

بررسی همبستگی آبدهی و هدایت الکتریکی آب رودهای حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی بختگان با کاربرد دو روش پیرسون و کندال

محمد حسین حجتی^{۱*}، فردین بوستانی^۲، و جواد ابوالوردی^۳

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۸۸/۶/۱۸

چکیده

در این پژوهش، داده‌های موجود آبدهی و هدایت الکتریکی (EC) آب‌های سطحی ۴۶ ایستگاه آب‌سنجی رودهای حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی بختگان جمع‌آوری شده و پس از بررسی و صحت داده‌ها، همبستگی بین آبدهی و EC با کاربرد دو روش پیرسون و کندال مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج در بیش‌تر ایستگاه‌ها برای هر دو روش روند یکسانی را نشان می‌دهند. روش مناسب برای هر ایستگاه بر اساس ضریب همبستگی بالاتر تعیین شده است. در ایستگاه‌هایی که نتایج دو روش متفاوت بوده، روش بهتر بر اساس ضریب همبستگی بالاتر انتخاب و در ایستگاه‌هایی که ضریب همبستگی نزدیک به هم بوده، در صورت وجود داده‌های پرت، روش کندال پیشنهاد شده است. در پایان برای پنج ایستگاه که ضریب همبستگی بالا و معکوس بین بده و EC وجود داشته، معادله‌ی مورد نظر تهیه شده است که روابط مربوط همگی از لحاظ آماری معنی‌دار بوده‌اند. ایستگاه‌های شور خارستان - جمال‌بیگ از سرشاخه‌های رود کر و سیوند - پل‌خان، سیوند - دشت‌بال، سیوند - عمادآباد و چشمه بنو - مشهد مرغاب در حوضه‌ی آبخیز رود سیوند دارای رابطه‌ی آماری قوی بودند.

واژه‌های کلیدی: آبدهی، هدایت الکتریکی، ضریب همبستگی، پیرسون، کندال، حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی بختگان.

^۱ - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی استهبان.

^۲ - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس.

^۳ - کارشناس مهندسی مشاور آب پژوهان فارس.

*- نویسنده‌ی مسوول مقاله: m_hojati@iauestahban.ac.ir

پیشگفتار

یکی از مؤلفه‌های مهم در کاربرد آب‌های سطحی و زیرزمینی کیفیت آن‌هاست. کیفیت آب‌های سطحی و نیز بسیاری از اجزای محلول آن‌ها به گونه‌ی معکوس با بده بستگی دارند. تغییرات مشهود ناسازگار ممکن است بازتاب تغییرات الگوی آب و هوایی باشند. ممکن است افزایش بارندگی و در نتیجه، افزایش بده اجزای محلول را رقیق کرده و در نتیجه غلظت کاهش یابد. کاهش بارندگی باعث کاهش بار کل شسته شده بر روی سطح زمین و در نتیجه، مقادیر اجزای کل کم‌تر می‌شود، ولی به گونه‌ی معکوس با بده پایه افزایش می‌یابد (سازمان زمین‌شناسی آمریکا، ۲۰۰۲). کیفیت آب در رودها و نهرها با کنش و واکنش آب با خاک، مواد حمل شده (آلی و معدنی)، سنگ‌ها، آب زیرزمینی و اتمسفر ارتباط دارد. هم‌چنین، ممکن است به گونه‌ای معنی‌دار بر اثر فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی، معدنی، استخراج کارمایه‌ی سنگواره‌ای، شهرنشینی و دیگر فعالیت‌های بشری و یا به‌وسیله‌ی منابع جوی تحت تأثیر قرار گیرد.

در بررسی کیفیت آب متغیرهای زیادی وجود دارند که انتخاب آن‌ها با هدف مورد نظر و عوامل اقتصادی بستگی دارد. این موضوع پیچیده‌ای است چه، عوامل بالقوه‌ی شیمیایی، فیزیکی و منابع زیستی زیادی وجود دارند که می‌تواند برای یک ناحیه مهم باشند. این موارد شامل متغیرهای پایه و اضافی هستند. متغیرهای پایه فلزات و عناصر کمیاب (آرسنیک و روی)، نوتوریت‌ها (نیترات و ارتوفسفاتها)، اجزای اصلی سازنده و مواد محلول (کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، سولفات، کربنات‌ها و کل مواد جامد)، دما، pH و ترکیبات آلی مهم محیطی (آترازین، اسید فنیک) را شامل می‌شوند. متغیرهای اضافی مانند باریوم و فلوئور برای سلامتی مهم بوده و برخی دیگر در کشاورزی کاربرد دارند.

تغییرات کیفیت آب در رودها به وسیله‌ی پژوهشگران زیادی مورد بررسی قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به کارهای می‌بک در فرانسه (۲۰۰۲)، آستل و همکاران در بلغارستان (۲۰۰۷)، سیمینوف در شمال یونان (۲۰۰۳)، داو در کانادا (۲۰۰۶)، استابل فیلد و همکاران در آمریکا (۲۰۰۷)، چانگ در کره جنوبی

(۲۰۰۵)، کروسا در آسیای مرکزی در رودخانه‌ی آمودریا (۲۰۰۶)، کانل و همکاران در نپال (۲۰۰۷)، کای و همکاران در بریتانیا (۲۰۰۵)، بوزا دیانو و همکاران (۲۰۰۸) در اسپانیا، فرییر و همکاران (۲۰۰۱) در اسکاتلند و چانگ (۲۰۰۸) در کره‌ی جنوبی اشاره کرد.

هم‌چنین در موارد گوناگونی رابطه‌ی بده و کیفیت مورد بررسی قرار گرفته است: گرام و همکاران (۱۹۹۷) و ورویر و همکاران (۱۹۹۹) از تجزیه و تحلیل همبستگی برای ارزیابی رابطه‌ی بین متغیرهای کیفی آب استفاده کرده‌اند. آلبک و همکاران (۲۰۰۶) رابطه‌ی بین بده و متغیرهای کیفی را با استفاده از روش کندال مورد ارزیابی قرار دادند. درام (۱۹۵۳) رابطه‌ی بین بده و اجزای محلول را بدست آورد. روابط بین بده و کیفیت آب‌های سطحی به وسیله‌ی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (۲۰۰۶) بررسی شده است. میلر و هیپرست (۱۹۹۸) با استفاده از آمار کیفیت شیمیایی در یک دوره‌ی ۵ ساله در حوضه‌ای در اسکاتلند، تغییرات سالانه‌ی مقدار و غلظت و هم‌چنین تغییرات کیفیت آب نهرها را به‌دلیل تغییر بده بررسی کردند.

یک رابطه‌ی قوی بین شیمی آب و بده در مقیاس‌های زمانی و مکانی گوناگون برای رودها و نهرها شناسایی شده است (لارسن و همکاران ۱۹۹۹). شبیه‌های زیادی برای بیان ارتباط بین غلظت و بده پیشنهاد شده‌اند که این روابط داده‌هایی را درباره‌ی عوامل کیفیت آب ناشی از بده بدست می‌دهند (ادوارد، ۱۹۷۳؛ آبرن و همکاران، ۱۹۸۰). داده‌های کیفیت آب به مقدار زیادی وابسته به بده هستند که علت آن تأثیرهای پیچیده‌ی تغییرات بده است. هستریچ و همکاران (۱۹۸۲) به‌جای استفاده از خود داده‌ها از باقی‌مانده‌ی رابطه بین بده و غلظت برای بررسی روند استفاده کرده و روابط خطی، توانی، لگاریتمی و نمایی را بکار برده و از روش کم‌ترین مربعات برای پایداری این شبیه‌ها استفاده کردند. از جمله کارهایی که در رابطه با کیفیت آب در ایران انجام گرفته نیز می‌توان به پژوهش‌های رزاز (۱۳۸۵) اشاره نمود که کیفیت آب رودهای رزیز و گرگر را با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب بررسی کرد. در پژوهش دیگری نوریان (۱۳۸۶) مشاهده‌های زیست‌محیطی و عوامل

بیش‌ترین میانگین بارندگی سالانه در حوضه‌ی آبخیز مورد مطالعه افزون بر ۸۰۰ میلی‌متر است که مربوط به نواحی شمال‌غربی بوده و کم‌ترین آن حدود ۲۰۰ میلی‌متر در شرق حوضه است. در محدوده‌ی مورد بررسی دی به‌عنوان پرباران‌ترین و خرداد، تیر و مرداد به‌عنوان کم‌باران‌ترین ماه‌های سال است؛ هم‌چنین، زمستان و تابستان به ترتیب پرآب‌ترین و کم‌آب‌ترین فصل‌های سال بوده و اغلب سیلاب‌های منطقه، در آذر تا فروردین رخ می‌دهد. نقش اصلی ایجاد سیلاب منطقه را باران بر عهده دارد، ولی در اسفند و فروردین ذوب برف نیز در بالابردن اندازه‌ی رواناب تأثیرگذار است. شکل ۱ موقعیت ایستگاههای مورد استفاده را روی نقشه نشان می‌دهد (مهندسی مشاور فارساب صنعت، ۱۳۸۷).

به‌گونه‌ی معمول، برای تعیین همبستگی سه روش پیرسون (r)، کندال (K) و اسپرمن (ρ) بکار می‌روند. روش پیرسون پارامتری و دو روش دیگر ناپارامتری هستند. در این پژوهش، روش کندال به‌عنوان یک روش ناپارامتری و روش پیرسون به‌عنوان روش پارامتری مورد استفاده قرار گرفته است.

روش پیرسون

ضریب همبستگی پیرسون (r) نسبت به داده‌های پرت حساس بوده و فرض می‌شود که داده‌ها از توزیع دو فراسنج بهنجار تبعیت کرده و همواره بین ۱ و -۱ متغیرند. معنی‌داری همبستگی با استفاده از آزمون فرضیه بدست می‌آید. معمول‌ترین روش اندازه‌گیری همبستگی روش پیرسون ضریب r است که از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید (هسل و هستریچ، ۲۰۰۲):

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{s_y} \right)$$

که در آن

n: تعداد داده‌ها

S: انحراف معیار داده‌ها

برای آزمون معنی‌داری t_r از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$t_r = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

فیزیکوشیمیایی رودخانه‌ی زاینده‌رود را در پایین‌دست سد بررسی کرد. هم‌چنین، ندافی و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از آمار ماهانه‌ی بده و کیفیت در دو ایستگاه در حوضه‌ی آبخیز رود کارون، رابطه‌ی زمانی بده و کیفیت را با استفاده از وایزی با روش کم‌ترین مربعات و هم‌چنین، با استفاده از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف بهترین تابع توزیع را برای هر یک بدست آوردند. تأثیرات منابع آلاینده‌ی کیفیت آب رود کر به وسیله‌ی رزمخواه و بوستانی (۱۳۸۶) با استفاده از شبیه WASP بررسی شده است. تغییرات فصلی کیفیت آب رود قره‌آقاج به وسیله‌ی کریمی‌حشینی و همکاران (۱۳۸۶) مورد بررسی قرار گرفته است. بختیاری و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از شبکه‌های عصبی به ارزیابی کیفی آب رود کرخه پرداخته‌اند. عابدی کوبایی و همکاران (۱۳۸۶) کیفیت شیمیایی آب زاینده‌رود را از سد تنظیمی زاینده‌رود تا سد انحرافی نکوآباد بررسی کرده‌اند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش رابطه‌ی بده با هدایت الکتریکی و عامل‌های مؤثر بر آن در حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی بختگان که بخش وسیعی از مناطق شرقی، مرکزی، شمالی و شمال‌غربی استان فارس را شامل می‌شود، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این حوضه، در ۴۶ ایستگاه آب‌سنجی، داده‌های کیفیت شیمیایی آب وجود دارند که هم اکنون ۲۰ ایستگاه فعال و ۲۶ ایستگاه آن غیرفعالند.

منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی بختگان، به‌عنوان یکی از حوضه‌های آبخیز مهم مطالعاتی کشور، بخش وسیعی از مناطق شرقی، مرکزی، شمالی و شمال‌غربی استان فارس را تشکیل داده است. این منطقه بین ۴۲° - ۵۱° تا ۳۱° - ۵۴° طول شرقی و ۰۰° - ۲۹° تا ۱۴° - ۳۱° عرض شمالی واقع شده است. وسعت کل این منطقه ۲۳۶۲۱ کیلومتر مربع بوده و رودهای کر و سیوند مهم‌ترین رودهای دائمی آن هستند. این رودها از ارتفاعات شمال و شمال‌غربی حوضه سرچشمه گرفته و پس از تلاقی در پل خان، در نهایت به دریاچه‌ی بختگان منتهی می‌شوند.

که در آن

$$\mu_s = 0$$

$$\sigma_s = \sqrt{\left(\frac{n}{18}\right) * (n-1) * (2n+5)}$$

یک آزمون دوسویه برای ارزیابی رابطه بکار می‌رود فرض H_0 در مقابل H_1 . فرض H_0 بدین معنی است که رابطه ای بین X و Y وجود ندارد، X و Y مستقل بوده، توزیع Y به توزیع X بستگی نداشته و احتمال $Y_i < Y_j$ برای $i < j$ برابر با 0.5 است. فرض H_1 خلاف فرض H_0 است.

فرض صفر در سطح معنی داری α رد می‌شود، در صورتی که $|ZS| > Z_{crit}$ که مقدار توزیع بهنجار معیار با احتمال بزرگتر از $\alpha/2$ باشد.

برای بررسی رابطه‌ی آبدهی و کیفیت شیمیایی آب رودهای حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی بختگان و عامل‌های مؤثر بر آن‌ها، ۴۶ ایستگاه شامل ایستگاههای آب‌سنجی سازمان آب منطقه‌ای انتخاب شدند. از این ایستگاهها هم اکنون ۲۰ ایستگاه فعال و ۲۶ ایستگاه غیرفعال است. در بین ایستگاههای موجود ۳۷ ایستگاه روی رودها، ۴ ایستگاه روی چشمه‌ها، ۴ ایستگاه مربوط به زهکش‌ها و یک ایستگاه مربوط به اندازه‌گیری کیفیت آب دریاچه‌ی کافت‌ر است. با توجه به داده‌های موجود فقط در ۳ ایستگاه (چمریز، دشتبال و پل‌خان-کر) برای کل دوره‌ی شاخص ۴۰ ساله (۱۳۸۵-۱۳۴۵) داده‌های کیفیت آب‌های سطحی موجود بوده و در سایر ایستگاهها طول دوره‌ی آماری کم‌تر از ۴۰ سال بوده است.

طول دوره‌ی آماری ایستگاههای مورد بررسی بین کمینه ۴ سال (ایستگاههای شور و شیرین - جمال‌بیگ و کر - نصرآباد) تا بیشینه ۴۰ سال (ایستگاههای کر-پل‌خان، کر - چمریز و سیوند - دشتبال) بوده و تعداد نمونه‌های کیفی مورد بررسی بین ۱۱ تا ۳۵۱، به ترتیب در ایستگاههای کر - نصرآباد و کر - پل‌خان بوده است. در مجموع داده‌های کیفی ۵۱۴۹ نمونه در این پژوهش مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند.

در صورتی که t_r بزرگ‌تر از t بدست آمده از جدول توزیع t با درجه‌ی آزادی بزرگ‌تر از $n-2$ باشد، فرض صفر رد می‌شود.

روش کندال

روش کندال بر پایه‌ی ردیف کردن داده‌ها (به‌صورت صعودی) است؛ بنابراین، نسبت به تأثیر داده‌های نامعمول مقاوم بوده و برای متغیرهایی که دارای چولگی زیاد هستند، تناسب دارد. ضریب همبستگی در این روش با τ نشان داده می‌شود که τ در مقایسه با ضریب همبستگی r بدست آمده در رگرسیون خطی کوچک‌تر است. آماره‌ی S از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید (هسل و هستریچ، ۲۰۰۲):

$$S = P - M$$

که در آن

M تعداد دفعاتی است که با افزایش X ، Y افزایش

می‌یابد؛

P تعداد دفعاتی است که با افزایش X ، Y کاهش

می‌یابد؛

τ برابر مثبت یک است در صورتی که در تمام حالات با افزایش X ، Y افزایش یابد (P برابر صفر) و τ برابر منفی یک است در صورتی که در تمام حالات با افزایش X ، Y کاهش یابد (M برابر صفر)؛ بنابراین، مقدار τ همیشه بین ۱ و -۱ می‌باشد.

ضریب همبستگی τ کندال از رابطه‌ی زیر بدست

می‌آید:

$$\tau = \frac{S}{n(n-1)/2}$$

برای آزمون معنی‌داری آماره‌ی Z_s از رابطه‌ی زیر

بدست می‌آید

$$\begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & \text{if } S < 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & \text{if } S > 0 \end{cases}$$

نتایج و بحث

داده‌ها و تحلیل مقدماتی

برای بررسی رابطه‌ی آبدهی و هدایت الکتریکی از داده‌های مورد نیاز شامل بده بر حسب متر مکعب بر ثانیه و هدایت الکتریکی (EC) بر حسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر استفاده شده است. در ابتدا خطای آزمایش برای نمونه‌های موجود در کل دوره‌ی آماری هر ایستگاه تعیین شد و تنها نتایج مربوط به نمونه‌هایی که خطای آن‌ها کمتر از ۵ درصد بود، مورد استفاده قرار گرفته اند.

رابطه‌ی بده و هدایت الکتریکی

ضریب همبستگی بدست آمده از رابطه‌ی بده و هدایت الکتریکی با کاربرد دو روش پیرسون و کندال و همچنین، معنی‌داری همبستگی با استفاده از آزمون فرضیه در جدول ۲ ارائه شده اند. برای بدست آوردن بهترین ضریب همبستگی در روش پیرسون، علاوه بر رابطه‌ی بین بده و EC برای خطی کردن رابطه و بهنجارسازی داده‌ها این رابطه برای $1/EC$ ، $EC^{0.5}$ و $\log(EC)$ نیز مورد آزمون قرار گرفته، بهترین ضریب همبستگی بدست آمده، سپس رابطه‌ی بین بده و هدایت الکتریکی (مستقیم و یا معکوس) تعیین شده است. همان گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، به‌جز ایستگاه‌های مایین - بیدکل، شور و شیرین - جمال‌بیگ، چوبخله - چوبخله و سیوند - دشتبال، در سایر ایستگاه‌ها دو روش بالا روند یکسانی را نشان می‌دهند. مبنای انتخاب روش در این ایستگاه‌ها ضریب همبستگی بالاتر بوده است. در ایستگاه نهر رامجرد - احمدآباد، نهر رامجرد، تنگ شول - بادامک، ساریاتن - پل ساریاتن، دزکرد - تنگ براق، چشمه سراب - حسین آباد، کر - خسرو شیرین، کر - خیرآباد، سیوند - عمادآباد، کر - نهر اصلی سد درودزن و تنگ بستانک - منجان که ضریب همبستگی نزدیک به هم است، برای بررسی بیش‌تر نمودار پراکندگی داده‌ها و برای تعیین وجود داده‌های پرت نمودار جعبه‌ای رسم شده است (شکل ۲). همان گونه که مشاهده می‌شود، به‌جز ایستگاه‌های تنگ شول - بادامک و تنگ بستانک - منجان در دیگر ایستگاه‌ها به‌علت وجود داده‌های پرت نتیجه حاصل از روش کندال پیشنهاد می‌شود.

بهترین رابطه‌ی همبستگی در روش پیرسون مربوط به ایستگاه سیوند - عمادآباد ($r = -0/85$) و بهترین رابطه‌ی همبستگی در روش کندال مربوط به ایستگاه سیوند - پل‌خان ($r = -0/707$) است (جدول ۲). از آمار ۴۵ ایستگاه رابطه در ۳۶ ایستگاه معنی‌دار است (جدول ۱). از این میان رابطه‌ی بین بده و هدایت الکتریکی در ۳۰ ایستگاه شامل ایستگاه‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۳، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۳ و ۴۴ معکوس و در ۶ ایستگاه شامل شماره‌های ۳، ۸، ۹، ۲۲، ۳۲ و ۳۴ رابطه مستقیم است و این بدان معنی است که از لحاظ آماری در این ایستگاه‌ها با افزایش بده هدایت الکتریکی نیز افزایش یافته است. شکل ۳ نوع رابطه بین بده و هدایت الکتریکی را در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

برآورد هدایت الکتریکی بر مبنای اندازه‌ی بده

با توجه به عامل‌های ذکر شده در پیشگفتار، در بسیاری از ایستگاه‌های مورد بررسی ضریب همبستگی بالایی برای روابط بده و هدایت الکتریکی وجود ندارد. در این پژوهش برای ایستگاه‌هایی که ضریب همبستگی آنها به ترتیب بالاتر از $0/8$ و $0/63$ در روش پیرسون و کندال بود (با توجه به این نکته که ضریب $0/9$ در روش پیرسون معادل $0/7$ در روش کندال می‌باشد)، معادله‌ی مورد نظر بدست آمد که نتایج در جدول ۵ آمده اند. شکل ۴ موقعیت این ایستگاه‌ها را روی نقشه نشان می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌شود، از بین ایستگاه‌هایی که بین بده و هدایت الکتریکی ارتباط وجود دارد، به‌جز ایستگاه‌های شور خارستان - جمال‌بیگ، از سرشاخه‌های رود کر می‌باشند، سایر ایستگاه‌ها در حوضه‌ی آبخیز رود سیوند قرار دارند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش همبستگی بین بده با هدایت الکتریکی، به دو روش فرانسجی پیرسون و نا فرانسجی کندال مورد بررسی قرار گرفت. حوضه‌ی آبخیز بختگان به‌عنوان بزرگ‌ترین و مهم‌ترین حوضه‌ی آبخیز در استان

- ۳- رزاز. ۱۳۸۵. کیفیت آب رودخانه های رزیز و گرگر با استفاده از شاخص های کیفیت آب.
- ۴- رزمخواه، بوستانی، ف. ۱۳۸۶. تأثیرات منابع آلاینده کیفیت آب رودخانه کر توسط مدل WASP.
- ۵- سازمان آب منطقه ای فارس. ۱۳۸۸. اطلس منابع آب حوضه آبخیز طشک - بختگان - مهارلو.
- ۶- عابدی، کوبایی. ۱۳۸۶. کیفیت شیمیایی آب رودخانه زاینده رود از سد تنظیمی زاینده رود تا سد انحرافی نکوآباد.
- ۷- کریمی جشنی و همکاران. ۱۳۸۶. تغییرات فصلی کیفیت آب رودخانه قره آقاج
- ۸- نوریان، س. ۱۳۸۶. مشاهدات زیست محیطی و پارامترهای فیزیکوشیمیایی رودخانه زاینده رود در پایین دست سد.
- 9- Albek E., M. Albek, S. Goncu and S. Gence. 2006. Seasonal water quality vs. flow relationships in a small regulated stream. *International Journal of Environment and Pollution*. 26:408-426.
- 10- Astel, A., S. Tsakouski, P. Barbieri, V. Simeonov. 2007. Comparison of self-organizing maps classification approach with cluster and principal components analysis for large environmental data sets. *Journal of Water Resour. Res.* 41: 4566-4578.
- 11- Bouza-Deano, R. M. Ternero-Rodriguez, and A.J. Fernandez-Espinosa. 2008. Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain). *Journal of Hydrology*. 361: 227- 239.
- 12- Chang, H.J. 2005. Spatial and temporal variations of water quality in the Han River and its tributaries, Seoul, Korea, 1993-2002. *Water Air Soil Pollut.* 161: 267-284.
- 13- Chang, H.J. 2008. Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea, 1993-2002. *Water Resour.* 42: 3285 - 3304.
- 14- Crosa, G., J. Froebrich, V. Nikolayenko, F. Stefani, P. Galli and D. Calamari. 2006. Spatial and seasonal variations in the water quality of the Amu Darya River (Central Asia). *Water Resour.* 40: 2237-2245.
- 15- Dawe, P. 2006. A statistical evaluation of water quality trends in selected water bodies of Newfoundland and Labrador. *J. Environ. Eng. Sci.* 5:59-73.
- 16- Durum, W.H. 1953. Relationship of the mineral constituents in solution to stream flow, Saline River near Russell,

فارس جهت تأمین آب مورد نیاز شرب، کشاورزی و صنعت به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شد. نتایج نشان دادند که روی هم رفته، در بیش تر ایستگاهها همبستگی بالایی بین بده و هدایت الکتریکی وجود ندارد که از مهم ترین عامل های آن فعالیت بشری از جمله تغییر کاربری اراضی و فعالیت های کشاورزی و صنعتی می باشند.

در ایستگاههای سیوند - پل خان، شورخارستان - جمال بیگ، سیوند - دشتبال، سیوند - عمادآباد و چشمه بنو - مشهد مرغاب همبستگی بالایی بین بده و هدایت الکتریکی وجود دارد که به جز ایستگاه شورخارستان - جمال بیگ (از سرشاخه های رود کر) سایر ایستگاهها در حوضه ی آبخیز رود سیوند قرار دارند که حوضه ی آبخیز این رود نسبت به حوضه ی آبخیز رود کر کم تر تحت تأثیر از جمله تغییر کاربری اراضی و فعالیت های صنعتی قرار گرفته است. در انتها در ایستگاههایی که همبستگی بالایی بین بده و هدایت الکتریکی وجود دارد، معادله ی مورد نظر برآورد گردید که در همه ی این ایستگاهها رابطه ی بده و هدایت الکتریکی معکوس و این رابطه از نظر آماری معنی دار می باشد. استفاده از این معادله ها جهت تخمین مؤلفه ی مورد نظر با اندازه گیری بده در ایستگاه مورد نظر پیشنهاد می شود.

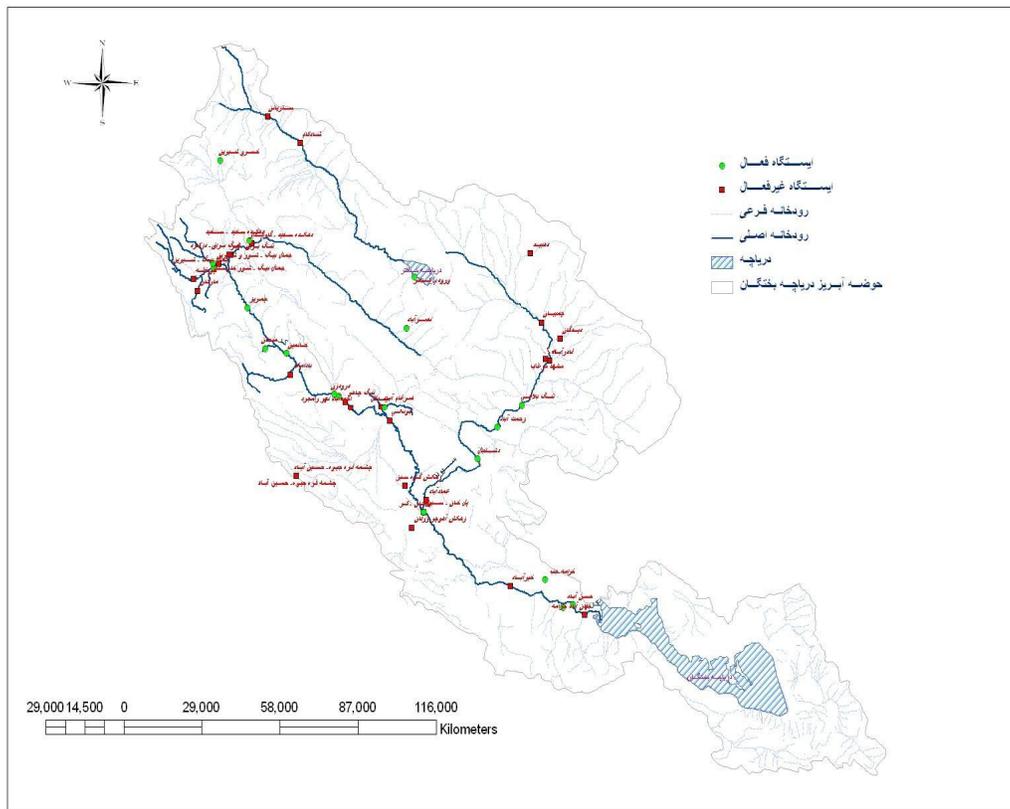
سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی و با استفاده از اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان انجام شده است که بدین وسیله از مدیریت و معاونت پژوهشی این واحد دانشگاهی تشکر و قدردانی می گردد.

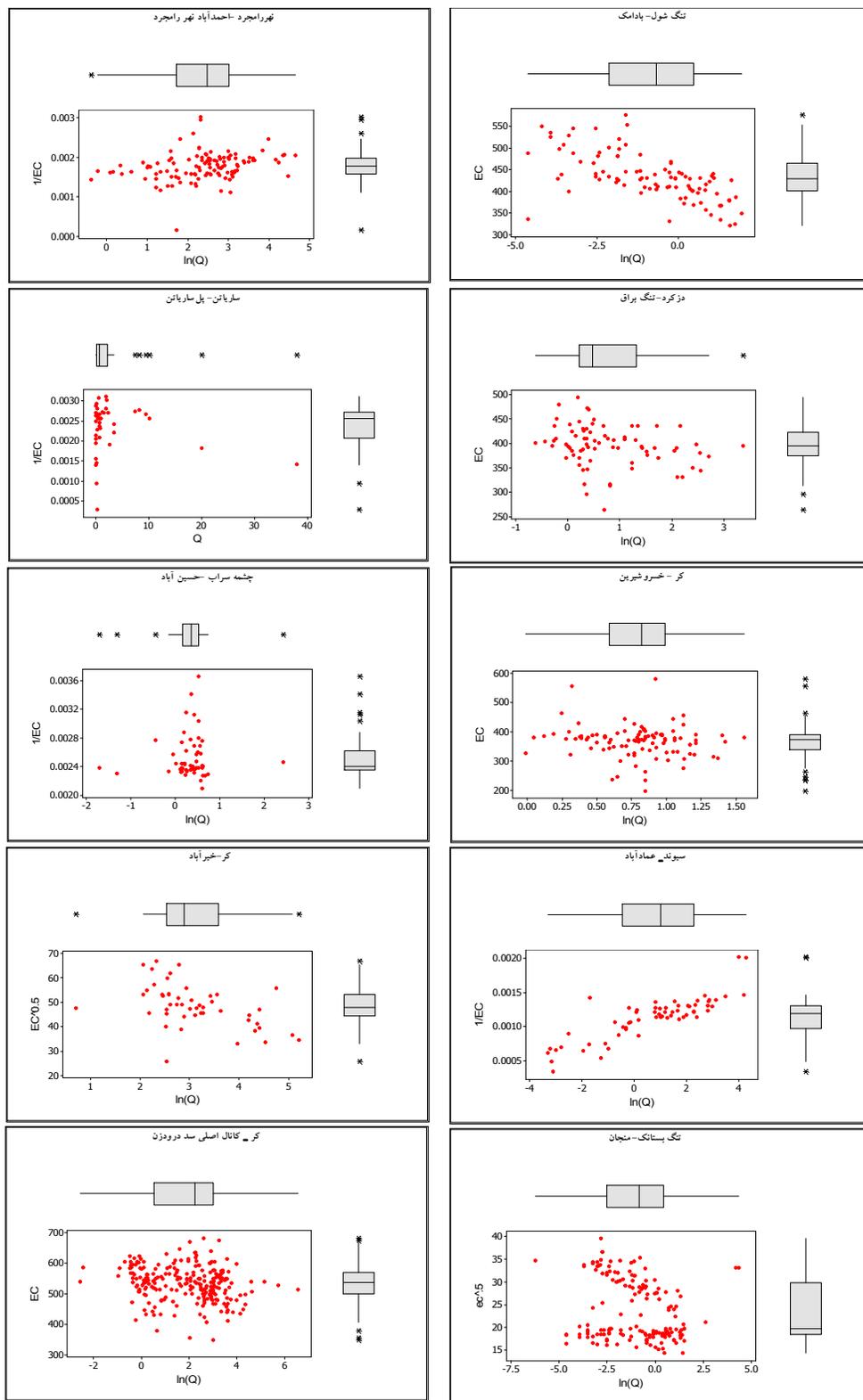
منابع

- ۱- مهندسین مشاور فارساب صنعت. ۱۳۸۷. مطالعات بهنگام سازی اطلس منابع آب حوضه های آبخیز طشک، بختگان و مهارلو
- ۲- بختیاری و همکاران. ۱۳۸۶. ارزیابی کیفی رودخانه کرخه با استفاده از شبکه های عصبی.

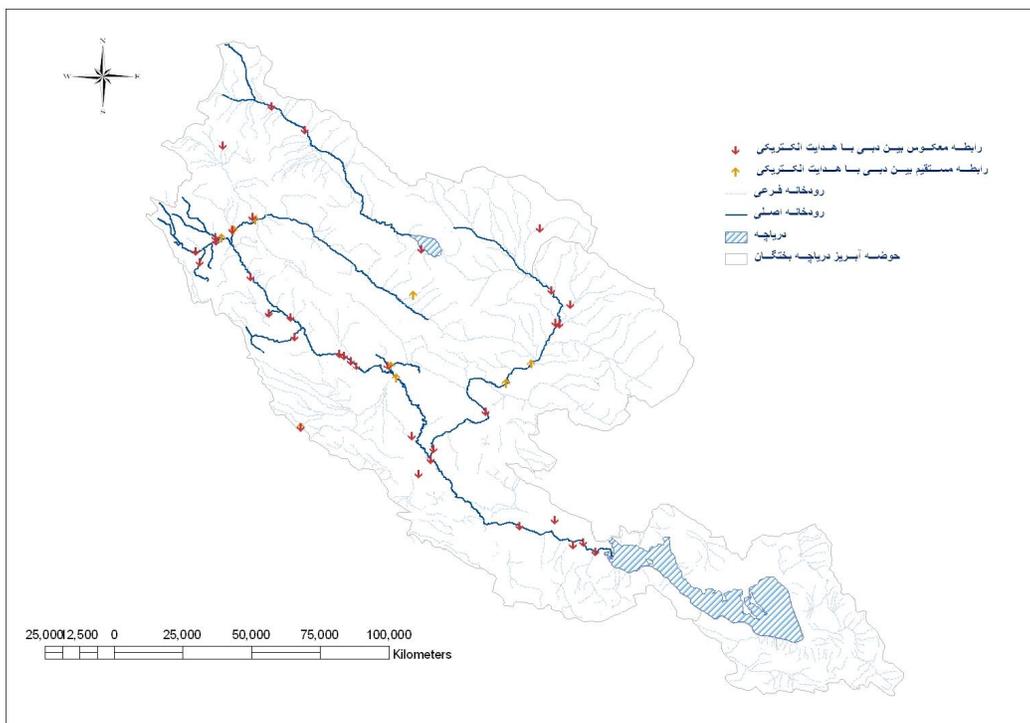
- monitoring data, *Journal of Water Science Technology*, 39: 197–205.
- 25- Meybeck, M. 2002. Riverine quality at the Anthropocene: propositions for global space and time analysis, illustrated by the Seine River. *Aquat. Sci.* 64: 376–393.
- 26- Miller, J. D., D. Hirst. 1998. Trends in concentrations of solutes in an upland catchment in Scotland. *Science of the Total Environment* 216: 77–88.
- 27- Naddafi, K., H. Honari, and M. Ahmadi. 2007. Water quality trend analysis for the Karoon River in Iran. *Journal of Environ Monitor Assessment*, 134: 305–312.
- 28- Osborne, A.C., M.P. Brooker, and R.W. Edwards. 1980. The chemistry of the River Wye. *Journal of Hydrology*, 45: 233–252.
- 29- Simeonov, V., J.A. Stratis, C. Samara, G. Zachariadis, D. Voutsas, A. Anthemidis, M. Sofoniou, and T. Kouimtzis. 2003. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Res.* 37: 4119–4124.
- 30- Stubblefield, A.P., J.E. Reuter, R.A. Dahlgren, C.R. Goldman. 2007. Use of turbidometry to characterize suspended sediment and phosphorus fluxes in the Lake Tahoe Basin, California, USA. *Hydrol. Process.* 21: 281–291.
- 31- Vervier P., A. Pinheiro, A. Fabre, G. Pinay and E. Fustec. 1999. Spatial changes in the modalities of N and P inputs in a rural river network. *Water Res.* 33 1: 95–104.
- 32- U.S. Geological Survey. 2002. Ground and surface-water-quality data analyzed for the New York–New Jersey Highlands Regional Study: <http://waterdata.usgs.gov/nj/nwis/qw> for New Jersey Water Quality Data (Figure 1-9).
- Kansas. Transactions, American Geophysical 34: 435-442.
- 17- Edwards, A.M.C. 1973. The variation of dissolved constituents with discharge in some Norfolk rivers, *Journal of Hydrology.* 18: 219–242.
- 18- Ferrier, R. C., A. C. Edwards, D. Hirst, I. G. Littlewood, C. D. Watts, and R. Morris. 2001. Water quality of Scottish rivers: Spatial and temporal trends. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 265: 327–342.
- 19- Grum M., R. H. Alderink, L. Lijklema and H. Spliid. 1997. The underlying structure of systematic variations in the event mean concentrations of pollutants in urban runoff. *Water Sci. Tech.* 36(8–9): 135–140.
- 20- Helsel, D.R., R.M. Hirsch. 1992. Statistical methods in water resources. 522.
- 21- Hirsch, R.M., J.R. Slack, and R.A. Smith. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data, *Water Resour Res.* 18: 107–121.
- 22- Kannel, P.R., S. Lee, S.R. Kanel, S.P. Khan and Y.S. Lee. 2007. Spatialtemporal variation and comparative assessment of water qualities of urban river system: a case study of the River Bagmati (Nepal). *Environ. Monit. Assess.* 129 (1–3): 433–459.
- 23- Kay, D., M. Wyer, J. Crowther, C. Stapleton, M. Bradford, A. McDonald, J. Greaves, C. Francis and J. Watkins. 2005. Predicting faecal indicator fluxes using digital land use data in the UK's sentinel Water Framework Directive catchment: the Ribble study. *Water Res.* 39: 3967–3981.
- 24- Larsen, S.E., B. Kronvang, J. Windolf, and L.M. Svendsen. 1999. Trends in diffuse nutrient concentrations and loading in Denmark: Statistical trend analysis of stream



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌ها در حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی بختگان (اقتباس از مهندسین مشاور فارساب صنعت، ۱۳۸۷).



شکل ۲- نمودار پراکندگی و جعبه‌ای بده (متر مکعب بر ثانیه) و هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتیمتر) برای ایستگاههای مورد مطالعه.



شکل ۳- رابطی بین بده با هدایت الکتریکی در ایستگاههای مورد مطالعه.



شکل ۴- موقعیت ایستگاههای دارای همبستگی بالا بین بده و هدایت الکتریکی در حوضه آبریز دریاچه بختگان.

جدول ۱- ضریب همبستگی بدست آمده از رابطه‌ی بده و هدایت الکتریکی با کاربرد دو روش پیرسون و کندال و هم‌چنین، معنی‌داری همبستگی با استفاده از آزمون فرضیه.

ردیف	رودخانه - ایستگاه	وضعیت	طول دوره (سال)	تعداد نمونه	روش	ضریب همبستگی	نوع رابطه	فرض صفر
۱	نهر امجد - احمدآباد نهر امجد	غیر فعال	۲۰	۹۵	پیرسون	+۰/۲۷	معکوس	F
					کندال	-۰/۲۳		
۲	تنگ شول - پادامک	غیر فعال	۲۷	۶۹	پیرسون	-۰/۶۴	معکوس	F
					کندال	-۰/۴۹		
۳	مایین - پیدکل	فعال	۲۸	۸۷	پیرسون	-۰/۱۸	معکوس	a
					کندال	-۰/۱۶	مستقیم	F
۴	سیوند - پل خان	غیر فعال	۱۱	۷۳	پیرسون	-۰/۸۴	معکوس	F
					کندال	-۰/۷۱		
۵	کر - پل خان	فعال	۴۰	۳۵۱	پیرسون	-۰/۴۳	معکوس	F
					کندال	-۰/۲۵		
۶	ساریاتن - پل ساریاتن	غیر فعال	۹	۴۱	پیرسون	-۰/۱۸	معکوس	a
					کندال	-۰/۱۳		
۷	دزگرد - تنگ پراق	غیر فعال	۱۸	۱۰۷	پیرسون	-۰/۲۵	معکوس	F
					کندال	-۰/۱۹		
۸	کر - تنگ پراق	غیر فعال	۱۹	۱۳۸	پیرسون	+۰/۳۲	مستقیم	F
					کندال	-۰/۱۷		
۹	سیوند - تنگ پلاغی	فعال	۲۱	۱۵۲	پیرسون	-۰/۴۸	مستقیم	F
					کندال	-۰/۴۲		
۱۰	تنگ چاهو - شهرک	غیر فعال	۱۴	۴۰	پیرسون	+۰/۵۰	معکوس	F
					کندال	-۰/۳۳		
۱۱	شور خارستان - جمال بیگ	فعال	۳۵	۲۷۶	پیرسون	-۰/۸۴	معکوس	F
					کندال	-۰/۷۰		
۱۲	شور شیرین - جمال بیگ	غیر فعال	۴	۴۲	پیرسون	+۰/۷۲	مستقیم	F
					کندال	-۰/۳۴	معکوس	F
۱۳	شیرین - جمال بیگ	فعال	۳۹	۳۰۳	پیرسون	+۰/۶۰	معکوس	F
					کندال	-۰/۴۲		
۱۴	کر - جهان آباد خرامه	غیر فعال	۲۰	۱۰۳	پیرسون	-۰/۳۵	معکوس	F
					کندال	-۰/۲۵		
۱۵	کر - چونکی	غیر فعال	۹	۶۱	پیرسون	+۰/۲۳	مستقیم	a
					کندال	-۰/۱۰		
۱۶	چشمه قدمگاه - قدمگاه	فعال	۱۱	۴۵	پیرسون	-۰/۲۱	معکوس	F
					کندال	-۰/۱۹		a
۱۷	سیوند - چم بیان	غیر فعال	۱۳	۱۱۵	پیرسون	+۰/۷۶	معکوس	F
					کندال	-۰/۵۵		
۱۸	کر - چم ریز	فعال	۴۰	۲۸۰	پیرسون	-۰/۱۰	معکوس	a
					کندال	-۰/۲۷		F
۱۹	چوپخانه - چوپخانه	غیر فعال	۱۶	۸۰	پیرسون	-۰/۱۷	معکوس	a
					کندال	+۰/۵	مستقیم	F
۲۰	کر - حسن آباد	فعال	۸	۴۹	پیرسون	-۰/۲۸	معکوس	F
					کندال	-۰/۰۶		a
۲۱	چشمه سراب - حسین آباد	غیر فعال	۹	۶۶	پیرسون	+۰/۰۶	معکوس	a
					کندال	-۰/۰۴		F
۲۲	چشمه تره جیوه - حسین آباد	غیر فعال	۱۸	۷۰	پیرسون	+۰/۲۷	مستقیم	F
					کندال	-۰/۲۸		
۲۳	کر - خانیمن	فعال	۱۸	۹۳	پیرسون	+۰/۴۸	معکوس	F
					کندال	-۰/۱۵		
۲۴	زهکش سمت چپ - خرامه	فعال	۱۰	۶۵	پیرسون	-۰/۴۶	معکوس	F
					کندال	-۰/۲۸		
۲۵	زهکش سمت راست - خرامه	فعال	۱۰	۵۴	پیرسون	-۰/۲۰	معکوس	a
					کندال	-۰/۲۱		F
۲۶	کر - خسرو شیرین	فعال	۳۴	۱۲۵	پیرسون	-۰/۱۳	معکوس	a
					کندال	-۰/۰۹		F
۲۷	کر - خیر آباد	غیر فعال	۷	۴۷	پیرسون	-۰/۴۹	معکوس	F
					کندال	-۰/۳۷		
۲۸	کر - سد درودزن	فعال	۲۳	۲۶۶	پیرسون	+۰/۲۷	معکوس	F
					کندال	-۰/۱۴		a
۲۹	سیوند - دشتیال	فعال	۴۰	۲۵۳	پیرسون	+۰/۸۲	معکوس	a
					کندال	+۰/۳۹	مستقیم	F
۳۰	دهیبد - دهیبد	غیر فعال	۱۲	۴۲	پیرسون	+۰/۴۶	معکوس	F
					کندال	-۰/۱۹		
۳۱	سفید - دهکده سفید	فعال	۳۶	۱۹۹	پیرسون	+۰/۲۱	معکوس	F
					کندال	+۰/۰۰		a
۳۲	گاوگدار - دهکده سفید	غیر فعال	۳۵	۱۹۸	پیرسون	+۰/۳۸	مستقیم	F
					کندال	-۰/۲۶		
۳۳	سیمکان - دیدگان	غیر فعال	۱۱	۶۶	پیرسون	+۰/۶۹	معکوس	F
					کندال	-۰/۲۴		
۳۴	سیوند - رحمت آباد	فعال	۱۵	۱۲۵	پیرسون	-۰/۴۷	مستقیم	F
					کندال	+۰/۴۱		
۳۵	زهکش آهوچر - زرگان	غیر فعال	۲۳	۹۲	پیرسون	+۰/۵۰	معکوس	F
					کندال	-۰/۱۹		
۳۶	زهکش - کوه سبز	غیر فعال	۱۳	۱۱۳	پیرسون	-۰/۳۳	معکوس	F
					کندال	-۰/۲۳		
۳۷	ساریاتن - شادکام	غیر فعال	۳۴	۱۳۵	پیرسون	-۰/۲۴	معکوس	F
					کندال	-۰/۲۳		
۳۸	مایین - ضرغام آباد	غیر فعال	۲۰	۱۵۲	پیرسون	-۰/۰۸	معکوس	a
					کندال	-۰/۰۴		
۳۹	سیوند - عماد آباد	غیر فعال	۸	۶۸	پیرسون	+۰/۸۵	معکوس	F
					کندال	-۰/۶۵		
۴۰	گله دار - قادر آباد	غیر فعال	۱۱	۶۵	پیرسون	+۰/۵۶	معکوس	F
					کندال	-۰/۲۶		
۴۱	کر - کاتال اصلی سد درودزن	فعال	۳۵	۱۰۳	پیرسون	-۰/۲۰	معکوس	F
					کندال	-۰/۱۷		
۴۲	مارگان - مارگان	غیر فعال	۳۱	۷۳	پیرسون	+۰/۳۶	معکوس	a
					کندال	-۰/۲۶		
۴۳	چشمه بنو - مشهد مرغاب	غیر فعال	۸	۳۶	پیرسون	-۰/۸۳	معکوس	F
					کندال	-۰/۴۹		
۴۴	تنگ پستانک - منجان	فعال	۳۴	۱۲۵	پیرسون	-۰/۲۳	معکوس	F
					کندال	-۰/۱۷		
۴۵	کر - نصر آباد	فعال	۴	۱۱	پیرسون	-۰/۴۴	مستقیم	a
					کندال	+۰/۶۷		

F: فرض صفر رد شده

a: فرض صفر قبول شده

جدول ۲- رابطه‌ی بین بده با هدایت الکتریکی بر اساس روش منتخب.

فرض صفر	نوع رابطه	روش	ضریب همبستگی معادله	معادله	تعداد نمونه	طول دوره (سال)	وضعیت	رودخانه-ایستگاه
r	معکوس		-۰/۷۰۷	EC=1664/7-322/8 Q	۷۳	۱۱	غیر فعال	سیوند-پل خان
r	معکوس	کندال	-۰/۷۰۳	EC=5516/8-2368 Q	۲۷۶	۳۵	فعال	شور خارستان-جمال بیگ
r	معکوس	پیرسون	+۰/۸۲۱	1/EC=0.0008Q-0.0023	۲۵۳	۴۰	فعال	سیوند-دشتیال
r	معکوس	پیرسون	+۰/۸۵۱	1/EC=0.0001Ln(Q)+00.001	۶۸	۸	غیر فعال	سیوند-عمادآباد
r	معکوس		-۰/۸۳	EC=-98.801Ln(Q)+430.21	۳۶	۸	غیر فعال	چشمه بنو-مشهد مرغاب