

مطالعه کیفی آب‌های زیرزمینی ساختگاه سد خرسان ۲ با استفاده از روش تحلیل آماری چند متغیره

مجتبی رحیمی شهید^۱، محمد امین قسوره^۲، غلامرضا لشکری پور^{۳*}

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۱۱/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۷

مقاله پژوهشی برگرفته از تحقیقات دانشجویان دکتری

چکیده

در این مقاله کیفیت آب‌های زیرزمینی ساختگاه سد در حال احداث خرسان ۲ در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از روش‌های چند متغیره آماری مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، از اطلاعات ماهانه کیفیت آب زیرزمینی ۳۴ گمانه و چشمه از ساختگاه سد شامل پارامترهای Ca ، Mg ، K ، Na ، Cl ، PH ، CaCO_3 ، TDS و EC استفاده گردید. از روش آماری آنالیز فاکتور اصلی برای شناسایی پارامترهای کیفی اصلی که نقش مهم‌تری در تغییر کیفیت آب دارند، استفاده شده است. آنالیز فاکتور اصلی نشان داد که تمامی پارامترهای کیفی انتخاب شده برای بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی ساختگاه این سد مهم بودند. بر پایه مطالعات صورت گرفته سه عامل که بیش‌ترین نقش را در تبیین واریانس داده‌ها دارند، استخراج شد. عامل اول که حدود نیمی از تأثیر بر کیفیت آب با درصد واریانس کل ۵۵/۲۸ را بر عهده دارد، شامل پارامترهای Ca ، Mg ، Na ، Cl ، TDS و EC می‌باشند که کاملاً مربوط به پارامترهای کیفیت آب و ناشی از طبیعت منطقه هستند. عامل دوم شامل HCO_3 و CaCO_3 و عامل سوم شامل K و PH است. عامل دوم و سوم به ترتیب ۱۵/۱۴ و ۱۰/۲۵ درصد واریانس کل را به خود اختصاص داده‌اند. عامل‌های دوم و سوم متأثر از انحلال سازند آهک آسماری موجود در منطقه مورد بررسی است. همچنین مقایسه میانگین نتایج آنالیز شیمیایی آب با استانداردهای ملی و سازمان بهداشت جهانی (WHO) انجام شده است.

واژه‌های کلیدی: آنالیز فاکتور اصلی، تحلیل آماری، سد خرسان ۲، کیفیت آب، لردگان.

^۱ دانشجوی دکتری، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، Mr619htt@gmail.com

^۲ دانشجوی دکتری، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، Aminghasvareh164@gmail.com

^۳ استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، (مسئول مکاتبه)، lashkaripour@um.ac.ir



مقدمه

امروزه آب به‌عنوان یکی از عوامل توسعه اقتصادی در کشورها و بخصوص در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید. لذا حفظ کیفیت آب‌های موجود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا مدیریت بهینه جهت استفاده از آب مخازن سدها به‌عنوان یکی از مهمترین منابع تامین آب شرب، کشاورزی و صنعتی از اهمیت ویژه‌ای در توسعه کشورها به حساب می‌آید. کیفیت آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف به دلیل تنوع سازندها و ساختارهای زمین‌شناسی و عوامل هیدروژئولوژیکی تغییرات متفاوتی را دربر دارد. شناخت و بررسی کیفیت منابع آب در مدیریت و استفاده بهینه از آن از اهمیت بالایی برخوردار است.

یکی از روش‌های آماری برای تجزیه اطلاعات موجود در مجموعه داده‌ها، روش تجزیه عامل‌ها یا تحلیل عاملی است. در این روش متغیرها در عامل‌هایی قرار می‌گیرند به طوری که از عامل اول به عامل‌های بعدی درصد واریانس کاهش می‌یابد، از این‌رو متغیرهایی که در عامل‌های اولی قرار می‌گیرند، تأثیرگذارترین هستند. تجزیه عاملی در واقع گسترش تجزیه مؤلفه‌های اصلی است. تلاش بر آن است که ماتریس کوواریانس تقریب زده شود، اما این تقریب در مدل تحلیل عاملی از دقت و ظرافت بیش‌تری برخوردار است (Simeonov et al., 2003). به‌طور کلی هدف‌های تجزیه عامل‌ها به شرح زیر خلاصه می‌شوند (Jolliffe, 2002):

الف) تفسیر وجود همبستگی درونی بین تعدادی صفت قابل مشاهده از طریق عواملی که قابل مشاهده نیستند و آن‌ها را عامل گویند. در واقع این عوامل غیرقابل مشاهده دلیل مشترک همبستگی بین متغیرهای اصلی هستند.

ب) ارائه روش ترکیب و خلاصه کردن تعداد زیادی از متغیرها در تعدادی گروه متمایز.

ج) از بین متغیرهای مختلف تأثیرگذارترین آن‌ها تعیین شده و در پژوهش‌های بعدی به‌طور جزئی‌تر متغیرهای تأثیرگذار را با تکرار بیش‌تری بررسی می‌کنند. با توجه به موارد بالا، عمده‌ترین هدف استفاده از تحلیل عاملی، کاهش حجم داده‌ها و تعیین مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌ها است (Jolliffe, 2002).

مطالعات زیادی بر در این زمینه روی کیفیت آب‌های مناطق مختلف انجام گرفته است که در ادامه توضیح

مختصری در خصوص برخی از مطالعات ارائه خواهد شد. اوپانگ و همکاران از دو روش PCA و PFA برای شناسایی مناسب‌ترین پارامترهای توصیف‌کننده کیفیت و نیز تعیین ایستگاه‌های گویای کیفیت آب رودخانه جونز در کالیفرنای آمریکا استفاده نموده‌اند (Ouyang et al., 2005).

در تحقیقی برای تفسیر بهتر و مشخص‌سازی منابع آلاینده فلزات سنگین، ترکیبات آلی و دیگر پارامترهای فیزیکی رودخانه‌ای در شمال شرق اسپانیا از روش آنالیز فاکتور اصلی به‌صورت تلفیق با سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است (Terrado et al., 2006). کازما و شریستا از روش‌های PCA، CA و PFA جهت بررسی تفاوت‌های مکانی و زمانی حجم زیادی از داده‌های کیفیت آب رودخانه فوجی در کشور ژاپن استفاده کرده‌اند (Shrestha and Kazama, 2007).

شبان و فتاحی به بررسی تأثیرات بارندگی بر کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی شهرهای شمال فارس در فاصله سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵ پرداخته‌اند. در این مطالعه ۲۱۲ حلقه چاه شامل ۷۶ حلقه چاه آبرفتی و ۱۱۲ حلقه چاه در سازند آهکی به‌عنوان نمونه انتخاب گردیده است. با استفاده از نرم‌افزار SPSS و بررسی ضریب همبستگی پیرسون و P-Value نتایج نشان داده که بارندگی بر تغییر میزان متغیرهای EC، PH، TDS، F، NO₃ اثرگذار است و در تجزیه و تحلیل آماری با تعیین ضریب همبستگی پیرسون و P-Value نشان داده شده که تأثیر بارندگی بر تغییرات میزان TDS، NO₃ و EC معنادار و رابطه آن مستقیم است (شبان و فتاحی، ۱۳۹۷).

بذرافشان و گرکانی نژاد از آنالیز مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای جهت تعیین چاه‌های مؤثر برای تعیین تراز سطح ایستابی سفره آب زیرزمینی دشت میناب واقع در استان هرمزگان و حذف چاه‌های کم اهمیت استفاده کردند (بذرافشان و گرکانی نژاد، ۱۳۹۷).

نیسی و تیشه‌زن جهت یافتن روابط بین متغیرها و تعیین متغیرهای اصلی تعیین‌کننده کیفیت آب به ترتیب از تحلیل همبستگی کانونی و تحلیل مؤلفه اصلی استفاده کرده‌اند. نتایج نشان داده که بین دو دسته متغیرهای فیزیکی و شیمیایی رودخانه دز، رابطه معنی داری وجود دارد که بیشتر

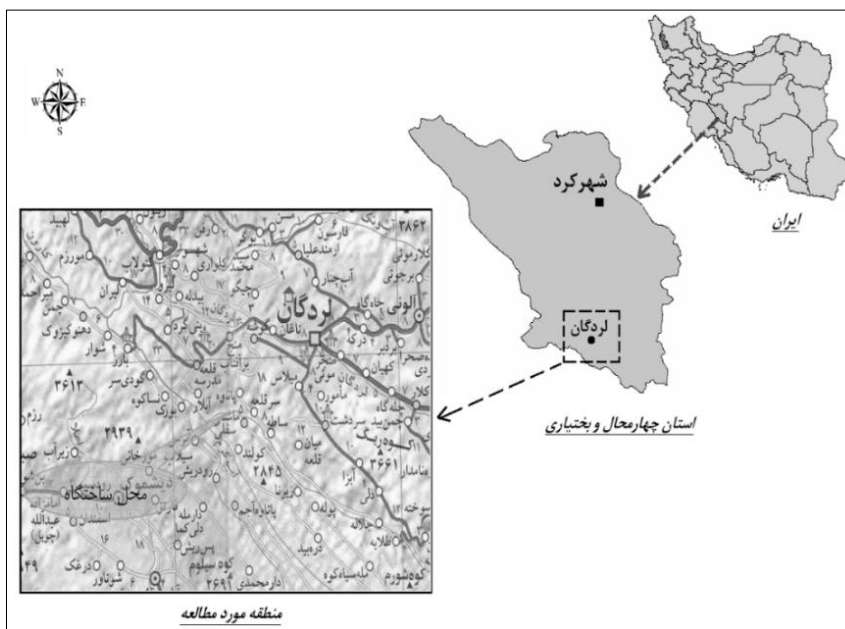
مقایسه‌ای بین میانگین نتایج آنالیز شیمیایی آب با استانداردهای ملی و سازمان بهداشت جهانی انجام شده است.

منطقه مورد مطالعه

سد خرسان ۲، بر روی رودخانه خرسان یکی از سرشاخه‌های مهم رودخانه کارون به مختصات ۳۱/۲۵ درجه عرض شمالی و ۵۰/۳۶ درجه طول شرقی در استان چهارمحال و بختیاری در فاصله حدود ۶۰ کیلومتری جنوب غربی شهر لردگان در ارتفاعات زاگرس در حال احداث است. حجم دریاچه در رقوم نرمال ۲/۳ میلیارد مترمکعب است. دستیابی به محل سد از طریق جاده آسفالت لردگان به روستاهای قلعه مدرسه و آبچنار به طول حدود ۵۰ کیلومتر و از روستای آبچنار از طریق جاده خاکی به طول حدود ۹ کیلومتر امکان‌پذیر است. موقعیت سد در شکل (۱) نمایش داده شده است.

ناشی از منابع انسان ساخت است (نیسی و تیشه‌زن، ۱۳۹۷). راکتوندرا به و همکاران به بررسی و ارزیابی کیفیت آب در منطقه معدن طلای بتاری - اوپا (شرق کامرون) با استفاده از رویکرد تحلیل چند متغیره پرداختند. غلظت بالای عامل TSS و عناصر ریز موجود در این حوضه عمدتاً به علت فعالیت‌های استخراج طلا اکتشاف، بهره‌برداری و حفاری است (Rakotondrabe et al., 2018).

یار رحمان و همکاران کیفیت آب‌های زیرزمینی دره اسماعیل‌خان پاکستان را با استفاده از روش آماری چند متغیره مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که برخی پارامترهای کیفیت آب، مانند جامدات محلول (TDS)، سولفات، فلوراید و آرسنیک، فراتر از استاندارد WHO بودند (Ur Rehman et al., 2018). هدف اصلی این تحقیق بررسی پارامترهای شیمیایی آب‌های زیرزمینی ساختگاه سد خرسان ۲ و یافتن پارامترهای اصلی از بین پارامترهای انتخاب شده در تعیین کیفیت آب با استفاده از روش تحلیل آماری چند متغیره است. در پایان



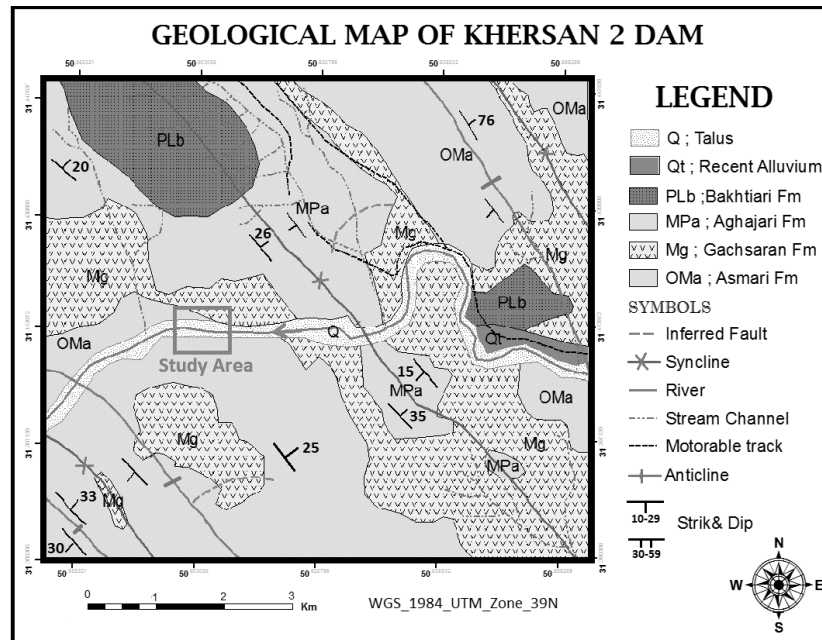
شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

چینه‌شناسی سنگ‌های ساختگاه و مخزن سد شامل سنگ‌های مارنی، آهکی، نهشته‌های تبخیری، ماسه‌سنگ و کنگلومرای سازندهای مختلف از کرتاسه تا عهد حاضر است

ساختگاه و مخزن سد در واحد زمین‌ساختی زاگرس و در زیر واحد زمین‌ساختی زاگرس چین‌خورده قرار گرفته است.

سروک، ایلام و گورپی اشاره کرد (Rahimi Shahid et al., 2016).

(شکل ۲). از جمله این سازندها می‌توان به سازندهای آسماری، گچساران، آغاچاری، بختیاری و رسوبات آبرفتی عهد حاضر در نزدیکی ساختگاه و کمی دورتر سازندهای



شکل (۲): نقشه زمین‌شناسی ساختگاه سد خرسان ۲ (Rahimi Shahid et al., 2016)

می‌توان هر تعداد متغیر مرتبط با مسئله تحقیق را در تحلیل وارد کرد. مشروط بر آنکه متغیرها با روش درستی سنجیده شده باشند و ضریب اعتبار سنجش متغیرها در حد قابل قبولی باشد. آنالیز فاکتور اصلی از روش‌های آماری چند متغیره است که می‌توان از آن برای کاهش پیچیدگی تحلیل متغیرهای اولیه مسئله در مواردی که با حجم زیاد اطلاعات روبرو است، استفاده نمود. با اعمال این روش، متغیرهای اولیه به مؤلفه‌های جدید و مستقل از یکدیگر تبدیل می‌شوند. مؤلفه‌های جدید ایجاد شده ترکیبی خطی از متغیرهای اولیه هستند (Noori et al., 2009).

با استفاده از این روش، ترکیباتی از P متغیر اولیه Z_1, Z_2, \dots, Z_p برای ایجاد X_1, X_2, \dots, X_p مؤلفه مستقل P ایجاد می‌شود. عدم همبستگی بین این مؤلفه‌ها ویژگی مفیدی است چراکه عدم همبستگی به این معنی است که مؤلفه‌ها، جنبه‌های متفاوتی از متغیرهای اولیه را نمایان می‌سازد (Manly, 2016). در این روش به جای استفاده مستقیم از متغیرهای اولیه، ابتدا آن‌ها را به مؤلفه‌های

وضعیت توپوگرافی دره خرسان در محدوده مخزن سد خرسان ۲ متأثر از عوارض ساختاری زمین‌شناسی بوده و امتداد دره و همچنین ستیغ‌های اصلی، به موازات محور چین خوردگی‌های زاگرس است. برش عرضی دره عموماً V شکل است و آبراهه‌هایی که تقریباً در راستای عمود بر امتداد دره خرسان هستند به آن می‌پیوندند. در برخی از این آبراهه‌ها به صورت دائمی آب جریان دارد و بقیه آبراهه‌ها تنها در مواقع بارندگی آب‌های سطحی را به شاخه اصلی رودخانه خرسان هدایت می‌کنند. شبکه آبراهه‌ها در محدوده مخزن سد خرسان ۲ از الگوی شاخه‌ای برخوردار است.

روش تحقیق

یکی از روش‌های آماری برای تجزیه اطلاعات موجود در مجموعه داده‌ها، روش تجزیه عامل‌ها یا تحلیل عاملی است. متغیرهایی برای تحلیل عاملی مناسب‌تر هستند که در سطح سنجش فاصله‌ای باشند، بنابراین در برخی موارد از متغیرهای رتبه‌ای و اسمی نیز استفاده می‌شود.

تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی ساختگاه سد خرسان ۲

در این پژوهش جهت تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی ساختگاه سد خرسان ۲ از نتایج شیمیایی نمونه‌های آب در ۳۴ گمانه و چشمه استفاده شده است (جدول ۱). جهت کاهش حجم داده‌ها و تعیین تأثیرگذارترین آن‌ها به روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، از ۱۰ پارامتر شامل: Ca ، HCO_3 ، Mg ، K ، Na ، Cl ، PH ، $CaCO_3$ ، TDS و EC استفاده شده است (جدول ۱).

بحث و نتایج

در اولین گام جهت تعیین وجود همبستگی معنی‌دار بین متغیرها در محیط نرم‌افزار SPSS V. 22 از روش (Kaiser-Meyer-Olkin) و آزمون کرویت بارتلت استفاده شده است. در صورتی که مقدار KMO کم‌تر از ۰/۵ باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهند بود و اگر مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ باشد می‌توان با احتیاط بیشتری به تحلیل عاملی پرداخت (جدول ۲). مطابق جدول (۳) مقدار KMO برابر ۰/۷۱۵ است بنابراین داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی مناسب خواهند بود.

فرض‌های آزمون کرویت بارتلت به شرح ذیل است:

$$\begin{cases} H_0: \text{همبستگی وجود ندارد} \\ H_1: \text{همبستگی وجود دارد} \end{cases}$$

مطابق جدول (۳)، در سطح معنی‌داری ۵ درصد، فرض صفر رد می‌شود، یعنی بین متغیرها همبستگی معنی‌دار وجود دارد.

$$\begin{cases} \text{Sig} = 0.0 < \alpha \Rightarrow RH_0 \\ \alpha = 0.05 \end{cases} \quad (1)$$

برای تعیین پارامترهای اصلی تغییر کیفیت آب، محاسبه ماتریس متقارن همبستگی با استفاده از روش آنالیز فاکتور اصلی (PCA) با استفاده از نرم‌افزار SPSS V. 22 انجام شد که نتایج آن در جدول (۴) ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود در کل همبستگی مناسبی بین متغیرهای مختلف دیده می‌شود.

جدیدی تبدیل کرده سپس از این مؤلفه‌ها به جای متغیرهای اولیه استفاده می‌گردد (رأی نظامی و همکاران ۱۳۹۱).

مراحل اجرای تحلیل عاملی شامل انتخاب متغیرهای مناسب، استخراج عامل‌ها و تعیین متغیرهای هر عامل (تفسیر ماتریس عاملی) است. در ماتریس عاملی هر ستون معرف یک عامل است. مقادیر هر ستون نشان‌دهنده بارهای عاملی هر متغیر با یک عامل هستند. در خروجی نرم‌افزار عامل‌ها به ترتیب از چپ به راست با شماره‌های ۱ و ۲ و ۳ و الی آخر قرار می‌گیرند. متغیرها در ستون اول از بالا به پایین فهرست می‌شوند. برای شروع تفسیر باید از اولین متغیر شروع و مقادیر مربوط به آن را در عامل‌های مختلف بررسی کرد. هر جا که بیش‌ترین مقدار مطلق بار عاملی وجود داشته و از نظر آماری نیز معنی‌دار باشد، مشخص می‌شود.

به همین ترتیب مراحل باید برای متغیرهای دیگر نیز انجام شود. هنگامی که با بررسی ماتریس عاملی، بارهای عاملی معنی‌دار مشخص شدند، باید متغیرهایی که بر روی هیچ‌یک از عامل‌ها بار عاملی معنی‌دار ندارند نیز مشخص شوند. با متغیرهایی که با هیچ‌کدام از عامل‌ها همبستگی معنی‌دار ندارند به ۲ شیوه برخورد می‌شود (رضایی و همکاران ۱۳۹۵).

شیوه اول آن است که این متغیرها را به فراموشی سپرده و تنها متغیرهای معنی‌دار را تفسیر کرد. شیوه دوم آن است که با این استدلال که همه متغیرها سهمی حتی کوچک در نتایج داشته‌اند، بنابراین برای رفع اثرات متغیرهایی که بار عاملی معنی‌دار نداشته‌اند، آن‌ها را از تحلیل حذف و سپس تحلیل عاملی را بر اساس متغیرهای معنی‌دار تکرار و نتایج تفسیر می‌شود. با تشخیص متغیرهای معنی‌دار هر عامل می‌توان نام مناسبی با توجه به نوع متغیرهای هر عامل و ضرایب آن‌ها برای عامل‌ها تعیین کرد (رضایی و همکاران ۱۳۹۵).



جدول (۱): نتایج به دست آمده از آزمایش‌های شیمیایی نمونه‌های آب‌های زیرزمینی ساختگاه سد خرسان ۲

Borhole	Parameter	HCO ₃	Ca	Mg	K	Na	Cl	PH	CaCO ₃	TDS	EC
BH5		۲۴۴	۴۹	۲۴	۲	۳۰	۳۵/۵	۷/۴	۲۲۲/۵	۳۶۹	۰/۶۱۵
BH6		۳۱۷/۲	۸۰	۱۹/۲	۱	۱۸	۴۹/۷	۷/۶۳	۲۸۰	۳۹۷	۰/۵۶۰
BH9		۳۰۵	۶۰	۲۴	۱	۲۵	۳۳/۵	۷/۷	۲۵۰	۲۶۰	۰/۴۳۲
BH10		۳۲۹/۴	۷۰	۲۷	۱	۲۵	۴۹/۷	۷/۶۹	۲۸۷	۲۴۴	۰/۴۰۷
BH11		۲۰۷/۴	۵۰	۱۸	۱	۲۵	۴۹/۷	۷/۷	۲۰۰	۲۴۵	۰/۴۰۷
BH21		۲۵۶/۴	۶۵	۱۵	۱	۳۰	۳۵/۵	۷/۶۹	۲۲۵	۲۴۵	۰/۴۱۲
BH24		۲۱۹/۶	۴۰	۱۸	۱	۳۰	۳۵/۵	۷/۷	۱۷۵	۲۳۲	۰/۳۸۷
BH28		۲۴۴	۴۴	۲۴	۱	۳۳	۵۶/۸	۷/۶۹	۲۱۰	۲۷۷	۰/۳۸۷
BH1		۲۸۰/۶	۶۰	۲۱	۱۶	۲۵	۳۵/۵	۷/۴	۲۳۷/۵	۳۱۰	۰/۵۱۶
BH2		۳۶۶	۹۰	۳۰	۲	۱۲	۱۴/۲	۷/۲	۳۵۰	۳۸۸	۰/۶۵۲
BH7		۳۰۵	۶۰	۳۰	۱	۲۵	۳۵/۵	۷/۱	۲۷۵	۳۷۴	۰/۶۲۴
BH8		۳۰۵	۶۰	۲۴	۲	۲۵	۴۲/۶	۷/۶۷	۲۵۰	۲۹۸	۰/۴۹۷
BH12		۲۴۴	۴۵	۲۴	۱	۲۵	۳۵/۵	۷/۶۵	۲۱۲/۵	۲۰۶	۰/۳۴۳
BH15		۲۱۹/۶	۴۲	۲۴	۲	۱۲	۳۵/۵	۷/۶۵	۲۰۵	۲۱۰	۰/۳۴۹
BH16		۲۸۰/۶	۵۰	۲۴	۱	۳۰	۳۵/۵	۷/۷	۲۲۵	۲۳۱	۰/۳۸۵
BH17		۲۴۴	۴۰	۲۶/۴	۲	۳۰	۴۲/۶	۷/۶۷	۲۱۰	۲۲۸	۰/۳۷۹
BH18		۲۴۴	۴۰	۲۰/۴	۱	۳۰	۳۵/۵	۷/۷	۱۸۵	۲۰۶	۰/۳۴۴
BH25		۲۴۴	۵۰	۲۴	۳	۱۸	۳۵/۵	۷/۶۹	۲۲۵	۲۴۵	۰/۴۰۸
RIVER-SHAMLAK(Gs)		۲۴۴	۷۶	۱۲	۲	۲۵	۴۲/۶	۸	۲۴۰	۲۲	۰/۳۷۰
RIVER-SHAMLAK(As)		۲۴۴	۵۳	۱۹/۲	۲	۲۵	۳۵/۵	۸	۲۱۲/۵	۲۱۵	۰/۳۵۹
SP2		۲۴۴	۵۰	۲۴	۱	۲۵	۴۹/۷	۷/۵	۲۲۵	۲۳۲	۰/۳۸۸
BH13		۲۴۴	۷۴	۲۴	۲	۲۵	۳۵/۵	۷/۶	۲۸۵	۳۰۰	۰/۵۰
BH14		۲۱۹/۶	۵۲	۲۴	۱	۲۵	۳۵/۵	۷/۸	۲۳۰	۲۳۳	۰/۳۸۷
BH18-ARTEZ		۲۰۱/۳	۶۰	۲۴	۲	۱۸	۴۶/۱۵	۷/۹	۲۵۰	۳۴۱	۰/۴۷۷
ANJOO2		۲۰۷/۴	۵۲	۲۵/۸	۱	۱۲	۴۹/۷	۷/۹	۲۳۷/۵	۳۱۳	۰/۴۴۱
SP7		۳۹۵	۹۰	۲۴	۲	۲۵	۴۲/۶	۷/۹۵	۳۲۵	۲۸۸	۰/۴۸۰
SP8		۲۹۲/۸	۸۰	۲۴	۲	۲۵	۴۲/۶	۷/۹۸	۳۰۰	۲۷۵	۰/۴۵۸
SP9		۲۴۴	۶۰	۳۰	۱	۱۲	۳۵/۵	۸	۲۷۵	۱۹۸	۰/۳۳۱
SP10		۲۴۴	۸۰	۱۸	۲	۲۵	۳۵/۵	۸	۲۷۵	۲۴۹	۰/۴۱۵
BH19		۲۴۴	۱۰۰	۲۴	۳	۱۴	۵۳/۲۵	۸/۱۵	۳۵۰	۴۴۱	۰/۷۳۴
BH20		۲۴۴	۱۵۵	۵۴	۱	۳۳	۱۰۶/۲	۷/۹	۶/۲	۶۰۶	۱/۰۰۹
SP1-A		۳۲۹/۴	۲۰۰	۸۴	۲	۷۵	۷۱	۷/۷	۸۵۰	۶۷۰	۱/۱۵۴
SP1		۳۶۶	۲۱۰	۷۲	۲	۷۵	۷۱	۷/۸	۸۲۵	۶۲۴	۱/۱۵۰
SP3		۳۲۹/۴	۱۴۵	۸۵/۲	۲	۷۵	۷۱	۷/۴۸	۷/۷	۷۴۵	۱/۲۲۵

جدول (۳): آماره KMO و نتایج آزمون کرویت بارتلت -

خروجی نرم افزار SPSS V. 22

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	۰/۷۱۵
Bartlett's Test of Sphericity	۳۳۶/۱۷۳
df	۴۵
Sig.	۰

جدول (۲): قضاوت در مورد ضریب KMO

(Noori et al., 2010).

ضریب KMO	تناسب داده‌ها
≥ ۰/۹۰	عالی
۰/۸۹-۰/۸۰	خیلی خوب
۰/۷۹-۰/۷۰	خوب
۰/۶۹-۰/۶۰	متوسط
۰/۵۹-۰/۵۰	ضعیف
≤ ۰/۵۰	غیرقابل پذیرش

جدول (۴): ماتریس همبستگی پارامترهای مورد مطالعه

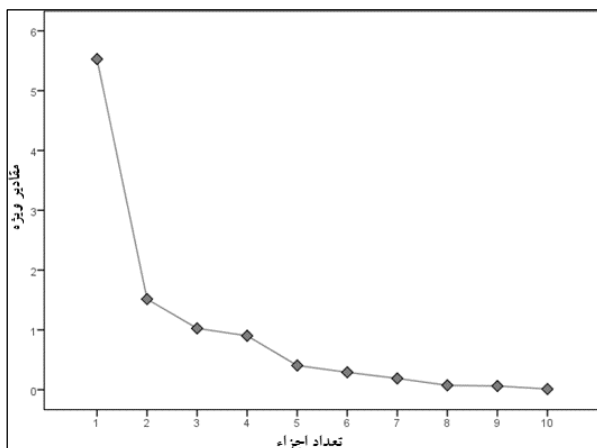
	PH	Cl	Na	K	Mg	Ca	HCO ₃	CaCO ₃	EC	TDS
PH	۱	۰/۲۴۹	-۰/۱۰۷	-۰/۱۸۷	-۰/۱۱۴	۰/۱۱۱	-۰/۳۶۰	۰/۰۶۵	-۰/۱۳۶	-۰/۱۷۸
Cl		۱	۰/۵۶۸	-۰/۱۰۶	۰/۶۷۴	۰/۶۹۵	۰/۱۱۳	۰/۱۰۸	۰/۶۹۹	۰/۶۸۴
Na			۱	-۰/۰۱۶	۰/۸۵۶	۰/۷۵۷	۰/۴۷۸	۰/۴۶۲	۰/۷۷۵	۰/۷۰۲
K				۱	-۰/۰۴۰	۰/۰۰۵	۰/۰۸۱	۰/۰۳۰	۰/۰۵۵	۰/۰۴۲
Mg					۱	۰/۸۶۱	۰/۵۱۸	۰/۴۳۳	۰/۹۱۳	۰/۸۸۴
Ca						۱	۰/۵۸۷	۰/۶۱۰	۰/۹۱۵	۰/۸۳۲
HCO ₃							۱	۰/۴۹۱	۰/۵۵۵	۰/۵۱۱
CaCO ₃								۱	۰/۴۱۵	۰/۳۴۳
EC									۱	۰/۹۶۲
TDS										۱

نشان می‌دهد. پایین بودن این مقدار برای یک عامل به این معنی است که آن عامل نقش اندکی در تبیین واریانس متغیرها داشته است. شکل (۳) تغییرات مقادیر ویژه را در ارتباط با عامل‌ها نشان می‌دهد. این نمودار تعداد بهینه مؤلفه‌ها به کار می‌رود. با توجه به این نمودار مشاهده می‌شود که از عامل سوم به بعد تغییرات مقدار ویژه کم می‌شود، پس می‌توان سه عامل را به عنوان عوامل مهم که بیش‌ترین نقش را در تبیین واریانس داده‌ها دارند، استخراج کرد.

جدول (۵) مقدار ویژه و واریانس متناظر با عامل‌ها را نشان می‌دهد. مقادیر ویژه اولیه برای هر یک از عامل‌ها در قالب مجموع واریانس تبیین شده برآورد می‌شود. واریانس تبیین شده برحسب درصدی از کل واریانس و درصد تجمعی است. مقدار ویژه هر عامل، نسبتی از واریانس کل متغیرها است که توسط آن عامل تبیین می‌شود (Jolliffe, 2002). مقدار ویژه از طریق مجموع مجذورات بارهای عاملی مربوط به تمام متغیرها در آن عامل قابل محاسبه است، از این رو مقادیر ویژه، اهمیت اکتشافی عامل‌ها را در ارتباط با متغیرها

جدول (۵): درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف

اجزاء	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
مقدار ویژه	۵/۵۲۸	۱/۵۱۵	۱/۰۲۶	۰/۹۰	۰/۴۰	۰/۲۹	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۱
واریانس نسبی	۵۵/۲۸	۱۵/۱۴	۱۰/۲۵	۹/۰۱	۴/۰۴	۲/۹۱	۱/۸۸	۰/۷۳	۰/۶۰	۰/۱۱
واریانس تجمعی	۵۵/۲۸	۷۰/۴۳	۸۰/۶۸	۸۹/۷۰	۹۳/۷۵	۹۶/۶۶	۹۸/۵۴	۹۹/۲۷	۹۹/۸۸	۱۰۰



شکل (۳): مقادیر ویژه به ازای تعداد اجزاء

با یک هستند. همان گونه که در جدول (۶) مشاهده می شود بیش تر میزان اشتراکها بالاتر از ۵۰ درصد است و بیانگر توانایی عامل های تعیین شده در تبیین واریانس متغیرهای مورد مطالعه است. با وجود این در بین مقادیر اشتراک، تفاوت هایی نیز مشاهده می شود.

جدول (۶) میزان اشتراک متغیرها یا واریانس کل با میزان اشتراک عاملی متغیرها را نشان می دهد. برای مثال ملاحظه می شود که ۹۵/۶ درصد واریانس امتیازات EC، واریانس عامل مشترک است. مقادیر اولیه نشان دهنده تمامی اشتراک های قبل از استخراج است، بنابراین تمامی آن ها برابر

جدول (۶): میزان اشتراک اولیه و بعد از استخراج عامل ها برای متغیرهای وارد شده در تحلیل عاملی

TDS	EC	CaCo3	HCo3	Ca	Mg	K	Na	Cl	PH	پارامترها
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	مقدار اولیه
۰/۹۰	۰/۹۵	۰/۸۸	۰/۷۵	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۳۰	۰/۷۳	۰/۸۷	۰/۸	عامل استخراج شده

متغیرها برای تحلیل عاملی استفاده شود. به منظور بهبود روابط بین متغیرها و عامل های اولیه و اعمال تبدیلات خاص بر روی عامل ها، عمل دوران انجام می شود.

در جدول (۷) سهم متغیرها در عامل ها قبل از دوران نمایش داده شده است. این ضرایب از یک سو نشان دهنده توانایی عامل های تعیین شده در تبیین واریانس متغیرهای مورد مطالعه است و از سویی می تواند برای بررسی تناسب

جدول (۷): ماتریس عاملی دوران نیافته

TDS	EC	CaCo3	HCo3	Ca	Mg	K	Na	Cl	PH	پارامترها
۰/۹۲	۰/۹۶	۰/۵۴	۰/۶۲	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۰۱	۰/۸۵	۰/۷۰	-۰/۰۹	۱
-۰/۰۱	-۰/۰۰	-۰/۱۶	-۰/۵۳	۰/۱۱	۰/۰۴	-۰/۵۰	-۰/۰۰۱	۰/۵۲	۰/۸۱	۲ عوامل
-۰/۲۴	-۰/۱۵	۰/۷۴	۰/۲۷	۰/۱۵	-۰/۱۰	-۰/۲۲	-۰/۰۰۱	-۰/۳۱	۰/۳۶	۳

روی برخی از متغیرها و بار کم بر روی متغیرهای دیگر باشد. در این روش تأکید بر ساده کردن ستون های ماتریسی عاملی است، یعنی حداکثر امکان ساده کردن تا آنجایی حاصل می شود که بر روی یک ستون خاص ماتریس، فقط مقادیر (بارهای عاملی) صفر و یک قرار بگیرد. از این رو، مجموع تغییرات ایجاد شده در بارهای عاملی به حداکثر می رسد. در این حالت تفسیر عامل ها ساده می شود.

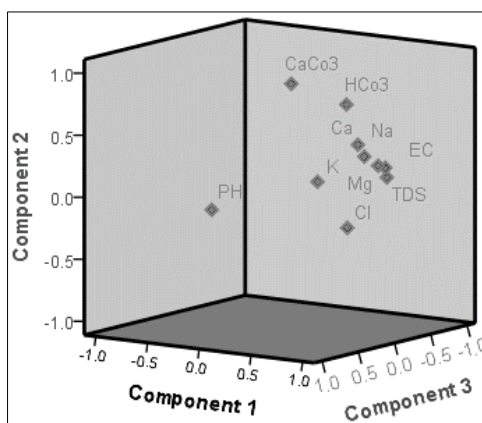
دوران واریماکس از جمله متداول ترین روش های دوران متعامد است که استقلال میان عامل های استخراجی را حفظ می کند. این روش، متغیرهای دارای بار عاملی بزرگ تر را به کم ترین تعداد تقلیل داده و جمع واریانس بارها در ماتریس عاملی را بیش ترین مقدار می کند که به همین دلیل آن را واریماکس گویند. هنگامی از این روش استفاده می شود که هدف به دست آوردن عامل هایی است که دارای بار زیادی بر

سه بعدی دوران یافته را نمایش می‌دهد. در این نمودار پراکنش متغیرهای مورد بررسی نسبت به عامل‌های اول، دوم و سوم مشاهده می‌شود.

جدول (۸) سهم متغیرها را در عامل‌ها بعد از دوران نشان می‌دهد. هر متغیر در عاملی قرار می‌گیرد که با آن عامل همبستگی بالایی معنی‌داری داشته باشد. شکل (۴) نمودار

جدول (۸): ماتریس عاملی دوران یافته

پارامترها	PH	Cl	Na	K	Mg	Ca	HCO ₃	CaCO ₃	EC	TDS
۱	-۰/۰۳	۰/۸۶	۰/۷۸	-۰/۲۰	۰/۹۰	۰/۸۳	۰/۳۶	۰/۲۰	۰/۹۳	۰/۹۲
۲	-۰/۰۲	-۰/۱۶	۰/۳۵	-۰/۰۰۵	۰/۲۸	۰/۴۷	۰/۶۷	۰/۹۰	۰/۲۶	۰/۱۸
۳	۰/۸۹	۰/۳۰	-۰/۰۵	-۰/۵۵	-۰/۶۲	۰/۱۱	-۰/۴۰	۰/۱۳	-۰/۱۲	-۰/۱۶



شکل (۴): نمودار سه بعدی پراکنش متغیرها نسبت به عامل‌های استخراج شده

مقادیر Cl مربوط به چشمه‌ها و گمانه‌های موجود در محدوده سازندهای گچساران و آغاچاری است و سایر نمونه‌ها دارای اسید ضعیف (HCO₃) است. بیشترین مقدار EC مربوط به آب چشمه‌های موجود در محدوده سازندهای آغاچاری و گچساران بوده و کمترین آن مربوط به آب رودخانه و گمانه‌های نزدیک به رودخانه است. بالاترین مقادیر TDS نیز متعلق به آب چشمه‌های مذکور است. عموماً سختی کربناتی (CaCO₃) و عنصر Ca به‌واسطه نوع سازندهای محیطی بالا است. این پارامتر همچون پارامترهای EC و TDS در نمونه‌های آب مربوط به محدوده سازندهای بالای آسماری (آب چشمه‌های SP1-A و SP1) در بیشترین حد و در نمونه‌های اخذ شده از چشمه‌ها و گمانه‌های حاشیه رودخانه در کمترین مقدار خود است.

مقایسه کیفیت آب‌های زیرزمینی ساختگاه سد با استانداردها

در این بخش به بررسی راهنماهای موجود در زمینه استانداردهای کیفی آب آشامیدنی پرداخته شده است. برای نیل به این هدف ضمن بررسی استانداردهای فعلی ملی در زمینه کیفیت آب آشامیدنی (کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی، ۱۳۸۶، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰)، استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2011) نیز مورد مطالعه قرار گرفته است.

مقایسه میانگین نتایج آنالیز شیمیایی آب‌های زیرزمینی سد با استانداردهای ملی و سازمان بهداشت جهانی انجام شده که به‌صورت جدول (۹) ارائه گردیده است. بر اساس این جدول، پارامترهای شیمیایی آب در تمامی موارد به‌جز (CaCO₃ و HCO₃) از لحاظ شرب شرایط مطلوبی دارد.

جدول (۹): میانگین نتایج آنالیز شیمیایی آب‌های زیرزمینی ساختگاه سد خرسان ۲ و مقایسه با استانداردهای ملی و جهانی (واحدها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

PH	Cl	Na	K	Mg	Ca	HCO ₃	CaCO ₃	EC (µmhos/cm)	TDS	
۷/۷۱	۴۴/۶۲	۲۸/۲۹	۲	۲۸/۹۸	۷۴/۴۷	۲۶۶/۴۳	۲۶۸/۲	۵۲۸/۷۶	۳۱۵/۲	مخزن سد خرسان ۲
۸/۶-۵/۵	۴۰۰	۲۰۰	-	۱۵۰	۲۰۰	-	۲۰۰	۲۰۰۰	۱۵۰۰	استاندارد ملی
۸/۶-۵/۵	۲۵۰	۲۰۰	۱۲	۵۰	۷۵	۱۵۰	۲۰۰	۱۵۰۰	۵۰۰	WHO (2011)

نتیجه‌گیری

CaCO₃ و عامل سوم نیز شامل K و PH است. عامل دوم و سوم به ترتیب ۱۵/۱۴ و ۱۰/۲۵ درصد واریانس کل را به خود اختصاص داده‌اند. عامل‌های دوم و سوم متأثر از انحلال سازند آهک آسماری موجود در منطقه مورد بررسی است. همچنین مقایسه میانگین نتایج آنالیز شیمیایی آب با استانداردهای ملی و سازمان بهداشت جهانی انجام شد و نتایج نشان داد که پارامترهای شیمیایی آب در تمامی موارد به‌جز (HCO₃ و CaCO₃) از لحاظ شرب براساس استاندارد ملی و استاندارد بهداشت جهانی (WHO) شرایط مطلوبی دارد. بنابراین با توجه به این‌که (CaCO₃ و HCO₃) در دسته عامل دوم قرار داشته و تأثیر بالایی در کیفیت آب‌های زیرزمینی ساختگاه سد دارد بنابراین وجود سازند آهک آسماری در ساختگاه سد یکی از عوامل اصلی کاهش کیفیت این آب‌ها است.

در این پژوهش از نتایج شیمیایی ۳۴ گمانه و چشمه برای بررسی کیفی آب‌های زیرزمینی ساختگاه سد خرسان ۲ استفاده شده است. برای این منظور از ۱۰ پارامتر شامل EC و TDS، CaCO₃، PH، Cl، Na، K، Mg، Ca، HCO₃ استفاده گردید. از روش آماری آنالیز فاکتور اصلی برای شناسایی پارامترهای کیفی اصلی که نقش مهم‌تری در تغییر کیفیت آب دارند، استفاده شد. بر پایه مطالعات صورت گرفته پارامترها در سه دسته عامل قرار گرفتند. عامل اول که حدود نیمی از تأثیر بر کیفیت آب با درصد واریانس کل ۵۵/۲۸ را بر عهده دارد، شامل پارامترهای Cl، Na، Mg، Ca، EC و TDS می‌باشند که کاملاً مربوط به پارامترهای کیفیت آب و ناشی از طبیعت منطقه است. عامل دوم شامل HCO₃

منابع

- بذرافشان، ا.، گرکانی نژاد مشیزی، ز. ۱۳۹۷. بهینه‌سازی تعداد پی‌زومترها در پیش‌بینی سطح آب‌های زیرزمینی با روش‌های تحلیل عاملی (مطالعه موردی: دشت میناب). فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال نهم، شماره ۳۴، ص ۸۰-۹۴.
- رائی نظامی، س.، نظری‌ها، م.، باغوند، ا.، مریدی، ع. ۱۳۹۱. بررسی کیفیت آب رودخانه کرخه با استفاده از آنالیز آماری چند متغیره بر پایه همبستگی و تغییرات داده‌های کیفی. مجله تحقیقات نظام سلامت، شماره ۷، ص ۱۲۸۰-۱۲۹۲.
- شبابی، ع.، فتاحی، م. ۱۳۹۷. بررسی تأثیرات بارندگی بر کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی شهرهای شمال فارس در فاصله سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵. فصلنامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی محیط زیست، شماره ۴۳، ص ۱-۱۴.
- کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی. ۱۳۸۶. میکروبیولوژی آب آشامیدنی (ICS:13.60.20)، استاندارد ۱۰۱۱. چاپ ششم، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران.
- کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی. ۱۳۸۸. مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی (ICS:13.60.20)، استاندارد ۱۰۵۳. چاپ پنجم، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران.
- کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی. ۱۳۹۰. مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی (ICS:13.60.20)، استاندارد ۱۰۵۳-الف. چاپ ششم، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران.
- لیسی، ل.، تیشه‌زن، پ. ۱۳۹۷. ارزیابی کیفیت آب رودخانه دز با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال نهم، شماره ۳۳، ص ۱۳۹-۱۵۰.



Manly, B.F., Alberto, J.A.N. 2016. *Multivariate statistical methods: a primer*. Chapman and Hall/CRC, p 253.

Noori, R., Abdoli, M.A., Ghasrodashti, A.A., and M. Jalili Ghazizade. 2009. Prediction of municipal solid waste generation with combination of support vector machine and principal component analysis: a case study of Mashhad. *Environmental Progress & Sustainable Energy: An Official Publication of the American Institute of Chemical Engineers*, 28(2): 249-258.

Noori, R., Khakpour, A., Omidvar, B., and A. Farokhnia. 2010. Comparison of ANN and principal component analysis-multivariate linear regression models for predicting the river flow based on developed discrepancy ratio statistic", *Expert Systems with Applications*, 37, 5856-62.

Ouyang, Y. 2005. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water Res*; 39(12): 2621-35.

Rahimi Shahid, M., Moshrefy-far, M.R., and N. Rahimi. 2016. Three-dimensional modeling of the permeability of the rock masses of Khersan 2 dam using geostatistical methods. *The Specialty Journal of Architecture and Construction (SJAC)*, 2, 21-42.

Rakotondrabe, F., Ngoupayou, J. R. N., Mfonka, Z., Rasolomanana, E. H., Abolo, A. J. N., and A. A., Ako. 2018. Water quality assessment in the Bétaré-Oya gold mining area (East-Cameroon): multivariate statistical analysis approach. *Science of the Total Environment*, 610, 831-844.

Simeonov, V., Stratis, J., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., Sofoniou, M., and T., Kouimtzis. 2003. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water research*, 37, 4119-4124.

Terrado, M., Barceló, D., and R., Tauler. 2006. Identification and distribution of contamination sources in the Ebro river basin by chemometrics modelling coupled to geographical information systems, *Talanta*, 70, 691-704.

Ur Rehman, S., Hussain, Z., Zafar, S., Ullah, H., Badshah, S., Ahmad, S. S., and J., Saleem. 2018. Assessment of Ground Water Quality of Dera Ismail Khan, Pakistan, Using Multivariate Statistical Approach. *Science*, 37, 173-183.

WHO, 2017. *Guidelines for drinking-water quality*. 4th Edition, World Health Organization, ISBN: 978 92 4 154815, Malta, <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es304955g>.



Investigation the water quality of Khersan 2 dam underground using multivariate statistical analysis.

Mojtaba Rahimi Shahid¹, Mohammad Amin Ghasvareh^۲, Gholam Reza Lashkaripour^{*۳}

Abstract

In this study we investigated the water quality of Khersan 2 dam, Iran, using multivariate statistical methods. For this purpose, The monthly data of the rivers water quality parameters including electrical conductivity (EC), PH, Hco₃, Ca, Mg, K, Na, Cl, CaCO₃ and TDS was collected., the Principal Component Analysis (PCA) method is used to identify the main quality parameters that play more important role in changing the water quality of the Khersan 2 dam reservoir. Results of PCA analysis indicated that all the selected chemical and physical parameters of Khersan 2 dam were of high importance. Based on the studies, three factors were identified as important factors that have the greatest role in determination the variance of the data. The first factor, which has about half the impact on water quality with a percentage 55.28% of the total variance, includes Cl, Na, Mg, Ca, EC and TDS, which is completely related to the water quality and the nature of the area. The second factor consists of HCO₃ and CaCO₃, and the third factor is K and PH. The second and third factors are 15.14% and 10.25% of the total variance, respectively. The second and third factors are affected by the dissolution of Asmari limestone in the study area. In addition, the comparison of the chemical analysis results of the Khersan 2 dam reservoir water with the national standards and the World Health Organization has been carried out.

Key words: Principle component analysis, Statistical analysis, Water quality, Khersan 2 dam, Lordegan.

¹ Ph.D. Candidate, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Mr619htt@gmail.com.

² Ph.D. Candidate, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Aminghasvareh164@gmail.com.

^۳ Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, (Corresponding Author), lashkaripour@um.ac.ir.

Extended Abstract

Research Paper

Investigation the water quality of Khersan 2 dam underground using multivariate statistical analysis.Mojtaba Rahimi Shahid¹, Mohammad Amin Ghasvareh², Gholam Reza Lashkaripour^{3*}

¹ Ph.D. Candidate, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Mr619htt@gmail.com.

² Ph.D. Candidate, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Aminghasvareh164@gmail.com.

³ Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, (Corresponding Author), lashkaripour@um.ac.ir.



10.22125/IWE.2021.191867.1155

Received:
26. January.2020
Accepted:
06. May.2020
Available online:
10. January.2022

Keywords: Principle component analysis, Statistical analysis, Water quality, Khersan 2 dam, Lordegan.

Abstract

In this study we investigated the water quality of Khersan 2 dam, Iran, using multivariate statistical methods. For this purpose, The monthly data of the rivers water quality parameters including electrical conductivity (EC), PH, Hco₃, Ca, Mg, K, Na, Cl, CaCo₃ and TDS was collected., the Principal Component Analysis (PCA) method is used to identify the main quality parameters that play more important role in changing the water quality of the Khersan 2 dam reservoir. Results of PCA analysis indicated that all the selected chemical and physical parameters of Khersan 2 dam were of high importance. Based on the studies, three factors were identified as important factors that have the greatest role in determination the variance of the data. The first factor, which has about half the impact on water quality with a percentage 55.28% of the total variance, includes Cl, Na, Mg, Ca, EC and TDS, which is completely related to the water quality and the nature of the area. The second factor consists of HCo₃ and CaCo₃, and the third factor is K and PH. The second and third factors are 15.14% and 10.25% of the total variance, respectively. The second and third factors are affected by the dissolution of Asmari limestone in the study area. In addition, the comparison of the chemical analysis results of the Khersan 2 dam reservoir water with the national standards and the World Health Organization has been carried out.

1. Introduction

Today, water is considered as one of the factors of economic development in countries, especially in arid and semi-arid climates. Therefore, maintaining the quality of available water is of particular importance. In this regard, optimal management for the use of dam reservoir water as one of the most important sources of drinking, agricultural and industrial water supply is of particular importance in the development of countries. Groundwater quality varies in different regions due to the diversity of geological formations and structures and hydrogeological factors. Recognizing and evaluating the quality of water resources in management and its optimal use is of great importance. One of the statistical methods for analyzing the information in the data set is the factor analysis method or factor analysis. The main purpose of using factor analysis is to reduce the volume of data and determine the most important variables affecting the formation of phenomena (Jolliffe, 2002; Noori et al., 2009; Manly, 2016). Among the studies conducted in this field, we can mention the studies Ouyang et al., (2005), Terrado et al., (2006) and Shrestha and Kazama, (2007).

The main purpose of this study is to investigate the chemical parameters of groundwater in Khersan 2 dam and find the main parameters among the selected parameters in determining water quality using multivariate statistical analysis. Finally, a comparison is made between the average results of chemical analysis of water with national standards and the World Health Organization.

2. Materials and Methods

In this study, the chemical results of water samples in 34 boreholes and springs have been used to determine the groundwater quality of the Khersan 2 dam site. In order to reduce the volume of data and determine the most effective ones by principal component analysis, 10 parameters including: HCO_3 , Ca, Mg, K, Na, Cl, PH, CaCO_3 , TDS and EC have been used.

3. Results

To determine the main parameters of water quality change, the symmetric correlation matrix was calculated using principal factor analysis (PCA) using SPSS V. 22 software, the results of which are presented in Table (1). As can be seen in this table, there is a good correlation between different variables.

Table (1): Correlation matrix of the studied parameters

	PH	Cl	Na	K	Mg	Ca	HCO_3	CaCO_3	EC	TDS
PH	1	0.249	-0.107	-0.187	-0.114	0.111	-0.360	0.065	-0.136	-0.178
Cl		1	0.568	-0.106	0.674	0.695	0.113	0.108	0.699	0.684
Na			1	-0.016	0.856	0.757	0.478	0.462	0.775	0.702
K				1	-0.040	0.005	0.081	0.030	0.055	0.042
Mg					1	0.861	0.518	0.433	0.913	0.884
Ca						1	0.587	0.610	0.915	0.832
HCO_3							1	0.491	0.555	0.511
CaCO_3								1	0.415	0.343
EC									1	0.962
TDS										1

Table (2) shows the changes in eigenvalues in relation to the factors. This diagram is used to determine the optimal number of components. According to this graph, it can be seen that from the third factor onwards, the changes in the eigenvalue decrease, so we can extract three factors as important factors that have the greatest role in explaining the variance of the data.

Table (2): percentage of variance and eigenvalues of different factors

Components	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eigenvalue	5.528	1.515	1.026	0.90	0.40	0.29	0.18	0.07	0.06	0.01
Relative variance	55.28	15.14	10.25	9.01	4.04	2.91	1.88	0.73	0.60	0.11
Cumulative variance	55.28	70.43	80.68	89.7	93.75	96.66	98.54	99.27	99.88	100

Table (3) shows the share of variables in the factors after the rotation. Each variable is placed in a factor with which there is a significant high correlation.

Table (3): Rotated factor matrix

Parameters	TDS	EC	CaCo3	HCo3	Ca	Mg	K	Na	Cl	PH	
Factors	1	0.92	0.93	0.20	0.36	0.83	0.90	-0.20	0.78	0.86	-0.03
	2	0.18	0.26	0.90	0.67	0.47	0.28	-	-	-	-0.02
	3	-	-	0.13	-0.40	0.11	-0.62	-0.55	-	0.30	0.89

4. Discussion and Conclusion

The first factor, which has about half the impact on water quality with a percentage 55.28% of the total variance, includes Cl, Na, Mg, Ca, EC and TDS, which is completely related to the water quality and the nature of the area. The second factor consists of HCO_3 and CaCO_3 , and the third factor is K and PH. The second and third factors are 15.14% and 10.25% of the total variance, respectively. The second and third factors are affected by the dissolution of Asmari limestone in the study area. In addition, the comparison of the chemical analysis results of the Khersan 2 dam reservoir water with the national standards and the World Health Organization has (WHO) been carried out. The results showed that the chemical parameters of water including: Na, Cl, pH and EC in all samples in terms of drinking according to the national standard and the world health Organization standard (WHO) are favorable. While K in 33 samples (97.1%), Mg and TDS based on the national standard in all samples and according to the World Health Organization in 30 samples (88.2%), Ca based on the national standard in 32 samples (94.1%) and according to the World Health Organization, in 23 samples (67.6%) and CaCO_3 in 5 samples (14.7%) are desirable in terms of drinking. According to the World Health Organization, HCO_3 levels in all samples are not good for drinking. Therefore, due to the fact that (HCO_3 and CaCO_3) are in the second factor and have a high impact on groundwater quality of the dam site, the presence of Asmari lime formation in the dam site is one of the main factors reducing the quality of this water.

5. Six important references

- Jolliffe, I. T. 2002. Principal Component Analysis. Second Edition, Springer, p. 487.
- Manly, B.F., Alberto, J.A.N. 2016. Multivariate statistical methods: a primer. Chapman and Hall/CRC, p 253.
- Noori, R., Abdoli, M.A., Ghasrodashti, A.A., and M. Jalili Ghazizade. 2009. Prediction of municipal solid waste generation with combination of support vector machine and principal component analysis: a case study of Mashhad. Environmental Progress & Sustainable Energy: An Official Publication of the American Institute of Chemical Engineers, 28(2): 249-258.
- Ouyang, Y. 2005. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. Water Res; 39(12): 2621-35.

Shrestha, S., Kazama, F. 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environmental Modelling & Software*; 22(4): 464-75.

Terrado, M., Barceló, D., and R., Tauler. 2006. Identification and distribution of contamination sources in the Ebro river basin by chemometrics modelling coupled to geographical information systems, *Talanta*, 70, 691-704.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.