‌گراد افزایشی است. مطابق سناریوی RCP8.5 طی دوره‌های؛ آینده نزدیک (۲۰۲۰-۲۰۵۰) و دور (۲۰۵۰-۲۱۰۰) آستانه تغییرات ۰/۸ تا ۱/۷ و ۲/۹ تا ۴ درجه سانتی‌گراد خواهد بود. بیشترین افزایش دمای کمینه در ماه‌های مارس و دسامبر؛ و بالاترین تغییرات افزایشی کمینه دما در ایستگاه‌های جزیره کیش، جزیره قشم و جاسک حادث می‌گردد (شکل ۲).



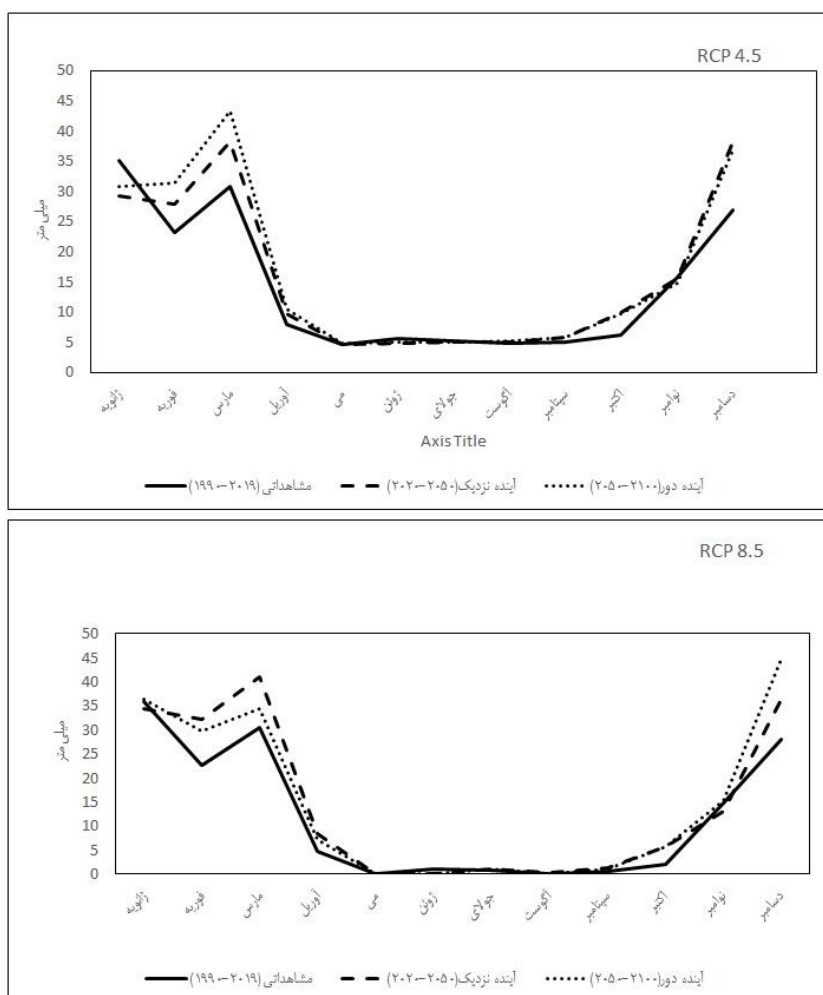
شکل ۲. پیش‌یابی میانگین تغییرات کمینه دما در ایستگاه‌های مورد بررسی بر اساس ۵ مدل خروجی CMIP، مطابق با دو سناریو RCP4.5 (بالا) و RCP8.5 (پایین)

بیشینه دما نیز طی دوره‌های؛ آینده نزدیک و دور مطابق با سناریوی RCP4.5؛ ۰/۴ تا ۱ و ۱/۵ تا ۲/۱ درجه سانتی‌گراد افزایش را به‌صورت میانگین سالانه نسبت به دوره مشاهداتی نشان داده است. در سناریوی RCP8.5 نیز به ترتیب افزایش ۰/۶۴ تا ۱/۱ و ۲/۶ تا ۳/۲ درجه سانتی‌گراد را برای آینده نزدیک و آینده دور خواهد داشت. در مجموع تغییرات دمای کمینه نسبت به دمای بیشینه بیشتر است. در بازه زمانی فصلی برون‌داد میانگین کمینه مدل‌ها نشان داد در دوره آتی (آینده نزدیک و دور) اغلب ایستگاه‌ها در تمامی فصول سال افزایش دما خواهند داشت به‌گونه‌ای که بیشترین افزایش؛ مربوط به فصل زمستان و سپس بهار می‌باشد. بیشترین افزایش دمای بیشینه در ماه‌های مارس، و بالاترین تغییرات افزایشی بیشینه دما در ایستگاه‌های جزیره کیش، میناب و قشم حادث می‌گردد. در بازه زمانی فصلی برون‌داد میانگین بیشینه مدل‌ها نشان داد در دوره آتی (آینده نزدیک و دور) تمام ایستگاه‌ها در تمامی فصول سال افزایش دما خواهند داشت. بیشترین افزایش در اغلب ایستگاه‌ها به ترتیب مربوط به فصل بهار و سپس زمستان می‌باشد. در حالی که در دمای کمینه شدت تغییرات ابتدا مربوط به فصل زمستان بوده است (شکل ۳).



شکل ۳. پیش‌بینی میانگین تغییرات بیشینه دما در ایستگاه‌های مورد بررسی بر اساس مدل خروجی CMIP، مطابق با دو سناریو (بالا) RCP4.5 و RCP8.5 (پایین)

مقایسه مقادیر بارش پیش‌یابی شده با دوره پایه حاکی از تغییرات کاهش و افزایشی بوده است. کاهش بارش طی ژانویه تا مارس و دسامبر به وقوع می‌پیوندد. در واقع مطابق با این مدل‌ها و سناریوها در آینده سهم بارش‌ها بر اساس سناریوی RCP4.5 در ایستگاه‌های میناب بین ۱ تا ۱۲ درصد، کیش ۳ تا ۱۶ درصد، قشم ۴ تا ۱۰ درصد، سیری ۱ تا ۱۵ درصد، بندرلنگه ۱ تا ۱۲ درصد افزایشی، در ایستگاه‌های جاسک از ۵ درصد کاهشی تا ۱۷ درصد افزایشی، ابوموسی از ۱۱ درصد کاهشی تا ۶ درصد افزایشی و در ایستگاه بندرعباس از ۳ تا ۸ درصد کاهش را نشان داده است. میانگین بارش سالانه در اغلب ایستگاه‌های موردبررسی طی دوره‌های آبی افزایش ناچیزی را نشان داده است. تغییرات بارش در سناریوی RCP4.5 به ترتیب نوسان ۳ درصدی کاهشی تا ۷ درصد افزایش (آینده نزدیک)، و ۲ درصد کاهش تا ۷ درصد افزایش (آینده دور) را نشان داده است. در سناریوی RCP8.5 به ترتیب کاهش ۴ تا افزایش ۶ درصد (آینده نزدیک) و ۳ تا ۱۳ درصدی افزایش (آینده دور) رخ خواهد داد (شکل ۴).



شکل ۵. پیش‌یابی میانگین تغییرات بیشینه دما در ایستگاه‌های موردبررسی بر اساس مدل خروجی CMIP، مطابق با دو سناریو RCP4.5+ و RCP8.5 (بالا) و RCP8.5 (پایین)

تغییرات شاخص PMV در ۱۹۹۰-۲۰۱۹

در مجموع بر اساس شاخص PMV ایستگاه‌های بندرعباس، جاسک، سیری، بندرلنگه و جزیره کیش در ماه‌های

دسامبر، فوریه و ژانویه، ایستگاه ابوموسی در دو ماه ژانویه و فوریه، ایستگاه میناب در ماه فوریه، ایستگاه جزیره قشم در سه ماه دسامبر، مارس و فوریه وضعیت مطلوبی را برای سفر نشان داده‌اند (جدول ۴).

جدول ۴. وضعیت گرمایی مطابق با سنجه آسرا (PMV) طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۱۹

دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	م	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	ایستگاه
۰	۱/۳	۲/۸	۳/۷	۴/۱	۴/۲	۴	۳/۲	۲/۱	۱	۰/۲	-۰/۴	بندرعباس
-۰/۵	۱/۵	۲/۵	۳	۳/۱	۳/۴	۳/۴	۲/۹	۲	۱	۰/۳	۰	جاسک
-۰/۶	۱/۷	۳	۳/۸	۴/۱	۴	۳/۶	۲/۸	۱/۷	-۰/۷	۰/۲	۰	سیری
-۰/۷	۱/۷	۳	۳/۸	۴/۱	۴	۳/۶	۲/۷	۱/۸	-۰/۸	۰/۳	-۰/۱	ابوموسی
-۰/۳	۱/۳	۲/۷	۳/۷	۴/۲	۴/۱	۳/۷	۳	۱/۹	-۰/۸	۰/۱	-۰/۲	بندرلنگه
-۰/۷	۱/۸	۳/۳	۴/۲	۴/۶	۴/۷	۴/۵	۳/۷	۲/۷	۱/۶	-۰/۸	-۰/۲	میناب
-۰/۴	۱/۵	۲/۸	۳/۷	۴/۲	۴	۳/۵	۲/۸	۱/۷	-۰/۶	۰	-۰/۳	کیش
-۰/۶	۱/۵	۳	۳/۵	۴/۱	۴/۲	۳/۸	۲/۸	۱/۷	-۰/۴	-۰/۵	-۰/۹	قشم
غیرقابل تحمل	خیلی داغ	داغ	گرم	گرم	کم گرم	خنثی	کم خنک					

ارزیابی کلی حاکی از آن است که در بخش عمده‌ای از سال یعنی ماه‌های می تا اکتبر تنش گرمایی با درجات متفاوت وجود دارد. دوره مطلوب حرارتی تنها در بخش اندکی از سال یعنی از دسامبر تا مارس برقرار است. همچنین در غالب ایستگاه‌ها دسامبر و فوریه از ماه‌های مطلوب بشمار می‌روند.

تغییرات شاخص PMV در آینده نزدیک (۲۰۲۰-۲۰۵۰)

مطابق با سناریو RCP4.5 در آینده نزدیک (۲۰۲۰-۲۰۵۰) و بر اساس شاخص PMV ایستگاه‌های بندرعباس، بندر جاسک، و قشم، سیری، ابوموسی، بندرلنگه و کیش در ماه‌های فوریه و ژانویه و ایستگاه میناب در ماه ژانویه وضعیت مطلوبی را نشان می‌دهند (جدول ۵). مطابق با سناریوی RCP4.5 در دوره آینده دور (۲۱۰۰-۲۰۵۰) شدت تنش گرمایی افزایش می‌یابد و نسبت به دوره گذشته و آینده نزدیک درجات این افزایش از خیلی داغ در طی ماه‌های آگوست و جولای به غیرقابل تحمل تغییر خواهد داشت (جدول ۶).

جدول ۵. تغییرات پیش‌بینی وضعیت احساسی گرمایی مطابق سناریوی RCP4.5 در دوره آینده نزدیک (۲۰۲۰-۲۰۵۰)

دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	م	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	ایستگاه
-۰/۱	۱/۴	۲/۸	۳/۹	۴/۲	۴/۴	۴/۱	۳/۵	۲/۴	۱/۴	۰/۴	-۰/۲	بندرعباس
۰	۰/۹	۱/۸	۲/۶	۳	۳/۳	۳/۱	۳/۵	۱/۵	-۰/۷	-۰/۲	-۰/۵	جاسک
-۰/۷	۱/۹	۳/۱	۴	۴/۳	۴/۲	۳/۸	۳/۱	۲	۱	۰/۴	-۰/۲	سیری
-۰/۹	۱/۹	۳/۱	۳/۹	۴/۳	۴/۲	۳/۸	۳	۲	۱/۱	۰/۵	-۰/۲	ابوموسی
-۰/۹	۱/۹	۳/۱	۳/۹	۴/۳	۴/۲	۳/۸	۳	۲	۱/۱	۰/۵	-۰/۲	بندرلنگه
-۰/۸	۱/۹	۳/۱	۴	۴/۷	۴/۹	۴/۸	۴	۲/۹	۲	۱	-۰/۲	میناب
-۰/۶	۱/۷	۳	۳/۹	۴/۴	۴/۳	۳/۹	۳/۱	۲	۱	۰/۳	۰	کیش
-۰/۴	۱/۵	۲/۸	۳/۸	۴/۳	۴/۵	۴	۳/۱	۲	۱/۱	۰/۳	-۰/۱	قشم
غیرقابل تحمل	خیلی داغ	داغ	گرم	گرم	کم گرم	خنثی	کم خنک					

در چنین شرایطی با تغییرات افزایشی دما (کمینه و بیشینه) که بر اساس برونداد لارس محاسبه شده است؛ اغلب مناطق با افزایش تدریجی گرما (جنبه حرارتی) با حرکت پیش‌رونده از دسامبر به ژانویه و پس‌رونده به مارس و ژانویه روبه‌رو خواهند بود (جدول‌های ۵ تا ۸).

بحث

هدف از این پژوهش ارزیابی تغییرات عناصر اقلیمی، در بازه مناسب سفر به مناطق ساحلی استان هرمزگان و اثرات آن بر آسایش حرارتی گردشگران این منطقه می‌باشد. با مقایسه‌ای که میان تغییرات کمینه و بیشینه دما انجام شد، انتظار می‌رود که تغییرات دمای کمینه، نسبت به بیشینه طی دوره‌های آتی بیشتر باشد. در بازه زمانی فصلی پیش‌یابی میانگین دمای کمینه و بیشینه مدل‌ها نشان داد، در دوره‌های آتی (آینده نزدیک و دور)، اغلب ایستگاه‌ها در تمامی فصول سال افزایش دما خواهند داشت به‌گونه‌ای که بیشترین افزایش دمای بیشینه، مربوط به فصل زمستان و سپس بهار می‌باشد. در حالی که در دمای کمینه، شدت تغییرات ابتدا مربوط به فصل زمستان بوده است. ارزیابی کلی در خصوص منطقه مطالعاتی نشان داد که در بخش عمده‌ای از سال، یعنی از ماه می تا اکتبر تنش گرمایی با درجات متفاوت وجود دارد و دوره مطلوب حرارتی تنها در دوره اندکی از سال از دسامبر تا مارس برقرار است. در غالب ایستگاه‌ها دسامبر و فوریه ماه‌های مطلوب می‌باشند. در چنین شرایطی با تغییرات افزایشی دما (کمینه و بیشینه) دوره همراه با شرایط آسایش حرارتی خنثی در اغلب مناطق محدودتر خواهد شد. رخداد افزایش دما پدیده شرجی را نیز افزایش می‌دهد و این عامل منجر به از دست دادن دوره زمانی مناسب برای گردش، و کاهش دوره زمانی مطلوب در آینده می‌شود. با تغییرات افزایشی دما به‌ویژه در طی ماه‌های آرمانی گردشگری در آینده شاهد جابجایی زمانی (عقب‌گرد و جلوگرد) خواهیم بود چرا که با حداکثرهای افزایش در طی این ماه‌ها بازه زمانی آرمانی به ماه‌های قبل و بعد جابجا می‌شود. این جابجایی به ماه‌های ژانویه و فوریه امتداد می‌یابد و این ماه‌ها از نظر گردشگران ماه‌های مطلوب برای فعالیت‌های ساحلی شناخته خواهد شد و ماه‌های با تنش گرمایی کم با افزایش دما دیگر شرایط مناسبی را برای فعالیت‌های ساحلی و سفر نخواهد داشت و وضعیت آن‌ها به قابل‌قبول تغییر یابد. در واقع در بازه زمانی بهار طی دوره‌های آینده گردشگران به دلیل حادث شدن محدودیت‌های گرمایی انگیزه سفر کمتری به این مناطق خواهند داشت و سفر در این بازه زمانی کاهش خواهد بود. از سویی دیگر رخداد بارش به دلیل پراکندگی زمانی نیز اثر قابل‌توجهی مانند عنصر دما نخواهد داشت. این عنصر در آینده رفتار حدی خواهد داشت و بازه زمانی آن کوتاه‌مدت است؛ یعنی ممکن است رخداد آن منجر به سیل شود. که پیش‌نگری دقیقی در خصوص بازه زمانی آن نمی‌توان در نظر گرفت.

نتایج حاصله از این پژوهش، با تحقیقات Mahmoud et al, 2019 در خصوص جابجایی زمانی بازه مناسب سفر در شهر هورگادا مصر مطابقت دارد. به‌طوری‌که ماه‌های مه تا سپتامبر کمترین جذابیت را برای این مناطق در دوره آینده خواهند داشت. در مقابل با تغییراتی که در عناصر اقلیمی رخ خواهد داد و جابجایی که از نظر بازه زمانی به وقوع خواهد پیوست ماه‌های مارس و نوامبر بالاترین جذابیت را به دست می‌آورند. همچنین نتایج Panagiotis, and Matzarakis 2019 با محاسبات دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 و به‌کارگیری دو شاخص CTIS و PET، حاکی از آن بوده که ماه سپتامبر تا ژوئن آسایش حاکم است. بر اساس سناریو RCP4.5 برای آینده نزدیک ۲۰۲۰-۲۰۵۰ کاهش ۳۳ درصدی استرس سرما و افزایش ۳۴ درصدی گرما پیش‌یابی شده و مطابق با سناریو RCP8.5، افزایش ۳۳ درصدی استرس سرما و استرس گرمایی ۳۹ درصد قابل‌تصور می‌باشد. در مجموع در آینده دور ۲۰۵۰-۲۱۰۰ تحت سناریو RCP4.5 تعداد

روزهای دارای سرما ۶۰ درصد کاهش می‌یابد درحالی‌که استرس گرمایی ۵۴ درصد افزایش خواهد داشت. همچنین نتایج این تحقیق همسو با تحقیق‌های کریمی و همکاران (۱۳۹۶)، Valizadeh, and, Khoorani, 2022 و خورانی و منجذب مرودشتی، (۱۳۹۳)، است که نشان دادند که تغییر اقلیم منجر به جابجایی زمانی بازه مناسب سفر در سواحل جنوبی ایران خواهد شد؛ به طوری که با افزایش تنش‌های گرمایی در منطقه مطالعاتی در فصل بهار از جمعیت گردشگر کاسته خواهد شد. به طوری که در آینده از جمعیت گردشگر در بهار با افزایش تنش‌های گرمایی در منطقه مطالعاتی کاسته خواهد شد.

نتیجه‌گیری

اقلیم نقش به‌سزایی بر گردشگری دارد و عاملی است که تسهیلاتی را برای گردشگر فراهم می‌آورد و از این طریق موجب جلب رضایت گردشگران می‌شود. ارزیابی کلی در خصوص منطقه مطالعاتی نشان داد که در بخش عمده‌ای از سال، در ماه‌های می تا اکتبر تنش گرمایی با درجات متفاوت وجود دارد و دوره مطلوب حرارتی تنها در دوره اندکی از سال از دسامبر تا مارس برقرار است. بنابراین با توجه به تغییراتی که در دما در دوره‌های آینده، به وقوع می‌پیوندد شاهد جابجایی زمانی بازه مناسب سفر و فعالیت‌های ساحلی به ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر خواهیم بود. ماه‌های با تنش گرمایی کم، با افزایش دما دیگر شرایط مناسبی را برای فعالیت‌های ساحلی و سفر نخواهد داشت و وضعیت آن‌ها به قابل قبول تغییر می‌کند. این شرایط منجر به جابجایی فصلی، و کاهش شرایط بهینه اقلیم گردشگری در سواحل هرمزگان خواهد شد.

پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده با توجه به نقش فرا سنج‌های اقلیمی در شرایط آسایش اقلیمی و فعالیت‌های مرتبط با گردش ساحلی در منطقه مورد مطالعه، برای مناطقی که بیشترین تعداد گردشگر را دارند، تقویم اقلیم گردشگری روزانه و ساعتی تهیه شود. همچنین در مطالعات آینده پیش‌یابی متغیرهای اقلیمی بر اساس مدل‌های گزارش ششم و اثر تغییرات آن‌ها بر آسایش حرارتی گردشگری ساحلی جنوبی ایران مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بر اساس اظهار نویسندگان این مقاله حامی مالی نداشته است.

منابع

- ۱) بذرافشان، جواد؛ خلیلی، علی؛ هورفر، عبدالحسین؛ ترابی، صدیقه و حجام، سهراب. (۱۳۸۸). بررسی و مقایسه عملکرد دو مدل (LARS-WG و ClimGen) در شبیه‌سازی متغیرهای هواشناسی در شرایط مختلف اقلیمی ایران. *تحقیقات منابع آب ایران*، ۵(۱)، ۴۴-۵۷.
- ۲) حمزه نژاد، مهدی؛ فدائی، فرامرز و ایلدرآبادی، پریا. (۱۳۹۹). ارزیابی آسایش راحتی و بررسی شاخص‌های آسایش حرارتی PMV و PPD بر مبنای نور روز و جهت‌گیری خانه، در خانه‌های سنتی بافت یزد (نمونه موردی: خانه ملک‌زاده شهر یزد). *معماری اقلیم گرم و خشک*، ۸(۱۱)، ۱۵۱-۱۸۲. doi: 10.29252/ahdc.2020.1984
- ۳) خالدی، شهریار؛ کریمی، یاشار؛ ابدالی، حسین و محمدی، غلامحسن. (۱۳۹۸). تحلیل شاخص‌های اقلیم آسایش و ارتباط آن با گردشگری در شهر تبریز. *توسعه پایدار محیط جغرافیایی*، ۱(۱)، ۷۳-۸۱. <https://doi.org/10.52547/sdge.1.1.73>
- ۴) خراسانی، حمید؛ خورانی، اسدالله و ذوالفقاری، حسن. (۱۳۹۵). ارزیابی ساعتی شرایط آسایش اقلیمی جزیره قشم برای انواع

- مختلف فعالیت گردشگری. مجله برنامه‌ریزی و توسعه گردشگری، ۵(۱۶)، ۲۰۹-۲۲۹.
- ۵) خورانی، اسدالله و منجذب مرودشتی، شهربانو. (۱۳۹۳). بررسی آثار تغییر اقلیم بر میزان بازدید از جزیره هنگام. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۶(۱)، ۱۰۹-۱۲۲. doi: 10.22059/jphgr.2014.50622
- ۶) زمانی، محبوبه و اکبری، امیر. (۱۴۰۰). تأثیر اقلیم دشت سرخس بر شکل‌گیری کالبد بنای رباط شرف جهت نیل به آسایش حرارتی. پژوهشنامه تمدن/ایرانی، ۳(۲)، ۱۳۵-۱۶۹.
- ۷) سبحانی، پروانه؛ دانه‌کار، افشین. (۱۴۰۱). تعیین اقلیم مناسب گردشگری در جنگل‌های مانگرویی 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. doi: 10.22059/jne.2022.351668.2494
- ۸) عزیزاده، محمد؛ رحیمی، محمد؛ نیک‌بخت، ریحانه و صدیق بازکیاگوراب، مهسا. (۱۳۹۷). ارزیابی شرایط اقلیم گردشگری شهرهای منتخب استان اصفهان بر اساس شاخص‌های اقلیم گردشگری. فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه‌ای)، ۸(۳۳)، ۴۳-۵۵. Doi: 20.1001.1.22286462.1397.9.1.4.4
- ۹) قربان نیا خیبری، وجیهه؛ عظیمی، الهه و آرمین، محسن. (۱۴۰۱). محاسبه شاخص‌های اقلیم گردشگری مدل RayMan در شهر یاسوج و بررسی روند آن‌ها. جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۱(۴۱)، ۱۰۷-۱۲۲. doi: 20.1001.1.20087845.1401.11.41.8.5
- ۱۰) کاشکی، عبدالرضا؛ حسینی، سید محمد و حردانی، امینه. (۱۳۹۸). بررسی آسایش اقلیمی و ارتباط آن با شاخص‌های فیزیولوژیک انسان (مورد: استان سیستان و بلوچستان). مطالعات علوم محیط‌زیست، ۴(۱)، ۹۲۹-۹۴۴.
- ۱۱) کریمی، زهرا؛ نظری پور، حمید؛ خسروی، محمود. (۱۳۹۶). تأثیرات بالقوه تغییر اقلیم در توریسم سواحل جنوبی ایران بر پایه طرح اطلاعات اقلیمی گردشگری. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۱(۱)، ۲۱-۳۳. doi: 10.22108/gep.2017.97874
- ۱۲) مجیدی، فاطمه السادات؛ حیدری، شاهین؛ قلعه‌نویی، محمود؛ قاسمی سیچانی، مریم. (۱۳۹۸). ارزیابی و تحلیل وضعیت آسایش حرارتی فضای باز محلات مسکونی با استفاده از شاخص‌های حرارتی (نمونه موردی: محلات منتخب شهر اصفهان). معماری و شهرسازی/ایران، ۱۰(۲)، ۱۱۳-۱۲۶. doi: 10.30475/isau.2020.103467
- ۱۳) محمدی، کلثوم؛ ذوالفقاری، حسن و کولیوند، طاهره. (۱۳۹۸). شبیه‌سازی شرایط میکروکلیمایی و آسایش حرارتی در معابر اصلی کلان‌شهر کرمانشاه. جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، ۹(۳۰)، ۷۷-۹۴. doi: 10.22111/gaij.2019.4446
- ۱۴) مزیدی، احمد؛ امیدوار، کمال؛ ملک احمدی، عاطفه و حسینی، سید سلام. (۱۴۰۰). ارزیابی شاخص‌های زیست‌اقلیمی موثر بر آسایش انسان (مطالعه موردی: شهر ارومیه). جغرافیا و روابط انسانی، ۴(۲)، ۱۵۵-۱۷۵. doi: 10.22034/gahr.2021.286618.1560
- ۱۵) نظری پور، حمید و طاوسی، تقی. (۱۴۰۰). ارزیابی آسایش حرارتی فضای باز همگانی با تأکید بر تقویت مناسبات اجتماعی در محله‌های شهری (مطالعه موردی: کوی قدس، زاهدان). جغرافیای اجتماعی شهری، ۸(۱)، ۲۸۷-۳۰۶. doi: 10.22103/JUSG.2021.2043

References

- 1) Aboubakri, O., Khanjani, N., & Jahani, Y. (2020). Thermal comfort and mortality in a dry region of Iran, Kerman; a 12-year time series analysis. *Theor Appl Climatol*, 139, 403-413. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02977-8>
- 2) Alizadeh, M., Rahimi, M., Nickbakht, R., & Sedigh bazkia, M. (2019). Evaluation of tourism climate conditions of selected cities of Isfahan province based on tourism climate indices. *Geography (Regional Planning)*, 8(33), 43-55. Doi:20.1001.1.22286462.1397.9.1.4.4 [In Persian].
- 3) Amengual, A., Homar, V., Romero, R., Alonso, S. and Ramis, C. (2012). Projections of the climate potential for tourism at local scales: application to Platja de Palma, Spain. *Int. J. Climatol*, 32(14), 2095-2107. <https://doi.org/10.1002/joc.2420>

- 4) Asghari M., Teimori GH., Abbasinia M., Shakeri F., Tajik R., Ghannadzadeh M. J., Ghalhari GH., F. (2019). Thermal discomfort analysis using UTCI and MEMI (PET and PMV) in outdoor environments: case study of two climates in Iran (Arak & Bandar Abbas). *Weather*, 74(S1), S57-S64. <https://doi.org/10.1002/wea.3612>
- 5) ASHRAE. (1972). *Handbook of fundamentals*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, New York.
- 6) Bazrafshan, J., Khalili, A., Hoorfar, A., Torabi, S., Hajjam, S. 2009. Comparison of the Performance of ClimGem and LARS-WG Models in Simulating the Weather Factors for Diverse Climates of Iran. *Journal Iran-Water Resources Research*, 5 (13), 44-57. (In Persian).
- 7) Berrittella, M., Bigano, A., Roson, R., & Tol, R. (2006). A general equilibrium analysis of climate Change impacts on tourism. *Tourism Management*, 27, 913–924. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.05.002>
- 8) Broday E. E., Moreto J. A., Xavier A. A. P., & Oliveira R. (2018). The approximation between thermal sensation votes (TSV) and predicted mean vote (PMV): A comparative analysis, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 69, 1-8.
- 9) Critchfield, J.H. (1983). *General climatology*. prentice Hall Inc.USA.
- 10) De Freitas, C. R., Scott, D., & McBoyle, G. (2004). A new generation climate index for tourism. *Advances in tourism climatology. Reports Meteorology Institute*, University of Freiburg, 12, 19-26.
- 11) De Freitas, C.R., Scott D., & Geoff M. (2008). A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification. *Int J Biometeorol*, 52, 399–407. <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0134-3>
- 12) Fanger, P., O. (1970). *Thermal Comfort*. Copenhagen: Danish Technical Press.
- 13) Ghalhari GH. F., Dehghan S. F., Shakeri F., Abbasinia M., Asghari M. (2019). Thermal comfort and heat stress indices for outdoor occupations over 15 years: a case study from Iran. *Weather*, 74(S1), S40-S45. <https://doi.org/10.1002/wea.3454>
- 14) Ghasemi AR (2015) Changes and trends in maximum, minimum and mean temperature series in Iran. *Atmos Sci Let*, 16, 366–372. <https://doi.org/10.1002/asl2.569>
- 15) Ghorbannia Kheybari, V., azimi, E., & armin, M. (2022). Calculation of RayMan model tourism climate indices in Yasuj city and study of their trend. *Journal of Geography and Environmental Studies*, 11(41), 107-122. Doi: 20.1001.1.20087845.1401.11.41.8.5 [In Persian].
- 16) Habibi, K., Hoseini, S.M., Dehshti, M., Khanian, M., & Mosavi, A. (2020). The Impact of Natural Elements on Environmental Comfort in the Iranian-Islamic Historical City of Isfahan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17(16), 5776. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165776>
- 17) Hamze Nejad, M., Fadaee, F., & Ildarabadi, P. (2020). Evaluation of comfort and thermal comfort (PMV and PPD) according to daylight and home orientation in Yazd traditional houses (Case study: Malekzade home in Yazd city). *Journal of Architecture in Hot and Dry Climate*, 8(11), 151-182. doi: 10.29252/ahdc.2020.1984. [In Persian].
- 18) IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151.
- 19) Karimi, Z., Nazaripour, H., & Khosravi, M. (2017). Potential Impacts of Climate Change on Tourism in South Beaches of Iran based on Climate Tourism Information Scheme. *Geography and Environmental Planning*, 28(1), 21-34. doi: 10.22108/gep.2017.97874 [In Persian].
- 20) Kashki, A., hosseini, S. M., & hardani, A. (2019). Climatic Comfort Analysis and Its

- Relation to Human Physiological Indices (Case: Sistan and Baluchestan Province). *Journal of Environmental Science Studies*, 4(1), 929-944. [In Persian].
- 21) Khaledi, S., karimi, Y., ebdali, H., & Mohammadi, G. (2020). Analyze of Comfort Climate Indexes and its relation to tourism in Tabriz. *Sustainable Development & Geographic Environment*, 1(1), 73-81. doi: 10.52547/sdge.1.1.73 [In Persian].
 - 22) Khorani, A., & Monjazebe Marvdashti, S. (2014). Investigating the Effects of Climate Change on the Number of Visitors in Hengam Island. *Physical Geography Research Quarterly*, 46(1), 109-122. doi: 10.22059/jphgr.2014.50622 [In Persian].
 - 23) Khorasani, H., Khorani, A., & Zolfaghrai, H. (2016). Hourly Evaluation of Climate Comfort of Queshm Island for Different Nature-based Tourism Activities. *Journal of Tourism Planning and Development*, 5(16), 209-229. [In Persian].
 - 24) Lemesios, G., Papadaskalopoulou, C., Moustakas, K., Malamis, D., & Ioannou, Maria. K. (2016). Future heat-related impact assessment of tourism industry to climate change in Cyprus. *Reg Environ Change*, 16, 1915-1927. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-0997-0>
 - 25) Lin, T. P., & Matzarakis, A. (2008). Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. *International Journal of Biometeorology*, 52(4), 281-290. <https://doi.org/10.30892/gtg.25218-376>
 - 26) Mahmoud, D., Gamal, G., & Abou El Seoud, T. (2019). The potential impact of climate change on Hurghada city, Egypt using tourism climate index. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 25(2), 496-508.
 - 27) Majidi, F. A., Heidari, S., Ghalehnoee, M., & Ghasemi Cichani, M. (2020). Assessment and Analysis of the Thermal Comfort Conditions in Open Spaces of Residential Neighborhoods Using Thermal Indicators (Case Study: Neighborhoods of Isfahan City). *Journal of Iranian Architecture & Urbanism(JIAU)*, 10(2), 113-126. doi: 10.30475/isau.2020.103467 [In Persian].
 - 28) Mansouri Daneshvar, MR., Ebrahimi, M., Nejadsoleymani, H. (2019). An overview of climate change in Iran: facts and statistics. *Environ Syst Res*, 8(7), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3>
 - 29) Matzarakis, A. (2001). Assessing climate for tourism purposes: Existing methods and tools for the thermal complex. In *Proceedings of the first international workshop on climate, tourism and recreation*, ed. by A. Matzarakis and CR de Freitas. International Society of Biometeorology, Commission on Climate Tourism and Recreation, 101-112.
 - 30) Matzarakis, A. (2007). Climate, thermal comfort and tourism (in:) Amelung, B., Blazejczyk, K., Matzarakis, A. *Climate Change and Tourism-Assesment and Coping Strategies*. Maastricht – Warsaw – Freiburg, 139-154
 - 31) Matzarakis, A., Mayer, H., & Iziomon, M. G. (1999). Application of a Universal Thermal Index: Physiological Equivalent Temperature. *Int. Biometorology*. 43(43), 78-84. DOI:10.1007/s004840050119
 - 32) Mazidi, A., Omidvar, K., Malek Ahmadi, A., & Hosseini, S. S. (2021). Evaluation of bioclimatic indicators affecting human comfort (Case study: Urmia). *Geography and Human Relationships*, 4(2), 155-175. doi: 10.22034/gahr.2021.286618.1560 [In Persian].
 - 33) Mieczkowski, Z. (1985). The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism. *Can Geogr*, 29(3), 220-233. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.1985.tb00365.x>
 - 34) Mohammadi, K., mohammadi, D., & kolivand, T. (2019). The Simulation of Microclimatic Conditions and Thermal Comfort in Main Streets of Kermanshah City. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 9(30), 77-94. doi: 10.22111/gajj.2019.4446 [In Persian].
 - 35) Morabito, M., Crisci, A., Barcaioli, G., & Maracchi, G. (2004). Climate change: The impact on tourism comfort at three Italian tourist sites (in:) Matzarakis A., de Freitas C. R., Scott D. (eds.) *Advances in Tourism Climatol.*, Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg

- (Germany), 12, 56–65.
- 36) Nazaripour, H., & Tavosi, T. (2021). Thermal Comfort Evaluation in Urban Open Public Space with Emphasis on Strengthening Social Relations (Case Study: Quds Neighborhood, Zahedan). *Journal of Urban Social Geography*, 8(1), 287-306. doi:10.22103/JUSG.2021.2043. [In Persian].
- 37) Panagiotis, T. N., & Matzarakis, A. (2019). Present and Future Climate—Tourism Conditions in Milos Island, Greece. *Atmosphere*, 10(3), 145. <https://doi.org/10.3390/atmos10030145>
- 38) Parandin, F., Khorani, A., Bazrafshan, O. (2019). The impacts of climate change on maximum daily discharge in the Payab Jamash Watershed. Iran. *Open Geosci*, (11), 1035–1045. <https://doi.org/10.1515/geo-2019-0080>
- 39) Rao, J., & Garfinkel, C. I. (2021). CMIP5/6 models project little change in the statistical characteristics of sudden stratospheric warmings in the 21st century. *Environ. Res. Lett.* 16, 034024. DOI 10.1088/1748-9326/abd4fe
- 40) Rasco, P., Szeidl, L., & Semenov, M.A. (1991). A serial approach to local stochastic models. *J. Ecological Modeling*, 57, 27-41. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(91\)90053-4](https://doi.org/10.1016/0304-3800(91)90053-4)
- 41) Scott, D., Dawson, J., and Jones, B. (2008). Climate change vulnerability of the US Northeast winter recreation–tourism sector. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 13, 577–596. <https://doi.org/10.1007/s11027-007-9136-z>
- 42) Scott, D., McBoyle, G., and Schwartzentruber, M. (2004). Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America. *Climate research*, 27(2), 105-117. doi:10.3354/cr027105
- 43) Semenov, M.A., & Barrow E.M. (1997). Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. *Climatic Change*, 35, 397-414. <https://doi.org/10.1023/A:1005342632279>
- 44) Sharaf, S., Mir Karim, N. (2020). Investigating trend changes of annual mean temperature and precipitation in Iran. *Arab J Geosci*, 13, 759. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05695-y>
- 45) Sobhani, P., & Danekar, A. (2023). 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. doi: 10.22059/jne.2022.351668.2494 [In Persian].
- 46) 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. *Theor Appl Climatol*, 150, 1605–1612. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04248-5>
- 47) Walls, W., Parker, N., & Walliss, J. (2015). *Designing with thermal comfort indices in outdoor sites. Living and learning: research for a better built environment*, Australia, Univ Melbourne, Melbourne Sch Design, Fac Architecture Bldg & Planning, Melbourne, 1117-1128.
- 48) Wilby, R., & Harris, I. (2006). A frame work for assessing uncertainties in climate change impacts: low flow scenarios for the River Thames, UK. *Water Resources Research*, 42(2), W02419. <https://doi.org/10.1029/2005WR004065>
- 49) Yu, G., Schwartz, Z., & E Walsh J. (2009). A weather-resolving index for assessing the impact of climate change on tourism related climate resources. *Climatic Change*, 95, 551–573. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9565-7>
- 50) Zamani, M., & Akbari, A. (2022). The effect of Sarakhs plain climate on the formation of Robot Sharaf anatomy to achieve thermal comfort. *Iranian Civilization Research*, 3(2), 1-12. [In Persian].