

روند یابی و تحلیل آماری کیفیت آب رودخانه کارون در ایستگاه آب‌سنجی ملاثانی

چکیده

رودخانه‌ها به‌عنوان منبع طبیعی و سطحی تأمین آب شرب و کشاورزی دارای اهمیت زیادی هستند. باوجود صنایع بزرگ، توسعه کشاورزی و فعالیت‌های انسانی کیفیت آب رودخانه تغییر می‌کند. بنابراین مطالعه و پایش کیفیت آب رودخانه‌ها ضروری است. این تحقیق در ایستگاه ملاثانی روی رودخانه کارون در بازه زمانی از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۵ انجام شده است که هدف ارزیابی روند تغییرات EC، TH و TDS و نیز ارائه روابط جدید برای محاسبه مقدار این متغیرها با استفاده از روش رگرسیونی و مقایسه دقت این روابط با استفاده از منحنی ROC بوده است. EC و TDS ارتباط یکسانی با TH بر اساس ضریب همبستگی دارند. Ca و So₄ دارای اثر بیشتری بر روی TH نسبت به سایر آنیون‌ها و کاتیون‌ها هستند. مقدار خطای تعادل بار یونی ۰/۰۰۱۱۹۲ به دست آمد که نشانه درستی داده‌ها است. Na و Cl غالب بر TDS می‌باشند. ولی بر اساس نمودار همبستگی تأثیر سدیم بیشتر است. در طول مدت دوره آماری، EC، TH و TDS روند افزایشی داشته‌اند و سبب کاهش کیفیت آب رودخانه کارون گردیده‌اند. نتایج حاصل با سطح زیر منحنی ROC بالاتر از ۰/۸ برای TDS و بالاتر از ۰/۹ برای TH بیانگر دقت بالای روابط جدید که در این تحقیق به‌دست آمده‌اند، بوده است. مقدار متغیر Kelly برابر ۰/۹۸ به دست آمد. بنابراین کیفیت آب در مرز مطلوب و نامطلوب است. مقدار نسبت خطر منیزی ۱۷/۸۲ درصد حاصل شد. لذا کیفیت آب در حد مطلوب به جهت شرب و کشاورزی می‌باشد. در مجموع، با رعایت مجموعه‌ای از احتیاط‌ها و ملاحظات می‌توان از آب رودخانه کارون برای مصارف شرب و کشاورزی، در محدوده ملاثانی استفاده کرد.

واژگان کلیدی: روند یابی، کارون، کیفیت آب، منحنی ROC، نسبت Kelly.

حسین نامداری^{۱*}

محمد هوشمندزاده^۲

۱. گروه مهندسی عمران، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
۲. مدرس گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر

*مسئول مکاتبات:

hooshmandzadeh_civil@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۸۰۱۰۵۶۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۰

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

مقدمه

رودخانه‌ها یکی از منابع طبیعی تأمین آب (Alanbari et al., 2017) مورد نیاز صنعت و کشاورزی هستند (Tomar et al., 2016). نیاز بسیار فزاینده‌ای به آب تازه برای شرب و نیز در بخش کشاورزی با توجه به افزایش جمعیت روی کره زمین مشاهده می‌شود (Shumaker, 2017). در حاشیه رودخانه‌ها بسیاری از مراکز جمعیتی و کشاورزی شکل گرفته‌اند (Singh et al., 2017) و برخی مانند کارون به دریا می‌ریزند و شهرهایی در اطراف آن‌ها، از جمله اهواز و طرح‌های کشاورزی و صنعتی شکل گرفته‌اند.

باوجود صنایع بزرگ و توسعه روزافزون آن‌ها و فعالیت‌های انسانی، رودخانه‌ها در سراسر دنیا در معرض تهدید قرار دارند (Hassan et al., 2017; Uqab et al., 2017). چون بخشی از فاضلاب‌های انسانی و صنعتی به درون رودخانه‌ها ریخته شده و توسط جریان رودخانه انتقال می‌یابند (Magadam et al., 2017). طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی، تخمین زده می‌شود که در کشورهای درحال توسعه ۸۰ درصد آلودگی آب رودخانه‌ها به دلیل ریختن فاضلاب‌های شهری باشد. ریخته شدن فاضلاب به درون رودخانه کارون، سبب بالا رفتن مقدار TDS آن می‌شود. پایش متغیرهای محیط زیستی در حال حاضر یکی از مهم‌ترین بخش‌های ارزیابی محیط زیستی منابع آب محسوب می‌شود (Othman and Alaa Eldin, 2012). همواره سه محور در بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها لحاظ می‌شود که یکی از آن‌ها مطالعات فیزیکوشیمیایی است (Togue et al., 2017). امروزه روش‌های بررسی کیفی مختلفی توسط محققان مختلف توسعه یافته‌اند که بیشتر آن‌ها بر اساس عوامل شیمیایی



آب می‌باشند (Gungor and Arsalan, 2016). سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان جهانی مدیریت غذا، (Omotayo *et al.*, 2017) و نیز کشورهای مختلفی از جمله استرالیا، کانادا و آمریکا مبادرت به تدوین آیین‌نامه‌هایی نموده‌اند.

بیشتر از یک‌سوم آب‌های سطحی ایران در استان خوزستان جاری هستند و بیشتر از ۷۰ درصد جمعیت چهارمیلیون نفری استان در شهرهای اهواز، آبادان و خرمشهر که از آب رودخانه کارون استفاده می‌کنند ساکن هستند (Afkhami *et al.*, 2007). رودخانه کارون از کوه‌های بختیاری، از مجموعه رشته‌کوه‌های زاگرس، سرچشمه می‌گیرد (Ehteshami *et al.*, 2014). پتانسیل رودخانه کارون در تأمین آب موردنیاز و استعداد فراوان اراضی کشاورزی خوزستان و مطرح‌شدن صنایع فراوان در اطراف آن، مسئله وضعیت کمی و کیفی آب این رودخانه را با ابهام روبرو می‌سازد. حتی با الحاق رودخانه دز به کارون در منطقه بند قیر، بازهم به دلیل وجود صنایع آلاینده، تغییری در کیفیت آب رودخانه کارون ایجاد نمی‌شود. با توجه به تأثیر رودخانه کارون در حیات شهرهای شوشتر، اهواز، آبادان و خرمشهر و اهمیت آن در آبیاری اراضی کشاورزی، لزوم بررسی تغییرات کیفی در آینده و ارائه راهکارهایی برای کاهش آلودگی آن اهمیت می‌یابد (نوری و همکاران، ۱۳۹۵). در این راستا مطالعات متعددی صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

Yaseen و Mukhtar (۲۰۱۹) در مدل‌سازی پارامترهای کیفی آب در جنوب عراق به این نتیجه رسیدند که سیستم نوروفازی دارای قابلیت مناسبی برای تخمین TDS و EC آب می‌باشد. Niroobakhsh و همکاران (۲۰۱۲) متغیرهای کیفی آب در حوزه آبریز رودخانه جاجرو را با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌بینی کردند. نتیجه حاصل بیانگر آن است که شبکه‌های عصبی RBF به دلیل حجم زیاد داده‌های ورودی دارای عملکرد بهتری نسبت به شبکه‌های عصبی MLP می‌باشند. Sarani و همکاران (۲۰۱۲) به مقایسه شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش رگرسیون خطی چند متغیره در تخمین SAR رودخانه سیستان در جنوب شرقی ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شبکه‌های عصبی مصنوعی دارای قابلیت بهتری نسبت به روش رگرسیونی مذکور هستند. Mohsenifar و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به شبیه‌سازی کیفی آب رودخانه زاینده‌رود پرداختند. نتایج نشان می‌دهد، دبی با $37/87$ درصد خطا دارای کمترین همبستگی و TDS و EC به ترتیب با $17/29$ و $19/84$ درصد دارای بیشترین همبستگی هستند.

Ebadati و Hooshmandzadeh (۲۰۱۴) کیفیت آب رودخانه دز در ایستگاه آب‌سنجی دزفول را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر آن است که روش‌های ماتریس همبستگی و همبستگی من-کندال نتایج دقیق‌تری نسبت به آزمون کوواریانس و همبستگی جزئی در مورد تخمین متغیرهای کیفی آب ارائه می‌دهند. روابط جدیدی برای محاسبه پارامترهای موردنظر در این تحقیق ارائه شد که عمدتاً بر اساس حضور سدیم و کلر و سولفات می‌باشند. ضریب همبستگی بالای به‌دست‌آمده برای این روابط حاکی از مطلوبیت آن‌ها است. رادمنش و سالاری (۱۳۸۹) در تعیین مدل رگرسیونی مناسب بین غلظت کل املاح، آبدهی و هدایت الکتریکی رودخانه دز در برابر سری‌های زمانی مختلف نشان دادند که رگرسیون چندجمله‌ای میانگین سالانه برای رابطه غلظت املاح محلول - آبدهی و رگرسیون توانی میانگین سالانه و فصلی برای رابطه هدایت الکتریکی - آبدهی و رگرسیونی چندجمله‌ای و خطی میانگین ماهانه برای رابطه هدایت - آبدهی و رابطه هدایت الکتریکی - غلظت املاح محلول در بازه‌های، سالیانه و فصلی، با روابط رگرسیونی خطی، چندجمله‌ای و توانی دارای برآزش مناسب‌تری نسبت به سایر مدل‌ها هستند.

Griffin و Jurinak (۱۹۷۳) روابطی را برای محاسبه EC برحسب هریک از آنیون‌ها به دست آوردند. Ramakrishniah و همکاران (۲۰۰۹) روابط رگرسیونی خطی برای محاسبه مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های آب‌های زیرزمینی در منطقه Karnataka کشور هند به‌دست‌آمده آوردند. ولی ضریب همبستگی برای بررسی دقت روابط ارائه نکردند. Jothivenkatachalam و همکاران (۲۰۱۰) روابط رگرسیونی خطی برای محاسبه هدایت الکتریکی برحسب سختی کل، کل مواد جامد محلول، کاتیون‌های کلسیم و منیزیم و آنیون کلر به‌دست‌آمده آوردند که ضریب همبستگی بالای $0/8$ به جزء برای منیزیم، حاکی از دقت بالای نتایج دارد.

Hem (۱۹۹۲) ضریب میان TDS و EC را بین $0/54$ تا $0/96$ به دست آورد. Raju (۲۰۰۷) دامنه $0/58$ تا $0/65$ را بین TDS و EC ارائه کرد (Siosemarde *et al.*, 2010). مدیریت کیفیت آب جهت اتخاذ سیاست‌های مدیریتی منابع آب در حوضه آبخیز، ضروری می‌باشد. زیرا ناخالصی‌های فیزیکی و شیمیایی موجود در آب در صورتی که بیش از حد اکثر مجاز توصیه‌شده در استانداردها باشد، ممکن است در درازمدت موجب بروز آسیب‌های غیرقابل جبرانی در بدن انسان گردد (رجایی و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به نقش کیفیت آب در سلامتی ساکنین و لزوم اندازه‌گیری دائمی عوامل مختلف آن، تحقیق حاضر باهدف تعیین کیفیت آب رودخانه کارون در ایستگاه آب‌سنجی ملاثانی صورت گرفت. جهت دستیابی به این هدف، ابتدا داده‌های موردنیاز از سازمان آب و برق خوزستان اخذ و پس از تحلیل‌های آماری، اصلاح و تدقیق روابط موجود و ارائه برخی روابط جدید برای محاسبه TDS، EC و TH آب رودخانه کارون و مقایسه آن‌ها با استفاده از نمودار ROC صورت گرفت. از عامل کیفی Kelly و

نسبت خطر منیزی برای بررسی کیفیت آب رودخانه بهره‌گیری شد. نتایج حاصل از این پژوهش به‌عنوان منبع اطلاعاتی مهمی جهت بهره‌برداری اصولی از این رودخانه مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

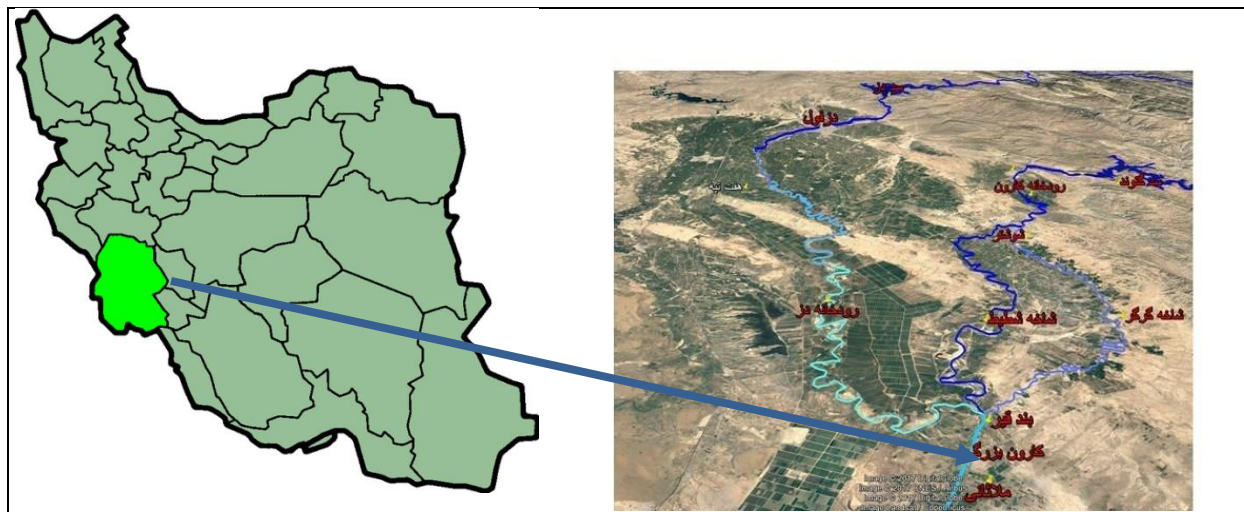
در این مطالعه به منظور بررسی کیفیت شیمیایی و روند تغییرات کیفی آب در رودخانه کارون با استفاده از داده‌های ۴۹ ساله ایستگاه آب‌سنجی ملاثانی، از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۵، پس از بررسی صحت داده‌ها استفاده گردید. جهت بررسی صحت داده‌ها از آزمون متغیر خطای تعادل بار یونی و ترسیم نمودارهای Q-Q بهره‌گیری شد. ایستگاه ملاثانی با ارتفاع ۲۳ متر از سطح دریا، در مختصات ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه و ۶ ثانیه شمالی و ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و ۶ ثانیه شرقی واقع گردیده است. عوامل کیفی شیمیایی آب بررسی شده عبارت‌اند از TDS، هدایت الکتریکی، اسیدیت، بی‌کربنات، کلر، سولفات، کل آنیون‌ها، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کل کاتیون‌ها، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم، سختی کل و تنها عامل فیزیکی pH به تعداد ۴۶۳ داده بوده‌اند. جهت جمع‌آوری و اندازه‌گیری مقادیر داده‌ها از استاندارد متد نسخه سال ۲۰۰۷ استفاده شد. هدایت الکتریکی معیاری از توان آب برای هدایت جریان الکتریکی می‌باشد که این ویژگی با کل غلظت مواد یونیزه شده در آب و دمایی که اندازه‌گیری در آن انجام می‌گردد مرتبط است. هدایت الکتریکی آب با کندانکتیویمتر اندازه‌گیری می‌شود. برای آزمایش TDS آب به منظور اندازه‌گیری کل جامدات محلول ابتدا کپسول چینی را به مدت یک ساعت در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و سپس در دسیکاتور خنک و قبل از آزمایش آن را وزن می‌نمایند. خلاصه نتایج آماری متغیرهای کیفی آب پس از صحت‌سنجی و پردازش آماری و نیز حذف آمار پرت با استفاده از ترسیم نمودارهای جعبه‌ای و تقارن، ایستگاه ملاثانی، به‌جز اسیدیت، برحسب میلی‌گرم در لیتر از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۵ در جدول ۱ آورده شده‌اند.

جدول ۱: نتایج تحلیل متغیرهای کیفی آب در ایستگاه ملاثانی.

پارامتر	متوسط	انحراف استاندارد
pH	۷/۹۷	۰/۲۵
سدیم	۱۴۳/۰۸	۶۹/۵۸
پتاسیم	۱/۹۶	۱/۱۷
کلسیم	۸۱/۵۶	۲۴/۸۴
منیزیم	۲۷/۲۵	۱۰/۵۸
سختی	۳۱۵/۴۶	۸۴/۵
کل جامدات محلول	۸۰۱/۹۲	۲۸۳/۹۵
هدایت الکتریکی	۱۲۶۳/۹۳	۴۳۴/۳۶
کربنات	۰/۳	۲/۱
بی‌کربنات	۱۷۰/۸۳	۲۶/۸۴
سولفات	۱۷۹	۸۸
کلرور	۲۱۹/۴۳	۱۰۶/۳۶

با استفاده از نرم‌افزارهای Minitab ویرایش ۱۶ و Spss ویرایش ۱۸، نمودار Q-Q جهت متغیرهای مورد مطالعه ترسیم گردید. ماتریس ضریب همبستگی متغیرهای کیفی آب تعیین شده و روابط رگرسیون تک و چند متغیره با کمک نرم‌افزارهای مورد اشاره محاسبه و بر اساس منحنی ROC با یکدیگر مقایسه شدند. کیفیت آب با بهره‌گیری از متغیر Kelly و نسبت خطر منیزی مورد بررسی قرار گرفت.

در شکل ۱ منطقه مورد مطالعه و ایستگاه آب‌سنجی ملائانی نشان داده شده است.



شکل ۱: ایستگاه آب‌سنجی ملائانی بر روی رودخانه کارون.

برای بررسی کیفی آب از استاندارد ملی ایران، سازمان بهداشت جهانی و برخی شاخص‌های کیفی مانند عامل Kelly و نسبت خطر منیزیمی استفاده شده است.

رابطه ۱ ارتباط بین TDS و EC را نشان می‌دهد: (Thirumalini and Joseph, 2009):

$$\text{TDS} = a \times \text{EC} \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن a بین 0.55 تا 0.77 متغیر است و با استفاده از تحلیل آماری به دست می‌آید. TDS برحسب میلی گرم در لیتر و EC برحسب دسی زیمنس بر سانتیمتر است.

سختی کل از رابطه ۲ به دست می‌آید:

$$\text{TH} = 50 \times (\text{Mg} + \text{Ca}) \quad \text{رابطه ۲:}$$

نسبت Kelly

نسبت Kelly از رابطه ۳ به دست می‌آید:

$$\text{KR} = \text{Na} / (\text{Ca} + \text{Mg}) \quad \text{رابطه ۳:}$$

که در آن تمامی متغیرها برحسب میلی‌اکی والان در لیتر هستند. در صورتی که مقدار $\text{KR} < 1$ ، کیفیت آب مطلوب و اگر $\text{KR} > 1$ کیفیت آب نامطلوب است (Srinivasa, 2013).

نسبت خطر منیزیمی (Randev and Puri, 2017)

Paliwal (۱۹۷۲) رابطه ۴ را برای خطر منیزیمی شدن برحسب درصد ارائه کرد:

$$Mg_h = Mg \times 100 / (Mg + Ca + Na + K)$$

رابطه ۴:

جدول ۲ طبقه‌بندی آب‌ها بر اساس این نسبت را نشان می‌دهد.

جدول ۲: طبقه‌بندی بر اساس نسبت خطر منیزیمی.

رتبه	طبقه‌بندی آب	نسبت خطر منیزیمی (%)
۵	مناسب	۰-۵۰
۴	در مرز مناسب و نامناسب	۵۱-۶۰
۳	نامناسب	بیشتر از ۶۵

منبع: (Gopal and Joseph, 2015)

پیش از تجزیه و تحلیل داده‌های کیفیت آب، درجه دقت و صحت داده‌های شیمیایی با محاسبه خطای تعادل بار یونی یا خطای عکس‌العمل، با استفاده از رابطه ۵ تعیین می‌شود:

$$RE = \sum (\text{cationas} - \text{anions}) / \sum (\text{cationas} + \text{anions})$$

رابطه ۵:

اگر مقدار این رابطه بیش از ۵ باشد، درستی و صحت داده‌ها سؤال‌برانگیز است (Ebadati and Hooshmandzadeh, 2014). شکل کلی رابطه رگرسیون چندگانه به صورت رابطه ۶ است (Rencher, 2002; Kewan, 2015; Rawlings *et al.*, 1998):

$$y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + \dots + nx_n$$

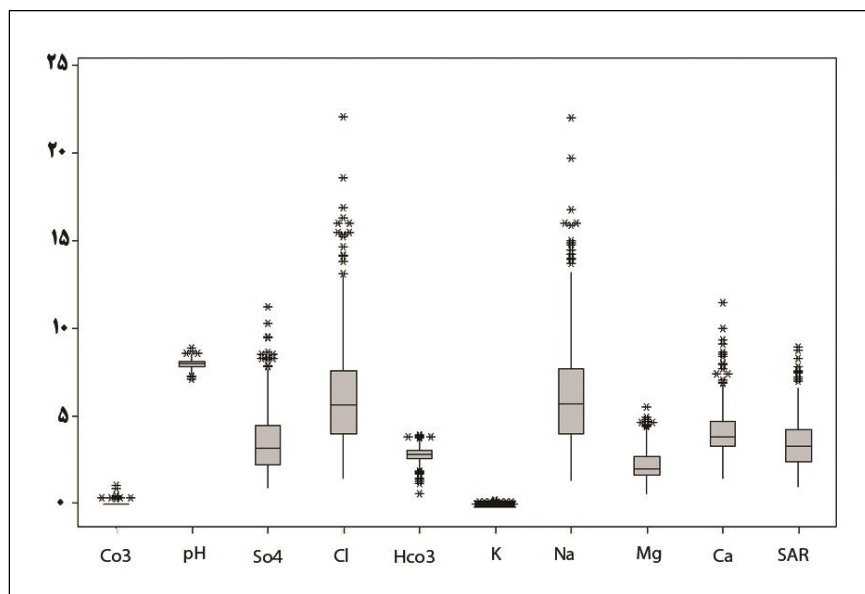
رابطه ۶:

که در آن a, b, c و n ضرایب ثابت و x_i متغیر است.

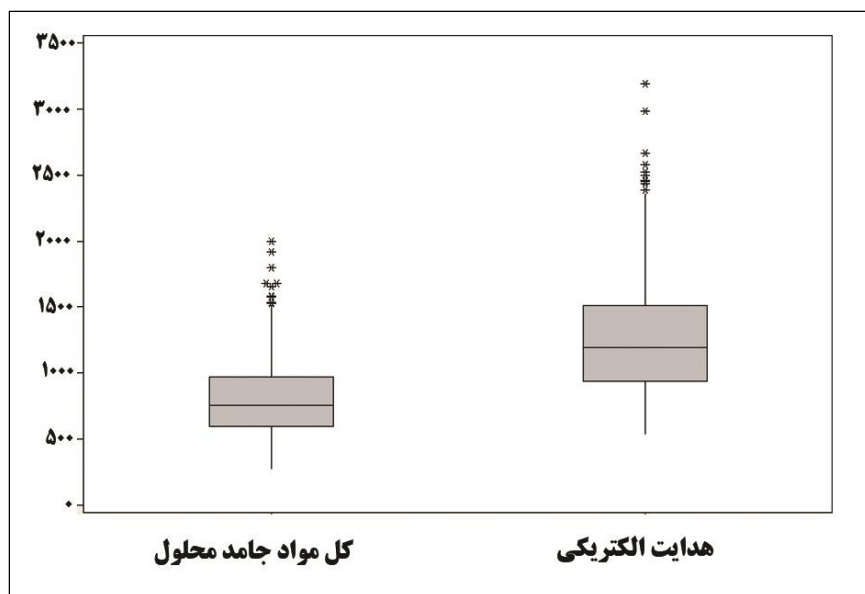
نمودار ROC (Receiver Operating Characteristics)، یک نمودار گرافیکی است که با استفاده از میزان مثبت واقعی، حساسیت، بر روی محور x و میزان مثبت کاذب، $1 -$ ویژگی، بر روی محور y در آستانه‌های مختلف نقاط برش متفاوت ایجاد می‌شود. بدیهی است هنگامی که حساسیت افزایش یابد، میزان مثبت کاذب نیز افزایش می‌یابد. منحنی ROC اجازه می‌دهد تا میزان مثبت واقعی و مثبت کاذب ($1 -$ ویژگی) در هر نقطه بر روی منحنی مقایسه شود. آزمایش‌های با سطح زیر منحنی یکسان عملکرد کلی تشخیصی برابری دارند. بر اساس یک نظام طبقه‌بندی قراردادی، سطح زیر منحنی ROC را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی و تفسیر نمود: $90 - 100 =$ عالی، $80 - 90 =$ خوب، $70 - 80 =$ نسبتاً خوب، $60 - 70 =$ ضعیف (صفری و براتلو، ۱۳۹۵). یکی از روش‌های مناسب برای ارزیابی نتایج حاصل از یک طبقه‌بندی کننده و ارزیابی میزان قابلیت آن در شناسایی طبقه مورد نظر استفاده از منحنی ROC است (عرفانی فرد، ۱۳۹۳). از این منحنی‌ها برای تعیین کارایی یک آزمون مشخص استفاده می‌شود (سپندی و همکاران، ۱۳۸۹).

نتایج

متغیر خطای تعادل بار یونی RE برابر 0.001192 به دست آمد که نشانه صحت و درستی داده‌ها می‌باشد. نمودار جعبه ترسیمی برای متغیرهای کیفی آب در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده‌اند.

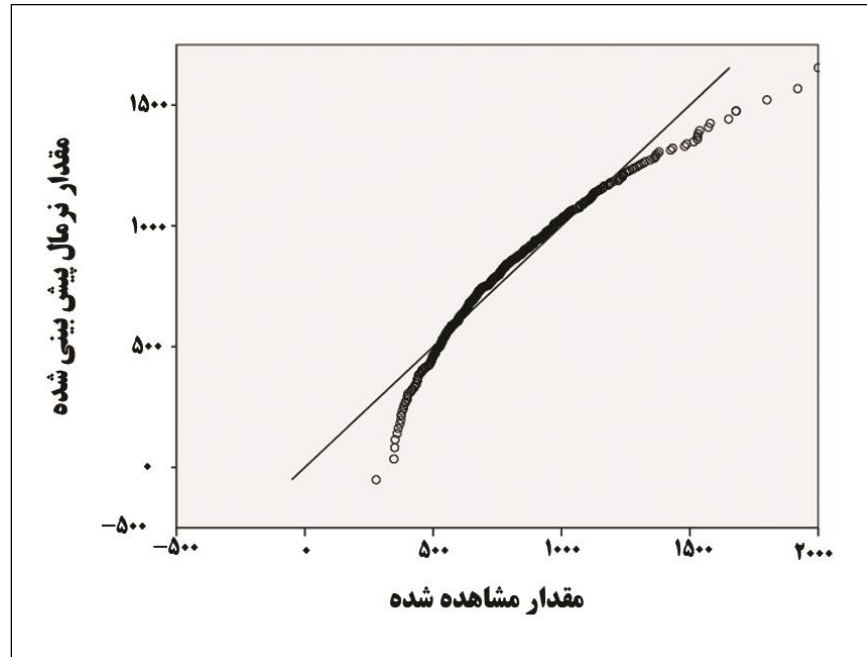


شکل ۲: نمودار جعبه‌ای آنیون‌ها و کاتیون‌ها در بازه ۴۹ ساله.

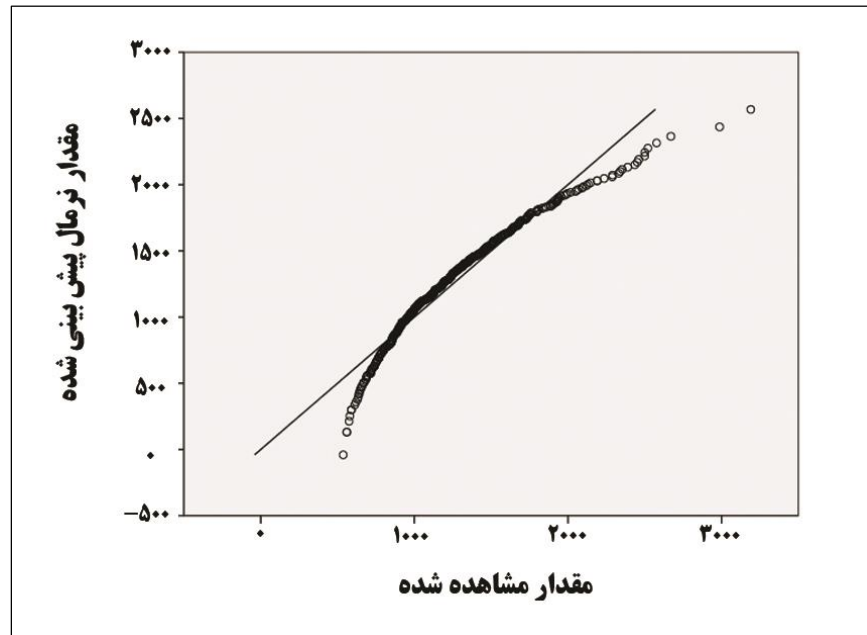


شکل ۳: نمودار جعبه‌ای EC و TDS در بازه ۴۹ ساله.

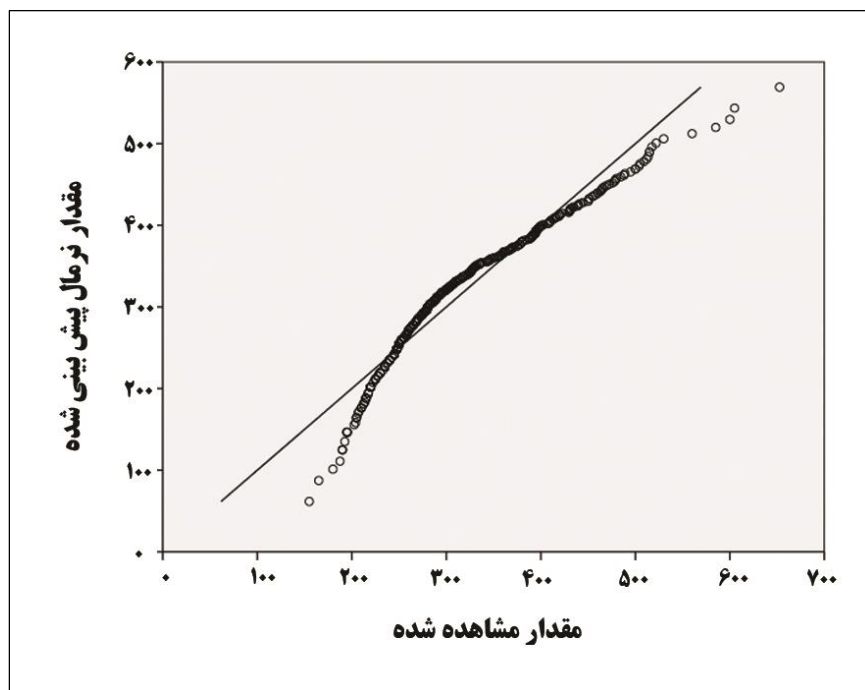
جهت بررسی نرمال بودن داده‌های کیفی آب از روش نمودار Q-Q می‌توان استفاده کرد. در شکل‌های ۴ تا ۶ این نمودار برای EC، TDS و TH در بازه زمانی ۴۹ ساله آورده شده‌اند.



شکل ۴: نمودار Q-Q متغیر TDS.



شکل ۵: نمودار Q-Q متغیر EC.



شکل ۶: نمودار Q-Q پارامتر TH.

ضرایب همبستگی میان متغیرهای کیفی آب در جدول‌های ۳ و ۴ آمده‌اند.

جدول ۳: ماتریس همبستگی متغیرهای کیفی آب.

	TDS	EC	pH	Co ₃	HCO ₃	Cl	So ₄	Ca	Mg	Na	K
TDS	۱	۰/۹۷۳	۰/۰۴	۰/۱	۰/۰۹	۰/۹۲	۰/۷۹	۰/۷۲	۰/۶۳	۰/۹۳	۰/۴۳
EC		۱	۰/۰۵	۰/۱۲۳	۰/۱	۰/۱۱	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۹۰۳	۰/۴۱۳
pH			۱	۰/۲۲۹	-۰/۰۸۲	۰/۰۶۲	۰/۰۲۵	-۰/۱۶۳	۰/۱۸۴	۰/۰۹۳	۰/۰۶۰
Co ₃				۱	-۰/۰۹۹	۰/۱۱۴	۰/۰۷۵	۰/۰۱۴	۰/۱۸۵	۰/۱۱۷	۰/۰۷۴
HCO ₃					۱	۰/۰۸۱	-۰/۰۶۵	۰/۱۴۸	۰/۱۰۱	۰/۰۹۲	۰/۰۱۰
Cl						۱	۰/۶۱۴	۰/۵۷۸	۰/۵۴۸	۰/۹۸۷	۰/۳۵۷
So ₄							۱	۰/۷۹۶	۰/۶۷۷	۰/۶۷۶	۰/۴۸۱
Ca								۱	۰/۲۶۴	۰/۵۸۴	۰/۴۹۳
Mg									۱	۰/۵۸۳	۰/۲۶۳
Na										۱	۰/۳۷
K											۱

جدول ۴: ماتریس همبستگی متغیرهای کیفی آب.

	TDS	EC	pH	CO ₃	HCO ₃	Cl	So ₄	Ca	Mg	Na	K
Na%	۰/۶۵۹	۰/۶۸۶	۰/۱۴۱	۰/۰۸۳	۰/۰۰۴	۰/۸۱۴	۰/۳۷	۰/۱۹۴	۰/۲۹۲	۰/۸۱۵	۰/۱۱۹
TH	۰/۸۵۹	۰/۸۴۶	-۰/۰۲۵	۰/۱۰۶	۰/۱۶	۰/۷۰۵	۰/۹۳۱	۰/۸۶۸	۰/۷۰۷	۰/۷۲۸	۰/۴۹۶
SAR	۰/۸۶۵	۰/۸۴۸	۰/۱۱۲	۰/۱۰۷	۰/۰۵۱	۰/۹۶۳	۰/۵۳۵	۰/۴۴۶	۰/۴۸۲	۰/۹۷۳	۰/۲۸۷

با توجه به اینکه pH جزء ویژگی‌های فیزیکی آب می‌باشد، لذا ارتباط معنی‌داری با متغیرهای شیمیایی آب ندارد که این مسئله به‌وضوح در جدول ماتریس همبستگی قابل مشاهده است. از جدول ۳ می‌توان به نتایج زیر پی برد:

۱- رابطه هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول بر روی سختی کل تقریباً یکسان است.

۲- سولفات و کلسیم به‌عنوان مؤثرترین آنیون و کاتیون بر سختی کل شناخته می‌شوند.

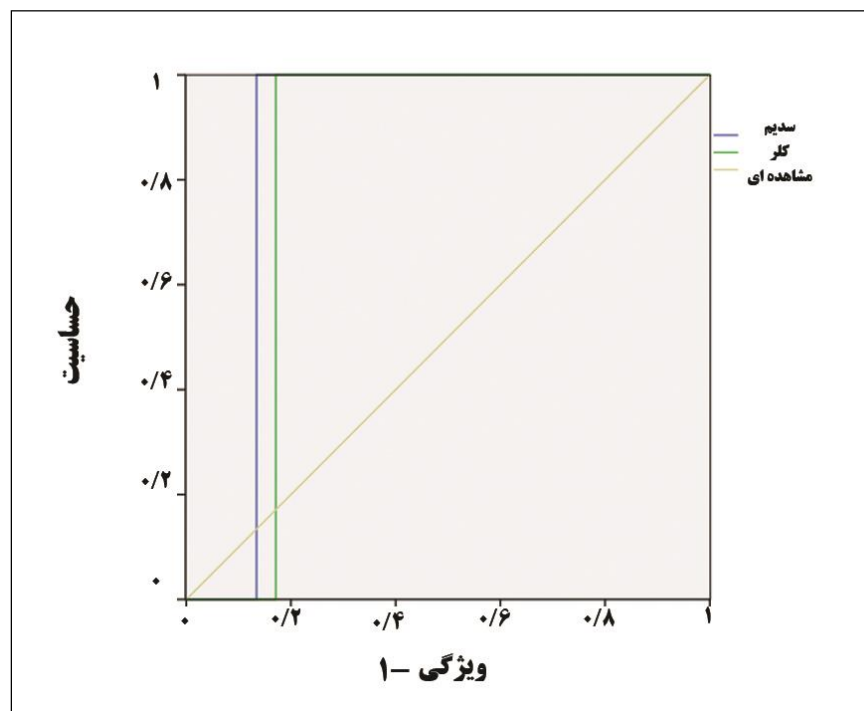
با توجه به نتایج اشاره‌شده در جدول ضرایب همبستگی، از میان کاتیون‌ها، سدیم و از میان آنیون‌ها، کلر به ترتیب به‌عنوان کاتیون و آنیون غالب بیشترین اثر را بر روی TDS دارند. بر این اساس معادلات ۷ و ۸ برای برآورد TDS به دست آمدند:

$$\text{TDS} = 254/1 + 88/2 \text{Na} \quad R^2 = 0/881 \quad p = 0/000 \quad \text{رابطه ۷}$$

$$\text{TDS} = 259/7 + 87/64 \text{Cl} \quad R^2 = 0/862 \quad p = 0/000 \quad \text{رابطه ۸}$$

که در آن‌ها p میزان معنی‌داری آزمون است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، TDS بیشتر متأثر از کاتیون سدیم است. نمودار ROC مربوط به رابطه‌های ۱، ۷ و ۸ در شکل ۱۰ نشان داده شده‌اند.



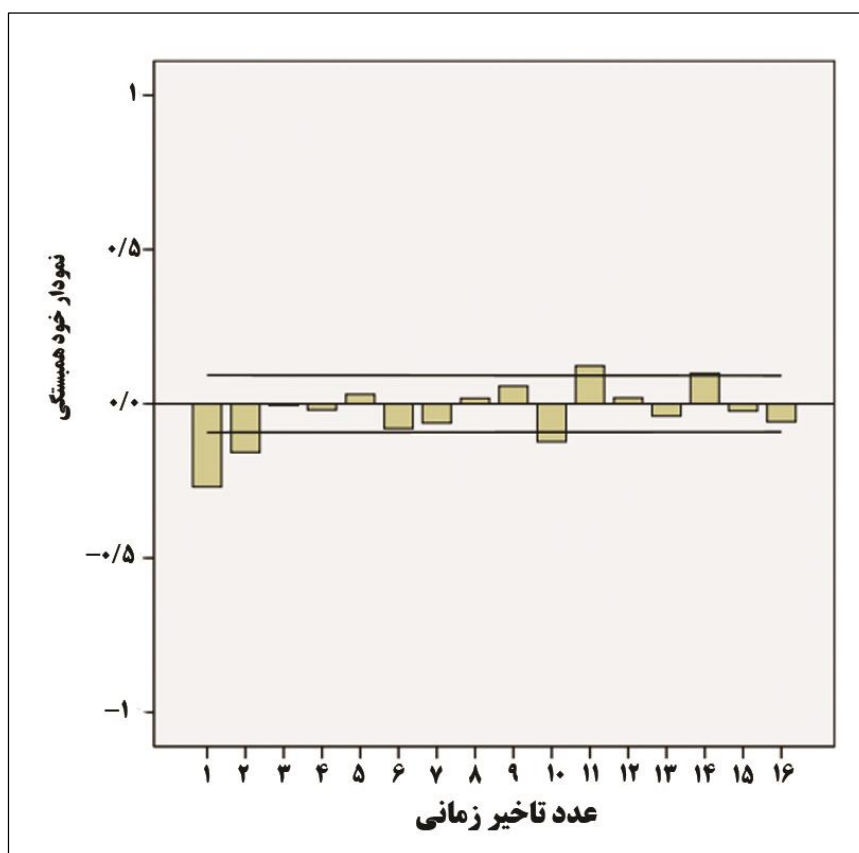
شکل ۷: منحنی ROC معادلات ۷ و ۸.

در نقطه برش ۹۰۰ که با استفاده از آزمون و خطا و در نظر داشتن ضریب همبستگی روابط جدید، به دست آمده است، سطح زیر نمودار و خطای استاندارد منحنی ROC در جدول ۴ ارائه شده‌اند.

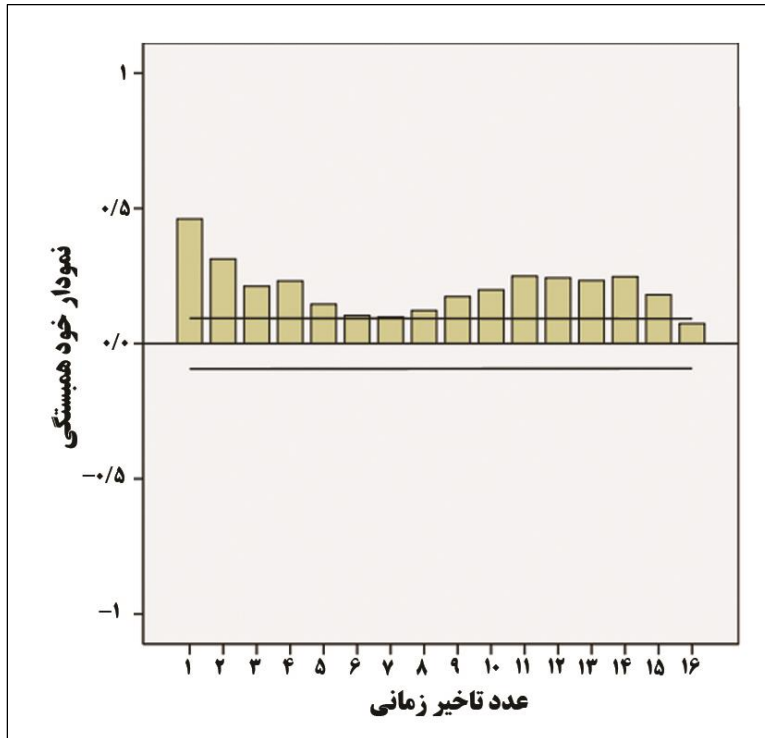
جدول ۴: ویژگی‌های منحنی‌های ROC مربوط به رابطه‌های ۷ و ۸.

نتیجه آزمایش متغیرها	سطح زیر منحنی	خطای استاندارد
رابطه ۷	۰/۸۶۶	۰/۰۱۶
رابطه ۸	۰/۸۲۹	۰/۰۱۸

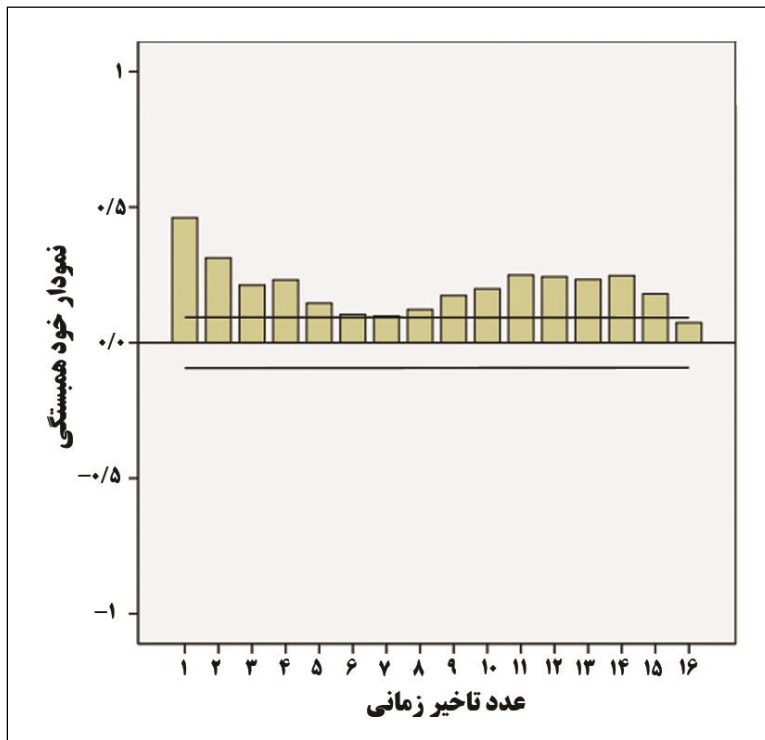
در شکل‌های ۸ تا ۱۰، نمودار خودهمبستگی ACF (Autocorrelation Function) کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی و سختی کل برای بررسی استقلال داده‌ها در بازه زمانی ۴۹ ساله آورده شده‌اند.



شکل ۸: نمودار خودهمبستگی TDS.

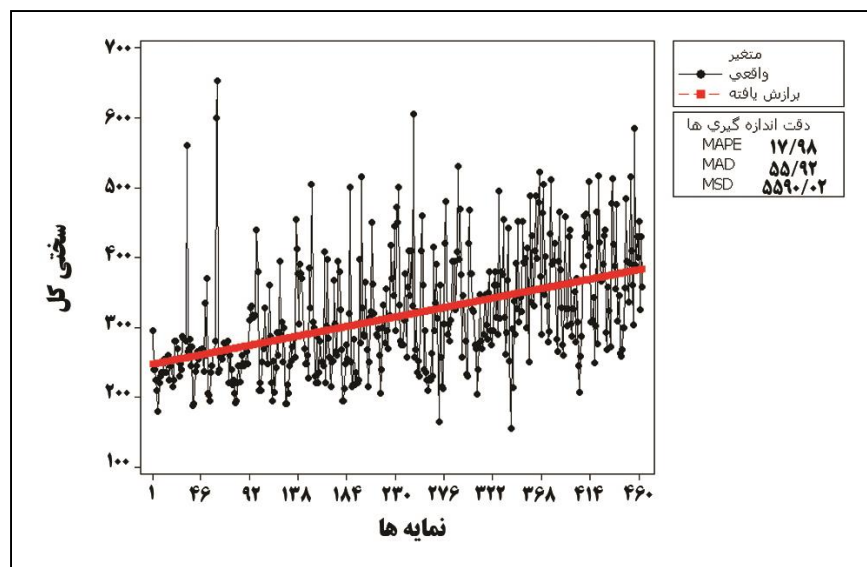


شکل ۹: نمودار خود همبستگی EC.



شکل ۱۰: نمودار خود همبستگی TH.

نمودار روند TDS، هدایت الکتریکی و سختی کل مربوط به بازه زمانی ۴۹ ساله در شکل‌های ۱۱ تا ۱۳، نشان داده شده‌اند. Y_t بیانگر مقدار هریک از متغیرهای اشاره شده است.

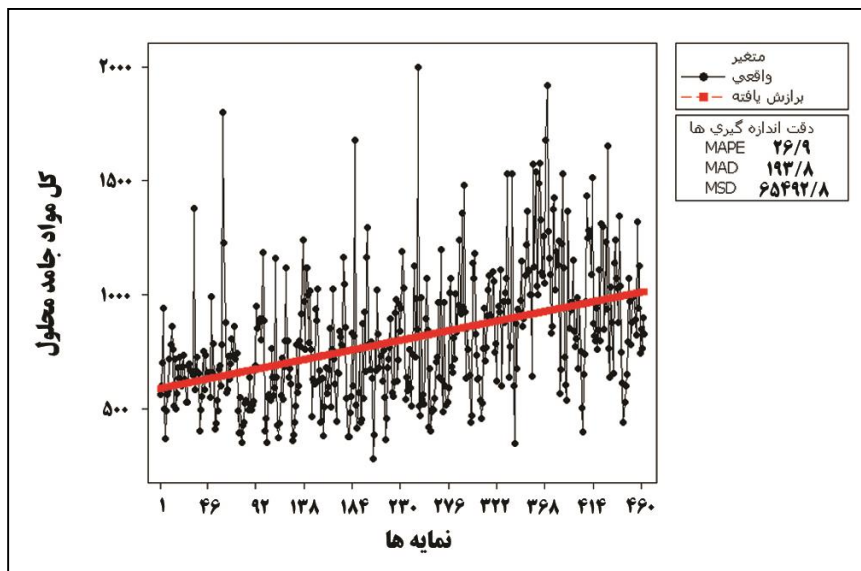


شکل ۱۱: آزمون روند متغیر سختی کل در بازه ۴۹ ساله.

رابطه ۹ معادله رگرسیونی آزمون روند سختی کل است:

$$Y_t = 247/10 + 0/295 \times t$$

رابطه ۹:

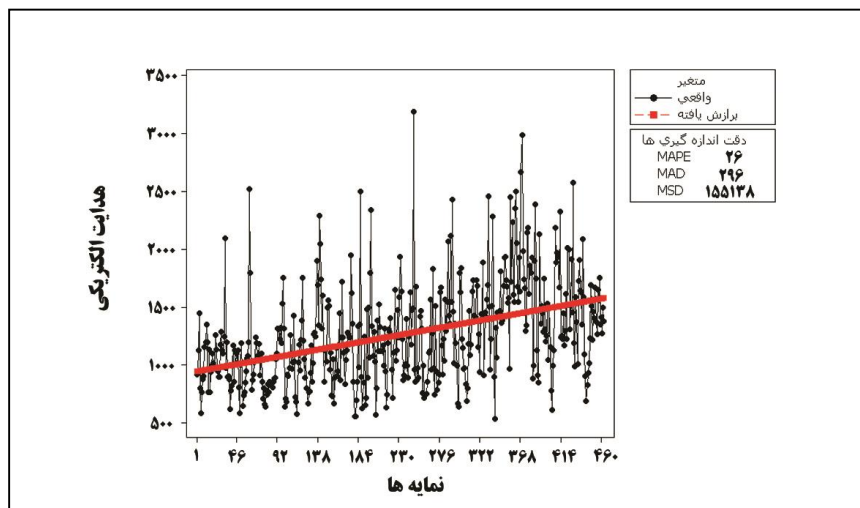


شکل ۱۲: آزمون روند متغیر کل مواد جامد محلول در بازه ۴۹ ساله.

رابطه ۱۰ آزمون روند کل مواد جامد محلول را نشان می‌دهد:

$$Y_t = 588/4 + 0/921 \times t$$

رابطه ۱۰:



شکل ۱۳: آزمون روند متغیر هدایت الکتریکی در بازه ۴۹ ساله.

رابطه رگرسیونی آزمون روند هدایت الکتریکی به صورت معادله ۱۱ است:

$$Y_t = 964/10 + 1/37 \times t$$

رابطه ۱۱:

در روابط فوق، t بیانگر زمان است.

بر اساس آزمون Anova یک طرفه، ارتباط معنی داری بین TDS و کاتیون کلسیم وجود دارد ($p=0/000$). ولی رابطه خطی بین آن‌ها ضریب همبستگی $0/502$ را به دست می‌دهد که مناسب نیست. منحنی‌های رگرسیونی درجه ۲ و ۳ نیز از لحاظ ضریب همبستگی تفاوت چندانی با رابطه خطی ندارند. در کتب و مراجع کیفیت آب، فقط بین TDS و EC رابطه همبستگی آمده است که با کمک آن می‌توان مقدار TDS را از روی مقدار EC قرائت کرد.

از آنجا که بر اساس جدول ۴، TH با TDS و EC، همبستگی قوی دارد، روابط ۱۲ و ۱۳ برای محاسبه TH به دست آمدند:

$$TH = 109/1 + 0/1633 EC$$

$$R^2 = 0/704$$

رابطه ۱۲:

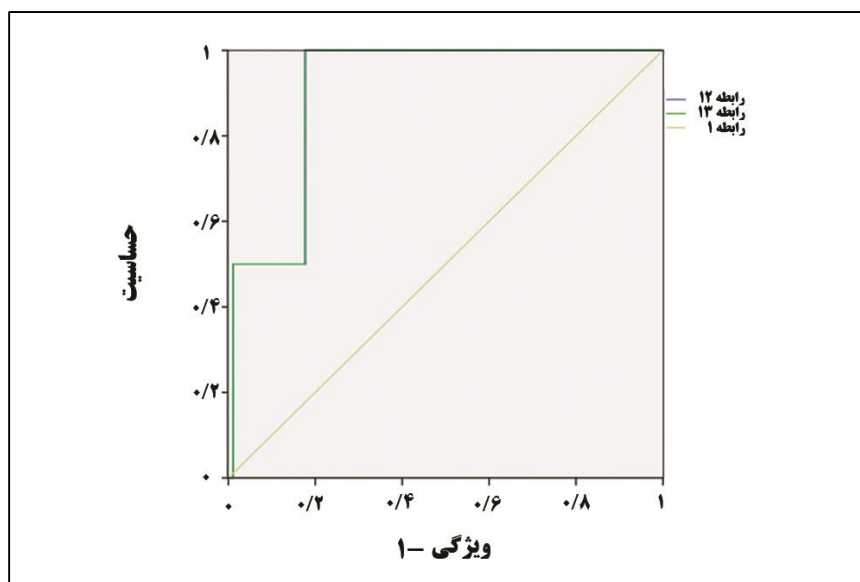
رابطه خطی ۱۳ بر اساس رگرسیون چندگانه حاصل شد:

$$TH = 0/23 TDS + 0/094 EC$$

$$p = 0/001$$

رابطه ۱۳:

نمودار ROC مربوط به روابط ۱، ۱۲ و ۱۳ در شکل ۱۴ نشان داده شده است.



شکل ۱۴: منحنی ROC رابطه‌های ۱۲ و ۱۳.

در نقطه برش ۰٫۷۰۰، سطح زیر نمودار و خطای استاندارد منحنی ROC مربوط به رابطه‌های ۱۲ و ۱۳ در جدول ۵ ارائه شده‌اند.

جدول ۵: ویژگی‌های منحنی‌های ROC مربوط به رابطه‌های ۱۲ و ۱۳.

نتیجه آزمایش متغیرها	سطح زیر منحنی	خطای استاندارد
رابطه ۱۲	۰/۹۰۶	۰/۰۱۴
رابطه ۱۳	۰/۹۰۷	۰/۰۱۶

با استفاده از روش رگرسیونی رابطه ۱۴ برای محاسبه EC به دست آمد که ضریب همبستگی حاصل، نشانگر دقت بالای رابطه می‌باشد.

$$EC = 40.8/4 + 137/9Na \quad R^2 = 0.919 \quad \text{رابطه ۱۴:}$$

با محاسبه شاخص کیفی Kelly، مقدار متوسط آن ۰/۹۸ به دست آمد. بر این اساس کیفیت آب در مرز مطلوب و نامطلوب می‌باشد. نسبت خطر منیزی ۱۷/۸۲ درصد تعیین گردید. بنابراین آب دارای کیفیت مناسبی می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

TDS و EC در ایستگاه ملاثانی همبستگی مناسبی دارند. J. Idiata David و Iyasele (۲۰۱۵) به نتیجه مشابه دست یافتند و ضریب ثابت در رابطه TDS و EC را برابر ۰/۹ گزارش کردند. متوسط کل مواد جامد محلول رودخانه کارون در ملاثانی نزدیک به مقدار حداکثر مطلوب استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ بوده است. بنابراین افزایش بازدهی تصفیه‌خانه‌های شهر اهواز برای تأمین آب شرب مردم ضروری است. pH آب در

حد مطلوب بوده است و مقدار آن از حد مجاز فراتر نرفته است. Qishlaqi و همکاران (۲۰۱۸) دامنه تغییرات pH آب رودخانه تیره را بین ۷/۲۸ تا ۸/۲۵ به دست آوردند. روند یابی سختی کل، هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول بیانگر افزایش مقدار آن‌ها در طول دوره آماری است. پس می‌توان گفت که کیفیت آب رودخانه کارون در ملاثانی در حال افت می‌باشد. به همین دلیل، کشاورزی زمین‌های اطراف را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سلیمانی ساردو و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که در رودخانه چمنجیر خرم‌آباد، متغیرهای هدایت الکتریکی، سختی کل و کل مواد جامد محلول دارای روند صعودی و معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشند. شکری و همکاران (۱۳۹۳) در رودخانه گرگر نشان دادند که هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول دارای روند صعودی و معنی‌دار بوده‌اند. مقدار متوسط هدایت الکتریکی آب رودخانه کارون در ملاثانی از مقدار مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی بیشتر بوده است که دلیل آن قرارگیری سازند زمین‌شناسی گچساران در بالادست رودخانه کارون به خصوص در محدوده سدهای گنوندعلیا و شهید عباسپور است. ترابی پوده و همه زاده (۱۳۹۷) در بررسی کیفیت شیمیایی آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی در حوزه کشکان مقدار متوسط هدایت الکتریکی را ۵۷۶/۴۹ میکروموس بر سانتی‌متر گزارش کردند. بی‌کربنات و کربنات دارای ضریب همبستگی بسیار ضعیفی با Na% می‌باشند. مشابه درصد جذب سدیم، کلر و سدیم آنیون و کاتیون غالب بر نسبت جذب سدیم می‌باشند. Jothivenkatachalam و همکاران (۲۰۱۰) رابطه خطی بین سختی کل و هدایت الکتریکی برقرار کردند ولی ضریب همبستگی به دست آمده بیشتر از نتیجه به دست آمده در مقاله حاضر است. همچنین متوسط TDS، ۱۴۶۱/۴۳ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد که نسبت به متوسط این متغیر در رودخانه کارون، ۵۴ درصد بیشتر است. توسط Jothivenkatachalam و همکاران (۲۰۱۰) مشابه نتیجه به دست آمده در رودخانه کارون، کاتیون کلسیم به عنوان یکی از کاتیون‌های غالب بر TDS، با ضریب همبستگی ۰/۸ معرفی گردید. Ramakrishniah و همکاران (۲۰۰۹) بین کل مواد جامد محلول و برخی آنیون‌ها و کاتیون‌های آب رابطه خطی برقرار کردند. ولی ضریب همبستگی ارائه نمودند. مشابه با نتایج تحقیق Ebadati و Hooshmandzadeh (۲۰۱۴) در رودخانه کارون نیز کاتیون و آنیون مؤثر بر TDS به ترتیب سدیم و کلر هستند. نوحه‌گر (۱۳۹۰) روابط همبستگی خطی با ضریب ۰/۹۳ بین EC و Na، ۰/۸۹ بین EC و Cl و ضریب ۰/۸۹ بین EC و Mg ارائه کرد. متوسط مقدار سدیم در رودخانه کارون ۱۴۳/۸ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که یکی از دلایل آن قرارگیری قسمتی از رودخانه کارون بر روی سازند نمکی گچساران است. فریور و همکاران (۱۳۹۳)، متوسط مقدار سدیم در رودخانه درکه در شمال تهران را ۳/۹ میلی‌گرم در لیتر گزارش نمودند. Usharani و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که علاوه بر کلر و سدیم، پتاسیم هم جزء کاتیون‌های غالب بر TDS می‌باشد. Gupta و همکاران (۲۰۱۳) مشخص کردند که همبستگی بین TDS و EC ضعیف، کوچک‌تر از ۰/۷ بوده است و هیچ از کاتیون‌ها بر روی TDS مؤثر نمی‌باشند. این نتیجه برخلاف یافته مقاله حاضر در مورد رودخانه کارون است. بر اساس نسبت Kelly، کیفیت آب رودخانه کارون در ایستگاه ملاثانی، در حد مطلوب بوده ولی در مرز هشدار و نامطلوب شدن است. دامنه تغییرات نسبت Kelly توسط Khanna و Kanwar (۲۰۱۴) بین ۰/۴۱ تا ۶/۵۸ به دست آمد که متوسط آن خیلی بیشتر از رودخانه کارون است. Dhembare (۲۰۱۲) حداقل و حداکثر این نسبت را بین ۰/۲۶ تا ۰/۷۵ به دست آمده آورد که در مقایسه با رودخانه کارون کم‌تر است. نسبت خطر منیزی شدن در آب رودخانه کارون با توجه به نتیجه به دست آمده در حد مطلوب بوده و کیفیت آب مناسب ارزیابی می‌شود. Rawat و همکاران (۲۰۱۸) دامنه تغییرات خطر منیزی شدن را بین ۴۲/۰۱ تا ۴۳/۰۳ درصد گزارش کردند. Al-Dabbas و همکاران (۲۰۱۸) دامنه تغییرات خطر منیزی شدن در رودخانه Gharraf در عراق را بین ۴۵/۱ تا ۴۸/۶ درصد به دست آوردند. pH رودخانه کارون در محدوده ملاثانی با متوسط ۷/۹۷ همانند اکثر رودخانه‌های ایران و جهان دارای خاصیت بازی اندکی است. یوسفی و همکاران (۱۳۹۵) متوسط pH منابع آب سطحی حوزه هیو را ۷/۳ بیان کردند. با استفاده از نمودارهای ACF می‌توان پی برد که گام‌های زمانی گوناگون داده‌ها مستقل می‌باشند. سلیمانی ساردو و همکاران (۱۳۹۲) در رودخانه چمنجیر خرم‌آباد نیز به نتیجه مشابه دست یافتند. با توجه به جدول ۵، می‌توان گفت که در نظر گرفتن و یا عدم دخالت متغیر کل مواد جامد محلول، تأثیری در روند محاسبه سختی کل نخواهد داشت. بنابراین با اندازه‌گیری TDS می‌توان سختی کل آب رودخانه را به دست آورد. سطح زیر منحنی‌های به دست آمده در جدول ۴ بر اساس طبقه‌بندی ارائه شده توسط صفری و براتلو (۱۳۹۵) "خوب" ارزیابی می‌شوند. همچنین سطح زیر منحنی‌های جدول ۵، "عالی" طبقه‌بندی می‌گردند. پس می‌توان از

روابط جدید ارائه شده در این مقاله برای محاسبه متغیرهای کیفی آب استفاده نمود. مطابق با استانداردهای ملی ایران و سازمان بهداشت جهانی کیفیت آب رودخانه کارون در ملائانی با توجه به اهمیت آن به لحاظ قرارگیری در بالادست شهر اهواز و وجود کشاورزی گسترده با توجه به برخی متغیرها، مناسب و از لحاظ تعدادی دیگر از متغیرها در مرز هشدار و یا نامطلوب شدن است. در نتیجه، می‌بایست پایش‌های دقیق‌تری در آن انجام شود. با رعایت مجموعه‌ای از احتیاط‌ها و ملاحظات می‌توان از آب رودخانه کارون در محدوده ملائانی استفاده کرد. ولی باید توجه داشت که رهاسازی آب سد مخزنی گتوند علیا با توجه به شوری زیاد آن می‌باید در ملائانی به صورت مداوم و دقیق اندازه‌گیری شود تا در صورت افزایش مقدار متغیرهای کیفی مورد اشاره در این مقاله، به کشاورزی منطقه آسیب وارد نشده و مزه آب برای ساکنین شهر اهواز نامطلوب نگردد. برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود از روش شبکه عصبی مصنوعی، تحلیل خوشه‌ای و منطق فازی استفاده شود. زیرا در مطالعات و پژوهش‌های انجام شده در سایر رشته‌های مهندسی، بالا بودن دقت آن‌ها نتیجه‌گیری شده است. همچنین با توجه به دمای بالا در بیشتر اوقات سال در استان خوزستان، اثرات دما بر روی هدایت الکتریکی بررسی گردد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر از نتایج طرح تحقیقاتی مصوب و مورد حمایت مالی معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر است که بدین وسیله از آن‌ها قدردانی و تشکر می‌شود.

منابع

- استاندارد ملی ایران (۱۰۵۳)، ۱۳۹۲. آب آشامیدنی - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، تجدیدنظر پنجم. سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- ترابی بوده، ح. و همه زاده، پ.، ۱۳۹۷. بررسی کیفیت شیمیایی آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی در حوضه کشکان. مجله علمی و پژوهشی اکو هیدرولوژی، دوره ۵، شماره ۱، صفحات ۳۶-۲۳.
- سلیمانی ساردو، م.، ولی، ع. ع.، قضاوی، ر. و سعیدی گراغانی، ح. ر.، ۱۳۹۲. آنالیز و روند یابی پارامترهای کیفیت شیمیایی آب؛ مطالعه موردی رودخانه چم انجیر خرم‌آباد. فصلنامه علمی و پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، شماره ۱۲، سال سوم، صفحات ۱۰۶-۹۵.
- شکری، س.، هوشمند، ع. و معاضد، ه.، ۱۳۹۳. بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه گرگر به وسیله روش‌های گرافیکی و تحلیل آماری چند متغیره. مجله علمی و پژوهشی تالاب، جلد ۶ شماره ۲، صفحات ۳۳-۱۹.
- رجایی، ق.، مهدی نژاد، م. ه. و حصاری مطلق، س.، ۱۳۹۰. بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن در سال ۱۳۸۹-۱۳۸۸، مجله تحقیقات نظام سلامت، سال هفتم، شماره ششم، ویژه‌نامه بهداشت، صفحات ۷۴۵-۷۳۳.
- رادمنش، ف. و سالاری، م.، ۱۳۸۹. تعیین مدل رگرسیونی مناسب بین غلظت کل املاح، آبدهی و هدایت الکتریکی رودخانه دز در برابر سری‌های زمانی مختلف، همایش ملی آب با رویکرد آب پاک، دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور، ۱۰ ص.
- صفری، س. و براتلو، ع.، ۱۳۹۵. قسمت پنجم: ویژگی عملکردی تست و سطح زیر منحنی راک، مجله طب اورژانس ایران، دوره ۳، شماره ۳، صفحات ۱۲۱-۱۱۹.
- عرفانی فرد، س. ی.، ۱۳۹۳. کاربرد منحنی ROC در ارزیابی روش‌های طبقه‌بندی پیکسل-پایه روی تصاویر هوایی UtlarCam-D برای تفکیک تاج درختان در توده‌های خالص بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس، فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۲۲، شماره ۴، صفحات ۶۴۹-۶۶۳.
- سپیدی، م. حیدریان میری، ح. و رجایی فرد، ع.، ۱۳۸۹. کاربرد و تفسیر منحنی خاص محرک گیرنده در پژوهش‌های پزشکی، فصلنامه علمی دانشجویی جنتاشاپور، دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۴۳-۳۸.
- فریور، ف.، موسوی ندوشن، ر.، دولتشاهی، ف. و ساداتی پور، س. م. ت.، ۱۳۹۳. کیفیت آب رودخانه درکه با تأکید بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، سال نهم، شماره سوم، صفحات ۶۱-۵۱.

نوری، ر.، وصالی ناصح، م. ر. و اکبرزاده، ع.، ۱۳۹۵. بررسی تغییرات فصلی کیفیت آب رودخانه کارون با استفاده از تحلیل‌های مؤلفه و فاکتور اصلی، مجله پژوهش‌های محیط‌زیست، سال هفتم، شماره ۱۴، صفحات ۸۰-۷۱.

نوحه‌گر، ا.، ۱۳۹۰. بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب‌های سطحی در رودخانه میناب، مجله پژوهش‌های دانش زمین، سال دوم، شماره ۷، صفحات ۱۶-۱. یوسفی، ح.، محمدی، ع.، نوراللهی، ی. و ساداتی نژاد، س. ج.، ۱۳۹۵. ارزیابی کیفی منابع آب‌های سطحی حوضه هیو، مجله علمی و پژوهشی آکو هیدرولوژی، دوره ۳، شماره ۲، صفحات ۱۴۹-۱۴۱.

Afkhami, M., Shariat, M., Jaafarzadeh, N., Ghadiri, H. and Nabizadeh, R., 2007. Developing a water quality management model for karun and dez rivers, iran. J. enviorn. health. eng, 4(2): 99-106.

Alanbari, M. A., Alqizweeni, S. S., Abdalwahed, R. A., 2017. Assessing of Water Quality of Al-Kufa River for Drinking Water using WQI and GIS, International Journal of Current Engineering and Technology, 7(4): 1566-1571.

Ali, Y., Lokesh, R. S., Kumar, S., 2017. Analysis of Water Quality of River Ganga from Digha Ghat to Gai Ghat in Patna District, Bihar, India, Int. J. Life. Sci. Scienti. Res, 3(5): 1350-1354.

Al-Dabbas, M. A., Ayser, M., Al-Shamma'a, A. M. and Al-Mutawki, K. G., 2018. Evaluation of Gharraf River Water for different Uses, South Iraq. Iraqi Journal of Science. 59 (3C):1697-1709.

Al-Mukhtar, M. and Al-Yaseen, F., 2019. Modeling Water Quality Parameters Using Data-Driven Models, a Case Study Abu-Ziriq Marsh in South of Iraq. J of hydrology Mdpi. 1-17.

Dhembare, A. J., 2012. Assessment of Water Quality Indices for Irrigation of Dynaneshwar Dam Water, Ahmednagar, Maharashtra, India, Archives of Applied Science Research, 4: 348-352.

Ebadati, N., Hooshmandzadeh, M., 2014. A comparison of the correlation matrix and man-kendal correlation statistical methods for analyzing the qualitative parameters of dez river water, magnt research report. 2: 986-1001.

Ehteshami, M., Biglarijoo, N. and Salari, M., 2014. Assessment and Quality Classification of Water in Karun, Dez and Karkheh Rivers, journal of river engineering, 2(8):1-7.

Gopal, V., Joseph, S., 2015. Irrigational quality of Vamanapuram River, Kerala, India, International Journal of Scientific & Engineering Research, 6(10): 803-811.

Griffin, B. A., Jurinak, J. J., 1973. Estimation of Activity Coefficients From the Electrical Conductivity of Natural Aquatic Systems and Soil Extracts, Soil Science. 116(1): 26-30.

Gupta, N., Yadav. K. K., Kumar, V. and Singh, D., 2013. Assessment of Physicochemical Properties of Yamuna River in Agra City, International Journal of ChemTech Research, 5(1): 528-531.

Gungor, A., Arsalan, H., 2016. Assment of Water Quality in Drainage Canals of Carsamba Plain, Turkey, Through Water Quality Indexes and Graphical Methods, Global Nest Journal, 18(1):67-78.

Hassan, T., Parveen, S., Bhat, B. N. and Ahmad, U., 2017. Seasonal Variations in Water Quality Parameters of River Yamuna, India, Int.J. Curr. Microbiol. App. Sci, 6(5): 694-712.

Iyasele, J. U., David, J. and Idiata, D. J., 2015. Investigation of the Relationship between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids for Mono-Valent, Di-Valent and TriValent Metal Compounds, International Journal of Engineering Research and Reviews, 3(1): 40-48.

Jothivenkatachalam, K., Nithya, A. and Chandra Mohan, S., 2010. Correlation Analysis of Drinking Water Quality in and Around Perur Block of Comibatore District, Tamil Nadu, India, 3(4): 649-654

Rawlings, J. O., Pantula, S. G. and Dickey, D. A., 1998. Applied regression analysis: a Research Tool, second edition, springer texts in statistics, 671pages.

Kanwar, P. and Khanna, P., 2014. appraisal of groundwater quality for irrigation in outer plains of kathuadistrict, J&K, India. Int.J of Geology, Earth & Environmental Sciences, pp74-80.

Kewan, J. N. S., 2015. Estimation of Multivariate Multiple Linear Regression Models and Applications, Thesis for Master Mathematics, National University, Nablus, Palestine, 168pages

Magadum, A., Patel, T. and Gavali, D., 2017. Assessment of Physicochemical parameters and Water Quality Index of Vishwamitri River, Gujarat, India, International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology, 2(4): 1505-1510.

Mohsenifar, K., Tabatabaei, S. H. and Panahpour, E., 2010. Simulation of a River Water Quality by ANN (Case Study of Zayandehroud River; Lenj Station) and Effect of Salinity in this region agriculture, *International journal of Agronomy and Plant Production*.1(1): 24-29.

Niroobakhsh, M., Musavi-Jahromi, S. H., Manshouri, M. and Sedghi, H., 2012. Prediction of water quality parameter in Jajrood River basin: Application of multi layer perceptron (MLP) perceptron and radial basis function networks of artificial neural networks (ANNs), *African Journal of Agricultural Research*. 7(29):4131-4139

Omotayo, A. E., Eboreime, P. I., Aina, A. T., Simeon, O. M., 2017. Changes in the Physicochemical and Microbial Quality of Wastewater from a Wastewater Treatment Plant, *Ife Journal of Science*, 19(2): 237-245.

Othman, F. and Alla Eldin, M. E., 2012. Assessment of the Klang River Quality Using the Water Quality Indices, *Scientific.net, Advanced Materials Research*. 599: 237-240.

Qishlaqi, A., Kordian, S. and Parsaie, A., 2018. Hydrochemical evaluation of river water quality-a case study. *Appl Water Sci*. 7: 2337-2342.

Ramakrishniah, C. R., Sadashivaiah, C., Ranganna, G., 2009. Assessment of Water Quality Index for the Groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India, <http://www.e-journals.net>, Coden Ecjha0. *E-Journal of Chemistry*. pp 523-530.

Rawlings, J. O., Pantula, S. G. and Dickey, D. A., 1998. *Applied Regression Analysis: A Research Tool*, Second Edition, Springer publication, 671pages.

Rawat, K. S., Singh, S. K., Gautam, S. K., 2018. Assessment of groundwater quality for irrigation use: a peninsular case study. *Applied Water Science*. 8:233. pp1-24.

Rencher, A. C., 2002. *Methods of multivariate analysis*, a John Wiley & Sons, Inc. publication, Second Edition, 727pages.

Sarani, A., Soltani, J., Sarani, S. and Moasheri, A., 2012. Comparison of Artificial Neural Network and Multivariate Linear Regression Model to Predict Sodium adsorption ratio (SAR) (Case Study: Sistan River, Iran), *International Journal of Biological, Ecological and Environmental Sciences* 1(2): 29-34

Singh, S. K., Kanth, M. K., Kumar, D., Raj, R., Kashyap, A., Jha, P. K., Anand, A., Puja, K., Kumari, S., Ali, Y., Lokesh, R. S. and Kumar, S., 2017. Analysis of Water Quality of River Ganga from Digha Ghat to Gai Ghat in Patna District, Bihar, India, *Int. J. Life. Sci. Scienti. Res*. 3(5):1350-1354.

Siosemarde, M., Kave, F., Pazira, E., Sedghi, S. and Ghaderi, S. J., 2010. Determine of Constant Coefficients to Relate Total Dissolved Solids to Electrical Conductivity, *World Academy of Science, Eng and Tec International Journal of Geological and Environmental Engineering*, 4(10): 457-459

Shumaker, R., 2017. "Perceptions of Drinking Water Quality in Southwestern Bangladesh", Thesis Submitted to the Faculty of the Graduate School of Vanderbilt University In partial fulfillment of the requirements For the degree of master of science, 54pages.

Srinivasa, R., 2013. Assessment of groundwater quality for irrigation of Bhaskar Rao Kunta watershed, Nalgonda District, India, *Int. J. Water Res. Environ. Eng*. 5(7): 418-425

Thirumalini, S. and Joseph, K., 2009. Correlation between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids in Natural Waters, *Malaysian Journal of Science*, 28(1): 55-61.

Togue, F. K., Kuate, G. L. O. and Oben, L. M., 2017. Physico-Chemical characterization of the surface water of Nkam River using the Principal Component Analysis, *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8(6): 1910-1920.

Tomar, P., Malik, D. S. and Bharti, P. K., 2016. Spatial and temporal variation in water quality of Kali River in Uttar Pradesh, India, *International Research Journal of Environmental Sciences and Studies*, 1(2): 24-42.

Uqab, B., Singh, A. and Mudasir, S., 2017. Impact of sewage on physico-chemical water quality of Tawi River in Jammu city, *Environ Risk Assess Remediat Journal*, 1(2): 56-61.

Usharani, K., Umarani, K., Ayyasam, P. M., Shanthi, K. and Lakshmanaperumalsamy, P., 2010. Physico-Chemical and Bacteriological Characteristics of Noyyal River and Ground Water Quality of Perur, India. *J. Appl. Sci. Environ. Manage*. 14(2):29 – 35.