

ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر گردشگری استان خوزستان

داریوش رحیمی^۱، فاطمه بشیریان^۲، رستگار محمدی^۳، مهدی رحیمی پردنجانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۳

چکیده

اقلیم از شاخص‌های مؤثر بر گردشگری گسترده است. تغییر اقلیم به دلیل افزایش دما یک تهدید مؤثر برای صنعت گردشگری محسوب می‌شود. تغییر تقویم و جابه‌جایی قلمروهای مناسب گردشگری بر مبنای شاخص آسایش اقلیمی از پیامدهای آن هستند. استان خوزستان به دلیل شرایط جغرافیایی مناسب، جاذبه‌های طبیعی، تاریخی و فرهنگی توانمندی بالایی در زمینه گردشگری دارد. در این پژوهش ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر شاخص آسایش اقلیمی و قلمروهای آن بررسی شده است. بدین منظور از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان در دوره تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۲۰) و داده‌های برآوردی آینده (۲۰۲۱-۲۰۵۰) مبتنی بر سناریوهای تغییر اقلیم گزارش ششم با مدلگر LARSWG6 استفاده شده است. دقت داده‌های برآوردی با بهره‌گیری شاخص RMSE تعیین و سپس نقشه‌های ماهانه شاخص TCI با روش زمین‌آمار کریجینگ ترسیم شدند. نتایج نشان داد شرایط عالی شاخص آسایش اقلیمی از ژانویه، فوریه و مارس در دوره تاریخی به نوامبر و دسامبر در دوره آینده منتقل خواهد شد. ماه‌های ژانویه و فوریه با محدودیت بیشتری روبه‌رو خواهند شد. بهترین ماه برای گردشگری از ماه مارس به نوامبر تغییر پیدا خواهد کرد. همچنین در آینده طبقات مناسب آسایش اقلیمی آبادان، خرمشهر، بندر ماهشهر و هندیجان (مناطق جنوبی) مبتنی بر داده‌های تاریخی به شهرستان‌های شمالی واقع در شمال استان مانند ایذه، مسجدسلیمان، لالی و دزفول جابه‌جا می‌شود. این تغییرات، میزان ریسک در زمینه سرمایه‌گذاری، برگزاری تورهای گردشگری و خدمات زیربنایی را افزایش می‌دهد. بنابراین در برنامه‌ریزی‌های آینده شرایط عدم قطعیت بیشتری باید مورد توجه قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: گردشگری، تغییر اقلیم، شاخص آسایش اقلیمی، استان خوزستان.

۱. استاد هیدرواقلیم، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران; D.rahimi@geo.ui.ac.ir

۲. پژوهشگر پسادکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۴. دانشجوی دکتری گردشگری، دانشگاه الگروی، کشور پرتغال

مقدمه

آب و هوا، وضعیت آسایش انسان، تقویم گردشگری و توان‌های طبیعت‌گردی را تعیین می‌کند (ذوالفقاری، ۲۰۱۳). طبیعت‌گردی در زیرمجموعه گردشگری گسترده قرار دارد و به همین دلیل در مقایسه با گردشگری متمرکز به شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی و شاخص‌های آسایش آن قرار دارد. منظور از شرایط اقلیم آسایش انسان، مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی و رطوبتی، حداقل ۸۰٪ از افرادی که به‌طور تصادفی انتخاب و در آن شرایط قرار داده می‌شوند، قضاوت ذهنی حالت آسایش را داشته باشند (کسمایی، ۲۰۰۳). شاخص‌های آسایش اقلیم گردشگری بیانگر طول مدت و کیفیت فصول گردشگری است و نقش مهمی در برنامه‌ریزی سفر و ظرفیت‌های محیطی گردشگری گسترده مناطق جغرافیایی دارد (دیفریتاس، ۲۰۰۳^۱؛ فرج‌زاده، ۲۰۰۶؛ شمسی‌پور و همکاران، ۲۰۱۴).

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی تأثیر عمده‌ای در زمینه آسایش، تقویم، جاذبه‌های گردشگری و اقتصاد آن دارد. افزایش دما و فرین‌های اقلیمی مانند خشکسالی بلندمدت، امواج گرمایی، سیل و آتش‌سوزی اثرات منفی بر گردشگری دارند. یافته‌ها نشان می‌دهد برآثر گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، شاخص‌های زیست‌اقلیم تغییر خواهد کرد. برآثر این تغییرات تقویم گردشگری تغییرات محسوس می‌نماید. برای مثال، در مدیترانه تابستان‌ها گرم‌تر شده و فصل بهار برای گردشگری مناسب‌تر است. اسکاتلند، کانادا، ایالات شمالی آمریکا و روسیه تابستان طولانی‌تری خواهند داشت و تقویم گردشگری آن‌ها طولانی‌تر خواهد شد. در ایران فصول زمانی مناسب گردشگری در مناطق جنوبی محدودتر شده است. در مقابل، دوره مناسب گردشگری در مناطق کوهستانی کشور طولانی‌تر خواهد شد. چهارمحال و بختیاری تابستان طولانی‌تر و زمستان معتدل‌تری خواهد داشت. همچنین در مناطق شمال غربی ایران مانند جنگل‌های ارسباران، زمان مناسب گردشگری از دو ماه تیر و مرداد به چهار ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور افزایش می‌یابد (ماتزاراکیس و آملونگ، ۲۰۰۸^۲؛ اسکات و مک بویل، ۲۰۰۱^۳؛

اسکات و همکاران، ۲۰۰۴؛ هریسون^۴ و همکاران، ۱۹۹۹؛ آملونگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ تامپسون و پری، ۱۹۹۷^۵؛ ساری‌صراف و همکاران، ۲۰۱۰).

تخریب جاذبه‌های طبیعت‌گردی از دیگر نتایج مخرب تغییر اقلیم است. نتایج ارزیابی‌های زیست‌محیطی مناطق حفاظت‌شده نشان می‌دهد تغییر اقلیم تأثیر مخربی بر مناطق حفاظت‌شده آفریقا داشته است؛ به گونه‌ای که مناطق حفاظت‌شده از ۲۰ منطقه به ۱۳ منطقه در سال ۲۰۴۰ خواهد رسید. این رخداد در منطقه حفاظت‌شده بین‌المللی کنیا بسیار شدیدتر خواهد بود (نجورج، ۲۰۱۵^۶).

تغییر اقلیم می‌تواند قلمروهای مناطق مساعد گردشگری را نیز جابه‌جا کند و مناطق گردشگری فعلی را تخریب و طبقه گردشگری را تغییر دهد. برای مثال برآثر تغییر اقلیم، منطقه‌ای که اکنون در طبقه ایدئال قرار گرفته است، در آینده در طبقه خوب یا مناسب قرار خواهد گرفت.

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی علاوه بر محدود کردن شرایط زیست‌اقلیم، تخریب جاذبه‌های طبیعی گردشگری و جابه‌جایی تقویم گردشگری منجر به جابه‌جایی قلمروهای گردشگری با درجات مختلف نیز خواهد شد (ژیو ژیا^۷ و همکاران، ۲۰۲۳). یافته‌ها نشان داد با توجه به افزایش دما، استرس‌های گرمایی و بدتر شدن شرایط زیست‌اقلیم در مدیترانه، مالزی و آمریکا، مناطق مساعد گردشگری به عرض‌های شمالی جابه‌جا شده است (جنگ، ۲۰۲۳^۸، ماتزاراکیس و آملونگ، ۲۰۰۸). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم (۲۰۲۰-۲۰۷۰) بر گردشگری استرالیا نشان داد افزایش دما منجر به تغییر قلمرو مناطق هدف طبیعت‌گردی از مناطق شمالی به سمت مناطق جنوبی استرالیا خواهد شد (باس و نیکلاس، ۲۰۱۴^۹). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر گردشگری ایران نیز حاکی از افزایش تغییرات مکانی مناطق مساعد گردشگری و جابه‌جایی طبقات گردشگری از عالی یا ایدئال به مطلوب و مناسب در اثر افزایش دما و خشکسالی‌هاست (سبحانی و

4. Harrison
5. Thompson & Perry
6. Njoroge
7. Xiu-xia
8. Jong
9. Bas & Nicholls

1. De Freitas
2. Matzarakis & Amelung
3. Scott & McBoyle

منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۲۳۶ کیلومتر مربع، بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی در جنوب ایران واقع شده است (شکل ۱). این استان با میانگین دمای سالانه بین ۱۵ درجه در مناطق شمالی تا ۲۶ درجه در مناطق جنوبی و تقریباً ۱۰ روز یخبندان در سال (دزپارت) دارای توان‌های گردشگری متعددی است. بیش از ۸۵ درصد مساحت استان ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر دارد و ۱۵ درصد آن در مناطق شمال و شمال شرق کوهستانی است. وجود رودخانه‌های کرخه، دز، کارون، جراحی و مارون و تالاب‌های مانند هویزه، بامدژ، شادگان و مشراکه، ساحل طولانی خلیج فارس و شرایط مساعد جغرافیایی موجب شده است که استان خوزستان گهواره تمدن‌های بزرگ و تاریخی با قدمت بیش از ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد باشد (کولفرج و اشکفت سلمان (ایده)، زیگورات و آپادانا (شوش) و ارغون (بهبهان)). تنوع و وفور جاذبه‌های گردشگری استان خوزستان منجر به بازتعریف محورهای توسعه آن شده است. در اسناد آمایش و بالادستی توسعه این استان، گردشگری به‌عنوان یکی از محورهای توسعه پایدار مد نظر قرار گرفته است؛ اما افزایش مخاطرات اقلیمی مانند امواج گرمایی، گردوغبار و سیلاب یک تهدید بالقوه برای این صنعت است. در این مطالعه تغییر شاخص آسایش اقلیمی و قلمروهای آن در افق ۲۰۵۰ بررسی شده است.

داده و روش‌ها

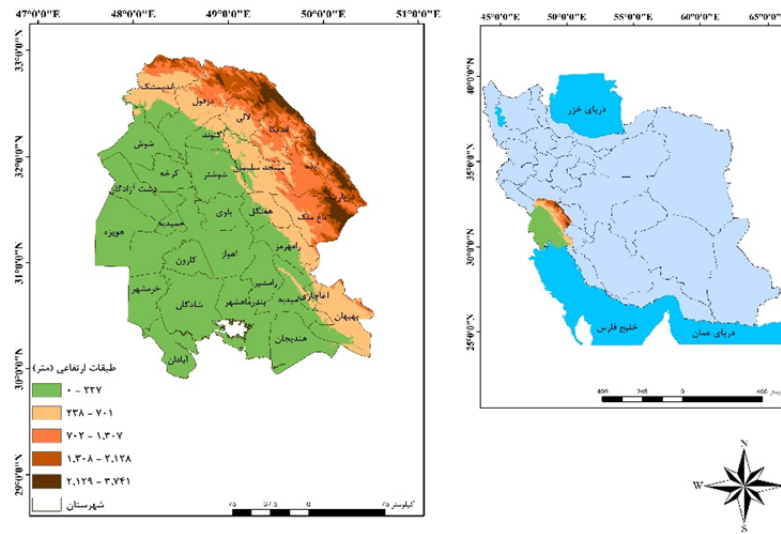
برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تقویم گردشگری و قلمروهای آن در استان خوزستان، شاخص آسایش اقلیمی در دو دوره تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۲۰) و آینده (۲۰۲۱-۲۰۵۰) بررسی شد. در این شاخص، از عناصر اقلیمی دمای هوا، بارش، رطوبت، تابش و باد استفاده می‌شود (میکرویسکی،^۲ ۱۹۸۵). در دوره تاریخی، پایگاه داده‌های متغیرهای اقلیمی ثبت‌شده در ایستگاه‌های هواشناسی اهواز، امیدیه، آغاجاری، آبادان، بهبهان، دزفول، صفی‌آباد، رامهرمز، ماهشهر و مسجدسلیمان ایجاد شد. برای

اسماعیل‌زاده، ۲۰۲۰؛ مرادجانی، ۲۰۲۲؛ عابدی و صداقت، ۲۰۲۲؛ فرج‌زاده و احمدآبادی، ۲۰۱۰).

تضعیف بخش اقتصاد گردشگری و فعالان آن از پیامدهای جدی اثر گرمایش جهانی و تغییر اقلیم بر گردشگری است. جابه‌جایی تقویم گردشگری و ناهماهنگی زمانی بین تعطیلات رسمی با آن، منجر به اخلاف در برنامه زمانی گردشگران و آماده نبودن زیرساخت‌های گردشگری مناطق با توان گردشگری طبیعی خواهد شد. این موضوع، منجر به وارد آمدن زیان شدید به بخش‌های اقتصادی و فعالان آن می‌شود. ازسوی دیگر، جابه‌جایی قلمرو در مناطق فعلی گردشگری منجر به زیان شدید و ناامنی اقتصادی این مناطق خواهد شد (رستگار و رحمان، ۲۰۲۳؛ لیانا^۱ و همکاران، ۲۰۲۲؛ نجورج، ۲۰۱۵).

استان خوزستان در جنوب غربی ایران، یکی از پهنه‌های سرزمینی با توانمندی‌های گردشگری گسترده و متمرکز است. ویژگی‌های جغرافیایی آن منجر به شکل‌گیری چشم‌اندازهای کوهستانی، جلگه، دریایی، بیابانی و حتی کویری شده است. دروازه‌های ورودی خوزستان از شمال آن، پدیده‌های منحصربه‌فرد ارتفاعات و ژئومورفیک زاگرس را شامل می‌شود که دارای پوشش جنگلی و برفی (منگشت و دزپارت) و دریاچه سدهای متعدد آن چشم‌اندازهای بدیع طبیعت‌گردی را ایجاد کرده است. پهنه جلگه آن مهد تمدن‌های باستانی و تاریخی است که تا ساحل خلیج فارس ادامه دارد. در این استان، ماه‌های سرد سال از آبان تا فروردین مناسب طبیعت‌گردی است (برنا، ۲۰۱۸؛ رحیمی و همکاران، ۲۰۱۹). روند افزایش ۱ تا ۳ درجه سلسیوس دمای هوا از ۱۳۸۷ تاکنون (محمدی و همکاران، ۲۰۲۴) محدودیت‌های تقویم گردشگری را ایجاد نموده است. بدین ترتیب، تغییر اقلیم (۲۰۲۰-۲۰۸۰) می‌تواند اثرات منفی زیادی بر قلمروهای گردشگری و زمان مناسب آن داشته باشد. با توجه به جایگاه گردشگری در توسعه آینده استان و همچنین بالا بودن حساسیت این توانمندی در واکنش به تغییر اقلیم، در این پژوهش اثر تغییر اقلیم بر گردشگری استان خوزستان از طریق مطالعه تطبیقی زمانی و مکانی ضریب شاخص آسایش اقلیم بررسی می‌شود.

محاسبه شاخص آسایش اقلیمی در دوره آینده نیز از داده‌های ریزمقیاس شده اقلیمی مبتنی بر سناریوهای CMIP6 با تفکیک 2.5*2.5 درجه جغرافیایی در سناریوی واقع‌بینانه انتشار SSP 4.5 با مدلگر LARSWG6 استفاده شد (جدول ۱).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی استان خوزستان

Figure (1): Geographical location of Khuzestan province

جدول (۱): مدل‌های مناسب برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی استان خوزستان

Table (1): Suitable models for simulating climatic variables in Khuzestan province

باد	رطوبت	دمای حداکثر	دمای متوسط	ساعت آفتابی	
BCM2	CNRMCM3	CGCM3T63	MIROC3.2hires Run1	BCM2	اهواز
INGV_SXG	BCM2	CGCM3T47	INGV_SXG	BCM2	امیدیه
CGCM3T47	BCM2	CGCM3T47	INGV_SXG	CGCM3T47	آقاجاری
CGCM3T63	BCM2	BCM2	CGCM3T63	CGCM3T63	آبادان
CGCM3T47	BCM2	CGCM3T63	MRI- CGCM3.2.2a	BCM2	بهبهان
CGCM3T47	INMCM3.0	CGCM3T63	INGV_SXG	GISS-AOM-MEAN	دزفول
CGCM3T47	HADCM3	CGCM3T63	INGV_SXG	CGCM3T63	صفی‌آباد
CGCM3T47	BCM2	CGCM3T47	INGV_SXG	CGCM3T47	رامهرمز
INGV_SXG	CGCM3T47	BCM2	MRI- CGCM3.2.2a	CGCM3T63	ماهشهر
CGCM3T47	BCM2	CGCM3T47	GISS-ER Run1	GISS-AOM-MEAN	مسجدسلیمان

TCI: شاخص آسایش اقلیم گردشگری در ۱۰ طبقه (جدول

روش تحقیق

این پژوهش با روش‌های زمین‌آمار و استفاده از شاخص آسایش اقلیم گردشگری (TCI) انجام شده است. شکل (۲) مدل مفهومی روش تحقیق را نشان می‌دهد. ابتدا ارزش شاخص TCI برای ایستگاه‌های استان خوزستان در دوره تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۲۰) و آینده (۲۰۲۱-۲۰۵۰) محاسبه شد (رابطه ۱).

این پژوهش با روش‌های زمین‌آمار و استفاده از شاخص آسایش اقلیم گردشگری (TCI) انجام شده است. ابتدا ارزش شاخص TCI برای ایستگاه‌های استان خوزستان در دوره تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۲۰) و آینده (۲۰۲۱-۲۰۵۰) محاسبه شد (رابطه ۱).
 CID: شاخص دمای مؤثر بر اساس نرمال‌های ماهانه حداکثر دمای خشک و حداقل رطوبت نسبی هوا؛
 CIA: شاخص آسایش شبانه‌روزی بر اساس نرمال‌های ماهانه دمای خشک و میانگین رطوبت نسبی؛
 R: رتبه مربوط به بارندگی برای هر ایستگاه؛

$$TCI = 8CID + 2CIA + 4R + 4S + 2W \quad (1)$$

محاسبات در جدول (۳) به تفکیک ایستگاه و متغیر اقلیمی ارائه شده است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{model,i})^2}{n}} \quad (2)$$

X_{obs} مقدار مشاهده شده و X_{model} مقدار محاسباتی مدل

است.

S: رتبه تابش برای هر ایستگاه؛

W: رتبه مربوط به باد برای هر ایستگاه.

به منظور انتخاب مولد مناسب برای برآورد داده‌های دوره مطالعاتی آینده، حساسیت داده‌ها با کمک آماره RMSE (رابطه ۲) مورد راستی‌آزمایی قرار گرفت. خروجی مدلهایی که میزان RMSE آن‌ها کمتر از ۲۰٪ (در شرایط عالی < ۱۰٪ و خوب ۱۰-۲۰٪) بود، برای محاسبه TCI انتخاب شدند. نتیجه این

جدول (۲): مقدار عددی شاخص اقلیم آسایش گردشگری و رده هر طبقه (میکزویسکی، ۱۹۸۵)

Table (2): Numerical value of Thermal comfort index and the rank of each class

تشریح وضعیت رده	رتبه	حدود شاخص اقلیم آسایش گردشگری
ایدئال	۹	۱۰۰ تا ۹۰
عالی	۸	۹۰ تا ۸۰
بسیار خوب	۷	۸۰ تا ۷۰
خوب	۶	۷۰ تا ۶۰
قابل قبول	۵	۶۰ تا ۵۰
حد مرزی	۴	۵۰ تا ۴۰
نامطلوب	۳	۴۰ تا ۳۰
بسیار نامطلوب	۲	۳۰ تا ۲۰
بی نهایت نامطلوب	۱	۲۰ تا ۱۰
غیرممکن	۰	۱۰ تا ۰

مدل کریجینگ

بیش از ۸۵ درصد استان خوزستان دارای ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر است (شکل ۱). با توجه به مسطح بودن استان، کارایی مدل کریجینگ در ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی مناسب تشخیص داده شد.

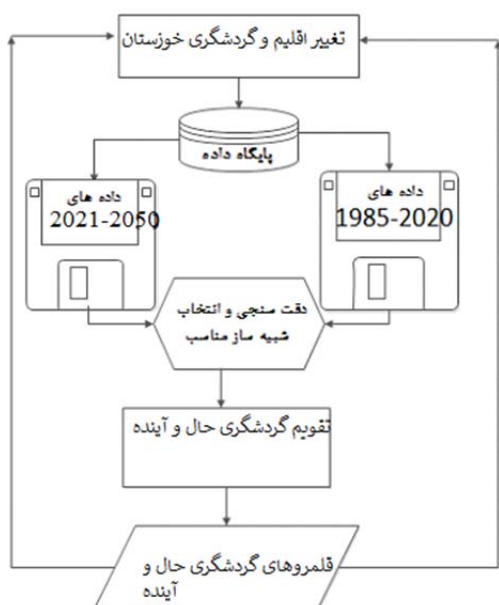
روش کریجینگ یک روش زمین‌آمار است. این روش در توزیع گوسی با استفاده از مدل رگرسیون، نقاط هم‌ارزش را میان‌یابی می‌کند؛ سپس براساس خط نکویی برآزش، مناطق هم‌ارزش را ترسیم می‌کند (لیچتسنر، ۲۰۱۳) رابطه (۳):

$$Z^* = \sum_{i=1}^n W_i Z(x_i) \quad (3)$$

Z^* : متغیر فضایی برآوردی؛

$Z(x_i)$: متغیر فضایی مشاهداتی؛

W_i : وزن آماری داده‌های مشاهداتی.



شکل (۲): الگوریتم روش انجام پژوهش

Figure (2): Research methodology algorithm

نتایج

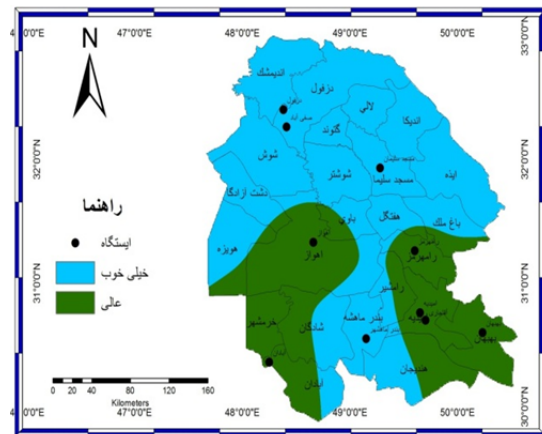
تغییر تقویم و جابه‌جایی قلمرو مناطق مساعد گردشگری ماهانه در ادامه، بررسی شده است.

ماه ژانویه

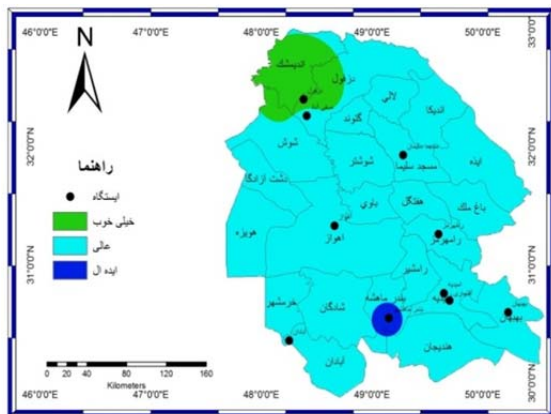
پهنه‌های مساعد طبیعت‌گردی در ماه ژانویه در دو طبقه عالی با مساحت ۲۱۰۸۲ (۳۲/۹٪) کیلومتر مربع و طبقه خیلی خوب با مساحت ۴۲۹۷۵ کیلومتر مربع (۶۷/۱٪) قرار گرفت. اما داده‌های شبیه‌سازی شده نشان داد که در نیم سده آینده به دلیل روند افزایشی دما و تغییرات رطوبت، شرایط عالی از بین می‌رود. دو طبقه خیلی خوب با مساحت ۷۴۱۹ (۱۱/۶٪) در جنوب غربی و خوب دارای ۵۶۶۳۸ (۸۸/۴٪) کیلومتر مربع در سایر مناطق استان به وجود می‌آید. بنابراین شرایط طبیعت‌گردی در ماه ژانویه نامناسب‌تر خواهد شد (اشکال ۳ و ۴).

ماه فوریه

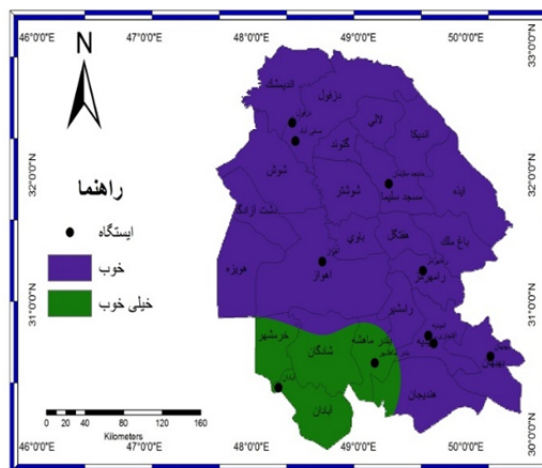
طی دوره ۱۹۸۵-۲۰۲۰ سه پهنه ایدئال (۶۸۴) (۱/۰۶٪)، عالی (۵۸۶۵۰) (۹۱/۵٪) و خیلی خوب (۴۷۲۴) (۷/۳٪) در استان وجود داشت. بیشتر مناطق استان دارای شرایط عالی بودند. پهنه با شرایط خیلی خوب فقط در شمال غرب استان (اندیمشک، شهرستان‌های شوش و دزفول) مشاهده شد. شرایط ایدئال نیز پهنه‌ای کوچک از شهرستان بندر ماهشهر را در بر گرفت. اما در نیم سده آینده وضعیت تغییر خواهد کرد. شرایط ایدئال کاملاً از بین می‌رود. بیشترین مساحت استان دارای شرایط خیلی خوب (۳۸۶۷۱) (۶۰/۳٪) خواهد بود. ۲۶/۳ درصد معادل ۱۶۸۴۶ کیلومتر مربع استان در طبقه عالی قرار می‌گیرند. همچنین بخش بسیار کوچکی از استان در شهرستان امیدیه (۱۳/۳٪ برابر با ۸۵۴۰ کیلومتر مربع) وضعیت خوبی خواهد داشت. بنابراین در ماه فوریه در نیم سده آینده محدودیت‌های آسایش اقلیمی افزایش می‌یابد (اشکال ۵ و ۶).



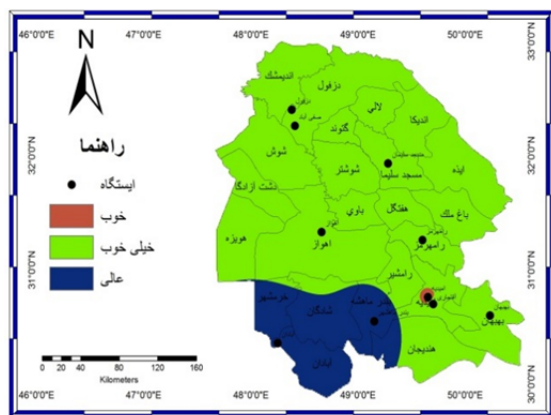
شکل (۳): پهنه گردشگری خوزستان ماه ژانویه (تاریخی)
Figure (3): Khuzestan tourism zoning in January (historical)



شکل (۵): پهنه گردشگری خوزستان ماه فوریه (تاریخی)
Figure (5): Khuzestan tourism zoning in February (historical)



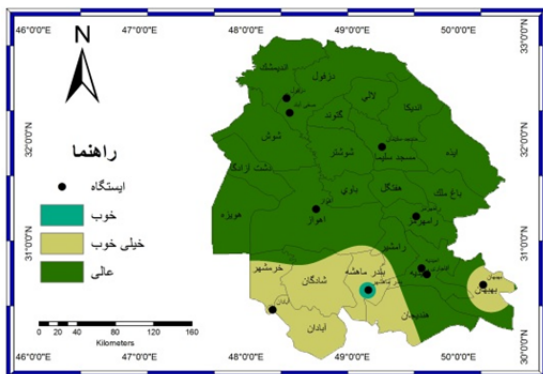
شکل (۴): پهنه گردشگری خوزستان ماه ژانویه (آینده)
Figure (4): Khuzestan tourism zoning in January (Future)



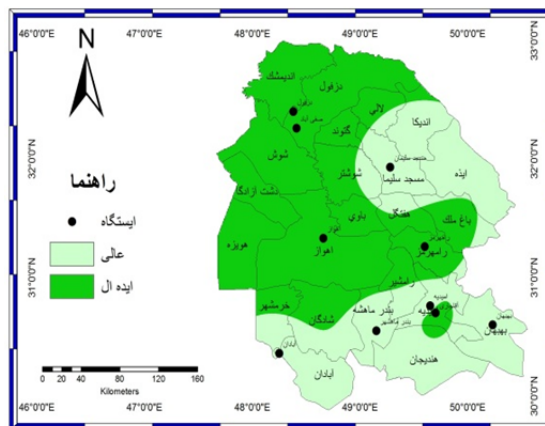
شکل (۶): پهنه گردشگری خوزستان ماه فوریه (آینده)
Figure (6): Khuzestan tourism zoning in February (future)

ماه مارس

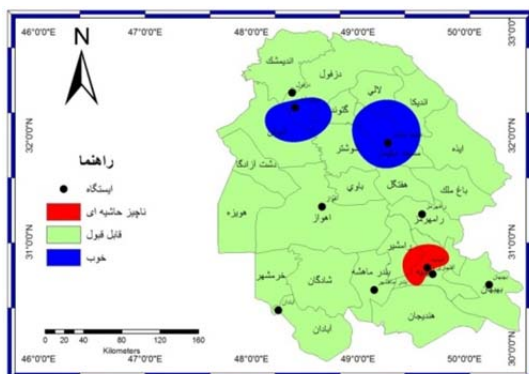
مطابق با برآوردهای انجام شده، شرایط آسایش اقلیمی ماه مارس در مقایسه با دوره تاریخی نامساعدتر خواهد شد. شرایط ایدئال ($0.55/3$) و شرایط عالی ($0.44/7$) در دوره زمانی حال به شرایط خیلی خوب ($0.97/4$)، عالی ($0.2/3$) و خوب ($0.0/2$) تغییر پیدا خواهد کرد (اشکال ۷ و ۸).



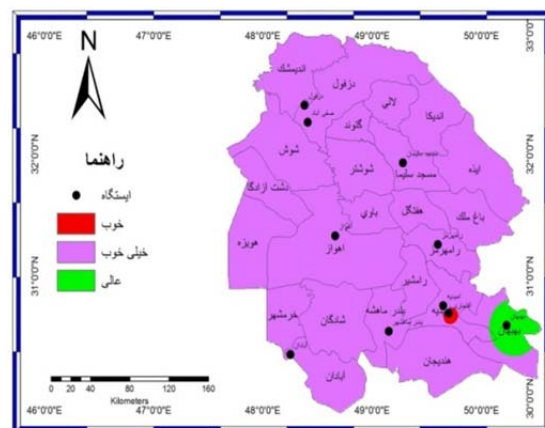
شکل (۹): پهنه گردشگری خوزستان در ماه آوریل (تاریخی)
Figure (9): Khuzestan tourism zoning in April (historical)



شکل (۷): پهنه گردشگری خوزستان ماه مارس (تاریخی)
Figure (7): Khuzestan tourism zoning in March (historical)



شکل (۱۰): پهنه گردشگری خوزستان در ماه آوریل (آینده)
Figure (10): Khuzestan tourism zoning in April (future)

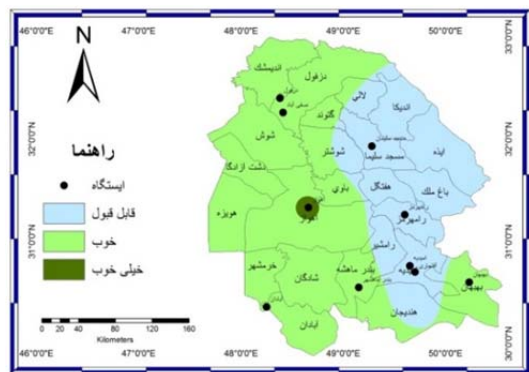


شکل (۸): پهنه گردشگری خوزستان ماه مارس (آینده)
Figure (8): Khuzestan tourism zoning in March (future)

ماه می، ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر شرایط شاخص آسایش اقلیم گردشگری در ماه های می، ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر در نیم سده آینده نسبت به دوره مشاهده شده (۱۹۸۵-۲۰۲۰) بسیار وخیم تر خواهد شد؛ به گونه ای که در طول ماه های ذکر شده، سراسر استان فاقد شرایط آسایش اقلیمی خواهد بود (اشکال ۱۱ تا ۲۰). در سپتامبر شرایط آسایشی نسبت به ماه های قبلی مساعدتر خواهد شد. در این ماه قسمت های جنوب غربی استان قابل قبول می شوند.

ماه آوریل

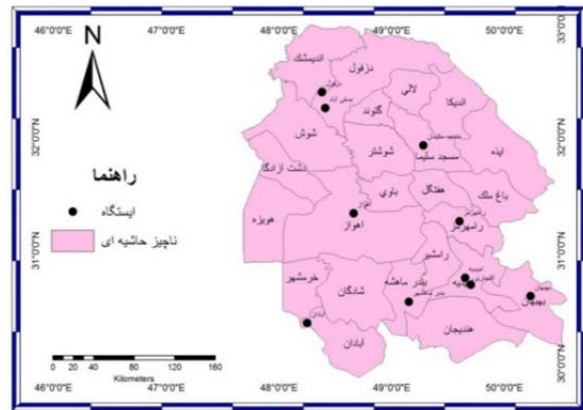
در آوریل شرایط از طبقه عالی، خیلی خوب و خوب در دوره تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۲۰) به شرایط قابل قبول ($0.89/1$)، خوب و ناپسند تغییر طبقه کرده است (اشکال ۹ و ۱۰).



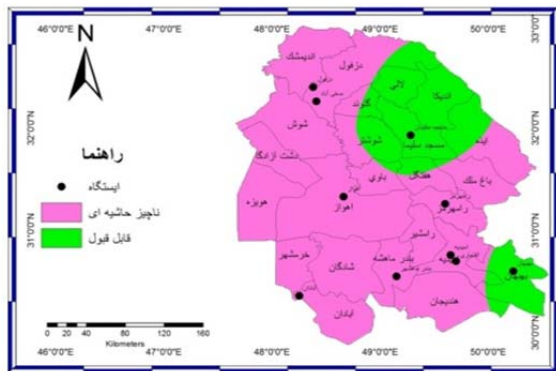
شکل (۱۱): پهنه گردشگری استان خوزستان ماه می (تاریخی)
Figure (11): Khuzestan tourism zoning in May (historical)



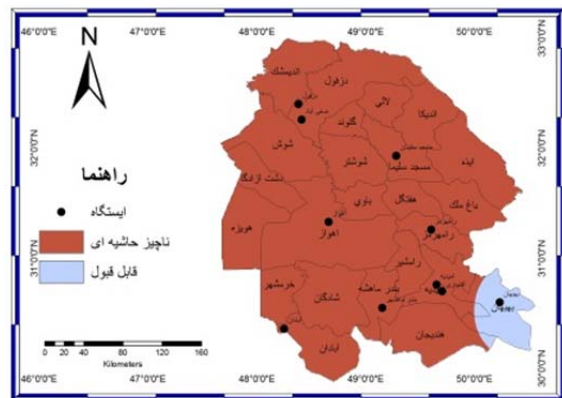
شکل (۱۶): پهنه گردشگری خوزستان ماه جولای (آینده)
Figure (16): Khuzestan tourism zoning in July (future)



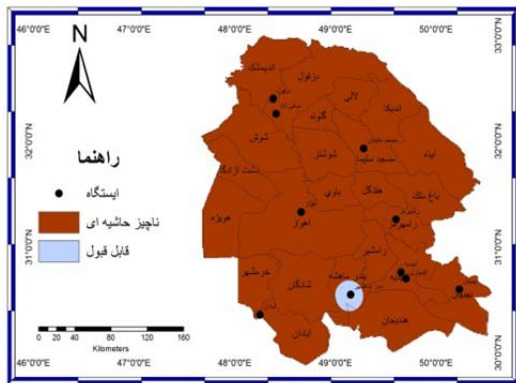
شکل (۱۲): پهنه گردشگری استان خوزستان ماه می (آینده)
Figure (12): Khuzestan tourism zoning in May (future)



شکل (۱۷): پهنه گردشگری استان خوزستان ماه آگوست (تاریخی)
Figure (17): Khuzestan tourism zoning in August (historical)



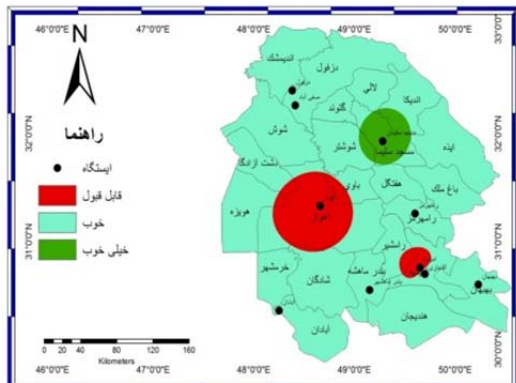
شکل ۱۳. پهنه گردشگری استان خوزستان ماه ژوئن (تاریخی)
Figure (13): Khuzestan tourism zoning in June (historical)



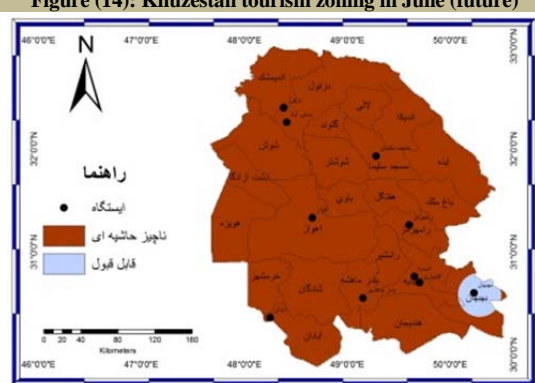
شکل (۱۸): پهنه گردشگری استان خوزستان ماه آگوست (آینده)
Figure (18): Khuzestan tourism zoning in August (future)



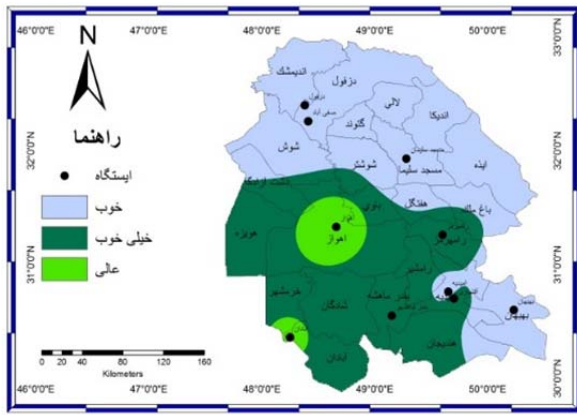
شکل (۱۴): پهنه گردشگری استان خوزستان ماه ژوئن (آینده)
Figure (14): Khuzestan tourism zoning in June (future)



شکل (۱۹): پهنه گردشگری استان خوزستان ماه سپتامبر (تاریخی)
Figure (19): Khuzestan tourism zoning in September (historical)

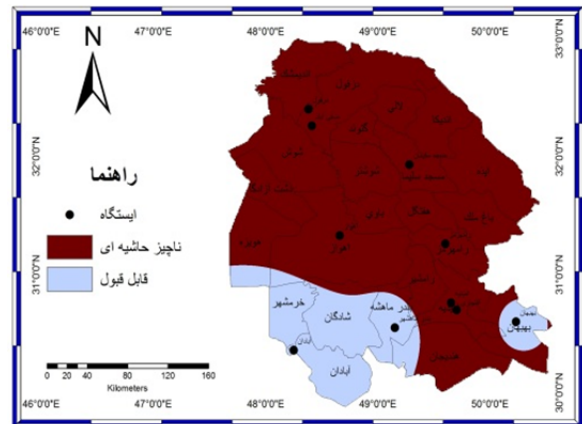


شکل (۱۵): پهنه گردشگری خوزستان ماه جولای (تاریخی)
Figure (15): Khuzestan tourism zoning in July (historical)



شکل (۲۲): پهنه گردشگری استان خوزستان ماه اکتبر (آینده)

Figure (22): Khuzestan tourism zoning in October (future)



شکل (۲۰): پهنه گردشگری استان خوزستان ماه سپتامبر (آینده)

Figure (20): Khuzestan tourism zoning in September (future)

ماه اکتبر

بررسی نقشه‌های استخراجی از داده‌های شبیه‌سازی شده شاخص TCI در نیم سده آینده در مقایسه با نقشه‌های دوره ۱۹۸۵-۲۰۲۰ همین شاخص، نشان می‌دهد که روند افزایشی محدودیت‌های شاخص آسایش اقلیمی با شدت کمتری نسبت به ماه‌های گذشته وجود دارد؛ به نحوی که شرایط آسایشی استان از دو طبقه عالی و خیلی خوب به سه طبقه عالی، خیلی خوب و خوب تبدیل خواهد شد. در دوره تاریخی حدود ۹۶ درصد مناطق استان شرایط عالی داشتند، اما در آینده این شرایط به اهواز و آبادان محدود خواهد شد. بیش از ۵۴ درصد مناطق شرایط خوب و ۴۰ درصد شرایط خیلی خوب خواهند داشت (اشکال ۲۱ و ۲۲).

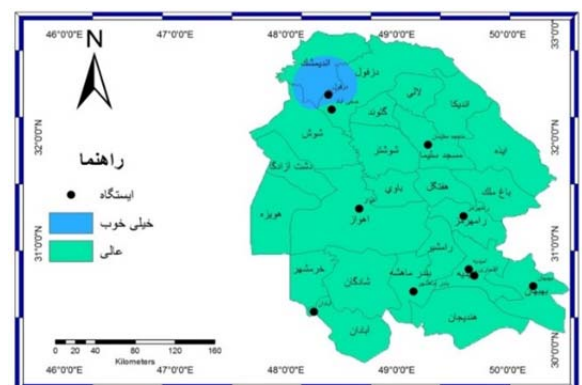
ماه نوامبر

تحلیل نقشه‌های ترسیمی ماه نوامبر در دو بازه زمانی ۱۹۸۵-۲۰۲۰ و نیم سده آینده نشان می‌دهند که این ماه دارای شرایط خاص و منحصر به فردی نسبت به سایر ماه‌های سال است. در این ماه شرایط آسایش اقلیمی گردشگری در بازه زمانی ۱۹۸۵-۲۰۲۰ در دو طبقه خوب (۴۲/۲٪) و خیلی خوب (۵۷/۸٪) قرار داشت؛ در حالی که طی دوره زمانی ۲۰۲۱-۲۰۵۰، شاخص TCI در سه طبقه عالی (۷۶/۶٪)، خیلی خوب (۲۲/۹٪) و خوب (۰/۴٪) قرار خواهد گرفت. در واقع، شرایط آسایش اقلیمی در نوامبر رو به بهبودی است و می‌تواند در تقویم گردشگری استان خوزستان به‌ویژه طبیعت‌گردی جایگاه خوبی داشته باشد (اشکال ۲۳ و ۲۴).



شکل (۲۳): پهنه گردشگری استان خوزستان ماه نوامبر (تاریخی)

Figure (23): Khuzestan tourism zoning in November (historical)



شکل (۲۱): پهنه گردشگری استان خوزستان ماه اکتبر (تاریخی)

Figure (21): Khuzestan tourism zoning in October (historical)

بحث

از اوایل دهه ۲۰۰۰ میلادی به بعد، گردشگری به عنوان یکی از محورهای توسعه اقتصاد منطقه‌ای در ایران مورد توجه قرار گرفت. با تعریف جاذبه‌ها و تقویت زیرساخت‌های مورد نیاز گردشگری، تلاش‌ها برای فعال‌سازی این بخش از اقتصاد کلان بیشتر شد. از سوی دیگر، ملموس شدن آثار تغییر اقلیم و گرمایش جهانی چالش‌هایی را در برابر توانمندی‌ها و توسعه گردشگری ایجاد کرد. در واقع صنعت نوپای گردشگری طبیعی از همان ابتدا با چالش جدی روبرو شد و عدم قطعیت‌های آن افزایش یافت. آسایش اقلیمی شاخص مؤثری در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بر گردشگری است.

تنوع اقلیمی و معتدل بودن فصل زمستان از مهم‌ترین دلایل تبدیل شدن استان خوزستان به مقصد گردشگری محسوب می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد شاخص اقلیم آسایش فصل زمستان در طبقه ایدئال تا خوب قرار دارد (۱۹۸۵-۲۰۲۰). در نتیجه زیرساخت‌های لازم در بخش گردشگری و برنامه‌ریزی‌های فعالان این بخش، مطابق با این نوع اقلیم شکل گرفته است.

اما تغییر اقلیم و گرمایش جهانی منجر به تغییر شرایط آسایش اقلیمی و جابه‌جایی قلمروهای آن در استان خوزستان می‌شود. مقایسه نقشه‌های دوره تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۲۰) با دوره آینده (۲۰۲۱-۲۰۵۰) بیانگر تغییر قلمروهای شاخص آسایش اقلیمی در طبقات مختلف و در ماه‌های سال است. در واقع گرمایش جهانی منجر به تابستان‌های طولانی‌تر در استان خوزستان خواهد شد. این محدودیت شامل کاهش امتیاز قلمروهای جغرافیایی از ایدئال و عالی به طبقات پایین‌تر و جابه‌جایی قلمروهای گردشگری می‌شود.

یافته‌ها نشان داد شاخص آسایش اقلیمی عالی ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس دوره تاریخی به ماه‌های نوامبر و دسامبر در دوره آینده منتقل می‌شود. در واقع به دلیل افزایش دما در آینده، ماه‌های با شرایط نامناسب بیشتر می‌شود. در این میان، ماه‌های ژانویه و فوریه دارای محدودیت بیشتری از نظر شاخص اقلیمی خواهند شد. از نظر مکانی نیز پهنه‌های گردشگری با شرایط ایدئال و عالی در مناطق جنوبی کمتر و به سمت مناطق

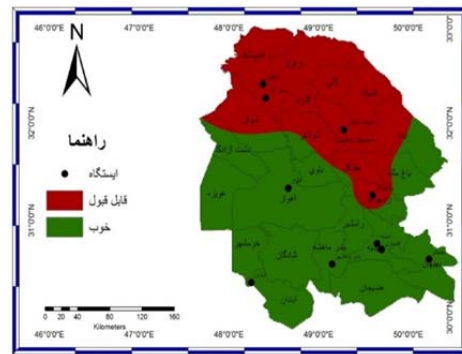


شکل (۲۴): پهنه گردشگری استان خوزستان ماه نوامبر (آینده)

Figure (24): Khuzestan tourism zoning in November (future)

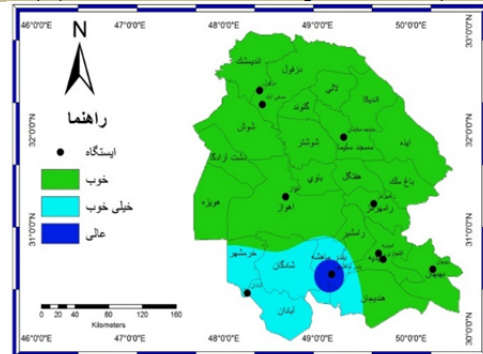
ماه دسامبر

شرایط آسایش اقلیمی ماه دسامبر در نیم سده آینده شرایط مناسب‌تری را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۲۴) مشاهده می‌شود، تعداد طبقات TCI دوره آینده در سه طبقه عالی (۱/۴٪)، خیلی خوب (۱۴/۸٪) و خوب (۸۴/۸٪) قرار می‌گیرد؛ در حالی که در دوره تاریخی، فقط دو طبقه خوب (۶۰/۲٪) و قابل قبول (۳۹/۸٪) وجود دارد (شکل ۲۵). بنابراین ماه دسامبر در آینده دارای شرایط مناسب‌تری از دیدگاه شرایط آسایش اقلیمی خواهد بود و همین امر می‌تواند زمینه جذب گردشگر بیشتری را مهیا کند.



شکل (۲۵): پهنه گردشگری خوزستان ماه دسامبر (تاریخی)

Figure (25): Khuzestan tourism zoning in December (historical)



شکل (۲۶): پهنه گردشگری خوزستان ماه دسامبر (آینده)

Figure (26): Khuzestan tourism zoning in December (future)

زمانی ماهانه و قلمروهای مناسب گردشگری در طبقات مختلف تغییر خواهند کرد. در دوره آینده (۲۰۲۱-۲۰۵۰) رتبه شاخص آسایش اقلیمی استان در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و اکتبر نسبت به گذشته کاهش می‌یابد؛ به طوری که هیچ بخشی از استان شرایط ایدئال نخواهد داشت. همچنین در ماه‌های می، ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر شرایط کاملاً نامساعد می‌شود. اما شرایط در نوامبر و دسامبر نسبت به گذشته بهبود می‌یابد. در آینده نیز قلمروهای گردشگری استان به عرض‌های شمالی و مناطق کوهستانی محدود خواهد شد.

تغییر تقویم گردشگری ماهانه و قلمروهای آن اثرات زیادی بر اقتصاد گردشگری استان برجا خواهد گذاشت. در حال حاضر ایجاد و توسعه زیرساخت‌های گردشگری مانند اقامتگاه، خدمات رفاهی، شبکه حمل‌ونقل و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی مبتنی بر شرایط تاریخی اقلیمی انجام شده است. با جابه‌جایی قلمروهای گردشگری، ضعف امکانات در نواحی جدید و غیراقتصادی شدن نواحی مناسب قبلی، زیان اقتصادی و اجتماعی زیادی به دنبال خواهد داشت. بنابراین توصیه می‌گردد با برنامه‌ریزی مبتنی بر عدم قطعیت‌ها جوانب مختلف آن در نظر گرفته شود.

شمالی استان جابه‌جا می‌شوند. بدین ترتیب تغییر اقلیم، طبقات مناسب آسایش اقلیمی را از شهرستان‌های آبادان، خرمشهر، ماهشهر و هندیجان (مناطق جنوبی) به شهرستان‌های دزپارت، ایذه، مسجدسلیمان، لالی و دزفول جابه‌جا خواهد کرد.

این یافته‌ها با نتایج مطالعات ماتزاراکیس و آملونگ (۲۰۰۸)، ژیو ژیا و همکاران (۲۰۲۳)، گوشلین و همکاران (۲۰۲۳)، رستگار و رحانن (۲۰۲۳)، بختیاری و همکاران (۲۰۱۸)، شمسی‌پور و همکاران (۲۰۱۴)، سبحانی و اسماعیل‌زاده (۲۰۲۰)، مرادجانی (۱۴۰۱)، عابدی و صداقت (۲۰۲۲) و فرج‌زاده و احمدآبادی (۲۰۱۰) انطباق دارد.

نتیجه‌گیری

در دوران پسامدرن، گردشگری یکی از بخش‌های اقتصادی مؤثر در توسعه سبز و پایدار است. گردشگری در دو بخش متمرکز و گسترده (طبیعت‌گردی) طبقه‌بندی می‌شود. جاذبه‌های گردشگری و توانمندی‌های آن به شدت تابع شرایط اقلیمی است. تغییر تقویم گردشگری و جابه‌جایی قلمروهای مناسب آن از شواهد تأثیر تغییر اقلیم بر گردشگری طبیعی است.

یافته‌ها نشان داد شاخص آسایش اقلیم گردشگری استان خوزستان در آینده تغییرات زیادی خواهد داشت. به دلیل افزایش دما و کاهش شرایط زیست‌اقلیم، تقویم گردشگری در مقیاس

References

1. Abedi, S., & Sedaghat, M. (2022). The assessment of climate change effects on tourism demands in the cities of Iran. *Journal of Urban Economics and Management*, 10(37), 1-18.
2. Amelung, B., Nicholls, S., & Viner, D. (2007). Implications of global climate change for tourism flows and seasonality. *Journal of Travel Research*, No. 45, 285.
3. Bakhtiari, B., Bakhtiari, A., & Afzali Gorouh, Z. (2018). Investigation of climate change impacts on tourism climate comfort in Iran. *Glob Nest J.* 20(2), 291-303. <https://doi.org/10.30955/gnj.002435>
4. Borna, R. (2018). Study of climate conditions affecting the tourism Khuzestan Province using TCI. *Journal of Geography (Regional Planning)*, 8(2), 107-118.
5. De Freitas C. R., (2003). Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *Int. J. Biometeorology*. Vol. 48: 45-54.
6. Farajzadeh asl, M. (2006). *GIS and its application in tourism planning*. First Edition. Tehran: SAMT Press.
7. Farajzadeh, M., & Ahmadabadi, A. (2010). Assessment and zoning of tourism climate of Iran using tourism climate index (TCI). *Physical Geography Research Quarterly*, 42(71), 31-42.
8. Gössling, S., Balas, M., Mayer, M., & Sun, Y. Y. (2023). A review of tourism and climate change mitigation: The scales, scopes, stakeholders and strategies of carbon management. *Tourism Management*, 95, 104681.
9. Harrison, S. J., Winterbottom, S. J., & Sheppard, C. (1999). The potential effects of climate change on the Scottish tourist industry. *Tourism Management*, 20(2), 203-211.
10. Jong, M. C., Puah, C. H., & Arip, M. A. (2023). assessing the impacts of tourism climate index and holiday climate index on tourism demand in Malaysia. *Asian Journal of Business Research Volume*, 13(1). 67-81.
11. Mieczkowski, Z. (1985). The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for

- tourism. *Canadian Geographer*, 29(3), 220-233.
12. Kasmai, M. (2003). *Climate and architecture*. Khak Press.
 13. Liana, K., Tsitsino, D., & Lashari, K. (2022). the role of climate in the development of georgia's tourism sector. *Computational geophysics*, 3(01(77)), 16-20.
 14. Lichtenstern, A. (2013). *Kriging methods in spatial statistics*, Bachelor's Thesis, Supervisor: Prof. Dr. Claudia Czado, Technische Universität München, Department of Mathematics.
 15. Matzarakis, A., & Amelung, B. (2008). Physiological equivalent temperature as indicator for impacts of climate change on thermal comfort of humans. In *Seasonal forecasts, climatic change and human health: health and climate* (pp. 161-172). Dordrecht: Springer Netherlands.
 16. Mohammadi, Z., Rahimi, D., Najafi, M. R., & Zakerinejad, R. (2024). The impact of environmental degradation and climate change on dust in Khuzestan province, Iran. *Natural Hazards*, 1-20.
 17. Moradjani, Sh. (2022). Investigating the effect of climate change on the future tourism of Lorestan Province using The TCI index and RCP scenarios. *Human Ecology*, Vol. 1, 27-37.
 18. Njoroge, J.M. (2015), Tourism, millennium development goals and climate change in Kenya, *African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure*. 4(1).
 19. Rahimi, D., Hasheminasab, S., & Abdollahi, K. (2019). Assessment of temperature and rainfall changes in the Karoun River basin. *Theoretical and applied climatology*, 137, 2829-2839.
 20. Rastegar, R. & Ruhanen, L. (2023). Climate change and tourism transition: From cosmopolitan to local justice. *Annals of Tourism Research*, 100(C).
 21. Sari Saraf, B., Jalali, T., & Jalal K. A. (2010). Climatourism classification of arasbaran region by the use of tci index. *Geographic space*, 10(30), 63-88.
 22. Scott D., McBoyle G. & Schwattzentruber M. (2004), Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America. *Climate Research*, Vol. 27, 105-117.
 23. Scott, D., & McBoyle, G. (2001). Using a 'tourism climate index' to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource. In *First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation* (pp. 69-88). Porto Carras: International Society of Biometeorology.
 24. Shamsipour, A.A., Salmani, M., & Bashirian, F. (2014). Temporal-spatial analysis of tourism climate of Qazvin province. *Tourism Planning and Development*, 3(8), 127-142.
 25. 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.
 26. Thompson, R. D., & Perry, A. H. (Eds.). (1997). *Applied climatology: principles and practice*. Psychology Press.
 27. Xiu-xia, L., Qingsheng, W., Yucheng, H., Linhai, J., & Wenyan, Ge. (2023). Spatio-temporal changes in tourism climate index on the Tibetan Plateau over the last 42 years. *Current Issues in Tourism*, 1-5.
 28. Zolfaghari, H. (2013). An analysis of the potentials of tourism climate in the free zone of Aras. *Geographical Space*, 12(37), 19-37.

Evaluating the effect of climate change on tourism in Khuzestan province

Dariush Rahimi,¹ Fatemeh Bashirian,² Rastegar Mohammadi,³ Mahdi Rahimipordanjani⁴

Received: 29/02/2024

Accepted: 12/06/2024

Introduction: Limiting bioclimatic conditions, destructing natural tourist attractions, displacing the tourism calendar, climate change, and global warming may also displace tourism territories to different degrees (Xiu Xia et al., 2023). The findings of various studies assert that due to the increase in temperature, heat stress, and the deterioration of the bioclimatic conditions in the Mediterranean, Malaysia, and America, favorable areas for tourism have been moved to northern latitudes (Jong et al., 2023; Matzarakis & Amelung, 2008). The assessment of the effects of climate change on Iran's tourism also indicates an increase in the locational changes of favorable tourism sites and the shift of tourism classes from excellent or ideal to desirable and suitable due to the increase in temperature and droughts (Sobhani & Esmailzadeh, 2020; Moradjani, 2022; Abedi & Sedaghat, 2022; Farajzadeh & Ahmadabadi, 2010).

Located in southwestern Iran, Khuzestan Province is regarded as a region with extensive and concentrated tourism capabilities, whose geographical features have led to the formation of mountain, plain, sea, desert, and even desert landscapes. Moreover, Khuzestan plain is known as the cradle of ancient and historical civilizations that continue to the coast of the Persian Gulf, where the cold months of the year (November to April) make the site a suitable place to visit (Borna, 2018, Rahimi et al., 2019). However, the temperature rate has been increasing by one to three degrees from 2017 on (Mohammadi et al., 2024), placing some restrictions on the tourism calendar. Therefore, climate change (2020–2080) may exert an adverse influence on tourism territories in their golden visiting time. Considering the status of tourism in the prospective development of Khuzestan province and the high sensitivity of such potential to climate change, this study sought to investigate the effect of climate change on tourism in Khuzestan province through a temporal-spatial comparative study using the thermal comfort index coefficient.

Study Area: Covering an area of approximately 64236 square meters, Khuzestan province is located in southwestern Iran, whose average annual temperature varies from 15 °C in its northern regions to 26 °C in its southern regions. Moreover, more than 85% of the province's area measures less than 500 square meters, and 15% of the province falls within the north and northeast mountainous regions. As the province possesses great tourism potential, special tourism development plans have been incorporated into the policy documents of the province to prepare the grounds for its sustainable development. However, increasing chances of climate risks such as heat waves, dust, and floods pose a potential threat to the advancement of the tourism industry in the province. In this regard, the current study set out to investigate the change in the thermal comfort index and its territories until 2050.

Method and Data: To investigate the effects of climate change on the tourism calendar and its territories in Khuzestan Province, this study examined the thermal comfort index in terms of two periods: the historic period (1985–2020) and the future period (2021–2050). The index considers such climatic elements as air temperature, precipitation, humidity, radiation, and wind. As for the time periods investigated, the study collected the required data regarding the climate variables recorded in the meteorological stations of Ahvaz, Omidiyeh, Aghajari, Abadan, Behbahan, Dezful, Safiabad, Ramhormoz, Mahshahr, and Masjed Suleiman. Moreover, to calculate the thermal comfort index for the future period, the study used downscaled climate data based on CMIP6 scenarios under the SSP 4.5 scenario.

1. Professor, Hydro- Climatology, University of Isfahan, Iran; d.rahimi@geo.ui.ac.ir

2. Postdoctoral Associate, Climatology, University of Isfahan, Iran

3. Ms. Student, Climatology, University of Isfahan, Iran

4. PhD student, Tourism, University of Algarve, Portugal

Result and Discussions: Climate change and global warming have changed climatic comfort conditions and the displaced territories in Khuzestan province. Comparing the maps prepared for the 1985–2020 period with the ones prepared for the future period (2021–2050), the study found that the thermal comfort index territories have been changed in different classes and months of the year. In other words, it could be said that global warming will create a longer summer in Iranian southern regions, leading to the reduction of the geographical territories' rank from ideal and excellent to lower classes and the movement of tourism territories. In the historical period (1985–2020), March was found to be the most ideal time for tourism. However, the findings revealed that November would be the best time for tourism in the future (2021–2050) when the province would experience the best thermal comfort index conditions. These findings are consistent with the results reported by Matzarakis & Amelung (2008), Xio Xia et al. (2023), Gössling et al. (2023), Rastegar & Ruhanen (2023), Bakhtiari et al. (2018), Shamsipour et al. (2014), Moradjani (2022), Abedi and Sedaqat (2022), and Farajzadeh and Ahmadabadi (2010).

Conclusion: The findings indicated that Khuzestan province will experience great changes in the future in terms of tourism thermal comfort index. In this regard, the province's thermal comfort index rank will, in the future period (2021–2050), decrease in the months of January, February, March, April, and October compared to the one found for the historic period (1985–2020), suggesting that no part of the province will have ideal conditions to attract tourists. Moreover, the conditions will be quite unfavorable in May, June, July, August, and September. However, compared to the historic period, the conditions will improve in November and December of the future period. Furthermore, the tourism territories of the province will be limited to northern latitudes and mountainous areas in the future.

The prospective changes in the monthly tourism calendar and its territories will exert a great influence on the province's tourism economy. Currently, tourism infrastructure such as accommodation, welfare services, transportation networks, and private sector investment have been prepared and developed based on the historical conditions of the climate. Therefore, the relocation of tourism territories, the weakness of facilities in new areas, and the neocolonialization of previously suitable areas will bring about great economic and social losses. Thus, it is recommended that various aspects of tourism development plans be considered based on uncertainties.

Keywords: Tourism, Climate Change, Thermal Comfort Index, Khuzestan Province.