بررسی تأثیر احداث سد جره بر کیفیت آب رودخانه زرد با استفاده از تحلیل‌های ناپارامتریک

لمیا نیسی و پروانه تیشه‌زن[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۱)

چکیده

رودخانه‌ها از مهم‌ترین منابع تأمین آب، برای مصارف شرب و کشاورزی هستند. رودخانه زرد یکی از منابع آب سطحی استان خوزستان به‌شمار می‌رود. هدف از این پژوهش، ارزیابی کیفیت آب رودخانه زرد و مشاهده روند تغییرات کیفی آب این رودخانه در ایستگاه ماشین در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۶ توسط روش‌های آماری من‌کندال، اسپیرمن، تجزیه واریانس، حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و تحلیل خوشه‌ای تأثیر احداث سد جره بر کیفیت آب است. با استفاده از آزمون LSD در مقایسه با سال ۱۳۹۴(سال شاهد) پارامترهای SAR، Na، Cl، pH تا سال ۱۳۸۹(قبل از احداث سد) در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده‌اند و بعد از احداث سد تغییرات معنی‌دار نبوده‌اند. طبق آزمون ناپارامتریک من‌کندال pH، Ca و SO_4^{-2} دارای روند معنی‌دار صعودی به‌ترتیب به‌میزان ۰/۰۳۷، ۰/۳۹۳ و ۰/۳۷۶، متغیرهای Cl، SAR، Na و دما دارای روند نزولی معنی‌دار به‌ترتیب به‌میزان ۰/۳۸۷-، ۰/۴۱۷-، ۰/۳۸۶- و ۰/۱- هستند. آزمون اسپیرمن نشان داد احداث سد به‌میزان ۹۰ درصد باعث بهبود کیفیت آب رودخانه زرد از نظر شوری شده است اما طبق آزمون LSD این اختلاف معنی‌دار نبوده است. نتایج آنالیز واریانس نیز نشان داد پارامترهای SAR، Na، Cl، pH، Ca و SO_4^{-2} دارای اختلاف معنی‌دار هستند. همچنین با استفاده از تحلیل خوشه‌ای داده‌های کیفی قبل از احداث سد جره به سه خوشه و پس از احداث سد به دو خوشه تقسیم‌بندی شدند که پس از احداث سد، متغیر TDS در فاصله کمتری نسبت به سایر متغیرها قرار گرفت. درنتیجه این امر باعث شده کیفیت آب آبیاری پایین‌دست تغییر یابد و میزان TDS شباهت بیشتری با سایر متغیرهای مورد مقایسه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: شوری، تحلیل خوشه‌ای، من‌کندال، اسپیرمن، آبیاری.

۱. گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: partishehzan@scu.ac.ir

مقدمه

آب‌های سطحی از مهم‌ترین منابع آب هستند که تأثیر مهمی در تأمین آب مورد نیاز فعالیت‌های مختلف مانند کشاورزی، صنعت، شرب و تولید برق دارند. حفاظت و استفاده بهینه از منابع آب از اصول توسعه پایدار هر کشور است. آگاهی از کیفیت منابع آب یکی از نیازمندی‌های مهم در برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب و حفاظت و کنترل آنهاست، زیرا آلودگی آب در دهه‌های اخیر به یک تهدید جدی و درحال گسترش برای جامعه انسانی و اکوسیستم‌های طبیعی تبدیل شده است. به‌طوری که برای مثال هر ساله ۲۵ میلیون نفر در کشورهای فقیر در اثر آلودگی آب از بین می‌روند. این موضوع ضرورت درک بهتر از تغییرات آلودگی سیستم‌های آبی را موجب می‌شود (۴). احداث سد همواره برای ذخیره و تنظیم جریان آب خروجی یکی از مهم‌ترین مدیریت‌های منابع آبی است. اما گاهی ممکن است با تغییر در دبی، احداث سد و ... باعث ایجاد تغییراتی در کیفیت رودخانه نیز شود. بنابراین پایش کیفیت آب رودخانه بعد از احداث سد نیز حائز اهمیت است.

پژوهشگران همواره درصدد پایش کیفیت رودخانه‌ها با توجه به اهداف و مصارف مختلف بوده‌اند. در ادامه به بررسی پژوهش‌های انجام شده در خصوص پایش کیفیت آب رودخانه‌ها پرداخته می‌شود:

برای تحلیل بهتر داده‌های کیفی رودخانه گاهی از روش تحلیل خوشه‌ای استفاده می‌شود. تحلیل خوشه‌ای داده‌های کیفی رودخانه‌های استان مازندران، ایستگاه‌های این رودخانه را در گروه‌ها و زیر گروه‌های جداگانه قرار داد. نتایج گروه‌بندی ایستگاه‌ها، کیفیت نسبی آب رودخانه‌ها در نواحی غربی استان را پایین‌تر نمایش داد و وضعیت نسبی برخی ایستگاه‌ها (شامل بلیران، دوآب، پل مرگن، پل سفید و کرچا) را بحرانی براورد کرد) (۱۹).

تحلیل خوشه‌ای کیفیت آب رودخانه ازنا، داده‌های کیفی را به چهار خوشه تقسیم‌بندی کرد. خوشه اول شامل SO_4 و pH، خوشه دوم شامل K، خوشه سوم شامل Ca و خوشه چهارم شامل Mg، Cl، EC، TDS، TH و Na و HCO_3، بود (۹).

طراحی سیستم پایش کیفیت رودخانه کرخه در حد فاصل سد مخزنی کرخه تا حمیدیه در استان خوزستان، با استفاده از روش آماری تحلیل خوشه‌ای و نمونه‌برداری در طی شش ماه و اندازه‌گیری ۱۱ پارامترpH، دما ،TSS، TDS، کدورت، DO، BOD، نیترات، EC، فسفات کل و کلیفرم مدفوعی مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده ازتحلیل خوشه‌ای حوضه آبریز رودخانه کرخه از لحاظ تشابه در کل پارامترهای مورد بررسی در تیرماه به سه گروه، در مرداد، مهر، آبان و آذر به چهار گروه و در شهریورماه به پنج گروه متمایز تقسیم‌بندی شد. همچنین تحلیل خوشه‌ای برای گروه‌بندی ایستگاه‌های مشابه از لحاظ میزان کل پارامترهای مورد مطالعه صورت گرفت که بر اساس آن چهار گروه متمایز به‌دست آمد که از هر گروه یک ایستگاه به‌عنوان ایستگاه پایش معرفی شد (۲۴).

تحلیل کیفی رودخانه گرگان‌رود در ایستگاه زرین‌گل واقع در استان گلستان با استفاده از داده‌های کیفی آب در طی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۶ و آزمون‌های من- کندال، تجزیه واریانس و LSD توسط فرید گیلکو و همکاران (۷) انجام شد. نتایج آزمون LSD افزایش ۱۱۰/۷ درصدی منیزیم، کاهش ۱۵/۴ درصدی پتاسیم و افزایش ۱۳/۴ درصدی میزان کلر در داده‌های سال ۱۳۷۷ نسبت به سال ۱۳۸۶ را نشان داد. همچنین میزان کل مواد محلول (TDS)، سختی کل و مقدار یون کلسیم افزایش داشته‌اند (۷).

زلکی بدیلی و همکاران (۳۸) روند فراسنج‌های تعیین‌کننده کیفیت آب رودخانه مارون شامل کلرور، سولفات، کلسیم، منیزیم، سدیم، کربنات، pH، EC، TDS طی سال‌های ۸۳-۱۳۷۹ را با استفاده از آزمون‌های آماری ناپارامتریک بررسی کردند. نتایج نشان داد که غلظت و دامنه تغییرات فراسنج‌ها در فصول پرباران کمترین و در فصول کم باران بیشترین است.

برای بررسی روند تغییرات کیفیت آب رودخانه از آزمون من- کندال و اسپیرمن استفاده می‌شود. آزمون من- کندال کیفیت آب رودخانه تامالاکان نشان داد که نیتروژن، اکسیژن محلول آب و pH تحت تأثیر فعالیت‌های مختلف انسانی

افزایش داشته است (۱۷). همچنین بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از روش اسپیرمن نشان داد که کیفیت آب زیرزمینی این دشت در طی سال‌های اخیر از افت شدیدی برخوردار بوده و این روند تغییرات در قسمت‌های شمال، مرکز و شرق به‌طور چشمگیری افزایشی بوده است (۵).

رزمخواه و نیاورانی (۳۰) در پژوهشی با استفاده از روش‌های آماری به تجزیه و تحلیل تأثیرات منابع آلاینده بر کیفیت آب رودخانه کر پرداختند و به این نتیجه رسیدند که به‌دلیل فعالیت‌های کشاورزی، گسترش اماکن مسکونی و وجود کارخانه‌های بزرگ صنعتی، رودخانه کر را به یکی از آلوده‌ترین رودهای ایران تبدیل کرده است.

بررسی‌های فیض نیا (۸) روی تغییرات کیفیت آب در سرشاخه‌ها و مقاطع مختلف رودهای غرب حوضه مرکزی ایران و تعیین علل زمین‌شناسی مؤثر در شوری منابع آب سطحی و زیرزمینی نشان داد که از مهم‌ترین عوامل موثر در شوری آب رودخانه‌های این حوضه، مارن‌های تبخیری، گنبدهای نمکی و معادن گچ و نمک است.

کافمن و بلدن (۱۱)، در ۳۰ رودخانه امریکا به فاصله زمانی ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵ با استفاده از روش‌های آماری به بررسی کیفیت آب پرداختند. نتایج آنها نشان داد که کیفیت آب در تقریباً ۷۰ درصد از ایستگاه‌ها ثابت بوده یا حتی افزایش یافته است. روش‌های آماری به تفسیر آمارهای اطلاعاتی پیچیده برای درک بهتر تغییرات کیفیت آب و مدیریت مؤثر آن کمک کرده است (۶ و ۳۵) و ابزارهای ارزشمندی را برای مدیریت قابل اطمینان منابع آبی، مثل راه‌حل‌های سریع را برای مشکلات آلودگی، ارائه می‌کنند (۳۶). تحلیل واریانس یک‌طرفه نیز از روش‌های آماری است که می‌تواند ابزار مناسبی برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی فراسنج‌های فیزیکی- شیمیایی و بار آلودگی آب باشد (۲۱).

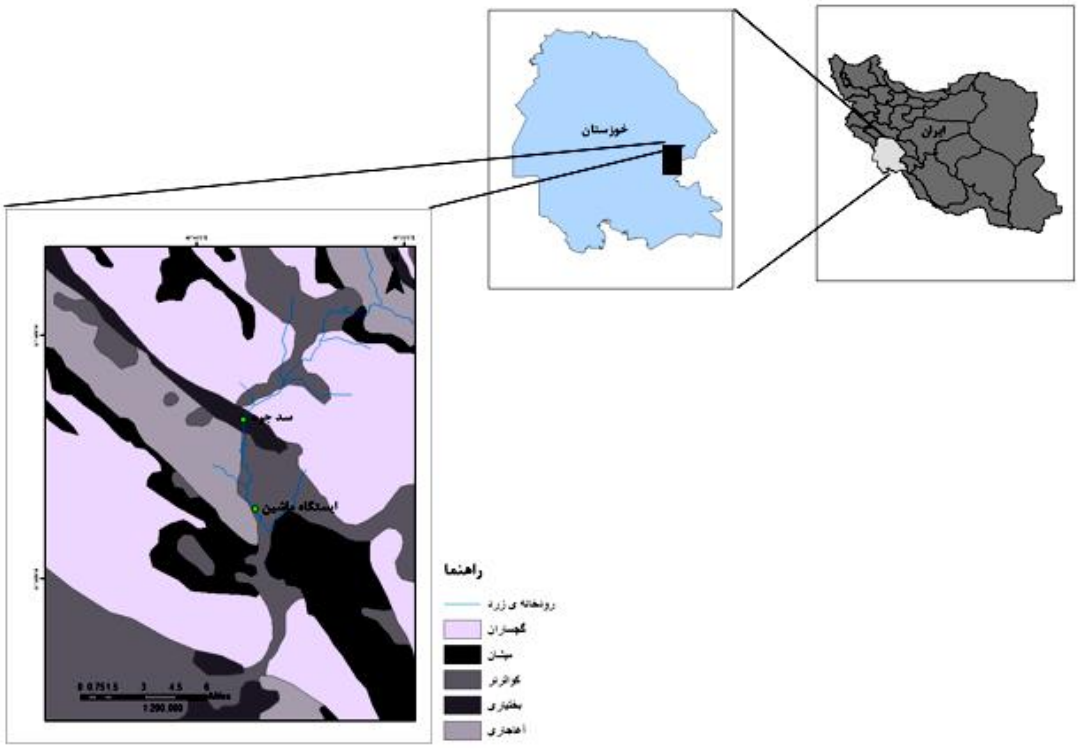
به‌منظور ارزیابی کیفیت آب سطحی در شمال یونان، داده‌های ۲۷ پارامتر مربوط به پنج رودخانه، همراه با آب راهه‌ها و شاخه های آنها با استفاده از روش های آماری مانند تحلیل خوشه‌ای بررسی شد. روش تحلیل خوشه‌ای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و سطح آلودگی کیفیت آب را در چهار گروه طبقه‌بندی کرد (۳۳).

آندرسون و همکاران (۱) با اشاره به ارتباط بین اکوهیدرولوژی و کیفیت هیدرولوژیکی رودخانه‌ها، تغییرات کیفیت آب رودخانه اسکاتلند را با استفاده از آزمون من‌کندال بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که مقدار ماده کربن آلی در مناطق مختلف اسکاتلند دارای روندهای متفاوت است.

با توجه به ضرورت پایش کیفی آب رودخانه‌ها، به‌منظور بررسی اثر احداث سد جره بر کیفیت آب پایین‌دست سد از آزمون آماری اسپیرمن، من- کندال، آزمون LSD و تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. برای انجام آزمون‌های آماری ذکر شده از داده‌های تنها ایستگاه واقع در پایین‌دست سد جره (ایستگاه ماشین) استفاده شد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز رودخانه رود زرد با پهنای ۵۱۴ کیلومترمربع در جنوب‌غربی کشور ایران و در شرق استان خوزستان و در بالادست سد جره (حوضه رودخانه رود زرد) بین ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). از لحاظ تقسیمات جغرافیایی محدوده مورد مطالعه در بخش مرکزی شهرستان باغملک واقع شده است (۲). رودخانه رود زرد (جره) از شمال به جنوب، پس از دریافت شاخه‌های ابوالعباس (منگشت)، گلال و دره مورد و چند شاخه فصلی در نزدیکی روستای رود زرد (ایستگاه ماشین) و در پایین‌دست سد جره به رود اعلا می‌پیوندد. شرایط آب‌وهوایی منطقه نسبتاً متنوع بوده و برحسب ارتفاع از سطح دریا، زیراقلیم‌های کاملاً متفاوتی وجود دارد که منجر به تنوع خوبی



شکل ۱. موقعیت ایستگاه نمونه‌برداری ماشین و سد جره

در ترازهای ارتفاعی شده است. در این مطالعه به‌منظور بررسی کیفیت آب رودخانه رود زرد، داده‌های کیفی آب ایستگاه موجود در نزدیکی سد جره، (ایستگاه ماشین) در دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۶ از سازمان آب و برق استان خوزستان تهیه شدند (در رودخانه زرد دو ایستگاه هیدرومتری ماشین و مال‌آقا وجود دارند که ایستگاه ماشین در پایین‌دست سد جره قرار گرفته و تغییرات کیفیت آب را بهتر نشان می‌دهد). تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۲۲ انجام شد.

آزمون من- کندال و اسپیرمن

به‌منظور تعیین روند تغییرات در هر سری زمانی از دو آزمون من- کندال و اسپیرمن استفاده شد. آزمون من- کندال آزمونی غیر پارامتری رتبه‌ای است که توسط من (۱۶) و کندال (۱۲) ارائه شده است و برای تعیین معنی داری روندهای خطی و غیر خطی مناسب است (۱۰ و ۱۳). در این آزمون فرض صفر(H_0) و فرض مقابل (H_1) به‌ترتیب معادل بدون روند و وجود روند در سری زمانی داده‌های مشاهده‌ای است. روابط مربوطه جهت تعیین مقادیر آماره من- کندال به‌صورت زیر است:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \operatorname{sgn}(x_j' - x_i) \qquad (1)$$

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \qquad (2)$$

$$\mathrm{VAR}(S) = \frac{1}{18}\Big[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{q} t_p(t_p-1)(2t_p+5)\Big] \qquad (3)$$

$$Z_M = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{\mathrm{VAR}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{\mathrm{VAR}(S)}} & S < 0 \end{cases} \qquad (4)$$

که در روابط فوق n تعداد داده مشاهده‌ای (طول دوره آماری)، Xi و Xj به‌ترتیب iامین و j امین داده مشاهده‌ای، و q تعداد گروه‌های ایجاد شده (با داده‌های برابر و بیشتر از دو عضو)، tp تعداد داده‌های برابر در p امین گروه و Zm مقدار آماره من- کندال است.

آزمون اسپیرمن مشابه من- کندال آزمون غیر پارامتری است. در این آزمون فرض صفر(H_0)، یکنواختی توزیع و مستقل بودن داده‌ها در سری زمانی است و فرض مقابل(H_1)، روند افزایشی یا کاهشی داده‌ها در سری زمانی است (۳۷). برای تعیین مقدار آماره اسپیرمن از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$D = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n}(R(X_i)-i)^2}{n(n^2-1)} \quad (5)$$

$$Z_s = D\sqrt{\frac{n-2}{1-D^2}} \quad (6)$$

که در این روابط R(xi) رتبه i امین داده مشاهده‌ای X_i، n تعداد داده‌های آموزشی (طول دوره آماری) و Z_s مقدار آماره اسپیرمن است.

تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای یک روش طبقه‌بندی برای قرار دادن مقادیر یا اشیا مشابه در گروه‌ها یا خوشه‌های مشابه است. تحلیل خوشه‌ای روشی است که این رده‌بندی را انجام می‌دهد. درحقیقت تحلیل خوشه‌ای یک اصطلاح کلی است که به تعداد زیادی از الگوریتم‌ها اشاره می‌کند که عمدتاً طرز رفتارشان از نظر تشکیل خوشه فرق می‌کند (۲۹). در طبقه‌بندی خوشه‌ای هیچ فرضی در مورد تعداد گروه‌ها یا ساختمان آنها در نظر گرفته نمی‌شود (۲۷). این مدل‌ها با یک فرد از واحدهای N مجموعه‌ای از نمونه‌برداری شروع می‌شوند و به‌تدریج گروه‌ها یا خوشه‌هایی از واحدهای نمونه‌برداری مشابه را تشکیل می‌دهند. در طی هر چرخه خوشه‌بندی فقط یک جفت از موجودیت‌ها ممکن است با هم ترکیب شوند و یک خوشه جدید را تشکیل دهند. این جفت ممکن است یک واحد نمونه‌برداری با واحد نمونه‌برداری دیگر (۳۳)، یک فرد با یک خوشه موجود از واحدهای نمونه‌برداری (۲۸) یا یک خوشه با یک خوشه (۱۴) دیگر باشد.

از بین الگوریتم‌هایی که برای تحلیل خوشه‌ای پیشنهاد شده است می‌توان به روش‌های طبقاتی (تجمعی و تقسیم) اشاره کرد. در روش تجمعی، هر فرد در ابتدا یک گروه مجزا را تشکیل می‌دهد سپس گروه‌های نزدیک به هم به‌تدریج ترکیب شده تا درنهایت همه افراد در یک گروه واقع شوند. در روش تقسیم ابتدا همه افراد در یک گروه قرار گرفته سپس این گروه به دو گروه و دو گروه به چند گروه به نحوی تقسیم می‌شوند که درنهایت هر فرد در گروه خود قرار گیرد. پژوهشگران مختلفی(۳، ۶، ۱۵ و ۱۸) تحلیل خوشه‌ای را برای بررسی کیفیت آب به‌کار برده‌اند و کیفیت آب ایستگاه‌ها را در سه خوشه خوب، متوسط و بد و یا عناصر را در دو دسته آلی و معدنی خوشه‌بندی کرده‌اند. در این پژوهش برای بررسی تشابه و دسته‌بندی متغیرهای مختلف کیفی آب رودخانه زرد از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد.

آنالیز واریانس و حداقل اختلاف معنی‌دار

برای بررسی معنی‌داری تغییرات هر پارامتر مورد بررسی از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با استفاده از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. تحلیل واریانس یک‌طرفه یک روش آماری است که برای مقایسه معنی‌دار بودن تفاوت میانگین پارامتر هر پارامتر به‌کار می‌رود.

آماره‌ای که از آن برای رد یا پذیرش فرض صفر استفاده می‌کنیم، آماره موسوم به آماره F است. اگر پراکندگی بین گروه‌ها را بر درجه آزادی آن تقسیم کنیم، واریانس بین گروه‌ها (میانگین مربعات اصلی MSA) به‌دست خواهد آمد که در صورت کسر F قرار دارد. همچنین اگر پراکندگی درون‌گروهی را بر درجه آزادی آن تقسیم کنیم، واریانس درون‌گروهی

جدول ۱. میانگین پارامترهای کیفی آب رودخانه زرد قبل و پس از احداث سد

پارامتر	T	EC	TDS	pH	HCO_3	Cl	Na	K	SAR	SO_4	Ca	Mg
سال	(°C)	(µS/m)	(mg/L)					(meq/L)				
۸۴ –۸۸	۲۰/۸	۲۰۴۳/۷۹	۱۵۶۸/۳۷	۷/۸۱	۲/۳۱۳	۱۰/۸۰	۱۱/۱۲	۰/۰۹۱	۴/۴۳	۹/۰۵	۸/۵۶	۳/۱۷
۸۹ –۹۴	۲۰/۹۲	۲۰۶۹/۸۶	۱۵۷۴/۹۶	۷/۸۲	۲/۲۸	۱۱/۴۳	۱۱/۷۱	۰/۰۹۹	۴/۶۱	۹/۱۳	۸/۷۸	۳/۱۵

جدول ۲. روند تغییرات پارامترهای کیفی آب در ایستگاه ماشین رودخانه زرد با آزمون من‌کندال

متغیر	دما	TDS	K	SAR	EC	pH	HCO_3	Cl
Tau	–۰/۱	۰/۰۴۵	۰/۰۲۱	–۰/۴۱۷	–۰/۰۱۹	۰/۰۳۷	–۰/۰۱۴	–۰/۳۸۷
Sig	۰/۰۲۶	۰/۳۱۶	۰/۶۲۶	۰/۰۰۰	۰/۶۴۵	۰/۰۰۰	۰/۷۹۲	۰/۰۰۰
متغیر	Na	K	SAR	SO_4	Ca	Mg		
Tau	–۰/۳۸۶	۰/۰۲۱	–۰/۴۱۷	۰/۳۷۶	۰/۳۹۳	–۰/۰۱۷		
Sig	۰/۰۰۰	۰/۶۲۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۸۹		

(میانگین مربعات خطا MSE) را به‌دست خواهیم آورد که آن را در مخرج کسر F می‌گذاریم. بنابراین کسر F به‌صورت زیر است (۲۲):

$$F=MS_A / MS_E \qquad (۷)$$

برای بررسی معنی‌داری تفاوت میانگین‌های پارامترهای در بین سال‌های مورد مطالعه آزمون LSD به‌کار گرفته شد. در آزمون LSD یکی از گروه‌ها را به‌عنوان گروه کنترل (شاهد) در نظر می‌گیرند تا سایر گروه‌ها را با آن بسنجند. این گروه می‌تواند گروه اول یا گروه آخر باشد و انتخاب هر کدام از این گروه‌ها در نتایج تغییر ایجاد نمی‌کند. در این پژوهش سال ۱۳۹۴ به‌عنوان گروه کنترل (تیمار شاهد) در نظر گرفته شد و با تک‌تک سال‌ها از نظر میزان پارامترهای مربوطه مقایسه آماری شد.

همچنین با استفاده از آزمون ناپارامتریک من‌کندال و اسپیرمن صعودی و نزولی بودن روند پارامترهای کیفیت آب رودخانه زرد در ایستگاه ماشین بررسی شد.

نتایج و بحث

کیفیت آب رودخانه از جنبه کشاورزی (با توجه به حساسیت‌های متفاوت گیاهان) و زیست‌محیطی اهمیت بسیاری دارد، بررسی داده‌های کیفی آب رودخانه زرد نشان از مقداری تغییر در پارامترهای کیفی آب بعد از احداث سد دارد (جدول ۱).

میانگین آمار کیفی در دو مرحله قبل و بعد از سد افزایش نامحسوسی را در پارامترهای EC و TDS را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه سازند گچساران نیز در بالادست سد جره قرار دارد، میزان پارامتر کیفی Ca نیز افزایش یافته است و افزایش یون کلسیم پس از احداث سد باعث افزایش مقدار میانگین SAR نیز شده است. اما مقدار میانگین پارامترهای کیفی آب، روند را از نظر معنی‌داری نشان نمی‌دهد. برای بررسی روند تغییرات و معنی‌دارای پارامترهای کیفیت رودخانه زرد در دوره ۱۰ ساله مورد مطالعه از آزمون ناپارامتریک من‌کندال و اسپیرمن استفاده شد. در جدول ۲ عدد Sig میزان معنی‌داری را در سطح پنج درصد نشان می‌دهد (مقدار Sig کمتر از ۰/۰۵ دلالت بر معنی‌دار بودن روند تغییر در متغیرهای کیفی را نشان می‌دهد). همچنین علامت Tau در این آزمون نشان‌دهنده نزولی و یا صعودی بودن میزان تغییرات است (علامت منفی Tau نشان‌دهنده روند نزولی و علامت

جدول ۳ . میزان همبستگی پارامترهای مختلف کیفی آب با آزمون اسپیرمن

پارامتر	K	Na	Mg	Ca	Cl	HCO_3	SO_4	دما	pH	EC	TDS	SAR
سال	(meq/L)							(°C)		(µS/m)	(mg/L)	
۸۸–۸۴	۰/۳۵۴	۰/۵۶۴	۰/۴۲۷	۰/۰۰۳	۰/۴۸۲	−۰/۲۶۱	۰/۲۱۲	−۰/۳۳	−۰/۰۹۶	۰/۴۷۳	۰/۳۰۴	۰/۴۱۶
۹۵–۸۹	−۰/۱۰۵	−۰/۴۵۸	−۰/۰۸۳	۰/۸۲۶	−۰/۵۰۷	−۰/۲۲۸	۰/۷۸۳	−۰/۱۳۴	−۰/۴۰۵	۰/۰۲۰	۰/۲۳۲	−۰/۲۳۶

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس پارامترهای کیفی آب در ایستگاه ماشین رودخانه زرد

متغیر	دما	TDS	EC	pH	HCO_3	Cl
F	۱/۱۶۵	۱/۲۸۷	۱/۷۹	۰/۰۲	۱/۴۷	۰/۰۸۸
Sig	۰/۵۶۳	۰/۴۷	۰/۶۴۵	۰/۰۰۰	۰/۲۵۵	۰/۰۰۰
متغیر	Na	K	SAR	SO_4	Ca	Mg
F	۰/۰۴۵	۱/۶۳۵	۰/۳۱۲	۰/۰۷	۰/۴۶۳	۱/۸۵۳
Sig	۰/۰۰۰	۰/۶۲۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۸۹۵

مثبت Tau نشان‌دهنده روند صعودی در متغیرهای کیفی آب است).

بررسی روند تغییرات ۱۰ ساله پارامترهای کیفی نشان داد که متغیرهای کیفی pH، Ca و SO_4 دارای روند معنی‌دار صعودی هستند. اما متغیرهای کیفی Cl، SAR، Na و دما دارای روند نزولی معنی‌دار هستند (شایان ذکر است که آزمون من‌کندال روند را از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ نشان می‌دهد ولی در جدول (۱) میانگین قبل و بعد از احداث سد آمده است). سایر پارامترها دارای روند معنی‌دار در سطوح مورد بررسی نیست. روند معنی‌دار صعودی پارامتر pH بیانگر قلیایی شدن آب رودخانه در بازه زمانی مورد مطالعه است. با توجه به فاصله کم سازند گچساران از منطقه مورد مطالعه و همچنین روند معنی‌دار و صعودی متغیرهای Ca و SO_4، می‌توان نتیجه گرفت که با احداث سد جره ساختار سازند گچساران بر کیفیت آب پایین‌دست اثرگذار بوده و آب پایین‌دست دارای ترکیبات آهکی و قلیایی است. جدول (۳) میزان همبستگی پارامترهای مختلف کیفی آب با آزمون اسپیرمن را نشان می‌دهد. میزان همبستگی پارامترهای K ، Na، Mg، Cl و SAR بعد از احداث سد کاهش یافته و منفی شده است. با توجه به وجود سازند گچساران در بالادست سد جره میزان همبستگی عنصر Ca افزایش یافته است. میزان همبستگی EC و TDS پس از احداث سد کاهش یافته است به این معنی که احداث سد باعث بهبود کیفیت آب رودخانه زرد از نظر شوری شده است. تأثیر مثبت و منفی احداث سدها در مطالعات دیگر هم نشان داده شده است. نتایج بررسی شاخص NSFWQI و QWQI روی رودخانه زرد در سال ۱۳۸۹ نشان داد که احداث سد جره تأثیر مثبتی بر کیفیت آب از نظر این شاخص‌ها داشته است (۲۵ و ۲۶). همچنین نتایج حاصل از آزمون من‌کندال اصلاح‌شده در مورد اثر احداث سد گتوند بر رودخانه کارون، کاهش معنی‌دار کیفیت آب بعد از احداث سد را نشان داد. متغیر TDS روندی افزایشی و کاهشی را در محل ایستگاه گتوند در مقیاس ماهانه تجربه کرده است. اما پارامتر EC در محل ایستگاه گتوند در تمامی ماه‌های سال وجود روند افزایشی را تأیید می‌کند. مقایسه نتایج حاصل از آزمون من‌کندال اصلاح شده برای دو ایستگاه سوسن و گتوند نشان داد که کیفیت آب در محل ایستگاه گتوند به شدت تغییر کرده است (۲۳)

جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس پارامترهای کیفی آب در ایستگاه ماشین رودخانه زرد را در دوره آماری مد نظر نشان می‌دهد. مطابق جدول پارامترهای pH، Cl، Na، SAR، Ca و SO_4 دارای واریانس‌های معنی‌دار هستند اما سایر پارامترها دارای واریانس‌های معنی‌دار نیستند. با توجه به اینکه پارامترهای Ca و SO_4 دارای واریانس معنی‌دار هستند، بیانگر این موضوع است که

جدول ۵. نتایج آزمون LSD با انتخاب سال ۱۳۹۴ به‌عنوان سال شاهد (کنترل)

متغیر	دما	TDS	EC	pH	SO_4	HCO_3	Cl	Ca	Mg	Na	K	SAR
سال	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴
۱۳۷۶	۰/۲۷۳	۰/۷۹۶	۰/۵۶۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۱	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰	۰/۹۶۱	۰/۰۰۹	۰/۸۱۴	۰/۰۰۰
۱۳۷۷	۰/۰۳۱	۰/۹۹۷	۰/۴۹۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۷۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۴۸۴	۰/۰۰۰	۰/۰۸۳	۰/۰۰۰
۱۳۷۸	۰/۰۷۴	۰/۹۴۰	۰/۲۹۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۶۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۳۸	۰/۰۰۰	۰/۹۶۹	۰/۰۰۰
۱۳۷۹	۰/۰۶۸	۰/۷۴۱	۰/۰۳۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۷۸۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۶۷	۰/۰۰۰	۰/۹۴۲	۰/۰۰۰
۱۳۸۰	۰/۱۷۳	۰/۷۴۰	۰/۳۸۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۸۸۴	۰/۰۴۳	۰/۰۰۰	۰/۸۹۵	۰/۰۲۴	۰/۶۶۴	۰/۰۰۰
۱۳۸۱	۰/۲۳۳	۰/۷۰۳	۰/۲۲۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۵۴	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰	۰/۶۱۳	۰/۰۰۹	۰/۸۹۹	۰/۰۰۰
۱۳۸۲	۰/۱۳۸	۰/۹۶۸	۰/۷۱۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۱۵۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۴۸	۰/۰۰۰	۰/۸۰۰	۰/۰۰۰
۱۳۸۳	۰/۱۷۸	۰/۸۳۹	۰/۵۸۹	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰	۰/۰۸۶	۰/۰۱۲	۰/۰۰۰	۰/۱۰۹	۰/۰۱۰	۰/۶۶۵	۰/۰۰۰
۱۳۸۴	۰/۰۸۹	۰/۷۱۳	۰/۱۴۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰	۰/۱۱۷	۰/۰۹۷	۰/۰۰۰	۰/۹۲۴	۰/۰۷۵	۰/۶۷۸	۰/۰۱۰
۱۳۸۵	۰/۲۴۳	۰/۷۵۷	۰/۴۰۷	۰/۱۷۸	۰/۰۰۰	۰/۰۵۸	۰/۰۳۰	۰/۰۰۰	۰/۱۸۲	۰/۰۱۲	۰/۵۶۱	۰/۰۰۰
۱۳۸۶	۰/۲۴۵	۰/۹۸۰	۰/۳۱۷	۰/۰۶۶	۰/۰۰۰	۰/۰۷۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۴۳۸	۰/۰۰۰
۱۳۸۷	۰/۲۳۷	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۹۵	۰/۰۰۰	۰/۷۴۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۴۹	۰/۰۰۰	۰/۱۱۳	۰/۰۰۰
۱۳۸۸	۰/۱۲۵	۰/۷۷۹	۰/۵۴۱	۰/۱۱۰	۰/۰۰۰	۰/۱۳۷	۰/۰۱۲	۰/۰۰۰	۰/۴۶۵	۰/۰۱۵	۰/۸۱۴	۰/۰۰۴
۱۳۸۹	۰/۲۱۵	۰/۶۹۶	۰/۱۴۵	۰/۱۶۵	۰/۰۰۰	۰/۵۰۷	۰/۹۱۰	۰/۰۰۰	۰/۴۵۶	۰/۸۸۵	۰/۹۷۸	۰/۷۸۸
۱۳۹۰	۰/۱۵۱	۰/۶۸۶	۰/۲۰۹	۰/۷۳۶	۰/۰۰۱	۰/۷۶۸	۰/۹۶۵	۰/۰۰۰	۰/۶۰۶	۰/۹۷۸	۰/۸۳۷	۰/۹۱۰
۱۳۹۱	۰/۶۰۸	۰/۹۳۵	۰/۷۳۷	۰/۹۶۲	۰/۸۷۱	۰/۷۳۴	۰/۹۹۰	۰/۹۶۴	۰/۶۱۶	۰/۸۶۸	۰/۷۸۴	۰/۸۶۸
۱۳۹۲	۰/۲۷۱	۰/۹۱۲	۰/۶۳۳	۰/۹۳۹	۰/۵۶۵	۰/۵۲۰	۰/۹۳۳	۰/۷۹۷	۰/۶۹۰	۰/۸۷۸	۰/۸۵۷	۰/۸۸۹
۱۳۹۳	۰/۵۳۸	۰/۹۳۵	۰/۹۳۴	۰/۷۶۰	۰/۸۳۷	۰/۷۳۳	۰/۹۷۴	۰/۸۹۶	۰/۹۱۰	۰/۹۲۸	۰/۷۷۳	۰/۹۳۱

سازند گچساران برکیفیت آب رودخانه زرد تأثیر معنی‌دار داشته است و همچنین معنی‌دار بودن واریانس pH نشان‌دهنده تغییر اسیدی بودن کیفیت آب رودخانه زرد است.

در مرحله بعد برای بررسی تفاوت متغیرهای مختلف نسبت به سال شاهد (۱۳۹۴) از روش مقایسه میانگین LSD استفاده شد. میزان سطح خطای قابل‌قبول برای این آزمون ۰/۰۵ در نظر گرفته شد و مقدار آماره آزمون کمتر از ۰/۰۵ نشان‌دهنده معنی‌داری برای متغیر کیفی در سال مورد مقایسه با سال مبنا (۱۳۹۴) است. نتایج این آزمون نشان می‌دهد متغیرهای SAR، Na، Cl و pH از سال ۱۳۷۶ تا سال ۱۳۸۹ دارای تفاوت معنی‌داری در بین تمام سال‌های آماری با سال مبنا ۱۳۹۴ هستند و از سال ۱۳۸۹ به بعد نسبت به سال ۱۳۹۴ تفاوت غیرمعنی‌دار پیدا می‌کنند. متغیرهای Ca و SO_4 از سال ۱۳۷۶ تا سال ۱۳۹۰ دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به سال مبنا هستند اما از سال ۱۳۹۰ به بعد این معنی‌داری از بین می‌رود (جدول ۵). معنی‌دار بودن تغییرات متغیرهای SAR، Na، Cl و pH نسبت به سال مبنا بیانگر این موضوع است که مقدار متغیرهای ذکر شده با احداث سد تغییر پیدا کرده‌اند و بعد از احداث سد کیفیت آب

تقریباً ثابت نگه‌داشته شده است. با در نظر گرفتن نتیجه حاصل از آزمون من‌کندال می‌توان بیان کرد که مقدار متغیرهای کیفی SAR، Na و Cl پس از احداث سد کاهش یافته‌اند و از نظر مقدار شوری نسبت به قبل از احداث سد کیفیت آب برای آبیاری بهبود یافته است. متغیرهای کیفی pH، Ca و SO_4 نیز دارای تغییر معنی‌دار در مقایسه با سال مبنا هستند و طبق آزمون من‌کندال این معنی‌داری دارای روند صعودی است و باعث می‌شود آب قلیایی شود. با توجه به سال شروع آبگیری و بهره‌برداری از سد جره (۱۳۸۹)، نتایج این تحلیل بیانگر این موضوع هستند که احداث سد بر کیفیت آب پایین‌دست رودخانه اثر معنی‌دار داشته است که با نتایج یک‌ساله پس از احداث این سد (۲۳ و ۲۵) مطابقت دارد.

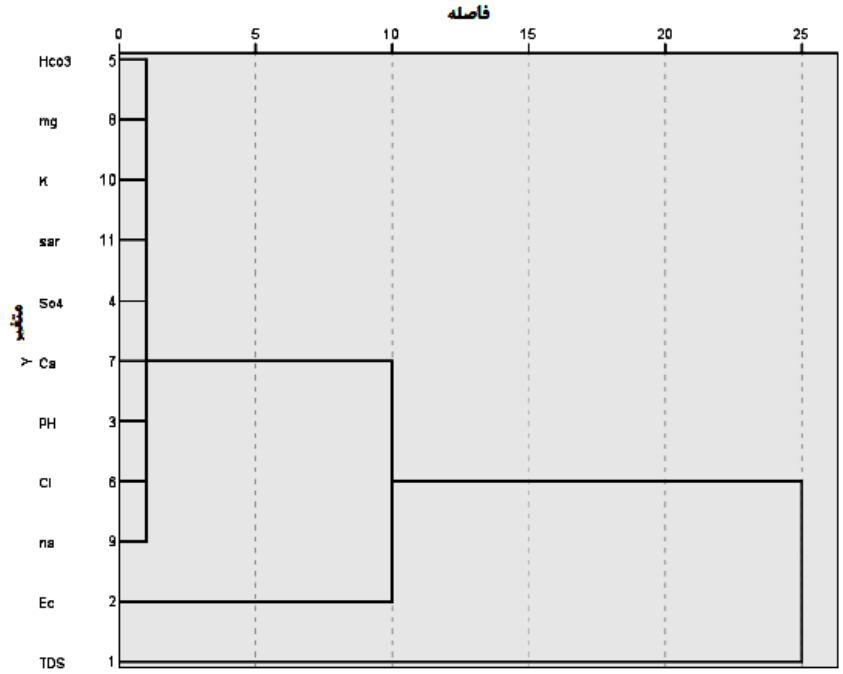
تحلیل آماری کیفیت آب رودخانه کرخه قبل و بعد از احداث سد در ایستگاه‌های پای پل و عبدالخان نشان داد که غلظت عناصر عمده در دوره آماری بعد از احداث سد نسبتاً کاهش و تیپ آب از سدیم- کلرید به کلسیم- سولفات تغییر یافته است. پژوهشگران این بهبود نسبی در کیفیت آب رودخانه کرخه را مرتبط با افزایش دبی رودخانه کرخه در هر دو ایستگاه در دوره آماری بعد از احداث دانستند (۳۲). ارزیابی احداث سد شهید یعقوبی بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه نشان داد که این سد منجر به تغییرات قابل توجه در پهنه‌بندی پارامترهای کیفی TDS، SAR و EC در چاه‌های اطراف شده، به‌طوری که بعد از احداث سد میزان EC و TDS در منطقه افزایش و میزان SAR کاهش یافته است. همچنین در طی این مدت، تراز سطح آب در چاه‌های واقع در محدوده سد افزایش یافته است (۳۱).

تحلیل خوشه‌ای

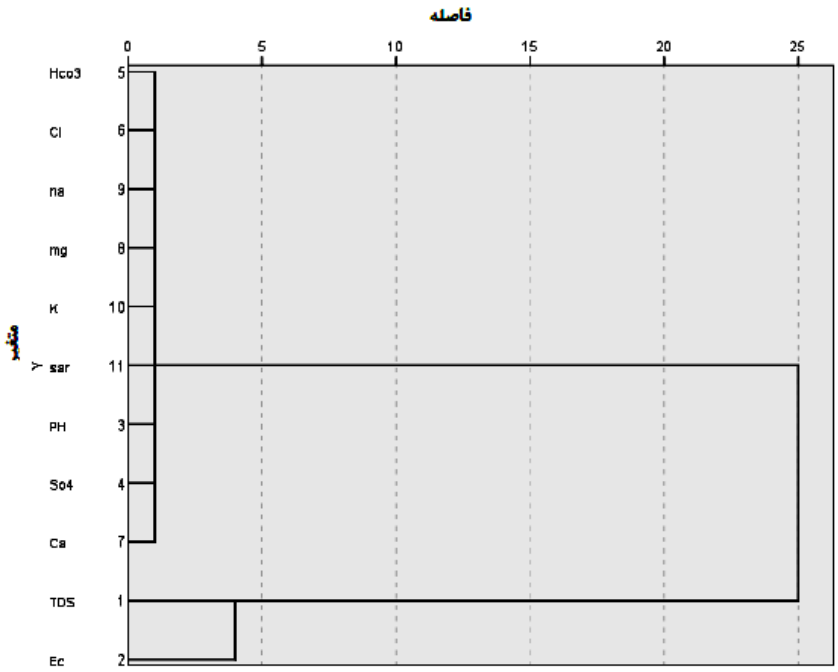
تحلیل خوشه‌ای روش آماری است که مجموعه‌ای از متغیرها را برحسب اندازه همانندی میان آنها خوشه‌بندی می‌کند. بنابراین هر خوشه گروهی است که متغیرهای تشکیل‌دهنده آن بیشترین همانندی را با یکدیگر دارند. شکل ۲ و شکل ۳ نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای را برای حالت قبل و بعد از احداث سد نشان می‌دهند. شکل۲ خوشه‌بندی متغیرهای کیفی آب را قبل از احداث سد جره نشان می‌دهد. مطابق شکل متغیرها به سه خوشه‌ی اصلی تقسیم‌بندی شده‌اند. آنیون‌ها و کاتیون‌ها و pH در یک خوشه فرعی قرار دارند. متغیر شوری به‌تنهایی در خوشه دوم قرار گرفته و متغیر TDS در خوشه سوم قرار گرفته است. متغیر TDS در میزان فاصله بیشتری نسبت به سایر متغیرها قرار دارد که نشان می‌دهد این متغیر شباهت بسیار کمی با سایر متغیرها دارد.

شکل۳ خوشه‌بندی متغیرهای کیفی رودخانه را پس از احداث سد جره نشان می‌دهد. این شکل دو خوشه اصلی را نشان می‌دهد که مطابق شکل آنیون‌ها و کاتیون‌ها و متغیر pH در یک خوشه و متغیر شوری و TDS در خوشه دوم قرار دارند. در این شکل TDS در خوشه‌ای جداگانه اما با فاصله کمتری نسبت به سایر متغیرها قرار گرفته است. شکل ۳ در مقایسه با شکل ۲ نشان می‌دهد که پس از احداث سد جره متغیرهای EC و TDS در فاصله کمتری نسبت به آنیون‌ها و کاتیون‌ها و pH قرار گرفته‌اند. قبل از احداث سد متغیر TDS در خوشه‌ای جداگانه قرار گرفته بود و نسبت به متغیر EC در فاصله بیشتری قرار داشت و پس از احداث سد متغیر TDS و EC فاصله‌ی کمتری با یکدیگر پیدا کردند. این مقایسه نشان می‌دهد احداث سد جره بر دسته‌بندی متغیرهای کیفی رودخانه زرد تأثیر معنی‌داری داشته است. این امر باعث شده کیفیت آب آبیاری پایین‌دست تغییر یابد و میزان TDS شباهت بیشتری با سایر متغیرهای مورد مقایسه داشته باشد.

محمدی و همکاران (۲۰) از داده‌های هیدروشیمیایی ماهانه ایستگاه ماشین واقع در پایین‌دست سد جره در دو دوره آماری قبل از احداث سد (۸۸-۱۳۸۵) و بعد از احداث سد (۹۲-۱۳۸۹) استفاده کردند و تأثیر احداث سد را با استفاده از نمودارهای هیدروشیمیایی و آزمون‌های آماری، مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند پس از احداث سد تیپ آب از کلرید سدیم به سولفات کلسیم تغییر کرده است که بر اثر واکنش آب



شکل ۲. نمودار دندوگرام رودخانه زرد در ایستگاه ماشین در سال‌های ۸۸- ۸۴ (قبل از احداث سد جره)



شکل ۳. نمودار دندوگرام رودخانه زرد در ایستگاه ماشین در سال‌های (بعد از احداث سد جره)

با سازند گچساران مخزن سد است و همچنین میزان کلرید نیز کاهش یافته و باعث شده است که آب از لحاظ کشاورزی از کلاس C_4S_2 به C_3S_1 بهبود یابد و برای کشاورزی مناسب‌تر شود. نتایج این پژوهش نیز گویای همین موضوع است زیرا طبق آزمون میزان یون کلرید روند نزولی داشته و یون کلسیم روند صعودی داشته است و باعث تأثیر بر میزان SAR آب

رودخانه زرد پس از احداث سد جره شده است و طبق نتایج پژوهش (۲۰) کلاس آب تغییر یافته و باعث بهبود کیفیت آب برای مصارف شرب و کشاورزی شده است.

نتیجه‌گیری

دخالت بشر و احداث سازه‌های متعدد بر رودخانه‌ها باعث تغییر در برخی پارامترهای کیفیت آب می‌شود و باید تأثیر سازه‌ها بر پارامترهای کیفی بررسی شود تا بتوان نیازها را با شرایط جدید تطبیق داد و مناسب بودن شرایط جدید را برای مصارف مختلف از جمله کشاورزی و آبیاری بررسی کرد. احداث سد جره روی رودخانه رود زرد باعث تغییر در پارامترهای کیفی آب شده است. با توجه به نزدیک بودن سازند گچساران به منطقه مورد مطالعه، وجود این سازند بیانگر قلیایی شدن آب رودخانه در بازه زمانی مورد مطالعه است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با احداث سد جره ساختار سازند گچساران بر کیفیت آب پایین‌دست اثرگذار بوده و آب پایین‌دست دارای ترکیبات آهکی و قلیایی است. برای استفاده از آب سد جره برای آبیاری اراضی پایین‌دست ممکن است در گذر زمان و با آبیاری بدون آبشویی با تجمع نمک در سطح خاک مواجه شویم که نیاز به تمهیدات و اقدامات خاصی برای برطرف کردن شوری اراضی و جلوگیری از کاهش محصول است.

منابع مورد استفاده

1. Anderson, H., M. Futter, L. Oliver, J. Redshaw and A. Harper. 2010. Trends in Scottish River Water Quality. Scottish Environment Protection Agency.Scotland.
2. Anonymous. 2016. Water and Power authority, Soil science Reports.
3. Astel, S., P. Tsakovski, V. Barbieri and B. Simeonov. 2007. Comparison of selforganizing maps classification approach with cluster and principal components analysis for larg environmental data sets. *Water Research* 41: 4566-4578.
4. Bu, H., X. Tan, S. Li and Q. Zhang. 2010. Temporal and spatial variations of water quality in the Jinshui River of the South Qinling Mts., China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73: 907-913.
5. Daneshvar Vosooghi, F. and DinPajouh, Y. 2012. Investigating ground water quality changes in Ardebil plain by using Spearman method. *Journal of Environmental Studies* 38(4):17-28.
6. Fan, X., B. Cui, H. Zhao, Z. Zhang and H. Zhang. 2010. Assessment of river water quality in Pearl River Delta using multivariate statistical techniques. *Procedia Environmental Sciences* 2: 1220-1234.
7. Farid Gigloo, B., A. Najafi Nejad, V. Moghani Bileh Savar and A. Ghiyasi. 2013. Investigation of water quality changes in Zarrin Gol River in Golestan province. *Journal of Water and Soil Conservation* 20(1): 77-96.
8. Feyz Nia, S. 2001. Evaluation of Geological Factors of Desertification in the Western Central Basin (Qom-Kashan). Research Institute of Forests and Rangelands. Volume 23.
9. Ghasemi Dehnavi, A., R. Sarikhani, H. Hoseini, Z. Ahmad-Nejad and B. Ebrahimi. 2016. Quantitative and quantitative assessment of surface water using statistical analysis in azna river. *Journal of Environment and Water Engineering* 2(4): 306-321.
10. Hisdal, H., K. Stahl, L. M. Tallaksen and S. Demuth. 2001. Have streamflow droughts in Europe become more severe. *International Journal of Climatology* 21: 317–333.
11. Kauffman, G. J. and A. C. Belden. 2010. Water quality trend (1330 to 2002) along Delawre sterams in Delaware and Chespeake Bay watershed, USA. *Water Air Pollution* 201(1): 722-732.
12. Kendall, M. G. 1975. Rank Correlation Methods. Griffin, London, UK.
13. Li, Z. L., Z. X. Xu, J. Y. Li and Z. J. Li. 2008. Shift trend and step changes for runoff time series in the Shiyang River. *Hydrological Processes* 22(23): 4639 - 4646.
14. Loukas, A. 2010. Surface water quantity and quality assessment in Poinos River. *Thessally Greece Desalination* 250: 266-273.
15. Mahbub, H., A. Syed Munaf and A. Walid. 2008. Cluster analysis and quality assessment of logged water at an irrigation project, Eastern Saudi Arabia. *Journal of Environmental Management* 86(1): 297-307

16. Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend, *Econometrica* 13: 245-259.
17. Masamba, W. R. L. and D. Mazvimavi. 2008. Impact on water quality of landuses along Thamalakane-Boteti River: An outlet of the Okavango Delta. *Physics and Chemistry of the Earth* 33: 687-694.
18. Mendiguchia, C., C. Moreno and M. Garcia-Vargas. 2007. Evaluation of natural and anthropogenic influences on the Guadalquiver River (Spain) by dissolved heavymetals and nutrients. *Chemsophere* 69(10): 1509-1517.
19. Mirzaei, M., A. R. Riyahi Bakhtiyari, A. R. Salman Mahini and M. Gholamali Fard. 2013. Analysis of Physical and Chemical Quality of Rivers in Mazandaran Province Using Multivariate Statistical Methods. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences* 23: 41-52.
20. Mohammadi, H., N. A. Kalantari and S. Pahlavani-Zade 2014. Investigation of the impact of jarra dam construction on yellow river water quality using statistical and hydrochemical methods. *In:* Proceeding of the Second National Conference on Water Crisis. Shahrekord University. 38(4): 17-28.
21. Muhammad, S., M. T. Shah and S. Khan. 2010. Arsenic health risk assessment in drinking water and source apportionment using multivariate statistical techniques in Kohistan region, northern Pakistan. *Food and Chemical Toxicology* 21: 2122-2122.
22. Nasiri, P., GH. R. Rezaei Pour and M. H. Khosravi Rad. 2006. Book of Statistical Concepts and Methods. Payam-e-Nour University Publications.
23. Nazeri Tahroodi, M. and A. Shahidi. 2017. Investigation of the Impact of Gotvand Dam Construction on Time Series Changes in Flow Qualitative Parameters. *Iran-Water Resources Research*. 13(3): 175-180.
24. Neisi, G., M. Afkhami, F. Farokhiyan and A. A. Rasekh. 2010. Design of Karkheh River quality monitoring system using cluster analysis method (distance between Karkheh and Hamidieh Reservoir Dam). *In:* Proceeding of the Fifth National Conference on Iranian Environmental Crises and Solutions for their Improvement. Islamic Azad University, Khouzestan Research Branch. Ahvaz.
25. NikRavan, R., A. R. Hooshmand and H. Moazed. 2011. Investigating the impact of dam reservoir on river water quality using qwqi quality index (case study of the impact of jarah dam on yellow river water quality). *In:* Proceeding of the 9th International Seminar on River Engineering. Chamran martyr of Ahvaz University. Ahvaz.
26. NikRavan, R., H. Moazed and A. R. Hooshmand. 2011. Investigation of the role of jereh reservoir dam on yellow river water quality using nsfwqi quality index. *In:* Proceeding of the 9th International Seminar on River Engineering. Chamran martyr of Ahvaz University. Ahvaz.
27. Niroomand, H. A. 2007. Applied Statistics. Ferdowsi Mashhad University Publications. Mashhad.
28. Olı´as, M., J. M. Nieto, A. M. Sarmiento, J. C. Cero´n and C. R. Ca´novas. 2004. Seasonal water quality variations in a river affected by acid mine drainage: the Odiel River (South West Spain). *Science of the Total Environment* 333: 267-281.
29. Pourbabaei, H. 2004. Statistics application in Environmental sciences. Guilan University Publications. Guilan.
30. Razmkhah, H. and A. Niavarani. 2001. Analysing Pollution resource effect on Kor river water quality by using WASP. *Water Engineering*. No. 10.
31. Reza Pour tabari, M. M and S. Tavakoli. 2012. Effect of shahid yaghubi dam on quality and quantity of rashtkhar plain groundwater. *In:* Proceeding of the 9th National Civil Engineering Congress. Isfahan industrial university. Isfahan. Iran.
32. Samani, S., N. Kalantari and M. H. Rahimi. 2009. Investigation of water quality changes in Karkheh River due to construction of Karkheh dam using statistical and hydrochemical analysis. *In:* Proceeding of the 6th Iranian Geological Engineering and Environmental Conference, Tarbiat Modarres University.
33. Simeonov, V., J. A. Stratis, C. Samara, G. Zachariadis, D. Voutsa, A. Anthemidis, Sofoniou, M. and Th. Kouimtzis. 2003. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Research* 37: 4119-4124.
34. Taleb, A., N. Belaidi and J. Gagneur. 2004. Water quality before and after dam building on a heavily polluted river in semi-arid Algeria. *River Research and Applications* 20: 943 -956.
35. Varol, M., B. Gokot, A. Bekleyen and B. Sen. 2012. Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris River Basin, Turkey. *Catena* 32: 11-21.
36. Xu, H. S., Z. X. Xu, W. Wu and F. F. Tang. 2012. Assessment and spatiotemporal variation analysis of water quality in the Zhangweinan river basin, China. *Proceedings of Environmental Sciences* 17: 1221- 1222.
37. Yue, S., P. Pilon and G. Cavadias. 2002a. Power of the Mann-Kendall and Spearman's tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology* 259: 254-271.
38. Zalaki-Badili, N., M. Salari, , Sayad, G. A. and Hemadi, K. 2011. Investigating the Trends of Qualitative Parameters Changes in Marun River in Marun Dam Watershed. *Water Resource Engineering Journal* 6: 50-37.

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 23, No. 3, Fall 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Evaluation of the Quality of Irrigation Water of Downstream of the Zard River Using Statistical Analysis

L. Neisi and P. Tishehzan[1]*

(Received: July 21-2018 ; Accepted: October 23-2018)

Abstract

Rivers are one of the most important source of water supply for drinking and farming purposes. Zard River is one of the surface water resources of Khuzestan province. The purpose of this study is to evaluate the quality of the river water and to observe the trend of changes in the water quality of this river in the Mashin station during the period of 1997-2015 by using the Man-Kendal, Spearman, variance analysis statistical methods and the least significant difference (LSD) and cluster analysis. LSD test shows SAR, Na, Cl, pH parameters up to 2010 (before Jare dam construction) were significant at 95% confidence level compared to 2015 (year of control). No changes were made after dam construction. According to Mann-Kendal non-parametric test, pH, Ca and SO_4 have a significant upward trend to the 0.037, 0.393 and 0.376 respectively, the variables Cl, SAR, Na and temperature have a significant decreasing trend to the -0.387, -0.417, -0.386 and -0.1 respectively. Also Spearman test shows that the dam improved the quality of river water regarding to salinity. Variance analysis show that pH, SAR, Na, Cl, Ca and SO_4 have significant difference. Cluster analysis classified the qualitative data before the construction of the dam in three clusters and after the construction of the dam were divided into two clusters where TDS variable was less distant than other variables. As a result, the quality of the irrigation water is changed downward and the TDS is more similar to the other variables compared.

Keywords: Salinity; Cluster Analysis; Mann Kendall; Spearman; Irrigation

1. Irrigation and Drainage Department, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
*: Corresponding Author, Email: partishehzan@scu.ac.ir