

ارزیابی ویژگی های هیدروژئوشیمی منابع آب زیرزمینی منطقه شمال دشت قزوین

بابک طالبی^۱،*، نوشین سجادی^۲ و ترانه شارمد^۳

۱- گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳- گروه هیدروژئوشیمی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۱

چکیده

در سال های اخیر منابع آب های زیرزمینی به علت کمبود بارش و آب های سطحی به یکی از مهم ترین منابع طبیعی تبدیل شده است. در این مطالعه به بررسی تاثیر زمین شناسی و فعالیت های کشاورزی منطقه بر روی منابع آب زیرزمینی منطقه شمال دشت قزوین پرداخته شده است. در تحقیق حاضر پارامترهای کیفی ۱۷ عدد چاه نمونه برداری شده در سال ۱۳۹۲، مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا به تاثیر زمین شناسی منطقه بر روی نمونه های آب زیرزمینی با استفاده از تعیین تیپ آب و شاخص اشباع (SI) کانی های مختلف پرداخته شد و پس از آن با استفاده از آنالیز رگرسیون خطی تاثیر عوامل انسانی بر منابع آب زیرزمینی شمال دشت قزوین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر آن است که از سمت غرب به شرق در منطقه مورد مطالعه، انحلال کانی ها رو به افزایش است و یون های سدیم، بیکربنات و سولفات یون های غالب منطقه هستند که بیشتر در اثر انحلال هالیت، ژپس و کربنات به آب های زیرزمینی افزوده می شوند. نتایج آنالیز رگرسیون خطی بیانگر آن است که همبستگی بالای نیترات، سولفات، کلر و پتاسیم با کل جامدات محلول (TDS) نشان دهنده تاثیر فعالیت های کشاورزی منطقه بر روی آب زیرزمینی است. فعالیت های کشاورزی در منطقه سبب افزایش غلظت نیترات گردیده و در قسمت های غربی (۳۳۵ ppm) و شرقی (۱۰۳ ppm) میزان نیترات از استاندارد وضع شده سازمان جهانی بهداشت (WHO) در سال ۲۰۱۱ (۵۰ ppm) برای آب شرب بالاتر بود.

واژگان کلیدی: آب زیرزمینی، هیدروژئوشیمی، دشت قزوین، آلودگی آب

*نگارنده پاسخگو: babaketalebi@yahoo.com

مقدمه

در دهه های اخیر آب های زیرزمینی به دلیل افزایش تقاضا، کاهش مقدار نزولات جوی و منابع آب سطحی به یکی از مهم ترین منابع طبیعی تبدیل شده است. یافتن آب زیرزمینی با مقدار زیاد، قابلیت دسترسی و کیفیت مناسب به خصوص برای مصارف آشامیدن و کشاورزی مسئله ای ضروری است. از این رو منطقه دشت قزوین یکی از نواحی مستعد برای فعالیت های کشاورزی ساکنین می باشد. وجود چاه ها، چشمه ها و قنات های فراوان حاکی از پتانسیل بالای منابع آب زیرزمینی در این منطقه است. در سال های اخیر این منطقه مورد هجوم خشکسالی و افزایش آلودگی قرار گرفته و باعث بروز نگرانی و مشکلات برای مردم منطقه شده است. آلودگی آب های زیرزمینی به دو صورت طبیعی و یا با منشاء انسانی صورت می گیرد. از طرفی سازندهای زمین شناسی منطقه باعث افزایش غلظت عناصر جزئی و کمیاب سمی در آب زیرزمینی می شود و از طرف دیگر فعالیت های انسان منجر به آلودگی آب در مناطق مجاور می گردد (حسن زاده و همکاران، ۱۳۸۹). آب های زیرزمینی به طور طبیعی دارای غلظت هایی از یون های اصلی هستند. برای نمونه کلرید به طور طبیعی در تمامی آب ها وجود دارد ولی مقادیر زیاد آن در آب های طبیعی ناشی از فعالیت های کشاورزی و یا انحلال از سنگ های حاوی کلرید است (Divya & Belagali, 2012). سولفات

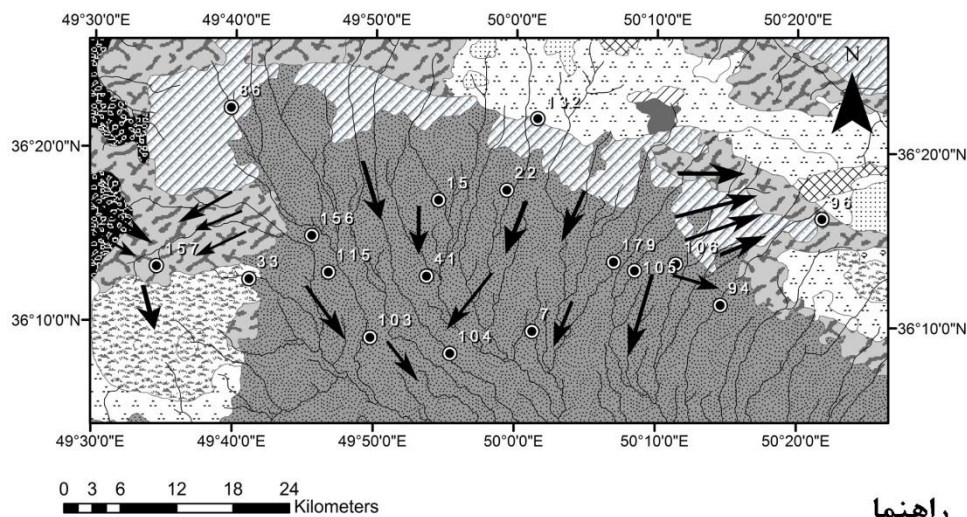
نیز به طور طبیعی در کانی هایی از جمله ژیپس موجود است و منشاء انسانی آن از طریق فاضلاب های کشاورزی و صنعتی می باشد (WHO, 2004). همچنین سدیم به طور عمده از فلدسپات های موجود در سنگ های آذرین و دگرسانی آن ها ایجاد می شود، آب فروشویی شده از لایه های فوقانی خاک و کانی های رسی، تبخیری هایی از قبیل هالیت و فاضلاب های صنعتی از دیگر منشاء سدیم می باشند (احمد نژاد و همکاران، ۱۳۸۹). وجود مقادیر زیاد نیترات در آب های زیرزمینی به عنوان یک نتیجه از فعالیت های کشاورزی (استفاده ی زیاد از کودهای معدنی نیتروزنی) و در برخی موارد تخلیه پساب ضایعات نیتروزنی و فضولات انسانی و حیوانی است (WHO, 2011). در این زمینه بسیاری از مطالعات دارای نتایجی مشابه هستند. Townsend و Whittmore در سال ۲۰۰۵ با تشخیص منشاء نیترات و کلرید با استفاده از روش های

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه در محدوده طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی قرار دارد. نواحی شمالی این منطقه محدود به دامنه رشته کوه های البرز و قسمت مرکزی و جنوبی این منطقه درون دشت قزوین قرار دارد. منطقه مورد مطالعه در قسمت شمالی منطقه دشت قزوین واقع شده است. بیشتر مساحت این منطقه در شهرستان قزوین قرار دارد (شکل ۱ و جدول ۱). از نظر زمین شناسی قسمت کثیری از منطقه مورد مطالعه، شامل رسوبات ناپیوسته کواترنری می باشد و در قسمت های شمالی سنگ های آتشفشانی، کنگلومرا و ماسه سنگ منطقه را احاطه کرده است. میانگین تغییرات سالانه دمای منطقه به طور معمول بین ۰ تا ۲۸ درجه سانتی گراد تغییر می کند. میانگین تقریبی بارش منطقه در طول سال ۲۲۰ میلی

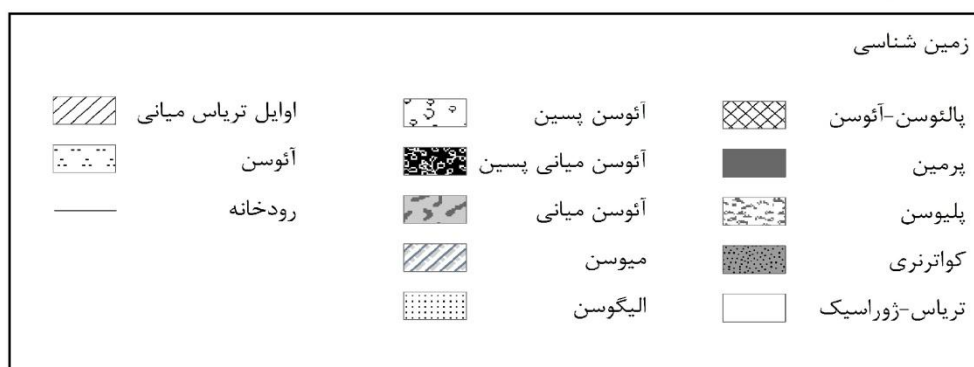
مصرف آب در این منطقه مربوط به کشاورزی است (باریکانی و همکاران، ۱۳۹۱).

متر است. منطقه دشت قزوین یکی از مناطق مستعد برای تولید محصولات کشاورزی از جمله گندم، جو و سایر محصولات زراعی و باغی می باشد و بیش از ۹۶ درصد از



راهنما

→ جهت جریان آب زیرزمینی ● نقاط نمونه برداری



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در دشت قزوین، نقاط نمونه برداری، نقشه زمین شناسی و جهت جریان آب زیرزمینی (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۲)

قزوین با توجه به مطالعات شرکت مدیریت منابع آب ایران در سال ۱۳۹۲ رسم شده است. در این تحقیق پارامترهای EC, TDS, pH بصورت صحرائی و با دستگاه مولتی پارامتر، آنیون های Cl , SO_4 , NO_3 با روش کروماتوگرافی یونی، آنیون HCO_3 با روش تیتراسیون اتوماتیک، کاتیون های Ca , Mg , Na , K بوسیله روش اسپکترومتری نشری پلاسمای جفت شده القایی اندازه گیری شدند.

برای انجام این مطالعه از پارامترهای کیفی شامل هدایت الکتریکی (EC)، کل جامدات محلول (TDS)، اسیددیته (pH)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na)، پتاسیم (K)، بیکربنات (HCO_3)، کلر (Cl)، سولفات (SO_4) و نیترات (NO_3) مربوط به ۱۷ چاه نمونه برداری شده توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور در شهریور ماه سال ۱۳۹۲ استفاده شده است. جهت جریان آب زیرزمینی منطقه شمال دشت

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری از شمال دشت قزوین در سال ۱۳۹۲

ردیف	کد نمونه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	محل نمونه برداری
۱	۷	"۱۵°۱۰'۵۰"	"۳۹°۰۹'۳۶"	۲۳۲۶	پیریوسفیان
۲	۱۵	"۳۱°۵۴'۴۹"	"۰۸°۱۷'۳۶"	۲۳۹۱	محمود آباد نمونه
۳	۲۲	"۲۲°۵۹'۴۹"	"۴۵°۱۷'۳۶"	۱۲۰۲	قزوین
۴	۳۳	"۰۶°۴۱'۴۹"	"۲۹°۱۲'۳۶"	۲۴۵۲	خورهشت
۵	۴۱	"۴۳°۵۳'۴۹"	"۴۶°۱۲'۳۶"	۲۳۹۰	جنت آباد
۶	۸۶	"۴۳°۳۹'۴۹"	"۱۹°۲۲'۳۶"	۲۵۲۵	کوهین
۷	۹۴	"۳۶°۱۴'۵۰"	"۱۵°۱۱'۳۶"	۲۳۹۱	کوندج
۸	۹۶	"۴۶°۲۱'۵۰"	"۱۳°۱۶'۳۶"	۲۹۶۳	چناسک
۹	۱۰۳	"۴۵°۴۹'۴۹"	"۱۳°۰۹'۳۶"	۲۳۶۴	سیاه چشمه
۱۰	۱۰۴	"۲۶°۵۵'۴۹"	"۲۰°۰۸'۳۶"	۲۳۵۰	آجریند
۱۱	۱۰۵	"۲۹°۰۸'۵۰"	"۱۱°۱۳'۳۶"	۲۳۶۶	شریف آباد
۱۲	۱۰۶	"۲۵°۱۱'۵۰"	"۳۵°۱۳'۳۶"	۲۴۱۴	عباس آباد
۱۳	۱۱۵	"۴۵°۴۶'۴۹"	"۵۶°۱۲'۳۶"	۲۳۷۴	یحیی آباد
۱۴	۱۳۲	"۳۱°۰۱'۵۰"	"۵۲°۲۱'۳۶"	۱۵۹۸	معدن سنگ
۱۵	۱۵۶	"۳۳°۴۵'۴۹"	"۰۱°۱۵'۳۶"	۲۳۸۳	دستجرد
۱۶	۱۵۷	"۳۱°۳۴'۴۹"	"۱۰°۱۳'۳۶"	۲۷۲۱	اقبلاغ
۱۷	۱۷۹	"۰۶°۰۵'۵۰"	"۴۰°۱۳'۳۶"	۱۳۰۵	بیدستان

در رابطه (۱) SI شاخص اشباع و IAP میزان فعالیت و تحرک کانی مربوطه و Kt برابر با ثابت انحلال پذیری می باشد.

مدل رگرسیون خطی

مدلی ریاضی برای تخمین کیفیت آب با لزوم استفاده از دو پارامتر که به توصیف واقع بینانه شرایط آب زیرزمینی می پردازد. آنالیز همبستگی نزدیکی ارتباط بین متغیر وابسته و مستقل را اندازه گیری می کند (Heydari et al., 2013). در صورتیکه ضریب همبستگی به $+1$ یا -1 نزدیک باشد، احتمال این که بین X و Y رابطه وجود داشته باشد بسیار زیاد است. برای تعیین ضریب همبستگی (R) از رابطه شماره (۲) استفاده شده است.

$$R = \frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2 \sum(Y-\bar{Y})^2}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۲) X و Y میزان دو پارامتر مختلف کیفیت آب را نشان می دهد و \bar{X} و \bar{Y} نشان دهنده متوسط دو پارامتر مختلف کیفیت آب می باشد. اگر ضریب همبستگی دو متغیر X و Y زیاد (نزدیک به عدد ۱) باشد بین آن دو متغیر همبستگی وجود دارد.

تیپ و رخساره هیدروژئوشیمیایی

در این مطالعه برای تعیین تیپ، رخساره و تکامل ژئوشیمیایی از نمودار پایپر (Piper, 1940) و برای بررسی منشاء یون‌ها از نمودارهای ترکیبی استفاده شده است. با استفاده از نمودار پایپر می توان به واحد‌های سنگی اثرگذار در ترکیب شیمیایی آب نیز پی برد (تاج بخشیان و همکاران، ۱۳۹۴). لازم به ذکر است که رسم این نمودار با استفاده از نرم افزار AQQA صورت گرفت.

شاخص اشباع (SI) Saturation index

در این تحقیق برای برآورد شاخص اشباع از نرم افزار PHREEQC استفاده شد. محاسبه شاخص اشباع کانی‌های مختلف به منظور توصیف تکامل شیمیایی آب‌های زیرزمینی صورت می گیرد (جلالی و اصغری مقدم، ۱۳۹۲). مقدار شاخص اشباع اگر برابر صفر باشد کانی در حال تعادل می باشد، در صورتی که مثبت باشد نشان دهنده رسوب کانی در آب زیرزمینی و در صورتی که منفی باشد بیانگر انحلال کانی در آب زیرزمینی است (Naus et al., 2001). شاخص اشباع مطابق با رابطه شماره (۱) بدست آمد:

رابطه (۱)

$$SI = \log \left(\frac{IAP}{Kt} \right)$$

برای محاسبه رگرسیون خطی مطابق با رابطه (۳) عمل شد:

رابطه (۳)

$$Y = a + bX$$

در رابطه (۳) Y متغیر وابسته و X متغیر مستقل است. a نشان دهنده عرض از مبدا و b شیب خط می باشد. مقدار a و b مطابق با روابط (۴ و ۵) محاسبه گردید.

رابطه (۴)

$$b = \frac{\sum XY - \bar{X}\bar{Y}}{\sum X^2 - \bar{X}\bar{X}}$$

رابطه (۵)

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

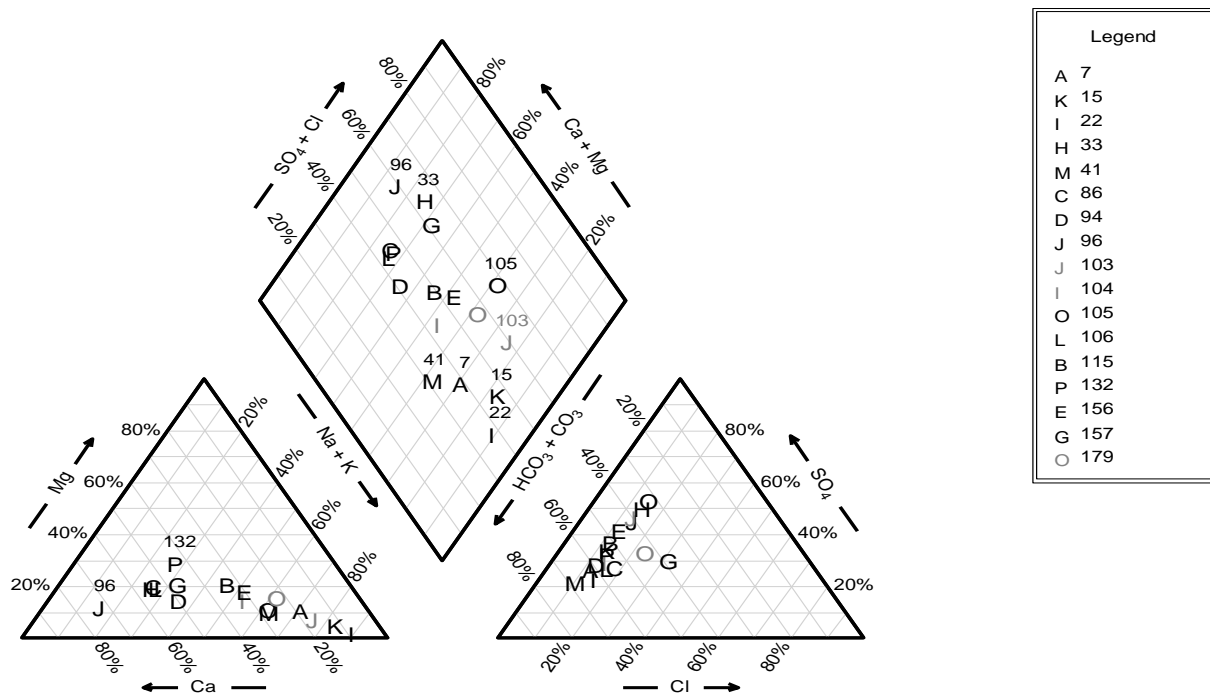
در تحقیق حاضر سعی شده است تا با استفاده از مدل رگرسیون خطی به تجزیه و تحلیل و پیش بینی ارتباط و ماهیت بین متغیرها پرداخته شود. لازم به ذکر است که

جدول ۲- مشخصات آماری پارامترهای مورد مطالعه ی منطقه شمال دشت قزوین در سال ۱۳۹۲

NO3 (ppm)	SO4 (ppm)	Cl (ppm)	HCO3 (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	pH	T.D.S (ppm)	EC (microsiemens)	پارامتر
۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	تعداد نمونه ها
۵۰/۶۷	۱۷۳/۴۷	۶۱/۵۹	۳۱۶/۵	۱۰/۹۳	۱۲۷/۸	۲۵/۳۲	۹۲/۰۱	۷/۳۰	۸۶۱/۹۶	۹۶۶/۶۸	میانگین حسابی
۷۶/۷۱	۱۰۴/۸۴	۵۲/۵۶	۱۳۷/۱	۳۸/۰۸	۶۶/۶	۲۱/۱	۸۰/۱۱	۰/۳۰	۵۰۹/۰۶	۵۳۷/۰۶	انحراف معیار
۱۵۱/۳۹	۶۰/۴۴	۸۵/۳۴	۴۳/۳۲	۳۸۴/۴	۵۲/۱۳	۸۳/۳۳	۸۷/۰۷	۴/۱۱	۵۹/۰۶	۵۵/۵۶	ضریب تغییرات (درصد)
۳۳۵/۱۱	۳۹۲	۲۴۶/۵	۵۸۲/۹	۱۵۸/۱۴	۲۸۷/۶	۷۹/۹۵	۲۸۲/۸	۷/۷۷	۲۴۰۹/۰۰	۲۶۰۷	حداکثر
۱۴/۱۵	۵۵	۱۹/۴	۱۶۲/۵	۰/۲۳	۳۸/۷۱	۲/۷۶	۱۰/۵۲	۶/۸۵	۴۲۶/۱۰	۴۶۰/۰۱	حداقل
۲۶/۱۵	۱۵۹	۴۷/۹	۳۰۱	۰/۹۱۳۵	۱۱۴/۴	۱۴/۴۶	۶۱/۱۸۵	۷/۲۹	۶۶۶/۵۰	۸۹۹/۹۰	میان
۳۲۰/۹۶	۳۳۷	۲۲۷/۱	۴۲۰/۴	۱۵۷/۹۱	۲۴۸/۹	۷۷/۱۹	۲۷۲/۳۴	۰/۹۲	۱۹۸۲/۹۰	۲۱۴۶/۹۰	دامنه تغییرات
۳/۵۹	۰/۸۶	۲/۹۹	۱/۰۲	۴/۰۷	۰/۸	۱/۲۸	۱/۱۷	۰/۰۵	۲/۰۵۰	۲/۰۲	چولگی
۵۸۸۴/۳	۱۰۹۹۱	۲۷۶۳	۱۸۷۹۰	۱۴۵۰/۴	۴۴۳۶	۴۴۵/۴	۶۴۱۷/۸	۰/۰۹	۲۵۹۱۳۹	۲۸۸۴۳۱	واریانس
۵۰	۵۰۰	۲۵۰	-	-	۲۰۰	۵۰	۲۰۰	۶/۵-۸/۵	۵۰۰	-	استاندارد WHO

مورد مطالعه (قسمت دشتی و مسطح) سدیک می باشد و نمونه های قسمت های مرتفع رخساره ای کلسیک دارند. تمامی نمونه های سدیک بر روی رسوبات ناپیوسته زمین شناسی جدید و قدیم قرار دارند.

با توجه به شکل شماره (۲) نتایج نمودار پایپر گویای آن است که تیپ آب در اکثر نمونه های مورد مطالعه (حدود ۸۲ درصد) بی کربناته می باشد و حدود ۱۸ درصد (نمونه های شماره ۳۳، ۱۰۳، ۱۰۵) از نوع آب های سولفات هستند. رخساره آب در نمونه های قسمت مرکزی منطقه



شکل ۲- نمودار پایپر مربوط به نمونه های منطقه شمال دشت قزوین در سال ۱۳۹۲

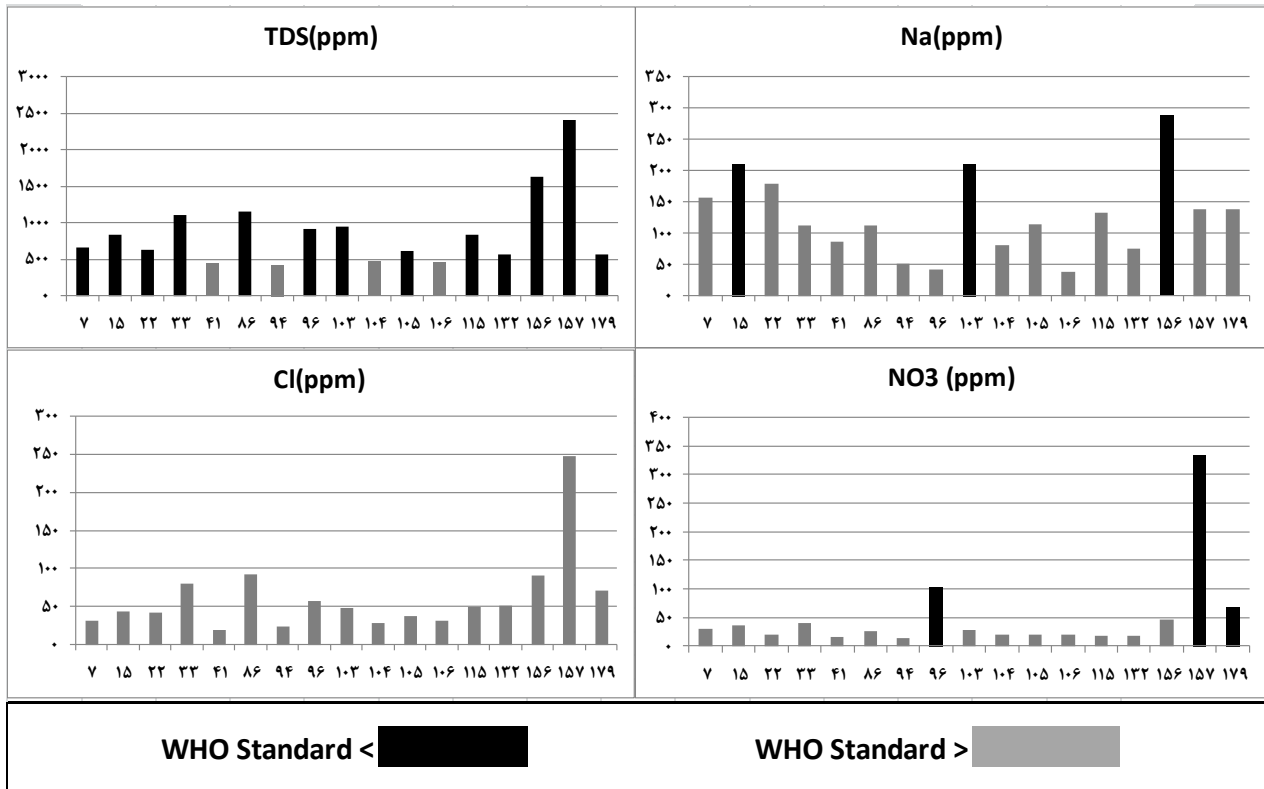
آراگونیت در بیشتر نمونه ها منفی است ولی در قسمت غربی منطقه مورد مطالعه (بخصوص نمونه های شماره ۱۵۷، ۱۵۶، ۸۶، ۳۳) مثبت هستند. بطور کلی نمونه های قسمت غربی منطقه ظرفیت اشباع بالاتری دارند.

پس از محاسبه ظرفیت اشباع نمونه های مورد مطالعه (جدول شماره ۳) مشاهده می شود که شاخص اشباع کانی های هالیت، ژیپس و آنیدریت در تمامی نمونه ها منفی است. شاخص اشباع کانی های کلسیت، دولومیت و

جدول ۳- شاخص اشباع کانی های مختلف در نمونه های منطقه شمال دشت قزوین در سال ۱۳۹۲

ردیف	کد نمونه	Halite	Gypsum	Dolomite	Calcite	Aragonite	Anhydrite
۱	۷	-۶/۸۷	-۱/۹۹	-۱/۲۴	-۰/۵۶	-۰/۷۱	-۲/۲۳
۲	۱۵	-۶/۶۱	-۱/۹۵	-۱/۵۴	-۰/۶۶	-۰/۸۱	-۲/۱۹
۳	۲۲	-۶/۶۹	-۲/۴۹	-۲/۳۸	-۱/۰۳	-۱/۱۷	-۲/۷۴
۴	۳۳	-۶/۶۶	-۰/۸۵	۱/۱۰	۰/۷۳	۰/۵۹	-۱/۰۹
۵	۴۱	-۷/۳۴	-۲/۱۴	-۰/۰۵	۰/۱۲	-۰/۰۳	-۲/۳۷
۶	۸۶	-۶/۵۹	-۱/۱۳	۰/۱۳	۰/۲۴	۰/۱	-۱/۳۷
۷	۹۴	-۷/۴۷	-۱/۷۹	-۰/۴۶	-۰/۰۱	-۰/۱۵	-۲/۰۳
۸	۹۶	-۷/۱۹	-۰/۹۸	-۰/۸۲	-۰/۰۵	-۰/۰۲	-۱/۲۳
۹	۱۰۳	-۶/۵۸	-۱/۶۳	-۰/۵۸	-۰/۱۷	-۰/۳۲	-۱/۸۸
۱۰	۱۰۴	-۷/۲۱	-۱/۹۹	-۰/۴۴	-۰/۱۱	-۰/۲۶	-۲/۲۲
۱۱	۱۰۵	-۶/۹۴	-۱/۶	-۱/۹۸	-۰/۸۶	-۱/۰۱	-۱/۸۳
۱۲	۱۰۶	-۷/۴۷	-۱/۸	-۰/۶۳	-۰/۱۳	-۰/۲۸	-۲/۰۴
۱۳	۱۱۵	-۶/۷۷	-۱/۳۹	۰/۵۹	۰/۳۶	۰/۲۱	-۱/۶۳
۱۴	۱۳۲	-۶/۹۹	-۱/۳۷	۰/۱۳	۰/۱۳	-۰/۰۲	-۱/۶۲
۱۵	۱۵۶	-۶/۲۰	-۱	۰/۶۴	۰/۴	۰/۲۵	-۱/۲۵
۱۶	۱۵۷	-۶/۱۰	-۰/۸۶	۰/۷۴	۰/۵۱	۰/۳۶	-۱/۱۰
۱۷	۱۷۹	-۶/۵۹	-۱/۷۵	-۰/۲۸	-۰/۱	-۰/۲۵	-۱/۹۹

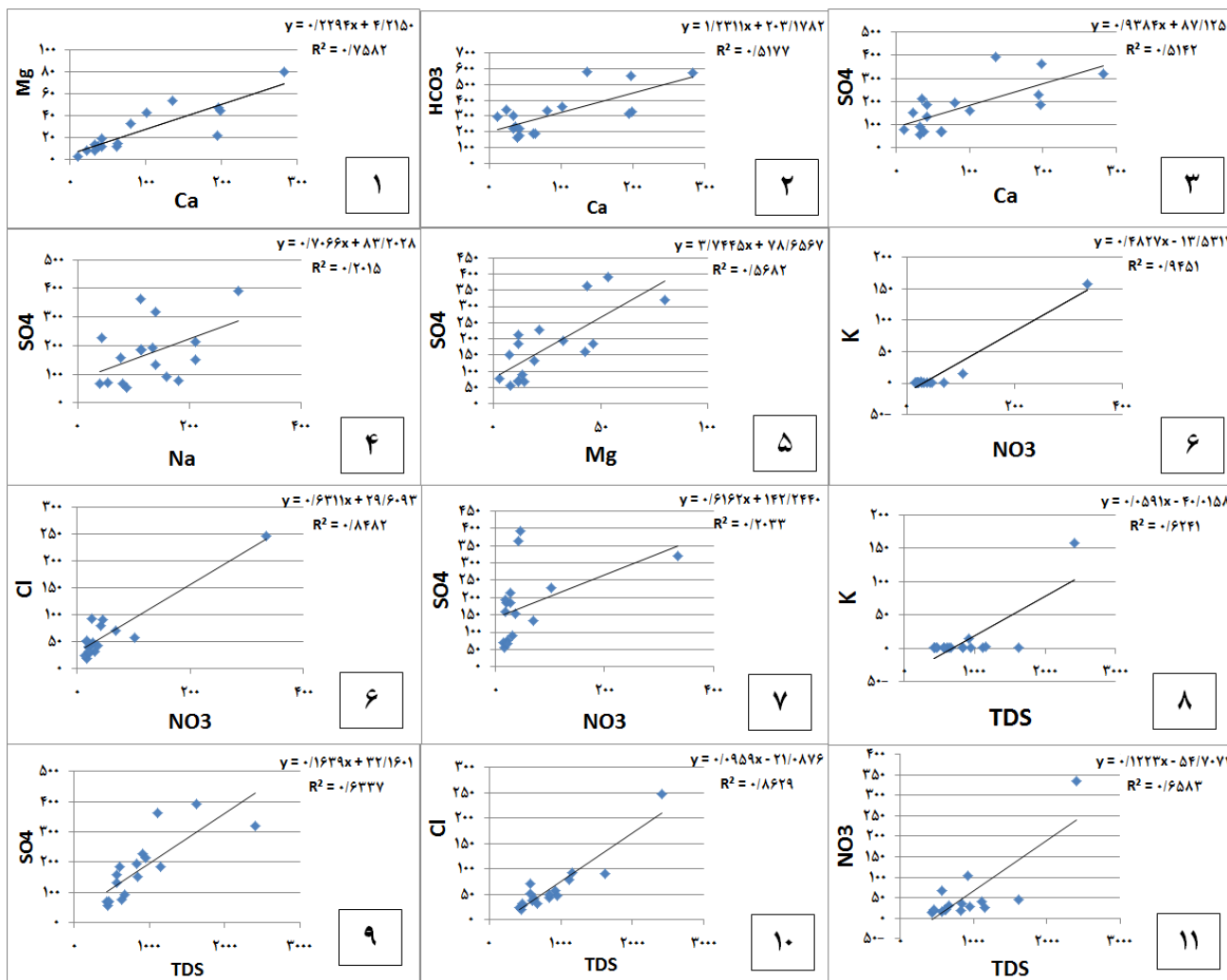
شکل شماره (۳) تغییرات برخی از پارامترهای مورد مطالعه را در مقایسه با استاندارد سازمان جهانی بهداشت نمایش می دهد.



شکل ۳- تغییرات برخی از پارامترهای منطقه شمال دشت قزوین در سال ۱۳۹۲

ندارد. نتایج نمودارهای ترکیبی و تحلیل رگرسیون خطی بین پارامترهای مورد بررسی در شکل شماره (۴) ارائه شده است.

همانطور که در شکل (۳) مشاهده می شود، بیشترین پارامترهای بالاتر از حد مجاز سازمان جهانی بهداشت (WHO) در سال ۲۰۱۱ کل ذرات جامد محلول (TDS) می باشد و پارامتر کلر غلظت بالاتر از حد مجاز



شکل ۴- نمودار ترکیبی و رگرسیون خطی بین پارامترهای منطقه شمال دشت قزوین در سال ۱۳۹۲

نیترات، دارای همبستگی مثبت با پتاسیم ($R=0.06$), سولفات ($R=0.06$) و کلر ($R=0.08$) است. جدول شماره (۴) نتایج حاصل از ماتریس همبستگی بین پارامترهای مورد بررسی را نمایش می دهد. در این جدول بیشترین همبستگی مربوط به TDS و EC با مقدار 0.986 و کمترین همبستگی بین کلسیم و سدیم (-0.114) می باشد.

نمودارهای ترکیبی شکل (۴) نشان می دهد که همبستگی مثبت و رابطه خطی بین کلسیم و منیزیم ($R=0.076$) برقرار است. همچنین بین کلسیم و بیکربنات، کلسیم و سولفات همبستگی مثبت ($R=0.05$) وجود دارد. سولفات با منیزیم همبستگی مثبت و با سدیم همبستگی ضعیفی دارد ($R=0.02$). نیترات همبستگی مثبت با پتاسیم ($R=0.09$), کلر ($R=0.08$) و کل ذرات جامد محلول ($R=0.065$) دارد. کل ذرات جامد (TDS) نیز علاوه بر

جدول ۴- ماتریس همبستگی پارامترهای مورد بررسی

	EC	TDS	Ca	Mg	Na	K	HCO3	CL-	SO4	NO3
EC	۱									
TDS	۰/۹۸۶	۱								
Ca	۰/۷۹۱	۰/۷۹۰	۱							
Mg	۰/۸۹۰	۰/۸۵۳	۰/۸۷۱	۱						
Na	۰/۴۱۹	۰/۴۲۸	-۰/۱۱۴	۰/۱۴۸	۱					
K	۰/۷۹۳	۰/۷۹۰	۰/۶۴۸	۰/۶۶۹	۰/۰۱۵	۱				
HCO3	۰/۸۵۰	۰/۸۳۶	۰/۷۱۹	۰/۸۳۷	۰/۴۵۲	۰/۴۹۳	۱			
CL	۰/۹۴۸	۰/۹۲۹	۰/۸۰۰	۰/۸۶۲	۰/۲۰۴	۰/۹۰۹	۰/۷۳۳	۱		
SO4	۰/۷۹۵	۰/۷۹۶	۰/۷۱۷	۰/۷۵۴	۰/۴۴۹	۰/۳۷۳	۰/۶۸۱	۰/۶۳۵	۱	
NO3	۰/۸۲۱	۰/۸۱۱	۰/۶۹۳	۰/۶۶۸	۰/۰۴۵	۰/۹۷۲	۰/۵۰۹	۰/۹۲۱	۰/۴۵۱	۱

بحث و نتیجه گیری

در تحقیق حاضر، اثر فعل و انفعالات زمین شناسی و فعالیت های کشاورزی بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه شمال دشت قزوین بررسی شده است. نتایج بدست آمده نشان داد که غلظت یون بیکربنات در مقایسه با سایر یون های منطقه شمال دشت قزوین بیشتر است. مطابق با نتایج بدست آمده از نمودار پایپر در شکل (۲)، نمونه های منطقه مورد مطالعه بیشتر از نوع آب های بیکربناته سدیک هستند. بر طبق یافته های حاصل از شاخص اشباع نمونه های مورد مطالعه، منفی بودن شاخص اشباع کانی های هالیت، ژپس و آنیدریت در تمامی نمونه ها بیانگر آن است که این کانی ها قابلیت انحلال در آب را دارند و این انحلال در قسمت شرقی بیشتر از قسمت غربی است. مثبت بودن شاخص اشباع کانی های کلسیت، دولومیت و آراگونیت نمونه های قسمت غربی منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که از سمت غرب به شرق منطقه مورد مطالعه از رسوب کانی ها کاسته و بر انحلال آن ها افزوده می شود. نتایج بررسی همبستگی خطی بین یون های اصلی حاکی آن است که رابطه ای خطی و همبستگی قوی بین کلسیم و منیزیم وجود دارد. علاوه بر آن کلسیم با بیکربنات و سولفات نیز همبستگی مثبت

دارد و بنابراین می توان با نظر به نتایج ظرفیت اشباع منشاء ژپس و کربنات را برای کلسیم در نظر گرفت. منشاء منیزیم به علت همبستگی مثبت با سولفات را می توان از کانی های سولفات منیزیم دانست، به علاوه رخساره های هیدروژنوشیمیایی برخی قسمت ها (نمونه های شماره ۳۳، ۱۰۳، ۱۰۵) که از نوع آب های سولفاته هستند این نتیجه را می دهد که انحلال تبخیری ژپس سبب گسترش سولفات و تا مقداری کلسیم شده است. در نهایت شاخص اشباع کانی های کلسیت، دولومیت و آراگونیت نشان می دهد که میزان این یون ها در آب های زیرزمینی بیشتر تحت تاثیر کانی های بی کربناته است. با توجه به قرار گیری اغلب نمونه های مورد مطالعه بر روی رسوبات ناپیوسته کواترنری که متشکل از کنگلومرا و ژپس هستند و یافته های بدست آمده از شاخص اشباع کانی های هالیت، ژپس و آنیدریت نتیجه می شود که میزان این یون ها در آب های زیرزمینی بیشتر تحت تاثیر کانی های سولفاته است و این نتایج با مطالعه رستمی زرین آبادی و همکاران در سال ۱۳۹۳ و (Dawis & Dewist, 1996) مطابقت دارد. در بررسی و مقایسه یون سدیم و کلراید در آب فرض بر این است که منبع اولیه برای یون کلراید، کانی هالیت (NaCl) باشد که در

زیرزمینی، نشان دهنده اثر فعالیت‌های انسانی آن منطقه می‌باشد و این اعمال در اکثر موارد در بخش کشاورزی و پرورش دام است (Nagarajan *et al.*, 2010). به علاوه افزایش پارامترهای TDS و EC در اکثر نمونه‌ها و بخصوص نمونه‌های منطقه شمال غربی دشت قزوین مشاهده می‌شود. در نهایت نتایج همبستگی سولفات، کلر، نیترات با کل جامدات محلول که مطابقت با نتایج مطالعات رستمی زرین آبادی و همکاران در سال ۱۳۹۳ دارد، این احتمال را می‌دهد که افزایش نیترات در شمال دشت قزوین ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی معدنی می‌باشد. از طرف دیگر شکل شماره (۳) نشان می‌دهد که غلظت نیترات در نمونه‌های انتهایی قسمت‌های غربی و شرقی بالاتر از حد مجاز می‌باشد. همچنین مقدار TDS نیز در اکثر نمونه‌ها بالاتر از حد مجاز سازمان جهانی بهداشت WHO در سال ۲۰۱۱ است. این مطالب گویای آن است که پیامدهای فعالیت‌های انسانی در منطقه شمال دشت قزوین بر روی آب زیرزمینی روندی تخریبی داشته و بایستی مورد ارزیابی و پایش دوره‌ای قرار بگیرد.

تشکر و قدردانی

از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به خاطر در اختیار گذاشتن داده‌ها و اطلاعات لازم سپاسگذاری می‌شود.

آب مناطق مجاور پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد با استفاده از نمودارهای ترکیبی، نمایه‌های اشباع و نسبت‌های یونی. مجله علوم زمین، ۲۵:۸۴-۷۱.

جلالی، ل. و اصغری مقدم، ا. ۱۳۹۲. تشخیص وضعیت

هیدروژئوشیمیایی و روند شوری در سفره‌آب زیرزمین

دشت خوی به روش‌های آماری و هیدروژئوشیمیایی. مجله

محیط‌شناسی، ۳۹:۱۲۲-۱۱۳.

حسن زاده، ر.، عباس نژاد، ا. و حمزه، م. ع. ۱۳۸۹. ارزیابی

آلودگی آب‌های زیرزمینی محدوده شهر کرمان. مجله

محیط‌شناسی، ۳۶:۱۱۰-۱۰۲.

رستمی زرین آبادی، ا.، فرقانی تهرانی، گ. و کرمی، غ.

۱۳۹۳. ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب‌های

این صورت غلظت یون سدیم و کلراید با هم برابر است (Mazor, 2004; تاج بخشیان و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به شکل شماره (۳) می‌توان بهم خوردن تناسب و بیشتر بودن مقدار سدیم نسبت به کلر را در اکثر نمونه‌ها مشاهده نمود. از طرف دیگر بین سدیم و کلر همبستگی بسیار ضعیفی وجود دارد. پس می‌توان گفت که انحلال کانی‌هالیت تاثیر بسیار زیاد در افزایش مقادیر ندارد. با توجه به همبستگی مثبت بین سدیم و سولفات و رخساره آب سولفات سدیک برخی نمونه‌ها (نمونه‌های شماره ۳۳، ۱۰۳، ۱۰۵) می‌توان متصور شد که بخشی از سدیم در منطقه مورد مطالعه از انحلال کانی‌های سولفات سدیم دار منشاء می‌گیرد. در بررسی منشاء نیترات همانطور که در شکل شماره (۴) (نمودارهای ۹، ۱۰، ۱۱) مشاهده می‌شود. نیترات، پتاسیم، کلر و سولفات هر سه دارای همبستگی خطی مثبت با کل جامدات محلول هستند. به علاوه جهت جریان آب زیرزمینی دشت قزوین را می‌توان یکی از علل افزایش مقادیر نیترات در قسمت غربی و شرقی منطقه مورد مطالعه قلمداد نمود. از طرفی ورود آب‌های زیرزمینی مناطق مجاور از چند جهت و از طرف دیگر جریان کند آب زیرزمینی در آن قسمت‌ها به علت خارج بودن از جریان اصلی منطقه (از سمت غرب به شرق) را دلیل تاثیر بر روی افزایش غلظت نیترات دانست. علاوه بر آن جدول شماره (۴) همبستگی قوی بین نیترات و پتاسیم، نیترات و کلر، نیترات و هدایت الکتریکی، نیترات و کل جامدات محلول را نشان می‌دهد. وجود مقادیر زیاد یون‌های نیترات، کلرید و سولفات در آب‌های

منابع

احمدنژاد، ز.، کلانتری، ن.، کشاورزی، م. ر.، بوسلیک، ز. و

سجادی، ز. ۱۳۸۹. بررسی و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی

دشت زیرراه با استفاده از GIS. چهاردهمین همایش

انجمن زمین‌شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی

علوم زمین. دانشگاه ارومیه.

باریکانی، ا.، احمدیان، م.، خلیلیان، ص. و چیذری، ا.

۱۳۹۱. استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی و

زیرزمینی در تعیین

الگوی بهینه کشت دشت قزوین. اقتصاد کشاورزی و

توسعه، ۲۰:۵۶-۲۹.

تاج بخشیان، م.، محمودی قزایی، م.، محبوبی، ا.، موسوی

حرمی، ر. و اجلالی، ا. ۱۳۹۴. بررسی هیدروژئوشیمیایی

- محمدی، م.، محمدی قلعه نی، م. و ابراهیمی، ک. ۱۳۹۰. تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت قزوین. مجله پژوهش آب ایران، ۵: ۴۱-۵۲.
- Naus, C. A., Driscoll, D. G. & Carter, J. M. 2001. Geochemistry of the madison and minnelusa aquifers in the black hills area, South Dakota, U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey. USA.
- Piper, A. M. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses *Transactions- American Geophysical Union*, 25: 914-928.
- Townsend, M. A. & Whittemore, D. O. 2005. Dentification of nitrate and chloride sources affecting municipal well waters of the city of Mc pherson, Kansas. The University of Kansas, Lawrence.
- World Health Organization (WHO). 2004. Sulfate in Drinking-water. Geneva, Switzerland.
- World Health Organization (WHO). 2011. Nitrate and nitrite in drinking-water. Geneva, Switzerland.
- World Health Organization (WHO). 2011. Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth ed. Geneva, Switzerland.
- زیرزمینی دشت رومشگان، لرستان، ایران. مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، ۱۳: ۴۱-۳۳.
- شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۹۲. گزارش نتایج منتشر شده از منطقه دشت قزوین. ایران.
- Dawis, S.N. & Dewist, R.J.M. 1996. Hydrogeology. John Wiley. New York.
- Divya, J. & Belagali, S.L. 2012. Impact of chemical fertilizers on water quality in selecte agricultural areas of Mysore district, Karnataka, India. *International Journal Of Environmental Sciences*, 2:1449-1458.
- Heydari, M. M., Abasi, A., Rohani, S, M. & Hosseini, S. M. A. 2013. Correlation study and regression analysis of drinking water quality in Kashan City, Iran. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 13:1234-1238.
- Mazor, E. 2004. Chemical and isotopic groundwater hydrology. Marcel Dekker Incorporation. New York.
- Nagarajan, R., Natarajan, R. & Senthamilkumar, S. 2010. Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Thanjavur city, Tamil Nadu, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 171: 289-308.