

واژه‌های کلیدی: تغییرات زمانی- مکانی، شاخص استاندارد، من-کندال، سن، خراسان جنوبی

مقدمه

پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که بسیاری از سری‌های هیدرولوژیکی ایستا نبوده و در طول زمان به دلایل مختلف دارای شکستگی ناگهانی^۵ یا روند یکنواخت و جهت‌داری^۶ می‌باشد که رفتار اکوسیستم‌ها را دگرگون می‌کند [۲۳، ۲۱، ۶]. با توجه به اثرات معنی‌دار سیکل هیدرولوژیکی بر کمیت و کیفیت منابع آب، تولیدات کشاورزی و دامی، بیابان‌زایی، تنوع گونه‌ای و بحران‌های سیل و خشک‌سالی رفتار سنجی تغییرات زمانی- مکانی پارامترهای اقلیمی جهت تعدیل و کاهش اثرات نامطلوب ناشی از آن امری اجتناب‌ناپذیر و یک پیش‌شرط اساسی برای برنامه‌ریزی کلان‌جوامع بشری است [۴۵، ۳۲، ۲۸، ۲۴، ۲۰، ۱۹، ۱۳].

از جمله تحقیقات انجام شده در زمینه روند تغییرات پارامترهای اقلیمی می‌توان به دمای ایالت پنجاب پاکستان در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ [۱]، بارندگی حوضه رودخانه سوات^۷ پاکستان در دوره ۲۰۱۱-۱۹۶۱ [۲۰]، تبخیر ماهانه ۱۳۳ ایستگاه هند در دوره ۲۰۰۲-۱۹۷۱ [۱۴]، بارندگی ترکیه در ۷۳ سال منتهی به سال ۲۰۱۰ [۱۸]، تغییرات بارش، تبخیر و تعرق، دما و دبی جریان رودخانه گوپالخدا هند در دوره ۲۰۰۴-۱۹۷۵ [۲۹]، تبخیر و تعرق گیاه مرجع مناطق خشک ایران در دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۵ [۳۳]، تغییرات بارش و تعداد روز بارانی برزیل در دوره ۲۰۰۷-۱۹۳۲ [۳۶]، تغییرات دما و بارش روزانه عربستان سعودی در دوره ۲۰۰۸-۱۹۷۹ [۵]، تبخیر و تعرق مرجع ۲۰ ایستگاه هواشناسی غرب ایران و روند تغییرات بارش فصلی و سالانه ۴۱ ایستگاه سینوپتیک ایران [۴۲، ۴۳]، درجه حرت متوسط نیمه جنوبی ایران طی نیم قرن اخیر [۲] الگوی فصلی و مکانی دمای ایران [۱۶]، دما و بارش فصلی و سالانه اقلیم مختلف ایران [۶]، تبخیر و تعرق پتانسیل حوضه ارس [۱۲]، بارندگی استان مازندران [۱۵]، دما و بارش ارومیه [۱۰]، تبخیر مرجع اقلیم خشک ایران [۳۵] اشاره کرد. در این تحقیق با توجه به وابستگی شدید اقتصاد و معیشت ۴۳ درصدی جوامع روستایی و عشایری استان خراسان جنوبی [۸] به پارامترهای اقلیمی، روند تغییرات زمانی- مکانی سری‌های

ارزیابی روند تغییرات زمانی- مکانی متغیرهای اقلیمی استان خراسان جنوبی با استفاده از GIS و تکنیک‌های آماری

عطاله کاویان^۱، کاکا شاهی^{۲*}، رضا چمنی^۳ و مرتضی دهقانی^۴

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۴

DOR: 20.1001.1.26454777.1400.9.33.7.0

چکیده

تغییر متغیرهای اقلیمی و بی‌نظمی زمانی- مکانی آن بهره‌وری کشاورزی، امنیت غذایی، کیفیت و کمیت منابع آب سطحی و زیرزمینی، بهداشت و معیشت افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این موضوع در استان خراسان جنوبی به دلیل وابستگی بیش‌تر به اقلیم، اهمیت بیش‌تری دارد. در این تحقیق روند تغییرات زمانی- مکانی پارامترهای اقلیمی بارش، دما (حداقل، حداکثر و اختلاف دما)، تعداد روز بارانی و یخبندان، تبخیر، ساعات آفتابی، رطوبت نسبی، حداکثر بارش ۲۴ ساعته و مقدار بارش در هر روز بارانی به صورت ماهانه فصلی و سالانه (مجموعاً ۲۰۲۷ سری زمانی در ۳۱ ایستگاه) در دوره‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۷ و ۱۳۵۴-۱۳۹۷ با استفاده از تکنیک‌های آماری شاخص استاندارد و من-کندال و شیب تغییرات با تخمین گر سن و رگرسیون خطی بررسی و نقشه تغییرات مکانی پارامترهای مورد بررسی با نرم‌افزارهای ArcGIS 10.4 و GS+ تولید گردید. نتایج نشان داد درصد تغییرات دمای حداقل، بارندگی، تعداد روز یخبندان و متوسط بارندگی در روز بارانی از سایر پارامترها بیش‌تر است، شیب تغییرات و سطح معنی‌داری بسته به نوع پارامتر، موقعیت ایستگاه و طول دوره آماری بسیار متغیر است. تغییرات زمانی- مکانی در مقیاس‌های کوچک زمانی نامنظم و پیچیده بوده و روند کلی تغییرات پارامترهای مورد بررسی، معنی‌دار و در جهت خشک‌سالی، تابستان‌های گرم‌تر و زمستان‌های سردتر است.

۱- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
 ۲- * دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
 Email: K.shahedi@sanru.ac.ir
 ۳- دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری، گرایش مدیریت حوزه‌های آبخیز، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس.
 ۴- رئیس اداره حفاظت و حمایت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان جنوبی.

5. Step Change
 6. Monotonic Trend
 7. Swat

زمانی پارامترهای مختلف اقلیمی با استفاده از آزمون‌های شاخص استاندارد، من-کندال و شیب تغییرات بارش‌های سن^۱ و رگرسیون خطی مورد ارزیابی قرار گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

استان خراسان جنوبی (شکل ۱) با مساحت حدود ۱۵۷۰۰۰ کیلومتر مربع در شرق کشور و در داخل فلات مرکزی ایران واقع شده است. بارش‌ها عمدتاً در فصل زمستان و بهار بوده و بر اساس نمودار آمبروترمیک حداقل ۶ ماه سال خشک است. بر اساس اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای، رودخانه دائمی و بزرگی بوده در این استان وجود ندارد و نیاز آبی بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب و صنعت از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود که به دلیل خشک‌سالی‌های شدید و متوالی و اضافه برداشت در شرایط بحرانی قرار دارد. در جدول ۱ متوسط پارامترهای اقلیمی مورد بررسی ایستگاه بیرجند به عنوان نماینده استان و در جدول ۲ پارامترها مورد بررسی و دوره آماری مورد استفاده نشان داده شده است.

داده‌ها، مدل‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های بارندگی، دما (حدافل، حداکثر و اختلاف دما)، تعداد روز بارانی و یخبندان، تبخیر، ساعات آفتابی، رطوبت نسبی، حداکثر بارش ۲۴ ساعته و مقدار بارش در هر روز بارانی در سری‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه استفاده شده است. وجود روند با آزمون من-کندال و ناهنجاری‌های سری‌های زمانی با شاخص استاندارد و شدت تغییرات پارامترهای اقلیمی با تخمین‌گر

سن و رگرسیون خطی محاسبه و برای تحلیل‌های آماری و میان‌یابی^۲ زمانی-مکانی تغییرات از نرم‌افزارهای ArcGIS10.4، Hyfran، SPSS و GS⁺ استفاده شده است.

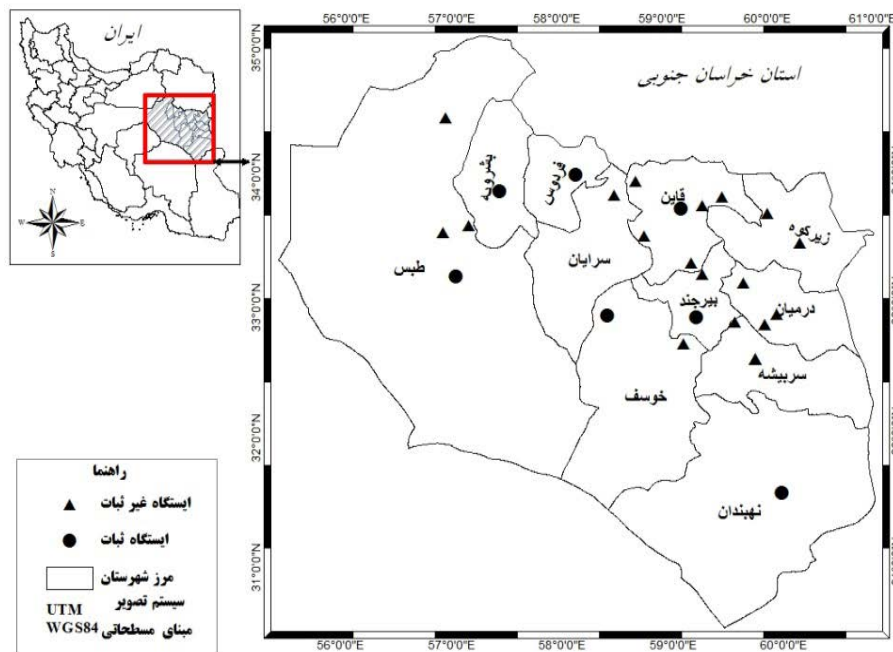
آزمون من-کندال، تخمین‌گر سن و رگرسیون خطی از کاربردی‌ترین آزمون‌های غیر پارامتریک شناسایی تغییرات، سری‌های زمانی اقلیمی و هیدرولوژی می‌باشد که تغییر یا عدم تغییر مقدار مرکزی یک سری زمانی را مورد بررسی قرار می‌دهد [۳۷، ۳۴، ۳۲، ۲۹، ۲۷، ۲۵، ۲۲، ۱۳، ۱۰].

جدول ۱: متوسط سالانه پارامترهای مورد بررسی ایستگاه بیرجند				
تعداد روز بارانی	تعداد روز یخبندان	تبخیر (میلی‌متر)	رطوبت نسبی	
			نسبی	آفتابی
۳۳/۸	۶۲/۳	۳۲۰۰	۳۷/۵	۳۳۰/۱
بارش		دما (سانتی‌گراد)		
سالانه	۲۴ ساعته	باران در روز بارانی	حداکثر	حدافل
۱۶۰	۲۲	۳/۷	۳۵/۶	-۳/۶

روش تحقیق

رقومی کردن اطلاعات

در این تحقیق بعد از اخذ اطلاعات ایستگاه‌های مورد نیاز با استفاده از مشخصات جغرافیایی موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی، باران‌سنجی و تبخیرسنجی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10.4 رقمی گردید (شکل ۱).



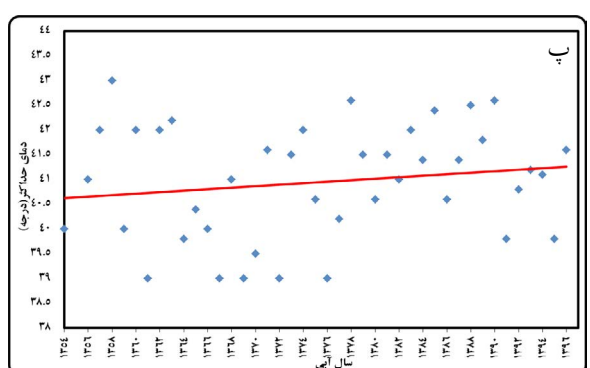
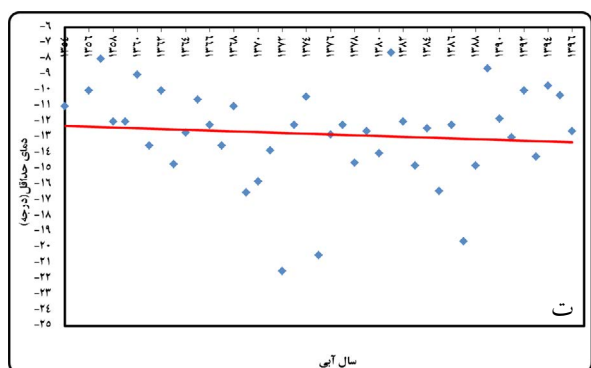
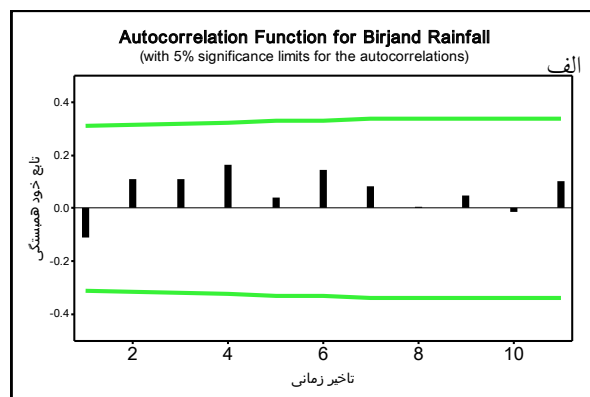
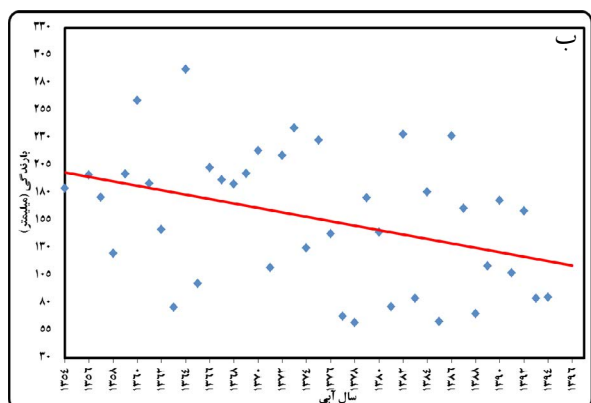
شکل ۱: منطقه مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌های مورد استفاده

2. Interpolate

1. Sen

جدول ۲: پارامترها مورد بررسی و دوره آماری استفاده شده

پارامتر	بارندگی ۲۴ ساعته	رطوبت نسبی	تبخیر	روز		تفاضل دما	دمای حداکثر	دمای حداقل	ساعات آفتابی	بارندگی
				یخبندان	بارانی					
دوره	۷۶-۱۳۸۱	۷۶-۱۳۸۱	۷۶-۱۳۵۱	۷۶-۱۳۵۱	۷۶-۱۳۸۱	۷۶-۱۳۸۱	۷۶-۱۳۸۱	۷۶-۱۳۵۱	۷۶-۱۳۸۱	۷۶-۱۳۵۱
	۱۳۸۱-۱۳۵۱	۱۳۸۱-۱۳۵۱	۱۳۵۱-۱۳۸۱	۱۳۵۱-۱۳۸۱	۱۳۸۱-۱۳۵۱	۱۳۸۱-۱۳۵۱	۱۳۸۱-۱۳۵۱	۱۳۵۱-۱۳۸۱	۱۳۸۱-۱۳۵۱	۱۳۵۱-۱۳۸۱
تعداد ایستگاه	۹	۱۱	۵	۴	۹	۷	۱۰	۷	۶	۱۹



شکل ۲: آزمون خودهمبستگی بارش سالانه ایستگاه بیرجند (الف)، بارندگی (ب)، دمای حداکثر (پ) و دمای حداقل (ت)

ارزیابی روند تغییرات زمانی با آزمون من-کندال

شرط لازم برای استفاده از آزمون من-کندال استقلال داده‌های سری‌های زمانی می‌باشد [۳۷، ۳۴، ۲۰، ۱۹، ۱۴، ۹]. در این تحقیق استقلال داده‌ها با آزمون خودهمبستگی (ACF) انجام شده که به‌عنوان نمونه نتایج این آزمون برای بارندگی سالانه ایستگاه بیرجند در شکل ۲ (الف) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که اکثر سری‌های زمانی داده‌ها استقلال لازم در سطح ۵ درصد معنی‌داری بوده و سری‌های وابسته نیز با استفاده از آزمون TFPW پیش‌سفید شده است [۱۴].

بعد از بررسی استقلال داده‌ها تمامی سری‌های زمانی-مکانی با آزمون من کندال و شیب تغییرات با آزمون سن و رگرسیون خطی مورد بررسی قرار گرفت به‌عنوان نمونه تخمینگر سن برای بارندگی سالانه (۲ب)، متوسط دمای حداکثر (۲پ) و دمای حداقل (۲ت) سالانه نشان شده است.

بررسی صحت و همگنی و بازسازی سری‌های زمانی

اولین اقدام برای تجزیه و تحلیل، بررسی صحت و همگنی داده‌ها می‌باشد [۹]. در این تحقیق صحت و همگنی داده‌ها با آزمون‌های جرم مضاعف و مشاهدات استثنایی بررسی و اعداد پرت شناسایی شده با آمار هم‌زمان ایستگاه‌های مجاور مورد مقایسه قرار گرفت و در صورتی حذف گردید که آمار هم‌زمان سایر ایستگاه‌ها با آن تفاوت معنی‌داری داشته است. به‌عنوان نمونه مقادیر حداقل دمای دی و بهمن اکثر ایستگاه‌ها در سال ۱۳۸۷-۱۳۸۶ توسط آزمون مشاهدات استثنایی پرت تشخیص داده شد که در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها این اعداد واقعی و مورد تأیید قرار گرفت. به‌منظور به حداقل رساندن خطای ناشی از بازسازی نواقص آماری و همچنین داشتن حداکثر تعداد ایستگاه پس از ترسیم پاراگراف، ایستگاه‌های تازه تأسیس یا ایستگاه‌های با نواقص آماری زیاد حذف و در نهایت سری زمانی به دو دوره ۱۳۹۷-۱۳۶۸ و ۱۳۹۷-۱۳۵۴ تقسیم گردید.

ارزیابی روند تغییرات زمانی با آزمون من-کندال

ارزیابی ناهنجاری‌ها با شاخص استاندارد

ناهنجاری‌های پارامترهای مورد بررسی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شده است [۲۸، ۲۹]. در این رابطه \bar{X}_i ، X_i و δ_i به ترتیب مقادیر مشاهداتی، متوسط دوره آماری و انحراف استاندارد می‌باشد.

$$X_i = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\delta_i} \quad \text{رابطه (۱)}$$

بحث و نتایج

با توجه به حجم زیاد داده‌ها و نمودارها و محدود بودن فضای مقاله از ارائه مشخصات روند تغییرات ماهانه خودداری شده و فقط روند تغییرات فصلی و سالانه پارامترهای دمای حداقل، دمای

حداکثر، بارندگی، اختلاف دما، ساعات آفتابی، رطوبت نسبی، تعداد روز یخبندان، تعداد روز بارانی، بارش حداکثر ۲۴ ساعته، تبخیر و مقدار بارش در هر روز بارانی در دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۵۴ و ۱۳۹۷-۱۳۶۸ نشان داده شده است. در جداول ۳ تا ۱۲ شیب تغییرات پارامترهای فصلی و سالانه که حداقل در سطح ۱۰ درصد اختلاف معنی داری داشته ارائه شده است (در کلیه جداول ردیف‌های خاکستری دوره آماری ۱۳۹۴-۱۳۵۴ و ردیف‌های بی رنگ دوره آماری ۱۳۶۸-۱۳۹۴، نام ایستگاه (الف)، سری زمانی (ب)، پارامتر من-کندال (پ) تخمینگر سن (ت)، خط رگرسیون (ث)، سطح معنی داری (د)، درصد کاهش یا افزایش (ذ)، +، *، **، *** به ترتیب ۱، ۱۰، ۱ و ۰/۱ درصد)، ۱ (فصل بهار)، ۲ (فصل تابستان)، ۳ (فصل پاییز)، ۴ (فصل زمستان) و ۵ (سالانه) را نشان می‌دهد).

جدول ۳: نتایج روند تغییرات زمانی-مکانی بارندگی

الف	ب	پ	ت	شیب					الف	ب	پ	ت	ث	د	
				الف	ب	پ	ت	ث							
بیرجند	۴	-۲/۰۸۱	-۱/۲۵۳	-۱/۲۰۱	*	۴	-۲/۱۳	-۳/۲۰۶	-۲/۸۱۶	*	۱	-۲/۳۴۷	-۰/۹۰۹	-۱/۱۱۷	*
	۵	-۲/۰۳۲	-۱/۷۵۰	-۱/۹۵۴	*	۵	-۲/۰۳	-۳/۹۸۴	-۴/۱۴۸	*	۵	-۳/۵۳۲	-۱/۶۸۱	-۱/۸۸۱	***
نهبندان	۴	-۱/۷۵۲	-۲/۶۵۲	-۳/۶۰۲	+	۵	-۱/۶۴	-۳/۷۹۱	-۴/۹۳۹	+	۴	-۱/۹۷۴	-۱/۴۳۳	-۱/۵۱۰	*
	۵	-۱/۷۹۸	-۴/۰۷۳	-۴/۷۱۳	+	۴	-۲/۸۳	-۴/۰۷۲	-۴/۲۴۵	***	۵	-۲/۲۱۳	-۲/۱۲۰	-۱/۹۴۱	*
	۴	-۱/۹۶۲	-۲/۹۸۹	-۲/۸۸۱	*	۵	-۲/۳۶	-۵/۳۲۰	-۶/۱۳۳	*	۵	-۱/۸۸۷	-۱/۶۸۳	-۱/۴۷۳	+
اسفزار	۱	-۱/۷۵۲	-۱/۸۴۸	-۱/۶۸۳	+	۱	-۲/۴۵	-۱/۳۷۴	-۱/۹۰۲	*	۵	-۲/۲۸۹	-۳/۴۵۰	-۴/۵۶۱	*
بشرویه	۴	-۱/۷۱	-۰/۶۳۰	-۰/۷۱۶	+	۵	-۲/۴۱	-۴/۲۳۹	-۴/۷۹۳	*	۳	-۱/۸۳	-۰/۳۹۷	-۰/۳۲۰	+
	۵	-۳/۵۶	-۱/۴۴۲	-۱/۳۲۸	***	۵	-۱/۹۹	-۳/۲۵۹	-۳/۳۸۶	*	۳	-۵/۱۱	-۴/۴	-۴/۸۰۵	***
طبس	۵	-۱/۶۸	-۱/۱۶۷	-۰/۹۵۴	+	۴	-۱/۶۶	-۲/۲۲۱	-۳/۱۰۶	+	۴	-۲/۰۹	-۱/۶۰۷	-۱/۵۶۷	*
	۴	-۱/۸۹	-۱/۶۵۰	-۲/۳۹۱	+	۵	-۱/۷۰	-۲/۵۵۹	-۳/۳۲۶	+	۴	-۱/۷۷	-۰/۸۸۱	-۱/۶۴۰	+
فرخی	۵	-۱/۸۵	-۱/۷۳۹	-۲/۹۴۶	+	۴	-۲/۴۳۲	-۱/۲۴۴	-۳/۳۶۴	*	۱	-۱/۸۹	-۰/۸۳	-۱/۱۷۱	+
	۳	۲/۶۴	۵/۰۰۶	۵/۹۹۳	***	۱	-۱/۶۴۵	-۰/۴۸۸	-۰/۵۷۸	+	۴	-۲/۰۸	-۳/۲۱۹	-۳/۵۸۰	*
بنرگ	۴	-۱/۹۶	-۴/۶۵۹	-۴/۶۷۵	*	۵	-۳/۵۵۶	-۲/۳۷۰	-۲/۳۸۹	***	۱	-۲/۴۳	-۱/۹۷۷	-۱/۸۷۹	*
	۵	-۲/۴۱	-۷/۰۸۷	-۷/۰۷۷	*	۵	-۲/۱۳	-۵/۴۱۰	-۵/۲۴۰	*	۵	-۲/۱۳	-۵/۴۱۰	-۵/۲۴۰	*

جدول ۴: نتایج روند تغییرات زمانی-مکانی بارندگی ۲۴ ساعته

الف	ب	پ	ت	شیب روند					الف	ب	پ	ت	ث	د
				الف	ب	پ	ت	ث						
بیرجند	۵	-۱/۷۵	-۰/۳۲۶	-۰/۳۷۲	+	۵	فردوس	-۱/۷۸	۵	-۰/۴۱۲	-۰/۲۸۸	+		
ارسک	۱	-۲/۳۶	-۰/۴۵۳	-۰/۴۵۴	*	۵	فتح آباد	-۲/۲۹	۵	-۰/۵۹۴	-۰/۸۳۳	*		
	۵	-۱/۷۱	-۰/۳۵۹	-۰/۲۶۷	+									

جدول 5: نتایج روند تغییرات زمانی-مکانی تغییرات اختلاف دمای ماهانه

د	شیب			الف	ب	پ	د	شیب			الف	ب	پ	د	
	ث	ت	پ					ث	ت	پ					
**	-۰/۲۴۹	-۰/۲۶۷	-۳/۱۱۲	۳	*	-۰/۱۷۰	-۰/۱۶۲	-۲/۲۲	۲	قاین	*	۰/۱۵۹	۰/۱۸۵	۲/۰۴	۴
*	-۰/۱۴۹	-۰/۱۸۳	-۲/۱۹۷	۱	*	۰/۲۰۲	۰/۱۸۸	۲/۴۵	۴	نهبندان	***	۰/۳۳۵	۰/۳۲۸	۳/۷۵	۴
**	-۰/۲۳۷	-۰/۲۴۶	-۳/۰۳۷	۲	*	۰/۲۴۷	۰/۲۵۰			موسویه	*	۰/۱۴۲	۰/۱۶۵	۲/۲۲	۴
*	-۰/۱۶۹	-۰/۱۵۴	-۲/۰۳۳	۵	*			۲/۵۷	۴						

جدول 6: نتایج روند تغییرات زمانی-مکانی تغییرات دمای حداکثر

د	شیب			الف	ب	پ	د	شیب			الف	ب	پ	د	
	ث	ت	پ					ث	ت	پ					
*	۰/۰۸۹	۰/۰۷۴	۲/۴۳	۱	*	۰/۰۵۱	۰/۰۴۱	۲/۱۶	۳		*	۰/۰۴۶	۰/۰۵۵	۲/۰۳	۴
*	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹	۲/۰۱	۵	+	۰/۰۵۶	۰/۰۵۲	۱/۷۹	۴		+	۰/۰۲۸	۲/۰۲۲	۱/۷۵	۲
+	۰/۱۰۱۶	۰/۱۲۷	۱/۹۴	۴	+	۰/۰۶۱	۰/۰۵۳	۱/۹۱	۱	سرسبزه*	*	۰/۰۳۹	۰/۰۳۴	۲/۵۳	۵
*	۰/۱۱	۰/۱۲۸	۲/۳۶	۱	***	۰/۰۵۹	۰/۰۶۴	۳/۸۹	۲		+	۰/۰۵۳	۰/۰۶۴	۱/۹۵	۴
*	۰/۰۶۸	۰/۰۷۱	۲/۴۵	۵	***	۰/۰۵۷	۰/۰۵۴	۲/۹۸	۵		+	۰/۰۲۳	۰/۰۲۸	۱/۷۷	۵
**	۰/۰۶۲	۰/۰۸۲	۲/۸۱	۴	*	۰/۰۵۶	۰/۰۶۹	۲/۱۲	۴		*	۰/۰۷۵	۰/۰۶۴	۳/۱۸	۳
*	۰/۰۴۷	۰/۰۴۸	۲/۰۸	۱	*	۰/۰۴۳	۰/۰۵۵	۲/۱۵	۱	بشرویه*	*	۰/۰۴۶	-۰/۰۴۷	۴/۲۴	۱
*	۰/۰۳۲	۰/۰۳۷	۲/۳۱	۲	*	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲	۲/۱۸	۲		*	۰/۱۲۰	۰/۰۶۸	۲/۵۶	۳
***	۰/۰۳۹	۰/۰۴۲	۳/۳۹	۵	***	۰/۰۴۰	۰/۰۴۱	۳/۱۲	۵		*	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱	۲/۰۶	۲
***	۰/۰۷۷	۰/۰۶۵	۳/۹۰	۳	+	۰/۰۴۸	۰/۰۶۰	۱/۸۴	۳		***	۰/۰۳۴	۰/۰۳۵	۳/۳۱	۵
*	۰/۰۳۲	۰/۰۳۳	۲/۳۰	۲	*	۰/۰۶۸	۰/۰۷۱	۲/۱۳	۱	نجر	+	۰/۰۷۸	۰/۰۷۷	۱/۸۲	۱
											+	۰/۰۹۵	۰/۱۰۰	۱/۷۰	۴

جدول 7: نتایج روند تغییرات زمانی-مکانی تغییرات ساعت آفتابی

د	شیب			الف	ب	پ	د	شیب			الف	ب	پ
	ث	ت	پ					ث	ت	پ			
*	۱/۴۲۵	۱/۲۰۸	۲/۳۶	۳			*	۱/۴۹۸	۱/۸۰۷	۲/۴۰۶	۴		
*	۲/۰۷۲	۲/۱۴۴	۲/۴۸	۴	فردوس		*	۱/۲۲۴	۱/۱۷۳	۲/۱۲۵	۱		
**	۱۷/۴۵	۱۳/۲۵	۳/۲۲	۵			*	۰/۵۰۹	۰/۳۹۰	۲/۳۱۳	۲	بیرجند	
*	۱/۵۱۲	۱/۵۷۳	۲/۴۸	۴			**	۱۱/۴۵	۹/۷۲	۲/۶۳۹	۵		
*	۹/۹۰۳	۹/۱۲۹	۲/۲۰	۵	بشرویه		+	۱/۴۳۴	۱/۳۸۳	۱/۷۰	۴	قاین	
+	۱/۲۲۴	۱/۰۹۶	۱/۷۰	۴	نهبندان		+	۱۰/۸۴	۷/۷۲۰	۱/۸۵	۵		

جدول ۸: نتایج روند تغییرات زمانی-مکانی تغییرات تعداد روز بارانی

الف	ب	پ	شیب		د	الف	ب	پ	شیب		د	الف	ب	پ	
			ت	ث					ت	ث					
بیرجند	۴	-۱/۸۹	-۰/۴۲۹	-۰/۴۹۶	+	۴	۴	-۲/۰۲	-۰/۶۶۷	-۰/۶۰۲	*	۱	۱/۹۹۶	۰/۲۹۰	۰/۲۸۹
نهبندان	۴	-۱/۷۱	-۰/۴۴۱	-۰/۴۵۵	+	۱	۱	-۱/۸۵	-۰/۴۴	-۰/۴۶۴	+	۵	۱/۷۵۶	۰/۴۴۴	۰/۴۲۸
خور	۴	-۱/۶۷	-۰/۲۹۳	-۰/۴۳۷	+	۵	۵	-۲/۲۹	-۱	-۱/۲۳	*				

جدول ۹: نتایج روند تغییرات زمانی-مکانی تغییرات دمای حداقل

الف	ب	پ	شیب		د	الف	ب	پ	شیب		د	الف	ب	پ	
			ت	ث					ت	ث					
بیرجند	۳	۳/۲۷	۰/۰۷۰	۰/۰۷	**	۴	۴	-۲/۲۰	-۰/۰۵۸	-۰/۰۷۷	*	۱	۲/۸۵	۰/۰۷۴	۰/۰۸۳
بیرجند	۲	۲/۷۱	۰/۰۲۵	۰/۰۵	**	۱	۱	-۲/۳۸	-۰/۰۴۶	-۰/۰۵۴	*	۲	۲/۶۲	۰/۰۳۷	۰/۰۴۶
بیرجند	۵	۲/۲۷	۰/۰۲۹	۰/۰۲	*	۲	۲	-۲/۹۳	-۰/۰۹۸	-۰/۱/۰۷	**	۵	۲/۰۸	۰/۰۳۷	۰/۱/۰۱
بیرجند	۱	۳/۱۷	۰/۰۵۱	۰/۰۵۵	**	۵	۵	-۳/۷۳	-۰/۰۵۹	-۰/۰۶۷	**	۳	۲/۹۵	۰/۰۶۶	۰/۰۶۳
اسفند	۲	۲/۰۸	۰/۰۳۷	۰/۰۶۴	*	۱	۱	۲/۷۱	۰/۰۶۳	۰/۰۴۵	**	۱	-۲/۳۳	-۰/۰۴۵	-۰/۰۴۴
اسفند	۵	۲/۱۴	۰/۰۳۳	۰/۰۴۵	*	۵	۵	۲/۱۳	۰/۰۱۹	۰/۰۲۲	*	۲	۳/۰۷	۰/۰۴۵	۰/۰۵۴
اسفند	۳	-۱/۹۵	-۰/۰۵۹	-۰/۰۳۶	+	۳	۳	۴/۲۸	۰/۱/۰۶	۰/۱۳۲	**	۳	۲/۹۴۰	۰/۰۷۲	۰/۰۷۵
بمشرویه	۱	۲/۶۹	۰/۰۶۲	۰/۰۵۹	**	۴	۴	۲/۷۱	۰/۰۴۰	۰/۰۳۷	**	۱	۳/۰۳۷	۰/۰۵۵	۰/۰۵۷
بمشرویه	۲	۲/۱۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	*	۲	۲	۴/۵۲	۰/۰۷۳	۰/۰۷۲	**	۲	۲/۹۶۴	۰/۰۶۵	۰/۰۶۷
بمشرویه	۵	۲/۰۷	۰/۰۳۲	۰/۰۰۶	*	۵	۵	۴/۹۴	۰/۰۶۲	۰/۰۶۳	**	۵	۴/۰۵۳	۰/۰۴۷	۰/۰۴۵
خور	۳	۶/۳۵۳	۰/۱۷۸	۰/۱۸۰	**	۱	۱	۲/۲۰	۰/۰۷۱	۰/۰۸۲	*	۱	۲/۵۵	۰/۱۰۴	۰/۰۹۴
خور	۴	۳/۰۲۵	۰/۰۶۷	۰/۰۵۵	**	۳	۳	۱/۷۵	۰/۰۴۳	۰/۰۴۷	+	۵	۲/۷۸	۰/۰۵۸	۰/۰۵۹
خور	۱	۳/۳۳۹	۰/۰۶۳	۰/۰۵۹	**	۱	۱	۳/۱۵	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱	**	۳	۲/۵۹	۰/۰۶۸	۰/۰۶۲
خور	۲	۶/۶۱۷	۰/۱۵۲	۰/۱۵۴	**	۲	۲	۲/۵۰	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹	*	۱	۳/۳۴	۰/۱۳۱	۰/۱۲۰
خور	۵	۶/۵۸۱	۰/۱۱۹	۰/۱۱۲	**	۵	۵	۳/۶۲	۰/۰۵۹	۰/۰۵۸	**	۲	۳/۱۱	۰/۰۷۹	۰/۰۷۶
خور	۵	۳/۵۳	۰/۰۷۲	۰/۰۷۰	**	۵	۵	۳/۵۳	۰/۰۷۲	۰/۰۷۰	**	۵	۳/۵۳	۰/۰۷۲	۰/۰۷۰

جدول ۱۰: پارامتر من-کندال و شیب تغییرات رطوبت نسبی

د	شیب		الف	ب	پ	د	شیب		الف	ب	پ	د	شیب		الف	ب	پ	د
	ت	ث					ت	ث					ت	ث				
*	-۰/۵۹۳	-۰/۵۹۶	-۲/۱۸	۴		*	۰/۳۵۳	۰/۳۶۱	۱/۹۶	۳		+	۰/۱۶۶	۰/۱۳۹	۱/۹۲	۲		فاین
*	-۰/۴۷۳	-۰/۳۹۷	-۲/۰۴	۱	قاین	+	۰/۲۵۲	۰/۲۹۰	۱/۸۹	۲		+	۰/۲۴۷	۰/۲۶۰	۱/۷۰	۳		نهبندان
*	-۰/۲۶۶	-۰/۳۸۶	-۲/۵۱	۲		*	-۰/۴۸۰	-۰/۵۹۰	-۲/۳۱	۴		+	۰/۴۵۰	-۰/۴۱۹	-۱/۷۸	۴		خور
*	-۰/۲۶۹	-۰/۲۶۷	-۲/۱۳	۵		*	-۰/۲۳۷	-۰/۲۱۹	-۲/۱۵	۱		*	-۰/۵۴۱	-۰/۵۱۹	-۲/۴۳	۴		فردوس
**	-۰/۶۰۰	-۰/۶۴۲	-۲/۷۸	۴		*	-۰/۳۳۲	-۰/۵۶۷	-۲/۵۵	۴		+	-۰/۱۶۸	-۰/۱۳۰	-۱/۸۰	۵		
+	-۰/۴۹۷	-۰/۴۵۱	-۱/۷۴	۱	قاین	*	-۰/۱۲۰	-۰/۹۴۶	-۲/۹۷	۱		**	-۰/۵۳۷	-۰/۵۶۹	-۲/۷۳	۴		بشرویه
**	-۰/۵۷۵	-۰/۵۳۴	-۳/۱۸	۲		*	-۰/۲۴۸	-۰/۱۵۲	-۲/۶۴	۲		*	-۰/۳۴۲	-۰/۲۹۳	-۲/۴۵	۱		طیس
*	-۰/۴۷۲	-۰/۴۲۱	-۲/۳۱	۵		**	-۰/۲۰۲	-۰/۲۶۷	-۲/۷۱	۵		**	-۰/۲۶۷	-۰/۲۶۰	-۴/۳۱	۲		
**	-۰/۷۵	-۰/۷۷۸	-۳/۴۰	۴	قاین	**	-۱/۱۶۶	-۱/۰۶۵	-۴/۰۷	۱	اسدآباد	**	-۰/۳۰۷	-۰/۳۱۰	-۳/۹۲	۵		
*	-۰/۴۴۸	-۰/۵۶۱	-۲/۲۳	۱		**	-۰/۹۲۸	-۱/۰۳۸	-۳/۹۲	۲		*	-۰/۳۹۰	-۰/۳۳۷	-۲/۴۳	۳		اسدآباد
*	-۰/۴۴۴	-۰/۴۹۵	-۲/۱۱	۵		**	-۰/۸۹۰	-۰/۸۶۴	-۴/۵۹	۵		**	-۱/۰۷۵	-۱/۰۳۰	-۴/۵۲	۴		

جدول ۱۱: نتایج روند تغییرات زمانی-مکانی تغییرات تعداد روز یخبندان

د	شیب		الف	ب	پ	د	شیب		الف	ب	پ	د
	ت	ث					ت	ث				
+	-۰/۱۹۹	-۰/۱۶۲	-۱/۹۱	۱		**	-۰/۶۷۸	-۰/۶۱۸	-۳/۸۷	۳		بشرویه
*	-۰/۸۷۲	-۰/۹۲۰	-۱/۹۹	۵	قاین	*	-۰/۳۵۲	-۰/۳۶۰	-۱/۹۶	۴		بشرویه
**	-۰/۳۶۳	-۰/۴۰۰	-۲/۹۱	۴		**	-۱/۰۲۳	-۱/۰۷۸	-۳/۷۷	۵		بشرویه
**	-۰/۸۷۲	-۰/۵۷۹	-۲/۷۴	۵	ارسک	**	-۰/۸۳۱	-۰/۸۳۳	-۴/۸۲	۳		بشرویه
**	-۰/۴۳۹	-۰/۴۶۴	-۲/۸۲	۳	بیرجند	**	-۰/۵۷۸	-۰/۶۴۷	-۳/۵۶	۴		بشرویه
*	-۰/۴۱۰	-۰/۴۴۴	-۲/۲۹	۵		**	-۱/۴۱۵	-۱/۵۰۰	-۵/۱۳	۵		بشرویه

(۳/۲۳ و ۷/۲۱ روز)، رطوبت نسبی (۲۳/۱ درصد)، بارش حداکثر ۲۴ ساعته (۰/۳۹ میلی‌متر) و مقدار بارش در هر واقعه بارشی (۰/۴۴ میلی‌متر) کاهش داشته و دمای حداکثر (۰/۳۳ درجه سانتی‌گراد)، تبخیر (۱۱۷/۸ میلی‌متر) و ساعت آفتابی (۵۰/۴۵ ساعت) در سال افزایش یافته است.

به منظور بررسی وضعیت کلی استان متوسط سری‌های زمانی سالانه ایستگاه‌های مختلف سطح استان محاسبه و مقادیر متوسط تمام ایستگاه‌ها به عنوان نماینده استان با آزمون شاخص استاندارد (جدول ۱۳)، من کندال تخمینگر سن و خط رگرسیون (جدول ۱۴) مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس جدول ۱۳ بارندگی (۳۰/۹۵ میلی‌متر)، دمای حداقل (۱/۴۱ درجه سانتی‌گراد)، تعداد روز بارانی و یخبندان

جدول ۱۲: نتایج روند تغییرات زمانی-مکانی شیب تغییرات تبخیر

د	شیب				د	شیب				الف
	ت	ب	پ	ب		ت	ب	پ	ب	
***	۱۱/۸۹	۱۰/۸۸	۴/۲۰	۱	**	۴/۲۴۴	۴/۲۷۵	۳/۱۵	۱	
***	۱۴/۸۱	۱۵/۱۷	۴/۷۸	۲	سربیشه	***	۴/۷۶۵	۴/۶۴۵	۴/۵۹	۲
***	۲۸/۶۶	۳۰/۵۵	۴/۲۲	۵	***	۱۰/۶۲۰	۱۰/۵۳۶	۴/۱۴	۵	
***	۲/۹۵	۲/۹۷۳	۳/۳۲	۴	*	۲/۶۲	۲/۷۰۳	۲/۳۰	۳	بشرویه
+	۳/۴۲	۲/۹۶۷	۱/۸۴	۱	اسدآباد	*	۲/۸۰	۲/۳۰۰	۱/۹۹	۴
+	۷/۸۷	۶/۸۱۱	۱/۹۴	۵	*	۴/۳۰	۴/۰۰۶	۲/۳۴	۱	
*	۳/۵۸۴	۳/۵۵۴	۲/۲۳	۱	افین	*	۷/۰۶	۷/۷۸۳	۲/۰۷	۵

جدول ۱۳: ناهنجاری های متوسط پارامترهای اقلیمی

پارامتر	بارندگی	دما		تعداد روز		تبخیر	ساعت آفتابی	رطوبت نسبی	بارش ۲۴ ساعته	مقدار بارش در روز بارانی
		حداقل	حداکثر	یخبندان	بارانی					
سال شروع	۱۳۷۸-۱۳۷۷	۱۳۸۳-۱۳۸۴	۱۳۸۲-۱۳۸۱	۱۳۷۷	۱۳۷۷	۱۳۷۷	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۸	۱۳۸۰-۱۳۷۹
سال حداکثر	۱۳۸۷-۱۳۸۶	۱۳۸۶-۱۳۸۷	۱۳۸۹-۱۳۸۸	۱۳۷۸	۱۳۷۸	۱۳۸۸	۱۳۷۸	۱۳۸۹	۱۳۸۹	۱۳۸۶-۱۳۸۵
متوسط	۰/۵۴	۰/۸۸	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۷۲	۰/۵۱	۰/۴۴	۰/۳۷	۰/۵۴	۰/۵۱
حداکثر	۱/۷۸	۴/۳	۲/۳	۱/۸	۲/۱	۲/۲	۱/۴۳	۱/۶	۱/۴	۱/۵
متوسط کاهش یا افزایش	۳۰/۹۵	۱/۴۱	۰/۳۳	۳/۲۳	۱۱۷/۸	۷/۲۱	۵۰/۴۵	۱/۲۳	۰/۳۹	۰/۴۴

بررسی در سری های مختلف زمانی و در دو دوره ۱۳۵۴-۱۳۹۷ و ۱۳۶۸-۱۳۹۷ که در مراحل قبلی توسط آزمون من-کنندال حداقل در سطح ۱۰ درصد روند تغییرات معنی دار تشخیص داده شده است ابتدا با استفاده از نرم افزار GS+ واریوگرام پارامتر اقلیمی در حالت های مختلف بررسی و مدل مناسب بر اساس ضریب تبیین (R²) و تغییرات باقیمانده ها (RSS) انتخاب گردید (جدول ۱۵). سپس با استفاده از مشخصات واریوگرام انتخابی و در نظر گرفتن پارامتر ثانویه ارتفاع با استفاده از نرم افزار ArcGIS 10.4 و روش های میان یابی کوکریجینگ و کریجینگ معمولی، پهنه بندی زمانی- مکانی سری های زمانی انجام شده است. انتخاب روش کریجینگ یا کوکریجینگ بر اساس ضریب همبستگی (پارامتر اقلیمی- ارتفاع ایستگاه) صورت گرفته است بر این اساس روش کوکریجینگ معمولی برای میان یابی پارامترهای با همبستگی بیش تر از ۰/۶ و روش کریجینگ معمولی برای ضریب کم تر از ۰/۶ انتخاب شده است [۳].

بر اساس آزمون من کنندال شیب تغییرات پارامترهای تبخیر و تعداد روز یخبندان سالانه در دوره ۱۳۵۴-۱۳۹۷ بیش تر از دوره ۱۳۶۸-۱۳۹۷ است ولی پارامترهای بارش، دمای حداکثر و حداقل در دوره ۱۳۶۸-۱۳۹۷ شیب تندتری داشته اند. تبخیر، ساعت آفتابی و دمای حداکثر روندی افزایشی و دمای حداقل، بارش، رطوبت نسبی، تعداد روز یخبندان و بارانی، بارش حداکثر ۲۴ ساعته روندی کاهشی داشته است، بیش ترین درصد تغییرات در دوره آماری ۱۳۶۸-۱۳۹۷ مربوط به دمای حداقل (۳/۵۷) و بارش سالانه (۲/۳) و کم ترین آن مربوط به دمای حداکثر سالانه (۰/۱۲) بوده است. تعداد روز بارانی و یخبندان سالانه دوره آماری ۱۳۶۸-۱۳۹۷ و دمای حداقل و حداکثر سالانه دوره آماری ۱۳۵۴-۱۳۹۷ با وجود تغییر از نظر آماری معنی دار نبوده است.

پهنه بندی و ارزیابی روند مکانی

هر چند تعداد و تراکم ایستگاه های استان به خصوص در جنوب و غرب استان کفایت لازم برای میان یابی را ندارد با این وجود برای پهنه بندی و ارزیابی شیب روند زمانی- مکانی پارامترهای مورد

جدول ۱۴: نتایج روند تغییرات متوسط سالانه (استانی) پارامترهای اقلیمی

پارامتر	پ	شیب روند		پارامتر	پ	شیب روند		جهت	ذ
		ت	ث			ت	ث		
بارش	-۲/۶۹	-۳/۰۳۴	-۳/۴۶	روز یخبندان	-۴/۶۲	-۰/۹۳۸	-۰/۸۳۹	کاهشی	۲/۳
	-۱/۹۷	-۱/۲۳	-۱/۳۲	ساعت آفتابی	-۱/۵	-۰/۴۹	-۰/۳۲	کاهشی	۰/۹۲
بارش روزانه	-۱/۹۲	-۰/۲۸۱	-۰/۲۳۴	حداکثر	۲/۳۱	۷/۲۳۹	۸/۸۲۹	افزایشی	۱/۳
رطوبت نسبی	-۲/۴۵	-۰/۲۵۰	-۰/۲۳۴	دما	۲/۰۳	۰/۰۴۵	۰/۰۴۰۶	افزایشی	۰/۷
اختلاف دما	۲/۸۷	۰/۱۱۲	۰/۱۳۵	حداکثر	۰/۷۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	-	۰/۳۵
روز بارانی	-۰/۹۳	-۰/۲۸۷	-۰/۳۴۵	دما	-۱/۴۸	-۰/۰۳۳	-۰/۰۴۸	-	-
تبخیر	۴/۷۴	۱۰/۰۰۸	۹/۷۶	حداقل	-۱/۸۹	-۰/۰۸۵	-۰/۱	کاهشی	۰/۳۱
	۲/۱۳	۷/۱۳	۵/۲		-۱/۸۵	-۰/۰۴۲	-۰/۰۴۹	کاهشی	۰/۲۲
مقدار بارش در روز بارانی									
					۱/۳۴				

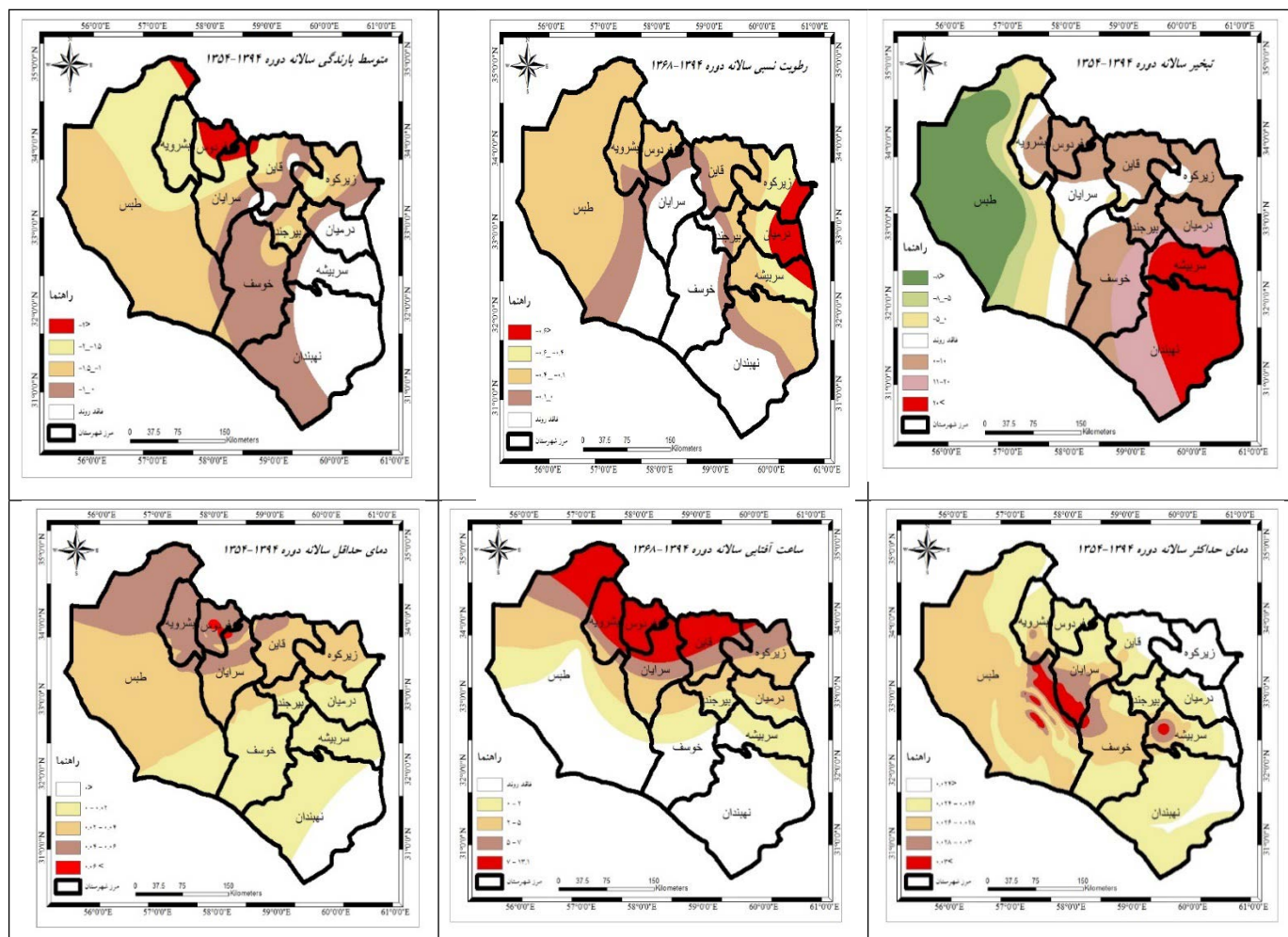
جدول ۱۵: مشخصات مدل‌های برازش داده شده بر واریوگرام پارامترهای اقلیمی

پارامتر	دوره	مدل انتخابی	اثر قطعه‌ای	آستانه (متر)	دامنه مؤثر (متر)	R ²	RSS
بارندگی سالانه	۱۳۶۸-۹۴	کروی	۱/۹۵	۵/۶۳	۷۳۵۰۰	۰/۹۴۸	۰/۱۷۷
بارندگی سالانه	۱۳۵۴-۹۴	گوسی	۰/۰۰۱	۰/۷۱۸	۱۵۴۱۵	۰/۵۲	۰/۴۲۷
بارش روزانه	۱۳۶۸-۹۴	خطی	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۱۵۱۱۹۹	۰/۹۷	۰/۰۰۰۲
رطوبت نسبی سالانه	۱۳۶۸-۹۴	نمایی	۰/۰۳۴۵	۰/۰۹	۴۲۰۳۰۰	۰/۲۶۸	۰/۳۰۰
ساعات آفتابی سالانه	۱۳۶۸-۹۴	خطی	۱/۱	۳۳/۰۶	۵۹۸۰۰	۰/۰۶	۴۱۶
تبخیر	۱۳۶۸-۹۴	نمایی	۱۰/۸	۱۵۷	۱۱۷۶۰۰	۰/۰۸۳	۹۰۶۹
دمای حداکثر	۱۳۵۴-۹۴	کروی	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵۳	۶۶۶۰۰	۰/۵۹۸	۰/۰۰۰۰۰۰۱۵
دمای حداقل	۱۳۵۴-۹۴	نمایی	۰/۰۰۰۷۵	۰/۰۱۵۹	۴۱۷۴۲۴	۰/۴۱۹	۰/۰۰۰۰۰۳۴

در شکل ۳ به عنوان نمونه و با توجه به محدودیت فضا نقشه‌های پهنه‌بندی سالانه شیب روند تغییرات مکانی پارامترهای بارندگی، دمای حداکثر و حداقل، ساعت آفتابی، تعداد روز یخبندان و تبخیر سالانه نشان داده شده است.

در جدول ۱۶ تعداد و درصد سری زمانی-مکانی که حداقل در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار بوده نشان داده شده است بر این اساس در پارامتر بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک بیرجند، اسداباد، خور، خرو و آبیز، دمای حداکثر ایستگاه‌های بشرویه، اسدییه و فتح‌آباد، دمای حداقل ایستگاه‌های قاین و بشرویه و در تعداد روز بارانی ایستگاه‌های بشرویه و طبس با وجود داشتن تغییرات از نظر آماری فاقد روند معنی‌دار بوده است. بررسی ناهنجاری پارامترها در سری‌های زمانی ماهانه و فصلی نشان دهنده نوسانات شدیدتر این پارامترها می‌باشد هم‌چنین مقایسه هم‌زمان پارامترهای مورد بررسی در یک ایستگاه نیز

روند تغییرات متفاوتی و پیچیده‌ای را نشان می‌دهد. از مقایسه موقعیت جغرافیایی و ارتفاعی ایستگاه‌های همراه با روند و فاقد روند می‌توان نتیجه گرفت این عوامل تأثیری معنی‌داری بر تغییرات پارامترهای مورد بررسی نداشته است. بررسی تفصیلی وقایع روزانه بارش ایستگاه سینوپتیک و بارانسنجی بیرجند که در فاصله ۷ کیلومتری و اختلاف ارتفاع حدود ۱۰۰ متر نشان داد که موارد بسیار متعددی از ثبت بارش روزانه در یک ایستگاه و عدد صفر در ایستگاه دیگر وجود دارد که با توجه به دوره آماری طولانی این ایستگاه و هم‌چنین موارد مشابه در چند ایستگاه دیگر می‌توان گفت توسعه شهری و شهرسازی نمی‌تواند دلیل این موضوع باشد لذا می‌توان فرض کرد نحوه نفوذ توده‌های آب و هوایی بسیار متفاوت بوده و پهنه‌های بارش کوچک است. برای مقایسه شیب روند محاسبه شده توسط تخمینگر سن و



شکل ۳: نقشه‌های پهنه‌بندی شده شیب روند تغییرات پارامترهای اقلیمی

جدول ۱۶: تعداد و درصد سری زمانی-مکانی معنی دار شده

پارامتر	سری	بارندگی	دمای حداکثر	دمای حداقل	اختلاف دما	ساعات آفتابی	تعداد روز بارانی	تعداد روز یخبندان	تبخیر	رطوبت نسبی	بارش روزانه
تعداد مورد بررسی	مکانی	۳۱	۱۷	۱۷	۱۱	۶	۹	۴	۵	۱۱	۱۷
معنی دار شده	زمانی	۵۲۷	۲۸۹	۲۸۹	۱۸۷	۱۰۲	۹۹	۶۸	۸۵	۱۸۷	۱۱۶
درصد معنی دار شده	مکانی	۸۴	۸۲	۸۲	۹۱	۱۰۰	۷۷/۷	۷۵	۱۰۰	۱۰۰	۳۵
	زمانی	۱۶/۳	۲۸	۲۸	۲۰/۳	۲۴/۵	۲۰	۲۰	۵۴	۵۰/۸	۶/۹

بررسی هم‌زمان بارش، تبخیر، رطوبت نسبی و دما نشان می‌دهد در مجموع روند افزایش دما با افزایش تبخیر و کاهش بارش و رطوبت نسبی همراه بوده است. متوسط سالانه بارش و تبخیر تشنگ به ترتیب ۳۰/۹۵ کاهش و ۱۱۷/۸ افزایش داشته است که نشان می‌دهد روند تغییرات پارامترهای اقلیمی استان خراسان جنوبی در جهت خشک‌سالی است.

رگرسیون خطی و آزمون شاخص استاندارد از آزمون من-ویتنی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد با وجود یکسان بودن جهت روند، شیب تغییرات بدست آمده از شاخص استاندارد شده با مقادیر محاسبه شده از تخمین‌گر سن و رگرسیون خطی تفاوت معنی داری دارد ولی اختلاف معنی دار بین مقادیر محاسبه شده تخمین‌گر سن و رگرسیون خطی وجود ندارد (جدول ۱۷).

جدول ۱۷: نتایج آماری مقایسه نتایج شیب روند برای خط رگرسیون و تخمینگر سن

پارامتر	P value	تعداد روز	P value	پارامتر	P value	پارامتر	P value	دما	P value
بارش	۰/۵۰۱	یخبندان	۰/۸۵۱	تبخیر	۰/۷۸۸	بارش ۲۴ ساعته	۰/۹۰۷	حداقل	۰/۷۴۹
ساعت آفتابی	۰/۵۸۰	بارانی	۰/۶۶۵	رطوبت	۰/۹۰۰	اختلاف دما	۰/۷۶۳	حداکثر	۰/۷۸۲

وی روند تغییرات دما مشاهده نشده است و در طی ۱۹۹۱-۲۰۵۰ روند تغییرات دما در تمام فصول ایران معنی دار خواهد بود. هم چنین بر اساس تحقیقات عطایی و فنایی آهنگ افزایش دما شهرها هم زمان با توسعه شهری (آسفالت و ایزوگام پشت بامها). و تغییر کاربری اراضی می باشد. به طور کلی علی رغم افزایش دما در اکثر ایستگاهها این تغییر حداقل در سطح ۱۰ درصد در تمام ایستگاهها معنی دار نیست که از این نظر با نتایج [۱۷] هم خوانی دارد.

نتیجه گیری

در این تحقیق با توجه به وابستگی شدید اقتصاد و معیشت جوامع روستایی و عشایری استان خراسان جنوبی به پارامترهای اقلیمی و اثرات روند تغییرات ایجاد شده بر تولید کمی و کیفی گیاهان دارویی و مراتع، تاریخ ورود و خروج دام از مراتع، جوانه زنی، دوره رشد گیاهان، نیاز آبی، کمیت و کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی، حیات وحش و حتی فرسایش خاک روند تغییرات ۲۰۲۷ سری زمانی (ماهانه، فصلی و سالانه) - مکانی (۳۱ ایستگاه) مورد ارزیابی قرار گرفته شده است.

از لحاظ فصلی روند تغییرات بارش زمستانه در هر دو دوره مورد بررسی تقریباً مشابه است ولی جهت روند تغییرات بارش زمستان و بهار تقریباً خلاف یکدیگر است. نوسانات دمای حداقل بهار در دوره ۱۳۹۷-۱۳۵۴ شمالی-جنوبی و در دوره ۱۳۹۷-۱۳۶۸ شرقی - غربی است. جهت روند تغییرات دمای حداقل تابستان و پاییز در هر دو دوره مشابه و الگوی زمستانی این دو دوره متفاوت است. تغییرات دمای حداقل تابستان، دمای حداقل زمستان منظم و جهتی جنوب شرق-شمال غرب دارد. دمای حداکثر تابستان و زمستان پیچیده و فاقد الگوی منظمی است.

بارش سالانه دوره آماری ۱۳۶۸-۱۳۹۷ در ایستگاههای آبیز، اسفزار، خور، نیاز، خرو، افین و بیرجند فاقد روند و سایر ایستگاهها روند کاهشی و در دوره آماری ۱۳۹۷-۱۳۵۴ ایستگاههای موسویه، سریشه و خونیک فاقد روند و سایر ایستگاهها روند کاهشی داشته است. بارش حداکثر ۲۴ ساعته در ایستگاههای فردوس، بیرجند و ارسک کاهشی و سایر ایستگاهها فاقد روند بوده است. مقدار بارش در روز بارانی در ایستگاههای ارسک، اسدیه و فردوس کاهشی و سایر ایستگاهها فاقد روند بوده است.

در دوره آماری ۱۳۶۸-۱۳۹۷ دمای حداکثر سالانه در ایستگاههای نهبندان، قاین، سریشه، طبس، افین و بیرجند و دمای حداقل ایستگاههای نهبندان، طبس، افین و فتح آباد روند افزایشی داشته است.

سبزی پرور و همکاران [۲۱] نشان دادند که در دوره آماری ۱۹۵۶-۲۰۰۵ هیچ گونه روند معنی داری در اختلاف دمای شبانه روز ماهانه ایستگاه بیرجند وجود نداشته است در حالی که در این تحقیق اختلاف دمای ماهانه ایستگاه بیرجند در مهر، اسفند و خرداد معنی دار بوده است. سبزی پرور و شادمانی [۲۲] نشان دادند تبخیر و تعرق مرجع ماههای ژانویه، مارس، می، اوت، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر ایستگاه بیرجند با ۵/۸۲ میلی متر کاهش، معنی دار بوده در حالیکه نتایج این تحقیق میزان تبخیر در آذرماه (قاین و افین) و دی ماه (افین و اسدآباد) کاهشی و در سایر ماههای دارای روند افزایشی بوده است هم چنین افزایش تبخیر سالانه ایستگاه قاین (۱۰/۵) بشرویه (۷/۷۸)، سریشه (۳۰/۵۵) و اسدآباد (۶/۸) میلی متر محاسبه شده است. هم چنین آذرخش و همکاران [۶] نشان دادند که در دوره آماری ۱۹۵۶-۲۰۰۵ بارش بهاره ایستگاه بیرجند ۲/۹۸ میلی متر، دمای متوسط زمستان ۰/۱۴ درجه، دمای متوسط حداقل زمستان ۰/۰۶ درجه کاهش و دمای متوسط حداکثر فاقد روند بوده است. در این تحقیق بارش سالانه بیرجند ۱/۷۵ میلی متر کاهش داشته است هم چنین برخلاف تحقیق فوق دمای متوسط حداکثر در ماههای مهر، آبان، فروردین، شهریور و فصلهای پاییز و زمستان همراه روند بوده است. در مطالعه‌های دیگر خلیلی و همکاران [۱۵] با بررسی روند شاخص تراکم بارش ایستگاههای سینوپتیک کشور در دوره ۲۰۱۰-۱۹۶۱ شیب خط روند زمستان، بهار، تابستان و سالانه ایستگاه بیرجند (۱/۲۴، -۰/۹۸، -۰/۲۶، -۱/۳۶) و ایستگاه طبس (۰/۷۵) و (۱/۴۳، -۰/۱۳، -۰/۲۵، ۱/۴۲ و -۱/۱۴) را تعیین کردند که در این تحقیق شیب روند سالانه ایستگاه بیرجند و طبس به ترتیب ۱/۷۵ و ۱/۱۶- میلی متر برآورد شده است. احمدی و همکاران [۳] با بررسی روند متوسط درجه حرارت ۱۴ ایستگاه سینوپتیک نیمه جنوبی کشور نشان دادند که در ایستگاه بیرجند فقط در ماه فوریه و مارس روند معنی دار و افزایشی است و سایر ماهها فاقد روند و در ایستگاه طبس به غیر از دسامبر سایر ماهها روند افزایشی است که در این تحقیق روند تغییرات (ایستگاه بیرجند) دمای حداکثر در ماههای شهریور، مهر و آبان افزایشی و فروردین کاهشی و تغییرات دمای حداقل در ماه های مرداد، شهریور، مهر و آبان افزایشی و دی و فروردین کاهشی و در ایستگاه طبس تغییرات دمای حداکثر در ماه های بهمن، مهر، فروردین، خرداد و اسفند افزایشی و تغییرات دمای حداقل در ماه های مرداد، شهریور، مهر، بهمن، خرداد، تیر و اسفند بدست آمده است. مطالعات قربانی [۱۲] نشان داد که طی دوره آماری ۱۹۹۰-۱۹۶۱ در فصل بهار و پاییز در هیچ یک از ایستگاههای مورد بررسی

همچنین اختلاف ۱۰ روزه ماه میلادی و شمسی مورد استفاده در تحقیقات می‌تواند از دلایل تفاوت نتایج بدست آمده است.

منابع

1. Abbas, F. 2013. Analysis of a Historical (1981–2010) Temperature Record of the Punjab Province of Pakistan. *Earth Interactions*. 17(15): 1-23.
2. Ahmadi, F., Radmanesh, F., and Mirabbasi Najaf Abadi, R. 2015. Trend Analysis of the Average Temperature in Southern Half of Iran during the Recent Four Decades. *Journal of Water and soil soil Science*. 25(3): 211-225 (In Persian).
3. Alexander, L.V., Hope, P., Collins, D., Trewin, B., Lynch, A., and Nicholls, N. 2007. Trends in Australia's climate means and extremes: a global context. *Australian Meteorological Magazine*. 56(1): 1–18.
4. Arafat Rahman, M., and Begum, M. 2013. Application of Non Parametric test for trend Detection of Rainfall in the Largest Island of Bangladesh. *Journal of Earth Sciences*. 2(2): 40-44.
5. Athar, H. 2014. Trends in observed extreme climate indices in Saudi Arabia during 1979–2008. *International Journal of Climatology*. 34(5): 1561–1574.
6. Azarakhshi, M., Farzadmehr, J., Eslah, M., & Sahabi, H. 2013. An Investigation on Trends of Annual and Seasonal rainfall and Temperature in Different Climatological lyRegions of Iran. *Journal of Range and watershed Management*. 66(1): 1-16(In Persian).
7. A. Bandyopadhyay, A., Bhadra, N., Raghuwanshi, and Singh, R. 2009. Temporal Trends in Estimates of Reference Evapotranspiration over India. *Journal of Hydrologic Engineering*. 14(5): 508-515.
8. Ceppi, P., Scherrer, S.C., Fischer, A.M., and Appenzeller. 2012. Revisiting Swiss temperature trends 1959–200. *International Journal of Climatology*. 32: 203–213.
9. S. Chattopadhyay, S and Dwayne, R. E. 2016. Long-Term Trend Analysis of Precipitation and Air Temperature for Kentucky., United States. *Climate*. 4(10):1-15.
10. Darand, M. 2014. Analysis of variations in extreme temperature and precipitation in Uremia

در دوره آماری ۱۳۹۷–۱۳۵۴ دمای حداکثر سالانه در ایستگاه‌های فردوس، افین و بیرجند فاقد روند سایر ایستگاه‌ها روندی افزایشی و دمای حداقل سالانه در ایستگاه‌های سریشه و بیرجند روند کاهشی (۲۲/۲ درصد) و سایر ایستگاه‌ها روندی افزایشی داشته است. تبخیر سالانه در نوار مرکزی استان بدون روند و در نواحی شرقی (افزایشی) و غرب (کاهشی) بوده است. روند تغییرات تبخیر در ایستگاه افین فاقد روند و ایستگاه‌های دیهوک، موسویه و یعقوبیه روندی کاهشی و قاین، سریشه، اسدآباد و بشرویه روندی افزایشی داشته است. رطوبت نسبی در ایستگاه‌های نهندان، خور و بیرجند فاقد روند و در سایر ایستگاه‌ها با روند کاهشی همراه بوده است. ساعت آفتابی نیز در ایستگاه نهندان و طیس فاقد روند و سایر ایستگاه‌ها روند افزایشی داشته است ایستگاه‌های ارسک، قاین و اسدیه روند معنی‌دار و کاهشی در تعداد روز یخبندان داشته است. روند تغییرات بارش و دمای متوسط حداکثر سالانه ایستگاه‌هایی که در سطح ۱۰ درصد توسط آزمون من-کندال معنی‌دار شده یکسویه (افزایشی) ولی دمای متوسط حداقل سالانه روند پیچیده و تلفیقی از افزایشی و کاهشی بوده است. درصد ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار بارش سالانه در دو دوره ۱۳۶۸–۱۳۹۷ و ۱۳۵۴–۱۳۹۷ تقریباً یکسان و هم‌جهت (کاهشی) است. درصد ایستگاه‌های معنی‌دار شده دمای متوسط حداکثر سالانه در دوره ۱۳۹۷–۱۳۵۴ تقریباً ۱/۵ برابر دوره ۱۳۶۸–۱۳۹۷ است. دمای متوسط حداقل سالانه در دوره ۱۳۵۴–۹۷ در همه ایستگاه‌ها دارای روند معنی‌داری بوده ولی در دوره ۱۳۶۸–۱۳۹۷، ۲۳ درصد ایستگاه‌ها فاقد روند بوده و تعداد ایستگاه‌های دارای روند افزایشی و کاهشی در دوره ۱۳۶۸–۱۳۹۷ برابر بوده ولی در دوره ۱۳۵۴–۱۳۹۷ تعداد ایستگاه‌های با روند افزایشی ۳/۵ برابر روند کاهشی است. پیچیدگی زمانی-مکانی در مقیاس‌های کوچکتر زمانی (ماهانه و فصلی) شدیدتر از مقایسه سالانه است به‌عنوان نمونه دمای حداکثر ایستگاه‌های فردوس (تابستان، ۱۳۶۸–۱۳۹۷ و بهار، ۱۳۵۴–۱۳۹۷) و موسویه (پاییز، ۱۳۶۸–۱۳۹۷) بر خلاف سایر ایستگاه‌ها روند معنی‌دار کاهشی داشته است. به‌طور کلی با وجود تغییرات جهانی اقلیم، روند تغییرات در مقیاس‌های کوچک زمانی و مکانی یکنواخت نیست و این تغییرات بر اساس زمان، مکان و نوع پارامتر اقلیمی در مناطق مختلف متفاوت ظاهر شده است. با توجه به روند معنی‌دار و تایید شده در ایستگاه‌های با موقعیت‌های شهری و روستایی این تحقیق روندهای ایجاد شده در این استان ناشی از توسعه شهری نبوده است. بر اساس آزمون شاخص استاندارد و من-کندال الگوی کلی تغییرات استان در جهت خشکسالی (کاهش بارش و رطوبت نسبی، افزایش دما و تبخیر) بوده است. نتایج اصلی این تحقیق با نتایج محققین داخل و خارج کشور یکسان است ولی جزئیات تغییرات (شیب روند، مکان روند، سری زمانی) با محققینی که در تحقیق خود ایستگاه سینوپتیک بیرجند یا طیس را مورد بررسی قرار داده‌اند مطابقت ندارد متفاوت بودن دوره آماری مورد استفاده و

Mann-Kendall and Spearman's Tests in Swat River Basin, Pakistan. *Advances in Meteorology*. 1: 1-15.

21. IPCC Climate Change. 2013. The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. p 1535.

22. Jain, S K. Kumar, V. 2012. Trend analysis of rainfall and temperature data for India. *Current Science*. 102(1): 37-49.

23. Jhajharia, D. Dinpashoh, Y. Kahya, E. and Singh, V.P. 2014. Trends in temperature over Godavari River basin in Southern Peninsular India. *Pages International Journal of Climatology*. 34(5): 1369–1384.

24. Jung, W. Deg, J. Bae, H. and Kim, G. 2011. Recent trends of mean and extreme precipitation in Korea. *International Journal of Climatology*. 31: 359–370.

25. Karabulut, M. Gürbüz, M. and Korkmaz, H. 2008. Precipitation and Temperature Trend Analyses in Samsun, *Journal of Environmental Application & Science*. 3(5): 399-408.

26. Karmeshu, N. 2012. Trend Detection in Annual Temperature & Precipitation Using the Mann Kendall Test—A Case Study to Assess Climate Change on Select States in the Northeastern United States. Master's Thesis, University of Pennsylvania, Philadelphia.

27. Khalili, K. Nazeri M. Tahrudi. and Ahmadi, F. 2015. Application of PCI Index in the Annual and Seasonal Rainfall Pattern Investigation and Trend Analysis of Iran Duration the Recent Half Century. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 9(1):195-208(In Persian).

28. Kundu, A. Chatterjee, S. Dutta, D. and Siddiqui, A.R. 2015. Meteorological Trend Analysis in Western Rajasthan (India) using Geographical Information System and statistical Techniques. *Journal of Environment and Earth Science*. 5(5): 90-99

29. Loliyana, V. D. and Patel, P. L. 2015. Trend Analysis of Climatic Variables and Their Impact on Stream Flow Using Nam Model. E-proceedings of the 36th IAHR World Congress. 28 June – 3 July, The Hague, the Netherlands.

Oromieh indices as the signs of climate change. *Journal of Water and Soil Conservation*. 21(2): 1-29(In Persian)

11. Douglas, E., and Fairbank, C. 2013. Is Precipitation in Northern New England Becoming More Extreme? Statistical Analysis of Extreme Rainfall in Massachusetts, New Hampshire, and Maine and Updated Estimates of the 100-Year Storm. *Journal of Hydrologic Engineering*. 16(3): 203-217.

12. Esmailpour, M., and Dinpazhooh, Y. 2012. Analyzing Long Term Trend of Potential Evapotranspiration in the Soutjern Parts of the Aras River Basin. 3(47): 49-53.

13. Faraji-Sabokbar, H.A. 2015. Mahmoudimeimand, H., Nazif, S., and Abaspour, R.A., Optimal Development of Rain Gauge Network using Kriging and Entropy in Geographic Information System (GIS), (Case Study of Karkhe Basin). *Physical Geography Research Quarterly*. (4): 445-462.

14. Farsadnia, F. Rostami, M. Moghadam Nia, K. 2012. Rainfall Trend Analysis of Mazandaran Province Using Regional Mann-Kendall Test. *Iran-Water Resources*. 8(2): 60-70. (In Persian)

15. Ganguly, A. Chaudhuri, R.R., and Sharma, P. 2015. Analysis of trend of the precipitation data: A case study of Kangra Distric, Himachal Pradesh, *International Journal of Research*. 3(9): 89-95.

16. Ghorbani, Kh. 2015. Spatial and seasonal pattern in climate change, temperatures across Iran. *Journal of Water and Soil Conservation*. 21(5), 257-270(In Persian).

17. Gocic, M. and Trajkovic, C. 2013. Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980–2010. *Journal of Hydrology*. 494(28): 32–42.

18. Haktanir, T. and Citakoglu, H. 2014. Trend, Independence, Stationarity, and Homogeneity Tests on Maximum Rainfall Series of Standard Durations Recorded in Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering*. 19(9).

19. Hu, Y. Maskey, S. 2012. Uhlenbrook, S., Trends in temperature and rainfall extremes in the Yellow River source region, China. *Climatic Change*. 110: 403–429.

20. Ijaz, A. Tang, D. Wang, T.F. Wang, M. and Wagan, B. 2015. Precipitation Trends over Time Using

40. Shahzad Khattak, M. Babel, M. S. and Sharif, M. 2011. Hydro-meteorological trends in the upper Indus River basin in Pakistan. *Climate Research*. 46, 103–119.
41. Sonali, P. and Nagesh, K.D. 2013. Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India. *Journal of Hydrology*. 476: 212–227.
42. Tabari, H. Acini, A. Hosseinzadeh Talae, P. and ShiftehSome, B. 2012. Spatial distribution and temporal variation of reference evapotranspiration in arid and semi-arid regions of Iran. *Hydrological Processes*. 26: 500-512.
43. Tabari, H. Somee, B. S. and Zadeh, M. R. 2011. Testing for long-term trends in climatic variables in Iran. *Atmospheric Research*. 100: 132–140.
44. Todeschini, S. 2012. Trends in long daily rainfall series of Lombardia (northern Italy) affecting urban stormwater control, *International Journal of Climatology*. 32: 900–919.
45. Trajkovic, S. and Kolakovic, S. 2009. Wind-adjusted Turc equation for estimating reference evapotranspiration at humid European locations. *Hydrology Research*. 40 (1): 45-52
46. Viol, F. Liuzzo, L. Leonardo, V. Conti, F.L. and Loggia, G.L. 2014. Spatial distribution of temperature trends in Sicily. *International Journal of Climatology*. 34: 1–17.
47. Wang, C.W. Peng, S. Yang, T. Shao, Q. Xu, J. and Xing, W. 2011. Spatial and Temporal Characteristics of Reference Evapotranspiration Trends in the Haihe River Basin. *Journal of Hydrologic Engineering*. 16(3): 239-252.
48. Westra, S. Lisa, V. Alexander, F. and Zwier, W. 2013. Global Increasing Trends in Annual Maximum Daily Precipitation. *Journal of Climate*. 26: 3906-3918.
49. Zhao, P. Jones, P. Cao, L. Yan, Z. Zha, S. Zhu, Y. Yu, Y. and Tang, G. 2014. Trend of Surface Air Temperature in Eastern China and Associated Large-scale Climate Variability over the last 100 years. *American Meteorological Society*. 27: 4693-4703.
30. Longobardi, A. and Villani, P. 2009. Trend Analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area. *International Journal of Climatology*. 1-10.
31. Martinez, J.C. Maleski, J.J. and Miller, F.M. 2012. Trends in precipitation and temperature in Florida, USA. *Journal of Hydrology*. 52: 281-259
32. Mishra, V. and Cherkauer, K.A. 2009. Assessment of Drought due to Historic Climate Variability and Projected Future Climate Change in the Midwestern United States. *Journal of Hydrometrology*. 11, 46-68.
33. Pingale, S.M. Khare, D. Jat, M.K. and Adamowski, J. 2014. Spatial and temporal trends of mean and extreme rainfall and temperature for the 33 urban centers of the arid and semi-arid state of Rajasthan, India. *Atmospheric Research*. 138: 73–90.
34. Sabziparvar, A.A. Mirmasoudi, Sh. Nazemosadat, M. J. 2011. Study of Long Term Changes in Reference Evapotranspiration in some Selected Warm Climates of Iran, *Physical Geography Research Quarterly*. 75:1-16(In Persian).
35. Samba, G. Nganga, D. 2012. Rainfall variability in Congo-Brazzaville: 1932–2007. *International Journal of Climatology*. 854–873.
36. Santosh, M. Pingale, A. Deepak Khare, A. Mahesh, K. Jat, b. and Adamowski, J. 2014. Spatial and temporal trends of mean and extreme rainfall and temperature for the 33 urban centers of the arid and semi-arid state of Rajasthan, India. *Atmospheric Research*. 138: 73–90.
37. Sayemuzzaman, M. and Jha, M. K. 2014. Seasonal and annual precipitation time series trend analysis in North Carolina, United States. *Atmospheric Research*. 137: 183–194.
38. Selma, B. Guerreiro, F. Chris, G. K. and Serinaldi, F. 2014. Analysis of time variation of rainfall in transnational basins in Iberia: abrupt changes or trends. *International Journal of Climatology*. 34: 114–133.
39. Shadmani, M. Marofi, S. and Roknian, M. 2012. Trend Analysis in Reference Evapotranspiration Using Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests in Arid Regions of Iran. *Water ResourResource Manage*. 26: 211–224.



Abstract

Analysis of Spatial-temporal Trend in Climatology Variable by Using GIS and Statistical Technic (A case study: Southern-Khorasan Province)

A. Kavian¹, K. Shahedi ^{2*}, R. chamani³ and M. Dehghani⁴

Received: 2020/08/02 Accepted: 2021/05/15

Climate changing and spatial and temporal variation that influences Agricultural productivity efficiency, food security, water quality, and quantity that economics, health, and welfare local community are reduced. Understanding this object is very important in Southern Khorasan with 43% of the rural population. In this research, the spatial (31 Station in southern Khorasan province) - temporal (2027-time series, monthly, seasonal and annual) trend in rainfall, maximum and minimum temperature, number of rainy and frost day, evaporation, sunshine hours, relative humidity, maximum rainfall in a day are studied in 1989-2015 and 1975-2015 periods. Data are analyzed using Standard Index, Mann-Kendall test, linear regression, Sen's slope estimator, and using ArcGIS10.3 and GS+ software. The results show that slope of variation in rainfall, minimum Temperature, number of frost days, and average rainfall in rainy day variations are more than other parameters. Negative (decreasing) trends and level of significance depending on the parameter type, station position, and length of the statistical period. Spatial and temporal variations in monthly time series have been irregular and complex. The general Trend direction is Drought, warmer summers, and colder winters.

Keywords: Spatial-Temporal, Variation, Standard Index, Mann-Kendall, Sen, South-Khorasan

1. Professor, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

2*. Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, k.shahedi@sanru.ac.ir

3. PhD Student in Watershed Management, Watershed Management Trend, College of Natural Resources and Marine Sciences Noor, Tarbiat modares university

4. Boss of the Protection and Support Department of the General Department of Natural Resources and Watershed Management of South Khorasan