پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۹، شماره ۱۸، پاییز و زمستان ۱۳۹۷، از صفحه ۸۹ تا ۱۰۰

بررسی روند و توزیع مکانی پارامترهای اقلیمی دما و بارش در مناطق خشک و بیابانی (مطالعه موردی: جنوب استان کرمان)

طیبه مصباح زاده*[۱]؛ فرشاد سلیمانی ساردو[۲]

۱ استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران
۲ مربی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه جیرفت، دانشجوی دکتری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۳؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۰۷/۰۹)

چکیده

پیش‌بینی پارامترهای تاثیرگذار اقلیمی در مناطق مختلف به خصوص مناطق خشک و بیابانی که محیط‌زیست بسیار شکننده‌ای دارند از اهمیت خاصی برخوردار است. اکوسیستم‌های این مناطق به دلیل کمبود منابع آبی از شرایط ویژه‌ی برخوردار هستند. به همین لحاظ پیش‌بینی پارامترهایی از قبیل بارش و دما و آگاهی داشتن از چگونگی تغییر آنها در این مناطق از اهمیت ویژه‌ی برخوردار است و می‌تواند به مدیریت بهینه منابع آب و ایجاد راهکارهای مقاومتی کمک شایانی کند. در این مطالعه به‌منظور بررسی روند داده‌های بارش و دما در منطقه جنوب استان کرمان از روش‌های ناپارامتریک من-کندال و شیب خط سن استفاده شد. همچنین همگنی داده‌ها با استفاده از آزمونKolmogorov-Smirnov بررسی شد. نتایج نشان داد، داده‌های ایستگاه‌های استفاده شده در تحقیق در سطح ۵ درصد همگن بوده و اشتباه سیستماتیکی رخ نداده است. همچنین نتایج نشان داد که ایستگاه‌های انجیرک، حسین‌آباد، بم، کهنوج و جیرفت دارای روند صعودی معنی‌دار در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد در دمای متوسط سالانه هستند. ضمنا بررسی نمودارهای گرافیکی تغییرات مولفه بارش در استان کرمان را نشان می‌دهد که روند معنی‌داری در افزایش و یا کاهش مقدار آن وجود نداشته است، بنابراین، از این نتایج می توان در مدیریت منابع آب منطقه استفاده نمود.

کلید واژه‌ها: تغییراقلیم، بارش و دما، من-کندال و شیب خط سن، آزمونKolmogorov-Smirnov، جنوب استان کرمان

* نویسنده مسئول
Email: tmesbah@ut.ac.ir

سرآغاز

تغییراقلیم عبارت است از تغییرات رفتار اقلیمی یک منطقه در مقایسه با رفتاری که در طول یک دورهٔ زمانی بلندمدت منطقه از اطلاعات ثبت و مشاهده شده مورد انتظار است (Alizadeh, 2010). گرمایش جهانی و تغییر اقلیم سبب پدیده‌هایی مانند تغییرات بارندگی، تغییر هر چند کم در دما که موجب تغییر در وقوع پدیده‌های حدی مانند خشکسالی، بارش‌های سنگین و توفان می‌شود (Varshavian et al., 2011). این تغییرات در بسیاری از نقاط جهان به حدی شدید و خسارت‌بار و نگران‌کننده است که موضوع تغییراقلیم را در صدر مطالعات محققین علوم جوی قرار داده و تحقیقات گسترده‌ای در مقیاس جهانی، ناحیه‌ای و محلی را به خود اختصاص داده است (Bahac, 2014). نوسانات در روند متغیرهای هواشناسی از جمله بارندگی و دما یکی از ویژگی‌های چرخه اتمسفری است، ضمن این که کاهش شدید بارندگی و دوره‌های خشک ناشی از آن، تاثیرات منفی بسیاری بر منابع آب می‌گذارد (Ansari et al., 2017). در میان عناصر اقلیمی، بارش بیشترین نوسان را دارد و از مهمترین مشخصه‌های هر منطقه مقدار بارندگی آن است. این مسئله به ویژه در کشور ایران که بارش متوسط سالانه آن حدود ۲۵۰ میلیمتر است، اهمیت بیشتری دارد (Bnayan et al., 2010). جنوب استان کرمان قطب کشاورزی ایران محسوب می‌شود و بیش از مناطق دیگر به منابع آبی به خصوص نزولات آسمانی وابسته است. مطالعات زیادی در زمینه روند پارامترهای اقلیمی انجام شده است که می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود، در این مطالعات عمدتاً روند افزایشی را در مقادیر دما نشان داده شده است. در تحقیقی در سال ۲۰۱۵ در بررسی روند تغییرات بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران با استفاده از آزمون من–کندال، مشاهده کردند که بارندگی ایستگاه‌های واقع در مناطق شمال‌غربی، جنوب‌غربی و شرق ایران بیشترین روند افزایشی و ایستگاه‌های واقع در مناطق جنوب‌شرقی و شمال‌شرقی روند کاهشی را داشته‌اند (Rezaei et al., 2005). بررسی اثرات تغییراقلیم بر دما، بارندگی و رواناب در حوزه رودخانه زاینده‌رود نشان داد که میزان بارندگی کاهش یافته است در صورتی که دما در منطقه مورد مطالعه افزایش یافته است. همچنین در تحقیقی در سال ۲۰۰۷ روند افزایشی و کاهشی مقدار بارش ماهانه در منطقه وسیعی از مناطق خشک و نیمه خشک ایران بیشتر در فصول زمستان و بهار معنی‌دار است (Modaress et al., 2007). از طرفی در بررسی تغییر اقلیم استان سمنان به این نتیجه رسیدند که بارش در فصل زمستان حدود ۵ درصد افزایش یافته و در فصل تابستان مقدار تبخیر بیشتر و اقلیم خشک و گرم‌تر ایجاد می‌شود (Tabatabaei & Hosseini, 2004). همچنین در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۴ از روش من کندال و رگرسیون خطی برای نشان دادن روند تغییرات در پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه استفاده کردند. نتایج نشان داد ترکیبی از روندهای افزایشی و کاهشی در داده‌های بارش سالانه مناطق مختلف کشور دیده می‌شود. این روند در دامنه شمالی البرز و دامنه‌های غربی زاگرس منفی است، در بخش‌های مرکزی ایران مثبت، در مناطق شرقی و جنوب‌شرقی منفی، و در بخش‌های جنوبی کشور مثبت ولی روند تغییرات دما در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه مثبت می‌باشد (Azarakhshi et al., 2014). همچنین در سال ۲۰۰۹ در مطالعه‌ای در شهرهای تبریز و ارومیه بیان نمودند که مقدار باران دارای روند نزولی می‌باشد که این کاهش باران می‌تواند بر چرخه هیدرولوژی و به تبع آن بر منابع آبی موجود تاثیر گذارد ولی عامل دمایی در ایستگاه ارومیه دارای روند نزولی ولی در ایستگاه تبریز دارای روند صعودی می‌باشد که این افزیش دما سبب تشدید تبخیر و تاثیر بر منابع آبی می‌شود (Sabouhi et al., 2009). از آن جایی که عناصر اقلیمی و آب از مظاهر حیات هر منطقه محسوب می‌شوند و با توجه به مطالب بیان شده، بارندگی یکی از مهمترین پارامترهای اقلیمی است، تغییر شرایط اقلیمی بر الگوی بارش تأثیر گذاشته و میزان رواناب را تغییر می‌دهد. همچنین مقدار، توزیع و تغییرات زمانی–مکانی بارش و دما از عوامل اساسی برای تصمیم‌گیری، مدیریت و برنامه‌ریزی در منطقه‌ی همچون کشور ایران است که به لحاظ جغرافیایی در نوار عرضی ۲۸ تا ۴۸ درجه شمالی قرار دارند و دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است (Darabi et al., 2017). بنابراین، مطالعه تغییرپذیری و تغییر رفتار رویدادهای حدی اقلیمی مهم خواهد بود (Borna & Abgin, 2016). در تحقیقی در سال ۲۰۱۶ به بررسی روند الگوهای بارش و دما در بخش جنوبی Malawi با استفاده از روش آزمون من–کندال پرداخته است. در این مطالعه از روش من– کندال در دوره آماری ۲۰۱۱–۱۹۸۰ استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد در ماه دسامبر روند مثبت وجود دارد. در حالی که در ماه‌های

فوریه، آوریل، مه، ژوئن، سپتامبر، اکتبر و نوامبر روند منفی وجود دارد. همچنین نتایج حاکی از آن است که تغییرات بارندگی سالانه با گذشت زمان با نرخ ۴/۲۹ میلیمتر در حال کاهش است. در حالی که درجه حرارت در حدود ۰/۰۴ درجه سانتیگراد در سال افزایش می‌یابد (Kachaje et al., 2016). در همین راستا در سال ۲۰۱۳ تحقیقی تحت عنوان ارزیابی روند دما و بارش و پایداری طولانی مدت با استفاده از CMIP5 در شبیه سازی آب و هوایی قرن بیست و یکم انجام گرفت. این مطالعه بیشتر متمرکز بر روی داده‌های با دوره ۷۵ ساله از سال ۱۹۳۰ الی ۲۰۰۴ بوده و از روش‌های غیرپارامتریک استفاده کرده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که پایداری طولانی مدت بارندگی در روند دما کم اهمیت است (Kumar et al., 2013). در مطالعه‌ی در سال ۲۰۱۵ به بررسی روند بارش و دما در حوزه رودخانه لانگت از داده‌های بارش و دمای حداکثر و حداقل سری سالانه و فصلی ۱۱ ایستگاه هواشناسی و همچنین روش شیب حط سن و آزمون من کندال استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که روند افزایش دما و بارش در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. همچنین روش شیب خط سن میزان افزایش بارش سالانه بیش از بارش فصلی را نشان می‌دهد (Amirabedzadeh et al., 2015). در سال ۲۰۱۴ در مطالعه ی به بررسی روند دمای روزانه و بارش حدی در گرجستان در دوره آماری ۲۰۱۱۰-۱۹۷۱ پرداخته است. در این مطالعه از داده‌های بارش‌های حدی و همچنین دماهای حداکثر و حداقل استفاده شده است(Keggenhoff et al., 2014). در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۷ به بررسی تغییرپذیری و تحلیل روند سری‌های زمانی بارش و دما در قسمت شمال‌شرقی اتیوپی پرداخته شده است. در این تحقیق برای بررسی روند از آزمون من کندال استفاده شد. نتایج آن نشان می‌دهد که مقدار بارندگی به ترتیب ۱۵/۰۳ ، ۱/۹۳ و ۱۳/۱۲ در هر دهه کاهش یافته است (Asfaw et al., 2017). بنابراین، ضروری است، روند تغییرات عناصر شاخص اقلیمی بررسی و در جهت مدیریت و برنامه ریزی و توسعه صحیح منابع آبی جنوب استان کرمان مورد توجه قرار گیرد. به همین دلیل و با توجه به اهمیت روند در مدلسازی داده‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی نیاز است داده‌ها در هر منطقه از نظر وجود روند مورد بررسی قرار گیرند. برای انجام این تحقیق از داده‌های اقلیمی دما و بارش استفاده شده است. هدف از انجام این مطالعه آشکارسازی روند تغییرات دما و بارش در جنوب استان کرمان طی یک دوره آماری ۳۴ ساله با استفاده از آزمون من-کندال و شیب خط سن می‌باشد که در این تحقیق، داده‌های سالانه بارش و دما ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیکی جنوب استان کرمان و اطراف آن در حوزه آبخیز جازموریان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

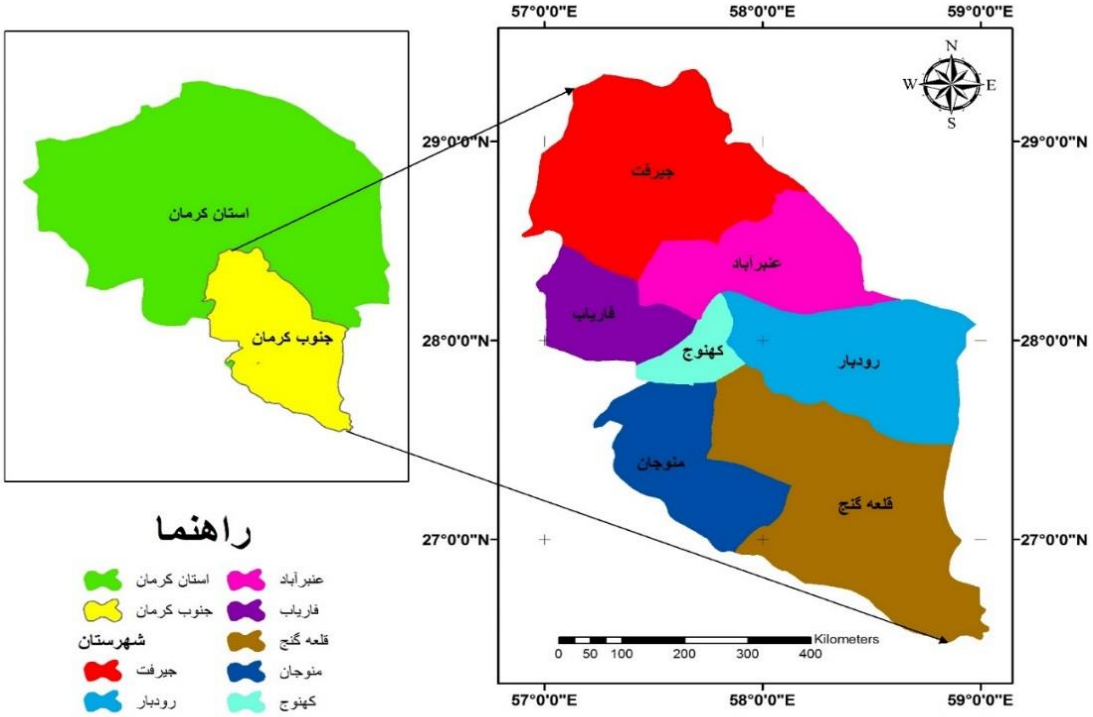
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

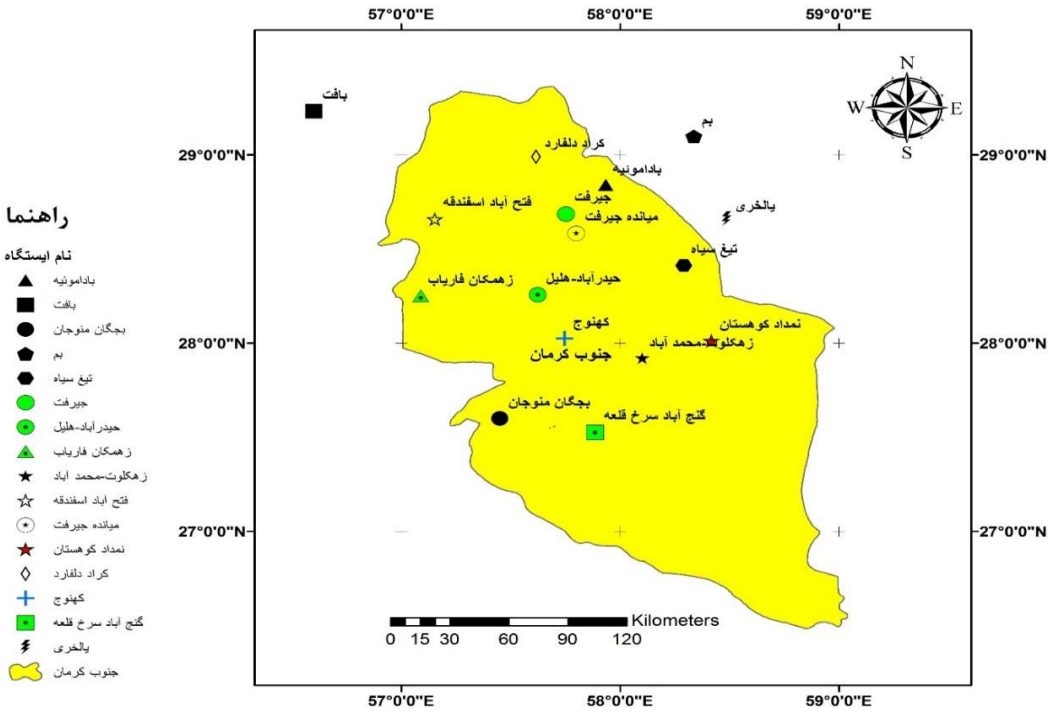
استان کرمان در جنوب شرقی فلات مرکزی ایران قرار داد. این استان بین ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی قرار دارد جنوب استان کرمان مجموعه شهرستان‌های جیرفت، کهنوج، عنبرآباد، منوجان، قلعه گنج، فاریاب و رودبارجنوب می‌باشد (شکل ۱).

داده‌های مورد استفاده

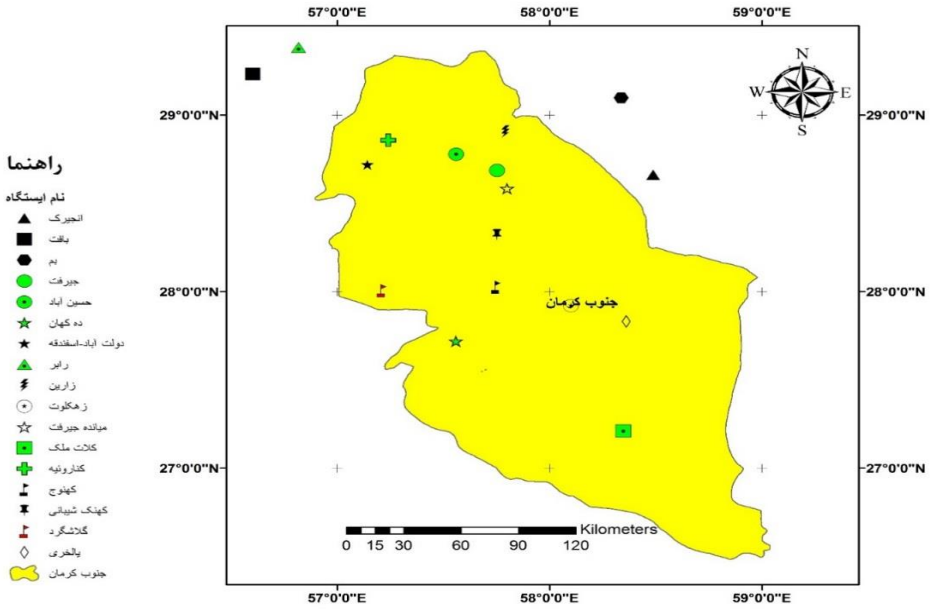
با توجه به ایستگاه‌های مختلف سینوپتیک، کلیماتولوژی و تبخیرسنجی که در منطقه وجود داشت، از آمار ایستگاه‌هایی که دارای دوره آماری طولانی‌تری بوداند و از لحاظ موقعیت جعرافیایی به منطقه مورد مطالعه نزدیکتر هستند، انتخاب شداند. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک، باران‌سنجی و تبخیرسنجی موجود در منطقه در شکل‌های (۲ و ۳) نشان داده شده است. همچنین در شکل‌های (۲ و ۳) شبکه ایستگاه‌های محدوده جنوب استان کرمان را به ترتیب برای پارامترهای بارش و دما، نشان داده شده است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



شکل(۲) : شبکه ایستگاه‌های هواشناسی بارانسنجی جنوب استان کرمان



شکل(۳): شبکه ایستگاه‌های هواشناسی دماسنجی جنوب استان کرمان

روش تحقیق

مراحل انجام تحقیق بصورت پیش‌نیازی به صورت زیر است:

بررسی همگنی داده‌ها

نظر به اینکه بیشتر داده‌ها در یک دوره طولانی بر اثر دلایل مختلف از قبیل تعویض دستگاه اندازه‌گیری، جابه‌جایی ایستگاه، تعویض مامور آماربردار و یا از بین رفتن حریم ایستگاه ناشی از احداث ساختمان و یا رشد درختان در اطراف آن و مشکلاتی از این قبیل، آمارهمگن بودن خود را از دست می‌دهند. به همین منظور ابتدا قبل از انجام تحقیق بایستی همگنی داده‌ها را بررسی کرد. روش‌های مختلفی برای کنترل نمودن همگنی وجود دارد از قبیل، روش منحنی جرم مضاعف، روش آزمون توالی و آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده می‌شود که در این مطالعه جهت همگنی داده‌ها از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد.

بررسی روند پارامترهای اقلیمی

پس از آماده شدن سری داده‌ها، به علت وجود ویژگی‌هایی مانند داده‌های پرت، چولگی، همبستگی زنجیره‌ای، توزیع غیرنرمال در داده‌های اقلیمی، از روش‌های ناپارامتری به منظور تعیین روند استفاده شد. بنابراین، روند تغییرات متغیرها بر اساس آزمون‌های من- کندال و شیب خط سن مورد بررسی قرار گرفت.

آزمون من- کندال و شیب خط سن

آزمون من- کندال

این روش به طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به کار گرفته می‌شود و یکی از روش‌های مهم برای آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای این روش است. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) مبین وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد.

مراحل اجرای آزمون به روش من- کندال به‌قرار زیر است:

داده‌ها به ترتیب احتمال وقوع ردیف می‌شوند و ترتیب زمانی داده‌ها را n در نظر می‌گیریم.

داده‌ها رتبه‌بندی می‌شوند که برای این منظور از آماره T (نسبت رتبه i به رتبه ماقبل) استفاده می‌شود.

امید ریاضی E_i، واریانس Vi و شاخص من-کندال Ui را می‌توان با استفاده از روابط عددی (۱، ۲ و ۳) محاسبه نمود:

$$E_i = \frac{n_i(n_i-1)}{4} \quad (۱)$$

$$V_i = \frac{n_i(n_i-1)(2n_i+5)}{72} \quad (۲)$$

$$U_i = \frac{(\sum t_i - E_i)}{\sqrt{V_i}} \quad (۳)$$

که n_i ترتیب زمانی داده‌ها است. برای شناسایی روندهای جزیی و کوتاه‌مدت نقاط جهش و شروع روند سری‌های زمانی از نمودار سری زمانی برحسب مقادیر U و U' استفاده‌شده است. نمودار سری زمانی مقادیر متوالی آماره‌های U و U' با استفاده از روابط۴ تا ۷ محاسبه می‌شود.

مراحل محاسبه‌ی U':

داده‌های رتبه‌بندی شده که از آماره T' (نسبت رتبه i به رتبه مابعد) استفاده شده است.

امید ریاضی E_i'، واریانس V_i' و شاخص U_i' از روابط (۴، ۵ و ۶) محاسبه می‌شوند:

$$E_i' = \frac{[N-(n_i-1)](N-n_i)}{4} \quad (۴)$$

$$V_i' = \frac{[N-(n_i-1)](N-n_i)[2(N-(n_i-1))]+5}{72} \quad (۵)$$

$$U_i' = \frac{-(\sum t_i' - E_i')}{\sqrt{V_i'}} \quad (۶)$$

در روابط فوق N تعداد سال‌های آماری است. محل تلاقی شاخص U و U' با محدوده ۹۵٪ اطمینان نشان‌دهنده‌ی تغییرات سری زمانی بوده و رفتار U بعد از محل تلاقی وضعیت روند (کاهشی یا افزایشی) سری را نشان می‌دهد. عدم طلاقی دو شاخص معرف عدم روند سری است.

شیب خط سن

شیب خط روند با روش تخمین‌گر سن یکی دیگر از روش‌های تعیین روند در سری داده‌ها می‌باشد که با استفاده از رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$\beta = median\left[\frac{Xj-Xi}{j-i}\right] \quad \forall i > j \quad (۷)$$

که در آن β نشان‌دهنده شیب خط روند، Xi مقادیر مشاهده‌ای i مین می‌باشد. مقادیر مثبت (منفی) β نشان‌دهنده روند افزایشی (کاهشی) در سری داده‌ها است.

بررسی مکانی بارش و دما

به منظور بررسی توزیع مکانی بارش و دما در سطح منطقه طرح، لازم است که گرادیان یا گرادیان‌های منطقه مطالعاتی به دست آید. بدین‌منظور کوشش شد تا بین میانگین بلند مدت بارش سالانه و میانگین دمای سالانه و ارتفاع ایستگاه‌های منتخب رابطه همبستگی معنی‌داری ایجاد شود که در این مطالعه از نقشه DEM منطقه و نرم‌افزار ArcGIS9.3 استفاده شد.

نتایج

وفق گام‌های روش تحقیق، نتایج به شرح زیر می‌باشند:

همگنی داده‌ها

نتیجه بررسی‌های در این روش نشان می‌دهد که داده‌های بارندگی سالانه و دما تمامی ایستگاه‌های انتخابی در سطح ۵ درصد معنی‌دار و در نتیجه داده‌های ایستگاه‌های مزبور همگن بوده و اشتباه سیستماتیک در آنها وجود ندارد (جدول۱).

بررسی روند پارامترهای اقلیمی با استفاده از آزمون من-کندال و شیب خط سن

نتایج تعیین روند پارامتر بارش سالانه و دمای متوسط سالانه ایستگاه‌های مورد بررسی در محدوده منطقه با استفاده از آزمون من- کندال و شیب خط سن به ترتیب در جدول(۲ و ۳) نشان داده شده است. با توجه به این جدول‌ها اگر مقدار p-Value کوچکتر از۰/۰۵ باشد، روند معناداری در زمینه دمای متوسط و بارش سالانه وجود دارد. همچنین شکل‌های (۴ تا ۸) نشان دهنده روند افزایشی دما در ایستگاه‌های سینوپتیک جیرفت، کهنوج، بم و ایستگاه انجیرک و حسین آباد می‌باشد.

جدول (۱) تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov

نام ایستگاه	n	Normal Parameters[a,b]		Most Extreme Differences			Kolmogorov-Smirnov Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Absolute	Positive	Negative		
بم	۶۱	۵۹/۴۰۵۴	۳۰/۱۶۷۹۵	۰/۱۰۵	۰/۱۰۵	-/۰۶۲	۰/۸۲۰	۰/۵۱۱
بافت	۲۹	۲۴۱/۷۰۶۶	۷۹/۰۱۶۶۵	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	-۰/۱۰۹	۰/۶۲۸	۰/۸۲۵
میانده جیرفت	۲۸	۱۶۱/۵۶۳۳	۸۷/۰۳۹۸۶	۰/۱۹۲	۰/۱۹۲	-۰/۰۸۸	۱/۰۱۴	۰/۲۸۵
جیرفت	۲۷	۱۷۰/۱۲۹۳	۱۱۴/۹۸۰۴۹	۰/۲۱۰	۰/۲۱	-۰/۱۵۴	۱/۰۸۹	۰/۱۸۶
کهنوج	۲۶	۱۸۹/۱۱۱۹	۹۹/۸۱۱۵۴	۰/۱۰۸	۰/۱۰۸	-۰/۰۸۲	۰/۵۵۲	۰/۹۲۱
تیغ سیان	۲۴	۲۳۸/۵۰۰۰	۱۵۰/۵۸۷۶۲	۰/۱۲۸	۰/۱۲۸	-۰/۰۹۰	۰/۶۲۵	۰/۸۳۰
بجگان منوجان	۲۷	۲۰۴/۱۶۶۷	۱۶۴/۶۱۶۸۴	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	-۰/۰۹۰	۰/۷۸۸	۰/۵۶۴
بادامونیه	۲۱	۳۵۶/۰۲۳۸	۱۷۴/۵۲۷۶۸	۰/۲۰۶	۰/۲۰۶	-۰/۱۲۹	۰/۹۴۳	۰/۳۳۶
حیدر آباد	۳۷	۱۴۸/۳۲۴۳	۸۹/۳۴۹۰۴	۰/۱۳۷	۰/۱۳۷	-۰/۰۸۵	۰/۸۳۵	۰/۴۸۹
زهکلوت	۳۲	۱۲۶/۰۹۰۶	۸۱/۱۱۴۴۳	۰/۱۲۱	۰/۱۲۱	-۰/۰۸۵	۰/۶۸۷	۰/۷۳۳
زهمکان	۴۷	۱۷۹/۶۴۴۷	۱۰۴/۱۳۰۶۳	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	-۰/۰۸۰	۰/۷۶۱	۰/۶۰۸
فتح آباد	۴۶	۱۵۷/۵۵۸۷	۷۲/۹۳۵۴۶	۰/۱۱۹	۰/۱۱۹	-۰/۰۹۲	۰/۸۰۹	۰/۵۲۹
کرا دلفارد	۴۸	۴۳۰/۵۰۰۰	۲۰۱/۴۰۵۷۸	۰/۱۲۳	۰/۱۲۳	-۰/۰۶۲	۰/۸۵۴	۰/۴۵۹
نمداد	۳۰	۲۰۷/۴۹۳۳	۱۴۰/۹۲۹۹۷	۰/۱۴۹	۰/۱۴۹	-۰/۱۰۳	۰/۸۱۵	۰/۵۱۹
گنج آباد قلعه گنج	۳۲	۱۲۶/۸۵۹۴	۸۴/۴۲۴۸۳	۰/۱۹۵	۰/۱۹۵	-۰/۰۹۶	۱/۱۰۲	۰/۱۷۶
یالخری	۴۰	۱۴۳/۹۵۵۰	۱۲۷/۲۶۸۳	۰/۲۰۸	۰/۲۰۸	۰/۱۹۵	۱/۳۲۵	۰/۰۶۳

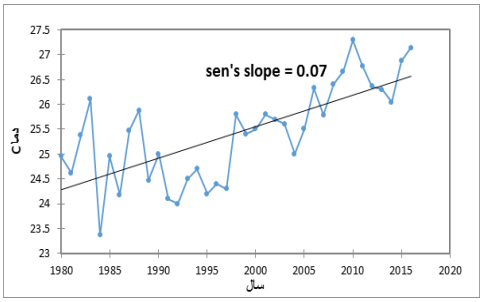
a. Test distribution is Normal
b. Calculated from data

جدول (۲): تعیین روند بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب با استفاده از آزمون من-کندال

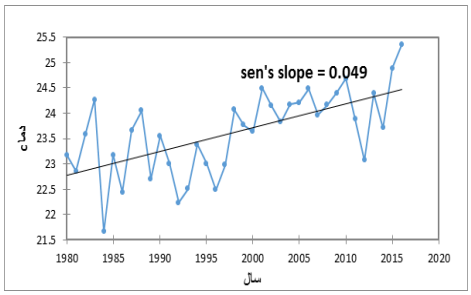
ایستگاه	پارامتر	p.Value	Kendall's tau	Sen's slope
بم	بارش	۰/۵۵۹	-۰/۰۶۹	-۰/۲۴۷
جیرفت	بارش	۰/۸۴۶	-۰/۰۲۴	-۰/۱۶۴
کهنوج	بارش	۰/۴۴۳	-۰/۰۹۰	-۰/۹۳۲
میانده جیرفت	بارش	۰/۲۳۶	-۰/۱۳۸	-۱/۱۲۹
بافت	بارش	۰/۲۳۹	-۰/۱۳۷	-۱/۴۷
بادامونیه	بارش	۰/۵۵۴	-۰/۰۷۲	-۱/۲۹۴
بجگان	بارش	۰/۶۱۹	-۰/۰۶۱	-۰/۸۷۵
تیغ سیاه	بارش	۰/۶۹۳	۰/۰۴۹	۰/۴۸۸
حیدرآباد	بارش	۰/۶۱۲	۰/۰۶۲	۰/۷۹۵
زهکلوت	بارش	۰/۸۹۸	-۰/۰۱۷	-۰/۱
زهمکان	بارش	۰/۵۸۰	-۰/۰۶۸	-۰/۸۶۱
فتح آباد اسفندقه	بارش	۰/۲۴۴	۰/۱۴۰	۰/۹۴۴
کراد دلفارد	بارش	۰/۸۵۴	۰/۰۲۴	۰/۵۲۹
نمداد کوهستان	بارش	۰/۰۶۳	-۰/۲۲۲	۴/۰۹۵
گنج آباد	بارش	۰/۷۵۷	۰/۰۳۹	۰/۲۸۳
یالخری	بارش	۰/۷۵۵	-۰/۰۳۹	-۰/۱۸۵

جدول (۳): تعیین روند دمای متوسط سالانه ایستگاه‌های منتخب با استفاده از آزمون من-کندال

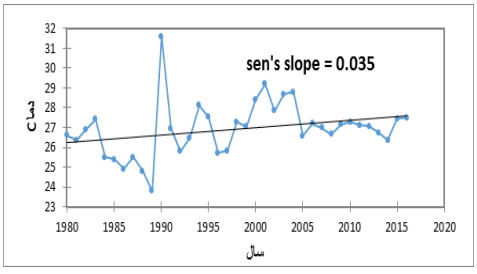
ایستگاه	پارامتر	pValue	Kendall's tau	Sen's slope
بم	دما	۰/۰۰۰۱	۰/۴۶۰	۰/۰۴۹
جیرفت	دما	۰/۰۰۰۱	۰/۵۲۴	۰/۰۷
کهنوج	دما	۰/۰۳۰	۰/۲۵۱	۰/۰۳۵
میانده جیرفت	دما	۰/۴۵۶	-۰/۰۸۷	-۰/۲۵
بافت	دما	۰/۶۵۶	۰/۰۵۳	۰/۰۰۴
حسین آباد	دما	۰/۰۱۱	۰/۳۰۵	۰/۰۴۵
دولت آباد – اسفندقه	دما	۰/۹۷۷	۰/۰۰۵	۰
زهکلوت	دما	۰/۰۷۳	۰/۲۱۵	۰/۰۳۶
انجیرک	دما	۰/۰۲۱	۰/۲۷۷	۰/۰۶۹
یالخری	دما	۰/۲۷۳	۰/۱۳۳	۰/۰۱۲
ده کهان	دما	۰/۹۷۷	-۰/۰۰۵	۰
کناروئیه	دما	۰/۸۴۲	-/۰۲۵	۰/۰۷۶
زارین	دما	۰/۴۷۷	-۰/۰۸۶	-۰/۰۲۲
رابر	دما	۰/۲۹۹	-۰/۱۲۶	-۰/۰۰۴
کهنک شیبانی	دما	۰/۰۷۶	۰/۲۱۳	۰/۰۱۶
گلاشگرد	دما	۰/۰۹۱	۰/۰۳	۰/۰۱۶
کلات ملک	دما	۰/۸۷۶	۰/۰۲۰	۰/۰۱۲



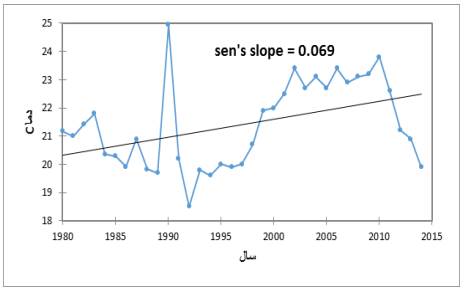
شکل (۴): نمودار روند متوسط دمای سالانه ایستگاه سینوپتیک جیرفت طی دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۰



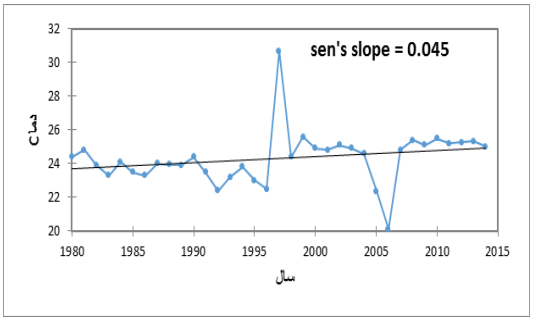
شکل (۶): نمودار روند متوسط دمای سالانه ایستگاه سینوپتیک بم طی دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۰



شکل (۵): نمودار روند متوسط دمای سالانه ایستگاه سینوپتیک کهنوج طی دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۰



شکل (۷): نمودار روند متوسط دمای سالانه ایستگاه انجیرک طی دوره ۲۰۱۴-۱۹۸۰

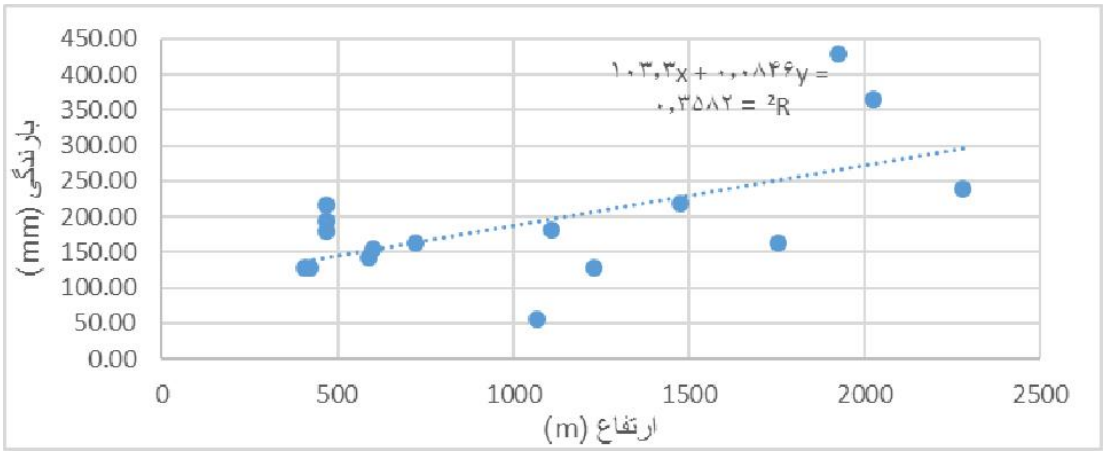


شکل (۸): نمودار روند متوسط دمای سالانه ایستگاه حسین آباد طی دوره ۲۰۱۴-۱۹۸۰

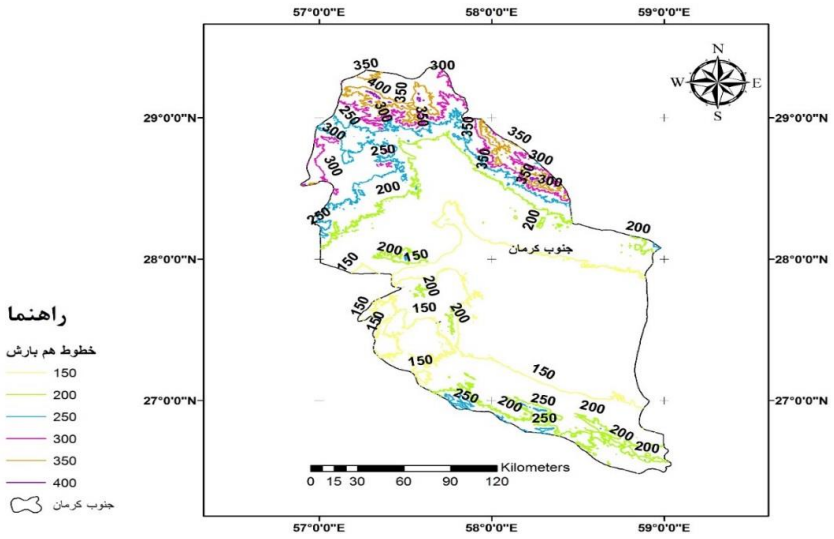
توزیع مکانی دما و بارش

با توجه به نمودار گرادیان سالانه بارش منطقه (شکل ۹) و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) در محیط نرم‌افزار Arc GIS، منطقه اقدام به ترسیم نقشه خطوط هم باران جنوب استان کرمان شد (شکل ۱۰). بررسی خطوط هم‌باران ترسیم شده هم نشان می‌دهد که در بخش‌هایی از شمال، غرب و شمال‌غرب حوزه و به خصوص در ارتفاعات شمال‌غربی حوزه، شرایط اقلیمی خاصی نسبت به کل حوزه آبخیز حاکم است که باعث ایجاد ریزش‌هایی به میزان ۴۰۰ میلیمتر شده است.

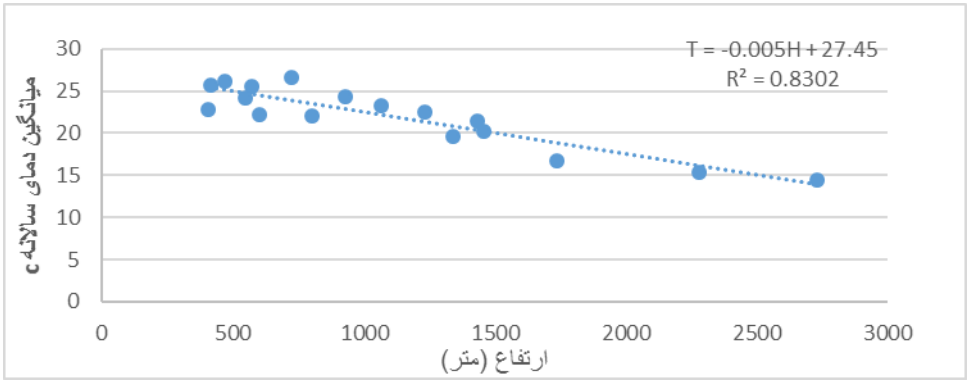
گرادیان درجه حرارت منطقه با توجه به آمار دمای متوسط سالیانه و ارتفاع ایستگاه‌ها محاسبه شد و با ترسیم نمودار (۱۱) معادله مربوط به بهترین خطی که از بین نقاط ترسیمی عبور کرده برآورد شد. همان‌گونه که از رابطه مذکور پیداست گرادیان مذکور دارای ضریب همبستگی بسیار بالای ۰/۸۳ بوده که در سطح اعتماد ۹۹ درصد، معنی دار می‌باشد. با به کارگیری رابطه حاصله می‌توان دمای متوسط سالانه را برای هر ارتفاعی که موردنظر باشد، برآورد نمود. در منطقه مورد مطالعه، گرادیان متوسط دمای سالانه تعیین شده است. با توجه به رابطه به‌دست آمده و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه در محیط نرم‌افزار ArcGIS، اقدام به ترسیم نقشه خطوط هم دمای سالانه محدوده طرح شد (شکل ۱۲). همانند نقشه هم بارش منطقه، قسمت‌های شمال‌غربی منطقه دارای حداقل دما متوسط سالانه می‌باشند.



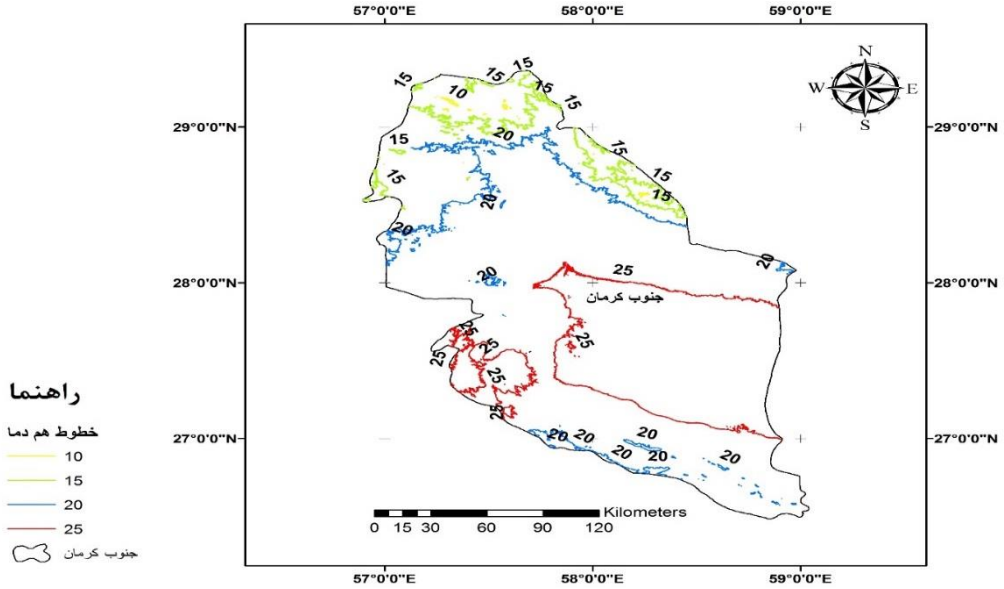
شکل (۹): نمودار گرادیان سالانه بارش محدوده مطالعاتی



شکل (۱۰): نقشه هم‌باران (میلی‌متر) جنوب استان کرمان



شکل (۱۱): نمودار تغییرات میانگین دمای سالانه با ارتفاع



شکل (۱۲): نقشه هم دمای متوسط منطقه مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق بیانگر آن است، که در جنوب استان کرمان بر اساس بررسی نمودارهای گرافیکی تغییرات مولفه بارش روند معنی‌داری در کاهش یا افزایش آن وجود نداشته که با نتایج (Haghshenas Gottabi et al., 2014) مطابقت دارد. از طرفی مقایسه نتایج روش‌های مختلف آزمون روند و شیب خط روند که با استفاده از آزمون برآوردگر سن محاسبه شد نشان می‌دهد که روند محاسبه شده به‌وسیله آزمون‌های مختلف در تمام موارد همگن بوده است. ولی در مطالعه‌ای که (Bagherpour et al., 2018)، در بررسی کارایی آزمون من-کندال در شناسایی روند سری‌های دارای خود همبستگی انجام دادند، ایستگاه قلیتپه با روش سن، روند جزیی منفی و با روش کندال روند جزیی مثبت را پیش‌بینی کرده است. نتایج نشان داد که ایستگاه‌های انجیرک، حسین آباد، بم، کهنوج و جیرفت دارای روند صعودی معنی‌دار در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد در دمای متوسط سالانه می‌باشند و با نتایج (Varshavian et al., 2001) که بررسی سری‌های زمانی حاصل از دمای میانگین روزانه در ایستگاه سینوپتیک کرمان در صدک‌های پایین و بالا (یکم، پنجم، پنجم، دهم، ۹۰ و ۹۹) روند معنی‌دار افزایشی نشان داد و همچنین با نتایج (Bahac, 2014) همخوانی دارد. میزان تغییرات بارش در ماه‌های گرم چشمگیرتر می‌باشد در حالی که میانگین، حداقل و حداکثر درجه حرارت در ماه‌های اردیبهشت ، آبان و دی بیشتر و چشمگیرتر بوده و سایر ماه‌ها تغییرات قابل ملاحظه‌ای مشاهده نمی‌شود. در مجموع مقدار بارش ایستگاه طی دوره مطالعه کاهش و میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت افزایش داشته است، و با نتایج (Haghshenas Gottabi et al., 2014) که بیان داشتند متوسط دما، حداقل دما و حداکثر دمای استان تهران طی دهه اخیر دست خوش تغییراتی شده است و در تمام ایستگاه‌ها روند افزایشی دیده می‌شود. این تغییرات از نوع نوسانات کوتاه مدت اقلیمی و روند می‌باشد که در اکثر سری‌های زمانی عمدتاً از سال ۱۳۸۰ به بعد بیشتر مشهود است و فقط در ایستگاه آبعلی در دمای میانگین روند معنی دار و در ایستگاه فیروزکوه در تمام دماها جهش و تغییرات ناگهانی معنی‌داری در جهت صعودی می‌باشد که احتمال دارد پدیده شهرنشینی شدید اخیر در این منطقه نقش داشته باشد، مطابقت دارد. همچنین با مطالعه (Ansari et al., 2017)، که به منظور تعیین روند تغییرات دما، بارش و دبی رودخانه حوزه آبخیز کاجو در استان سیستان و بلوچستان طی یک دوره آماری ۲۰ ساله از آزمون ناپارامتری من- کندال برای تعیین روند این متغیرها استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که بارش منطقه دارای روندی نزولی، دما دارای روندی صعودی، و دبی رودخانه طی این دوره آماری دارای روندی کاهشی است، مطابقت دارد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت نشانه‌های تغییر اقلیم در ایران، به ویژه از نظر دما، قابل مشاهده است. بنابراین، با درنظرگرفتن نقش دما در افزایش میزان تبخیر و تعرق، باید به دنبال راهکارهایی برای مدیریت بهتر منابع آب و اصلاح روش‌های بهره‌برداری منابع آب، به‌ویژه در بخش کشاورزی، بود. یکی از این بخش‌ها که باید خود را با شرایط آینده تطبیق دهد و تغییراتی در این زمینه در آن صورت پذیرد بخش کشاورزی است. با توجه به اینکه بخش کشاورزی از نظر توزیع زمانی آب در آینده دچار تغییر خواهد شد، باید در جهت سازگاری با شرایط جدید در ترکیب کشت جنوب استان کرمان تغییراتی ایجاد کرد. همچنین، در برنامه‌ریزی‌های آینده، در بخش تخصیص آب، در رویارویی با شرایط آینده انعطاف پذیری کمتری باید به کار برد.

فهرست منابع

Alizadeh, A. 2010. Principals of applied hydrology, 29th edition, university of Imam Reza press. 912p.

Amirabadizadeh, M.; Huang, Y. & Lee, T. 2015. Recent Trends in Temperature and Precipitation in the Langat River Basin, Malaysia. Advances in Meteorology .Volume 2015, Article ID 579437, 16 pages. http://dx.doi.org/10.1155/2015/579437

Ansari, M.; Tori, G. & Fotohi, S. 2017. Trend in temperature, precipitation and discharge Changes using Mann-Kendall nonparametric test (Case study: Kajoo basin, Sistan and Baluchestan province). Bulletin of Watershed Management, Seventh Year / Issue 14 (in Persian).

Asfaw, A.; Simane, B.; Hassen, A. & Bantider, A. 2017. Variability and time series trend analysis of rainfall and temperature in north central Ethiopia: A case study in Woleka sub-basin. Weather and Climate Extremes xxx 1–13. https://doi.org/10.1016/j.wace.2017.12.002

Azarakhshi, M.; Farzadmehr, J.; Eslah, M. & Sahabi, H. 2014. Study of seasonal and seasonal variations of rainfall and temperature parameters in different climate zones of Iran. Journal of Rangeland and Watershed Management, Vol. 66, No. 1 (in Persian).

Bagherpour, M.; Sidian, S. M.; Fath Abadi, A. & Mohammadi, A. 2018. Evaluation of the efficiency of the Mann-Kendall test in identifying the process of series with self-correlation. Journal of Watershed Management Sciences and Engineering, Vol. 11, No. 36 (in Persian).

Bahac, B. 2014. Investigating the likelihood of climate change in Kerman province using the Mann-Kendall method (A case study of Kerman station). Journal of land Geographic, No.39, Year.10 (in Persian).

Bnayan, M.A.; Mohammadian, A. & Aizadeh, A. 2010. On Climate Variability in North-East of Iran, water and soil, 1: 118-131 (In Persian)

Borna, R. & Ibgin, J. 2016. Study of the trend of temperature and rainfall extreme indexes in southwest of Iran (case study: Bushehr province). Journal of Natural Geography, (28) 8, 43-64 (in Persian).

Darabi, H.; Ja'fari, A. & Akhavan Farshchi, K. 2017. Analysis of the Climate Change trend in Qom Province and Its Consequences. Journal of Environmental Science Studies, Volume 1, Number 2, pp. 40-25 (in Persian).

Haghshenas Gottabi, R.; Mohseni, B.; Hosseini, A. & Dadashi, N. 2014. Investigating the Climate Change trend in Tehran Province Using Temperature and Rainfall Extreme Indicators, Fifth International Conference on Integrated Management of Natural Disasters, Tehran (in Persian).

Kachaje, O.; Kasulo, V. & Chavula, G .2016. Detection of Precipitation and Temperature Trend Patterns for Mulanje District, Southern Part of Malawi. J Climate Weather Forecasting 4: 187. doi:10.4172/2332-2594.1000187

Keggenhoff, I.; Elizbarashvili, M.; AmiriFarahani. A. & King, L. 2014. Trends in daily temperature and precipitation extremes over Georgia, 1971– 2010, Weather and Climate Extremes, http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2014.05.001.

Kumar, S.; Merwade, V.; Kinter III, J. & Niyogi, D. 2013. Evaluation of Temperature and Precipitation Trends and Long-Term Persistence in CMIP5 Twentieth-Century Climate Simulations .journal of climate. Vol 26. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00259.1

Modarres, R. & Silva, V. 2007. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran, Journal of environments, 70, 344-355.

Razaei, T.; P. Daneshkar, A. & Saghafian, B. 2005. Annual Rainfall Trend in Arid and Semi- Arid Regional of Iran, 1-8 pp. ICID 21st European Conference.

Sabouhi, R.; Soltani S. & Yaghmaei, L. 2009. Analysis of the trend of climate parameters and its impact on water resources in Tabriz and Urmia. Third Conference on Iranian Water Resources Management. Tabriz University, Faculty of Civil Engineering (in Persian).

Tabatabai, A. & Hosseini, M. 2004. Study of climate change in Semnan based on monthly rainfall parameters and monthly average monthly temperature. Proceedings of the Third Regional Conference and the First National Conference on Climate Change. Pp. 98-91 (in Persian).

Varshavian, H.; Khalili, A.; Ghahreman, N. & Hajdam, S. 2011. Estimation of the trend of changes in the extreme values of minimum, maximum and average daily temperatures in some climatic samples of Iran. Journal of Earth and Space Physics, Volume 37, Issue 1, pp. 179-169 (in Persian).

Wahl, K. & Tortorelli, R.L. 1996. Changes in flow the Beaver-North Canadian River Basin Upstream from Canton Lake, Western Oklahoma, U.S. Geological Survey Water Resources Investigation Reports, 96-104.