نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دهم. شماره چهلم. تابستان۱۳۹۹

تعیین عوامل موثر در کنترل پارامترهای شیمیایی رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)

مجتبی قره‌محمودلو[۱*]، مریم صیادی[۲]

تاریخ ارسال:۱۳۹۸/۰۲/۰۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۸/۲۳

مقاله پژوهشی بر گرفته از تحقیق مستقل

چکیده

در این پژوهش به منظور بررسی کیفی آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو واقع در استان کرمانشاه از اطلاعات یک دوره آماری ۵ ساله در طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۳ استفاده شد. جهت ارزیابی هیدروشیمی آب، ابتدا تیپ و رخساره هیدروژئوشیمیایی آب رودخانه‌ها با استفاده از نمودارهای استیف و پایپر تعیین شد. سپس براساس نمودار گیبس و نسبت‌های یونی عوامل کنترل‌کننده پارامترهای شیمیایی آب دو رودخانه مشخص گردید. همچنین به منظور تعیین فرآیندهای تأثیرگذار بر هیدروشیمی آب دو رودخانه از تحلیل عاملی و خوشه‌ای استفاده شد. در نهایت برای پیش‌بینی امکان انحلال و رسوب برخی از کانی‌ها از شاخص‌های اشباع استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که، در هر دو رودخانه تیپ و رخساره غالب بی‌کربنات کلسیت می‌باشند. همچنین عامل اصلی در تغییر کیفیت شیمیایی آب در هر دو رودخانه گاماسیاب و قره‌سو واکنش آب-سنگ می‌باشد. این عامل را می‌توان با توجه به نتایج حاصل از تحلیل عاملی و خوشه‌ای به انحلال (۱) سازندهای کربناته و تبخیری و (۲) سازندهای دولومیتی در حوضه آبخیز دو رودخانه نسبت داد. هرچند که انحلال سازندهای کربناته با توجه به فراوانی و گسترش آنها در دو حوضه تأثیر پررنگ‌تری در تغییر شیمی آب دارد. بطوریکه باعث افزایش چشمگیر برخی از پارامترهای شیمیایی نظیر کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات در آب این دو رودخانه و همچنین اشباع بودن آب آنها نسبت به آراگونیت، کلسیت و دولومیت شده‌است. با توجه به سهم کم عامل دوم در تغییر پارامترهای شیمیایی، آب هر دو رودخانه نسبت به کانی‌های تبخیری نظیر گچ، هالیت و انیدریت در همه ایستگاه‌ها تحت اشباع می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اندیس اشباع، تحلیل عاملی، خوشه‌بندی سلسله مراتبی، کیفیت آب‌های سطحی، هیدروشیمی

[۱] استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، ایران. m.g.mahmoodlu@gmail.com/ mmahmoodlu@yahoo.com (نویسنده مسئول)

[۲] کارشناسی‌ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، ایران. m90.sayadi@yahoo.com

مقدمه

رودخانه‌ها یکی از منابع اصلی آب آشامیدنی در بیشتر نقاط دنیا به حساب می‌آیند. سلامت و کیفیت آب آن‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل دستیابی به توسعه پایدار می‌باشد. عدم توجه به کیفیت شیمیایی آب، علاوه برآنکه موجب آسیب‌های بهداشتی می‌شود از نظر کشاورزی و اقتصادی نیز بی‌تأثیر نخواهد بود (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۶). هرگونه مواد شیمیایی مضر یا میکروارگانیسم‌های زنده در غلظت‌هایی که باعث آسیب می‌شوند نباید در آب سالم وجود داشته باشند (WHO, 2017). ترکیبات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی از قبیل؛ بارش، موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز، اقلیم، زمین‌شناسی، فعالیت‌های صنعتی، فاضلاب‌های خانگی، کشاورزی، آلاینده‌های معدنی و... عواملی هستند که کیفیت آب‌های سطحی را کنترل می‌کنند (Mishra et al., 2017). با توجه به رشد و توسعه در جهان، آب‌های سطحی از قبیل رودخانه‌ها توسط گروهی از منابع، در سطح گسترده‌ای آلوده شده‌اند.

رودخانه‌ها به دلیل اینکه جزء سیستم‌های روباز هستند بیش از سایر منابع تأمین آب در معرض آلودگی و تغییر و تحول قرار دارند. پیگیری مداوم کیفیت آب رودخانه‌ها یکی از فعالیت‌های مهم سازمان حفاظت محیط‌زیست و شرکت آب منطقه‌ای می‌باشد. از این‌رو، ایستگاه‌های نمونه‌برداری هیدرومتری را در امتداد رودخانه‌ها ساخته‌اند. به ویژه رودخانه‌هایی که از شهرها، مراکز کشاورزی و صنعتی عبور می‌کنند (Boyd, 2015).

عمده فعالیت‌های هیدرولوژی در جهت تأمین آب برای مصارف کشاورزی، شرب و یا صنعت بوده که هر کدام از لحاظ کیفیت می‌بایست دارای ویژگی‌ها و معیارهای مشخصی باشند. متأسفانه در یک حوضه آبخیز بیش از همه، مباحث مرتبط با کمیت و محاسبه بیلان آبی مدنظر بوده و مطالعه کیفیت آب‌ها اغلب کم‌رنگ بوده‌است. کیفیت آب رودخانه از جنبه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بسیار اهمیت دارد. کیفیت آب سطحی یکی از نگرانی‌های مهم بوده و شاخصی برای سلامتی جامعه محسوب می‌شود. رودخانه‌ها در مسیر خود از بستر و مناطق مختلفی عبور می‌کنند، کیفیت آن‌ها دارای نوسانات زیادی است. با توجه به اهمیت رودخانه‌ها و پدیده خشکسالی، حفظ این منابع یکی از وظایف مهم بوده چنانچه بتوان نقاطی از رودخانه که از نظر پارامترهای کیفیت آب پایین‌تر از حد استاندارد می‌باشد را مشخص نمود، یافتن نقاط بحرانی و پیشنهاد راهکار مناسب برای رفع این نقاط بحرانی آسان‌تر می‌شود. علاوه بر مواد آلوده‌کننده، مواردی از قبیل افزایش تقاضای آب، سطح بالای استانداردهای زندگی و کاهش منابع آب مطلوب، باعث ایجاد وضعیت نامناسب اجتماعی و زیست‌محیطی در سراسر جهان شده است. بنابراین مطالعه کیفیت آب رودخانه‌ها عامل اصلی برای توسعه پروژه‌های مدیریت منابع آب است (Abyaneh, 2014).

تاکنون مطالعات زیادی برای بررسی کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی صورت گرفته است که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره می‌شود. نتایج نظریان و فریدگیگلو (۱۳۹۴) در بررسی کیفیت آب رودخانه گرگان‌رود نشان داد که، اکثر پارامترهای مورد بررسی در ایستگاه نوده روند صعودی و معنی‌دار در بلندمدت داشته‌اند. به طور کلی روند نزولی دبی جریان در فصول مختلف سال و روند افزایشی میزان املاح موجود در آب سبب کاهش کیفیت شیمیایی آب برای مصارف خواهدشد. نیسی و تیشه‌زن (۱۳۹۷) به ارزیابی کیفیت آب رودخانه دز با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که، بین دو دسته متغیرهای فیزیکی و شیمیایی رودخانه دز، رابطه معنی‌داری وجود دارد که بیشتر ناشی از منابع انسانی هستند. Sharma et al., (2014) ، با استفاده از ماتریس همبستگی پیرسون ارتباط احتمالی میان پارامترهای کیفیت آب بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد، که شاخص کیفیت آب می‌تواند یک ابزار مفید برای ارزیابی و پیش‌بینی روند تغییرات کیفیت آب

در مکان‌های مختلف موجود در رودخانه گنگ باشد. Azhar et al., (2015) ، برای طبقه‌بندی کیفی آب در حوضه رودخانه مودا مالزی به این نتیجه رسیدند که طبقه‌بندی کیفی براساس تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره با سازمان محیط‌زیست همسو است. نتایج Qishlaqi el al., (2018) در بررسی کیفیت هیدروشیمیایی آب رودخانه تیره نشان داد که، به جز سولفات، غلظت منیزیم، کلسیم و دیگر آنیون‌ها و کاتیون‌ها پایین‌تر از حد استاندارد WHO[1] است و تقریباً تمام نمونه‌ها با توجه به استاندارد WHO شرایط مناسب برای شرب را دارا هستند در مقایسه با استاندارد کشاورزی (FAO) پتانسیل مناسب برای آبیاری را دارند. همچنین با توجه به نمودار ویلکوکس ۷۸ درصد از نمونه‌ها در کلاس C3-S1 و ۲۱/۵ درصد در کلاس C2-S1 قرار گرفتند. همچنین با توجه به نمودار پایپر بیشتر نمونه‌ها دارای رخساره کلسیم و کربنات بودند.

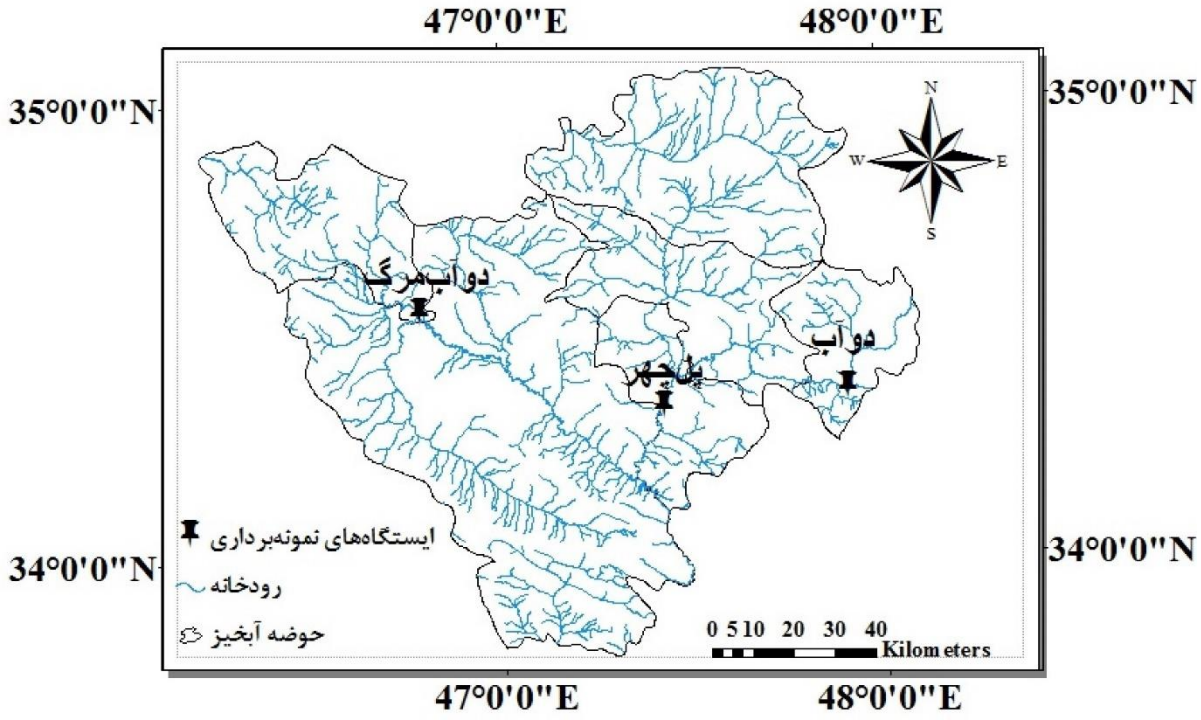
با توجه به موارد ذکر شده، بررسی کیفی آب‌های سطحی از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین یک مطالعه نسبتاً جامع جهت بررسی کیفی و هیدروشیمیایی آب‌های سطحی و هم‌چنین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت شیمیایی آب می‌تواند اطلاعات مفیدی به تحقیق سازمان‌های ذینفع ارائه دهند. اهدف کلی این پژوهش به ترتیب: (۱) بررسی هیدروشیمی آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو و تعیین عوامل و فرآیند غالب کنترل کننده شیمی آب، (۲) بررسی تغییرات غلظت یون‌ها در رودخانه‌های مورد مطالعه و (۳) بکارگیری روش‌های آماری چندمتغیره شامل، تحلیل عاملی و خوشه‌ای[2] برای درک بهتر از ساز و کار فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی تأثیرگذار در کیفیت آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو در استان کرمانشاه می‌باشد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

رودخانه قره‌سو یکی از رودخانه‌های مهم استان کرمانشاه بوده که سرچشمه اصلی آن در ۵۰ کیلومتری شمال غرب کرمانشاه واقع شده است. براساس مطالعات انجام شده میزان متوسط آب‌دهی سالانه در محل ایستگاه هیدرومتری دو آب مرگ ۶/۶۶۱ مترمکعب در ثانیه است. این رودخانه با مسیر پر پیچ و خم، در سطح دشت جریان یافته و در نزدیکی روستای قزانچی رودخانه مرگ به آن متصل می‌شود و با یک شیب آرام از داخل شهر کرمانشاه عبور کرده و در نزدیکی فرامان به رودخانه گاماسیاب می‌پیوندد (شکل۱). رودخانه گاماسیاب یکی از بزرگترین رودخانه‌های ایران بوده که تا محل تلاقی با رودخانه قره‌سو به این نام خوانده می‌شود. حوضه آبریز آن به وسعت ۲۴۳۶۱ کیلومتر مربع عمدتاً توسط استان‌های کرمانشاه و همدان پوشش می‌یابد (شکل۱).

[1] World Health Organization

[2] Cluster and factor analysis



شکل (۱): نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه‌های آبخیز گاماسیاب و قره‌سو در استان کرمانشاه

زمین‌شناسی منطقه

حوضه‌های آبخیز گاماسیاب و قره‌سو باتوجه به گستردگی آنها در دو زون زاگرس مرتفع و سنندج-سیرجان قرار می‌گیرد. در این ناحیه، واحدهای چینه‌شناسی از جنس آهک رخنمون دارند. از قدیمی‌ترین واحدهای سنگی موجود در منطقه مورد مطالعه می‌توان به واحدهای آهکی-شیستی ماقبل ژوراسیک و ژوراسیک و هم‌چنین آهک‌های بیستون و رادیولاریت‌های کرمانشاه اشاره کرد. که محدوده سنی آن‌ها از تریاس پایانی تا کرتاسه پایانی متغیر می‌باشد. علاوه بر فراوانی و پراکندگی سازندهای آهکی در هر دو حوضه، سازندهای تبخیری، شیلی-ماسه‌سنگی به همراه میان لایه‌های سیلتی و آذرینی نیز دیده می‌شود.

روش تحقیق

به منظور بررسی کیفی آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو از آنالیز نتایج پارامترهای فیزیکو شیمیایی (شامل: Ca، Mg، Na، HCO_3، Cl، SO_4، TDS، TH، pH، EC و دما) در طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۳ استفاده شد. اطلاعات پارامترهای مذکور از شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه تهیه گردید. دو ایستگاه هیدرومتری دوآب و پل‌چهر واقع در رودخانه گاماسیاب و ایستگاه دوآب‌مرگ واقع در رودخانه قره‌سو به‌دلیل جامع بودن اطلاعات آماری پارامترهای فیزیکوشیمیایی نسبت به دیگر ایستگاه‌ها، به عنوان ایستگاه‌های مورد مطالعه انتخاب شدند. به منظور تحلیل بهتر داده‌های هیدروشیمیایی و نیز رسم دیاگرام‌های استیف[1]، پایپر[2] و همچنین به منظور پیش‌بینی و احتمال رسوب و یا انحلال برخی کانی‌ها از شاخص‌های اشباع[3] کلسیت، دولومیت، آنیدریت، آراگونیت، هالیت و گچ استفاده شد. تمامی دیاگرام‌های هیدروشیمیایی و نسبت‌های اشباع در محیط نرم‌افزار Aquachem2014.2 تهیه شد.

[1] Stiff Diagram
[2] Piper Diagram
[3] Saturation Index(SI)

نسبت‌های یونی و نمودارهای ترکیبی برای تعیین منشأ املاح آب در رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو به کار گرفته شدند. جهت تعیین مهم‌ترین فرآیند مؤثر بر ترکیب شیمیایی آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو از نمودار گیبس[1] استفاده شد. بر اساس نمودار گیبس مهم‌ترین عوامل طبیعی که می‌توانند شیمی آب را کنترل کنند عبارتند از: ۱) تبخیر[2]، ۲) تبخیر و رسوب‌گذاری[3]، ۳) سنگ منشأ[4] و بارندگی[5]. در این مدل در نمونه‌های دارای نسبت Na/(Na+Ca) بالا و TDS پایین، ریزش‌های جوی بیشترین تأثیر را بر روی شیمی آب‌های منطقه دارند. نسبت Na/(Na+Ca) پایین و TDS بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نشانگر تأثیر فرآیندهای هوازدگی سنگ‌ها و در صورت افزایش هر دوی این مقادیر به ترتیب نشانگر تأثیر تبخیر و آب‌های شور، به عنوان عامل اصلی کنترل کننده شیمی آب محسوب می‌شوند (Gibbs, 1970). در این پژوهش به منظور تعیین تعداد عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آب ایستگاه‌های مورد مطالعه از آنالیزهای تحلیل عاملی و خوشه‌بندی سلسله مراتبی در محیط SPSS استفاده شدند.

تحلیل عاملی و خوشه‌بندی سلسله مراتبی

بطور کلی تشخیص مجموعه‌ای از شرایط هیدرولوژیکی و فرآیندهای هیدروشیمیایی که کیفیت آب‌های سطحی را تحت تأثیر قرار می‌دهند مشکل است. به همین جهت هیدروژئوشیمیست‌ها جهت تشخیص سهم هر یک از عوامل و شرایط مؤثر بر ترکیب آب سطحی از روش تحلیل عاملی استفاده می‌کنند. عمده‌ترین هدف تحلیل عاملی، کاهش حجم داده‌ها و تعیین مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌ها است (Liu et al., 2003). در پژوهش حاضر، از روش تحلیل عاملی برای شناخت عوامل و میزان تأثیرگذاری آن‌ها پس از وارد نمودن داده‌ها در نرم‌افزار SPSS و اطمینان از نرمال بودن آن‌ها، آزمون همبستگی داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی انجام شد. 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 $p<۰/۰۵$ است. به‌طور صریح می‌توان گفت پارامترهایی که $r<۰/۵$ نشان می‌دهند، به‌صورت همبستگی ضعیف، $۰/۵<r<۰/۷$ همبستگی متوسط و $r>۰/۷$ همبستگی قوی در نظر گرفته می‌شوند (Oinam et al, 2012). در این روش از چرخش عامل‌ها به روش واریمکس استفاده شده است.

تحلیل خوشه‌ای یک عنوان کلی برای گروهی از روش‌های ریاضی است و برای تعیین شباهت نسبی بین افراد در یک مجموعه به منظور نشان دادن همگنی در ویژگی‌های اندازه‌گیری بکار می‌رود. در این تکنیک مجموعه‌ای از متغیرها در داخل خوشه‌های همگن قرار می‌گیرند. خوشه‌بندی متراکم سلسله مراتبی، رایج‌ترین روش تحلیل خوشه‌ای است که ارتباطات همسان ذاتی را بین هر کدام از نمونه‌ها و نیز بین همه داده‌ها فراهم می‌کند و معمولاً با یک نمودار درختی نشان داده می‌شود. نمودار درختی خلاصه‌ای از فرآیندهای خوشه‌بندی، تصویر خوشه‌ها و مجاورت آن‌ها را به همراه کاهش قابل توجه ابعاد داده‌های اولیه ارائه می‌دهد (خسروی و همکاران، ۱۳۹۴). در این پژوهش، تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی برای مجموعه‌ای از داده‌ها با روش پیوند بین گروه‌ها[6] بکار گرفته شد. این روش ترکیب خوشه‌ها از کمینه کردن متوسط فاصله بین تمام زوج مشاهداتی که در خوشه‌های مختلف قرار دارند، ایجاد می‌شود. در این روش از کلیه فواصل موجود بین نقاط خوشه‌ها استفاده می‌شود نه فقط نزدیک‌ترین یا دورترین فاصله‌ها.

[1] Gibbs Diagram
[2] Evaporation
[3] Precipitation
[4] Rock
[5] Rainfall
[6] Between-groups-linkage

نتایج و بحث

هیدروشیمی آب

به منظور بررسی هیدروشیمی آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو از میانگین سالانه نتایج آنالیز شیمیایی یک دوره ۵ ساله (۱۳۹۷-۱۳۹۳) در ایستگاه‌های دوآب، پل‌چهر و دوآب‌مرگ استفاده شد (جدول ۱). قابل ذکر است که میزان غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشد. با توجه به (جدول۱)، میزان TDS نمونه‌ها در طی سال‌های نمونه‌برداری بین ۲۱۶ تا ۵۳۶ میلی‌گرم در لیتر متغیر است. میزان سختی کل نمونه‌ها بین ۱۶۰ تا ۳۵۵ میلی‌گرم کربنات‌کلسیم بر لیتر متغیر است. وجود املاح کلسیم و منیزیم سبب سختی آب‌ها می‌شوند. بنابراین با توجه به غلظت‌های کلسیم و منیزیم در (جدول۱)، کاتیون کلسیم نسبت به کاتیون منیزیم در سختی کل آب سه ایستگاه مورد مطالعه تأثیرگذارتر بوده است. میانگین آنیون‌های سولفات و کلراید و هم‌چنین کاتیون سدیم در تمامی ایستگاه‌ها کمتر از یک میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشند.

جدول(۱):. نتایج پارامترهای فیزیکوشیمیایی رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو در سال‌های۱۳۹۷- ۱۳۹۳(غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها برحسب meq/l، TDS برحسب mg/l، EC برحسب µmho/cm، TH بر حسب mg/l $CaCO_3$ و دما بر حسب C)

ایستگاه	پارامتر	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}	TDS	EC	pH	Temp	TH
	میانگین	۲/۸۱	۱/۵۷	۰/۳۸	۳/۸۸	۰/۴۰	۰/۴۶	۳۱۲/۱۵	۴۸۷/۶۹	۸/۰۲	۱۱/۶۴	۲۱۹/۵۴
	کمترین	۲/۳	۲/۷	۱/۱۶	۲/۷	۰/۱۳	۰/۳	۲۱۶	۳۳۷	۷/۵۲	۳	۱۶۰
پل‌چهر	بیشترین	۳/۲	۰/۷	۰/۱۲	۴/۹	۰/۹۴	۱/۲	۴۳۴	۶۷۸	۸/۴۵	۱۹	۲۷۵
	انحراف معیار	۰/۲۴	۰/۵۰	۰/۲۱	۰/۵۴	۰/۱۶	۰/۱۸	۴۹/۶۰	۷۷/۴۲	۰/۲۰	۴/۷۵	۳۱/۶۰
	واریانس	۰/۰۶	۰/۲۵	۰/۰۴	۰/۲۹	۰/۰۲	۰/۰۳	۲۴۶۰/۵	۵۹۹۵/۳	۰/۰۴	۲۲/۶۰	۹۹۹
	میانگین	۳/۰۸	۱/۷۴	۰/۶۷	۴/۴۸	۰/۳۶	۰/۶۱	۳۵۴/۹۷	۵۵۹/۸۴	۷/۹۰	۱۳/۴۵	۲۴۱/۳۰
	کمترین	۱/۳	۰/۹	۰/۱۶	۳/۱	۰/۱	۰/۳	۲۵۰	۴۰۹	۴/۴۸	۳	۱۷۵
دوآب	بیشترین	۴/۳	۲/۶	۱/۲۱	۵/۴	۰/۶۸	۱	۴۳۴	۶۷۹	۸/۵۶	۲۲	۳۰۰
	انحراف معیار	۰/۴۸	۰/۳۸	۰/۲۷	۰/۶۶	۰/۱۵	۰/۱۹	۵۱/۲۴	۷۶/۴۸	۰/۵۸	۴/۸۵	۳۱/۳۷
	واریانس	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۰۷	۰/۴۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۲۶۲۵/۷	۵۸۴۹/۲	۰/۳۳	۲۳/۵۸	۹۸۴/۴
	میانگین	۲/۹	۱/۶۳	۰/۴۳	۳/۸۰	۰/۵۹	۰/۵۴	۳۲۸/۰۹	۵۱۱/۹۰	۸/۱۷	۱۲/۱۱	۲۲۷/۳۸
	کمترین	۲/۴	۰/۷	۰/۱۲	۳	۰/۱۹	۰/۲	۲۳۹	۳۷۳	۷/۶۶	۲	۱۷۵
دوآب مرگ	بیشترین	۴/۳	۲/۸	۱/۲	۴/۷	۲/۷۷	۱/۴	۵۳۶	۸۲۴	۸/۸۲	۲۴	۳۵۵
	انحراف معیار	۰/۳۶	۰/۵۶	۰/۳۱	۰/۴۰	۰/۵۲	۰/۳۲	۶۶/۰۲	۱۰۱/۰۱	۰/۲۶	۶/۲۴	۳۵/۱۳
	واریانس	۰/۱۳	۰/۳۲	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۲۸	۰/۱۰	۴۳۵۹/۶	۱۰۲۰۴	۰/۰۷	۳۸/۹۵	۱۲۳۴/۲
	حداکثر مطلوب۱۰۵۳(mg/l)	۳۰۰	۲۰۰	۳۰	-	۲۵۰	۲۵۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۸/۵ -۶/۵	-	۲۰۰
	حداکثر مجاز ۱۰۵۳(mg/l)	۴۰۰	۲۰۰	۱۵۰	-	۴۰۰	۴۰۰	۱۵۰۰	۱۸۰۰	۹ -۶/۵	-	۵۰۰
	WHO(mg/l)	۲۰۰	۲۰۰	۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۲۵۰	۱۰۰۰	۳۰۰	۸/۵ -۶/۵	-	۲۰۰

تیپ و رخساره هیدروشیمیایی[1] آب رودخانه

به منظور بررسی تیپ و رخساره هیدروشیمیایی آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو نمودارهای استیف و پایپر ترسیم شد (شکل۲). از نمودار استیف جهت ارزیابی تغییرات تیپ آب در یک مکان و در یک دوره استفاده می‌شود. با توجه به (شکل ۲)، تیپ غالب ایستگاه‌های دوآب، پل‌چهر و دوآب‌مرگ بی‌کربنات کلسیک است و منشأ عمده آن‌ها سنگ‌های کربناته

[1] Type and Hydrochemical Facies

(کلسیتی) می‌باشد. هم‌چنین با توجه به هم‌شکل بودن نمودارهای (a و۲b) می‌توان نتیجه گرفت که منشأ آب‌های این دو ایستگاه یکسان می‌باشد. اما در شکل (۲c) میزان منیزیم و سولفات نسبت به دو ایستگاه پل‌چهر و دوآب بیشتر شده است که نشان دهنده انحلال تشکیلات دولومیتی و ژیپسی در سطح این حوضه می‌باشد. براساس نمودار پایپر (شکل۲d)، ایستگاه‌های مورد مطالعه تنها دارای یک رخساره Ca-Mg-HCO_3 است. این رخساره در تقسیم‌بندی کیفی آب جز تیپ آب شیرین بوده که از نظر سختی در رده سبک قرار دارد و نسبتاً شیرین و قابل شرب است. مقدار مواد جامد محلول این تیپ آب حدود ۲۱۰ تا ۷۵۵ میلی‌گرم بر لیتر است و مقدار متوسط بی‌کربنات آن بیشتر از کلراید آن است. نتایج Qishlaqi و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که، با توجه به نمودار پایپر بیشتر نمونه‌ها دارای رخساره بی‌کربنات کلسیک بودند. نتایج پژوهش Islam و همکاران (۲۰۱۷)، در بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی در بنگلادش نشان داد که، با توجه به نمودار گیبس بارش عامل کنترل کننده شیمی آب می‌باشد. Zhao و همکاران (۲۰۱۸) ، به ارزیابی هیدروشیمیایی آب در تبت پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که، بیشترین میزان کاتیون‌ها به ترتیب کلسیم، پتاسیم و سدیم می‌باشد. همچنین در بین آنیون‌ها به ترتیب بی‌کربنات، سولفات، کلراید و نیترات بیشترین میزان را داشتند. با توجه به نمودار پایپر نیز تیپ آب بی‌کربنات کلسیت می‌باشد. Laxmankumar و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی ایالت تلانگانا در هند پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که، با توجه به نسبت بالای بی‌کربنات و کلسیم در نمونه‌های آب، تیپ آب بی‌کربناته بوده و همچنین با توجه به نمودار گیبس واکنش آب-سنگ عامل کنترل کننده شیمی آب منطقه مورد مطالعه می‌باشد که با نتایج پژوهش حاضر نیز همخوانی دارد.

عامل کنترل کننده شیمی آب

نمودار گیبس

برای تعیین تأثیر عوامل طبیعی بر کیفیت آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو از نمودار گیبس استفاده شد (شکل۳). باتوجه به تجمع نمونه‌ها در نمودار گیبس می‌توان نتیجه گرفت که در طول دوره آماری، کیفیت شیمیایی آب ایستگاه‌های مورد مطالعه متأثر از سنگ بستر بوده و تبخیر-تعرق نقشی در کنترل شیمی آب ندارد.

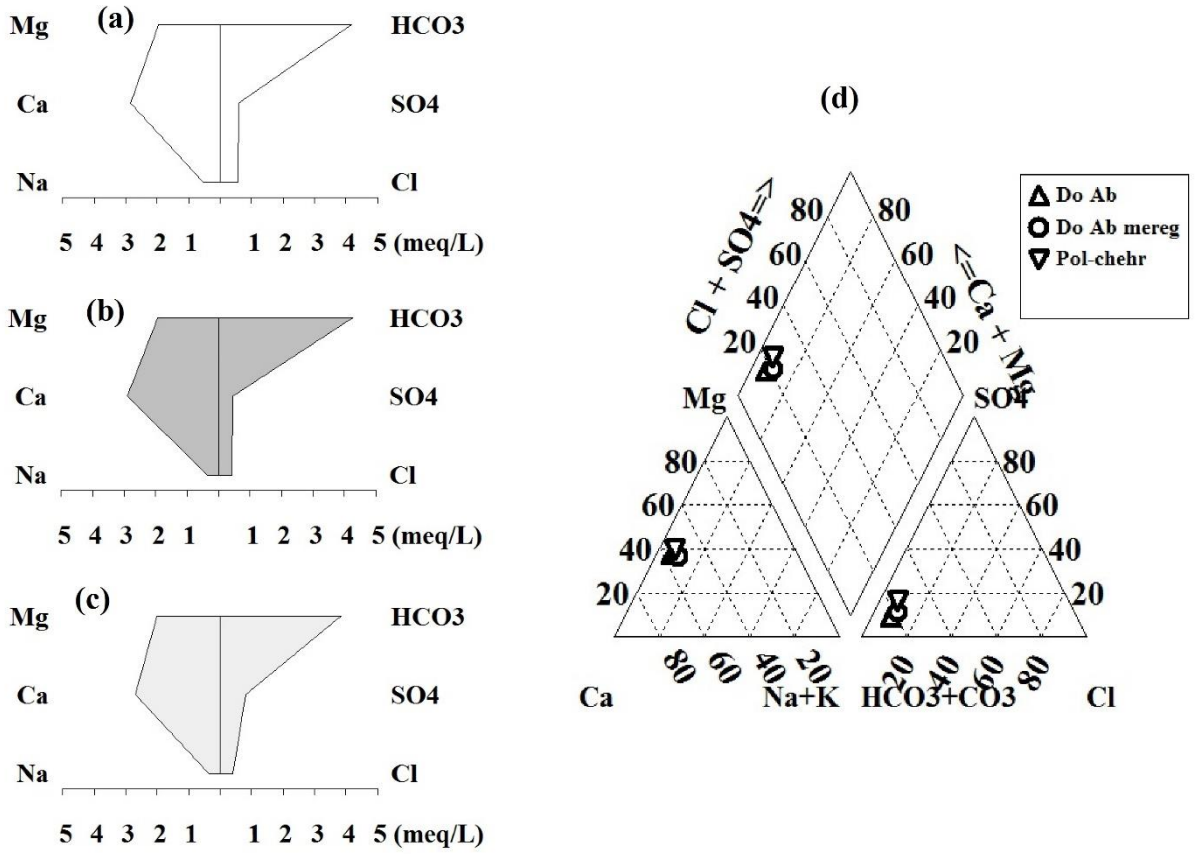
نسبت‌های یونی

در پیدایش ترکیب شیمیایی آب، نسبت‌های یونی متأثر از ترکیب شیمیایی کانی‌های محلول در آب بوده و مقدار کانی انحلال یافته در درجه بعدی اهمیت قرار دارد (Howard et al., 1996). در این تحقیق منشأ یون‌ها و گروه‌های مختلف در آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو تعیین گردید (جدول۲). در ایستگاه پل‌چهر با توجه به اینکه نسبت Na^+/Cl^- بیشتر از یک و هم‌چنین نسبت $Na^+/Na^+ + Cl$ بیشتر از ۰/۵ می‌باشد احتمالاً افزایش غلظت سدیم از منبعی غیر از انحلال هالیت و احتمالاً از تبادل یونی و یا آلبیت است. در حالی که در ایستگاه‌های دوآب و دوآب‌مرگ نسبت Na^+/Cl^- کمتر از یک بوده و نشان دهنده عکس تبادل یونی می‌باشد. یون‌های بی‌کربنات و کربنات معمولاً فراوان‌ترین یون‌های موجود در آب‌های زیرزمینی هستند و در آب دریا به مقدار جزئی وجود دارند، در مقابل یون کلر در آب‌های شور و یا آب دریا بیش از یون‌های دیگر است. با توجه به نتایج نسبت $Cl^-/HCO_3^- + CO_3^{2-}$ در (جدول۲)، در تمام ایستگاه‌ها این نسبت کمتر از یک می‌باشد که نشان دهنده وجود تشکیلات آهکی است. نسبت Ca^{2+}/Mg^{2+} در شناسایی سازندهای آهکی از دولومیت و نیز شناسایی واپاشی خاک و کاهش تدریجی عملکرد آن استفاده می‌شود. با توجه به نتایج این نسبت، بیانگر سازندهای دولومیتی، دولومیت-آهکی و آهک-دولومیتی می‌باشد. نتایج

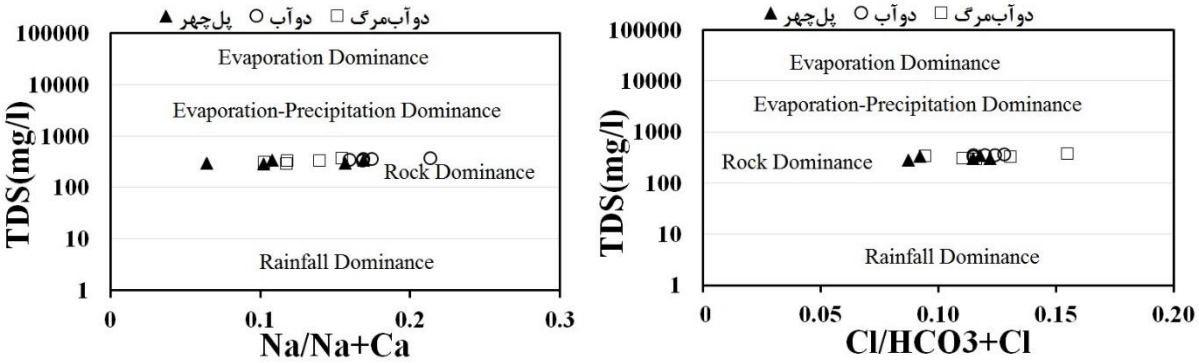
نسبت $Mg^{2+}/Ca^{2+}+Mg^{2+}$ در همه ایستگاه‌ها کمتر از یک می‌باشد که نشان دهنده هوازدگی سنگ‌های آهکی و دولومیتی است. نسبت $Ca^{2+}/Ca^{2+}+SO_4^{2-}$ در تعیین منشأ کلسیم، انحلال گچ، رسوبگذاری کلسیت و تبادل یونی استفاده می‌شود. در تمامی ایستگاه این نسبت بیشتر از ۰/۵ می‌باشد، که سبب به وجود آمدن رخساره‌های شیمیایی بی‌کربنات کلسیک و سدیک، کلرید سدیک و در نهایت رسوبگذاری کلسیت می‌شود. نتایج این بخش نیز در راستای نتایج دیاگرام‌های استیف و گیبس مبنی بر واکنش آب-سنگ و انحلال سنگ‌های در سطح حوضه همخوانی دارد.

نمودارهای ترکیبی

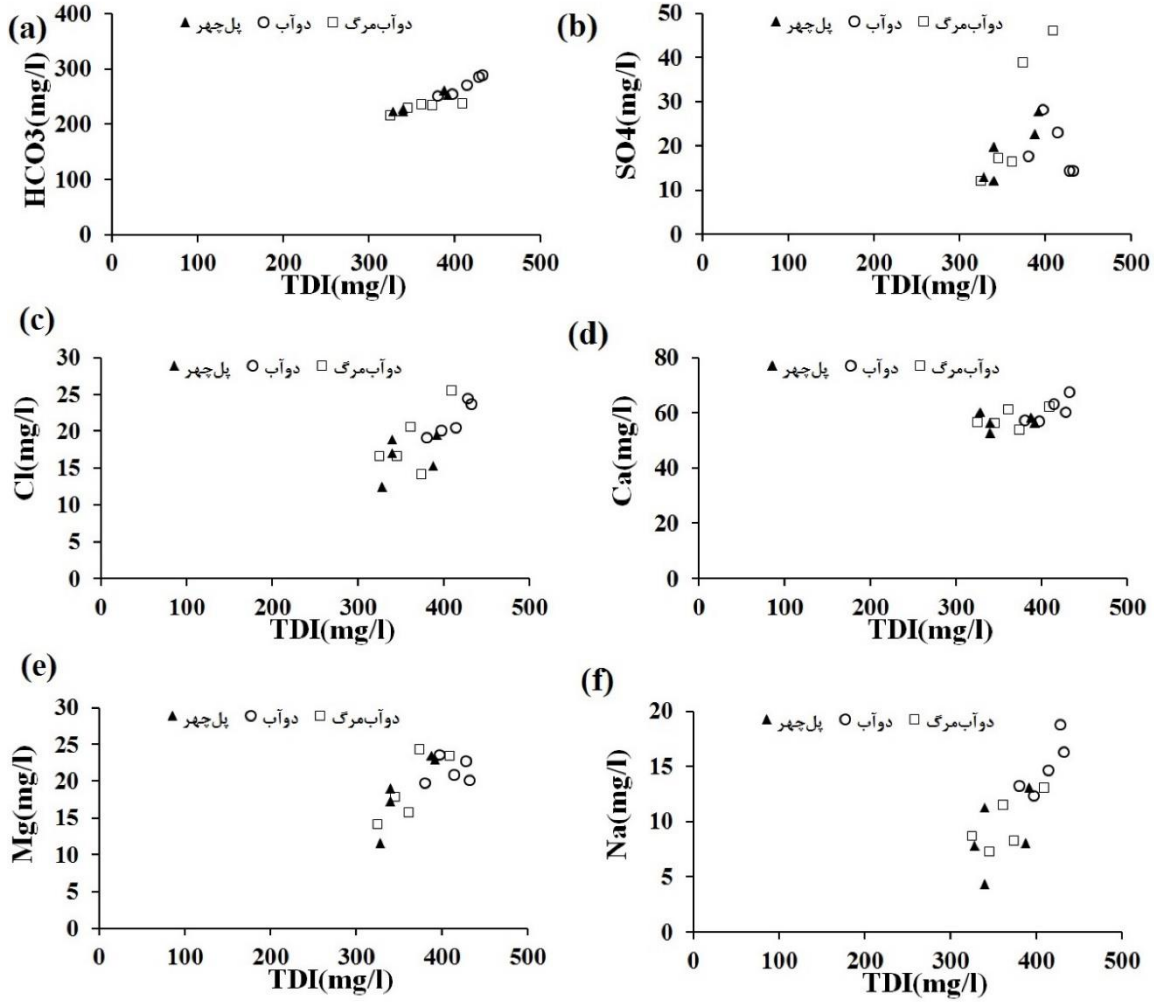
نمودارهای ترکیبی ابزار مفیدی جهت شناخت منشأهای مختلف منابع آبی می باشند. در این پژوهش جهت شناخت فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی مؤثر بر کیفیت آب‌های سطحی رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو از نمودارهای ترکیبی غلظت کل یون‌های محلول (TDI) در مقابل یون‌های اصلی تهیه گردید (شکل ۴). با توجه به شکل۴، افزایش خطی یون بی‌کربنات با TDI نشان دهنده انحلال سازندهای کربناته در آب رودخانه‌های مورد مطالعه و احتمالاً تغذیه توسط نزولات جوی و آب‌های سطحی حاوی بی‌کربنات بالا می‌باشد. افزایش خطی سدیم و کلر با TDI نیز بیانگر شور شدن نمونه‌های آب درنتیجه انحلال کانی هالیت و احتمالاً ورود زه‌آب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های صنعتی و خانگی به داخل هر دو رودخانه گاماسیاب و قره‌سو می‌باشد. اگرچه نمونه‌های مربوط به رودخانه قره‌سو بیشتر رابطه خطی از خود نشان می‌دهند. در رودخانه‌های مورد مطالعه، روند تغییرات یون سولفات در مقابل TDI بسیار متفاوت می‌باشد. بطوریکه تغییرات این یون در رودخانه قره‌سو خطی و در رودخانه گاماسیاب الگوی مثلثی دارد. از اینرو، می‌توان دو منبع متفاوت برای این دو رودخانه متصور شد. برای رودخانه قره‌سو انحلال کانی‌های سولفاته نظیر ژیپس محتمل‌ترین گزینه است. در رودخانه گاماسیاب با توجه به الگوی مثلثی آن علاوه بر انحلال کانی‌های سولفاته ورود فاضلاب شهری و صنعتی و زه‌آب‌های کشاورزی، عامل اصلی تغییر الگوی سولفات در این رودخانه می‌باشد.



شکل(۲):. دیاگرام استیف دوآب(a)، پل‌چهر (b)، دو آب مرگ(c) و نمودار پایپر رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو (d) در استان کرمانشاه



شکل(۳): عوامل کنترل کننده شیمی آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو در استان کرمانشاه



شکل(۴): نمودارهای ترکیبی بین یون‌های اصلی و کل یون‌های محلول (TDI) در ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول(۲): میزان نسبت‌های یونی(غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها برحسب meq/l) در آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو در استان کرمانشاه

ایستگاه	پارامتر	Na^+/Cl^-	$Na^+/Na^+ + Cl^-$	$Cl^-/HCO_3^- + CO_3^{2-}$	$Cl^-/Sum\ Anions$	Ca^{2+}/Mg^{2+}	$Mg^{2+}/Ca^{2+}+Mg^{2+}$	$Ca^{2+}/Ca^{2+}+SO_4^{2-}$
	میانگین	۰/۸۳	۰/۴۴	۰/۱۳	۰/۰۹	۱/۹۶	۰/۳۵	۰/۸۷
	کمترین	۰/۴۱	۰/۲۹	۰/۱۳	۰/۰۸	۱/۴۹	۰/۲۴	۰/۸۳
دوآب	بیشترین	۱/۰۴	۰/۵۱	۰/۱۵	۰/۱۲	۳/۱۶	۰/۴	۰/۹۲
	انحراف‌معیار	۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۱	۰/۶۹	۰/۰۶	۰/۰۳
	واریانس	۰/۰۶۳	۰/۰۰۷	۰	۰	۰/۴۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱
	میانگین	۱/۰۷	۰/۵۱	۰/۱۲	۰/۱۱	۱/۷۳	۰/۳۶	۰/۸۸
	کمترین	۰/۹۵	۰/۴۹	۰/۱	۰/۱۱	۱/۴۶	۰/۳۳	۰/۸۳
پل‌چهر	بیشترین	۱/۱۸	۰/۵۴	۰/۱۴	۰/۱۲	۲/۰۳	۰/۴۱	۰/۹۲
	انحراف‌معیار	۰/۰۸	۰/۰۱۹	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۲۱	۰/۰۳	۰/۰۳
	واریانس	۰/۰۰۷	۰	۰	۰	۰/۰۴	۰	۰
	میانگین	۰/۸۱	۰/۴۴	۰/۱۳	۰/۱۰	۱/۹۳	۰/۳۴	۰/۸۴
	کمترین	۰/۶۹	۰/۴۱	۰/۱	۰/۰۸	۱/۳۵	۰/۲۹	۰/۷۶
دوآب‌مرگ	بیشترین	۰/۹۱	۰/۴۸	۰/۱۸	۰/۱۳	۲/۴۳	۰/۴۳	۰/۹۲
	انحراف‌معیار	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۴۶	۰/۰۵	۰/۰۷
	واریانس	۰/۰۰۶	۰	۰	۰	۰/۲۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵

شاخص‌های اشباع آب

در این پژوهش نمایه‌های اشباع گچ، هالیت، انیدریت، آراگونیت، کلسیت و دولومیت برای همه ایستگاه‌ها محاسبه شد (جدول۳). در صورتی که شاخص اشباع کمتر از صفر باشد، آب تحت اشباع است. در صورتی که برابر با صفر باشد، کانی و آب در تعادل با یکدیگرند و در صورتی که بیش از صفر و کمتر از یک باشد، آب اشباع است. اگر شاخص اشباع بیشتر از یک باشد آب فوق اشباع است. با توجه به (جدول۳)، آب هر سه ایستگاه مورد مطالعه نسبت به شاخص‌های گچ، هالیت و انیدریت تحت اشباع هستند. ایستگاه‌های دوآب، پل‌چهر و دوآب‌مرگ نسبت به آراگونیت و کلسیت اشباع می‌باشند. ایستگاه‌های دوآب و پل‌چهر نسبت به دولومیت اشباع، در حالی که ایستگاه دوآب‌مرگ فوق اشباع می‌باشد. در کل در تمام ایستگاه‌ها شاخص اشباع دولومیت نسبت به شاخص‌های اشباع کلسیت و آراگونیت بیشتر است. دلیل این امر را می‌توان به وجود کانی‌های دولومیتی و رخداد دولومیتی شدن و رسوبگذاری کلسیت نسبت داد.

جدول (۳): شاخص‌های اشباع کانی‌ها در رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو در استان کرمانشاه

حوضه	ایستگاه	پارامتر	گچ	هالیت	انیدریت	آراگونیت	کلسیت	دولومیت
		میانگین	-۲/۳۳	-۷/۰۳	-۲/۵۹	۰/۳۰	۰/۴۵	۰/۶۲
		کمترین	-۲/۴۵	-۸/۱۴	-۲/۷۲	-۰/۰۵	۰/۰۹	-۰/۰۹
	دوآب	بیشترین	-۲/۱۹	-۲/۹۵	-۲/۴۴	۰/۵۷	۰/۷۳	۱/۱۸
		انحراف‌معیار	۰/۱۱	۲/۲۸	۰/۱۲	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۵۳
گاماسیاب		واریانس	۰/۰۱	۵/۲۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۲۹
		میانگین	-۲/۳۶	-۸/۳۵	-۲/۶۱	۰/۳۳	۰/۴۹	۰/۶۲
		کمترین	-۲/۵۶	-۸/۶۶	-۲/۸۱	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۳۱
	پل‌چهر	بیشترین	-۲/۲۱	-۸/۱۳	-۲/۴۶	۰/۴۲	۰/۵۸	۰/۷۹
		انحراف‌معیار	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۲۱
		واریانس	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱	۰/۰۴
		میانگین	-۲/۲۶	-۸/۲۹	-۲/۵۱	۰/۵۲	۰/۶۷	۱/۰۱
		کمترین	-۲/۵۲	-۸/۴۷	-۲/۷۸	۰/۳۴	۰/۴۹	۰/۸
قره‌سو	دوآب‌مرگ	بیشترین	-۱/۹۶	-۸/۰۲	-۲/۲۱	۰/۸	۰/۹۵	۱/۴
		انحراف‌معیار	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۴
		واریانس	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۶

ماتریس همبستگی

رابطه بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی در رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو با استفاده از ماتریس همبستگی[1] مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول۴). آنالیز ضریب همبستگی دو متغیر برای توصیف ارتباط جفت پارامترهای هیدروشیمیایی به‌کاربرده شده‌است. با توجه به ماتریس ضرایب همبستگی ایستگاه دوآب رودخانه گاماسیاب، بیشترین میزان همبستگی در بین یون‌های مربوط به کلراید با سدیم (۰/۹۱۵) و بی‌کربنات با کلراید (۰/۹۴۲) می‌باشد. همبستگی بالای سدیم با کلراید نشان دهنده انحلال کانی هالیت (NaCl) و همچنین ورود زه‌آب کشاورزی، شهری و صنعتی به این رودخانه و در نتیجه شوری آب ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد. همچنین باتوجه به همبستگی بالای بین بی‌کربنات با کلسیم (۰/۸) و نبود همبستگی بین بی‌کربنات با منیزیم، سنگ‌های آهکی کلسیتی ($CaCO_3$) از فراوانی نسبتاً بالایی در این زیر حوضه برخوردارند.

با توجه به ماتریس ضرایب همبستگی ایستگاه پل‌چهر رودخانه گاماسیاب، pH با بی‌کربنات و سختی کل همبستگی قوی منفی دارد به این معنا که رابطه معکوسی بین آن‌ها برقرار است. بین آنیون سولفات با مجموع املاح محلول و سختی کل همبستگی مثبت مشاهده گردید. بین EC و مجموع املاح محلول، منیزیم، بی‌کربنات و سختی کل همبستگی قوی مشاهده شد به طوری که این همبستگی با مجموع املاح محلول برابر با یک بود. همچنین همبستگی بالایی بین یون‌های سولفات با منیزیم (۰/۸۳۹) و بی‌کربنات با منیزیم (۰/۸۳۸) وجود دارد که مورد اول را می‌توان به انحلال کانی تبخیری ژیپس ($CaSO_4.2H_2O$) و مورد دوم را به احتمال فراوان انحلال کانی کربناته منیزیت ($MgCO_3$) نسبت داد.

با توجه به ماتریس ضرایب همبستگی ایستگاه دوآب‌مرگ رودخانه قره‌سو، بین pH با دما همبستگی معکوس مشاهده شد. بیشترین میزان همبستگی مثبت

[1] The correlation matrix

کلراید با EC، سدیم و بی‌کربنات و EC با بی‌کربنات و سختی کل مشاهده گردید. همبستگی قوی EC و TDS با یکدیگر و نیز با کاتیون‌ها و آنیون‌ها نشان می‌دهد که EC و TDS توسط غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی کنترل می‌شوند. همچنین باتوجه به همبستگی بالای بین یون‌های منیزیم با سولفات (۰/۹۵۷) و سدیم با کلر (۰/۹۲۹) احتمال انحلال کانی‌های تبخیری ژیپس و هالیت در این حوضه وجود دارد.

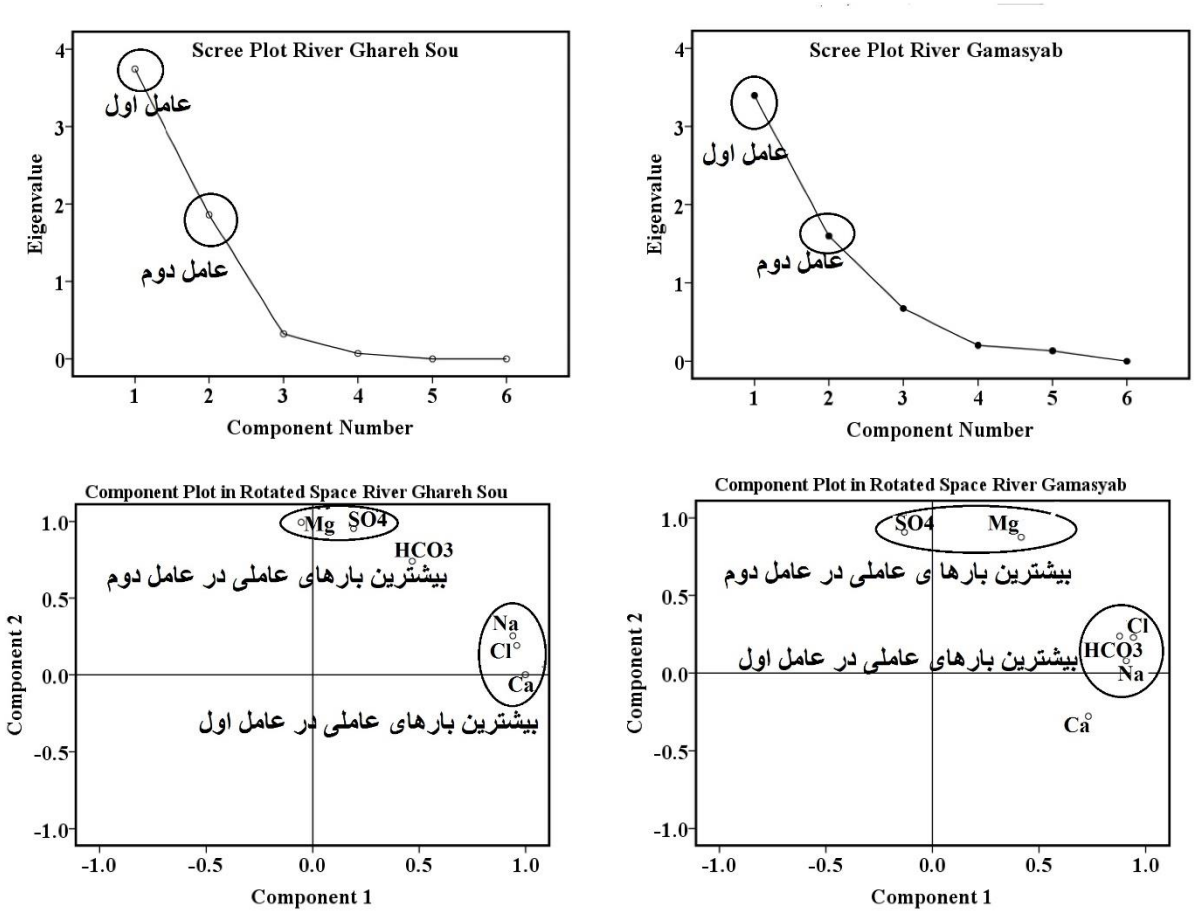
تحلیل عاملی و خوشه‌ای

تعداد مناسب عامل‌ها و مشخصه‌های مؤثر در هر عامل برای رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو به صورت گرافیکی در (شکل۵) نشان داده شده است. بر این اساس دو عامل (۱) و (۲) بیشترین تأثیر بر ترکیب شیمیایی آب هر دو رودخانه را داشته‌اند. بار عاملی هر کدام از پارامترهای کیفی رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو برای عضویت در دو عامل، در جدول ۵ ارائه شده‌است. بار عاملی نشان‌دهنده همبستگی بین پارامترهای کیفیت آب و عامل‌های معرفی شده است. در حوضه گاماسیاب از میان پارامترهای موجود در عامل اول HCO_3 و Na دارای بیشترین بارهای عاملی به ترتیب ۰/۹۴۳ و ۰/۹۰۹ می‌باشند و به عنوان پارامترهای اصلی این مؤلفه انتخاب شد. ارتباط قوی بین یون‌های بی‌کربنات نشان دهنده انحلال تشکیلات آهکی و تعامل آب- سنگ در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین با توجه به بار عاملی بالای سدیم در کنار یون‌های کلراید و کلسیم بیانگر تأثیرگذاری کانی‌های تبخیری از جمله نمک‌ها بر کیفیت آب رودخانه گاماسیاب می‌باشد. در عامل دوم SO_4 و Mg با بارهای عاملی ۰/۹۰۸ و ۰/۸۷۵ به عنوان پارامترهای اصلی انتخاب شدند. این موضوع می‌تواند بیانگر سازندهایی حاوی منیزیت و همچنین هوازدگی سنگ‌های دولومیتی در منطقه مورد مطالعه باشد. همچنین در حوضه قره‌سو، پارامتر Ca بیشترین بار عاملی به میزان ۰/۹۹۹ در عامل اول را دارد. با توجه به فراوانی این یون در تشکیلات آهکی و فعال بودن واکنش آب-سنگ، فراوانی آن در آب سطحی بدیهی بنظر می‌رسد. این ارتباط نشان دهنده تعامل زیاد آب-سنگ منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین می‌توان افزایش این یون‌ها را تأثیر سازندهای زمین‌شناسی منطقه دانست. در عامل دوم Mg و SO_4 با بارهای عاملی ۰/۹۹۵ و ۰/۹۵۳ به عنوان پارامتر اصلی انتخاب شدند. که نشان دهنده هوازدگی سنگ دولومیت و ژیپس در حوضه مورد مطالعه می‌باشد.

براساس نمودار درختی ترسیم شده برای آب دو رودخانه، پارامترها شیمیایی در دو خوشه قرار می‌گیرند (شکل۶). خوشه اول متشکل از یون‌های Ca و HCO_3 و خوشه دوم شامل Na، Cl، SO_4 و Mg می‌باشد. با توجه به فراوانی و پراکندگی سازندهای کربناته، خوشه اول را می‌توان به انحلال سازندهای کربناته نسبت داد. درحالیکه براساس ترکیب شیمیایی پارامترهای خوشه دوم، این خوشه را می‌توان به احتمال فراوان به انحلال سازندهای تبخیری و دولومیتی منطقه نسبت داد. از این رو نتایج تحلیل خوشه‌ای با نتایج مربوط به تحلیل عاملی همسو می‌باشد. با توجه به نتایج خسروی و همکاران (۱۳۹۴)، نتایج تحلیل عاملی نشان داد متغیرهای SAR، Cl، Na، PH، SO_4 و HCO_3 به ترتیب با بالاترین بارعاملی مهم‌ترین پارامترها جهت انجام آنالیزهای خوشه‌ای می‌باشند. همچنین نتایج نیسی و تیشه‌زن (۱۳۹۷) نشان داد که، بین دو دسته متغیرهای فیزیکی و شیمیایی رودخانه‌ی دز، رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد که بیشتر ناشی از منابع انسان‌ساخت (مانند کشت و صنعت هفت تپه و کارخانجات صنعتی) هستند. هم‌چنین نتایج تحلیل مولفه‌ی اصلی، نشان داد متغیرهای اصلی تعیین‌کننده‌ی کیفیت آب رودخانه‌ی دز EC، دما، SAR، SO_4، pH و DO هستند که اغلب ناشی از آلاینده‌های صنعتی و انسانی می‌باشند.

جدول(۴): ماتریس همبستگی بین پارامترهای فیزیکو شیمیایی رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو در استان کرمانشاه

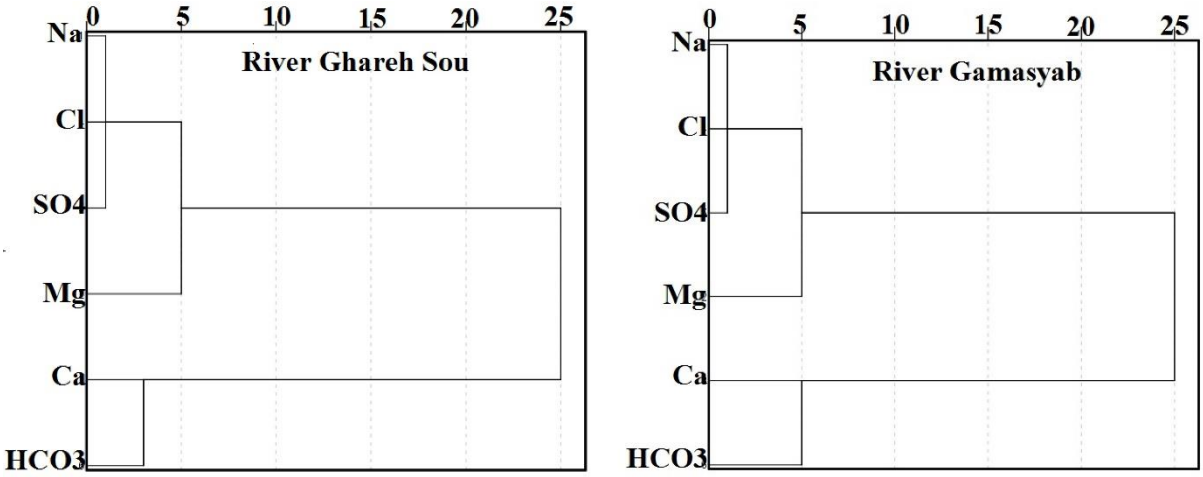
حوضه	ایستگاه		pH	Ca	Cl	SO_4	EC	TDS	Mg	Na	HCO_3	TH	Temp
		pH	۱										
		Ca	۰/۴۰۵	۱									
		Cl	۰/۸۹	۰/۵۸۸	۱								
		SO_4	-۰/۳۱۵	-۰/۴۶۸	-۰/۶۶۱	۱							
		EC	۰/۸۳۳	۰/۷۸	۰/۹۱۴	-۰/۴۴۵	۱						
		TDS	۰/۶۹۲	۰/۳۹۳	۰/۷۷	-۰/۲۳۲	۰/۸۲۷	۱					
	دوآب	Mg	۰/۴۹۸	-۰/۴۳۳	۰/۱۷	۰/۴۸۹	۰/۱۳۹	۰/۴۵	۱				
		Na	۰/۶۶۴	۰/۴۷۹	۰/۹۱۵	-۰/۷۷	۰/۷۸۹	۰/۷۹۳	۰	۱			
		HCO_3	۰/۷۴۵	۰/۸	۰/۹۴۲	-۰/۶۸۹	۰/۹۵۴	۰/۷۵۳	۰	۰/۸۹۳	۱		
		TH	۰/۷۸۹	۰/۷۸۱	۰/۷۵۹	-۰/۱۶۸	۰/۹۴۶	۰/۷۴۲	۰/۲۱۴	۰/۵۵۲	۰/۸۱۸	۱	
گاماسیاب		Temp	-۰/۳۲۳	۰/۴۰۱	۰/۱۴	-۰/۷۱۷	۰	۰	-۰/۸۰۲	۰/۴۲۶	۰/۳۴۹	-۰/۱۲۳	۱
		pH	۱										
		Ca	-۰/۳۴۸	۱									
		Cl	۰	-۰/۸۰۳	۱								
		SO_4	-۰/۷۹۱	۰/۱۳۵	۰/۴۵۱	۱							
		EC	-۰/۸۵۹	۰	۰/۵۱۳	۰/۸۹۸	۱						
	پل‌چهر	TDS	-۰/۸۶	۰	۰/۵۱۱	۰/۹	۱	۱					
		Mg	-۰/۷۹۷	-۰/۲۴۶	۰/۶۱۶	۰/۸۳۹	۰/۹۳۴	۰/۹۳۴	۱				
		Na	۰	-۰/۳۸۷	۰/۵۳۸	۰/۲۳۴	۰/۴۶۲	۰/۴۵۹	۰/۲۶	۱			
		HCO_3	-۰/۹۲۸	۰/۱۰۵	۰/۲۵۲	۰/۷۵۶	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۸۳۸	۰/۴۱۷	۱		
		TH	-۰/۹۵۳	۰/۱۰۸	۰/۳۴۲	۰/۹۰۹	۰/۹۳۸	۰/۹۳۹	۰/۹۳۷	۰/۱۲۷	۰/۸۹۸	۱	
		Temp	-۰/۱۰۶	-۰/۳۰۴	۰/۷۴۷	۰/۶۷۶	۰/۴۳۸	۰/۴۳۹	۰/۴۹۴	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۳۹۷	۱
		pH	۱										
		Ca	۰	۱									
		Cl	-۰/۱۴۶	۰/۹۵۹	۱								
		SO_4	-۰/۷۳۸	۰/۱۸۵	۰/۳۹۵	۱							
قره‌سو		EC	-۰/۶۳	۰/۵۷۴	۰/۶۹۲	۰/۸۸۴	۱						
	دوآب‌مرگ	TDS	-۰/۶۲۳	۰/۵۸۵	۰/۷۰۱	۰/۸۷۹	۱	۱					
		Mg	-۰/۸۴۶	۰	۰/۱۵۵	۰/۹۵۷	۰/۷۷۴	۰/۷۶۶	۱				
		Na	۰	۰/۹۲۹	۰/۹۲۹	۰/۴۵۲	۰/۷۶۵	۰/۷۷۳	۰/۲۰۸	۱			
		HCO_3	-۰/۷۴	۰/۴۸۵	۰/۵۲۹	۰/۶۸۳	۰/۸۷۶	۰/۸۷۶	۰/۶۷	۰/۵۷۸	۱		
		TH	-۰/۷۶۹	۰/۳۷۹	۰/۵۵۵	۰/۹۶۶	۰/۹۶۴	۰/۹۶۱	۰/۹۰۳	۰/۵۹۱	۰/۸۲۹	۱	
		Temp	-۰/۹۴۴	۰	۰/۲۳۱	۰/۷۴۱	۰/۵۷۷	۰/۵۷	۰/۸۰۵	۰	۰/۵۷۶	۰/۷۴۵	۱



شکل(۵): نمودار اسکری برای تعیین تعداد عامل‌ها و پلات بار دو عامل اصلی

جدول(۵): ماتریس عاملی دوران یافته رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو در استان کرمانشاه

حوضه	پارامتر	عامل اول	عامل دوم
گاماسیاب	Na	۰/۹۰۹	۰/۰۸۱
	Mg	۰/۴۱۶	۰/۸۷۵
	Ca	۰/۷۳۱	-۰/۲۷۷
	Cl	۰/۸۷۸	۰/۲۳۹
	SO4	-۰/۱۳۱	۰/۹۰۸
	HCO3	۰/۹۴۳	۰/۲۳۱
قره‌سو	Na	۰/۹۴۰	۰/۲۵۶
	Mg	-۰/۰۵۳	۰/۹۹۵
	Ca	۰/۹۹۹	۰/۰۰۱
	Cl	۰/۹۵۹	۰/۱۹۱
	SO4	۰/۱۹۳	۰/۹۵۳
	HCO3	۰/۴۶۸	۰/۷۴۰



شکل(۶): دندروگرام آنالیز خوشه‌ای عناصر اصلی رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو

نتیجه‌گیری

کیفیت آب رودخانه از جنبه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بسیار اهمیت دارد. هدف اصلی این پژوهش، تعیین عوامل مؤثر بر تغییر پارامترهای شیمیایی رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو در استان کرمانشاه با روش‌های هیدروشیمی و چندمتغیره آماری می‌باشد. براساس نمودارهای استیف و پایپر، ایستگاه‌های دوآب، پل‌چهر واقع در رودخانه گاماسیاب و دوآب‌مرگ در رودخانه قره‌سو دارای تیپ بی‌کربنات کلسیک، و رخساره $Ca\text{-}Mg\text{-}HCO_3$ می‌باشند. براساس نمودار گیبس، واکنش آب-سنگ عامل اصلی تغییر کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو است. نتایج این پژوهش نشان داد که، آب هر دو رودخانه در همه ایستگاه‌ها نسبت به شاخص‌های گچ، هالیت و انیدریت تحت اشباع، و نسبت به آراگونیت، کلسیت و دولومیت اشباع می‌باشند. البته ایستگاه دوآب‌مرگ نسبت به دولومیت فوق اشباع می‌باشد. انحلال بالای سازندهای آهکی (کلسیتی و دولومیتی) با توجه به فعال بودن واکنش آب-سنگ عامل اصلی در میزان اندیس‌های اشباع کانی‌های ذکر شده می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از تحلیل عاملی در هر دو رودخانه، دو عامل بیشترین تأثیر را در تغییر پارامترهای شیمیایی و در نتیجه کیفیت آب رودخانه‌های مورد مطالعه دارد. در میان پارامترهای شیمیایی رودخانه‌های گاماسیاب و قره‌سو بی‌کربنات و سولفات بیشترین بار عاملی را به ترتیب در عامل‌های (۱) و (۲) دارند. بر این اساس می‌توان، منشأ عامل اول را انحلال تشکیلات آهکی و تبخیری و عامل دوم را انحلال سازندهای دولومیتی در حوضه آبخیز دو رودخانه دانست. همچنین براساس تحلیل خوشه‌ای پارامترهای کیفی به دو خوشه دسته‌بندی شدند. براساس ترکیب شیمیایی دو خوشه، منشأ خوشه اول و خوشه دوم مشابه تحلیل عاملی می‌باشند.

درنهایت با توجه به نتایج حاصل از روش‌های هیدروشیمیایی و آماری چند متغیره می‌توان نتیجه گرفت که پارامترهای شیمیایی و در پی آن کیفیت آب دو رودخانه گاماسیاب و قره‌سو متأثر از سازندهای زمین‌شناسی منطقه می‌باشند. همچنین تأثیرگذارترین سازند بر روی کیفیت آب ایستگاه‌های مورد مطالعه، سازندهای کربناته می‌باشند که از گسترش و فراوانی بالایی در هر دو حوضه آبخیز برخوردار هستند.

منابع

خسروی، ح.، مردای، ا. و ح. دارابی. ۱۳۹۴. شناسایی مناطق همگن از نظر کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از تحلیل عاملی و خوشه ای، مطالعه موردی دشت قیر استان فارس. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران. دوره۶، شماره ۲۱، ص ۱۳۳-۱۱۹.

میرزایی، ر.ا.، عباسی، ن. و م. ساکی‌زاده. ۱۳۹۶. بررسی کیفیت آب رودخانه‌های جاری در استان بوشهر با استفاده از شاخص کیفیت آب طی سال‌های ۹۲-۱۳۹۰. مجله علمی-پژوهشی طب جنوب. دوره ۲۰، شماره ۵، ص۴۸۰-۴۷۰.

نظریان، س. و ب. فریدگیگلو. ۱۳۹۴. بررسی کیفیت شیمیایی آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی در محل ایستگاه نوده رودخانه گرگان‌رود استان گلستان. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران. سال پنجم، شماره ۱۹، ص ۹۳-۸۰.

نیسی، ل. و پ. تیشه‌زن. ۱۳۹۷. ارزیابی کیفیت آب رودخانه دز با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران . سال نهم، شماره ۳۳، ص ۱۵۰-۱۳۹.

Abyaneh, H. Z. 2014. Evaluation of multivariate linear regression and artificial neural networks in prediction of water quality parameters. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 12(1): 40.

Azhar, S.C.A.Z., Aris, M.K., Yusoff, M.F., Ramli, H. Juahir. 2015. Classification of river water quality using multivariate analysis. Procedia Environl Sci, 30:79-84.

Boyd, CE. 2015. Water quality: an introduction. Springer International Publishing, Switzerland.

Gibbs, R.J. 1970. Mechanism controlling world water chemistry. Science, 170: 1088-1090.

Howard, K.W., E. Mullings. 1996. Hydrochemical analysis of groundwater flow and saline intrusion in the Clarendon basin, Jamaica. Groundwater, 34: 801-810.

Islam, M.A., Zahid, A., Rahman, M.M., Rahman, M.S., Islam, M.J., Akter, Y., Shammi, M., Bodrud-Doza, M., B. Roy. 2017. Investigation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in the south central part of the coastal region in Bangladesh. Exposure and Health, 9(1): 27-41.

Laxmankumar, D., Satyanarayana, E., Dhakate, R., P.R. Saxena. 2019. Hydrogeochemical characteristics with respect to fluoride contamination in groundwater of Maheshwarm mandal, RR district, Telangana state, India. Groundwater for Sustainable Development, 8: 474-483.

Liu, C.W., Lin, K.H., Y.M. Kuo. 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. The Science of Total Environment, 313: 77-89.

Mishra, K., Binaya, K. Ram. 2017. Regmi, Yoshifumi Masago, Kensuke Fukushi, Pankaj Kumar, and Chitresh Saraswat. Assessment of Bagmati River Pollution in Kathmandu Valley: Scenario-Based Modeling and Analysis for Sustainable Urban Development. Sustainability of Water Quality and Ecology, 9: 67-77.

Oinam, J. D., Ramanathan, A.L, S.G. Jayalakshmi. 2012. Geochemical and statistical evaluation of groundwater in Imphaland Thoubal district of Manipur, India. J. Asian Earth Sci, 48: 136-149.

Qishlaqi, A., S., Kordian, A. Parsaie. 2017. Hydrochemical evaluation of river water quality-a case study. Applied Water Science, 7(5): 2337-2342.

Sharma, P., P.k., Meher, A., Kumar, Y.P., Gautam, K.P. Mishra. 2014. Changes in water quality index of Ganges river at different locations in Allahabad. Sustainability Water Quality Ecology, 3:67-76.

Sikdar, P.K., Sarkar, S.S., S. Palchoudhury. 2001. Geochemical evolution of grounwater in the Quaternary aquifer of Calcutta and Howrah, India. Journal of Asian Earth Scince, 19:579-594.

World Health Organization. 2017. Guidelines for drinking-water quality: first addendum to the

fourth edition.

Zhao, G., Li, W., Li, F., Zhang, F., G. Liu. 2018. Hydrochemistry of waters in snowpacks, lakes and streams of Mt. Dagu, eastern of Tibet Plateau. Science of the Total Environment, 610: 641-650.

Determining effective factors controlling chemical parameters of Gamasyab and Ghareh-Sou Rivers (Case study: Kermanshah Province)

Mojtaba G.Mahmoodlu[1,*], Maryam Sayadi[2]

Abstract

In this study, to investigate the water quality of Gamasyab and Ghareh-Sou rivers in Kermanshah province, data from a 5-year statistical period during 2014-2018 was used. To evaluate the water hydrochemical properties, the water type and hydrogeochemical facies of rivers water were first determined using Stiff and Piper diagrams. Next, the controlling factors of the water chemistry of two rivers were determined using Gibbs diagram and Ionic ratios. Also, factor analysis and cluster analysis were used to determine the processes affecting the hydrochemistry of river water. Finally, to predict the possibility of dissolution and precipitation of some minerals, their saturation indices were estimated. The results showed that water type and facies are bicarbonate calcite in both rivers. Also, the main factor in changing the chemical quality of water in both Gamasyab and Ghareh-Sou rivers is water-rock reaction. According to the results of factor and cluster analysis, this factor can be attributed to the dissolution of (1) carbonate and evaporation (2) dolomite formations in the rivers watershed. However, the dissolution of carbonate formations due to their abundances and distributions two watersheds has a more significant effect on the change in water chemistry.This resulted an increase in some chemical parameters such as calcium, magnesium and bicarbonate in the water of these two rivers and also caused positive water saturation index for aragonite, calcite and dolomite minerals. Considering the low contribution of the second factor in changing the chemical parameters, the saturation indices for evaporative minerals of gypsum, halite and anhydrite is negative.

Keywords: Saturation index, Factor analysis, Hierarchical clustering, Surface waters quality, Hydrochemistry

[1]Assistant Professor of Range and Watershed Management, Department of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Iran. m.g.mahmoodlu@gmail.com/ mmahmoodlu@yahoo.com (Corresponding Author)

[2] M.Sc of Watershed Management, Department of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Iran. m90.sayadi@yahoo.com