هما رزمخواه[1*]، ویدا پسندی[2] ، علیرضا فراورویی[3]، امین رستمی راوری[4]
Homarazmkhah@gmail.com[1] استادیار گروه مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران،
vida.pasandi@yahoo.com[2]دانش آموخته گروه مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران،
dr.aminrostami@yahoo.com[3] استادیار گروه مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران،
masih_fararooei@yahoo.com[4] استادیار گروه مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران،

Homa Razmkhah[*1],Vida Pasandi[2], , Alireza Fararoie[1], Amin Rostami Ravari[1]
Department of Water Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran
*Corresponding Author: Homarazmkhah@gmail.com

محل انجام تحقیق : دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت
شماره تماس و ایمیل نویسنده مسئول: -Homarazmkhah@gmail.com - ۰۹۱۷۷۰۳۸۴۹۰
نشانی : شیراز – شهرک گلستان- بلوار علامه امینی – کوی بوستان- نبش رایحه- مجتمع مهندسین- واحد ۲۱۲

رو دیاند ویرایش نشده

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

چکیده

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. 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. 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 در 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 زیرکشت 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.

واژه های کلیدی: آزمون من کندال[1]، روند زمانی و مکانی، دبی، کیفیت آب، توزیع آماری.

رونوشت ویرایش نشده

۱- 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 نجر 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 درودزن 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[۲] و همکاران (۱۹۹۱) در مطالعه ای روند کیفیت جریان رودخانه را به وسیله آزمایش من کندال بررسی کردند (۱۸). یو[۳] و همکاران ۱۹۹۳ به بررسی روند زمانی کیفیت آب رودخانه کانزاس با استفاده از آزمون من کندال پرداختند (۱۹). وگا[۴] 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[۵] 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[۶] استفاده شد (۲۱). فریر و ادوارد[۷](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). کالیسی[۸] و کاهیا (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[۹] (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[۱۰] (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[۱۱] (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[۱۲] 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[۱۳] (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[۱۴] (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[15] 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[16] (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[17] و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی روند زمانی دبی آب رودخانه های شمال کانادا با استفاده از آزمون من کندال پرداختند (۳۴). گدفاو[18] 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[19] (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.

۲- مواد و روشها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

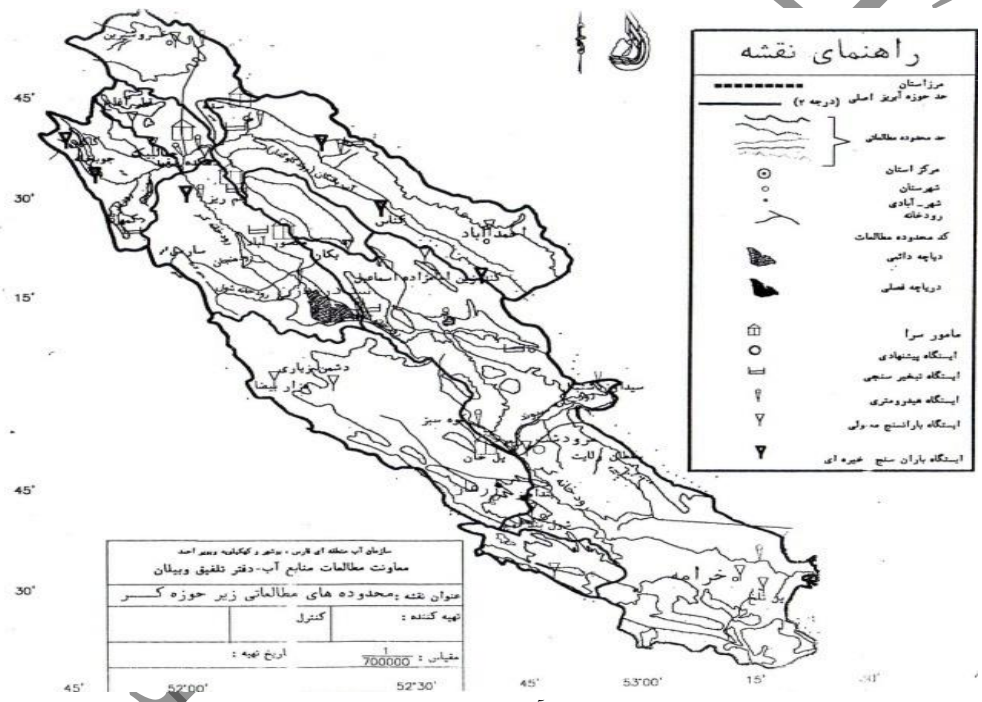
موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز بختگان بین ۵۱ درجه، ۴۴ دقیقه تا ۵۴ درجه، ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه، ۷ دقیقه تا ۳۱ درجه، ۱۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. مساحت آن ۲۸۲۳۴ کیلومتر مربع بوده و شامل دو رودخانه اصلی به نام های کر و سیوند و همچنین چندین شاخه فرعی می باشد. در قسمت شمالی این حوضه ارتفاعات بلند به صورت 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

زودآیند و در انتشار نشده

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.

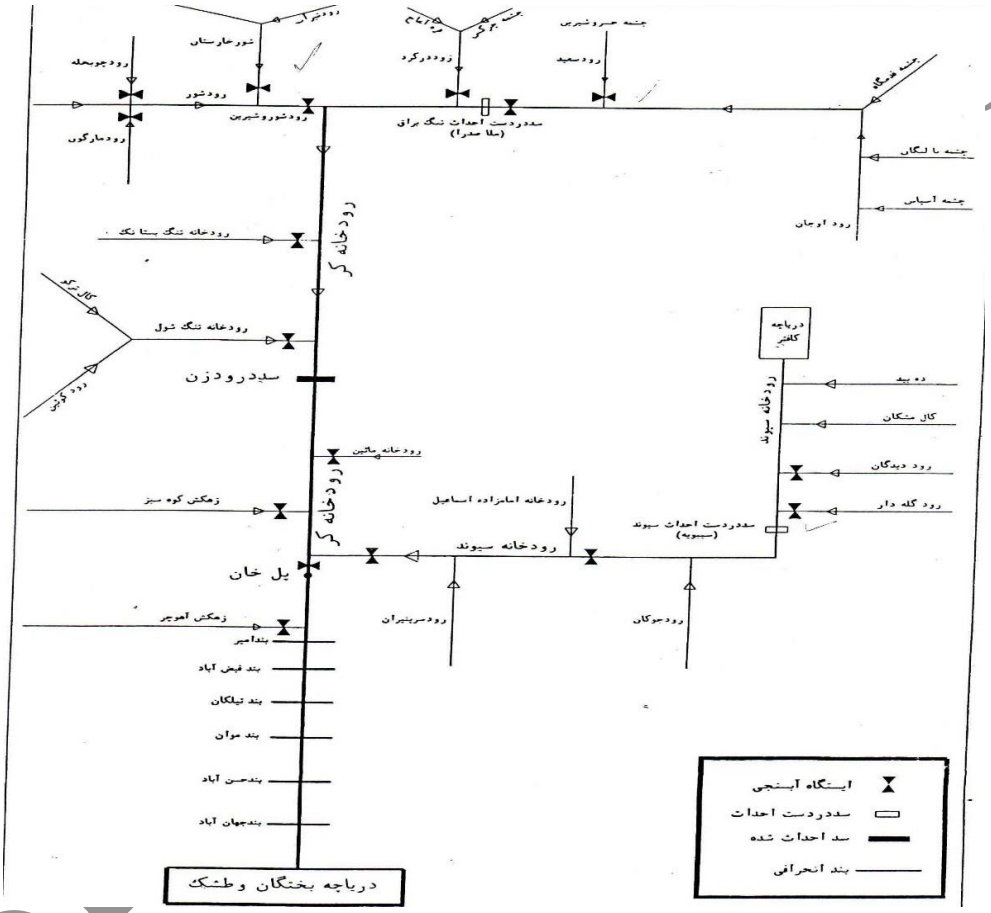


شکل ۱- نمایی از موقعیت حوضه آبریز رودخانه کر و موقعیت جغرافیایی ایستگاه ها

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 الیه 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

۲-۲- 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.

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

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

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

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

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

$$Var(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \qquad n<10$$

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.

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

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.

۳-۲- شیب سن

شیب سن جهت ارزیابی و تعیین روند مشاهدات استفاده می شود (عباسیان و همکاران، ۲۰۱۸)(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.

$$S_k = \frac{y_m - y_l}{m-l} \qquad (۵)$$

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.

۲-۴- 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
٤- برازش توزیع های آماری و انتخاب مناسب ترین توزیع داده های متوسط ماهانه هر ایستگاه
٥- پیش بینی مقادیر متوسط ماهانه دبی و پارامترهای کیفیت آب با دوره بازگشت های مختلف در هر ایستگاه و مقایسه آنها
٦- مقایسه مقادیر پیش بینی شده دبی و پارامترهای کیفیت آب با استانداردهای مصرف

ارزیابی و پیش نویس نشده

۳- نتایج

۳-۱- 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.

۳-۱-۱- 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.

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	561	25.40	30.5	14.73	21.4	27.01	37.0	2.60	4.0	9.371	22.75

۳-۱-۲- 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.

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	463	565.2140	1852.7	423.0	725.0	458.9	5661.2	5.171	7.0	41.618	52.8
PH	463	7.7523	7.5693	7.80	7.5700	.39779	.44762	-.462	-.089	.275	-.172
EC	463	919.5875	3562	660.50	1138	814.1	8891	5.279	5	37.254	22.832
HCO3	463	3.3058	3.86	3.20	3.70	.77326	1.16	1.073	3.413	2.685	28.318
Cl	463	4.51	35.1	3.00	5.1	6.51	123.4	6.806	5.5	59.23	33.7
SO4	463	1.3402	4.88	.700	2.50	1.74	11.30	3.242	9.62	13.863	123.88
Ca	463	2.93	13.82	2.50	3.10	2.61	44.59	8.301	5.70	87.13	36.24
Mg	463	2.01	6.8	1.50	3.0	1.60	19.0	3.570	8.0	18.41	73.93
Na	463	4.17	22.9	2.76	5.3	4.70	73.1	4.975	5.6	34.24	34.65
SAR	463	2.4790	4.7924	2.015	3.0400	1.64960	6.20973	2.725	4.132	11.980	19.229
TH	463	4.93	20.6	4.00	6.2	3.63	59.8	6.26	5.7	54.25	36.0

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

۳-۱-۳- 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.

۳-۱-۴- آزمون تصادفی 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.

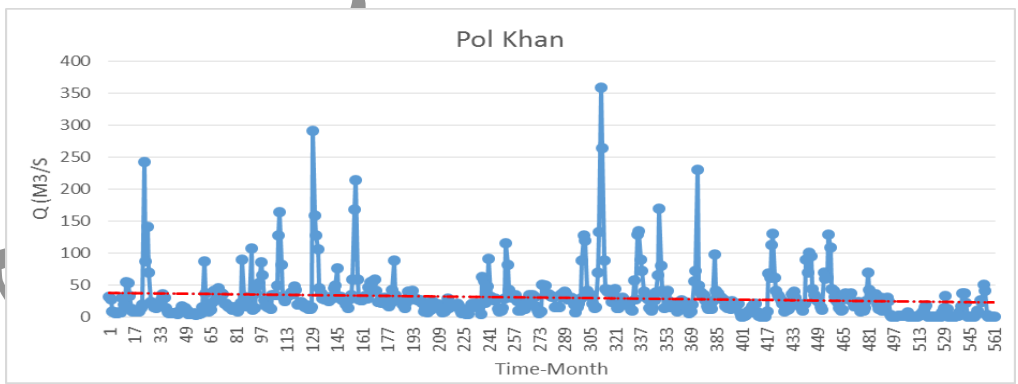
۳-۲- بررسی روند زمانی دبی و پارامترهای کیفیت آب

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.

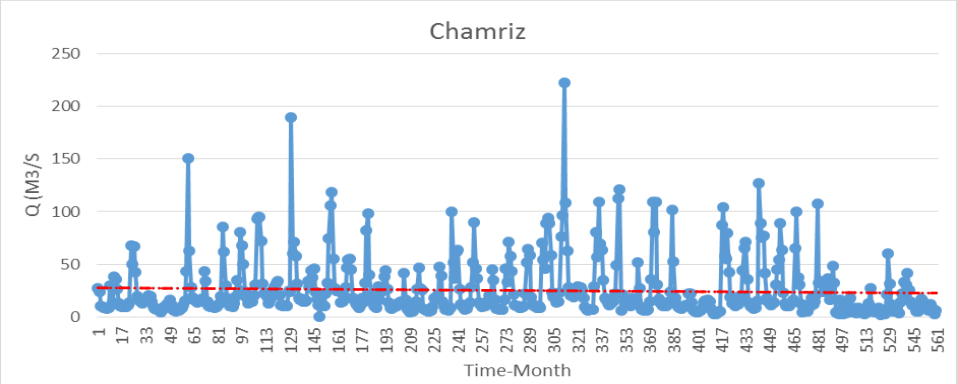
جدول ۳- شیب سن و نتایج آزمون من کندال دبی ایستگاه های پل خان و چمریز

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
-0.004	-0.014	-0.009	بله	0.000	-0.102	-0.01	-0.0276	-0.0184	بله	.000	-0.108

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 ۴- نمودار سری زمانی دبی ایستگاه چمریز

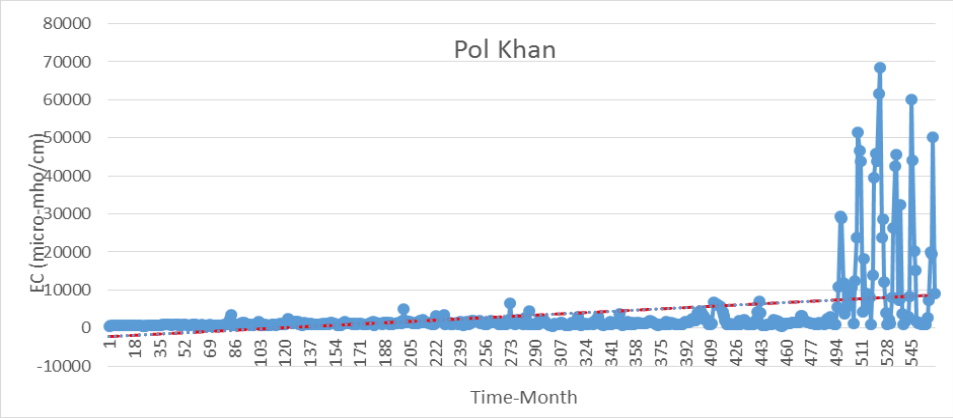
نتایج آزمون های من-کندال و شیب سن پارامترهای ایستگاه های پل خان و چم ریز در جدول ۴ ارائه شده است (آلفا برابر ۰.۰۵). همانطور که ملاحظه می گردد، در ایستگاه چمریز از بین ۱۱ متغیر کیفی تنها دو متغیر Na و SAR بدون روند هستند، متغیرهای SO4 و PH روندی کاهشی و بقیه متغیرها روندی افزایشی دارند. در ایستگاه پل 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 ۴- شیب سن و آزمون من کندال پارامترهای کیفیت آب ایستگاه های پل خان و چمریز

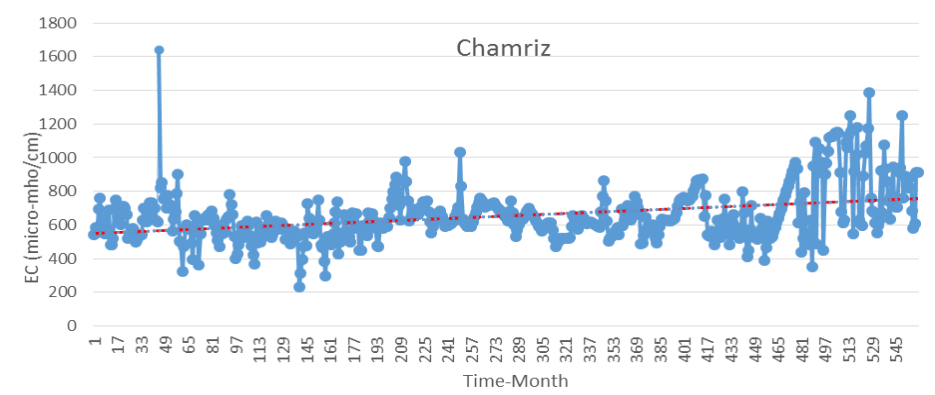
ایستگاه	پل خان						چمریز					
پارامتر	من کندال			شیب سن			من کندال			شیب سن		
	Z	P value	Trend	شیب	حد پایین	حد بالا	Z	P value	Trend	شیب	حد پایین	حد بالا
EC	0.403	0.000	بله	2.245	1.875	2.659	0.153	0.000	بله	0.248	0.179	0.319
HCO3	0.208	0.000	بله	0.0016	0.0012	0.0021	0.319	0.000	بله	0.0014	0.0012	0.0016
Cl	0.406	0.000	بله	0.013	0.011	0.016	0.165	0.000	بله	0.002	0.0014	0.0026
SO4	0.295	0.000	بله	0.0047	0.0037	0.0057	-0.063	0.035	بله	-0.0006	-0.0008	-0.0004
Ca	0.414	0.000	بله	0.0059	0.005	0.007	0.329	0.000	بله	0.0018	0.0015	0.0021
Mg	0.307	0.000	بله	0.0045	0.0035	0.0055	0.076	0.013	بله	0.0002	0.000	0.0004
Na	0.344	0.000	بله	0.0117	0.0093	0.0143	0.055	0.068	خیر	0.0005	-0.00003	0.001
SAR	0.289	0.000	بله	0.0045	0.0035	0.0055	-0.001	0.969	خیر	-0.00009	-0.0005	0.0003
TDS	0.338	0.000	بله	1.45	1.26	1.66	0.207	0.000	بله	0.214	0.173	0.258
TH	0.435	0.000	بله	0.0099	0.0084	0.0116	0.302	0.000	بله	0.0021	0.0018	0.0024
PH	-0.261	0.000	بله	-0.0009	-0.0011	-0.0006	-0.092	0.002	بله	-0.00009	-0.0003	0.00

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 ۶- نمودار سری زمانی هدایت الکتریکی ایستگاه چمریز

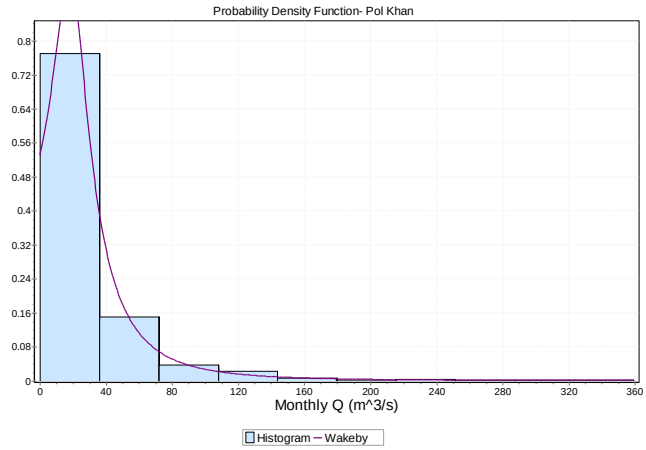
۳-۳- برازش توزیع آماری بر دبی و پارامترهای کیفیت آب

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.

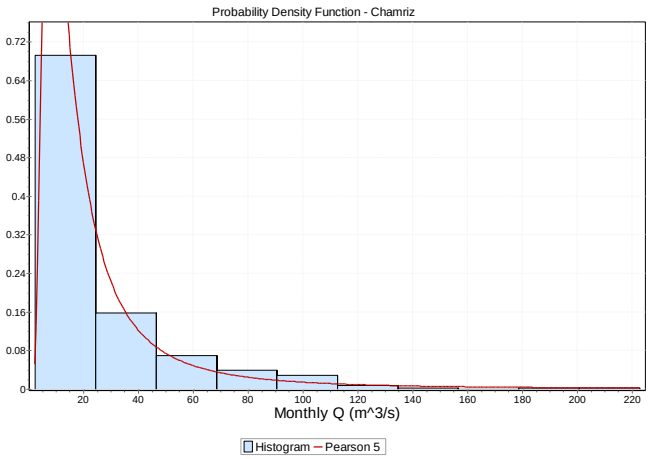
جدول ۵- بهترین توزیع های برازش داده شده بر دبی ایستگاه های پل خان و چمریز

ایستگاه پل خان			ایستگاه چمریز		
توزیع	K-S test	P-Value	توزیع	K-S test	P -value	پارامتر
Wakeby	0.03453	0.5044	Pearson 5	0.03962	0.15143	Q

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.



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



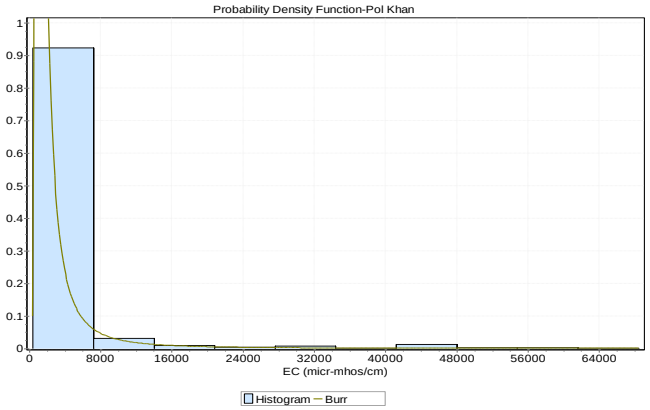
شکل ۸ - هیستوگرام و توزیع آماری برازش داده شده بر داده های میانگین دبی ماهانه ایستگاه چمریز

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.

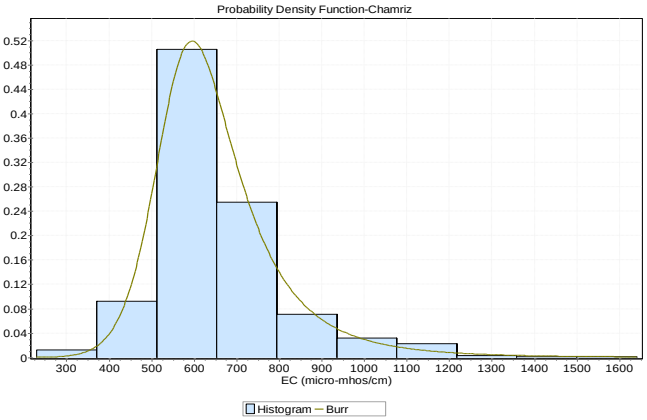
جدول ۶- بهترین توزیع های برازش داده شده بر پارامترهای کیفیت آب ایستگاه های پل خان و چمریز

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

زودبین نشده



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

۴-۳- 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.

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

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.

زود ویرایش نشده

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

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

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

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

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.

۵-۳- 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[۲۰] و WHO[21])	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	µmho/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

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.

۴- 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>HCO3 می 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.

منابع

(1) Rosenkrantz W.,1987. Introduction to probability and statistics for scientists. McGraw-Hill Science, Singapore.

(۲) رزمخواه، ه. و نیاورانی، م. (۱۳۸۷). تجزیه و تحلیل تاثیرات منابع آلاینده بر کیفیت آب رودخانه کر با کاربرد شبیه. WASP . مهندسی منابع آب، ۱(۲): ۴۳-۵۲.

(۳) مریانجی، ز.، معروفی، ص. و عباسی، ح. (۱۳۸۷). آشکار سازی روند تغییرات دبی و روابط آن با پارامترهای هواشناسی در حوضه یالفان همدان با استفاده از آزمون غیر پارامتریک Mann-Kendall . سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز.

(۴) حدادی عیوضی، ج.، مقیمی، ا.، یمانی، م.، محمدی، ح. و عیسایی، ا.ر. (۱۳۸۹). تاثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک بر کیفیت شیمیایی آب رودخانه کر و دریاچه سد درودزن مجله جغرافیا و یرنامه ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره ۳۷، صفحه ۳۲-۱۷.

(۵) جمالی، ب.، عروجی، ح.، رمضانی، م. و انصاری پور، ا. ح. (۱۳۹۰). بررسی روند کیفیت آب رودخانه سفید رود با استفاده از روشهای آماری، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

(۶) معروفی، ص. و طبری، ح. (۱۳۹۰). آشکارسازی روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استاده از روشهای پارامتری و ناپارامتری. تحقیقات جغرافیایی، ۸۱۹: ۱۱۹-۱۴۱.

(۷) جویلی، م.، امیریان، ع. و خواجه ساهوتی، غ. (۱۳۹۰). تحلیل روند تغییرات زمانی پنج پارامتر کیفی آب رودخانه مارون با استفاده از آزمون من-کندال، دومین کنفرانس ملی پژوهشهای کاربردی منابع آب ایران.

(۸) زارع گاریزی، آ.، سعدالدین، ا.، بردی،ش.و. و سلمان ماهینی، ع. (۱۳۹۱). بررسی روند تغییرات بلند مدت متغیر های کیفیت آب رودخانه چهل چای (استان گلستان)، پژوهش آب ایران ، ۶ (۱۰):۱۶۵-۱۵۵.

(۹) سالاریان، م.، انصاری، ح. و چپرلی، ح. (۱۳۹۲). بررسی روند تغییرات کیفی آب رودخانه گلورود از رودخانه نکارود مازندران. اولین همایش ملی چالش های منابع آب و کشاورزی.

(۱۰) گیگلو، ف.، نجفی نژاد، ب.، مغانی، ع.، بیله سوار، و. و غیاثی، ا. (۱۳۹۲). بررسی تغییرات کیفیت آب رودخانه زرین گل استان گلستان. پژوهشهای حفاظت آب و خاک، ۲۰ (۱): ۲۷-۱۹.

(۱۱) ترابی پوده، ح. و امامقلی زاده. ص. (۱۳۹۴). تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه های شمال جوشه دز با استفاده از روش من کندال اصلاح شده. پژوهش های حفاظت آب و خاک، ۲۲(۳): ۳۹-۵۵.

(۱۲) کولاییان، ع.، خوش روش، م.، محمدی گل افشانی، ن. و میرزایی، م.ج. (۱۳۹۶). تحلیل روند تغییرات رمانی جریان رودخانه های استان مازندران با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۹(۳): ۳۳۲-۳۴۵.

(۱۳) قیصوری، م.، سلطانی گردفرامرزی، س. و قاسمی، م. (۱۳۹۷). بررسی و پیش بینی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی بر دبی (مطالعه موردی: حوزه آبریز گدارخوش). مخاطرات محیط طبیعی، ۷(۱۱): ۱۳۷-۱۵۴.

(۱۴) شاکریان، س.، ترابی پوده، ح.، شاهی نژاد، ب. و نقوی، ح. (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه های حوضه کارون بزرگ با استفاده از روش TFPW-MK. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۵(۳): ۲۷۲-۲۸۲.

(۱۵) رزمخواه، ه.، قهرمانی، ع.، فراورویی، ع.، رستمی راوری، ا. ۱۴۰۱. ارزیابی خشک‌سالی هواشناسی و هیدرولوژیک (مطالعه موردی: رودخانه زهره). مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز، ۲(۳) و ۵۸-۸۱.

(۱۶) محمدی، ع.، رزمخواه، ه.، رستمی راوری، ا. و فراورویی، ع. ۱۴۰۱. تحلیل شوری و پهنه بندی کیفیت آبهای زیرزمینی با استفاده از تکنیک تجزیه به مولفه های اصلی،مطالعه موردی: دشت خفر. مهندسی منابع آب، ۱۵(۵۴)، ۱-۱۸.

(۱۷) ایلدرمی، ع.، حسن زاده، ن. و هدایت زاده، ف. ۱۴۰۲. ارزیابی جامع کیفیت آب های سطحی و تناسب آنها برای مصارف شرب و آبیاری مطالعه موردی حوضه رودخانه کارون و دز. هیدروژئومورفولوژی، ۱۰(۳۴)، ۱-۳۱.

(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 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, Pergamon, 32: 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, 327–342.

(23) Kalayci, S. and Kahya, E. (2004). Trend analysis of stream flow in Turkey, J. Hydrol., 289: 128-144.

رودآب و زیرآب تشده

(24) Partal, T. and Kucuk, M. (2006). Long-term trend analysis using discrete wavelet components of annual precipitations measurements in Marmara region (Turkey), Phys. and Chemist. Earth, Part A/B/C, 31(18): 1189-1200.
(25) Partal, T., and Kahya, E**. (**2006). Trend analysis in Turkey precipitation data, Hydrolog. Proc., 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, 85:143-154.
(28) Boyacioglu, H. (2008). Investigation of temporal trends in hydrochemical quality of surface water in western Turkey. Bull. Environ. Contam. Toxicol, 80:469-474.
(29) Shaban, A. (2009). Indicators and Aspects of Hydrological Drought in Lebanon, Water Resour. Manag., 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, 852-860.
(31) Tabari,H., Marofi,S,. 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, Theor. Appl. Climatol., 103:1–11.
(33) Golian, S., Mazdiyasni, O. and Aghakouchak, A. (2014). Trends in meteorological and agricultural droughts in Iran. Theor. Appl. Climatol., 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 ans 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. Phtsics 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.
(۳۹) رزمخواه، ه.، (۱۳۸۹). پیش بینی بیشترین بده سیلاب در حوضه آبخیز بختگان فارس، مهندسی منابع آب، ۳(۵): ۴۵-۶۰.
(۴۰) اقبال منش، ج.، و فرهادی، ا. (۱۳۸۸). تعیین ارزیابی روابط سیل- احتمال وقوع حوضه بختگان، پایان نامه کارشناسی، گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.
(۴۱) رزمخواه، ه. ۱۴۰۱. بررسی تغییرات منطقه ای شاخص خشک‌سالی SPI سه ماهه با استفاده از تکنیک زمین آماری کریجینگ، مطالعه موردی: استان فارس. رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست، ۱(۲): ۸۶-۹۷.
(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, pages1465–1483 (2019).
(43) Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. J. American Statistical Association, 63: 1379-1389.
(۴۴) رزمخواه، ه.، رستمی، ا.، رستمی راوری، ا. و فراورویی، ع. ۱۴۰۱. بررسی تغییرات زمانی و مکانی خشک‌سالی هواشناسی، مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویر احمد. مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز، ۲(۴) و ۱۷-۳۵.
(۴۵) اصغری، م. (۱۳۹۳). مروری جامع بر نقش آب در پرورش دام و طیور، نخستین همایش کشوری چالش ها و بحران های آب در حوزه دریاچه نمک، قم، اتاق بازرگانی،صنایع،معادن و کشاورزی ایران، اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی قم.
(۴۶) حسین سربازی، آ. اسماعیلی، ک. (۱۳۹۳). بررسی تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی در کشاورزی و صنعت (مطالعه موردی دشت نیشابور)، نشریه آبیاری و زهکشی، شماره ۱، جلد ۸، صفحه ۸۳-۷۱.

نسخه پذیرفته شده در حال ویرایش

[1] Mann-Kendall
[2] Lettenmaier
3 Yu
4Vega
5 Antonopoulos
6Kolmogorov-Smirnov
7 Ferrier and Edwards
8 Kahya and Kalayci
[9] Partal and Kucuk
[10] Partal and Kahya
[11] jaagus
[12] jiang
[13] Boyacioglu
[14] Shaban
[15] Tabari
[16] Pal and Al-Tabbaa
[17] Dery
[18] GEDEFAW
[19] Nyikadzino
[20] استانداردهای ملی مرتبط با آب شماره استاندارد ۱۰۵۳
[21] World Health Organization

زودآیند ویرایش نشده

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

Temporal analysis of discharge gives usefull information for a better water resources management. Climate change is a critical environment challenge of this centuray. Meteorological variables changes like precipitation has an important effect on water resources. Management of Kor river water quality, as a base water source of agricultural, industrial and domestic uses, has a significant influence on water quality of the region. For evaluation of temporal 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 analysed, using Man Kendall and Sen slope trend analysis. Statistical distributions were fitted to the data, then the parameters forecasted for different return periods, and compared in the stations. River water quality parameters were compared with standard values of domestic, agricultural, and livestock and poultry uses. Results showed that Pol Khan monthly average discharge is greater than Chamriz, which coulde 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 be resulted from River water control in Doroudzan Dam between Chamriz and Pole khan. In Chamriz all of the quality parameters average are in statndards limits. In Pol Khan the TDS and EC values are higher than domestic use standards, but other parameters are in the limits of standards values. Except of EC, other parameters value are in the limits of livestock and poultry, and irrigation standards. All of the parametrs values in Pol Khan are higher than Chamriz except PH. Trend analysis showed a decreasing trend of discharge in the both stations, which could be resulted from dought and precipitation decline in recent decades, agricultural area increasing and irregular river water consumption for different purposes. In the Chamriz Na and SAR showed no trend, SO4 and PH had a decreasing and other parameters had an increasing trend. In Pol Khan, PH showed a decreasing, and the others an increasing trend. Except PH, all of the parameters forecasted values, for all of the return periods, in Pol Khan are higher than Chamriz. Reduction of agricultural chemical pollution, prevention of wastewater entry to the river and wastewater treatments could be effective ways for improvement of water quality.

Keywords: Man-Kendall, Temporal and spatial trend, Discharge, Water quality, Statistical distribution**.**

ویرایش نشده