

## ارزیابی فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی و کیفیت منابع آب زیرزمینی حوضه آبریز رودخانه گذار چای نقده با نگرشی بر لیتولوژی منطقه

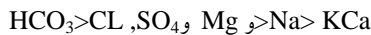
سعید احمدی<sup>۱\*</sup>، مهدی تلخابلو<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه آزاد واحد اهر

۲- استادیار دانشگاه خوارزمی، گروه زمین شناسی مهندسی  
Geo.ahmadi10@gmail.com\*

### چکیده

در این مطالعه بررسی کیفیت آب زیرزمینی حوضه آبریز رودخانه دائمی گذار چای با استفاده از نتایج آنالیز شیمیایی ۵۳ نمونه آب زیرزمینی صورت گرفته است. تفسیر آنالیز هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی در منطقه نشان می دهد که آبهای منطقه عمدتاً جزو آبهای شیرین، سخت تا خیلی سخت بوده و عمدتاً دارای تیپ بی کربناته کلسیک و منیزیک می باشد. غلظت قلیایی های خاکی (Ca, Mg) بیش از قلیایی ها (K, Na) و مقدار آنیون اسیدهای ضعیف (HCO<sub>3</sub>) بیشتر از آنیون اسیدهای قوی (Cl, SO<sub>4</sub>) می باشد بررسی های لیتولوژی سنگ های دربرگیرنده نشان داد که گسترش سنگهای کربناته در شمال و شمال غرب محدود دهباعث گردیده که این آبها نسبت به کانی های کربناته از قبیل کلسیت و آراگونیت اشباع بوده که نشان دهنده تاثیر احتمالی لیتولوژی سنگ های در برگیرنده بر روی شیمی آبهای زیرزمینی می باشد. بر اساس نتایج حاصل غلظت یونهای اصلی موجود در ترکیب آبها متفاوت بوده بطوریکه شرایط آنیونی و کاتیونی زیر حاکم است:



بررسی کیفیت آب جهت مصارف شرب از طریق مقایسه غلظت یونها با استاندارد های موجود و نیز تعیین کیفیت آب برای مصارف کشاورزی از طریق مقایسه شاخص ها نسبت ها و دیاگرامها نشان داد که به جز آبهای زیرزمینی مربوط به حاشیه ساحلی دریاچه ارومیه کیفیت اکثر نمونه آبها برای مصارف شرب و کشاورزی مناسب می باشد.

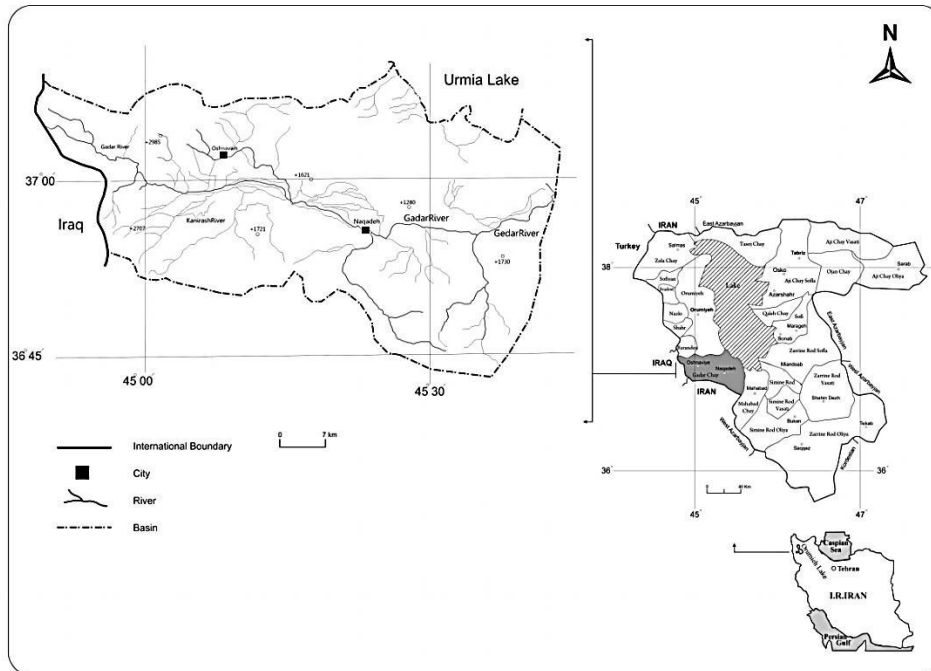
**واژگان کلیدی:** تیپ آب، کیفیت آب زیرزمینی، گذارچای، مصارف آب، هیدروژئوشیمیایی.

### ۱- مقدمه

رشد جمعیت، گسترش مناطق شهری و افزایش فعالیت های کشاورزی در چند دهه اخیر باعث افزایش بهره برداری از منابع آب زیرزمینی برای مصارف مختلف گردیده که این افزایش تقاضا برای تامین آب مورد نیاز، باعث تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و افزایش احتمال آلودگی آنها گردیده است. مدیریت بهینه استفاده از منابع آب زیرزمینی مستلزم درک صحیح از خصوصیات هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی و تعیین فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی و مکانیسم حاکم بر کیفیت منابع آب می باشد (آقازاده ۱۳۸۷) (Aghazadeh and Mogaddam, 2010; Jalali, 2006; Hounslow, 1995).

زیر حوضه رودخانه دائمی گذار چای با مساحت ۲۲۳۰ کیلومتر مربع از زیر حوضه های حوضه آبریز دریاچه ارومیه می باشد (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه با میانگین بارش سالانه ۳۸۷ میلیمتر و متوسط دمای ۱۳/۵ درجه سانتیگراد دارای اقلیم خشک و نیمه سرد می باشد. آب زیرزمینی مهمترین منبع تامین آب مورد نیاز برای شرب، کشاورزی و صنعت بوده بطوریکه بیش از ۸۰ درصد آب شرب شهرها (نقده و اشنویه) و روستاهای واقع در این حوضه از طریق منابع آب زیرزمینی تامین می شود (سازمان آب منطقه

ای آذربایجان غربی، ۱۳۸۸). در سالهای اخیر بدلیل کمبود بارش استفاده از منابع آب برای آبیاری زمین های زراعی و باغات منطقه رشد چشمگیری داشته که این امر باعث افت سطح آبهای زیرزمینی و تغییر کیفیت این منابع شده است.



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

## ۲- مواد و روش ها

در این مطالعه به منظور بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی از نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی ۵۳ نمونه منابع آب زیرزمینی مربوط به مهر ۱۳۹۱ استفاده شد. سپس بر اساس نتایج حاصل از آنالیز نمونه ها، شیمی آب ها، تیپ آب ها، مکانیسم حاکم بر شیمی آب ها و پارامترهای مختلف هیدروژئوشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور تعیین کیفیت آب های زیرزمینی منطقه برای مصارف مختلف (کشاورزی، شرب و صنعتی) شاخص ها، نسبت ها و پارامترهای مختلفی از قبیل درصد سدیم، نسبت جذب سدیم، کربنات سدیم باقی مانده، شاخص نفوذپذیری، نسبت خطر منیزیم و شاخص تعویض یونی محاسبه گردید و مقادیر یون ها با استانداردهای جهانی مقایسه گردید.

## ۳- بحث و بررسی

### ۳-۱- بررسی های هیدروژئوشیمیایی

بر اساس نتایج حاصله میزان هدایت الکتریکی در محدوده مورد مطالعه بین ۲۶۰ تا ۳۳۴۰ متغیر بوده بطوریکه حداکثر مقدار آن در شمال محدوده مورد مطالعه دیده می شود (شکل ۲). بر اساس غلظت یونهای موجود در ترکیب آب های منطقه شرایط آنیونی و کاتیونی زیر حاکم بوده  $Ca > Na > Mg > SO_4$  و  $Cl > HCO_3$  می باشد. بررسی روند تغییرات غلظت یونهای موجود در ترکیب آبهای منطقه نشان می دهد که بطور کلی غلظت کلر از طرف منطقه تغذیه به طرف تخلیه افزایش یافته بطوریکه در محل خروجی دشت و در حاشیه دریاچه ارومیه و در نواحی شوره زار مقدار غلظت آن به ۴۵۸ میلی گرم بر لیتر می رسد (شکل ۳). همچنین

بررسی روند افزایش غلظت کلر نشان می‌دهد که این افزایش با روند تغییرات هدایت الکتریکی همبستگی خوبی دارد. بالا بودن مقادیر هدایت الکتریکی در حاشیه‌های دشت به دلیل نفوذ آب شور از طرف ساحل و نیز تاثیر سازندهای تبخیری در این نواحی می‌باشد. در این مطالعه به منظور تعیین تیپ و رخساره منابع آب زیرزمینی از دیاگرام پایپر استفاده شد (Piper, 1944) که بر این اساس تیپ غالب و عمده آبهای زیرزمینی منطقه بی‌کربناته کلسیک و منیزیک (Mg, Ca) بوده بطوریکه غلظت قلیایی‌های خاکی (Ca, Mg) بیش از قلیایی‌ها (K, Na) و مقدار آنیون اسیدهای ضعیف (HCO<sub>3</sub>) بیشتر از آنیون اسیدهای قوی (Cl, SO<sub>4</sub>) می‌باشد (شکل ۴).

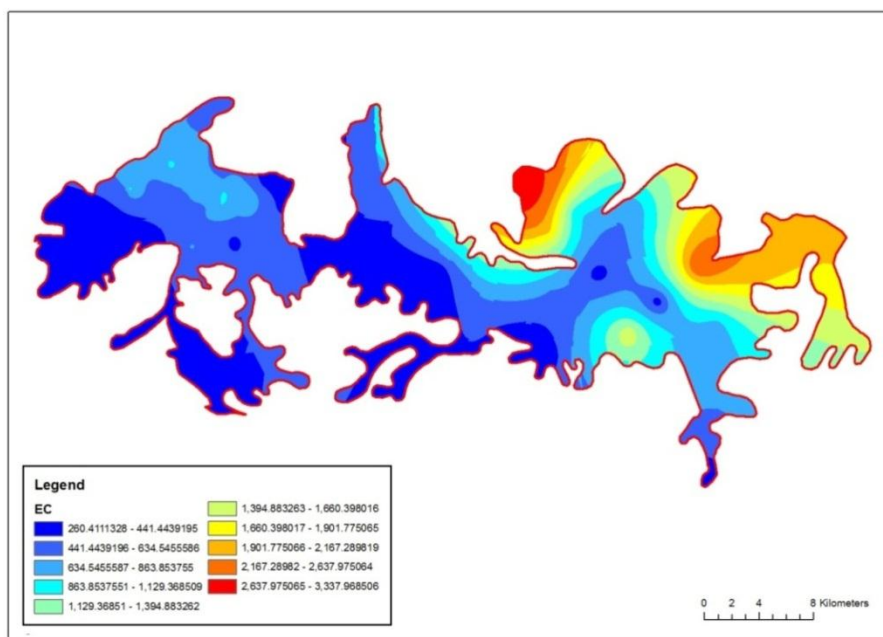
در این مطالعه همچنین به منظور کلاسه بندی آبها از شاخص تعویض یونی (Soltan 1999) استفاده شد. شاخص یونی r1 از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$r1 = Na - CL/SO_4$$

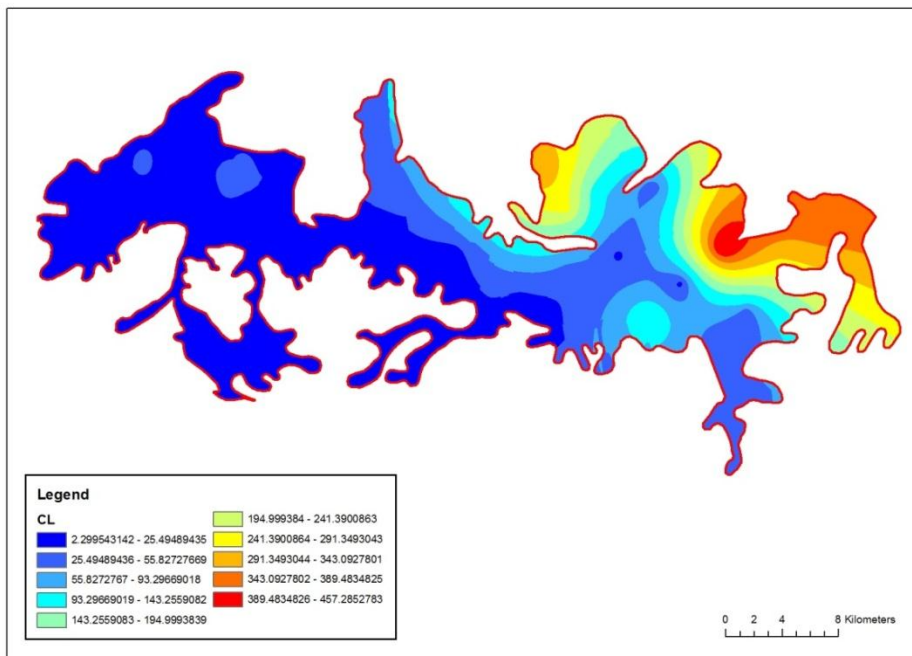
که بر اساس این شاخص اگر مقدار r1 بیشتر از ۱ باشد تیپ و گروه آب Na-HCO<sub>3</sub> و اگر مقدار r1 کوچکتر از ۱ باشد کلاس آب Na-SO<sub>4</sub> است. محاسبه این شاخص برای نمونه آبهای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که مقادیر این شاخص بین ۱/۷۳ تا ۱/۹۲- تغییر می‌کند و بر این اساس بیش از ۹۶ درصد نمونه‌ها دارای شاخص بیشتر از ۱ بوده و کلاس آنها Na-HCO<sub>3</sub> می‌باشد. همچنین می‌توان منابع آب زیرزمینی را بر اساس شاخص ژنر متتوریک کلاسه بندی نمود که این شاخص از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد (Subramani and et al., 2005)

$$r2 = (K + Na) - CL/SO_4$$

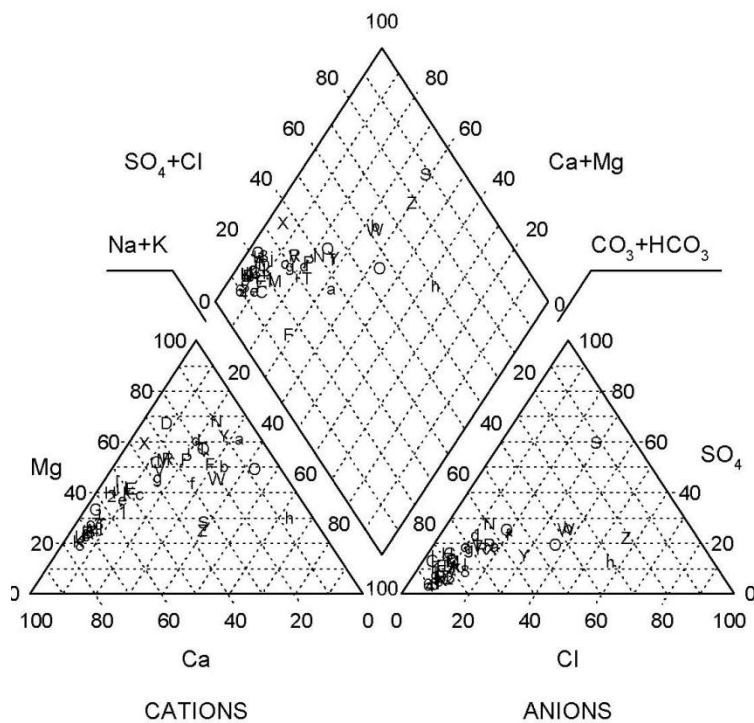
محاسبه این شاخص برای نمونه آبهای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که اکثر نمونه آبهای منطقه از نوع آبهای جوی نفوذی به زیر سطح زمین می‌باشد.



شکل ۲: نقشه پهنه بندی مقادیر هدایت الکتریکی در محدوده مورد مطالعه



شکل ۳: نقشه پهنه بندی مقادیر غلظت یون کلر در محدوده مورد مطالعه



شکل ۴: موقعیت نمونه آب های زیرزمینی محدوده مورد مطالعه بر روی دیاگرام پایبر

### ۳-۲- مکانیسم حاکم بر کیفیت منابع آب زیرزمینی

در این مطالعه بمنظور بررسی تاثیر لیتولوژی سنگهای دربرگیرنده و کیفیت آبخوان و تعیین مکانیسم حاکم بر کیفیت آنها از دیاگرام گیبس استفاده شد. بر اساس این دیاگرام عمده آبهای منطقه در بخش پدیده سنگی غالب نمودار گیبس قرار می گیرد که نشان دهنده تاثیر متقابل بین شیمی سنگها و شیمی آبهای حاصل از بارشی که به زیرزمین نفوذ کرده اند می باشد. گسترش سنگهای کربناته در شمال و شمال غرب محدوده (خدابنده ۱۳۸۳، نقی زاده ۱۳۸۴) باعث گردیده که آبهای ناشی از این سازندها نسبت به کانی های کربناته از قبیل کلسیت و آراگونیت اشباع باشد که نشان دهنده تاثیر احتمالی لیتولوژی سنگ های در برگیرنده بر روی شیمی آبهای زیرزمینی می باشد و همچنین آبهای منطقه عمدتاً نسبت به کانیهای سولفات از قبیل ژپس و اندریت تحت اشباع باشد. محاسبه شاخص کلرقلیایت برای نمونه ها نشان می دهد که این شاخص برای نمونه آنها بین ۰/۲۸ تا ۳/۸- تغییر می کند و متوسط مقدار این شاخص ۰/۱۸- بوده که بر این اساس فرآیند تعویض و تبادل یونی یکی از فرآیندهای ژئوشیمیایی غالب می باشد.

### ۴- تعیین کیفیت آب برای مصارف مختلف

#### ۴-۱- کیفیت آب برای مصارف شرب

در این مطالعه برای تعیین کیفیت آب برای مصارف شرب نتایج حاصل از آنالیز پارامترهای فیزیکی و شیمیایی منطقه با مقادیر آنها در استاندارد جهانی آب آشامیدنی که توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2008) ارائه شده است مقایسه گردید که بر این اساس غلظت یون های موجود در اکثر نمونه های انتخابی در حد مطلوب بوده و برای مصارف شرب مناسب می باشد. فقط در نمونه های حاشیه دریاچه و در شوره زارها غلظت برخی از یونها و پارامترها از حداکثر مقدار مجاز تعیین شده توسط استانداردها تجاوز می نماید. همچنین در این مطالعه از دیاگرام شولر (Scholler, 1977) نیز برای تعیین کیفیت آب برای مصارف شرب استفاده گردید که نتایج حاصله مناسب بودن اکثر نمونه ها برای مصارف شرب را تایید می نماید بررسی مقادیر کل مواد جامد محلول (TDS) و سختی کل (TH) نشان می دهد که مقدار کل مواد جامد محلول بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلیگرم بر لیتر متغیر بوده و ۷۹ درصد از نمونه ها در کلاس آبهای شیرین و تازه ( $TDS < 1000$ ) و ۱۱ درصد باقی مانده در کلاس آبهای کمی شور قرار می گیرد و همچنین مقدار سختی کل نمونه ها ۱۵۰ تا ۱۱۴۰ میلی گرم بر لیتر بوده و مقدار متوسط آن ۳۲۶ میلی گرم بر لیتر می باشد و براساس کلاسه بندی آنها بر مبنای سختی کل ۴۳ درصد از نمونه ها در کلاس آبهای سخت و ۴۷ درصد باقی مانده در کلاس آبهای خیلی سخت قرار می گیرد.

#### ۴-۲- کیفیت آب برای مصارف کشاورزی

به منظور ارزیابی کیفیت آب کشاورزی از پارامترها و شاخص های خطر شوری و قلیائیت، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم، کربنات کلسیم باقی مانده، شاخص نفوذپذیری، نسبت منیزیم و خطر منیزیم استفاده شد. نسبت جذب سدیم از پارامترهای مهم تعیین خطر قلیائیت و کیفیت آب برای مصارف کشاورزی محسوب می شود. مقدار SAR را می توان از طریق رابطه ای زیر محاسبه کرد (Kumar, 2009).

$$SAR = Na/[2(Ca + Mg)]^{1/2}$$

<sup>1</sup>Sodium adsorption ratio

که در این رابطه غلظت یونها بر اساس meq/L می باشد. ویلکوکس (Wilcox, 1955) بر اساس دو پارامتر EC, SAR دیاگرامی برای تعیین کیفیت آب کشاورزی ارائه نموده (شکل ۴) که با توجه به موقعیت نمونه آبهای منطقه بر روی این دیاگرام ۸۰ درصد از نمونه ها در کلاس  $C_2S_1$ ، ۱۵ درصد در کلاس  $C_3S_1$  و ۵ درصد باقی مانده در کلاس  $C_4S_1$  قرار می گیرند که بیانگر خطر شوری متوسط و خطر قلیائیت کم می باشد و این آبها برای مصارف کشاورزی مناسب می باشند. کربنات کلسیم باقی مانده<sup>۱</sup> به منظور تعیین خطراتی که غلظت یون کربنات و بیکربنات بر روی کیفیت آب کشاورزی دارد محاسبه می شود. مقدار آن از رابطه غلظت یونها بر حسب meq/L می باشد (Sastri, 1994 ; Subramani et al 2005).

$$RSC = (HCO_3 + CO_3) - (Ca + Mg)$$

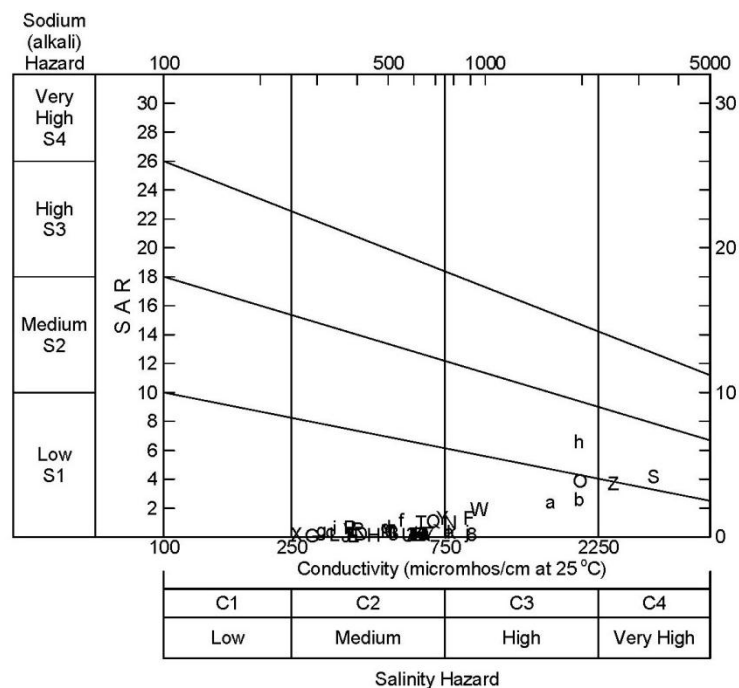
محاسبه مقادیر RSC نمونه آبهای زیر زمینی منطقه مورد مطالعه نشان داد که مقدار این پارامتر بین ۲/۳۰ تا ۱۸/۸۰- تغییر می کند که نشان دهنده کیفیت خوب این آبها برای مصارف کشاورزی است. نفوذپذیری در اثر استفاده طولانی مدت آب آبیاری و بر اثر یون های  $Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-$  تغییر میابد که برای ارزیابی این تاثیر شاخص نفوذپذیری<sup>۲</sup> پارامتر مناسبی است که این شاخص از طریق رابطه زیر محاسبه می گردد (Subramani et al., 2005)

$$PI = 100[Na + (HCO_3)^{1/2}]/(Ca + Mg + Na)$$

محاسبه شاخص نفوذپذیری نمونه آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که این شاخص بین ۷۴/۵۷ تا ۳۰/۷۹ درصد تغییر می نماید که براساس طبقه بندی آبها براساس PI، همه نمونه ها در کلاس ۲ قرار می گیرند که نشان از کیفیت مناسب این آبها برای مصارف کشاورزی دارد.

<sup>۱</sup>Residual sodium carbonate

<sup>۲</sup>Permeability index



شکل ۴: موقعیت نمونه آب های زیرزمینی محدوده مورد مطالعه بر روی دیاگرام امپلیکوس

#### ۴-۳- کیفیت آب برای مصارف صنعتی

به منظور تعیین کیفیت آبها جهت مصارف صنعتی ضریب لائزلیه ( $I_s$ ) نمونه آبها بر اساس رابطه  $I_s = PH_m - PH_s$  محاسبه شد که در این رابطه  $PH_m$ ،  $PH_s$  واقعی آب و  $PH$  مقدار  $PH$  در حالت اشباع از کربنات کلسیم می باشد (آقازاده ۱۳۸۶). در این رابطه چنانکه  $I_s > 0$  باشد آب تمایل به پوسته گذاری دارد و اگر  $I_s < 0$  باشد آب خورنده بوده و اگر  $I_s = 0$  باشد آب حالت خنثی دارد. محاسبه مقادیر  $I_s$  نشان داد که اکثر نمونه آبهای موجود در منطقه عمدتاً خاصیت پوسته گذار دارند.

#### ۵- نتیجه گیری

تفسیر هیدروژئوشیمیایی نتایج حاصل از آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نشان دهنده این است که آبهای این منطقه عمدتاً جزو آبهای شیرین، سخت تا خیلی سخت بوده و عمدتاً دارای تیپ بی کربناته کلسیک و منیزیک می باشند. بالا بودن غلظت قلیایی خاکی و آنیون اسیدهای ضعیف در ترکیب آبهای زیرزمینی منطقه به دلیل تاثیر لیتولوژی سنگهای دربرگیرنده بوده به طوری که نتایج حاصل از محاسبه شاخص اشباعیت نشان می دهد که این آبها نسبت به کانی های کربناته کلسیت، دولومیت و آراگونیت فوق اشباع و نسبت به کانی های سولفات انیدریت و ژپس تحت اشباع می باشد همچنین وجود برخی سازندهای زمین شناسی با لیتولوژی مارن و شیل با میان لایه های از ژپس و نمک باعث شوری و باعث افزایش غلظت یون های سدیم و کلر گردیده است. بررسی کیفیت آب جهت مصارف شرب از طریق مقایسه غلظت یون ها با استاندارد های موجود نشان می دهد که غلظت یون ها از حداکثر مجاز تعیین شده توسط استاندارد های جهانی آب آشامیدنی تجاوز نمی نماید. و فقط در نمونه آبهای مربوط به شمال و حاشیه دریاچه ارومیه به دلیل نفوذ آب شور و پهنه های نمکی غلظت برخی یونها بیش از حد مجاز می باشد لذا اکثر این نمونه ها برای مصارف شرب مناسب می باشد. همچنین بررسی کیفیت آبهای منطقه برای مصارف کشاورزی از طریق بررسی خطر شوری و



قلیایت، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم، دیاگرام ویلکوس، کربنات سدیم باقی مانده و شاخص نفوذپذیری نشان می دهد که کیفیت این آبها برای مصارف کشاورزی مناسب می باشد.

## ۶- منابع

آقازاده، ن.، اصغری مقدم، ا. و کیمیایی، ا.، ۱۳۸۷، ارزیابی هیدروژئوشیمیایی آب های زیرزمینی منطقه سلماس و تعیین کیفیت آنها برای مصارف مختلف، مجله علمی-پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان.  
آقازاده، ن. ۱۳۸۶ بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی آبخوان دشت اشنویه. طرح پژوهشی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه.  
علی اکبر خداینده. ۱۳۸۳. نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ نقه، سازمان زمین شناسی کشور.  
نقی زاده، ر. ۱۳۸۴. نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ اشنویه، سازمان زمین شناسی کشور.  
سازمان آب منطقه ای استان آذربایجان غربی. ۱۳۸۸. گزارش ارزیابی منابع آبهای زیرزمینی منطقه اشنویه و نقه.

- Aghazade, N., and Mogaddam, A.A., (2010). Investigation of Hydrochemical Characteristics of ground water in the Harzandat aquifer. *Environ Monit Assess*. Do I 10.1007/S 10661-010-1575-4.
- Hounslow, A.W., (1995). *Water Quality Data: Analysis and interpretation*, CRC Press LLC, Lewis publishers, Chapter 2,4. 397p.
- Jalali, M., (2006). Chemical characteristics of groundwater in parts of mountainous region, Alvand, Hamadan, Iran. *Environ. Geol.*, 51:433-446.
- Kumar, S. K., Rammoham, V., Sahayan, J.D., and Jeevandane, M., (2009). Assessment of ground water quality and hydrogeochemistry of Manimuktha River basin, Tamil Nadu, India, *Environ Monit Assess*, 1599, 341-351.
- Piper, A.M., (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses, *Trans., Am. Geophysic. Union* 25, 914-923.
- Sastri, J.C.V., (1994). Groundwater chemical quality in river basins, hydrogeochemical facies and hydrogeochemical modeling, Lecture notes-refresher course conducted by school of Earth Sciences, Bharathidasan University, Thiruchirapalli, Tamil Nadu, India.
- Scholler, H., (1977). Geochemistry of groundwater, Ch. 15, pp 1-18 In: *Groundwater studies-An International guide for research and practice*, UNESCO, Paris.
- Soltan ME (1999) Evaluation of groundwater quality in Dakhla Oasis (Egyptian Western Desert). *Environ Monit Assess* 57:157-168
- Subramani, T., Elango, L., Damodarasamy, S.R., (2005). Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India, *Environmental Geology* 47, 1099-1110.
- Wilcox, L.V., (1955). *Classification and use of irrigation water*, USDA, Circular 969, Washington, DC. USA.
- WHO, (2008) *Guidelines for drinking water quality, vol 1 recommendations, 3rd edn*. WHO, Geneva