



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی آب‌های بطری شده در ایران با استفاده از مختصات یابی و نسبت‌های یونی

مریم حیدری، رامین نبی زاده نوده‌ی\*، محمود علی محمدی، کامیار یغمائیان

گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: مصرف آب بطری شده در سال‌های اخیر به دلایل متعدد، به سرعت در حال افزایش است. هدف اصلی این پژوهش بررسی منشأ زمین شناسی آب‌های بطری شده ایران و تعیین تطابق یا عدم تطابق آنها با داده‌های آزمایشگاهی حاصل نمونه‌برداری از ۷۱ برند آب آشامیدنی بطری شده و معدنی است.

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۰  
تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۳/۰۳  
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۰۷  
تاریخ انتشار: ۹۶/۰۳/۳۱

روش بررسی: در این پژوهش با استفاده از مختصات یابی نقاط برداشت آب‌ها اقدام به ژئورف نمودن نقاط بر روی نقشه‌های "زمین شناسی ایران" و "آب‌های گرم و معدنی ایران" و بررسی تطابق داده‌های آزمایشگاهی و تیپ آب‌ها با داده‌های زمین‌شناسی نموده و با نسبت‌های یونی مهم آب استخراج شده از نرم افزار awh مقایسه نمودیم.

واژگان کلیدی: خصوصیات ژئوشیمیایی، آب بطری شده، نسبت‌های یونی

یافته‌ها: در بررسی این ۷۱ برند آب بطری شده ۲۸ درصد (۲۰ برند) عدم تطابق وجود داشت که در ۴۰ درصد موارد میزان بی‌کربنات آزمایشگاهی بیش از مقدار زمین شناسی بود. همچنین ۷۰ درصد تیپ آب‌ها از نوع بی‌کربنات کلسیک بودند. در برندهای محدوده البرز شمالی با زمان نهشته‌های ساحلی اطراف دریای خزر، منشأ شورابه/آب دریا وجود داشته که این میزان حدوداً ۵۵ درصد بوده است.

نتیجه‌گیری: عبور آب از سازندهای مختلف زمین شناسی و وقوع پدیده انحلال می‌تواند بعنوان عامل مهمی در عدم تطابق مطرح باشد. این موضوع با توجه به غیرمجاز بودن تصفیه شیمیایی خاص بر روی آب‌های معدنی و عدم اجازه افزودنی‌ها نیاز به مطالعات بیشتری دارد تا دلیل و منشأ آن از کارخانه و با نمونه‌برداری از منبع مورد بررسی قرار گیرد.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:  
mabizadeh@tums.ac.ir

## مقدمه

حیات انسان در گرو وجود آب سالم بوده و تلاش در راه تامین آب سالم مبارزه‌ای عظیم و مقدس است (۱). تاثیر حیات بخش آب سبب شده است تا استفاده بهینه از آب در مصارف مختلف شرب، بهداشت، کشاورزی و ... صورت گیرد و دغدغه بسیاری از سیاستگذاران و مجریان بخش آب کشور باشد (۲). از سوی دیگر کشور ایران نیز با شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک با مشکل کمبود شدید آب روبرو است و میزان آب‌های تجدیدپذیر در ایران کمتر از ۲۰۰۰ مترمکعب در سال به ازای هر نفر است که با توجه به میزان رشد فعلی جمعیت، پیش بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵ به کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب در سال برسد (۳). در چنین شرایطی بایستی به ناچار بدنبال منابع آب جایگزین و غیر متعارف به منظور تامین نیاز آبی کشور باشیم (۴)؛ اما مسلماً آهنگ مصرف این آب‌ها در آینده بسیار تندتر از وضعیت فعلی خواهد بود و افراد ترجیح می‌دهند که از آب بطری شده در شرایط اضطراری و در مواردی که دسترسی به آب سالم ممکن نیست و یا در مواقعی که طعم، مزه و بوی آن مناسب نباشد استفاده کنند (۵). آب بطری شده آبی است که بصورت بسته بندی شده و تجاری برای مصرف انسان در دسترس بوده و ممکن است حاوی آب معدنی طبیعی، آب چشمه و یا حتی آب آشامیدنی (آب تصفیه شده) باشد (۶، ۷). در مطالعه Naseem و همکاران، از ۳۳ نمونه آب زیرزمینی برای آنالیز پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و آب آبیاری استفاده شد. پارامترهای تخمین زده شده  $(Mg/Ca, Ca/SO_4, K/Na)$  در برابر  $(Na/Ca)$  و  $(Ca+Mg-HCO_3)$  بودند. مشخص گردید که آب زیرزمینی متأثر از تبادل یون بین سدیم و پتاسیم آب با کلسیم و منیزیم خاک در طول جریان است و شاخص نسبت جذب سدیم و کربنات سدیم باقیمانده با کیفیت خوب گزارش شد؛ در حالی که نسبت جذب منیزیم و درصد سدیم در برابر EC بیان کننده نسبتاً مناسب بودن آب برای اهداف آبیاری بوده است (۸). در مطالعه هیدروژئوشیمی زیست محیطی آب‌های زیرزمینی دشت راور استان کرمان، فرایندهایی چون انحلال کانی‌های تبخیری (در پهنه‌های گلی)، تبادل یونی معمولی و

معکوس (به علت حضور کانی‌های رسی در پهنه‌های گلی) را احتمالاً مهمترین فرایند هیدروشیمیایی کنترل کننده کیفیت آب زیرزمینی در دشت راور میدانستند (۹). در مطالعات شناخت منابع آب تاقدیس آسماری، چشمه گرو بعنوان مهمترین محل تخلیه آبخوان کارستی آسماری دارای آب نوع کلوروره سدیک بوده و آبخوان کارستی مذکور از نوع محبوس (تحت فشار) بوده است (۱۰). در مطالعات آبخوان‌های بازالتی و کارستی منطقه ماکو، مطالعات سنگ شناختی وجود شرایط تشکیل کانی فلوتور و آپاتیت در بازالت‌های منطقه و منشا فلوتور و آپاتیتی، غلظت بالای فلوتور را در ۷۲ نمونه آب حاصل از چشمه و چاه‌های منطقه نشان داد (۱۱).

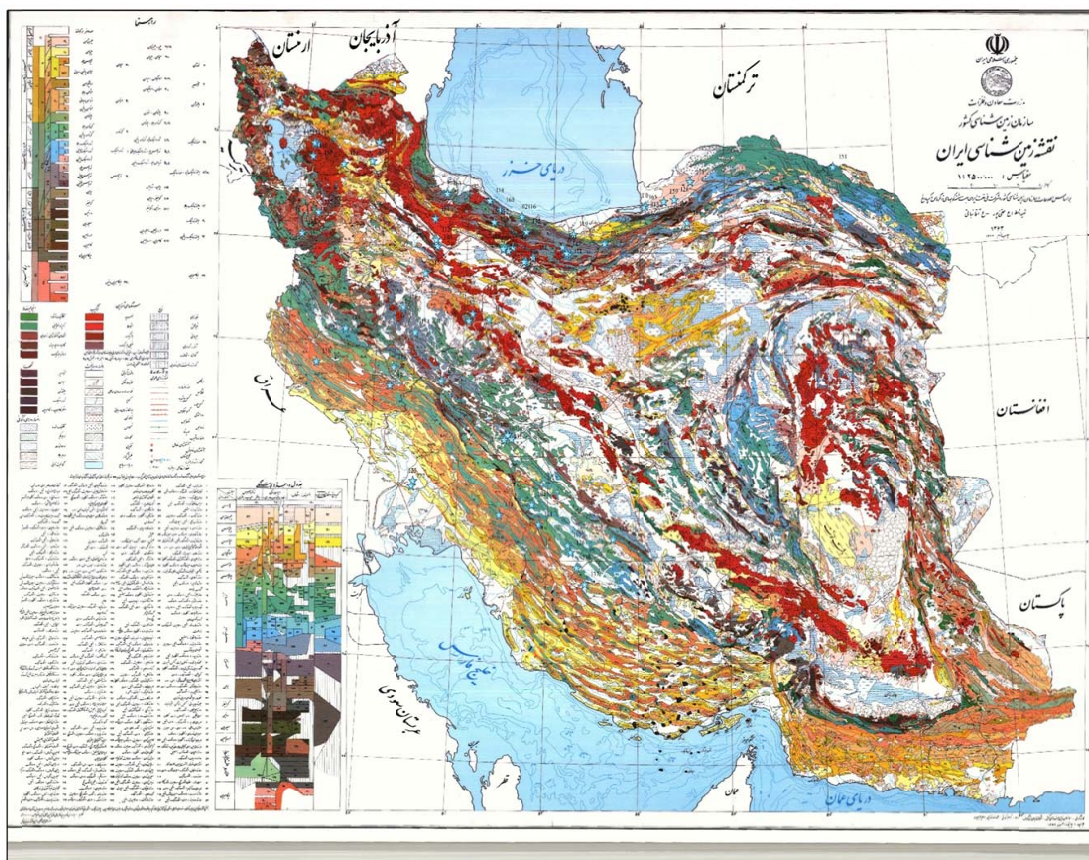
تاکنون مطالعه‌ای بر روی منابع آب بطری شده و شناخت منشاء زمین شناسی آنها و بررسی انطباق داده‌های زمین شناسی منطقه با داده‌های حاصل از نمونه برداری آن برنند صورت نگرفته است. شناخت منشاء زمین شناسی آب‌ها و تدوین تطابق آنها با داده‌های آزمایشگاهی امری ضروری بنظر می‌رسد و بررسی این انطباق به جهت مشخص شدن منشاء آب از نقطه برداشت آن که بر روی برجسب عنوان شده و اینکه آیا این آب از همان منبع است یا از نقطه دیگری برداشت شده لازم است که این مطالعه تا حد تعیین تطابق یا عدم تطابق صورت گرفت و می‌توان علل آنرا در مطالعات آینده جستجو نمود. هدف از این مطالعه نوین، آنالیز نسبت‌های یونی مهم در آب‌های بطری شده و اقدام به تعیین سازند و جنس زمین شناسی منطقه از طریق نقشه است.

## مواد و روش‌ها

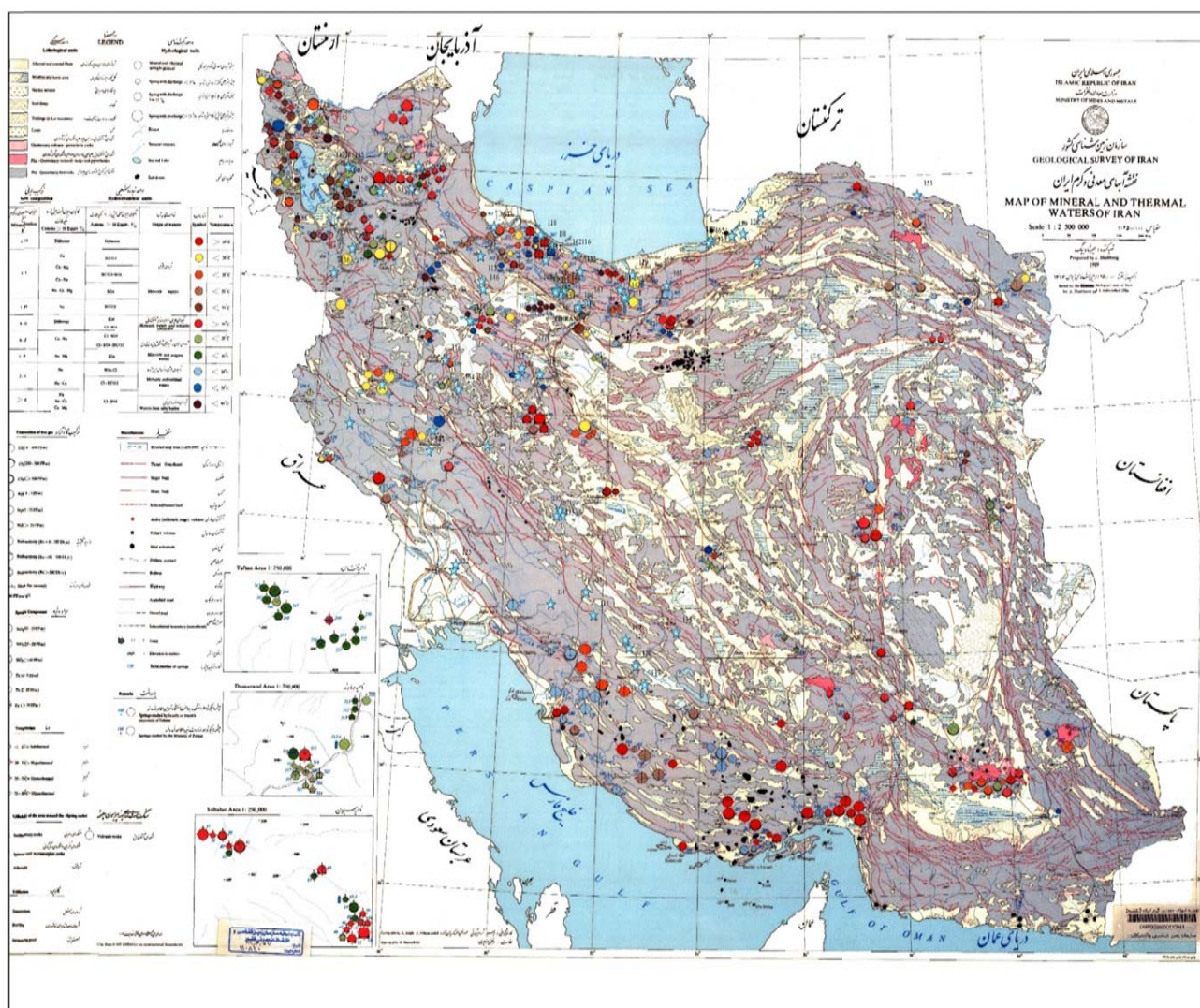
در این پژوهش که نوعی مطالعه توصیفی-مقطعی است از داده‌های آزمایشگاهی حاصل مطالعه Latifi و همکاران (۱۲) بر روی ۷۱ برند آب معدنی و آشامیدنی بطری شده استفاده نمودیم. از این داده‌ها بمنظور وارد نمودن به نرم افزار awh (برنامه هانسلو) نیز استفاده شد. خروجی نرم افزار شامل نسبت‌های یونی بود که با استفاده از این نسبت‌ها توانستیم به منشاء کانی شناسی این زمین‌ها پی ببریم. ما بر آن بودیم تا با

در ۱۰ کیلومتری شمال خاوری روستای قلعه دره مطالعه شده است. در محل برش الگو، سازند گرو با ۸۲۵ m ضخامت به ۵ عضو تقسیم شده، ولی در یک نگاه کلی، سازند گرو از تناوب آهک‌های بسیار رسی سیاه رادیول‌دار با شیل‌های سیاه رنگ بیتومین‌دار پیریتی و چرتی آمونیت و بلمنیت‌دار تشکیل شده است. در هر حال، در لرستان مرکزی این سازند بیشتر شیلی است. ولی در فروافتادگی دزفول سنگ آهک بیشتر است (۱۵). از آنجا که می‌دانیم جنس‌های مختلف سنگ‌ها هر یک دارای چه آیون و کاتیون غالبی در خود است (۱۶-۱۳)، با آیون و کاتیون‌های غالب بر روی راهنمای نقشه آب‌های گرم و معدنی ایران وجود دارد، می‌توان مقایسه نمود. اشکال ۱ و ۲ نشان‌دهنده نقشه‌هایی است که مختصات این ۷۱ برند بر آنها ژئورف شده است.

وارد نمودن داده‌های موجود به این نرم افزار بتوانیم به منشأ زمین شناسی این آب‌ها پی ببریم؛ اما بدلیل نداشتن مقادیر سیلیس و کربنات این امر میسر نشد. از سوی دیگر، از طریق یافتن آدرس کارخانه‌ها (۱۳، ۱۴) و مختصات یابی منشأ برداشت آب در این کارخانه‌ها که شامل ۷۱ مکان است، و انتقال مختصات طول و عرض جغرافیایی از روی فایل اکسل بر نرم افزار ARC GIS و ژئورف نمودن نقاط بر روی نقشه توانستیم نقاط برداشت آب را بر نقشه‌های "زمین‌شناسی" و "آب‌های گرم و معدنی ایران" انتقال دهیم. در نقشه زمین شناسی اقدام به دریافت اطلاعاتی همچون زمان زمین‌شناسی نمودیم که با تطابق دادن این اطلاعات با زمین شناسی ایران توانستیم سازند و جنس سنگ منشأ این زمین‌ها را استخراج نماییم. بعنوان مثال در رابطه با سازند گرو می‌توان گفت این سازند از تنگ گرو در کبیرکوه لرستان گرفته شده و برش الگوی آن



شکل ۱- نقشه زمین شناسی ایران حاوی ۷۱ برند ژئورف شده در آن



شکل ۲- نقشه آب‌های معدنی و گرم ایران حاوی ۷۱ برند ژئورف شده در آن

### یافته‌ها

همانطور که در نقشه زمین شناسی (شکل ۱) قابل مشاهده است، اکثر منشأ آب برندهای نمونه برداری شده بر روی رشته کوه‌های البرز و زاگرس واقع شده‌اند. این مناطق کوهستانی اکثراً آهکی با آبدهی بالا و پرچشمه با مناطق پرباران هستند که

تغذیه آب زیرزمینی نیز در آنجا بالا است. همانطور که بیان شد از طریق نرم افزار awh به ضرایب یونی مهمی دست یافتیم. ضرایب بدست آمده از این نرم افزار با استفاده از دسته بندی ضرایب یونی موجود در منابع (۹، ۱۷) در جدول او ۲ آمده است.

جدول ۱- تعیین منشاء سنگ با ضرایب یونی براساس کانی‌ها

نسبت‌های یونی	مقدار	درصد نمونه‌ها با مقادیر در محدوده مشابه	منشا سنگ
$\frac{Na + K - Cl}{Na + K - Cl + Ca}$	< ۲	۱۰۰	عدم وجود کانی پلاژیوکلاز
$\frac{Na}{Na + Cl}$	< ۰/۵, TDS < ۵۰۰	۲/۸۱	خطای آنالیز
	< ۰/۵, TDS > ۵۰۰	۲/۸۱	تبادل یونی معکوس
$\frac{Mg}{Mg + Ca}$	> ۰/۵	۹۴/۳۸	منشا غیرهالیتی سدیم- منشا از کانی آلپیت
	> ۰/۵	۱/۴	منشا از کانی‌های فرومنیزین
$\frac{Mg}{Mg + Ca}$	= ۰/۵	۱/۴	انحلال ژپیس
	< ۰/۵	۹۷/۲	هوازگی سنگ دولومیت-سنگ آهک
$\frac{Ca}{Ca + SO_4}$	< ۰/۵	۴/۲۲	حذف کلسیم- تبادل یونی / رسوب کلسیم
$\frac{Ca + Mg}{SO_4}$	> ۰/۸ ، < ۱/۲	۱/۴	دولومیتی شدن
$\frac{Cl}{SUM ANIONS}$	< ۰/۸	۱۰۰	هوازگی سنگ
$\frac{HCO_3}{SUM ANIONS}$	> ۰/۸	۳۲/۳۹	هوازگی سیلیکات/کربنات
	< ۰/۸, sulfate high	۱۲/۶۷	انحلال ژپیس/سولفات بالا
	< ۰/۸, sulfate low	۵۴/۹۴	شورابه/آب دریا/سولفات پایین

داده‌های آزمایشگاهی حاصل نمونه برداری از ۷۱ برند در بررسی Latifi و همکاران موجود است (۱۲).

جدول ۲- نتیجه نهایی از سنگ منشاء نقاط برداشت آب‌های نمونه برداری شده و بررسی انطباق آنها با داده‌های آزمایشگاه

برند	دوره زمین شناسی	سازند	ماده	اختصار	آنیون‌های غالب	کاتیون‌های غالب	بررسی انطباق	توضیحات	نوع آب
۱	تریاس بالا- ژوراسیک پایین	شمشک	نهشته‌های شیل و ماسه سنگ زغالدار به همراه بازالت	Ss with Coal/Sh/Bazalt	HCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	K-Ca-Na	✓		Ca-HCO <sub>3</sub>
۲	میوسن	نهشته‌های میوسن	مارن ماسه سنگ و کنگلومرا و گاهی سنگ آهک و گدازه‌های آتشفشانی	Marn/Ss/Cgl/Ls/VR	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Na-Ca-K	✓		Na-HCO <sub>3</sub>
۳	پلیوسن	هزاردره	کنگلومرا، ماسه سنگ	Cgl/Ss	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Na-Ca	×	عدم تطابق بیکرینات	Ca-HCO <sub>3</sub>
۴	کرتاسه پایین	فهلپان	سنگ آهک	Ls	HCO <sub>3</sub>	Ca-Na	✓		Ca-HCO <sub>3</sub>
۵	تریاس بالا- ژوراسیک پایین نامیانی	شمشک	ماسه، سیلت، شیل و کمی زغالدار	Ss/Sh with Coal	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -HCO <sub>3</sub>	Na-Ca	✓		Ca-HCO <sub>3</sub>
۶	پلیستوسن	نهشته‌های ساحلی	ماسه، لای، رس، سیلت	Ss/Slst	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -HCO <sub>3</sub> ↓	Na-Ca	×	عدم تطابق بیکرینات	Ca-HCO <sub>3</sub>
۷	کرتاسه بالا	ایلام	سنگ آهک، شیل	Ls/Sh	HCO <sub>3</sub>	Ca-Na	✓		Ca-HCO <sub>3</sub>
۸	پلیستوسن	آبرفت‌های تهران	ماسه و ماسه سنگ کنگلومرا	Ss/Cgl	SiO <sub>2</sub> -HCO <sub>3</sub>	Ca-Na-K	✓		Na-HCO <sub>3</sub>
۹	کوآترنری	آبرفت‌های عهد حاضر	ماسه و شن و کنگلومرا	Ss/Cgl	SiO <sub>2</sub> -HCO <sub>3</sub>	Ca-Na	✓		Ca-HCO <sub>3</sub>
۱۰	ائوسن	کرج	توفیت‌های کرج (سنگ) آتشفشانی به همراه آبرفت‌های تهران	Tuff with Alluvial Tehran	HCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub>	Ca-Na	✓		Ca-SO <sub>4</sub>
۱۱	ژوراسیک بالا	لار	سنگ آهک	Ls	HCO <sub>3</sub>	Ca-Na	✓		Mg-HCO <sub>3</sub>
۱۲	پالئوسن	نهشته	مارن، ماسه سنگ و سنگ آهک	Marn/Ls/Ss	HCO <sub>3</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca-Na-K	×	عدم تطابق بیکرینات و سولفات	Na-SO <sub>4</sub>
۱۳	کوآترنری	آبرفت‌های عهد حاضر	لای، ماسه، شن	mrb/Ss	SiO <sub>2</sub> -HCO <sub>3</sub> ↓	Ca-Na	✓		Ca-Cl
۱۴	ائوسن	شهبازان	سنگ آهک، دولومیت	Ls/Dol	HCO <sub>3</sub> -MgO-CaO-CO <sub>2</sub>	Na-K-Ca	✓		Ca-HCO <sub>3</sub>
۱۵	پلیستوسن	نهشته‌های ساحلی	ماسه، لای، رس، سیلت	Ss/Slst/Mdst	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -HCO <sub>3</sub> ↓	Na-Ca-Al	×	عدم تطابق بیکرینات	Ca-HCO <sub>3</sub>
۱۶	کرتاسه بالا	کمپانین - جاجرم	سنگ آهک و مارن	Marn/Ls	HCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca-Na-K	✓		Ca-HCO <sub>3</sub>
۱۷	میوسن	سازند سرخ فوقانی	مارن، ماسه سنگ و سیلت سنگ	Marn/Ss/Slst	HCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca-Na-K	✓		Na-HCO <sub>3</sub>

ادامه جدول ۲- نتیجه نهایی از سنگ منشاء نقاط برداشت آب‌های نمونه برداری شده و بررسی انطباق آنها با داده‌های آزمایشگاه

Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na-K	SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - HCO <sub>3</sub>	Ss/Slst/Sh	ماسه سنگ، سیلت	شمشک	تریاس بالا-	۱۸
						سنگ و شیل		ژوراسیک پایین	
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na-K	SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - HCO <sub>3</sub>	Cgl/Ss	کنگلوما، ماسه سنگ	هزار دره	پلیوسن	۱۹
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق آلومینیوم	×	Ca-Na-	HCO <sub>3</sub>	Ls	سنگ آهکی	نهشته‌های پرمین	پرمین	۲۰
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Na-K	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ss/Cgl/Vol	ماسه سنگ، کنگلوما و گدازه‌های آتشفشانی	نهشته‌های میوسن	میوسن- پلیوسن	۲۱
Na-HCO <sub>3</sub>		✓	Na-Ca	SiO <sub>2</sub> -HCO <sub>3</sub>	Ss	ماسه و شن	کواترنری	آبرفت‌های عهد حاضر	۲۲
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق آلومینیوم	×	Ca	CO <sub>3</sub> ,HCO <sub>3</sub>	Ls with radiolarit	کربناته (سنگ آهک و رادیولاریت)	نهشته‌های ژوراسیک	ژوراسیک بالا- کرتاسه پایین	۲۳
Na-HCO <sub>3</sub>		✓	Na-Ca	SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	tuff/Sh	توفیت (سنگ آتشفشانی)، شیل	کرج	ائوسن	۲۴
Na-Cl		✓	Ca-Na	SiO <sub>2</sub> - HCO <sub>3</sub> ↓	Ss	ماسه و شن	آبرفت‌های عهد حاضر	کواترنری	۲۵
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق آلومینیوم	×	Ca-Na	HCO <sub>3</sub>	Ls	سنگ آهک	گروه بنگستان (فهلپان، داریان)	کرتاسه	۲۶
Ca-Cl		✓	Ca-Na	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cgl/Ss/Mdst	کنگلوما، ماسه و رس	آبرفت‌های تهران	پلیستوسن	۲۷
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cgl/Ss/Mdst	کنگلوما و ماسه و رس	کاسپین	پلیستوسن	۲۸
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ss/Cgl	ماسه و کنگلوما	آبرفت‌های تهران	پلیستوسن	۲۹
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق آلومینیوم	×	Ca-Na-	HCO <sub>3</sub> - SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ls/Sh	سنگ آهک و کمی شیل	تارپور	کرتاسه بالا- پالئوسن پایین	۳۰
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق آلومینیوم	×	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cgl with Ls/Marn	کنگلوما بهمهراه آهک و مارن	فجن و زیارت	پالئوسن	۳۱
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> - SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ls/Marn	سنگ آهک، مارن	مبارک	کربونifer	۳۲
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> - SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ss/Slst/Sh	ماسه، سیلت، شیل	شمشک	تریاس بالا- ژوراسیک میانی	۳۳
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق آلومینیوم	×	Na	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Ls /V deposit	آهک بهمهراه نهشته‌های آتشفشانی	آسماری	الیگو- میوسن	۳۴
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق بیکربنات	×	Na-Ca-Al	SiO <sub>2</sub> - HCO <sub>3</sub> ↓- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ss/Slst/Mdst	ماسه، لای، رس، سیلت	نهشته‌های ساحلی	پلیستوسن	۳۵
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Na-K-Fe- Mg	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Gabro/Grn	گابرو/گرانیت	آناتکسی- میگماتیت، سنگ آذرین(گرانیت یا گابرو)	پرکامبرین پایین	۳۶

ادامه جدول ۲- نتیجه نهایی از سنگ منشاء نقاط برداشت آب‌های نمونه برداری شده و بررسی انطباق آنها با داده‌های آزمایشگاه

Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق	×	Ca-Na-K-Mg	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -MgO-CaO-CO <sub>2</sub>	Ls/Dol	سنگ آهک، دولومیت	پایده	انوسن	۳۷
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na-K	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Marn/Ss/Cgl/Ls/Sh	مارن، ماسه، سنگ، کنگلومرا، سنگ آهک و کمی شیل	نهشته‌های میوسن	میوسن	۳۸
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق آلومینیوم	×	Na-Ca-K	SiO <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -HCO <sub>3</sub>	Ss/Cgl/Vol	ماسه سنگ، کنگلومرا و گدازه‌های آتشفشانی	نهشته‌های میوسن	میوسن- پلیوسن	۳۹
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na-K	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Marn/Ss/Cgl/Ls	مارن، ماسه، کنگلومرا، آهک	نهشته‌های میوسن	میوسن	۴۰
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق آلومینیوم	×	Ca-Na-K	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub> -HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Marn/Ss/Cgl/Ls	مارن، ماسه سنگ، کنگلومرا، سنگ آهک	نهشته‌های میوسن	میوسن	۴۱
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Na-Ca	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Ls/Sh/V deposite	آهک، شیل، نهشته‌های آتشفشانی	نهشته‌های ژوراسیک	ژوراسیک	۴۲
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sh/Ls	شیل و آهک	گرو	کرتاسه	۴۳
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Na	CaCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	VR/Sh	سنگ آتشفشانی، شیل	توفیت‌های کرج	انوسن	۴۴
Na-Cl		✓	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sh/Mdst	رس، مارن، شیل	نهشته‌های میوسن	میوسن	۴۵
Na-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub>	Sh/Ls	شیل و سنگ آهک	سلطانیه- دولومیت چپقلو	پرکامبرین بالا	۴۶
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na-K	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Marn/Ss/Cgl/Ls	مارن، ماسه سنگ و کنگلومرا و سنگ آهک	نهشته‌های میوسن	میوسن	۴۷
Na-Cl		✓	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Marn/Ss/Ls/Cgl/Vol	مارن، ماسه و آهک و کنگلومرا به‌مراه گدازه‌های آتشفشانی	نهشته‌های میوسن	میوسن	۴۸
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Marn/Ls/Ss/Cgl	مارن، آهک، ماسه و کنگلومرا	نهشته‌های میوسن	میوسن	۴۹
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Marn/Ls/Ss/Cgl	مارن، آهک، ماسه و کنگلومرا	نهشته‌های میوسن	میوسن	۵۰
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -HCO <sub>3</sub>	Ls/Sh marn	سنگ آهک و شیل مارنی	تیرگان	کرتاسه پایین	۵۱
Na-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SiO <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub>	Ss/Cgl	ماسه و کنگلومرا	کرج- توفیت‌های سبز (سنگ آتشفشانی) و هزار دره	انوسن تا میوسن	۵۲
Ca-HCO <sub>3</sub>		✓	Ca-Na	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -HCO <sub>3</sub>	Sh/mLs	شیل و آهک رسی	نهشته	کرتاسه	۵۳

ادامه جدول ۲- نتیجه نهایی از سنگ منشاء نقاط برداشت آب‌های نمونه برداری شده و بررسی انطباق آنها با داده‌های آزمایشگاه

Na-HCO <sub>3</sub>	✓	Ca-Na	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -HCO <sub>3</sub>	Dol/Sh/Ls	دولومیت، شیل و آهکی تا مقداری	خانه کت	تریاس	۵۴
Na-Cl	عدم تطابق بیکربنات ×	Ca-Na	HCO <sub>3</sub>	Ls	سنگ آهک	معادن آهک آسماری	الیگوسن- میوسن	۵۵
Ca-HCO <sub>3</sub>	✓	Na-Ca-K-Mg	HCO <sub>3</sub> -MgO-CaO-CO <sub>2</sub>	Ls/Andt/Dol	سنگ آهک و ایندریت و کمی دولومیت	دشتک	تریاس بالا- ژوراسیک پایین	۵۶
Na-HCO <sub>3</sub>	✓	Na-Ca-K-Mg	HCO <sub>3</sub> -MgO-CaO-CO <sub>2</sub>	Ls/Dol	سنگ آهک و دولومیت	نهشته‌های میوسن	میوسن- پلیوسن	۵۷
Ca-HCO <sub>3</sub>	✓	Na-Ca-K-Mg	HCO <sub>3</sub> -MgO-CaO-CO <sub>2</sub>	Ls/Dol	سنگ آهک و دولومیت	شهبازان	ائوسن	۵۸
Ca-HCO <sub>3</sub>	✓	Na-Ca	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cgl/Ss	کنگلومرا، ماسه، رس	کاسپین	پلیستوسن	۵۹
Ca-HCO <sub>3</sub>	✓	Na-Ca	HCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Marn/Ss/Ls/Cgl/Vol	مارن، ماسه، سنگ آهک	نهشته	پلیو- پلیستوسن	۶۰
Na-HCO <sub>3</sub>	✓	Na-Ca	HCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ls/marn	سنگ آهک و مارن	کرج-توف، شیل و زیارت	ائوسن	۶۱
Ca-HCO <sub>3</sub>	✓	Na-Ca	HCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ls/Mrn	سنگ آهک و مارن	کمپاین - جاجرم	کرتاسه بالا	۶۲
Ca-HCO <sub>3</sub>	✓	Ca-Na-K-Mg	HCO <sub>3</sub> -MgO-CaO-CO <sub>2</sub>	Ls/Dol	سنگ آهک، دولومیت	سازند الیکا	تریاس تا تریاس بالا	۶۳
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق بیکربنات ×	Ca-Na-K	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cgl/Ss	کنگلومرا، ماسه سنگ	کنگلومرا	میوسن- پلیوسن	۶۴
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق بیکربنات ×	Ca-Na	SiO <sub>2</sub> -HCO <sub>3</sub> ↓	Ss	لای، ماسه، شن	آبرفت‌های عهد حاضر	کواترنری	۶۵
Na-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق بیکربنات ×	Ca-Na-K	SiO <sub>2</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cgl/Ss	کنگلومرا، ماسه سنگ	سری‌های قاره‌ای	میوسن تا پلیوسن	۶۶
Ca-HCO <sub>3</sub>	✓	Na	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -HCO <sub>3</sub>	Tuff/Sh	توفیت (سنگ آتشفشانی)، شیل	کرج	ائوسن	۶۷
Ca-HCO <sub>3</sub>	✓	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ls with Sh & Chertt	سنگ آهک بهمهراه شیل و چرت	نهشته	پرمین	۶۸
Ca-HCO <sub>3</sub>	✓	Ca-Na	HCO <sub>3</sub>	Ls	سنگ آهک	گروه بنگستان (فهلایان، داریان)	کرتاسه	۶۹
Na-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق آلومینیوم و بیکربنات ×	Ca-Na	SiO <sub>2</sub> -HCO <sub>3</sub> ↓	Ss	لای، ماسه، شن	آبرفت‌های عهد حاضر	کواترنری	۷۰
Ca-HCO <sub>3</sub>	عدم تطابق آلومینیوم ×	Ca-Na	HCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ls/Cgl	سنگ آهک و کنگلومرا	آغچاگیل	پلیوسن	۷۱

## بحث

پوسته زمین هوازگی اتفاق می‌افتد، خطای آنالیز بسیار ناچیز بوده، ضمن اینکه در حدود ۲ درصد نیز فرایند تبادل یونی معکوس مهمترین فرایند هیدروشیمیایی کنترل کننده کیفیت آب بوده است. در ۹۴ درصد موارد نیز نسبت  $Na/(Na+Cl)$  بیش از ۰/۵ بود که نشان‌دهنده منشاء گرفتن سدیم این آب‌ها از کانی آلبیت است. در برند شماره ۱۷ نیز طبق ضرایب یونی

از ضرایب هانسلو می‌توان نتیجه گرفت در بین برندهایی که در محدوده البرز شمالی با زمان نهشته‌های ساحلی اطراف دریای خزر بودند، منشاء شورابه/آب دریا وجود داشته که این میزان حدودا ۵۵ درصد بوده است. از سوی دیگر در اکثر سنگ‌های

میزان آلومینیوم آزمایشگاهی بیش از مقدار زمین شناسی بوده، در ۴۰ درصد موارد میزان بی‌کربنات آزمایشگاهی بیش از مقدار زمین شناسی، در ۱۰ درصد موارد میزان بی‌کربنات زمین شناسی بیش از آزمایشگاهی، در ۱۰ درصد موارد میزان آلومینیوم زمین شناسی بیش از آزمایشگاهی، در ۵ درصد موارد نیز سولفات آزمایشگاهی بیش از زمین شناسی بوده است. لازم به ذکر است تیپ‌های این آب‌های بطری شده برگرفته از نرم افزار AqQA شامل ۷ دسته هستند (۲۱). بر حسب تعداد می‌توان گفت ۷۰ درصد تیپ آب‌ها از نوع بی‌کربنات کلسیک، ۱۶/۹ درصد از نوع بی‌کربنات سدیک، ۵/۶ درصد از نوع کلروره سدیک، ۲/۸ درصد از نوع کلروره کلسیک و ۱/۴ درصد از نوع بی‌کربنات منیزیک و سولفات کلسیک و سولفات سدیک است. هدف از این مطالعه صرفاً تعیین تطابق/عدم تطابق داده‌های حاصل از آزمایشگاه با یافته‌های زمین شناسی بود که لازمست مطالعه‌ای در آینده در زمینه علل این موضوع با نمونه برداری از منشأ تا مشخص شدن امکان تقلب یا برداشت آب از نقاطی دیگر صورت گیرد. در این مطالعه، ترکیبی از مطالعه نسبت‌های یونی و مطالعه زمین شناسی بر روی این ۷۱ برند آب بطری شده صورت گرفت که نوعی نوآوری در کار محسوب می‌شود.

### تشکر و قدردانی

این پژوهش با پشتیبانی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام شد. لازم است از زحمات جناب آقای دکتر کامران متولی، دکترای تخصصی رشته زمین شناسی و خانم مهندس حدیث پیری عالم، کارشناس ارشد رشته زمین شناسی، تشکر و قدردانی نمایم.

### منابع

1. Alimohammadi M, Askari M, Aminizadeh S, Dehghanifard E, Rezaadeh M. Evaluation of microbial quality of bottled water in Iran. Journal of Environmental Health Engineering. 2014;1(2):137-45 (in Persian).
2. Asl Hashemi A, Hosseini A. Analysis of the quality of bottled mineral water in Iran. 2nd Conference

هانس‌لو، منشاء کلسیم و منیزیم بالای آب ناشی از پدیده دولومیتی شدن بوده؛ که در داده‌های آزمایشگاهی نیز مشهود بوده است. در کل می‌توان گفت زمین‌های آهکی، به دولومیتی شدن بسیار مستعد هستند. در مقایسه با دیگر مطالعات، در یک مطالعه موردی نمونه‌های هیدروژئوشیمیایی آب معدن چغارت که در حالت‌ها و مناطق گوناگون این معدن (آبدی بالا تا کم) این نمونه‌ها برداشت شد، بر پایه نتایج حاصل از پژوهش، قسمت‌های آبدار در محدوده مورد مطالعه از لحاظ کیفی آنیونی دارای کیفیت حالت کلریدی - سولفاتی و از حیث کاتیونی از نوع سدیک - پتاسیک بودند (۱۸). در مطالعه Vali nia و همکاران، سنگ منشأ آب زیرزمینی دشت حسن آباد با استفاده از نسبت‌های یونی، سازندهای تفکیک نشده آسماری - شهبازان بوده و دولومیت‌های شهبازان نقش مهمتری در تغذیه آبخوان ذکر شده ایفا می‌کردند (۱۹). در بررسی مشابهی در بندر هارکورت در جنوب نیجریه، علاوه بر ترکیبات شیمیایی عمده، نسبت‌های یونی  $Mg/Cl, Ca/Cl, Na/Ca, HCO_3/Cl$  و  $Ca/SO_4$  بمنظور ترسیم نفوذ آب شور مورد استفاده قرار گرفت که کلراید آنیون غالب موجود در آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بود (۲۰).

### نتیجه‌گیری

در سنجش تطابق داده‌های آزمایشگاهی با داده‌های زمین شناسی می‌توان گفت در بین این ۷۱ برند آب بطری شده ۲۸ درصد عدم تطابق داده‌های زمین شناسی با داده‌های آزمایشگاهی وجود داشت که بدلیل عدم تطابق میزان بی‌کربنات، سولفات، آلومینیوم در مقایسه مقادیر آزمایشگاهی با تخمین زمین شناسی بوده است. از این ۲۸ درصد می‌توان گفت در ۳۵ درصد موارد

- of Environmental Engineering; 2008; University of Tehran, Tehran (in Persian).
3. Madani Larijani K. Iran's water crisis; Inducers, challenges and counter-measures. ERSA 45th Congress of European Regional Science Association; 2005; Amsterdam, Netherlands.
4. Jahed Khaniki GR, Zarei A, Kamkar A, Fazlzadeh

- davil M, Ghaderpoori M, Zarei A. Bacteriological evaluation of bottled water from domestic brands in Tehran markets, Iran. *World Applied Science Journal*. 2010;8(3):274-75.
5. Jahed Khaniki GR, Mahdavi M, Ghasri A, Saeednia S. Investigation of nitrate concentrations in some bottled water available in Tehran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2008;1(1):45-50 (in Persian).
6. Ferrier C. Bottled water: understanding a social phenomenon. *Ambio*. 2001;30(2):118-19.
7. Krachler M, Shotyk W. Trace and ultratrace metals in bottled waters: Survey of sources worldwide and comparison with refillable metal bottles. *Science of the Total Environment*. 2009;407(3):1089-96.
8. Naseem S, Hamza S, Bashir E. Groundwater geochemistry of Winder agricultural farms, Balochistan, Pakistan and assessment for irrigation water quality. *European Water*. 2010;31:21-32.
9. Abdolahi M, Qishlaqi A, Abasnejad A. Environmental hydrogeochemistry of groundwater resources of the Ravar plain, Northern Kerman province, Iran. *Journal of Environmental Studies*. 2015;41(1):81-95 (in Persian).
10. Naseri HR, Alijani F. Failure to comply geomorphology and hydrogeology of Anticline Karstic Asmari. *Proceedings of the 9th Conference of the Geological Society of Iran*; 2005 Aug 30-31; Tehran, Iran (in Persian).
11. Asghari Moghaddam A, Fijani E. Hydrogeological and hydrochemical studies of basaltic and karstic aquifers in Maku Area in relation to geological formations. *Geosciences*. 2008;17(67):2--13 (in Persian).
12. Latifi N. Providing a comprehensive database of physical, chemical and microbiological parameters of bottled water, with an emphasis on graphical and multivariate analysis [dissertation]. Tehran: Tehran University of Medical Sciences; 2015 (in Persian).
13. Ministry of Industries and Mines. National geoscience data base of Iran. Tehran: Ministry of Industries and Mines; 2016 [cited 2016 Jul 9]. Available from: <http://ngdir.ir/PDefault.asp>.
14. Ministry of Industries and Mines. Iranian bottled water association. Tehran: Ministry of Industries and Mines; 2016 [cited 2016 Jul 19]. Available from: <http://irbwa.com>.
15. Aghanabati SA. Iran's geology. Tehran: Ministry of Industries and Mines; 2004 (in Persian).
16. Ministry of Industry. List of manufacturers of industrial products. Tehran: Ministry of Industry; 2015 (in Persian).
17. Hounslow AW. *Water Quality Data: Analysis and Interpretation*. New York: CRC Press; 1995.
18. Eslamzadeh M, Morshedy AH. Study of Choghart Mine water hydro-geochemistry samples by graphical and statistical methods. *Journal of Land and Resources*. 2011;4(12):1-12 (in Persian).
19. Valinia H, Naseri HR, Nakhaei M, Fotovvat M. Determined source rocks underground water using ionic ratios (Case study: Plain Hassan Abad, Kermanshah). *Proceedings of the 30th Symposium of Geosciences*; 2012 Feb 20-23; Tehran, Iran (in Persian).
20. Nwankwoala H, Udom G. Hydrochemical facies and ionic ratios of groundwater in Port Harcourt, Southern Nigeria. *Research Journal of Chemical Sciences*. 2011;1(3):87-101.
21. U.S. Department of the Interior. *AqQA Software analyses-the spreadsheet for water analyses-version 1.1.1-2015*. USA: U.S. Department of the Interior; 2015.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Survey of geochemical characteristics of bottled waters in Iran using coordinates and ionic ratios

M Heydari, R Nabizadeh Nodehi\*, M Ali Mohammadi, K Yaghmaeian

Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 28 February 2017  
**Revised:** 24 May 2017  
**Accepted:** 28 May 2017  
**Published:** 21 June 2017

**Key words:** Geochemical characteristics, Bottled water, Ionic ratios

### \*Corresponding Author:

[rnabizadeh@tums.ac.ir](mailto:rnabizadeh@tums.ac.ir)

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Bottled water consumption is rapidly increasing in recent years for various reasons. The main aim of this study was to survey the geological origin of Iranian bottled water and determine compliance or lack of compliance with the experimental data obtained through sampling 71 brands of drinking bottled water and mineral water.

**Materials and Methods:** In this study the coordinates of access points as a georef of the chosen points were launched on the "Iran geological map" and "Iran mineral and warm water map." The compliance of laboratory data and water types with the geological data were evaluated and compared with the important ionic ratios of the extracted water through using awh software.

**Results:** In examining 71 brands of the bottled water, 28% of the brands did not agree with the laboratory results, reflected by observing higher levels of bicarbonate in 50% of the bottled waters than those of the geological data.. Additionally, 70% of water types were calcic bicarbonate. In the bottled waters from North Alborz range with coastal Tertiary deposits around the Caspian Sea, there was a source of brine or sea water that was about 55% of this amount.

**Conclusion:** Water pass through different geological structures and the dissolution phenomenon might be an important factor for the observed disagreement. Because chemical treatment and use of additives on mineral waters are not allowed it prompts further studies to determine the cause and origin of this issue through sampling from the factory and water source.