نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۶، مرداد - شهریور ۱۴۰۱، ص. ۶۰۸-۵۹۶

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.3, Vol. 16, Aug.-Sep. 2022, p. 596-608

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی گرافیکی و تحلیل آماری تغییرات کیفی و کمی آب رودخانه (مطالعه موردی: پلرود استان گیلان)

مصطفی اکبرپور بازرگانی[۱]، ابراهیم امیری[۲*] و مجید عاشوری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۵

چکیده

تشخیص بلندمدت کیفیت و کمیت آب رودخانه‌ها برای بررسی تغییرات به وقوع پیوسته در گذشته و پیش‌بینی آینده از اهمیت شایانی برخوردار است. از همین رو، هدف از انجام این پژوهش بررسی تغییرات کیفی و کمی آب رودخانه پلرود استان گیلان با استفاده از روش‌های گرافیکی و تحلیل آماری بود. در این تحقیق، از داده‌های ثبت‌شده متغیرهای کیفیت آب در ایستگاه هیدرومتری پلرود از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ استفاده شد که این متغیرها شامل منیزیم، کلسیم، پتاسم، کلرید، بی‌کربنات، سولفات، اسیدیته، کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و دبی بوده است. از نمودار شولر برای بررسی کیفیت شرب، ویلکوکس برای کیفیت کشاورزی، پایپر برای بررسی تیپ آب و همچنین روش من‌کندال برای بررسی سری زمانی و آزمون همبستگی پیرسون برای بررسی روابط میان پارامترهای استفاده شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از نمودار شولر کیفیت آب رودخانه پلرود از لحاظ شرب در بازه زمانی بیست‌ساله و برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان در یک وضعیت مناسب و خوب قرار گرفته است. نتایج نمودار ویلکوکس که کیفیت آب رودخانه از لحاظ کشاورزی در یک وضعیت خوب و مناسب و نتایج نمودار پایپر نشان از تیپ آب و رخساره آن در رودخانه پلرود از نوع بی‌کربناته کلیسک است. همچنین مطابق آزمون من‌کندال روند خطی افزایشی در دبی سالانه رودخانه وجود دارد. نتایج تحلیل آماری کیفی پارامترهای موردبررسی در این پژوهش در بازه زمانی سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۹۷ نشان داد که در فصل تابستان پارامترهای موردسنجش از مقادیر بالایی نسبت به سایر فصول برخوردار هستند به‌گونه‌ای که بالاترین میانگین حسابی برای شاخص EC در این فصل برابر با ۲۹۰/۸۵، شاخص TDS برابر با ۲۴۶/۳، شاخص PH برابر با ۷/۶۵ بود. همچنین در بررسی دبی مشخص گردید که بالاترین مقدار دبی مربوط به فصل بهار با میزان ۳۰/۸۲ m^3/s و کمترین آن در فصل تابستان با مقدار ۱۰/۷۳ m^3/s است. نتایج آزمون پیرسون نشان داد که بین هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول در آب رابطه مستقیم و معنی‌دار وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: استان گیلان، تحلیل آماری، کیفیت آب، رودخانه، منابع آب

مقدمه

در دنیای امروز، اهمیت محیط‌زیست و بقای آن بدون در نظر گرفتن مبحث آب امکان‌پذیر نمی‌باشد و حفظ و نگهداری از منابع آب و بهره‌برداری آگاهانه به یک دغدغه جهانی مبدل شده است. یکی از ساده‌ترین روش‌ها جهت تعیین شرایط کیفیت آب، استفاده از شاخص‌های کمی و کیفی آب می‌باشد که می‌تواند در تصمیم‌گیری مدیران و متخصصان به کار گرفته شوند. عمده فعالیت‌های هیدرولوژی در جهت تأمین آب برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت بوده که هر کدام می‌بایست از لحاظ کیفی، ویژگی‌ها و معیارهای مشخصی داشته باشند. خصوصیات کیفی آب از مؤلفه‌هایی است که ضرورت لحاظ آن در برنامه‌ریزی‌های مربوط به مدیریت منابع آب و همچنین ارزیابی سلامت حوضه‌های آبخیز و ایجاد تغییرات مدیریتی در آن کاملاً احساس شده ولی تاکنون کمتر موردتوجه قرار گرفته است (Ibrahim, 2019).

کیفیت آب‌های سطحی و رودخانه‌ها یکی از شاخص‌های مهم برای سلامتی جامعه و بالا بردن سطح رفاه در جامعه می‌باشد. با توجه

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۲- استاد گروه مهندسی آب، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Emai: eamiri57@yahoo.cim
DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.3.10.1

به اینکه رودخانه‌ها در مسیر خود از محل‌ها و مناطق مختلفی عبور می‌کنند کیفیت آن‌ها دارای نوسانات محیطی زیادی می‌باشد. با توجه به پدیده خشک‌سالی و احداث سدهای مختلف در مسیر رودخانه‌های پرآب و مهم کشور، حفظ این منابع یکی از وظایف مهم دولت‌ها و ملت‌ها بوده و چنانچه بتوان با پایش مستمر رودخانه‌ها از نظر پارامترهای کیفیت، نقاطی را که آب آن پایین‌تر از حد استاندارد می‌باشند را مشخص کرد، یافتن نقاط بحرانی و پیشنهاد راهکارهای لازم و جدی برای رفع این نقاط و برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های آینده آسان‌تر می‌شود. علاوه بر این مواد آلوده‌کننده رودخانه‌ها، ناشی از رهاسازی پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری و کودهای شیمیایی هر روز به آلوده شدن آب‌های سطحی بیشتری کشیده شده و از طرفی با توجه به افزایش تقاضای آب برای سطح بالای استانداردهای زندگی، کاهش منابع آب مطلوب، باعث ایجاد وضعیت نامناسب اجتماعی و زیست‌محیطی در سراسر جهان شده است؛ بنابراین ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها بسیار اهمیت داشته زیرا مستقیماً سلامت عمومی و زندگی موجودات آبزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Eslami et al., 2015; Ishtiyagh and Anisa, 2017).

ارزیابی ویژگی‌های کیفیت آب سطحی در برنامه‌ریزی مرتبط با مدیریت منابع آب نیز به‌عنوان ارزیابی سلامت حوضه و مدیریت تغییرات آن ضروری است. حفاظت از کیفیت آب به‌عنوان یکی از ارکان برنامه‌ریزی مدیریت یکپارچه آب در نظر گرفته می‌شود. رودخانه‌ها از جمله اکوسیستم‌های مهم آبی هستند که به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد اکولوژیک اهمیت به سزایی از لحاظ کشاورزی، زیست‌محیطی، شیلاتی، اقتصادی و غیره دارند. این اکوسیستم‌ها با سرچشمه گرفتن از نواحی مرتفع و عبور از نواحی جلگه‌ای و ورود به تالاب‌ها، دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها مناطق وسیعی را تحت تأثیر قرار داده، ضمن این که خود نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند. امروزه توسعه کشاورزی، گسترش سطح زیر کشت و افزایش مصرف سموم کشاورزی باعث گشته که رودخانه‌ها در معرض خطر آلودگی سموم کشاورزی قرار گیرند، در نهایت این آلودگی‌ها به تالاب‌ها، دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها انتقال می‌یابد و می‌تواند سلامتی انسان و محیطزیست را به خطر بیاندازد. از همین رو، بررسی کیفیت تغییرات کیفی و کمی آب رودخانه‌ها از اهمیت به سزایی برخوردار است (El Najjar et al., 2019).

تشخیص بلندمدت کیفیت و کمیت آب رودخانه‌ها برای بررسی تغییرات به وقوع پیوسته در گذشته و پیش‌بینی آینده از اهمیت شایانی برخوردار است. بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها از اهداف اصلی ساماندهی رودخانه‌ها در توسعه پایدار منابع آب به شمار می‌آید. برای همین بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها نقش حیاتی و مهمی در منطقه دارد و باعث بیشتر شدن امرار و معاش از طریق کشاورزی، دامداری و صنعت می‌شود. پژوهش‌های مختلفی با هدف بررسی تغییرات کیفی رودخانه‌ها انجام شده است. نادری و براتی (۱۳۹۹) در پژوهشی به ارزیابی تغییرات کیفیت آب‌های سطحی اطراف لندفیل شهرستان ملایر پرداختند. نتایج نشان داد که وضعیت این آب‌ها در دیاگرام شولر در رده متوسط تا نامناسب قرار دارد و با دور شدن از لندفیل مقدار پارامترهای هدایت الکتریکی و کلر به‌طور عمومی کاسته شده است. مجردی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش خود اقدام به تخمین شاخص کیفیت آب رودخانه تالار با استفاده از روش‌های ترکیبی کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که دقت شبکه‌های عصبی مصنوعی بر روی داده‌های مجموعه آزمون اندکی بالاتر از روش برنامه‌ریزی بیان ژنی در تخمین شاخص کیفیت آب رودخانه است. سهرابی زاده و همکاران (۱۳۹۷) تحلیل روند تغییرات کیفیت آب حوزه آبخیز رودخانه تالار با استفاده از روش ناپارامتری من‌کندال را موردبررسی قرار دادند. کیفیت نمونه‌های آب از نظر شاخص‌های سدیم و سولفات مطابق نمودار شولر در حد مطلوب و برای شاخص TDS در حد مجاز می‌باشد. به‌طورکلی می‌توان علت آلودگی آب رودخانه تالار و روند صعودی و افزایشی شاخص‌های موردنظر را ناشی از افزایش دخالت‌های انسانی و کاربری‌های کشاورزی در اطراف رودخانه دانست. جامعی و همکاران در پژوهش خود اقدام به مدل‌سازی کیفیت آب‌های سطحی با تمرکز بر پارامترهای منیزیم و سولفات کردند. معیارهای آماری و رویکردهای اعتبار سنجی معتبر نشان داد که هر دو پارادایم مکمل در مقایسه با مدل‌های هوش مصنوعی مستقل دارای دقت امیدوارکننده‌ای هستند (Jamei et al., 2020). شاه و همکاران در پژوهش خود اقدام به ارزیابی زیست‌محیطی بر اساس پیش‌بینی کیفیت آب‌های سطحی کردند. یافته‌های تحقیق نشان داد که پیاده‌سازی مدل‌های هوش مصنوعی با روال بهینه‌سازی می‌تواند منجر به مدل‌های بهینه برای پیش‌بینی دقیق کیفیت آب شود (Shah et al.,2020). چن و همکاران در پژوهش خود تجزیه‌وتحلیل مقایسه‌ای برای بررسی کیفیت آب سطحی رودخانه‌های چین را انجام دادند. در مقایسه با مدل‌های دیگر، درخت تصمیم، جنگل تصادفی و جنگل آبشار عمیق که توسط مجموعه داده‌های کیفی آب آموزش دیده‌اند، در پیش‌بینی هر ۶ سطح عملکرد قابل‌توجهی داشته‌اند (Chen et al., 2020). سان و همکاران با مطالعه بر روی رودخانه دونگ ژیانگ به این نتیجه رسیدند که کیفیت آب رودخانه در نزدیکی مخزن سد احداث‌شده بر روی این رودخانه عالی بوده، درحالی‌که در بالادست رودخانه خوب و در پایین‌دست رودخانه متوسط است (Sun et al., 2016). آژار و همکاران برای طبقه‌بندی کیفیت آب در حوضه رودخانه مودا مالزی به این نتیجه رسیدند که طبقه‌بندی تولیدشده توسط تجزیه‌وتحلیل چند متغیره با سازمان محیطزیست سازگار است (Azhar et al., 2015). کافمن و بهدن در پژوهش خود کیفیت آب سی رودخانه آمریکا را در بازه زمانی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵ میلادی را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده و با استفاده از آزمون من کندال

فرضی نشان دادند که کیفیت آب در ۶۹ درصد از ایستگاه‌ها ثابت مانده یا بهبود پیدا کرده است (Kauffman and Behden, 2010).

فرضیه پژوهش حاضر بیان می‌دارد که کمیت و کیفیت منابع آب سطحی در رودخانه پلرود به دلیل استفاده از سموم کشاورزی و ورود سایر آلاینده‌ها به این حوضه آبی در بخش‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی، در فصول مختلف سال دچار تغییرات است. از همین رو هدف از انجام پژوهش حاضر سنجش و طبقه‌بندی کیفی منابع آب سطحی رودخانه پلرود جهت استفاده در بخش کشاورزی، مصارف صنعتی، خانگی و شرب بود. همچنین سنجش و ارزیابی آماری داده‌های کیفی و کمی رودخانه پلرود جهت تعیین وضعیت کیفیت رودخانه در فصول مختلف سال و بررسی روابط خطی و غیرخطی میان پارامترهای موردمطالعه در ارزیابی منابع آب سطحی رودخانه پلرود نیز از اهداف پژوهش می‌باشد.

مواد و روش

مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز پلرود

حوضه آبریز پلرود در شمال ایران و شرق استان گیلان و در شهرستان رودسر قرار گرفته است. به‌طوری‌که از سمت شمال به دریای خزر، از جنوب به حوضه آبریز شاهرود و رشته‌کوه‌های البرز، از غرب به حوضه آبریز شلمان رود و از سمت شرق به حوضه آبریز خشکه رود محدود شده است. مساحت این حوضه ۱۷۶۴۲۷ هکتار می باشد که مرتفع‌ترین بلندی در منتهی الیه مرز جنوب شرقی حوضه بر روی رشته کوه البرز با ۳۹۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا و پست‌ترین آن در نقطه خروجی با ارتفاع ۲۰ متر است. رودخانه پلرود پس از سفیدرود پرآب ترین رود گیلان است و از دو شاخه اصلی تشکیل شده است. شاخه اولی که از ارتفاعات اشکور سرچشمه می گیرد با رودخانه های تینکارود و کاکرود شاخه پلرود را می سازد. شاخه دوم که از کوه‌های دیلمان و شاهی جان و لسبو چشمه می‌گیرد بنام چاکرود مشهور است. این دو شاخه در محلی بنام می پل به هم ملحق شده و از آن پس پلرود را تشکیل می دهند. وسعت حوضه آبریز پلرود در ایستگاه تول‌لات که ایستگاه آب سنجی این رود می باشد ۱۵۶۴ کیلومترمربع و ارتفاع متوسط حوضه ۱۸۸۳ متر است. طول شاخه اصلی رودخانه ۶۰ کیلومتر و وسعت اراضی آبخور این رودخانه ۸۱۴۷ هکتار می‌باشد. میزان بارندگی سالانه در این حوضه ۱۳۵۶/۴ میلی‌متر است.

داده‌های مورداستفاده و روش کار

پژوهش حاضر بر پایه مطالعات اسنادی و میدانی استوار بوده و روش تحقیق در آن از نوع تحلیلی و استنباطی می‌باشد. در این تحقیق، از داده‌های ثبت‌شده متغیرهای کیفیت آب در ایستگاه هیدرومتری پلرود (تول‌لات) از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ استفاده شد که این متغیرها شامل منیزیم (Mg)، کلسیم (Ca)، پتاسم (K)، کلرید (Cl)، بی‌کربنات (HCO3)، سولفات (SO4)، اسیدیته (PH)، کل جامدات محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR) و دبی (Q) بوده است. برای بررسی تغییرات کیفیت شیمیایی در نمونه‌های گرفته شده پارامترهای آماری مهمی مانند (دامنه، تغییرات، میانگین، حداکثر و حداقل، تغییرات، میانگین، حداکثر و حداقل انحراف معیار و مد) برای هر شاخص کیفی محاسبه شد. روش‌های گرافیکی با هدف آسان‌تر کردن تفسیر و نمایش نتایج تجزیه‌وتحلیل پارامترهای کیفیت آب ارائه شده‌اند. کیفیت آب این رودخانه برای توانمندی در مصارف شرب با استفاده از دیاگرام شولر و از دیدگاه مصرف در امور آبیاری و کشاورزی نیز با روش دیاگرام ویلکوکس و از نظر مصارف صنعتی از دیاگرام پایپر موردبررسی قرار گرفت (Arain et al., 2015).

در نمودار ویلکوکس، محور افقی به شوری آب و هدایت الکتریکی برحسب میکروموس بر سانتی‌متر و محور عمودی به نسبت جذب سدیم اختصاص دارد. مختصات مربوط به هر آب در منطقه‌ای قرار می‌گیرد که با حروف S از نظر شوری و C از نظر قلیایی مشخص می‌گردد. همچنین مقادیر ۱، ۲، ۳، ۴ به ترتیب بیانگر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد است. از نظر مشخصات آب کلاس‌های مختلف بای بیان داشت که آب‌های گروه C1S1 دارای کیفیت بسیار مناسب، آب‌های گروه C1S2، C2S1، C2S2 قابل‌استفاده برای مصارف کشاورزی، گروه C1S3، C2S3،C3S1، C3S2،C3S3 قابل‌استفاده برای خاک‌هایی که دارای بافت سبک بوده و آب به‌راحتی از آن‌ها زهکش می‌شود دو آب‌های گروه C1S4،C2S4، C3S4، C4S3 ، C4S4، C4S2، C4S1 از نظر مصارف کشاورزی نامناسب بوده و تنها در شرایط خاصی برای گیاهان به‌خصوص، قابل‌استفاده می‌باشد (Han et al., 2019).

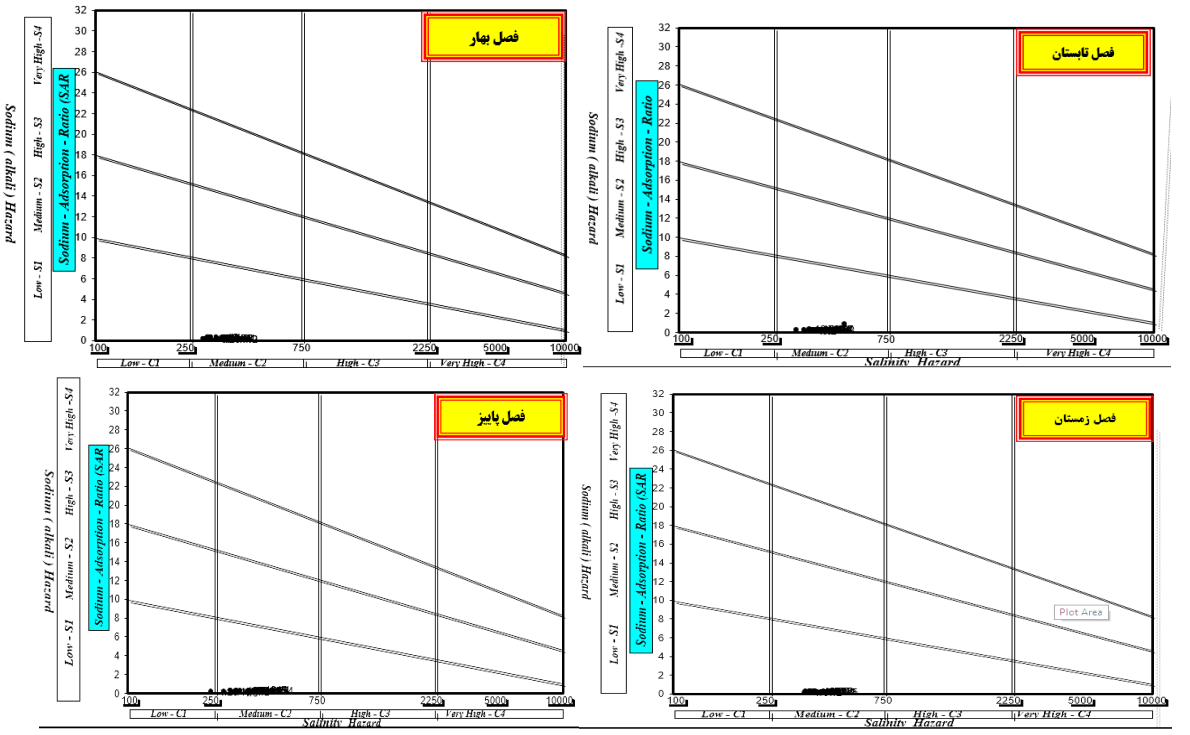
نمودار پایپر از ترکیب سه میدان مجزا درست شده است. درصد آنیون‌ها و کاتیون‌ها در میدان‌های مثلثی و موقعیت ترکیبی آن‌ها در میدان لوزی شکل پیاده می‌شود. به‌این‌ترتیب که در روی ضلع مربوط به آنیون‌ها درصد آن پیدا شده و خطی به موازات ضلعی که روبروی رأس ٪۱۰۰ مربوط به آنیون است، رسم می‌گردد. به‌این‌ترتیب سه خط که یکدیگر را در یک نقطه قطع می‌نمایند رسم می‌شود. سپس همین کار برای کاتیون‌ها در مثلث چپ انجام شده تا نقطه دیگری به دست آید. سپس این دو نقطه به موازات اضلاع لوزی امتداد داده شده تا یکدیگر را در نقطه‌ای میان لوزی قطع نماید. نمودار پایپر مشخصات شیمیایی آب را بر حسب غلظت نسبی اجزای آن نشان می‌دهد. در نمودار پایپر به سرعت می‌توان نوع آب را تشخیص داد (Ramachandran et al., 2019). همچنین نمودار شولر هم نموداری نیمه لگاریتمی که جهت نمایش یون‌های اصلی برحسب میلی‌گرم بر لیتر و برای نمایش اختلاف شیمیایی نمونه‌ها در یک

نمودار به کار مـی‌رود (Ramachandran et al., 2019). روش‌هـای آماری متعددی جهت تحلیل روند سری‌های زمانی ارائه شده که به دو دسته کلی روش‌های پارامتری و ناپارامتری، قابل‌تقسیم بندی هستند. برخی سری داده‌ها به‌طورکلی از توزیع نرمال (بهنجـار) پیـروی نمـی کنند. در این صورت می‌توان از آزمون رتبه‌ای مانند آزمون من‌کنـدال استفاده نمود. این آزمون نیاز به توزیع فراوانی نرمال یـا خطـی بـودن رفتار داده‌ها ندارد. مراحل اجرای این آزمون به قرار زیـر اسـت: الـف) داده‌ها به ترتیب ردیف می‌شـوند و ترتیـب زمـانی داده‌هـا n در نظـر گرفته می‌شود. ب) داده‌ها رتبه‌بندی می‌شوند که برای ایـن منظـور از آماره T (نسبت رتبه ۱ به رتبه‌های ماقبل) استفاده مـی‌شـود. ج) امیـد ریاضی، واریانس و شاخص من‌کندال محاسبه می‌شوند. در این آزمون از دو شاخص زمانی U(ti) و U′(ti) استفاده شده که بـه ترتیـب داده آماری در بازه زمانی موردبررسی و بازه زمانی پـیش‌بینـی شـده اسـت (Zahedi et al., 2006). بـرای بررسـی همبسـتگی دو متغیـری، از ضریب همبستگی گشـتاوری پیرسـون اسـتفاده شـده اسـت. ضـریب پیرسون نشان می‌دهد که تا چه انـدازه بـین متغیرهـای کمّـی رابطـه خطی وجود دارد. کاربرد اصلی ضریب پیرسون زمانی است که متغیرها از نوع پارامتری باشند؛ بدین معنا که توزیع نرمـال داشـته باشـند و در سطح فاصله‌ای/نسبی باشند. در نتیجه این آزمون برای توصیف شدت رابطه بین متغیرها به کار می‌رود. قبل از استفاده از این آزمـون اقـدام به بررسی نرمال بودن داده‌ها شد و داده‌ها تحت آزمون نرمالیتی قـرار گرفتند. در این پژوهش از آزمون کولموگراف–اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد که نتایج این آزمـون حـاکی از نرمـال بـودن داده‌هـا داشـت. بـه همـین دلیـل چـون مقیـاس پارامترهـای موردبررسی نرمال بود، از آزمون‌های همبستگی پارامتریـک پیرسـون استفاده گردید (Treiblmaier & Filzmoser, 2010).

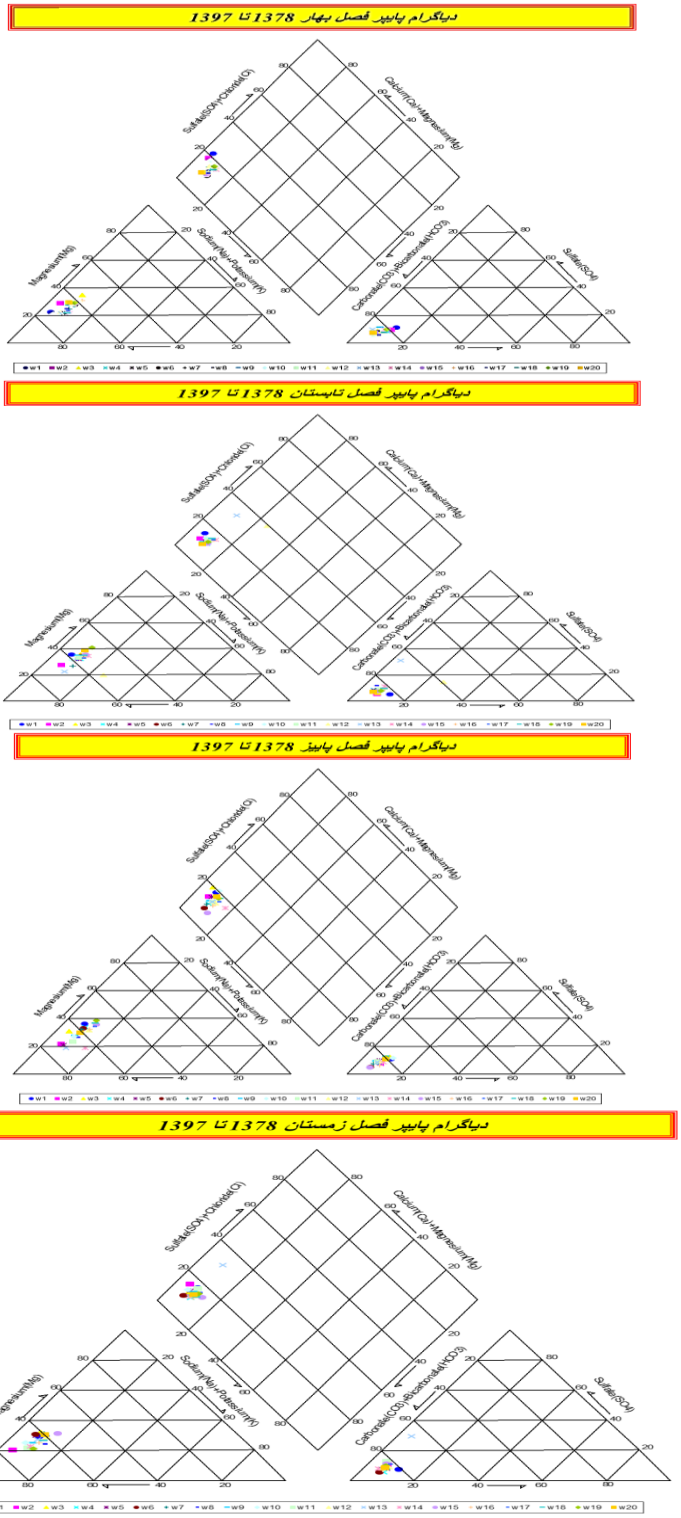
نتایج و بحث

طبقه‌بندی کیفی مصرف آب و آبیاری در کشاورزی

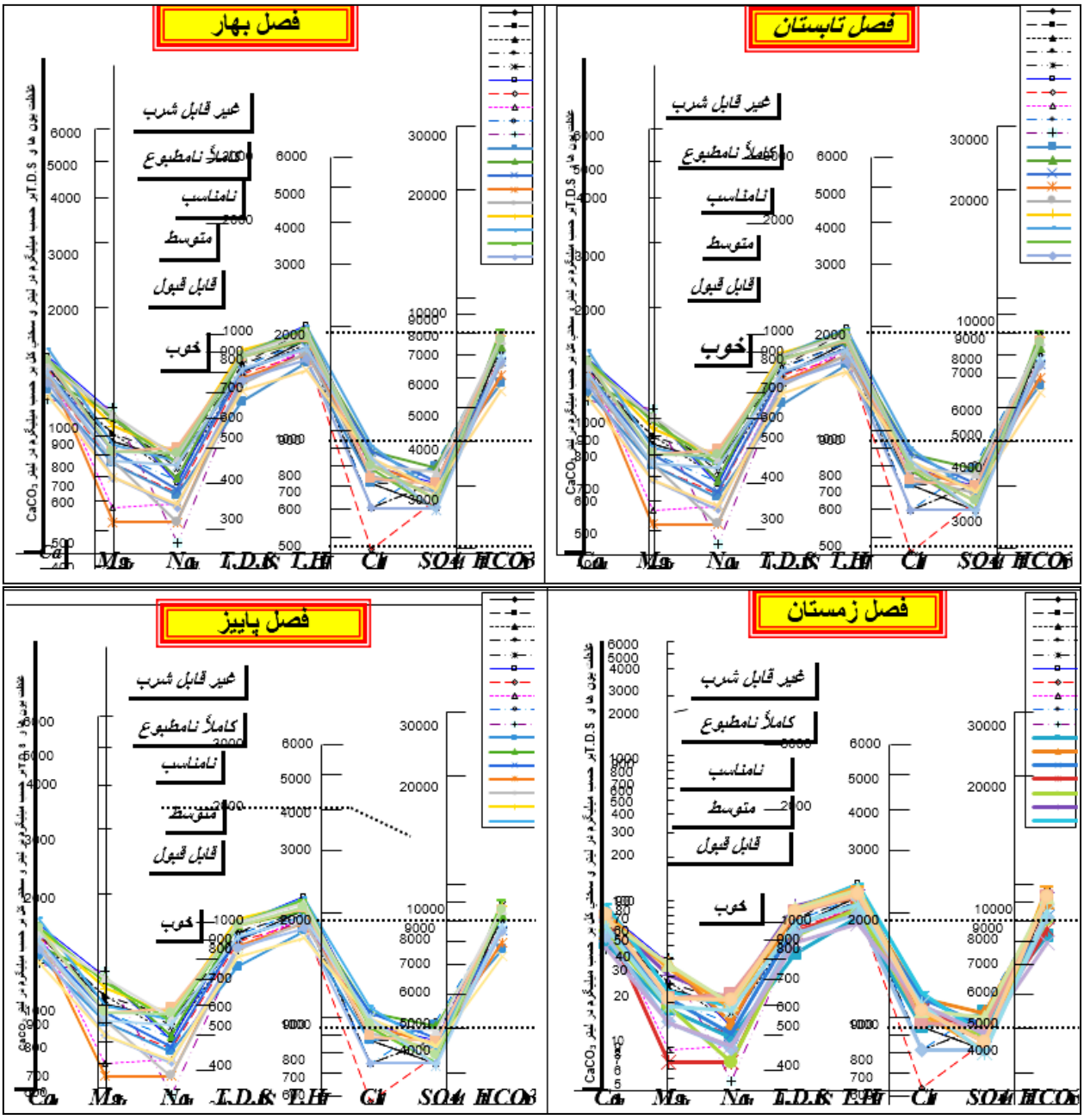
بررسی دیاگرام ویلکوکس برای فصول سال در شکل ۱ ارائه شده است. مطابق این بررسـی کیفیـت شـیمیایی منـابع آب حـوزه جهـت مصارف کشـاورزی دارای تغییـرات زیـادی نبـوده و در کـلاس‌هـای متفاوت قرار نمی‌گیرند. با نتایج به‌دست‌آمده در طول بیست سال و بـا توجه به پر آب بودن رودخانه پلرود و دبی قابل‌قبول ایـن رودخانـه در تمامی فصـول آب در محـدوده C2S1 بـوده کـه از نظـر اسـتفاده در کشاورزی از نوع آب‌هـای خـوب مـی‌باشـد؛ بنـابراین اسـتفاده از آب رودخانه پلرود در محدوده موردبررسـی بـرای کشـاورزی محـدودیتی نداشته و کاملاً مناسب است.



شکل ۱- نتایج دیاگرام ویلکوکس برای رودخانه پلرود



شکل ۲- نتایج نمودار پایپر برای رودخانه پلرود



شکل ۳- نتایج نمودار شولر برای رودخانه پلرود

طبقه‌بندی کیفیت آب در مصارف صنعتی

نتایج نمودار پایپر برای رودخانه پلرود با هدف طبقه‌بندی کیفیت آب در مصارف صنعتی در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که معمولاً در خصوص اول بهار آب نسبت سختی افزایش یافته ولی در بقیه فصول آب سخت است و با تمام پارامترهای موجود آب کاملاً خورنده می‌باشد. تمرکز نمونه‌ها در نمودار پایپر نشان‌دهنده این مطلب است که آب رودخانه پلرود در ناحیه ۷۰ قرارگرفته که مربوط به تیپ کلسیم منیزیم می‌باشد. همچنین قرار گرفتن نمونه‌ها در ناحیه w1 بیانگر تیپ کلسیمی و در ناحیه w7 نشان‌دهنده تیپ بی‌کربناتِ -کربناته می‌باشد.

طبقه‌بندی کیفیت آب شرب

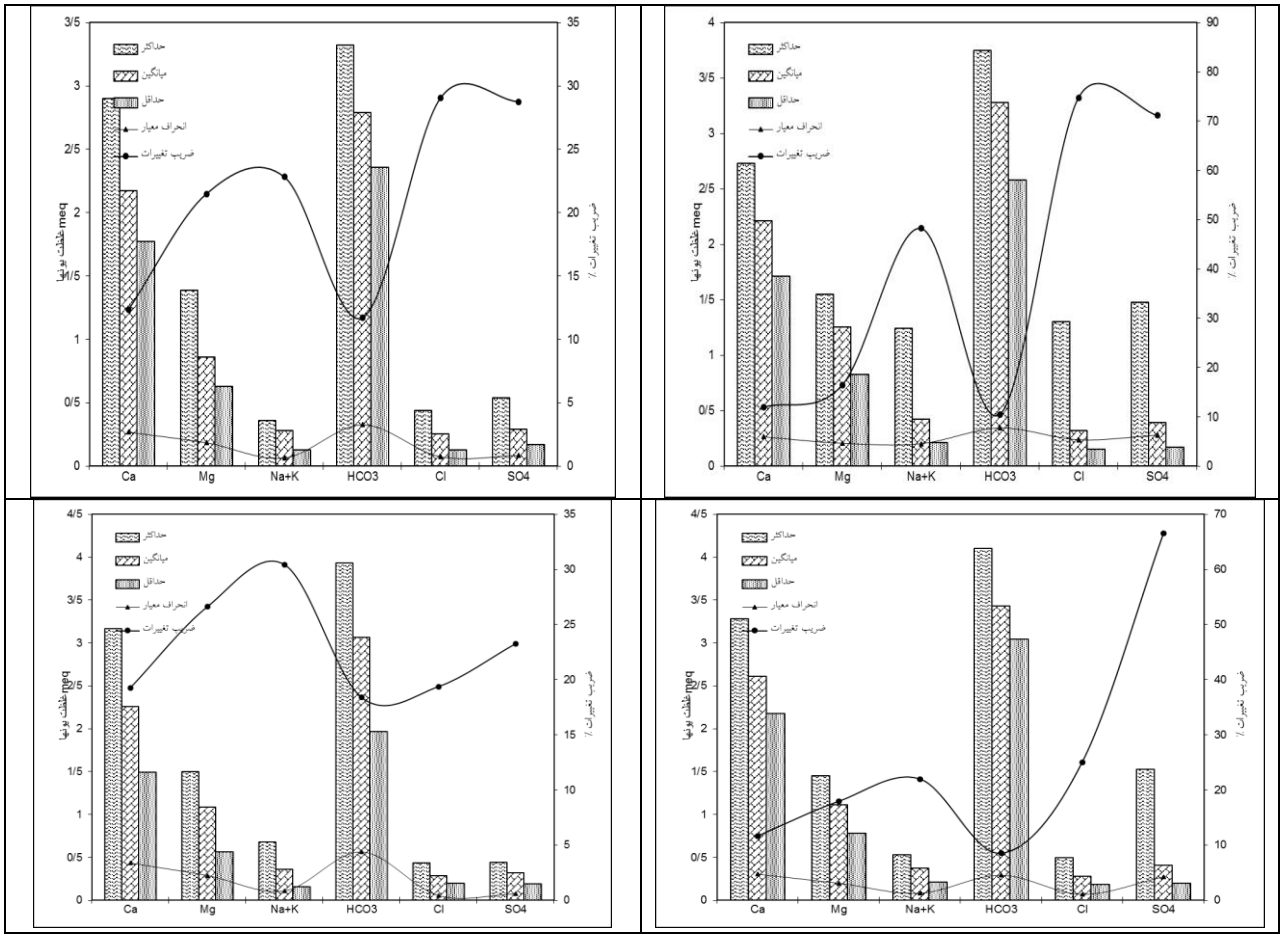
در شکل ۳ طبقه‌بندی آب شرب در حالت ماکزیمم و مینیمم بر روی نمودار شولر ارائه شده است.

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در تمامی پارامترها و در تمامی فصل موردبررسی، وضعیت آب از لحاظ شرب در محدوده خوب تا قابل‌قبول قرار گرفته است و مانعی از لحاظ شرب برای آب این رودخانه وجود ندارد.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های کیفی

بر اساس تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های کیفی حداکثر و حداقل میزان برای پارامترهای موردسنجش و بالاترین دامنه تغییرات در فصول موردبررسی مربوط به فصل تابستان است. افزایش فعالیت‌های انسانی در فصل تابستان در حریم رودخانه و استفاده از سموم کشاورزی برای انجام فرآیندهای سمپاشی مزارع و باغات در این فصل سبب ورود مقادیر زیادی از مواد شیمیایی به آب نسبت به سایر فصول می‌شود که نتیجه آن بالا رفتن میزان این پارامترها در آب رودخانه شده است. این در حالی است که فصل زمستان نسبت به سایر فصول مقادیر کمتری از دامنه تغییرات را دارد که دلیل کم شدن فعالیت‌های انسانی و عدم فعالیت‌های کشاورزی در حریم رودخانه است. از سوی دیگر در فصل پاییز به دلیل کاهش فعالیت‌های کشاورزی، مقادیر پارامترهای موردبررسی کاهش یافته‌اند. به‌طورکلی باید بیان داشت که میان افزایش استفاده از مواد شیمیایی با افزایش مقادیر پارمترهای سنجش شده یک رابطه مستقیم وجود دارد.

در شکل ۴ گراف پارامترهای آماری مؤلفه‌های شیمیایی رودخانه پلرود از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ بر حسب غلظت یون‌ها و ضریب تغییرات آن‌ها در حالت‌های حداکثر، حداقل و میانگین گزارش شده است.



شکل ٤- گراف پارامترهای آماری مؤلفه‌های شیمیایی رودخانه پلرود از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷

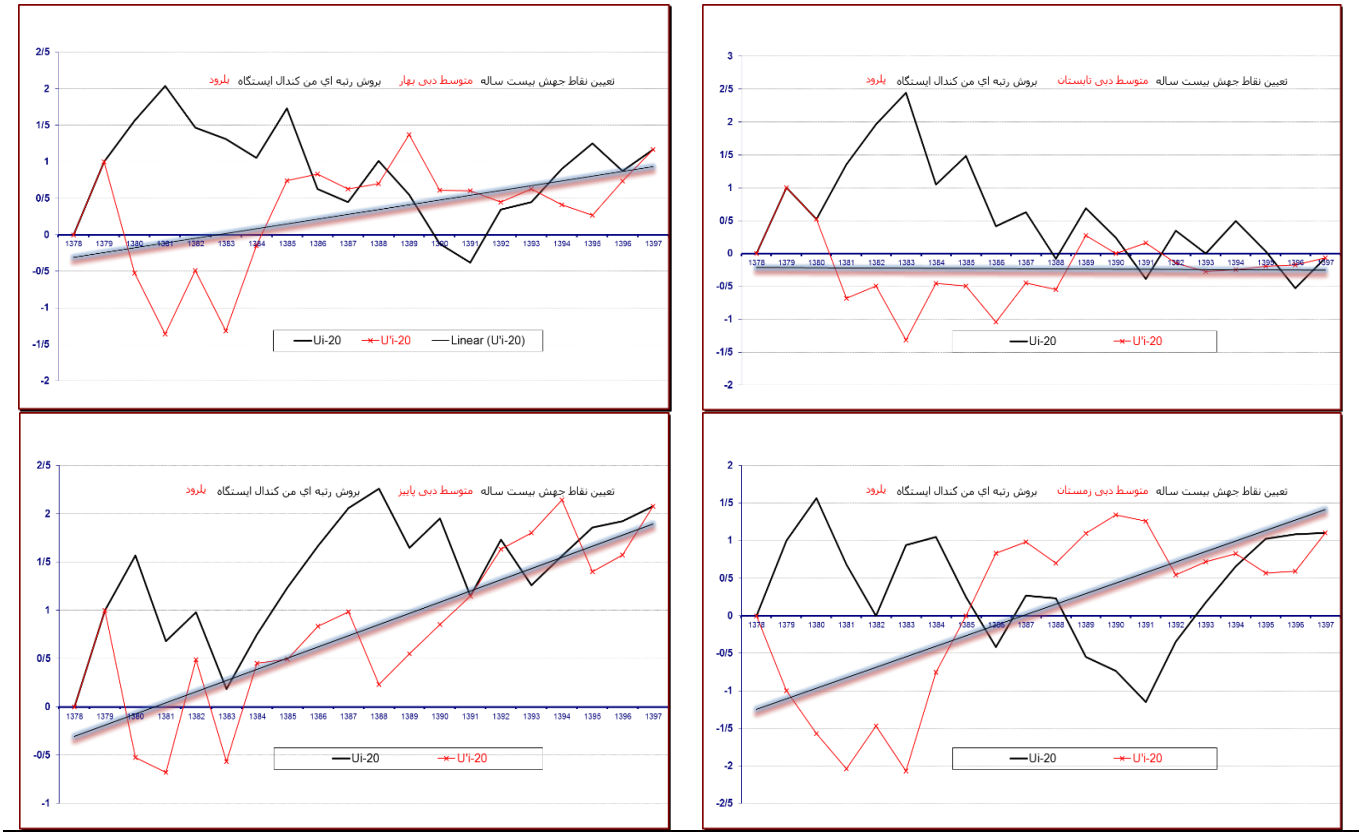
نتایج به‌دست‌آمده از گراف پارامترهای آماری مؤلفه‌های شیمیایی رودخانه پلرود از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ نشان داد که در میان کاتیون‌های موردبررسی، کلسیم دارای بالاترین مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین و ضریب تغییرات بوده است این در حالی است که در میان ترکیبات آنیونی، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده کلر و سولفات کمترین میزان را دارد درحالی‌که با گرم شدن هوا در دو فصل بهار و تابستان میزان سولفات روند افزایشی به خود گرفته است. مجموع کربنات و بی‌کربنات در بالاترین سطح خود قرار دارد و بالاترین مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین و ضریب تغییرات در ترکیبات آنیونی هم مربوط به بی‌کربنات و کمترین مقادیر هم مربوط به کلر است. در جدول 1 وضعیت آب رودخانه پلرود به‌صورت متوسط میانگین در بازه زمانی ۲۰ ساله گزارش شده است.

جدول ۱- وضعیت آب رودخانه پلرود به‌صورت متوسط میانگین در بازه زمانی ۲۰ ساله

نوع مصرف و استاندارد / سال	شرب (شولر)				کشاورزی (ویلکوکس)				صنعتی (سختی)				تیپ آب و رخساره			
فصول	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
متوسط ۲۰ سال (۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷)	خوب	خوب	خوب	خوب	S1 C2	S1 C2	S1 C2	S1 C2	نسبتا سخت	سخت	خورنده	سخت	خورنده	سخت	خورنده	سخت	بی کربناته کلسیک	بی کربناته کلسیک	بی کربناته کلسیک	بی کربناته کلسیک

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از نمودار شولر کیفیت آب رودخانه پلرود از لحاظ شرب در بازه زمانی بیست‌ساله و برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان در یک وضعیت مناسب و خوب قرار گرفته است. نتایج نمودار ویلکوکس که کیفیت آب رودخانه را از لحاظ کشاورزی بررسی می‌کند نشان داد که وضعیت آب مصرفی کشاورزی رودخانه پلرود در وضعیت C2S1 قرار گرفته است که نشان‌دهنده این است وضعیت کیفیت آب از لحاظ کشاورزی خوب و مناسب است.

بررسی وضعیت صنعتی آب رودخانه پلرود نشان داد که در تمامی فصول موردبررسی وضعیت آب در حالت خورنده نسبتاً سخت قرار گرفته است. همچنین بر اساس نتایج حاصل‌شده تیپ آب و رخساره آن در رودخانه پلرود از نوع بی‌کربناته کلسیک است. همچنین در شکل ۵ نتایج تعیین نقاط جهش بیست‌ساله متوسط دبی برای فصول موردبررسی به روش رتبه‌ای من‌کندال برای ایستگاه رودخانه پلرود گزارش شده است.



شکل ۵- نتایج تعیین نقاط جهش بیست‌ساله متوسط دبی برای فصول موردبررسی به روش رتبه‌ای من‌کندال

ترسیم نمودارهای مربوط به من‌کندال در مقیاس زمانی فصلی و سالانه برای ایستگاه رودخانه پلرود انجام شد و همچنین شیب روند تغییرات دبی در سری‌های زمانی فوق ترسیم گردید. بر اساس تجزیه‌وتحلیل‌های انجام‌شده و همچنین نمودارهای U(ti) و U´(ti) که هر چند روند خطی افزایشی در دبی سالانه وجود دارد اما روند افزایشی یا کاهشی در مورد آماره U(ti) در سری سالانه با استفاده از آزمون من کندال وجود ندارد و در واقع سری حالت ایستا دارد. از سوی دیگر نمودارهای حاصل از شاخص دبی در ایستگاه موردبررسی روند خطی افزایشی را نشان داده است. در بررسی سری فصلی نتایج نمودار حاکی از عدم وجود روند در داده‌های دبی هر فصل است. فولادی و همکاران در پژوهشی که با هدف تحلیل روند متغیرهای هیدرولوژیکی و کیفیت آب برای شناسایی اثرات انسانی و تغییرپذیری آب و هوا در مقیاس حوضه رودخانه شاهپور با آزمون من‌کندال انجام داده بودند بیان داشتند که اثرات فعالیت انسانی (به‌عنوان یک عامل اصلی) و تغییرپذیری آب و هوا (به‌عنوان یک عامل فرعی) بر حوضه رودخانه شاهپور تأثیر داشته‌اند. این اثرات تعادل شیمیایی آب (رابطه بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها) و رژیم‌های هیدرولوژیکی (افزایش محرک‌های خشک‌سالی) را مختل کرده و در نتیجه سلامت حوزه آبخیز را تهدید می‌کند (Fooladi et al., 2021). پایش میانگین میزان سدیم محلول فصلی و سالانه در آب رودخانه پلرود در دوره ۲۰ ساله نشان می‌دهد که این شاخص علی‌رغم روند صعودی که دارد، بر اساس مقادیر نمودار شولر در محدوده خوب قرار داشته و از این‌رو مقدار موجود در آب آن، موجب آلودگی و زیان به بدن انسان نمی گردد. از جمله مواردی که موجب آلودگی کیفیت آب می‌گردد، استفاده از مسیر رودخانه‌ها برای انتقال فاضلاب‌های شهری و صنعتی و زه آب‌های مزارع کشاورزی و باغداری است. روند آزمون من‌کندال نشان می‌دهد که مقدار سدیم از فصل بهار به پاییز میزان روند مثبت آن کاسته شده و در فصل زمستان میزان کمتری نسبت به بقیه فصول داشته است. بررسی مقادیر EC و TDS نشان داد که افزایش مقدار آن در زمستان به ترتیب با میزان ۴۰۲/۸۲ و ۲۵۴/۰۸ نسبت به سایر فصول است. بانژاد و همکاران (۱۳۸۸) بیان داشتند که فزایش و کاهش TDS می‌تواند موجب افزایش و کاهش میزان ECآب رودخانه گردد. آب در طبیعت همواره محتوی مواد معلق است و هیچ‌گاه به‌صورت خالص وجود ندارد، اما ناخالصی‌های آب تا جایی که از حد معینی تجاوز نکند مانع از مصرف آن نمی‌شود. تبخیر از آب‌های برگشتی کشاورزی که می‌تواند حاوی املاح حل‌شده کودها نیز باشد باعث می‌شود که املاح موجود در آن‌ها افزایش یافته که این املاح در حین نفوذ به زمین در قشر بالایی خاک به جا گذاشته می‌شوند. بالا بودن مقادیر TDS می‌تواند ناشی از وجود واحدهای آهکی در ناحیه باشد. در تحقیقات دبیری و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی کیفیت آب زیرزمینی در دشت جغتای، مشخص گردید که بیشترین میزان مواد محلول در آب مربوط به واحدهای آهکی و افیولیتی است؛ که این مطلب با توجه به وجود رخنمون واحدهای آهکی در منطقه موردمطالعه تائید می‌گردد. در پژوهشی میرزایی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی مدل‌سازی ارتباط کیفیت آب‌های سطحی و سنجه‌های سیمای سرزمین، به این نتایج دست یافتند که سنجه‌های کاربری پوشش جنگل، دارای نقش بسزایی در بهبود کیفیت آب، از طریق تعدیل مقادیر فسفات، اسیدیته و کل جامدات محلول در آب رودخانه‌های استان دارند. این در حالی است که سنجه‌های کاربری پوشش مسکونی و کشاورزی منجر به افت کیفیت آب رودخانه شده بودند. وجود مواد محلول در آب ممکن است موجب بروز رنگ، طعم و بوی نامطلوب شوند. همچنین موجب کدورت و ایجاد رنگ تیره در آب می‌شوند. سهرابی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی به تحلیل روند تغییرات کیفیت آب حوزه آبخیز رودخانه تالار با استفاده از روش نا پارامتری من‌کندال پرداخت و نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان‌دهنده وجود روند صعودی معنی‌دار در میزان Na و TDS سالانه و فصلی بوده، ولی روند SO_4 تنها به‌صورت سالانه و در فصل بهار دارای روند صعودی معنی‌دار بوده و در سایر فصول روند صعودی غیر معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد داشته است. نتایج پژوهش نشان داد که به‌طورکلی می‌توان علت آلودگی آب رودخانه تالار و پلرود و روند صعودی و افزایشی شاخص‌های موردنظر را ناشی از افزایش دخالت‌های انسانی و کاربری‌های کشاورزی در اطراف رودخانه و نیز ورود فاضلاب‌های خانگی و صنعتی به رودخانه دانست که موجب خواهد شد اکوسیستم رودخانه در معرض خطر و نابودی قرار گیرد. سلیمانی ساردو و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهش خود به آنالیز و روند یابی پارامترهای کیفیت شیمیایی آب در رودخانه چم‌انجیر خرم‌آباد پرداختند که نتایج روند یابی پارامترهای کیفی آب با استفاده از آزمون نا پارامتریک من‌کندال نشان داد که علیرغم روند نزولی در مقادیر اسیدیته و دبی جریان که نشان‌دهنده کاهش اسیدیته آب در مدت موردمطالعه می‌باشد که این نتایج با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. نتایج نیادکازینو و همکاران که در پژوهش خود تغییرات کیفی و کمی آب رودخانه لیمپوپو در کشور زیمبابوه را با آزمون من‌کندال بررسی کردند هم نشان داد که افزایش فعالیت‌های انسانی و استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی سبب افزایش سولفات و ترکیبات کلردار رودخانه شده است. عدم بهبود مدیریت زیست‌محیطی در بالادست رودخانه‌ها سبب بروز تغییرات در کیفیت آب رودخانه‌ها می‌شود (Nyikadzino et al., 2020). در جدول ۲ نتایج به‌دست‌آمده از آزمون همبستگی پیرسون برای پارامترهای موردبررسی گزارش شده است. این آزمون نشان می‌دهد که تا چه اندازه بین متغیرهای کمی رابطه خطی وجود دارد. سطح معناداری در آزمون همبستگی پیرسون

برای پارامترهای موردبررسی برابر با ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است. هر جا که سطح معناداری بالاتر از ۰/۰۵ باشد، هیچ رابطه خطی و همبستگی میان پارامترها وجود ندارد و درحالی‌که کمتر از ۰/۰۵ باشد رابطه خطی و همبستگی میان آن پارامترها وجود دارد. نتایج نشان داد که سطح معناداری میان پارامتر هدایت الکتریکی (EC) با کل مواد جامد محلول (TDS) برابر با ۰/۰۳۱ است که یان مقدار از رقم ۰/۰۵ کمتر است و در نتیجه بین این دو پارامتر رابطه مستقیم و معنادار وجود دارد. کاییرا و واندا در ارزیابی تغییرات کمی و کیفی رودخانه لانیانگوا در شمال مالاوی بیان داشتند که رابطه میان هدایت الکتریکی (EC) با کل مواد جامد محلول (TDS) یک رابطه مستقیم و خطی است که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. این محققین بیان داشتند که رابطه بین میزان ذرات جامد مانند نمک در آب و هدایت آن‌ها رابطه مستقیم دارد؛ بنابراین، هر چه اندازه ذرات بزرگ‌تر باشد، رسانایی نیز بالاتر است؛ زیرا وقتی مقدار ذرات محلول در آب زیاد باشد، آن‌ها به یون تبدیل می‌شوند و باعث بار مثبت یا منفی می‌شوند و درنهایت جریان را هدایت می‌کنند و بالا بودن میزان TDS به افزایش استفاده از ترکیبات آهکی در حریم رودخانه باز می‌گردد (Kayira & Wanda, 2010). همچنین میان هدایت الکتریکی (EC) و کل مواد جامد محلول (TDS) با PH رابطه مستقیم و معنادار وجود دارد. سطح معناداری میان پارامتر EC با PH برابر با ۰/۰۲۹ و TDS با PH برابر با ۰/۰۲۳ است که برای هر دو پارامتر کمتر از ۰/۰۵ است. میائو و همکاران در پژوهش خود بر روی رودخانه لیوژو بیان داشتند که با افزایش PH و کاهش اسیدیته، هدایت الکتریکی به‌صورت خطی افزایش می‌یابد که با نتایج این پژوهش مطابقت و همخوانی داشت (Miao et al., 2021). همچنین میان پارامترهای آنیونی و کاتیونی هم رابطه معناداری وجود دارد و این در حالی است که دبی با هیچ‌کدام از این پارامترها هیچ رابطه معنادار و مستقیمی وجود ندارد.

جدول ۲- آزمون همبستگی پیرسون برای پارامترهای موردمطالعه در بازه زمانی ۲۰ ساله

		EC	TDS	PH	Ca	Mg	Na	K	HCO_3	CO_3	Cl	SO_4	Q
EC	Sig.												
	N	۸۰											
TDS	Sig.	۰/۰۳۱											
	N	۸۰	۸۰										
PH	Sig.	۰/۰۲۹	۰/۰۲۳										
	N	۸۰	۸۰	۸۰									
Ca	Sig.	۰/۰۳۸	۰/۰۶۵	۰/۰۲۲									
	N	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰								
Mg	Sig.	۰/۰۴۲	۰/۰۷۵	۰/۰۳۶	۰/۰۸۷								
	N	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰							
Na	Sig.	۰/۰۱۵	۰/۰۸۱	۰/۰۶۴	۰/۰۹۸	۰/۰۸۹							
	N	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰						
K	Sig.	۰/۰۲۴	۰/۱۲۴	۰/۰۲۷	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۰						
	N	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰					
HCO_3	Sig.	۰/۰۴۹	۰/۰۶۹	۰/۰۴۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲۴	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱					
	N	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰				
CO_3	Sig.	۰/۰۳۷	۰/۰۷۷	۰/۰۴۱	۰/۰۱۹	۰/۰۶۶	۰/۰۴۶	۰/۰۲۸	۰/۰۶۴				
	N	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰			
Cl	Sig.	۰/۰۲۶	۰/۰۹۶	۰/۰۳۷	۰/۰۳۳	۰/۰۱۹	۰/۰۳۷	۰/۰۴۶	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱			
	N	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰		
SO4	Sig.	۰/۰۵۲	۰/۰۸۸	۰/۰۷۳	۰/۰۶۴	۰/۰۴۲	۰/۰۴۴	۰/۰۳۹	۰/۰۲۷	۰/۰۳۱	۰/۰۱۱		
	N	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	
Q	Sig.	۰/۰۷۴	۰/۰۹۴	۰/۰۶۸	۰/۰۷۴	۰/۰۹۶	۰/۰۹۷	۰/۰۷۰	۰/۰۶۹	۰/۰۹۱	۰/۰۶۹	۰/۰۹۱	
	N	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰

نتیجه‌گیری

بر اساس تجزیه‌وتحلیل نتایج حاصل از طبقه‌بندی آب رودخانه پلرود بر اساس استانداردها و برای مصارف مختلف مشاهده گردید در این رودخانه کیفیت آب شرب بر مبنای استانداردهای موردبررسی در تمامی سال‌ها و فصول قابل‌قبول است و برای مصارف آبیاری کشاورزی کمی شور ولی مناسب می‌باشد. همچنین از لحاظ صنعتی بر اساس معیارهای طبقه‌بندی‌شده در تحقیق، درجه یک و سخت و خورنده می‌باشد. با حرکت رودخانه از کوه‌ها به سمت دریا آب شور شده و همچنین احداث سد که در حال انجام می‌باشد منجر به نفوذ آب شور در پایین‌دست رودخانه شده و آسیب به محصولات کشاورزی مخصوصاً در جلگه که بیشترین کاشت آن‌ها برنج است، می‌شود. نتایج تحلیل آماری کیفی پارامترهای موردبررسی در این پژوهش در بازه زمانی سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۹۷ نشان داد که در فصل تابستان پارامترهای موردسنجش از مقادیر بالایی نسبت به سایر فصول برخوردار هستند به‌گونه‌ای که بالاترین میانگین حسابی برای شاخص EC در این فصل برابر با ۲۹۰/۸۵، شاخص TDS برابر با ۲۴۶/۳، شاخص PH برابر با ۷/۶۵ بود. همچنین در بررسی دبی مشخص گردید که بالاترین مقدار دبی مربوط به فصل بهار با میزان m^3/s ۳۰/۸۲ و کمترین آن در فصل تابستان با مقدار m^3/s ۱۰/۷۳ است. بررسی سطح معنی‌داری آزمون همبستگی پیرسون برای پارامترهای موردمطالعه نشان داد که شاخص‌های Ca، Mg، Na و K به ترتیب با سطح معنی‌داری ۰/۰۳۸، ۰/۰۴۲، ۰/۰۱۵ و ۰/۰۲۴ با شاخص EC دارای همبستگی مستقیم هستند که با افزایش شاخص‌های موردبررسی میزان هدایت الکتریکی به‌صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. همچنین باید با پایش مرتب متغیرها، حفظ حریم رودخانه پلرود مخصوصاً در نزدیکی شهرها و عدم تجاوز به حریم رودخانه صورت گیرد. در این مطالعه به تأثیر مستقیم هر فعالیت عمرانی در کیفیت آب رودخانه پرداخته نشده است و بهتر است در مطالعات آینده به این مبحث پرداخته شود. رودخانه پلرود از نزدیکی شهر عبور می‌کند و در معرض آلودگی‌های زیست‌محیطی قرار دارد بنابراین راهکارهایی مانند هدایت آب به یک سری اراضی پست با خصوصیت بارز فیلتراسیون پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

از مدیریت منابع آب ایران و آب منطقه‌ای گیلان که از داده‌های آزمایشگاهی و منابع علمی آن‌ها در این مقاله استفاده شده است، کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

بانژاد، ح. عبدالصالحی، ا. و زارع ابیانه، ح. ۱۳۸۸. مطالعه و بررسی کیفی و کمی آب رودخانه قزل‌اوزن (استان زنجان)، از نظر توانایی تشکیل رسوب و خورندگی و ارائه راهکارهایی جهت استفاده در بخش کشاورزی. یازدهمین کنگره ملی خوردگی ایران. تهران.

دبیری، ر.، جغتایی، ح.، مسلم پور، م.ا. و اطاری، م. ۱۳۹۴. بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی با استفاده از شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی (GQI) و GIS در دشت جغتای، شمال شرق ایران. انسان و محیطزیست. ۵(۶): ۵۶-۶۳.

سلیمانی ساردو، م.، ولی، ع.، قضاوی، ر. و سعیدی گراغانی، ح. ۱۳۹۲. آنالیز و روندیابی پارامترهای کیفیت شیمیایی آب؛ مطالعه موردی رودخانه چم‌انجیر خرم‌آباد. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران. ۳(۴): ۹۵-۱۰۵.

سهرابی زاده، ز.، شریفی مقدم، ا. و حکیم زاده اردکانی، م.ع. ۱۳۹۷. تحلیل روند تغییرات کیفیت آب حوزه آبخیز رودخانه تالار با استفاده از روش نا پارامتری من-کندال. اکوسیستم‌های طبیعی ایران. ۹(۳)، ۱-۲۰.

مجردی، ب.، علی زاده صنمی، ف. و صمدی، م. ۱۳۹۷. تخمین شاخص کیفیت آب رودخانه تالار با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی بیان ژنی. مجله علوم ومهندسی آبخیزداری ایران. ۱۲(۴۱): ۷۲-۶۱.

میرزایی، م.، ریاحی بختیاری، ع.، سلمان ماهینی، ع. و غلامعلی فرد، م. ۱۳۹۴. مدل سازی ارتباط کیفیت آب‌های سطحی و سنجه-های سیمای سرزمین با استفاده از سیستم استنتاج عصبی-فازی (مطالعه موردی: استان مازندران). مجله آب و فاضلاب. ۲۷(۱): ۸۱-۹۲.

نادری، ف. و براتی، م. ۱۳۹۹. ارزیابی تغییرات کیفیت آب‌های سطحی اطراف لندفیل شهرستان ملایر. دهمین همایش سراسری محیطزیست انرژی و منابع طبیعی پایدار. تهران.

Arain, M.B., Ullahb, I., Niazb, A., Shaha, N., Shahb, F., Hussaina, Z., Tariqc, M., Afridid, H.I., Baigd, J.A. and Kazid, T.G. 2015. Evaluation of Water Quality Parameters in Drinking Water of District Bannu, Pakistan: Multivariate Study. Sustainability of Water Quality and Ecology. 3 (4): 114-123.

Azhar, S.C., Aris, A.Z., Yusoff, M.K., Ramli, M.F. and Juahir, H. 2015. Classification of river water quality using multivariate analysis. Procedia Environl Sci. 30(7):79-84.

Chen, K., Chen, H., Zhou, Ch., Huang, Z. and Qi, X. 2021. Comparative analysis of surface water quality prediction performance and identification of key water parameters using different machine learning models based on big data. Water Research. 15(2):

Kayira, F., Wanda, E.M.M. 2021. Evaluation of the performance of Mzuzu Central Hospital wastewater oxidation ponds and its effect on water quality in Lunyangwa River. Northern Malawi, Physics and Chemistry of the Earth. 123(5): 103-119.

Miao, X., Hao, Y., Liu, H., Xie, Z., Miao, D. and He, X. 2021. Effects of heavy metals speciations in sediments on their bioaccumulation in wild fish in rivers in Liuzhou-A typical karst catchment in southwest China, Ecotoxicology and Environmental Safety. 214(6): 56-68.

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(5):250-272.

Ramachandran, A., Krishnamurthy, R.R., Jayaprakash, M. and Shanmugasundharam, A. 2019. Environmental impact assessment of surface water and groundwater quality due to flood hazard in Adyar River Bank. Acta Ecologica Sinica. 39(2): 125-133.

Shah, M.I., Javed, M.F., Alqahtani, A. and Aldrees, A. 2021. Environmental assessment based surface water quality prediction using hyper-parameter optimized machine learning models based on consistent big data. Process Safety and Environmental Protection. 151(10): 324-340.

Sun, W., Xia, C., Xu, M., Guo, J. and Sun, G. 2016. Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. Ecoll Indic. 66(4):306-312.

Treiblmaier, H. and Filzmoser, P. 2010. Exploratory factor analysis revisited: How robust methods support the detection of hidden multivariate data structures in IS research. Information & Management. 47(2):197-207.

Zahedi, M., SariSaraf, B. and Jameei, J. 2006. Rain modeling in Tabriz and Oroumiyeh stations. Journal of Geography and Regional development. 7(5): 1-16.

114-120.

El Najjar, P., Kassouf, A., Probst, A., Probst, J.L., Ouaini, N., Daou, C. and El Azzi, D.2019. High-frequency monitoring of surface water quality at the outlet of the Ibrahim River (Lebanon): A multivariate assessment. Ecological Indicators. 104 (3):13-23.

Eslami, H., Hematabadi, P.T., Ghelmani, S.V., Vaziri, A.S. and Derakhshan, Z. 2015. The performance of advanced sequencing batch reactor in wastewater treatment plant to remove organic materials and linear alkyl benzene sulfonates. Jundishapur. J Health Sci. 7(3): 33-9.

Fooladi, M., Golmohammadi, M.H., Safavi, H.R., Mirghafari, R. and Akbari, H. 2021. Trend analysis of hydrological and water quality variables to detect anthropogenic effects and climate variability on a river basin scale: A case study of Iran. Journal of Hydro-environment Research. 34(5): 11-23.

Han, S., Hu, Q., Yang, Y., Yang, Y., Zhou, X. and Li, H. 2019. Response of surface water quantity and quality to agricultural water use intensity in upstream Hutuo River Basin, China. Agricultural Water Management. 212(5): 378-387.

Ibrahim, M.N.2019. Assessing Groundwater Quality for Drinking Purpose in Jordan: Application of Water Quality Index. J Ecol Eng. 20(3): 101-11.

Ishtiyagh, N., Anisa, K. and Abdul, H. 2017. Evaluation of seasonal variability in surface water quality of shallow vally lake, Kashmir india, using multivaviate ststistical techniques. Pollution. 3(3): 349-362.

Jamei, M., Ahmadianfar, I. and Karbasi, M. 2021. The assessment of emerging data-intelligence technologies for modeling Mg+2 and SO4−2 surface water quality. Journal of Environmental Management. 300(4): 125-132.

Kauffman, G. and Behden A.C.2010.Water Quality Trends (1970-2005). Along Delaware streams in the Delaware and chespeake by watersheds. USA, water air soil pollut. 208(10): 345-375.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.3, Vol. 16, Aug.-Sep. 2022, p. 596-608

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۶، مرداد - شهریور ۱۴۰۱، ص. ۶۰۸-۵۹۶

Graphic Study and Statistical Analysis of Water Qualitative and Quantitative Changes in River (Case Study: Polroud, Guilan Province)

M. Akbarpour Bazargani[1], E. Amiri[*2], M. Ashori[3]

Recived: Dec.28, 2022 Accepted: Apr.04, 2022

Abstract

Long-term recognition of river water quality and quantity is important for examining changes in the past and predicting the future. Therefore, in this study, qualitative and quantitative changes in the water of the Polroud River in Guilan province have been investigated using graphical methods and statistical analysis. In this study, the recorded data of water quality variables in from 1999 to 2018 were used. Schuler diagrams were used to evaluate drinking quality, Wilcox for agricultural quality, Piper to use water type, Mann-Kendal method to examine time series, and Pearson correlation test to examine the relationships between parameters. According to the results obtained from the Schuler diagram, the water quality of the River is in a good condition in terms of drinking and for the seasons of Spring, Summer, Autumn, and Winter. The results of the Wilcox diagram show that the river water quality is agriculturally in a good and suitable condition and the results of the piper diagram show the water type is calcium bicarbonate. Also, according to the Mann-Kendal test, there is an increasing linear trend in the annual flow of the river. The results of qualitative statistical analysis of the parameters studied in this study in the period from 1999 to 2018 showed that in the summer the measured parameters have high values compared to other seasons so the highest mean for the EC index in this season is equal to 290.85, TDS was equal to 246.3, PH index was equal to 7.65. Also, in the flow study, it was found that the highest flow rate is related to spring with a rate of 30.82 m^3/s and the lowest in summer with a rate of 10.73 m^3/s. The results of Pearson showed that there is a direct and significant relationship between EC and TDS.

Keywords: Gilan province, River, Statistical analysis, Water quality, Water resources.

1- Ph. D. Student, Department of Water Engineering, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
2- Professor, Department of Water Engineering, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
(*- Corresponding Author Email: Eamiri57@yahoo.com)