اکوهیدرولوژی
دورهٔ ۱، شمارهٔ ۱، تابستان ۱۳۹۳، ص ۵۹ - ۶۸

عوامل محیطی مؤثر بر تغییرات زمانی مؤلفه‌های کیفی آب رودخانهٔ زرد در استان خوزستان

مریم موسویان[1*]، علی حقی‌زاده[2]، سمیه دهداری[3]، زینب حزباوی[4]

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه لرستان، ایران
۲. عضو هیئت علمی گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه لرستان، ایران
۳. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، ایران
۴. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس و عضو انجمن آبخیزداری ایران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۳/۰۴/۱۶- تاریخ تصویب ۱۳۹۳/۰۶/۳۱)

چکیده

امروزه توسعهٔ جهانی به‌طور جدی با مسائل کیفیت آب مواجه شده است. ازآنجاکه کیفیت آب و سلامت اکوسیستم‌ها یکی از جنبه‌های مهم حل مسائل اکوهیدرولوژی رودخانه‌ها به‌شمار می‌رود، مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی روند تغییرات زمانی فاکتورهای کیفیت آب در ایستگاه ماشین رودخانهٔ زرد، به‌منظور برنامه‌ریزی برای مدیریت بلندمدت منابع آب رودخانه و اکوسیستم‌های اطراف آن انجام گرفت. در این بررسی وجود یا نبود روند فاکتورهای مهم تعیین کیفیت آب شامل پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم، سولفات، کلر، بی‌کربنات، اسیدیته، هدایت الکتریکی و مجموع مواد محلول از سال ۱۳۴۹ تا ۱۳۹۲ توسط روش‌های من-کندال، لیو و منحنی پایپر بررسی شد و در نهایت نتایج حاصل از روش‌های سه‌گانهٔ من-کندال، لیو و منحنی پایپر مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد که چهار متغیر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سولفات در پایهٔ زمانی بررسی‌شده روند افزایشی؛ و متغیرهای سدیم و کلر روند کاهشی دارند. نتایج این پژوهش نشان‌دهندهٔ چالش‌های جدی در زمینهٔ آب و مدیریت اراضی در حوضه‌های آبخیز، و مبنایی ضروری برای حل مسائل اکوهیدرولوژی منطقه است.

کلیدواژگان: روش لیو، کیفیت آب، مدیریت منابع آب، منحنی پایپر، من-کندال.

* نویسنده مسئول : Email :ma.mousavian@gmail.com

مقدمه

رودخانه‌ها[1] از گسترده‌ترین و شاخص‌ترین اکوسیستم‌ها هستند. این سیستم‌های پویا، چالش‌های متعددی برای تحقیقات علمی، پایش، مدیریت، ارزیابی اجتماعی و حتی سیاست‌های دولت ایجاد کرده‌اند [۳]. از طرفی رودخانه‌ها مهم‌ترین و متداول‌ترین منابع تأمین آب آشامیدنی، کشاورزی و صنعت به‌شمار می‌آیند و به‌علت اینکه از بسترها و مناطق مختلفی می‌گذرند و با محیط پیرامون خود ارتباط مستقیم دارند، به نوسانات کیفی زیادی دچارند [۲]. ازاین‌رو، طبقه‌بندی و تعیین تغییرات زمانی کیفیت آب[2] مستلزم تلاش فراوان است.

کیفیت آب رودخانه‌ها از عوامل مهمی است که با سلامت انسان و موجودات زنده ارتباط دارد و به‌شدت متأثر از فعالیت‌های حوضهٔ آبریز است که این فعالیت‌ها به‌صورت طبیعی، یا مصنوعی و با دخالت انسان انجام می‌گیرد. از طرف دیگر، در وضعیت اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور و کمبود منابع آب شیرین، حساسیت نسبت به کیفیت آب رودخانه‌ها و عوامل مؤثر بر آنها ضروری است [۲۰]؛ بنابراین کمّی کردن متغیرهای تأثیرگذار در اکوسیستم رودخانه، بسیار مهم و درخور توجه است. یکی از مؤلفه‌های بسیار مهم و تأثیرگذار در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در راستای مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز، آگاهی از روند تغییرات زمانی بلندمدت متغیرهای کیفی منابع آب است که به‌دلیل پویایی اکوسیستم، گامی مهم در زمینهٔ توسعهٔ پایدار و مدیریت منابع آب است. همچنین رودخانه‌ها یکی از شاخه‌های مهم بحث اکوهیدرولوژی به‌شمار می‌روند و در تحقیقات متعددی به ارتباط اکوهیدرولوژی و کیفیت آب رودخانه‌ها پرداخته‌اند [۴]. تغییرات زمانی و مکانی مؤلفه‌های اکوسیستم رودخانه، محور اصلی و قلب تپندهٔ مباحث اکوهیدرولوژی تلقی می‌شوند [۱۷].

شناسایی رودخانه‌ها تابع نوع آلایندهٔ آب است که باید مقدار و شدت آن پایش شود. عوامل مؤثر بر کیفیت آب یک منطقه متعددند، از جمله: ضایعات آلی حاصل از تخلیهٔ فاضلاب‌های شهری و صنعتی-کشاورزی؛ انباشته شدن آب‌های سطحی ناشی از مواد غذایی و آلی نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای؛ مناطق آبیاری‌شده‌ای که تحت تأثیر آب‌های برگشتی از آب آبیاری آلوده و شور شده‌اند؛ حاصلخیزکننده‌ها و آفت‌کش‌های آلوده‌کنندهٔ آب‌های سطحی و زیرزمینی؛ فاضلاب‌های صنعتی شامل گستره‌ای از مواد آلی و غیرآلی، سیالات معدن‌کاوی[3] و آبشویی‌های حاصل از پسماندهای معدن مؤثر بر آب‌های سطحی و زیرزمینی در مقیاس بزرگ؛ و اسیدی‌شدن[4] دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و حتی آب‌های زیرزمینی منتج از انتقال طولانی‌مدت آلاینده‌ها [۹].

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در زمینهٔ استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک به‌منظور تعیین روند صورت گرفته که هر کدام از آنها بنابر هدف خاصی از این آزمون‌ها بهره گرفته است. در این‌راستا آزمون من-کندال، با قابلیت تشخیص تغییرات ناگهانی روند نسبت به تعیین ایستگاه میانگین [۲۱] و روش لیو(Liu و همکاران،۲۰۰۸) که بر مبنای نسبت متوسط مقادیر هر متغیر نسبت به متوسط مقادیر متناظر درازمدت متغیر است (۱۸) روش‌های معتبر کاربردی در تعیین روند زمانی در جهان به‌شمار می‌روند.

Razmkhah و Niavarani در پژوهشی به تجزیه‌وتحلیل تأثیرات منابع آلاینده بر کیفیت آب رودخانهٔ کر پرداختند و به این نتیجه رسیدند که به‌دلیل فعالیت‌های کشاورزی، گسترش اماکن مسکونی و وجود کارخانه‌های بزرگ صنعتی، رودخانهٔ کر از آلوده‌ترین رودهای کشور است [۱۶]. Deilam و Rouhani روند تغییرات کیفیت آب به‌همراه روان‌آب رودخانهٔ گرگان‌رود را مطالعه کردند [۶]. در این مطالعه تجزیه‌وتحلیل روند برای شش سری زمانی سالانه از متغیرهای مهم کیفیت آب رودخانهٔ گرگان‌رود از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۸ با استفاده از آزمون من-کندال صورت گرفت. نتایج کلی نشان‌دهندهٔ روندهای معنادار مربوط به متغیرهای کیفیت آب سالانه به‌خصوص در قسمت شرقی حوضه است. Nouhehgar کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب‌های رودخانهٔ میناب را با بهره‌گیری از دیاگرام پایپر، استیف و ویلکوکس بررسی کرد [۱۵]. نتایج نشان داد که ورود پساب‌های صنعتی، شهری و روستایی و زه‌آب‌های کشاورزی، تغییر کاربری اراضی، و عدم مدیریت صحیح عوامل آلاینده سبب شده است که وضعیت کیفی رودخانه در طبقهٔ نامطلوب قرار گیرد. Zare Garizi و همکاران نیز تغییرات بلندمدت متغیرهای کیفیت آب رودخانهٔ چهل‌چای در استان گلستان را بررسی کردند [۲۲]. نتایج تجزیه‌وتحلیل آزمون من-کندال داده‌های کیفیت آب ایستگاه هیدرومتری از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۷ نشان‌دهندهٔ

1. Rivers
2. Water quality
3. Mining
4. Acidification

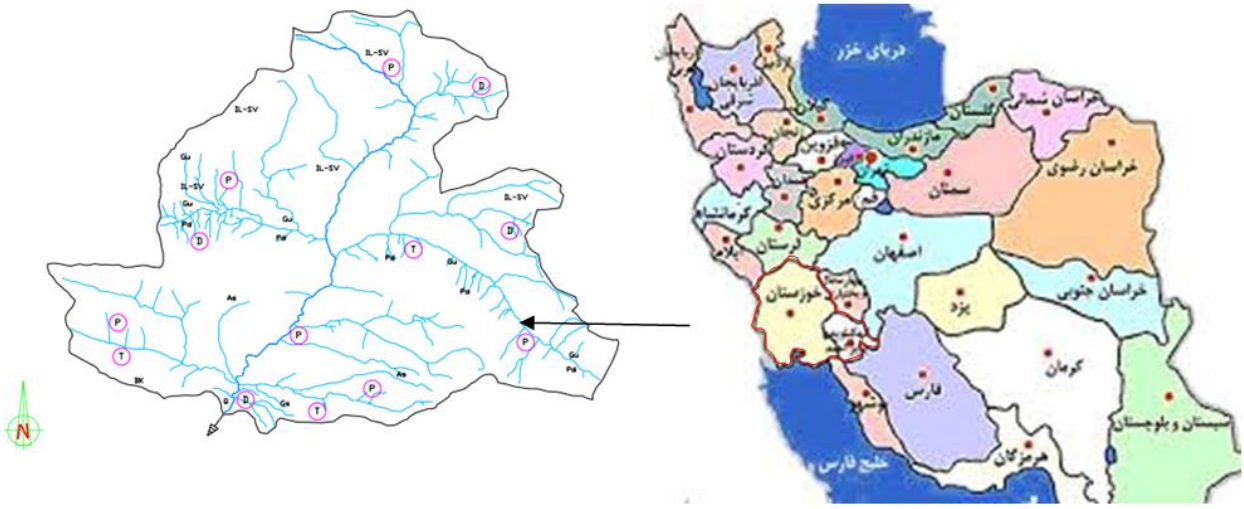
روند افزایشی معنادار هفت متغیر سدیم، کلرید، نسبت جذب سدیم، سولفات، پتاسیم، هدایت الکتریکی و مجموع مواد محلول بوده است. این نتایج بیانگر کاهش کیفیت آب رودخانهٔ بررسی‌شده بوده است. Salarian و همکاران روند ۹ متغیر مهم کیفیت آب سه ایستگاه هیدرومتری سلیمان تنگه، کردخیل و ریگ چشمه رودخانهٔ تجن واقع در استان مازندران را طی دورهٔ زمانی ۱۳۵۰-۱۳۸۵ با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال تعیین کردند [۱۹]. نتایج بر روند افزایشی اسیدیته در هر سه ایستگاه، روند افزایشی نسبت جذب سدیم در ایستگاه ریگ چشمه، و روند کاهشی کلسیم در ایستگاه کردخیل به‌طور معنادار در مقیاس سالانه دلالت داشته است. Farid Gigloo و همکاران به‌منظور بررسی کیفیت آب در ایستگاه زرین‌گل از داده‌های مربوط به سال‌های آماری ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۶ استفاده کردند [۷]. نتایج تجزیه‌وتحلیل واریانس‌ها نشان داد که متغیرهای مجموع مواد محلول، هدایت الکتریکی، بی‌کربنات، کلسیم و منیزیم روند صعودی، و متغیرهای پتاسیم، نسبت جذب سدیم، سدیم و کلسیم روند نزولی دارند.

Boyacioghlu و Boyacioghlu تغییرات زمانی کیفیت هیدروشیمیایی آب‌های سطحی غرب ترکیه را بررسی کردند [۵]. آنها ضمن اشاره به اهمیت این موضوع در کمک به تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی مؤثر در مدیریت شرایط اکوهیدرولوژی منطقه، اذعان داشتند که متغیرهای کیفی بررسی‌شده (کلر، نیترات، سدیم، سولفات و مجموع مواد محلول) در طول دورهٔ شش‌ساله دارای روند کاهشی بودند یا تغییر چندانی نداشتند. Fianko و همکاران ارتباط بین کیفیت آب و تغییر کاربری اراضی را در حوضهٔ آبریز Densu واقع در شرق کشور غنا در آفریقا مطالعه کردند [۸] که در نتیجه غلظت‌های زیاد کلر و مجموع مواد محلول در آب‌های مناطق مسکونی و غلظت‌های زیاد سدیم، کلسیم، سولفات و نیترات در آب‌های با کاربری کشاورزی و مسکونی پرجمعیت مشاهده شد. Anderson و همکاران با اشاره به ارتباط قوی بین اکوهیدرولوژی و کیفیت اکولوژیکی رودخانه‌ها، تغییرات کیفیت آب رودخانهٔ اسکاتلند را با استفاده از آزمون من-کندال بررسی کردند [۱]. نتایج حاصل از تعیین روند، ضمن تأکید بر پیچیدگی و گستردگی عوامل تأثیرگذار بر متغیرهای کیفیت آب، دلالت بر تأثیر تغییر اقلیم بر رودخانهٔ اسکاتلند داشت. Luo و همکاران تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب ۹۲ رودخانهٔ ژاپن از ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۵ را بررسی کردند [۱۳]. آنها اذعان داشتند که کیفیت آب بیشتر رودخانه‌های ژاپن به‌دلیل رفع مشکل فاضلاب‌ها و اقدامات مدیریتی مناسب، بهبود یافته است. Mei و همکاران به ارزیابی روند و تغییرپذیری زمانی و مکانی کیفیت آب‌های سطحی حد فاصل روستا-حومهٔ شهر و شهر پرداختند [۱۴]. نتایج نشان داد که از بین متغیرهای بررسی‌شده، روند متغیرهای نیترات و هدایت الکتریکی با استفاده از آزمون من-کندال، در طول دورهٔ آماری ۱۱ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ کاهشی بوده است. علاوه بر این، شاخص‌های کیفیت آب نشان‌دهندهٔ غلظت بیشتر آلاینده‌ها در آب شهری نسبت به حومهٔ شهر و روستا به‌دلیل تراکم جمعیت بود. البته سرعت بهبود کیفیت آب شهری نسبت به دو منطقهٔ دیگر نیز بیشتر بوده است. تحقیق حاضر با هدف تحلیل روند تغییرات زمانی کیفیت آب در ایستگاه ماشین رودخانهٔ زرد با در نظر گرفتن ده متغیر مهم سنجش کیفیت آب و با بهره‌گیری از آزمون‌های من-کندال، لیو و منحنی پایپر، به‌منظور به‌کارگیری نتایج در مدیریت منابع آب و در نتیجه، مدیریت جامع حوضهٔ آبخیز با توجه به وضعیت اکوهیدرولوژیکی رودخانهٔ زرد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

رودخانهٔ زرد یکی از زیرحوضه‌های رودخانهٔ جراحی است که در جنوب غربی ایران و شمال شرق استان خوزستان واقع شده است. مساحت آبخیز این رودخانه واقع در بالادست سد جره، ۸۸۲۴۹ هکتار است که در طول جغرافیایی ۲۴ ´۴۳ ° ۴۹ و عرض جغرافیایی ۲۵ ´۲۰ ° ۳۱ واقع شده است. مقدار بارندگی سالانهٔ منطقه در حدود ۳۸۰ میلی‌متر است. سازندهای زمین‌شناسی با سنگ‌های متنوعی در حوضهٔ رود زرد وجود دارد. بیشتر این سازندها چشمه‌هایی با دبی متفاوت دارند. از مهم‌ترین سازندهای حوضه می‌توان به فهلیان داریان، خانه کت، نیریز، سورمه، گژدمی، میشان، کواترنر، آسماری، ایلام و سروک اشاره کرد. ایستگاه آب‌سنجی ماشین در مختصات جغرافیایی ´۴۴ ۴۹ طول شرقی و ´۳۱ ۲۲ عرض شمالی بر روی رودخانهٔ زرد واقع شده است. ایستگاه در سال ۱۳۴۸ در ارتفاع ۳۸۰ متری نسبت به سطح متوسط دریا برای مساحت حوضهٔ آبریز معادل ۸۷۵ کیلومتر مربع تأسیس شد. آماربرداری آبدهی از ایستگاه از مهرماه ۱۳۴۹ شروع شده است.



شکل۱. نمایی از شکل و موقعیت ایستگاه حوضهٔ آبریز رودخانهٔ زرد استان خوزستان

روش کار

به‌منظور دستیابی به اهداف لازم، داده‌های کیفیت آب ایستگاه ماشین رودخانهٔ زرد شامل پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم، سولفات، کلر، بی‌کربنات، اسیدیته، هدایت الکتریکی و مجموع مواد محلول با استفاده از نرم‌افزار Rock Ware Aq.QA تجزیه‌وتحلیل شد و برای تعیین تیپ کیفیت آب، داده‌های حاصل از آزمایش نمونه‌ها وارد نمودار پایپر شد. با توجه به اطلاعات هر یک از نمونه‌ها، تیپ کیفیت آب آنها مشخص شد. در ادامه به‌منظور تعیین روند کیفیت آب، پس از مرتب کردن داده‌ها در محیط نرم‌افزار Excel، روند سری‌های زمانی داده‌های مطالعاتی از روش‌های من-کندال (Mann، ۱۹۴۵؛ Kendall، ۱۹۷۵) در سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد در محیط XLSTAT و روش لیو به‌عنوان نسبت متوسط فصلی و سالانهٔ کیفیت آب ده سال اخیر به متوسط مقادیر متناظر درازمدت (Liu و همکاران، ۲۰۰۸) ارزیابی شد.

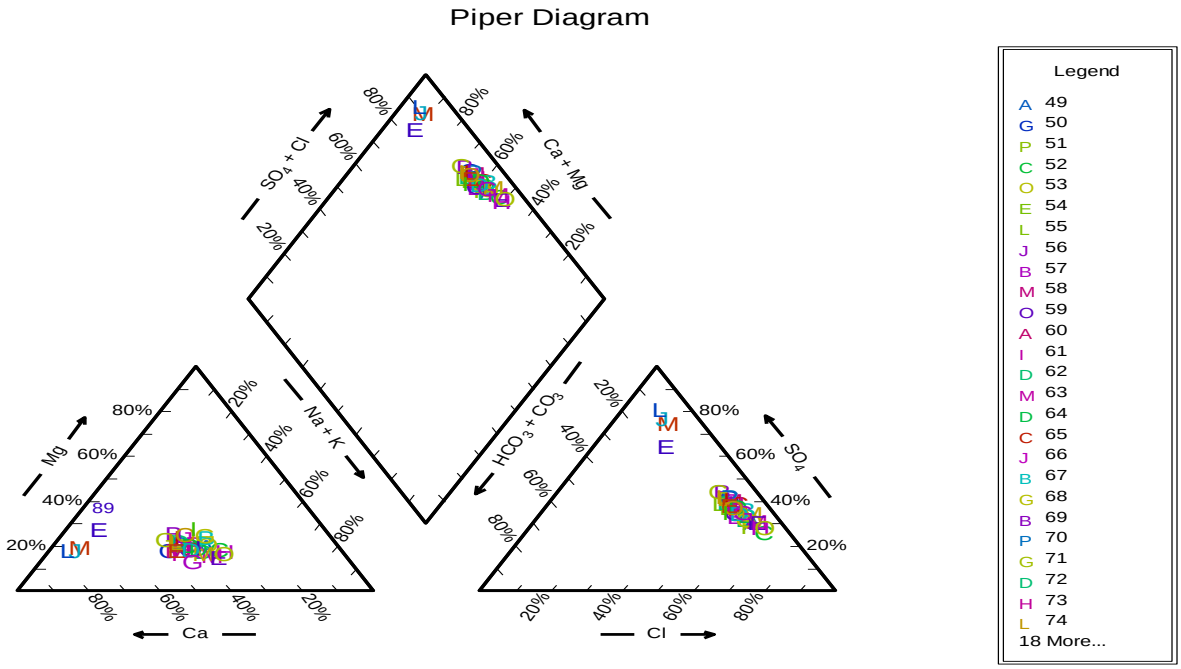
نتایج

شناسایی روند، اطلاعات ارزشمندی را برای درک تأثیر عوامل اقلیمی و انسانی و برهمکنش این عوامل در سطح آبخیز فراهم می‌آورد. به‌زبان آماری تجزیه‌وتحلیل روند به‌منظور تشخیص این مطلب است که سری داده‌های مشاهداتی یک متغیر تصادفی، در طول زمان در حال کاهش یا افزایش باشد و توزیع احتمالی آن با زمان تغییر نیافته باشد که در زیر نتایج حاصل از سه روش به‌کارگرفته‌شده برای تعیین روند کیفیت آب ایستگاه ماشین رودخانهٔ زرد ارائه شده است.

ارزیابی تغییرات سالانهٔ کیفیت آب با استفاده از منحنی پایپر

برای ارائهٔ دید کلی از وضعیت هیدروشیمیایی آب رودخانهٔ زرد از منحنی پایپر استفاده شد که با استفاده از نرم‌افزار Rock Ware Aq.QA به‌دست آمد (شکل۲). براساس این نمودار، آنیون‌های غالب در همهٔ سال‌ها سولفات و کلر است. البته در چهار سال آخر (سال‌های ۸۹، ۹۰، ۹۱ و ۹۲) ضمن حضور هر دو آنیون، شاهد افزایش چشمگیر آنیون سولفات نسبت به کلر هستیم.

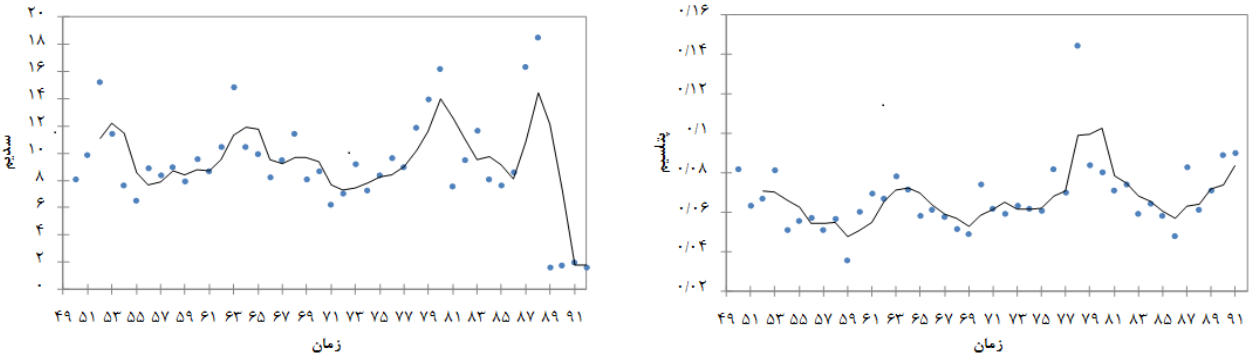
کاتیون‌های غالب در همهٔ سال‌ها کلسیم، سدیم و پتاسیم است. بنابر دیاگرام پایپر ارائه‌شده، تمایل ثانویهٔ کاتیون منیزیم در این سال‌ها دیده می‌شود. شایان ذکر است که در چهار سال آخر (سال‌های ۸۹، ۹۰، ۹۱ و ۹۲) افزایش چشمگیر کلسیم و منیزیم و کاهش سدیم و پتاسیم به‌چشم می‌خورد. براساس کاتیون‌ها و آنیون‌های غالب نمونهٔ آب رودخانه، ۷ تیپ آب شامل Na-Cl، Ca-SO4، Mg-SO4، Na-SO4، K2 -So4 و Mg-Cl2، Ca-Cl2 تشخیص داده شد (شکل۲). شایان ذکر است که تیپ‌های Ca-SO4 وK2-So4 نشان‌دهندهٔ تأثیر لایه‌های گچی بر کیفیت آب است. با توجه به اینکه لایه‌های گچی و سولفاته بخش وسیعی از منطقهٔ تحت مطالعه را در بر می‌گیرند، دو تیپ مزبور درصد فراوانی زیادی را به خود اختصاص داده‌اند.



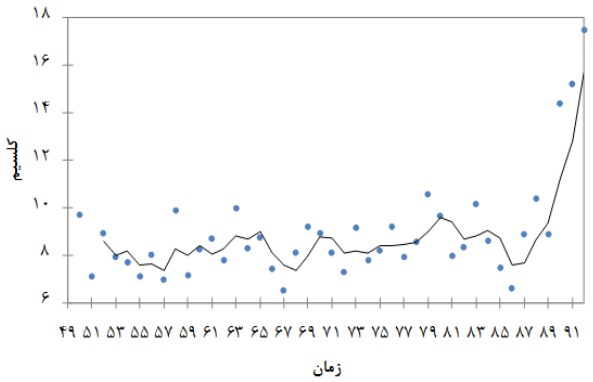
شکل ۲. نمودار پایپر ایستگاه ماشین رودخانهٔ زرد استان خوزستان

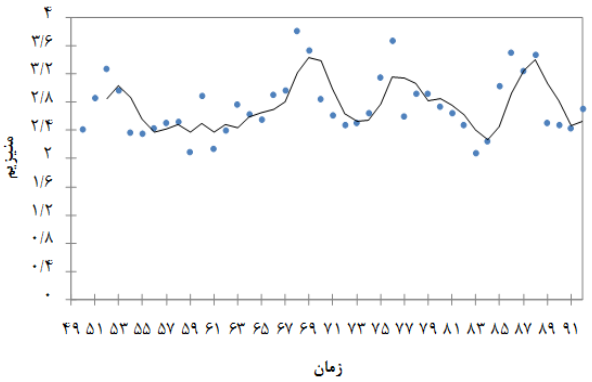
ارزیابی تغییرات سالانهٔ کیفیت آب با استفاده از آزمون من-کندال

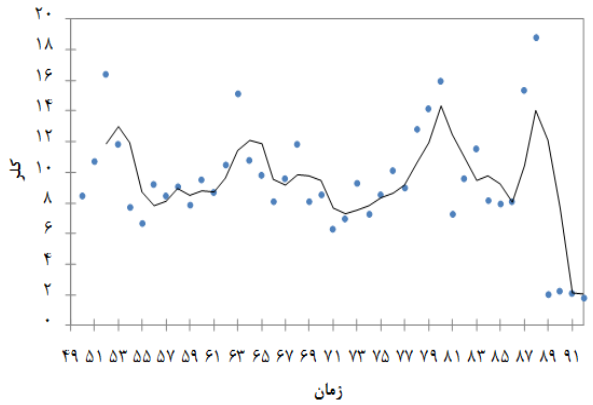
در ادامه و بعد از تعیین تیپ‌های غالب آب، به‌منظور تحلیل روند متوسط سالانهٔ متغیرهای کیفیت آب در ایستگاه ماشین رودخانهٔ زرد از آزمون من-کندال استفاده شد. نتایج این آزمون در شکل ۳ و جدول ۱ برای ارائهٔ آمارهٔ مربوط به آزمون من-کندال محاسبه‌شده برای تعیین روند متغیرهای کیفیت آب ارائه شده است. مطابق شکل ۳ و جدول ۱ از بین ده متغیر بررسی‌شده، پنج متغیر پتاسیم، منیزیم، کلسیم، سولفات و اسیدیته در مقیاس سالانه روند افزایشی، و پنج متغیر دیگر شامل سدیم، کلر، بی‌کربنات، هدایت الکتریکی و مجموع مواد محلول روند کاهشی داشته‌اند. در این میان پتاسیم و سولفات روند افزایشی معناداری در سطح اعتماد ۹۵ درصد داشته‌اند. متغیر بی‌کربنات دارای روند کاهشی معنادار در سطح ۹۰ درصد بوده است. در مورد کاتیون کلسیم روند افزایشی به‌شدت معنادار در سطح ۹۹ درصد به‌دست آمد. سدیم و کلر در مقیاس سالانه روند کاهشی و غیر معنادار داشته‌اند.

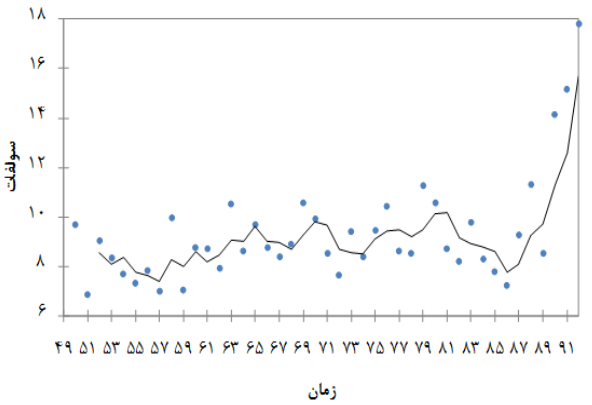


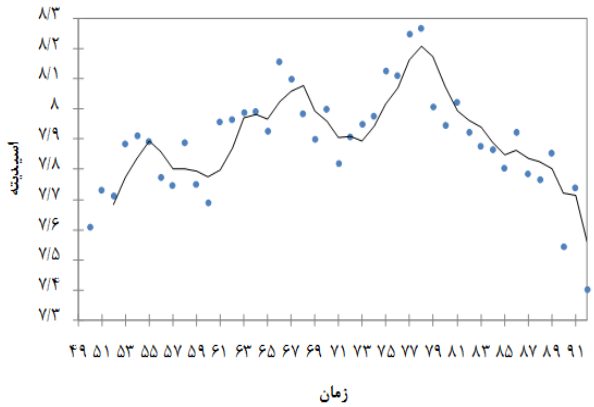
شکل۳. روند تغییرات زمانی بلندمدت سالانه متغیرهای کیفی آب ایستگاه ماشین رودخانه زرد

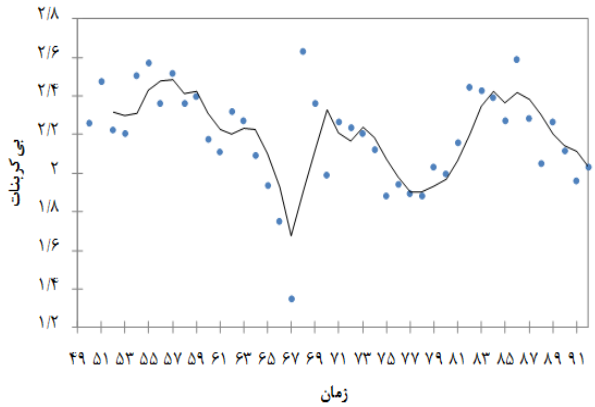

کلسیم
۱۸ ۱۶ ۱۴ ۱۲ ۱۰ ۸ ۶
۴۹ ۵۱ ۵۳ ۵۵ ۵۷ ۵۹ ۶۱ ۶۳ ۶۵ ۶۷ ۶۹ ۷۱ ۷۳ ۷۵ ۷۷ ۷۹ ۸۱ ۸۳ ۸۵ ۸۷ ۸۹ ۹۱
زمان

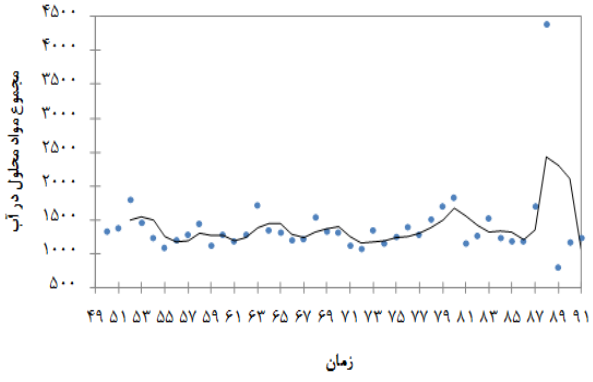

منیزیم
۴ ۳/۶ ۳/۲ ۲/۸ ۲/۴ ۲ ۱/۶ ۱/۲ ۰/۸ ۰/۴ ۰
۴۹ ۵۱ ۵۳ ۵۵ ۵۷ ۵۹ ۶۱ ۶۳ ۶۵ ۶۷ ۶۹ ۷۱ ۷۳ ۷۵ ۷۷ ۷۹ ۸۱ ۸۳ ۸۵ ۸۷ ۸۹ ۹۱
زمان

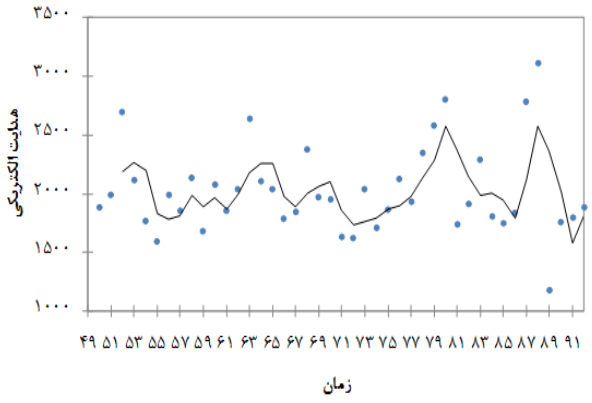

کلر
۲۰ ۱۸ ۱۶ ۱۴ ۱۲ ۱۰ ۸ ۶ ۴ ۲ ۰
۴۹ ۵۱ ۵۳ ۵۵ ۵۷ ۵۹ ۶۱ ۶۳ ۶۵ ۶۷ ۶۹ ۷۱ ۷۳ ۷۵ ۷۷ ۷۹ ۸۱ ۸۳ ۸۵ ۸۷ ۸۹ ۹۱
زمان


سولفات
۱۸ ۱۶ ۱۴ ۱۲ ۱۰ ۸ ۶
۴۹ ۵۱ ۵۳ ۵۵ ۵۷ ۵۹ ۶۱ ۶۳ ۶۵ ۶۷ ۶۹ ۷۱ ۷۳ ۷۵ ۷۷ ۷۹ ۸۱ ۸۳ ۸۵ ۸۷ ۸۹ ۹۱
زمان


اسیدیته
۸/۳ ۸/۲ ۸/۱ ۸ ۷/۹ ۷/۸ ۷/۷ ۷/۶ ۷/۵ ۷/۴ ۷/۳
۴۹ ۵۱ ۵۳ ۵۵ ۵۷ ۵۹ ۶۱ ۶۳ ۶۵ ۶۷ ۶۹ ۷۱ ۷۳ ۷۵ ۷۷ ۷۹ ۸۱ ۸۳ ۸۵ ۸۷ ۸۹ ۹۱
زمان


بی کربنات
۲/۸ ۲/۶ ۲/۴ ۲/۲ ۲ ۱/۸ ۱/۶ ۱/۴ ۱/۲
۴۹ ۵۱ ۵۳ ۵۵ ۵۷ ۵۹ ۶۱ ۶۳ ۶۵ ۶۷ ۶۹ ۷۱ ۷۳ ۷۵ ۷۷ ۷۹ ۸۱ ۸۳ ۸۵ ۸۷ ۸۹ ۹۱
زمان


مجموع مواد محلول در آب
۴۵۰۰ ۴۰۰۰ ۳۵۰۰ ۳۰۰۰ ۲۵۰۰ ۲۰۰۰ ۱۵۰۰ ۱۰۰۰ ۵۰۰
۴۹ ۵۱ ۵۳ ۵۵ ۵۷ ۵۹ ۶۱ ۶۳ ۶۵ ۶۷ ۶۹ ۷۱ ۷۳ ۷۵ ۷۷ ۷۹ ۸۱ ۸۳ ۸۵ ۸۷ ۸۹ ۹۱
زمان


هدایت الکتریکی
۳۵۰۰ ۳۰۰۰ ۲۵۰۰ ۲۰۰۰ ۱۵۰۰ ۱۰۰۰
۴۹ ۵۱ ۵۳ ۵۵ ۵۷ ۵۹ ۶۱ ۶۳ ۶۵ ۶۷ ۶۹ ۷۱ ۷۳ ۷۵ ۷۷ ۷۹ ۸۱ ۸۳ ۸۵ ۸۷ ۸۹ ۹۱
زمان

ادامه شکل ۳.

جدول ۱. نتایج آزمون من-کندال برای متغیرهای کیفیت آب ایستگاه ماشین رودخانهٔ زرد در مقیاس سالانه

متغیر	آماره من-کندال	روند
پتاسیم	۰/۲۳۲**	افزایشی
سدیم	-۰/۰۸۳	کاهشی
منیزیم	۰/۱۰۷	افزایشی
کلسیم	۰/۲۹۳***	افزایشی
سولفات	۰/۲۶۲**	افزایشی
کلر	-۰/۱۴۴	کاهشی
بی‌کربنات	-۰/۱۹۴*	کاهشی
اسیدیته	۰/۰۳۲	بدون روند
هدایت الکتریکی	-۰/۰۴۱	کاهشی
مجموع مواد محلول	-۰/۰۱۹	کاهشی

* اختلاف معنادار در سطح ۹۰ درصد ** اختلاف معنادار در سطح ۹۵ درصد *** اختلاف معنادار در سطح ۹۹ درصد

ارزیابی تغییرات سالانهٔ کیفیت آب با استفاده از روش لیو

به‌منظور تکمیل نتایج به‌دست‌آمده از آزمون من-کندال برای بررسی تغییرات روند متغیرهای شاخص کیفیت آب از روش لیو نیز استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده از روش لیو (جدول ۲)، نشان‌دهندهٔ روند افزایش متغیرهای پتاسیم، کلسیم، منیزیم، مجموع مواد محلول و سولفات است. متغیرهای سدیم، اسیدیته و کلر نیز دارای روند کاهشی است. دو متغیر بی‌کربنات و هدایت الکتریکی بدون روند است.

جدول ۲. نتایج آزمون لیو برای متغیرهای کیفیت آب در مقیاس سالانه

متغیر	آمارهٔ لیو	روند
پتاسیم	۱/۰۵	افزایشی
سدیم	۰/۸۴	کاهشی
منیزیم	۱/۰۱	افزایشی
کلسیم	۱/۲۲	افزایشی
سولفات	۱/۱۸	افزایشی
کلر	۰/۸۳	کاهشی
بی‌کربنات	۱/۰۲	بدون روند
اسیدیته	۰/۹۸	کاهشی
هدایت الکتریکی	۱	بدون روند
مجموع مواد محلول	۱	بدون روند

مقایسهٔ روش‌های منحنی پایپر، آزمون من- کندال و لیو برای ارزیابی تغییرات سالانهٔ کیفیت آب

در تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی تغییرات سالانهٔ کیفیت آب رودخانهٔ زرد از سه روش منحنی پایپر، آمارهٔ من-کندال و لیو استفاده شد. در این بخش، نتایج حاصل از این سه روش مقایسه شده و نتایج کلی در جدول ۳ ارائه شده است. شایان ذکر است با توجه به اینکه عامل اسیدیته، هدایت الکتریکی و مجموع مواد محلول خروجی منحنی پایپر شناخته نمی‌شوند، در کنار تعیین روند، بقیهٔ عوامل شیمیایی با استفاده از منحنی series plot نرم‌افزار Aq.QA تعیین شد. در مورد کلر، سولفات، سدیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم روند هر سه روش یکسان بوده، به‌طوری‌که در مورد سولفات، منیزیم و پتاسیم روند افزایشی و در مورد کلر و سدیم روند کاهشی بوده است. در مورد چهار عامل دیگر همپوشانی بین هر سه روش وجود ندارد. برای مثال اسیدیته از نظر آمارهٔ من-کندال بدون روند و از دید دو روش دیگر کاهشی بوده است. نکتهٔ مهم این است که ناهمپوشانی روش‌ها در این تحقیق، نشان‌دهندهٔ تفاوت فاحش نبوده است. برای مثال دو روش بر کاهشی بودن یک عامل تأکید دارند، روش سوم آن عامل را بدون روند گزارش کرده و در هیچ مورد همپوشانی شامل حضور همزمان روند کاهشی و افزایشی نبوده است.

جدول ۳. نتایج آزمون من-کندال، لیو و منحنی پایپر برای متغیرهای کیفیت آب

متغیر	روند حاصل از آمارهٔ من‌کندال	روند حاصل از آمار لیو	روند حاصل از منحنی پایپر
پتاسیم	افزایشی	افزایشی	افزایشی
سدیم	کاهشی	کاهشی	کاهشی
منیزیم	افزایشی	افزایشی	افزایشی
کلسیم	افزایشی	افزایشی	افزایشی
سولفات	افزایشی	افزایشی	افزایشی
کلر	کاهشی	کاهشی	کاهشی
بی‌کربنات	کاهشی	بدون روند	بدون روند
اسیدیته	بدون روند	کاهشی	کاهشی
هدایت الکتریکی	کاهشی	بدون روند	کاهشی
مجموع مواد محلول	کاهشی	بدون روند	کاهشی

بحث و نتیجه‌گیری

به‌دلیل پویایی اکوسیستم رودخانه و در پی بروز تغییرات اقلیمی و دخالت‌های گستردهٔ انسان در محیط زیست، توجه به کیفیت منابع آب و نیز ارزیابی سلامت حوضه‌های آبخیز ضروری است. ورود پساب‌های صنعتی، شهری و زه‌آب‌های کشاورزی و عدم مدیریت صحیح عوامل آلاینده از جمله عوامل مؤثر در کیفیت آب رودخانه‌ها است. تشخیص روند بلندمدت کیفیت آب رودخانه‌ها برای پی بردن به تغییرات به‌وقوع‌پیوسته در گذشته و پیش‌بینی آینده از اهمیت بسزایی برخوردار است. در همین راستا تحقیق حاضر به پایش کیفیت آب ایستگاه ماشین رودخانهٔ زرد در یک دورهٔ زمانی ۴۴ ساله از سال ۱۳۴۹ تا ۱۳۹۲ پرداخته است.

نتایج بررسی منحنی پایپر، آزمون من-کندال و لیو نشان می‌دهد که پتاسیم و سولفات در پایهٔ زمانی بررسی‌شده، روند افزایشی داشته‌اند. Fianko و همکاران ضمن تأکید بر افزایش مقدار سولفات در منطقهٔ تحت مطالعه خود عقیده دارند که منشأ اصلی سولفات در آب، انحلال کانی‌های حاوی سولفات مانند ژیپس و انیدریت و نیز تخلیهٔ فاضلاب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی است [۸]. در حوضهٔ فعالیت رودخانهٔ زرد نیز به‌دلیل توسعهٔ کشاورزی و کاربرد بی‌رویهٔ کودهای شیمیایی، مقدار سولفات افزایش یافته است. از طرف دیگر تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که سنگ بستر جریان از عوامل اصلی تأثیرگذار بر ترکیب شیمیایی آب است. Gibbs به‌عنوان یک مدل توصیفی اظهار می‌دارد که ترکیب شیمیایی آب‌های سطحی توسط سه عامل مهم لایه‌های زمین‌شناسی، مقدار بارش و تعادل میان نمک‌های حاصل از تبخیر و بارش کنترل می‌شود [۱۰]. در همین راستا Nouhegar تأکید می‌کند که در طبیعت کیفیت آب رودخانه‌ها، نخست تابع سازندهای زمین‌شناسی حوضهٔ آبخیز و مسیر جریان آب آن و سپس متأثر از رژیم آبدهی رودخانه و شدت تأثیر آب‌های زیرزمینی در تأمین آب رودخانه، و در نهایت تابع نحوهٔ استفاده از آب آنها و کمیت و کیفیت آب برگشتی به رودخانه است [۱۵]. در منطقهٔ مطالعه‌شده نیز افزایش انحلال کانی‌های حاوی سولفات (ژیپس و انیدریت) در سازند گچی گچساران به‌عنوان بزرگ‌ترین سازند تشکیل‌دهندهٔ حوضه، مقدار سولفات آب رودخانه را افزایش داده است. Zare Garizi و همکاران در بررسی کیفیت آب رودخانهٔ چهل‌چای واقع در استان گلستان، افزایش سولفات و پتاسیم را به‌دلیل فعالیت‌های انسانی به‌خصوص افزایش مصرف کودهای شیمیایی گزارش کرده‌اند [۲۲]. ورود فسفات به منابع آبی سبب تغییر ساختار اجتماعات پلانکتونی نیز می‌شود.

با توجه به نتایج حاصل از سه روش استفاده‌شده برای پایش کیفیت آب، می‌توان نتیجه گرفت که عامل بی‌کربنات در مقیاس سالانه دارای روند کاهشی است یا بدون روند است. Khazheeva و همکاران عقیده دارند که افزایش یا کاهش عامل بی‌کربنات همسو با عامل دی‌اکسیدکربن است [۱۲]. این در حالی است که برخلاف روند کاهشی بی‌کربنات، روند به‌شدت افزایشی دی‌اکسیدکربن در آب رودخانهٔ زرد مشاهده می‌شود. این موضوع را باید به عللی غیر از عوامل طبیعی نسبت داد.

سدیم و کلر دو عامل مهم‌اند که به‌طور معمول در تحقیقات کیفیت آب کانون توجه قرار می‌گیرند. GEMS ضمن تأکید بر لزوم مطالعهٔ این دو عامل در تحقیقات کیفیت آب، عقیده دارد که مقدار سدیم و کلر در اثر فعالیت‌های انسانی در بسیاری از رودخانه‌های جهانی، ۱۰ تا ۲۰ برابر افزایش یافته است [۹]. درحالی‌که برخلاف روند افزایشی مقدار سدیم و کلر در رودخانه‌های جهانی، در بررسی روند تغییرات رودخانهٔ زرد، نتایج نشان می‌دهد که در مقیاس سالانه، تغییرات این دو عامل، کاهشی بوده است. این نتایج به‌دلیل آهکی بودن سازندهای حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ زرد شایان ملاحظه است. هدایت الکتریکی آب رودخانهٔ زرد، در پایهٔ زمانی بررسی‌شده کاهشی بوده است

که با روند کاهشی سدیم و کلر که در بالا بحث شد مطابقت دارد.

روند تغییرات منیزیم که از طریق هوازدگی سنگ بستر و خرد شدن مواد ساختمانی نیز به‌وجود می‌آید [۱]، در پایهٔ زمانی بررسی‌شده، افزایشی بوده است. این نتایج با یافته‌های Farid Gigloo و همکاران [۷] مبنی بر افزایش خطر منیزیم در رودخانهٔ زرین‌گل همخوانی دارد. آنها این افزایش را به دستکاری‌های شدید در محیط طبیعی از جمله جاده‌سازی و حفر معادن نسبت داده‌اند. در مورد اسیدیته در دورهٔ زمانی بررسی‌شده، تغییرات، بدون روند یا کاهشی بوده است. همان‌طور که پیشتر ذکر شد، توسعهٔ کشاورزی و به‌همراه آن افزایش مصرف کودهای شیمیایی، به‌خصوص کودهای سولفاته سبب کاهش مقدار اسیدیته می‌شود [۱]. نتایج بررسی تغییرات مجموع مواد محلول نشان‌دهندهٔ روند کاهشی این متغیر است که با نتایج پژوهش Zare Garizi و همکاران [۲۲] مطابقت ندارد. آنان در مطالعات کیفیت آب رودخانهٔ چهل‌چای گلستان به روند افزایشی تغییرات مجموع مواد محلول اشاره کردند و هدایت الکتریکی و مجموع مواد محلول را برایند مجموع یون‌های موجود در آب دانستند که در تحقیق حاضر هر دو، روند کاهشی دارند.

یکی از جنبه‌های تحقیق حاضر، مقایسهٔ همزمان نتایج سه روش منحنی پایپر، آمارهٔ من-کندال و لیو در بررسی روند تغییرات زمانی کیفیت آب است که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان به همپوشانی مناسب این سه روش و عدم مغایرت نتایج آنها اشاره کرد. در مجموع از نتایج تحقیق حاضر می‌توان به‌طور مشخص، در برنامه‌ریزی اهداف اکوهیدرولوژی منطقه و اتخاذ تصمیمات اجرایی سازمان‌های حفاظت محیط زیست، ادارهٔ کل شیلات و آبزیان، سازمان آب و برق و دیگر سازمان‌های متولی امور آب و پایداری اکوسیستم رودخانه‌های کشور بهره برد. اگر چه جمع‌بندی‌های نهایی منوط به اجرای پژوهش‌های گسترده‌تر از نظر بررسی ارتباط روند تغییر کیفیت آب رودخانه با متغیرهای مهم اکوهیدرولوژیکی، اقلیمی و اجرای اقدامات حفاظتی منطقهٔ مطالعاتی است.

منابع

1. Anderson, H., Futter, M., Oliver, L., Redshaw, J., and Harper, A. Trends in Scottish River Water Quality. Scottish Environment Protection Agency. 2010, 178 p.
2. Ansari, M. R., Safari rad, S., Ghodosi fard, F., Evaluation of Water Quality of Zard River at Pol Majanigh and Mashin Station by using of Wilcox Classification. Fourth National Conference on Irrigation and Drainage Networks. Shahid Chamran University. 2013. 6 p. http://www.civilica.com/Paper-IDNC04-IDNC04_045.html.
3. Arthington, A. H., Bernardo, J. M., and Ilheu, M. Temporary rivers: Linking ecohydrology, ecological quality and reconciliation ecology. River research and applications. 2014, DOI: 10.1002/rra.2831.
4. Bakony. P. 2008. Ecohydrology: water quality. Chapter 9. Session 8A. 691-744.
5. Boyacioglu, H., and Boyacioglu, H. Investigation of Ttemporal Trends in Hydrochemical Quality of Surface Water in Western Turkey. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 2008, 80: 469-474.
6. Deilam, M., Rouhani, H., Trend of Runoff and Water Quality Changeability of Gorganroud River. Seventh National Conference on Watershed Management Engineering and Sciences. Esfahan University Technology. 2012.
7. Farid Gigloo, B., Najafinejad, A., Moghani Bilehsavar, M., Ghiyasi, A. Evaluation of Water Quality Variation of Zarringol river, Golestan province. Journal of Water and

Soil Conservation, 20(1), 2013. http://jwsc.gau.ac.ir.

8. Fianko, J. R., Osae, S., Adomako, D., and Achel, D. G. Relationship between Land Use and Groundwater Quality in Six Districts in the Eastern Region of Ghana, Environmental Monitoring and Assessment, 2009, 153, p.139–146.
9. Global Environment Monitoring System-GEMS. Salts and Salinization of Surface Waters. 2007, http://www.gemswater.org/atlasgwq/saltse.html.
10. Gibbs, R. J. Mechanism Controlling World Water Chemistry, Science, N.Y., 1970, 170: pp. 1088-1090.
11. Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Methods, 4th ed. (London, UK: Charles Griffin).
12. Khazheeva, Z. I., Tulokhonov, A. K., and Dashibalova, L.T. Seasonal and spatial dynamics of EC and major ions in the Selenga river. Water Resources. 2007, 34 (4): 444-449.
13. Luo, P., Takara, K., Razafindrabe, B.H., Nover, D., Yamashiki, Y. Spatiotemporal Trend Analysis of Recent River Water Quality Conditions in Japan. Journal of Environmental monitoring. 2011, 13(10): 2819-29.
14. Mei, K., Liao, L., Zhu, Y., Lu, P., Wang, Z., Dahgern, R.A. and Zhang, M. Evaluation of Spatial-Temporal Variations and Trends in Surface Water Quality across a Rural-Suburban-Urban Interface. Environmental Science and Pollution Research. 2014, 21:8036–8051.
15. Nouhegar, A., Investigation of Physical and Chemical quality of Minab Water. Earth science research. 2011, 2(7): 1-16.
16. Razmkhah, H., Niavarani, M. A., Analysis Effect of Polluted Resources on the Water Quality of Kor River by using WASP Model. Sixth Conference of Iranian Hydraulic. Shahrekord University. 2007. http://www.civilica.com/Paper-IHC06-IHC06_111.html
17. Rodriguez-Iturbe, I., and Porporato, A. Ecohydrology of Water-Controlled Ecosystems: Soil Moisture and Plant Dynamics. Cambridge University Press. 2004, 444p.
18. Sadeghi, S. H. R., Gharehmahmoudli, S. Analysis of Rainfall and Discharge Trend by using Liu and Man-Kendall Methods in Ghazagheli Watershed. Ninth National Conference on Watershed Management Engineering and Sciences. Yazd University. 2013, 5pp.
19. Salarian, M., Jamshidi, A., Alizadeh, A., Quality Routing of Soleiman Tangeh, Kordkhil, Rigcheshmeh Rivers in Mazandaran by using Man-kendall Naparametric test. First National Conference on Challenges of Water Resources and Agriculture. Esfahan. 2013. 8 pp.
20. Salajegheh, A., Razavi Zadeh, S., Khorasani, N. A., Hamidifar, M. Salajegheh, S. Landuse Variation and Its Effect on Water Quality River (Study Area: Karkheh Watershed). Journal of Environmental Studies. 37(58): 81-86, 2011.
21. Sohrabi, M. M., Marofi, S., Sabziparvarr, A. A. Maryanaji, Z. Investigation of Existence of Trend in Annual Precipitation of Hamedan Province using Mann-Kendall Method. Journal of Water and Soil Conservation, 16(3), 2009. www.gau.ac.ir/journals.
22. Zare Garizi, A. Z., Sadodin, A., Bordi Sheikh, V., Salman MAhini, A. A., Long-term Trend Analysis of Water Quality Variables for the Chehelchay River (Golestan province). Iranian Water Research Journal. 2012