



شماره ۱۱۹، تابستان ۱۳۹۷

پژوهش‌های آب‌نخرداری

(پژوهش و سازندگی)

ارزیابی ارتباط روند برخی از عوامل آب‌وهوایی بر رواناب سطحی در حوزه‌های آبخیز سواحل جنوبی ایران

مه‌دی مرادی

کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

ام‌البنین بذرافشان*

(نویسنده‌ی مسئول)* استادیار، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

عبدالرضا بهره‌مند

دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

یحیی اسماعیل‌پور

استادیار، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۷

* Corresponding Email: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

چکیده

تغییرات اقلیم که به تغییر در چرخه‌ی آب‌شناسی انجامیده است، بر منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی تأثیر می‌گذارد. مؤثرترین روش برای درک بهتر تغییرات آب‌شناسی متأثر از تغییر اقلیم، تحلیل روند گروه‌های زمانی آب‌شناسی جریان رودهاست. در این پژوهش، روند عامل‌های آب‌دهی جریان رودها، دماهای کمینه و بیشینه، تبخیر، مقدار بارش، شدت و تداوم بارش، به‌صورت فصلی و سالانه و به تفکیک هر زیرحوزه بررسی شد. در این تحقیق، از روش‌های آمار پارامتری (تحلیل رگرسیون) و ناپارامتری شامل اسپیرمن، من-کندال و من-کندال اصلاح‌شده، در دو مقیاس زمانی سالانه و فصلی استفاده شد. طول دوره‌ی آماری ۳۱ سال، از سال آبی ۱۳۶۲-۱۳۶۱ تا سال ۹۳-۱۳۹۲ بود و تعداد ۲۲ زیرحوزه، براساس تفکیک حوزه‌ی آبخیز درجه‌ی ۳ وزارت نیرو، در حوزه‌های آبخیز سواحل جنوبی خلیج فارس و دریای عمان برگزیده شدند. نتایج نشان داد که در بیش از ۵۰٪ از ایستگاه‌ها، رواناب روند کاهشی دارد. این کاهش عمدتاً در ایستگاه‌های بخش مرکزی، حوزه‌ی آبخیز بندر-سدیج و کل-مهران دیده می‌شود. در مقابل، در بیش از ۹۰٪ از ایستگاه‌ها، روند شدت بارش افزایشی و مدت بارش کاهشی است. دما نیز روند افزایشی، و تبخیر روند کاهشی دارد. بنابراین، یکی از عوامل تأثیرگذار بر آب‌دهی جریان تغییر الگوی بارش، یعنی کاهش تداوم بارش و افزایش شدت آن است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل روند، شدت و مدت بارش، حوزه‌های آبخیز جنوبی، رواناب

Assessment of the Relations Between the Trends of Climatic Factors and River Flow in Southern Coastal Watersheds, Iran

Mehdi Moradi

M.Sc. Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

Ommolbanin Bazrafshan*

(Corresponding Author)* Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

Abdolreza Bahremand

Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Yahya Esmael Pour

Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

Abstract

Climate change will lead to an intensification of the global hydrological cycle and can have major impacts on regional water resources, affecting both ground and surface water supplies. A better understanding of hydrological changes associated with climate change can be achieved by analyzing the temporal trends in river discharge time series. We used the parametric test (regression analysis) and non-parametric Spearman's rho, Mann- Kendall and TFPW Mann- Kendall approaches to evaluate annual and seasonal trends in river flow data from 22 sub basins (based on the classification of the Ministry of Power) located in the southern regions of Iran over a 31-year period spanning the hydrological years 1981–1982 to 2001–2013. The data used include pan evaporation, discharge, minimum and maximum air temperatures, depth, intensity and duration of rainfall at each sub basin. Results showed that in more than 50% of the hydrometric stations, runoff had a decreasing trend. This trend was apparent in the central watershed consisting of Bandar-Sedij and Kol-Mehran sub basins. Conversely, more than 90% of the stations, duration and intensity rainfall had decreasing and increasing trends, respectively. Furthermore, minimum and maximum air temperature trend had an increasing while evaporation had a decreasing trend. In conclusion, factors influencing the declining discharge trend can be changed by changing the rainfall pattern, decreasing the rainfall duration and increasing its intensity.

Keywords: trend analysis, duration and intensity of rainfall, southern coastal watersheds, runoff

مقدمه

کمبود و تأمین آب، از چالش‌های قرن حاضر است و در آینده نیز یکی از مشکلات عمده‌ی خواهد بود. افزایش جمعیت، رشد روزافزون فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی و گسترش بی‌رویه‌ی شهرها، به آلودگی منابع آب و ایجاد بحران‌های منطقه‌ای ناشی از توزیع ناهمگون منابع و مصارف در بسیاری از نقاط جهان منجر شده است. این بحران‌ها در کنار تغییرات جوی و نزدیک شدن به انتهای منابع آب تجدیدناپذیر، بیش‌ازپیش مسئله‌ی مدیریت یکپارچه و جامع آب و استفاده‌ی بهینه از آن را به‌عنوان یک منبع انرژی پایدار مطرح کرده است (ترابی‌پوده و امام‌قلی‌زاده ۲۰۱۵). وجود روند در گروه‌های آب و هواشناسی ممکن است ناشی از تغییرات طبیعی، مانند خشکسالی یا فعالیت‌های انسانی مثل گازهای گلخانه‌ای باشد. بروز روند در عناصر اقلیمی هر ناحیه‌ای امری عادی است؛ اما تداوم آن در سال‌های بعد می‌تواند اثرات بارزتری را بر مؤلفه‌های تولیدی و اقتصادی اجتماعی داشته باشد (کوچکی و همکاران ۱۹۹۸؛ عزیز ۲۰۰۴).

در تأثیر تغییر ویژگی‌های اقلیمی بر رواناب، محققان، پژوهش‌های متنوعی را در ایران و جهان انجام داده‌اند. هدایتی دزفولی (۲۰۰۳) با در نظر گرفتن چهار آستانه‌ی بارش ۰/۱، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر، با کاربرد روش من-کندال در استان تهران، به این نتیجه رسید که هرچه آستانه‌ی بارش افزایش یابد، مقادیر تاریخ شروع بارش نیز به‌نسبت زیاد خواهد بود، و در یک احتمال ثابت، تاریخ شروع بارش با آستانه‌ی شروع بارش بزرگ‌تر افزایش خواهد یافت. گاربیجت و ون لیو (۲۰۰۴) در بررسی روند بارندگی، جریان سیلابی و تبخیر-تعرق در آمریکا نشان دادند که افزایش بارندگی در دو دهه‌ی اخیر اثر شایان توجهی بر افزایش میزان جریان سیل داشته، که به‌نوبه‌ی خود باعث افزایش میزان تبخیر-تعرق شده است. رضایی و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری نشان دادند که در این مناطق اثری از تغییر اقلیم در دوره‌ی بررسی شده وجود ندارد. هرچند که برخی ایستگاه‌ها با کاهش بارندگی و تعدادی دیگر با افزایش روبه‌رو بوده‌اند، اما میزان بارش در بیشتر ایستگاه‌ها تغییر خاصی را نشان نمی‌دهد. سو و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی روند دما و بارش فرین با استفاده از آزمون روند من-کندال و رگرسیون خطی در دو حوزه‌ی آبخیز در شمال فرانسه نشان دادند که روند بارش تابستانی در دو حوزه معنی‌دار بوده است. شدت بارش‌ها در بخش‌های میانی و پایین‌دست روند افزایشی داشته است که این خود موجب افزایش روند مثبت بارش تابستانی شده است. اودکونل (۲۰۰۶)، به تعیین شروع و خاتمه‌ی بارش (زمان تداوم بارش) با تأکید بر روزهای بارانی طی دوره‌ی آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۰ در نیجریه پرداخت. نتایج نشان داد که تعداد روزهای بارانی، تاریخ‌های واقع‌بینانه‌تری را برای مدت بارش نسبت به مقدار بارش ارائه می‌دهد. فیداس و همکاران (۲۰۰۷) در تحلیل روند بارش در یونان، طی دوره‌ی آماری ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۱ با استفاده از روش من-کندال، روندی کاهشی را اثبات کردند. کتیرایی و همکاران (۲۰۰۷) روند بارش ایران را طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ در ۳۸ ایستگاه با استفاده از روش من-کندال بررسی کردند. مطالعه‌ی آن‌ها نشان

داد که ایستگاه‌های منطقه‌ی غرب و شمال‌غرب، روند کاهشی بارش سالانه و بیشتر ایستگاه‌های واقع در نواحی جنوبی و مرکزی ایران، روند افزایشی دارند. مسیح و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی ارتباط اقلیم و روند جریان پنج ایستگاه رود کرخه در ایران پرداختند. آن‌ها نشان دادند که در تعدادی از ماه‌ها، مثل دسامبر، روند افزایشی و در تعدادی دیگر، مثل ماه می، روند کاهشی را تجربه کرده‌اند. آن‌ها اغلب این روندها را به تغییرات بارش نسبت دادند. فتحیان و مرید (۲۰۱۲)، روند تغییرات بارش، دما و آب‌دهی را با استفاده از چهار آزمون ناپارامتری تحلیل روند، در تعدادی از ایستگاه‌های حوزه‌ی آبخیز دریایچه‌ی ارومیه بررسی کردند. نتایج نشان داد که دما و آب‌دهی به‌ترتیب در سطح حوزه، دارای روند غالب افزایشی و کاهشی بوده است، اما بارش عمدتاً روند ندارد. قهرمان و همکاران (۲۰۱۲)، به مطالعه‌ی روند تغییرات تبخیر از تشت، در گستره‌ی اقلیمی ایران با کمک آزمون‌های من-کندال، اسپیرمن و پیرسون پرداختند. نتایج نشان داد که برخلاف افزایش دما در بیشتر مناطق، کاهش تبخیر از تشت یا پدیده‌ی تناقض تبخیر در ایران نیز اتفاق افتاده است. چن و همکاران (۲۰۱۴) روند تغییرات بارش، دما و رواناب حوزه‌ی آبخیز یانگ‌تسه چین را طی دوره‌ی آماری ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۹ با استفاده از روش من-کندال بررسی کردند. آن‌ها در مطالعه‌ی خود نشان دادند که میانگین دما روندی افزایشی داشته است. بارش هیچ تغییر معنی‌داری را تجربه نکرده و رواناب روندی افزایشی داشته است. ترابی‌پوده و امام‌قلی‌زاده (۲۰۱۵)، روند تغییرات آب‌دهی رودهای شمال در حوزه‌ی درزا را با استفاده از روش من-کندال پیش‌سفيد شده‌ی بی‌روند پرداختند. نتایج بیانگر آن است که در مقیاس سالانه، روند تغییرات آب‌دهی در بیش از ۷۰٪ از ایستگاه‌ها نزولی است. سان و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی روند آب‌اقلیمی حوزه‌ی آبخیز شهری در فرانسه پرداختند. روندی در عامل‌های اقلیمی مشاهده نشد؛ درحالی‌که روند رواناب رو به افزایش است که قطعاً به‌دلیل کاهش نفوذپذیری با توسعه‌ی روند شهرنشینی محلی است. مینایی و ایران‌نژاد (۲۰۱۸) در بررسی تأثیر روند متغیرهای اقلیمی بر رواناب در حوزه‌ی آبخیز شمال کشور با استفاده از روش TFPW^۱ در دوره‌ی آماری ۱۹۵۳ تا ۲۰۱۳ گزارش دادند، ۴۰٪ ایستگاه‌های آب‌سنجی روند رواناب کاهشی دارند؛ درحالی‌که بارش و دما روند افزایشی داشته‌اند.

مرور منابع مختلف نشان می‌دهد که مهم‌ترین تحقیقات در بررسی ارتباط عامل‌های اقلیمی با رواناب، بارش را بی‌توجه به مشخصه‌های آن، یعنی شدت و تداوم در نظر گرفته‌اند. بر این مبنا در پژوهش حاضر، برای آشکارسازی اثر عناصر اقلیمی بر رواناب، علاوه بر بارش و دما، اثر شدت و تداوم بارش نیز لحاظ شده است. هدف از این تحقیق، تحلیل روند تغییرات رواناب در ارتباط با عناصر اقلیمی در حوزه‌های آبخیز خلیج فارس و دریای عمان با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری بود تا مشخص شود که آیا رواناب در حوزه‌های آبخیز جنوبی روندی دارد، و اگر جواب مثبت است، آیا ارتباطی با پدیده‌ی تغییر اقلیم دارد؟ از طرفی، در بین روش‌های متعدد تحلیل روند، آیا می‌توان روشی را برای این مناطق معرفی کرد؟

1- trend-free pre-whitening

ارزیابی ارتباط روند برخی از عوامل آب‌وهوایی بر رواناب...

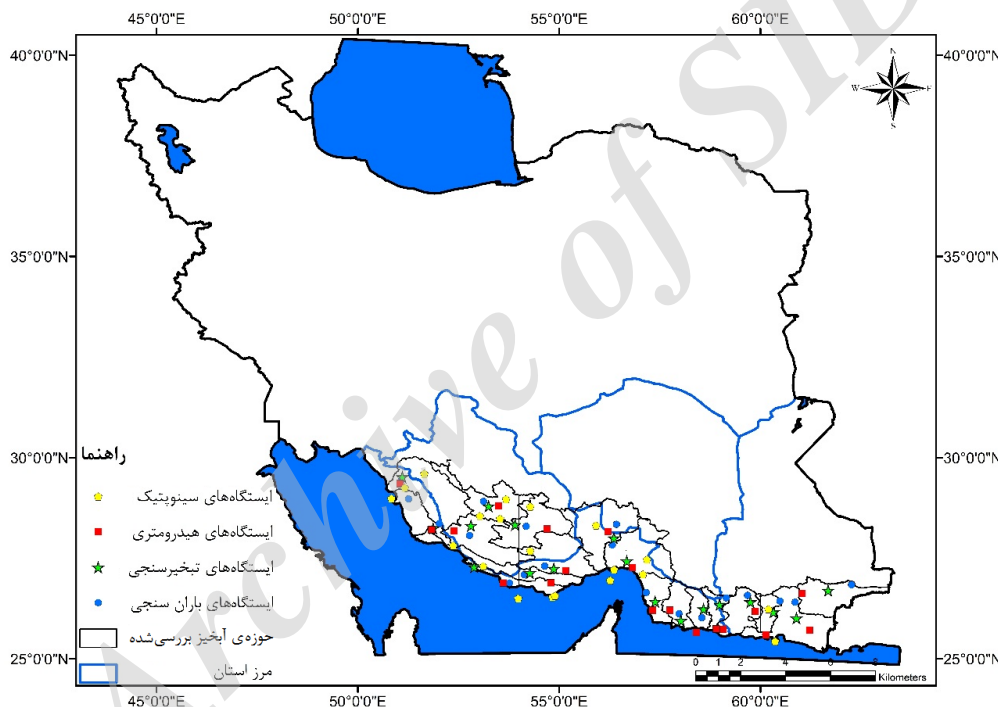
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

حوزهی آبخیز بررسی شده، بخش بزرگی از حوزهی خلیج فارس و دریای عمان است که آب‌های منطقه‌ای وسیع از غرب و جنوب ایران در آن جریان می‌یابند. این حوزه از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۲۵ درجه و ۳ دقیقه و ۴۷ ثانیه تا ۳۰ درجه و ۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۸ دقیقه و ۴۲ ثانیه تا ۶۳ درجه و ۱۲ دقیقه و ۷ ثانیه طول شرقی، در قسمت‌های وسیعی از جنوب غرب و جنوب کشور است.

مساحت کل حوزه ۲۷۴۵۹ کیلومترمربع است. از لحاظ سرزمینی این حوزه نواحی جنوب غربی رشته کوه‌های زاگرس و ارتفاعات واقع در جنوب استان فارس و کوه‌های بشاگرد و جنوب بلوچستان را شامل می‌شود که استان‌های بوشهر، فارس، هرمزگان، سیستان و بلوچستان و قسمت‌های کوچکی از کرمان است.

در این تحقیق از داده‌های بارش (مقدار، شدت، مدت)، آب‌دهی، تبخیر، دماهای کمینه و بیشینه که علاوه بر کفایت دوره‌ی آماری، توزیع مکانی مناسبی نیز در سطح حوزه دارند، استفاده شد. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های یادشده، نشان داده شده است و مشخصات عامل‌های آب‌اقليمی نیز در جدول ۱ آمده است. دوره‌ی آماری همه‌ی ایستگاه‌های یادشده در سال آبی ۶۲-۱۳۶۱ تا ۹۳-۱۳۹۲ بود. بررسی کیفیت آمار ایستگاه‌ها و رفع نواقص آماری از دیگر مراحل کاری بود که با استفاده از روش‌های معتبر به انجام رسید. ایستگاه‌های منتخب برحسب در نظر گرفتن کمینه‌ی نقایص آماری از سازمان آب منطقه‌ای هر استان، و سازمان هواشناسی (ایستگاه‌های سینوپتیک و اقلیم‌شناسی) مشخص شد. مقادیر دما و تبخیر عموماً از ایستگاه‌های تبخیرسنجی و اقلیم‌شناسی، مقدار شدت و مدت بارش، از ایستگاه‌های سینوپتیک تهیه شدند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های حوزه‌ی آبخیز خلیج فارس و دریای عمان.

جدول ۱- مشخصات عوامل آب اقلیمی به کاررفته در حوزه های آبخیز خلیج فارس و دریای عمان.

نام استان	نام حوزه ی آبخیز	آب دهی (m ³ /s)	بارش (mm)	میانگین دمای بیشینه (C°)	میانگین دمای کمینه (C°)	میانگین تبخیر (mm)	شدت بارش ۱۵ دقیقه ای (mm/hr)	تعداد روزهای با بارش ۱ میلی متر
سیستان و بلوچستان	رابج	۳/۸	۱۷۱	۳۸/۷	۱۷/۸	۴۳۷۸/۴	۲۹/۹	۵
	سرباز	۲/۳	۱۴۲/۸	۳۶/۲	۱۲/۰۴	۲۹۷۹/۲	۳۰/۲	۵
	نیک شهر	۱۸/۶۴	۲۱۲	۳۶/۵	۱۶/۱۲	۳۳۱۱/۵	۲۲/۲	۲
	کهیر	۶/۹	۲۱۲	۴۳/۵	۱۷/۲۱	۲۵۶۰/۹	۲۲	۸
	باهوکلات	۶/۲	۱۱۵/۴	۳۸/۶	۱۵/۲۴	۴۴۶۶/۵	۲۸	۳
	ایرافشان	۰/۱۷	۴۷۳/۵	۳۵/۶	۱۲/۰۱	۳۵۰۵/۲	۲۳/۸	۷
	استان هرمزگان	جاسک	۰/۹	۱۳۰	۳۸/۶	۱۵/۸	۳۰۷۹/۷	۲۴/۹
گابریک		۹/۲	۱۴۲	۴۰/۴	۱۶/۶	۳۱۷۲/۵	۲۸	۳
جگین		۴/۴۳	۲۲۹	۳۷/۱۷	۱۵/۳۲	۳۹۳۵/۵	۲۳/۶	۳
شمیل-تخت		۳/۱۲	۱۹۹	۳۶/۲	۱۱/۵	۳۲۰۲/۹	۵۴	۲
سدیج		۷/۹۶	۳۹۷	۳۸/۴	۱۴/۹	۴۴۷۴/۶	۱۵/۵۳	۲
حاجی آباد و ایسین		۵/۸	۲۰۸	۳۷/۲	۱۳/۳	۳۹۰۴/۱	۲۵/۵	۱۳
کهورستان		۳/۵	۱۶۹	۳۹/۴	۱۳/۲	۳۱۶۶/۳	۲۵/۸	۳
جناح و بستک		۵/۸۳	۲۱۱	۳۹/۷	۱۵/۳	۳۵۵۶/۶	۲۱	۲
بندرلنگه و کنگان		۳/۷۱	۱۲۰	۳۸/۴	۷/۱۵	۳۰۴۱	۱۸/۷۸	۲
فارس	قیروکارزین	۳/۱۴۶	۲۸۳/۶	۳۵/۸	۷/۵	۲۷۳۵/۷	۲۶/۴	۵
	لارستان	۴۰/۶۴	۱۹۵	۳۶/۲	۱۵/۳	۲۹۳۰/۱	۱۹	۷
	هفت برم و پریشان	۱/۱	۲۵۷	۳۸/۳	۱۲/۹	۳۶۵۵/۱	۱۸/۸	۳
	فدامی و فرگ	۲/۳۶	۲۵۴/۸	۳۵/۲	۱۰/۵	۲۵۰۷/۵	۲۷	۶
	جم و ریز	۳۵/۰۲	۱۸۹	۳۹/۴	۱۴/۷	۳۶۳۱/۲	۲۴/۷	۳

اندازه گیری رابطه ی همبستگی بین X و Y در نظر گرفتند تا وجود روند را در گروه داده ها آزمایش کنند. محاسبه ی اختلاف بین تک تک مشاهدات با یکدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج عامل S، محاسبه ی واریانس و محاسبه ی آماره ی Z از رابطه های ۳ تا ۶ به دست می آید:

آزمون تحلیل رگرسیون

این روش، آزمونی پارامتری است که در آن رابطه ی رگرسیون خطی ساده برای به دست آوردن روند درازمدت داده ها انتخاب می شود (قهрман و همکاران ۲۰۱۲):

$$Y = a + bx \quad (۱)$$

$$t = \frac{b}{\sqrt{\frac{MSE}{S_{xx}}}} \quad (۲)$$

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} sign(x_i - x_j)$$

$$sign(x_i - x_j) = \begin{cases} -1 & \text{if } (x_i - x_j) < 0 \\ 0 & \text{if } (x_i - x_j) = 0 \\ +1 & \text{if } (x_i - x_j) > 0 \end{cases} \quad (۵)$$

$$Var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (۶)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{Var(s)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \end{cases}$$

در این رابطه Y متغیر جوی، X زمان، و a و b ضرایب های رگرسیونی اند که با استفاده از روش کمترین مربعات محاسبه می شوند. با به دست آوردن مقدار t با درجه ی آزادی n-2 با استفاده از رابطه ی ۲ معنی داری شیب رگرسیون آزموده می شود. اگر $|T| < \frac{t_{\alpha/2, n-2}}{2}$ شود، شیب رگرسیون بی معنی تلقی می گردد.

آزمون تحلیل روند من - کندال

در این آزمون، ابتدا من (۱۹۴۵) و سپس کندال (۱۹۷۵) متغیر را برای

N تعداد داده‌ها، X_i و X_j داده‌ها در گروه زمانی و Z آماره‌ی آزمون معیار است (کیسی ۲۰۱۵). با توجه به آزمون آماری دوطرفه کای اسکور، اگر در تراز معنی‌داری معین α باشد، فرض صفر پذیرفته می‌شود و روند وجود ندارد. مقادیر مثبت آماره‌ی Z روند صعودی و مقادیر منفی نیز روند نزولی را نشان می‌دهند. اگر مقدار Z در محدوده‌ی بحرانی $1/63 +$ تا $1/63 -$ باشد، از نظر آماری روند ندارد. اگر مقدار آماره بین محدوده‌ی $1/64 +$ تا $1/95 -$ باشد، در تراز اعتماد ۹۰٪ دارای روند مثبت است؛ اگر بین $1/96 +$ تا $2/63 +$ باشد، در سطح اعتماد ۹۵٪ و اگر بیش از $2/64$ باشد، در سطح اعتماد ۹۹٪ دارای روند مثبت است؛ عکس این حالت نیز برای روند منفی درست است. در این تحقیق حدود اعتماد ۹۵٪ تعیین شد.

گروه زمانی باقی‌مانده بعد از اعمال روش TFPW گروه مستقل است (یو و وانگ ۲۰۰۴). روند مشخص‌شده (C_{t-1}) و باقی‌مانده (D'_t) به صورت $D''_t = D'_t + \delta t$ ترکیب می‌شود؛ سپس آزمون من-کندال برای گروه ترکیب‌شده (D''_t) برای تشخیص روند انجام می‌شود. در تحقیق پیش‌گفته، شناسه‌ی دو آزمون نامبرده در نرم‌افزار متلب نوشته و تجزیه و تحلیل شد.

آزمون روند اسپیرمن

یک آزمون سریع و ساده برای تعیین وجود همبستگی بین دو ردیف از گروه‌های یکسان از مشاهده‌ها، آزمون همبستگی مرتبه‌ای اسپیرمن است. اگر گروه و که از ۱ تا N تغییر می‌کند، به ترتیب تاریخ وقوع در کنار هم قرار گیرند، و Y_i مرتبه $R_i(Rank)$ و X_i ترتیب وقوع R_i باشد، ضریب همبستگی (IS) اسپیرمن از رابطه‌ی ۱۱ به دست می‌آید:

$$r_{SP} = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})(X_i - \bar{X})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}} \quad (11)$$

با فرض صفر در این آزمون روندی نسبت به زمان در داده‌ها وجود ندارد و توزیع IS به صورت بهنجار با میانگین و واریانس زیر است:

$$(12)$$

آزمون روند من-کندال اصلاح‌شده

آزمون من-کندال یک آزمون ناپارامتری است که برای تعیین روند گروه‌های زمانی استفاده‌ی گسترده‌ای از آن شده است (داگلاس و همکاران، ۲۰۰۰؛ حسین‌زاده طلایی و همکاران ۲۰۱۳؛ مدرس و سیلوا ۲۰۱۳؛ یو و همکاران ۲۰۰۴). برای انجام آزمون من-کندال نیازی به بهنجاربودن توزیع داده‌ها نیست؛ اما برای صحیح بودن مقدار P نباید همبستگی متوالی وجود داشته باشد (هلسل و هرش ۱۹۹۲)؛ زیرا وجود همبستگی متوالی موجب افزایش شناسایی روند معنی‌دار با آزمون من-کندال می‌شود؛ در صورتی که فرض صفر، واقعاً صحیح است. روش TFPW برای حذف تأثیر همبستگی متوالی آزمون من-کندال به کار رفته است (یو و وانگ ۲۰۰۴):

$$P_W = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})(D_{i+1} - \bar{D})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 \sum_{i=1}^n (D_{i+1} - \bar{D})^2}} \quad (7)$$

نود؛ در صورتی که فرض صفر، واقعاً صحیح است. روش P_W نگ (۲۰۰۴):

و به ترتیب مقادیر گروه زمانی i و j است. فرض می‌شود روند خطی است و گروه زمانی C_t با رابطه‌ی $D_t = C_{t-1}$ روندزایی می‌شود. ضریب همبستگی متوالی گروه زمانی D_t در تأخیر یک (r_1) محاسبه می‌شود (سالاس و همکاران ۱۹۸۰):

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})(D_{i+1} - \bar{D})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 \sum_{i=1}^n (D_{i+1} - \bar{D})^2}} \quad (8)$$

نروه زمانی C_t با رابطه‌ی $D_t = C_{t-1}$ روندزایی می‌شود. سالاس و همکاران (۱۹۸۰):

π تعداد مشاهدات گروه زمانی است. اگر مقادیر r_1 در تراز اطمینان ۹۵٪ که با رابطه‌ی ۹ به دست می‌آید، قرار گیرد، گروه زمانی در تراز اطمینان ۹۵٪ مستقل است (سالاس و همکاران ۱۹۸۰):

$$r_1 \leq \pi^{-0.5} \quad (9)$$

نان ۹۵٪ که با رابطه‌ی ۹ به دست می‌آید، قرار گیرد، گروه ز:

در این صورت آزمون من-کندال برای گروه زمانی اصلی C_t انجام می‌شود؛ اگر نه، گروه همبسته‌ی متوالی خواهد بود و روش PW برای حذف فرایند (۱) AR گروه روندزایی‌شده به کار می‌رود:

$$PW = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})(D_{i+1} - \bar{D})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 \sum_{i=1}^n (D_{i+1} - \bar{D})^2}} \quad (10)$$

روش PW برای حذف

مقادیر P از آماره‌ی SR داده‌های مشاهده‌شده با استفاده از تابع توزیع تجمعی بهنجار تخمین زده شده است. آماره‌ی آزمون SR با رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$SR = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})(X_i - \bar{X})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}} \quad (13)$$

زمون SR با رابطه‌ی

$P \leq 0.5$ گرفته شد، بنابراین اگر آزمون در تراز اطمینان ۵٪ روند معنی‌دار باشد، گروه زمانی داده‌های مشاهده‌ای دارای روند است (یو و وانگ ۲۰۰۴). برای آزمون بالا از نرم‌افزار SPSS بهره برده شد.

نتایج

تحلیل رگرسیون

قبل از ورود به نتایج، ابتدا بین عامل‌های مورد بررسی و آب‌دهی، رابطه‌ی رگرسیونی برقرار شد. به دلیل گسسته‌بودن داده‌ی تداوم باران، امکان تحلیل رگرسیون (روش پارامتری) وجود ندارد. ضریب رگرسیون، شیب خط و معنی‌داری بین عامل‌های دما، تبخیر، شدت بارش و مقدار بارش با آب‌دهی در ادامه ارائه شدند. براساس نتایج جدول ۲، آزمون تحلیل رگرسیون در مقیاس فصلی در غرب حوزه، در تمامی ایستگاه‌ها رابطه‌ی بین دما و رواناب معکوس و ضرایب همبستگی معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵٪ است. درباره‌ی

رایج (ایستگاه آبسنجی قصرقد) دیده شد که رابطه‌ی رواناب با مقدار باران، مستقیم و با تأخیر و دما، معکوس است. نتایج سالانه‌ی آزمون رگرسیون دومتغیره در جدول ۳ ارائه شده است. رابطه‌ی معنی‌داری چندانی بین مقادیر آبدهی با عامل‌ها در زیرحوزه‌ها مشاهده نشد. در دو حوزه‌ی رایج و نیک‌شهر، استان سیستان و بلوچستان، رابطه‌ی پذیرفتنی بین آبدهی با باران و دمای بیشینه دیده شده است. در حوزه‌های مرکزی، فقط در محدوده‌ی مطالعاتی رودان و میناب بین رواناب و بارش و در محدوده‌ی جناح و بستک (استان هرمزگان) نیز رابطه‌ی بین رواناب و دمای بیشینه معنی‌دار است. در غرب حوزه نیز دو حوزه‌ی آبخیز با دما، رابطه‌ی معنی‌داری دارند.

نتایج بررسی عامل رواناب و تأخیر در غرب حوزه، دقیقاً همین مطلب درست است. در بررسی ارتباط بین رواناب با مقدار باران در غرب حوزه، در اکثریت ایستگاه‌ها ارتباط مستقیم و معنی‌داری وجود دارد که در اغلب ایستگاه‌های ساحلی این رابطه قوی‌تر است. در بررسی ارتباط بین عامل‌های بررسی‌شده در بخش مرکزی حوزه‌ی آبخیز، رواناب با دمای کمینه و بیشینه، در ۸۰٪ ایستگاه‌ها ارتباط معکوس و معنی‌داری دارد که این حالت درباره‌ی تأخیر نیز درست است. مقدار همبستگی‌ها در ایستگاه آبسنجی سدیح قوی‌ترین همبستگی را در کل عامل‌های بررسی‌شده نشان داد. در این بخش، ارتباط بین رواناب و باران در حوزه‌ی آبخیز رودان-میناب و جاسک در استان هرمزگان معنی‌دار است و بقیه روند معنی‌داری ندارند؛ در ارتباط بین رواناب با عامل‌های اقلیمی در شرق حوزه، تنها رابطه‌ی معنی‌داری در حوزه‌ی آبخیز

جدول ۲- نتایج فصلی آزمون رگرسیون در حوزه‌ی آبخیز خلیج فارس و دریای عمان.

شماره ایستگاه	حوزه‌ی آبخیز	آبدهی - باران				آبدهی - تأخیر				آبدهی - دمای کمینه				آبدهی - دمای بیشینه				شدت بارش
		معنی‌داری	ضریب همبستگی	شیب خط	معنی‌داری	ضریب همبستگی	شیب خط	معنی‌داری	ضریب همبستگی	شیب خط	معنی‌داری	ضریب همبستگی	شیب خط	معنی‌داری	ضریب همبستگی	شیب خط		
۱۲	رایج	۰	۰/۲۱۸	۳۵/۳	۰/۰۰۳	۰/۲۲۸	-۱/۰۱	-۲/۱۹۳	۰	۰/۳۴۴	-۲/۱۰۵	۰/۰۷	۰/۱۲	-۱/۲	۰/۱۲	۰/۱۲		
۳۵	سرباز	۰/۲۸۶	۰/۲۱	-۱/۳۵	۰/۰۰۳	۰/۲۸۳	-۱/۰۱	۲/۲۷۳	۰/۰۰۲	۰/۵۵۷	۰/۲۳	۰/۱۱	۰/۳۵	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱		
۳۹	نیک‌شهر	۰/۸۳۳	۰/۰۲	-۱/۳۹	۰/۰۰۳	۰/۴۶۸	-۱/۰۲	۷۶۳/۲	۰/۰۰۲	۱۵/۷۷	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱		
۱۲	کهنیر	۰/۱۹۷	۰/۰۴	-۱/۱۶	۰/۰۰۵	۰/۰۷۴	-۱/۰۲	-۱/۲۳۳	۰/۰۰۴	-۱/۵۲۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۱۹	باهوکلات	۰/۹۳۳	۰/۰۴	-۱/۱۹	۰/۰۰۳	۰/۳۷۸	-۱/۰۲	-۱/۳۳۱	۰/۰۰۱	-۱/۶۶۴	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۴۴	ایرافشان	۰/۵۵۷	۰/۰۷	-۱/۲۴	۰/۰۰۳	۰/۲۳۵	-۱/۰۲	-۱/۲۳۵	۰/۰۲۲	-۱/۴۵۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۴۲	حاجی‌آباد و ایسین	۰/۶۷۹	۰/۰۴	-۱/۲۴	۰/۰۰۲	۰/۱۲۱	-۱/۰۲	-۱/۲۳۳	۰/۰۱۹	-۱/۵۱۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۱۴۸	کهورستان	۰/۳۲	۰/۰۴	-۱/۴۸	۰/۰۰۳	۰/۲۲۵	-۱/۰۲	-۱/۲۲۵	۰/۰۰۴	-۱/۳۸۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۲	شمیل-تخت	۰/۷۰۴	۰/۰۴	-۱/۰۲	۰/۰۰۳	۰/۱۵۳	-۱/۰۲	-۱/۳۴۵	۰/۰۳۳	-۱/۵۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۲۴	گابریک	۰/۵۵۷	۰/۰۴	-۱/۲۴	۰/۰۰۳	۰/۰۷۴	-۱/۰۲	-۱/۳۵۵	۰/۰۲۷	-۱/۴۵۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۲۵	رودان و میناب	۰	۰/۲۷۷	-۱/۵۰۳	۰	۰/۰۰۹	-۱/۰۲	-۱/۲۸۸	۰/۰۰۱	-۱/۲	۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱		
۷	جناح و بستک	۰/۰۹۹	۰/۰۳	-۱/۰۶	۰/۰۰۳	۰/۱۵۶	-۱/۰۲	-۱/۲۰۳	۰/۰۰۳	-۱/۶۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴		
۲۳	چگین	۰/۳۳۹	۰/۰۷	-۱/۰۳	۰/۰۰۳	۰/۱۹۶	-۱/۰۲	-۱/۲۵۵	۰/۰۰۳	-۱/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۲۱	سدیح	۰/۰۰۸	۰/۰۷	-۱/۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۶۱	-۱/۰۲	-۱/۳۳	۰/۰۰۱	-۱/۲۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۵۴	جاسک	۰/۰۰۱	۰/۰۳	-۱/۰۳	۰/۰۰۳	۰/۱۹۲	-۱/۰۲	-۱/۵۷	۰/۰۰۱	-۱/۴۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۵۴	بندر لنگه و کنگان	۰/۸۰۱	۰/۰۱	-۱/۱۹	۰/۰۰۳	۰/۰۴۱	-۱/۰۲	-۱/۲۶۶	۰/۰۰۱	-۱/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۳	لارستان	۰	۰/۳۰۵	-۱/۲۳	۰	۰/۱۲۲	-۱/۰۲	-۱/۵۷	۰/۰۰۱	-۱/۳۹۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۸۶	فدایی و فرگ	۰/۴۶۱	۰/۰۳	-۱/۴۵۶	۰/۰۰۳	۰/۲۲۴	-۱/۰۲	-۱/۹۲۲	۰/۰۰۳	-۱/۴۶۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۸۷۳	جم و ریز	۰	۰/۳۱۸	-۱/۳۳	۰	۰/۰۰۳	-۱/۰۲	-۱/۱۷	۰/۰۰۱	-۱/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵		
۸۴	هفت‌بره و پیرشان	۰/۱۵۸	۰/۰۸	-۱/۵۴	۰/۰۰۳	۰/۰۶	-۱/۰۲	-۱/۵۶	۰/۰۰۳	-۱/۲۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۵۷	دلوار و اهرم	۰	۰/۳۳۱	-۱/۲۵۳	۰	۰/۲۱۸	-۱/۰۲	-۱/۸۱	۰/۰۰۳	-۱/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۷۲	قیروکارزین	۰/۰۲۹	۰/۰۷	-۱/۸۲	۰/۰۰۳	۰/۰۶۸	-۱/۰۲	-۱/۹۷	۰/۰۰۴	-۱/۲۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		

جدول ۳- نتایج سالانه‌ی آزمون رگرسیون در حوزه‌ی آبخیز خلیج فارس و دریای عمان.

شماره ایستگاه	حوزه‌ی آبخیز	آبدهی - باران				آبدهی - تأخیر				آبدهی - دمای کمینه				آبدهی - دمای بیشینه				شدت بارش
		معنی‌داری	ضریب همبستگی	شیب خط	معنی‌داری	ضریب همبستگی	شیب خط	معنی‌داری	ضریب همبستگی	شیب خط	معنی‌داری	ضریب همبستگی	شیب خط	معنی‌داری	ضریب همبستگی	شیب خط		
۰/۷	رایج	۰/۰۱۲	۰/۴۲۱	-۱/۳۰۷	۰/۰۰۳	۰/۶۵۵	-۱/۰۲	-۱/۶۲	۰/۰۱۶	-۱/۲۴	۰/۰۹	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲		
۳۲	سرباز	۰/۵۵۴	۰/۰۱	-۱/۳۷	۰/۰۰۳	۰/۷۷۱	-۱/۰۲	-۱/۵۹	۰/۰۲۴	-۱/۲۸۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۰/۸	نیک‌شهر	۰/۸۰۶	۰/۰۱	-۱/۷۸	۰/۰۰۳	۰/۶۹۵	-۱/۰۲	-۱/۲۸۹	۰/۰۲۷	-۱/۲۸۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۰/۹	کهنیر	۰/۶۹۴	۰/۰۲	-۱/۰۶	۰/۰۰۳	۰/۶۴۲	-۱/۰۲	-۱/۲۳۳	۰/۰۰۳	-۱/۲۸۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۴۵	باهوکلات	۰/۸۰۸	۰/۰۳	-۱/۰۹	۰/۰۰۳	۱/۲۴۷	-۱/۰۲	-۱/۴۴	۰/۰۲۷	-۱/۵۲۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۲۳	ایرافشان	۰/۳۲	۰/۰۳	-۱/۲۵	۰/۰۰۳	۲/۰۹۲	-۱/۰۲	-۱/۵۸	۰/۰۲۴	-۱/۲۹۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۱	حاجی‌آباد و ایسین	۰/۲۷۶	۰/۱۳	-۱/۲۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	-۱/۰۲	-۱/۳۰۶	۰/۰۰۳	-۱/۲۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۱۷۸	کهورستان	۰/۹۱۲	۰/۰۰۶	-۱/۰۷	۰/۰۰۳	۰/۸۶۷	-۱/۰۲	-۱/۲۸۷	۰/۰۰۱	-۱/۳۱۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۲۰۶	شمیل-تخت	۰/۹	۰/۰۰۱	-۱/۰۷	۰/۰۰۳	۰/۸۷	-۱/۰۲	-۱/۲۸۶	۰/۰۰۵	-۱/۲۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۲/۹	گابریک	۰/۶۲	۰/۰۱	-۱/۳۹	۰/۰۰۳	۰/۲۰۸	-۱/۰۲	-۱/۹۲	۰/۰۲۵	-۱/۲۹۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۵/۲	رودان و میناب	۰	۰/۶۸۴	-۱/۵۰۵	۰/۰۰۳	۱/۳۰۴	-۱/۰۲	-۱/۸۱	۰/۰۰۳	-۱/۷۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۷/۹	جناح و بستک	۰/۷۵۵	۰/۰۵	-۱/۰۲	۰/۰۰۳	۰/۷۶	-۱/۰۲	-۱/۸۶	۰/۰۰۳	-۱/۲۵۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۶/۱	چگین	۰/۸۹۵	۰/۰۰۱	-۱/۰۶	۰/۰۰۳	۰/۶۷۴	-۱/۰۲	-۱/۵۲	۰/۰۰۳	-۱/۱۷۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۸۲۲	سدیح	۰/۷۷۴	۰/۰۱	-۱/۳۹	۰/۰۰۳	۰/۹۳	-۱/۰۲	-۱/۹۸	۰/۰۰۳	-۱/۹۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۲/۱۲	جاسک	۰/۸۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۰۳	۰/۰۰۳	۳/۲۶۹	-۱/۰۲	-۱/۵	۰/۰۲۴	-۱/۲۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۹/۸	بندر لنگه و کنگان	۰/۷۸۴	۰/۰۴	-۱/۰۲	۰/۰۰۳	-۱/۵۷۲	-۱/۰۲	-۱/۵۷۲	۰/۰۰۳	-۱/۹۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۷/۱۲	لارستان	۰/۸۶۹	۰/۰۰۶	-۱/۰۴	۰/۰۰۳	۰/۹۷۶	-۱/۰۲	-۱/۲۸	۰/۰۰۳	-۱/۳۱۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۱۳	فدایی و فرگ	۰/۹۴	۰/۰۰۳	-۱/۰۸	۰/۰۰۳	۰/۸۵۵	-۱/۰۲	-۱/۰۸	۰/۰۰۳	-۱/۱۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۴	جم و ریز	۰/۳۸۶	۰/۰۵	-۱/۳۸۸	۰/۰۰۳	۰/۳۹۴	-۱/۰۲	-۱/۰۴	۰/۰۰۳	-۱/۴۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۱۲/۳	هفت‌بره و پیرشان	۰/۰۷۱	۰/۰۸	-۱/۷۹	۰/۰۰۳	۰/۹۵	-۱/۰۲	-۱/۲۵	۰/۰۰۳	-۱/۲۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۱۳	دلوار و اهرم	۰/۱۲۲	۰/۰۱	-۱/۳۶	۰/۰۰۳	۰/۶۹۸	-۱/۰۲	-۱/۱۲	۰/۰۰۳	-۱/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		
۸/۴	قیروکارزین	۰/۷۸	۰/۰۴	-۱/۱۲	۰/۰۰۳	۰/۵۴۱	-۱/۰۲	-۱/۳۴۱	۰/۰۰۳	-۱/۲۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲		

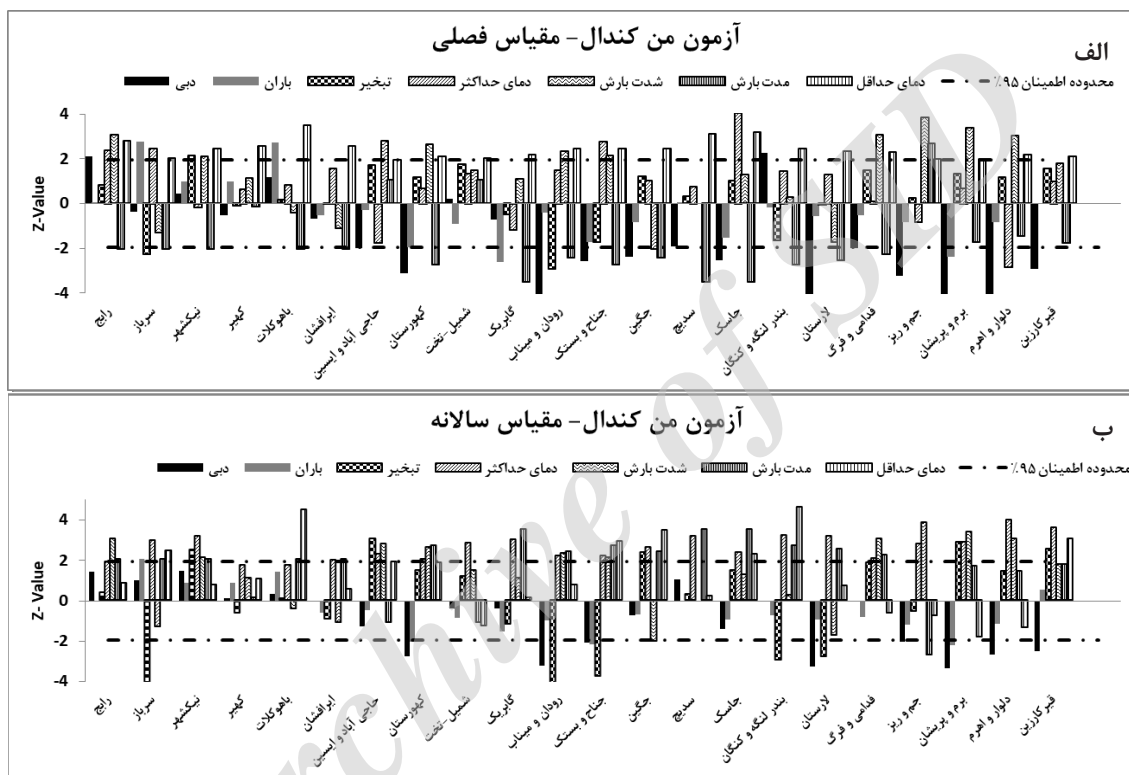
ارزیابی ارتباط روند برخی از عوامل آب‌وهوایی بر رواناب...

اطمینان ۹۵٪ ارائه شده است. در بررسی روند ویژگی‌های بارش، مقدار بارش روند کاهشی دارد؛ اما در بیشتر رخ دادها معنی‌دار نیست. روند شدت بارش افزایشی و روند زمان تداوم بارش کاهشی است، که عموم ایستگاه‌های بخش مرکزی و غربی روند مشابهی را دنبال کردند و روند همگی معنی‌داری بود. رفتار بارش در بخش شرقی خلیج فارس با دیگر ایستگاه‌ها متفاوت بود. روند دمای کمینه و بیشینه در تمامی ایستگاه‌ها افزایشی، اما روند تبخیر در نیمی از ایستگاه‌ها کاهشی و در نیمی افزایشی بود.

نتایج روند در ایستگاه‌های منتخب حوزه‌ی آبخیز خلیج فارس و دریای عمان بررسی و تأثیر متغیرهای اقلیمی بر روند جریان سطحی با کمک آزمون‌های مختلف همچون آزمون اسپیرمن، آزمون من-کندال و من-کندال اصلاح شده ارزیابی شدند.

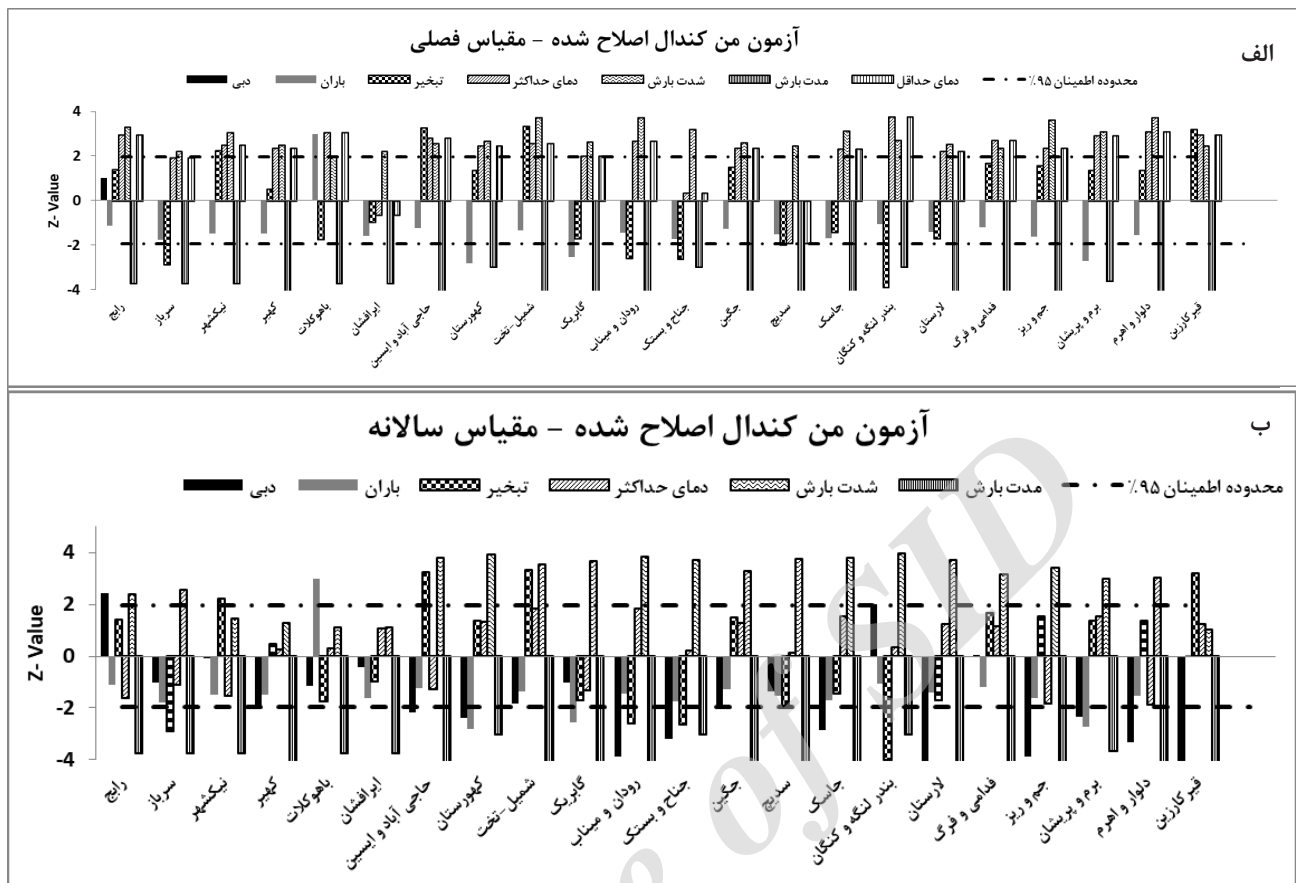
آزمون من کندال

نتایج آماری Z آزمون روند من-کندال برای گروه زمانی متغیرهای بررسی شده در شکل ۲ در مقیاس فصلی (الف) و سالانه (ب) در تراز



روش من کندال بود، با این تفاوت که روش گفته شده پس از حذف همبستگی احتمالی بین داده‌ها، مقدار آماری بزرگ‌تری را به خصوص برای شدت، مدت و دمای بیشینه نشان داده است.

آزمون من-کندال اصلاح شده (TFPW-MK)
آزمون تحلیل روند من-کندال اصلاح شده (TFPW-MK) برای محدود کردن اثر خودهمبستگی و همبستگی متوالی در آزمون من-کندال به کار گرفته شد. در بسیاری موارد روند متغیرهای اقلیمی و آب‌دهی، همانند



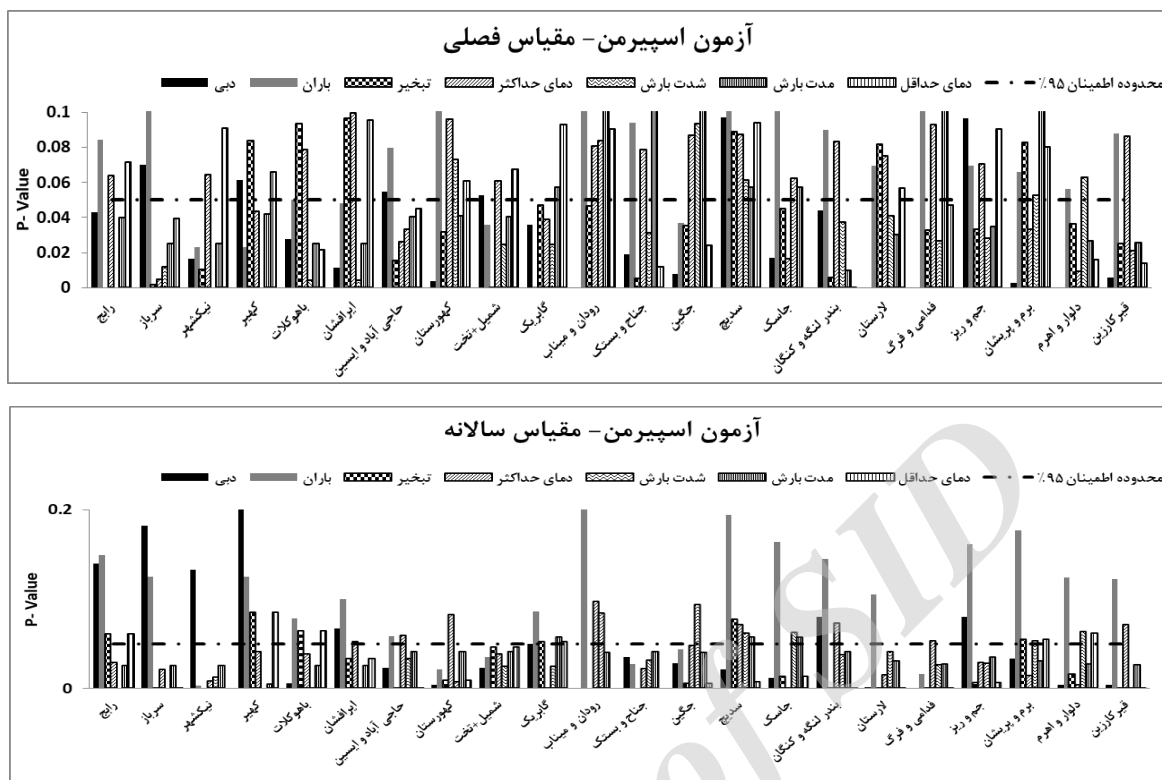
آزمون اسپیرمن

در این بخش برای بیان تشخیص روند گروه‌های زمانی از آماره‌ی مقدار P استفاده می‌شود که بود یا نبود روند را در تراز اطمینان ۹۵٪ نشان می‌دهد. مقادیر آماره‌ی آزمون روند اسپیرمن برای گروه‌های زمانی فصلی و سالانه، به ترتیب در شکل ۴ ارائه شده است. دمای کمینه و بیشینه در بخش‌های غربی و مرکزی، روند افزایشی و تبخیر روند کاهشی داشت. مقدار باران در بیشتر ایستگاه‌ها روندی معنی‌دار نداشت؛ اما شدت افزایش و مدت، روند کاهشی داشت. آب‌دهی در تمام ایستگاه‌ها به‌جز تعدادی از ایستگاه‌های بخش شرقی خلیج فارس روند کاهشی داشت. رخ داده‌های بالا، درباره‌ی مقیاس سالانه نیز

درست است.

نتایج سه آزمون در دو مقیاس فصلی و سالانه به‌صورت درصد روند افزایشی، کاهشی و بی‌روند در جدول ۴ ارائه شده است. در بیش از ۵۰٪ ایستگاه‌ها، آب‌دهی روند کاهشی داشته است که به‌دنبال آن دما و شدت بارش افزایش و مدت بارش کاهش نشان می‌دهد؛ این در حالی است که درباره‌ی متغیر مقدار باران، ۲۲٪ ایستگاه‌ها در مقیاس سالانه و ۱۳٪ ایستگاه‌ها در مقیاس فصلی، روند کاهشی دارند. لازم به توضیح است که در جدول ۴، روند کاهشی یا افزایشی، منظور روند منفی و مثبت در سطح اعتماد ۹۵٪ می‌باشد.

ارزیابی ارتباط روند برخی از عوامل آب‌وهوایی بر رواناب...



شکل ۴- نتایج فصلی و سالانه‌ی متغیرهای بررسی شده با آزمون من-کندال اصلاح شده در حوزه‌ی آبخیز خلیج فارس و دریای عمان.

جدول ۴- توزیع روند فصلی و سالانه‌ی عامل‌های بررسی شده در حوزه‌ی آبخیز بررسی شده با کاربرد روش‌های ناپارامتری.

روش	روند	رواناب	باران	تبخیر	دمای کمینه	دمای بیشینه	شدت بارش	مدت بارش
فصلی								
من-کندال	افزایشی	٪۱۰	٪۴	-	٪۸۷	٪۹۱	٪۴۲	-
	کاهشی	٪۷۰	٪۱۸	٪۷۷	-	-	٪۴	٪۷۸
بی روند	افزایشی	٪۲۰	٪۸۸	٪۲۳	٪۱۳	٪۹	٪۵۴	٪۲۲
	کاهشی	٪۵۴	٪۸	٪۴۰	-	-	٪۲۸	٪۱۰۰
TFPW	افزایشی	-	٪۴۵	٪۱۰	٪۷۳	٪۶۰	٪۶۰	-
	کاهشی	٪۷۳	٪۵	٪۸۶	-	-	٪۷۲	٪۸۷
اسپیرمن	افزایشی	٪۲۷	٪۵۰	٪۴	٪۲۷	٪۴۰	٪۴۰	٪۱۳
	کاهشی	٪۴۲	-	٪۴۶	٪۱۳	-	٪۷۲	-
سالانه								
من-کندال	افزایشی	٪۹/۴	٪۴	٪۲۰	٪۷۰	٪۹۰	٪۸۴	-
	کاهشی	٪۷۷	٪۱۸	٪۷۰	٪۱۰	-	٪۴	٪۱۰۰
بی روند	افزایشی	٪۱۳/۶	٪۸۸	-	٪۲۰	٪۱۰	٪۲۲	-
	کاهشی	٪۴۵	٪۱۸	٪۶۸	٪۱۰	-	٪۷۸	٪۱۰۰
TFPW	افزایشی	٪۴۱	٪۸۸	٪۱۰	٪۲۰	٪۲۰	٪۲۲	-
	کاهشی	٪۹/۴	٪۲۸	-	٪۹/۴	٪۹۰	٪۸۰	-
اسپیرمن	افزایشی	٪۷۷	٪۳۱	٪۷۷	٪۷۷	-	٪۱۰	٪۹۰
	کاهشی	٪۱۳/۶	٪۴۱	٪۲۳	٪۱۳/۶	٪۱۰	٪۱۰	٪۱۰

دلایل آن است. طبق نظر قهرمان و همکاران (۲۰۱۲)، استفاده از روش‌های پارامتری مثل تحلیل رگرسیون و پیرسون که عموماً فرض اولیه‌ی آن‌ها بهنجار بودن داده‌هاست، برای متغیرهایی که دارای روابط غیرخطی و پیچیده و توزیع ناهنجار اند، نمی‌تواند گزینه‌ی مناسبی باشد. روش رگرسیونی تنها برای نشان دادن جهت تغییرات متغیر وابسته نسبت به مستقل مناسب است. به‌طور متوسط بیش از ۵۰٪ از ایستگاه‌ها (۶۶٪) برای متغیر مقدار باران روند نداشت، ۱۶٪ روند افزایشی (بخش شرقی خلیج فارس) و ۱۸٪ دیگر روند کاهشی داشت (بخش مرکزی). نتایج ترابی‌پوده و امام‌قلی‌زاده (۲۰۱۵) و برنا و جهان (۲۰۱۵) در جنوب‌غرب ایران نشان می‌دهد که روند بارش معنی‌دار نیست. نتایج قنبری (۲۰۱۷) و مرادی (۲۰۱۶) نشان از روند معنی‌دار کاهش بارش در بخش‌های مرکزی خلیج‌فارس داشت و نتایج رضایی و همکاران (۲۰۰۴) افزایش بارش را در برخی ایستگاه‌های جنوب شرق تأیید کرد. اصغری و رحیم‌زاده (۲۰۰۷) اذعان می‌دارند که برخلاف تصور عموم که بارش در مناطق خشک و نیمه خشک تا مرطوب کشور، روند کاهشی دارد. باید متذکر شد که برخی ایستگاه‌های کشور از نظر جمع سالانه‌ی بارش، کاهش و برخی افزایش دارند، و در هیچ‌یک، این تغییرات به‌صورت موازی رخ

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر، با هدف بررسی تأثیر عامل‌های اقلیمی بر روند رواناب در حوزه‌های آبخیز سواحل جنوبی ایران انجام شده است. در دوره‌ی آماری ۳۱ساله، ابتدا معنی‌داری روابط بین آب‌دهی با عامل‌های مؤثر، با استفاده از تحلیل رگرسیون (روش پارامتری) و سپس با استفاده از روش‌های ناپارامتری شامل تحلیل روند من-کندال، من-کندال اصلاح شده و اسپیرمن بررسی شد.

بررسی نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون در مقیاس فصلی در حوزه‌ی آبخیز خلیج‌فارس و دریای عمان نشان داد که در این دوره‌ی آماری عموماً در بخش‌های مرکزی و غربی خلیج‌فارس بین عامل‌های بررسی شده با آب‌دهی رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد، و این روابط درباره‌ی مقیاس فصلی بیشتر درست است. به‌نظر می‌رسد که اثر باران فصلی بر ایستگاه‌های بخش شرقی خلیج‌فارس و دریای عمان، سبب این عامل بوده است؛ این موضوع را نیز پژوهشگرانی چون انصاری و همکاران (۲۰۱۶) اثبات کرده‌اند. روابط معنی‌دار بین آب‌دهی و عامل‌های اقلیمی در مقیاس سالانه مناسب نبوده است که به‌نظر می‌رسد کم‌بودن تعداد داده‌ها در مقیاس سالانه نسبت به فصلی یکی از

در برخی ایستگاه‌ها (۱۸٪) دارای روند کاهشی و معنی‌دار بوده است، ولی نمی‌توان دلیل کاهش رواناب را کاهش مشخصه‌ی مقدار باران دانست، چون اگرچه نرخ تغییرات درصد زیادی از ایستگاه‌ها (۶۶٪) منفی است، از نظر آماری معنی‌دار نیست. نتایج این تحقیق نشان داد که در حوزه‌های آبخیز جنوب، شدت بارش دارای روند افزایشی و مدت بارش دارای روندی رو به کاهش است. الگوی بارش از متغیرهای مهم و مؤثر در رفتار آب‌دهی جریان و رواناب است. تغییرات شدت بارش در طول مدت آن، با الگوی بارش تبیین می‌شود. از مشخصه‌های اصلی الگوی بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مقدار بارش کم و تعداد وقایع بارش کم با زمان تداوم کم، اما با شدت زیاد است که سبب بروز سیل‌های مهیبی می‌شود (کتیرایی و همکاران ۲۰۰۶). سیل‌های مهیب به‌واسطه‌ی فرصت نامناسب برای نفوذ در خاک، افزایش رواناب سطحی، اما کاهش رواناب زیرسطحی و زیرزمینی را در پی دارند که به‌نوبه‌ی خود سبب کاهش جریان پایه بعد از سیل در رودخانه می‌شود. پس در رودخانه‌های مناطق جنوبی کشور، در بیشتر سال چند واقعه‌ی سیلابی با آب‌دهی بالا ثبت، و پس از آن کمبود و گاهی نبود جریان پایه سبب سیر منفی جریان شده است.

بررسی نتایج سه آزمون ناپارامتری در تحقیق حاضر نشان داد که بین نتایج آزمون من-کندال و من-کندال اصلاح‌شده تفاوت محسوسی دیده نمی‌شود، اما در برخی رخدادهای آزمون من-کندال اصلاح‌شده شدت روند را با قطعیت بیشتری نشان داد، که خود این مسئله در عدم قطعیت ناشی از نوار معنی‌داری یا نوار اطمینان بسیار مؤثر است. بدین مفهوم که اگر آماره‌ی Z در روش من-کندال با ۹۵٪ اطمینان برای متغیری پذیرفته شود، در آماره‌ی من-کندال اصلاح‌شده این نوار به ۹۹٪ اطمینان افزایش می‌یابد، و مهم‌ترین دلیل آن حذف اثر خودهمبستگی بین داده‌ها در تحلیل روند است. این نتیجه را ترابی‌پوده و امام‌قلی‌زاده (۲۰۱۵) نیز بیان کرده‌اند. نتایج آزمون اسپیرمن نیز تفاوت چندانی را با دو روش دیگر از نظر درصد فراوانی روند نشان نداد. این روش را نیز محققان بسیاری استفاده کرده‌اند؛ بنابراین در تحقیقات آینده، می‌توان با اطمینان به نتایج روش اسپیرمن در محیط ساده‌ی برنامه‌ی SPSS یا مینی‌تب، از روش‌های پیچیده، زمان‌بر و پرهزینه‌ی من-کندال و نسخه‌های دیگر آن صرف‌نظر کرد.

نداده است و می‌تواند ناشی از تغییرپذیری زیاد این مؤلفه‌ی احتمالی اقلیمی باشد. در بررسی زمان تداوم بارش، نتایج با سه آزمون مورد استفاده حاکی از کاهش در بیش از ۹۰٪ از ایستگاه‌ها است. نتایج اسدی و ازیرانی (۲۰۱۶) در جنوب‌غرب ایران نشان داد که مدت‌زمان بین میانگین تعداد روزهای بارش بیش از ۰/۱ میلی‌متر (زمان تداوم بارش) رو به کاهش است. روند ناشی از شدت بارش در این تحقیق، حاکی از افزایش شدت بارش است. کتیرایی و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی روند شدت بارش در ایران تأکید کردند که شدت بارش در پاره‌ای از ایستگاه‌ها مثل بوشهر و بندرعباس، رو به افزایش است و محمدی (۲۰۱۳) بیان می‌کند که روند بارش‌های سنگین در ایران رو به افزایش است.

بررسی روند دمای کمینه و بیشینه حاکی از افزایش دما در حوزه‌های آبخیز جنوبی است. بیشترین مقادیر آماره‌ها مربوط به بخش‌های مرکزی خلیج‌فارس و دریای عمان و شدیدترین تغییرات مربوط به دمای کمینه بوده است. این در حالی است که تبخیر در بیشتر ایستگاه‌ها روند نزولی را اثبات می‌کند. در پژوهش‌های متعددی مانند علیجانی و همکاران (۲۰۱۱)، و ورشوایان و همکاران (۲۰۱۱)، و به‌ویژه مرادی (۲۰۱۶) و قنبری (۲۰۱۷) در جنوب ایران بر افزایش دما تأکید شده است. درزمینه‌ی کاهش تبخیر-تعرق نیز محققان متعددی در جنوب ایران مانند قهرمان و همکاران (۲۰۱۲)، بذرافشان و همکاران (۲۰۱۶) و قنبری (۲۰۱۷) روند کاهشی را تأیید می‌کنند. مهم‌ترین دلیل کاهش تبخیر افزایش هواویزها، کاهش سرعت باد، و ساعت‌های آفتابی دانسته شده است.

در بررسی روند آب‌دهی در ایستگاه‌های آب‌سنجی بررسی‌شده در حوزه‌ی آبخیز خلیج‌فارس و دریای عمان، در مجموع ۷۴٪ از ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی، ۱۰٪ ایستگاه‌ها فاقد روند معنی‌دار و ۱۶٪ ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی بوده‌اند. عموم ایستگاه‌های دارای روند کاهشی، مربوط به بخش‌های مرکزی در استان هرمزگان و بخش غربی در استان بوشهر و فارس است. روند کاهشی رواناب در استان هرمزگان را مرادی (۲۰۱۶)، انصاری و همکاران (۲۰۱۷) در رودهای جنوب‌شرقی و زمانی و همکاران (۲۰۱۴) در رودهای جنوب‌غرب ایران تأیید و مهم‌ترین دلیل کاهش آب‌دهی را کاهش بارش معرفی کرده‌اند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اگرچه مقدار بارش

- Alijani B, Mahmodi P, Saligheh M, Rigi Chahi A. 2011. Study of variations of annual minimum and maximum temperatures in Iran. *Geographical Researches Quarterly Journal*. 3(102): 101–122. (In Persian).
- Ansari M, Nori G, Fotoohi S. 2017. Investigation of the process of temperature, precipitation and discharge changes using by non-parametric Man-Kendall test (Case study: Kajaw River Basin in Sistan and Baluchestan Province). *Journal of Watershed Management Research*. 14: (3): 152–158. (In Persian).
- Asadi A, Akbari Azirani T. 2016. Analysis of variations the beginning and ending of precipitations with trending models in south west of Iran. *Sustainable Development of Geographical Environment*. 1(3): 94–103. (In Persian)
- Asgari A, Rahimzadeh F. 2007. Study of the variability of rainfall in recent decades of Iran. *Geographical Research Magazine*. 58 (2): 67–80. (In Persian).
- Azizi Gh. 2004. *climate change*. Published Ghoomes. Tehran.
- Bazrafshan O, CheshmBerah A. Holisaz A. 2016. Trend analysis of the pan evaporation in different climates of Hormozgan Province. *Journal Management System*. 4 (2): 171– 176.
- Borna R, Jahan I, 2015. Study of the trend of temperature and rainfall extreme indexes in southwest of Iran (Case study: Bushehr Province). *Natural Geography Quarterly*. 8(28): 43–64. (In Persian)
- Chen j, Wub X, Finlayson B, Webber M, Wei T, Li M. 2014. Variability and trend in the hydrology of the Yangtze River, China: Annual precipitation and runoff. *Journal of Hydrology*. 513(5): 403–412.
- Douglas E. M, Vogel R. M, Kroll C. N, 2000. Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation. *Journal of Hydrology*. 240 (1): 90-105.
- Fathian F, Morid, S. 2012. Study of climate and hydrologic trends in Lake Urmia watershed using non-parametric methods. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 43(3): 259–269. (In Persian).
- Feidas H, Nouloupoulou Ch, Makrogiannis T, Bora-Senta E. 2007. Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001, *Theor. Appl. Climatol*. 87 (3): 155–177.
- Garbrecht J, Van Liew M. 2004. Trends in precipitation, streamflow, and evapotranspiration in the Great Plains of the United States, *Journal of Hydrological Engineering*. 9 (5): 360–367.
- Ghahraman N, Gharekhani A, Bazrafshan J. 2012. Trend analysis of pan evaporation in different climates of Iran. *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*. 98 (4): 85–97. (In Persian).
- Ghanbari S. 2017. A study of pan evaporation with climatic factors in the southern coastal of Iran. MSc thesis, 95 pp. (In Persian).
- Hedayati Dezfoli A. 2003. An analysis of changes in precipitation and its trend in Tehran. *Third Climate Change Conference and First National Climate Change Conference*. (In Persian).
- Helsel D. R, Hirsch R. M. 1992. *Statistical methods in water resources* (Vol. 49). Elsevier.
- Hosseinzadeh Talae P, Tabari H, Abghari H. 2013. River flow trends in the west of Iran during the past 40 years: Impact of precipitation variability *Global and Planetary Change*. 101(2): 52–60.
- Katiraei P, Hejam S. Iran Nezhad P. 2007. Contribution of frequency variation and rainfall intensity of rainfall during the period 2001 to 1960. *Jornal of Earth and Space Physics*. 33(1): 67– 83.
- Kendall MG. 1975. *Rank correlation cethods*. 4th ed. Charles Griffin: London.
- Kisi, O. 2015. An innovative method for trend analysis of monthly pan evaporations. *Journal of Hydrology*. 527 (2): 1123–1129.
- Kouchaki A, Sharifi H. R, Zand Z. 1998. *Ecological consequences of climate change*. University Jahad Press. Mashhad. (In Persian).
- Mann H.B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*. 13 (2): 245–259.
- Masih, I., Uhlenbrook, S. and V. Smakhtin. 2011. Streamflow trends and climate linkages in the Zagros Mountains, Iran. *Climate Change*. 104 (2): 317–338.
- Minaei M, Irannezhad M. 2018. Spatio-temporal trend analysis of precipitation, temperature, and river discharge in the northeast of Iran in recent decades. *Theoretical and Applied Climatology*. 131(1–2): 167–179.
- Modarres R, Silva V. 2007. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Arid Environments*. 70 (2): 344–355.
- Mohammadi, B. 2013. Annual trend analysis of Iranian heavy rainfall. *Geographical Researches Quarterly Journal*. 28(1): 163– 176.
- Moradi M. 2016. Factors a effecting of run off changes with an emphasis on climatic parameters (Case study: South coastal of Iran). MSc thesis, University of Hormozgan. 105 pp. (In Persian).
- Odekunle T.O, 2006. Determining rainy season onset and retreat over Nigeria from precipitation amount and number of rainy days. *Theoretical and applied climatology*. 83(4):193–201.
- Razeie T, Daneshkar Araسته P, Saghafian B. 2004. Annual

rainfall trend analysis in arid and semi- arid regions of central and eastern Iran. Water and Wastewater Consulting engineers Journal. 16 (2): 73–81.

Salas J. D, Delleur J.W, Yevjevich V, Lane W.L. 1980. Applied Modelling of Hydrologic Time Series. Water Resources Publications, Littleton, CO, USA.

Su B. D, Jiang T, Jin W. B. 2006. Recent trends in observed temperature and precipitation extremes in the Yangtze River basin, China. Theoretical and Applied Climatology. 83: 139–151.

Sun S, Barraud S, Branger F, Braud I, Castebrunet H. 2016. Urban hydrologic trend analysis based on rainfall and runoff data analysis and conceptual model calibration. Hydrological Processes 2017. 31(2): 1349–1359.

Torabi Poudeh H, Emamgholizadeh S. 2015. Trend Analysis of Stream flow changing of north watershed of Dez River with MK test with the TFPW-MK procedure. Journal of Soil and Water Conservation. 22(3): 39–55.

Varshavian V, Khalili A, Ghahreman N, Hajjam S. 2011. Trend analysis of minimum, maximum, and mean daily temperature extremes in several climatic regions of Iran. Journal of Earth and Space Physics. 37(1): 169–179.

Yue S, Wang CY. 2004. The Mann–Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. Water Resource Management. 18 (2): 201–218.

Zamani R, Abdollahi S, Mirabbasi R. 2015. Trend analysis of hydro-meteorological parameters of the four major dams in southwest of Iran. Journal of Arid Regions Geographic Studies. 5 (18): 55–75.

