



Detection of annual mean discharge trend over Iran

Mehdi Vafakhah^{1*}, Mostafa Zabihi Silabi², Sedigheh Modarresi Tabatabaei², Hossein Sarvi Sadrabad², Arezoo Shafiei Bafti², Negin Ghaderi Dehkordi², Mohammadreza Riahi², Seid Saeid Ghiasi²

¹ Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University

² Ph.D. Students, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University

Received: 11 March 2022

Accepted: 24 July 2022

Extended abstract

Introduction

Investigating the climatic condition over watersheds has a decisive role in water resource management planning. Meanwhile, changes in temperature and precipitation have a great effect on the discharge of rivers, soil erosion, and fluctuations in the level of ground water, and the occurrence of floods. It is very necessary to carry out research related to climate change in order to prepare as much as possible to deal with the harmful costs caused by this change. The review of the studies conducted in Iran also shows that the scale of the study is in most cases at the local level and the study of the mean annual discharge trend and its magnitude has not been studied especially over Iran country. Therefore, the current research was planned with the aim of determining the mean annual discharge trend and magnitude over Iran.

Materials and methods

In the present study, the trend of mean annual discharge in Iran was determined by considering the effect of dams using Mann-Kendall and Sen's slope methods. First, the statistics of all the hydrometric stations located in the Iran six major drainage watersheds were obtained from Iran Water Resources Management Company. Finally, 139 hydrometric stations with a statistical period of 17 to 65 years were selected in this study. The statistics of these stations were compared with the data available in nearby stations and suspicious values were also controlled. The homogeneity of the data and reconstructing the missing data was carried out using the run test and linear regression through the station with the highest correlation coefficient for each station with incomplete station, respectively. In the next step, non-parametric Mann-Kendall and Sen's slope estimator tests were carried out within XLSTAT software in order to evaluate the trend and its magnitude analyses. After determining the trend of the study hydrometric stations, the spatial distribution map of the mean annual discharge trend in Iran six major drainage watersheds were prepared within Arc/GIS 10.2 software.

Results and discussion

The results showed that 14 hydrometric stations were affected by the dam. However, in the hydrometric stations without dam, 84, six and 35 hydrometric stations have a decreasing trend (60%), an increasing trend (5%), and no trend at the 95% confidence level, respectively. Examining the trend of the time series of mean annual discharge in each of Iran six major drainage watersheds also showed that 80% of the study stations in the Persian Gulf and Oman Sea watershed have a decreasing trend, while no trend were detected in 20%, 10% and 9% of the total study stations in the Caspian Sea, the Central Plateau, and the Persian Gulf and Oman Sea watersheds, respectively as well as all the stations of the eastern watershed (Hammon). In the meantime, all study hydrometric stations in Urmia Lake and Sarakhs watersheds and 68% of the study hydrometric stations in the Caspian Sea watershed have a decreasing trend.

Conclusion

The results obtained from this research showed that the decreasing trend was detected in most of the hydrometric stations (84 hydrometric stations). Therefore, the decreasing trend of hydrometric stations in Iran can be related to the decrease in

* Corresponding author: vafakhah@modares.ac.ir

rainfall, increase in temperature and the emergence of excruciating droughts caused by climate changes and also human interference, including the excessive increase in the construction of dams and the change of unprincipled land use. However, one of the limitations of the current research is not taking into account climate changes and land use changes and determining the contribution of each of the mentioned factors in the decreasing and increasing trend of the mentioned stations. The results of the present research can be very useful and important for water planners and politicians in order to manage water resources.

Keywords: Flow discharge, Mann-Kendall, Nonparametric test, Runoff, Sen's slope estimator

Cite this article: Vafakhah, M., Zabihi Silabi, M., Modarresi Tabatabaei, S., Sarvi Sadrabad, H., Shafiei Bafti, A., Ghaderi Dehkordi, N., Riahi, M., Saeid Ghiasi, S., 2023. Detection of annual mean discharge trend over Iran. *Watershed Engineering and Management* 15 (2), 314–327.

© 2023, The Author(s). Published by Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



تحلیل روند دبی متوسط سالانه در ایران

مهدی وفاخواه^{۱*}، مصطفی ذبیحی سیلابی^۲، صدیقه مدرسی طباطبایی^۲، حسین سروی صدرآبادی^۲، آرزو شفیع بافتی^۲،

نگین قادری دهکردی^۲، محمدرضا ریاحی^۲ و سیدسعید غیائی^۲

^۱استاد، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

^۲دانشجویان دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۲

چکیده مبسوط

مقدمه

بررسی وضعیت اقلیمی در حوزه‌های آبخیز، نقش تعیین‌کننده‌ای در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب دارد. این در حالی است که تغییرات دما و بارش اثر زیادی بر روی دبی رودخانه‌ها، فرسایش خاک، نوسان سطح سفره‌های آب زیرزمینی و وقوع سیلاب‌ها به‌جا می‌گذارند. انجام پژوهش‌های مرتبط با تغییر اقلیم، به‌منظور آمادگی هرچه بیشتر برای مقابله با هزینه‌های خسارت‌بار ناشی از این تغییر بسیار ضروری است. بررسی مطالعات انجام گرفته در کشور نشان می‌دهد، مقیاس مطالعه در اکثر موارد در سطح محلی است و بررسی روند دبی متوسط سالانه و بزرگی آن به‌ویژه در سطح کشور مطالعه نشده است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف تعیین روند دبی متوسط سالانه و بزرگی آن در سطح کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، روند دبی متوسط سالانه در سطح کشور با لحاظ اثر سدها، با استفاده از روش من‌کندال و شیب‌سن انجام شده است. ابتدا، آمار تمامی ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در زیرحوضه‌های شش حوزه آبخیز بزرگ کشور از شرکت مدیریت منابع آب کشور دریافت شد. در نهایت، ۱۳۹ ایستگاه هیدرومتری با طول دوره آماری ۱۷ تا ۶۵ سال انتخاب شد. آمار این ایستگاه‌ها با اطلاعات موجود در ایستگاه‌های مجاور مقایسه و مقادیر مشکوک نیز کنترل شد. همگن بودن داده‌ها نیز با استفاده از آزمون توالی و بازسازی سال‌های فاقد آمار با استفاده از رگرسیون خطی از طریق استفاده از ایستگاهی با بالاترین ضریب همبستگی برای هر ایستگاه با آمار ناقص، انجام شد. در گام بعدی، بررسی روند دبی متوسط سالانه و بزرگی آن از آزمون‌های غیر پارامتریک من‌کندال و تخمین‌گر شیب‌سن در محیط نرم‌افزار XLSTAT انجام شد. پس از تعیین روند ایستگاه‌های مطالعاتی، نقشه توزیعی روند دبی جریان در سطح کشور مشتمل بر شش حوزه آبخیز بزرگ کشور در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.2 تهیه شد.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان داد، ۱۴ ایستگاه تحت تأثیر سد بوده‌اند که با این وجود، در ایستگاه‌های بدون دخالت سد، تعداد ۸۴ ایستگاه دارای روند کاهشی (۶۰ درصد)، شش ایستگاه روند افزایشی (پنج درصد) و ۳۵ ایستگاه (۲۵ درصد) دیگر نیز در سطح اطمینان ۹۵ درصد فاقد روند بودند. بررسی روند سری زمانی میانگین دبی سالانه در هر یک از شش حوزه آبخیز بزرگ کشور نیز نشان داد، ۸۰

درصد از ایستگاه‌های مطالعاتی در حوزه آبخیز خلیج فارس و دریای عمان دارای روند کاهشی بوده است، در حالی که به ترتیب ۲۰، ۱۰ و نه درصد از کل ایستگاه‌های مطالعاتی حوزه‌های آبخیز دریای خزر، فلات مرکزی و خلیج فارس و دریای عمان و نیز تمام ایستگاه‌های حوزه آبخیز مرزی شرق (هامون) فاقد روند بوده‌اند. در این بین، کل ایستگاه‌های مطالعاتی در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه و سرخس و ۶۸ درصد از ایستگاه‌های مطالعاتی در حوزه آبخیز دریای خزر از روند کاهشی برخوردار بوده‌اند.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش، نشان‌دهنده وجود روند کاهشی و معنی‌دار در غالب ایستگاه‌های مطالعاتی (۸۴ ایستگاه) بود. از همین رو، روند کاهشی ایستگاه‌های هیدرومتری در سطح کشور را می‌توان به کاهش بارش، افزایش دما و ظهور خشکسالی‌های طاقت‌فرسای ناشی از تغییرات اقلیمی و همچنین دخالت‌های انسانی از جمله افزایش بی‌رویه احداث سد‌ها و نیز تغییر کاربری غیراصولی ارتباط داد. با این حال، یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر، عدم لحاظ تغییرات اقلیمی و تغییرات کاربری اراضی و تعیین سهم هر کدام از عوامل مذکور در روند کاهشی و افزایشی ایستگاه‌های مذکور است. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند برای برنامه‌ریزان و سیاستمداران عرصه آب به جهت مدیریت منابع آب بسیار مفید و حائز اهمیت باشد.

واژه‌های کلیدی: آزمون غیرپارامتریک، تخمین گر شیب‌سن، دبی جریان، رواناب، من‌کندال

مقدمه

اقلیم، تاثیر مستقیم در شدت و توزیع بارش‌ها دارد که این به نوبه خود اثر زیادی بر روی دبی رودخانه‌ها، فرسایش خاک، نوسان‌های سطح سفره‌های آب زیرزمینی و وقوع سیل به جا می‌گذارد، انجام پژوهش‌های مرتبط با تغییر اقلیم برای آمادگی هر چه بیشتر برای مقابله با هزینه‌های خسارت‌بار ناشی از این تغییر بسیار ضروری است (Ghasabfeiz and Eslami, 2017). رودخانه‌ها از مهم‌ترین منابع آب‌های سطحی هستند که با توجه به محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی در ایران، بررسی روند دبی و بررسی روند کیفیت آب‌های سطحی برای مصارف شرب، صنعتی و کشاورزی اهمیت دارد و می‌تواند به مدیریت بهینه منابع آب کمک شایانی نماید (Rahimi et al., 2016). برای مدیریت بهتر منابع آب، اطلاع از تغییرات دبی رودخانه‌ها و عوامل ایجادکننده این تغییرات لازم است (Vafakhah et al., 2013). یکی از روش‌های متداول برای تحلیل سری‌های زمانی آب-هواشناسی^۱، بررسی وجود یا عدم وجود روند^۲ با استفاده از آزمون‌های

آماری است (Hejazizadeh et al., 2012). اصولاً وجود روند در سری‌های زمانی آب-هواشناسی ممکن است ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی باشد (Ghasabfeiz and Eslami, 2017).

تا کنون، روش‌های آماری متعددی برای تحلیل روند سری‌های زمانی^۳ ارائه شده است که می‌توان آن‌ها را در دو دسته کلی روش‌های پارامتریک و غیرپارامتریک تقسیم‌بندی نمود (Takeuchi and Ishidaira, 2003). مبنای کلیه این روش‌های آماری مطرح نمودن دو فرض صفر مبنی بر عدم وجود روند (H0) و فرض یک مبنی بر وجود روند (H1) و آزمون نمودن آن‌ها بر اساس روش‌ها و فنون خاص آماری است که در نهایت، منجر به رد و یا قبول آن مشاهده می‌شود (Hejazizadeh et al., 2012). به دلیل این که اکثر سری‌های هیدرولوژیکی از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کنند، این آزمون‌ها در این زمینه از کاربرد بیشتری برخوردارند. آزمون من‌کندال^۴ و تخمین شیب‌سن^۵ غیرپارامتریک بوده و روش آماری مناسبی برای اثبات وجود روند در سری‌های آب-

³ Time series

⁴ Mann-kendal

⁵ Sen's slope estimator

¹ Hydrometeorology

² Trend

هر دو مقیاس ایستگاهی و منطقه‌ای، روند کاهش‌ی را در شمال غرب تأیید کرد. در مقیاس منطقه‌ای، روند کاهش‌ی معنی‌دار در مناطق شمال غرب، نیمه مرکزی و جنوب غرب کشور، روند کاهش‌ی غیرمعنی‌دار در مناطق غربی ایران و روند افزایش‌ی غیرمعنی‌دار در مناطق شمالی و حاشیه دریای خزر مشاهده شد.

Ghasabfeiz and Eslami (2017)، به ارزیابی روند تغییرات بارندگی با روش من‌کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان در ۴۷ ایستگاه پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که شیب خط رگرسیون ایستگاه‌ها متغیر است. بیشتر ایستگاه‌های هواشناسی دارای روند منفی در مقدار بارندگی هستند و تنها دو ایستگاه دارای روند مثبت بارندگی است. (Yaghmaei et al., 2018).
روند دبی، دما و بارندگی در حوزه آبخیز قمرود را برای یک دوره ۳۷ ساله در مقیاس‌های زمانی ماهانه و سالانه مورد بررسی قرار دادند. تجزیه و تحلیل روند با استفاده از آزمون من‌کندال، منحنی جرم مضاعف میانگین دبی سالانه در برابر بارندگی و رابطه بارندگی و رواناب قبل و بعد از عملیات سد ۱۵ خرداد انجام شد. نتایج نشان داد که دما در ایستگاه‌های بالادست و پایین‌دست، روند قابل‌توجهی ندارد، اما روند کاهش‌ی قابل‌توجهی در بارندگی در ماه می در ایستگاه‌های پایین‌دست مشاهده شد. در ایستگاه‌های بالادست و در ماه اکتبر، نوامبر، فوریه و جولای روند افزایش‌ی در مقدار بارندگی مشاهده شد.

Adab et al., (2018)، در پژوهشی به تحلیل جریان رودخانه کارون در سه مقیاس زمانی روزانه، ماهانه و فصلی با استفاده از شاخص‌های نظریه آشوب پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد، در مقیاس ماهانه، دبی جریان رودخانه آشوبناک و قابل‌پیش‌بینی است در صورتی‌که در مقیاس‌های روزانه و فصلی، رفتار جریان تصادفی و غیرقابل‌پیش‌بینی است. (Akter et al., 2019).
مطالعه‌ای در بنگلادش نسبت به بررسی تغییرات بارش و دبی رودخانه سورما و رابطه بین آن‌ها اقدام نمودند. این مطالعه بر تأثیر مؤلفه‌های آب و هوایی (بارندگی) بر ویژگی‌های آبی رودخانه تأکید دارد. بررسی روند با

هواشناسی هستند (Abaspoor and Torabipodeh, 2015). به دلیل اهمیت موضوع، دانشمندان در سراسر جهان پژوهش‌های بسیاری در زمینه سری‌های زمانی انجام داده‌اند. (Zhang et al., 2007)، روند تغییرات ۱۱ متغیر آب-هواشناسی در ۲۴۳ ایستگاه هیدرومتری را در حوزه‌های آبخیز کانادا با طول دوره آماری ۳۰ تا ۵۰ سال و پس از حذف اثر خودهمبستگی داده‌ها با استفاده از آزمون من‌کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که میانگین سالانه جریان رودخانه‌ها در منطقه مورد پژوهش به‌ویژه مناطق جنوبی کانادا، دارای روند منفی معنی‌دار است.

Onyutha et al., (2015)، به بررسی روند تغییرات بارش در حوزه رودخانه نیل در آفریقا پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد، در منطقه استوایی روند بارش سالانه دارای روندی افزایش‌ی بوده است، در حالی‌که روندهای کاهش‌ی معنی‌داری در ۶۹ درصد از ایستگاه‌های واقع در کشورهای سودان، اتیوپی و مصر مشاهده شد. (Abaspoor and Torabipodeh (2015).
به تحلیل روند تغییرات جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری استان آذربایجان غربی در دو مقیاس فصلی و سالانه با استفاده از آزمون‌های آماری پرداختند و تأثیر ضریب خودهمبستگی بر روند تغییرات جریان را مورد بحث قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که در مقیاس سالانه، یک ایستگاه دارای روند منفی معنی‌دار در سطوح یک درصد و یک ایستگاه دارای روند منفی معنی‌دار در سطح پنج درصد است که بیانگر کاهش آبدهی در ایستگاه‌های مذکور است.

همچنین، (Nazeri Tahrudi et al., 2016)، به بررسی روند داده‌های مقدار بارش سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک ۳۱ استان در ایران در دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۱ پرداختند. جهت بررسی روند پارامتر مذکور در مقیاس منطقه‌ای، ابتدا با استفاده از خوشه‌بندی فازی، ایستگاه‌های مورد مطالعه به پنج منطقه تقسیم و شماره‌گذاری شدند. سپس، با استفاده از آماره کندال منطقه‌ای، روند تغییرات پارامتر مورد نظر در پنج منطقه و در سطح ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج روند در

تخمین‌گر شیب‌سن است که برای اولین بار در مقیاس ملی انجام شد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه این پژوهش، کل ایران به وسعت ۱۸۷۳۹۵۹ کیلومتر مربع است که بین مختصات جغرافیایی ۲۵° تا ۴۰° عرض شمالی و ۴۴° تا ۶۳° طول شرقی واقع شده است (شکل ۱).

ایران دارای شش حوزه آبخیز اصلی یا درجه یک مشتمل بر ۳۰ حوزه آبخیز فرعی یا درجه دو است. در همین راستا، در ابتدا آمار تمامی ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در زیرحوضه‌های درجه یک کشور از سایت تماب دریافت شد. سپس، تعداد ۱۳۹ ایستگاه نهایی و اطلاعات ارائه شده دبی سالانه با مقایسه اطلاعات موجود در ایستگاه‌های مجاور مورد بررسی قرار گرفته و مقادیر مشکوک کنترل و در صورت لزوم تصحیح شد.

در این پژوهش، آمار سالانه ۱۳۹ ایستگاه هیدرومتری مربوط به وزارت نیرو با طول دوره آماری ۱۷ تا ۶۵ سال استفاده شد. در همین راستا، همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون توالی^۱ و بازسازی سال‌های فاقد آمار به روش رگرسیون از طریق استفاده از ایستگاه با بالاترین ضریب همبستگی برای هر ایستگاه با آمار ناقص انجام شد. برای بررسی روند سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی تبعیت نمی‌کنند، روش‌های آزمون من‌کندال و شیب‌سن می‌توانند مناسب باشند و لذا، تحلیل‌های مورد نظر با استفاده از روش گرافیکی آزمون‌های غیرپارامتریک من-کندال و تخمین شیب‌سن در محیط نرم‌افزار XLSTAT انجام پذیرفت.

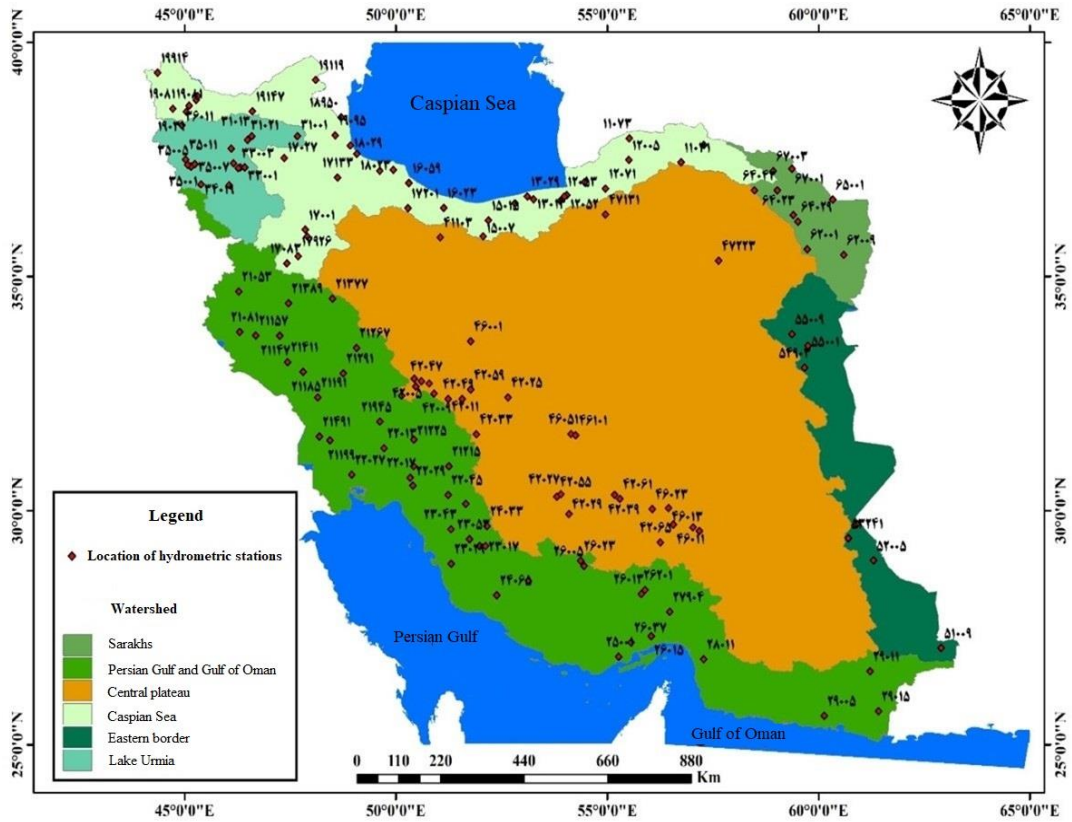
سپس، نقشه‌های مربوط به چگونگی تغییرات روند سری‌های زمانی دبی جریان در سطح کشور مشتمل بر ۳۰ حوزه آبخیز درجه دو، در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.2 تهیه شد.

استفاده از آزمون روند نشان داد، در طول دوره مطالعاتی بارندگی به‌میزان ۱/۵۳ میلی‌متر و جریان رودخانه به‌میزان ۱/۵۱ کاهش یافته است. Ebrahimpzadeh and Malekian (2019)، به تحلیل روند دبی ماهانه و سالانه نوار ساحلی شمال کشور پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد، بیشترین روند کاهشی، در ایستگاه شیرگاه-تالار و روند افزایشی در ایستگاه هوتبرد وجود دارد.

همچنین، Sourinejad (2020) در پژوهشی به ارزیابی اثر تغییر اقلیم در بر منابع آب سطحی تجدیدپذیر ۳۰ حوزه آبخیز کشور پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد، روند بارندگی بلندمدت همه حوضه‌ها منفی بوده و میانگین حجم جریان‌های سطحی تجدیدپذیر بیست سال اخیر نسبت به میانگین پنجاه سال بین ۱۳- تا ۶۱- درصد، کاهش یافته‌است. Das and Banerji (2021)، در پژوهشی روند و تغییرات ناگهانی جریان فصلی و بار رسوبی حوضه‌های Subarnarekha و Burhabalang طی ۴۰ سال گذشته (۲۰۱۳-۱۹۷۲) را با استفاده از آزمون‌های Man-Kendall و Pettitt مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. از داده‌های روزانه سری زمانی، برای اندازه‌گیری میزان تخلیه فصلی و بار رسوب استفاده شد. نتایج حاکی از کاهش معنی‌دار دبی آب در بالادست در تمام فصول سال بود. در مدت زمان پیش از مونسون، در ۴۰ سال گذشته افزایش قابل توجهی در دبی پایین دست و روند منفی قابل توجهی در بار رسوب مشاهده شد. کاهش قابل توجه بار رسوب احتمالاً تحت تاثیر افزایش فعالیت‌های انسانی بدون در نظر گرفتن فصول خاص است.

بررسی پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد، مقیاس مطالعه در اکثر موارد در سطح محلی بوده و بررسی روند و بزرگی دبی در مقیاس سالانه به‌ویژه در سطح ملی انجام نشده است. لذا، هدف اصلی در این پژوهش تعیین روند و بزرگی دبی متوسط سالانه برای کل کشور، با استفاده از روش غیرپارامتری من‌کندال و

¹ Runs test



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در سطح کشور
 Fig 1. Location of studied hydrometric stations in the country

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad (2)$$

که در آن‌ها، n تعداد جملات سری، x_j داده j ام سری و x_k داده k ام سری است. سپس، واریانس با توجه به مقدار n از رابطه‌های (۳) و (۴) محاسبه شد.

$$\operatorname{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n i(i-1)(2i+5)}{18} \quad (n > 10) \quad (3)$$

$$\operatorname{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (n \leq 10) \quad (4)$$

که در آن، n تعداد داده‌ها، m تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است که در این مرحله، آماره z آزمون من‌کندال از رابطه (۵) و (۶) استخراج می‌شود:

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (5)$$

چنانچه رابطه (۶) برقرار باشد، فرض صفر پذیرفته می‌شود.

$$|z| \leq \alpha/2 \quad (6)$$

آزمون من‌کندال: آزمون من‌کندال، یکی از آزمون‌های غیرپارامتریک در تحلیل روند سری‌های زمانی است. همانند سایر آزمون‌های آماری، این آزمون نیز بر مبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و در نهایت، در مورد پذیرش یا رد فرض صفر، تصمیم‌گیری می‌نماید. فرض صفر این آزمون، به مفهوم تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها بوده و فرض یک (رد فرض صفر)، به مفهوم وجود روند در سری داده‌ها است. آزمون من‌کندال به دو صورت روش محاسباتی و روش گرافیکی تجزیه و تحلیل می‌شود. در این روش، برای محاسبه آماره مورد نظر، ابتدا اختلاف بین تک تک جملات سری با یکدیگر تعیین شده و سپس از رابطه (۱)، تابع علامت sgn به دست می‌آید که در ادامه پارامتر s از رابطه (۲) برآورد شد.

$$\operatorname{sgn} = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$C_{\alpha} = Z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\text{var}(s)} \quad (8)$$

که در آن، Z آماره توزیع استاندارد است که بسته به سطح اطمینان در نظر گرفته شده برای آزمون، مقادیر مختلفی را به خود اختصاص می‌دهد، برای مثال، Z در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد، به ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۲/۵۸ است. سپس، با استفاده از رابطه‌های (۹) و (۱۰)، حدود اطمینان پایین (MI) و بالا ($M2+I$) محاسبه می‌شوند.

$$MI = \frac{N' - C_{\alpha}}{2} \quad (9)$$

$$M2 = \frac{N' + C_{\alpha}}{2} \quad (10)$$

که در آن‌ها، N' تعداد کل شیب‌های به‌دست آمده است. در انتها، شیب‌های MI و $M2+I$ استخراج شد و چنانچه عدد صفر در دامنه دو شیب اشاره شده قرار گیرد، فرض صفر پذیرفته شده و عدم وجود روند در سری داده‌ها مورد تأیید قرار گرفته است. اگر عدد صفر در دامنه دو شیب قرار نگیرد، فرض صفر رد شده و وجود روند در داده‌ها در سطح اطمینان مورد آزمون، پذیرفته شده است.

نتایج و بحث

نتایج بررسی روند در مقیاس سالانه در ۱۳۹ ایستگاه هیدرومتری بدون دخالت سد در شش آبخیز بزرگ کشور در جدول ۱ ارائه شده است.

که در آن، α سطح معنی‌داری در نظر گرفته شده برای آزمون است و آزمون فوق برای سطوح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد انجام می‌شود. چنانچه آماره Z مثبت شود، روند سری زمانی صعودی است و در صورت منفی شدن آن، روند نزولی خواهد شد.

آزمون شیب‌سن: اساس این روش نیز مانند روش من کندال بر تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی قرار داده شده است. در این روش، شیب بین هر جفت داده در سری زمانی مورد نظر محاسبه و میانه سری شیب‌ها استخراج می‌شود و سپس، معنی‌دار بودن شیب نهایی به کمک رابطه‌های (۷ تا ۱۰) بررسی می‌شود.

ابتدا شیب هر جفت داده از رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$Q = \frac{X_i - X_j}{i - j} \quad (7)$$

که در آن، X_i و X_j به ترتیب داده مشاهده‌ای در زمان i و j است.

با به‌کارگیری رابطه (۷)، برای هر دو جفت داده، یک سری زمانی به‌دست می‌آید و سپس، میانه سری شیب‌های به‌دست آمده که در واقع شیب خط روند است (Qmed)، محاسبه می‌شود. اگر Qmed مثبت شود، روند صعودی و در صورت منفی شدن آن روند نزولی خواهد بود. در مرحله بعد، شیب به‌دست آمده در محدوده اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد، از رابطه (۸) مورد آزمون قرار می‌گیرد.

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمون من کندال در سطح احتمال پنج درصد برای ایستگاه‌های هیدرومتری کشور

Table 1. The results of the Mann-Kendall test at the five percent probability level for the country's hydrometric stations

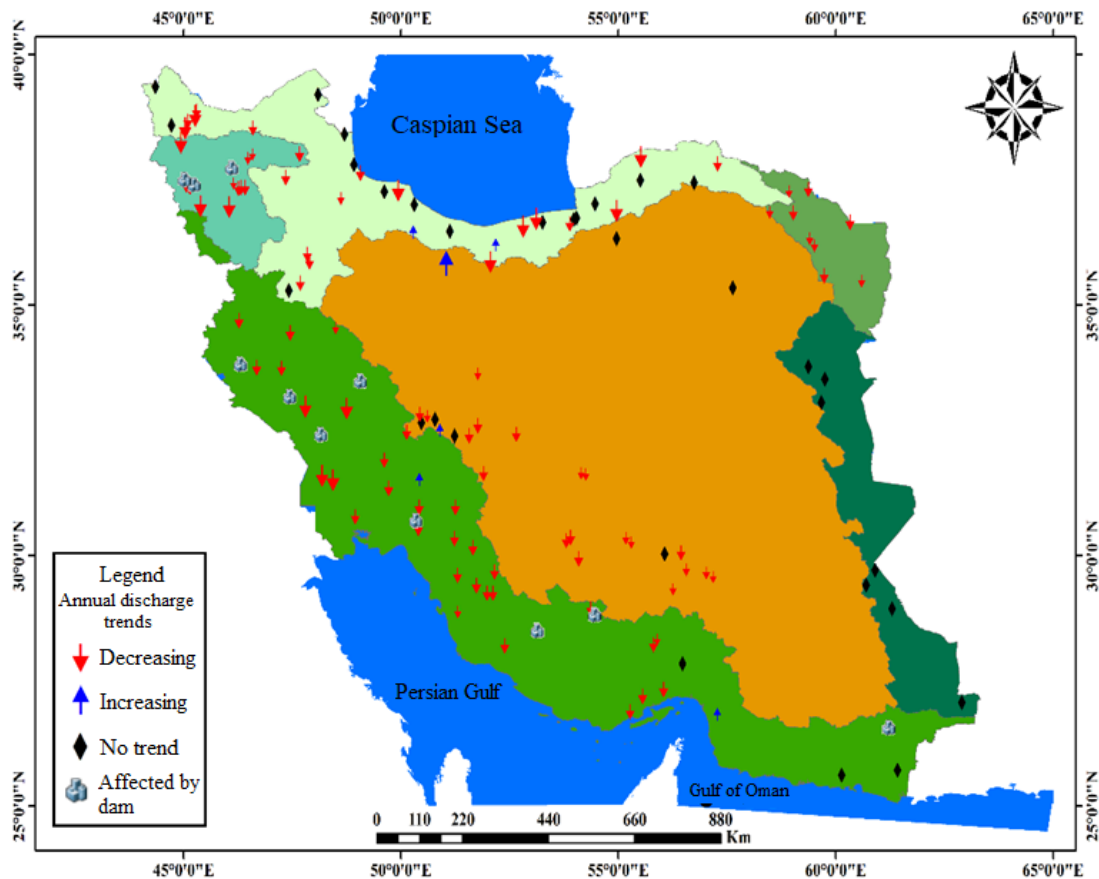
Station code	Period of time (Year)	Sen's slope	Trend status	Station code	Period of time (Year)	Sen's slope	Trend status
11031	33	-0.0038	No trend	19043	43	-0.0052	Decreasing
11073	38	-0.2198	Decreasing	19081	41	0.0001	No trend
12005	46	-0.0056	No trend	19119	25	-0.0030	No trend
12037	65	-0.0674	No trend	19147	27	-0.0400	Decreasing
13052	32	0.0005	No trend	19914	26	0.0140	No trend
12053	47	0.0006	No trend	21053	29	-0.0036	Decreasing
12071	27	-0.0675	Decreasing	21147	57	-0.0333	Decreasing
13005	37	-0.0257	Decreasing	21157	36	-0.0117	Decreasing
13013	34	-0.0687	No trend	21185	61	-0.0733	Decreasing
13029	47	-0.1490	Decreasing	21199	67	-0.0733	Decreasing
14007	63	-0.0572	Decreasing	21215	46	-0.2560	Decreasing
15007	59	-0.2366	Decreasing	21225	49	0.0577	Increasing
15015	47	0.0421	Decreasing	21291	39	-0.0592	Decreasing
16023	59	-0.0016	No trend	21377	33	-0.0003	Decreasing
16059	58	-0.0320	No trend	21389	39	-0.0042	Decreasing
17001	41	-0.0067	Decreasing	21411	31	-0.1349	Decreasing
17007	54	-0.0068	Decreasing	21491	32	-0.0643	Decreasing
17053	41	-0.0068	Decreasing	21945	28	-0.0079	Decreasing
17057	35	-0.0221	No trend	22013	61	-0.0039	Decreasing
17083	32	-0.1160	Decreasing	22015	48	-0.0095	Decreasing

ادامه جدول ۱
Table 1 Continued

Station code	Period of time (Year)	Sen's slope	Trend status	Station code	Period of time (Year)	Sen's slope	Trend status
17133	26	0.0000	Decreasing	22027	51	-0.0418	Decreasing
17201	28	0.0000	Decreasing	22029	61	-0.0040	Decreasing
17926	29	0.0079	No trend	22037	49	-0.0129	Decreasing
18023	41	-0.0046	Decreasing	22045	56	-0.0043	Decreasing
18950	23	-0.0290	Decreasing	18029	59	-0.0185	No trend
19039	42	-0.0225	No trend	19031	52	-0.1220	Decreasing
23017	38	-0.3113	Decreasing	35001	43	-0.0012	Decreasing
23019	42	-0.0128	Decreasing	35005	60	-0.0037	Decreasing
23029	42	-0.0010	Decreasing	36011	42	-0.2817	Decreasing
26013	28	-0.0004	Decreasing	41103	69	14.8800	No trend
26015	44	-0.0312	Decreasing	42001	42	-0.0080	Decreasing
26023	19	-0.0064	Decreasing	42003	46	0.0000	Increasing
26037	34	-0.0031	Decreasing	42005	48	-0.0030	Decreasing
26201	32	-0.0046	Decreasing	42007	48	0.0010	No trend
27904	50	-0.0011	Decreasing	42009	69	0.0210	Increasing
28011	36	-0.0024	Decreasing	42011	69	-0.0020	No trend
29015	30	-0.0009	Decreasing	42025	66	-0.0010	Decreasing
31001	31	-0.0013	Decreasing	42027	37	-0.0010	Decreasing
31013	27	-0.0003	Decreasing	42029	36	-0.0010	Decreasing
31021	31	0.3300	No trend	42033	35	-0.0010	Decreasing
32005	34	0.6500	Increasing	42039	28	0.0000	No trend
32011	33	0.0005	Increasing	42047	39	-0.0004	Decreasing
33001	42	0.0000	No trend	42049	38	-0.0400	Decreasing
23043	46	-0.0006	Decreasing	42055	36	-0.0005	Decreasing
23053	46	-0.0005	Decreasing	42059	32	-0.029	Decreasing
24033	40	-0.0004	Decreasing	42061	27	0.0000	No trend
24065	42	-0.0003	Decreasing	42065	28	-0.0001	Decreasing
25001	40	-0.0006	Decreasing	46001	39	-0.0002	Decreasing
33003	42	-0.0006	Decreasing	46003	57	-0.0001	Decreasing
33037	52	-0.0024	Decreasing	46005	52	-0.0002	Decreasing
34019	51	-0.1238	Decreasing	46011	58	-0.0002	Decreasing
46013	38	-0.1772	Decreasing	46023	36	-0.0001	No trend
46051	26	-0.0010	Decreasing	46101	26	0.0000	No trend
47131	33	0.0000	No trend	62009	34	-0.0001	Decreasing
47223	26	0.0400	No trend	64003	44	-0.0005	Decreasing
51009	21	0.0300	No trend	64023	41	-0.0001	Decreasing
52005	32	0.0000	No trend	64029	66	-0.0001	Decreasing
53013	22	0.0000	No trend	64043	35	0.0000	Decreasing
53241	19	0.0000	No trend	65001	34	-0.0006	Decreasing
54903	26	0.0000	No trend	67001	45	-0.0008	Decreasing
55001	32	0.0000	No trend	67003	40	-0.0001	Decreasing
55009	35	0.0000	No trend	11027	44	-0.0196	Decreasing

ایستگاه در بین ایستگاه‌های مورد بررسی دارای روند افزایشی است. از همین‌رو، نتایج پژوهش حاضر می‌تواند تا حدود زیادی هم راستا با نتایج Alijani et al., (2012)، مبنی بر تجمع ایستگاه‌های دارای روند کاهش در مقدار بارش سالانه در قسمت‌های غرب، شمال غرب و شرق کشور باشد.

با توجه به توزیع مکانی روند ایستگاه‌های مورد مطالعه که در شکل ۲ ارائه شده است، می‌توان دریافت که غالب ایستگاه‌های واقع در شمال، شمال غربی، غرب، جنوب غرب و مرکز کشور، دارای روند کاهش و غالب ایستگاه‌های واقع در شرق و بخشی از ایستگاه‌های واقع در شمال کشور فاقد روند بوده است. در صورتی که روند افزایشی، توزیع مکانی مشخصی نداشته و فقط هفت



شکل ۲- توزیع مکانی روند ایستگاه‌های هیدرومتری در شش آبخیز بزرگ کشور
 Fig 2. Spatial distribution of the trend of hydrometric stations in six large watersheds of the country

کشاورزی و تبدیل باغات انگور به اراضی باغی سیب در سطح حوزه آبخیز دریاچه ارومیه (Hesami and Amini, Fathian et al., 2016)، کاهش بارش و افزایش دما (Fathian et al., 2016; Nazeri Tahrudi et al., 2016)، روند کاهشی فراوانی بارندگی‌های با مقدار بیشتر از ۱۵ میلی‌متر و روند افزایشی فراوانی بارندگی‌های با مقدار کمتر از پنج میلی‌متر (Salehi Babil et al., 2018) اشاره کرد.

نتایج حاصل از تفکیک ایستگاه‌های مورد مطالعه به حوزه‌های آبخیز بزرگ کشور نشان می‌دهد که در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه از بین ۱۵ ایستگاه مورد بررسی، سه ایستگاه (جدول ۲) تحت تأثیر سد و مابقی ایستگاه‌ها تحت تأثیر سد نیستند. از همین روی، بررسی روند ۱۳ ایستگاه مذکور نشان داد که این ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی بوده است که از دلایل مهم آن می‌توان به افزایش مصرف آب به دلیل افزایش اراضی

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون من‌کنдал در سطح احتمال پنج درصد برای ایستگاه‌های تحت تأثیر سد

Table 2. The results of the Mann-Kendall test at the five percent probability level for the stations affected by the dam

Station code	Name of station	Name of watershed	Sen's slope		Trend status	
			Before construction	After construction	Before construction	After construction
19-095	Neor		0.00000	-0.00100	Trending	Decreasing
19-020	Khoda Afarin	Caspian Sea	-4.23900	-8.14000	Decreasing	Decreasing
19-807	Jolfa		-13.85000	-19.47000	Decreasing	Decreasing
35-011	Urmia Dam		-1.05000	-2.50000	No trend	Decreasing
35-007	Yalguj Aghaj	Lake Urmia	-3.18000	-6.19000	Decreasing	Decreasing
31-037	Ghermezizol		-1.45000	-2.02000	No trend	Decreasing

ادامه جدول ۲
Table 2 Continued

Station code	Name of station	Name of watershed	Sen's slope		Trend status	
			Before construction	After construction	Before construction	After construction
22-017	Gor Gor		0.00556	-0.02500	No trend	Decreasing
24-019	Tang e Karezin		-0.00644	0.00478	Decreasing	Decreasing
26-005	Gozon		-0.00235	-0.00235	Decreasing	Decreasing
21-081	Eyvan	Persian Gulf and Gulf of Oman	-0.00043	-0.00042	Decreasing	Decreasing
21-191	Pay e Pol		-0.08063	-0.06782	Decreasing	Decreasing
21-267	Dorod-Tire		-0.00439	-0.00436	Decreasing	Decreasing
21-411	Nazar Abad		-0.13478	-0.14563	Decreasing	Decreasing
29-011	Pirdan		0.00300	0.00100	Increasing	Increasing

تحت تأثیر سد بوده‌اند. در همین ارتباط، ایستگاه‌های خداآفرین، نئور و جلفا در هر دو دوره قبل و بعد از احداث سد دارای روند کاهشی بوده‌اند. از سوی دیگر، در ایستگاه‌هایی که تحت تأثیر سد نبوده‌اند، ۷۲ درصد ایستگاه‌ها روند کاهشی، ۱۹ درصد ایستگاه‌ها فاقد روند و نه درصد ایستگاه‌ها روند افزایشی دارند. علت روند کاهشی در ایستگاه‌های مطالعاتی را می‌توان افزایش دما و کاهش بارندگی در بخش شرقی حوزه آبخیز دانست که تأثیری از افزایش گازهای گلخانه‌ای در سطح منطقه‌ای و جهانی است که نتایج به‌دست آمده با نتایج Pirnia et al., (2015) مطابقت دارد.

در این پژوهش که تغییرات دما و بارندگی در سواحل جنوبی دریای خزر بررسی شده است، نتایج ثابت نمود که دما در تمام ایستگاه‌های حوزه آبخیز خزر به‌جز ایستگاه گرگان افزایشی و بارندگی هم در ایستگاه‌های مختلف، تغییرات متفاوتی را داشته است و این شرایط می‌تواند تأثیری از افزایش گازهای گلخانه‌ای در سطح محلی، منطقه‌ای و جهانی و همچنین فاصله از منبع عظیم آبی دریای خزر باشد. از سوی دیگر، بررسی ایستگاه‌های حوزه آبخیز خلیج فارس و دریای عمان نشان می‌دهد که از مجموع ۴۳ ایستگاه مورد بررسی، ۱۲ ایستگاه تحت تأثیر سد هستند.

در همین ارتباط، ایستگاه‌های گوزون، شاه‌گذر، جوکنک، تنگ کارزین، ایوان و پای‌پل در دوره قبل و بعد از احداث سد، دارای روند کاهشی بوده‌اند. همچنین، ایستگاه گرگر قبل از احداث سد، فاقد روند و بعد از احداث سد دارای روندی کاهشی است. از سوی دیگر، در

بررسی‌ها نشان داد، سه ایستگاه بند ارومیه، قرمزیکل و یالقوج آغاج تحت تأثیر سد بوده است. ایستگاه‌های بند ارومیه و قرمزیکل قبل از احداث سد فاقد روند بوده است، در صورتی که بعد از احداث سد، ایستگاه‌های مذکور روند کاهشی دارند. از سوی دیگر، ایستگاه یالقوج آغاج اگرچه قبل از احداث سد دارای روند کاهشی بوده است (آماره Z ۳/۱۸-) اما بعد از احداث سد نیز روند کاهشی معنی‌داری (آماره Z ۶/۱۹-) در مقدار دبی متوسط سالانه ایستگاه یالقوج آغاج مشاهده می‌شود. از آنجا که در ۲۸ ورودی مهم دریاچه ارومیه، ۳۲ سد بزرگ با اهداف مختلف از جمله توسعه کشاورزی احداث شده است، از همین روی، این امر باعث توسعه اراضی کشاورزی و مصرف چند برابری آب در بخش کشاورزی شده است که با نتایج Hessari et al., (2019) هم‌خوانی دارد. آن‌ها گسترش سدسازی و مهار بخشی از آب‌های سطحی توسط مخازن سدها و اطمینان از وجود آب در سطح حوضه را عاملی برای توسعه اراضی کشاورزی و روند کاهشی جریان در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه قلمداد می‌کنند.

همچنین، Hassanzadeh et al., (2012) نیز ۲۵ درصد مشکلات مربوط به دریاچه ارومیه را به مهار آب‌های سطحی توسط چهار سد مخزنی بزرگ شامل نهند، علویان، مهاباد و شهید کاظمی بوکان ارتباط می‌دهند.

بررسی روند ایستگاه‌های هیدرومتری انتخاب شده (۳۸ ایستگاه) در حوزه آبخیز دریای خزر نشان داد که پنج ایستگاه خداآفرین، نئور، جلفا، آستانه و کوهسار

خطی در سری‌های زمانی دما و بارش سالانه در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه، افزایشی است.

تحلیل داده‌های دبی ۲۵ ایستگاه هیدرومتری در فلات مرکزی ایران و در چهار حوزه آبخیز کوچک سیاه کوه، دره انجیر، ابرقو-سیرجان و گاوخونی در بازه زمانی ۲۶ تا ۶۹ سال نشان داد، به جز چهار ایستگاه که اکثریت آن‌ها در محدوده گاوخونی قرار دارند، مابقی دارای روند هستند. لازم به ذکر است، در بین ایستگاه‌های مطالعاتی فقط ایستگاه سد تنظیمی تحت تأثیر سد قرار دارد، با این حال دوره آماری انتخاب شده برای ایستگاه مذکور بعد از احداث سد بوده است. بر همین اساس، نتایج شیب‌سن نشان داد، ایستگاه‌های پل زمانخان و سد تنظیمی دارای شیب مثبت و پنج ایستگاه دیگر فاقد شیب و مابقی دارای شیب منفی هستند. از سوی دیگر، بازه شیب در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی در چهار زیرحوضه مذکور بین $-0/04$ تا $0/02$ است که در سطح احتمال $0/05$ معنی‌دار است.

در همین ارتباط، نتایج پژوهش‌های Alijani et al., (2012) و Nazeri Tahrudi et al., (2016) نشان می‌دهد روند بارش در محدوده مذکور کاهش یافته است. طی دهه‌های اخیر، میزان بارش باران روند کاهشی داشته و میزان دمای هوا در بلندمدت افزایش یافته که نسبت بارش برف به بارش کل کاهش چشمگیر داشته است. نتایج پژوهش ذکرشده، تغییرات اقلیمی را دلیلی بر ناپایداری منابع آب در این حوضه می‌داند. پس، با توجه به اقلیم و روند کاهشی بارش و همچنین عدم وجود رودخانه‌های دائمی در قسمت اعظم فلات مرکزی ایران، اکثر ایستگاه‌ها فاقد روند و شیب‌سن در آن‌ها اعدادی بسیار کوچک و قابل چشم‌پوشی است.

تحلیل نتایج حاصل از بررسی روند در حوزه آبخیز قره‌قوم نشان می‌دهد که تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی (نه ایستگاه) دارای روند کاهشی هستند. Babaeian et al., (2013)، کاهش دبی در برخی از ایستگاه‌های مورد مطالعه را به برنج‌کاری بعد از سال ۱۳۶۶ در بسیاری از زیرحوضه‌های پایین‌دست ایستگاه‌های مذکور این منطقه نسبت داده‌اند. همچنین، احداث سدهای مختلف از جمله

ایستگاه نظرآباد روند جریان سالانه در دوره بعد از احداث سد افزایشی است. نتایج شیب‌سن نشان‌دهنده، شیب مثبت در ایستگاه‌های بارز (استان چهارمحال و بختیاری و حوزه آبخیز کارون) و ایستگاه بهبهان-تنگ‌تکاب، و مابقی ایستگاه‌ها دارای شیب منفی هستند که بیانگر کاهش دبی در ایستگاه‌های مورد بررسی است. بازه شیب در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی در حوزه آبخیز مذکور $-0/135$ تا $0/65$ است که در سطح احتمال $0/05$ ، معنی‌دار است.

نتایج پژوهش‌های Balyani et al., (2015) نشان می‌دهد، در چهار زیرحوضه جراحی و زهره، مند، کاریان و خنج، کل-مهران روند افزایشی دما در منطقه و همچنین، روند کاهشی میزان بارندگی بر کاهش دبی تا حدودی تأثیر گذاشته است. همچنین، نتایج Moradi et al., (2017) نشان داد که در بیش از ۵۰ درصد از ایستگاه‌ها، رواناب روند کاهشی داشته است که این کاهش عمدتاً در ایستگاه‌های بخش مرکزی، حوزه آبخیز بندرعباس-سدیج و کل-مهران دیده می‌شود. در مقابل، در بیش از ۹۰ درصد از ایستگاه‌ها، روند شدت بارش افزایشی و مدت بارش کاهشی است. بنابراین، یکی از عوامل تأثیرگذار بر آبدی جریان، تغییر الگوی بارش، یعنی کاهش تناوب بارش و افزایش شدت آن است.

از سوی دیگر، در پژوهشی Hejazizadeh et al., (2012) با استفاده از گردش عمومی جو ($AOGCM^1$) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر سیلاب در حوزه آبخیز بختیاری پرداختند. نتیجه پژوهش آن‌ها نشان داد، با وجود کاهش بارش در سال‌های آینده، بارش‌های حدی در حوزه آبخیز مذکور با شدت بیشتری نسبت به دوره پایه رخ خواهند داد که این امر نشان‌دهنده افزایش وقوع سیلاب‌ها در دوره آتی خواهد بود. از همین روی، حوزه آبخیز کارون یکی از زیرحوضه‌های مهم خلیج فارس و دریای عمان از نظر منابع آب بوده است و شواهد گسترده‌ای مبنی بر وجود تغییر اقلیم در این حوزه آبخیز وجود دارد. با این حال، طبق پژوهش Zohrabi et al., (2013)، روند

¹ Atmosphere-Ocean General Circulation Model

را پوشش می‌دهد، نقش خشکسالی‌های طاقت‌فرسا در طی چند دهه اخیر را نمی‌توان نادیده گرفت. از این‌رو، بارندگی در اکثر ایستگاه‌ها کاهش یافته و به تبع آن دبی در رودخانه نیز کاهش داشته است. به طوری که در ۹۵ ایستگاه روند کاهشی بوده و تنها شش ایستگاه با روند افزایشی همراه بوده است.

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که غالب رودخانه‌های کشور روند کاهشی دبی را از خود نشان می‌دهند. از همین روی، روند کاهشی ایستگاه‌های هیدرومتری در سطح کشور را می‌توان به کاهش بارش، افزایش دما و ظهور خشکسالی‌های طاقت‌فرسا ناشی از تغییرات اقلیمی و همچنین، دخالت‌های انسانی از جمله افزایش بی‌رویه احداث سدها و نیز تغییر کاربری اراضی غیراصولی ارتباط داد. با این حال، یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر، عدم لحاظ تغییرات اقلیمی و تغییرات کاربری اراضی و تعیین سهم هر کدام از عوامل مذکور در روند کاهشی و افزایشی ایستگاه‌های ذکر شده است. بر همین اساس، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، کمی کردن تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی در روندهای کاهشی و افزایشی جریان رودخانه‌ها در مقیاس ملی و منطقه‌ای انجام شود. نتایج پژوهش حاضر، می‌تواند برای برنامه‌ریزان و سیاستمداران عرصه آب به جهت مدیریت منابع آب بسیار مفید و حائز اهمیت باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از شرکت مدیریت منابع آب ایران، به‌دلیل در اختیار قرار دادن داده‌های این پژوهش، صمیمانه تشکر نمایند.

درونگر و تغییرات کاربری اراضی گسترده را می‌توان دلایلی از کاهش دبی در آبخیز قره‌قوم دانست (Jahedi Babaeian et al., and Ghorbani, 2015). با این حال، (2013) با بررسی روند ایستگاه مهم درگز به این نتیجه رسیدند که در مقیاس فصلی و سالانه هیچ‌گونه روند کاهشی یا افزایشی در سری زمانی بارش و دمای ایستگاه مذکور مشاهده نمی‌شود. در همین راستا، Vafakhah et al., (2013) نیز در پژوهشی به تحلیل روند بارندگی و دبی در حوزه آبخیز کشف‌رود پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد، مقدار بارندگی در پنج ایستگاه روند افزایشی و در هشت ایستگاه روند کاهشی دارد. با این وجود، در هیچ‌یک از ایستگاه‌های مورد بررسی، مقدار دبی روندی افزایشی نداشته است و فقط دو ایستگاه بدون روند، و مابقی ایستگاه‌ها روند کاهشی از خود نشان دادند.

از همین روی، آن‌ها احداث سد و افزایش جمعیت و افزایش اراضی کشاورزی و استفاده بیشتر آب‌های جاری توسط کشاورزان را از دلایل اصلی کاهش دبی در منطقه کشف‌رود اعلام کردند. روند دبی‌های سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه آبخیز مرزی شرق نیز نشان می‌دهد که تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی هیچ‌گونه روند کاهشی یا افزایشی نداشته و فاقد روند هستند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش، با هدف تعیین روند دبی متوسط سالانه و بزرگی آن‌ها در شش حوزه آبخیز اصلی کشور انجام شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، می‌توان بیان کرد که با وجود رژیم بارندگی پاییزه که اکثر نقاط کشور

منابع مورد استفاده

- Abaspoor, B. and H. Torabipodeh. 2015. Trend analysis of river discharge changes and the impact of auto-correlation coefficient on flow variation trend of Western Azerbaijan Province rivers. *Quarterly Journal on Water Engineering*, 3(2): 157-164 (in Persian).
- Adab, F., H. Karami, H.S. Mousavi and S. Farzin. 2018. Application of chaos theory in modeling and analysis of river discharge under different time scales, case study: Karun River. *Physical Geography Research Quarterly*, 50(3): 443-457 (in Persian).
- Akter, S., M.F. Howladar, Z. Ahmed and T.R. Chowdhury. 2011. The rainfall and discharge trends of Surma River area in North-eastern part of Bangladesh: an approach for understanding the impacts of climatic change. *Environmental Systems Research*, 8(1): 1-12.

- Alijani, B.b., P. Mahmoudi and J. Chogana. 2012. A study of annual and seasonal precipitation trends in Iran using a nonparametric method (Sen's slope estimator). *Journal of Climate Research*, 3(9): 23 (in Persian).
- Babaeian, I., M. Zarghami, M. Koochi, O. Babaeian, M. Karimian and R. Modirian. 2013. Water resources assessment over Gharaghom Catchment under climate change, case study of Daregaz Sub-basin. *Journal of Water and Soil*, 27(5): 907-918 (in Persian).
- Balyani, Y., H.M. Saligheh, H. Asakereh and M.H. Nasserzadeh. 2015. Cycle analysis of time series of annual precipitation Heleh and Mond Watershed. *Journal of Geographical Scinness*, 15(37): 245-272 (in Persian).
- Das, S. and S. Banerjee. 2021. Investigation of changes in seasonal streamflow and sediment load in the Subarnarekha-Burhabalang basins using Mann-Kendall and Pettitt tests. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(11): 1-14.
- Ebrahimzadeh, Z. and A. Malekian. 2019. Analysis of monthly and annual discharge trends of the northern coastal strip. *Proceedings of the 7th Comprehensive Conference on Flood Management and Engineering*, Tehran Municipality, Tehran, Iran (in Persian).
- Fathian, F., Z. Dehghan, M.H. Bazrkar and S. Eslamian. 2016. Trends in hydrological and climatic variables affected by four variations of the Mann-Kendall approach in Urmia Lake Basin, Iran. *Hydrological Sciences Journal*, 61(5): 892-904.
- Ghasabfeiz, M. and H. Eslami. 2017. Variations trend evaluation of rainfall using Mann-Kendall and linear regression in Khuzestan Province. *Journal of Water Engineering*, 5(2): 113-121 (in Persian).
- Hassanzadeh, E., M. Zarghami and Y. Hassanzadeh. 2012. Determining the main factors in declining the Urmia Lake level by using system dynamics modeling. *Water Resources Management*, 26(1): 129-145.
- Hejazizadeh, Z., A. Fatahi, E. Mesahbavati and M. Naserzadeh. 2012. Evaluating the effects of climate change on flood hydrography in future periods. *Iranian Geographical Association Journal*, 10(34): 5-24 (in Persian).
- Hesami, A. and A. Amini. 2016. Changes in irrigated land and agricultural water use in the Lake Urmia Basin. *Lake and Reservoir Management*, 32(3): 288-296.
- Hessari, B. and K. Zeinalzadeh. 2011. The role of average discharge variations of Urmia Lake rivers on water level drop of the lake. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(2): 437-447 (in Persian).
- Jahedi, N. and Ghorbani, M. 2015. Trend analysis of precipitation and river flow in the Qara-Su River Basin. *Geography and Planning*, 19(52): 63-63 (in Persian).
- Moradi, M., A. Bazrafshan, A. Bahremand and E. Pooryahia. 2017. Assessing the relationship between the trends of some climatic factors on surface runoff in the watersheds of the southern coast of Iran. *Watershed Management Research*, 31(119): 79-92 (in Persian).
- Nazeri Tahrudi, M., K. Khalili and F. Ahmadi. 2016. Spatial and regional analysis of precipitation trend over Iran in the last half of century. *Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology)*, 30(2): 643-654 (in Persian).
- Onyutha, C., H. Tabari, M.T. Taye, G.N. Nyandwaro and P. Willems. 2016. Analyses of rainfall trends in the Nile River Basin. *Journal of Hydro-Environment Research*, 13: 36-51.
- Pirmia, A., M. Habibnejad Roshan and K. Soleimani. 2015. Investigation of precipitation and temperature changes in Caspian Sea southern coasts and its comparison with changes in northern hemisphere and global scales. *Journal of Watershed Management Reserch*, 6(11): 90-100 (in Persian).
- Rahimi, L., A.A. Dehghani and K. Ghorbani. 2016. Comparison of total flow, base flow and water-quality characteristics trend in Arzakhuseh hydrometric station. *Journal of Watershed Management Research*, 7(13): 83-91 (in Persian).
- Salehi Babil, S., K. Zeinalzadeh and B. Hessari. 2018. The changes in the frequency of daily precipitation in Urmia Lake Basin, Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 133(5): 205-214.
- Sourinejad, A. 2020. Assessment of climate change effects on renewable surface water resources due to 30 basins in Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 52(3): 351-373.
- Xu, Z.X., K. Takeuchi and H. Ishidaira. 2003. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. *Journal of hydrology*, 279(1-4): 144-150.
- Vafakhah, M., M. Bakhshi Tiragani and M. Khazaei. 2013. Analysis of rainfall and discharge trend in Kashafrood Watershed. *Geography Andand Development Iranian Journal*, 10(29): 21-27 (in Persian).
- Yaghmaei, H., S.H.R. Sadeghi, H. Moradi and M. Gholamalifard. 2018. Effect of dam operation on monthly and annual trends of flow discharge in the Qom Rood Watershed, Iran. *Journal of Hydrology*, 557: 254-264.
- Zhang, X., K.D. Harvey, W.D. Hogg and T.R. Yuzyk. 2007. Trends in Canadian stream flow. *Water Resource Research*, 37(4): 987-998.
- Zohrabi, N., A.R. Massahbavani, A. Telvari and H. Sedghi. 2013. Climate change detection and green house gases attribution to it using AOGCMs Models and two-dimensional normal distribution, case study; Large Karoon River Basin. *Iran-Water Research*, 9(2): 1-8 (in Persian).