

بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دما در استان خوزستان

هدایت الله هرمزی^۱، رضا برنا^{۲*}، منیژه ظهوریان^۳

۱- دانشجوی دکتری تخصصی آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- دانشیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، bornareza@yahoo.com

۳- استادیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

چکیده

بررسی و پیش بینی مقادیر حدی اقلیمی بویژه دما جهت شناسایی تنگناها و فرصت های اقلیمی یک منطقه لازم و ضروری است. افزایش غلظت گازهای گلخانه ای به دلیل فعالیت های انسانی منجر به گرمایش جهانی شده و در نتیجه سبب تغییر در نمایه های حدی اقلیمی می شود. جهت انجام این تحقیق از داده های سازمان هواشناسی کشور در مقیاس روزانه و ماهانه شامل داده های میانگین دما، کمینه دما، بیشینه دما برای ایستگاه های سینوپتیک استان خوزستان، برای یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۶-۱۹۸۷) استفاده شده است. محاسبه شاخص های مربوط به دما که توسط گروه کارشناسی ETCCDMI تعریف شده، با نرم افزار Rclimindex برآورد شد. همچنین از آزمون ناپارامتری من کندال برای بررسی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی استفاده شد. جهت تخمین آمارمکانی داده های دما از روش کریجینگ معمولی و ساده با مدل های مختلف استفاده شد. با توجه به نتایج بدست آمده، روش کریجینگ معمولی با مدل درجه دوم منطقی با کمترین میزان خطا نسبت به سایر روش ها انتخاب گردید. دامنه تاثیر تغییر نمایه های برازش شده بر مقادیر متوسط دمای ماهانه بین ۲۵۰ تا ۳۱۴ کیلومتر متغیر است. نتایج تجزیه و تحلیل دما نشان داد شاخص های حدی گرم روند افزایشی دارند که این روند برای شاخص هایی مانند روزهای تابستانی، شب های گرمسیری، روزها و شب های گرم در سطح ۵ درصد معنا دار بود. شاخص های سرد در دوره مورد مطالعه روند کاهشی دارند. نتایج تجزیه و تحلیل دما، با گرم شدن منطقه مطابقت داشته و از کاهش شدت و فراوانی رویدادها و روزها و شب های سرد حکایت دارد.

واژه های کلیدی: روند، مقادیر حدی، من کندال، کریجینگ، خوزستان

مقدمه

پارامترهای مهم اقلیمی در یک منطقه به طور محسوسی سبب رخداد پدیده های حدی نظیر سیل، تگرگ، امواج گرمایی، طوفان های حاره ای و خشکسالی شده است. مقادیر آستانه ای حدی اقلیمی حداکثر و حداقل با توجه به فراوانی، شدت و دوره بازگشت اهمیت بسیار مهمتری نسبت به مقادیر متوسط اقلیمی دارند. به عنوان مثال روزهای داغ تر یا بارش های رگباری سنگین تر در دوره های طولانی آثار مخرب چشم گیرتری روی محیط زیست و زندگی انسان دارند. لذا شناخت دقیق این مقادیر حدی آستانه در جهت کاهش این آثار و مدیریت درست بحران، نیازمند مطالعات علمی و جامع می باشد.

دیده تغییر اقلیم یکی از موضوعات مهم در قرن اخیر است که ارتباط تنگاتنگی با صنعتی شدن جوامع بشری و افزایش غلظت گازهای گلخانه ای و روند رو به رشد گرمایش جهانی دارد. فعالیت های انسان جو زمین را در طی صد سال گذشته بطور قابل توجهی تغییر داده و افزایش گازهای گلخانه ای منجر به گرم شدن سطح زمین شده است. تغییر اقلیم به آرامی در سرتاسر کره زمین در حال گسترش است و دیری نمی پاید که زندگی روی این کره را برای تمام موجودات زنده به مخاطره می اندازد. مطالعات صورت گرفته در زمینه تغییرات اقلیمی نشان می دهد که تغییر اندکی در دما یا بارش به عنوان

نمایه‌های حدی همچون روزهای یخبندان، روزهای یخی، روزهای سرد، شب‌های سرد و دامنه‌ی تغییرات شبانه‌روزی دما دارای روند کاهشی و نمایه‌هایی چون روزهای تابستانی، روزهای گرم و شب‌های گرم دارای روند افزایشی بودند. (مریانجی و همکاران، ۱۳۸۹) به مطالعه روند تغییرات پارامترهای بارش، درجه حرارت حداقل و حداکثر و میانگین همدان با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال پرداختند. نتایج آنها نشان داد که پارامترهای دما دارای روند افزایشی معناداری بوده اما بارندگی روند معناداری نداشته است. (ورشاپیان و همکاران، ۱۳۹۰) به بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران پرداختند. داده‌های تاریخی روزانه مربوط به دمای حداقل، حداکثر و میانگین در یک دوره ۴۴ ساله ۱۹۶۱-۲۰۰۴ از هشت ایستگاه سینوپتیک بوشهر، تبریز، تهران مهرآباد، زاهدان، شیراز، کرمان، کرمانشاه و مشهد مورد استفاده قرار گرفت. به طور کلی اغلب ایستگاه‌ها روند معنی‌دار افزایشی در مقادیر حدی دما به خصوص دمای حداقل از خود نشان دادند. (کوزه‌گران و همکاران، ۱۳۹۳) در پژوهشی به بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی در شمال شرق ایران پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص‌های حدی گرم روند افزایشی دارند که این روند برای شاخص‌هایی مانند روزهای تابستانی، تعداد شب‌های حاره‌ای، روزها و شب‌های گرم معنا دار بود. در حالیکه شاخص‌های حدی سرد در دوره مورد مطالعه روند کاهشی دارند که نشان دهنده کاهش شدت و فراوانی رویدادها و روزها و شب‌های سرد است. (علیچانی و همکاران، ۱۳۹۴) در پژوهشی به شبیه‌سازی شاخص‌های حدی دمای استان خوزستان بر اساس سناریوهای RCP پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که روند شاخص‌های شب‌های سرد و گرم (TN10p) و

هیات بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC)^۱ در سومین گزارش خود در دوره ۲۰۰۰-۱۹۹۰ بر تغییرات جهانی دمایی و شرایط اقلیمی اشاره نموده و افزایش میانگین دمای جهانی از ۱/۴ به ۵/۸ را در دوره مورد بررسی بیان کردند. تغییرات در رخداد و فراوانی رویدادهای حدی می‌تواند آثار و آسیب‌های شدیدتری را نسبت به تغییرات در متوسط ویژگی‌های اقلیمی داشته باشد (IPCC، ۱۹۹۵). پروژه مشترکی در چهارچوب فعالیت‌های سازمان جهانی هواشناسی بین کمیسیون اقلیم شناسی (CCL)^۲، تغییرپذیری و پیش‌بینی پذیری اقلیم (CLIVAR)^۳ و برنامه تحقیقات جهانی (WCRP)^۴ در زمینه پایش و آشکارسازی تغییر اقلیم و نمایه‌های آن انجام شد. روابط خاصی برای محاسبه نمایه‌های مختلف ارائه شد که نتیجه آن تولید چند نرم افزار مانند Climdex و Rclimdex است. در این تحقیق از شاخص‌های حدی دما که توسط تیم کارشناسی ETCCDMI^۵ تعریف شده، استفاده گردید. این شاخص‌ها توسط نرم افزار Rclimdex برآورد می‌شود (ژانگ^۶، ۲۰۰۷). (محمدی مزرعه و همکاران، ۱۳۸۵) به بررسی روند شاخص‌های حدی بارش و دمای تهران با استفاده از سری‌های زمانی روزانه در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ پرداختند. آنها دریافتند که دمای حداقل و متوسط و دمای حداکثر روند افزایشی داشته است. همچنین شاخص‌های حدی بارش نیز روند کاهشی با شیب بسیار کم را نشان می‌دهد. (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷) با استفاده از روش رتبه‌ای من کندال، تغییرات برخی عناصر رطوبتی و دمایی ایستگاه‌های سواحل جنوبی دریای خزر را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که در اکثر ایستگاه‌ها، دمای حداقل روند مثبت و دمای حداکثر روند منفی داشته‌اند. (رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸) با بررسی روند نمایه‌های حدی اقلیمی دما در ایران در دوره‌ی ۱۹۵۱-۲۰۰۳ نتیجه گرفتند که

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

² Commission for Climatology

³ Climate Variability and Predictability

⁴ World Climate Research Programme

⁵ ETCCDM: Expert Team on Climate Change Detection Monitoring

⁶ Zhang

برای بررسی شاخص‌ها و شدت، تداوم و فراوانی وقایع از داده‌های روزانه دمای حداقل، حداکثر و داده‌های بارش استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که شاخص‌ها براساس دمای حداقل تغییر قابل ملاحظه-ای به سمت گرم تر شدن دارند. در حالی که شاخص‌ها براساس دمای حداکثر روند قابل توجهی را نشان نمی‌داد. هم چنین شاخص‌های مربوط به فراوانی و شدت بارش-های سنگین افزایش معنی‌داری داشت. (سنسوی^۴ و همکاران، ۲۰۱۳) به بررسی روند شاخص‌های اقلیمی در ترکیه در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰ پرداختند. آن‌ها دریافتند که روزهای تابستان، روزها و شب‌های گرم و شب‌های حاره‌ای در کل ترکیه در حال افزایش است. درحالی که روزهای یخبندان، روزها و شب‌های سرد کاهش یافته‌اند. اغلب روندها در سطح ۹۵ درصد معنادار بود. روند بارندگی سالانه در مناطق شمالی افزایشی و در مناطقی از جنوب کاهش یافته است. بارش‌های سنگین در اغلب ایستگاه‌ها افزایش داشته که باعث وقوع سیل شده است. هدف این مقاله بررسی روند تغییرات زمانی مکانی نمایه‌های حدی دما مطابق استاندارد تعریف شده CCL/CLIVAR در منطقه جنوب غرب ایران می‌باشد.

داده‌ها و روش

الف- داده‌ها

استان خوزستان در جنوب غرب ایران در محدوده ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه طول شمالی از خط استوا قرار دارد (شکل ۱). در پژوهش حاضر از آمار و داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک در بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۷ استفاده شد (جدول ۱). منطقه جنوب غرب کشور بواسطه موقعیت جغرافیایی و نیز تنوع محیطی در ساختارهای ارتفاعی و ناهمواری و جایگاه ویژه‌ای که در اقتصاد کشور از نظر کشاورزی،

(TN90p) با روند شاخص TMINmean و شاخص روزهای سرد و گرم (TX90p و TX10p) با شاخص TMAXmean در مناطق مختلف استان هماهنگی نشان می‌دهد. به طوری که بر اساس آن‌ها تا سال ۲۰۵۰ شاخص‌های دوره سرد (روزها و شب‌های سرد) روند کاهش و شاخص‌های دوره گرم سال (روزها و شب‌های گرم) روند افزایشی خواهند داشت. (اسدی و همکاران، ۱۳۹۷) در پژوهشی به بررسی ارزیابی روند میانگین حداکثر و حداقل دمای هوا در طول نیم قرن گذشته در ایران پرداختند. نتایج نشان داد حداکثر و حداقل دمای سالانه به ترتیب در ۰/۸۲ ایستگاه‌ها روند مثبت و در ۰/۱۸ ایستگاه‌ها روند منفی داشت. در مقیاس فصلی قوی ترین روند افزایشی دمای حداکثر و حداقل در فصل تابستان شناخته شد. در مجموع، اگر چه نرخ روند افزایشی دمای حداقل در دوره مورد مطالعه بیشتر از نرخ روند دمای حداکثر بود اما نتایج نشانگر روند افزایشی مشابه در متغیرهای مورد مطالعه بودند. (کریستیدیس^۱ و همکاران، ۲۰۰۵) بیان داشتند که دمای حداقل و حداکثر در نیمکره شمالی از سال ۱۹۵۰ افزایش قابل توجهی داشته که باعث تغییر در شدت رویدادهای حدی مانند خشکسالی شده است. (اگویار^۲ و همکاران، ۲۰۰۵) تغییرات شاخص‌های حدی دما و بارش را در مرکز، شمال و جنوب آمریکا در دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۳ بررسی کردند. آنها مشاهده کردند که رویدادهای حدی گرمایی و دمای حداقل افزایش یافته در ضمن وقایع حدی سرما کاهش یافته است. (ایم^۳ و همکاران، ۲۰۱۱) به بررسی ساختار فضایی و زمانی روندهای حال و آینده شاخص‌های حدی اقلیمی در کشور کره جنوبی طی دوره ۱۹۷۱ تا ۲۱۰۰ پرداختند. آن‌ها

¹ Christidis et al

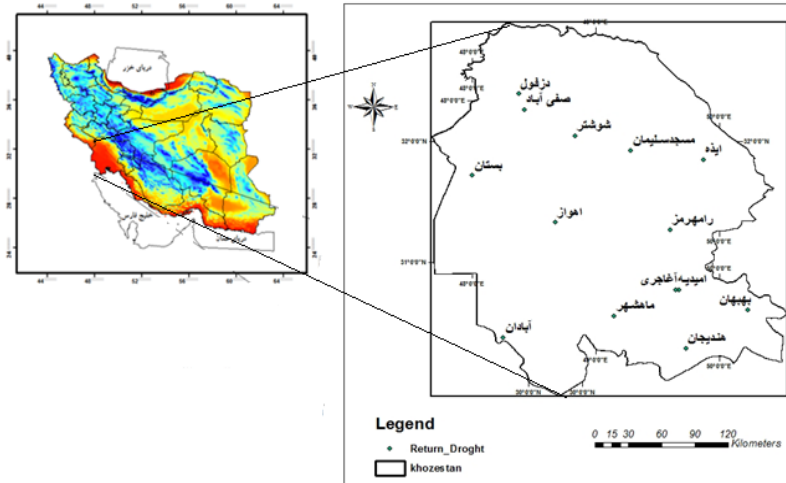
² Aguilar et al

³ Im et al

⁴ Sensoy et al

مهم در آینده می تواند سیاست گذاران و مردم محلی منطقه را با چالش های اساسی زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی مواجه نماید.

صنعت و توریسم دارد، بررسی و چگونگی روند تغییر اقلیم (مقادیر حدی دما) در این منطقه را از اهمیت ویژه ای برخوردار نموده است. عدم توجه به این چالش محیطی



شکل ۱- نقشه محدوده مطالعاتی و موقعیت ایستگاه های سینوپتیک مورد استفاده (منبع: سازمان هواشناسی کشور)

افزار RClimdex محاسبه می شود. ۱۶ شاخص درجه حرارت توسط این نرم افزار محاسبه می شود (جدول ۲). در این تحقیق جهت بررسی محاسبه روند تغییرات سری زمانی از روش ناپارامتری من کندال و تخمین گر شیب سن استفاده شد. جهت تخمین آمار مکانی و میان یابی داده ها از روش کریجینگ استفاده شده است، بهترین روش میان یابی از طریق ارزیابی متقاطع تعیین گردید. نرمال بودن داده ها با نرم افزار SPSS و براساس شاخص های چولگی و کشیدگی انجام شد. به منظور تشریح پیوستگی مکانی متغیرها از تغییرنا استفاده گردید و در نهایت به منظور نمایش گرافیکی تغییرات مکانی شاخص های حدی دما و نمایش داده ها از حالت نقطه ای به سطحی، براساس مدل بهینه ای که از روش ارزیابی متقاطع انتخاب شد، اقدام به تهیه نقشه های پهنه بندی در محیط ArcGIS گردید.

ب- روش

در انجام این تحقیق از داده های مشترک روزانه و ماهانه شامل داده های میانگین دما، کمینه دما، بیشینه دما ۱۲ ایستگاه سینوپتیک منتخب در محدوده مطالعاتی، مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی نمایه های حدی دما از شاخص های دما که توسط گروه کارشناسی ETCCDMI تعریف شده استفاده گردید. جهت برآورد این شاخص ها از نرم افزار RClimdex استفاده شد. این نرم افزار توسط بخش تحقیقات اقلیمی هواشناسی کانادا در محیط R^{۱۸۴} تهیه شده که منوط به نصب و راه اندازی زبان برنامه نویسی R می باشد. قبل از محاسبه شاخص ها، داده ها توسط نرم افزار، کنترل کیفی شده و اطلاعات نادرست مانند بزرگتر یا مساوی بودن دمای حداقل از حداکثر چک شده و داده های پرت بررسی می شود. سپس شاخص های اقلیمی از داده های روزانه توسط نرم

جدول ۱- ایستگاه های مورد استفاده محدوده مطالعاتی (منبع: سازمان هواشناسی کشور)

ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نام ایستگاه
۶.۶	۳۰.۲۲	۴۸.۱۵	آبادان
۲۲.۵	۳۱.۲۰	۴۸.۴۰	اهواز
۳۱۳	۳۰.۳۶	۵۰.۱۴	بهبهان
۷.۸	۳۱.۴۳	۴۸.۰۰	بستان
۱۵۸۱	۳۱.۵۹	۵۰.۲۸	دهدز
۱۴۳	۳۲.۲۴	۴۸.۲۳	دزفول
۷۶۷	۳۱.۵۰	۴۹.۵۲	ایذه
۶.۲	۳۰.۳۳	۴۹.۰۹	بندرماهشهر
۳۲۰.۵	۳۱.۵۶	۴۹.۱۷	مسجدسلیمان
۳۴.۹	۳۰.۴۶	۴۹.۳۹	امیدیه
۱۵۰.۵	۳۱.۱۶	۴۹.۳۶	رامهرمز
۶۷	۳۲.۰۳	۴۸.۵۰	شوشتر

جدول ۲- شاخص های حدی اقلیمی مرتبط با دما (منبع: کوزه گران، ۱۳۹۳)

واحد	توضیحات	معادل فارسی	شاخص
روز	تعداد روزها با دمای حداقل کمتر از صفر درجه	تعداد روزهای یخبندان	Fd0
روز	تعداد روزها با دمای بیشتر از ۲۵ درجه	روزهای تابستانی	SU25
روز	تعداد روزها با دمای کمتر از صفر درجه	روزهای یخی	ID0
روز	تعداد شبها با دمای بیشتر از ۲۰ درجه	شبهای گرمسیری	TR20
روز	فاصله بین دوره اول و دوم در شرایط ۵ روزه با متوسط دمای بیشتر از ۵ درجه سلسیوس	طول فصل رشد	GSL
°C	حداکثر دمای ماهانه مستخرج از دمای حداکثر روزانه	دمای حداکثر مطلق	TXx
°C	حداکثر دمای ماهانه مستخرج از دمای حداقل روزانه	حداکثر دمای حداقل	TNx
°C	حداقل دمای ماهانه مستخرج از دمای حداکثر روزانه	حداقل دمای حداکثر	TXn
°C	حداقل دمای ماهانه مستخرج از دمای حداقل روزانه	حداقل دمای حداقل	TNn
روز	تعداد روزها با دمای حداقل کمتر از ۱۰ درصد دمای روزانه	روزهای سرد	TX10p
روز	تعداد روزها با دمای حداکثر بیشتر از ۹۰ درصد دمای روزانه	روزهای گرم	TX90p
روز	تعداد شبها با دمای حداقل کمتر از ۱۰ درصد دمای روزانه	شبهای سرد	TN10p
روز	تعداد شبها با دمای حداکثر بیشتر از ۹۰ درصد دمای روزانه	شبهای گرم	TN90p

نتایج

الف- محاسبه روند

روش های آماری متعددی جهت تحلیل روند سری های زمانی ارائه گردیده است. این روش ها در دو دسته کلی روش های پارامتری و ناپارامتری قابل تقسیم می باشند. روش های ناپارامتری از کاربرد نسبتاً وسیع تر و چشم گیرتری نسبت به روش های پارامتری برخوردارند (ژو^۱ و همکاران، ۲۰۰۳). در این تحقیق برای بررسی روند پارامترهای اقلیمی حدی دما از آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده گردید. نتایج آزمون روند برای شاخص های مرتبط با دما در ایستگاه های محدوده مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد همه شاخص های مرتبط با دما (بجز روزهای سرد، شب های سرد و بیشترین دمای حداقل) دارای تغییرات معنی دار در سطح ۵ درصد هستند.

ب- کریجینگ

روش کریجینگ یکی از مهم ترین روش های زمین آمار در تخمین آمار مکانی است. روش کریجینگ برای داده های با پراکنش مکانی نامنظم مفیدتر است و بر اساس تئوری تغییر نما و تحلیل ساختار مکانی انجام می پذیرد (لین^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). کریجینگ بر منطق میانگین متحرک وزن دار استوار است و اولین روش میان یابی است که به ساختار وابستگی فضایی داده ها توجه می کند (ساران^۳ و همکاران، ۲۰۱۳). در این تحقیق از روش کریجینگ معمولی^۴ و کریجینگ ساده^۵ با مدل های دایره ای^۶، کروی^۷، چهار وجهی^۸، پنج وجهی^۹، نمایی^{۱۰}، گوسین^{۱۱}، درجه دوم منطقی^{۱۲}، J-bessel، K-bessel استفاده گردید.

¹ Xu et al

² Lin et al

³ Saran et al

⁴ Ordinary Kriging

⁵ Simple Kriging

⁶ Circular

⁷ Spherical

⁸ Tetra Spherical

⁹ Penta Spherical

¹⁰ Exponential

¹¹ Gaussian

¹² Rational Quadratic

جدول ۳- نتایج آزمون روند برای شاخص‌های مرتبط با دما در ایستگاه‌های مورد مطالعه
(منبع: نگارنده)

نام ایستگاه	تعداد روزهای یخبندان			روزهای تابستانی			روزهای یخی			شب‌های گرمسیری		
	Pv	SS	MK	Pv	SS	MK	Pv	SS	MK	Pv	SS	MK
آبادان	۰/۰۶۵	-۱/۰۷۳	-۱/۵۷۳	۰/۲۱۱	-۰/۹۴۵	-۱/۲۷۳	۰/۲۱۱	-۰/۹۴۵	-۱/۲۷۳	۰/۲۱۱	-۰/۹۴۵	-۱/۲۷۳
اهواز	۰/۱۱۷	۰/۰۵۲	-۰/۰۹۱	۰/۷۴۹	-۱/۰۲۰	-۰/۳۳۶	۰/۱۱۷	۰/۰۵۲	-۰/۰۹۱	۰/۱۱۷	۰/۰۵۲	-۰/۰۹۱
بهبهان	۰/۰۱۷	-۱/۱۶۲	-۲/۹۹۱	۰/۵۴۹	-۱/۱۲۰	-۰/۴۳۶	۰/۰۱۷	-۱/۱۶۲	-۲/۹۹۱	۰/۰۱۷	-۱/۱۶۲	-۲/۹۹۱
بستان	۰/۱۵۷	-۰/۱۴۲	-۰/۰۸۱	۰/۰۷۲	۰/۹۸۴	۱/۴۷۹	۰/۱۵۷	-۰/۱۴۲	-۰/۰۸۱	۰/۰۷۲	۰/۹۸۴	۱/۴۷۹
دهدز	۰/۰۲۲	-۲/۲۸۶	-۲/۹۹۳	۰/۸۲۵	۰/۵۸۳	۰/۱۳۲	۰/۰۲۲	-۲/۲۸۶	-۲/۹۹۳	۰/۸۲۵	۰/۵۸۳	۰/۱۳۲
دزفول	۰/۰۳۲	-۱/۳۵۶	-۲/۰۲۳	۰/۹۹۴	۰/۸۷۳	۰/۰۰۷	۰/۰۳۲	-۱/۳۵۶	-۲/۰۲۳	۰/۹۹۴	۰/۸۷۳	۰/۰۰۷
ایذه	۰/۰۲۸	-۲/۲۵۵	-۲/۱۶۴	۰/۷۲۵	۰/۵۹۳	۰/۲۳۲	۰/۰۲۸	-۲/۲۵۵	-۲/۱۶۴	۰/۷۲۵	۰/۵۹۳	۰/۲۳۲
بندرماهشهر	۰/۹۸۶	-۰/۹۲۰	-۰/۱۶۴	۰/۱۶۶	-۰/۸۶۸	-۱/۳۰۹	۰/۹۸۶	-۰/۹۲۰	-۰/۱۶۴	۰/۱۶۶	-۰/۸۶۸	-۱/۳۰۹
مسجدسلیمان	۰/۰۳۹	-۲/۲۶۳	-۲/۲۱۰	۰/۰۰۱	۲/۲۱۰	۳/۷۶۵	۰/۰۳۹	-۲/۲۶۳	-۲/۲۱۰	۰/۰۰۱	۲/۲۱۰	۳/۷۶۵
امیدیه	۰/۱۱۷	-۱/۱۰۵	-۱/۱۸۲	۰/۵۴۲	۳/۱۲۴	۱/۹۶۷	۰/۱۱۷	-۱/۱۰۵	-۱/۱۸۲	۰/۵۴۲	۳/۱۲۴	۱/۹۶۷
رامهرمز	۰/۰۳۷	-۰/۸۶۱	-۱/۹۹۰	۰/۳۵۱	۱/۳۸۸	۱/۳۶۴	۰/۰۳۷	-۰/۸۶۱	-۱/۹۹۰	۰/۳۵۱	۱/۳۸۸	۱/۳۶۴
شوشتر	۰/۰۳۲	-۱/۴۶۱	-۲/۱۴۴	۰/۰۰۶	۲/۴۱۶	۳/۶۹۱	۰/۰۳۲	-۱/۴۶۱	-۲/۱۴۴	۰/۰۰۶	۲/۴۱۶	۳/۶۹۱
نام ایستگاه	دمای حداکثر مطلق			بیشترین دمای حداقل			کمترین دمای حداکثر			کمترین دمای حداقل		
	Pv	SS	MK	Pv	SS	MK	Pv	SS	MK	Pv	SS	MK
آبادان	۰/۶۰۳	-۰/۰۴۴	-۰/۰۲۱	۰/۳۴۲	۰/۱۱۸	۰/۸۶۵	۰/۶۰۳	-۰/۰۴۴	-۰/۰۲۱	۰/۰۰۹	۲/۰۸۴	۳/۲۸۰
اهواز	۰/۲۵۱	-۰/۰۷۹	-۰/۱۱۱	۰/۴۴۴	۰/۱۴۳	۰/۷۸۳	۰/۲۵۱	-۰/۰۷۹	-۰/۱۱۱	۰/۰۰۴	۲/۱۲۱	۳/۴۵۵
بهبهان	۰/۲۵۵	-۰/۰۷۹	-۰/۰۹۱	۰/۳۲۱	۰/۱۹۳	۰/۸۸۳	۰/۲۵۵	-۰/۰۷۹	-۰/۰۹۱	۰/۰۰۲	۲/۱۸۱	۳/۵۸۵
بستان	۰/۰۰۴	۲/۰۷۳	۳/۸۱۰	۰/۳۷۷	۰/۱۱۱	۰/۳۷۷	۰/۰۰۴	۲/۰۷۳	۳/۸۱۰	۰/۲۱۱	۰/۱۰۶	۰/۱۳۵
دهدز	۰/۸۲۹	۰/۰۶۲	۰/۰۱۱	۰/۱۴۵	۰/۰۸۷	۰/۱۴۵	۰/۸۲۹	۰/۰۶۲	۰/۰۱۱	۰/۲۲۱	۰/۱۳۴	۰/۱۷۴
دزفول	۰/۴۴۵	۱/۰۷۴	۰/۰۶۱	۰/۸۷۲	۰/۰۸۲	۰/۸۷۲	۰/۴۴۵	۱/۰۷۴	۰/۰۶۱	۰/۰۳۷	۱/۰۸۷	۲/۲۰۴
ایذه	۰/۷۲۹	۰/۰۷۷	۰/۰۲۱	۰/۷۲۹	۰/۰۹۱	۰/۱۸۸	۰/۷۲۹	۰/۰۷۷	۰/۰۲۱	۰/۱۰۳	۰/۰۹۷	۰/۱۵۵
بندرماهشهر	-۰/۰۶۲	-۰/۰۲۱	-۰/۰۲۱	۰/۱۴۵	۰/۸۱۹	۰/۷۵۸	-۰/۰۶۲	-۰/۰۲۱	-۰/۰۲۱	۱/۱۳۲	۲/۴۱۵	۰/۵۴۳
مسجدسلیمان	۲/۰۲۲	۲/۰۲۲	۲/۷۶۱	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۲/۰۲۲	۲/۰۲۲	۲/۷۶۱	۰/۹۸۸	۰/۰۳۳	-۰/۰۱۱
امیدیه	۰/۵۱۱	۰/۰۸۹	۰/۰۶۱	۰/۱۱۲	۰/۸۸۵	۰/۸۸۵	۰/۵۱۱	۰/۰۸۹	۰/۰۶۱	۰/۰۷۶	۰/۴۵۸	۰/۳۱۹
رامهرمز	۰/۸۶۲	۰/۰۹۱	۰/۰۲۱	۰/۵۹۶	۰/۰۷۴	۰/۵۹۶	۰/۸۶۲	۰/۰۹۱	۰/۰۲۱	۱/۱۳۴	۲/۶۳۱	۰/۰۰۱
شوشتر	۰/۰۰۸	۲/۱۳۱	۳/۶۶۲	۰/۳۳۱	۰/۰۶۵	۰/۳۳۱	۰/۰۰۸	۲/۱۳۱	۳/۶۶۲	۰/۰۱۴	۱/۰۵۹	۲/۱۵۴
نام ایستگاه	روزهای سرد			روزهای گرم			شب‌های سرد			شب‌های گرم		
	Pv	SS	MK	Pv	SS	MK	MK	Pv	SS	MK	MK	Pv
آبادان	۰/۵۲۶	-۰/۰۵۵	-۰/۰۲۸	۱/۹۸۱	۰/۹۹۴	۰/۰۴۱	۰/۹۸۱	۰/۵۲۶	-۰/۰۵۵	-۰/۰۲۸	۰/۵۴۱	-۰/۰۷۶
اهواز	۰/۴۴۶	-۰/۰۵۵	-۰/۰۱۷	۲/۰۰۲	۱/۰۰۱	۰/۰۴۱	۲/۰۰۲	۰/۴۴۶	-۰/۰۵۵	-۰/۰۱۷	۰/۵۷۵	-۰/۰۶۲
بهبهان	۰/۳۶۶	-۰/۰۵۵	-۰/۰۲۲	۲/۰۱۲	۱/۰۲۱	۰/۰۳۲	۲/۰۱۲	۰/۳۶۶	-۰/۰۵۵	-۰/۰۲۲	۰/۴۷۵	-۰/۰۵۲
بستان	۰/۴۴۶	-۰/۰۵۵	۰/۰۳۷	-۰/۰۸۱	۰/۰۴۲	۰/۱۵۷	-۰/۰۸۱	۰/۴۴۶	-۰/۰۵۵	۰/۰۳۷	۰/۵۸۵	-۰/۰۱۹
دهدز	۰/۱۲۶	-۰/۰۶۵	-۰/۰۱۷	-۰/۰۲۱	۰/۰۲۲	۰/۱۰۷	-۰/۰۲۱	۰/۱۲۶	-۰/۰۶۵	-۰/۰۱۷	۰/۲۷۲	-۰/۰۴۴
دزفول	۰/۵۲۴	-۰/۴۵۶	-۰/۲۱۳	۰/۲۲۱	۰/۹۵۱	۰/۰۴۱	۰/۲۲۱	۰/۵۲۴	-۰/۴۵۶	-۰/۲۱۳	۰/۲۹۱	-۰/۰۶۴
ایذه	۰/۵۵۴	-۰/۸۷۶	-۰/۱۴۱	۰/۲۲۱	۰/۱۲۲	۰/۱۷۷	۰/۲۲۱	۰/۵۵۴	-۰/۸۷۶	-۰/۱۴۱	۰/۲۹۲	-۰/۰۵۴
بندرماهشهر	۰/۳۲۴	-۰/۲۱۶	-۰/۴۴۱	۰/۵۵۱	۰/۵۵۱	۰/۰۷۷	۰/۵۵۱	۰/۳۲۴	-۰/۲۱۶	-۰/۴۴۱	۰/۸۳۴	-۰/۰۴۶
مسجدسلیمان	۰/۴۴۴	-۰/۵۴۶	-۰/۶۴۱	۲/۱۵۱	۰/۸۵۲	۰/۰۴۷	۲/۱۵۱	۰/۴۴۴	-۰/۵۴۶	-۰/۶۴۱	۰/۲۵۴	-۰/۰۱۴
امیدیه	۰/۷۶۴	-۰/۶۵۶	-۰/۷۵۷	۲/۰۵۱	۰/۹۵۲	۰/۰۳۷	۲/۰۵۱	۰/۷۶۴	-۰/۶۵۶	-۰/۷۵۷	۰/۸۴۳	-۰/۰۹۲
رامهرمز	۰/۱۲۴	-۰/۷۷۶	-۰/۳۲۱	۲/۰۲۲	۰/۹۳۲	۰/۰۳۹	۲/۰۲۲	۰/۱۲۴	-۰/۷۷۶	-۰/۳۲۱	۰/۸۷۴	-۰/۰۵۶
شوشتر	۰/۱۲۱	-۰/۴۷۳	-۰/۸۴۱	۱/۸۴۳	۰/۴۹۹	۰/۰۵۱	۱/۸۴۳	۰/۱۲۱	-۰/۴۷۳	-۰/۸۴۱	۰/۴۹۱	-۰/۴۷۳

هستند. نظر به اهمیت نرمال بودن داده ها در استفاده از روش های آماری، نرمال بودن داده ها بر اساس شاخص های چولگی و کشیدگی در نرم افزار SPSS بررسی و نتایج در جدول ۴ آورده شده است. نتایج بررسی نشان داد مقادیر شاخص های چولگی و کشیدگی کلیه داده ها در محدوده +۲ و -۲ قرار دارند، لذا نرمال بودن داده ها در سطح معنا داری ۹۵ درصد تایید گردید.

ج- آزمون نرمال بودن داده ها

شرط استفاده آنالیزهای آماری این است که داده ها توزیع نرمال داشته باشند و میانگین و واریانس آنها خیلی متغیر نباشد که بایستی این موضوع بررسی شود. در این تحقیق نرمال بودن داده ها بر اساس شاخص های چولگی^۱ و کشیدگی^۲ در نرم افزار آماری SPSS انجام شد. در صورتی که مقدار این دو شاخص در محدوده +۲ و -۲ باشد داده ها متقارن و فاقد کشیدگی

جدول ۴- مقادیر دمای متوسط ماهانه و سالانه منطقه مطالعاتی و پارامترهای آماری مربوطه
(منبع: نگارنده)

ماه	میانگین دما (درجه سلسیوس)	خطای استاندارد	ضریب کشیدگی	ضریب چولگی
فروردین	۱۵/۳۶	۴/۱۸	-۰/۸۱	-۰/۶۴
اردیبهشت	۲۱/۳۱	۴/۸۳	-۰/۹۲	-۰/۵۹
خرداد	۲۶/۹۲	۵/۳۸	-۰/۸۳	-۰/۶۵
تیر	۳۱/۱۲	۴/۹۹	-۰/۶۶	-۰/۷۲
مرداد	۳۱/۲۵	۴/۸۸	-۰/۵۳	-۰/۷۸
شهریور	۲۸/۲۱	۴/۹۸	-۰/۶۵	-۰/۶۸
مهر	۲۲/۵۲	۵/۲۹	-۰/۶۷	-۰/۷۲
آبان	۱۵/۹۸	۴/۵۹	-۰/۶۷	-۰/۷۷
آذر	۱۱/۱۳	۴/۳۴	-۰/۶۲	-۰/۷۸
دی	۸/۱۰	۴/۵۳	-۰/۶۱	-۰/۸۳
بهمن	۸/۱۲	۴/۴۳	-۰/۶۳	-۰/۸۵
اسفند	۱۱/۳۵	۴/۲۷	۰/۶۵	-۰/۸۲
سالانه	۱۹/۲۸	۴/۷۲	-۰/۷۱	-۰/۷۵

د- تغییر نما^۳

تغییر نما به منظور تشریح پیوستگی مکانی یک متغیر به کار می رود. پیوستگی مکانی بدین معناست که نمونه های مجاور تا فاصله معینی به هم وابستگی دارند و چنین فرض می شود که این وابستگی بین نمونه ها را می توان

به صورت مدل ریاضی تحت عنوان تغییر نما ارائه کرد. تغییر نما همبستگی مکانی بین نقاط اندازه گیری شده بر اساس مربع تفاضل دو نقطه و با توجه به جهت و فاصله آن ها بیان می شود و کمیتی برداری است که درجه همبستگی و غیر شبیه بودن تغییرات را نشان می دهد و

¹ Skewness

² Kurtosis

³ Semivariogram

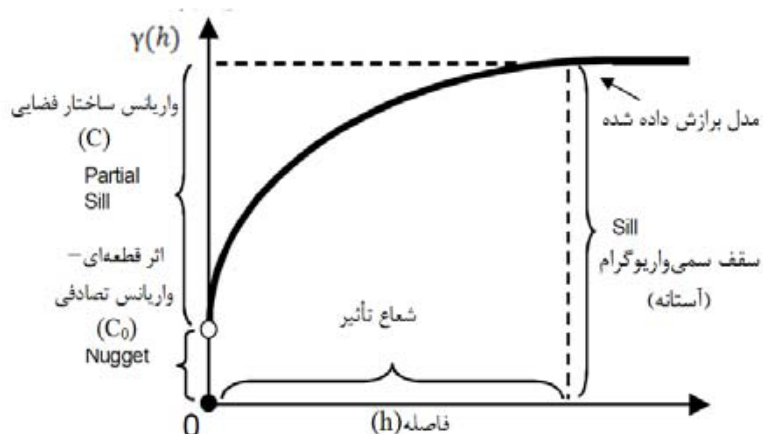
ایده آل مقدار C_0 باید صفر باشد. اما در بیشتر مواقع بزرگ تر از صفر است. در این حالت جزء تصادفی و یا غیر ساختاردار متغییر ظاهر می شود (حسنی پاک، ۱۳۸۰). در شکل (۲) مشخصات و اجزای واریوگرام نشان داده شده است. نتایج انتخاب مناسب ترین مدل نیم تغییرنا از بین مدل های مورد بررسی برای داده های دما (جدول ۵) نشان داد که تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه در منطقه مطالعاتی از مدل درجه دوم منطقی (Rational Quadratic) پیروی می کند. دامنه ی تاثیر تغییر نماهای برازش داده شده بر مقادیر متوسط دمای ماهانه بین ۲۵۰ تا ۳۱۴ کیلومتر متغیر است. بیشترین دامنه ی تاثیر مربوط به شهر یور و کمترین مقدار آن مربوط به دی و بهمن می باشد. دامنه ی تاثیر تغییرنا برازش داده شده بر دمای متوسط سالانه ۲۹۶ کیلو متر می باشد. مهدیان و همکاران (۱۳۸۸) نیز دامنه تاثیر حداقل را در بهمن ماه گزارش نموده است. اثر قطعه ای (C_0) در تمام تغییر نماها در مقایسه با مقدار آستانه (Sill) بسیار کوچک است که نشان دهنده کوچک بودن مؤلفه تصادفی تغییر نما می باشد. مقدار اثر قطعه ای (C_0) در تغییر نماهای ماهانه بین ۰/۱ تا ۰/۱ درجه سلسیوس قرار دارد که کمترین آن مربوط به ماه های آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین و بیشترین آن مربوط به ماه های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر و آبان است. مقدار اثر قطعه ای (C_0) در تغییر نما سالانه نیز ۰/۱ درجه سلسوس است. مقادیر بدست آمده در مقایسه با تحقیقات یان هونگ و همکاران (۲۰۰۵) و بناویدس و همکاران (۲۰۰۷) کمتر است.

با $\gamma(h)$ نمایش داده می شود. تغییرنمای واقعی از لحاظ عملی قابل دسترس نمی باشد، زیرا محاسبه آن نیازمند نمونه برداری از همه اجزاء بی نهایت کوچک محیط مورد مطالعه است و این در طبیعت غیر ممکن می باشد. نوع دیگری از تغییرنا وجود دارد که باز هم در طبیعت قابل دستیابی نیست. به این تغییرنا، تغییرنمای مکانی گفته می شود. بنابراین در بررسی های زمین آماری معمولاً از نوع دیگری از تغییرنا که تغییرنمای تجربی نام دارد و به وسیله ی تعداد محدودی از جفت نقاط محاسبه می شود، استفاده می گردد. برای محاسبه ی تغییرنا از مربع اختلاف مقادیری که به فاصله ی h از هم قرار دارند، استفاده می شود. با تقسیم تغییر نما بر عدد ۲، نیم تغییر نما بدست می آید (مدنی، ۱۳۷۳). با استفاده از رابطه زیر می توان مقدار نیم تغییر نما را محاسبه کرد.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i + h) - z(x_i)]^2 \quad (1)$$

که در آن: $N(h)$: تعداد جفت نمونه ها که در فاصله h از یکدیگر قرار دارند. $Z(x_i)$: مقدار مشاهده شده متغیر مورد نظر، $Z(x_i + h)$: مقدار مشاهده شده متغیر مورد نظر که به فاصله h از $Z(x_i)$ قرار دارد، می باشد.

از مشخصات واریانس می توان به سقف آستانه ی تغییرنا و اثر قطعه ای اشاره کرد. به مقدار ثابتی که تغییرنا در دامنه تاثیر به آن می رسد، آستانه گفته می شود. مقدار آستانه برابر واریانس کل تمام نمونه هایی است که در محاسبه ی تغییر نما به کار رفته اند. در روش کریجینگ تغییرنماهایی که به سقف مشخص می رسند، اهمیت بیشتری دارند. مقدار تغییرنا در مبداء مختصات یعنی به ازای $h=0$ اثر قطعه ای (C_0) می باشد. در حالت



شکل ۲- مشخصات و اجزای واریو گرام (منبع: حسنی پاک، ۱۳۸۰)

جدول ۵- پارامترهای نیم تغییر نماهای بهینه برای داده های دمای ماهانه و سالانه در محدوده مطالعاتی (منبع: نگارنده)

ضریب همبستگی (R^2)	C	آستانه ($C+C_0$)	دامنه ی تاثیر (km)	اثر قطعه ای (C_0) (درجه سلسیوس)	مدل	زمان
۰/۹۶	۰/۹۹	۲۶/۸	۲۸۵/۴	۰/۰۱	درجه دوم منطقی	فروردین
۰/۹۶	۰/۹۹	۳۵/۱	۲۹۱/۶	۰/۱۰	درجه دوم منطقی	اردیبهشت
۰/۹۶	۰/۹۹	۴۲/۹	۲۹۷/۳	۰/۱۰	درجه دوم منطقی	خرداد
۰/۹۶	۰/۹۹	۳۸/۱	۲۹۱/۸	۰/۱۰	درجه دوم منطقی	تیر
۰/۹۶	۰/۹۹	۳۷/۲	۲۹۸/۱	۰/۱۰	درجه دوم منطقی	مرداد
۰/۹۶	۰/۹۹	۴۱/۱	۳۱۴/۷	۰/۱۰	درجه دوم منطقی	شهریور
۰/۹۶	۰/۹۹	۳۸/۹	۲۸۱/۱	۰/۱۰	درجه دوم منطقی	مهر
۰/۹۶	۰/۹۹	۳۲/۳	۲۷۶/۵	۰/۱۰	درجه دوم منطقی	آبان
۰/۹۵	۰/۹۹	۲۷/۸	۲۷۸/۳	۰/۰۱	درجه دوم منطقی	آذر
۰/۹۵	۱	۳۱/۲	۲۵۱/۲	۰/۰۱	درجه دوم منطقی	دی
۰/۹۵	۱	۳۰/۱	۲۵۰/۸	۰/۰۱	درجه دوم منطقی	بهمن
۰/۹۵	۱	۲۵/۸	۲۷۸/۴	۰/۰۱	درجه دوم منطقی	اسفند
۰/۹۶	۱	۳۳/۴	۲۹۶/۲	۰/۱۰	درجه دوم منطقی	سالانه

۵- ارزیابی متقاطع

شده با مقادیر واقعی مقایسه گردد. در این روش برای هر یک از نقاط اندازه گیری شده که معمولاً تنها ابزار مقایسه می باشند، می توان تخمین انجام داد و سپس به مقایسه مقادیر مشاهده ای و تخمینی پرداخت. روش کار بدین صورت است که، در هر مرحله یک نقطه مشاهده ای

برای انتخاب روش مناسب میان یابی، از روش ارزیابی متقابل^۱ استفاده شده است. ارزیابی متقابل روشی است که اجازه می دهد تا با استفاده از اطلاعات و داده های موجود(داده های اندازه گیری شده)، مقادیر تخمین زده

¹ Cross Validation

که در آن، $Z(x_i)$: مقدار مشاهده شده، $\bar{Z}(x_i)$: مقدار برآورد شده و N : تعداد داده ها هستند. نقشه های مربوط به شاخص های اقلیمی مرتبط با دما در منطقه مورد مطالعه در محیط GIS با استفاده از روش های کریجینگ معمولی و ساده درون یابی شدند. بررسی نتایج حاصل از ارزیابی مدل های مختلف درون یابی برای شاخص های اقلیمی مرتبط با دما، نشان داد روش کریجینگ معمولی با مدل Rational Quadratic کمترین میزان خطا (RMSE) را داشته است (جدول ۶).

حذف شده و با استفاده از سایر نقاط مشاهده ای، آن نقطه برآورد می شود، این کار برای تمامی نقاط مشاهده ای تکرار می شود، به گونه ای که در خاتمه به تعداد نقاط مشاهده ای، برآورد وجود خواهد داشت و در پایان با داشتن مقادیر واقعی و برآورد شده، می توان خطا و انحراف روش استفاده شده را برآورد نمود.

بدین منظور از ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)^۱ مقدار این شاخص هر چه به صفر نزدیک تر باشد، خطای استاندارد صحیح تر می باشند، و از رابطه ۲ بدست می آید (گورای و کومار^۲، ۲۰۱۳).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [\bar{Z}(x_i) - Z(x_i)]^2}{N}} \quad (2)$$

جدول ۶- نتایج حاصل از کاربرد روش های مختلف کریجینگ برای شاخص های اقلیمی دما (منبع: نگارنده) ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)

شاخص		روزهای سرد		روزهای گرم		مدل	روش
کمترین دمای حداکثر	شب های گرم	شب های سرد	روزهای گرم	روزهای سرد	کمترین دمای حداقل		
۱/۳۲۵	۰/۹۹۸	۰/۹۶۹	۰/۹۲۲	۱/۹۶۵	۱/۳۲۱	۱/۳۲۵	دایره ای
۱/۳۳۳	۰/۹۶۵	۰/۹۹۶	۰/۹۱۶	۰/۹۶۳	۱/۱۱۱	۱/۳۳۳	کروی
۱/۰۶۵	۰/۹۸۶	۰/۹۷۱	۰/۹۵۰	۰/۹۵۲	۱/۲۳۸	۱/۰۶۵	چهار وجهی
۱/۳۲۰	۰/۹۳۸	۰/۹۷۳	۰/۹۰۹	۰/۹۳۲	۱/۰۸۵	۱/۳۲۰	پنج وجهی
۱/۳۰۰	۰/۹۷۱	۰/۹۸۶	۰/۹۳۹	۰/۹۶۵	۱/۲۵۸	۱/۳۰۰	نمایی
۱/۲۱۱	۰/۹۸۷	۰/۹۸۹	۰/۹۴۵	۰/۹۹۸	۱/۳۵۶	۱/۲۱۱	گوسین
۱/۰۲۶	۰/۹۲۱	۰/۹۵۵	۰/۹۸۵	۰/۹۳۲	۱/۰۲۱	۱/۰۲۶	درجه دوم منطقی
۱/۰۵۹	۰/۹۸۵	۰/۹۵۶	۰/۹۶۵	۰/۹۸۶	۱/۱۷۳	۱/۰۵۹	K-Bessel
۱/۰۸۶	۱/۰۱۰	۰/۹۶۰	۰/۹۹۹	۰/۹۳۶	۱/۳۲۶	۱/۰۸۶	J-Bessel
۱/۰۴۷	۰/۹۸۵	۰/۹۵۳	۰/۹۸۷	۰/۹۷۷	۱/۱۷۷	۱/۰۴۷	دایره ای
۱/۰۳۸	۰/۹۶۲	۰/۹۵۷	۰/۹۸۵	۰/۹۳۶	۱/۱۰۹	۱/۰۳۸	کروی
۱/۰۴۶	۰/۹۶۳	۰/۹۶۱	۰/۹۳۶	۰/۹۶۶	۱/۰۹۸	۱/۰۴۶	چهار وجهی
۱/۱۷۷	۰/۹۵۸	۰/۹۶۲	۰/۹۲۵	۰/۹۷۷	۱/۱۰۸	۱/۱۷۷	پنج وجهی
۱/۰۳۹	۰/۹۸۷	۰/۹۷۴	۰/۹۸۸	۰/۹۳۶	۱/۱۴۳	۱/۰۳۹	نمایی
۱/۰۴۴	۰/۹۶۵	۰/۹۶۴	۰/۹۶۸	۰/۹۶۲	۱/۱۷۳	۱/۰۴۴	گوسین
۱/۰۵۵	۰/۹۵۱	۰/۹۷۸	۰/۹۳۶	۰/۹۵۸	۱/۲۵۱	۱/۰۵۵	درجه دوم منطقی

¹ Root Mean Square Error (RMSE)

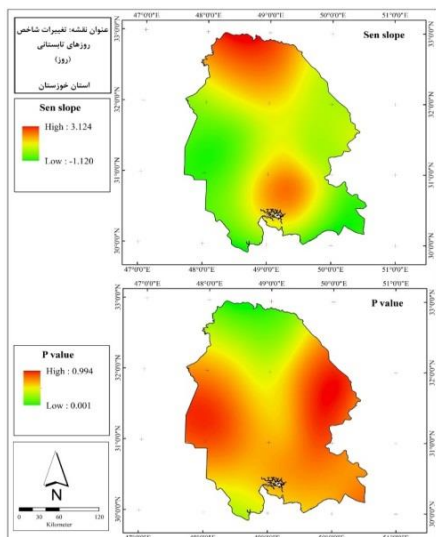
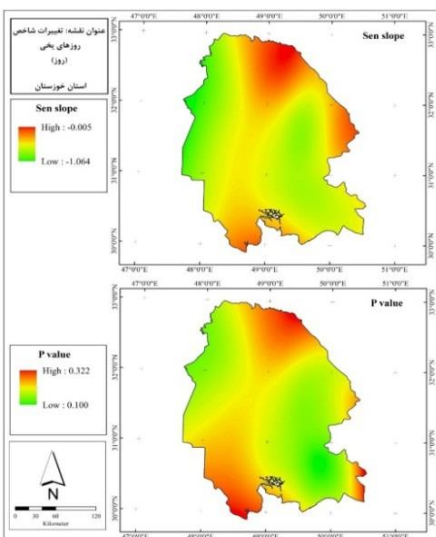
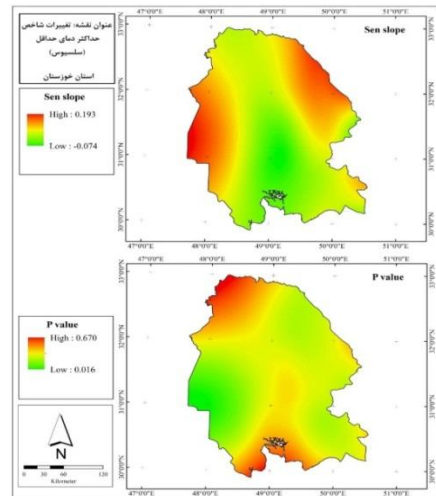
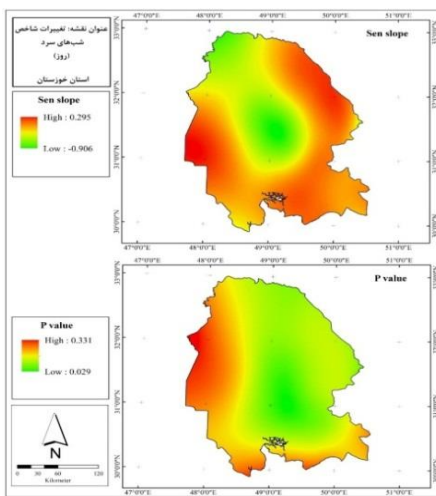
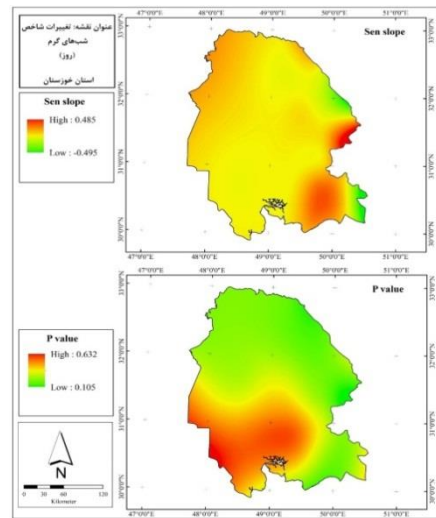
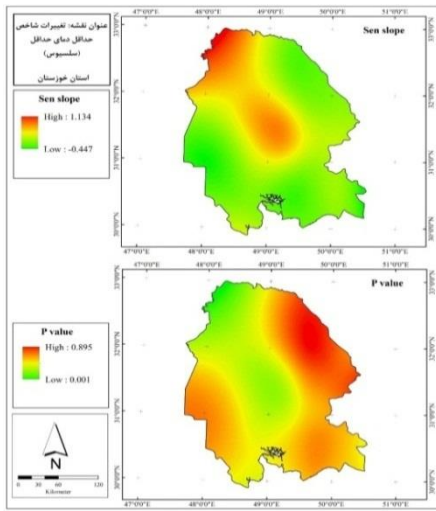
² Gorai and Kumar

ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)							
شاخص							
روشن	مدل	تعداد روزهای یخبندان	روزهای تابستانی	روزهای یخی	شب های گرمسیری	طول فصل رشد	دمای حداکثر مطلق
کریجینگ معمولی	دایره ای	۱/۱۷۷	۱/۳۶۰	۱/۲۲۲	۱/۶۳۵	۰/۹۹۰	۱/۳۲۵
	کروی	۱/۱۰۹	۱/۲۰۵	۱/۳۶۲	۱/۳۵۲	۰/۹۳۲	۱/۳۶۸
	چهار وجهی	۱/۰۹۸	۱/۳۰۲	۱/۲۵۰	۱/۲۲۲	۰/۹۶۳	۱/۱۲۵
	پنج وجهی	۱/۱۰۸	۱/۲۰۵	۱/۲۰۰	۱/۰۸۵	۰/۹۶۲	۱/۱۴۶
	نمایی	۱/۱۲۲	۱/۱۱۱	۱/۳۰۳	۱/۳۲۰	۰/۹۸۸	۱/۱۰۹
	گوسین	۱/۲۸۵	۱/۱۲۶	۱/۲۰۱	۱/۲۴۷	۰/۹۵۵	۱/۱۳۲
	درجه دوم منطقی	۱/۰۰۹	۱/۰۰۵	۱/۰۱۰	۱/۰۱۲	۰/۹۰۹	۱/۰۱۱
	K-Bessel	۱/۱۷۳	۱/۹۷۰	۱/۱۰۱	۱/۰۲۵	۰/۹۹۹	۱/۱۲۰
	J-Bessel	۱/۶۲۵	۱/۰۷۸	۱/۲۸۰	۱/۰۹۰	۰/۹۸۰	۱/۰۵۵
	کریجینگ ساده	دایره ای	۱/۰۲۵	۱/۳۲۱	۱/۳۶۲	۱/۱۲۹	۰/۹۸۵
کروی		۱/۰۲۲	۱/۱۲۶	۱/۳۶۹	۱/۳۶۵	۰/۹۶۳	۱/۴۴۴
چهار وجهی		۱/۳۲۵	۱/۱۱۶	۱/۲۵۸	۱/۲۱۵	۰/۹۵۱	۱/۲۱۵
پنج وجهی		۱/۱۵۹	۱/۱۴۵	۱/۲۸۹	۱/۱۱۹	۰/۹۹۸	۱/۲۱۱
نمایی		۱/۳۱۱	۱/۱۱۴	۱/۳۲۱	۱/۳۶۸	۰/۹۷۱	۱/۲۵۶
گوسین		۱/۰۳۲	۱/۱۱۵	۱/۳۸۹	۱/۲۵۳	۰/۹۸۲	۱/۲۳۶
درجه دوم منطقی		۱/۰۱۰	۱/۱۴۲	۱/۲۷۵	۱/۲۴۰	۰/۹۶۳	۱/۳۲۵
K-Bessel		۱/۳۸۷	۱/۱۰۵	۱/۱۵۰	۱/۲۵۸	۰/۹۶۴	۱/۰۹۵
J-Bessel		۱/۱۶۷	۱/۰۵۵	۱/۰۵۵	۱/۲۸۶	۰/۹۵۸	۱/۰۶۵
K-Bessel		۱/۰۵۲	۱/۱۹۸	۰/۹۶۵	۰/۹۸۷	۰/۹۶۴	۰/۹۶۲
J-Bessel	۱/۴۰۱	۱/۲۵۵	۰/۹۶۵	۰/۹۳۹	۰/۹۵۵	۰/۹۷۶	

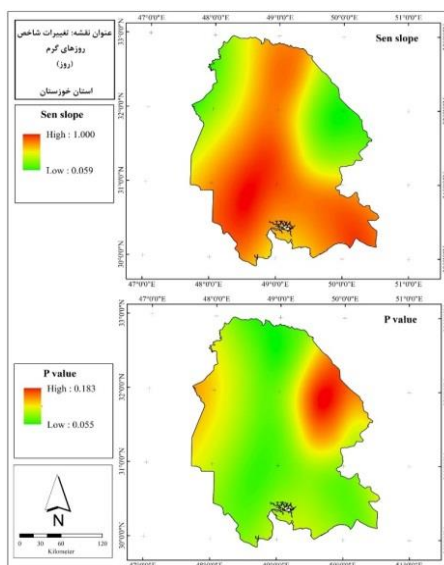
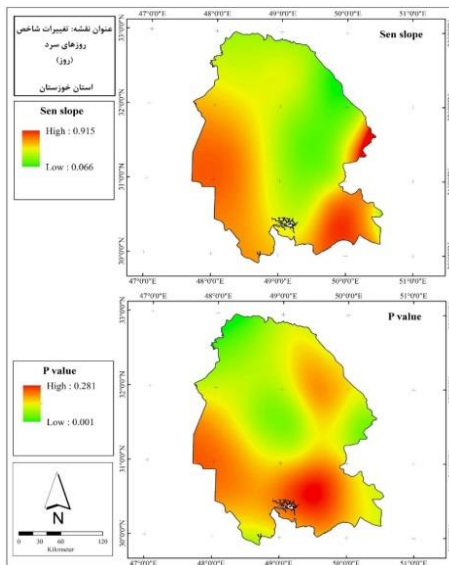
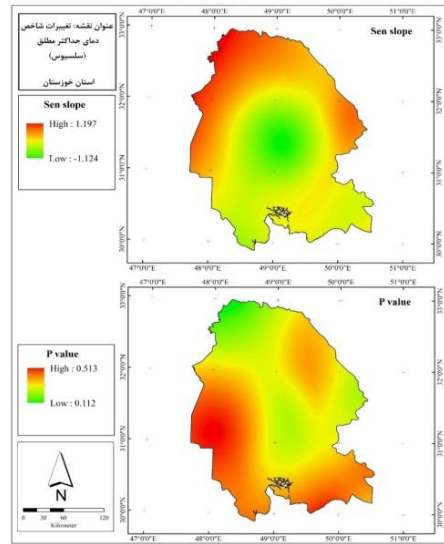
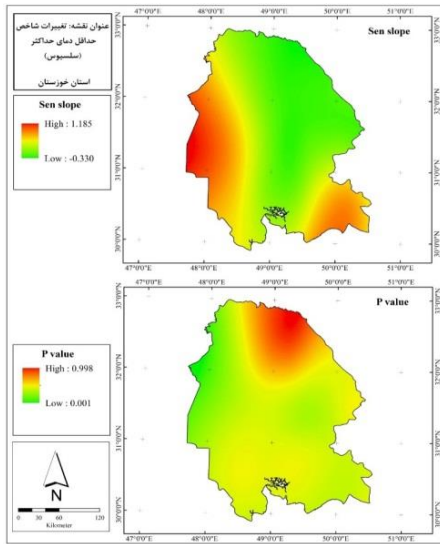
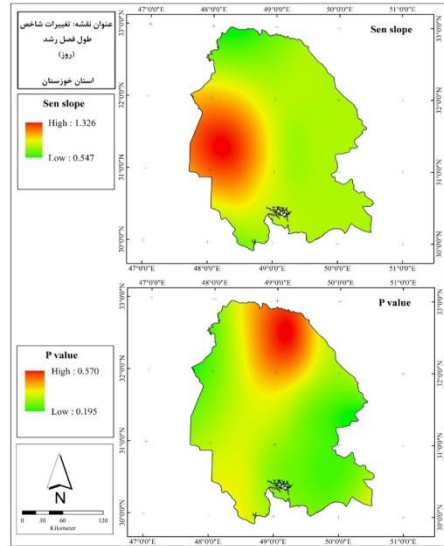
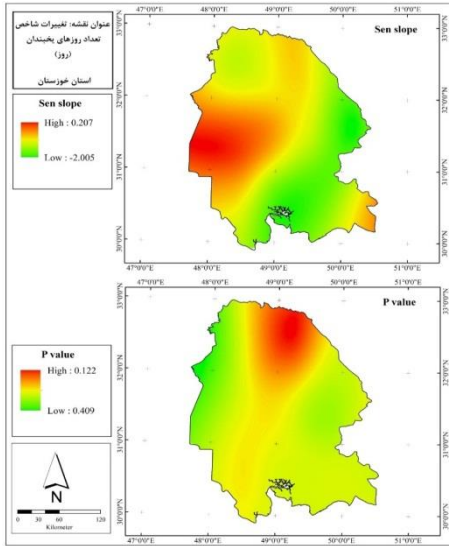
و- تهیه نقشه های پهنه بندی

به منظور نمایش گرافیکی تغییرات مکانی شاخص های حدی دما و نمایش داده ها از حالت نقطه ای به سطحی، اقدام به تهیه نقشه های پهنه بندی گردید. بدین منظور از مدل بهینه ای که بر اساس ارزیابی متقاطع انتخاب شد اقدام به تهیه نقشه های پهنه بندی در محیط GIS گردید (شکل ۳). بر اساس نتایج، همه شاخص های مرتبط با دما (بجز روزهای سرد، شب های سرد و بیشترین دمای حداقل) دارای تغییرات معنی دار هستند. به طوری که در مناطقی که مقدار P-Value کمتر از ۰/۰۵

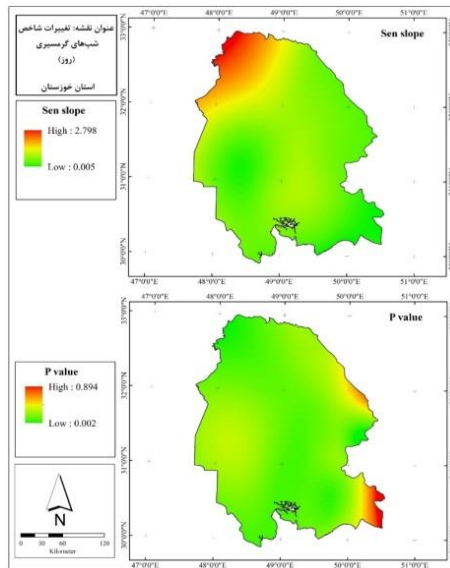
است نشان می دهد که آن سطوح دارای تغییرات معنی دار است. طبق نتایج، در مورد تعداد روزهای یخبندان، حداکثر دمای مطلق و کمترین دمای حداکثر بخش مرزی غرب محدوده مطالعاتی، در مورد روزهای تابستانی شمال محدوده مطالعاتی، در مورد روزهای یخی، شب های گرمسیری، روزهای گرم، شب های گرم و طول فصل رشد بیشتر سطح محدوده مطالعاتی، در مورد کمترین دمای حداقل، بخش هایی از غرب و جنوب شرق محدوده مطالعاتی دارای روند تغییرات معنی دار است.



شکل ۲- پهنه بندی تغییرات مقدار و سطح معنی داری شاخص های اقلیمی مرتبط با دما (منبع نگارنده)



شکل ۲- پهنه بندی تغییرات مقدار و سطح معنی داری شاخص های اقلیمی مرتبط با دما (منبع نگارنده)



ادامه شکل ۲- پهنه بندی تغییرات مقدار و سطح معنی داری شاخص های اقلیمی مرتبط با دما (منبع نگارنده)

جدول ۷- میزان تغییرات متوسط (دمای حداکثر، دمای حداقل)

در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۱۹۸۷ و ۲۰۱۶ تا ۲۰۰۲ ایستگاه های سینوپتیک محدوده مطالعاتی (منبع: نگارنده)

نام ایستگاه	متوسط دمای حداکثر (°C)		متوسط دمای حداقل (°C)		میزان تغییر *
	سال ۲۰۰۱-۱۹۸۷	سال ۲۰۱۶-۲۰۰۲	سال ۲۰۰۱-۱۹۸۷	سال ۲۰۱۶-۲۰۰۲	
آبادان	۵۰/۱۰	۵۰/۸۰	۱/۱۷	۱/۲۶	+۰/۰۹
اهواز	۴۹/۹۴	۵۰/۳۸	۲/۳۴	۲/۲۵	-۰/۰۹
امیدیه	۵۰/۴۱	۵۱/۰۴	۰/۶۱	۱/۲۹	+۰/۶۸
ایذه	۴۴/۶۸	۴۶/۰۰	-۱/۹۲	-۱/۲۸	+۰/۶۴
بستان	۴۹/۹۰	۵۰/۵۶	-۱/۰۹	-۰/۵۲	+۰/۵۷
بهبهان	۴۸/۹۰	۴۹/۱۰	-۰/۱۰	-۰/۱۲	-۰/۰۲
شوشتر	۵۰/۳۸	۵۰/۶۴	۳/۴	۲/۲	-۱/۲
دزفول	۴۹/۷۳	۴۹/۹۸	۰/۰۶	-۰/۸۷	-۰/۸۱
رامهرمز	۴۹/۵۲	۵۰/۴۸	۱/۷۲	۱/۴۵	-۰/۲۷
ماهشهر	۴۹/۷۲	۴۹/۸۸	۰/۸۴	۱/۵۷	+۰/۷۳
مسجد سلیمان	۴۹/۳۰	۴۹/۸۶	۱/۴۰	۰/۹۴	-۰/۴۶
دهدز	۴۰/۶۵	۴۰/۹۱	-۴/۶۴	-۴/۲۳	+۰/۴۱

* مقدار کاهش با علامت (-) و مقدار افزایش با علامت (+) نشان داده شده است.

ر- بررسی میزان تغییرات متوسط (دمای حداکثر و دمای حداقل)

جهت بررسی میزان تغییرات دما در محدوده مطالعاتی، ابتدا دوره آماری به دو بازه زمانی ۱۵ ساله تقسیم شد، (۲۰۰۱ تا ۱۹۸۷ و ۲۰۱۶ تا ۲۰۰۲)، متوسط دما در بازه تعیین شده مشخص و میزان تغییرات در سال های اخیر بررسی گردید (جدول ۷). نشان داد متوسط دمای حداکثر در کلیه ایستگاه های محدوده مطالعاتی افزایش داشته است. بیشترین میزان افزایش مربوط به ایستگاه ایذه به میزان $1/32+$ درجه سلسیوس و کمترین میزان افزایش مربوط به ایستگاه ماهشهر به میزان $0/16+$ درجه سلسیوس می باشد. متوسط دمای حداقل در ایستگاه های آبادان، امیدیه، ایذه، بستان، ماهشهر، دهدز، افزایش داشته است، و در ایستگاه های اهواز، بهبهان، شوشتر، دزفول، رامهرمز، مسجد سلیمان کاهش داشته است. بیشترین میزان افزایش دمای حداقل مربوط به ایستگاه دوگنبدان با $0/73+$ درجه سلسیوس و بیشترین میزان کاهش دمای حداقل مربوط به ایستگاه شوشتر با $1/2-$ درجه سلسیوس می باشد.

بحث و نتیجه گیری

تغییر در مقدار دما، تاثیر بسزایی در سایر عناصر و پدیده های اقلیمی دارد. تغییر در فراوانی رویدادهای حدی می تواند آسیب های شدیدتری نسبت به تغییرات در متوسط مقادیر اقلیمی داشته باشد. کلیه موجودات زنده و از جمله انسان، نسبت به تغییرات مقادیر حدی (حداکثرها و حداقل ها) بیش از شرایط میانگین واکنش نشان می دهند. لذا بررسی و تجزیه و تحلیل تغییر پذیری روند مقادیر حدی، حدکثرها و حداقل ها، مهم تر از شرایط متوسط اقلیمی می باشد. در این پژوهش به بررسی این تغییرات در استان خوزستان پرداخته شده است. نتایج فوق نشان دهنده این است که از شدت و فراوانی رویدادهای سرد کاسته شده و این در حالی است که رویدادهای گرم روند افزایشی قابل توجهی داشته اند و به عبارت دیگر طول دوره های سرد سال کوتاه و طول دوره های گرم

سال افزایش یافته است. ادامه این روند در آینده سبب افزایش خشکسالی، افزایش طوفان های گرد و غبار، کاهش محصولات کشاورزی و از بین رفتن کشاورزی منطقه و مهاجرت از این مناطق را به دنبال خواهد داشت. در بررسی روند تغییرات مکانی شاخص های مرتبط با دما (بجز روزهای سرد، شب های سرد و بیشترین دمای حداقل) دارای تغییرات معنی دار در سطح ۵ درصد هستند. به طوری که در مناطقی که مقدار P-Value کمتر از $0/05$ است نشان می دهد که آن سطوح دارای تغییرات معنی دار است. طبق نتایج، در مورد تعداد روزهای یخبندان بخش مرزی شمال و شمال شرق محدوده مطالعاتی دارای تغییرات معنی دار است. در مورد حداکثر دمای مطلق، غرب محدوده مطالعاتی و نیز بخش هایی از مرکز دارای تغییرات معنی دار است. در مورد کمترین دمای حداکثر، بخش مرکز و شمال و شمال شرق محدوده مطالعاتی دارای تغییرات معنی دار است. در مورد روزهای تابستانی، شمال محدوده مطالعاتی دارای تغییرات معنی دار است. در مورد روزهای یخی و شب های گرمسیری، تقریباً کل محدوده مطالعاتی دارای تغییرات معنی دار است. در مورد روزهای گرم، بیشتر مساحت استان دارای تغییرات معنی دار است. در مورد شب های سرد، تغییرات معنادار مشاهده نشد. در مورد شب های گرم و طول فصل رشد بیشتر سطح محدوده مطالعاتی دارای تغییرات معنی دار است. در مورد کمترین دمای حداقل، بخش هایی از مرکز استان دارای روند تغییرات معنی دار در سطح ۵ درصد است.

در مقیاس ایستگاهی نیز مشخص شد که تغییرات معنی دار دما بدین صورت است:

- تعداد روزهای یخبندان: بهبهان، دهدز، دزفول، ایذه، مسجد سلیمان، رامهرمز، شوشتر
- روزهای تابستانی: بستان، مسجد سلیمان، شوشتر
- روزهای یخی: بهبهان، بستان، دزفول، ایذه، امیدیه، رامهرمز، شوشتر

برازش داده شده بر دمای متوسط سالانه ۲۹۶ کیلو متر می باشد. مهدیان و همکاران (۱۳۸۸) نیز دامنه تاثیر حداقل را در بهمن ماه گزارش نموده است. اثر قطعه ای (C₀) در تمام تغییر نماها در مقایسه با مقدار آستانه (Sill) بسیار کوچک است که نشان دهنده کوچک بودن مؤلفه تصادفی تغییر نما می باشد. مقدار اثر قطعه ای (C₀) در تغییر نما های ماهانه بین ۰/۱ تا ۰/۱ درجه سلسیوس قرار دارد که کمترین آن مربوط به ماه های آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین و بیشترین آن مربوط به ماه های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر و آبان است. مقدار اثر قطعه ای (C₀) در تغییر نما سالانه نیز ۰/۱ درجه سلسوس است. مقادیر بدست آمده در مقایسه با تحقیقات یان بینگ و همکاران (۲۰۰۲) و بناویدس و همکاران (۲۰۰۷) کمتر است. نتایج فوق نشان دهنده این است که از شدت و فراوانی رویدادهای سرد کاسته شده و این در حالی است که رویدادهای گرم روند افزایشی قابل توجهی داشته اند و به عبارت دیگر طول دوره های سرد سال کوتاه و طول دوره های گرم سال افزایش یافته است. ادامه این روند در آینده سبب افزایش خشکسالی، افزایش طوفان های گرد و غبار به ویژه در استان خوزستان، کاهش محصولات کشاورزی و از بین رفتن کشاورزی منطقه و مهاجرت از این مناطق را به دنبال خواهد داشت. نتایج بدست آمده در این تحقیق، با نتایج مطالعات انجام شده توسط محققین داخلی مانند محمدی مزرعه و تقوی (۱۳۸۴)، کوزه گران و موسوی بایگی (۱۳۹۴)، علیجانی و همکاران (۱۳۹۴) و همچنین محققین خارجی مانند اگویار و همکاران (۲۰۰۵)، کریستیدیس و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد.

- شب های گرمسیری: آبادان، دزفول، ایذه، امیدیه، مسجدسلیمان، رامهرمز، شوشتر
- دمای حداکثر مطلق: بستان، مسجدسلیمان، شوشتر
- کمترین دمای حداکثر: آبادان، اهواز، بهبهان، دزفول، بندر ماهشهر، رامهرمز، شوشتر
- کمترین دمای حداقل: رامهرمز، شوشتر
- روزهای سرد: تغییر معناداری مشاهده نشد
- روزهای گرم: آبادان، اهواز، بهبهان، دزفول، امیدیه، مسجدسلیمان، رامهرمز
- شب های سرد: تغییر معناداری مشاهده نشد
- شب های گرم: دهدز، ایذه، مسجد سلیمان
- طول فصل رشد: بستان، دهدز، بندر ماهشهر
نتایج نشانگر آن است که به طور کلی شاخص های حدی گرم مانند روزها و شب های گرم، شب های گرمسیری و روزهای تابستانی، روندی افزایشی داشته است و شاخص های حدی سرد روندی منفی داشته اند. برای روزهای سرد (TX10P) و شب های سرد (TN10P) در اکثر ایستگاههای منطقه مورد مطالعه روند منفی ثبت گردیده است. در خصوص روزهای یخبندان نیز در اکثر ایستگاهها روندی منفی و معنادار داشته است. در خصوص کارایی مدل های زمین آمار نتایج مناسب ترین مدل نیم تغییر نما از بین مدل های مورد بررسی برای داده های دمای ماهانه و سالانه در جدول ۵ نشان داده شده است. تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه در منطقه مطالعاتی از مدل Rational Quadratic پیروی می کند. دامنه ی تاثیر تغییر نما های برازش داده شده بر مقادیر متوسط دمای ماهانه بین ۲۵۰ تا ۳۱۴ کیلومتر متغیر است. بیشترین دامنه ی تاثیر مربوط به شهر یور و کمترین مقدار آن مربوط به دی و بهمن می باشد. دامنه ی تاثیر تغییر نما

منابع

۱- اسدی، م. فلاح قاله‌ری غ.ع. کاشکی، ع.ر. طاهری، ج. ۱۳۹۷. ارزیابی روند میانگین حداکثر و حداقل دمای هوا در طول نیم قرن گذشته در ایران. فصلنامه پژوهش های نوین علوم جغرافیایی، معماری و شهرسازی. شماره ۱۲، بهار ۹۷: ۸۷-۱۰۱.

۲- حسنی پاک، ع.ا. ۱۳۸۰. تحلیل داده های اکتشافی. تهران: دانشگاه تهران.

- ۳- رحیم زاده، ف. عسگری، ا. ۱۳۸۸. بررسی روند نمایه های حدی اقلیمی دما در ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۹۳: ۱۴۴-۱۱۹.
- ۴- عزیزی، ق. روشنی، م. ۱۳۸۷. مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال. مجله پژوهش های جغرافیایی. شماره ۶۴: ۲۸-۱۳.
- ۵- علیجانی، ب. جعفرپور، ز. شکیب، ع.ر. دشت بزرگی، آ. ۱۳۹۴. شبیه سازی شاخص های حدی دمای استان خوزستان بر اساس سناریوهای RCP. جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۱۶: ۱۲۳-۱۰۵.
- ۶- کوزه گران، س. موسوی بایگی، م. ۱۳۹۳. بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی در شمال شرق ایران. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع غذایی). جلد ۲۹، شماره ۳: ۷۶۴-۷۵۰.
- ۷- مدنی، ح. ۱۳۷۳. مبانی زمین آمار. تهران: دانشگاه صنعتی امیر کبیر: ۶۵۹ ص.
- ۸- محمدی مزرعه، ح. تقوی، ف. ۱۳۸۵. روند شاخص های حدی دما و بارش در تهران. پژوهش های جغرافیایی. ۱۷۲-۱۵۱: (۵۳)۳۷.
- ۹- مریانجی، ز. معروفی، ص. عباسی، ح. ۱۳۸۹. آشکارسازی روند تغییرات دبی و روابط آن با پارامترهای هواشناسی در حوزه یالقان همدان با کاربرد روش غیر پارامتریک من کندال. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.
- ۱۰- مهدیان، م.ح. رحیمی بندرآبادی، س. سکوتی، ر. نوروزی، ی. ۱۳۸۸. ارزیابی روش های زمین آمار در تخمین دمای سالانه. مجله علوم کاربردی. شماره ۹: ۱۳۴-۱۲۸.
- ۱۱- ورشایان، و. خلیلی، ع. قهرمان، ن. حجام، س. ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه ی اقلیمی ایران. مجله ی فیزیک زمین و فضا. دوره ۳۷. شماره ۱: ۱۷۹-۱۶۹.
- 12- Aguilar E., Peterson T.C., Obando P.R., Restana J.A., Solera M., Soley J., Gonzalez Garcia I., Araujo A.M., Rosa Santos A., Valle V. E., Brunet M., Auilar L., Alvarez L., Bautista M., Castaiion C., Herrera L., Ruano E., Sinay J.J., Sanchez E., Hernadez Oviedo G.I., Obed F., Salgado J.E., Vazquez J.L., Baca M., Gutierrez M., Centella C., Espinosa J., Martinez D., Olmedo B., Ojeda Espionzoza C.E., Nunez R., Haylock M., Benavides H., Mayorga R. 2005. Changes in precipitation and temperature extremes in central America and northern South America, 1961-2003. J Geophys Res. 110, D23107. Doi: 10.1029/2005JD006119.
- 13- Benavides, R., F. Montes, A. Rubio and K. Osoro. 2007. Geostatistical modeling of air temperature in a mountainous region of Northern Spain. Agricultural and Forest Meteorology, 146: 173-188.
- 14- Christidis N., Stott P.A., Brown S., Hegerl GC., Caesar J. 2005. Detection of changes in temperature extremes during the second half of the 20th century. Geophys Res Lett. Doi: 10.1029/2005GL023885.
- 15- Gorai, A., Kumar, S., 2013. Spatial Distribution Analysis of Groundwater Quality Index Using GIS: A Case Study of Ranchi Municipal Corporation (RMC) Area. GeoinforGeostat, An Owerview, 1(2), pp: 1-11.
- 16- 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. Volume 31(1): 72-86.
- 17- IPCC. 1995. Climate Change 1994, In: Houghten JT., Meira Filno L G., Bruce J.P., Lee H., Callender, B.T., Haites E.F., Harris.
- 18- Lin, ZH., Renxizi, R., Shenliang, Ch. & Ping, D., 2014. Spatial Variability of Surface Sediment Basis on Geostatistical Analysis in the Littoral Area of Yellow River Delta, China, Indian Journal of Geo-Marine Sciences, Vol. 43, No. 4, PP. 463-472.

- 19- Mohamadi H., Taghavi F. 2005. The trend of extreme temperature and precipitation indices in Tehran. Journal Of Geographical Reasearch. 53(2):151-172. (in Persian with English abstract).
- 20- Sarann, L., Catherine, Ch. And Aurore, D., 2013. Different Methods for Spatial Interpolation of Rainfall Data for Operational Hydrology and Hydrological Modeling at Watershed Scale, Biotechnol Agron Soc. Environ (BASE), Vol. 17, No. 2, PP. 392-406.
- 21- Sensoy, S., Türkoğlu, N., Akçakaya, A., Ekici, M., DEMİRCAN, M., ULUPINAR, Y., ATAY, H., TÜVAN, A. and DEMİRBAŞ, H., 2013, April. Trends in Turkey climate indices from 1960 to 2010. In 6th Atmospheric Science Symposium, ITU, Istanbul. Turkey State Meterological Service, Ankara, Turkey (pp. 24-26).
- 22- Yan-Bing, T., 2002. Comparison of variogram models for kriging monthly rainfall in eastern China. Journal of Zhejiang University Science, 3: 584-590.
- 23- Zhang X.2007. "ETCCDMI/CRD climate change indices software", Jan 1, 2007, Climate Research Division of Environment Canada, cccma. seos. uvic.ca /ETCCDMI/software.shtml.
- 24- Xu, Z.X., Takeuchi, K. and Ishidaira, H., 2003. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. Journal of hydrology, 279(1-4), pp.144-150.