

بررسی آماری نسبت های یونی و شاخص های اشباع در تعیین منشا املاح منابع آب زیرزمینی دشت دلفان

طیبه کارخانه^۱، رامین ساریخانی^۲ و آرتیمس قاسمی دهنوی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی محیطی، دانشگاه لرستان. t.karkhaneh93@gmail.com

۲ و ۳- استادیاری بخش علوم زمین، دانشگاه لرستان

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۲۰ تاریخ تصویب: ۹۴/۱۲/۳

چکیده

هدف اصلی این تحقیق بررسی آب زیرزمینی شهرستان دلفان در شمال استان لرستان از نظر ویژگی های ژئوشیمیایی با استفاده از شاخص های اشباع و تحلیل عاملی است. برای این منظور از آنالیز عناصر اصلی آب زیرزمینی منطقه در ۴۰ نقطه استفاده شده است. نتایج حاصل نشان میدهد همه ی متغیرها دارای غلظت مناسب و پایین تر از حد مجاز استانداردهای جهانی بوده اند. از آنجا که شاخص اشباع می تواند عامل مهمی در درک فرایند انحلال-ته نشینی کانی ها موجود در آب زیرزمینی باشد، به محاسبه شاخص اشباع با استفاده از مدل هیدروشیمیایی نرم افزار Phreeqc پرداخته شده است. شاخص اشباع کانی های مورد بررسی در همه ی نمونه های آب کمتر از صفر بود و کانی های بررسی شده می توانند در حال انحلال در آب زیرزمینی باشند. همچنین براساس نمودارهای تبادل یونی، سدیم و کلر دارای دو منشا متفاوت بوده و انحلال کلسیت، دولومیت و ژپس در اکثر نمونه ها رخ داده است. براساس خوشه بندی سلسله مراتبی (HCA)، نمونه ها در دو خوشه ی اصلی قرار دارند که خوشه ی یک دارای غلظت آنیونی-کاتیونی بیشتری نسبت به خوشه دو می باشد. مطابق نمودار استیف رسم شده برای هر خوشه، تیپ آب منطقه بیکربناته-کلسیک می باشد. به منظور یافتن عوامل اصلی کنترل کننده شیمی آب زیرزمینی از روش واریمکس چرخشی که عمومی ترین نوع PCA است، به این دلیل که مولفه های قابل تفسیر بیشتری ارائه میدهد، استفاده شده است. مطابق این روش انحلال سنگ های آهکی و دولومیتی و تعامل آب-سنگ مهمترین عوامل کنترل کننده ی شیمی آب زیرزمینی منطقه می باشد.

واژگان کلیدی: خوشه بندی سلسله مراتبی، شاخص اشباع، تبادل یونی، تحلیل عاملی، واریمکس چرخشی.

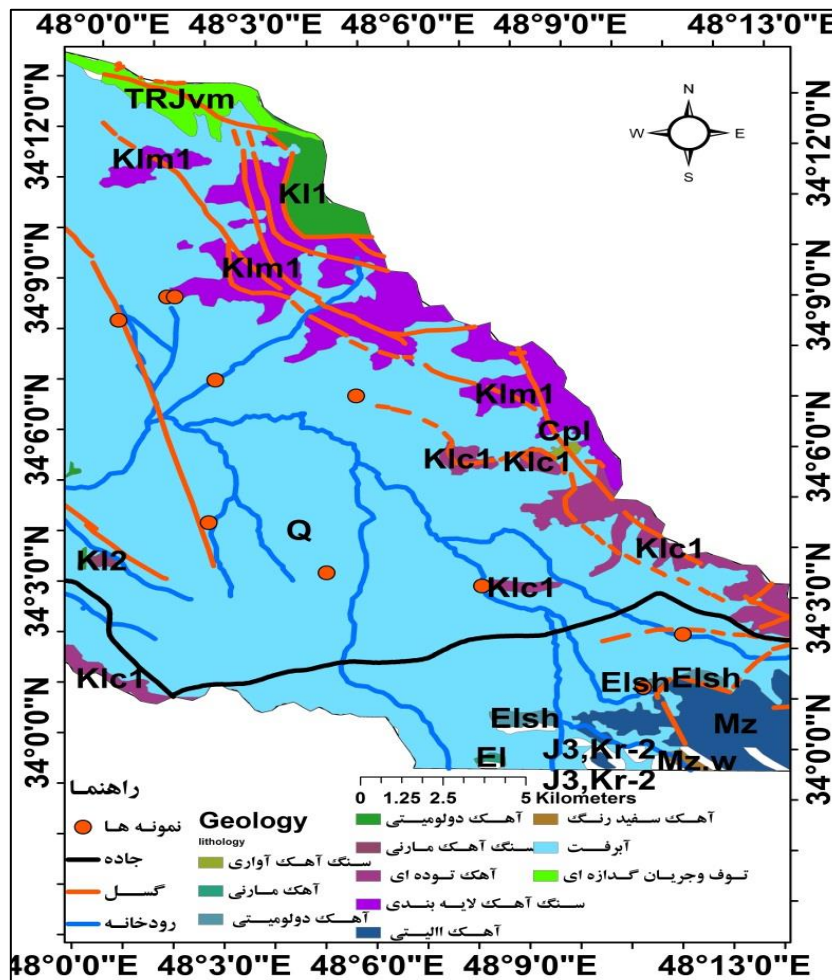
مقدمه

غیرطبیعی روبه رو است. از این رو پایش کیفی منابع آب زیرزمینی اهمیت فوق العاده ای دارد (توکلی و همکاران، ۱۳۹۰). محققان مختلفی از روشهای آماری چند متغیره در بررسی کیفی تحلیل کیفیت و مطالعه هیدروشیمی آبهای زیرزمینی در مناطق مختلف کره زمین استفاده کرده اند (Beatriz et al., 1999). در واقع کاربرد تکنیک های آماری چند متغیره به ما این امکان را می دهد تا منابعی را که ممکن است سیستم های آبی را تحت تأثیر قرار دهد، شناسایی کرده و ابزاری مناسب برای مدیریت صحیح منابع آب پیشنهاد کنیم (جلالی و اصغری، ۱۳۹۲). فرایندهای

آب آشامیدنی سالم یکی از شاخص های بهداشتی تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی و مورد توجه مسئولین ذیربط جوامع مختلف می باشد. استفاده افراطی از آب زیرزمینی در سراسر جهان منجر به زوال کیفیت در آبخوان های اصلی و افزایش تقاضا شده است. در واقع استفاده زیاد از آبخوان ها همراه با بحران کیفیت آب یک فاکتور اقتصادی مهم می باشد (Wanger et al., 1990). سفره های آب زیرزمینی به عنوان یکی از مهمترین منابع تأمین کننده آب با خطرات متفاوتی مانند افت سطح، کاهش میزان تغذیه به سبب نقصان بارندگی و آلاینده های طبیعی و

به منظور توصیف تکامل شیمیایی آبهای زیرزمینی صورت می گیرد. با استفاده از روش محاسبه شاخص اشباع می توان به پیش بینی واکنش های کانی شناسی زیرسطحی با آب زیرزمینی، بدون جمع آوری نمونه های خاک و سنگ و تجزیه و تحلیل های پتروگرافی پرداخت (جلالی و مقدم، ۱۳۹۲). این محدوده با مساحت ۱۸۹۲ کیلومتر که حدود ۱۷۲۹ کیلومتر مربع آن به گستره ارتفاعات و بقیه به پهنه های آبرفتی تعلق دارد و خود معرف کوهستانی بودن آن است. موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه در (شکل ۱) آمده است.

ژئوشیمیایی مسئول برای تغییرات شیمی آب زیرزمینی به داشتن یک دید درست از برهم کنش سنگ-آب و تاثیرات انسان زاد کمک می کند (Kumara et al, 2009). کیفیت آب زیر زمینی به دلیل تغییر در شرایط مختلف از جمله شرایط آب و هوایی، مدت زمان ماندگاری آب در آبخوان، جنس سازندهای زمین شناسی مسیر و غیره تغییر می کند. افزایش روز افزون جمعیت و بالا رفتن استانداردهای زندگی در بسیاری از کشورها موجب افزایش نیاز به منابع آب با کیفیت مناسب برای مصارف مختلف کشاورزی، صنعت و شرب شده است. محاسبه شاخص اشباع کانی های مختلف



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه همرا با نقاط نمونه برداری

گرین (بایبشترین ارتفاع ۳۱۸۸ متر)، مانگه نی، سرکشتی، مهرباب کوه، کوه پری، منگاول، چال غلام، بزکن و سلاسل می باشند. منطقه از زیر حوضه های فرعی رودخانه سیمره است که خود از شاخه های رودخانه کرخه به شمار می رود. آب و هوای منطقه مورد مطالعه

مهم ترین رودخانه این محدوده رودخانه بادآور می باشد که بعد از زهکش دیگر جریان های سطحی و پیوند با رودخانه سیمره از قسمت غرب محدوده خارج می شود. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۸۷۰ متر می باشد. مهم ترین ارتفاعات آن شامل رشته کوه های بزرگ

های زیرزمینی منطقه در ۴۰ نقطه استفاده شده است. نتایج این آنالیز در جدول ۱ آمده است که با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سال ۲۰۱۱ مقایسه شده است. مطابق این جدول همه ی متغیرها در حد مجاز می باشند. در جدول ۱ همه ی متغیرها به جز هدایت الکتریکی (میکرومhos بر سانتی متر) و اسیدیته، برحسب meq/l هستند.

از نوع مدیترانه ای بازستان های نسبتا مرطوب و سرد و تابستان های گرم و خشک می باشد. اکثر بارندگیهای منطقه ناشی از ورود جبهه های مرطوب مدیترانه ای است که از سمت غرب و شمال غرب وارد ایران شده و در برخورد با ارتفاعات زاگرس صعود می نماید و موجب بارندگی می شود. منابع آب زیرزمینی منطقه دلفان شامل چاه های عمیق و نیمه عمیق و چشمه می باشد. در این تحقیق از نتایج آنالیز آماری عناصر اصلی آب

جدول ۱- متغیرهای آماری اولیه در نمونه های آب زیرزمینی منطقه

متغیر	میانگین	واریانس	کشیدگی	چولگی	WHO(2011)
K	۰/۰۳	۰/۰۰۲	۸/۰۹	۲/۶۱	۱۰۰
Na	۰/۱۴	۰/۰۱۱	۰/۶۲	۱/۰۱	۱۲۰
Mg	۱/۰۵	۰/۲۵	۰/۱۸	۱/۰۲	۵۰
Ca	۳/۰۲	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۲۵	۲۰۰
SO ₄ ²⁻	۰/۳۵	۰/۰۳۳	۳/۷	۱۰۷۸	۲۰۰
Cl	۰/۳۳	۰/۰۳۱	۲	۱/۲۴	۲۰۰
HCO ₃ ²⁻	۳/۵	۰/۴۱۲	۰/۲۱	۰/۳۱	۱۲۰
pH	۷/۸	۰/۰۲۲	۰/۵۸	۰/۸۲	۷-۸
TDS	۲۷۵/۴	۲۴۳۳	-۰/۱۳	۰/۳۲	-
TH	۲۰۴	۱۳۰۵	-۰/۱۸	۰/۲۷	-
SAR	۰/۱	۰/۰۰۵	-۰/۲	۰/۸۲	-
EC	۴۳۰/۴	۵۹۳۷	-۰/۱۲	۰/۳۲	-

بحث و نتایج

زیرزمینی صورت می گیرد. با استفاده از روش محاسبه شاخص اشباع می توان به پیش بینی واکنش های کانی شناسی زیرسطحی با آب زیرزمینی، بدون جمع آوری نمونه های خاک و سنگ و تجزیه و تحلیل های پتروگرافی پرداخت (جلالی و اصغری، ۱۳۹۲). برای محاسبه شاخص اشباع از مدل هیدروشیمیایی نرم افزار Phreeqc استفاده شده است.

محاسبات تعادلی کانی ها برای آب زیرزمینی، در پیش بینی حضور کانی های واکنشی و برآورد میزان واکنش

برهم کنش آب- سنگ بدین معناست که یک سیستم تاچه حدبه تعادل نزدیک شده است. یعنی فاز جامد (کانی) تاچه اندازه با محلول در تماس است. برای تشخیص این مطلب می توان از مدل های کامپیوتری استفاده کرد. مدل هایی که اثر فرایندهای انتقال جرم مثل فرایندهای انحلال- ته نشینی را از طریق شاخص اشباع ارزیابی می کنند، می توانند برای بررسی واکنش آب- سنگ مورد استفاده قرار گیرند. محاسبه شاخص اشباع کانی های مختلف به منظور توصیف تکامل شیمیایی آبهای

بعضی از نمونه ها دارای نسبت ($Na/Cl > 1$) می باشند. این نشانگر این است که شوری پایین آب زیرزمینی منطقه به علت انحلال هالیت نمی باشد و سدیم و کلر دارای دو منشا متفاوت می باشند. این امر با دقت در نقشه های هم مقدار سدیم و کلر در نقاط نمونه برداری نیز قابل مشاهده است. با توجه به نقشه های هم ارزش سدیم و کلر (شکل ۳)، مشاهده می شود که مناطق دارای حداکثر و حداقل غلظت این دو عنصر برهم منطبق نمی باشد و دارای اختلاف زیادی می باشند. در واقع نقاط حداکثر و حداقل غلظت آنها در آب زیرزمینی تقریباً برعکس هم می باشد که این می تواند بیانگر همبستگی منفی بین دو عنصر سدیم و کلر باشد که نشانگر این نکته است که از دو منطقه جغرافیایی مختلف منشا گرفته اند و دارای منشا مشترک نمی باشند. تبادل یونی در بعضی نمونه ها که از محل تغذیه فاصله گرفته اند ($Na/Cl > 1$) مشاهده شده است، اما در نمونه هایی که در محل تغذیه می باشند ($Na/Cl < 1$)، تبادل یونی صورت نگرفته است (کلانتری و همکاران، ۱۳۸۶).

نمودار دو متغیره مجموع کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg)، در مقابل مجموع سولفات (SO_4) و بیکربنات (HCO_3)، نمودار دیگری است که برای نشان دادن تبادل یونی بکار می رود.

این نمودار در (شکل ۲)، به نمایش درآمده است. خط ۱:۱ در این نمودار نشان دهنده فرایند انحلال کلسیت، دولومیت و ژپس می باشد. در صورتی که نمونه های روی خط ۱:۱ بالاتر از عدد پنج قرار گیرند نشان دهنده انحلال ژپس و در صورتی که پایین تر از عدد پنج قرار گیرند به طرف انحلال کلسیت و دولومیت می روند. مطابق این نمودار، همه ی نمونه ها روی خط ۱:۱ قرار دارند و اکثر آنها پایین تر از عدد پنج قرار دارند. این نشان می دهد که انحلال ژپس، کلسیت و دولومیت در آب زیرزمینی منطقه رخ می دهد ولی انحلال کلسیت و دولومیت بیشتر می باشد.

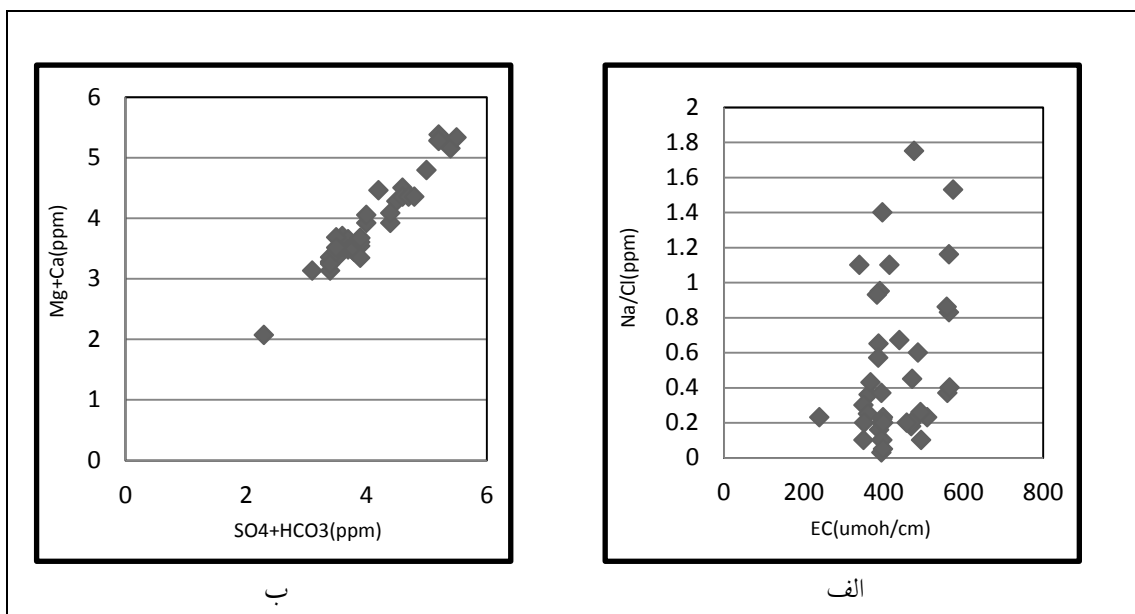
این کانی ها دارای اهمیت هستند. چنانچه شاخص اشباع برای یک کانی بیشتر از صفر باشد، این کانی در آب فوق اشباع بوده و ممکن است در آب رسوب کند ولی اگر شاخص اشباع کمتر از صفر باشد، آب نسبت به این کانی تحت اشباع بوده و می تواند بیشتر از آن نیز انحلال یابد (Rajmohan, 2004). شاخص اشباع کانی های مختلف آب زیرزمینی منطقه با توجه به میانگین هر کدام از متغیرها محاسبه و در (جدول ۲) آمده است. در واقع میزان شاخص اشباع برای کانی های انیدریت، آراگونیت، کلسیت، دولومیت، ژپس و هالیت در همه ی نمونه ها منفی بوده است. این بدین معناست که آب زیرزمینی منطقه از این کانی ها تحت اشباع می باشد و این کانی ها در حال انحلال می باشند. کانی کلسیت و آراگونیت دارای بیشترین شاخص اشباع می باشند، بنابراین دارای بیشترین انحلال در آب زیرزمینی منطقه می باشند.

جدول ۲- میزان شاخص اشباع کانی های مختلف

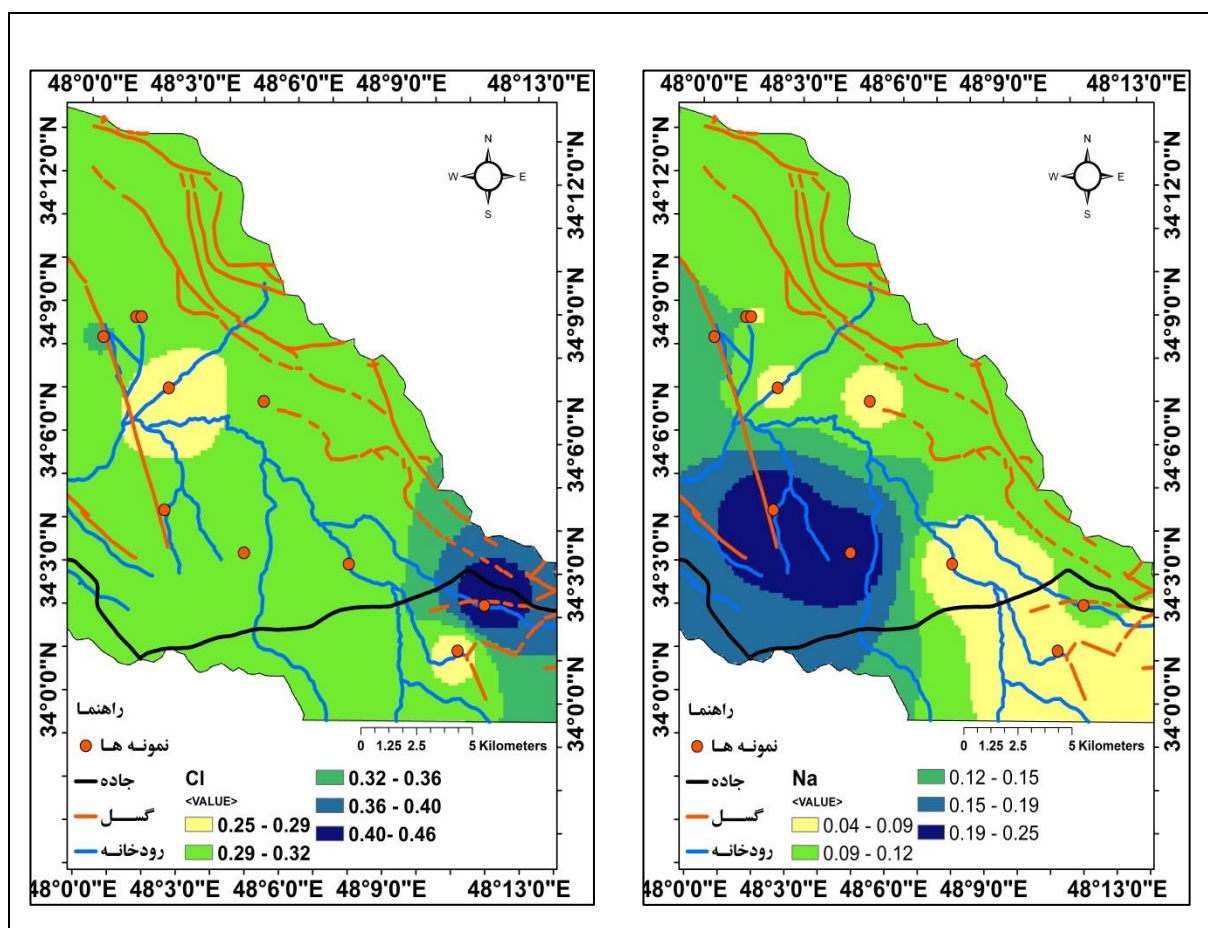
متغیر	انیدریت	آراگونیت	کلسیت
SI	-۶/۳	-۲/۵۲	-۲/۳۸
متغیر	دولومیت	ژپس	هالیت
SI	-۴/۸۶	-۶/۰۸	-۱۳/۲۵

تبادل یونی

منظور از تبادل یونی انتقال یون بین فاز جامد (کانی ها) و فاز محلول (آب) می باشد. از دیگر راه های پی بردن به تبادل یونی رسم نمودارهای چند متغیره است. از جمله نمودارهای وضعیت تبادل یونی، نمودار دو متغیره (Na/Cl) در مقابل EC می باشد. طوری که نمونه هایی که در بالای خط $Na/Cl=1$ قرار دارند، دارای منشا دوگانه می باشند و نمونه هایی که مقادیر هدایت الکتریکی آنها بیشتر از ۵۰۰۰ میکرومhos بر سانتی متر باشد، نشان دهنده ی آن است که منشا غالب هالیت است. این نمودار در (شکل ۲) رسم شده است که مطابق آن همه ی نمونه ها دارای $EC < 600$ می باشند. ولی



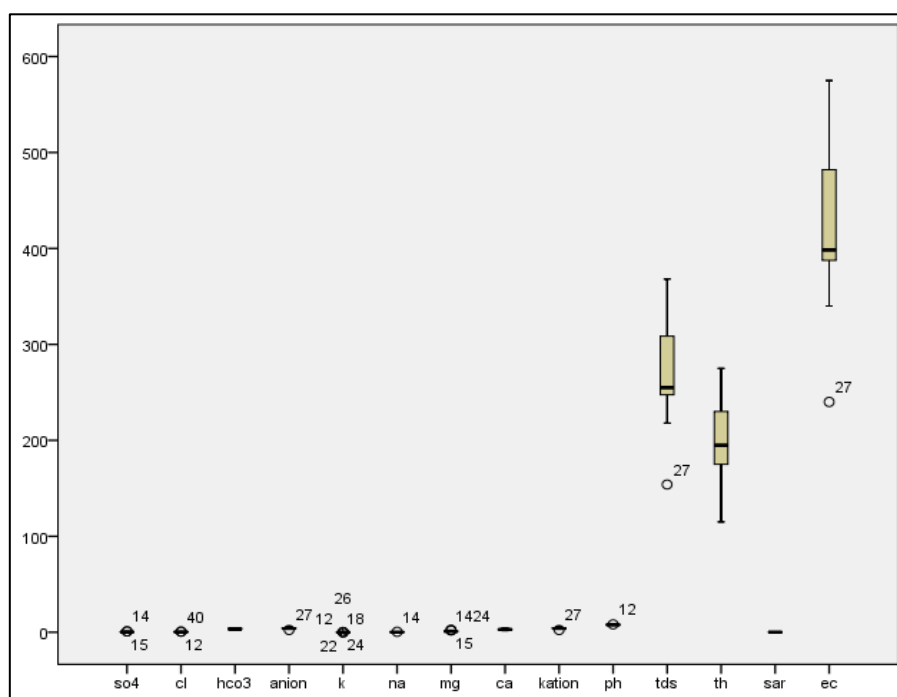
شکل ۲- نمودارهای تبادل یونی (الف- برای منشایابی سدیم و کلر، ب- جهت انحلال کلسیت، دولومیت و ژپس



شکل ۳- نقشه نقاط هم ارزش سدیم (سمت راست) و کلر (سمت چپ)

پراکندگی بسیار ناچیز می باشند. در واقع محور عمودی در این نمودار غلظت متغیرها را نشان می دهد. بنابراین هرچه قدر طول مستطیل بیشتر باشد، متغیرها از نظر غلظت دارای اختلاف و پراکندگی بیشتری می باشند. بنابراین متغیرهای TDS, TH, EC دارای دامنه تغییرات وسیع و پراکندگی قابل توجهی در منطقه می باشند. این بدین معناست که این سه متغیر دارای غلظت های متفاوتی در نمونه ها می باشند. متغیرهای دیگر دارای غلظت های مشابه و در نتیجه تغییرات کم در نمونه ها و منطقه می باشند.

توزیع و پراکندگی آماری متغیرهای فیزیکوشیمیایی: برای توصیف تغییرات داده میتوان از نمودار جعبه ای استفاده کرد. در واقع نمودار جعبه ای نموداری است که به کمک معیارهای مرکزی و پراکندگی، موقعیت مجموعه داده ها را به شکلی بسیار گویا و مفید ارائه می دهد. در این نمودار خط وسط مستطیل نشان دهنده ی میانه (چارک دوم) و ضلع بالا و پایین مستطیل بیانگر چارک سوم و اول می باشند. خط بالا و پایین خارج از جعبه نیز نشان دهنده ی مقدار حداکثر و حداقل داده است. طبق این گفته ها و (شکل ۴)، متغیرهای سولفات، کلر، کربنات، آنیون، پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم دارای دامنه تغییرات بسیار کم و در نتیجه



شکل ۴- نمودار جعبه ای متغیرهای فیزیکوشیمیایی آب زیرزمینی منطقه

مطالعه برای بررسی همبستگی میان متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده کرده ایم. ارزیابی روابط بین یون های کلسیم، منیزیم، سدیم و بیکربنات اطلاعات قابل قبولی درباره فرآیندهای حاکم بر رفتار یون ها را نشان می دهد. ضریب همبستگی بین عناصر توسط نرم افزار Spss محاسبه و در (جدول ۳) آمده است. جدول (۳)، نشان می دهد که همبستگی خوبی بین کلسیم و منیزیم وجود

تجزیه و تحلیل عناصر

ضریب همبستگی و نمودار پراکنش

ضریب همبستگی میزان ارتباط میان دو متغیر پیوسته را نشان می دهد. ضریب همبستگی بدون بعد و مقیاس است که میان ۱- و ۱+ تغییر می کند. همبستگی نزدیک ۱ و ۱- نشانگر ارتباط خوب میان متغیرها و صفر، یعنی رابطه ای وجود ندارد (اسلامیان و همکاران، ۱۳۸۴). در این

خوشه‌ای، هدف دست یافتن به ملاکی برای طبقه بندی هر چه مناسب تر متغیرها و یا نمونه ها، براساس تشابه هر چه بیشتر درون گروهی و اختلاف بیشتر بین گروهی است. در نمودار خوشه ای هر خوشه وضعیت اعضایش را در رژیم جریان آب زیرزمینی معرفی می کند و همچنین به شناخت فرایندهای کلیدی کنترل کننده شیمی آب زیرزمینی در منطقه ای که عضویت این خوشه ها معرفی شده، کمک می کند.

ندارد ($r=-0.11$)، که نشان دهنده ی این است که دارای منشا مشترکی نیستند. برای یافتن منشا احتمالی کلسیم، مشاهده می کنیم که کلسیم با بیکربنات ($r=0.66$) همبستگی بسیار بالایی را نشان می دهد که می تواند بیانگر منشا کربناته آن باشد. منیزیم نیز همبستگی بالایی را با سولفات ($r=0.57$) نشان می دهد. در واقع کلسیم بیشتر دارای منشا کربناته و منیزیم بیشتر در اثر انحلال سولفات منیزیم ایجاد شده است. در تجزیه و تحلیل نمودارهای

جدول ۳- ضریب همبستگی بین متغیرها

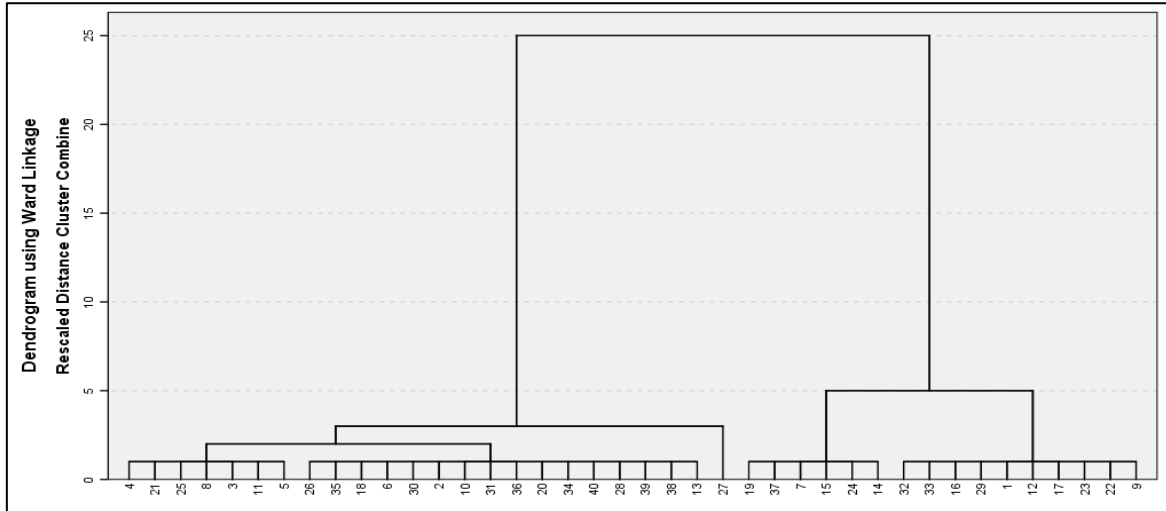
ضریب همبستگی									
متغیرها	K	Na	Mg	Ca	SO ₄	Cl	HCO ₃	pH	TDS
K	۱								
Na	۰/۴۴	۱							
Mg	۰/۲۸	۰/۵۴	۱						
Ca	-۰/۲	-۰/۰۷	-۰/۱۱	۱					
SO ₄	۰/۰۸	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۲۹	۱				
Cl	-۰/۰۴	-۰/۱۹	۰/۰۵	۰/۲۵	۰	۱			
HCO ₃	۰/۱۵	۰/۴۳	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۵۲	۰/۰۶	۱		
pH	۰/۴۴	۰/۱۳	-۰/۱۲	-۰/۳۷	-۰/۲۱	۰/۱۴	-۰/۳۵	۱	
TDS	۰/۱۴	۰/۴۶	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۶۷	۰/۲۱	۰/۹۶	-۰/۳۲	۱

رابطه نسبی (شجره ای) را بین عناصر (دندروگرام) نشان می دهد. در این تحقیق از آنالیز خوشه بندی سلسله مراتبی که با استفاده از روش قانون پیوندی، نقاط را در طول هم از طریق ماتریکس مشابه متصل می کند، استفاده شده است. در روش HCA، برای ارزیابی فاصله بین خوشه ها، آنالیز واریانس (ANOVA) اجرا و سطوح شبیه به هم برای شکل دادن به یک دندروگرام استفاده می شوند که فاصله کم، تشابه و فاصله زیاد، غیر شبیه بودن را نشان می دهد (Mahlknecht et al, 2004). رسم نمودار خوشه ای و جدول توصیفی مربوط به آن توسط نرم افزار Spss انجام شد. نتیجه HCA به صورت یک خوشه بندی می باشد که در (شکل ۵) آمده است. تنظیم داده های ۴۰ نمونه بصورت دو گروه اصلی و پنج زیر گروه طبقه بندی شده است. طبق

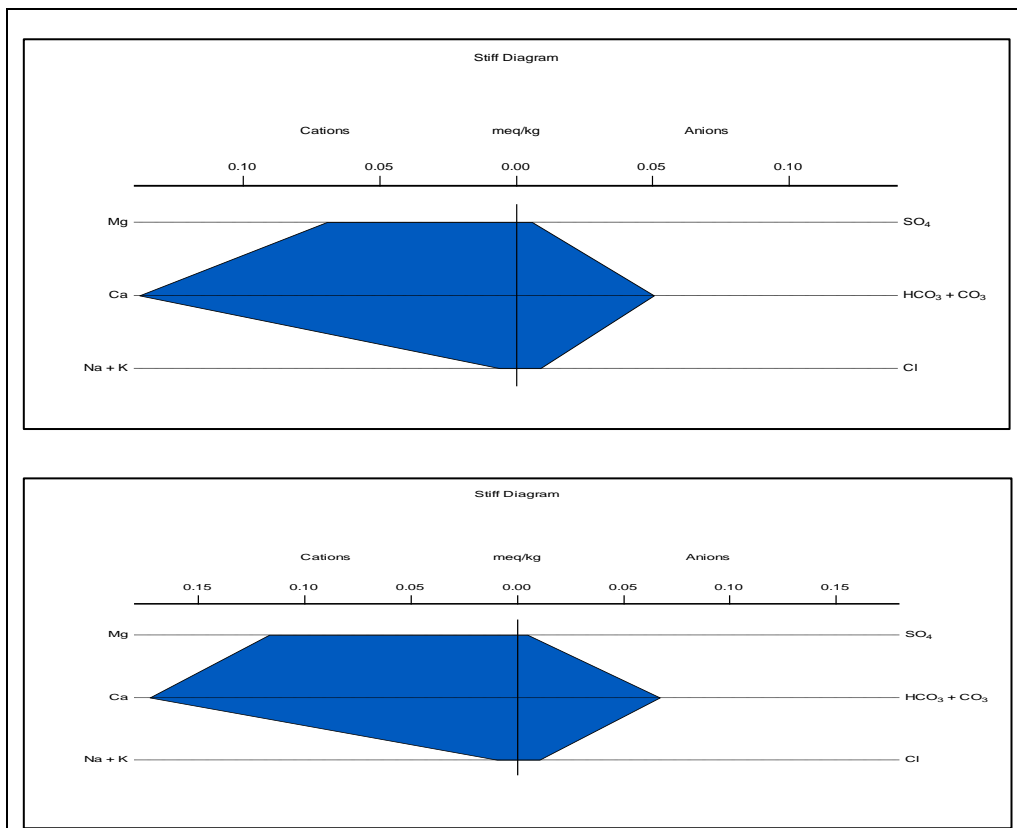
تجزیه خوشه ای (CA(Cluster Analysis))، یکی از روش های آماری چند متغیره است که برای گروه بندی متغیرها و یا نمونه ها مورد استفاده قرار می گیرد. هدف از CA، قرار دادن مجموعه دیده شده در تعدادی گروه متغیر معنی دار است. CA بصورت مدیریت نشده بر پایه فاصله و شباهت میان متغیرها آنها را در گروه های کم و بیش همگن و متمایز از گروه های دیگر قرار می دهد. هر گروه به صورت خوشه مشخص می شود که از این طریق می توان ساختار داده را ارزیابی کرد. اگر تفاوت میان خوشه ها یا گروه ها بیشتر باشد این آزمون بهتر انجام می گیرد. روش های خوشه ای سلسله مراتبی و غیر سلسله مراتبی مختلفی وجود دارد. روش های خوشه بندی سلسله مراتبی (HCA) یک نتیجه گرافیکی را تهیه می کنند که

کل (TH) در خوشه یک نسبت به خوشه دو می باشد. برای مشخص کردن تیپ آب زیرزمینی در هر خوشه، میانگین داده های نمونه های هر خوشه را، در نمودار استیف آورده ایم. مطابق نمودار استیف در (شکل ۶)، تیپ آب در هر دو خوشه بیکربنات - کلسیم می باشد.

آمار توصیفی نمودار خوشه ای که در جدول (۴) آمده است، خوشه یک دارای هدایت الکتریکی (EC=514) بیشتر و در نتیجه غلظت آنیونی و کاتیونی بیشتری نسبت به خوشه دو (EC=379.7) می باشد. دلیل دیگر بردرستی این مطلب، بیشتر بودن مواد جامد محلول (TDS) و سختی



شکل ۵- نمودار خوشه ای برای نمونه های آب زیرزمینی منطقه



شکل ۶- نمودار استیف مربوط به خوشه یک (بالا) و خوشه دو (پایین)

Final Cluster Center

جدول ۴- جدول توصیفی هر خوشه

روش واریانس چرخشی که عمومی ترین نوع PCA است، به این دلیل که مولفه های قابل تفسیر بیشتری ارائه می دهد، استفاده شده است.

آنالیزهای عاملی ترکیب های شیمیایی مختلف نمونه های آب زیرزمینی منطقه اجرا شد. همه ی آنیون ها و کاتیون ها و EC، pH، TDS، برای آنالیزهای درصدی رسیدگی شدند که نتیجه ی بررسی واریانس کل و تجزیه عوامل بعد از چرخش واریانس در جداول (۵ و ۶) و بصورت نموداری در (شکل ۷) آمده است.

بررسی جداول (۵ و ۶) و (شکل ۷) اطلاعات خوبی در رابطه با تفسیر عامل ها و عوامل کنترل کننده شیمی آب زیرزمینی به ما می دهد.

جدول ۵- شرح واریانس کل در تجزیه عوامل

عوامل	% واریانس کل	واریانس تجمعی
۱	۵۵/۶۹	۵۵/۶۹
۲	۱۹/۳	۷۴/۹۹
۳	۹/۰۷	۸۴/۰۷
۴	۵/۷۸	۸۹/۸۵
۵	۴/۶۳	۹۴/۴۸
۶	۳/۰۸	۹۷/۵۷
۷	۲/۳۸	۹۹/۹۶
۸	۰/۰۲	۹۹/۹۸
۹	۰/۰۱	۱۰۰

آنالیزها نه عامل را معرفی می کنند که سه عامل اول ۸۴٪ واریانس کل را شامل می شوند. بدین معنا که سه عاملی هستند که بیشترین تاثیر را در کنترل شیمی آب منطقه از نظر غلظت آنیونی و کاتیونی دارند. فاکتور اول ۵۵/۶۹٪ واریانس کل را تشکیل می دهد که بیشترین تاثیر را در شیمی آب زیرزمینی منطقه دارد.

جدول ۶- نتایج تجزیه به عوامل بعد از چرخش واریانس

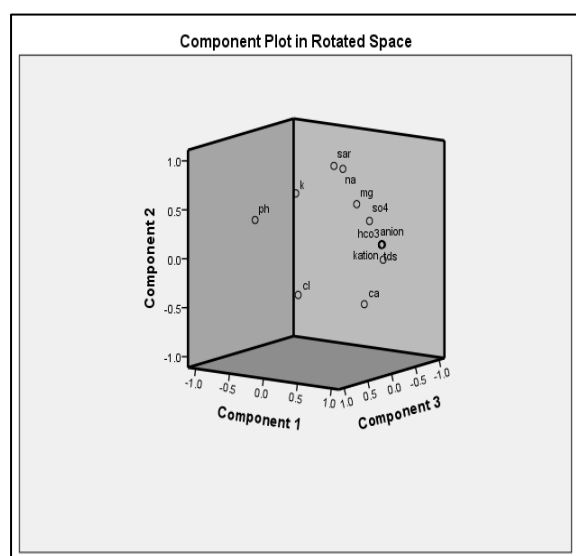
متغیر	خوشه ها	
	۱	۲
SO ₄	۰/۴۹	۰/۲۸
Cl	۰/۳۷	۰/۳۱
HCO ₃	۴/۲	۳/۱۶
Anion	۵/۰۸	۳/۷۵
K	۰/۰۴	۰/۰۳
Na	۰/۱۹	۰/۱۲
Mg	۱/۴۱	۰/۸۴
Ca	۳/۴۵	۲/۷۶
Kation	۵/۰۹	۳/۷۵
pH	۷/۸	۷/۸۶
TDS	۳۲۹/۶	۲۴۳
TH	۲۴۳/۳	۱۸۰/۴
SAR	۰/۱۲	۰/۰۹
EC	۵۱۴	۳۷۹/۷

تجزیه و تحلیل عامل ها

تجزیه مولفه اصلی PCA (Principal Component Analysis)، یکی از روش های آماری چند متغیره است که کاربرد گسترده ای در تحلیل داده های زیست محیطی دارد. در این روش عناصر بر پایه رفتار و ژئوشیمی مشابه گروه بندی شده و در یک مؤلفه قرار می گیرند. به دلیل اینکه مؤلفه های پنهان موجود در داده ها در این آزمون قابل تشخیص هستند، بنابراین در بررسی ارتباط میان متغیرها به طور گسترده استفاده می شوند. بر پایه شاخص کایزر (Kaiser ceritron)، تنها ویژه مقدراری که بیش از یک باشد دارای اهمیت است.

هرکدام از متغیرهای اولیه در این آزمون دارای یک مقدار ارزش عددی در هر کدام از مولفه های اصلی است که مقدار ارزش عددی کمتر از ۰/۵ غالباً بی اهمیت در نظر گرفته می شود. مقدار ارزش عددی بیشتر از ۰/۷۵ برای تفسیر بسیار خوب و بین ۰/۵ تا ۰/۷۵ برای تفسیر متوسط و کمتر از ۰/۳ برای تفسیر نامناسب و ضعیف می باشد. در اینجا به منظور یافتن عامل اصلی شیمی آب زیرزمینی از

تشکیل میدهد، دارای همبستگی بالایی با پتاسیم، سدیم و منیزیم و نسبت جذب سدیم می باشد. این عامل دارای همبستگی منفی با کلر و کلسیم می باشد. در این عامل کلر و سدیم دارای منشا یکسان نمی باشند. فاکتور سوم ۹٪ واریانس کل را تشکیل می دهد و دارای همبستگی بالایی با کلر و پتاسیم می باشد. (شکل ۷)، نتایج جدول های (۵ و ۶) را بصورت نموداری نشان می دهد و تاییدکننده نتایج بدست آمده می باشد.



شکل ۷- نمودار ضرایب چرخش عامل ها

بررسی کیفیت آب از نظر شرب و کشاورزی

کیفیت آب را از نظر مناسب بودن برای آشامیدن توسط نمودار شولر (شکل ۸) مورد بررسی قرار دادیم. نمودار شولر آب را از نظر شرب به شش دسته تقسیم می کند. طبق نمودار شولر رسم شده (شکل ۸)، همه ی نمونه ها دارای غلظت های مجاز آنیونی و کاتیونی و همچنین سختی مناسب می باشند. آب زیرزمینی منطقه از نظر شرب در ردیف آب های خوب قرار می گیرد و هیچگونه محدودیتی ندارد.

نتایج تجزیه عوامل			
متغیرها	فاکتور		
	۱	۲	۳
SO ₄	۰/۶۳	۰/۳۷	-۰/۲۱
Cl	۰/۲۶	-۰/۲۸	۰/۷۶
HCO ₃	۰/۰۳	۰/۱۸	-۰/۰۵
Anion	۰/۹۷	۰/۲	۰/۰۱
K	-۰/۰۹	۰/۶۸	۰/۴۱
Na	۰/۳	۰/۸۸	-۰/۱۲
Mg	۰/۵۵	۰/۵۵	-۰/۰۶
Ca	۰/۷۵	-۰/۴۲	۰/۰۷
kation	۰/۹۷	۰/۲	۰/۰۱
pH	-۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۶۵
TDS	۰/۹۷	۰/۱۹	۰/۰۲
TH	۰/۹۹	۰/۰۴	۰/۰۱
SAR	۰/۱۷	۰/۹	-۰/۱۱
EC	۰/۹۷	۰/۱۹	۰/۰۲

در (جدول ۶) مشاهده می شود بدلیل بالا بودن غلظت آنیونی - کاتیونی در عامل اول می توان گفت واکنش آب سنگ نقش مهمی در شیمی آب منطقه دارد.

این فاکتور دارای همبستگی مثبت بالایی با کلسیم، منیزیم، کربنات، سولفات و مواد جامد محلول (TDS) و سختی کل (TH) می باشد. این می تواند نشانگر هم منشا بودن کلسیم، منیزیم، کربنات و سولفات باشد. در واقع مهمترین عاملی که شیمی آب زیرزمینی منطقه را کنترل میکند، انحلال کلسیت و دولومیت و سنگ های سولفات می باشد. این عامل دارای همبستگی منفی با pH می باشد که بیانگر این نکته است که انحلال سنگ های آهکی و دولومیتی در این آب ها، در pH پایین، یعنی در اسیدیته ی پایین رخ می دهد. عامل دوم که ۱۹٪ واریانس کل را

انحلال کلسیت، دولومیت و سنگ های سولفات در همه ی نمونه ها می باشد که انحلال کلسیت و دولومیت از ژپیس بیشتر بوده است.

۶- براساس نمودارهای تبادل یونی و نقشه های هم ارزش عناصر، منشأ شوری پایین آب زیرزمینی انحلال هالیت نمی باشد و کلر دارای دومنشا متفاوت می باشند.

منابع

-اسلامیان، س.، سلطانی، س. و زارعی، ع. (۱۳۸۴)، "کاربرد روش های آماری در علوم زیست محیط"، انتشارات ارکان، ص ۲۰۶-۲۱۵.

-توکلی محمدی، م.، خدادادی، ا.، پرتانی، ص. (۱۳۹۰)، "بررسی منابع آلاینده فلزات سنگین در استان زنجان با استفاده از GIS"، مجموعه مقالات سی امین گردهمایی علوم زمین، ص ۱۷-۲۶.

-جلالی، ل.، اصغری مقدم، ا. (۱۳۹۲)، "تشخیص وضعیت هیدرو ژئوشیمیایی و روند شوری در سفره آب زیرزمینی دشت خوی به روش های آماری و هیدروشیمیایی"، مجله محیط شناسی، سال سی و نهم، ص ۱۱۳-۱۲۲.

-کلاتری، ن.، رحیمی، م.، چرچی، ع. (۱۳۸۶)، "استفاده از دیاگرام های ترکیبی، تحلیل عاملی و نمایه های اشباع در ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت های زویچری و خران"، نشریه زمین شناسی مهندسی، جلد دوم، شماره ۱ بهار و تابستان ۱۳۸۶، ص ۶۷-۸۰.

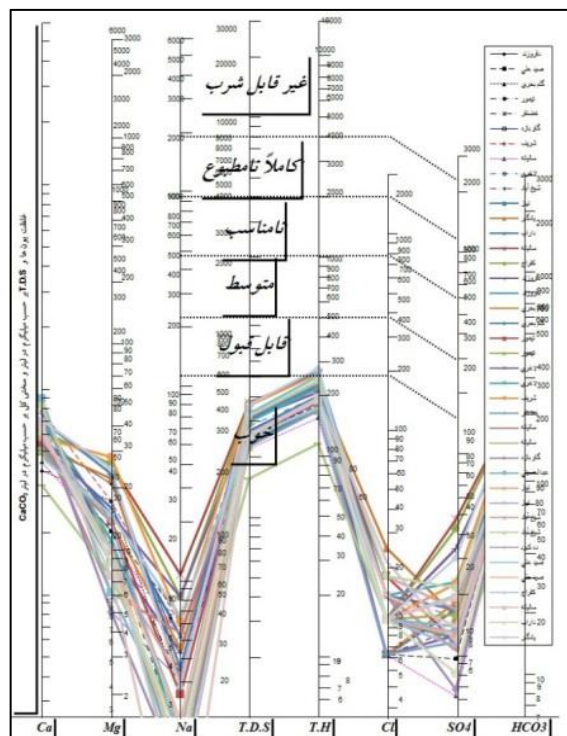
-Beatriz, A.H., et al. (1999). "A case study of hydro chemical characteristics of an alluvium aquifer influenced by human activities. Air", water and Soil pollution Bulletin 112, pp 365-487.

-Hounslow, A.W. (1995). "Water quality data analysis and interpretation", Lewis publishers, CKC press, P78.

-Rajmohan, N., L., Elango. (2004). "Identification and evolution of hydrogeochemical processes in the groundwater environment in an area of the PLe and Cheryyar River Basins, Southern India". Environment Geology, pp47- 61.

-Kumar, M., Kumari, K., Kumar, U., (2009), "Hydrogeochemical processes in the ground water environment of Muksar, Punjab": conventional graphical and multivariate statistical approach, J. Environ Geol, Vol. 57, pp. 873-884.

-Mahlknecht, J., Steinich, B., Navarro de Leo'n, I., (2004), "Groundwater chemistry and mass transfers in the Independence aquifer",



شکل ۸- نمودار شولر برای نمونه های آب زیرزمین

نتیجه گیری

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده های آنالیز عناصر اصلی بصورت زیر می باشد.

۱- مطابق بررسی های آماری اولیه همه ی پارامترها پایین تر از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی و طبق نمودار ویلکوکس و شولر مناسب از جهت آشامیدن و آبیاری بودند.

۲- طبق نمودار جعبه ای رسم شده همه ی پارامترها به جز TDS, TH, EC دارای پراکندگی بسیار پایین در محیط آبی منطقه می باشند.

۳- شاخص اشباع برای کانی های انیدریت، آراگونیت، کلسیت، دولومیت، ژپیس و هالیت در همه ی نمونه های آب زیرزمینی منطقه کمتر از صفر بود. این کانی ها می توانند در حال انحلال در آب زیرزمینی منطقه باشند.

۴- در بررسی خوشه بندی نمونه ها مشاهده شد که خوشه یک دارای غلظت آنیونی-کاتیونی بیشتری نسبت به خوشه دو می باشد.

۵- طبق بررسی عامل ها مهمترین عامل کنترل کننده ی شیمی آب زیرزمینی منطقه، برهم کنش آب-سنگ بویژه

Nicosia, Larnacal and Limassol", Cyprus. Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Heft 54, Hannover.

-**World health organization (WHO) "Guidelines for Drinking-water Quality"**, (2011), 4rd ed.

-**Zaharin Aris, A., Abdullah, M. H. & Kim, K.W., (2007),**" Hydrogeochemistry of Groundwater in Manukan Island", Sabah, The Malaysian Journal of Analytical Sciences, V. 11, N. 2 , PP407 – 413.

central Mexico, by using multivariate statistics and mass-balance models .J. Environmental Geology, Vol.45, pp 781–795.

-**Suvedha, M., Gurugnanam, B., Suganya, M and Vasudevan, S., (2009)** , "Multivariate Statistical Analysis of Geochemical Data of Groundwater in Veeranam Catchment Area, Tamil Nadu" , JOURNAL GEOLOGICAL SOCIETY OF INDIA, Vol.74, pp573-578.

-**Wagner, W., Zomenis, S.L. and Plöthner, D., (1990).**" Groundwater quality in the region between

The Statistical Examination of Ionic Ratio and Saturation Indexes to Investigate the Origion of Underground Water Resource Salts from Delfan

Tayebeh Karkhaneh¹, Ramin Sarikhani² & Artims Ghasemi³

¹M.Sc. Student, Environmental Geology, Lorestan University

^{2,3}Assistant Professor, Department of Geology, Lorestan University

Abstract:

This research aims to examine underground water of delfan city in terms of geochemical characteristics. To this end, the main elements of underground water were analyzed. Based on which all parameters were lower than allowed limit. As the saturation index can be an important factor to understand solvation – settlement of mineral available in underground water, the saturation index was calculated using computerized code phreeqc. The saturation index of the studied minerals in all water specimens was negative and all considered minerals can be solving. Also, based on ionic exchange diagrams, sodium and chlor have two different origins and Calcite, Dolomit and Gypsum solvations have occurred from which Calcite and Dolomit solvations were higher. According to the HCA, samples are in two main clusters which Anions-Kations concentration in one cluster samples were higher. According to the clusters stiff diagram the region water type is Bicarbonate –Casic. To find main factor of underground water chemistry, rotational Varimax method has been used which is the most common PCA, because it gives more interpretable elements. By this method, the limestones and Dolomit's solvation and rock-water interaction are the most important factors of the region's underground water chemistry.

Keywords: Hierarchical Cluster Analyze, Saturation Index, ionic exchange, Factorial analysis, Rotation Varimax