



پیش‌نمایی پیامدهای تغییر اقلیم در توسعه گردشگری سواحل جنوب (جزیره کیش)

فائزه شجاع^۱، محسن حمیدیان‌پور^۲

DOI:10.22034/jtd.2023.380876.2725

چکیده

پیش‌نمایی تأثیرات تغییر اقلیم در شرایط اقلیم گردشگری جزیره کیش به‌منزله مقصد اول گردشگری سیاحتی و رویدادمحور کشور، که سهم مناسبی در بازار گردشگران داخلی و اقتصاد ملی دارد، در افق آینده ضروری است. بدین منظور، عملکرد هفت مدل گردش سیاره‌ای (GCMs) براساس نمره مهارت (SS) ارزیابی شد و در نهایت دو مدل ACCESS-CM2 و CNRM-CM6-1 به‌منزله GCM‌های مناسب منطقه مطالعاتی انتخاب شدند. در ادامه، اثر سناریوهای SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در بخش گردشگری جزیره کیش براساس کاربرد شاخص اقلیم گردشگری (TCI) بررسی و از روش مقیاس‌گذاری خطی (LS) برای تصحیح خطای شبیه‌سازی مدل‌های GCM استفاده شد. نتایج نشان داد پارامترهای مؤثر در برآورد شاخص TCI تغییرات چشمگیری در آینده خواهند داشت، به طوری که میانگین دما در دوره پایه از ۲۵/۲۷ به ۲۹/۶۳ و ۳۰/۳۳ درجه سلسیوس به ترتیب تحت سناریوهای SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در چشم‌انداز ۲۰۵۰-۲۰۶۹ خواهد رسید. افزون بر دما، تغییرات افزایشی بارش و رطوبت نسبی در منطقه موجب می‌شود بازه‌های زمانی گردشگری در اقلیم آینده در جزیره کیش تغییر کند: به این ترتیب که در شرایط فعلی ماه‌های فوریه و مارس وضعیت ایدئال بهترین زمان‌های گردشگری جزیره هستند، حال آن‌که در چشم‌انداز آینده تنها ماه فوریه شرایط ایدئال را نشان می‌دهد. از طرف دیگر، وضعیت کمی نامطلوب در دوره فعلی شامل چهار ماه ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر می‌شود که این امر به‌مرور در آینده هشت ماه سال را در بر خواهد گرفت. بنابراین، پرداختن به موضوع تغییر اقلیم در حوزه گردشگری برای تدوین برنامه‌های توسعه آتی کشور با محوریت تغییر اقلیم مسئله‌ای بسیار مهم است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۳

واژه‌های کلیدی:

برنامه هفتم توسعه، تغییر اقلیم، سناریوهای SSP، شاخص اقلیم گردشگری، CMIP6

مقدمه

(Yu et al., 2020). فعالیت گردشگری تحت تأثیر

عوامل گوناگونی است که یکی از مهم‌ترین آن‌ها آب‌وهوا است. در واقع، شرایط اقلیمی راحت و ایمن لازمه توسعه گردشگری است (Yu et al., 2020). شواهد قطعی نشان می‌دهد که آب‌وهوای جهان در مقایسه با دوره قبل از صنعتی شدن تغییر کرده است.

گردشگری از بزرگ‌ترین بخش‌های اقتصادی در سرتاسر جهان است که از هر ده شغل در کره زمین یک شغل را پشتیبانی می‌کند (Demiroglu et al., 2020). تعداد گردشگران بین‌المللی در ۲۰۱۸ با رشد ۵ درصدی به مرز ۱/۴ میلیارد نفر و درآمد صادراتی حاصل از گردشگری به ۱/۷ تریلیون دلار افزایش یافت

۱. پژوهشگر، پسادکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. دانشیار، اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران (نویسنده مسئول).



به این نتیجه رسیدند که تغییرات اقلیمی ممکن است تأثیر مثبتی برای بسیاری از مقاصد ساحلی در افریقای جنوبی داشته باشد. کاتاوتاس و همکاران (2021) با بهره‌گیری از شاخص UTCI تأثیرات تغییر اقلیم در آسایش گردشگران را در یکی از مقاصد گردشگری یونان تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 مطالعه کردند. نتایج نشان داد، در چشم‌انداز آینده، فراوانی شرایط تنش سرما کاهش و تنش گرمایی افزایش می‌یابد. علاوه بر موارد ذکر شده، تأثیر تغییر اقلیم در گردشگری با روش‌ها و شاخص‌های متعدد در مطالعات پژوهشگران در مناطق گوناگون دنیا بررسی شده (López-Dóriga et al., 2019; Smith & Fitchett, 2020; Steiger & Scott, 2020) و نتایج متفاوتی به دست آمده است. برای مثال، افزایش دما در برخی نواحی به کاهش تعداد گردشگران (Falk & Lin, 2018; Pintassilgo et al., 2016) و در برخی دیگر تأثیرات مثبتی بر گردشگری آن مناطق منجر شده است (Giannakopoulos et al., 2011; Hamilton et al., 2005; Shijin et al., 2022). در ایران، پژوهش‌های معدودی اثر تغییر اقلیم در وضعیت گردشگری را مطالعه کرده‌اند: آروین (2020). با مطالعه روند تغییرات شرایط زیست‌اقلیمی گردشگری شهرستان فریدون‌شهر طی دوره‌ای سی‌ساله (1987-2016)، به این نتیجه رسید که مقادیر متوسط حداکثر دمای روزانه و متوسط شبانه‌روزی دما دارای روند افزایشی و متوسط حداقل دما و متوسط رطوبت نسبی دارای روند کاهشی است. سبحانی و اسماعیل‌زاده (2020) به بررسی تأثیر تغییر اقلیم در گردشگری در منطقه تحت حفاظت شکار ممنوع الوند پرداختند. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده روند فزاینده دما، کمبود پوشش برفی در منطقه و امواج گرما در تابستان بود که همگی حاکی از این نکته هستند که تغییر در شرایط آب‌وهوایی در آینده باعث تخریب در ساختار طبیعی و در نهایت کاهش شاخص اقلیم راحتی می‌شود. شجاع و حمیدیان‌پور (2022) اثر پیامدهای تغییر اقلیم را در الگوهای زمانی گردشگری در منطقه ساحلی چابهار بر مبنای مدل‌های GFDL-CM3 و EC-ERTH تحت سناریوی RCP4.5 ارزیابی کردند. نتایج حاکی از این بود که طول دوره آسایش انسانی با توجه به هر دو شاخص PMV و PET در افق ۲۰۴۱-۲۰۶۰ کاهش پیدا می‌کند.

صنعت گردشگری ساحلی یکی از بخش‌های محبوب در گردشگری محسوب می‌شود. این روش خاص تا حد زیادی به زیبایی‌شناسی سواحل و

طبق گزارش آی‌پی‌سی‌سی‌سی^۱ (2021)، جهان طی دو دهه آینده با توجه به گرمایش جهانی ۱/۵ درجه سلسیوس با خطرات متعدد اقلیمی اجتناب‌ناپذیر مواجه خواهد شد و حتی فراتر رفتن موقت از این سطح گرمایش آثار شدید دیگری به همراه خواهد داشت که برخی از آن‌ها برگشت‌ناپذیر هستند. هایم و هال (2005) تغییرات آب‌وهوایی را مهم‌ترین چالش گردشگری در قرن بیست‌ویکم شناسایی کردند. حساسیت و آسیب‌پذیری مقاصد گردشگری به آب‌وهوا و تغییر اقلیم نشان می‌دهد، در نتیجه تغییرات آب‌وهوایی، صنعت گردشگری نیز در آینده با تحولات شدید روبه‌رو خواهد شد و باید با خطرات فزاینده سازگار شود (Wolf et al., 2021). تغییر اقلیم در مقاصد گردشگری، رقابت‌پذیری و پایداری آن‌ها در چهار حوزه اصلی تأثیر می‌گذارد: تأثیرات مستقیم آب‌وهوا، تأثیرات غیرمستقیم تغییرات محیطی، تأثیرات سیاست‌های تحرک و کاهش گردشگری و تأثیرات غیرمستقیم تغییرات اجتماعی (Grimm et al., 2018). اگرچه ارتباط بین تغییرات آب‌وهوایی و همه جنبه‌های گردشگری پیچیده است، گرمایش جهانی در حال حاضر در صنعت گردشگری تأثیر می‌گذارد و همچنان خطراتی برای این بخش از اقتصاد به همراه خواهد داشت (Katavoutas et al., 2021).

در پی رشد بی‌سابقه گردشگری بین‌المللی در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، تعدادی از مطالعات در صدد بررسی رابطه بین آب‌وهوای مقصد و تقاضای گردشگری بودند (Smith, 1990). در این بین، میچکوفسکی (1985) نیاز به شاخصی را شناسایی کرد که شرایط آب‌وهوایی مقاصد را برای گردشگران ارزیابی کند و شاخص اقلیم گردشگری (TCI) را برای اولین بار به منظور مطالعه شرایط اقلیمی مطلوب و نامطلوب با توجه به نیازهای بازدیدکنندگان پیشنهاد کرد. از زمان توسعه TCI به‌طور گسترده به‌منزله ابزاری تحقیقاتی برای بسیاری از مناطق و کشورهای جهان استفاده شده است. محمود و همکاران (2019) با استفاده از شاخص TCI تأثیرات بالقوه تغییر اقلیم در شهر غرقاده مصر را تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 مطالعه کردند. نتایج نشان داد، بر مبنای هر دو سناریو، ماه مارس (TCI: 100) مطلوب‌ترین شرایط اقلیمی برای گردشگری را دارد. فردریش و همکاران (2020) با مطالعه اثر تغییرات دما و بارش در گردشگری ساحلی مبتنی بر سناریوهای RCP 4.5 و RCP 8.5 در افریقای جنوبی

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

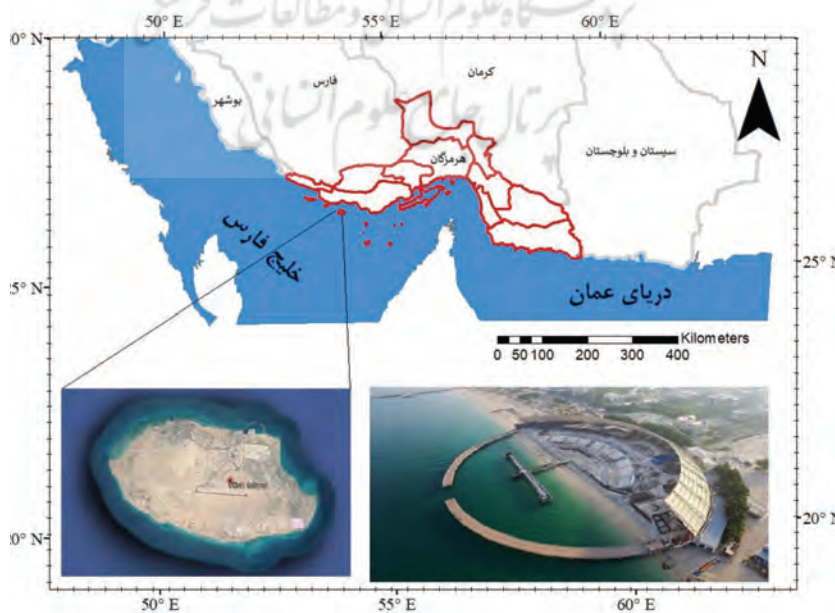


با توجه به اقلیم در حال تغییر، شرایط اقلیم گردشگری جزیره کیش به‌مثابه مقصد اول گردشگری سیاحتی و رویدادمحور کشور در افق آینده چگونه خواهد بود؟

داده‌ها و روش‌شناسی معرفی منطقه مورد مطالعه

جزیره کیش از توابع شهرستان بندرلنگه در استان هرمزگان است که با مساحتی حدود ۹۱ کیلومتر مربع در جنوبی‌ترین قسمت کرانه خلیج فارس قرار گرفته است. شکل هندسی جزیره بیضی‌شکل است و طول تقریبی آن به ۱۶ کیلومتر می‌رسد. منطقه مورد مطالعه بین مختصات جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). کیش در طبقه‌بندی معمول اقلیم‌شناختی و برحسب عوامل و عناصر اقلیمی، به‌ویژه واقع بودن در مجاورت مدار رأس‌السرطان و سیستم پرفشار حاره‌ای و موقعیت محلی که در آب‌های گرم و کم‌عمق خلیج فارس قرار دارد، طبیعتاً گرم است و همیشه یا در بیشتر ایام سال هوایی شرجی دارد. جزیره کیش با ویژگی‌های جغرافیایی خاص و به‌منزله منطقه آزاد تجاری - صنعتی و اهداف مشخص در زمینه توسعه گردشگری پتانسیل و ظرفیت بالایی برای جذب گردشگر دارد. همچنین، در سال‌های اخیر، توسعه شهری آن سریع‌تر از سایر جزایر خلیج فارس و مناطق آزاد بوده است (Pourahmad et al., 2020).

آب‌وهوای روزانه بستگی دارد که ممکن است گردشگران را جذب کند. با این حال، بالا آمدن سطح دریا ناشی از افزایش دمای جهانی تهدیدی برای گردشگری ساحلی است. به‌علاوه، تغییرات بارندگی در زمان‌های در دسترس گردشگران برای لذت بردن از تعطیلات ساحلی تأثیر می‌گذارد. رویدادهای شدید مانند طوفان‌ها و هاریکن‌ها از یک سو و بارندگی‌های شدید از سوی دیگر ممکن است زیرساخت‌هایی را که گردشگری ساحلی به آن وابسته است به خطر بیندازد (Leal Filho, 2022). در میان همه جزایر ایرانی خلیج فارس، کیش تنها منطقه‌ای است که همه دوران‌ها مورد توجه ویژه قرار گرفته و با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی خاص خود که در زمینه توسعه جهانگردی منطقه‌ای و جهانی دارد، به‌ویژه در نیم‌قرن اخیر، سرمایه‌گذاری سنگینی برای توسعه و ارتقای آن انجام شده است. این در حالی است که در هیچ‌یک از شش برنامه پیشین پنج‌ساله توسعه اقتصادی - اجتماعی کشور حتی واژه‌ای از اقلیم دیده نمی‌شود و بیم آن می‌رود که به دلیل انتشار نیافتن پیش‌نویس برنامه هفتم توسعه در تدوین آن به چالش‌های اقلیمی پیش‌روی کشور و لزوم اقدامات هماهنگ با جامعه جهانی در حفظ گرمایش جهانی در سطحی کمتر از ۲ درجه سلسیوس (تلاش برای کمتر از ۱/۵ درجه) مطابق با گزارش هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC) توجهی نشده باشد (Babaian, 2022). بنابراین، مطالعه پیش‌رو در پی پاسخ دادن به این پرسش است:



شکل ۱: موقعیت جزیره کیش در خلیج فارس



تحلیل‌های پژوهش حاضر مستلزم استفاده از دو منبع داده اصلی شامل دمای هوا، رطوبت نسبی، بارش، ساعت‌های آفتابی و سرعت باد برای ایستگاه سینوپتیک جزیره کیش است؛ پارامترهای مذکور برای دوره مشاهداتی (1995-2014) از سازمان هواشناسی کشور (IRIMO) دریافت شدند. برونداد مدل‌های گردش کلی جو نیز برای GCM7 مورد استفاده و تحت دو سناریوی حد واسط و بدبینانه اجتماعی - اقتصادی (SSP2-4.5, SSP5-8.5) برای دوره زمانی آینده میانی (2050-2069) و دور (2080-2099) از فدراسیون شبکه سیستم زمین (به نشانی <https://esgf-data.dkrz.de/search/esgf-dkrz>) استخراج شد.

پیشن‌نگری شرایط اقلیم گردشگری محدوده مورد مطالعه متکی بر ارزیابی تغییرات دما و بارش با به‌کارگیری شاخص TCI در شرایط آینده است. بدین منظور، ابتدا مقادیر شاخص در شرایط فعلی محاسبه شد و سپس تغییرات آن براساس خروجی مدل‌های GCM و تحت سناریوهای SSP در آینده واکاوی شد. در ادامه، جزئیات روش‌شناسی پژوهش تشریح می‌شود:

شاخص اقلیم گردشگری (TCI)

ارزیابی اقلیم به‌منظور اهداف گردشگری عمدتاً براساس سنجش متغیرهای اقلیمی مرتبط با آسایش انسان برای فعالیت‌های خارج از منزل انجام می‌شود (Matzarakis, 2007). TCI شاخصی محبوب در این زمینه است؛ زیرا هر سه جنبه اساسی آب‌وهوا که مرتبط با گردشگری هستند مانند آسایش حرارتی، جنبه‌های فیزیکی (باد و باران) و جنبه زیبایی‌شناختی (آفتابی/ ابری) را یکپارچه می‌کند (de Freitas, 2003).

درعین حال، از متغیرهای آب‌وهوایی، که معمولاً از ایستگاه‌های هواشناسی یا مدل‌های آب‌وهوایی در دسترس قرار می‌گیرند، استفاده و ارائه داده‌ها را ساده می‌گمئ. میچکوفسکی (1985) از محدود افرادی است که یافته‌های عمومی آسایش انسان را با فعالیت‌های خاص مربوط به تفریح و گردشگری مرتبط کرد. شاخص اقلیمی گردشگری پیشنهادی او هفت متغیر آب‌وهوایی شامل حداکثر دمای هوا، میانگین دمای هوا، حداقل رطوبت نسبی، میانگین رطوبت نسبی، میزان بارندگی، ساعت‌های آفتابی و میانگین سرعت باد را خلاصه و ترکیب می‌کند (Ludwig et al., 2015). TCI به شرح زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۱):

$$(TCI) = 2 * (4CID + CIA + 2R + 2S + W)$$

در این فرمول، (CID) آسایش حرارتی در طول روز است، (CIA) میانگین آسایش حرارتی، (R) بارندگی، (S) ساعت‌های آفتابی و (W) سرعت باد را نشان می‌دهند. همه این شاخص‌ها براساس مقیاس‌های رتبه‌بندی ذهنی پیشنهادی میچکوفسکی (1985) رتبه‌بندی می‌شوند.

مقیاس‌های رتبه‌بندی در جدول ۱ ارائه شده است. سپس، امتیاز شاخص محاسبه‌شده براساس فرمول TCI با طرح طبقه‌بندی طراحی‌شده میچکوفسکی (1985) برای توصیف مناسب بودن آب‌وهوای مکانی خاص برای گردشگری تطبیق داده می‌شود. ده طبقه در طرح TCI وجود دارد که از «ایدنال» (۱۰۰-۹۰) تا «غیر ممکن» (>۱۰) متغیر است (جدول ۲) (Ludwig et al., 2015; El-Masry et al., 2022).

جدول ۱: مقیاس‌های رتبه‌بندی زیرشاخص‌های شاخص اقلیمی گردشگری

رتبه	آسایش حرارتی (°C)	بارش (mm)	مدت تابش آفتاب (Hours/Day)	سرعت باد (km/h)
۴/۵	۲۸-۲۷ یا ۲۰-۱۹	۲۹/۹-۱۵/۰	۱۰-۹	۵/۷۵-۲/۸۸
۴	۲۹-۲۸ یا ۱۹-۱۸	۴۴/۹-۳۰/۰	۹-۸	۹/۰۳-۵/۷۶
۳/۵	۳۰-۲۹ یا ۱۸-۱۷	۵۹/۹-۴۵/۰	۸-۷	۱۲/۲۳-۹/۰۴
۳	۳۱-۳۰ یا ۱۷-۱۵	۷۴/۹-۶۰/۰	۷-۶	۱۹/۷۹-۱۲/۲۴
۲/۵	۳۲-۳۱ یا ۱۵-۱۰	۸۹/۹-۷۵/۰	۶-۵	۲۴/۲۹-۱۹/۸۰
۲	۳۳-۳۲ یا ۱۰-۵	۱۰۴/۹-۹۰/۰	۵-۴	۲۸/۷۹-۲۴/۳۰
۱/۵	۳۴-۳۳ یا ۵-۰	۱۱۹/۹-۱۰۵/۰	۴-۳	۳۸/۵۲-۲۸/۸۰



رتبه	آسایش حرارتی (°C)	بارش (mm)	مدت تابش آفتاب (Hours/Day)	سرعت باد (km/h)
۱	(-۵) یا ۳۴-۳۵	۱۳۴/۹-۱۲۰/۰	۳-۲	
۰/۵	۳۶-۳۵	۱۴۹/۹-۱۳۵/۰	۲-۱	
۰	(-۵)-(-۱۰)	>۱۵۰	<۱	۳۸/>۵۲

جدول ۲: رتبه‌بندی شاخص TCI

رتبه TCI	طبقه	مشخصات
۱۰۰-۹۰	ایدئال	عالی
۸۹-۸۰	عالی	
۷۹-۷۰	بسیار خوب	بسیار خوب و خوب
۶۹-۶۰	خوب	
۵۹-۵۰	قابل قبول	قابل قبول
۴۹-۴۰	مرزی-حاشیه‌ای	
۳۹-۳۰	نامطلوب	نامطلوب
۲۹-۲۰	بسیار نامطلوب	
۱۹-۱۰	شدیداً نامطلوب	
<۱۰	غیرممکن	

مدل‌های گردش سیاره‌ای (GCMs)

شوند (Ebi et al., 2014; van Ruijven et al., 2014). Pedde et al., 2021). فاز ششم پروژه CMIP، علاوه بر پنج روایت بدیلی که توسعه اجتماعی جهانی را تا پایان قرن بیست و یکم توصیف می‌کند، شامل نسخه‌های به‌روزشده RCPs نیز می‌شود و در مجموع هشت سناریوی یکپارچه اجتماعی و تغییرات اقلیمی را ارائه می‌دهد که مسیرهای اجتماعی و اقتصادی مشترک (SSPs) نام‌گذاری شده‌اند. SSP1 و SSP5 هر دو آینده نسبتاً خوش‌بینانه‌ای را با عملکرد خوب نهادها، رشد سریع اقتصادی و سرمایه‌گذاری‌های قابل توجه در بهداشت و آموزش متصور می‌شوند، با این تفاوت که در SSP1 تغییرات با فرض استفاده از انرژی پایدار است، در حالی که SSP5 به سمت انرژی مبتنی بر فسیل می‌رود. از سوی دیگر، SSP3 و SSP4 آینده بدبینانه‌تری را با سرمایه‌گذاری اندک بر روی آموزش و سلامت، افزایش نابرابری و جمعیت و آسیب‌پذیری جوامع در برابر تغییرات آب‌وهوایی در نظر می‌گیرند.

تغییر اقلیم عمدتاً از طریق مدل‌های گردش سیاره‌ای (GCMs)، که شبیه‌سازی جامعی از سیستم زمین بر اساس سناریوهای متعدد ارائه می‌کند، پیش‌بینی می‌شود. در حالی که مطالعات قبلی از مجموعه داده‌های GCM تحت سناریوهای RCPs از پروژه CMIP5 استفاده کرده‌اند، داده‌های فاز ششم پروژه مقایسه مدل جفت‌شده (CMIP6) اخیراً در دسترس جامعه علمی قرار گرفته است. SSPها مجموعه‌ای از مسیرهای قابل قبول بدیل برای توسعه اجتماعی آینده را توصیف می‌کنند که بر بهترین فرضیه‌های فعلی درباره این‌که کدام عناصر اجتماعی مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده چالش‌های کاهش و سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی هستند استوار است. SSPs و RCPs در فرایندی موازی توسعه یافته و به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که مقیاس‌پذیر باشند. این امر اجازه می‌دهد تا مفروضات گوناگون اجتماعی-اقتصادی ثبت شده در SSPها با مسیرهای انتشار گوناگون RCPs مرتبط



با این حال، SSP3 امنیت منطقه‌ای را در رأس قرار می‌دهد، در حالی که SSP4 شاهد نابرابری‌های بزرگ بین‌المللی و ملی است. SSP2 نیز مسیر مرکزی است و فرض بر این است که روندهای تاریخی می‌تواند بدون انحرافات قابل توجه ادامه یابد (Bucton et al., 2022).

در جدول ۳، مشخصات مدل‌های GCM منتخب ذکر شده است. بر مبنای این مدل‌ها و تحت دو سناریوی اجتماعی - اقتصادی SSP2-4.5 (یک مسیر میانه با واداشت متوسط؛ $+8.5w/m2$) و SSP5-8.5 (مسیری با واداشت زیاد؛ $+8.5w/m2$) شاخص اقلیم گردشگری در شرایط آبی شیب‌سازی شد.

جدول ۳: فهرست مدل‌های CMIP6 منتخب پژوهش و وضوح فضایی آن‌ها (Lim Kam Sian, 2021)

ردیف	نام مدل	اختصار	مؤسسه/کشور	وضوح افقی (عرض*طول)
۱	ACCESS-CM2	ACCESS	سازمان تحقیقات علمی و صنعتی مشترک المنافع/ استرالیا ^۱	$1/875 \times 1/25^\circ$
۲	CanESM5	Can	مرکز کانادایی مدل‌سازی و تحلیل آب‌وهوا/ کانادا ^۲	$2/8 \times 2/8^\circ$
۳	CNRM-CM6-1	CNRM	مرکز ملی تحقیقات هواشناسی - مرکز اروپایی تحقیقات و آموزش پیشرفته در محاسبات علمی/ فرانسه ^۳	$1/4 \times 1/4^\circ$
۴	INM-CM5-0	INM	مؤسسه ریاضیات عددی، آکادمی علوم روسیه/ روسیه ^۴	$1/5 \times 2^\circ$
۵	MRI-ESM2-0	MRI	مؤسسه تحقیقات هواشناسی ژاپن ^۵	$1/125 \times 1/125^\circ$
۶	MIROC6	MIROC	آژانس علوم و فناوری دریایی-زمینی ژاپن، مؤسسه تحقیقات جوی و اقیانوسی، دانشگاه توکیو، مؤسسه ملی مطالعات محیطی و مرکز علوم محاسباتی RIKEN/ ژاپن ^۶	$1/4 \times 1/4^\circ$
۷	NorESM2-MM	Nor	مرکز آب‌وهوای نروژ/ نروژ ^۷	$0/9375 \times 1/25^\circ$

ریز مقیاس گردانی (ریزگردانی) آماری

آب‌وهوایی در مقیاس بزرگ‌تر در آینده و شرایط تاریخی ارائه می‌دهند، اما وضوح آن‌ها برای بررسی تأثیرات محلی تغییرات آب‌وهوایی بسیار درشت است (Lafon et al., 2013; Ekström et al., 2015). خطا یا بایاس در مدل‌های آب‌وهوایی می‌تواند ناشی از طیف وسیعی از عوامل مانند وضوح فضایی محدود (اندازه‌های شبکه بزرگ)، فرایندهای ترمودینامیکی ساده و فیزیک یا درک ناقص از سیستم آب‌وهوای جهانی باشد. بنابراین،

مدل‌های گردش کلی جو در حال حاضر پیشرفته‌ترین ابزارهای موجود برای شبیه‌سازی پاسخ سیستم آب‌وهوای جهانی به تغییر ترکیب اتمسفر در نظر گرفته می‌شوند. قابلیت اطمینان این مدل‌ها تا حدود زیادی به کیفیت و وضوح محصولات داده‌های آب‌وهوایی بستگی دارد (Holthuijzen et al., 2022). GCM ها اطلاعات مهمی در خصوص روندهای

1. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization/Australia

2. Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis/Canada

3. Centre National de Recherches Météorologiques-Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique/France

4. Institute for Numerical Mathematics, Russian Academy of Science/Russia

5. Meteorological Research Institute/Japan

6. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, National Institute for Environmental Studies, and RIKEN Center for Computational Science/Japan

7. Norwegian Climate Centre/Norway



عملکرد مدل‌ها، حالت‌های متفاوتی پیش می‌آید، از جمله ممکن است میانگین مقادیر مشاهده‌شده و مدل برابر و ضریب هم‌بستگی نیز ۱ باشد، اما واریانس (تغییرپذیری) مقادیر مشاهده‌شده و مدل برابر نباشد؛ میانگین مقادیر مشاهده‌شده و مدل برابر و واریانس (تغییرپذیری) آن‌ها نیز برابر باشد، اما ضریب هم‌بستگی صفر باشد یا واریانس آن‌ها (تغییرپذیری) برابر و ضریب هم‌بستگی نیز ۱ باشد، اما میانگین مقادیر مشاهده‌شده و مدل برابر نباشد. در تمام این حالات شبیه‌سازی مدل کاملاً بر مشاهدات منطبق نیست. بنابراین، برای ارزیابی توانایی مدل در شبیه‌سازی نیاز به شاخصی است که هم‌زمان این سه پارامتر (میانگین واریانس و هم‌بستگی) را لحاظ کند. بنابراین، از روش SS بین شبیه‌سازی مدل‌ها (m) و مشاهدات (o) به صورت زیر استفاده می‌شود (رابطه ۴):

$$SS = [R_{m,o}^2] - \left[R_{m,o} - \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_o} \right) \right]^2 - \left[\frac{(\bar{m} - \bar{o})}{\sigma_o} \right]^2$$

سه جمله سمت راست رابطه به ترتیب هم‌بستگی، خطای سیستماتیک (غیرشرطی) و خطای غیرسیستماتیک (شرطی) را برای شبیه‌سازی مدل‌ها در مقایسه با مشاهدات به صورت کمی نشان می‌دهند. مدلی که دقیقاً کلیه خصوصیات مشاهدات را بازتولید کند نمره مهارت آن ۱ است. در صورتی که میانگین و واریانس مقادیر مشاهده‌شده و مدل برابر و ضریب هم‌بستگی صفر باشد، نمره مهارت مدل ۱- می‌شود. حدود تغییرات نمره مهارت از منفی بی‌نهایت تا ۱ است (Asgari et al., 2020).

در پژوهش حاضر، ۳۹ معیار برای مهارت مدل شامل ۳۶ معیار برای پارامتر دمایی کمینه، بیشینه و بارش (در مقیاس ماهانه (۱۲ ماه)) و ۳ معیار برای پارامتر سالانه دمایی و بارش تعریف شد. عملکرد مدل‌ها در دوره تاریخی 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 کامل (۱، ۱، ...) است که مقادیر کمتر نشان‌دهنده توافق بهتر شبیه‌سازی‌ها با مشاهدات هستند.

استفاده از خروجی‌های تصحیح‌نشده در مدل‌های تأثیر یا ارزیابی تأثیر آب‌وهوا اغلب می‌تواند نتایج غیرواقعی به دست دهد. به همین دلیل، قبل از استفاده از GCMs در مدل‌های هیدرولوژیکی، کشاورزی یا مدل‌های اکولوژیکی، خروجی آن‌ها لازم است به وضوح کمتر کاهش یابد و، با توجه به مقادیر مشاهده‌شده، مقدار خطا تصحیح شود (Zia et al., 2016). این تکنیک‌های پس‌پردازش به داده‌های آب‌وهوایی منجر می‌شوند که در مقیاس‌های فضایی دقیق‌تر واقع‌بینانه‌تر هستند.

در پژوهش حاضر، برای تصحیح ارزیابی مدل‌های GCM منتخب از روش مقیاس‌گذاری خطی^۱ (LS) استفاده شد. این روش متغیرهای شبیه‌سازی‌شده را براساس تفاوت یا ضریب بین میانگین مشاهده‌شده و شبیه‌سازی‌شده اندازه‌گیری می‌کند (رابطه ۲ و ۳). تفاوت براساس معادله‌ای افزایشی است که معمولاً برای متغیرهای نامحدود مانند دما اعمال می‌شود، در حالی که ضرب برای متغیرهایی مانند بارش اعمال می‌شود. بنابراین، فرکانس می‌تواند حفظ شود.

رابطه (۲)

$$P_{cor,m,d} = P_{raw,m,d} \times \frac{\mu(P_{obs,m})}{\mu(P_{raw,m})}$$

رابطه (۳)

$$T_{cor,d,d} = T_{raw,m,d} + \mu(T_{obs,m}) - \mu(T_{raw,m})$$

در این روابط، و بارش و دمای تصحیح‌شده از روز dام ماه m هستند. و نیز بارش و دمای خام مدل dامین روز mامین ماه را نشان می‌دهند. عملکرد موردانتظار را نشان می‌دهد (برای مثال، نشان‌دهنده مقدار میانگین بارش مشاهده‌شده در ماه معین m است) (Fang et al., 2015; Miralha et al., 2021; Hamidianpour & Shoja, 2022).

ارزیابی عملکرد مدل‌ها بر مبنای نمره مهارت

در نهایت، پس از تصحیح ارزیابی مدل‌های GCM، به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌های منتخب، از روش نمره مهارت^۲ استفاده شد. در ارزیابی

1. Linear Scaling
2. Skill Score (SS)



نتایج و بحث

صحت‌سنجی GCMs و تصحیح اریبی مدل‌ها

در ایستگاه مورد مطالعه به شکل سالانه و ماهانه محاسبه و در نهایت مدل‌های بهینه براساس مقادیر دل‌تا فاصله اقلیدسی از کم به زیاد مرتب شدند. به این ترتیب، از بین ۷ مدل مورد استفاده در پژوهش حاضر دو مدل ACCESS-CM2 و CNRM-CM6-1 به ترتیب با مقدار و کمترین میزان خطا در مقایسه با سایر مدل‌ها برای پیش‌نگری تغییرات پارامترهای اقلیمی در منطقه مورد بحث انتخاب شدند. در ادامه، به منظور کاهش عدم قطعیت، میانگین دو مدل مذکور مبنای ارزیابی تغییرات پارامترهای اقلیمی در منطقه قرار گرفت.

تصحیح خطای برون‌داد مدل‌های گردش کلی جو (دمای کمینه، بیشینه، بارش) و داده‌های مشاهده‌شده روزانه معادل ایستگاه جزیره کیش برای دوره تاریخی (1995-2014) انجام و خروجی حاصل به منظور انتخاب مدل بهینه براساس روش SS ارزیابی شد. نتایج ارزیابی مدل‌ها براساس نمره مهارت در جدول ۴ درج شده است. ابتدا، مقادیر SS هر یک از مدل‌ها در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی دما و بارش

جدول ۴: نتایج ارزیابی مدل‌ها بر مبنای نمره مهارت

نام مدل		ACCESS	CNRM	Can	MRI	INM	Nor	MIROC
مقادیر Δ	Δ	۴/۹۶	۵/۷۷	۸/۶۳	۹/۰۵	۹/۶۶	۹/۸۹	۱۲/۶۲
	Pr	۰/۰۲	۰/۸۹	۰/۶۲	-۰/۶۹	-۱/۱۵	-۲/۰۸	-۲/۱۰
	Tmax	۰/۹۷	۰/۴۸	۰/۳۴	-۰/۱۷	۰/۱۱	-۰/۴۸	-۱/۵۶
ژانویه	Tmin	۰/۸۹	۰/۵۹	۰/۶۲	-۰/۵۹	۰/۰۹	-۰/۶۴	-۱/۱۷
	Pr	-۰/۰۹	۰/۴۸	-۰/۳۰	-۰/۶۵	-۰/۴۴	-۰/۲۳	۰/۲۴
	Tmax	۰/۴۹	۰/۶۴	-۱/۴۱	-۰/۸۸	۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۹۴
فوریه	Tmin	۰/۶۷	۰/۵۷	-۰/۹۵	-۰/۶۵	۰/۱۴	-۰/۸۵	-۱/۲۳
	Pr	۰/۵۱	-۰/۴۵	-۱/۸۰	۰/۱۹	-۰/۳۵	۰/۸۵	-۰/۲۳
	Tmax	۰/۳۵	-۰/۱۵	-۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۰۸	-۰/۵۶	-۰/۷۶
مارس	Tmin	۰/۴۸	-۱/۰۲	-۰/۷۷	-۰/۴۲	-۰/۲۰	۰/۶۴	-۷/۱۰
	Pr	۰/۲۷	۰/۳۱	-۰/۲۰	۰/۲۸	-۰/۰۵	۰/۹۲	۰/۱۳
	Tmax	-۰/۲۴	۰/۴۱	-۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۱۱	-۰/۲۶	-۲/۴۱
آوریل	Tmin	-۰/۳۶	۰/۵۸	-۰/۳۹	-۰/۱۵	۰/۱۲	-۰/۴۶	-۱/۵۶
	Pr	-۰/۳۹	۰/۹۱	-۰/۰۲	-۰/۱۲	۰/۰۶	-۰/۴۳	۰/۱۲-
	Tmax	۰/۱۸	۱	۰/۲۸	-۰/۳۸	۰/۵۷	-۱/۰۳	-۲۳/۱
مه	Tmin	۰/۱۱	۰/۲۳	۰/۰۸	-۰/۳۷	۰/۲۷	۱/۴۹	-۱۳/۰
	Pr	۰/۲۳	۰/۱۶	-۰/۰۳	۰/۵۳	-۰/۲۷	-۰/۷۸	-۴/۰
	Tmax	-۰/۳۰	۰/۶۳	۰/۱۸	-۱/۴۰	-۰/۷۱	-۰/۱۳	-۴۷/۱
ژوئن	Tmin	۰/۰۱	۰/۸۸	-۰/۳۱	-۱/۱۲	-۱/۳۷	-۰/۴۸	-۹۹/۱
	Pr	۰/۳۴	۰/۲۳	-۰/۰۱	۰/۲۰	-۰/۰۴	-۱/۰	۰/۰۴
	Tmax	۰/۱۷	۰/۲۰	-۰/۴۶	-۱/۸۴	-۰/۹۶	-۰/۰۶	۰/۱۹
ژوئیه	Tmin	۰/۶۸	۰/۳۹	-۰/۰۸	-۱/۸۰	-۱/۰۴	-۰/۵۷	۰/۷۹
	Pr	۰/۱۱	-۰/۱۹	-۰/۹۱	-۰/۴۲	-۰/۲۰	۰/۰۱	-۰/۰۴
	Tmax	۰/۷۴	۰/۹۲	-۰/۳۵	-۰/۴۰	-۰/۱۰	-۰/۵۰	-۲۹/۲
اوت	Tmin	۰/۶۱	۰/۴۰	-۰/۳۸	-۰/۹۸	-۲/۳۷	-۱/۱	-۴۴/۱



سپتامبر	Pr	-۰/۰۸	۱/۰۰	-۰/۱۳	-۰/۳۱	-۰/۷۸	-۰/۱۰	-۰/۰۶
	Tmax	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۷۹	-۰/۰۳	-۰/۸۹	۰/۳۸	-۲/۲۲
	Tmin	-۰/۲۳	۰/۶۱	۰/۲۱	-۰/۸۴	-۰/۶۳	۰/۷۱	-۱/۵۹
اکتبر	Pr	۰/۲۹	-۰/۱۷	-۰/۱۴	-۰/۲۵	-۰/۲۳	-۰/۱۴	-۰/۱۹
	Tmax	۰/۲۳	۰/۴۵	-۰/۹۳	-۰/۷۶	-۱/۹۱	-۱/۰۴	-۱/۲۶
	Tmin	۰/۱۶	۰/۵۶	-۰/۲۳	-۰/۲۳	-۰/۳۶	-۰/۲۱	-۰/۵۸
نوامبر	Pr	۰/۲۷	-۰/۲۰	-۰/۶۲	۰/۷۴	-۱/۵۰	-۲/۷۱	-۱/۸۱
	Tmax	۰/۲۳	-۰/۷۱	-۰/۷۴	۱	-۰/۴۷	-۰/۵۷	-۰/۰۲
	Tmin	-۰/۳۰	-۱/۱۴	-۰/۳۸	۰/۹۴	-۰/۴۱	-۰/۷۰	-۰/۲۲
دسامبر	Pr	۱/۱۹	-۰/۵۲	-۱/۱۰	۰/۷۰	۰/۷۲	-۰/۷۲	۲/۲۲
	Tmax	۰/۲۰	۰/۱۶	-۰/۲۹	۰/۰۷	-۱/۳۲	-۰/۰۷	۱/۴۶
	Tmin	۰/۷۴	۰/۱۶	-۰/۳۶	۰/۲۶	-۰/۷۶	-۰/۱۳	۰/۴۲
سالانه	Pr	۱/۲۷	-۰/۰۷	۲/۵۵	-۰/۳۱	۱/۴۹	-۱/۴۵	-۱/۸۷
	Tmax	۰/۸۲	-۰/۲۴	۰/۳۱	-۰/۶۲	۰/۱۶	-۰/۴۸	-۱/۵۱
	Tmin	۰/۹۲	-۰/۳۴	-۰/۰۶	-۰/۲۶	۰/۲۶	-۰/۶۱	-۰/۰۹

تغییرات TCI و پارامترهای اقلیمی مؤثر در آن در شرایط فعلی و چشم‌انداز آینده

امروزه، یکی از ابزارهای تعیین تغییرات اقلیمی تحلیل روند است. روش‌های متفاوتی برای تعیین روند وجود دارند که به دو دسته پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شوند. آزمون‌های پارامتریک در صورتی که داده‌ها به صورت نرمال باشند، قوی‌تر از آزمون‌های ناپارامتریک هستند. ولی، در خصوص داده‌های غیرنرمال، آزمون ناپارامتریک مؤثرتر عمل می‌کند. از آنجایی که توزیع تعدادی از سری‌های اقلیمی از جمله بارش نرمال نیست، در چنین حالت‌هایی روش ناپارامتریک مناسب‌تر است (Barani & Karami, 2019). برای تحلیل پارامترهای موردنظر در دوره مشاهداتی مقدار آماره Z من - کندال در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد آزمون شد. نتایج آزمون ناپارامتریک من - کندال، که در جدول ۵ ارائه شده، نشان می‌دهد، طی بازه زمانی ۱۹۹۵-۲۰۲۰، میانگین دمای هوا به جز فوریه و نوامبر در بقیه ماه‌های سال روند افزایشی داشته که این روند در مارس، ژوئیه، اوت و اکتبر در سطح اطمینان ۹۵ درصد و در سپتامبر در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. روند رطوبت نسبی از اواسط بهار تا اواسط پاییز کاهش

است، هرچند این تغییرات کاهش‌ی مطابق سطوح تعریف‌شده آزمون من - کندال معنی‌دار نیست. بارش نیز همانند دمای هوا در بخش قابل توجهی از سال دارای روند افزایشی بوده که در ماه مه در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است. براساس پرونداد دو GCM منتخب و تحت سناریوهای بینابین و بدبینانه اجتماعی - اقتصادی، تغییرات دما و بارش جزیره کیش در افق زمانی آینده نیز ارزیابی شد. در شکل 2 (نمودارهای سمت چپ)، سری زمانی تغییرات میانگین دمای کمینه، بیشینه و بارش سالانه ایستگاه جزیره براساس سناریوهای تغییر اقلیم نشان داده شده است. همان‌طور که در نمودار مشخص است، هرچند مقادیر دمای کمینه تا 2049 تحت هر دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در مقایسه با دوره پایه افزایشی است، این تغییرات چندان چشمگیر نیست. از 2050 به بعد، روند افزایشی شدیدتر شده و، در بازه زمانی 2099-2090، مقادیر دما طبق سناریوی بدبینانه بیش از ۵ درجه سلسیوس بیشتر از دوره پایه 2014-1995 است. این وضعیت در دمای بیشینه نیز به همین شکل به چشم می‌خورد، به طوری که روند افزایشی دمای بیشینه از نیمه دوم دهه 2050 سرعت گرفته و میانگین آن از 6/31 در دوره پایه به 7/36 درجه سلسیوس تحت سناریوی SSP5-8.5 و در بازه زمانی 2099-2090 می‌رسد.

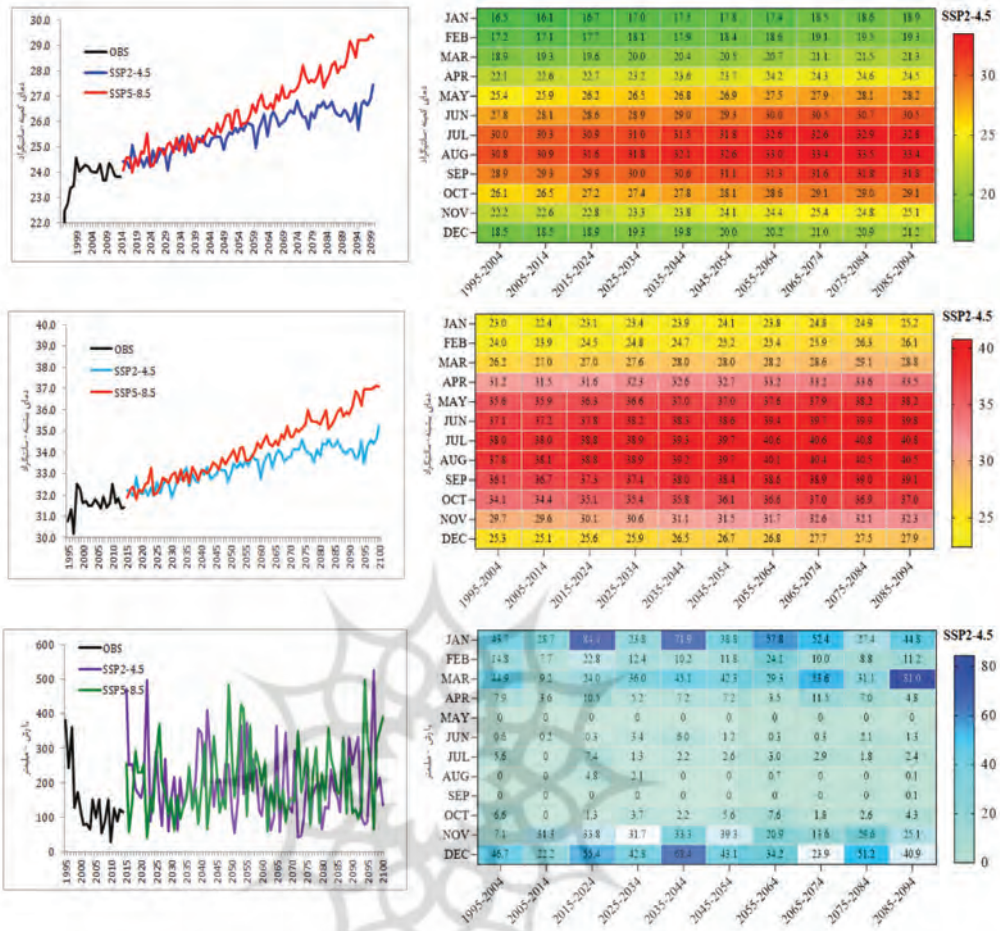


جعبه‌ای استفاده شد. خطوط رسم شده در داخل مستطیل‌ها نشان‌دهنده میانه پارامترها در هر دوره است، عرض مستطیل‌ها در قسمت فوقانی نشان‌دهنده صدک 75 و در قسمت تحتانی صدک 25 و همچنین قسمت‌های انتهایی خطوط قائم در نمودارها مقادیر بیشینه و کمینه پارامترها را نشان می‌دهد. مطابق شکل 3، مقادیر بارش در مقایسه با دما دامنه بزرگ‌تری دارد و داده‌های آن پراکنده‌تر است؛ این پراکنش در دوره زمانی 2080-2099 برای هر دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 بیشتر از سایر دوره‌ها است. علاوه بر این نمودار بارش، داده‌های پرت بیشتری از دما دارد. با توجه به این‌که فاصله خطوط 25 و 75 درصد جعبه‌ها در سناریوی SSP5-8.5 در دوره پایانی برای هر سه پارامتر بیش از دیگر دوره‌ها است، می‌توان نتیجه گرفت که حداکثر تغییرات پارامترها در سال‌های پایانی قرن و تحت سناریوی بدبینانه اتفاق خواهد افتاد.

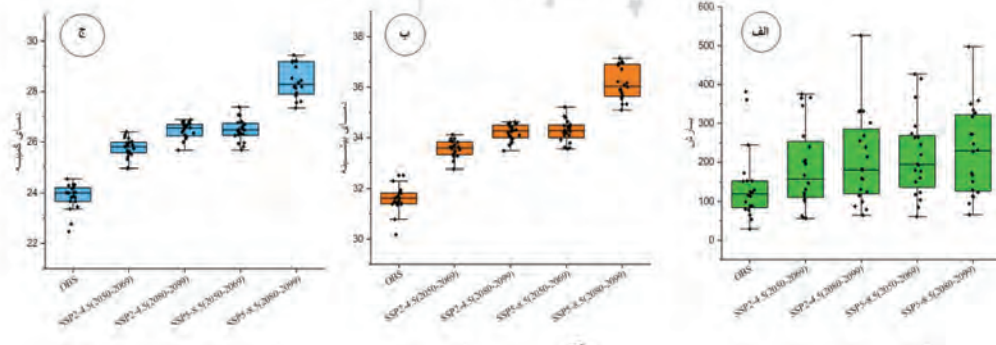
تغییرپذیری بارش در ایستگاه مورد مطالعه بسیار بالا است و در هیچ‌کدام از سناریوهای بینابین و بدبینانه روند واضح و مشخصی را نشان نمی‌دهد. با توجه به نقشه‌های حرارتی (شکل 2، سمت راست) که تغییرات میانگین ماهانه پارامترهای دما و بارش را تا انتهای قرن نشان می‌دهند، مقادیر دمای کمینه تحت سناریوی SSP2-4.5 در دوره 10 ساله 2085-2094 به 4/26 درجه سلسیوس رسیده که به‌طور متوسط 6/2 درجه سلسیوس بیشتر از دوره 1995-2004 است. متوسط دمای بیشینه نیز از 5/31 درجه در دوره 1995-2004 به 1/34 طی بازه 2085-2094 افزایش یافته است. همچنین، مقادیر بارش در سال‌های پایانی قرن روند صعودی داشته و در دوره 2085-2094 به 216 میلی‌متر رسیده است که 38 میلی‌متر بیشتر از دوره 1995-2004 است. به‌منظور مقایسه نحوه پراکنش مقادیر دما و بارش در دوره مشاهداتی و دوره پیش‌نگری از نمودار

جدول ۵: نتایج تحلیل روند پارامترهای اقلیمی در سطوح اطمینان 95 و 99 درصد

معنی‌داری	بارش (mm)		میانگین رطوبت نسبی (%)		میانگین دمای هوا (°C)		
	Test Z	معنی‌داری	Test Z	معنی‌داری	Test Z	معنی‌داری	
-	-61/1	-	0/91	-	1/21	-	ژانویه
-	1/15	-	0/16	-	-0/07	-	فوریه
-	0/00	-	-21/0	-	1/80	+	مارس
-	1/35	-	0/21	-	0/72	-	آوریل
*	2/36	-	-63/0	-	0/63	-	مه
-	-24/0	-	-98/0	-	0/75	-	ژوئن
-	-44/1	-	-82/0	-	2/24	*	ژوئیه
-	0/07	-	-26/0	-	2/31	*	اوت
-	0/79	-	-63/0	-	2/97	**	سپتامبر
-	1/19	-	0/40	-	1/82	+	اکتبر
-	0/84	-	0/00	-	-0/12	-	نوامبر
-	1/-40	-	-21/0	-	1/10	-	دسامبر
-	-82/0	-	-12/0	-	1/47	-	سالانه



شکل ۲: تغییرات بلندمدت میانگین دمای کمینه، بیشینه و مجموع بارش سالانه ایستگاه کیش بر مبنای مدل‌های ACCESS-CM2 و CNRM-CM6-1 تحت سناریوهای SSP (اشکال سمت راست، نقشه‌های حرارتی پارامترها و سمت چپ نمودارهای روند را در بازه زمانی 1995-2100 نشان می‌دهند).

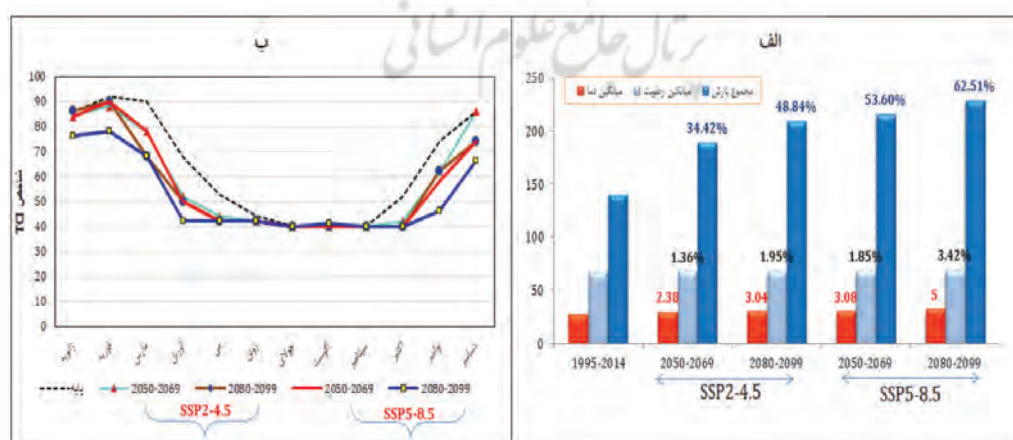


شکل ۳: نمودار جعبه‌ای مقادیر پارامترها در افق آینده نزدیک (2014-2019) و دور (2020-2029) در مقایسه با دوره پایه (1995-2014)



مطابق شکل 4-الف، افزون بر دما و بارش، رطوبت نسبی نیز تحت هر دو سناریوی مورد مطالعه در شرایط آینده در اقلیم جزیره روند افزایشی خواهد داشت؛ میانگین دما در دوره 2050-2069 در شرایط آینده نزدیک و تحت سناریوی SSP2-4.5 به میزان 38/2 درجه سلسیوس بیشتر از دوره مشاهداتی است. این افزایش در افق آینده دور و سناریوی SSP5-8.5 تا 5 درجه خواهد رسید. بیشترین تغییرات مربوط به پارامتر بارش است که از 39/140 میلی‌متر در دوره پایه به 64/215 و 14/228 میلی‌متر به ترتیب در دوره 2050-2069 و 2080-2099 تحت سناریوی SSP5-8.5 می‌رسد. افزایش رطوبت نسبی در مقایسه با دو پارامتر دیگر کمتر است و حداکثر آن 42/3 درصد در دوره 2080-2099 است که از 66/55 درصد در شرایط فعلی به 84/68 درصد تحت سناریوی SSP5-8.5 خواهد رسید. افزایش هم‌زمان دما و رطوبت نسبی موجب شرحی بودن بیشتر منطقه می‌شود که در نهایت طول دوره آسایشی کوتاه‌تر می‌شود. همان‌طور که در شکل 4-ب مشخص شده است، تحت سناریوی بدبینانه اجتماعی - اقتصادی در دوره 2080-

2099، شرایط ایدئال گردشگری در هیچ‌یک از ماه‌های سال وجود ندارد و وضعیت‌های مرزی در بخش قابل توجهی از سال الگوی حاکم بر منطقه است. حال آن‌که در دوره مشاهداتی طی ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر شرایط بسیار مطلوبی برای فعالیت‌های گردشگری در منطقه وجود دارد. همچنین، بیشترین تغییرات شاخص در شرایط آینده در طول ماه‌های مارس، آوریل، اکتبر، نوامبر و دسامبر است؛ مقدار شاخص TCI در ماه مارس از 90 در شرایط فعلی به 78 و 78 به ترتیب تحت سناریوهای SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در افق آینده متوسط و دور خواهد رسید. آوریل نیز در دوره فعلی شرایط خوب را نشان می‌دهد که در افق آینده دور وضعیت مرزی و حاشیه‌ای را تجربه خواهد کرد. مطابق جدول 5، می‌توان نتیجه گرفت، در شرایط آینده دور و تحت سناریوی انتشار بالای گازهای گلخانه‌ای، جزیره کیش اقلیم مساعدی برای گردشگری ندارد و به جز دو ماه ژانویه و فوریه که شاخص مقادیر 76 و 78 را نشان می‌دهد در 8 ماه سال، به دلیل افزایش دما و رطوبت نسبی، شرایط نامطلوب در منطقه حاکم است.



شکل 4: تغییرات پارامترهای مؤثر در شاخص اقلیم گردشگری (الف) و وضعیت ماهانه شاخص TCI در چشم‌انداز آینده در مقایسه با شرایط مشاهداتی

جدول ۶: امتیازات و مقادیر توصیفی برای TCI

ماه‌ها	SSP5-8.5		SSP2-4.5		پایه (1995-2014)
	۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۶۹-۲۰۵۰	۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۶۹-۲۰۵۰	
ژانویه	خیلی خوب	عالی	عالی	عالی	عالی
فوریه	خیلی خوب	ایده‌نال	ایده‌نال	عالی	ایده‌نال
مارس	خوب	خیلی خوب	خوب	خیلی خوب	ایده‌نال
آوریل	ناچیز-حاشیه‌ای	قابل قبول	قابل قبول	قابل قبول	خوب
مه	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	قابل قبول
ژوئن	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای
ژوئیه	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای
اوت	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای
سپتامبر	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای
اکتبر	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	ناچیز-حاشیه‌ای	قابل قبول
نوامبر	ناچیز-حاشیه‌ای	قابل قبول	خوب	خوب	خیلی خوب
دسامبر	خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	عالی	عالی

نتیجه‌گیری

مشابهی دست یافتند. نتایج همچنین حاکی از این بود که تحت هر دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5، دما، رطوبت و بارش در جزیره کیش تا انتهای قرن افزایش خواهند یافت، به طوری که مقادیر هر سه پارامتر یادشده در دوره 2080-2099 به ترتیب به میزان ۵ درجه، 42/3 درصد و 62/۵۱ میلی‌متر بیشتر از دوره پایه (1995-2014) می‌رسد. درباره افزایش بارش می‌توان اظهار داشت، با توجه به این که منطقه مورد مطالعه در آب‌های خلیج فارس قرار دارد، به دلیل گرم شدن هوا، ظرفیت نگهداری آب به‌ویژه در بخش آب‌های آزاد مطابق با قانون کلازیوس - کلاپیرون افزایش پیدا می‌کند (Farzaneh et al., 2022; IPCC, 2021; Hamidianpour & Shoja, 2022; Byrne & O'Gorman, 2018). بر مبنای این تغییرات انتظار می‌رود که فصول گردشگری تحت هر دو سناریوی بینابین و بدبینانه اجتماعی - اقتصادی تغییر کند؛ مثلاً، در دوره فعلی، فوریه (TCI: 92) و مارس (TCI: 90) مطلوب‌ترین شرایط را برای گردشگری دارند و شاخص در این ماه‌ها در محدوده ایده‌نال قرار می‌گیرد. علاوه بر این، ژانویه و دسامبر نیز با مقدار TCI:80 شرایط عالی و مناسبی برای

جزیره کیش از جمله مناطق گردشگری ایران است که چرخ اقتصادی آن بر محور گردشگری استوار است و با توجه به پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های منطقه و همچنین جاذبه‌های گردشگری ویژه‌ای که در آن وجود دارد بررسی مسئله تغییر اقلیم در این منطقه و تأثیر آن در آینده گردشگری ضرورتی انکارناپذیر است. بدین منظور، ابتدا روند پارامترهای اقلیمی در شرایط فعلی و تحت سناریوهای SSP در افق آینده ارزیابی شد و در نهایت تأثیر تغییر مقادیر این پارامترها در گردشگری منطقه واکاوی شد. نتایج نشان داد که میانگین دمای هوا به‌جز فوریه و نوامبر در بقیه ماه‌های سال روند افزایشی دارد که در مارس، ژوئیه، اوت، سپتامبر و اکتبر در سطوح اطمینان 95 و 99 درصد معنی‌دار است. روند رطوبت نسبی از اواسط بهار تا اواسط پاییز کاهش یافته است و بارش نیز در بخش قابل توجهی از سال دارای روند افزایشی است. با توجه به این نتایج، مریانجی (2018) و بن‌شمس و همکاران (2020)، که روند تغییرات دمایی جزیره کیش را ارزیابی کردند، به نتایج



گردشگری ایجاد کرده‌اند، اما وضعیت ایدئال در افق آینده تنها در ماه فوریه مشاهده می‌شود. نکته مهم‌تر این‌که شرایط مرزی و حاشیه‌ای در دوره پایه شامل چهار ماه ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر می‌شود که این مهم در آینده دور و سناریوی SSP5-8.5 تا هشت ماه سال را در بر خواهد گرفت. نتایج به‌دست آمده از این قسمت با مطالعات برخی پژوهشگران همسو است و با برخی دیگر مغایرت دارد. بر همین اساس، ولی‌زاده و خورانی (2022) که آثار تغییر اقلیم در گردشگری فضای باز در استان هرمزگان را مطالعه کردند به این نتیجه رسیدند که، براساس سناریوی RCP8.5، شرایط مناسب گردشگری در این استان در مقایسه با دوره پایه کاهش خواهد یافت. اما نتایج پژوهش کریمی و همکاران (2017) حاکی از این بود که، در دوره فعلی، ماه‌های مارس و نوامبر وضعیت مطلوبی برای فعالیت‌های گردشگری در سواحل خلیج فارس دارند و، با توجه به روند افزایشی مقبولیت حرارتی و همچنین روند کاهش جنبه‌های حرارتی و فیزیکی مورد بررسی، انتظار می‌رود در آینده نیز شرایط گردشگری در ماه‌های ذکر شده بهبود یابد. حال آن‌که مطابق نتایج تحقیق حاضر ماه‌های مارس و نوامبر تحت سناریوی SSP5-8.5 در آینده دور شرایط خوب را تجربه خواهند کرد. کریلو و همکاران (2022) نیز در بررسی آثار پیش‌بینی شده تغییر اقلیم در گردشگری در جزایر قناری به این نتیجه رسیدند که، براساس سناریوهای انتشار RCP در آینده، دوره‌های مطلوب گردشگری در طول فصول پاییز، زمستان و بهار بهبود و در تابستان کاهش می‌یابد.

منابع فارسی که معادل لاتین آن‌ها در فهرست منابع آمده است

آروین، عباسعلی (۱۳۹۹). بررسی توریسم شهرستان فریدون‌شهر تحت شرایط تغییر اقلیم. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۴)، ۲۷۷-۲۸۶. <https://doi.org/10.22034/jest.2020.30164.3869>

باباییان، ایمان (۱۴۰۱). چگونه تغییر اقلیم می‌تواند برنامه هفتم توسعه را بی‌اثر کند؟ روزنامه شرق، <https://www.sharghdaily.com/fa/tiny/news-865696>

بارانی، نادر و کریمی، آیت‌الله (۱۳۹۸). تحلیل روند سالانه پارامترهای اقلیمی دما و بارش در نواحی

ده‌گانه زراعی - اکولوژیکی ایران. فصلنامه علوم محیطی، ۱۷(۴)، ۷۵-۹۰. <https://doi.org/10.29252/envs.17.4.75>

بن شمس، آمنه، گندمکار، امیر، عطایی، هوشمند و صابری، حمید (۱۳۹۹). بررسی روند تغییرات دمایی و اقلیم آسایش گردشگری جزایر قشم و کیش در عصر گرمایش جهانی. فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۱۰(۲-۳)، ۷۴۱-۷۶۵.

پوراحمد، احمد، دربان آستانه، علیرضا، زنگنه شهرکی، سعید و پورقربان، شیوا (۱۳۹۹). ارزیابی و تحلیل عوامل مؤثر بر زیست‌پذیری شهری جزیره کیش. پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، ۱۸(۱)، ۱-۲۲. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2019.260659.927>

حمیدیان‌پور، محسن و شجاع، فائزه (۱۴۰۱). مقدمه‌ای بر روش‌ها و شگردهای مدل‌سازی اقلیم و تغییر اقلیم. سیستان و بلوچستان: انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان.

سبحانی، پروانه و اسماعیل‌زاده، حسن (۱۳۹۹). تأثیر تغییر اقلیم بر گردشگری در مناطق تحت حفاظت (موردشناسی: منطقه شکار ممنوع الوند). فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، ۱۰(۳۷)، ۶۵-۹۰. <https://doi.org/10.22111/gaij.2020.5887>

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

سگری، الهه، باعقیده، محمد، کامیار، اصغر، انتظاری، علیرضا و حسینی، مجید (۱۳۹۹). چشم‌انداز تغییرات اقلیم‌شناختی دما و بارش محدوده CORDEX جنوب آسیا (مطالعه موردی: حوضه آبخیز دز). جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۱۸(۱)، ۲۲۵-۲۵۲. <https://doi.org/10.22067/geography.v18i1.84891>

فرزانه، مهسا، ملبوسی، شراره و حمیدیان‌پور، محسن (۱۴۰۱). پیش‌نگری متغیرهای اقلیمی استان سیستان و بلوچستان تحت شرایط سناریوهای



- temperature and tourism climate comfort of Qeshm and Kish islands in Global Warming Age. *Geography (Regional Planning)*, 10(2-3), 741-765. [In Persian]
- Bucton, B. G. B., Shrestha, S., Kc, S., Mohanasundaram, S., Virdis, S. G., & Chaowiwat, W. (2022). Impacts of climate and land use change on groundwater recharge under shared socioeconomic pathways: A case of Siem Reap, Cambodia. *Environmental Research*, 113070. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113070>
- Byrne, M. P., & O'Gorman, P. A. (2018). Trends in continental temperature and humidity directly linked to ocean warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(19), 4863-4868. <https://doi.org/10.1073/pnas.1722312115>
- Carrillo, J., González, A., Pérez, J. C., Expósito, F. J., & Díaz, J. P. (2022). Projected impacts of climate change on tourism in the Canary Islands. *Regional Environmental Change*, 22(2), 61. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01880-9>
- de Freitas, C. R. (2003). Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology*, 48(1), 45-54. <https://doi.org/10.1007/s00484-003-0177-z>
- Demiroglu, O. C., Saygili-Araci, F. S., Pacal, A., Hall, C. M., & Kurnaz, M. L. (2020). Future Holiday Climate Index (HCI) performance of urban and beach destinations in the Mediterranean. *Atmosphere*, 11(9), 911. <https://doi.org/10.3390/atmos11090911>
- Ebi, K. L., Hallegatte, S., Kram, T., Arnell, N. W., Carter, T. R., Edmonds, J., ... & Zwickel, T. (2014). A new scenario framework for
- و اداشت تابشی RCP. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۴۰۱(۵۱)، ۱۲۹-۱۴۸
- کریمی، زهرا، نظری‌پور، حمید و خسروی، محمود (۱۳۹۶). تأثیرات بالقوه تغییر اقلیم در توریسم سواحل جنوبی ایران بر پایه طرح اطلاعات اقلیمی گردشگری، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۸(۱)، ۲۱-۳۴. <https://doi.org/10.22108/gep.2017.97874>
- مریانجی، زهره (۱۳۹۷). بررسی تغییرات اقلیمی و روند دما در جزیره کیش در طی دوره ۱۹۷۶-۲۰۱۷. بیستمین همایش صنایع دریایی، تهران.

منابع

Arvin, A. A. (2020). An Investigation in Tourism of Fereydounshahr under the Climate Change conditions. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(4), 277-286. <https://doi.org/10.22034/jest.2020.30164.3869> [In Persian]

Asgari, E., Baaghideh, 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://doi.org/10.22067/geography.v18i1.84891> [In Persian]

Babaiian, I. (2022). How can climate change make the 7th development plan ineffective? *Shargh newspaper*. <https://www.sharghdaily.com/fatiny/news-865696> [In Persian]

Barani, N., & Karami, A. (2019). Annual trend analysis of climate parameters of temperature and precipitation in decuple agroecology regions of Iran. *Environmental Sciences*, 17(4), 75-90. <https://doi.org/10.29252/envs.17.4.75> [In Persian]

Benshams, A., Gandomkar, A., Ataei, H., & Saberi, H. (2020). Investigating the trend of

- activity pairs methodology to South Africa. *Weather, Climate, and Society*, 12(3), 529-544. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-19-0133.1>
- Giannakopoulos, C., Kostopoulou, E., Varotsos, K. V., Tziotziou, K., & Plitharas, A. (2011). An integrated assessment of climate change impacts for Greece in the near future. *Regional Environmental Change*, 11(4), 829-843. <https://doi.org/10.1007/s10113-011-0219-8>
- Grimm, I. J., Alcantara, L., & Sampaio, C. A. C. (2018). Tourism under climate change scenarios: impacts, possibilities, and challenges. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, 12, 01-22. <https://doi.org/10.7784/rbtur.v12i3.1354>
- Hamidianpour, M., & Shoja, F. (2022). Introduction to methods and techniques of climate and climate change modeling, University of Sistan and Baluchestan Press. [In Persian]
- Hamilton, J. M., Maddison, D. J., & Tol, R. S. (2005). Effects of climate change on international tourism. *Climate research*, 29(3), 245-254.
- Higham, J., & Hall, C. M. (2005). Making tourism sustainable: the real challenge of climate change. *Tourism, recreation and climate change*, 301-307. <https://doi.org/10.21832/9781845410056-023>
- Holthuijzen, M., Beckage, B., Clemins, P. J., Higdon, D., & Winter, J. M. (2022). Robust bias-correction of precipitation extremes using a novel hybrid empirical quantile-mapping method. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04035-2>
- climate change research: background, process, and future directions. *Climatic Change*, 122(3), 363-372. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0912-3>
- Ekström, M., Grose, M. R., & Whetton, P. H. (2015). An appraisal of downscaling methods used in climate change research. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 6(3), 301-319. <https://doi.org/10.1002/wcc.339>
- El-Masry, E. A., El-Sayed, M. K., Awad, M. A., El-Sammak, A. A., & Sabarouti, M. A. E. (2022). Vulnerability of tourism to climate change on the Mediterranean coastal area of El Hammam-EL Alamein, Egypt. *Environment, Development and Sustainability*, 24(1), 1145-1165. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01488-9>
- Falk, M., & Lin, X. (2018). Sensitivity of winter tourism to temperature increases over the last decades. *Economic Modelling*, 71, 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.12.011>
- Fang, G. H., Yang, J., Chen, Y. N., & Zammit, C. (2015). Comparing bias correction methods in downscaling meteorological variables for a hydrologic impact study in an arid area in China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(6), 2547-2559. <https://doi.org/10.5194/hess-19-2547-2015>
- Farzaneh, M., Malboosi, S., & Hamidianpour, M. (2022). Prediction of climatic variables in Sistan and Baluchestan province under the conditions of RCP radiation induction scenarios. *Journal of Climate Research*, 1401(51), 129-148. [In Persian]
- Friedrich, J., Stahl, J., Hoogendoorn, G., & Fitchett, J. M. (2020). Exploring climate change threats to beach tourism destinations: application of the hazard-





- Management*, 170, 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.12.028>
- Ludwig, F., Greuell, J. W., van Vliet, M. T. H., Roudier, P., Grillakis, M., Tobin, I., ... & Lincke, D. (2015). Maps showing the climate change impacts, at 1.5 and 2° C For the Water, Energy, and Tourism each sector and for coastal impacts. Deliverable report for EU FP7 project Impact2C, Wageningen University.
- Mahmoud, D., Gamal, G., & Abou El Seoud, T. (2019). The potential impact of climate change on Hurghada city, Egypt, using tourism climate index. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, 25(2), 496-508. <https://doi.org/10.30892/gtg.25218-376>
- Maryanaji, Z. (2018). Investigating climate changes and temperature trend in Kish Island during the period of 1976-2017. 20th Marine Industries Conference, Tehran. [In Persian]
- Matzarakis, A. (2007). Assessment method for climate and tourism based on daily data. *Developments in tourism climatology*, 1, 1-7.
- Mieczkowski, Z. (1985). The tourism climatic index: a method of *evaluating world climates for tourism*. *Canadian Geographer/Le Géographe Canadien*, 29(3), 220-233. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.1985.tb00365.x>
- Miralha, L., Muenich, R. L., Scavia, D., Wells, K., Steiner, A. L., Kalcic, M., ... & Kirchhoff, C. J. (2021). Bias correction of climate model outputs influences watershed model nutrient load predictions. *Science of the Total Environment*, 759, 143039. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143039>
- IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis, the Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
- Karimi, Z., Nazarpour, 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. <https://doi.org/10.22108/gep.2017.97874> [In Persian]
- 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. <https://doi.org/10.3390/su13169107>
- Lafon, T., Dadson, S., Buys, G., & Prudhomme, C. (2013). Bias correction of daily precipitation simulated by a regional climate model: a comparison of methods. *International journal of climatology*, 33(6), 1367-1381. <https://doi.org/10.1002/joc.3518>
- Leal Filho, W. (2022). Will climate change disrupt the tourism sector?. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 14(2), 212-217. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-08-2021-0088>
- Lim Kam Sian, K. T. C., Wang, J., Ayugi, B. O., Nooni, I. K., & Ongoma, V. (2021). Multi-decadal variability and future changes in precipitation over Southern Africa. *Atmosphere*, 12(6), 742. <https://doi.org/10.3390/atmos12060742>
- López-Dóriga, U., Jiménez, J. A., Valdemoro, H. I., & Nicholls, R. J. (2019). Impact of sea-level rise on the tourist-carrying capacity of Catalan beaches. *Ocean & Coastal*

- Smith, T., & Fitchett, J. M. (2020). Drought challenges for nature tourism in the Sabi Sands Game Reserve in the eastern region of South Africa. *African Journal of Range & Forage Science*, 37(1), 107–117. <https://doi.org/10.2989/10220119.2019.1700162>
- Sobhani, P., & Esmaeilzadeh, 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://doi.org/10.22111/gaij.2020.5887> [In Persian]
- Steiger, R., & Scott, D. (2020). Ski tourism in a warmer world: Increased adaptation and regional economic impacts in Austria. *Tourism Management*, 77, 104032. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.104032>
- 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*, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04248-5>
- Van Ruijven, B. J., Levy, M. A., Agrawal, A., Biermann, F., Birkmann, J., Carter, T. R., ... & Schweizer, V. J. (2014). Enhancing the relevance of Shared Socioeconomic Pathways for climate change impacts, adaptation and vulnerability research. *Climatic Change*, 122(3), 481–494. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0931-0>
- 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
- Pedde, S., Harrison, P. A., Holman, I. P., Powney, G. D., Lofts, S., Schmucki, R., ... & Bullock, J. M. (2021). Enriching the Shared Socioeconomic Pathways to co-create consistent multi-sector scenarios for the UK. *Science of the Total Environment*, 756, 143172. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143172>
- Pintassilgo, P., Rossello, J., Santana-Gallego, M., & Valle, E. (2016). The economic dimension of climate change impacts on tourism: The case of Portugal. *Tourism Economics*, 22(4), 685–698. <https://doi.org/10.1177/1354816616654242>
- Pourahmad, A., Darban Astaneh, A., Zanganeh Shahraki, S., & Pourghorban, S. (2020). Evaluating and analyzing the Effective Factors on the urban livability of Kish Island. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 8(1), 1–22. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2019.260659.927> [In Persian]
- Shijin, W., Xinggang, M., & Jia, X. (2022). A Review of the Impacts of Climate Change on Tourism in the Arid Areas: A Case Study of Xinjiang Uygur Autonomous Region in China. *Advances in Meteorology*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8768542>
- Shoja, F., & Hamidianpour, M. (2022). Projection the Impacts of Climate Change on Temporal Patterns of Tourism in the Coastal Region of Chabahar. *Fifth International Conference on Persian Gulf Oceanography, Tehran*. [In Persian]
- Smith, K. (1990). Tourism and climate change. *Land use policy*, 7(2), 176–180. [https://doi.org/10.1016/0264-8377\(90\)90010-V](https://doi.org/10.1016/0264-8377(90)90010-V)





J. (2016). Coupled impacts of climate and land use change across a river-lake continuum: insights from an integrated assessment model of Lake Champlain's Missisquoi Basin, 2000-2040. *Environmental Research Letters*, 11(11), 114026. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/114026>

states. *Sustainability*, 13(8), 4223. <https://doi.org/10.3390/su13084223>

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. <https://doi.org/10.1155/2020/8886316>

Zia, A., Bomblies, A., Schroth, A. W., Koliba, C., Isles, P. D., Tsai, Y., ... & Van Houten,

