

بررسی روند تغییرات مؤلفه‌های اقلیمی و تأثیر آنها بر آورد کوه‌رنگ (سرشاخه‌ی اصلی کارون شمالی)

بهزاد قربانی^{۱*}، سید علی اصغر هاشمی^۲

چکیده

زیر حوضه‌ی کوه‌رنگ یکی از سرچشمه‌های اصلی کارون شمالی است. متغیرهای اقلیمی، از جمله بارندگی و دما، می‌توانند در این زیر حوضه تأثیر قابل توجهی را بر بده رودخانه کارون شمالی داشته باشند. برای بررسی چگونگی تأثیر متغیرهای اقلیمی بر آورد کوه‌رنگ از داده‌های هواشناسی ایستگاه کوه‌رنگ در طول ۲۷ سال آماری استفاده شد. برای این منظور، متوسط ده سال اخیر هشت متغیر اقلیمی شامل میانگین دمای سالانه، میانگین بیشینه و میانگین کمینه دمای سالانه، تعداد روزهای برفی، تعداد روزهای بارانی، میزان بیشینه‌ی شدت بارش روزانه، مقدار بارندگی سالانه کوه‌رنگ و متوسط بده سالانه رودخانه در ایستگاه آب‌سنجی دزک آباد، نسبت به متوسط سال‌های گذشته، با استفاده از آماره‌های آزمون من-کندال^۳ و تخمینگر سن^۴ تجزیه و تحلیل شدند. آماره‌های فوق در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان دادند گرچه داده‌های میانگین دمای سالانه برابر با ۱/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد نسبت به میانگین سال‌های قبل افزایش داشته است ولی بیشینه و کمینه‌ی دمای سالانه هیچگونه روند معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. هر چند بیشینه‌ی شدت بارش روزانه، تعداد روزهای بارانی و تعداد روزهای برفی طی دوره‌ی آماری روند کاهشی داشته‌اند، ولی آزمون‌های آماری فوق این روند را معنی‌دار نشان نمی‌دهند. آزمون‌های آماری یادشده روند نزولی بارندگی سالانه را به مقدار ۱۱ درصد (۱۵۵/۴ میلی‌متر)، و روند کاهشی داده‌های بده را در ایستگاه دزک‌آباد به میزان ۱۹/۷ درصد تأیید می‌کنند.

کلمات کلیدی: بارندگی، بده، دما، شدت بارش، متغیرهای اقلیمی

^۱ دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

تلفن: ۰۹۱۳۱۱۰۴۰۴۷ Email: behzad.ghorbani55@gmail.com

^۲ دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد

^۳ Mann - Kendall

^۴ Sen's Estimator

مقدمه

بر اساس اعلام سازمان جهانی حفاظت محیط زیست، کره‌ی زمین، به علت گازهای گلخانه‌ای که با کاربرد وسایط نقلیه، کارخانه‌ها و تخریب جنگل‌ها به وجود می‌آیند، و چون یک پتوی ضخیم روی کره زمین را می‌پوشانند، در حال گرم شدن است. این سازمان افزایش دمای کره زمین را در قرن بیستم ۱ درجه‌ی سانتی‌گراد اعلام کرده است. ایالات متحده با داشتن ۵ درصد جمعیت جهان، ۲۲ درصد گاز کربن جهان را تولید می‌کند. ۱۵ درصد گازهای کربن تولیدی ناشی از تخریب جنگل‌ها است. تولید طوفان‌ها، خشکسالی‌ها، بیماری‌ها و مرگ و میر مرجان‌ها با تغییر هوا مرتبط است (حفاظت طبیعت^۱، ۲۰۱۵). مشاهدات علمی نشان می‌دهند که در سطح جهان تغییر اقلیم به صورت افزایش طوفان‌ها و بارندگی‌های شدید، بالا رفتن درجه‌ی حرارت و سطح آب دریاها و عقب نشینی یخچال‌ها آشکار شده است.

اجلاس بین دولتها در چهارمین ارزیابی خود برای تغییرات هوا اعلام کرد که با اطمینان ۹۰ درصد می‌توان گفت که علت اصلی گرم شدن کره‌ی زمین گازهای گلخانه‌ای است که بر اثر فعالیت‌های بشر تولید می‌شود (سولومان و همکاران^۲، ۲۰۰۷). پری و همکاران^۳ (۲۰۰۷) با اطمینان زیاد پیش‌بینی کردند که در اواسط قرن جاری، متوسط رواناب سالانه و آب قابل دسترسی در طول‌های جغرافیایی بالا ۱۰ تا ۴۰ درصد، مناطق استوایی (گرمسیری) مرطوب به میزان ۱۰ تا ۳۰ درصد، و در مناطق خشک و طول‌های جغرافیایی میانی و مناطق استوایی خشک کاهش خواهد یافت. علاوه بر آن پری و همکاران (۲۰۰۷) در پنجمین ارزیابی (AR5) خود از تغییرات آب و هوا پیش‌بینی کردند که در قرن ۲۱، دمای سطح کره زمین احتمالاً ۰/۳ تا ۱/۷ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش خواهد داشت. تغییر آینده آب و هوا (اقلیم) و تأثیرات مربوط به آن از منطقه‌ای به منطقه دیگر در اطراف کره زمین متفاوت خواهد بود. اثرات افزایش دمای کره

زمین شامل افزایش سطح آب دریاها، تغییر الگوی بارش و احتمالاً توسعه‌ی صحاری نیمه گرمسیری خواهد شد (پچوری و ریسینجر^۴، ۲۰۰۷؛ متز و همکاران^۵، ۲۰۰۷).

بارندگی و دما از اجزای اصلی یک اقلیم بوده و تغییر در الگوی آنها می‌تواند بر سلامت انسان، بوم‌نظام، گیاهان و جانوران تأثیرگذار باشد (انز و بیازیت^۶، ۲۰۱۲). افزایش دما می‌تواند منجر به وقوع دوره‌های گرم و بروز بیماری و مرگ گونه‌های در معرض خطر شود. علاوه بر آن ممکن است تغییرات دما گونه‌های گیاهی و جانوری منطقه را تغییر دهد (آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده^۷، ۲۰۱۱). تغییرات مشابه در شکل بارش و زمان وقوع آن اثرات گسترده‌ای بر آب در دسترس خواهد داشت و باعث تغییرات در گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شود. افزایش بارندگی می‌تواند منجر به بالا رفتن فراوانی وقوع سیلاب‌ها شود، و در نتیجه بر کیفیت آب نیز تأثیرگذار باشد. از سوی دیگر یک کاهش در روند بارش می‌تواند شاهده‌ی بر بالا رفتن وقایع خشکسالی باشد (طبری و همکاران^۸، ۲۰۱۱).

ایستن و ولوی و همکاران^۹ (۲۰۱۷)، با تحقیقی برای تعیین روند تغییرات گرم شدگی ۲۰ دریاچه در اروپا در فاصله‌ی زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ نشان دادند که بیشترین تغییرات دما در ماه مه بود، که به‌طور متوسط در هر ده سال ۰/۶۲ درجه‌ی سانتی‌گراد اضافه شده است. خارین و همکاران^{۱۰} (۲۰۱۳)، داده‌های کمینه و بیشینه‌ی دمای ۲۰ سال را با یک مدل اقلیمی ارزیابی کردند. نتیجه ارزیابی آنها نشان داد که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری، نرخ افزایش دمای بیشینه از نرخ افزایش دمای کمینه بیشتر است. اسلام و همکاران^{۱۱} (۲۰۰۹)، داده‌های ۳۰ سال آماری هواشناسی (۱۹۹۰-۱۹۶۱) را ارزیابی کردند. نتیجه بررسی آنها نشان داد که افزایش کمینه‌ی دمای روزانه در فصل تابستان بیشتر از افزایش بیشینه‌ی دما است؛ در حالی که در زمستان تغییر در بیشینه‌ی دما بیشتر است.

⁸Tabari et al.,

⁹Iestyn et al.

¹⁰Kharin et al.

¹¹Islam et al.

¹The Nature Conservancy

²Solomon et al.

³Parry et al.

⁴Metz et al.

⁵Pachauri, and Reisinger

⁶Onoz and Bayazit

⁷EPA

فراسنجی^۵ من-کندال جهت تعیین میزان، جهت و معنی دار بودن روند استفاده نموده و دریافتند که در اکثر ایستگاه‌های مطالعه شده (ایستگاه‌های سینوپتیک) روند افزایشی دما با شدت‌های مختلف مشاهده می‌شود که ممکن است از افزایش میزان CO₂ جو متأثر شده باشند. کتیرایی بروجردی و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی روند تغییرات روزانه‌ی بارندگی ۳۸ ایستگاه ایران را در طی دوره‌ی آماری ۲۰۰۱-۱۹۶۰ پرداختند. در این بررسی از روش فراسنجی کمینه مربعات خطا و روش غیر فراسنجی من-کندال جهت تحلیل روند بارش کل سالانه، تعداد روزهای بارانی و شدت بارش روزانه استفاده شد. نتایج حاصله نشان دهنده وقوع برخی روندهای افزایشی و کاهش‌ی در بارش کل سالانه در ایستگاه‌های مختلف است. بارش فصل بهار در اغلب ایستگاه‌های مطالعه شده روند کاهش‌ی داشته است؛ و روند تعداد روزهای بارانی سالانه و فصلی (به استثنای فصل بهار) در اکثر ایستگاه‌ها افزایشی و معنی دار، و روند شدت بارش روزانه و فصلی (به ویژه فصل بهار) در اکثر ایستگاه‌ها کاهش‌ی تشخیص داده شد. هاشمی و همکاران (۲۰۱۴) طی تحقیقی درباره‌ی داده‌های آورد ایستگاه‌های آب‌سنجی حوضه آبخیز شمالی کارون نشان دادند که خشکسالی آب‌شناسی رو به افزایش است. نتایج این تحقیق نشان دادند که در ایستگاه‌های آب‌سنجی واقع در سرشاخه‌ها، یا مناطقی که توسعه‌ی کشاورزی در بالادست آنها کم بوده است، خشکسالی آب‌شناسی روند معنی‌داری نداشته است. در حالی‌که سایر ایستگاه‌ها افزایش شدت خشکسالی آب‌شناسی را نشان دادند و این نشان از افزایش برداشت آب از سیستم آب‌شناسی حوضه دارد. آنها از شاخص خشکسالی جریان (SDI)، به‌منظور ارزیابی خشکسالی آب‌شناسی استفاده کردند. نتایج حاصل از این تحقیق روند محسوسی را در خشکسالی هواشناسی (شاخص خشکسالی SPI) نشان نداد. طبق گزارش سوریاس و همکاران^۶ (۲۰۱۶)، بر اثر تغییر اقلیم، بده آمازون (عمدتاً در فصل خشک) در حوضه‌های شرقی، مرکزی و سفلی به میزان ۱۵/۹ و ۴/۴ درصد کاهش داشته است.

بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که منابع آب جهان در حال تأثیرپذیری از تغییر اقلیم هستند. تغییر اقلیم به شکل غیرمنتظره‌ای تأمین آب، کیفیت آب، مدیریت سیلاب، تولید برق آبی، تقاضا برای آب، بوم‌نظام‌ها و نواحی ساحلی را تغییر خواهد داد (آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده، ۲۰۱۱). در حوضه‌های کوهستانی و برف‌گیر، ذوب برف و رواناب ناشی از آن عامل مهم تغییر وضعیت جریان به‌شمار می‌آیند و سهم مهمی را در تولید جریان و منابع آب دارند. افزایش دما باعث ریزش بیشتر باران نسبت به برف شده و این مسئله بر ذخیره‌ی برفی و تأمین آب اثر خواهد گذاشت. در این حالت وقوع خشکسالی بیشتر، و تقاضا برای مصارف آب آبیاری افزایش می‌یابد. بل و همکاران (۲۰۱۶)، تأثیر بالقوه‌ی تغییرات اقلیم را در دو مقطع زمانی ۱۹۹۰-۱۹۶۰ و ۲۰۹۹-۲۰۶۹ در بریتانیا بررسی کردند. پس از تحلیل داده‌های هواشناسی به این نتیجه رسیدند که تعداد روزهای برفی در فاصله‌ی زمانی فوق به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است.

طبق نظر بروک و همکاران (نقل از ابوطالب و همکاران^۱، ۲۰۰۷)، یکی از روش‌های متداول جهت تحلیل گروه‌های زمانی آب و اقلیم‌شناسی، بررسی وجود یا نبودن روند در آنها با استفاده از آزمون‌های آماری است. ممکن است وجود روند در گروه‌های زمانی آب و اقلیم‌شناسی ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم، یا اثر فعالیت‌های انسانی باشد. اثبات وجود روند در یک گروه زمانی به تنهایی نمی‌تواند دلیلی قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد، بلکه فرض رخداد را تقویت می‌نماید (لتن مایر و همکاران^۲، ۱۹۹۴).

جاوری^۳ (۲۰۰۱) با بررسی روند تغییرات متوسط دمای سالانه‌ی ۳۴ ایستگاه سینوپتیک ایران نشان داد که ۴۴ درصد از ایستگاه‌های بررسی شده دارای روند مثبت، ۱۵ درصد دارای روند منفی، و ۴۱ درصد از ایستگاه‌های مطالعه شده فاقد روند هستند. عزیزی و همکاران^۴ (۲۰۰۵) ضمن مطالعه‌ی روند دمای چند دهه‌ی اخیر در ایران به ارتباط این روند با افزایش گاز CO₂ پرداختند. آنها با بررسی ۱۲ ایستگاه برای تعیین صحت داده‌ها از آزمون خودهمبستگی مرتبه‌ی اول، آزمون رشته‌ای و آزمون غیر

⁴Azizi et al.

⁵ non parametric

⁶Sorribaset al.

¹Abu-Taleb et al.

²Lettenmaier et al.

³Javari

سال اخیر هشت متغیر اقلیمی شامل شمار روزهای برفی، تعداد روزهای بارانی، میزان بیشینه‌ی شدت بارش روزانه، مقدار بارندگی سالانه، میانگین دمای سالانه، بیشینه و کمینه‌ی دمای سالانه ایستگاه کوه‌رنگ و بده در ایستگاه دزک، نسبت به میانگین سال‌های گذشته تجزیه و تحلیل شدند. همچنین به منظور بررسی روند داده‌ها از دو آزمون غیر فراسنجی من-کندال و تخمینگر سن استفاده شد.

آزمون من-کندال که برای آزمون تصادفی بودن روند داده‌ها استفاده می‌شود، به طور گسترده‌ای در آب‌شناسی و هواشناسی به کار می‌رود (پارتال و کایا، ۲۰۰۶). فرض صفر (H_0) در این آزمون بیان می‌کند که داده‌های غیر فصلی X_1 تا X_n ، یک نمونه با n متغیر تصادفی به طور یکسان و مستقل توزیع شده‌اند. فرضیه‌ی مقابل (H_1) از این آزمون دارای دو دامنه است که نشان می‌دهد توزیع متغیرهای X_k و X_j ($k, j \leq n$ و $k \neq j$) یکسان نیست. آماره‌ی این آزمون از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (1)$$

نحوه‌ی محاسبه متغیر S و واریانس آن در مطالعات من (۱۹۴۵) و کندال (۱۹۷۵) قابل دسترسی است. در صورتی که $-Z_{1-\alpha/2} \leq Z \leq Z_{1-\alpha/2}$ باشد، فرض صفر پذیرفته شده است. آماره‌ی توزیع به‌هنگام معیار، $Z_{1-\alpha/2}$ در آزمون دودامنه در سطح α معنی‌دار است. در صورتی که آماره‌ی Z مثبت باشد، روند گروه داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود. در تحقیق حاضر این آزمون در سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵، و ۹۹ درصد به کار گرفته می‌شود. سن^۲ (۱۹۶۸) با بسط مطالعات تیل^۳ (۱۹۵۰) یک روش غیر فراسنجی جهت تحلیل گروه زمانی داده‌ها ارائه نمود. این روش نیز همانند روش من-کندال از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک گروه زمانی بهره می‌گیرد. اساس این روش بر محاسبه‌ی یک شیب میانه برای گروه زمانی و قضاوت نمودن درباره‌ی معنی‌دار بودن شیب در سطوح اعتماد مختلف است. در ابتدا شیب بین هر جفت داده مشاهده‌ای با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

زیر حوضه کوه‌رنگ یکی از سرچشمه‌های اصلی کارون شمالی است. متغیرهای اقلیمی از جمله میزان بارندگی‌ها و تداوم آنها در این زیر حوضه می‌توانند تأثیر قابل توجهی را بر بده کارون شمالی داشته باشند. لذا بررسی چگونگی تأثیر این متغیرها بر بده مزبور یک ضرورت است. با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از مطالعه‌ی حاضر بررسی روند تغییرات متغیرهای هواشناسی و آب‌شناسی در زیرحوضه آبخیز کوه‌رنگ و تأثیر آنها بر آورد کارون شمالی است. در ضمن وجود روند در متغیرهای مطالعه شده با استفاده از آزمون‌های غیر فراسنجی بررسی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه شده

حوضه آبخیز کوه‌رنگ، که وسعت آن ۱۲۳۰ کیلومتر مربع است، از جمله سرشاخه‌های حوضه کارون شمالی به‌شمار می‌رود. این حوضه به دلیل بارندگی زیاد، دارای بیشترین آبدهی ویژه است، ولی به علت کوهستانی بودن دارای حدود ۳ درصد جمعیت استان چهارمحال و بختیاری است. موقعیت این حوضه در استان و ایستگاه‌های مطالعه شده در شکل ۱ نشان داده شده است.

داده‌های آب‌سنجی موجود استفاده شده در این تحقیق شامل آمار آورد در ایستگاه دزک‌آباد طی دوره‌ی آماری ۱۳۶۳ الی ۱۳۹۲ است. از آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک کوه‌رنگ (ارتفاع ۲۳۶۵ متر) شامل، داده‌های بارندگی (بارندگی سالانه، بیشینه‌ی شدت بارش روزانه، تعداد روزهای بارانی، شمار روزهای برفی)، داده‌های دمائی (میانگین، بیشینه و کمینه‌ی دمای سالانه) طی دوره آماری ۱۳۶۶ الی ۱۳۹۲ نیز استفاده شد. لازم به ذکر است که حوضه دارای دو ایستگاه آب‌سنجی دزک‌آباد و کاج است. از آنجا که ایستگاه کاج تنها دارای ۱۱ سال داده‌های بده است، لذا در این مطالعه از داده‌های ایستگاه دزک‌آباد استفاده شد.

روش‌ها

به‌منظور بررسی تغییرات متغیرهای هواشناسی و آب‌شناسی در منطقه مطالعه شده، متوسط داده‌های ده

³Thiel

¹Partal and Kahya,

²Sen

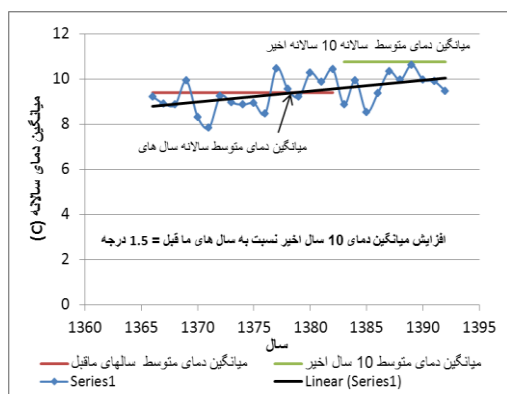
نسبت داد. در غیر این صورت فرض صفر رد شده و می توان پذیرفت که گروه زمانی دارای روند معنی داری در سطح اطمینان آزمون شده است.

نتیجه گیری و بحث

۱- تغییرات دما

جدول ۱ مشخصات آماری میانگین دمای سالانه را نشان می دهد. در این جدول، بیشینه ی دما (۱۰/۶) درجه ی سانتی گراد) مربوط به سال ۱۳۸۹ و کمینه آن (۷/۸) سانتی گراد) مربوط به سال ۱۳۷۱ است. همان طور که در این جدول ملاحظه می شود، میانگین دمای سالانه در فاصله ی آماری بحث شده نسبت به سال مبناء ۱۳۷۱ تا ۲/۸ درجه (۳۶/۳ درصد) افزایش نشان می دهد. شکل ۲ نیز تغییرات میانگین دمای سالانه را در فاصله ی زمانی سال ۱۳۶۶ تا ۱۹۹۲ نشان می دهد. همان طور که در این شکل دیده می شود، میانگین دمای سالانه سیر صعودی داشته و نسبت افزایش میانگین دمای سالانه ی ۱۰ سال اخیر نسبت به سال های قبل آن ۱/۵ درجه ی سانتی گراد را نشان می دهد. بدیهی است این افزایش دما نه تنها در افزایش تبخیر و کاهش ریزش بارش، تأثیر قابل توجهی خواهد داشت، بلکه موجب تغییر جنس بارش از نوع برف به باران خواهد گردید.

بررسی وجود روند در داده های میانگین دمای سالانه نشان می دهد که آماره آزمون من-کندال مربوط به این متغیر برابر با ۲/۰۴ است. این عدد نشان می دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، داده ها دارای روند صعودی هستند. این بررسی نتایج جدول ۱ و شکل ۲ را تأیید می کند. شیب خط روند تخمینگر سن در داده های میانگین دمای سالانه برابر با ۰/۰۴ به دست آمد. نتایج این آزمون



شکل ۲- تغییرات میانگین دمای سالانه در فاصله زمانی سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲

$$Q = \frac{X_t - X_s}{t - s} \quad (2)$$

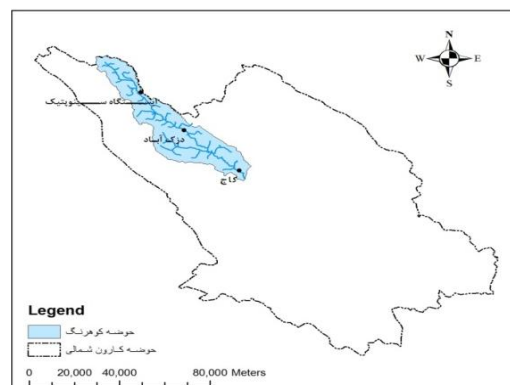
که در آن X_t و X_s به ترتیب داده های مشاهده ای در زمان های t, s, t, s و یک واحد زمانی بعد از زمان s است. با اعمال رابطه ی ۲ برای هر دو جفت داده مشاهده ای، یک گروه زمانی از شیب های محاسبه شده حاصل می شود که از محاسبه ی میانه این گروه زمانی شیب خط روند (Q_{med}) به دست می آید. مقدار مثبت Q_{med} حاکی از صعودی بودن روند، و مقدار منفی آن دال بر نزولی بودن روند است. در ادامه، متغیر Ca در سطوح اطمینان آزمون به صورت زیر محاسبه می شود:

$$C_{\alpha} = Z'_{1-\alpha/2} \times \sqrt{\text{var}(s)} \quad (3)$$

که در آن، Z' آماره توزیع بهنجار معیار است و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد آزمون شده می تواند مقادیر مختلفی به خود بگیرد. سپس حدود اعتماد بالا و پایین به صورت زیر برآورد می شود:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{N' + C_{\alpha}}{2} \\ M_2 = \frac{N' - C_{\alpha}}{2} \end{cases} \quad (4)$$

که در آن، N' تعداد شیب های محاسبه شده در بخش اول است. مرحله ی نهایی این روش، آزمون حدود اعتماد محاسبه شده است. به این ترتیب که از بین شیب های محاسبه شده بوسیله ی رابطه ی (۲)، M_1 امین و (M_2+1) امین شیب ها استخراج می گردند. در صورتی که عدد صفر در دامنه ی بین دو شیب استخراج شده فوق قرار گیرد، فرض صفر پذیرفته شده و بر گروه زمانی آزمون شده نمی توان هیچ گونه روندی را در سطح اعتماد به کار رفته



شکل ۱- زیرحوضه آبخیز کوه رنگ و موقعیت آن در حوضه آبخیز کارون شمالی

تأثیر قابل توجهی خواهد داشت، بلکه موجب تغییر جنس بارش از نوع برف به باران خواهد گردید.

جدول ۳ تغییرات کمینه‌ی دمای مطلق سالانه را در فاصله‌ی زمانی سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲ نشان می‌دهد. در این جدول کمترین کمینه دمای مطلق (۳۰/۶-) مربوط به سال ۱۳۷۰ و بیشینه‌ی آن (۱۸/۸-) مربوط به سال ۱۳۹۰ است. همان طور که در این جدول نیز ملاحظه می‌شود، کمینه دمای سالانه در فاصله‌ی آماری فوق نسبت به سال مبنا ۱۳۷۰ بین ۱/۲ (۳/۹ درصد) تا ۱۱/۸ درجه (۳۶/۶ درصد) افزایش نشان می‌دهد. علاوه بر آن، شکل ۳ نشان می‌دهد که در سال‌های آماری موجود، دمای کمینه‌ی مطلق سیر صعودی دارد و میانگین دمای کمینه مطلق ۱۰ سال اخیر نسبت به سال‌های گذشته ۲/۸ درجه‌ی سانتی-گراد بیشتر است. بدیهی است، افزایش دمای کمینه نشان از گرم‌تر شدن هوای منطقه در سال‌های آماری مطالعه شده است.

آماره‌های آزمون من-کندال مربوط به متغیرهای بیشینه‌ی دما و کمینه دما به ترتیب برابر با ۱/۳۳ و ۰/۴۴- به دست آمدند. لذا بر اساس آزمون من-کندال در سطح اطمینان ۹۵ درصد هیچ روند معنی داری در داده‌های مربوط به این متغیرها مشاهده نشد. این آزمون تغییرات مشاهده شده را در بیشینه و کمینه‌ی دما (جدول ۲ و ۳ و شکل‌های ۳ و ۴) معنی دار نمی‌کند. شیب خط روند داده‌های کمینه و بیشینه‌ی دما به ترتیب برابر با ۰/۱۲ و ۰/۰۲- است. بر اساس نتایج آزمون تخمینگر سن روند معنی داری در داده‌های کمینه و بیشینه‌ی دما ملاحظه نشد. خارین و همکاران (۲۰۱۳)، داده‌های کمینه و

نیز نشان می‌دهند که داده‌ها دارای روند افزایشی هستند. در این راستا پری و همکاران (۲۰۰۷)، در پنجمین ارزیابی (AR5) پیش بینی کردند که در قرن ۲۱، دمای سطح کره‌ی زمین احتمالاً ۰/۳ تا ۱/۷ درجه‌ی سانتی‌گراد، افزایش خواهد داشت. جاوری (۱۳۸۲) با بررسی روند تغییرات متوسط دمای سالانه ۳۴ ایستگاه سینوپتیک ایران نشان داد که ۸۵ درصد از ایستگاه‌های بررسی شده دارای روند مثبت یا فاقد روند هستند. عزیزی و همکاران (۱۳۸۴) ضمن مطالعه‌ی روند دمای چند دهه‌ی اخیر در ایران با بررسی ۱۲ ایستگاه و تعیین صحت داده‌ها با آزمون غیر فراسنجی من-کندال دریافتند که در اکثر ایستگاه‌های مطالعه شد روند دما با شدت‌های مختلف افزایشی است.

۲- تغییرات بیشینه و کمینه دمای مطلق سالانه

جدول ۲ مشخصات آماری بیشینه‌ی دمای مطلق سالانه را نشان می‌دهد. همان طور که در این جدول ملاحظه می‌شود، بیشینه‌ی دمای بیشینه ۳۵/۸ و کمینه آن ۳۱ درجه‌ی سانتی‌گراد، و تغییرات آن در فاصله‌ی آماری بحث شده نسبت به سال مبنا ۱۳۷۲ تا ۴ درجه (۱۲/۹ درصد) افزایش را نشان می‌دهد. شکل ۳ تغییرات بیشینه‌ی دمای مطلق سالانه را در فاصله‌ی زمانی سال ۱۳۶۶ تا ۱۹۹۲ نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، دمای بیشینه‌ی مطلق سیر صعودی داشته و میانگین ۱۰ سال اخیر آن نسبت به میانگین سال‌های گذشته ۰/۴ درجه سانتی‌گراد بیشتر است. بدیهی است که این افزایش دمای بیشینه نه تنها در افزایش تبخیر و کاهش ریزش نزولات

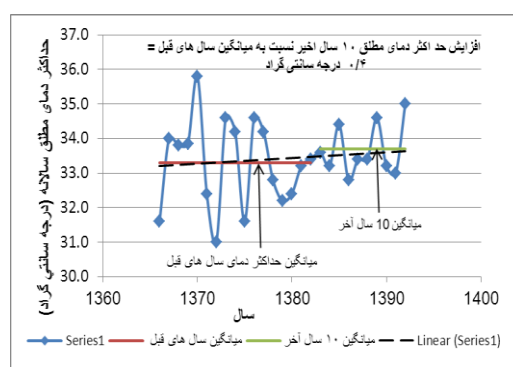
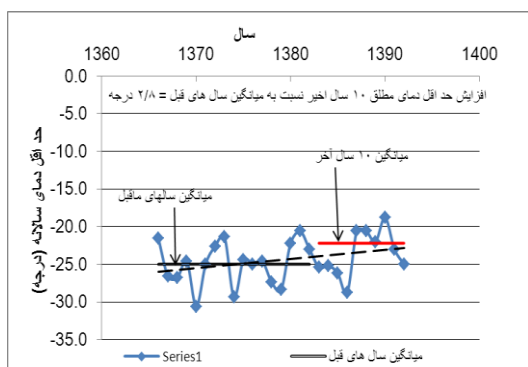
جدول ۱- مشخصات آماری میانگین دمای سالانه

| فاکتورها | میانگین دما سالانه (C°) | سال |
|----------------------|-------------------------|------------------|
| بیشینه | ۱۰/۶ | ۱۳۸۹ |
| حداقل | ۷/۸ | ۱۳۷۱ |
| میانگین ۱۰ سال گذشته | ۱۰/۸ | ۱۳۸۳-۹۲ |
| میانگین سال‌های قبل | ۹/۳ | ۱۳۶۶-۸۲ |
| انحراف معیار | ۰/۷۳ | ---- |
| مقدار تغییرات | ۲/۸-۰/۱ | نسبت به سال ۱۳۸۹ |
| درصد تغییرات* | ۱۳ (C° ۱/۵) | |

جدول ۲- مشخصات آماری بیشینه‌ی دمای سالانه

| فاکتورها | بیشینه دما (C°) | سال |
|----------------------|-----------------|------------------|
| بیشینه | ۳۵/۸ | ۱۳۶۶ |
| حد اقل | ۳۱ | ۱۳۷۲ |
| میانگین ۱۰ سال گذشته | ۳۳/۷ | ۹۲-۱۳۸۳ |
| میانگین سال‌های قبل | ۳۳/۳ | ۸۲-۱۳۶۶ |
| انحراف معیار | ۱/۱ | |
| مقدار تغییرات | ۴/۸-۰/۸ | نسبت به سال ۱۳۶۶ |
| درصد تغییرات* | ۱/۲ (C° ۰/۴) | |

* تفاوت میانگین ۱۰ سال اخیر نسبت به میانگین سال‌های قبل



شکل ۴- تغییرات کمینه دمای مطلق سالانه در فاصله زمانی سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲

شکل ۳- تغییرات بیشینه دمای مطلق سالانه در فاصله زمانی سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲

طول سال های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲ نسبت به سال مبنا (۱۳۶۶) در محدوده ۱/۳ تا ۶۶ درصد است. از طرفی، همان طور که در شکل ۵ ملاحظه می شود، مقدار بارش سالانه طی سال های آماری سیر نزولی داشته و میانگین ۱۰ سال آخر مقدار باران سالانه نسبت به سال های ماقبل آن به میزان ۱۱ درصد (۱۵۵/۴ میلی متر) کاهش نشان می دهد. بررسی روند کاهش به وسیله آزمون من-کندال نیز این کاهش را با آماری ۱/۶۷- تأیید می کند. بر این اساس داده های بارندگی در سطح اطمینان ۹۰ درصد روند نزولی را نشان می دهند. این کاهش قابل توجه مقدار بارش سالانه، حاکی از تداوم خشکسالی است که موجب کاهش رواناب های سطحی و کاهش آورد در طول ۲۳ سال آماری منظور نظر شده است. شیب خط روند تخمینگر سن برای داده های بارندگی برابر با ۱۵/۶- است، که این عدد نشان دهنده روند نزولی در داده های بارندگی است. فرض صفر در این آزمون مردود است و نشان از معنی داری بودن روند داده

بیشینه دمای ۲۰ سال را ارزیابی کردند. نتیجه ارزیابی آنها نشان داد که در مناطق گرمسیری و نیمه-گرمسیری، نرخ افزایش دمای بیشینه از نرخ افزایش دمای کمینه بیشتر است. اسلام و همکاران (۲۰۰۹)، داده های ۳۰ سال آماری هواشناسی (۱۹۹۰-۱۹۶۱) را ارزیابی کردند. نتیجه بررسی آنها نشان داد که افزایش کمینه دمای روزانه در فصل تابستان بیشتر از افزایش بیشینه دما است؛ در حالی که در زمستان تغییر در بیشینه دما بیشتر است.

۳- تغییرات مقدار بارندگی سالانه

مشخصات آماری مقدار بارش سالانه در جدول ۴ قابل ملاحظه است. همان طور که در این جدول ملاحظه می شود، اوج بارش سالانه (۲۱۷۳/۹ میلی متر) در سال های آماری، مربوط به سال ۱۳۶۶ و کمینه آن مربوط به سال ۱۳۸۷ است. علاوه بر آن، میزان کاهش مقدار بارش سالانه در

جدول ۴- مشخصات آماری مقدار بارش سالانه

| سال | مقدار بارش (mm) | فاکتورها |
|------------------|-----------------|----------------------|
| ۱۳۶۶ | ۲۱۷۴ | بیشینه |
| ۱۳۸۷ | ۷۳۳/۲ | حد اقل |
| ۱۳۸۳-۹۲ | ۱۲۶۹ | میانگین ۱۰ سال گذشته |
| ۱۳۶۶-۸۲ | ۱۴۲۴/۲ | میانگین سال های قبل |
| --- | ۳۷۴ | انحراف معیار |
| نسبت به سال ۱۳۶۶ | -۲۷/۴ | مقدار تغییرات |
| سال ۱۳۶۶ | ۱۴۴۰/۷ | |
| | (۱۵۵/۴ mm)۱۰/۹ | درصد تغییرات* |

جدول ۳- مشخصات آماری کمینه دمای سالانه

| سال | کمینه دما (C°) | فاکتورها |
|------------------|----------------|----------------------|
| ۱۳۹۰ | -۱۸/۸ | بیشینه |
| ۱۳۷۰ | -۳۰/۶ | حد اقل |
| ۱۳۸۳-۹۲ | -۲۲/۲ | میانگین ۱۰ سال گذشته |
| ۱۳۶۶-۸۲ | -۲۵ | میانگین سال های قبل |
| ----- | ۳ | انحراف معیار |
| نسبت به سال ۱۳۷۰ | ۱۱/۸-۱/۲ | مقدار تغییرات |
| | (۲/۸ C°)۱۱/۲ | درصد تغییرات* |

* تفاوت میانگین ۱۰ سال اخیر نسبت به میانگین سال های قبل

* تفاوت میانگین ۱۰ سال اخیر نسبت به میانگین سال های قبل

روند را تأیید نکرد. لذا، بر اساس این آزمون، داده‌های بیشینه شدت بارش ۲۴ ساعته دارای روند معنی‌داری نیستند. بر اساس گزارش کتیرایی بروجردی و همکاران (۱۳۸۴)، در اغلب ایستگاه‌های مطالعه شده در سطح ایران، روند شدت بارش روزانه و فصلی (به ویژه فصل بهار) در اکثر ایستگاه‌ها کاهش یافته است.

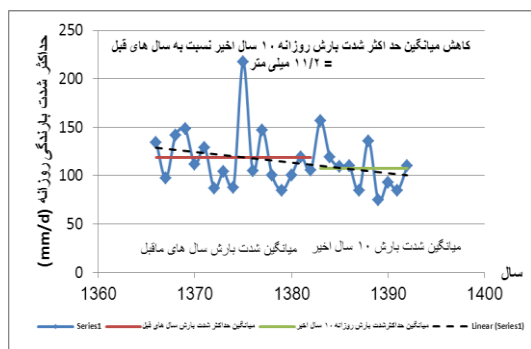
۵- تغییرات تعداد روزهای بارش سالانه

جدول ۶ مشخصات آماری تعداد روزهای بارش سالانه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌شود، بیشینه‌ی روزهای بارش مربوط به سال ۱۹۹۲ و کمینه‌ی آن مربوط به سال ۲۰۱۰ است. علاوه بر آن، تغییرات تعداد روزهای بارش نسبت به سال مبنا (۱۹۹۲)، ۱۲ تا ۴۴/۱ درصد کاهش را نشان می‌دهد. شکل ۷ تغییرات روزهای بارش را در فاصله‌ی زمانی سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰ نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، تعداد روزهای بارش سیر نزولی داشته و میانگین ۱۰ سال آخر روزهای بارش نسبت به میانگین سال‌های ماقبل آن به میزان ۵/۷ درصد کاهش را نشان می‌دهد. کاهش تعداد روزهای بارش حاکی از افزایش تعداد روزهای خشک در سال‌های آماری، تغییر اقلیم و حرکت به سمت خشکسالی است که تأثیر قابل توجهی را بر کاهش بده خواهد داشت. بررسی تعداد روزهای بارانی به وسیله آزمون من-کندال، که آماره‌ی آزمون برای داده‌های آن برابر ۰/۷۹- است، روند معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. آزمون تخمینگر سن برای داده‌های تعداد روزهای بارانی بررسی شد و شیب خط روند برابر ۰/۳۳- به دست آمد. این آزمون در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر خلاف آزمون من-کندال وجود روند نزولی را در داده‌ها نشان می‌دهد. ولی کتیرایی

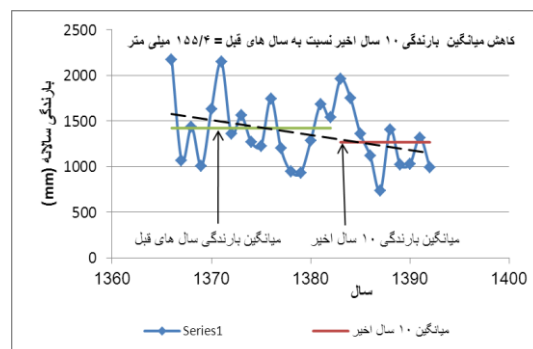
های بارندگی دارد. در این راستا کتیرایی بروجردی و همکاران (۱۳۸۴)، طی تحقیقات خود نشان دادند که در وقوع بارش کل سالانه در ایستگاه‌های مختلف در ایران، برخی روندها افزایشی و برخی کاهش یافته است، ولی طبق گزارش سازمان هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری (۱۳۸۹)، کل بارش سال ۹۰-۱۳۸۹ کوه‌رنگ نسبت به میانگین کل ۴۴ درصد کاهش داشته است.

۴- تغییرات بیشینه‌ی شدت بارش ۲۴ ساعته

مشخصات آماری بیشینه‌ی شدت بارش ۲۴ ساعته در سال در جدول ۵ قابل ملاحظه است. همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌شود، اوج بیشینه‌ی شدت بارش ۲۴ ساعته (۲۱۷ میلی‌متر در روز) در سال‌های آماری، مربوط به سال ۱۳۷۵، و کمینه‌ی آن (۷۴/۶ میلی‌متر در روز) مربوط به سال ۱۳۸۹ است. علاوه بر آن، میزان کاهش بیشینه‌ی بارش سالانه در طول سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲ نسبت به سال مبنا (۱۳۷۵) در محدوده‌ی ۲۸ تا ۶۶ درصد است. علاوه بر آن، شکل ۶ نشان می‌دهد که بیشینه‌ی شدت بارش ۲۴ ساعته طی سال‌های آماری سیر نزولی دارد و میانگین ۱۰ سال آخر شدت بارش ۲۴ ساعته نسبت به سال‌های ماقبل آن به میزان ۱۱/۲ میلی‌متر یعنی ۹/۴ درصد کاهش را نشان می‌دهد. این کاهش قابل توجه بیشینه‌ی شدت بارش ۲۴ ساعته موجب کاهش رواناب‌های سطحی و کاهش آورد در طول ۲۶ سال آماری یاد شده است. آماره آزمون من-کندال در این حالت برابر با ۱/۳۵- است. بر این اساس، هر چند بیشینه‌ی شدت بارش ۲۴ ساعته طی دوره‌ی آماری بررسی شده کاهش داشته است، اما این کاهش معنی‌دار نیست. شیب خط روند در این بخش ۰/۹۸- به دست آمد و آزمون تخمین سن معنی‌داری



شکل ۶- تغییرات بیشینه‌ی شدت بارش ۲۴ ساعته در فاصله‌ی زمانی سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲



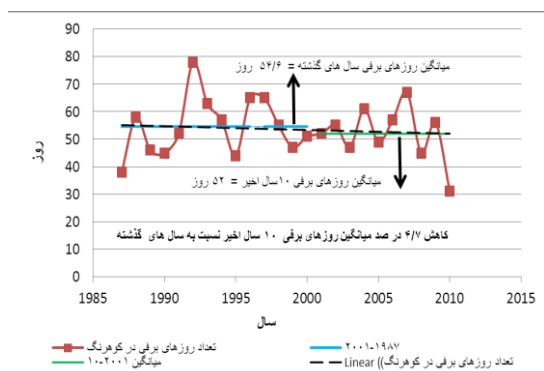
شکل ۵- تغییرات مقدار بارش سالانه در فاصله‌ی زمانی سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲

جدول ۶- مشخصات آماری تعداد روزهای بارش سالانه

| سال | تعداد روزهای بارش (روز) | فاکتورها |
|-------------|-------------------------|----------------------|
| ۱۳۷۱ | ۱۱۸ | بیشینه |
| ۱۳۸۹ | ۶۶ | حد اقل |
| ۱۳۸۹-۱۳۸۰ | ۸۵/۱ | میانگین ۱۰ سال گذشته |
| ۱۳۷۹-۱۳۶۶ | ۹۰/۳ | میانگین سالهای قبل |
| ----- | ۱۲/۲ | انحراف معیار |
| نسبت به سال | ۵۲-۱۴ | مقدار تغییرات |
| ۱۳۷۱ | | |
| | ۵/۷ (۵/۲ روز) | درصد تغییرات |

*تفاوت میانگین ۱۰ سال اخیر نسبت به میانگین سالهای قبل

سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰ نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، تعداد روزهای برفی سیر نزولی دارد و میانگین ۱۰ سال آخر روزهای برفی نسبت به سالهای ماقبل آن به میزان ۴/۷ درصد کاهش نشان می‌دهد. به عبارتی، کاهش تعداد روزهای برفی حاکی از گرم شدن نسبی هوا و تغییر جنس بارش از برف به باران است که خود می‌تواند تأثیر قابل توجهی را بر کاهش تداوم رواناب-های سطحی، افزایش بده لحظه‌ای در سرشاخه‌های رودخانه کارون و کاهش تغذیه‌ی سفره‌های آب زیر زمینی داشته باشد. آماره‌ی آزمون من-کندال در این حالت برابر با ۰/۰۳- برآورد گردید. این عدد هیچ روند معنی داری در این آمار از خود نشان نمی‌دهد. آزمون تخمینگر سن نیز همچون آزمون من-کندال روند معنی داری را در تعداد روزهای برفی نشان نمی‌دهد. البته کتیرایی بروجردی و



شکل ۸- تغییرات روزهای برفی در فاصله‌ی زمانی سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰

جدول ۵- مشخصات آماری بیشینه‌ی شدت بارش ۲۴ ساعته

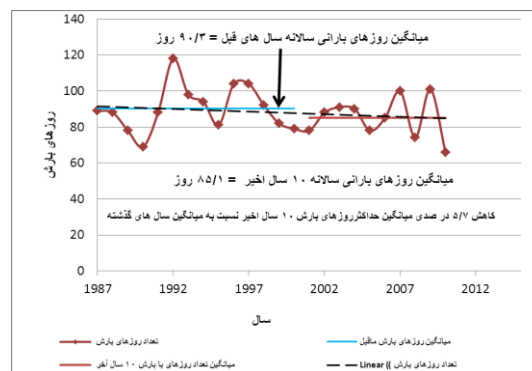
| سال | شدت بارش (mm/d) | فاکتورها |
|------------------|-----------------|----------------------|
| ۱۳۷۵ | ۲۱۷ | بیشینه |
| ۱۳۸۹ | ۷۴/۶ | حد اقل |
| ۱۳۸۳-۹۲ | ۱۰۷/۶ | میانگین ۱۰ سال گذشته |
| ۱۳۶۶-۸۲ | ۱۱۸/۸ | میانگین سالهای قبل |
| ----- | ۳۰/۱ | انحراف معیار |
| نسبت به سال ۱۳۷۵ | ۱۴۲/۴-۶۹ | مقدار تغییرات |
| | ۹/۴ (۱۱/۲ mm/d) | درصد تغییرات |

*تفاوت میانگین ۱۰ سال اخیر نسبت به میانگین سالهای قبل

بروجردی و همکاران (۱۳۸۴)، در اغلب ایستگاه‌های مطالعه شده، روند تعداد روزهای بارانی سالانه را افزایشی و معنی‌دار گزارش داده‌اند.

۶- تغییرات تعداد روزهای برفی سالانه

جدول ۷ مشخصات آماری تعداد روزهای برفی سالانه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌شود، بیشینه‌ی روزهای برفی مربوط به سال ۱۹۹۲ و کمینه آن مربوط به سال ۲۰۱۰ است. علاوه بر آن، کاهش تعداد روزهای برفی نسبت به سال مینا ۱۹۹۲ (۱۳۷۱ شمسی) که بالغ بر ۷۸ روز است، در محدوده‌ی ۱۴/۱ درصد (سال ۲۰۰۷) تا ۶۰/۳ درصد (سال ۲۰۱۰) است. شکل ۸ تغییرات روزهای برفی را در فاصله‌ی زمانی



شکل ۷- تغییرات روزهای بارش در فاصله‌ی زمانی سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰

سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان دهنده‌ی روند کاهش داده‌های بده است. این کاهش بده ناشی از کاهش بارندگی (۱۱ درصد)، افزایش تبخیر-تعرق و احیاناً ناشی از برداشت در بالا دست است. در این راستا هاشمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز طی تحقیقی برای داده‌های آورد ایستگاه‌های آب‌سنجی حوضه آبخیز شمالی کارون نشان دادند که خشکسالی آب‌شناسی رو به افزایش است. پری و همکاران (۲۰۰۷) نیز پیش‌بینی کردند که در اواسط قرن جاری، متوسط رواناب سالانه در طول‌های جغرافیایی بالا ۱۰ تا ۴۰ درصد و مناطق استوایی (گرمسیری) مرطوب به میزان ۱۰ تا ۳۰ درصد و در مناطق خشک و طول‌های جغرافیایی میانی و مناطق استوایی خشک کاهش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، متوسط ده سال آخر داده‌های هشت متغیر اقلیمی شامل، اندازه‌ی بارش سالانه، میزان بیشینه‌ی شدت بارش روزانه، میانگین دمای سالانه، بیشینه و کمینه‌ی دمای سالانه ایستگاه کوه‌رنگ، شمار روزهای برفی، تعداد روزهای بارانی و متوسط بده روزانه ده سال آخر در ایستگاه کاج، نسبت به متوسط سال‌های گذشته با استفاده از آماره‌های آزمون من-کندال و تخمینگر سن تجزیه و تحلیل شدند. بر اساس داده‌های موجود و بررسی‌های انجام شده میانگین، بیشینه و کمینه‌ی دمای سالانه به ترتیب به میزان ۱/۵، ۰/۴ و ۲/۸ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهند. آماره‌های فوق در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهند که داده‌های میانگین دمای

جدول ۸- مشخصات آماری میانگین بده سالانه در

ایستگاه دزک

| سال | میانگین بده سالانه (m ³ /s) | فاکتورها |
|-------------|----------------------------------------|----------------------|
| ۱۳۵۵ | ۴۸ | بیشینه |
| ۱۳۸۷ | ۱۰/۴ | حد اقل |
| ۹۰-۱۳۸۱ | ۲۰/۴ | میانگین ۱۰ سال گذشته |
| ۸۲-۱۳۵۵ | ۲۵/۴ | میانگین سال‌های قبل |
| | ۸/۶ | انحراف معیار |
| | ۷۸/۴-۳/۳ | مقدار تغییرات |
| نسبت به سال | | |
| ۱۳۸۶ | | |
| | ۱۹/۷ | درصد تغییرات |

همکاران (۱۳۸۴) طی تحقیقات خود در دوره‌ی آماری ۲۰۰۱-۱۹۶۰ نشان دادند که افزایش دما موجب تغییر بیشتر جنس بارش از برف به باران شده و این مسئله بر ذخیره برفی و تأمین آب اثر خواهد گذاشت. بل و همکاران (۲۰۱۶)، تأثیر بالقوه‌ی تغییرات اقلیم را در دو مقطع زمانی ۱۹۹۰-۱۹۶۰ و ۲۰۶۹-۲۰۹۹ در بریتانیا بررسی کردند. نتیجه تحقیقات آنها نشان داد که تعداد روزهای برفی در فاصله‌ی زمانی فوق به مقدار قابل‌زیادی کاهش یافته است.

۷- تغییرات آورد رودخانه کوه‌رنگ

جدول ۸ مشخصات آماری میانگین بده سالانه را در ایستگاه کاج نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، بیشینه‌ی میانگین بده سالانه (۴۸ متر مکعب بر ثانیه) مربوط به سال ۱۳۵۵ و کمینه‌ی آن (۱۰/۳۵ متر مکعب بر ثانیه) مربوط به سال ۱۳۸۰ است. علاوه بر آن، کاهش میانگین بده سالانه طی سال‌های آماری نسبت به سال مبناء، ۱۳۵۵ معادل ۳/۳ تا ۷۸/۴ متر مکعب در ثانیه است. شکل ۹ نیز تغییرات میانگین بده سالانه را در ایستگاه کاج در فاصله‌ی زمانی سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۰ نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، میانگین بده سالانه در طول سال‌های آماری روند نزولی داشته و نسبت کاهش میانگین بده سالانه در ۱۰ سال اخیر نسبت به سال‌های ماقبل ۱۹/۷ درصد است. آماره‌ی آزمون من-کندال برای داده‌های بازسازی شده بده ایستگاه کاج برابر با ۲/۸- و در ایستگاه دزک‌آباد برابر با ۲/۷- به دست آمد. ملاحظه می‌شود که آماره‌ی آزمون در

جدول ۷- مشخصات آماری شمار روزهای برفی سالانه

| سال | تعداد روزهای برفی | فاکتورها |
|-------------|-------------------|----------------------|
| ۱۳۷۱ | ۷۸ | بیشینه |
| ۱۳۸۹ | ۳۱ | حد اقل |
| ۱۳۸۹-۱۳۸۰ | ۵۲ | میانگین ۱۰ سال گذشته |
| ۱۳۸۰-۱۳۶۶ | ۵۴/۶ | میانگین سال‌های قبل |
| | ۱۰/۲ | انحراف معیار |
| نسبت به سال | ۴۷-۱۱ | مقدار تغییرات |
| ۱۳۷۱ | | |
| | ۴,۷ | درصد تغییرات |

* تفاوت میانگین ۱۰ سال اخیر نسبت به میانگین سال‌های قبل

and monthly data.
<http://www.chaharmahalmet.ir/>

7) I.R. of IRAN Meteorological Organization. Chaharmahal Va Bakhtiari Meteorological Headquarter., 2010. Analysis of the Drought of 2010-2011 in Chaharmahal and Bakhtiari Province, Report of the Applied Meteorology Research Center.

8) Islam, S., Rehman, N. and Sheikh, MM. 2009. Future change in the frequency of warm and cold spells over Pakistan simulated by the PRECIS regional climate model, 94(1), 35–45.

9) Javari, M. 2001. Temporal changes in temperature and precipitation in Iran (PhD thesis). Tehran University.

10) Katiraei Brojerdi, P.S., Hajjam S., Irannejad P. and Yosefi, N. 2007. Investigation of long-term changes in rainfall and rainy days in the west and northwest of Iran. The twelfth Geophysics Conference, Geology Organization, Tehran. (In Farsi)

11) Kendall, M.G. 1975. Rank correlation methods. Griffin, London, UK.

12) Kharin, V.V., Zwiers, F.W., Zhang, X. and Wehner, M. 2013. Changes in temperature and precipitation extremes in the CMIP5 ensemble. Climatic Change: 119(2): 345–357.

13) Lettenmaier, D.P., Wood, E.F. and Wallis J.R. 1994. Hydro-climatological trends in the continental United States 1948-88. Journal of Climate. 7:586-607.

14) Mann, H.B. 1945. Nonparametric tests against trend. Econometrica. 13: 245–259.

15) Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R. and Meyer, LA. 2007. Climate change 2007d: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC AR4 WG3). Cambridge University Press, UK.

16) Onoz, B. and Bayazit, M. 2012. The power of statistical tests for trend detection. Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences. 27: 247 – 251.

سالانه نسبت به میانگین سال‌های قبل افزایش داشته‌اند؛ ولی بیشینه و کمینه دمای سالانه روند معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. علاوه بر آن، مقدار کل بارش سالانه، تعداد روزهای بارانی سال، بیشینه‌ی شدت بارش روزانه و شمار روزهای برفی سال به ترتیب به مقدار ۱۱ (۱۵۵/۴) میلی-متر در سال، ۵/۷، ۹/۴ و ۴/۷ درصد کاهش را نشان می‌دهند. هر چند، بیشینه‌ی شدت بارش روزانه، تعداد روزهای بارانی و تعداد روزهای برفی طی دوره‌ی آماری روند کاهشی داشته‌اند، ولی آزمون‌های آماری فوق این روند را معنی‌دار نشان نمی‌دهند. آزمون‌های آماری یاد شده روند نزولی بارندگی سالانه و روند کاهشی داده‌های بده را در ایستگاه کاج به میزان ۱۹/۷ درصد تأیید می‌کند.

منابع

1) Abu-Taleb, A.A., Alawneh, A.J. and Smadi, M. 2007. Statistical analysis of recent changes in relative humidity in Jordan. American Journal of Environmental Sciences. 3(2): 75-77.

2) Azizi, Gh., Karimi Ahmadabad. M. and Sabokkhiz Z. 2005. The temperature trend of Iran in recent decades and the increase in CO₂, Journal of Geographic Sciences, Tarbiat Moallem University. 4(5): 53-43. (In Farsi)

3) Bell, V.A., Kay, A.L., Davies, H. N. and Jones, R.G. 2016. An assessment of the possible impacts of climate change on snow and peak river flows across Britain. Climatic Change. 136(3): 539–553.

4) EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2011. Climate Change Handbook for Regional Water Planning. Washington, DC, U.S. Environmental Protection Agency, Climate Ready Estuaries Program. EPA 430-F-08-024.

5) Hashemi, S.A., fatahi, R. and Abdollahi S. 2014. Drought Trend Assessment by Means of Nonparametric Man-Kendall test (case study: northern Karun river basin). Second National Conference On Water Crisis, Shahrekord. Shahrekord University. p 326.

6) I.R. of IRAN Meteorological Organization. Chaharmahal Va Bakhtiari Meteorological Headquarter., 2014. Daily

Trend Analysis of Reference Evapotranspiration in the Western half of Iran. *Agricultural and Forest Meteorology*. 151: 128-136.

24) The nature conservancy, 2015. The science of climate change is complex, but everyone should know the basics.

25) Theil, H. 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. I, II, III, *Nederl. Akad. Wetensch., Proc.* 53: 386–392.

26) Woolway, I., Marszelewski, C.W., Schmid M., Bouffard D. and Merchant C.J. 2017. Warming of Central European lakes and their response to the 1980s climate regime shift. *Climatic Change*. 142(3): 505–520.

17) Pachauri, R.K. and Reisinger, A. 2007. Climate change: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth, Core Writing Team, Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC AR4 SYR), IPCC, ISBN92-9169-122-4.

18) Parry, M.L., Canzianim O.F., Palutikof, JP., Van Der Linden, PJ., and Hanson, C.E. 2007. Climate Change 2007c: Impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC AR4 WG2), Cambridge University Press, ISBN978-0-521-88010-7 (pb: 978-0-521-70597-4).

19) Partal, T., and Kahya, E. 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*. 20: 2011-2026.

20) Sen, P.K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, v. 39, p. 1379 – 1389

21) Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis M., Averyt KB., Tignor M. and Miller, H.L. 2007. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge: Cambridge University Press. UK.

22) Sorribas, M.V., Paiva, RCD., Melack, J.M., Bravo, JM., Jones, C., Carvalho, L., Beighley, E., Forsberg, B. and Costa, M.H. 2016. Projections of climate change effects on discharge and inundation in the Amazon basin. *Climatic Change*. 136(3): 555–570.

23) Tabari, H., Marofi, S., Aeini, A., Talaei, P.H. and Mohammadi, K. 2011.