استفاده از روش آماری تحلیل خوشه ای جهت ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت اوان

سعیده سامانی[۱]، نصرالله کلانتری[۲]، محمد حسین رحیمی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۹

چکیده

کاربرد علم آمار در تحقیقات علمی به طور فزاینده ای توسعه یافته است. هدف بسیاری از این تحقیقات پی بردن به عضو های مشابه و یا متفاوت در یک مجموعه است. یکی از ابزارهای مفید برای این کار استفاده از روش های آماری است. دشت اوان در استان خوزستان در جنوب غربی شهرستان اندیمشک قرار گرفته است. آب زیرزمینی از جمله منابع آب موجود برای آبیاری، شرب و صنعت در این منطقه به شمار می رود. بررسیهای زمین شیمیایی بر پایه ینتایج تجزیه‌ی ۱۸ نمونه آب زیرزمینی و ۳ نمونه آب سطحی انجام شده است. در این تحقیق جهت منطقه بندی کیفی آبخوان از روش آماری تحلیل خوشه ای[۴] استفاده شده است. بر پایه ینتایج حاصل از این مطالعات، سفره آبدار از لحاظ کیفی به سه منطقه تقسیم بندی شده است. در نهایت، بررسی کیفی انجام شده نشان می دهد که نمونه های واقع در گروه اول بهترین کیفیت و نمونه های واقع در گروه‌ی سوم بدترین کیفیت را دارا هستند. مهمترین عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی در این منطقه واکنش بین آب و سازند های زمین شناسی (بخش لهبری) و تبادل یونی معکوس می باشند.

واژه‌های کلیدی : علم آمار، منطقه بندی کیفی آبخوان، بررسی های زمین شیمیایی.

۱- دانشجوی دکتری آب شناسی دانشگاه تبریز.

۲- دکتری آبژیولوژی از دانشگاه پونای هند،۱۳۶۸، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز، گروه زمین شناسی.

۳- دانشجوی دکتری آب شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز.

*- نویسنده‌ی مسوول:

4 Cluster Analysis

مقدمه

روش آماری تحلیل خوشه‌ای کاربرد زیادی در بررسی داده‌های چندمتغیره دارد. یکی از مهمترین این کاربردها بررسی ارتباط بین متغیرها و در نهایت گروه‌بندی آن‌ها می باشد که در این حالت ترکیب کل آب زیرزمینی یک منطقه به تعداد محدودی از خوشه‌ها امکان‌پذیر می گردد(اچسنکم و همکاران۱۹۹۷).

تحلیل خوشه‌ای یک عنوان کلی برای گروهی از روشهای ریاضی است که برای پیدا کردن شباهت بین افراد در یک مجموعه به کار می‌رود. خوشه با مفهوم شباهت درونی و انزوای بیرونی تعریف می‌شود. در تحلیل خوشه‌ای معمولاً P صفت بر روی N ماده اندازه‌گیری، سپس یک ماتریس N*P از داده‌های خام تشکیل می شود. آن گاه ماتریس داده‌های خام به ماتریس شباهتها یا فاصله‌ها، تبدیل شده و با استفاده از یکی از روشهای طبقه‌بندی، مواد را بر پایه یشباهت بین آنها گروه‌بندی می کنند. (فرشادفر، ۱۳۸۰). هدف از تحلیل خوشه‌ای اولاً پیدا کردن دسته‌های واقعی افراد و ثانیاً کاهش تعداد داده‌ها است.

محاسبه ضریب شباهت در صفات کمی

برای محاسبه ضریب شباهت در صفات کمی روشهای مختلفی مانند ضریب متوسط فاصله‌ی اقلیدسی، ضریب تفاوت شکل، ضریب کسینوس و... وجود دارند. روش بکار رفته در این تحقیق، روش متوسط فاصله اقلیدسی است. (گولر و همکاران ۲۰۰۲). از مزایای این ضریب آن است که اگر ماتریس داده‌ها دارای مقادیر از دست رفته‌ای باشد، باز هم می‌توان از آن استفاده کرد. این ضریب (e_{jk})از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$e_{jk} = \left[\sum_{i=1}^{2} (X_{ij} - X_{ik})^2 \right]^{0.5}$$

X_{ij} مقدار صفت iام برای فرد j ام است.

انتخاب روش خوشه‌بندی

برای خوشه‌بندی و قرار دادن نمونه‌ها در گروههای جداگانه روشهای مختلفی وجود دارند مانند روشهای خوشه‌بندی همبستگی منفرد[1]، همبستگی کامل[2]، روش وارد[3] و... . جهت گروه‌بندی نمونه های آب زیرزمینی از روش وارد استفاده شده است. (گولر و همکاران ۲۰۰۲). این روش در زیر شرح داده می‌شود.

روش خوشه‌ای حداقل واریانس وارد

در این روش در هر مرحله از تحلیل، ترکیب هر جفت از نمونه‌ها ممکن است مورد توجه قرار گرفته و هر دو دسته‌ای که ادغام آنها سبب افزایش اندازه ی واریانس به اندازه ی کمتری شود، در یک دسته قرار می‌گیرند؛ و این موضوع در مراحل بعدی گروه‌بندی نیز رعایت می‌گردد.

در این تحقیق جهت گروه‌بندی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت اوان از روش وارد استفاده شده است. در نهایت کیفیت آب زیرزمینی دشت اوان در این گروهها نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

اغلب روشهای نموداری مورد استفاده، محدودیت تعداد نمونه و فراسنج (T, pH, & ...) را دارند. از طرفی هیچ یک از روشهای نموداری قدرت تمایز بین گروهها و آزمایش اندازه ی شباهت در بین گروهها را ندارند. برخلاف روشهای نموداری، روشهای آماری قابلیت استفاده از تمامی فراسنجها را دارند. محدودیتی که روشهای تحلیل خوشه‌ای (اغلب روش‌های آماری) نسبت به روش های نموداری دارند این است که اطلاعاتی راجع به ترکیب شیمیائی نمونه‌ها را در هر گروه ارائه نمی‌کنند. اگر چه تحلیل خوشه ای روشی بسیار کارآمد در طبقه بندی نمونه بر پایه یشباهتهای فیزیکی و شیمیایی است، ولی نتایج آن را نمی‌توان به سرعت در تفسیر روند و مشکلات مربوط به فرایندهای آب-شیمیایی به کار برد. ترکیب دو روش فوق باعث می‌شود که مزایای هر روش باقی بماند و محدودیتهای هر روش حداقل شود (گولر و همکاران۲۰۰۲).

معرفی منطقه مورد مطالعه

دشت اوان در منتهی الیه جنوبی قسمتهای کوهستانی آبخیز رود کرخه و در جنوب غربی شهرستان اندیمشک و در مسیر جاده اندیمشک به دهلران واقع شده است و حدوداً بین طولهای جغرافیایی ´ ۵۹ °۴۷ تا ´ ۹ °۴۸

1 Single Linkage
2 Complete Linkage
3 Ward

(شـرقی) و عرضـهای جغرافیـایی ´۱۴ °۳۲ تـا ´۲۴ °۳۲ (شمالی) قرار دارد(شکل۱). این دشت به شکل مثلث بـوده که ضلع شرقی آن به رود کرخه، ضلع جنوب غربی آن بـه دشت دوسلق، ضلع شمال غربی آن به سـد کرخـه و رأس غربی آن به خروجی سطحی دشت عباس محدود می‌شـود (سامانی و همکاران۱۳۸۷).

منطقه‌ی مورد مطالعه در محدوده‌ی بخش انتهایی زاگرس چین خورده و دشت خوزستان واقع شده است. سازند های رخنمون یافته در دشـت اوان جزئـی از گـروه فـارس مـی باشند. در گستره‌ی مورد مطالعه از قدیم به جدیـد، سـازند آغاجاری و بخش لهبری آن در شمال غربی دشت، سـازند بختیاری در شـمال، جنـوب و جنـوب غربـی دشـت و تـه نشستهای عهـد حاضـر رخنمـون دارند(شـکل۱). کلیـه‌ی سازندهای مزبور به دوران سوم زمین شناسی تعلـق دارنـد (آقانباتی۱۳۸۳).

رود کرخه بین بین طولهای جغرافیایی ´۵۷ °۴۶ تـا ´۱۰ °۴۹ (شـرقی) و عرضـهای جغرافیـایی ´۴۸ °۳۱ تـا ´۵۸ °۳۴ (شمالی) واقع شده است(شکل۱). رود کرخه با سـطح آبخیزی بـالغ بـر ۴۳ هزارکیلومترمربـع و متوسـط آبـدهی سالانه‌ی ۱۷۷ متـر مکعـب بـر ثانیـه، سـومین رود پـرآب کشور، پس از کارون و دز می باشد.

سـد آبگیـری و نیروگـاه برقـآبی کرخـه در فاصـله‌ی ۲۱ کیلومتری جنوب غربی اندیمشک در استان خوزسـتان(در جنوب غربی ایـران) بـر روی رود کرخـه احـداث گردیـده اسـت. ایـن طـرح عظـیم در طـول جغرافیـایی ´۸/۷ °۴۸ (شرقی) و نیز عرض جغرافیایی ´۶/۲۹ °۳۲(شمالی) واقع شده است (شکل ۱). هـدف اصـلی بنـای سـد مهـارکردن سیلاب‌های ویرانگر رود و جلوگیری از زیانهای ناشی از آن بوده است. (گزارش طـرح سـد کرخـه،۱۳۷۱). مهمتـرین منابع تغذیه‌ی دشت اوان، ارتفاعات واقع در شمال و شمال غربی دشت، ورود آب از آبگیر سـد کرخـه و آب برگشـتی کشاورزی از نهرهای آبیاری در منطقه می باشد.

در این نمونه بـرداری بـرای گـروه بنـدی نمونـه هـای آب زیرزمینی دشت اوان از روش آماری تحلیـل خوشـه ای بـا روش وارد استفاده شد، و این کار با اسـتفاده از نـرم افـزار SPLUS 2000 صـورت گرفتـه اسـت. در نهایـت، از میانگین فراسـنجهای شـیمیایی گروههـای آب زیرزمینـی جهت بررسی وضعیت دقیق کیفیت آب زیرزمینـی، دشـت اوان استفاده گردیده است. در بررسی کیفی گروههـای آب زیرزمینی، موارد زیر انجام گرفته اند:

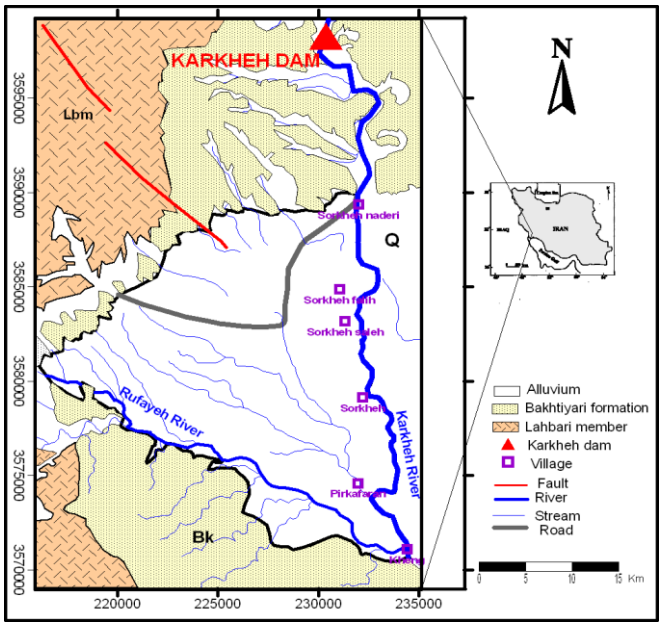
در ابتدا، جهت بررسی نوع آب زیرزمینی در هر سـه گـروه نمودار استیف با استفاده از نرم افزار AqQA تهیـه شـده است. جهت شناسایی عوامـل مـؤثر بـر آب شـیمی آبهـای زیرزمینی مقادیر نمایـه اشـباع کلسـیت، دولومیـت و گـچ گروههای آب زیرزمینی دشت اوان با اسـتفاده از نـرم‌افـزار Aqachem4.0 تهیـه گردیـده اسـت. در صـورتی کـه اندیس اشباع[1] (SI) کمتر از صفر باشـد، آب تحـت اشـباع است، در صورتی که SI برابر با صفر باشـد، مـاده و آب در تعادل با یکدیگرنـد و در صـورتی کـه SI بـیش از صـفر و کمتر از یک باشد، آب اشباع اسـت؛ و در صـورتی کـه SI بیشتر از یک باشدآب فوق اشباع است. دویچ(۱۹۹۷).

جهت تعیین مهمترین فرآیند مؤثر بر ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی دشت اوان از نمودار گیبس استفاده شده اسـت. نسبت های یونی برای تعیین منشأ امـلاح در آبخـوان اوان به کار گرفته شده اند. در پیـدایش ترکیـب شـیمیایی آب زیرزمینی، این نسبتها متأثر از ترکیب شـیمیایی کانیهـای محلول در آب بوده و مقدار کانی انحلال یافته در درجـه‌ی بعدی اهمیت قرار دارد. هانسلو(۱۹۹۵).

بـا اسـتفاده از دو روش آزمـون Student'st و آزمـون نافراسنجی بررسی وجود ارتبـاط آبـی بـین گروههـای آب زیرزمینی دشـت اوان بـا آبگیـر سـد کرخـه، رود کرخـه و نهرهای آبیاری مورد بررسی قرار گرفته است.

جهت طبقه بندی آب منطقه از نظر شرب، از نمودار شـولر استفاده شده است. لازم به ذکر است که در نقاط مختلـف دنیا، معیارهای متفـاوتی جهـت کیفیـت آب شـرب مـورد استفاده قرار می گیرند. اما نمودار، شولر که صرفاً آنیونها و کاتیونهای معمـول و ویژگیهـای معـدنی یـک آب را مـورد سنجش قرار می دهد، معیاری شناخته شده در اکثر نقـاط دنیاسـت. شـایان ذکـر اسـت کـه در ایـن تقسـیم بنـدی، باکتریها و عناصر سمی همچـون آرسـنیک نادیـده گرفتـه شده‌انـد. معیارهـای کیفیـت آب شـرب از لحـاظ مجمـوع املاح، سختی، کلر، سدیم و سولفات در جدول ۱ آمده‌اند.

1 Saturation Index



۱- نقشه‌های ایران و زمین شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه

۱- معیارهای کیفیت آب شرب از لحاظ مجموع املاح، سختی، کلر، سدیم و سولفات.

ردیف	کیفیت آب	TDS(mg/l)	TH(mg/l)	Na (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4(mg/l)
۱	خوب	۵۰۰<	۲۵۰<	۱۱۵<	۱۷۵<	۱۴۵<
۲	قابل قبول	۱۰۰۰-۵۰۰	۵۰۰-۲۵۰	۲۳۰-۱۱۵	۳۵۰-۱۷۵	۲۸۰-۱۴۵
۳	نامناسب	۲۰۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۵۰۰	۴۶۰-۲۳۰	۷۰۰-۳۵۰	۵۸۰-۲۸۰
۴	بد	۴۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۱۰۰۰	۹۲۰-۴۶۰	۱۴۰۰-۷۰۰	۱۱۵۰-۵۸۰
۵	قابل شرب در شرایط اضطراری	۸۰۰۰-۴۰۰۰	۴۰۰۰-۲۰۰۰	۱۸۴۰-۹۲۰	۲۸۰۰-۱۴۰۰	۲۲۴۰-۱۱۵۰
۶	غیر قابل شرب	۸۰۰۰>	۴۰۰۰>	۱۸۴۰>	۲۸۰۰>	۲۲۴۰>

۲- رده‌های مختلف آب، و نوع کیفیت بر پایه یتقسیم بندی ویلکوکس.

نوع کیفیت آب برای آبیاری	رده آب
شیرین ـ برای آبیاری کاملاً بی ضرر	C_1S_1
کمی شور ـ برای آبیاری تقریباً مناسب	C_1S_2,C_2S_2,C_2S_1
شور ـ برای آبیاری با اعمال تمهیدات لازم،مناسب	$C_1S_3,C_2S_3,C_3S_1,C_3S_2,C_3S_3$
خیلی شور ـ مضر برای آبیاری	$C_1S_4,C_2S_4,C_3S_4,C_4S_4,C_4S_3,C_4S_2,C_4S_1$

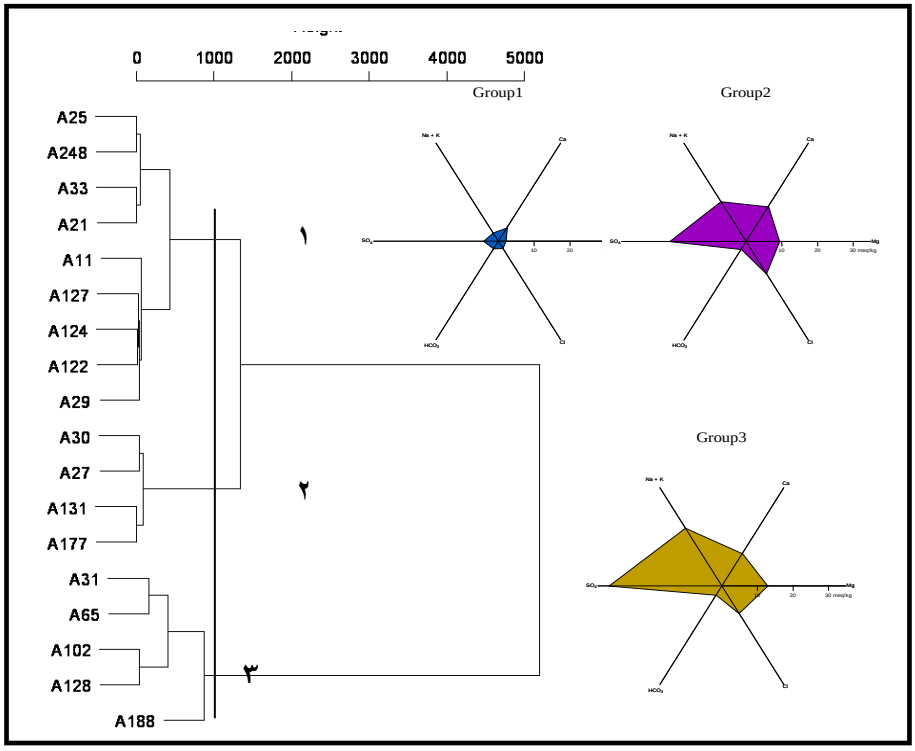
جهت طبقه بندی آب منطقه از نظر کشاورزی از تقسیم بندی ویلکوکس استفاده شده است.معیارهای کیفی آب آبیاری بر پایه یسه عامل بنا گردیده است(بوور۱۹۷۸): ۱- غلظت کل نمکهای محلول آب، که این غلظت از طریق اعمال اسمزی بر فراورده های کشاورزی اثر می‌گذارد. ۲- غلظت یونهایی که ممکن است برای گیاهان مضر باشد

(مانند بـر). ۳- غلظـت کاتیونهـایی کـه مـی‌تواننـد باعـث پراکنـدگی رس در خـاک گردیـده، سـاختمان خـاک را تخریـب کـرده و تراوایـی آن را کـاهش دهـد یکـی از قدیمیترین نظامهای طبقه بندی آب برای آبیاری، تقسـیم بندی ویلکوکس است که بر پایه یهدایت الکتریکـی (EC) و درصد سـدیم بنـا شـده اسـت. نـوع کیفیـت و رده‌هـای مختلف آب بر پایه ی تقسیم بندی ویلکوکس در جداول ۲ آمده اند.

نتایج و بحث

نتایج تحلیل خوشه‌ای نمونه‌های آب زیرزمینـی همـراه بـا نمودار شعاعی گروه‌های مختلف آب زیرزمینی در شـکل ۲ ارائه شده انـد. بـا توجـه بـه ایـن شـکل ، نمونـه‌هـای آب زیرزمینی در ۳ گروه واقع شده اند. میـانگین فراسـنجهای شیمیایی هر یـک از ایـن گـروه هـا در جـدول ۳ و توزیـع مکانی آنها در شکل۳ نشان داده شـده اسـت. نمونـه هـای واقع در بخش شمالی و جنوب شرقی دشت جزء گروه اول و نمونه های واقع در بخش میـانی و جنـوب غربـی دشـت متعلق به گروههای دوم و سوم می باشند.

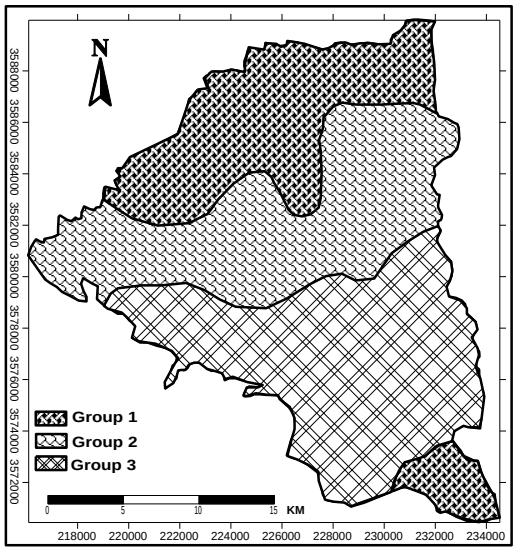
بـا توجـه بـه نمـودار اسـتیف (شـکل۴) نمونـه هـای آب زیرزمینی گروه اول نوع بی کربنـات کلسـیم را نشـان مـی دهند، چون نمونه های واقع در گـروه اول، اولـین دریافـت کننده‌ی آب تغذیه ای از سازند بختیاری است. نمونه هـای گروه دوم نوع سولفات کلسیت، و نمونـه هـای گـروه سـوم نوع سولفات سدیک را نشان می دهند. تغییـر نـوع آب در ادامه مسیر جریان را می توان به انحـلال مـواد قابـل حـل آبخوان و نیز تغذیه‌ی آبخـوان از بخـش لهبـری کـه دارای نمکهای تبخیری می باشد، نسـبت داد. بنـابراین انـدازه‌ی یون سولفات و کلر در نمونه های مرکزی و جنـوبی دشـت بیش از نمونه‌هایی است کـه در منـاطق تغذیـه‌ی آبخـوان قرار گرفته است.



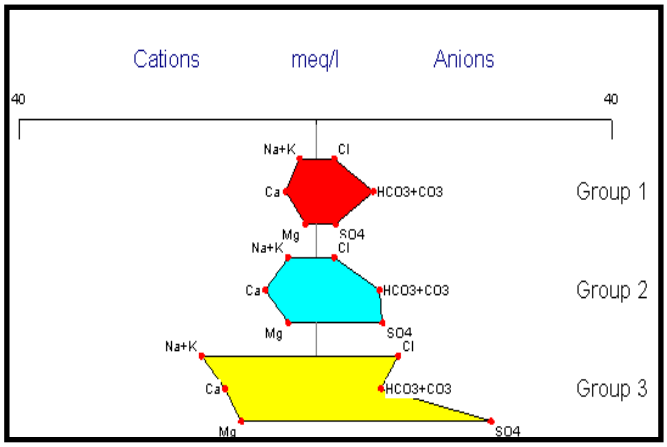
۲- نمودار شاخ واره ای نمونه های آب زیرزمینی و سطحی دشت اوان.

۳- فراسنجهای شیمیایی گروههای مختلف نمونه های آب زیرزمینی و سطحی.

	mg/lit							
گروه	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+}	K^{+}	$HCO3^{-}$	$SO4^{-2}$	CL^{-}	TDS
گروه اول	۸۳/۰۸	۱۷/۹۷	۵۰/۲۱	۱/۷۳	۱۵۴/۸	۱۲۷/۹۳	۸۶/۸۷	۵۴۸/۷۵
گروه دوم	۱۳۶/۵	۴۵/۸۸	۸۶/۱	۲/۱۵	۱۷۰/۸۳	۴۲۸/۸	۸۶/۸۷	۱۰۷۶/۵
گروه سوم	۲۴۵/۷	۱۲۲/۷۶	۳۵۳/۳۸	۳/۲۸	۱۷۶/۹۴	۱۱۳۳/۰۶	۳۹۲/۸	۲۶۱۳/۲



۳- توزیع مکانی گروههای مختلف آبهای منطقه دشت اوان.



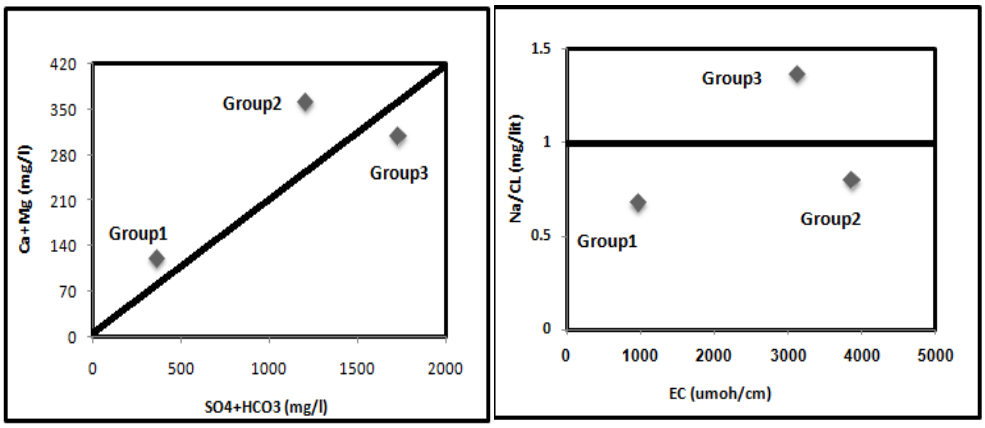
۴- نمودارهای استیف گروههای مختلف آبهای زیرزمینی دشت اوان.

نمایه‌ی اشباع

مقادیر نمایه اشباع گچ، کلسیت و دولومیت سه گروه در جدول ۴ آمده اند. با توجه به جدول، نمونه های آب زیرزمینی در هر سه گروه نسبت به گچ تحت اشباع و نسبت به دولومیت و کلسیت اشباع می باشند. در کل در هر سه گروه نمایه‌ی اشباع دولومیت نسبت به نمایه اشباع کلسیت بیشتر است. دلیل این امر را می توان به وجود کانیهای دولومیت و کلسیت منیزیم‌دار، رخداد فرآیند دولومیتی شدن (Dedolomitization) و رسوب گذاری کلسیت نسبت داد.

۴- مقادیر نمایه‌های اشباع گروههای مختلف آب زیرزمینی آبخوان دشت اوان.

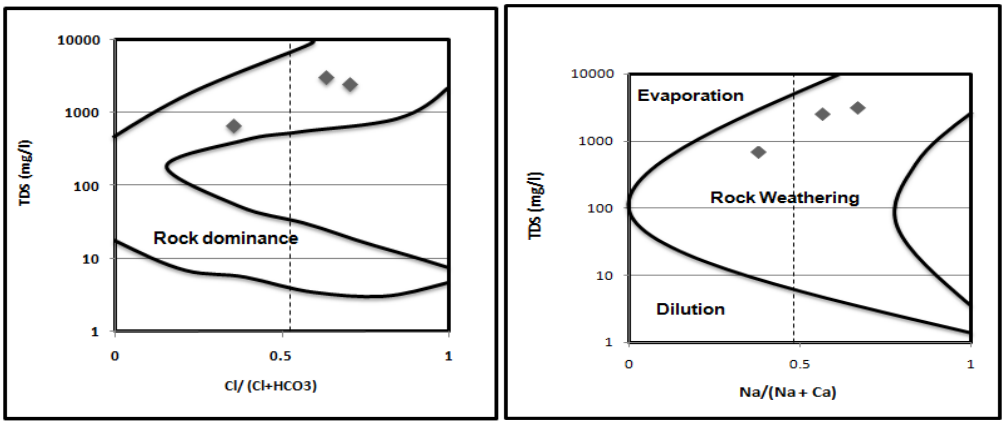
گروه	Sl(Gypsum)	Sl(Dolomite)	Sl(Calcite)
گروه اول	-۱/۴۷	۰/۴۸	۰/۴۳
گروه دوم	-۰/۹۱	۰/۶۲	۰/۴
گروه سوم	-۰/۴۹	۰/۸۲	۰/۴۲



۵- نمودارهای دو متغیره‌ی یونهای مرتبط با تبادل یونی.

۵- منشأ آب زیرزمینی برای گروههای مختلف در منطقه‌ی مطالعاتی.

گروه	فراسنج			
	Na/(Na+Cl)	HCO3/Sum Anion	Cl/Sum Anion)	Ca/(Ca+SO4)
گروه۱	انحلال هالیت	-	هوازدگی سنگ	منشأ غیر از گچ برای کلسیم وجود
گروه۲	وجود منشأیی غیر از هالیت برای سدیم– تبادل یونی	-	هوازدگی سنگ	تبادل یونی - رسوب کلسیت
گروه۳	وجود منشأیی غیر از هالیت برای سدیم– تبادل یونی	انحلال گچ	هوازدگی سنگ	تبادل یونی - رسوب کلسیت



۶- نمودار گیبس گروههای مختلف آب زیرزمینی دشت اوان

در شکل ۵ نمودار دو متغیره‌ی Na/ Cl در مقابل EC برای گروههای مختلف آب زیرزمینی دشتهای اوان ارائه گردیده است. نمونه های واقع در گروه ۳، که در بالای خط Na/Cl = 1 واقع شده‌اند، منشأ دوگانه دارند و تبادل یونی را نشان می دهند، در حالی که نمونه های واقع در گروه ۱و۲، که به مناطق تغذیه نزدیکترند، تبادل یونی معکوس را نشان می دهند. در شکل سمت چپ نمودار دو متغیره‌ی Ca+Mg در مقابل HCO3+SO4 نمایش داده شده است. خط ۱:۱ نشان دهنده‌ی فرآیند انحلال کلسیت، دولومیت و گچ می‌باشد. چون نمونه‌های واقع در هر سه گروه در مقادیر بیشتر از ۲۰۰ میلی گرم در لیتر HCO3+SO4 واقع شده‌اند، نشان دهنده‌ی عدم انحلال کلسیت و دولومیت و فرآیند غالب انحلال گچ در دشت می‌باشد.

یکی از نمودارهایی که در تعیین عوامل مؤثر بر کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی کاربرد زیادی دارد، نمودار گیبس است. در شکل ۶ نمودار گیبس گروه نمونه های آب زیرزمینی ارائه شده است. همان طور که در این نمودارها دیده می‌شود، در هر سه گروه نمونه های آب زیرزمینی، مهمترین فرآیند مؤثر بر ترکیب شیمیایی آب، هوازدگی و انحلال سازندهاست.

با استفاده از نرم افزار Aquachem منشأ نمونه های آب در گروههای مختلف مشخص شده است. لازم به ذکر است که به دلیل موجود نبودن کلیه فراسنجهای مورد نیاز برای محاسبه برخی نسبتهای یونی، شناسایی دقیق منشأ آبها ممکن نیست. در جدول ۵ منشأ آب زیرزمینی در سه گروه ارائه شده است.

بررسی آماری ارتباط آبهای سطحی با آبخوان دشت اوان

بررسی وجود ارتباط آبی بین آبخوان دشت اوان با آبگیر سد کرخه و همچنین ارتباط بین آب رود و نهرهای آبیاری، با آبخوان از اهمیتی زیاد در این دشت برخوردار است.

در این بخش سعی بر آن شده تا با استفاده از داده های آب شیمیایی آبگیر سدکرخه، رود و نهرهای آبیاری و سه گروه آب زیرزمینی در آبخوان احتمال ارتباط آبهای سطحی و زیرزمینی با کاربرد روشهای آماری بررسی گردد. بدین منظور از دو روش آزمون Student'st و آزمون نافراسنجی استفاده شد. در آزمون Student'st که برای دو به دوی داده ها صورت می گیرد، هر چقدر عدد به دست آمده به ۰/۰۵ نزدیکتر باشد نمایانگر این است که شباهت آماری بین دو داده کمتر است(دیویس،۱۹۸۶). این آزمون ارتباط زیادی را بین شیمی آب آبگیر سد کرخه و همچنین بین ترکیب آب نهر آبیاری، رود و شیمی نمونه های واقع در گروه اول و دوم، و ارتباط کمی را بین ترکیب آبهای سطحی و گروه سوم نشان می دهد(اعداد به دست آمده در گروه سوم به۰۵/ نزدیک می باشند) ، به همین دلیل، در آزمون نافراسنجی گروه سوم در نظر گرفته نشد(جدول۶).

۶- بررسی ارتباط آماری آبهای سطحی و زیرزمینی از طریق آزمون student' st .

	گروه۱	گروه۲	گروه۳
سد	۰/۷۲	۰/۶۰	۰/۱۴
رود	۰/۷۰	۰/۵۹	۰/۱۵
نهر	۰/۷۶	۰/۵۷	۰/۱۳

آزمون نافراسنجی نیز با کاربرد روش کندال صورت گرفت. در این روش، همبستگی آماری بین گروههای آب زیرزمینی و آبهای سطحی بررسی شده است. اعداد به دست آمده نشانگر شباهت آماری موجود بین فراسنجهای برداشت شده از نمونه های آب مذکور می باشد. نتایج حاصله برای معنی دار بودن ارتباط این داده ها برای روش کندال ۷۸٪ به دست آمد. هر چه قدر این مقدار به عدد یک نزدیکتر باشد، نشانگر شباهت بالای نمونه های برداشت شده از منابع آبی می باشد؛ در این مورد، شباهت نمونه های برداشت شده از آبهای سطحی و زیرزمینی و همبستگی آماری بین نمونه ها نسبتاً خوب است.

ارزیابی منابع آب منطقه‌ی مطالعاتی از لحاظ شرب

با توجه به نتایج تجزیه‌ی شیمیایی نمونه‌ها، نمودار شولر منابع آب منطقه از لحاظ شرب طبقه‌بندی شد(شکل۷)، که نتایج آن در جدول ۷ برای سه گروه آب زیرزمینی نشان داده شده اند. بر این اساس، با اختصاص دادن اعداد ۱ تا ۶ به رده‌ی هر فراسنج، نوع آب نمونه‌برداری شده از نظر آن فراسنج مشخص خواهد شد و بالاترین رده به عنوان رده‌ی آب از لحاظ شرب مشخص خواهد شد. در بررسیهای انجام شده مشخص گردید که بهترین کیفیت آب از لحاظ شرب در نمونه های واقع در گروه اول و در رده‌ی قابل قبول قرار گرفته است، و بدترین رده‌ی آب متعلق به نمونه های واقع در گروه سوم، در رده بد می باشد. دلیل این امر دور بودن فواصل این ایستگاهها از نقاط تغذیه و نیز ته نشستهای لای و رسی این ناحیه می باشد، به گونه ای که آب این مناطق از لحاظ فراسنجهای شولر در رده ۴ قرار گرفته است.

۷- طبقه بندی آب گروههای مختلف در منطقه از لحاظ شرب.

گروه	SO4	CL	Na	TH	TDS	رده آب
			mg/lit			
گروه۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲
گروه۲	۳	۱	۱	۳	۳	۳
گروه۳	۴	۳	۳	۴	۴	۴

۸- کیفیت بر پایه یتقسیم بندی ویلکوکس در گروههای مختلف.

گروه	EC(umoh/cm)	SAR	Class
گروه۱	۸۲۲	۷/۱	C3S2
گروه۲	۱۳۶۴	۹/۱	C3S2
گروه۳	۳۴۱۸	۲۶	C4S4

ارزیابی منابع آب آبخوان اوان از لحاظ کشاورزی

نمودار ویلکوکس گروههای آب زیرزمینی دشت اوان در شکل ۸ و طبقه بندی گروهها از لحاظ کیفیت بر پایه یتقسیم بندی ویلکوکس در جدول ۸ آمده است. با توجه به نمودار مزبور، آب مربوط به گروههای ۱و۲ در رده‌ی C3S2 قرار دارد، یعنی شور بوده، لکن برای آبیاری مناسب می باشند، در حالی که آب گروه ۳ در رده‌ی C4S4(خیلی شور) قرار داشته و برای آبیاری زیان آور است.

نتیجه گیری

۱- با استفاده از روش آماری تحلیل خوشه‌ای، نمونه های آب زیرزمینی دشت اوان در ۳ گروه قرار داده شده اند. گروه اول نوع بی کربنات کلسیم، گروه دوم نوع سولفات کلسیت و گروه سوم نوع سولفات سدیک را نشان می دهند. تغییر نوع آب در ادامه‌ی مسیر جریان را می توان به انحلال مواد قابل حل آبخوان و نیز تغذیه‌ی آبخوان از بخش لهبری، که دارای نمکهای تبخیری می باشد، نسبت داد.

۲- نمونه های آب زیرزمینی در هر سه گروه نسبت به گچ تحت اشباع و نسبت به دولومیت و کلسیت اشباع می باشند.

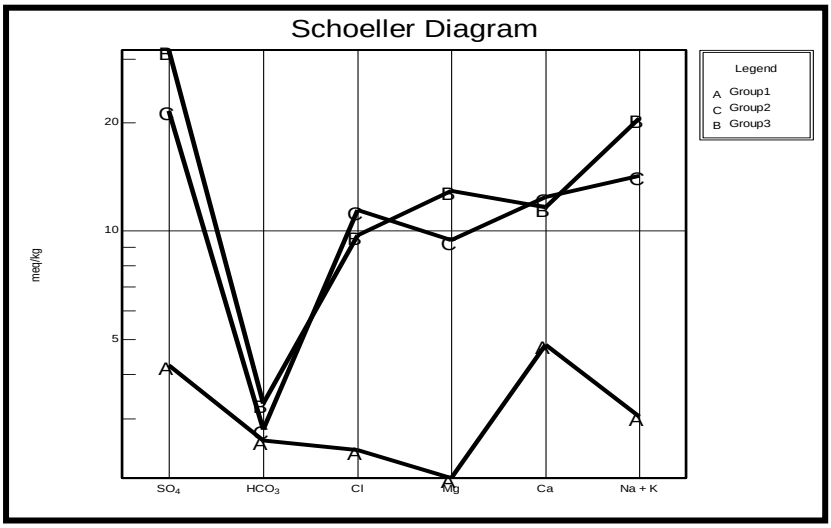
۳- نمونه های واقع در گروه ۳ تبادل یونی را نشان می دهند، در حالی که نمونه های واقع در گروه ۱و۲ که به مناطق تغذیه نزدیکترند، تبادل یونی معکوس را نشان می دهند.

۴- آزمون student'st که برای بررسی ارتباط بین آبهای سطحی و زیرزمینی صورت گرفت، ارتباط زیادی را بین شیمی آب آبگیر سد کرخه و همچنین بین ترکیب آب نهر آبیاری، رود و شیمی نمونه های واقع در گروه اول و دوم را نشان داد، در صورتی که بین ترکیب آبهای سطحی و گروه سوم ارتباط کمی وجود داشت. بنابراین می توان نتیجه

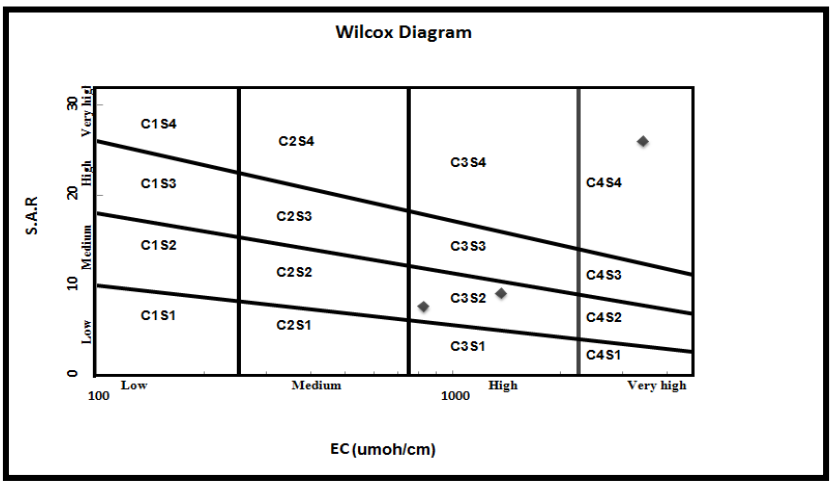
گرفت که شیمی آب گروههای اول و دوم به دلیل نزدیک بودن به مناطق تغذیه بیشتر از گروه سوم تحت تأثیر تغذیه قرار گرفته اند. در کل می توان از طریق این شیوه‌ی آماری، تغذیه‌ی آب زیرزمینی اوان را به نشت آب از آبگیر سد کرخه و همچنین آب برگشتی کشاورزی (آب نهرهای آبیاری) نسبت داد.

۵- بهترین کیفیت آب از لحاظ شرب در نمونه های واقع در گروه اول قرار گرفته است و بدترین رده‌ی آب متعلق به نمونه های واقع در گروه سوم می باشد.

۶- آب مربوط به گروههای ۱و ۲ برای آبیاری مناسب است، در حالی که آب گروه ۳ خیلی شور و برای کشاورزی مضر می باشد.



۷- نمودار شولر گروههای مختلف منابع آب در دشت اوان.



۸- نمودار ویلکوکس گروههای آب زیرزمینی دشت اوان.

References:

1. Aghanabati, A., Iranian Geology, Geological Publications, 586 pp
2. Aq.QA Software (Ver., 1.0), Copyright © 2003 Prairie City Computing, Inc. Email, aqqa@rockware.com, www.aqqa.com.
3. Aquachem, Software (Ver 3.6.4), Waterloo Hydrogeologic, E-Mail: info@flowpath.com
4. Bouwer, H., 1978. Groundwater Hydrology, McGraw-Hill, Inc.
5. Davis, j., 1986. Statistical and Data analysis in geology. Wiley,New York
6. Deutsch, W J., 1997. Groundwater Geochemistry: Fundamentals and Applications to Contamination. Lewis Publ. New York.
7. Farshadfar, A., 1380. Multivariate Statistical Techniques, Publications Bostan.
8. Guler, C., Thyne, G D., McCray, J E., and Turner, A K., 2002 ."Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data". Hydrogeology journal. 10: 455-474.
9. Hunselow, A., 1995. Water Quality Data, Analysis and interpretation, Lewis pub.
10. Ochsenkuhm, J., Kontoyanakos, and M. Ochsenkuhn-Petropulu, 1997. A new approach to a hyrochemical study of groundwater flow, J. Hydrol. 194: 64-75.
11. Report of Karkheh dam, 1371. Iran Water and Power Resources Development.
12. Samani, S., Kalantari, N., 1378. Assessment of quantitative and qualitative effect of Karkheh dam on Dasht-e- Avan aquifer
13. SPLUS 2000 Professional Release 1, Copyright © 1988-1999 Math Soft.