

## بررسی غلظت آرسنیک، روی، کروم و منگنز در منابع آب زیرزمینی دشت رزن و تهیه نقشه پهنه‌بندی عناصر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

سهیل سبحان اردکانی<sup>۱</sup>

مریم جمالی<sup>۲\*</sup>

[m.jamali2992@gmail.com](mailto:m.jamali2992@gmail.com)

محمد معانی جو<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲

تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۴

### چکیده

ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته و ۹۰٪ آب شیرین مورد نیاز در کشور از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. با توجه به افزایش روزافزون آلودگی و کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی در اثر فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و توسعه‌ی شهری، در این پژوهش نسبت به بررسی غلظت عناصر آرسنیک، روی، کروم و منگنز در منابع آب زیرزمینی دشت رزن و تهیه نقشه پهنه‌بندی در طی فصول بهار و تابستان ۱۳۹۱ اقدام شد. بدین منظور به طور تصادفی از ۲۰ حلقه چاه در سطح دشت، نمونه برداری و پارامترهای pH و دما در محل اندازه‌گیری شد. غلظت عناصر در نمونه‌ها بعد از طی مراحل آماده سازی آزمایشگاهی توسط دستگاه نشر اتمی قرائت شد. میانگین غلظت عناصر آرسنیک، روی، کروم و منگنز نمونه‌ها در فصل بهار به ترتیب برابر با  $۵/۸۶ \pm ۰/۶۹$ ،  $۳/۲۸ \pm ۳/۴۲$ ،  $۰/۴۴ \pm ۰/۰۵$  و  $۳/۶۹ \pm ۰/۴۰$ ؛ و در تابستان  $۶/۸۳ \pm ۰/۶۸$ ،  $۳۴/۵۰ \pm ۳/۱۱$ ،  $۰/۴۶ \pm ۰/۰۶$  و  $۴/۵۰ \pm ۰/۵۱$  قسمت در میلیارد بود. نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه با استاندارد WHO بیانگر آن است که میانگین غلظت عناصر کم تر از استاندارد می باشد. نتایج مقایسه تغییرات میانگین غلظت عناصر بین دو فصل، بیانگر فقدان اختلاف معنی دار است ( $P > ۰/۰۵$ ). همچنین نتایج تعیین همبستگی بین pH و دمای آب با میانگین غلظت تجمع یافته عناصر در نمونه ها بیانگر عدم همبستگی بین پارامترها با غلظت تجمع یافته عناصر است.

۱- استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان.

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان.

۳- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

گرچه در حال حاضر منابع آب زیرزمینی دشت رزن در معرض آلودگی بیش از حد مجاز به فلزات سنگین نیست، اما استفاده بی‌رویه و بلندمدت از نهاده‌های کشاورزی و همچنین استقرار صنایع آلاینده می‌تواند ضمن تهدید منابع آب زیرزمینی این منطقه، تبعات غیر قابل جبرانی را نیز به دنبال داشته باشد.

**واژه های کلیدی:** فلز سنگین، منابع آب زیرزمینی، نقشه پهنه بندی، دشت رزن.

## مقدمه

امروزه اهمیت آب شیرین و تأثیر به‌سزای آن بر نحوه و میزان پیشرفت جوامع در زمینه‌های صنعتی و کشاورزی بر هیچ کس پوشیده نیست و با توجه به جمعیت رو به افزایش جهان به خصوص در کشورهایی که با محدودیت منابع آب مواجهند، بررسی و کنترل کمیت و کیفیت منابع آب، به خصوص منابع آب زیرزمینی به عنوان بخشی از منبع تأمین آب شیرین، می‌تواند این جوامع را در رویارویی با بحران آب که در آینده ای نه چندان دور گریبان گیر بشر خواهد شد، یاری نماید. آن چه در حال حاضر بیش از هر مقوله‌ای فکر بشر را به خود جلب نموده است، مسأله آلودگی محیط زیست با فلزهای سنگین می‌باشد که به دلیل غیرقابل جذب بودن و داشتن اثرات فیزیولوژیکی در غلظت پایین بر فعالیت جانداران دارای اهمیت ویژه ای است (۱). علائم و نشانه‌های ناشی از مسمومیت با آرسنیک عبارتند از زخم در گلو و سوزش و خراش در شش‌ها تپش غیرطبیعی قلب و کاهش ایجاد گلبول‌های سفید و قرمز خون، ناراحتی روده و معده. به‌طور کلی آرسنیک یک عنصر سرطان‌زا است که باعث ایجاد سرطان ریه، مثانه و پوست می‌شود (۲).

روی در حالت مازاد بر احتیاج باعث افزایش سلول‌های پیشرو مغز استخوان و کاهش تکثیر لنفوسیت‌های B و همچنین کاهش پاسخ آنتی‌بادی‌های سلول‌های T می‌شود (۳). عوارض جذب بیش از حد مجاز عنصر کروم در بدن به صورت سوزش و خراش در مخاط گوارشی بروز کرده و در شرایط حاد موجب نکروز کبدی، التهاب کلیه، خون‌ریزی داخلی، مشکلات تنفسی، سرطان دستگاه گوارش و نهایتاً مرگ می‌شود (۴).

منگنز می‌تواند اثرات سمی شدیدی بر سیستم‌های مختلف بدن از جمله کبد باقی‌گذارد. منگنز ایجاد مسمومیت

تنفسی، گوارشی و عصبی می‌نماید که مسمومیت عصبی منگنز با نام منگانسم بسیار شبیه بیماری پارکینسون می‌باشد (۵).

نتایج پژوهشی که بر روی منابع آب زیرزمینی دشت علی‌آباد کنترل انجام یافت، نشان داد که اختلاف آماری معنی‌دار بین غلظت فلزات سنگین نمونه‌های مورد مطالعه با استانداردهای ملی و جهانی وجود ندارد (۶). نتایج پژوهشی که توسط پیری در سال ۱۳۸۹ در خصوص اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین نیکل، آلومینیوم، مس و منگنز در منابع آب شرب شهر زابل انجام یافت، نشان داد که جز نیکل غلظت سایر عناصر اندازه‌گیری شده در تمامی ایستگاه‌ها کم‌تر از حد استاندارد بوده است (۷). نتایج ارزیابی آلودگی منابع آب زیرزمینی محدوده شهر کرمان نشان داد که غلظت عناصر "سرب و کادمیوم" و "مس و روی" در نمونه‌های آب برداشت شده از مرکز شهر به ترتیب بالاتر و پایین‌تر از حد استاندارد تعیین‌شده برای آب آشامیدنی و کشاورزی توسط سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا بوده است (۸). کرباسی و همکاران میانگین غلظت عناصر آرسنیک،

سرب، کادمیوم، کروم، جیوه و روی در کلیه چاه‌های آب شرب الشتر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد میانگین غلظت این عناصر پایین‌تر از حد استاندارد بوده و هیچ اختلاف معنی‌داری بین چهار مرحله نمونه‌برداری شده مشاهده نشد (۹). نتایج پژوهشی که به منظور بررسی غلظت تجمع یافته آرسنیک در آب چاه‌های خانگی کارولینای شمالی انجام یافت، نشان داد که از ۶۳۰۰۰ حلقه چاه بررسی شده غلظت آرسنیک در نمونه‌های ۱۴۶۳ چاه بیش از استاندارد EPA بوده است (۱۰). نتایج پژوهشی که به منظور بررسی غلظت برخی از فلزهای سنگین

بودند، مطابق دستورالعمل نمونه برداری از منابع آبی، انجام یافت (۶ و ۱۴). همچنین قبل از نمونه برداری ابتدا چند دقیقه صبر کردیم تا اطمینان حاصل شود که آب دقیقاً از سفره آب زیرزمینی پمپاژ می‌شود (۱۴ و ۱۵). دما و pH نمونه‌ها در محل به ترتیب توسط دماسنج دیجیتال و دستگاه WTW مدل Multiline/Set 3 تعیین و سپس نمونه‌ها را به منظور جلوگیری از تأثیر نور آفتاب در محفظه‌ای مناسب قرار داده شد و تا زمان انتقال به آزمایشگاه در دمای پایین نگهداری گردید (۱۵ و ۱۶).

در آزمایشگاه به منظور تثبیت و جلوگیری از رسوب-گذاری عناصر محلول در نمونه‌ها، با اضافه کردن اسید نیتریک غلیظ، pH نمونه‌ها را به ۲ رساندیم (۱۷). به منظور آنالیز شیمیایی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین مورد بررسی، به ۲۵ میلی لیتر آب، یک میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه روی هیتر در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد در زیر هود قرار گرفت. سپس نمونه‌ها را به مدت ۱۰ دقیقه با دور ملایم (۸۵ دور در دقیقه) تکان داده و پس از عبور آن‌ها از صافی واتمن شماره ۴۲، به منظور قرائت غلظت فلزات سنگین بر حسب قسمت در میلیارد با سه تکرار، از دستگاه نشر اتمی Varian مدل 710-ES (۱۸) و همچنین برای تهیه نقشه پهنه بندی غلظت عناصر در محدوده مورد مطالعه به روش درون یابی وزنی، از ویرایش ۹/۳ نرم افزار ArcGIS استفاده شد.

به منظور پردازش آماری داده‌ها از ویرایش ۱۹ نرم افزار آماری SPSS استفاده گردید (۸). بدین ترتیب که به منظور اطمینان از نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد و داده‌های پرت نیز با استفاده از نمودار جعبه‌ای بررسی شد. برای مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه بین ایستگاه‌ها از آزمون آماری تحلیل واریانس بین آزمودنی یک طرفه (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)، برای مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد بررسی با استانداردهای بین المللی از آزمون تی تک نمونه‌ای، برای مقایسه میانگین غلظت فلزات بین دو فصل نمونه برداری با یکدیگر، از آزمون تی مستقل و

در آب مزارع الحسا عربستان سعودی انجام گرفت بیانگر آن بود که میانگین غلظت فلزهای سنگین در منابع آب زیرزمینی برای اهداف آبیاری مناسب بوده است (۱۱). همچنین نتایج تحقیقی که به منظور بررسی غلظت عنصر منگنز در منابع آب زیرزمینی اسکاتلند انجام یافت، بیانگر آن بود که در ۳۰٪ از سایت‌های آب زیرزمینی غلظت منگنز بالاتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی بوده است (۱۲).

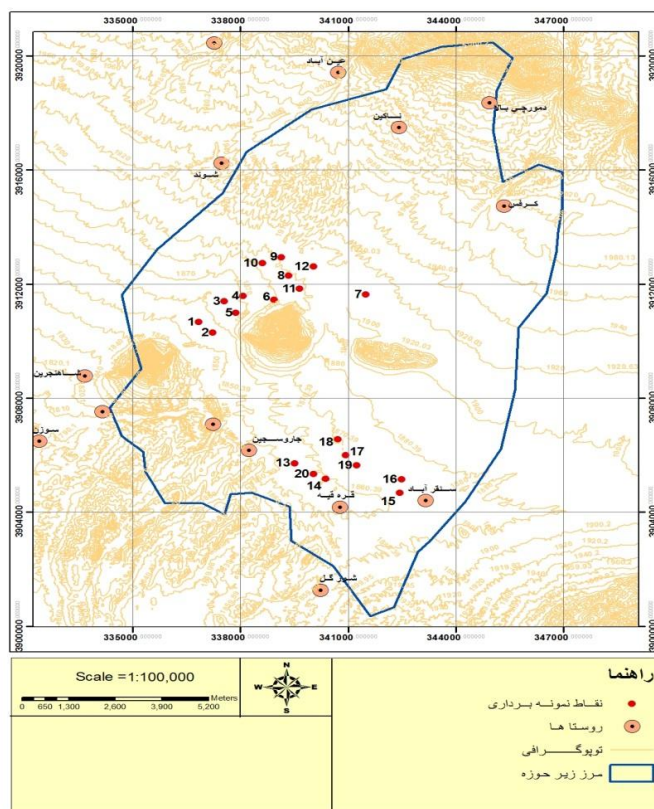
لذا، با توجه به توسعه کاربری کشاورزی در منطقه مورد مطالعه، استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی توسط زارعین و عدم پایش عناصر تجمع یافته در منابع آب زیرزمینی دشت رزن به منظور بررسی عوارض مخرب بر سلامت شهروندان، در این پژوهش نسبت به بررسی غلظت و تهیه نقشه توزیع مکانی عناصر آرسنیک، روی، کروم و منگنز در منابع آب زیرزمینی این منطقه اقدام گردید.

### روش تحقیق

محدوده مطالعاتی رزن- قهاوند با وسعت حوزه آب ریز ۴۸۱۰ کیلومترمربع در شمال شرقی استان همدان واقع و یکی از دشت‌های حوزه آب ریز قره چای محسوب می‌گردد. سطح گسترش سفره اصلی آب زیرزمینی این دشت ۱۷۰۹ کیلومترمربع می‌باشد. متوسط میزان بارندگی سالانه این منطقه بین ۲۸۰ و ۲۲۷ میلی متر متغیر است. آب شرب و مصرفی اهالی شهرستان رزن طبق آمار سال ۱۳۸۹ از طریق ۱۶۵۳ حلقه چاه عمیق، ۹۰۷ حلقه چاه نیمه عمیق، ۱۵۰ رشته چشمه و ۱۵۱ رشته قنات از سفره‌های آب زیرزمینی دشت رزن تأمین می‌شود (۱۳).

در این پژوهش به منظور بررسی آلودگی فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی دشت رزن، ۲۰ حلقه چاه در حال بهره‌برداری به صورت تصادفی در سطح دشت انتخاب گردید (شکل ۱) و پس از ثبت مختصات جغرافیایی آن‌ها توسط دستگاه GPS، نمونه برداری از چاه‌ها طی دو فصل بهار و تابستان سال ۱۳۹۱ با استفاده از ظروف پلی اتیلنی نیم لیتری که از قبل در آزمایشگاه توسط اسید نیتریک شستشو داده شده

برای تعیین همبستگی بین پیراسنجه های pH و دمای آب از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد.



شکل ۱- نقشه پراکندگی ایستگاه های نمونه برداری

## نتایج

نتایج قرائت میانگین غلظت عناصر مورد بررسی در نمونه های مورد مطالعه به تفکیک فصول نمونه برداری در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- میانگین مقادیر عنصر/ پارامتر مورد مطالعه در نمونه های آب زیرزمینی فصل بهار سال ۱۳۹۱ دشت رزن

## به تفکیک ایستگاه برحسب قسمت در میلیارد

انحراف معیار $\pm$ میانگین غلظت عنصر/پارامتر						ایستگاه
pH	دما (°C)	منگنز	کروم	روی	آرسنیک	
۷/۹۰±۰/۰۸	۱/۵۰±۰/۱۰	۱/۹۱±۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۰۵۴±۰/۰۰۴ <sup>ab</sup>	۳۳/۵۳±۴/۵۴ <sup>j</sup>	۶/۷۶±۰/۸۳ <sup>gh</sup>	۱
۷/۵۰±۰/۱۰	۱/۶۰±۰/۰۹	۳/۹۷±۰/۴۲ <sup>e</sup>	۰/۱۰۴±۰/۰۰۱ <sup>c</sup>	۱۴/۵۷±۲/۰۱ <sup>b</sup>	۳/۱۶±۰/۳۷ <sup>d</sup>	۲
۷/۶۰±۰/۰۷	۱/۵۰±۰/۰۹	۱/۸۱±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۰/۰۵۲±۰/۰۰۹ <sup>ab</sup>	۱۳/۸۶±۱/۹۸ <sup>b</sup>	۱/۹۲±۰/۱۱ <sup>b</sup>	۳
۷/۸۴±۰/۱۱	۱/۸۰±۰/۱۰	۲/۰۴±۰/۲۴ <sup>b</sup>	۰/۰۴۹±۰/۰۰۸ <sup>ab</sup>	۳۳/۲۶±۴/۱۳ <sup>j</sup>	۱۱/۸۳±۱/۵۳ <sup>m</sup>	۴
۷/۵۰±۰/۰۹	۱/۶۰±۰/۱۰	۲/۲۹±۰/۲۱ <sup>bc</sup>	۰/۰۴۷±۰/۰۰۸ <sup>ab</sup>	۳۳/۸۵±۴/۱۸ <sup>j</sup>	۶/۲۹±۰/۸۰ <sup>gh</sup>	۵
۸/۱۷±۰/۰۹	۱/۶۰±۰/۰۸	۲/۶۵±۰/۲۵ <sup>c</sup>	۰/۰۵۳±۰/۰۰۹ <sup>ab</sup>	۳۴/۱۴±۳/۹۹ <sup>jk</sup>	۶/۸۱±۰/۷۵ <sup>gh</sup>	۶
۸/۰±۰/۰۷	۱/۳۰±۰/۰۷	۲/۹۱±۰/۲۹ <sup>cd</sup>	۰/۰۳۲±۰/۰۰۷ <sup>ab</sup>	۵۱/۳۲±۶/۳۵ <sup>m</sup>	۵/۲۸±۰/۷۴ <sup>f</sup>	۷
۷/۹۷±۰/۰۵	۱/۸۰±۰/۱۰	۳/۰۲±۰/۳۰ <sup>d</sup>	۰/۰۵۲±۰/۰۰۵ <sup>ab</sup>	۲۷/۲۱±۳/۷۷ <sup>h</sup>	۵/۷۶±۰/۶۸ <sup>f</sup>	۸
۷/۷۰±۰/۰۹	۱/۶۰±۰/۰۹	۱/۹۷±۰/۱۹ <sup>ab</sup>	۰/۰۳۱±۰/۰۰۴ <sup>ab</sup>	۱۰/۴۹±۱/۷۶ <sup>a</sup>	۴/۸۱±۰/۴۰ <sup>ef</sup>	۹
۷/۵۰±۰/۱۰	۱/۶۰±۰/۰۸	۲/۱۶±۰/۱۸ <sup>b</sup>	۰/۰۲۹±۰/۰۰۳ <sup>ab</sup>	۲۰/۳۱±۲/۵۴ <sup>d</sup>	۲/۵۵±۰/۳۳ <sup>c</sup>	۱۰
۸/۲۱±۰/۱۲	۲/۲۰±۰/۱۱	۶/۵۴±۰/۶۹ <sup>h</sup>	۰/۰۳۳±۰/۰۰۴ <sup>ab</sup>	۳۴/۶۰±۴/۰ <sup>k</sup>	۶/۰۳±۰/۷۷ <sup>g</sup>	۱۱
۷/۸۰±۰/۰۷	۲/۰±۰/۰۹	۱/۷۰±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۰۵۷±۰/۰۰۶ <sup>b</sup>	۳۴/۰۲±۳/۸۷ <sup>jk</sup>	۹/۵۸±۰/۸۹ <sup>k</sup>	۱۲
۷/۶۰±۰/۰۹	۱/۷۰±۰/۰۸	۲/۳۹±۰/۲۷ <sup>bc</sup>	۰/۰۲۱±۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	۴۵/۳۷±۵/۱۱ <sup>l</sup>	۴/۳۴±۰/۵۳ <sup>e</sup>	۱۳
۷/۷۸±۰/۰۹	۲/۲۰±۰/۱۲	۴/۲۵±۰/۳۵ <sup>f</sup>	۰/۰۲۰±۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	۱۸/۸۲±۱۹/۹ <sup>c</sup>	۴/۴۶±۰/۴۷ <sup>e</sup>	۱۴
۷/۹۰±۰/۱۰	۱/۷۰±۰/۰۶	۲/۷۸±۰/۳۰ <sup>c</sup>	۰/۰۲۹±۰/۰۰۴ <sup>ab</sup>	۷۸/۵۴±۸/۵۶ <sup>n</sup>	۱/۱۰±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۱۵
۷/۵۶±۰/۰۸	۱/۸۰±۰/۰۹	۲/۷۸±۰/۳۱ <sup>c</sup>	۰/۰۴۱±۰/۰۰۵ <sup>ab</sup>	۲۰/۶۵±۲/۷۰ <sup>d</sup>	۴/۵۷±۰/۳۹ <sup>e</sup>	۱۶
۷/۱۰±۰/۱۲	۱/۷۰±۰/۱۰	۱۲/۱۹±۱/۱۳ <sup>j</sup>	۰/۰۴۷±۰/۰۰۷ <sup>ab</sup>	۲۱/۹۲±۲/۸۵ <sup>e</sup>	۱۰/۱۴±۰/۹۸ <sup>l</sup>	۱۷
۷/۶۴±۰/۰۶	۱/۹۰±۰/۱۱	۲/۳۲±۰/۳۲ <sup>bc</sup>	۰/۰۵۱±۰/۰۰۸ <sup>ab</sup>	۲۳/۷۷±۲/۸۰ <sup>f</sup>	۷/۶۳±۰/۷۶ <sup>j</sup>	۱۸
۷/۸۰±۰/۰۹	۱/۵۰±۰/۰۶	۹/۰۲±۰/۹۸ <sup>i</sup>	۰/۰۴۳±۰/۰۰۶ <sup>ab</sup>	۲۵/۵۹±۲/۹۱ <sup>g</sup>	۷/۱۱±۰/۶۹ <sup>i</sup>	۱۹
۷/۲۵±۰/۰۷	۱/۸۰±۰/۱۱	۵/۱۲±۰/۷۷ <sup>g</sup>	۰/۰۳۷±۰/۰۰۵ <sup>ab</sup>	۲۹/۹۴±۳/۰۱ <sup>i</sup>	۷/۱۴±۰/۷۱ <sup>i</sup>	۲۰
۷/۷۱±۰/۱۰	۱/۷۲±۰/۰۹	۳/۶۹±۰/۴۰	۰/۰۴۴±۰/۰۰۵	۳۰/۲۸±۳/۴۲	۵/۸۶±۰/۶۹	میانگین

حروف غیر مشترک (a, b, c و ...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) میانگین غلظت عناصر در نمونه های آب زیرزمینی بین

ایستگاه ها بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (آزمون دانکن) می‌باشد.

جدول ۲: میانگین مقادیر عنصر/پارامتر مورد مطالعه در نمونه های آب زیرزمینی فصل تابستان سال ۱۳۹۱ دشت رزن

## به تفکیک ایستگاه بر حسب قسمت در میلیارد

انحراف معیار $\pm$ میانگین غلظت عنصر/ پارامتر						ایستگاه
pH	دما ( $^{\circ}\text{C}$ )	منگنز	کروم	روی	آرسنیک	
۷/۸۷ $\pm$ ۰/۰۷	۲/۳۰ $\pm$ ۰/۱۲	۱/۸۲ $\pm$ ۰/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۰۵۸ $\pm$ ۰/۰۰۴ <sup>gh</sup>	۲۰/۸۱ $\pm$ ۲/۸۷ <sup>d</sup>	۸/۲۲ $\pm$ ۰/۸۹ <sup>h</sup>	۱
۷/۶۰ $\pm$ ۰/۰۹	۲/۲۰ $\pm$ ۰/۱۱	۳/۰۹ $\pm$ ۰/۷۹ <sup>c</sup>	۰/۱۰۰ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>i</sup>	۸/۵۵ $\pm$ ۱/۰۲ <sup>a</sup>	۶/۹۲ $\pm$ ۰/۷۸ <sup>f</sup>	۲
۷/۷۰ $\pm$ ۰/۱۰	۲/۰ $\pm$ ۰/۱۰	۲/۵۰ $\pm$ ۰/۴۵ <sup>b</sup>	۰/۰۶۰ $\pm$ ۰/۰۰۶ <sup>h</sup>	۲۸/۹۱ $\pm$ ۰/۳۴ <sup>f</sup>	۷/۳۴ $\pm$ ۰/۷۰ <sup>g</sup>	۳
۷/۷۶ $\pm$ ۰/۰۹	۲/۴۰ $\pm$ ۰/۱۱	۲/۸۷ $\pm$ ۰/۴۸ <sup>bc</sup>	۰/۰۴۷ $\pm$ ۰/۰۰۶ <sup>e</sup>	۲۸/۴۸ $\pm$ ۲/۹۲ <sup>f</sup>	۳/۴۵ $\pm$ ۰/۴۴ <sup>b</sup>	۴
۷/۵۹ $\pm$ ۰/۰۷	۲/۱۰ $\pm$ ۰/۱۳	۱/۸۲ $\pm$ ۰/۱۵ <sup>a</sup>	۰/۰۴۳ $\pm$ ۰/۰۰۱ <sup>de</sup>	۳۲/۳۱ $\pm$ ۳/۰۴ <sup>g</sup>	۶/۳۵ $\pm$ ۰/۵۵ <sup>ef</sup>	۵
۸/۱۴ $\pm$ ۰/۱۰	۲/۵۰ $\pm$ ۰/۱۳	۲/۶۱ $\pm$ ۰/۲۰ <sup>bc</sup>	۰/۰۴۸ $\pm$ ۰/۰۰۳ <sup>e</sup>	۳۲/۶۱ $\pm$ ۲/۹۹ <sup>g</sup>	۶/۹۵ $\pm$ ۰/۵۱ <sup>f</sup>	۶
۷/۸۷ $\pm$ ۰/۰۹	۱/۹۰ $\pm$ ۰/۱۰	۴/۹۱ $\pm$ ۰/۵۶ <sup>de</sup>	۰/۰۴۲ $\pm$ ۰/۰۰۳ <sup>de</sup>	۵۲/۷۵ $\pm$ ۴/۱۸ <sup>k</sup>	۹/۸۸ $\pm$ ۰/۹۱ <sup>ij</sup>	۷
۷/۹۵ $\pm$ ۰/۰۹	۲/۶۰ $\pm$ ۰/۱۲	۳/۴۴ $\pm$ ۰/۴۴ <sup>cd</sup>	۰/۰۵۷ $\pm$ ۰/۰۰۶ <sup>g</sup>	۴۵/۷۰ $\pm$ ۴/۰۱ <sup>h</sup>	۶/۹۹ $\pm$ ۰/۵۰ <sup>f</sup>	۸
۷/۷۸ $\pm$ ۰/۰۶	۲/۴۰ $\pm$ ۰/۱۲	۳/۲۷ $\pm$ ۰/۴۰ <sup>cd</sup>	۰/۰۳۵ $\pm$ ۰/۰۰۴ <sup>d</sup>	۲۷/۷۲ $\pm$ ۳/۰۲ <sup>e</sup>	۱۰/۱۵ $\pm$ ۰/۹۴ <sup>j</sup>	۹
۷/۶۰ $\pm$ ۰/۱۰	۲/۳۰ $\pm$ ۰/۱۰	۳/۱۶ $\pm$ ۰/۶۹ <sup>c</sup>	۰/۰۵۳ $\pm$ ۰/۰۰۴ <sup>f</sup>	۲۸/۶۸ $\pm$ ۲/۸۷ <sup>f</sup>	۷/۹۱ $\pm$ ۰/۹۰ <sup>gh</sup>	۱۰
۸/۲۰ $\pm$ ۰/۱۱	۲/۹۰ $\pm$ ۰/۱۵	۶/۲۵ $\pm$ ۰/۷۳ <sup>f</sup>	۰/۰۳۲ $\pm$ ۰/۰۰۵ <sup>cd</sup>	۲۷/۷۸ $\pm$ ۳/۰ <sup>e</sup>	۹/۴۳ $\pm$ ۰/۸۶ <sup>i</sup>	۱۱
۷/۸۱ $\pm$ ۰/۰۹	۲/۸۰ $\pm$ ۰/۱۴	۷/۳۲ $\pm$ ۰/۹۱ <sup>g</sup>	۰/۰۴۹ $\pm$ ۰/۰۰۴ <sup>ef</sup>	۱۴/۲۹ $\pm$ ۲/۱۱ <sup>b</sup>	۵/۱۷ $\pm$ ۰/۴۲ <sup>d</sup>	۱۲
۷/۵۰ $\pm$ ۰/۰۷	۲/۶۰ $\pm$ ۰/۱۱	۶/۰۴ $\pm$ ۰/۷۸ <sup>f</sup>	۰/۰۱۸ $\pm$ ۰/۰۰۱ <sup>b</sup>	۵۸/۱۴ $\pm$ ۴/۸۸ <sup>l</sup>	۶/۱۳ $\pm$ ۰/۴۹ <sup>e</sup>	۱۳
۷/۵۸ $\pm$ ۰/۰۷	۲/۹۰ $\pm$ ۰/۱۵	۴/۳۴ $\pm$ ۰/۳۳ <sup>d</sup>	۰/۰۱۲ $\pm$ ۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	۱۳/۹۸ $\pm$ ۲/۰۵ <sup>b</sup>	۴/۷۲ $\pm$ ۰/۳۳ <sup>cd</sup>	۱۴
۷/۷۹ $\pm$ ۰/۰۹	۲/۵۰ $\pm$ ۰/۱۲	۳/۵۶ $\pm$ ۰/۳۹ <sup>cd</sup>	۰/۰۵۵ $\pm$ ۰/۰۰۶ <sup>fg</sup>	۸۵/۹۱ $\pm$ ۷/۱۳ <sup>m</sup>	۲/۸۳ $\pm$ ۰/۲۹ <sup>a</sup>	۱۵
۷/۵۴ $\pm$ ۰/۱۰	۲/۴۰ $\pm$ ۰/۱۱	۳/۰۲ $\pm$ ۰/۴۱ <sup>c</sup>	۰/۰۴۵ $\pm$ ۰/۰۰۷ <sup>de</sup>	۱۹/۵۰ $\pm$ ۱/۵۱ <sup>c</sup>	۶/۶۸ $\pm$ ۰/۵۱ <sup>ef</sup>	۱۶
۷/۲۰ $\pm$ ۰/۰۶	۲/۵۰ $\pm$ ۰/۱۱	۱۱/۳۰ $\pm$ ۱/۱۳ <sup>i</sup>	۰/۰۲۹ $\pm$ ۰/۰۰۳ <sup>c</sup>	۱۹/۲۵ $\pm$ ۱/۶۰ <sup>c</sup>	۴/۰۱ $\pm$ ۰/۴۷ <sup>c</sup>	۱۷
۷/۶۲ $\pm$ ۰/۰۸	۲/۷۰ $\pm$ ۰/۱۲	۴/۴۸ $\pm$ ۰/۴۹ <sup>d</sup>	۰/۰۵۷ $\pm$ ۰/۰۰۴ <sup>g</sup>	۴۷/۶۱ $\pm$ ۳/۹۸ <sup>i</sup>	۸/۶۵ $\pm$ ۰/۶۰ <sup>hi</sup>	۱۸
۷/۸۶ $\pm$ ۰/۰۹	۱/۵۰ $\pm$ ۰/۰۶	۹/۱۴ $\pm$ ۰/۹۱ <sup>h</sup>	۰/۰۴۳ $\pm$ ۰/۰۰۶ <sup>de</sup>	۴۹/۷۳ $\pm$ ۳/۷۹ <sup>j</sup>	۶/۳۶ $\pm$ ۰/۵۶ <sup>ef</sup>	۱۹
۷/۲۷ $\pm$ ۰/۰۸	۱/۸۰ $\pm$ ۰/۱۱	۵/۰۴ $\pm$ ۰/۷۷ <sup>e</sup>	۰/۰۵۲ $\pm$ ۰/۰۰۸ <sup>f</sup>	۴۷/۳۱ $\pm$ ۳/۹۹ <sup>i</sup>	۸/۶۰ $\pm$ ۰/۷۸ <sup>hi</sup>	۲۰
۷/۷۱ $\pm$ ۰/۱۱	۲/۳۶ $\pm$ ۰/۱۰	۴/۵۰ $\pm$ ۰/۵۱	۰/۰۴۶ $\pm$ ۰/۰۰۶	۳۴/۵۰ $\pm$ ۳/۱۱	۶/۸۳ $\pm$ ۰/۶۸	میانگین

حروف غیر مشترک (a, b, c و ...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) میانگین غلظت عناصر در نمونه های آب زیرزمینی بین ایستگاه ها بر

اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (آزمون دانکن) می باشد.

نتایج مقایسه آماری میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه

های آب دشت زرن در فصول بهار و تابستان بیانگر وجود

اختلاف معنی دار ( $P < 0.05$ ) با استاندارد رهنمود سازمان بهداشت جهانی برای هر عنصر است (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه آماری میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه در نمونه‌ها با رهنمود سازمان بهداشت جهانی

در فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۱

فاصله اطمینان (%۹۵)		P-Value	درجه آزادی	آماره t	تفاوت میانگین از استاندارد	تعداد	پیراسنجه	
حد بالایی	حد پایینی						بهار	تابستان
Test Value= ۱۰۰								
-۹۲/۲۰۰۱	-۹۴/۱۲۶۹	۰/۰۰۰	۵۹	-۲۰۲/۴۰۱	-۹۳/۱۶۳۵۵	۶۰	بهار	آرسنیک
-۹۲/۸۶۶۰	-۹۵/۴۰۵۳			-۱۵۵/۱۸۴	-۹۴/۱۳۵۶۳		تابستان	
Test Value= ۲۰۰۰								
-۱۹۶۲/۵۴۶۱	-۱۹۷۶/۸۷۸۶	۰/۰۰۰	۵۹	-۵۷۵/۲۹۰	-۱۹۶۹/۷۱۲۳۶	۶۰	بهار	روی
-۱۹۵۶/۷۹۰۶	-۱۹۷۴/۲۰۵۸			-۴۷۲/۴۴۲	-۱۹۶۵/۴۹۸۱۶		تابستان	
Test Value= ۵۰								
-۴۹/۹۴۷۴	-۴۹/۹۶۴۵	۰/۰۰۰	۵۹	-۱۲۲۸۱/۶۹۱	-۴۹/۹۵۵۹۴	۶۰	بهار	کروم
-۴۹/۹۴۴۷	-۴۹/۹۶۱۷			-۱۲۳۰۷/۰۶۹	-۴۹/۹۵۳۲۲		تابستان	
Test Value= ۵۰								
-۴۵/۰۴۲۳	-۴۷/۵۷۵۶	۰/۰۰۰	۵۹	-۷۶/۵۲۰	-۴۶/۳۰۸۹۷	۶۰	بهار	منگنز
-۴۴/۳۴۶۰	-۴۶/۶۵۵۷			-۸۲/۴۶۶	-۴۵/۵۰۰۸۷		تابستان	

نمونه‌ها در دو فصل بهار و تابستان با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند ( $P > 0.05$ ) (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در نمونه‌های آب زیرزمینی بین فصول بهار و تابستان نشان داد که میانگین غلظت عناصر آرسنیک، روی، کروم و منگنز در

جدول ۴- مقایسه آماری میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه در نمونه‌ها بین فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۱

آزمون تی مستقل برای مقایسه برابری میانگین‌ها		آزمون لون برای مقایسه برابری واریانس‌ها						
آرسنیک								
فاصله اطمینان (%۹۵)	خطای اختلاف	اختلاف میانگین	(2-tailed) Sig	درجه آزادی	t	Sig	F	فرض برابری واریانس‌ها
۲/۵۱۳۶۱	-۰/۵۶۹۴۴	۰/۷۶۱۴۷	۰/۹۷۲۰۹	۰/۲۰۹	۱۱۸	۱/۲۷۷	۰/۳۱۲	۱/۰۵۲
۲/۵۱۷۲۸	-۰/۵۷۳۱۱	۰/۷۶۱۴۷	۰/۹۷۲۰۹	۰/۲۱۰	۳۵/۴۳۲	۱/۲۷۷		فرض نابرابری واریانس‌ها
روی								
فاصله اطمینان	خطای اختلاف	اختلاف میانگین	(2-tailed) Sig	درجه آزادی	t	Sig	F	فرض برابری واریانس‌ها
۱۵/۱۲۱۷۰	-۶/۶۹۳۳۱	۵/۳۸۸۰۳	۴/۲۱۴۱۹	۰/۴۳۹	۱۱۸	۰/۷۸۲	۰/۲۵۹	۱/۳۱۳
۱۵/۱۳۴۹۷	-۶/۷۰۶۵۸	۵/۳۸۸۰۳	۴/۲۱۴۱۹	۰/۴۳۹	۳۶/۶۴۴	۰/۷۸۲		فرض نابرابری واریانس‌ها
کروم								
فاصله اطمینان	خطای اختلاف	اختلاف میانگین	(2-tailed) Sig	درجه آزادی	t	Sig	F	فرض برابری واریانس‌ها
۰/۰۱۴۳۵۱	-۰/۰۸۹۱۵	۰/۰۰۵۷۴	۰/۰۰۲۷۱	۰/۶۳۹	۱۱۸	۰/۴۷۳	۰/۹۲۸	۰/۰۰۸
۰/۰۱۴۳۵۱	-۰/۰۸۹۱۵	۰/۰۰۵۷۴	۰/۰۰۲۷۱	۰/۶۳۹	۳۸/۰۰۰	۰/۴۷۳		فرض نابرابری واریانس‌ها
منگنز								
فاصله اطمینان	خطای اختلاف	اختلاف میانگین	(2-tailed) Sig	درجه آزادی	t	Sig	F	فرض برابری واریانس‌ها
۲/۴۶۵۹۹	-۰/۸۴۹۷۸	۰/۸۱۸۹۵	۰/۸۰۸۱۱	۰/۳۳۰	۱۱۸	۰/۹۸۷	۰/۹۳۸	۰/۰۰۶
۲/۴۶۶۴۶	-۰/۸۵۰۲۴	۰/۸۱۸۹۵	۰/۸۰۸۱۱	۰/۳۳۰	۳۷/۶۸۰	۰/۹۸۷		فرض نابرابری واریانس‌ها

نتایج بررسی ضریب همبستگی بین pH و دمای آب با میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد بررسی در نمونه‌ها بیانگر فقدان همبستگی معنی دار است (جداول ۵ و ۶).



جدول ۵- همبستگی بین pH و میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد مطالعه

عنصر	مدل	R	R Square	ضریب تعیین تعدیل شده	برآورد خطا از استاندارد	Durbin-Watson
آرسنیک	۱	۰/۱۵۱	۰/۰۲۳	-۰/۰۳۲	۲/۰۹۰۸۰	۱/۷۶۴
روی	۱	۰/۱۸۶	۰/۰۳۵	-۰/۰۱۹	۱۸/۷۸۱۱۵	۲/۳۸۴
کروم	۱	۰/۰۶۰	۰/۰۰۴	-۰/۰۵۲	۰/۰۱۸۶۱۶	۱/۵۴۳
منگنز	۱	۰/۲۵۶	۰/۰۶۶	۰/۰۱۴	۲/۴۵۰۵۹	۱/۶۹۰

جدول ۶- همبستگی بین دما و میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد مطالعه

عنصر	مدل	R	R Square	ضریب تعیین تعدیل شده	برآورد خطا از استاندارد	Durbin-Watson
آرسنیک	۱	۰/۲۲۱	۰/۰۴۹	-۰/۰۰۴	۲/۰۶۲۷۳	۱/۹۰۰
روی	۱	۰/۲۳۵	۰/۰۵۵	۰/۰۰۳	۱۸/۵۷۹۶۱	۲/۱۴۹
کروم	۱	۰/۳۴۵	۰/۱۱۹	۰/۰۷۰	۰/۰۱۷۵۰۳	۲/۰۲۴
منگنز	۱	۰/۱۸۴	۰/۰۳۴	-۰/۰۲۰	۲/۴۹۱۸۰	۱/۸۴۹

## نتایج پهنه بندی میانگین غلظت عناصر مورد بررسی در

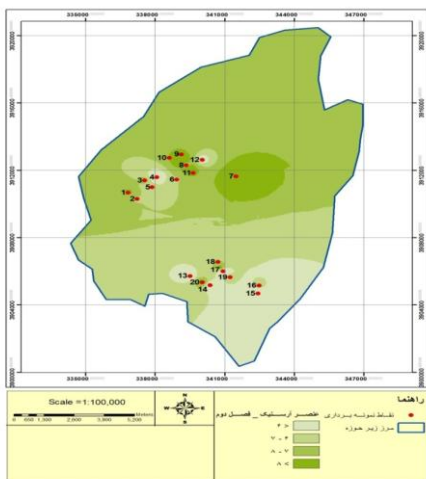
## منطقه مورد مطالعه

نتایج پهنه‌بندی میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد بررسی بیانگر آن است که غلظت‌های بیشینه عنصر آرسنیک در فصل بهار به صورت لکه‌ای در بخش‌های غرب و جنوب دشت با  $۱۱/۸۳ \pm ۱/۵۳$ ،  $۱۰/۱۴ \pm ۰/۹۸$  و  $۹/۵۸ \pm ۰/۸۹$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۴، ۱۷ و ۱۲ (شکل ۲) و در فصل تابستان به صورت لکه‌ای در بخش‌های مرکز و غرب دشت با  $۱۰/۱۵ \pm ۰/۹۴$ ،  $۹/۸۸ \pm ۰/۹۱$  و  $۹/۴۳ \pm ۰/۸۶۴$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۹، ۷ و ۱۱ (شکل ۳) می‌باشد. غلظت‌های بیشینه عنصر روی در فصل بهار به صورت لکه‌ای در بخش‌های مرکز، جنوب و جنوب شرق دشت با  $۷۸/۵۴ \pm ۸/۵۶$ ،  $۵۱/۳۲ \pm ۶/۳۵$  و  $۴۵/۳۷ \pm ۵/۱۱$  قسمت در

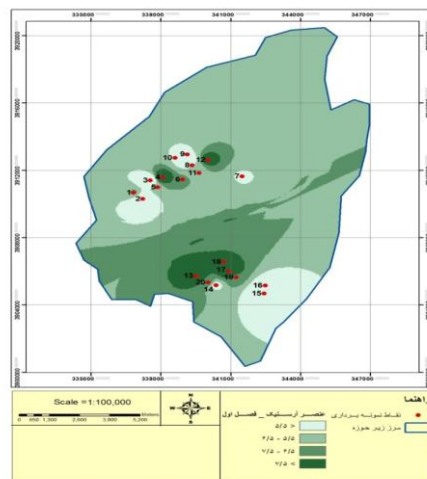
میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۱۵، ۷ و ۱۳ (شکل ۴) و در فصل تابستان به صورت لکه‌ای در بخش‌های مرکز، جنوب و جنوب شرق دشت با  $۸۵/۹۱ \pm ۷/۱۳$ ،  $۵۸/۱۴ \pm ۴/۸۸$  و  $۵۲/۷۵ \pm ۴/۱۸$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۱۵، ۱۳ و ۷ (شکل ۵) می‌باشد. غلظت‌های بیشینه عنصر کروم در فصل بهار به صورت لکه‌ای در بخش‌های مرکز و غرب دشت با  $۰/۱۰۴ \pm ۰/۰۱$ ،  $۰/۰۵۷ \pm ۰/۰۰۶$  و  $۰/۰۵۴ \pm ۰/۰۰۴$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۲، ۱۲ و ۱ (شکل ۶) و در فصل تابستان به صورت لکه‌ای در بخش غرب دشت با  $۰/۱۰۰ \pm ۰/۰۱$ ،  $۰/۰۶۰ \pm ۰/۰۰۲$  و  $۰/۰۵۸ \pm ۰/۰۰۴$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۱ (شکل ۷) می‌باشد. همچنین غلظت‌های بیشینه عنصر منگنز در فصل بهار به صورت لکه‌ای در بخش‌های مرکز و جنوب

غرب دشت با  $۱۱/۳۰ \pm ۱/۱۲$ ،  $۹/۱۴ \pm ۰/۹۱$  و  $۷/۳۲ \pm ۰/۹۱$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه های ۱۷، ۱۹ و ۱۲ (شکل ۹) می باشد.

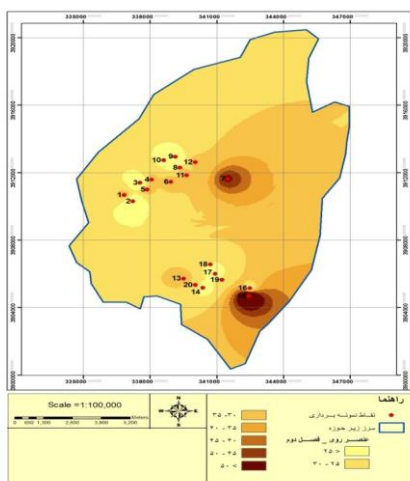
شرق دشت با  $۱۲/۱۹ \pm ۱/۱۳$ ،  $۹/۰۲ \pm ۰/۹۸$  و  $۶/۵۴ \pm ۰/۶۹$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه های ۱۷، ۱۹ و ۱۱ (شکل ۸) و در فصل تابستان به صورت لکه ای در بخش



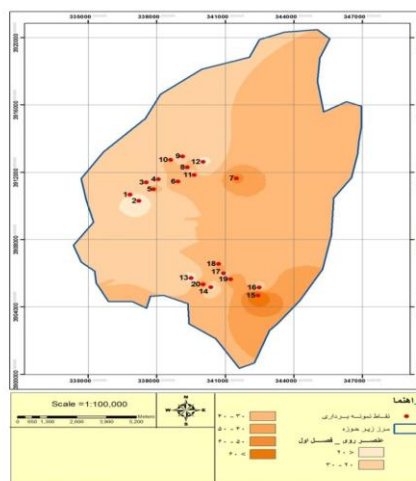
شکل ۳- نقشه پهنه بندی میانگین غلظت عنصر آرسنیک در منابع آب زیرزمینی دشت رزن در فصل تابستان سال ۱۳۹۱



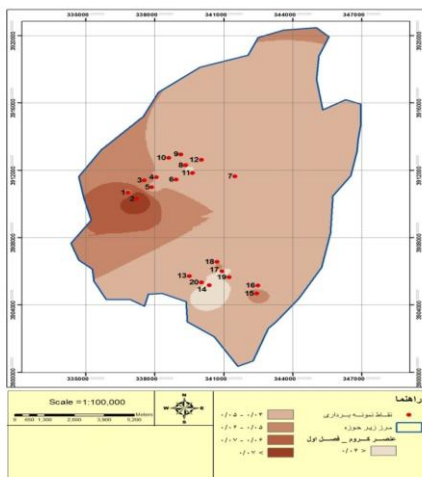
شکل ۲- نقشه پهنه بندی میانگین غلظت عنصر آرسنیک در منابع آب زیرزمینی دشت رزن در فصل بهار سال ۱۳۹۱



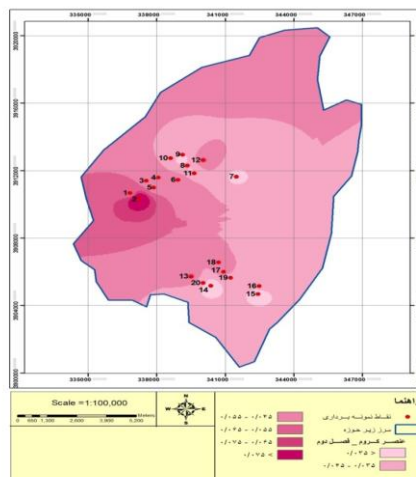
شکل ۵- نقشه پهنه بندی میانگین غلظت عنصر روی در منابع آب زیرزمینی دشت رزن در فصل تابستان سال ۱۳۹۱



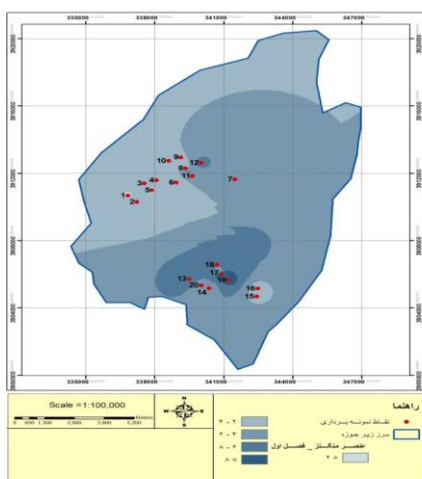
شکل ۴- نقشه پهنه بندی میانگین غلظت عنصر روی در منابع آب زیرزمینی دشت رزن در فصل بهار سال ۱۳۹۱



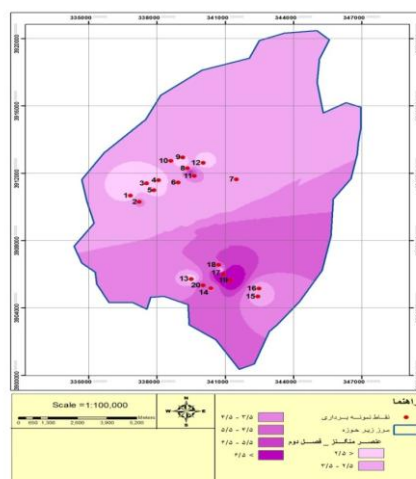
شکل ۷- نقشه پهنه بندی میانگین غلظت عنصر کروم در منابع آب زیرزمینی دشت رزن در فصل تابستان سال ۱۳۹۱



شکل ۶- نقشه پهنه بندی میانگین غلظت عنصر کروم در منابع آب زیرزمینی دشت رزن در فصل بهار سال ۱۳۹۱



شکل ۹- نقشه پهنه بندی میانگین غلظت عنصر منگنز در منابع آب زیرزمینی دشت رزن در فصل تابستان سال ۱۳۹۱



شکل ۸- نقشه پهنه بندی میانگین غلظت عنصر منگنز در منابع آب زیرزمینی دشت رزن در فصل بهار سال ۱۳۹۱

### بحث و نتیجه گیری

میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد بررسی در نمونه‌های برداشت شده فصل بهار بیانگر آن است که کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر منگنز با  $0.020 \pm 0.003$  و  $0.104 \pm 0.01$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه های ۱۴ و ۲ و کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر منگنز با  $0.012 \pm 0.007$  و  $0.113 \pm 0.012$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه های ۱۲ و ۱۷ بوده است (جدول ۱). همچنین میانگین غلظت تجمع یافته عناصر در نمونه‌های برداشت شده فصل تابستان نیز بیانگر آن است که کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر آرسنیک با  $0.029 \pm 0.008$

میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد بررسی در نمونه‌های برداشت شده فصل بهار بیانگر آن است که کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر آرسنیک با  $0.011 \pm 0.009$  و  $0.053 \pm 0.011$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه های ۳ و ۴، کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر روی با  $0.049 \pm 0.010$  و  $0.086 \pm 0.008$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه های ۹ و ۱۵، کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر کروم با

و  $10/15 \pm 0/94$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه های ۱۵ و ۹، کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر روی با  $8/55 \pm 1/02$  و  $85/91 \pm 7/13$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه های ۲ و ۱۵، کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر کروم با  $0/012 \pm 0/002$  و  $0/100 \pm 0/01$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه های ۱۴ و ۲ و کمینه و بیشینه میانگین غلظت عنصر منگنز با  $1/82 \pm 0/15$  و  $11/30 \pm 1/12$  قسمت در میلیارد به ترتیب مربوط به ایستگاه های ۱ و ۱۷، بوده است (جدول ۲).

نتایج پردازش آماری بیانگر آن است که میانگین غلظت عناصر مورد بررسی در منابع آب زیرزمینی دشت رزن در فصول مختلف نمونه برداری کمتر از استانداردهای تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی می باشد (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در نمونه های آب زیرزمینی بین فصول بهار و تابستان نشان داد که میانگین غلظت عنصر آرسنیک، روی، کروم و منگنز در نمونه ها در دو فصل بهار و تابستان با یکدیگر تفاوت معنی داری ندارد ( $P > 0/05$ ) (جدول ۴).

با توجه به این که حل شدن یون های مثبت فلزی در آب (عناصر فلزی آرسنیک، روی، کروم و ...) به آب خاصیت قلیایی می بخشد و pH آن را به بالاتر از ۷ هدایت می کند. به عکس حل شدن یون های منفی نظیر هالیدها (فلوئور، کلر، ید و ...) به آب خاصیت اسیدی می دهد (۱۹). نتایج پژوهش بیانگر آن است که pH نمونه ها در محدوده ۷/۱ تا ۸/۲۱ متغیر بوده که این شرایط سبب کاهش تحرک عناصر و افزایش جذب آن ها توسط کلوئیدهای خاک می شود (۸). با توجه به مقادیر ضریب همبستگی پیرسون (R) (جداول ۵ و ۶)، مشخص شد که بین pH و دمای نمونه ها با میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد بررسی در آن ها، همبستگی معنی دار مشاهده نمی شود. بنابراین می توان چنین استنباط کرد که احتمالاً تغییرات دما و یا pH نقش چندانی در تغییر میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد مطالعه در نمونه ها نداشته است.

غلظت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی به عوامل متعددی وابسته است که از آن جمله می توان به نوع، میزان و زمان کوددهی یا آفت کش های مورد استفاده، شرایط اقلیمی منطقه، زمان برداشت نمونه ها، سطح سفره های آب زیرزمینی و زمین شناسی منطقه اشاره نمود (۲۰). عنصر منگنز عمدتاً در کانی های کربناته مانند دولومیت، عنصر کروم در کانی های پیروکسن و ماگنتیت، عنصر روی در کانی های بیوتیت، آمفوبیل و ماگنتیت یافت می شود. پیریت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت، آرسنوپیریت و اورپیمان از کانی های اصلی هستند که عنصر آرسنیک در آن ها یافت می شود. همچنین سنگ های آهک رسی حاوی عناصر کروم، روی و مس بوده و ممکن است در اثر انحلال در آب زیرزمینی سبب افزایش غلظت این عناصر گردد (۲۱). با توجه به ساختار زمین شناسی منطقه مورد مطالعه که عمدتاً از سنگ های آهکی، آهک رسی، توف و سنگ های دگرگونی می باشد، به نظر می رسد یکی از عوامل بالا بودن میانگین غلظت عنصر روی نمونه ها نسبت به سایر عناصر مورد مطالعه، ساختار زمین شناسی منطقه باشد. با وجود این نمی توان در مورد نقش ساختار زمین شناسی دشت، در ایجاد آلودگی و راهیابی عناصر مورد مطالعه به منابع آب زیرزمینی با قاطعیت نظر داد.

نتایج این مطالعه با دستاورد پژوهش رجایی و همکاران (۱۳۹۱) که طی آن به مطالعه مخاطره سلامت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی دشت علی آباد کتول اقدام نموده و نتیجه گرفتند که اختلاف آماری معنی دار بین غلظت فلزات سنگین منطقه با استاندارد ملی و جهانی وجود ندارد، با دستاورد پژوهش شرفی و همکاران (۱۳۹۰) که طی آن نسبت به بررسی غلظت عناصر سرب، آرسنیک، روی و مس در منابع آب زیرزمینی دشت زنجان اقدام نموده و نتیجه گرفتند که غلظت این عناصر کم تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی می باشد، با دستاورد پژوهش کاشفی و همکاران (۱۳۹۰) که طی آن نسبت به بررسی غلظت عناصر کادمیوم، روی و مس در منابع آب زیرزمینی منطقه چادرملا اقدام نموده و نتیجه گرفتند که غلظت این عناصر پایین تر از حد استاندارد سازمان

۳. اکبرپور، افشین، نصری، فریبرز (۱۳۸۶). فلزات سنگین و محیط‌زیست. پایان نامه کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنجند، ۱۷۶ صفحه.
۴. خواجه پور، س، حسن زاده، ر، عباس نژاد، ا، (۱۳۸۷). "مطالعه میزان آلودگی آب های زیرزمینی جنوب دشت رفسنجان به فلزات سنگین کروم و نیکل"، دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران-ایران.
۵. عفت فرخی، سید علی اصغر مشتاقی، محسن آنی، کیهان قطره سامانی، (۱۳۸۲). "بررسی اثر منگنز بر غلظت لیپوپروتئین های پلاسما و کبد و فعالیت لیپوپروتئین لیپاز در رات"، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، دوره ۵، شماره ۲، صفحات ۴۱-۳۵.
۶. قاسم رجایی، علیرضا پورخباز، سمانه حساری مطلق، (۱۳۹۱). "ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی دشت علی آباد کتول"، مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، شماره ۴، صفحات ۱۶۲-۱۵۵.
۷. پیری، ح، (۱۳۹۰). "اندازه گیری غلظت عناصر سنگین در منابع آب شرب شهر زابل و مقایسه آن با استانداردهای ملی و بین المللی"، یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان-ایران.
۸. رضا حسن زاده، محمد علی حمزه، احمد عباس نژاد، (۱۳۸۹). "ارزیابی آلودگی آب های زیرزمینی محدوده شهر کرمان"، مجله محیط شناسی، دوره ۳۶، شماره ۵۶، صفحات ۱۱۰-۱۰۱.
۹. مهدی کرباسی، الهام کرباسی، علی صارمی، حسین قربانی زاده خرازی، (۱۳۸۹). "بررسی میزان غلظت عناصر سنگین در منابع تامین کننده آب شرب شهرستان الشتر در سال ۱۳۸۸"، فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی لرستان، دوره ۱۲، شماره ۱، صفحات ۶۵-۷۰.

بهداشت جهانی می‌باشد، با دستاورد پژوهش حسن زاده و همکاران (۱۳۸۹) که طی آن نسبت به بررسی فلزات سنگین روی و مس در منابع آب زیرزمینی محدوده شهر کرمان اقدام نموده و نتیجه گرفتند که غلظت عناصر مس و روی پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده برای آب آشامیدنی و کشاورزی توسط سازمان بهداشت جهانی می‌باشد، با دستاورد پژوهش کرباسی و همکاران (۱۳۸۹) که میانگین غلظت فلزات آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، جیوه و روی در چاه های آب شرب الشتر را مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که میانگین غلظت این عناصر پایین‌تر از حد استاندارد بوده است و با دستاورد پژوهش اسوبی (۲۰۱۱) که به بررسی غلظت برخی از فلزهای سنگین در آب مزارع الحسا عربستان سعودی پرداخته و نتیجه گرفت که میانگین غلظت فلزهای سنگین در منابع آب زیرزمینی برای اهداف آبیاری مناسب بوده است، مطابقت دارد (۶، ۸، ۹، ۱۱، ۱۸ و ۲۲).

در نهایت می توان اذعان نمود که اگرچه در حال حاضر منابع آب زیرزمینی این منطقه در معرض آلودگی به فلزات سنگین نیست، اما با توجه به کشت سیب زمینی و انواع صیفی جات در منطقه، وجود عناصر سنگین در آفت کش ها و کودهای شیمیایی و استفاده بی رویه از آن ها در بخش کشاورزی، امکان افزایش غلظت این عناصر در اراضی کشاورزی و به تبع آن منابع آب زیرزمینی به واسطه نفوذ نزولات جوی و آبیاری اراضی دور از انتظار نیست.

#### منابع

1. Alloway, B.J. (1990). Heavy metals in soils. Lead, Blackie and Son Ltd., Glasgow and London, 339 p.
۲. ابراهیم پور، ص، محمدزاده، ح، نصری، ن، (۱۳۸۹). "آلودگی آرسنیک در آب های زیرزمینی و اثرات آن بر سلامتی انسان"، نخستین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه-ایران.

۱۸. کاشفی قاسم آبادی، [ع.ر.](#) دهقانی، م، فهیمی، ف. غ. ر، (۱۳۹۰). "اندازه گیری میزان فلزات سنگین در آب های زیرزمینی منطقه چادر ملو و ارائه برنامه مدیریت زیست محیطی"، [پنجمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست](#)، دانشگاه تهران-ایران.
19. 19. Guler, C., [Ali Kurt](#), M., [Alpaslan](#), M., [Akbulut](#), C., (2012). "Assessment of the impact of anthropogenic activities on the groundwater hydrology and chemistry in Tarsus coastal plain (Mersin, SE Turkey) using fuzzy clustering", *Multivariate statistics and GIS techniques*, (24): 435-451.
۲۰. سالک، س، آتشی، ح، اکبری اسپیلی، ف، (۱۳۸۵). "تعیین غلظت آرسنیک، آنتیموان و کادمیوم در آب های زیرزمینی شهر زاهدان و تعیین کانون ها و علل آلودگی"، [یازدهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران](#)، دانشگاه تربیت مدرس تهران-ایران.
۲۱. حسنی پاک، علی اصغر، (۱۳۸۷). [اصول اکتشافات ژئوشیمیایی](#)، انتشارات دانشگاه تهران، صفحات ۱۴۴ تا ۱۴۹.
۲۲. شرفی، ه، یعقوب پور، ع.م، غفوری، م.ر، (۱۳۹۰). "بررسی آلودگی زیست محیطی فلزات سنگین سمی در آب های زیرزمینی دشت زنجان"، [پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران](#)، دانشگاه تربیت معلم تهران-ایران.
۲۳. الهه موسوی، لقمان خدکرمی، علیرضا سفیانیان، نورالله میرغفاری، (۱۳۹۰). "بررسی توزیع مکانی برخی فلزات سنگین در خاک های استان همدان"، [مجله پژوهش های خاک \(علوم خاک و آب\)](#)، جلد ۲۵، شماره ۴، صفحات ۳۲۴-۳۳۶.
10. 10. Sanders, A.P., Messier, K. P., Shehee, M., Rudo, K., Serre, M.L., Fry, R.C., (2012). "Arsenic in North Carolina (Public Health Implications)", *Environment International*, (38): 10-16
11. 11. Assubaie, F.N., (2011). "Assessment of the levels of some heavy metals in water in Alahsa Oasis farms (Saudi Arabia), with analysis by atomic absorption spectrophotometry", *Arabian Journal of Chemistry*.
12. 12. Homonick, S.C., MacDonald, A.M., Heal, K.V., Dochartaigh, B.E.O., Ngwenya, B.T., (2010). "Manganese concentrations in Scottish groundwater", *Science of the Total Environment*, (408): 2467-2473.
۱۳. سازمان آب منطقه ای استان همدان، ۱۳۹۰. [اطلاعات منابع آب شهرستان رزن](#)، ۱۰ صفحه.
۱۴. سازمان مدیریت و برنامه ریزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۸۳. [دستور العمل نمونه برداری آب](#)، نشریه شماره ۲۷۴، ۱۶ صفحه.
۱۵. رهنما، ص، خالدیان، م.ر، شاهنظری، ع، فرقانی، ا، رضایی، م، (۱۳۹۰). "پهنه بندی آلودگی فلزات سنگین آب های زیرزمینی گیلان مرکزی"، [کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی منابع آب ایران](#)، زنجان-ایران.
۱۶. لیما طیبی، سهیل سبحان اردکانی، (۱۳۹۱). "سنجش پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب و عوامل مؤثر بر آن، علوم و تکنولوژی محیط زیست"، دوره ۱۴، شماره ۲، صفحات ۳۷-۴۹.
۱۷. مژگان دهقانی، احمد عباس نژاد، (۱۳۸۹). "آلودگی سفره آب زیرزمینی دشت انار به نترات، سرب، آرسنیک و کادمیوم"، [محیط شناسی](#)، دوره ۳۶، شماره ۵۶، صفحات ۸۷-۱۰۰.