Research Paper

Spatial and temporal trend analysis of discharge and water quality, Case study: Chamriz-Pol Khan reach of Kor river

Vida Pasandi Pour[1], Homa Razmkhah*[2], Alireza Fararouie[2], Amin Rostami Ravari[2]

1. Former Msc Student of Agriculture And Drainage, Department of Water Science And Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.
2. Assisstant Prof. of Water Science And Engineering, Department of Water Science And Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.

Received: 2022/10/31
Revised: 2023/01/02
Accepted: 2022/07/20

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/wej.2024.31165.2370

Keywords:
Man-Kendall, Temporal and Spatial Trend, Discharge, Water quality, Statistical distribution

Abstract

Introduction: Temporal analysis of discharge gives information for water resources management. Meteorological variables change like precipitation has important effects on water resources. Management of pollutions has significant influences on water quality of the region.

Methods: Temporal trend of discharge and water quality of Kor river, for a 46 year, in Chamriz and Pol Khan stations, analysed, using Man Kendall and Sen slope trend analysis. Statistical distributions fitted to the data, then the parameters forecasted for different return periods, and compared in the stations. Water quality parameters compared with standard values of different uses.

Findings: Results showed that Pol Khan monthly average discharge is greater than Chamriz, which could be resulted from the entry of other rivers such Sivand. For 2-, 5- and 10-year return periods, the forecasted discharge of Pol Khan is greater than Chamriz, but for 20 and 50 years Chamriz discharge is more, which could result from River water control in Doroudzan Dam. In Chamriz all of the parameter's average are in standard limits. In Pol Khan the TDS and EC values are higher than domestic use standards, but other parameters are in the limits. Except for EC, other parameters are in the limits of livestock and poultry, and irrigation standards. All of the parameter in Pol Khan are higher than Chamriz except PH. Trend analysis showed decreasing of discharge in the both stations. In Chamriz Na and SAR showed no trend, SO4 and PH had a decreasing and others had increasing. In Pol Khan, PH showed decreasing, and the others increasing. Except PH, all of the forecasted values, for all return periods, in Pol Khan are higher than Chamriz. Reduction of agricultural pollution, prevention of wastewater entry and treatments could be effective for improvement of water quality.

Citation: Pasandi Pour V, Razmkhah H, Fararouie A, Rostami Ravari, A. Spatial and temporal trend analysis of discharge and water quality, Case study: Chamriz-Pol Khan reach of Kor river. Water Resources Engineering Journal. 2025; 17(63): 1- 20.

***Corresponding author:** Homa Razmkhah
Address: Dep. of Water Science and Engineering, Marvdasht branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.
Tell: +989177038490
Email: HomaRazmkhah@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Water is a basic need for sustainable development in all countries. Climate change is a critical environment challenge of this century. It has had a decreasing effect on precipitation on these regions, which are located in the dry zone of Iran. Meteorological variables change like precipitation has an important effect on water resources usage.

Temporal and spatial analysis of discharge and water quality of rivers gives useful information for better water resources management. Management of Kor river water quality and quantity, as a base water source of agricultural, industrial and domestic uses, has a significant influence on water uses of the region.

Determination of the trend gives us valuable information on the understanding of climate and anthropogenic effects and their interaction on a watershed scale.

Materials and Methods

For evaluation of temporal and spatial variation of discharge and water quality, sensitivity to anthropogenic and natural factors, and better understanding of pollution sources, temporal trend of discharge and water quality of Kor river, for a 46 year, in Chamriz and Pol Khan station, at the upstream and downstream of the river, were analyzed, using Man Kendall and Sen slope trend analysis. Different statistical distributions were fitted to the quality and quantity data of the stations, then the parameters were forecasted for different return periods, and values were compared in the stations. Finally, river water quality parameters were compared with standard values of domestic, agricultural, and livestock and poultry use, for determination of suitability of water quality for different uses.

Findings and Discussion

Results showed that Pol Khan station's monthly average discharge is greater than Chamriz, which could result from the entry of other rivers such Sivand and other tributaries in the river length.

Kolmogorov Smirnov test showed that river discharge in both stations do not follow the Normal distribution. Except PH in Pole khan station, all other quality parameters in both stations don't follow the Normal distribution. The Run test showed the homogeneity and randomness of all water quantity and quality data in both stations.

Different probability distributions were fitted to discharge data and tested. Results showed that at Chamriz station Pearson 5 distribution was the best fitted one to the discharge data, and in Pole khan the Wakeby. Using the best fitted distributions, for 2-, 5- and 10-year return periods, the forecasted discharge of Pol Khan station is greater than Chamriz, but for 20 and 50 years Chamriz discharge is more, which could be resulted from River water control in Doroudzan Dam between Chamriz and Pole khan.

Different probability distributions were also fitted to quality data and tested. Results showed that in Chamriz station Burr distribution was the best fitted one to the Ca, Cl, EC and Na parameters, Dagum (4p) for HCO3, Wakeby for Mg and SO4, Johnson SU for PH, Pearson 5 for SAR, Gen. Logistic for TDS and Gumbel Max for TH data.

In Pole khan station the distributions were a little different. Burr distribution was the best fitted one to the Cl, EC, SO4 and Mg parameters, Burr(4p) for HCO3, NA, TDS and TH, Gamma (3p) for PH and Wakeby for SAR data.

Then the quality parameters were forecasted in different return periods using the best fitted one for each one. Results showed that except PH, all of the parameter values, for all of the return periods, in Pole khan station are higher than Chamriz. It could result from industrial and urban wastewater, and agricultural drainage input like Kouhsabz, in the river length. PH predicted values in the 2, 5- and 10-year return period, in Chamriz station was less than Pole khan, but for 20 and 50year, it was greater. Discharge of polluted agricultural drainage with chemical manures, and industrial input like Petrochemical wastewater to river could be reasons of this phenomenon. High concentration of nitrate and phosphate of the drainages, and the urea from petrochemical industry, downstream of Doroudzan dam resulted in lower PH and

increasing the acidity of the river water.
Mann Kendall and Sen slope trend analysis showed a decreasing trend of discharge in both stations, which could be resulted from climate change, drought and precipitation decline in recent decades, agricultural area increasing and irregular river water consumption for different purposes. In the Chamriz station Na and SAR showed no trend, SO4 and PH had decreasing, and other parameters had increasing trends. In Pol Khan station, PH showed a decreasing, and the other parameters showed an increasing trend.
In Chamriz station all the quality parameters average are in different standard limits. In Pol Khan station the TDS and EC values are higher than domestic use standard, but other parameters are in the limits of standard values. Except of EC, other parameter values are in the limits of livestock and poultry, and irrigation uses standards. All of the parameter's values in Pol Khan station are higher than Chamriz except PH.

Conclusion
Reduction of agricultural chemical pollution, prevention of direct entry of agricultural, urban and industrial wastewater to the river and wastewater treatments, Regulation of water withdrawal from river to preserve minimum discharge needed for the environment, could be effective ways for improvement of water quality.

Ethical Considerations compliance with ethical guidelines
The cooperation of the participants in the present study was voluntary and accompanied by their consent.

Funding
No funding.

Authors' contributions
Design and conceptualization: Homa Razmkhah, Amin Rostami Ravari, Alireza Fararouie
Methodology and data analysis: Homa Razmkhah, Visa Pasandi pour
Supervision and final writing: Homa Razmkhah

Conflicts of interest
The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

بررسی روند زمانی و مکانی دبی و کیفیت آب، مطالعه موردی: بازه چمریز-پل‌خان رودخانه کر

ویدا پسندی پور[۱]، هما رزمخواه[۲*]، علیرضا فراورویی[۲]، امین رستمی راوری[۲]
۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران
۲. استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۹
تاریخ داوری: ۱۴۰۱/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۹

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:
10.30495/wej.2024.31165.2370

واژه‌های کلیدی:
آزمون من کندال، روند زمانی و مکانی، دبی، کیفیت آب، توزیع آماری.

چکیده

مقدمه: بررسی روند زمانی دبی جریان اطلاعات مفیدی جهت مدیریت بهتر منابع آب فراهم می آورد. تغییرات اقلیمی از چالش های مهم زیست محیطی عصر کنونی است. نوسانات متغیرهای هواشناسی از جمله بارندگی اثرات شدیدی بر منابع آب دارد. کنترل آلودگی رودخانه کر به عنوان یکی از شاهرگ های حیاتی آب کشاورزی، صنعت و شرب، نقش مهمی در کیفیت منابع آب منطقه ایفا می کند.

روش: در این مطالعه به منظور بررسی تغییرات کمیت آب رودخانه و میزان تاثیرپذیری آنها از فعالیت های انسانی و طبیعی، و شناخت بهتر عوامل آلاینده، روند تغییرات سری زمانی دبی و کیفیت آب رودخانه کر در بازه زمانی ۴۶ ساله، در دو ایستگاه چمریز در بالادست، و پل خان در پایین دست رودخانه، توسط آنالیزهای من کندال و شیب سن بررسی گردید. توزیع های آماری بر داده های میانگین ماهانه دبی و پارامترهای کیفیت آب، برازش داده شد، و مقادیر در دوره بازگشت ها پیش بینی، و در بالادست و پایین دست مقایسه گردید. سپس کیفیت آب جهت مصارف شرب، دام و طیور و کشاورزی، با استانداردها مقایسه گردید.

یافته‌ها و نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که میانگین دبی پل خان از چم ریز بیشتر است که به دلیل ورود رودهای دیگر مانند سیوند به رودخانه می باشد. در دوره بازگشت های ۲، ۵ و ۱۰ سال مقادیر دبی پل خان بیشتر از چمریز است، اما در ۲۰ و ۵۰ در چمریز بیشتر است، که می تواند به دلیل کنترل جریان سیلاب در سد درودزن، مابین ایستگاه چمریز و پل خان، باشد. در چمریز میانگین کلیه پارامترهای کیفی در محدوده استاندارد مصارف قرار دارد. در پل خان TDS و EC بالاتر از استاندارد شرب، و سایر پارامترها در محدوده می باشد. به غیر از EC که در محدوده مصرف دام و طیور، و آبیاری قرار ندارد، سایرین در محدوده مصارف است. بجز PH، میانگین سایر پارامترها در پل خان از چمریز بیشتر است. تحلیل روند نشان داد که در پل خان و چمریز دبی روندی کاهشی داشته است. کاهش بارندگی و خشکسالی های اخیر، افزایش سطح زیر کشت و برداشت بی رویه آب رودخانه برای مصارف مختلف می تواند دلیل آن باشد. در چمریز Na و SAR بدون روند هستند. SO4 و PH روندی کاهشی، و سایر متغیرها روندی افزایشی داشته اند. در پل خان PH روند کاهشی و سایر متغیرها روند افزایشی دارند. بجز PH، مقادیر پیش بینی شده کلیه پارامترها، در همه دوره بازگشتها، در پل خان از چمریز بیشتر است. کاهش آلاینده های شیمیایی کشاورزی، جلوگیری از ورود فاضلابها به رودخانه و یا تصفیه آنها می تواند در کنترل روند نزولی کیفیت موثر باشد.

* **نویسنده مسئول:** هما رزمخواه
نشانی: گروه علوم و مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران
تلفن: ۰۹۱۷۷۰۳۸۴۹۰
پست الکترونیکی: HomaRazmkhah@gmail.com

مقدمه

امروزه در دنیا آب یکی از پایه های اصلی توسعه پایدار به شمار می رود. تغییرات اقلیمی از چالش های مهم زیست محیطی عصر کنونی است. با توجه به گرمایش جهانی که منجر به کاهش بارش در بخش های وسیعی از قاره ها شده است، و موقعیت کشور ما در کمربند خشک جهانی، کمبود منابع آب و تاثیرات آن بر بخش های مختلف شهری، کشاورزی، دام و طیور و صنعت، هر روز بیشتر از دیروز خود را نشان می دهد. نوسانات متغیرهای هواشناسی از جمله بارندگی اثرات شدیدی بر منابع آب سطحی و زیرزمینی و خاک دارد. شناسایی روند زمانی دبی رودخانه اطلاعات ارزشمندی در زمینه درک تاثیر عوامل اقلیمی و انسانی و برهم کنش این عوامل در سطح آبخیز فراهم می آورد. در مواردی که رودخانه ها به عنوان یکی از منابع تامین کننده نیاز جوامع بشری مطرح می گردند، علاوه بر کمیت و میزان آورد رودخانه، کیفیت آب نیز جزء پارامترهای مهم مورد توجه قرار می گیرد. بررسی تغییرات کیفیت آب رودخانه ها و میزان تاثیرپذیری آنها در اثر ورود مواد آلاینده ناشی از فعالیت های انسانی و طبیعی از اهداف ارزیابی روند کیفیت آب رودخانه ها می باشند. عوامل طبیعی مانند شیب، سیل خیزی و اقلیم منطقه، و انسانی مانند تغییر کاربری زمینهای جنگلی و تبدیل آن به زمین های زراعتی، استفاده نادرست از زمین، کشاورزی بر روی زمین های با شیب زیاد، جاده سازی غیر اصولی، و مواردی مانند ورود فاضلابها، زباله ها و دیگر ضایعات ناشی از فعالیت های انسانی می تواند موجب آلودگی آبهای سطحی و کاهش شدید کیفیت آب در حوضه آبخیز شود و با رشد جمعیت و افزایش فعالیت های انسانی این معضل هر روز وخیم تر خواهد شد.

شناسایی روند، همچنین اطلاعات ارزشمندی را جهت ادراک تاثیر عوامل اقلیمی و انسانی و برهم کنش این عوامل در سطح آبخیز فراهم می آورد. به طورکلی برای ارزیابی روند از پایش اثر کوتاه مدت و بلند مدت استفاده می شود. پایش اثر کوتاه مدت اغلب در مواقعی انجام می شود که حادثه ای ناشی از فعالیت های انسانی یا طبیعی اتفاق افتد و تغییراتی در کیفیت منابع آب ایجاد و یا احتمال ایجاد آن وجود داشته باشد لذا باید وضعیت منابع آب از نظر تعدادی از عوامل کیفیت آب در یک دوره کوتاه مدت (حداکثر یکساله) اندازه گیری و بررسی شود. نتایج پایش اثر کوتاه مدت می تواند منجر به برنامه ریزی برای انجام پایش بلند مدت نیز بشود. پایش اثر بلندمدت اغلب با توجه به نوع منابع آلاینده موجود در حوضه، یا شرایط طبیعی منطقه، با پایش تعدادی از پارامترهای کیفیت آب در دوره های منظم در بلند مدت، انجام می شود.

ارزیابی روند برای تشخیص دقیق تغییرات احتمالی کیفیت آب ممکن است در نتیجه یک مشکل بالقوه در درازمدت رخ دهد، انجام می شود. اندازه گیری ها به طور مستمر و در فاصله زمانی مشخص انجام می گردد تا محدوده تغییرات یک عامل خاص در درازمدت مشخص شود. تشخیص روند بلند مدت کیفیت آب رودخانه ها برای پی بردن به تغییرات به وقوع پیوسته در گذشته و پیش بینی آینده از اهمیت بسزایی برخوردار است. به زبان آماری تجزیه و تحلیل روند به منظور تشخیص این است که سری داده های مشاهداتی یک متغیر تصادفی، فارغ از تغییرات تصادفی و محدود، در طول زمان در حال کاهش یا افزایش بوده و یا اینکه توزیع احتمالی آن با زمان تغییر نیافته است(۱). از متداول ترین روش های غیرپارامتریک تحلیل روند سری های زمانی آزمون من کندال است.

در این زمینه محققین زیادی از این آزمون جهت بررسی روند داده های هواشناسی و هیدرولوژی استفاده کرده اند. ابتدا مروری بر برخی از تحقیقات صورت گرفته در ایران خواهیم داشت. رزمخواه و نیاورانی (۱۳۸۷) به آنالیز تأثیرات منابع آلاینده بر کیفیت آب رودخانه کر توسط مدل WASP پرداختند و نتایج نشان داد که از بین پارامترهای مورد مطالعه تنها نیترات در وضعیت مطلوب قرار دارد ولی بقیه پارامترها بیشتر از حد مجاز می باشند (۲). مریانجی و همکاران (۱۳۸۷) روند تغییرات دبی رودخانه یالفان و پارامترهای دما و بارش را در یک دوره آماری سی ساله مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که داده های سالانه دما دارای روند افزایشی معنا داری بوده در حالی که روند معنی داری در داده های بارش و دبی مشاهده نشد (۳). حدادی عیوضی و همکاران (۱۳۸۹) تاثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک بر کیفیت شیمیایی آب رودخانه کر و دریاچه سد دروزن را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد پسابهای ناشی از فعالیتهای مختلف انسانی تاثیر منفی بر کیفیت آب رودخانه دارند و غلظت یونهای موجود در آب دریاچه همگی در حد استاندارد است (۴).

جمالی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی روند کمیت و کیفیت آب رودخانه سفید رود با استفاده از روشهای آماری پرداختند. در این تحقیق برای بررسی روند کیفیت آب و دبی رودخانه از برازش توزیع های آماری، رگرسیون و آزمون من کندال استفاده شد. برازش انواع معادلات رگرسیون بر سری زمانی پارامترهای کیفیت آب نشان داد هیچ کدام از این پارامترها رابطه معنی داری با زمان ندارند. آزمون من کندال نیز نشان داد تنها پارامترهای پتاسیم، سدیم، سولفات، اسیدیته و دبی روند نزولی معنی داری را در سطح احتمال ۹۵ درصد داشته اند (۵). معروفی و طبری (۱۳۹۰) در مطالعه ای با آشکارسازی روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از روشهای پارامتری و ناپارامتری پرداختند و به این نتیجه رسیدند که داده های دبی ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد و اسفند در تمامی ایستگاهها کاهش یافته است (۶). جویلی و همکاران (۱۳۹۰) به تحلیل روند زمانی ۵ پارامتر کیفی آب رودخانه مارون شامل مقادیر کلسیم، منیزیم، سدیم، نسبت جذب سدیم، و هدایت الکتریکی با استفاده از آزمون من-کندال پرداختند. نتایج نشان داد روند تغییرات پارامترهای کیفی آب رودخانه مارون در دوره آماری مورد مطالعه، دارای تغییراتی با روندهای مثبت، منفی معنی دار بوده اند. همچنین از سرشاخه تا نقطه خروجی (تالاب شادگان) دارای تغییرات مکانی شدیدی بوده که حاکی از وجود منابع آلودگی در طول مسیر رودخانه می باشد (۷).

زارع گاریزی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه ای به بررسی روند تغییرات بلند مدت متغیرهای کیفیت آب رودخانه چهل چای در استان گلستان پرداختند. نتایج نشان داد متغیرهای کیفی مورد بررسی روند افزایشی معنی داری دارند که می تواند ناشی از عواملی نظیر تغییر کاربری اراضی، فرسایش خاک و ورود آلودگی ناشی از فعالیت های انسانی دانست (۸). سالاریان و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی روند تغییرات کیفی آب رودخانه گلورد از رودخانه نکارود مازندران پرداختند. نتایج نشان داد

که دبی روندی نزولی و اسیدیته روندی صعودی داشته است (۹). گیگلو و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تغییرات کیفیت آب رودخانه زرین گل با استفاده از آزمون من کندال پرداختند (۱۰). ترابی پوده و امامقلی زاده (۱۳۹۴) به بررسی و تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه های شمالی حوضه دز با استفاده از روش من کندال اصلاح شده پرداختند. نتایج نشانگر روند نزولی آبدهی سالانه در بیش از ۷۰ درصد از ایستگاه ها مورد مطالعه بود (۱۱).

کولاییان و همکاران (۱۳۹۶) به تحلیل روند تغییرات زمانی جریان رودخانه های استان مازندران با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش گازهای گلخانه ای و تغییر اقلیم، روی رواناب رودخانه های حوزه اثر شدیدی گذاشته و باعث کاهش دبی رودخانه ها به ویژه در قسمت های شرقی استان شده است. نتایج آنالیز فصلی تنها در فصل زمستان برای ایستگاه های هیدرومتری روند مثبتی را در طول چند دهه نشان داد که به دلیل افزایش دما و ذوب برف می باشد. نتایج آنالیز دبی اوج نیز روند مثبتی را نشان داد که به دلیل تغییرات الگوی بارش است (۱۲). قیصوری و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی و پیش بینی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی دما و بارش و پارامتر هیدرولوژیک دبی رودخانه گدار خوش با استفاده از آزمون من کندال پرداختند. نتایج نشانگر روند افزایشی دما، و کاهشی بارش و دبی در ایستگاه های مورد مطالعه در سطح اطمینان ۹۹ درصد بود (۱۳). شاکریان و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه های حوضه کارون بزرگ با استفاده از روش TFPW-MK پرداختند. نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه ۸۲ درصد از ایستگاه ها روندی کاهشی دارند (۱۴). رزمخواه و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی خشکسالی های هواشناسی و هیدرولوژیک در حوضه آبریز رودخانه زهره پرداختند. بدین منظور آزمون من کندال جهت بررسی وجود روند در داده های دبی ایستگاه های هیدرومتری و چاه های پیزومتری انجام شد. نتایج وجود روند را در دبی نشان نداد، ولی در بررسی چاه های پیزومتری روند صعودی افت سطح آب در چاه ها از نظر آماری تایید گردید (۱۵).

محمدی و همکاران (۱۴۰۱) نیز به تحلیل شوری و پهنه بندی کیفیت آبهای زیرزمینی با استفاده از تکنیک تجزیه به مولفه های اصلی و روش های درون یابی در دشت خفر جهرم واقع در استان فارس پرداختند. نتایج نشان داد تغییرات مکانی آلاینده ها در فصول مختلف می تواند به علت تغییرات فصلی عوامل هیدروکلیماتولوژی نظیر بارندگی و تبخیر، بهره برداری از چاه ها و یا نفوذ پسابهای صنعتی باشد (۱۶). ایلدرمی و همکاران (۱۴۰۲) به ارزیابی جامع کیفیت آبهای سطحی و تناسب آنها برای مصارف شرب و آبیاری در حوضه رودخانه کارون و دز با استفاده از شاخص WQI پرداختند. بر اساس یافته ها رودخانه کارون از نظر کیفیت آب برای شرب نامناسب و رودخانه دز بسیار ضعیف شناخته شد. در خصوص پارامترهای آبیاری نیز روند مشخصی در مقادیر مشاهده نشد که می تواند بیانگر عدم تاثیر کیفیت آب رودخانه ها از عوامل طبیعی و تبعیت آنها از عوامل انسانی باشد (۱۷).

حال مروری برخی از تحقیقات صورت گرفته درخارج از کشور خواهیم داشت. لت مایر[۱] و همکاران (۱۹۹۱) در مطالعه ای روند کیفیت جریان رودخانه را به وسیله آزمایش من کندال بررسی کردند (۱۸). یو[۲] و همکاران ۱۹۹۳ به بررسی روند زمانی کیفیت آب رودخانه کانزاس با استفاده از آزمون من کندال پرداختند (۱۹). وگا[۳] و همکاران (۱۹۹۸) به ارزیابی تغییرات فصلی و اثرات آلوده کننده کیفیت آب رودخانه پیزورگا اسپانیا با استفاده از آنالیزهای آماری پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار ماده معدنی، آلودگی انسانی و درجه حرارت نسبت به زمان کاهش یافته است (۲۰). آنتونیو پلوس[۴] و همکاران (۲۰۰۱) به تجزیه و تحلیل آماری و بررسی روند کیفیت و کمیت آب رودخانه استریمون در یونان پرداختند. برای انتخاب بهترین توزیع آماری از آزمون کلموگروف–اسمیرنف[۵] استفاده شد (۲۱). فریر و ادوارد[۶] (۲۰۰۱) در بررسی روند مکانی و زمانی کیفیت آب رودخانه ها در اسکاتلند به این نتیجه رسیدند که منابع آلوده کننده رودخانه ها در مناطق شهری بیشتر فسفر، آمونیوم و مواد جامد معلق است، در حالی که در بیشتر مناطق کشاورزی تحت سلطه، افزایش غلظت مواد محلول به عنوان مثال نیترات می باشد (۲۲). کاهیا و کالیسی[۷] (۲۰۰۴) روند دبی ماهانه آبراهه های ۲۶ حوضه ترکیه را از روش های من کندال، SP (spearman) و TS (Thiel-Sen) بررسی و به این نتایج دست یافتند که حوضه های غرب ترکیه با روند کاهشی دبی مواجهند، ولی و در حوضه های شرقی روند کاهشی دبی مشاهده نشد (۲۳).

پارتال و کوکاک[۸] (۲۰۰۶) در بررسی روند بلند مدت بارندگی سالانه ترکیه با استفاده از روش من کندال، وجود روند کاهشی بارش را در اکثر ایستگاهها نشان دادند (۲۴). پارتال و کاهیا[۹] (۲۰۰۶) در تحقیق دیگری روند بارش ماهیانه و سالانه را با استفاده از روش من کندال و TS در ۹۶ ایستگاه بارش ترکیه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روند معنی داری در ماههای ژانویه، فوریه و سپتامبر ، همچنین بارش سالانه ایستگاه ها وجود دارد (۲۵). جاگوس[۱۰] (۲۰۰۶) روند تغییرات آب و هوایی استونی در رابطه با تغییرات جریان جوی در مقیاس جهانی را با استفاده از آزمون من کندال مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان داد تشدید جریانات غرب اقیانوس اطلس باعث تغییرات آب و هوایی در زمستان و بهار و سرد شدن هوا و تضعیف این جریانات باعث گرم شدن هوا می شود (۲۶). جیانگ[۱۱] و همکاران (۲۰۰۷) روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه را در حوضه رودخانه یانگ تسه بررسی نمودند. نتایج روند مثبت معنی داری در داده های بارندگی فصل تابستان نشان داد. دبی رودخانه نیز در بیشتر ایستگاه ها افزایش معنی داری نشان داد (۲۷). بویاسیگلو[۱۲] (۲۰۰۸) روند تغییرات کلرید، نیترات، سدیم، سولفات و مجموع مواد محلول را در هفت ایستگاه در آبخیز تاهتالی ترکیه با استفاده از آزمون های ناپارامتری من کندال مورد بررسی قرار داد (۲۸).

شبان[۱۳] (۲۰۰۹) به بررسی شاخص های خشکسالی هیدرولوژیک آبهای سطحی و زیر سطحی در لبنان پرداخت. نتایج نشان داد که منابعی مانند رودخانه ها و آبهای زیرزمینی تحت تاثیر انسان، کاهش ۲۹– ۲۳ درصد، نسبت به چهار دهه گذشته داشته اند. لذا نیاز فوری به طرح مدیریت آب در حفظ منابع آب در لبنان مبرهن گردید (۲۹). رزمخواه و همکاران (۲۰۱۰) به ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رودخانه با استفاده از تکنیک های تشخیص الگو تجزیه به مولفه های اصلی و آنالیز خوشه ای در رودخانه جاجرود پرداختند. آنالیز تجزیه

به مولفه های اصلی با استخراج ۵ مولفه اصلی توانست ۸۵ درصد از تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رودخانه را بیان کند. آنالیز خوشه ای نیز ایستگاه های با کیفیت مشابه را طبقه بندی نمود و در تشخیص منابع آلاینده انسانی و طبیعی در ایستگاه های مختلف راهگشا واقع شد (۳۰). طبری[14] و همکاران (۲۰۱۱) تغییرات طولانی مدت ۱۶ پارامتر کیفی رودخانه مارون را با استفاده از آزمون من کندال بررسی کردند. نتایج نشان داد غلظت پارامترهای کیفیت آب در فصول بهار و زمستان افزایش یافته است. بیشترین تعداد روند معنی دار در سری بهار و تابستان قرار گرفتند (۳۱). پال و آل طبا[15] (۲۰۱۱) به بررسی روند بارش فصلی در هند با استفاده از روش من کندال و رگرسیون خطی پرداختند. نتایج نشان داد که بارش در بهار و تابستان روند کاهشی، و در پاییز و زمستان روندی افزایشی داشته است (۳۲).

گلیان و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی روند زمانی خشکسالی های هواشناسی و کشاورزی در اقلیم های مختلف ایران، با استفاده از آزمون من کندال پرداختند (۳۳). دری[16] و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی روند زمانی دبی آب رودخانه های شمال کانادا با استفاده از آزمون من کندال پرداختند (۳۴). گدفاو[17] و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی روند زمانی متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیک بارش، دما و دبی رودخانه در حوزه آبریز رودخانه آواش اتیوپی با استفاده از روش من کندال، شیب سن و پرداختند. نتایج نشانگر روند افزایش دما در کلیه مناطق مورد بررسی، روند متغیر افزایش و ماهشی بارش در نقاط مختلف، و روند کاهشی دبی در همه مناطق بود (۳۵). علی و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی روند فصلی، سالانه و دراز مدت، بیشینه و کمینه دبی رودخانه یانگتز چین با استفاده از آزمون من کندال و روش سن پرداختند. نتایج نشانگر روندهای افزایشی و کاهشی در ماه های مختلف در دو ایستگاه بود. دبی جریان سالانه نیز روندی کاهشی در هر دو ایستگاه نشان داد (۳۶). نیکادزینو[18] (۲۰۲۰) به بررسی و تحلیل روند زمانی دبی و رواناب در حوزه رودخانه لیمپوپو زیمبابوه با استفاده از آزمون من کندال پرداختند (۳۷). جو و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رودخانه با استفاده از تکنیک های آماری چندمتغیره و اندیس های کیفیت آب پرداختند. نتایج منطقه را به چهار گروه مشابه کیفی در زمان و سه گروه در مکان تقسیم، و منابع آلاینده اصلی را مشخص نمود (۳۸).

بررسی منابع بیانگر آن است که کمیت و کیفیت منابع آب به شدت تحت تأثیر فعالیت های انسانی حوضه و حاشیه منابع آب است در کشور ما این اقدامات بدون در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی و زیست محیطی کمیت و سلامت منابع آب را دچار مشکل کرده است. رودخانه کر یکی از منابع اصلی آب سطحی استان فارس است که زندگی هزاران کشاورز منطقه به آن بستگی دارد و درصد بالایی از آب آشامیدنی شهرهای شیراز، مرودشت و روستاهای مسیر را تأمین می کند. به دلیل فعالیت های کشاورزی، گسترش اماکن مسکونی و مراکز صنعتی از جمله پتروشیمی، کیفیت آب رودخانه کر روندی نزولی داشته است.

با توجه به این که در تحقیقات بررسی شده مورد خاصی در زمینه بررسی روند دبی و کیفیت آب رودخانه کر با استفاده از روش های آماری مشاهده نشد، ضروری می نماید تا مطالعات دقیقی در مورد روند زمانی و مکانی پارامترها صورت پذیرد. در تحقیق حاضر روند زمانی داده های دبی و کیفیت آب در ایستگاه های بالادست و پایین دست رودخانه کر با استفاده از آنالیزهای آماری من کندال و شیب سن مورد بررسی قرار گرفته، و در دو ایستگاه مقایسه می شود. همچنین توزیع های آماری بر میانگین ماهانه دبی و پارامترهای کیفی برازش داده شده، مقادیر در دوره بازگشت های مختلف پیش بینی، و در بالادست و پایین دست مقایسه می گردد. در پایان برای مشخص شدن کیفیت آب رودخانه در دو ایستگاه مورد مطالعه جهت مصارف شرب صنعتی جهت دام و طیور و کشاورزی، میانگین داده های کیفیت آب دو ایستگاه و نیز مقدار پیش بینی شده این پارامترها در دوره بازگشت های مختلف با مقدار استانداردهای توصیه شده مقایسه می گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز بختگان بین ۵۱ درجه، ۴۴ دقیقه تا ۵۴ درجه، ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه، ۷ دقیقه تا ۳۱ درجه، ۱۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. مساحت آن ۲۸۲۳۴ کیلومتر مربع بوده و شامل دو رودخانه اصلی به نام های کر و سیوند و همچنین چندین شاخه فرعی می باشد. در قسمت شمالی این حوضه ارتفاعات بلند به صورت دو رشته کوه موازی در شرق و غرب آن امتداد می یابند. بین این دو رشته کوه دشت های وسیعی به نام های رامجرد، مرودشت، آهوچر، کربال قرار دارد. بلندترین نقطه حوضه، کوه سفید (بل) با ۳۹۴۳ متر ارتفاع از سطح دریا و پست ترین نقطه آن دریاچه بختگان (محل تخلیه رودخانه کر) است.

از سطح کل این حوضه آبریز حدود ۱۴۷۶۵ کیلومتر مربع را کوه و تپه ماهورها، ۱۲۷۸۶ کیلومتر مربع را دشت و بقیه را دریاچه و تالاب تشکیل می دهند. دشت های مسطح با شیب ملایم در مرکز و جنوب حوضه گسترده شده اند و عمده ترین آنها دشت های آسپاس- دشت بکان، رامجرد- کربال، ارسنجان و آباده طشک که می باشند. در داخل این دشت ها کوه های پراکنده قرار گرفته اند. اطراف این حوضه را کوه های آهکی محصور کرده اند که میانگین ارتفاع آنها ۳۰۰۰ متر از سطح دریا می باشد. از نظر ریخت شناسی با تغییر شیب بستر اصلی و مسیر رودخانه و انشعابات آن، نوع رسوبات تغییر می نماید. به این ترتیب که در مخروط افکنه ها و دامنه ها رسوبات واریزه ای شن و ماسه و بقیه قسمت ها از سیلت و رس تشکیل شده اند.

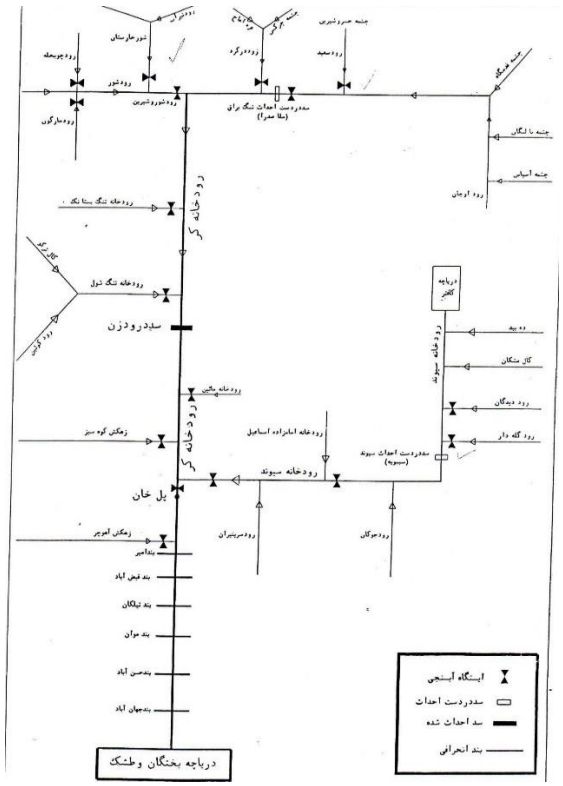
رودخانه کر رودی دائمی است که از شمال غربی استان فارس و بلندی های زاگرس منشعب شده، تا جنوب شرقی کشیده می شود. طول آن ۲۸۰ کیلومتر است و به دریاچه بختگان می ریزد. سرشاخه اصلی این رودخانه به دریاچه سد درودزن می ریزد. رودخانه در محل پل خان با رودخانه سیوند یکی شده و سپس به سمت بند امیر جریان یافته و با گذشت از تعدادی بند به دریاچه بختگان منتهی می شود. در ابتدای مسیر و سرشاخه ها دارای پهنای کم، بستر سنگی و گاه شنی و شیب تند است. رودخانه سیوند به طول ۱۷۰ کیلومتر از شمال غربی فارس سرچشمه می گیرد و در پل خان به رود کر می ریزد. مهم ترین مصارف این رودخانه در زمینه های کشاورزی، خانگی و شرب می باشد. رودخانه

کر از محل سرچشمه تا محل تلاقی رودخانه سیوند کر علیا و از این محل تا دریاچه بختگان، کر سفلا نامیده می شود. بر روی رود کر سد درودزن احداث شده و از سال ۱۳۵۰ مورد بهره برداری قرار گرفته است. همچنین سدهای مخزنی تنگ براق (ملاصدرا) روی شاخه تنگ براق و سیوند روی شاخه سیوند احداث گردیده است. از پائین دست پل خان تا دریاچه سد درودزن بندهای سنتی شامل بند امیر، فیض آباد، تیلکان، موان، حسن آباد و جهان آباد وجود دارد (۳۹). شکل ۱ نمایی از موقعیت حوضه آبریز رودخانه کر و موقعیت جغرافیایی ایستگاه ها را نمایش می دهد.

شکل ۱- نمایی از موقعیت حوضه آبریز رودخانه کر و موقعیت جغرافیایی ایستگاه ها

میزان بارندگی از جنوب به سمت شمال غرب و از شرق به سوی غرب زیادتر می شود. در بررسی تغییرات دمای حوضه می توان ۲ منطقه کوهستانی (بالادست سد و حدود ارتفاعات سرچشمه رودخانه های سیوند و مائین) و دشت رامجرد، کربال، حاشیه دریاچه بختگان و... را از هم متمایز کرد. میزان تبخیر در سطح حوضه از ۱۳۰۰ تا ۳۵۰۰ میلی متر در سال در نوسان است. بادهای منطقه عمدتا از نوع محلی بوده و جهت غالب آن از شمال غرب به جنوب شرق می باشد (۴۰). اقلیم غالب منطقه، حدود ۶۳/۹ درصد از مساحت حوضه، نیمه خشک است و حدود ۲۲ درصد از حوضه در اقلیم خشک قرار دارد. بقیه حوضه غالبا در اقلیمی مدیترانه ای و درصد ناچیزی در اقلیم مرطوب قرار دارد. بیشترین مقدار بارندگی حوضه در ماه اسفند بوده و سالانه از ۲۰۰ میلی متر اطراف دریاچه بختگان تا بیشتر از ۸۰۰ میلی متر در منتهی علیه حوضه در ارتفاعات مارگان متغیر است.

مشخصه اصلی پستی و بلندی حوضه آبریز دریاچه بختگان، رشته کوه زاگرس است . این ارتفاعات دارای امتداد شمال غربی – جنوب شرقی است (۴۱). تأثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک بر کیفیت شیمیایی آب، چین خوردگی های باریک و فشرده، گسلها و شکستگی های فراوان و به هم ریختگی طبقات و گسل های تراستی متعدد، از خصوصیات بارز این ناحیه است. در حوضه بالا دست سد درودزن، سازندهای آهکی گسترش غالب داشته و اغلب پرتگاه ها و ستیغ کوه های بلند را تشکیل داده است. رسوبات سازند هرمز در منطقه مورد مطالعه به صورت گنبد نمکی در منطقه کاکان به نام گنبد نمکی مذاب ظاهر شده اند. سد درودزن در حوضه بالادست رودخانه کر احداث شده است. تراکم شبکه آبراهه ها نیز در سطح حوضه آبریز مورد مطالعه بسیار متفاوت است. در رسوبات نرم و فرسایش پذیر، مثل سازندهای گروه فارس پابده و گورپی تراکم آبراهه ها بیشتر، ولی در سطح سازندهای سخت از تراکم کمتری برخوردار هستند. توسعه و تراکم فشرده شبکه آبراهه ها در سرشاخه های شمال غربی و غرب رودخانه کر، حد فاصل تنگ براق و دشت درودزن، به علت گسترش رسوبات نرم و فرسایش سازند گورپی موجب انتقال حجم زیادی از رسوبات به دریاچه سد درودزن می گردد. رودخانه کر از محل الصاق سر شاخه ها تا سد درودزن بر روی شیل و مارنهای فرسایش پذیر سازند پابده گورپی جریان دارد. شکل ۲ شماتیک شبکه آبراهه ها و سرشاخه های رودخانه کر، بندها، محل سد درودزن و زهکشهای اصلی ورودی به رودخانه را نشان می دهد.



شکل ۲- شماتیک شبکه آبراهه ها و سرشاخه های رودخانه کر

آزمون من کندال

آزمون من–کندال در سال ۱۹۷۵ بسط و توسعه یافت. این روش به طور متداول و گسترده ای در تحلیل روند سری های هیدرولوژی و هواشناسی بکار گرفته می شود و یکی از روش های مهم برای آزمون روند سری های زمانی محسوب می شود. از نقاط قوت این روش می توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری های زمانی که از توزیع

آماری خاصی پیروی نمی کنند اشاره نمود. اثر پذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری های زمانی مشاهده می گردند نیز از دیگر مزایای این روش است. همانند سایر آزمون های آماری این آزمون نیز بر مبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و در نهایت در مورد پذیرش یا رد فرض صفر تصمیم گیری می نمایند. فرض صفر این آزمون مبتنی بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده هاست و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده ها می باشد. برای محاسبه این آزمون ابتدا آماره S که به صورت رابطه (۱) محاسبه می شود.

$$S=\sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n} sgn(xj-xk) \quad (۱)$$

که در آن n تعداد جملات سری, xj داده زام سری و xk داده kام سری می باشد. تابع Sgn نیز از رابطه (۲) تعریف می گردد.

$$Sgn(x)=\begin{cases} +1 & if \quad (xj-xk) > 0 \\ 0 & if \quad (xj-xk) = 0 \\ -1 & if \quad (xj-xk) < 0 \end{cases} \quad (۲)$$

سپس واریانس S از طریق رابطه (۳) محاسبه می شود.

$$Var(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{m}(t-1)(2t+5)}{18} \quad n>10$$
$$Var(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad n<10 \quad (۳)$$

در رابطه فوق، m تعداد سری هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t فراوانی داده های با ارزش یکسان می باشد. پس از براورد واریانس S مقدار Z بر اساس رابطه(۴) استخراج شده و با Z جدول مقایسه می شود.

$$Z=\begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(s)}} & if \quad S>0 \\ 0 & if \quad S=0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(s)}} & if \quad S<0 \end{cases} \quad (۴)$$

در صورتی که $|z|\leq z\alpha/2$ باشد, فرض صفر پذیرفته و در غیر این صورت فرض صفر رد و فرض مقابل پذیرفته می شود. α سطح معنی داری است که برای آزمون در نظر گرفته می شود که معمولا این آزمون برای سطوح معنی دار ۹۵% و ۹۹% به انجام می رسد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می شود.

شیب سن

شیب سن جهت ارزیابی و تعیین روند مشاهدات استفاده می شود (۴۲). شیب سن روشی غیرپارامتریک برای محاسبه مقدار روند سری زمانی است که نسبت به مقادیر پرت مقاوم است. برای محاسبه شیب سن ابتدا یک سری از شیب های خطی (S) از رابطه (۵) محاسبه می شود.

$$S_k=\frac{y_m-y_l}{m-l} \quad (۵)$$

که در آن S_k بیانگر k امین عضو مجموعه S ، y_m و y_l به ترتیب برابر مقادیر متغیر در m امین و l امین گام زمانی، l و m اندیس های تابع رابطه $1\leq l\leq m\leq L$ و L طول سری زمانی می باشد. شیب سن برابر با میانه S است. جهت تعیین معناداری شیب، بازه اطمینان ۹۵٪ شیب سن محاسبه می شود (سن، ۱۹۶۸) (۴۳). سری زمانی در صورتی دارای روند معنادار مثبتی است که بازه اطمینان بالا و پایین هر دو مثبت، و در صورتی دارای روند معنادار منفی است که بازه اطمینان بالا و پایین هر دو منفی باشند.

مراحل انجام تحقیق

برای انجام تحقیق حاضر مراحل زیر انجام پذیرفت.

۱- انتخاب ایستگاه ها و انجام آزمون های اولیه بر داده ها
۲- بررسی خصوصیات آماری داده ها
۳- بررسی روند زمانی پارامترها در ایستگاه چمریز و پل خان با استفاده از آزمون من کندال و شیب سن
۴- برازش توزیع های آماری و انتخاب مناسب ترین توزیع داده های متوسط ماهانه هر ایستگاه
۵- پیش بینی مقادیر متوسط ماهانه دبی و پارامترهای کیفیت آب با دوره بازگشت های مختلف در هر ایستگاه و مقایسه آنها
۶- مقایسه مقادیر پیش بینی شده دبی و پارامترهای کیفیت آب با استانداردهای مصرف

نتایج

تهیه اطلاعات و آزمون های اولیه

اطلاعات مربوط به میزان بارش، اقلیم و آب و هوا از سازمان هواشناسی استان فارس و داده های دبی آب و کیفیت آب رودخانه کر، خصوصیات هیدرولوژیکی و نقشه های مرتبط از شرکت سهامی آب منطقه ای استان فارس تهیه گردید. متغیرهای کیفیت آب اندازه گیری شده شامل کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na)، پتاسیم (K)، کلرید (Cl)، بیکربنات (HCO3)، سولفات (SO4)، کل جامدات محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (PH)، سختی آب (TH) و نسبت جذب سدیم (SAR) است.

مشخصه های آماری دبی

جدول ۱ مشخصه های آماری دبی آب رودخانه کر در دو ایستگاه پل خان و چم ریز را نشان می دهد.

[1] Lettenmaier
2 Yu
3Vega
4 Antonopoulos
5Kolmogorov-Smirnov
6 Ferrier and Edwards
7 Kahya and Kalayci
[8] Partal and Kucuk
[9] Partal and Kahya
[10] jaagus
[11] jiang
[12] Boyacioglu
[13] Shaban
[14] Tabari
[15] Pal and Al-Tabbaa
[16] Dery
[17] GEDEFAW
[18] Nyikadzino

جدول ۱- مشخصه های آماری سری زمانی ماهانه دبی رودخانه کر در ایستگاه های پل خان و چمریز

پارامتر	تعداد نمونه	میانگین		میانه		انحراف معیار		چولگی		کشیدگی	
		چمریز	پل خان	چمریز	پل خان	چمریز	پل خان	چمریز	پل خان	چمریز	پل خان
Q	۵۶۱	۲۵.۴۰	۳۰.۵	۱۴.۷۳	۲۱.۴	۲۷.۰۱	۳۷.۰	۲.۶۰	۴.۰	۹.۳۷۱	۲۲.۷۵

مشخصه های آماری پارامترهای کیفیت آب

جدول ۲ مشخصه های آماری پارامترهای کیفیت آب رودخانه کر در دو ایستگاه پل خان و چم ریز را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود بجز PH، میانگین سایر پارامترهای کیفی در ایستگاه پل خان از چمریز بیشتر است. انحراف معیار کلیه پارامترها نیز در پل خان بسیار بیشتر از چمریز است.

آزمون نرمال بودن داده ها

به منظور بررسی نرمال بودن داده های دبی از آزمون کلموگروف-اسمرینف (K-S5) با سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. نتایج نشان داد که دبی رودخانه در ایستگاه چمریز و پل خان از توزیع نرمال پیروی نمی کند. همچنین به جز پارامتر PH که تنها در ایستگاه پل خان از توزیع نرمال تبعیت می کند، سایر پارامترهای کیفیت آب در ایستگاه های چمریز و پل خان از توزیع نرمال پیروی نمی کنند. به منظور جلوگیری از طولانی شدن مقاله جداول نتایج در متن آورده نشده است.

جدول ۲- مشخصه های آماری سری زمانی پارامترهای کیفیت آب رودخانه کر در ایستگاه های پل خان و چمریز

پارامتر	تعداد نمونه	میانگین		میانه		انحراف معیار		چولگی		کشیدگی	
		چمریز	پل خان	چمریز	پل خان	چمریز	پل خان	چمریز	پل خان	چمریز	پل خان
TDS	۴۶۳	۵۶۵.۲۱۴۰	۱۸۵۲.۷	۴۲۳.۰	۷۲۵.۰	۴۵۸.۹	۵۶۶۱.۲	۵.۱۷۱	۷.۰	۴۱.۶۱۸	۵۲.۸
PH	۴۶۳	۷.۷۵۲۳	۷.۵۶۹۳	۷.۸۰	۷.۵۷۰۰	.۳۹۷۷۹	.۴۴۷۶۲	-.۴۶۲	-.۰۸۹	.۲۷۵	-.۱۷۲
EC	۴۶۳	۹۱۹.۵۸۷۵	۳۵۶۲	۶۶۰.۵۰	۱۱۳۸	۸۱۴.۱	۸۸۹۱	۵.۲۷۹	۵	۳۷.۲۵۴	۲۲.۸۳۲
HCO۳	۴۶۳	۳.۳۰۵۸	۳.۸۶	۳.۲۰	۳.۷۰	.۷۷۳۲۶	۱.۱۶	۱.۰۷۳	۳.۴۱۳	۲.۶۸۵	۲۸.۳۱۸
Cl	۴۶۳	۴.۵۱	۳۵.۱	۳.۰۰	۵.۱	۶.۵۱	۱۲۳.۴	۶.۸۰۶	۵.۵	۵۹.۲۳	۳۳.۷
SO۴	۴۶۳	۱.۳۴۰۲	۴.۸۸	.۷۰۰	۲.۵۰	۱.۷۴	۱۱.۳۰	۳.۲۴۲	۹.۶۲	۱۳.۸۶۳	۱۲۳.۸۸
Ca	۴۶۳	۲.۹۳	۱۳.۸۲	۲.۵۰	۳.۱۰	۲.۶۱	۴۴.۵۹	۸.۳۰۱	۵.۷۰	۸۷.۱۳	۳۶.۲۴
Mg	۴۶۳	۲.۰۱	۶.۸	۱.۵۰	۳.۰	۱.۶۰	۱۹.۰	۳.۵۷۰	۸.۰	۱۸.۴۱	۷۳.۹۳
Na	۴۶۳	۴.۱۷	۲۲.۹	۲.۷۶	۵.۳	۴.۷۰	۷۳.۱	۴.۹۷۵	۵.۶	۳۴.۲۴	۳۴.۶۵
SAR	۴۶۳	۲.۴۷۹۰	۴.۷۹۲۴	۲.۰۱۵	۳.۰۴۰۰	۱.۶۴۹۶۰	۶.۲۰۹۷۳	۲.۷۲۵	۴.۱۳۲	۱۱.۹۸۰	۱۹.۲۲۹
TH	۴۶۳	۴.۹۳	۲۰.۶	۴.۰۰	۶.۲	۳.۶۳	۵۹.۸	۶.۲۶	۵.۷	۵۴.۲۵	۳۶.۰

واحد پارامترها: EC: (micro-mhos/cm)، PH و SAR بدون واحد، سایرین: (mg/L)

آزمون تصادفی بودن و همگنی داده ها

به منظور بررسی تصادفی بودن داده ها از آزمون runs test استفاده شد (۴۴). جهت بررسی همگنی داده های هر ایستگاه نیز از همین آزمون استفاده گردید. نتایج نشان دهنده تصادفی بودن و همگن بودن داده های دبی و کلیه پارامترهای کیفیت آب در ایستگاه چمریز و پل خان است. به منظور جلوگیری از طولانی شدن مقاله، جداول نتایج در متن آورده نشده است.

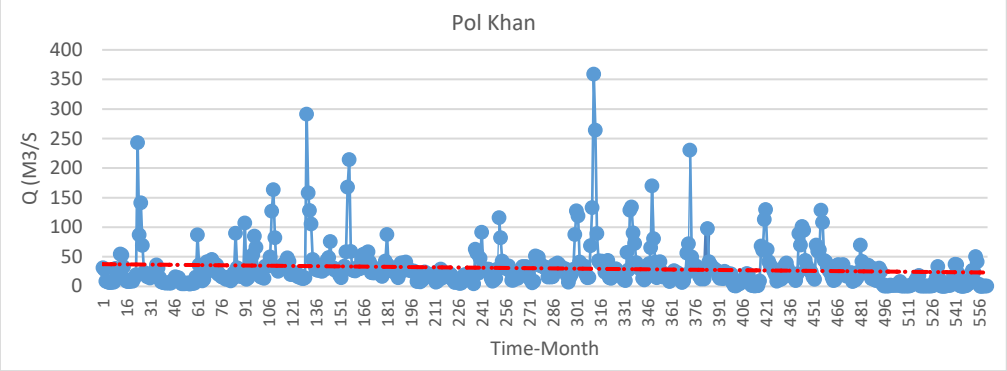
بررسی روند زمانی دبی و پارامترهای کیفیت آب

تاکنون روش های متعددی جهت بررسی روند سری های زمانی ارائه شده است. بطور کلی به سه دسته روش های گرافیکی، روش های آماری پارامتری و ناپارامتری قابل تقسیم است. اولین گام در انتخاب روش تجزیه و تحلیل، توجه به ماهیت داده ها است. تحلیل روند داده های آب، به دلیل ویژگی های خاص این داده ها (مانند توزیع غیرنرمال، وجود داده های پرت و داده های ثبت نشده، تغییرات فصلی) مستلزم بکارگیری تکنیک های خاصی است. در این مطالعه به دلیل اینکه داده های دو ایستگاه از توزیع نرمال برخوردار نبودند و داده های پرت و گمشده نیز وجود داشت از روشهای آماری غیرپارامتریک مانند من-کندال (۵، ۷، ۱۳، ۱۵، ۲۳ و ۲۵) و شیب سن که در این زمینه کاربرد بیشتری دارد (۲۳، ۲۵ و ۳۵) استفاده شد. این کار بوسیله نرم افزارهای Excel، SPSS و MiniTab انجام شد. نتایج آزمون های من-کندال و شیب سن دبی ایستگاه های پل خان و چم ریز در جدول ۳ ارائه شده است. حدود بالا و پایین منفی شیب سن بیانگر روند نزولی (کاهشی) دبی در ایستگاه چمریز و پل خان می باشد.

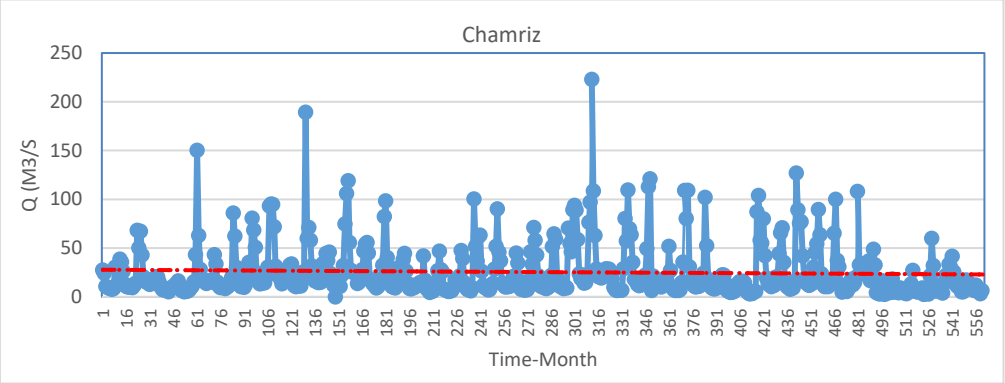
جدول ۳- شیب سن و نتایج آزمون من کندال دبی ایستگاه های پل خان و چمریز

چمریز						پل خان					
شیب سن		من کندال				شیب سن		من کندال			
حد بالا	حد پایین	شیب	Trend	P value	Z	حد بالا	حد پایین	شیب	Trend	P value	Z
-۰.۰۰۴	-۰.۰۱۴	-۰.۰۰۹	بله	۰.۰۰۰	-۰.۱۰۲	-۰.۰۱	-۰.۰۲۷۶	-۰.۰۱۸۴	بله	.۰۰۰	-۰.۱۰۸

به منظور مشاهده بهتر، نمودار روند زمانی دبی در دو ایستگاه پل خان و چمریز در شکل های ۳ و ۴ ارائه شده است. نمودارها نشان می دهد که روند تغییرات دبی نسبت به زمان در هر دو ایستگاه پل خان و چمریز کاهشی است.



شکل ۳- نمودار سری زمانی دبی ایستگاه پل خان



شکل ٤- نمودار سری زمانی دبی ایستگاه چمریز

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آزمون های من-کندال و شیب سن پارامترهای ایستگاه های پل خان و چم ریز در جدول ۴ ارائه شده است (آلفا برابر ۰.۰۵). همانطور که ملاحظه می گردد، در ایستگاه چمریز از بین ۱۱ متغیر کیفی تنها دو متغیر Na و SAR بدون روند هستند، متغیرهای SO4 و PH روندی کاهشی و بقیه متغیرها روندی افزایشی دارند. در ایستگاه پل خان همه متغیرها دارای روند می باشند. از این میان متغیر PH روندی کاهشی و سایر متغیرهای کیفی روندی افزایشی دارند. ترتیب شیب های مثبت (صعودی) در ایستگاه چمریز به ترتیب EC>TDS>TH>Cl>Ca>HCO3>Na>Mg می باشد. بدین معنی که روند افزایش غلظت پارامتر EC بیشترین مقدار بوده است. پس از آن TDS افزایش یافته و Mg در جایگاه آخرین پارامتر با روند افزایشی در این ایستگاه بوده است. ترتیب شیب های مثبت (صعودی) در ایستگاه پل خان نیز به ترتیب EC>TDS>Cl>Na>TH>Ca>SO4> Mg ,SAR>HCO3 می باشد.

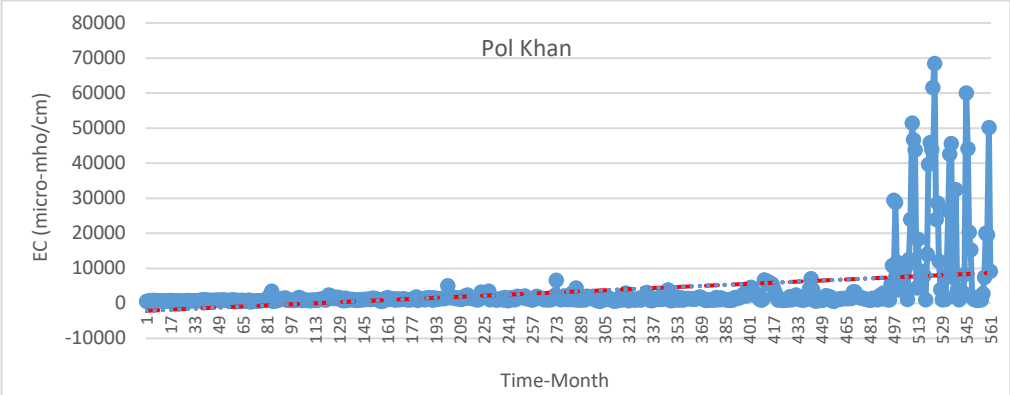
جدول ٤- شیب سن و آزمون من کندال پارامترهای کیفیت آب ایستگاه های پل خان و چمریز

ایستگاه	پل خان						چمریز					
	شیب سن		من کندال				شیب سن		من کندال			
پارامتر	حد بالا	حد پایین	شیب	Trend	P value	Z	حد بالا	حد پایین	شیب	Trend	P value	Z
EC	۰.۳۱۹	۰.۱۷۹	۰.۲۴۸	بله	۰.۰۰۰	۰.۱۵۳	۲.۶۵۹	۱.۸۷۵	۲.۲۴۵	بله	۰.۰۰۰	۰.۴۰۳
HCO3	۰.۰۰۱۶	۰.۰۰۱۲	۰.۰۰۱۴	بله	۰.۰۰۰	۰.۳۱۹	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱۲	۰.۰۰۱۶	بله	۰.۰۰۰	۰.۲۰۸
Cl	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۲	بله	۰.۰۰۰	۰.۱۶۵	۰.۰۱۶	۰.۰۱۱	۰.۰۱۳	بله	۰.۰۰۰	۰.۴۰۶
SO4	-۰.۰۰۰۴	-۰.۰۰۰۸	-۰.۰۰۰۶	بله	۰.۰۳۵	-۰.۰۶۳	۰.۰۵۷	۰.۰۳۷	۰.۰۴۷	بله	۰.۰۰۰	۰.۲۹۵
Ca	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱۵	۰.۰۰۱۸	بله	۰.۰۰۰	۰.۳۲۹	۰.۰۰۷	۰.۰۰۵	۰.۰۵۹	بله	۰.۰۰۰	۰.۴۱۴
Mg	۰.۰۰۰۴	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰۲	بله	۰.۰۱۳	۰.۰۷۶	۰.۰۵۵	۰.۰۳۵	۰.۰۴۵	بله	۰.۰۰۰	۰.۳۰۷
Na	۰.۰۰۱	-۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۰۵	خیر	۰.۰۶۸	۰.۰۵۵	۰.۰۱۴۳	۰.۰۰۹۳	۰.۰۱۱۷	بله	۰.۰۰۰	۰.۳۴۴
SAR	۰.۰۰۰۳	-۰.۰۰۰۵	-۰.۰۰۰۹	خیر	۰.۹۶۹	-۰.۰۰۱	۰.۰۵۵	۰.۰۳۵	۰.۰۴۵	بله	۰.۰۰۰	۰.۲۸۹
TDS	۰.۲۵۸	۰.۱۷۳	۰.۲۱۴	بله	۰.۰۰۰	۰.۲۰۷	۱.۶۶	۱.۲۶	۱.۴۵	بله	۰.۰۰۰	۰.۳۳۸
TH	۰.۰۰۲۴	۰.۰۰۱۸	۰.۰۰۲۱	بله	۰.۰۰۰	۰.۳۰۲	۰.۰۱۱۶	۰.۰۰۸۴	۰.۰۰۹۹	بله	۰.۰۰۰	۰.۴۳۵
PH	۰.۰۰	-۰.۰۰۰۳	-۰.۰۰۰۹	بله	۰.۰۰۲	-۰.۰۹۲	-۰.۰۰۰۶	-۰.۰۰۱۱	-۰.۰۰۰۹	بله	۰.۰۰۰	-۰.۲۶۱

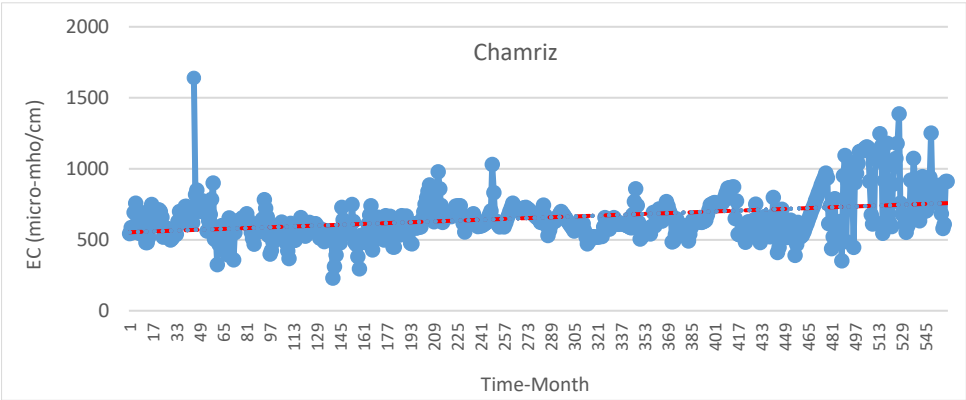
واحد پارامترها: t: ماه، EC: (micro-mhos/cm)، PH و SAR بدون واحد، سایرین: (mg/L)

به منظور مشاهده بهتر، نمودار روند زمانی پارامتر EC در دو ایستگاه پل خان و چمریز در شکل های ۵ و ۶ ارائه شده است. نمودارها نشان می دهد که روند تغییرات EC نسبت به زمان در هر دو ایستگاه پل خان و چمریز افزایشی است. همانطور که مشاهده می شود در سالهای اخیر در ایستگاه پل خان میزان EC به مقدار زیادی افزایش یافته است.

مقایسه سری های زمانی ترسیم شده در دو ایستگاه نیز بیانگر تفاوت نحوه افزایش در طول زمان می باشد. در ایستگاه چمریز با توجه به اینکه حدودا در بالادست رودخانه واقع شده است، روند افزایش بسیار متفاوت با پل خان و با شیب بسیار کمتری بوده است. به منظور جلوگیری از تطویل مقاله نمودارهای سری زمانی سایر پارامترها آورده نشده است.



شکل ۵- نمودار سری زمانی هدایت الکتریکی ایستگاه پل خان



شکل ٦- نمودار سری زمانی هدایت الکتریکی ایستگاه چمریز

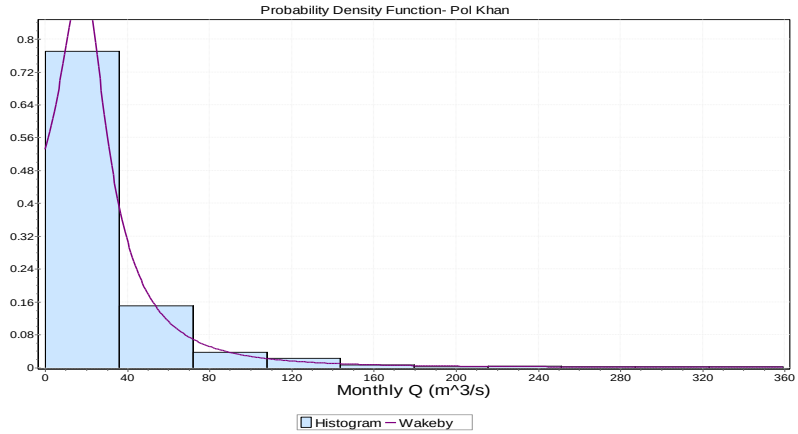
برازش توزیع آماری بر دبی و پارامترهای کیفیت آب

پس از برازش توزیع های آماری مختلف بر سری زمانی دبی ماهانه دو ایستگاه پل خان و چمریز، بهترین توزیع آماری توسط نرم افزار EasyFit انتخاب گردید. همانطور که جدول ۵ نشان می دهد، در ایستگاه چمریز توزیع Pearson 5 و در پل خان توزیع Wakeby مناسبتر از سایر توزیع ها شناخته شده است.

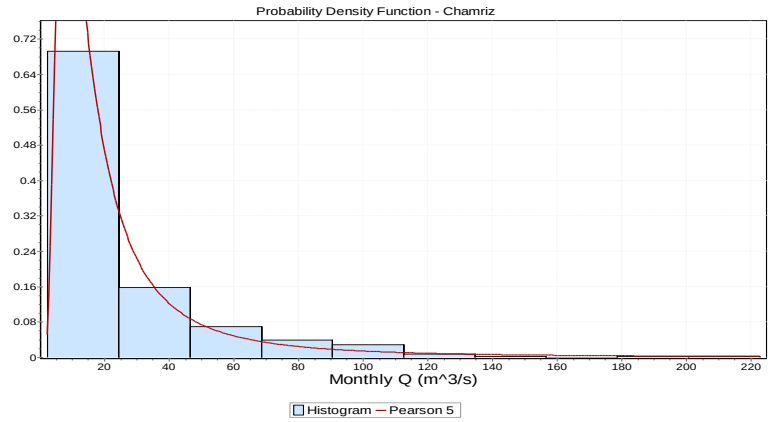
اشکال ۷ و ۸ هیستوگرام و توزیع آماری برازش داده شده بر داده های میانگین دبی ماهانه ایستگاه های پل خان و چمریز را نشان می دهد.

جدول ۵- بهترین توزیع های برازش داده شده بر دبی ایستگاه های پل خان و چمریز

ایستگاه پل خان			ایستگاه چمریز			
توزیع	K-S test	P-Value	توزیع	K-S test	P -value	پارامتر
Wakeby	۰.۰۳۴۵۳	۰.۵۰۴۴	Pearson ۵	۰.۰۳۹۶۲	۰.۱۵۱۴۳	Q



شکل ۷ – هیستوگرام و توزیع آماری برازش داده شده بر داده های میانگین دبی ماهانه ایستگاه پل خان

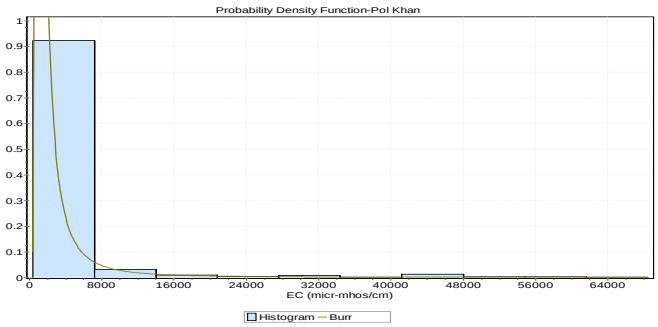


شکل ۸ – هیستوگرام و توزیع آماری برازش داده شده بر داده های میانگین دبی ماهانه ایستگاه چمریز

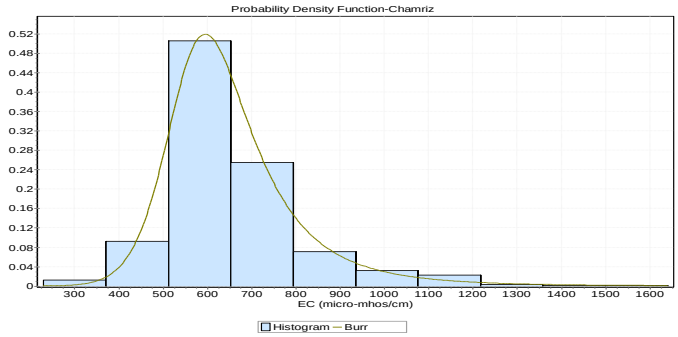
جدول ۶ بهترین توزیع های برازش داده شده بر پارامترهای کیفیت آب ایستگاه های پل خان و چمریز را نشان می دهد. به طور نمونه برای پارامتر EC در ایستگاه چمریز و پل خان، توزیع Burr مناسبتر از سایر توزیع ها شناخته شده است. اشکال ۹ و ۱۰ هیستوگرام و توزیع آماری برازش داده شده بر داده های EC ایستگاه های پل خان و چمریز را نشان می دهد.

جدول ٦- بهترین توزیع های برازش داده شده بر پارامترهای کیفیت آب ایستگاه های پل خان و چمریز

ایستگاه پل خان	ایستگاه چمریز	
توزیع	توزیع	پارامتر
Log-Logistic(3P)	Burr	Ca
Burr	Burr	Cl
Burr	Burr	EC
Burr(4P)	Dagum (4P)	HCO3
Burr	Wakeby	Mg
Burr(4P)	Burr	Na
Gamma (3P)	Johnson SU	PH
Wakeby	Pearson 5	SAR
Burr	Wakeby	SO4
Burr(4P)	Gen. Logistic	TDS
Burr(4P)	Gumbel Max	TH



شکل ۹ – هیستوگرام و توزیع آماری برازش داده شده بر داده های EC ایستگاه پل خان



شکل ۱۰ – هیستوگرام و توزیع آماری برازش داده شده بر داده های EC ایستگاه چمریز

پیش بینی دبی و پارامترهای کیفیت آب در دوره بازگشت های مختلف

مقدار متوسط دبی ماهانه برای دوره بازگشت های مختلف برای هر دو ایستگاه چمریز و پل خان با استفاده از مناسب ترین توزیع برازش یافته محاسبه گردید. نتایج در جدول ۷ مشاهده می شود. همانطور که مشاهده می شود در دوره بازگشت های ۲، ۵ و ۱۰ سال مقادیر دبی ماهانه ایستگاه پل خان بیشتر از چمریز است، که دلیل آن می تواند وارد شدن رودخانه های دیگر مانند رودخانه سیوند، رودخانه تنگ شول، رودخانه تنگ بستانک و زهکش کوه سبز به رودخانه کر در بالادست ایستگاه پل خان باشد. در دوره بازگشت های ۲۰ و ۵۰ سال مقادیر دبی در ایستگاه چمریز بیشتر است، که می تواند به دلیل کنترل جریان سیلاب در سد درودزن باشد. سد درودزن که حد فاصل چمریز و پل خان قرار دارد از سال ۱۳۵۱ به بهره برداری رسیده است.

دوره بازگشت های مختلف در ایستگاه چمریز و پل خان جدول ۷- مقادیر آب رودخانه کر با

چمریز	پل خان	دوره بازگشت
۱۵.۴۵	۲۱.۵	۲
۳۲.۸	۴۱	۵
۵۴.۶	۵۹.۵	۱۰
۸۵.۵	۷۲	۲۰
۱۵۰	۱۳۲	۵۰

جداول ۸ و ۹ مقادیر متوسط پیش بینی شده پارامترهای کیفی آب رودخانه کر، با استفاده از مناسب ترین توزیع برازش یافته، در ایستگاه های چمریز و پل خان را در دوره بازگشت های مختلف نشان می دهد.

۸- مقادیر پارامترهای کیفی آب رودخانه کر برای دوره بازگشت های مختلف در ایستگاه چمریز جدول

TH	SAR	Na	Mg	Ca	SO4	Cl	HCO3	EC	PH	TDS	دوره بازگشت
۳.۶۵	۱.۷۵	۲.۴	۱.۳۲	۲.۳۵	۰.۵۴	۲.۵۵	۳.۱	۶۰۸	۷.۹	۳۹۲	۲
۴.۳	۲.۶	۳.۵	۱.۷۵	۲.۸۵	۰.۹۲	۳.۶	۳.۴۵	۷۵۲	۸.۱۵	۴۸۶	۵
۴.۸	۳.۳	۴.۴	۲.۱	۳.۲	۱.۲	۴.۶	۳.۷	۸۷۰	۸.۲۵	۵۶۶	۱۰
۵.۳	۳.۹	۵.۴	۲.۴	۳.۴۵	۱.۴۷	۵.۷	۳.۹	۹۶۵	۸.۳	۶۴۷	۲۰
۵.۹	۵	۷.۴	۲.۹	۳.۹	۲	۷.۸	۴.۳	۱۲۱۰	۸.۴۲	۸۲۰	۵۰

واحد پارامترها: EC: (micro-mhos/cm)، PH و SAR بدون واحد، سایرین: (mg/L)

۹- مقادیر پارامترهای کیفی آب رودخانه کر برای دوره بازگشت های مختلف در ایستگاه پل خان جدول

دوره بازگشت	TDS	PH	EC	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na	SAR	TH
۲	۷۵۲	۷.۵۲	۱۲۰۰	۳.۶۵	۵.۷	۲.۷	۳.۵	۳.۱	۵.۵	۲.۹	۶.۸
۵	۱۶۲۰	۷.۹	۲۴۵۰	۴.۵	۱۵	۴.۸	۷	۵.۶	۱۲.۶	۵.۴	۱۲
۱۰	۲۸۰۰	۸.۱۵	۴۳۰۰	۵.۱	۳۰	۷.۵	۱۰	۸.۹	۲۴	۸	۲۰
۲۰	۴۸۰۰	۸.۳۲	۸۴۰۰	۵.۶	۵۷	۱۲	۱۴.۵	۱۳.۶	۴۳	۱۲	۳۴
۵۰	۲۰۰۰۰	۸.۵۵	۴۵۵۰۰	۶.۷	۲۷۰	۳۹	۲۹	۵۱	۱۷۱	۲۸	۱۰۵

واحد پارامترها: EC: (micro-mhos/cm)، PH و SAR بدون واحد، سایرین: (mg/L)

همانطور که مشاهده می شود بجز پارامتر PH، مقادیر کلیه پارامترها در همه دوره بازگشت ها در ایستگاه پل خان از چمریز بیشتر است، که دلیل آن می تواند وارد شدن پساب زهکشهای کوچک و بزرگ مانند کوه سبز به رودخانه کر در بالادست ایستگاه پل خان باشد. مقدار پارامتر PH در دوره بازگشت های ۲، ۵، و ۱۰ سال در ایستگاه چمریز کمتر، و در دوره بازگشت های ۲۰ و ۵۰ سال بیشتر از پل خان است. دلیل این امر می تواند ورود پسابهای کشاورزی آلوده به کودهای شیمیایی و فاضلاب های صنعتی از جمله پتروشیمی به رودخانه باشد. مقادیر بالای کودهای نیتراته و فسفاته و مقادیر بالای آلاینده های ورودی به رودخانه توسط پساب مجتمع پتروشیمی از جمله اوره، سبب اسیدی شدن آب رودخانه و کاهش PH می گردد.

مقایسه مقادیر پارامترهای کیفی آب با استانداردهای مصرف

در پایان برای مشخص شدن کیفیت آب رودخانه در دو ایستگاه مورد مطالعه جهت مصارف شرب، صنعت، دام و طیور و کشاورزی، میانگین داده های کیفیت آب دو ایستگاه (جدول ۲) و نیز مقدار پیش بینی شده پارامترها در دوره بازگشتهای مختلف ۲، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ سال (جدول های ۸ و ۹)، با مقدار استانداردهای توصیه شده پارامترهای کیفیت آب (جدول ۱۰) مقایسه شد.

جدول ۱۰- خلاصه ای از استانداردهای کیفیت آب جهت مصارف مختلف

پارامتر کیفی	واحد سنجش	حد مجاز شرب (استاندارد ملی آب[1] و WHO[2])	حد مجاز دام و طیور (۴۵)	حد مجاز آبیاری (۷)
PH	-	۶/۵ - ۹/ ۵	۶ - ۸	۵/۵ - ۹/۵
TDS	mg/l	<۱۰۰۰	۲۸۶۰-۳۰۰۰	<۱۲۰۰۰
EC	?mho/cm	<۱۸۰۰	۲۵۰-۲۲۵۰	۲۵۰ - ۲۲۵۰
SO4	mg/l	۲۵۰-۱۰۰۰	۲۰۰-۸۰۰	-
Cl	mg/l	۲۵۰-۱۰۰۰	۲۵۰-۳۰۰	-
Na	mg/l	۲۰۰	۵۰-۱۰۰۰	-
Ca	mg/l	۲۵۰	۱۰۰-۱۰۰۰	-
Mg	mg/l	۵۰	۲۵۰-۴۰۰	-
TH	mg/l	۵۰۰	۱۸۰	
SAR	mg/l	-	-	۰-۱۵

[1] استانداردهای ملی مرتبط با آب شماره استاندارد ۱۰۵۳

[2] World Health Organization

نتایج نشان داد که در ایستگاه چمریز میزان میانگین کلیه پارامترها در محدوده استاندارد مصرف شرب، دام و طیور و آبیاری قرار دارد. مقادیر پیش بینی شده پارامترEC با دوره بازگشت های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، و ۵۰ ساله در محدوده استاندارد مصرف شرب، دام و طیور و آبیاری قرار دارد. در ایستگاه پل خان مقایسه میزان میانگین پارامترهای TDS و EC بالاتر از مقادیر حد استاندارد شرب، و سایر پارامترها از جمله اسیدیته، سولفات، کلر، سدیم، کلسیم، منیزیم و سختی کل در محدوده استاندارد شرب می باشد. همچنین به غیر از EC که در محدوده مصرف دام و طیور، و آبیاری نیز قرار ندارد، سایر پارامترها در محدوده استاندارد مصرف شرب، دام و طیور و آبیاری قرار دارد. مقادیر پیش بینی شده پارامترEC با دوره بازگشت ۲ در محدوده استاندارد مصرف شرب، دام و طیور و آبیاری قرار دارد. ولی مقادیر مرتبط با دوره بازگشت های ۵، ۱۰، ۲۰، و ۵۰ ساله در محدوده هیچ یک از مصارف مزبور قرار ندارد.

نتیجه گیری

بررسی روند زمانی دبی آب رودخانه دید روشنی در اختیار مدیران منابع آب جهت بهره برداری بهینه می گذارد. کنترل آلودگی وارده به رودخانه کر به عنوان یکی از شاهرگ های حیاتی آب مورد استفاده در کشاورزی، صنعت وشرب، نیز می تواند نقش مهمی در کیفیت مدیریت منابع آب منطقه ایفا کند. در این مطالعه روند تغییرات دبی آب رودخانه کر در دو ایستگاه چم ریز در بالادست و ایستگاه پل خان در پایین دست رودخانه کر بررسی شد. همچنین به منظور شناخت بهتر عوامل آلاینده، روند تغییرات کیفیت آب رودخانه کر در بازه زمانی ۴۶ ساله، در دو

ایستگاه چمریز در بالادست و پل خان در پایین دست رودخانه کر بررسی شد. مقایسه میانگین داده ها نشان داد که میانگین دبی آب در پل خان از ایستگاه چم ریز بیشتر است که می تواند به دلیل وارد شدن رودخانه های دیگر مانند رودخانه سیوند، رودخانه تنگ شول، رودخانه تنگ بستانک و زهکش کوه سبز به رودخانه کر می باشد. مقایسه مشخصه های آماری پارامترهای کیفیت آب نشان داد که بجز PH، میانگین سایر پارامترها در پل خان از چمریز بیشتر است. این موضوع می تواند به دلیل ورود پساب زهکشهای کوچک و بزرگ زمینهای کشاورزی مانند زهکش کوه سبز، و فاضلاب صنعتی و مناطق مسکونی در بالادست ایستگاه پل خان باشد که با نتایج ایلدرمی و همکاران (۱۴۰۲)، (۱۷) و جویلی و همکاران (۱۳۹۰)، (۷) مبنی بر تاثیر فعالیت های انسانی بر کاهش کیفیت آب همسو می باشد.

برای مشخص شدن کیفیت آب رودخانه در دو ایستگاه مورد مطالعه جهت مصارف شرب، صنعت، دام و طیور و کشاورزی، میانگین داده های کیفیت آب دو ایستگاه با مقادیر استانداردهای توصیه شده پارامترهای کیفیت آب مقایسه شد. نتایج نشان داد که در ایستگاه چمریز میزان میانگین کلیه پارامترها در محدوده استاندارد مصرف شرب، دام و طیور و آبیاری قرار دارد. در ایستگاه پل خان میانگین پارامترهای TDS و EC بالاتر از مقادیر حد استاندارد شرب، و سایر پارامترها از جمله اسیدیته، سولفات، کلر، سدیم، کلسیم، منیزیم و سختی کل در محدوده استاندارد شرب می باشد. همچنین به غیر از EC که در محدوده مصرف دام و طیور، و آبیاری نیز قرار ندارد، سایر پارامترها در محدوده استاندارد مصرف شرب، دام و طیور و آبیاری قرار دارد.

با برازش توزیع های آماری مختلف بر روی سریهای زمانی دبی در ایستگاه پل خان و چمریز مناسب ترین توزیع در دو ایستگاه استخراج گردید. نتایج تحلیل روند دبی رودخانه کر در دو ایستگاه پل خان و چمریز نشان داد که در ایستگاه پل خان و چمریز دبی روندی کاهشی داشته است که با نتایج معروفی و طبری (۱۳۹۰)، (۶) و سالاریان و همکاران (۱۳۹۲)، (۹) و ترابی پوده و امامقلی زاده (۱۳۹۴)، (۱۱) و کولاییان و همکاران (۱۳۹۶)، (۱۲)، قیصوری و همکاران (۱۳۹۷)، (۱۳) و شاکریان و همکاران (۱۳۸۹)، (۱۴) مبنی بر روند کاهشی دبی آب در غالب ایستگاه های رودخانه همخوانی دارد..

با استفاده از رابطه رگرسیون حاصله می توان دبی ماهانه را در ماه های آینده پیش بینی نمود. مقادیر دبی آب ایستگاه ها نشان داد که در دوره بازگشت های ۲، ۵ و ۱۰ سال دبی پل خان بیشتر از چمریز است، اما در ۲۰ و ۵۰ سال دبی در چمریز بیشتر است، که می تواند به دلیل کنترل جریان سیلاب در سد درودزن باشد. با استفاده از توزیع آماری برازش داده شده می توان دبی ماهانه را برای دوره بازگشت های مورد نیاز در طرح های بهره برداری و مدیریت آب رودخانه پیش بینی نمود. همچنین وضعیت آینده دریاچه بختگان را تبیین نمود. کاهش بارندگی و در نتیجه خشکسالی های اخیر، همچنین افزایش سطح زیرکشت و برداشت بی رویه از آب رودخانه برای مصارف مختلف می تواند دلیلی بر روند کاهشی دبی این رودخانه باشد. استفاده مناسب از آب برای مصارف کشاورزی از طریق جایگزین شدن سیستم آبیاری تحت فشار بجای سیستم آبیاری غرقابی، جلوگیری از افزایش بی رویه سطح زیرکشت، کشت گیاهانی با نیاز آبی کمتر از برنج می تواند در کنترل روند کاهش دبی موثر باشد و ضرر زیست محیطی کمتری خصوصا به دریاچه بختگان که در انتهای رودخانه کر واقع است وارد کند.

روند زمانی پارامترهای کیفی نشان داد که در چمریز تنها Na و SAR بدون روند هستند. واقع بودن ایستگاه چمریز در بالادست رودخانه و ورود کمتر زهاب اراضی کشاورزی می تواند دلیل آن باشد. SO4 وPH نیز با روندی کاهشی روبرو بوده اند که با نتایج تحقیق جمالی و همکاران (۱۳۹۰)، (۵) همسو می باشد. کاهش TH وPH می تواند بدلیل ورود بیشتر فاضلابهای خانگی، پسابهای کشاورزی آلوده به کودهای شیمیایی، اکسیداسیون مواد آلی، و افزایش اسیدیته آب باشد که با نتایج ایلدرمی و همکاران (۱۴۰۲)، (۱۷)، جویلی و همکاران (۱۳۹۰)، (۷) و زارع گاریزی و همکاران (۱۳۹۱)، (۸) مبنی بر تاثیر فعالیت های انسانی بر کاهش کیفیت آب همسو می باشد. سایر پارامترها نیز روندی افزایشی داشته اند که می تواند به دلیل افزایش فرسایش خاک، و افزایش سطح زیر کشت و متعاقبا پسابهای کشاورزی باشد. در ایستگاه پل خان همه متغیرها دارای روند می باشند. از این میان متغیر PH روندی کاهشی و سایر متغیرهای کیفی روندی افزایشی دارند. کاهش PH می تواند بدلیل ورود بیشتر فاضلابهای صنعتی مانند مجتمع پتروشیمی با بار آلودگی اوره بسیار زیاد، فاضلابهای خانگی، اکسیداسیون مواد آلی، و افزایش اسیدیته آب باشد که با نتایج حدادی عیوضی و همکاران (۱۳۸۹)، (۴) مبنی بر تاثیر فعالیت های انسانی بر کاهش کیفیت آب رودخانه کر همخوانی دارد.

ترتیب شیب های مثبت (صعودی) در ایستگاه چمریز به ترتیب EC>TDS>TH>Cl>Ca>HCO3>Na>Mg می باشد،که بیانگر افزایش نرخ فرسایش خاک، با توجه به جنس سازندهای منطقه، و افزایش پساب کشاورزی باشد. ترتیب شیب های مثبت (صعودی) در ایستگاه پل خان نیز به ترتیب EC>TDS>Cl>Na>TH>Ca>SO4>Mg>SAR>HCO3می باشد،که از نظر افزایش کل املاح محلول، مشابه با ایستگاه چمریز می باشد. شیب صعودی روند پارامترهای Cl و Na در پل خان بیشتر بوده است که می تواند به دلیل ورود پساب زهکش های کشاورزی مانند کوه سبز در این فاصله باشد. فعالیتهای انسانی از جمله تغییر کاربری اراضی، فعالیتهای کشاورزی و صنعتی نیز می توانند منجر به ورود ترکیبات مختلف کلر به داخل رودخانه و روند افزایشی کلر گردند. افزایش کلسیم و بی کربنات می تواند به دلیل سازندهای آهکی اطراف رودخانه باشد. وجود واریزه ها و رسوبات شیلی و مارنی فرسایش پذیر و نیز تخلیه فاضلاب خانگی شهرها و روستاهای مجاور به رودخانه، تخلیه مواد حاصل از زهکشی زمینهای کشاورزی اطراف به داخل رودخانه، باعث روند افزایشی پارامترهای کیفیت آب شامل کلر، کلسیم، کل جامدات محلول، سختی کل، بی کربنات و هدایت الکتریکی و کاهش کیفیت آب رودخانه می گردد.

نمودارهای روند زمانی EC در پل خان و چمریز نشان داد که EC در طول زمان در دو ایستگاه روندی افزایشی داشته است. با توجه به واقع بودن چمریز در بالادست و پل خان در پایین دست رودخانه، روند افزایش در دو ایستگاه شکل های متفاوتی نشان داد، بطوریکه در پل

خان، در سالهای اخیر میزان EC به طور ناگهانی افزایش زیادی یافته، اما در چمریز با توجه به اینکه در بالادست رودخانه واقع شده، روند افزایش بسیار متفاوت با پل خان و با شیب بسیار ملایمتر و تدریجی بوده است.

پس از برازش توزیع های آماری مختلف بر سری زمانی پارامترهای کیفیت آب دو ایستگاه، بهترین توزیع آماری هر پارامتر انتخاب گردید. سپس مقدار متوسط پارامترهای کیفی آب برای دوره بازگشت های مختلف در دو ایستگاه چمریز و پل خان با استفاده از مناسب ترین توزیع برازش یافته، محاسبه گردید. مقایسه مقادیر پیش بینی شده نشان داد که بجز PH، مقادیر کلیه پارامترها در همه دوره بازگشت ها در پل خان از چمریز بیشتر است، که دلیل آن می تواند وارد شدن پساب زهکشهای کوچک و بزرگ مانند کوه سبز به رودخانه کر در بالادست ایستگاه پل خان باشد. مقدار PH در دوره بازگشت های ۲، ۵، و ۱۰ سال در چمریز کمتر، و در ۲۰ و ۵۰ سال بیشتر از پل خان است. دلیل این امر می تواند ورود فاضلاب های صنعتی از جمله پتروشیمی به رودخانه باشد. مقادیر بالای اوره ورودی به رودخانه توسط پساب این مجتمع در طول مسیر سبب اسیدی شدن آب رودخانه و کاهش PH می گردد.

مقایسه مقادیر با استانداردهای مصرف نشان داد که در چمریز مقادیر پیش بینی شده EC با دوره بازگشت های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، و ۵۰ ساله در محدوده استاندارد مصرف شرب، دام و طیور و آبیاری قرار دارد. در پل خان مقادیر EC با دوره بازگشت ۲ در محدوده استاندارد مصرف شرب، دام و طیور و آبیاری قرار دارد. ولی مقادیر مرتبط با ۵، ۱۰، ۲۰، و ۵۰ سال در محدوده هیچ یک از مصارف قرار ندارد. روند افزایشی سولفات در پل خان در مقایسه با روند کاهشی آن در چمریز می تواند به دلیل وارد شدن پسماندهای انسانی و دامی و همچنین فعالیتهای کشاورزی در بالادست ایستگاه پل خان دانست. کاهش مواد آلاینده شیمیایی که از طریق زهکشهای زمینهای کشاورزی به رودخانه وارد می شوند، از طریق استفاده صحیح و به اندازه از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات، و جلوگیری از ورود فاضلاب های صنعتی و خانگی به رودخانه و یا تصفیه مناسب فاضلاب قبل از ورود به رودخانه می تواند در کنترل روند نزولی کیفیت آب رودخانه موثر باشد و ضرر زیست محیطی کمتری به زمین های پایین دست که از آب رودخانه برای آبیاری اراضی خود استفاده می کنند، و دریاچه بختگان که در انتهای رودخانه کر واقع است وارد کند.

ملاحظات اخلاقی پیروی از اصول اخلاق پژوهش

همکاری مشارکت‌کنندگان در تحقیق حاضر به صورت داوطلبانه و با رضایت آنان بوده است.

حامی مالی

هزینه تحقیق حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شده است.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی: هما رزمخواه؛

روش‌شناسی و تحلیل داده‌ها: هما رزمخواه، ویدا پسندی پور، علیرضا فراورویی، امین رستمی راوری؛

نظارت و نگارش نهایی: هما رزمخواه.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. Rosenkrantz, W. 1987. Introduction to probability and statistics for scientists. McGraw-Hill Science, Singapore.
2. Razmkhah, H., and Niavarani, M. 2009. Assessing effect of pollution loading on Kor river by WASP model. Water Resources Engineering, 1(2): 43-52. [In Persian].
3. Marinjani, Z., Maaroufi, S., and Abbasi, H., 2008. Trend of discharge and its relation with meteorological parameters in Yalfan basin of Hamedan, usin Mann-Kendall non parametric test. 3th Iran Water Resources Management Conference, Tabriz. [In Persian].
4. Jedari Eyvazi, J., Moghimi, E., Yamani, M., Mohammadi, and H., Isaei, A.R. 2010. Effects of ecogeomorphological parameters on chemical water quality, Case study: Kor river and Doroodzan dam lake. Geography and Environmental Planning, 37(1): 17-32. [In Persian].
5. Jamali, B., Orouji, H., Ramezani, M., and Ansari pour, A.H. 2011. Trend analysis of Sephidroud water quality, using statistical methods. 4th Iran Water Resources Management Conference. [In Persian].
6. Maeroufi, S., and Tabari, H. 2011. Trend analysis of Maroun river discharge variation using parametric and non-parametric methods. Geographical Research, 819: 119-141. [In Persian].
7. Amirian, A., and Joveily, M. 2011. Trend analysis of 4 water quality parameters of Maroun river, using Mann-Kendall test. The 2nd Iranian National Conference on Applied

Research in Ware Resources, Zanjan, Iran. [In Persian].
8. Zare Garizi, A., Sadoddin, A., Bordi Sheikh, V., and Salman Mahini, A. 2012. Long-term trend analysis of water quality variables for the Chehelchay River (Golestan province). Iranian Water Resource J. 6(1): 155-165. [In Persian].
9. Salarian, M., Ansari, H, and Chaparli, H. 2014. Assessment of water quality trend of Goloroud river from Mazandaran Nekaroud. The First National Conference on Challenges on Water Resources and Agriculture. Isfahan, Iran. [In Persian].
10. Gigloo, B.F., Najafinejad, A., Moghani Bilehsavar, V., and Ghiyasi, A. 2013. Evaluation of water quality variation of Zarringol river, Golestan province. J. of Water and Soil Conservation, 20(1): 77-96. [In Persian].
11. Torabi Poodeh, H., and Emamgholizadeh, S. 2015. Trend analysis of streamflow changing of north watershed of Dez River with TFPW-MK procedure. J. of Water and Soil Conservation, 22(3): 39-55. [In Persian].
12. Koulaian, A., Khoshravesh, M., Mohammadigolafshani, N., and Mirzaee, M.J. 2017. Analysis of streamflow trend in Mazandaran rivers using non-parametric Mann-Kendal test. Watershed Engineering and Management, 9(3): 332-345. [In Persian].
13. Gheisoori, M., Soltani-Gerdefaramarzi, S., and Ghasemi, M. 2018. Investigation and prediction of the changing trend of climate parameters on Discharge (Case Study: Godarkhosh Subbasin). J. of Natural Environmental Hazards, 7(17): 137-154. [In Persian].
14. Shakerian, S., Torabi Podeh, H., Shahinejad, B., and Naghavi, H. 2019. Investigation of the Rainfall and flow river trend in The Great Karun Basin Using the TFPW-MK. Iran Water Resource Research, 15(3): 272-282. [In Persian].
15. Razmkhah. H., Ghahremani, E., Fararouie, A. and Rostami Ravari, A. 2022. Assessment of meteorological and hydrological drought (Case study: Zohreh river). Integrated Watershed Management, 2(3): 58-81. [In Persian].
16. Mohammadi, E., Razmkhah. H., Rostami Ravari, A., and Fararouie, A. 2022. Salinity Assessment and Ground Water Quality Mapping Using Principle Component Analysis, Case study: Khafr Plain. Water Resources Engineering, 15(54): 1-18. [In Persian].
17. Ildoromi, A., Hassanzadeh, N., and Hedayatzadeh, F. 2023. Comprehensive Assessment of Surface Water Quality and Their Suitability for Drinking and Irrigation Uses (Case Study of Karun and Dez River Basin). Hydrogeomorphology, 34(10): 1-31. [In Persian].
18. Lettenmaier, R.P., Hooper, E.R., Wagoner, C., and Fans, K.B. 1991. Trends in stream quality in continental United States, 1978-1987. Water Resources Research, 27: 327-339.
19. Yu, Y.-Sh., Zou, Sh. and Whittemore, D. 1993. Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. J. Hydrology, 150: 61-80.
20. Vega, M., Pardo, R., Barrado, E. and Deban, L. 1998. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. Water Research, 32(12): 3581-3592.
21. Antonopoulos, V., Papamichail, D., and Mitsiou, K. 2001. Statistical and trend analysis of water quality and quantity data for the Strymon river in Greece. Hydrology and Earth System Sciences, 5(4):679-691.
22. Ferrier, R. C., Edwards, A. C., Hirst, D., Littlewood, I. G., Watts, C. D., and Morris, R. 2001. Water quality of Scottish rivers: Spatial and temporal trends. Journal of Environmental

Engineering and Science, 265(1-3), 327–342.
23. Kahya, E. and Kalayci, S. 2004. Trend analysis of stream flow in Turkey, J. Hydrology, 289: 128-144.
24. Partal, T. and Kucuk, M. 2006. Long-term trend analysis using discrete wavelet components of annual precipitations measurements in Marmara region (Turkey), Physics and Chemistry of the Earth, Part A/B/C, 31(18): 1189-1200.
25. Partal, T., and Kahya, E. 2006. Trend analysis in Turkey precipitation data, Hydrological Process, 20: 2011–2026.
26. Jaagus,J. 2006. Climatic changes in Estonia during the second half of the 20th century in relationship with changes in larges-Scale atmospheric circulatiom. Theoretical and Applied Climatology, 83: 77-88.
27. Jiang, T, Su, B. and Hartmann, H. 2007. Temporal and spatial trends of precipitation and river flow in the Yangtze River Basin, 1961-2000, Geomorphology, 85(3-4):143-154.
28. Boyacioglu, H. 2008. Investigation of temporal trends in hydro chemical quality of surface water in western Turkey. Bull. Environtal Contamination and Toxicology, 80:469-474.
29. Shaban, A. 2009. Indicators and Aspects of Hydrological Drought in Lebanon, Water Resource. Management, 23(10): 1875-1891.
30. Razmkhah, H., Abrishamch, A. and Torkian, A. 2010. Evaluation of spatial and temporal variation in water quality by pattern recognition techniques: A case study on Jajrood river (Tehran, Iran). J. Environmental Management, 91(4), 852-860.
31. Tabari,H., Marofi,S,. and Ahmadi,M, 2011. Long–term variations of water quality parameters in the Maroon River,Iran. Environmental Monitoring and Assessment, 177: 273–287.
32. Pal I. and Al-Tabbaa, A. 2011. Assessing seasonal precipitation trends in India using parametric and non-parametric statistical techniques, Theoretical Applied Climatology, 103:1–11.
33. Golian, S., Mazdiyasni, O. and Aghakouchak, A. 2014. Trends in meteorological and agricultural droughts in Iran. Theoretical Applied Climatology, 119: 679–688.
34. Dery, S. J., Stadnyk, T.A., MacDonald, M.K. and Gauli-Sharma, B. 2016. Recent trends and variability in river discharge across northern Canada. Hydrology and Earth System Science, 20: 4801-4818.
35. Gedefaw, M., Wang, H., Yan, D., Song, X., Yan, D., Dong, G., Wang, J., Girma, A., Ali, B.A., Batsuren, D., Abiyu, A. and Qin, T. 2018. Trend analysis of climatic and hydrological variables in the Awash river basin, Ethiopia. Water, 10, 1554.
36. Ali, R., Kuriqi, A., Abubaker, Sh. and Kisi, O. 2019. Long-term trend and seasonality detection of the observed flow in Yangtze river using Mann-Kendall and Sen's innovation trend method. Water, 11, 1855.
37. Nyikadzino, B., Chitakira, M. and Muchuru, S. 2020. Rainfall and runoff trend analysis in the Limpopo river basin using the Mann Kendall statistic. Physics and Chemistry of the Earth, 117, 102870.
38. Jo, Ch., Kwon, H. and Kim , S. 2022. Temporal and spatial water quality assessment of the Geumho river, Korea, using multivariate statistics and water quality indices. Water, 14. 1761.
39. Razmkhah. H. 2010. Forecasting maximum flood discharge in Bakhtegan watershed of Fars province. Water Resources Engineering, 3(5): 45-60. [In Persian].
40. Eghbalmanesh, J., and Farhadi, A. 2009. Assessment of flood-probability relations of Bakhtegan watershed. B.S. Thesis, Water Science and Engineering department, Islamic Azad University,

Marvdasht branch, Marvdasht, Iran. [In Persian].
41. Razmkhah, H. 2023. Assessing SPI-3 months spatial variation using Kriging, Case study, Fars province. Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment, 1(2): 25-36. [In Persian].
42. Abbasian, M.S., Moghim, S. and Abrishamchi, A. 2018. Performance of the general circulation models in simulating temperature and precipitation over Iran. Theoretical and Applied Climatology, 135(3-4):1465–1483.
43. Sen, P.K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. J. American Statistical Association, 63: 1379-1389.
44. Razmkhah, H., Rostami E., Rostami Ravari, A., and Fararouie, A. 2023. Spatiotemporal variation of meteorological drought, Case study: Kohgilooyeh and Boyer Ahmad. Integrated Watershed Management, 2(4): 17-35. [In Persian].
45. Asghari, M. 2014. A comprehensive overview on the role of water in raising livestock and poultry. The first national conference on Water Crises and Challenges in the Salt Lake Basin, Ghom, Iran. [In Persian].