

ارزیابی کیفی و کمی آب‌های سطحی با استفاده از آنالیز آماری در رودخانه
ازنا لرستان

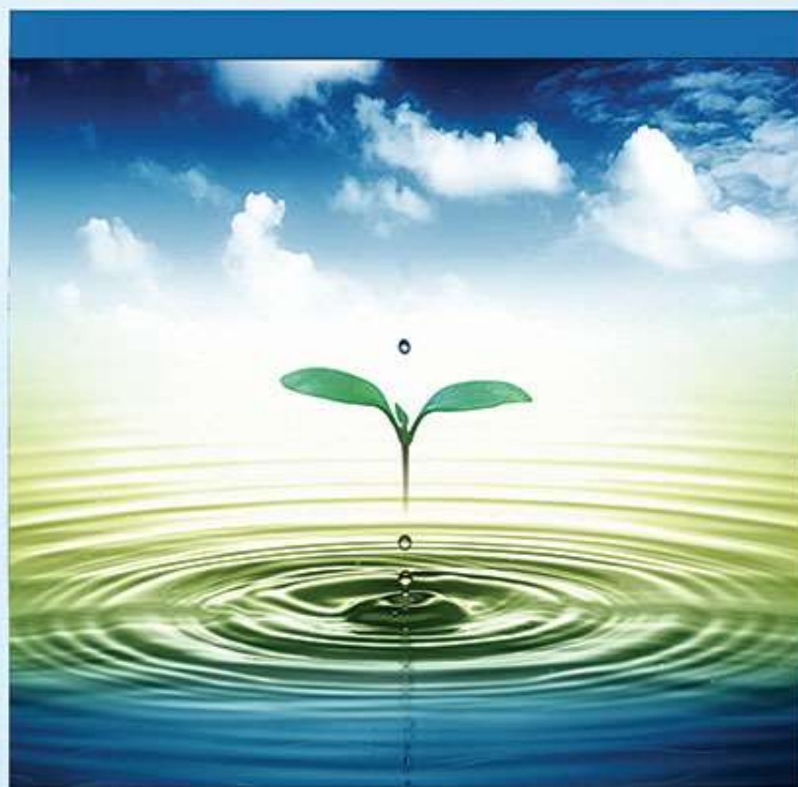
آرتیمس قاسمی دهنوی، رامین ساریخانی، سیده حدیث حسینی، زینب احمد نژاد و بهروز ابراهیمی

دوره ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۰۶ - ۳۲۱

Vol. 2 (4), Winter 2017, 306 - 321

**Qualitative and Quantitative Evaluation of
Surface Waters using Statistical Analysis in
Azna River, Lorestan**

Ghassemi Dehnavi A., Sarikhani R., Hosseini H.,
Ahmadnejad Z. and Ebrahimi B.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

نحوه ارجاع به این مقاله: قاسمی دهنوی آ.، ساریخانی ر.، حسینی ح.، احمد نژاد ز. و ابراهیمی ب. (۱۳۹۵). ارزیابی کیفی و کمی آب‌های سطحی با استفاده از آنالیز آماری در رودخانه ازنا لرستان. مجله محیط زیست و مهندسی آب، جلد ۲، شماره ۴، صفحات: ۳۰۶-۳۲۱

How to cite this paper: Ghassemi Dehnavi A., Sarikhani R., Hosseini H., Ahmadnejad Z. and Ebrahimi B. (2017). Qualitative and quantitative evaluation of surface water using statistical analysis in Azna River, Lorestan. J. Environ. Water Eng., 2(4), 306 – 321.

ارزیابی کیفی و کمی آب‌های سطحی با استفاده از آنالیز آماری در رودخانه ازنا لرستان

آرتیمس قاسمی دهنوی^۱، رامین ساریخانی^{۱*}، سیده حدیث حسینی^۱، زینب احمد نژاد^۲ و
بهروز ابراهیمی^۳

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- دانشجوی دکتری زمین شناسی، گروه علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- کارشناس ارشد اب منطقه ای لرستان، خرم‌آباد، ایران

*نویسنده مسئول: Sarikhani.r@gmail.com

تاریخ دریافت: [۱۳۹۵/۰۷/۱۲]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۵/۰۸/۱۹]

چکیده

آلودگی آب در دهه‌های اخیر تهدیدی جدی برای انسان و اکوسیستم‌های طبیعی تلقی می‌شود به طوری که بررسی تغییرات کیفیت آب یکی از موضوعات مهم جهت استفاده بهینه از آن است. در این تحقیق به مطالعه آب رودخانه ازنا در ایستگاه هیدرومتری چم زمان به صورت دوره خشک (فروردین تا شهریور) و دوره مرطوب (مهر تا اسفند) پرداخته شد. به منظور بررسی کیفیت آب از نمودارهای پایپر، شولر، ویلکاکس و سری زمانی استفاده گردید. نتایج کیفی آب رودخانه ازنا در نمودار پایپر نشان دهنده تیپ آب‌های بی کربناته کلسیکی است. در رودخانه مورد مطالعه با توجه به نمودار شولر کیفیت آب از نظر شرب در حد خوب و قابل قبول ارزیابی شد. با توجه به مطالعات آماری، اعمال روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر داده‌ها موجب شد تا تعداد ۱۱ مؤلفه اصلی برای داده‌ها تعیین شود، که سه مؤلفه اول با بیش از ۷۰٪ تغییرپذیری، جامعه آماری را توجیه می‌کنند. همچنین با توجه به نمودار خوشه‌ای رسم شده، نمونه‌ها در چهار خوشه شامل خوشه اول SO_4^{2-} و pH، خوشه دوم K^+ ، خوشه سوم Ca^{2+} و در خوشه چهارم، TDS، EC، Cl^- ، Mg^{2+} ، HCO_3^- ، Na^+ و TH قرار گرفتند. بیشترین میزان همبستگی بین مجموع مواد جامد محلول و کلر مشاهده شد. با توجه به سطح معنی دار ۰/۰۵ در آزمون کولموگروف - اسمیرونف همه یون‌های آب رودخانه ازنا دارای توزیع نرمال می‌باشد. آزمون آنالیز رگرسیون خطی کاتیون‌ها، آنیون‌ها و هدایت الکتریکی به عنوان متغیر وابسته در مقابل مجموع مواد جامد محلول به عنوان متغیر مستقل همبستگی بالایی بین TDS با EC و Cl^- نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: آزمون PCA، رگرسیون خطی، مؤلفه‌های اصلی، همبستگی خوشه‌ای

۱- مقدمه

همواره منابع آب، به‌ویژه آب‌های شیرین یکی از عوامل اصلی حفظ بهداشت و توسعه پایدار جوامع است که افزون بر کمیت، وضع کیفی آن نیز اهمیت ویژه‌ای دارد. کیفیت آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات آب‌های آشامیدنی همواره مدنظر بوده است. خصوصیات آب بازتابی از خاک‌ها و سنگ‌های مرتبط با آن می‌باشد (Malina 1996). آلاینده‌های متنوعی از صنایع تولیدی، کشاورزی و فعالیت‌های خانگی به منابع آب راه پیدا می‌کنند و بر محیط‌های آبی تأثیر گذاشته و سبب کاهش کیفیت آب می‌شود. (Gu et al. 2015) Soleimani (2013) و Khamer et al. (2011) در تجزیه شیمیایی و روندیابی شاخص‌های کیفیت شیمیایی آب رودخانه چم انجیر خرم‌آباد به این نتیجه رسیدند که آب این رودخانه بر اساس نمودار شولر در دسته خوب و قابل قبول از نظر شرب قرار دارد و مانعی برای نوشیدن ندارد. (Bu et al. 2010) در بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب رودخانه جینشوی چین تکنیک‌های آماری چند متغیره (PCA و CA) را برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب و تشخیص فاکتورهای اصلی آلودگی و منابع آن‌ها استفاده کردند. نتایج آنالیزها نشان داد که آلودگی‌های اولیه آب از فاضلاب‌های خانگی و رواناب کشاورزی حاصل شده و اطلاعات حیاتی را برای حفاظت منابع آب در حوزه‌های کوهستانی چین فراهم می‌کند. (Fan et al. 2010) آنالیزهای آماری CA^1 و PCA^2 را برای مشخص کردن خصوصیات آب و ارزیابی الگوی مکانی کیفیت آب استفاده کردند. PCA به ترتیب ۸۵/۲۵ و ۸۹/۲۵ درصد کل واریانس کل داده‌های شمال و غرب رودخانه Pearl را نشان داد. CA نیز ایستگاه‌های شمال، شرق و غرب رودخانه را بر اساس شدت آلودگی به ترتیب به ۴، ۳ و ۴ خوشه‌بندی کرد. (Asghari Moghaddam et al. 2007) با روش‌های رگرسیونی چگونگی ارتباط بین دو منبع آب دشت سلماس و دریاچه ارومیه را بررسی نمودند. داشتن ضریب تعیین بالا را شرط مناسب برای انتخاب مدل برتر دانستند. (Emamgholizadeh et al. 2006) روند تغییرات باقیمانده خشک و هدایت الکتریکی املاح را در قالب مدل رگرسیون خطی برای رودخانه کدک استان خوزستان بررسی نمودند. روش‌های خوشه‌بندی سلسله مراتبی روشی مناسب برای تحلیل داده‌های نمونه‌های آبی هستند که برای ارزیابی داده‌های کیفی آب و امکان گروه‌بندی هیدروشیمیایی نمونه‌ها به‌کاربرده می‌شوند و از نظر آماری در هیدرولوژی و زمین‌شناسی دارای اهمیت خاصی هستند (Zhang et al. 2012) and Poyraz Taspinar (2014) در مطالعه منطقه صنعتی مرمره ترکیه نمونه‌های آب از هشت نقطه متفاوت نسبت به غلظت فلزات سنگین را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه از روش PCA و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی مربوط به عناصر فلزی استفاده شد. نتایج نشان داد که غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب آشامیدنی از محدوده استاندارد WHO³ (سازمان بهداشت جهانی) تجاوز نمی‌کند با این حال در برخی نمونه‌ها غلظت مس و وانادیم در آستانه آلودگی می‌باشد. منشأ آلودگی از، صنایع مختلف، تردد وسایل نقلیه، فعالیت‌های بشر و آلودگی هوا حاصل شده است. امروزه روش‌های فوق‌الذکر به دلیل اینکه قادر به تشخیص شباهت‌ها و تفاوت‌های بین متغیرها و پارامترها می‌باشند به‌صورت گسترده‌ای استفاده می‌گردند. آلودگی آب بر اثر نفوذ آلاینده‌های حاصل از فعالیت‌های بشر یا نفوذ آب‌های شور به منابع آب می‌باشد (Marsh. 2003). آلودگی یک نگرانی جدی برای زندگی انسان به دلیل افزایش صنعتی شدن در جهان تبدیل شده است و رودخانه‌ها انتخاب اصلی و مسئول حمل کردن آلاینده‌ها، به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه می‌باشد (Akter et al. 2014). هدف این مطالعه بررسی تغییرات پارامترهای کیفیت آب رودخانه ازنا در دوره خشک و مرطوب و تعیین تیپ شیمیایی و کیفیت آب این رودخانه از نظر شرب و کشاورزی با بهره‌گیری از روش‌های گرافیکی از قبیل نمودارهای پایپر، ویلکاکس، شولر و استفاده از روش‌های چند متغیره مانند آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) و آنالیز خوشه‌ای (CA) می‌باشد.

¹-Cluster Analysis

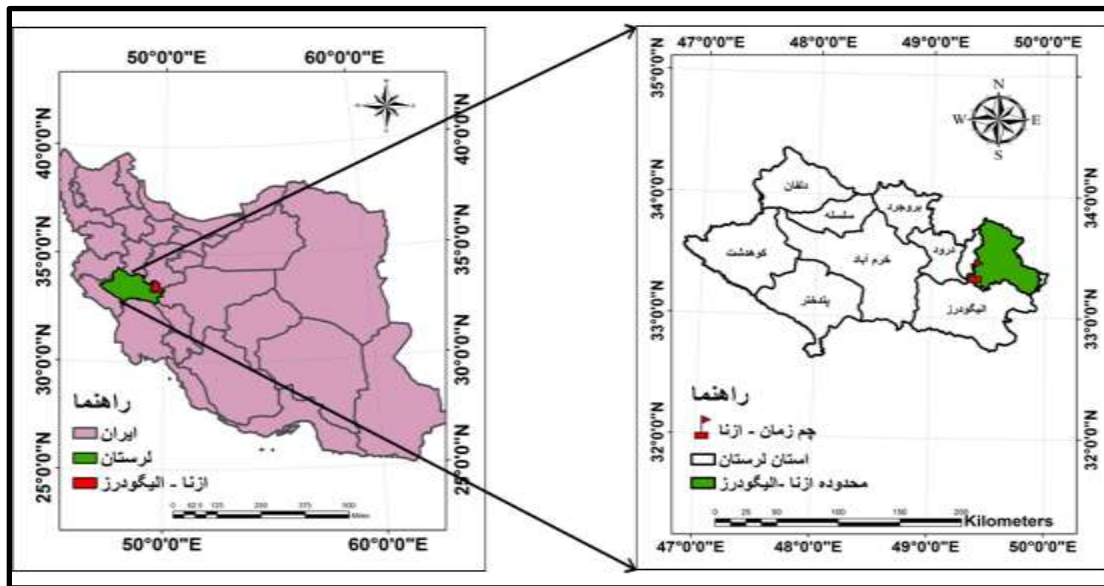
²-Principal Component Analysis

³- World Health Organization

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- موقعیت و مشخصات جغرافیایی منطقه

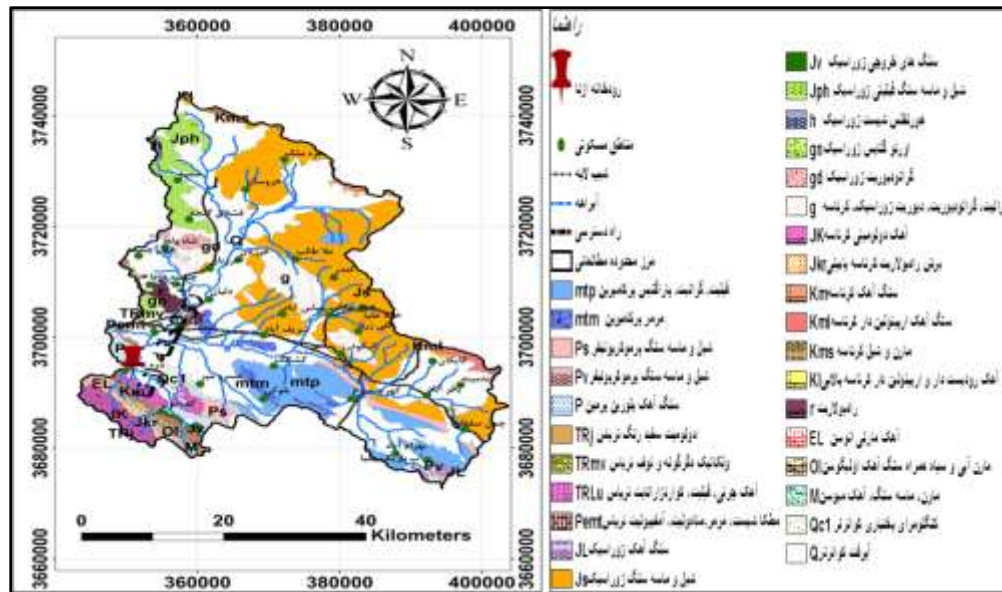
رودخانه ازنا در محدوده ازنا الیگودرز در استان لرستان قرار دارد. این رودخانه بین طول‌های $49^{\circ}20'$ تا $49^{\circ}5'$ شرقی و عرض‌های $33^{\circ}10'$ تا $33^{\circ}50'$ شمالی واقع شده‌است. محدوده مطالعاتی ازنا الیگودرز با وسعت $2189/1$ کیلومترمربع یکی از محدوده‌های مطالعاتی حوزه آبریز کارون است. کل حوزه کارون بر مبنای تقسیم‌بندی وزارت نیرو متشکل از 27 محدوده مطالعاتی است و در شرق استان لرستان واقع شده است. آبدهی آن در یک دوره 21 ساله به‌طور متوسط $38/88$ میلیون مترمکعب، در سال آبی $64/65$ حدود 72 میلیون مترمکعب اندازه‌گیری شده است (Emamgholizadeh et al. 2006). موقعیت جغرافیایی رودخانه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲-۲- زمین‌شناسی منطقه

در محدوده مورد مطالعه واحدهای سنگی دوران دوم تا چهارم (کواترنری) رخمون دارند که از قدیم به جدید عبارت‌اند از: فیلیت، کوارتزیت، پاراگنیس، مرمر، شیل، ماسه سنگ، همراه با توف و سنگ‌های ولکانیکی، سنگ‌آهک بلورین، رسوبات تفکیک نشده میوسن، مارن، ماسه‌سنگ، آهک، کنگلومرای سخت نشده منشأ گرفته از کنگلومرای بختیاری و آبرفت. آبرفت‌های عهد حاضر که شامل ماسه، رس، سیلت و گراول می‌باشند نیز سطح دشت را پوشانده‌اند (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

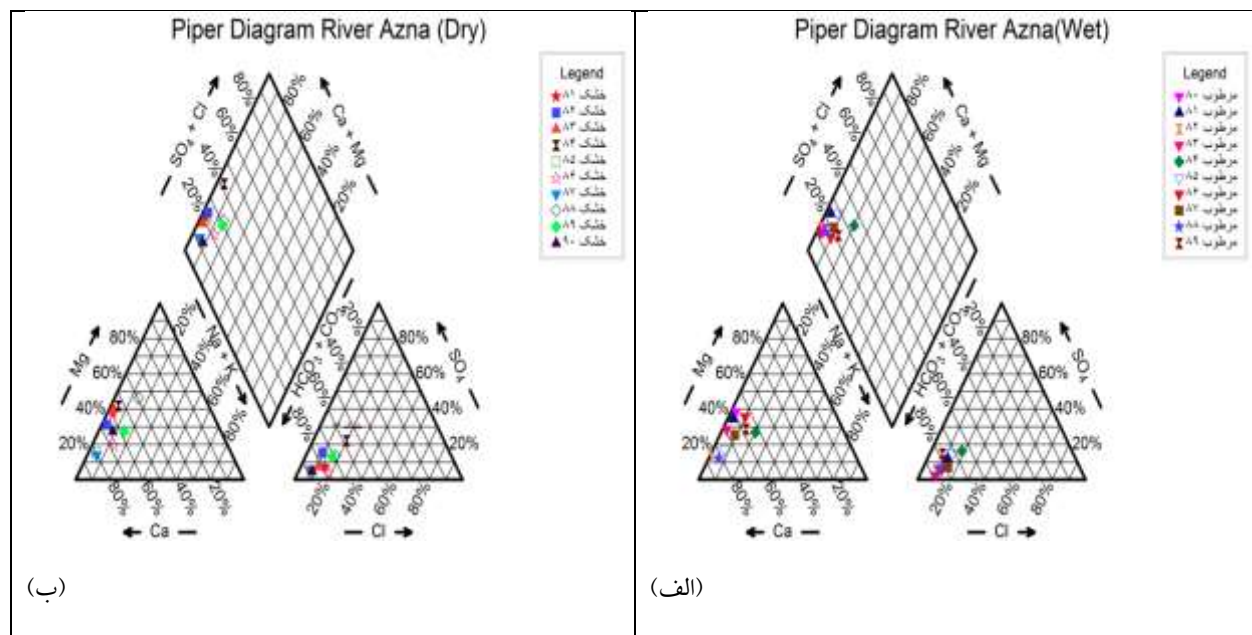
۲-۳- مطالعات و بررسی داده‌ها

برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه ازنا از آمار و اطلاعات کیفی رودخانه ازنا در دوره مرطوب (مهر تا اسفند) و خشک (فروردین تا شهریور) طی سال‌های آبی ۱۳۸۱-۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰-۱۳۸۹ (از ۱۳۹۰ تاکنون خشک می‌باشد) به وسیله سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان استفاده گردید. این اطلاعات شامل pH ، K^+ ، Ca^{2+} ، TDS ، EC ، Cl^- ، Mg^{2+} ، HCO_3^- ، SO_4^{2-} ، Na^+ و TH می‌باشد. جهت نمایش نموداری داده‌های کیفی از نمودارهای پایپر، سری زمانی و شولر ترسیم‌شده توسط AqQa استفاده شده است. جهت بررسی کیفیت آب رودخانه از نظر کشاورزی از نمودار ویلکاکس ترسیم‌شده توسط Wilcox استفاده گردید. مطالعات آماری تک متغیره و چند متغیره و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۹) انجام گرفت. تفسیر و تعیین منشأ هر یک از فاکتورها بر اساس بارهای عاملی، شرایط هیدروژئولوژیکی، زمین‌شناختی و فرآیندهای هیدروشیمیایی صورت می‌گیرد. اولین گام در تحلیل عاملی تهیه یک ماتریس ضرایب همبستگی از تمام متغیرهای مورد مطالعه می‌باشد. تکنیک‌های آماری مانند آنالیز خوشه‌ای می‌توانند ابزار قدرتمندی برای تحلیل داده‌های هیدروشیمی باشند. این روش‌ها می‌تواند برای بررسی داده‌های کیفیت آب مورد استفاده قرار گیرند و تعیین کنند، که آیا می‌توان نمونه‌ها را به گروه‌های متمایزی که از لحاظ زمین‌شناسی و آماری معنی‌دار باشند تقسیم‌بندی کرد (Guler et al. 2002). رگرسیون ساده خطی^۱ بین مؤلفه‌های کیفی آب و مجموع مواد جامد محلول اجرا شد، در صورتی که Sig آزمون‌های رگرسیون از ۰/۰۵ کمتر باشد آزمون معنی‌دار بوده و می‌توان بیان نمود که مقادیر برآوردی حاصل از روابط رگرسیونی در سطح آزمون پنج درصد، اختلاف معنی‌دار با مقادیر واقعی آن‌ها ندارند (Shokouhifar and Izadpanah 2013). R میزان همبستگی را نشان می‌دهد که هرچه میزان بالاتر باشد همبستگی بیشتر می‌باشد. سپس نمودارهایی بین مؤلفه‌های کیفی آب (متغیر وابسته) و مجموع مواد جامد محلول (متغیر مستقل) رسم شد.

¹- Linear regression

۴-۲- نمودار پایپر

یکی از روش‌های متداول برای تعیین تیپ آب استفاده از نمودار پایپر^۱ می‌باشد (Piper 1944). نمودار پایپر نمونه‌های آب رودخانه ازنا ترسیم گردید با توجه به نمودارها (شکل ۳) مشخص شد که در نمونه‌های آب رودخانه در دو دوره خشک و مرطوب کاتیون کلسیم و منیزیم و آنیون بیکربنات غالب است. میزان عناصر قلیایی خاکی بیش از عناصر قلیایی می‌باشد. اسیدهای ضعیف بیش از اسیدهای قوی می‌باشد و سختی کربناتی بالا است. نمودارهای پایپر ترسیم شده، نشان می‌دهند که رخساره هیدروشیمیایی از نوع بیکربناته کلسیک می‌باشد.



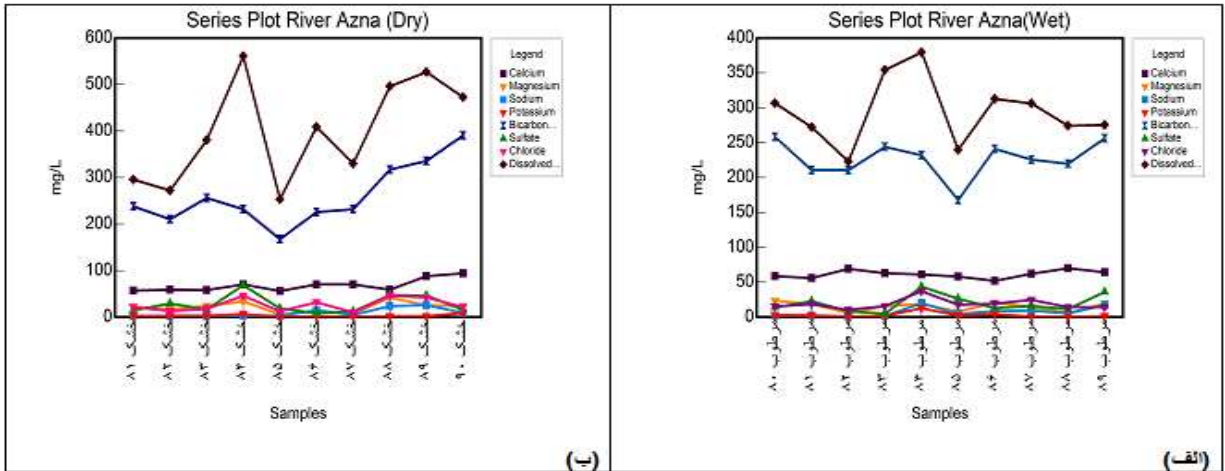
شکل ۳- الف- نمودار پایپر رودخانه ازنا دوره مرطوب و ب- نمودار پایپر رودخانه ازنا دوره خشک.

۵-۲- نمودار سری زمانی

نمودارهای سری زمانی^۲ ابزار مفیدی جهت بررسی تغییرات یون‌های موجود در آب در زمان‌های مختلف یک منطقه می‌باشند. به منظور بررسی روند تغییرات یون‌های کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات، سولفات، کلراید، پتاسیم، کل جامدات محلول و سدیم منطقه مورد مطالعه نمودار سری زمانی مذکور در محیط اکسل ترسیم گردید و نمودارهای سری زمانی جهت تکمیل مطالعات کیفیت آب در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همان‌طور که از نمودارهای ترسیم شده مشخص است مقادیر بالای دو یون بیکربنات و کلسیم تیپ بیکربنات کلسیک به دست آمده از نمودار پایپر را تأیید می‌کند. غلظت یون بیکربنات بیش از کلسیم و میزان تغییرات آن بیشتر و با روند تغییرات کل جامدات محلول مشابه است. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده انحلال سنگ‌های کربناته و آهنی منطقه و نقش کلیدی آن در افزایش میزان کل جامدات محلول باشد. در شکل (۴) سری زمانی تغییرات آنیون‌ها و کاتیون‌ها در دو دوره خشک و مرطوب ترسیم شده است.

¹-Piper diagram

²-series plot

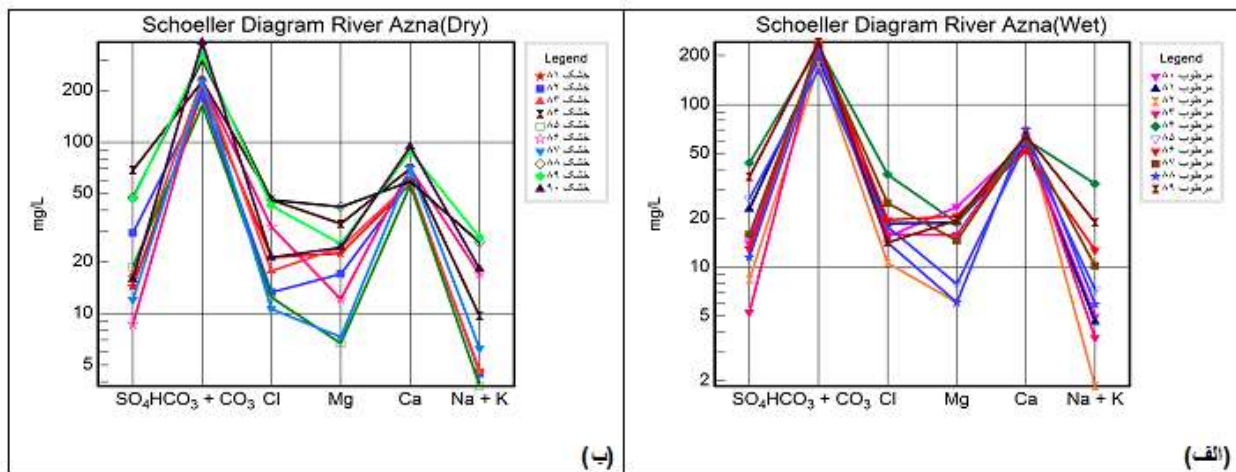


شکل ۴- الف- سری زمانی یون‌های رودخانه ازنا دوره مرطوب و ب- دوره خشک.

۲-۶- قابلیت مصرف آب رودخانه ازنا

۲-۶-۱- کیفیت آب رودخانه ازنا از لحاظ شرب

یکی از معیارهای طبقه‌بندی آب از لحاظ شرب، تقسیم‌بندی شولر^۱ است. نتایج تقسیم‌بندی شولر در شکل (۵) نشان داده شده است. کیفیت آب رودخانه ازنا عمدتاً برای شرب (دو دوره زمانی مورد مطالعه خشک و مرطوب) از نظر همه آنیون‌ها و کاتیون‌ها در طبقه خوب تا قابل قبول قرار می‌گیرد. به‌طور کلی، با توجه به نمودار شولر ترسیم‌شده برای دوره‌های خشک و مرطوب، تمام یون‌ها دارای غلظت مجاز می‌باشند و آب رودخانه در رده خوب قرار می‌گیرد. بنابراین با توجه به تیپ آب رودخانه‌ها که از نوع بی‌کربناته کلسیک می‌باشد و آب منطقه مورد مطالعه هیچ محدودیتی از نظر شرب ندارد.



شکل ۵- الف- نمودار شولر رودخانه ازنا در دوره مرطوب و ب- دوره خشک

^۱- Schoeller diagram

۲-۶-۲- کیفیت آب رودخانه از نظر کشاورزی

خطر سدیم و خطر شوری دو معیار مهم در طبقه‌بندی آب‌های آبیاری می‌باشند. میزان هدایت الکتریکی و TDS نشان‌دهنده خطر شوری می‌باشند. طبق جدول ویلکاکس در دوره خشک بعضی نمونه‌ها به دلیل بالا بودن مقادیر TDS در کلاس C₃S₁ (کمی شور که با تمهیدات برای کشاورزی مناسب می‌شود) قرار دارند و نمونه‌های دیگر در کلاس C₂S₁ (تقریباً مناسب) قرار می‌گیرند. در دوره مرطوب تمامی نمونه‌ها در کلاس C₂S₁ قرار می‌گیرد (جدول ۱).

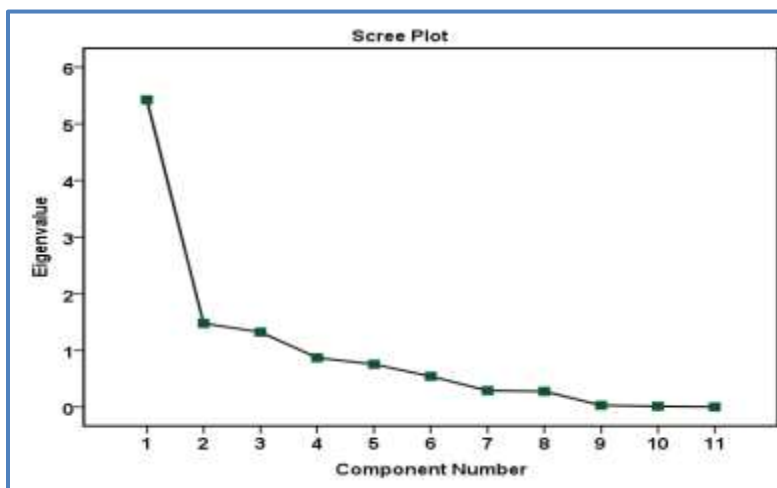
جدول ۱- رده‌های مختلف آب و نوع کیفیت بر اساس تقسیم‌بندی ویلکوکس

تأثیرات	میزان شوری	TDS (mg/l)	EC (μ mhos/cm)
بدون تأثیرات زیان‌آور	شوری کم	<۲۰۰	<۲۵۰
مضر برای گیاهان حساس	شوری متوسط	۲۰۰-۵۰۰	۲۵۰-۸۵۰
مضر برای اکثر گیاهان	شوری زیاد	۲۰۰-۱۵۰۰	۸۵۰-۲۲۵۰
فقط مناسب برای گیاهان مقاوم	شوری خیلی زیاد	۱۵۰۰-۳۰۰۰	۲۲۵۰-۵۰۰۰

۲-۷-۲- مطالعات آماری عناصر اصلی

۲-۷-۱- نمودار اسکری

برای تعیین تعداد مناسب عامل‌ها از روش نمودار اسکری استفاده می‌گردد. در نمودار اسکری شکل (۶) مقادیر ویژه در برابر مؤلفه‌ها رسم می‌شود و نقطه عطف منحنی را یافته، تعداد عامل‌ها را برابر تعداد مؤلفه‌های قبل این نقطه در نظر می‌گیرند. در این نمودار وجود سه عامل در نمونه‌های آب رودخانه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۶- نمودار اسکری برای تعیین تعداد عامل‌ها

۳- یافته‌ها و بحث

خلاصه بررسی نتایج اولیه آماری نمونه‌های مورد مطالعه در جدول (۲) آمده است. میانگین جامدات کل محلول (TDS) نمونه‌های آب رودخانه ازنا تقریباً برابر با ۳۴۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد که مقدار میانگین هدایت الکتریکی (EC) و سختی کل (TH) به ترتیب برابر ۵۴۲/۵ و ۱۸۱/۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر اندازه‌گیری شد. میانگین pH برابر با ۷/۶۸ می‌باشد. میانگین غلظت کلسیم و منیزیم نمونه‌های آب رودخانه ازنا به ترتیب برابر ۳/۱۳ و ۱/۵۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر است. کلراید و سولفات تقریباً غلظتی نزدیک به هم به ترتیب ۰/۵ و ۰/۶۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر دارند. از میان یون‌های عمده حداقل و حداکثر میانگین مقادیر غلظت به ترتیب مربوط به پتاسیم (۰/۰۸۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر) و بیکربنات (۳/۸۹ میلی‌اکی‌والان در لیتر) می‌باشد. با توجه به ضریب تغییرات (انحراف استاندارد تقسیم بر میانگین) محاسبه‌شده غلظت یون‌های عمده مشخص می‌گردد که یون‌های کلسیم و پتاسیم، به ترتیب، حداقل و حداکثر تغییرات در رودخانه ازنا را دارند.

جدول ۲- مقادیر پارامترهای آماری محاسبه‌شده نمونه‌های آب رودخانه ازنا

پارامتر	TDS	pH	EC	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	TH
	mg/l		μs/cm	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	mg/l
تعداد	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳
حداقل	۱۷۶	۶/۹۱	۲۸۰	۲/۰۰	۰/۲۰	۰/۰۲	۱/۹۰	۰/۲۰	۰/۰۲	۰/۰۱	۱/۵۵
حداکثر	۷۹۲	۸/۵۶	۱۲۰۰	۶/۶۰	۲/۲۰	۲/۶۹	۴/۷۰	۳/۷۰	۱/۴۲	۰/۵۰	۳۶۰
میانگین	۳۴۲/۸۰	۷/۶۸	۵۴۲/۵۴	۳/۸۹	۰/۶۳	۰/۵۰	۳/۱۳	۱/۵۵	۰/۳۱	۰/۰۸	۱۸۱/۳۴
انحراف	۱۲۷/۲۸	۰/۴۵	۱۹۶/۳۰	۱/۰۲	۰/۴۲	۰/۵۱	۰/۶۲	۰/۹۰	۰/۳۵	۰/۹۷	۱۱۵/۵۴
واریانس	۱۶۲۰۲/۴۳	۰/۲۰	۳۸۵۳۷/۴۴	۱/۰۴	۰/۱۸	۰/۲۶	۰/۳۹	۰/۸۲	۰/۱۲	۰/۰۰۹	۱۳۳۵۰/۲۶
چولگی	۱/۶۲	-۰/۳۹	۱/۳۹	۲/۰۱	۰/۸۷	۲/۵۲	۰/۳۰	۰/۴۶	۱/۷۵	۰/۲۳۵	-۰/۵۱۰
خطای	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰
کشیدگی	۳/۷۷	-۱/۱۲	۲/۶۹	۱/۱۸	۴/۸۳	۹/۱۲	۰/۲۷	-۰/۲۷	۲/۵۵	۰/۴۹۰	-۰/۸۵
خطای	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹
استاندارد WHO (2011) (mg/l)	۱۰۰۰	۶/۵-۸/۵	۳۰۰	۱۲۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۰۰	۵۰	۲۰۰	۱۲	۵۰۰

۳-۱- نتایج مطالعات آماری تک متغیره

با توجه به سطح معنی‌دار ۰/۰۵ در آزمون کولوموگروف-اسمیرنوف^۱ جدول (۳) همه عناصر نمونه‌برداری شده رودخانه ازنا دارای توزیع نرمال می‌باشد. میانگین فراوانی عناصر اصلی موجود در منطقه از روند رابطه (۱) تبعیت می‌کند:

$$HC O_3^- > Ca^{2+} > Mg^{2+} > Cl^- > S O_4^{2-} > Na^+ > K^+ \quad (1)$$

^۱-Kolmogorov-Smirnov

جدول ۳- توزیع غلظت عناصر اصلی در رودخانه ازنا (آزمون کولموگروف - اسمیرنوف) (واحد عناصر بر حسب meq/l)

TH	K	Na	Mg	Ca	SO ₄	Cl	HC O ₃	EC	pH	TDS	
۱/۳۰۳	۱/۷۵۹	۱/۳۰۷	۱/۵۵۳	۱/۵۷۲	۱/۰۳۵	۱/۳۱۲	۱/۷۴۷	۱/۲۲۰	۱/۵۹۸	۱/۳۰۸	Kolmogoro v-Smirnov Z
۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	
۱/۰۶۷	۱/۶۱۳	۱/۰۶۶	۱/۹۲۰	۱/۹۰۰	۱/۲۳۴	۱/۰۶۴	۱/۶۳۳	۱/۱۰۲	۱/۸۶۷	۱/۰۶۵	Asymp. Sig. (2- tailed)
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	

۳-۱-۱- بی کربنات

میانگین فراوانی بی کربنات (HCO_3^-) ۳/۸۹ میلی‌اکی‌والان در لیتر است که بیشینه مقدار آن ۶/۶۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر و کمترین مقدار آن ۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد. از نظر اسیدیته در طیف قلیایی قرار دارد. منشأ بی کربنات منطقه به انحلال سنگ‌های کربناته و کانی‌های مختلف کربنات سدیم منطقه برمی‌گردد. و در مقایسه با استاندارد (WHO 2011) در بعضی از نمونه‌ها بالاتر از محدوده استاندارد است.

۳-۱-۲- سولفات

سولفات (SO_4^{2-}) از اکسیداسیون پیریت و سایر سولفات‌ها که به‌طور زیادی همچنین در سنگ‌های آذرین و رسوبی توزیع شده‌اند به‌وسیله میکروارگانیزم‌های کاتالیست حاصل می‌شود (Bouwer 1978). سولفات می‌تواند از انحلال کانی‌های تبخیری ژئوپس و انیدریت به آب‌های منطقه وارد شود. غلظت سولفات نیز در مقایسه با استاندارد جهانی در محدوده استاندارد قرار دارد. میانگین فراوانی این عنصر ۰/۵۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر است که بیشینه مقدار آن ۲/۶۹ میلی‌اکی‌والان در لیتر و کمترین مقدار آن ۰/۰۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد.

۳-۱-۳- کلراید

منشأ اصلی کلراید (Cl^-) آب‌های طبیعی کانی‌ها است. غلظت حداکثر کلر در آب آشامیدنی ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر توصیه می‌شود که در محدوده استاندارد قرار دارد. میانگین فراوانی این عنصر ۰/۶۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر است که بیشینه مقدار آن ۲/۲۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر و کمترین مقدار آن ۰/۲۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد.

۳-۱-۴- سدیم

سدیم (Na^+) موجود در آب عمدتاً از فلدسپات‌ها (آلبیت) سنگ‌های آذرین و از محصولات عمل تجزیه این کانی‌ها (رسی شدن) حاصل می‌شود. کانی‌های رسی، تبخیری‌هایی از قبیل هالیت، و فاضلاب‌های صنعتی از دیگر منشأهای اصلی سدیم می‌باشند. سدیم موجود در منطقه در محدوده استاندارد جهانی قرار دارد. میانگین فراوانی این عنصر ۰/۳۱ میلی‌اکی‌والان در لیتر است که بیشینه مقدار آن ۱/۴۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر و کمترین مقدار آن ۰/۰۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد.

۳-۱-۵- کلسیم

کلسیم (Ca^{2+}) از کاتیون‌های اصلی آب‌های زیرزمینی و سطحی می‌باشد. کلسیم می‌تواند از سازندهای آهکی-دولومیتی ژوراسیک منطقه منشأ بگیرد. میانگین فراوانی این عنصر ۳/۱۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر است که بیشینه مقدار آن ۴/۷۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر و کمترین مقدار آن ۱/۹۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد.

۳-۱-۶- منیزیم

در سنگ‌های رسوبی منشأ یون منیزیم (Mg^{2+}) عمدتاً کانی دولومیت و منیزیت می‌باشد (Deutsch1997). میانگین فراوانی این عنصر ۱/۵۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر است که بیشینه مقدار آن ۳/۷۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر و کمترین مقدار آن ۰/۲۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد.

۳-۱-۷- پتاسیم

وجود یون‌های Na^+ ، K^+ و Cl^- را به سازندهای تبخیری منطقه می‌توان نسبت داد. میانگین فراوانی این عنصر ۰/۰۸ میلی‌اکی‌والان در لیتر است که بیشینه مقدار آن ۰/۵۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر و کمترین مقدار آن ۰/۰۱ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد.

۳-۲- مطالعات آماری چند متغیره

۳-۲-۱- تحلیل مؤلفه‌های اصلی

روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر داده‌ها موجب شد تا تعداد ۱۱ مؤلفه اصلی برای داده‌ها تعیین شود. جدول (۴) تعداد ۱۱ مؤلفه اصلی و درصد تجمعی واریانس سه مؤلفه را نشان می‌دهد. سه مؤلفه اول با بیش از ۷۰٪ تغییرپذیری، جامعه آماری را توجیه می‌کنند. این سه عامل در نظر گرفته شده حدود ۴۹/۳ درصد تا ۷۴/۷۵ درصد از ترکیب آب را در این منطقه تحت کنترل خوددارند (جدول ۴). بر اساس مقادیر ویژه جدول (۵) تعداد مقادیر ویژه بیشتر از ۱ را به‌عنوان تعداد عامل‌ها در نظر می‌گیرند، لذا با این تعریف تعداد عامل‌ها برابر ۳ خواهد بود. عامل اول بیشتر تحت تأثیر املاح محلول، هدایت الکتریکی، بیکرنات، کلراید، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و سختی است. در عامل اول، عناصر بیکرنات و کلراید (از میان آنیون‌ها) و سدیم و منیزیم (از میان کاتیون‌ها) تأثیر بسزایی دارد. این پارامترها نشانگر کیفیت آب منطقه هستند. مؤلفه یا عامل اول با داشتن ۴۹/۳ درصد از واریانس کل بیشترین تأثیر بر کیفیت آب منطقه را دارد، که این نشان‌دهنده ارتباط قوی بین مشخصه‌های عامل اول می‌باشد. عامل دوم، بیشتر تحت تأثیر اسیدیته و سولفات می‌باشد و ۱۳/۴۲ از واریانس کل را شامل می‌شود. عامل سوم، بیشتر تحت تأثیر کلسیم می‌باشد. عامل سوم ۱۲/۰۲ از واریانس کل و در نتیجه تأثیر کمتری نسبت به سایر عوامل دارد.

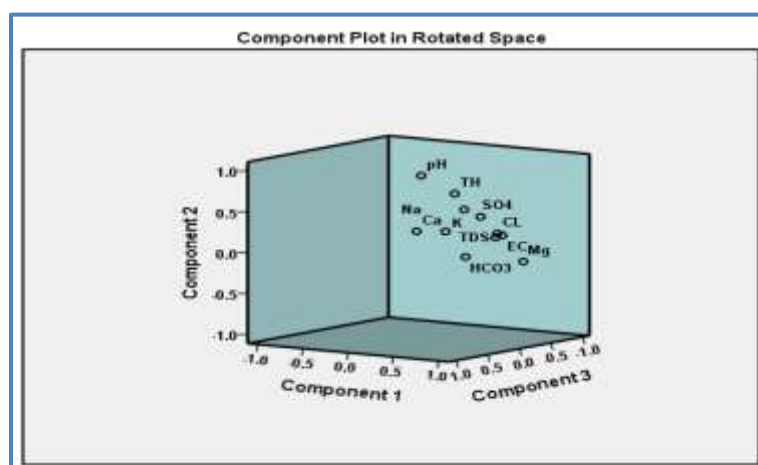
جدول ۴- نتایج حاصل از اعمال روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر داده‌ها

مقادیر ویژه			
مؤلفه	درصد تجمعی	درصد واریانس	کل
۱	۴۹/۳	۴۹/۳	۵/۴۲
۲	۶۲/۷۲	۱۳/۴۲	۱/۴۷
۳	۷۴/۷۵	۱۲/۰۲	۱/۳۲
۴	۸۲/۶۵	۷/۹۰	۰/۸۷
۵	۸۹/۵۲	۶/۸۶	۰/۷۵
۶	۹۴/۴۴	۴/۹۲	۰/۵۴
۷	۹۷/۰۷	۲/۶۳	۰/۲۸
۸	۹۹/۵۹	۲/۵۱	۰/۲۷
۹	۹۹/۸۶	۰/۲۷	۰/۰۳
۱۰	۹۹/۹۸	۰/۱۱۴	۰/۰۱۳
۱۱	۱۰۰	۰/۰۱۷	۰/۰۰۲

جدول ۵- نتایج مدل عاملی و تفکیک عامل‌ها قبل از چرخش

عامل			
۳	۲	۱	
-۰/۰۷	-۰/۱۲	۰/۹۴	TDS
۰/۳۸	۰/۷۴	۰/۲۷	Ph
-۰/۱۴	-۰/۰۶	۰/۹۵	EC
۰/۰۹	۰/۴۵	۰/۸۰	HCO ₃
-۰/۱۴	-۰/۰۱	۰/۸۸	Cl
-۰/۴۸	۰/۶۵	۰/۱۸	SO ₄
۰/۵۴	-۰/۲۴	۰/۵۷	Ca
-۰/۶۷	-۰/۰۶	۰/۶۹	Mg
۰/۱۳	۰/۲۴	۰/۶۸	Na
۰/۱۸	-۰/۰۴	۰/۵۴	K
۰/۲۹	۰/۳۸	۰/۶۹	TH

شکل شماره (۷) مشخصه‌های مؤثر در هر عامل را نشان می‌دهد. با توجه به مشخصه‌های موجود در هر عامل و منشأ آن‌ها، عامل اول، دوم و سوم مبین تأثیر سازندهای زمین‌شناسی بر هیدروشیمی منطقه است، که این اثر را زمین‌زاد نامیده می‌شود. تأثیر سه عامل گفته‌شده نشان‌دهنده تعامل آب - سنگ است که این عوامل در ارتباط با انحلال و هوازگی سنگ‌های کربناته و حاوی ترکیبات کلسیم و منیزیم دار است.



شکل ۷- پلات بار سه مؤلفه اصلی

۳-۲-۲- ضریب همبستگی و آنالیز خوشه‌ای

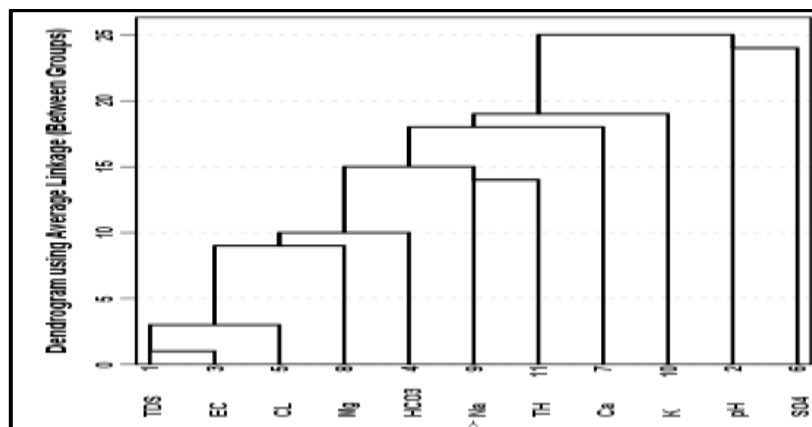
آنالیز ضریب همبستگی دو متغیر برای توصیف ارتباط جفت پارامترهای هیدروشیمیایی به کار برده شده است. همبستگی‌ها نشان‌دهنده تشابه حل شدن یون‌ها می‌باشد و این امر می‌تواند نشان‌دهنده آلودگی از منابع یکسان باشد. ضریب همبستگی (r) بالا (+۱ یا -۱) به معنی همبستگی خوب بین دو جفت متغیر می‌باشد و مقادیر نزدیک به صفر بیانگر عدم ارتباط بین دو متغیر در یک سطح معنی‌دار $p < 0.05$ است. به‌طور صریح می‌توان گفت پارامترهایی که $r > 0.7$ نشان می‌دهند، به‌صورت همبستگی قوی، $0.7 < r < 0.5$ همبستگی متوسط و $r < 0.5$ همبستگی ضعیف در نظر گرفته می‌شوند (Oinam et al. 2012). با توجه به جدول (۶) بیشترین میزان همبستگی بین مجموع املاح محلول و کلر مشاهده می‌گردد. همچنین همبستگی بین TDS با بیکربنات و منیزیم بالا می‌باشد. همبستگی خوبی نیز بین یون‌های منیزیم و کلر و همین‌طور بیکربنات و کلسیم وجود دارد. همبستگی مناسبی نیز بین سدیم با کلر و بیکربنات با منیزیم وجود دارد. با توجه به نمودار خوشه‌ای ترسیم‌شده شکل (۸) پارامترها در چهار خوشه: SO_4^{2-} و pH خوشه اول، K^+ خوشه دوم، Ca^{2+} خوشه سوم و Cl^- ، EC، TDS، HCO_3^- ، Mg^{2+} ، Na^+ و TH در خوشه چهارم قرار می‌گیرند. اختلاف چهار خوشه در CA به عواملی مثل جنس سازند و سنگ برمی‌گردد که خوشه اول مربوط به ژئیس، خوشه دوم مربوط به شیست و سازندهای تبخیری، خوشه سوم مربوط به کلسیت، دولومیت، سنگ‌های کربناته، خوشه چهارم مربوط به دولومیت، مارن، رس، سنگ‌های کربناته، شیست، دیوریت و رس می‌باشد. قرار گرفتن TDS و EC در یک خوشه (خوشه چهارم) ارتباط نزدیک این دو را تأیید می‌کند، همان‌طور که در رابطه (۲) هم این ارتباط مشاهده می‌شود:

$$TDS = 0.64 EC$$

(۲)

جدول ۶- ماتریس همبستگی پارامترهای موجود در نمونه‌های رودخانه ازنا

TH	K	Na	Mg	Ca	SO ₄	Cl	HCO ₃	pH	TDS
									۱
								۱	۰/۲۰
							۱	-۰/۰۶	۰/۷۶
						۱	۰/۵۶	۰/۱۹	۰/۸۸
					۱	۰/۱۳	-۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۰۸
				۱	-۰/۰۳	۰/۳۴	۰/۶۶	۰/۰۸	۰/۵۲
			۱	۰/۰۲	۰/۳۷	۰/۶۴	۰/۵۹	-۰/۰۴	۰/۷۱
		۱	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۵۹	۰/۵۲	۰/۲۸	۰/۴۷
	۱	۰/۳۵	۰/۲۰	۰/۳۲	۰/۰۳	۰/۵۷	۰/۳۴	۰/۱۷	۰/۴۵
۱	۰/۲۱	۰/۵۴	۰/۲۹	۰/۴۳	۰/۱۹	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۵۱	۰/۵۹



شکل ۸- دندروگرام آنالیز خوشه‌ای عناصر اصلی نمونه‌های رودخانه ازنا

۳-۳- آنالیز رگرسیون

رگرسیون ساده خطی بین مؤلفه‌های کیفی آب و مجموع مواد جامد محلول اجرا و نتایج آن در جدول (۷) ارائه شد. در جدول ارائه‌شده Sig آزمون‌های رگرسیون را نشان می‌دهد که اگر از ۰/۰۵ کمتر باشد آزمون معنی‌دار بوده است. R میزان همبستگی را نشان می‌دهد که هرچه میزان بالاتر باشد همبستگی بیشتر می‌باشد. با توجه به جدول مجموع مواد جامد محلول بالاترین همبستگی را با هدایت الکتریکی و کلراید نشان می‌دهد. با توجه به اینکه هدایت الکتریکی معرف قدرت یونیک محلول برای انتقال جریان الکتریکی است و میزان هدایت الکتریکی به عناصر محلول در آب بستگی دارد در نتیجه با افزایش عناصر محلول در آب میزان هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد (Lalozayy و Sadqypanah, 2012). افزایش یون کلر از افزایش هدایت الکتریکی تبعیت می‌نماید، همچنین با TDS رابطه مستقیم دارد. نمودارهای پراکنش یون‌ها و هدایت الکتریکی در مقابل TDS نیز بیان‌کننده رابطه خطی کلراید و هدایت الکتریکی با مواد جامد محلول می‌باشد.

جدول ۷- نتایج آزمون آنالیز رگرسیون آنیون‌ها، کاتیون‌ها و هدایت الکتریکی در مقابل مجموع مواد جامد محلول

پارامترها	ضریب همبستگی رگرسیون (R)	ضریب تعیین	انحراف معیار برآورد	سطح معنی‌دار بودن (Sig)	نتیجه برازش بین متغیرها
HCO ₃	۰/۷۶۴	۰/۵۸۳	۰/۶۷۰	۰/۰۰۰	$y = 0/006x + 1/796$
Cl	۰/۸۸۱	۰/۷۷۷	۰/۲۰۴	۰/۰۰۰	$y = 0/003x - 0/372$
SO ₄	۰/۰۸۵	۰/۰۰۷	۰/۵۲۳	۰/۶۳۹	$y = 0/0003x + 0/390$
Ca	۰/۵۲۷	۰/۲۷۸	۰/۵۳۹	۰/۰۰۲	$y = 0/003x + 2/252$
Mg	۰/۷۱۷	۰/۵۱۴	۰/۶۴۲	۰/۰۰۰	$y = 0/005x - 0/195$
Na	۰/۴۷۵	۰/۲۲۶	۰/۳۲۱	۰/۰۰۵	$y = 0/001x - 0/145$
K	۰/۴۵۹	۰/۲۱۱	۰/۰۸۸	۰/۰۰۷	$y = 0/0004x - 0/037$
EC	۰/۹۸۰	۰/۹۶۱	۳۹/۴۹۰	۰/۰۰۰	$y = 1/512x + 24/328$

۴- نتیجه گیری

با توجه به نمودار پایپر مشخص شد که نمونه‌های آب رودخانه در دو دوره خشک و مرطوب دارای کاتیون کلسیم و منیزیم و آنیون بیکربنات غالب خواهد بود. همچنین میزان عناصر قلیایی خاکی بیش از عناصر قلیایی است و اسیدهای ضعیف بیش از اسیدهای قوی است و رخساره هیدروشیمیایی از نوع بیکربنات کلسیک می‌باشد. با توجه به نمودارهای سری زمانی ترسیم شده مقادیر بالای دو یون بی‌کربنات و کلسیم تیپ بی‌کربنات کلسیک به دست آمده از نمودار پایپر را تأیید می‌کند. غلظت یون بی‌کربنات بیش از کلسیم و میزان تغییرات آن بیشتر و با روند تغییرات کل جامدات محلول مشابه است این امر می‌تواند نشان‌دهنده انحلال سنگ‌های کربنات و آهکی منطقه و نقش کلیدی آن در افزایش میزان کل جامدات محلول باشد. آب رودخانه از نا عمدتاً برای شرب (در دوره زمانی مورد مطالعه در دو دوره خشک و مرطوب) از کیفیت مناسبی برخوردار هست و در تقسیم‌بندی شولر در رده خوب و قابل قبول قرار می‌گیرد. طبق نمودار ویلکاکس ترسیم شده در دوره خشک بعضی نمونه‌ها با بالا بودن مقادیر TDS در کلاس C_3S_1 (کمی شور که با تمهیدات برای کشاورزی مناسب می‌شود) و بعضی دیگر در کلاس (تقریباً مناسب) C_2S_1 قرار می‌گیرند اما در دوره مرطوب تمامی نمونه‌ها در کلاس C_2S_1 قرار می‌گیرند. میانگین TDS نمونه‌های آب رودخانه از نا تقریباً برابر با ۳۴۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد. مقدار میانگین EC و TH به ترتیب برابر ۵۴۲/۵ و ۱۸۱/۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر اندازه‌گیری شده است. میانگین pH برابر با ۷/۶۸ می‌باشد. بیشترین میزان همبستگی بین مجموع املاح محلول و کلر مشاهده می‌گردد. پارامترها در چهار خوشه: SO_4^{2-} و pH خوشه اول، K^+ خوشه دوم، Ca^{2+} خوشه سوم و TDS، EC، Cl^- ، Mg^{2+} ، HCO_3^- ، Na^+ و TH در خوشه چهارم قرار می‌گیرند. آنالیز رگرسیون خطی کاتیون‌ها، آنیون‌ها و هدایت الکتریکی در مقابل مجموع مواد جامد محلول همبستگی بالایی بین TDS با EC و Cl^- را نشان می‌دهد.

References

- Akter M., Sikder T. and Atique Ullah A. K. M. (2014). Water quality assessment of an industrial zone polluted aquatic body in Dhaka, Bangladesh. *Am. J. Environ. Protec.*, 3(5): 232-237.
- Asghari Moghaddam A., Gharabegloo L., Naderi A. and Tahmasebi A. (2007). Studies hydrochemical plains of Salmas and how it relates to the lake Orumieh. *Regional Conference of Groundwater. Islamic Azad University Behbahan Unit [In Persian]*.
- Bouwer H. (1978) *Groundwater hydrology*. McGraw Hill, Inc.
- 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. *Ecotoxicol. Environ. Safety*. 73: 907-913.
- Deutsch W. J. (1997) *Groundwater geochemistry: Fundamental and application to contamination*. Levis Pub., New York.
- Emamgholizadeh S., Fathimoghadam M. and Ma'rofpur A. (2006). Study quality water river Kandak located in Khuzestan in terms of consumes for agriculture. *Proceeding of national conference networks management irrigation and drainage. Volume 3. Shahid Chamran University [In Persian]*.
- 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. *Proceeding Environmental Sciences*. 2: 1220-1234.

- Gu Q., Li J., Deng J., Lin Y., Ma L., Wu C., Wang K. and Hong, Y. (2015). Eco-environmental vulnerability assessment for large drinking water resource: A case study of Qiandao Lake Area, China. *Front. Earth Sci.*, 9, 578-589.
- Guler C. Thyne G., D. McCray J. E. and Turner A. K (2002). Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data. *Hydrogeol. J.*, 10: 455-474.
- Khamer Z., M. H. Mahmoudi Gharai., S. Omrani and A. Sayareh. (2011). Assess the quality of water resources in the mine area zar mountain. West Torbatheydariyeh. 4th Conference Iranian Society of Economic Geology [In Persian].
- Lalozayy A. and Sadqy Panah V. (2012). Evaluate the chemical quality ground water in terms of agriculture in the watershed white springs city mahvelat(Khorasan Razavi). First national conference on climate change and food security Isfahan [In Persian].
- Malina J. F. (1996). *Water Resources Handbook*, McGraw Hill, New York.; 8:1-49.
- Marsh T. J. and Lees M. L. (2003). *Hydrological data UK: Hydrometric Register and Statistics. 1991-95: Institute of Hydrology and British Geological Survey report*, Institute of Hydrology, MacLean Building, Crow Marsh. Gifford, Wallingford, OXON, OX10 8BB, UK.
- Oinam J, D. Ramanathan, A. L. and Jayalakshmi, S. G. (2012). Geochemical and statistical evaluation of groundwater in Imphaland Thoubal district of Manipur, India. *J. Asian Earth Sci.*, 48: 136-149.
- Piper A. M. (1944). A graphical producer in the geochemical interpretation of water analysis. *Trans. Am. Geophys. Union*, 25, 6, 914-923.
- Poyraz B. and Taspınar F. (2014). Analysis, Assessment and Principal Component Analysis of Heavy Metals in Drinking Waters of Industrialized Region of Turkey. *Int. J. Environ. Res*, 8(4), 1261-1270.
- Shokouhifar and M. Izadpanah Z. (2013). Evaluate relationship between TDS, EC, HCO₃ and Cl with karun river discharge in cold and warm seasons of the year using regression analysis. The first national conference challenges of water resources and agriculture. Islamic Azad University of Khorasgan unit [In Persian].
- Soleimani S. (2013). Analysis and routing indexes of chemical water quality, case study river Chamanjer Khorramabad. *Quarterly scientific research engineering irrigation and water*. No. XII, third year: 95-106 [In Persian].
- WHO. (2011). *Guidelines for drinking water quality, 4th ed., Recommendations*, World Health Organization, Geneva: pp. 1-4.
- Zhang B. Song X. Zhang Y. Han D. Tang C. H. Yu, Y. and Ma Y. (2012). Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface water and groundwater in Songnen plain, Northeast China. *Water Res.*, 46: 2737-2748.

Qualitative and quantitative evaluation of surface water using statistical analysis in Azna river, Lorestan

Artimes Ghassemi Dehnavi¹, Ramin Sarikhani^{1*}, Seyedeh Hadis Hosseini¹, Zeinab Ahmadnejad² and Behrouz Ebrahimi³

¹Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran

²PhD Scholar of Geology, Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran

³Lorestan Regional Water Authority, Khorramabad, Iran

*Corresponding author: Sarikhani.r@gmail.com

Received: November 9, 2016

Accepted: October 3, 2016

Abstract

In recent decades, water pollution has become as serious threat to the human and natural ecosystem so that assessing changes in water quality is one of the most important topics for desirable use. In this investigation, Azna River water quality was studied at the Chamzaman hydrometric station during dry period (April to September) and wet period (October to March). To evaluate the water quality, Piper, Schoeller, Wilcox, and time-series diagrams were applied. Results of Azna River water in Piper diagram indicates that water type is calcic bicarbonates. Schoeller diagram evaluated good and desirable quality for drinking. According to the statistical studies, data analysis led to determination of 11 principal components for the data set; the first three components with more than 70% variability justifies the statistical population. Moreover, the samples were plotted in four clusters as: the first cluster SO_4^{2-} and pH, the second cluster K^+ , the third cluster Ca^{2+} and the fourth cluster TDS, EC, Cl^- , Mg^{2+} , HCO_3^- , Na^+ , and TH. The highest correlation was observed between the total dissolved solid and chloride. According to significant level of 0.05 in Kolmogorov – Smirnov, all ions of Azna River had normal distribution. Linear regression analysis of cations, anions, and electrical conductivity as dependent variable versus total dissolved solids as the independent variable showed high correlation between TDS with EC and Cl^- .

Keywords: PCA, Linear Regression, Main Components, Cluster Correlation