

## تحلیل روند شاخص‌های حدی دما در استان خوزستان (دوره ۱۳۹۹-۱۳۷۵)

زهرا قصابی\*<sup>۱</sup>، محسن لوعلیزاده<sup>۲</sup>، زهره صالح‌زاده<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران

<sup>۲</sup> رییس گروه توسعه هواشناسی کاربردی، اداره کل هواشناسی استان خوزستان، خوزستان، ایران

<sup>۳</sup> کارشناس تحقیقات، اداره کل هواشناسی استان خوزستان، خوزستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۵

### چکیده

تغییر اقلیم، باعث احتمال بیشتر رخداد پدیده‌های حدی می‌شود که تأثیرات اجتماعی و زیست محیطی آن‌ها در مقیاس منطقه‌ای و محلی زیاد است. تغییرات اقلیمی حاصل از گرمایش جهانی بر استان خوزستان طی چند دهه گذشته تأثیرات زیادی داشته است. هدف از این تحقیق تعیین و بررسی روند سالانه شاخص‌های حدی دما (روزهای گرم، روزهای سرد، شب‌های گرم، شب‌های سرد، شاخص طول موج گرما) در ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ می‌باشد. بدین منظور اطلاعات دمای کمینه و بیشینه روزانه ایستگاه‌های منتخب هواشناسی استان خوزستان استخراج شد و با استفاده از این داده‌ها و روابط آماری نظیر معادلات خط روند، ضریب خط روند و آزمون من کندال (جهت تعیین معنی‌داری) شاخص‌های حدی دما محاسبه و روند شاخص‌ها بررسی شد. نتایج بیانگر روند منفی در شاخص‌های روزهای سرد و شب‌های سرد، روند مثبت در شاخص‌های روزهای گرم، شب‌های گرم و شاخص طول موج گرما در ایستگاه‌های مورد مطالعه است. همچنین آزمون من کندال معنی‌دار بودن روند مشاهداتی را برای شاخص روزهای گرم (در ایستگاه‌های ایذه، ماهشهر، بهبهان، دزفول، رامهرمز، شوشتر و آبادان)، شاخص روزهای سرد (در ایستگاه‌های امیدیه، مسجد سلیمان، آبادان، اهواز، ایذه، بهبهان، رامهرمز، شوشتر، ماهشهر و بستان)، شاخص شب‌های گرم (در ایستگاه‌های آبادان، امیدیه، اهواز، بستان و ماهشهر) و شاخص طول موج گرما (در ایستگاه‌های ایذه و ماهشهر) نشان می‌دهد. اما شاخص شب‌های سرد فاقد روند معنی‌داری در کلیه ایستگاه‌ها بوده است.

**کلمات کلیدی:** شاخص حدی، روزها و شب‌های گرم، روزها و شب‌های سرد، طول موج گرما،

روند، آزمون من کندال، استان خوزستان

## مقدمه

پیش‌بینی رخداد‌های حدی یکی از شش چالش بزرگ شناسایی شده توسط برنامه جهانی تحقیقات اقلیمی<sup>۱</sup> WCRP است. در طول دهه‌های اخیر افزایش معنی‌داری در رخداد پدیده‌های حدی اقلیمی مشاهده شده است (۲۰۱۳، IPCC<sup>۲</sup>). تحلیل روند شاخص‌های حدی دما در تخمین روند گرمایش جهانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. افزایش دما نقش مهمی در افزایش شدت خشکی که منجر به وقوع رخداد حدی خشک‌سالی می‌شود، دارد. همچنین می‌تواند منجر به بیابان‌زایی، کاهش منابع آب و کاهش تولید محصولات کشاورزی شود.

مطالعات زیادی در خصوص رخداد‌های حدی دما در مناطق مختلف جهان انجام شده است. کریستیدیس و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که دمای کمینه و بیشینه از سال ۱۹۵۰ میلادی افزایش قابل توجهی داشته که باعث تغییر در شدت رویدادهای حدی مانند خشک‌سالی شده است. روستیسوسی و رینوم، در سال ۲۰۰۸ تغییرات و روند شاخص دماهای حدی روزانه را در ارگوئه بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که شب‌های سرد طی دوره‌ی مطالعه دارای روند منفی است، در حالی که روزهای گرم و شب‌های گرم روند مثبتی را نشان می‌دهند. ایم و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی ساختار اقلیمی در کشور کره جنوبی طی دوره فضایی و زمانی روندهای حال و آینده (۱۹۷۱ تا ۲۱۰۰) شاخص‌های حدی پرداختند. آن‌ها برای بررسی شاخص‌ها، شدت، تداوم و فراوانی وقایع از داده‌های روزانه دمای کمینه، دمای بیشینه و داده‌های بارش استفاده کردند و نشان دادند که شاخص‌ها بر اساس دمای کمینه تغییر قابل ملاحظه‌ای به سمت گرم‌تر شدن خواهد داشت، در حالی که شاخص‌ها بر اساس دمای بیشینه روند قابل توجهی را نشان نمی‌دادند. همچنین شاخص‌های

مربوط به فراوانی و شدت بارش‌های سنگین افزایش معنی‌داری خواهد داشت. سهرابی و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای به بررسی شاخص‌های حدی اقلیمی و ارتباط آن با خشک‌سالی منطقه ایداهو در آمریکا پرداختند. آن‌ها روند کاهش بارش و روند افزایشی دما را نتیجه گرفتند، همچنین دریافتند که شب‌های حاره‌ای و روزهای تابستان افزایش و روزهای یخبندان کاهش یافته است. سنسوی و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی روند شاخص‌های اقلیمی در ترکیه در سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۶۰ پرداختند و دریافتند که روند شاخص‌های روزهای تابستان، روزها و شب‌های گرم و شب‌های حاره‌ای در کل ترکیه در حال افزایش است، در حالی که روزهای یخبندان، روزها و شب‌های سرد کاهش یافته‌اند. مطالعه رویدادهای حدی در اروپا توسط مک فادن و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که تعداد روزها و شب‌های گرم افزایش و تعداد روزها و شب‌های سرد کاهش دارد. تیان و همکاران (۲۰۱۷) به تحلیل روند رویدادهای حدی دما و بارندگی در دوره آماری ۲۰۱۱-۱۹۶۱ در مناطق عمده تولید غلات در کشور چین با استفاده از داده‌های روزانه از ۲۹۹ ایستگاه هواشناسی پرداختند. نتایج نشان دهنده روند افزایشی و معنی‌داری در رویدادهای حدی گرم و روند کاهشی در رویدادهای حدی سرد در اغلب مناطق بود.

اغلب مطالعات انجام شده به صورت منطقه‌ای یا ایستگاهی در ایران نشان می‌دهد که تغییرات شاخص‌های روزهای گرم، شب‌های گرم و روزهای تابستان روند افزایشی و تغییرات شاخص‌های سرد و روزهای سرد روند کاهشی چشمگیری دارند (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸؛ رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰؛ خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۲). علیجانی و همکاران (۱۳۹۰) تغییرات کمینه‌ها و بیشینه‌های سالانه دما در ایران را بررسی

<sup>2</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change

<sup>1</sup> World Climate Research Programme

کردند؛ نتایج حاکی از تقریباً دو برابر بودن تغییرات در میانگین دماهای کمینه در مقایسه با میانگین دماهای بیشینه بود. جهانبخش و خورشید دوست (۱۳۹۳) ضمن تحلیل روند و تخمین دوره‌های بازگشت دما و بارش‌های حدی در تبریز، دریافتند که طی نیم سده‌ی گذشته روند شاخص‌های مربوط به روزهای تابستانی، شب‌های حاره-ای و شب‌های گرم افزایشی بوده و از نظر آماری معنی‌دار است. عسکری‌زاده و همکاران (۱۳۹۷)، تغییرات آتی رویدادهای حدی بویژه دمای ایستگاه تربت حیدریه را با استفاده از خروجی مدل‌های گردش عمومی جو بررسی کردند. نتایج نشان داد که تمام نمایه‌های مورد مطالعه‌ی دما افزایش یافته؛ به طوری که پیش‌بینی می‌شود تعداد روزهای تابستانی و تعداد شب‌های حاره‌ای به ترتیب ۱۷ و ۱۵ روز افزایش خواهد یافت. لوعلی‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) روند دماهای حدی شهرستان اهواز را مورد بررسی قرار داده و بیان کردند که روند مشاهداتی در نمایه‌های شب‌های حاره‌ای، شب‌های گرم، روزهای گرم و شاخص طول دوره‌ی گرما روند معنی‌دار و مثبت داشته‌اند. قصابی و همکاران (۱۳۹۹) نمایه‌های حدی دما و بارش ایستگاه‌های استان مازندران را طی دوره ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روند نمایه‌های دمایی نظیر طول مدت گرما، تعداد روزهای تابستانی و شب‌های حاره‌ای به طور چشمگیری افزایش یافته است. در پژوهش دیگری قصابی و همکاران (۱۴۰۱) نمایه‌های حدی دما و بارش ایستگاه‌های استان کهگیلویه و بویر احمد را طی دوره ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار دادند که فراوانی رویدادهای گرم نظیر روزهای گرم، روزهای تابستانی و شب‌های گرم روندی افزایشی و فراوانی رویدادهای سرد نظیر روزهای سرد، روزهای یخبندان و شب‌های سرد روندی کاهشی نشان داد. همچنین در مطالعه‌ای که جوانشیری و همکاران (۲۰۲۱) بر روی روند منطقه‌ای دما انجام دادند، مشخص

شد که میانگین دما در اکثر مناطق ایران روند مثبت دارد و میزان تغییر آن بین ۰/۱ تا ۰/۴ درجه سانتی‌گراد در دهه بود. کمینه دما در تمام مناطق به میزان ۰/۳۵ تا ۰/۶۳ درجه در دهه افزایش معنی‌داری داشت؛ بیشترین گرمایش در ناحیه مرکزی ایران در فصل پاییز اتفاق افتاد. بیشینه دما در تمامی ۱۰ منطقه به استثنای ناحیه شرقی روند مثبت را نشان داد؛ میزان افزایش آن بین ۰/۱۴ تا ۰/۲۹ درجه در دهه متغیر بود و بیشترین افزایش در منطقه شمال شرقی در فصل بهار رخ داد.

در آشکارسازی تغییرات اقلیمی بررسی تعدادی از کمیت‌های اقلیمی اولویت بیشتری نسبت به سایر کمیت‌ها دارد. دما از جمله کمیت‌های مهم در تغییرات اقلیمی می‌باشد که در این تحقیق روند و معنی‌داری روند نمایه‌های حدی دما در ایستگاه‌های منتخب هواشناسی استان خوزستان (روزهای گرم، روزهای سرد، شب‌های گرم، شب‌های سرد و شاخص طول گرما) طی دوره ۱۳۹۹-۱۳۷۵ محاسبه و بررسی می‌شود.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان (وسیع‌ترین استان در نیمه غربی کشور) است. این استان 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 قرار دارد. داده‌های دمای کمینه و بیشینه روزانه در دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ از بانک اطلاعات سازمان هواشناسی کشور و اداره کل هواشناسی استان خوزستان استخراج شد. به این منظور از ۱۰ ایستگاه هواشناسی همدیدی و یک ایستگاه تحقیقات کشاورزی در استان خوزستان که دارای دوره آماری مناسبی می‌باشند (۱۳۷۵-۱۳۹۹)، برای بررسی تغییرات دماهای حدی استفاده شد. مشخصات جغرافیایی این ایستگاه‌ها در جدول (۱) درج شده است. در بین ایستگاه‌های منتخب (شکل ۱) ایستگاه

ماهشهر با ۶/۲ متر دارای کمترین ارتفاع و ایستگاه ایذه با ۸۲۷ متر بیشترین ارتفاع از سطح دریا را دارا می‌باشند.

جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از دریا (متر)	سال تاسیس
۱	آبادان	همدیدی اصلی	۴۸°۱۲'۵۳"	۳۰°۲۲'۳۷"	۶/۶	۱۳۲۸
۲	امیدیه	همدیدی اصلی	۴۹°۴۰'۱۴"	۳۰°۴۴'۳۲"	۲۶	۱۳۷۰
۳	ایذه	همدیدی تکمیلی	۴۹°۵۱'۱۶"	۳۱°۵۰'۵۹"	۸۲۷	۱۳۷۱
۴	اهواز	همدیدی اصلی	۴۸°۴۴'۳۹"	۳۱°۲۰'۴۰"	۲۲/۵	۱۳۳۰
۵	بستان	همدیدی فرعی	۴۸°۰۰'۳۶"	۳۱°۴۲'۲۸"	۸/۶	۱۳۶۵
۶	بهبهان	همدیدی فرعی	۵۰°۱۳'۰۲"	۳۰°۳۶'۲۰"	۳۱۳	۱۳۷۲
۷	دزفول	تحقیقات کشاورزی	۴۸°۲۵'۵۹"	۳۲°۱۵'۱۲"	۸۲	۱۳۶۵
۸	رامهرمز	همدیدی فرعی	۴۹°۳۵'۴۷"	۳۱°۱۶'۲۲"	۱۵۰	۱۳۶۶
۹	شوشتر	همدیدی تکمیلی	۴۸°۵۲'۳۰"	۳۲°۰۱'۵۹"	۶۷	۱۳۷۲
۱۰	ماهشهر	همدیدی اصلی	۴۹°۰۹'۳۶"	۳۰°۳۳'۴۰"	۶/۲	۱۳۶۶
۱۱	مسجدسلیمان	همدیدی اصلی	۴۹°۱۴'۲۶"	۳۲°۰۰'۰۳"	۳۲۰	۱۳۶۸



شکل ۱- نقشه پراکنش ایستگاه‌های منتخب در استان خوزستان

اساس بنا بر استفاده از محاسبات صدک‌ها در تعیین صدک‌های دهم و نودم این شاخص‌ها، روش‌های محاسبه چندک‌ها در ادامه توضیح داده شده است. چندک‌ها

مقادیری از مشاهدات هستند که دامنه تغییرات را به فاصله‌های چندکی مورد نیاز تقسیم می‌کنند، به طوری که فراوانی‌ها در هر یک از فواصل درصد معینی از فراوانی کل را تشکیل می‌دهند. بنابراین اگر دامنه‌ی تغییرات را به چهار قسمت مساوی تقسیم کنیم به چارک‌ها، اگر به ده قسمت مساوی تقسیم کنیم به دهک‌ها و اگر به صد قسمت مساوی تقسیم کنیم به صدک‌ها خواهیم رسید. در داده‌های طبقه‌بندی شده روش محاسبه چندک‌ها کاملاً شبیه محاسبه میانه است؛ اگر داده‌ها پیوسته و دسته‌بندی باشند برای محاسبه‌ی چندک‌ها مراحل زیر انجام می‌شود:

- ستون فراوانی تجمعی تشکیل می‌شود؛
- مقدار  $n \times p$  محاسبه می‌گردد؛ (  $p$  عددی بین صفر تا ۱۰۰ و  $n$  تعداد مشاهدات)
- از ستون فراوانی تجمعی طبقه چندک‌دار معلوم می‌شود،
- رابطه‌ی (۱) برای محاسبه‌ی چندک‌ها استفاده می‌شود.

$$Q_p = L_p + \frac{n \cdot p}{100} - F_{(p-1)} \cdot W \quad \text{رابطه (۱)}$$

$L_p$  حد پایین طبقه چندک،  $f_p$  فراوانی طبقه چندک،  $F_{p-1}$  فراوانی تجمعی طبقه ماقبل چندک و  $W$  طول طبقه است.

روند و روش ارزیابی آن  
روند یکی از مولفه‌های بسیار مهم یک سری می‌باشد

شاخص‌های حدی دما، توصیه شده توسط گروه کارشناسی CCL / CLIVAR

پروژه‌ی مشترکی بین کمیته مشترک اقلیم‌شناسی سازمان جهانی هواشناسی (CCL<sup>1</sup>) و قابلیت پیش‌بینی و تغییرپذیری اقلیم (CLIVAR<sup>2</sup>) و برنامه تحقیقات جهانی در زمینه پایش و آشکارسازی تغییر اقلیم و نمایه‌های آن انجام شده و روش محاسبه نمایه‌های مختلف ارائه شده است. فهرست نمایه‌های معرفی شده توسط تیم تحقیقاتی شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها (ETCCDI<sup>3</sup>) ارائه شده است. از ۲۷ نمایه، ۱۶ نمایه مربوط به نمایه‌های حدی‌های دما و ۱۱ نمایه مربوط به نمایه‌های حدی‌های بارش است (ژانگ و همکاران ۲۰۰۷). در ادامه نمایه‌های حدی دما که در این مطالعه استفاده شده‌اند، معرفی می‌شوند.

۱. شب‌های سرد (TN10p): درصدی از روزها که دمای شبانه کمتر از صدک ۱۰ ام داده‌ها است.
۲. روزهای سرد (TX10P): درصدی از روزها که دمای روزانه کمتر از صدک ۱۰ ام باشد.
۳. شب‌های گرم (TN90P): درصدی از روزها که دمای شبانه بیشتر از صدک ۹۰ ام باشد.
۴. روزهای گرم (TX90P): درصدی از روزها که دمای روزانه بیشتر از صدک ۹۰ ام باشد.
۵. شاخص طول موج گرما (WSDI 4): تعداد روزهایی از سال که حداقل ۶ روز پیاپی دمای روزانه بیشتر از صدک ۹۰ ام باشد.

در این مطالعه پنج شاخص حدی دما شامل (تعداد روزهای گرم)، (تعداد شب‌های گرم)، (تعداد روزهای سرد)، (تعداد شب‌های سرد)، (شاخص طول موج گرما)، طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفته است. بر این

<sup>3</sup> Expert Team (ET) on Climate Change Detection and Indices

<sup>4</sup> Warm Spell Duration index

<sup>1</sup> The Joint World Meteorological organization commission for climatology

<sup>2</sup> Climate variability and predictability

داده‌های  $k$  ام و  $Z$  ام سری می‌باشند. تابع علامت نیز به شرح زیر قابل محاسبه است:

$$\begin{aligned} \operatorname{sgn}(x) &= 1 \quad \text{if } X > 0 \\ \operatorname{sgn}(x) &= 0 \quad \text{if } X = 0 \\ \operatorname{sgn}(x) &= -1 \quad \text{if } X < 0 \end{aligned} \quad \text{رابطه (۳)}$$

به دلیل اینکه طول دوره آماری مورد استفاده بیش از ۲۰ سال می‌باشد از رابطه زیر برای تعیین واریانس استفاده می‌شود.

رابطه (۴)

$$\operatorname{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i i(i-1)(2i+5)}{18}$$

که  $n$  تعداد داده‌های مشاهداتی و  $i$  معرف تعداد سری‌هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد.  $t$  نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است.

$$z = \begin{pmatrix} \frac{s-1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{pmatrix} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در یک آزمون دو دامنه جهت روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در حالتی پذیرفته می‌شود که رابطه  $|z| \leq z_{\frac{\alpha}{2}}$  برقرار باشد، در این رابطه  $\alpha$  سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و  $z_{\alpha}$  آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری  $\alpha$  می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون،  $\frac{\alpha}{2}$  استفاده می‌شود. در صورتی که آماره  $Z$  مثبت باشد، روند داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی خواهد بود (جورج و همکاران، ۲۰۰۹). جدول ۲ سطوح معنی‌داری آماره  $Z$  را نشان می‌دهد.

که در بررسی گرایش درازمدت سری‌های زمانی اقلیمی کاربرد فراوان دارد. در دهه‌های اخیر یک منبع مهم مولد روند در سری‌های زمانی اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی و تاثیر گازهای گلخانه‌ای بوده است. روند افزایشی سری‌های زمانی دما که در اغلب نقاط دنیا مشاهده شده است از بررسی و تعیین روند آن‌ها بدست آمده است (رحیم زاده، ۱۳۹۰). روند به افزایش یا کاهش مداوم و یکنواخت متغیر مورد بررسی نسبت به مقدار میانگین اطلاق می‌شود. در اقلیم شناسی روند به تغییرات دراز مدت عناصر اقلیمی یعنی نوسان در شرایط متوسط اقلیمی اطلاق می‌شود (ماتی و همکاران، ۲۰۰۹).

در مطالعات اقلیمی از آزمون ناپارامتریک من کندال برای بررسی معنی‌دار بودن روند استفاده می‌شود. این روش بطور گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هواشناسی بکار گرفته می‌شود. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. اثر پذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردد نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (لتنمایر و همکاران ۱۹۹۴). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک و رد فرض صفر دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است: - محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر  $s$  به شرح زیر:

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad \text{رابطه (۲)}$$

که  $n$  تعداد مشاهدات سری و  $x_k$  و  $x_j$  به ترتیب

جدول ۲- سطوح معنی‌داری آماره Z

سطح اطمینان	۱۰ درصد	۵ درصد	۱ درصد
آماره Z	۱/۶۴	۱/۹۶	۲/۵۷۵

### بحث و نتایج

۴۱

نشریه هواشناسی و علوم جو

جلد ۶، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۲

شاخص شب‌های سرد) و صدک نودم دمای کمینه (شب‌های گرم) می‌باشد که پس از پردازش داده‌های روزانه دمای بیشینه و دمای کمینه هر ایستگاه طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹، محاسبات صدک نودم و دهم این شاخص‌ها به شرح جدول ۳ است.

برای محاسبه شاخص‌های حدی دما شامل روزهای گرم، روزهای سرد، شب‌های گرم، شب‌های سرد و شاخص طول دوره گرما طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ نیاز به محاسبه صدک دهم دمای بیشینه (شاخص روزهای سرد)، صدک نودم دمای بیشینه (شاخص روزهای گرم و شاخص طول دوره گرما)، صدک دهم دمای کمینه)

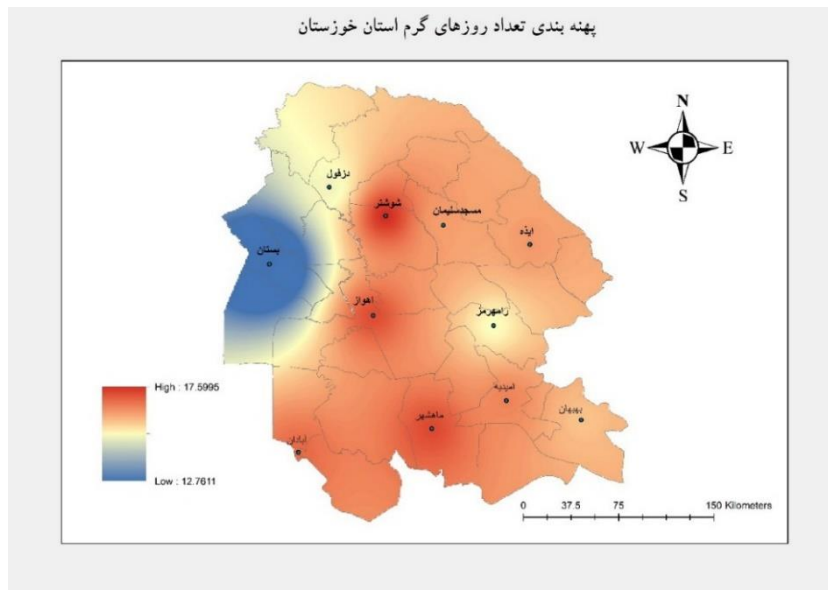
جدول ۳- صدک دهم و نودم دمای بیشینه و دمای کمینه ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹

نام ایستگاه	روزهای گرم (صدک نودم دمای بیشینه)	شب‌های گرم (صدک نودم دمای کمینه)	شاخص طول دوره گرما (دمای بیشینه در شش روز متوالی در سال مساوی یا بیشتر از صدک نودم باشد)	روزهای سرد (صدک دهم دمای بیشینه)	شب‌های سرد (صدک دهم دمای کمینه)
آبادان	۴۸/۷	۳۰/۹	۴۸/۷	۱۶/۶	۵/۸
اهواز	۴۸/۲	۳۱/۵	۴۸/۲	۱۶/۶	۶/۱
امیدیه	۴۸/۴	۳۰/۱	۴۸/۴	۱۶/۸	۴/۹
ایذه	۴۳/۶	۲۶/۷	۴۳/۶	۱۲/۹	۱/۸
بستان	۴۸/۳	۲۸/۹	۴۸/۳	۱۵/۹	۳/۷
بهبهان	۴۶/۷	۲۹/۸	۴۶/۷	۱۶/۱	۳/۵
دزفول	۴۷/۶	۲۸/۵	۴۷/۶	۱۶/۱	۴/۱
رامهرمز	۴۸/۰	۳۲/۶	۴۸/۰	۱۶/۵	۶/۵
شوشتر	۴۸/۰	۳۲/۹	۴۸/۰	۱۶/۲	۶/۹
ماهشهر	۴۷/۳	۳۰/۸	۴۷/۳	۱۶/۶	۵/۸
مسجد سلیمان	۴۶/۹	۳۲/۷	۴۶/۹	۱۵/۵	۵/۷

رنگ قرمز پررنگ (مرکز، شمال و جنوب استان) بیشترین و مناطق با رنگ آبی (غرب استان) کمترین تعداد روزهای گرم را در استان دارا بوده‌اند. بیشینه و کمینه تعداد روزهای گرم طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ به ترتیب متعلق به ایستگاه‌های شوشتر با ۱۷/۶ روز و ایستگاه بستان با ۱۲/۸ روز بوده است.

سپس فراوانی شاخص‌های روزهای گرم، روزهای سرد، شب‌های گرم، شب‌های سرد و شاخص طول دوره گرما طی دوره مطالعاتی انجام شد و نتایج در ادامه آمده است.

-شاخص روزهای گرم: شکل ۲ پهنه‌بندی میانگین تعداد روزهای گرم را نشان می‌دهد. مناطق با



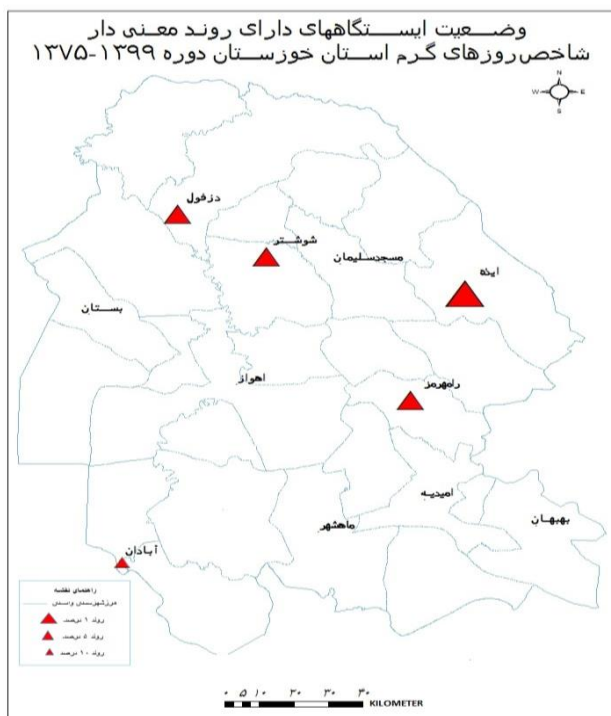
شکل ۲ پهنه بندی تعداد روزهای گرم استان خوزستان دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹

دوره مطالعاتی مثبت است. نتایج این آزمون در ایستگاه-های ایذه و ماهشهر در سطح اعتماد ۱ درصد، در ایستگاه‌های بهبهان، دزفول، رامهرمز و شوشتر در سطح اعتماد ۵ درصد و در ایستگاه آبادان در سطح اعتماد ۱۰ درصد معنی دار بوده است. در ایستگاه‌های اهواز، امیدیه، بستان و مسجدسلیمان علیرغم مثبت بودن مقدار آزمون Z، روند معنی دار نیست (شکل ۳).

جدول ۴ نتایج آزمون من کندال تعداد روزهای گرم را در استان خوزستان نشان می‌دهد. ایستگاه ایذه (با ضریب روند ۱۰/۵ روز در دهه) و ایستگاه اهواز (با ضریب روند ۲/۰۸ روز در دهه) بیشینه و کمینه ضریب روند این شاخص را طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ دارا بوده‌اند. مقادیر آماره Z در آزمون من کندال برای روند تعداد روزهای گرم ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان طی

جدول ۴ آزمون من کندال تعداد روزهای گرم استان خوزستان دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹

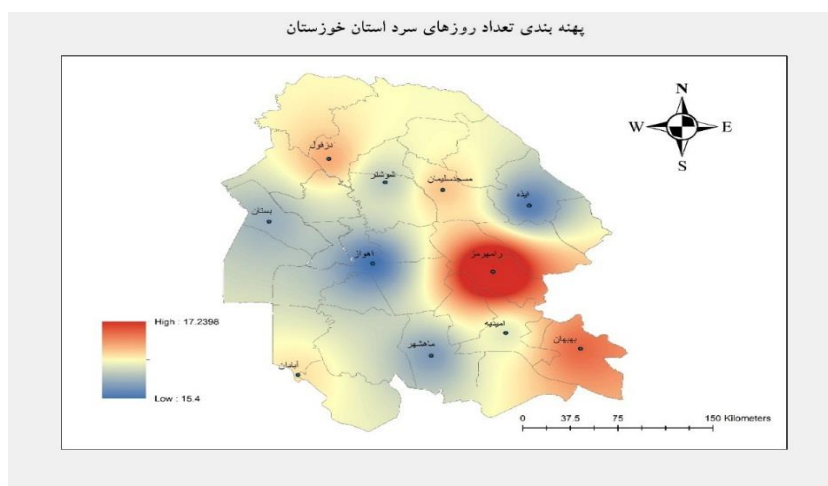
نام ایستگاه	میانگین تعداد روزهای گرم در سال	ضریب خط روند روزهای گرم	آزمون Z	سطح اعتماد			
				فاقد روند	۱۰ درصد ۱/۶۴	۵ درصد ۱/۹۶	۱ درصد ۲/۵۷۶
آبادان	۱۷/۲	۰/۴۴	۱/۸۵		+		
امیدیه	۱۷/۰	۰/۴۲	۰/۴۹	*			
اهواز	۱۷/۴	۰/۲۰	۱/۵۹	*			
ایذه	۱۶/۸	۱/۰۵	۴/۳۱				*
بستان	۱۲/۸	۰/۴۱	۱/۴۱	*			
بهبهان	۱۶/۵	۰/۶۲	۲/۲۰			*	
دزفول	۱۶/۰	۰/۵۷	۲/۱۱			*	
رامهرمز	۱۶/۱	۰/۵۵	۱/۹۷			*	
شوشتر	۱۷/۶	۰/۵۰	۲/۱۰			*	
ماهشهر	۱۷/۴	۰/۴۸	۲/۶۵				*
مسجد سلیمان	۱۶/۸	۰/۴۲	۱/۴۸	*			



شکل ۳ روند شاخص تعداد روزهای گرم در استان خوزستان

روزهای سرد را دارا بوده‌اند. بیشینه و کمینه تعداد روزهای سرد طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ متعلق به ایستگاه رامهرمز با میانگین ۱۷/۲ روز و ایستگاه ایذه با میانگین ۱۵/۲ بوده است.

شاخص روزهای سرد: شکل ۴ پهنه‌بندی میانگین تعداد روزهای سرد استان خوزستان را طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ نشان می‌دهد. مناطق با رنگ قرمز پررنگ (شرق و جنوب شرق استان) بیشترین و مناطق با رنگ آبی پررنگ (شمال شرق، مرکز و غرب استان) کمترین تعداد



شکل ۴ پهنه‌بندی تعداد روزهای سرد در استان خوزستان دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹

ضریب روند ۶/۶- روز در دهه) و ایستگاه دزفول (با ضریب روند ۳/۷- روز در دهه) بیشینه و کمینه ضریب

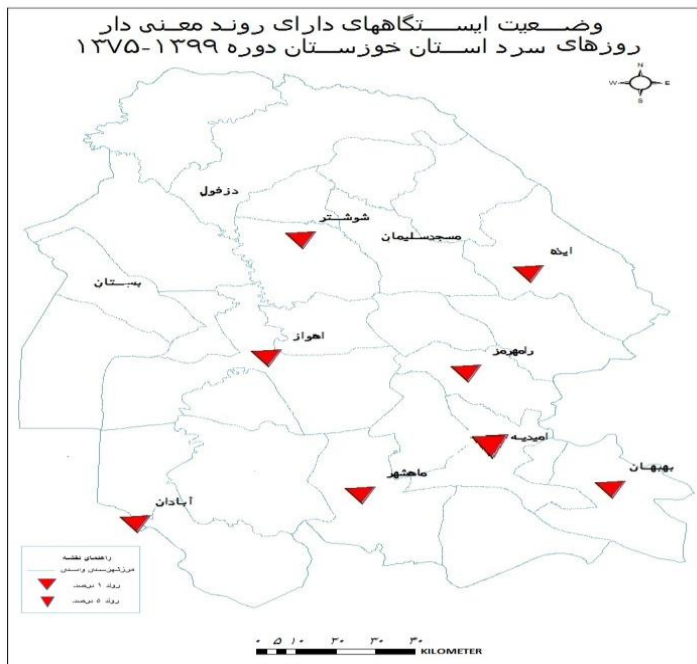
جدول ۵ نتایج آزمون من‌کندال تعداد روزهای سرد را در استان خوزستان نشان می‌دهد. ایستگاه آبادان (با

روند این شاخص را طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ دارا بوده‌اند. مقادیر آماره Z برای روند تعداد روزهای سرد در ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان طی دوره مطالعاتی منفی بوده است. نتایج این آزمون در ایستگاه-های امیدیه و مسجدسلیمان در سطح اعتماد ادرصد، در

۷ ایستگاه آبادان، اهواز، ایزه، بهبهان، رامهرمز، شوشتر و ماهشهر در سطح اعتماد ۵ درصد و در ایستگاه بستان در سطح اعتماد ۱۰ درصد معنی‌دار است. در ایستگاه دزفول روند معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ۵).

جدول ۵ آزمون من کندانال تعداد روزهای سرد استان خوزستان دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹

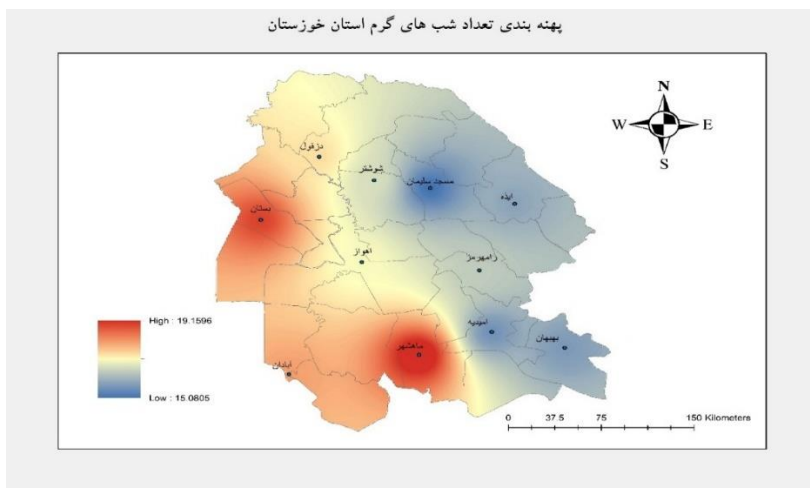
نام ایستگاه	میانگین تعداد روزهای سرد در سال	ضریب خط روند روزهای سرد	آزمون Z	سطح اعتماد			
				فاقد روند	ادرصد (۱/۶۴)	۵درصد (۱/۹۶)	ادرصد (۲/۵۷۶)
آبادان	۱۶/۱	-۰/۶۶	-۲/۲۲			*	
امیدیه	۱۵/۹	-۰/۵۳	-۲/۶۷				*
اهواز	۱۵/۴	-۰/۶۲	-۲/۴۶			*	
ایزه	۱۵/۲	-۰/۵۷	-۲/۴۶			*	
بستان	۱۵/۷	-۰/۴۶	-۱/۷۶		+		
بهبهان	۱۶/۴	-۰/۴۹	-۲/۲۰			*	
دزفول	۱۶/۲	-۰/۳۷	-۱/۵۲	*			
رامهرمز	۱۷/۲	-۰/۵۴	-۲/۳۵			*	
شوشتر	۱۵/۸	-۰/۴۶	-۲/۵۱			*	
ماهشهر	۱۵/۶	-۰/۵۳	-۲/۰۹			*	
مسجد سلیمان	۱۶/۲	-۰/۵۷	-۲/۷۰				*



شکل ۵ روند شاخص تعداد روزهای سرد در استان خوزستان

شب‌های گرم استان خوزستان را دارا بوده‌اند، طوری که بیشینه تعداد شب‌های گرم متعلق به ایستگاه ماهشهر با میانگین ۱۹/۲ شب و کمینه آن متعلق به ایستگاه مسجدسلیمان با میانگین ۱۵/۱ شب بوده است (جدول ۶).

- شاخص شب‌های گرم: شکل ۶ پهنه‌بندی میانگین تعداد شب‌های گرم استان خوزستان را طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ نشان می‌دهد. در این نقشه غرب و جنوب استان (مناطق با رنگ قرمز پررنگ) بیشینه و شمال شرق و جنوب شرق استان (مناطق با رنگ آبی) کمینه تعداد



شکل ۶ پهنه‌بندی تعداد شب‌های گرم در استان خوزستان دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹

دیگر مثبت است. ایستگاه آبادان (با ضریب روند ۹/۸۸ در دهه) و ایستگاه ایذه (با ضریب روند ۰/۰۸ در دهه) بیشینه و کمینه روند را دارا هستند (جدول ۴). توپوگرافی

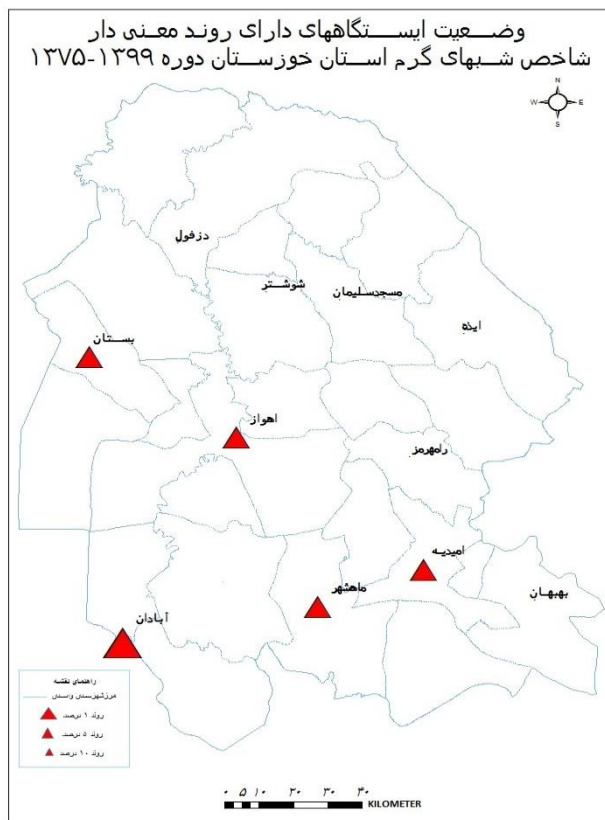
روند سالانه تعداد شب‌های گرم در استان خوزستان طی دوره‌ی ۱۳۷۵-۱۳۹۹ به غیر از ایستگاه دزفول که کاهشی (با ضریب ۱/۲- در دهه) است، در ایستگاه‌های

های گرم ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان مثبت بوده است که بیانگر افزایش تعداد شب‌های گرم طی دوره مطالعاتی است؛ اما در مجموع نتایج این آزمون در ایستگاه آبادان در سطح اعتماد ۱ درصد و در ایستگاه‌های امیدیه، اهواز، بستان و ماهشهر در سطح اعتماد ۵ درصد معنی‌دار است (شکل ۷).

منطقه بر روند تغییرات این شاخص می‌تواند تاثیرگذار باشد به نحوی که در ایستگاه‌های کم ارتفاع و مستقر در دشت خوزستان ضریب روند تعداد شب‌های گرم بیشترین مقدار و در ایستگاه‌های مستقر در ارتفاعات استان ضریب روند تغییرات این شاخص کمترین مقدار خود را داراست. مقادیر آماره Z برای روند تعداد شب

جدول ۶ آزمون من‌کندهال تعداد شب‌های گرم ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹

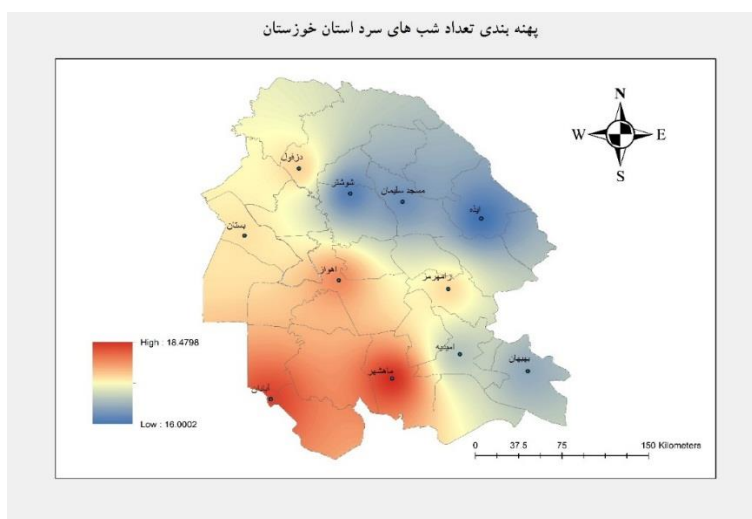
نام ایستگاه	میانگین تعداد شب- های گرم در سال	ضریب خط روند شب‌های گرم	آزمون Z	سطح اعتماد			
				فاقد روند	۱۰در صد (۱/۶۴)	۵درصد (۱/۹۶)	۱درصد (۲/۵۷۶)
آبادان	۱۷/۷	۰/۹۸۸	۳/۳۵				*
امیدیه	۱۵/۵	۰/۶۵۲	۲/۳۴			*	
اهواز	۱۶/۸	۰/۶۴۸	۲/۰۸			*	
ایذه	۱۵/۸	۰/۰۰۸	۰/۱۴	*			
بستان	۱۸/۶	۰/۸۸۳	۲/۲۷			*	
بهبهان	۱۵/۶	۰/۳۱۳	۱/۶۲	*			
دزفول	۱۷/۲	-۰/۱۲۸	-۰/۱۴	*			
رامهرمز	۱۶/۳	۰/۳۵۳	۱/۶۱	*			
شوشتر	۱۶/۵	۰/۰۵۳	-۰/۰۲	*			
ماهشهر	۱۹/۲	۰/۶۱۳	۱/۹۷			*	
مسجد سلیمان	۱۵/۱	۰/۲۱۵	۰/۶۶	*			



شکل ۷ روند شاخص تعداد شب‌های گرم در استان خوزستان

تعداد شب‌های سرد را در استان خوزستان دارا بوده‌اند (شکل ۸). براساس نتایج جدول ۶ بیشینه و کمینه تعداد شب‌های سرد طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ متعلق به ایستگاه ماهشهر با ۱۸/۵ شب و ایستگاه ایزده با ۱۶/۰ شب بوده است.

- شاخص شب‌های سرد: پهنه‌بندی میانگین تعداد شب‌های سرد استان خوزستان طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ نشان می‌دهد که مرکز و جنوب استان (مناطق با رنگ قرمز پررنگ) بیشترین و شمال شرق، جنوب شرق و بخش‌هایی از شمال استان (مناطق با رنگ آبی) کمترین



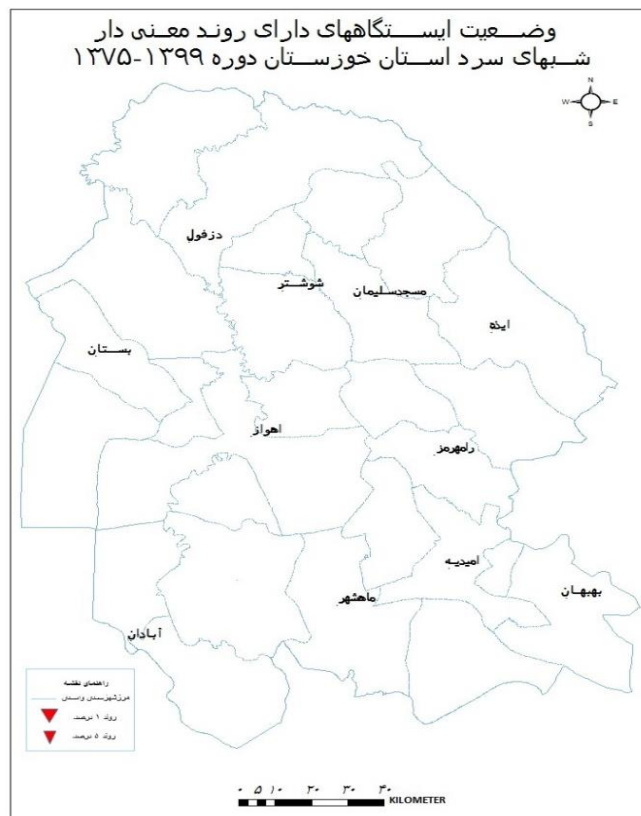
شکل ۸ پهنه‌بندی تعداد شب‌های سرد استان خوزستان دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹

است به نحوی که در ایستگاه‌های کم ارتفاع و مستقر در دشت خوزستان (ماهشهر و امیدیه) ضریب روند بیشترین تغییرات منفی را دارا است و در ایستگاه‌های مستقر در ارتفاعات (ایذه یا بهبهان) ضریب روند تغییرات این شاخص مثبت است. مقادیر آماره Z برای روند تعداد شب‌های سرد در ایستگاه‌های اهواز، ایذه و بهبهان مثبت و برای ۱۸ ایستگاه دیگر استان منفی بوده است. در مجموع نتایج این آزمون، روند این شاخص در ایستگاه‌های مطالعاتی معنی‌دار نیست (شکل ۹).

روند تغییرات سالانه تعداد شب‌های سرد در استان خوزستان طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ در ۱۸ ایستگاه منفی و در ۳ ایستگاه مثبت بوده است. ایستگاه ماهشهر (با ضریب ۴/۵۳- در دهه) و ایستگاه مسجدسلیمان (با ضریب ۱/۰۲- در دهه) بیشینه و کمینه روند منفی تعداد شب‌های سرد را دارند. ایستگاه ایذه (با ضریب ۳/۳۵ در دهه) و ایستگاه اهواز (با ضریب ۰/۹۵ در دهه) بیشینه و کمینه روند مثبت تعداد شب‌های سرد را دارند (جدول ۷). می‌توان گفت که توپوگرافی استان بر روند تغییرات این شاخص تاثیر داشته

جدول ۷ آزمون من کندال تعداد شب‌های سرد ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹

نام ایستگاه	میانگین تعداد شب‌های سرد در سال	ضریب خط روند شب‌های سرد	آزمون Z	سطح اعتماد			
				فاقد روند	۱۰ درصد (۱/۶۴)	۵ درصد (۱/۹۶)	۱ درصد (۲/۵۷۶)
آبادان	۱۸/۴	-۰/۳۹۲	-۱/۳۱	*			
امیدیه	۱۶/۸	-۰/۴۰۹	-۱/۴۵	*			
اهواز	۱۷/۹	۰/۰۹۵	۰/۴۴	*			
ایذه	۱۶/۰	۰/۳۳۵	۱/۲۲	*			
بستان	۱۷/۴	-۰/۲۹۷	-۱/۰۶	*			
بهبهان	۱۶/۵	۰/۲۲۶	۰/۷۷	*			
دزفول	۱۷/۵	-۰/۲۹۳	-۱/۱۸	*			
رامهرمز	۱۷/۴	-۰/۱۳۳	-۰/۶۳	*			
شوشتر	۱۶/۱	-۰/۱۷۳	-۱/۰۱	*			
ماهشهر	۱۸/۵	-۰/۴۵۳	-۱/۶۲	*			
مسجد سلیمان	۱۶/۳	-۰/۱۰۲	-۰/۳۷	*			

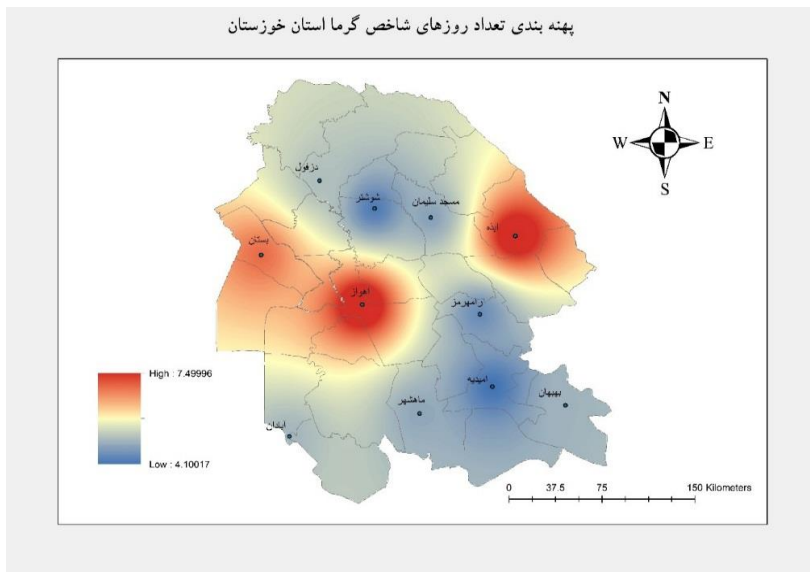


شکل ۹ روند تعداد شب‌های سرد در استان خوزستان

روند  $5/33$  روز در دهه) و ایستگاه مسجد سلیمان (با ضریب روند  $1/87$  روز در دهه) بیشینه و کمینه ضریب روند شاخص تعداد روزهای شاخص طول موج گرما در استان دارا بوده‌اند. مقادیر آماره z برای روند تعداد روزهای شاخص طول موج گرما در استان خوزستان مثبت است. با توجه به شکل ۱۲ آزمون من کندال معنی-دار بودن روند تعداد روزهای شاخص طول موج گرما را طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹، برای دو ایستگاه ایذه و ماهشهر در سطح اعتماد ۵ درصد تایید می‌کند. اما در مجموع نتایج این آزمون در بقیه ایستگاه‌ها فاقد روند معنی‌داری است.

-شاخص طول موج گرما: در نقشه پهنه‌بندی میانگین تعداد روزهای شاخص طول موج گرما در استان خوزستان شرق، غرب و مرکز استان (مناطق با رنگ قرمز پررنگ) بیشترین و شمال، جنوب و جنوب شرق استان (مناطق با رنگ آبی) کمترین تعداد روزهای این شاخص را داشته‌اند (شکل ۱۰). براساس نتایج جدول ۷ بیشینه و کمینه تعداد روزهای شاخص طول موج گرما متعلق به ایستگاه اهواز با میانگین  $7/5$  روز و ایستگاه امیدیه با  $4/1$  روز بوده است (جدول ۸).

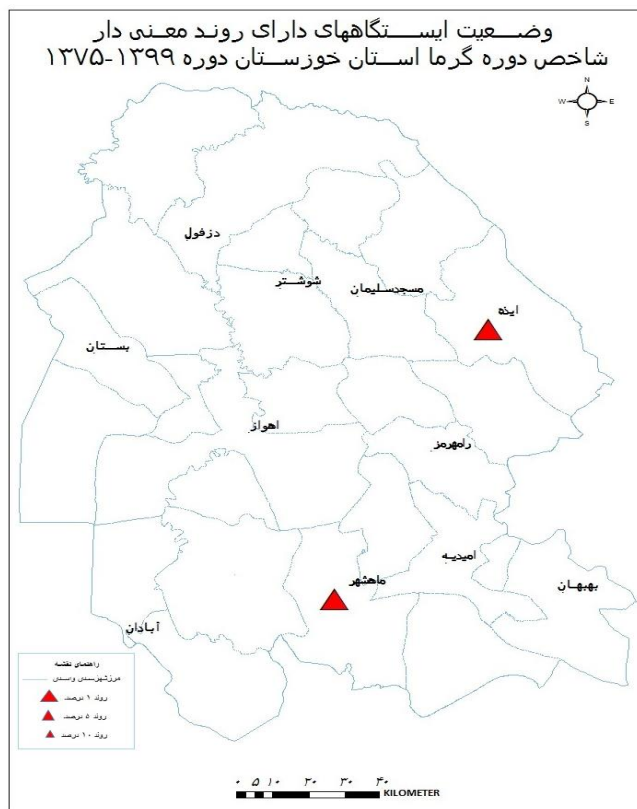
روند شاخص تعداد روزهای شاخص طول موج گرما در ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹ مثبت بوده است. ایستگاه ایذه (با ضریب



شکل ۱۰ پهنه‌بندی تعداد روزهای شاخص طول موج گرما استان خوزستان دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹

جدول ۸ آزمون من کندال تعداد شاخص طول موج گرما ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۹

نام ایستگاه	میانگین شاخص طول موج گرما در سال	ضریب خط شاخص طول موج گرما	آزمون Z	سطح اعتماد			
				فاقد روند	۱۰ درصد (۱/۶۴)	۵ درصد (۱/۹۶)	۱ درصد (۲/۵۷۶)
آبادان	۴/۸	۰/۲۴۳	۱/۴۲				
امیدیه	۴/۱	۰/۲۴۷	۰/۹۸				
اهواز	۷/۵	۰/۳۸۸	۱/۰۲				
ایذه	۷/۴	۰/۵۳۳	۲/۳۱			*	
بستان	۶/۵	۰/۳۲۱	۱/۳۹				
بهبهان	۴/۸	۰/۲۳۰	۰/۸۱				
دزفول	۴/۹	۰/۲۶۷	۱/۳۵				
رامهرمز	۴/۴	۰/۳۶۰	۱/۳۰				
شوشتر	۴/۲	۰/۲۱۴	۰/۸۱				
ماهشهر	۴/۷	۰/۳۹۸	۲/۲۳			*	
مسجد سلیمان	۴/۶	۰/۱۸۷	۰/۶۰				



شکل ۱۱ روند شاخص طول موج گرما در استان خوزستان

### جمع‌بندی

چشمگیر شاخص‌های سرد و روزهای سرد تاکید داشته و نتایج بدست آمده در این تحقیق را تایید می‌نمایند. نتایج حاصل از آزمون روند در ۵ شاخص حدی دما برای ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان به شرح ذیل بوده است:

روزهای گرم: نتایج آزمون من‌کنندال روند مثبت معنی‌دار را در ایستگاه‌های ایذه و ماهشهر (سطح ۱ درصد)، بهبهان، دزفول، رامهرمز و شوشتر (سطح ۵ درصد) و ایستگاه آبادان (سطح ۱۰ درصد) تایید کرده است و در ایستگاه‌های اهواز، امیدیه، بستان و مسجد سلیمان روند مشاهداتی معنی‌دار نبوده است.

روزهای سرد: نتایج آزمون من‌کنندال روند منفی معنی‌دار را در ایستگاه‌های امیدیه و مسجد سلیمان (۱ درصد)، آبادان، اهواز، ایذه، بهبهان، رامهرمز، شوشتر و ماهشهر (۵ درصد) و ایستگاه بستان (۱۰ درصد) تایید کرده است. در ایستگاه دزفول روند مشاهداتی معنی‌دار

شاخص‌های حدی اقلیمی تأثیرات منفی زیادی در بخش‌های مختلف دارند. عموماً مشاهدات حاکی از تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در خصوصیات رخداد‌های حدی هستند. در این تحقیق شاخص‌های حدی دما در ۱۱ ایستگاه استان خوزستان طی دوره‌ی ۱۳۷۵-۱۳۹۹ مطالعه شد. نتایج این بررسی حاکی از افزایش فراوانی رویدادهای گرم نظیر روزهای گرم و شب‌های گرم و کاهش فراوانی رویدادهای سرد نظیر روزهای سرد و شب‌های سرد در استان خوزستان طی دوره‌ی مطالعاتی است. مطالعات انجام گرفته توسط شکیبیا و همکاران (۱۳۸۸)، جهانبخش و خورشید دوست (۱۳۹۳)، عسگری‌زاده و همکاران (۱۳۹۷)، لوعلی‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) و قصابی و همکاران (۱۴۰۱ و ۱۳۹۹) بر افزایش روند شاخص‌های حدی گرم دما مانند شاخص‌های روزهای گرم، شب‌های گرم و روزهای تابستان، و کاهش

نموده است.

شب‌های گرم: نتایج آزمون من‌کندال روند مثبت معنی‌دار را در ایستگاه‌های آبادان (۱ درصد) امیدیه، اهواز، بستان و ماهشهر (۵ درصد) تایید کرده است. در ایستگاه‌های ایزه، بهبهان و دزفول، رامهرمز، شوشتر، مسجدسلیمان روند مشاهداتی معنی‌دار نبوده است.

شب‌های سرد: نتایج آزمون من‌کندال در سطوح اعتماداً تا ۱۰ درصد معنی‌داری روند را برای هیچ کدام از ایستگاه‌های استان تایید نکرده است.

شاخص طول موج گرما: نتایج آزمون من‌کندال روند مثبت معنی‌دار را در ایستگاه‌های ایزه و ماهشهر (۵ درصد) تایید کرده است. در سایر ایستگاه‌های استان روند مشاهداتی معنی‌دار نبوده است.

### منابع

- ۱-جهانبخش اصل، سعید، خورشیددوست، علی‌محمد، دین پژوه، یعقوب، سرافروزه، فاطمه (۱۳۹۳). تحلیل روند و تخمین دوره‌های بازگشت دما و بارش‌های حدی در تبریز. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۸ (۵۰)، ۱۳۳-۱۰۷.
- ۲-خورشید دوست، علی‌محمد، زنگنه، سعید و زراعی، یوسف (۱۳۹۲). تحلیل و بررسی روند شاخص‌های حدی دما و بارش بر اساس سری‌های زمانی روزانه ایستگاه-سینوپتیک کرمانشاه در دوره آماری ۴۸ ساله ۲۰۰۹-۱۹۶۱. سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصص علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدن، ۱-۷.
- ۳-رحیم‌زاده، فاطمه (۱۳۹۰). روش‌های آماری در مطالعات هواشناسی و اقلیم‌شناسی، انتشارات آبان.
- ۴-رحیم‌زاده، فاطمه، هدایت دزفولی، اکرم و اصغریان، آرزو (۱۳۹۰). ارزیابی روند و جهش نمایه‌های حدی دما و بارش در استان هرمزگان. جغرافیا و توسعه، ۲۱، ۹۷-۱۱۶.
- ۵-شکیبا، علیرضا، خلیلی، عین‌اله و دشت بزرگی، آمنه (۱۳۸۸). تحلیل روند تغییرات دمایی شهرستان اهواز بر اساس شاخص‌های حدی. فصلنامه چشم انداز جغرافیایی، ۸، ۹۹-۱۲۶.
- ۶-قصابی، زهرا، ملکی، محمدعلی، امیری، آرزو، پاشائیان، مهدی، یوسفی‌زاده، رحیم (۱۳۹۹). شناسایی توزیع زمانی و مکانی نمایه‌های جوی فرین در استان مازندران. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۴۱، ۱۱۹-۱۳۱.
- ۷-قصابی، زهرا، صالحی، حسن و خان‌سالاری، سکینه (۱۴۰۱). مطالعه نمایه‌های جوی فرین اقلیمی در استان کهگیلویه و بویراحمد. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۵۲، ۱۹۳-۲۰۶.
- ۸-عسکری‌زاده، سید محمد، مظفری، غلامعلی، کوهی، منصوره، رضایی‌پور، آذر (۱۳۹۷). چشم انداز نوسانات نمایه‌های فرین بارش و دما در شهر تربت‌حیدریه با استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی LARS-WG برای دوره آتی ۲۰۳۰-۲۰۱۱. اندیشه جغرافیا، ۱۰ (۱۹)، ۶۰-۸۰.
- ۹-علیجانی، بهلول، محمودی، پیمان، سلیقه، محمد و ریگی چاهی، اله‌بخش (۱۳۹۰). بررسی تغییرات کمینه‌ها و بیشینه‌های سالانه دما در ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۰۲ (۲۶)، ۱۰۱-۱۲۲.
- ۱۰-لوعلی‌زاده، محسن، سبزه‌زاری، محمد، صالح‌زاده، زهره (۱۳۹۸). بررسی روند شاخص‌های حدی دما در ایستگاه سینوپتیک اهواز با استفاده از آزمون ناپارامتریک سنس استیمیت (دوره ۱۳۹۷-۱۳۷۰). ششمین کنفرانس تغییر اقلیم، تهران، ایران.
- 11- Christidis, N., Stott, P. A., Brown, S., Hegerl, G. C., & Caesar, J. (2005). Detection of changes in temperature extremes during the second half of the 20th century. *Geophysical Research Letters*, 32(20).
- 12- Javanshiri, Z., Pakdaman, M. and Falamarzi, Y., 2021. Homogenization and trend detection of temperature in Iran for the period 1960–2018. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 133, pp.1233-1250.
- 13-Juraj M., Cunderlik, Taha B. M. J. Ouarada. (2009). Trends in the Timing and Magnitude of Floods in Canada, *Journal of Hydrology*, No. 375: 471-480.
- 14-<http://ccma/seos.uvic.ca/ETCCDI>
- 15- Im, E. S., Jung, I. W., & Bae, D. H. (2011). The temporal and spatial structures of recent and future trends in extreme indices over Korea from a regional climate projection. *International Journal of Climatology*, 31(1), 72-86.
- 16-Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for Policymakers. In *ClimateChange2013: The Physical Science Basis; Contribution of Working Group I to the IPCC Fifth Assessment Report Climate Change*; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2013.
- 17- Lettenmaier, D. P., Wood, E. F., & Wallis, J. R. (1994). Hydro-climatological trends in the continental United States, 1948-88. *Journal of Climate*, 7(4), 586-607.
- 18-Matti, C., Pauling, A., Küttel, M., & Wanner, H. (2009). Winter precipitation trends for two selected European regions over the last 500 years and their possible dynamical background. *Theoretical and Applied Climatology*, 95, 9-26.
- 19- McFadden, J., & Miranowski, J. (2014). Climate change impacts on the intensive and extensive margins of US agricultural land. *Agricultural and Applied Economics Association (AAEA) Conferences*, Minneapolis, Minnesota, DOI: 10.22004/ag.econ.170512.

regional drought over Idaho, USA. *Natural Hazards*, 65, 653-681.

23- Tian, J., Liu, J., Wang, J., Li, C., Nie, H., & Yu, F. (2017). Trend analysis of temperature and precipitation extremes in major grain producing area of China. *International Journal of Climatology*, 37(2), 672-687.

24-Zhang X. 2007. "ETCCDI/CRD climate change indices software", Jan 1, 2007, Climate Research Division of Environment Canada, [ccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI /software .shtml](http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml).

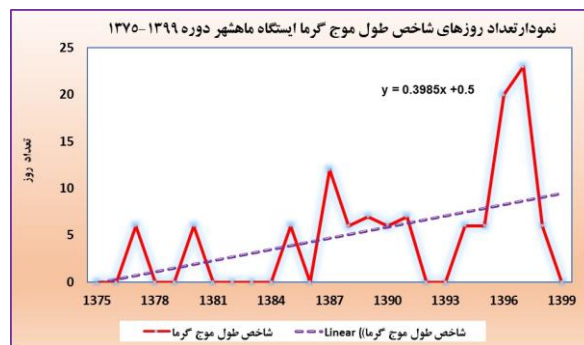
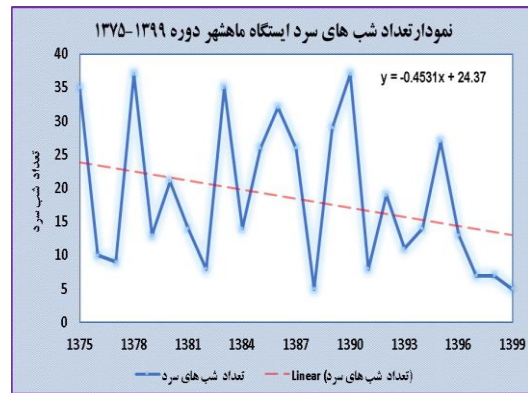
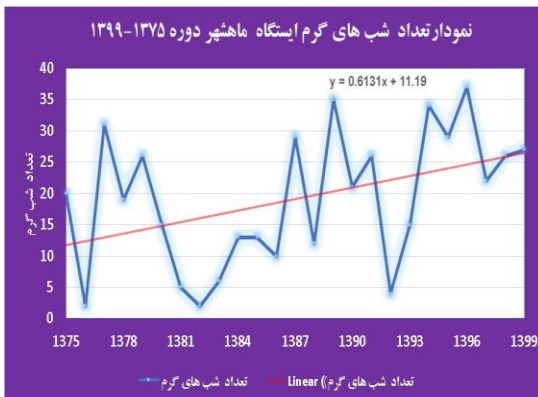
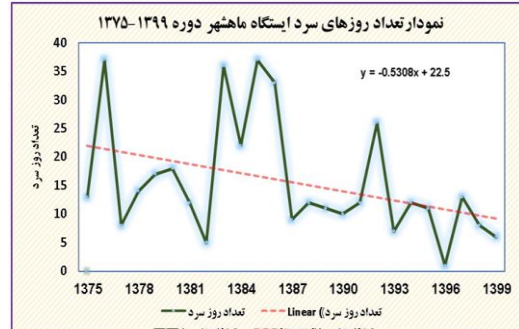
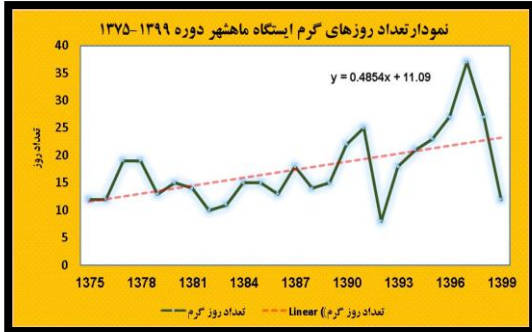
20- Rusticucci, M., & Renom, M. (2008). Variability and trends in indices of quality-controlled daily temperature extremes in Uruguay. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 28(8), 1083-1095.

21- Sensoy, S., Türkoğlu, N., Akçakaya, A., Ekici, M., Demircan, M., Ulupinar, Y. & Demirbaş, H. (2013). Trends in Turkey climate indices from 1960 to 2010. *6th Atmospheric science symposium*, 24, 1-8.

22- Sohrabi, M. M., Ryu, J. H., Abatzoglou, J., & Tracy, J. (2013). Climate extreme and its linkage to

پیوست

نمودار شاخص‌های مطالعه شده برای نمونه در ایستگاه ماهشهر آورده شده است.



## Analysis of the trend of temperature indices in Khuzestan province (period 1996-2020)

Zahra Ghassabi<sup>\*1</sup>, Mohsen Loalizadeh<sup>2</sup>, Zohreh Salehzadeh<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Atmospheric Hazard Forecast, ASMERC, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Head of Applied Meteorology Development Group, Meteorology Administration of Khuzestan province

<sup>3</sup> Research expert, Meteorology Administration of Khuzestan province

\*Corresponding Author Email: [z.ghassabi@gmail.com](mailto:z.ghassabi@gmail.com)

Received: 04 October 2023, Accepted: 26 December 2023

### ABSTRACT

Global warming increases the probability of the occurrence of extreme phenomena, which have large social and environmental effects on a regional and local scale. Climate changes resulting from global warming have had many effects on Khuzestan province over the past few decades. The purpose of this research is to determine and examine the annual trend of extreme temperature indices (warm days, cool days, warm nights, cool nights, heat wave length index) in meteorological stations of Khuzestan province during the period of 1996-2020. For this purpose, the minimum and maximum daily temperature data of the selected meteorological stations of Khuzestan province was extracted and using statistical relationships such as trend line equations, trend line coefficient and Mann-Kendall test (to determine significance), the trend of temperature indices was investigated. The results showed negative trend changes in the indicators of cool days and cool nights, positive trend changes in the indicators of warm days, warm nights and heat wave length index in the studied stations. Also, the Mann-Kendall test showed the significance of the observed trends for the index of warm days (at the stations of Izeh, Mahshahr, Behbahan, Dezful, Ramhormoz, Shushtar and Abadan), index of cool days (at the stations of Omidiyeh, Masjid Sulaiman, Abadan, Ahvaz, Izeh, Behbahan, Ramhormoz, Shushtar, Mahshahr and Bostan), warm nights index (in Abadan, Omidiyeh, Ahvaz, Bostan and Mahshahr stations) and heat wave length index (in Izeh and Mahshahr stations). But the index of cool nights had no significant trend in all stations.

**Keywords:** extreme indices, warm days and nights, cool days and nights, Heat wavelength, trend, Mann kendall. khuzestan province.

### HOW TO CITE THIS ARTICLE

Ghassabi, Z.; Loalizadeh, M.; Salehzadeh, Z. (2023). Analysis of the trend of temperature indices in Khuzestan province (period 1996-2020). *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 6(1): 35-55

### COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

