

## بررسی اثرات زیست محیطی فلزات سنگین منطقه سیاه جنگل - سرکهنو

غزل حاج نجفی<sup>۱</sup>، محمد رضا جعفری<sup>۲</sup>، محمود الماسیان<sup>۳</sup>، مهدی هوشیار<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

۴- کارشناس ارشد رشته هیدروژئولوژی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

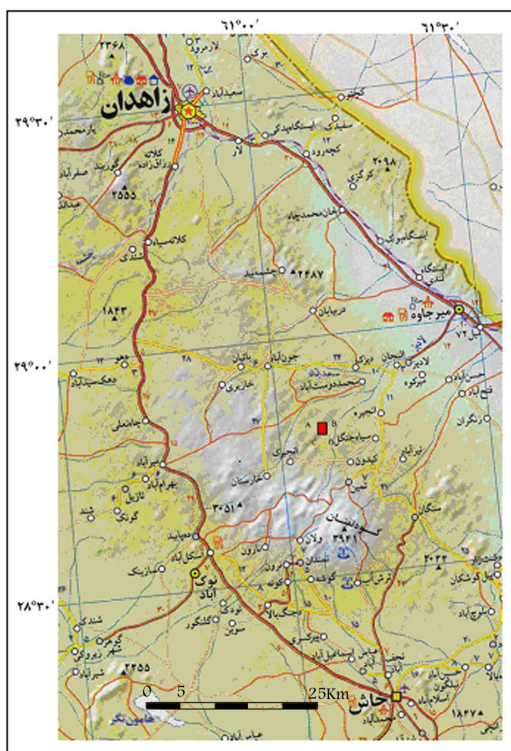
### چکیده

در مسائل زیست محیطی بررسی فلزات سنگین از اهمیت خاصی برخوردار است. برای توسعه پایدار صنایع معدنی کشور لازم است تا جنبه های زیست محیطی آن مورد شناسایی قرار گیرد. هدف از این مقاله بررسی و منشاء طلا و عناصر همراه در منطقه سیاه جنگل استان سیستان و بلوچستان بر عناصر آلوده کننده محیط زیست است. محدوده مورد مطالعه در نزدیکی روستای سرکهنو واقع در شمال آتشفشان تفتان در جنوب شرق ایران و در ۱۲۰ کیلومتری جنوب شرق شهر زاهدان قرار دارد. از نظر زمین شناسی، منطقه اکتشافی سیاه جنگل-سرکهنو در ناحیه فلیشی شرق ایران و در مجاورت یکی از مراکز فعال تکتونوماگمایی ایران واقع شده است این ناحیه شامل مجموعه رسوبات فلیشی و سنگ های افیولیتی با سن کرتاسه بالایی و پالئوسن است که در بین بلوک لوت و افغان (هلمند) واقع شده است. به منظور ارزیابی آلودگی فلزات سنگین، در این منطقه به صورت سیستماتیک نمونه برداری صورت پذیرفت. نمونه ها پس از آماده سازی مورد تجزیه قرار گرفتند. نتایج بدست آمده با استاندارد سازمان بهداشت جهانی مقایسه شدند و مشخص گردید که عناصر کادمیوم، سرب، نیکل و آرسنیک در این ناحیه دارای آلودگی بوده و خوشبختانه عنصر جیوه آلودگی زیادی را ایجاد نمی کند. بر اساس نقشه های پهنه بندی آلودگی عناصر آرسنیک، سرب، نیکل، جیوه و کادمیوم در منطقه و مناطق آلوده و در معرض آلودگی شناسایی شدند. این نقشه ها نشان دادند که عناصر یاد شده سبب آلودگی منطقه شده اند.

**واژگان کلیدی:** فلزات سنگین، ناحیه فلیش، سرکهنو و سیاه جنگل، سیستان و بلوچستان

## مقدمه

اما رودخانه سرکهنو که از ارتفاعات شمال تفتان و شرق خارستان منشعب می‌شود موجب تأمین و تغذیه منابع آبی منطقه می‌گردد. از رودخانه‌های مهم منطقه می‌توان رودخانه سرکهنو، پاچنو، چلنگ و چاهون را نام برد. طبق تقسیم بندی‌های داخلی بین اقوام مستقر در اطراف زاهدان، منطقه مورد مطالعه قلمرو طایفه ریگی است. روستای سرکهنو شامل معدودی ساختمان و چند سیاه چادر است که مجموع ۷ خانوار در آن زندگی می‌کنند. عمده محصول کشاورزی ناحیه گندم است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده

## زمین شناسی

محدوده اکتشافی سیاه‌جنگل از نظر زمین ریخت شناسی ارتفاعات و ناهمواری‌هایی با امتداد شمال‌غربی- جنوب‌شرقی است که در شمال آتشفشان نیمه فعال تفتان واقع شده است. ناهمواری‌های مرتفع و خشن که بخش‌های تپه‌ماهوری را در بر گرفته‌اند رخساره

فلزات در محیط زیست به صورت جامد، مایع و یا گاز حضور دارند و می‌توانند به صورت خالص و یا ترکیبات آلی و غیرآلی باشند، آلودگی با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست محیطی عمده در جوامع بشری است که سلامتی افراد جامعه را به خطر می‌اندازد. در هواکره فلزات به صورت ترکیبات گازی و ذرات معلق در حضور پیدا می‌کنند. سنگ‌کره منبع اصلی تمامی فلزات (به غیر از فلزاتی که از طریق فضا و به شکل غبارات کیهانی و شهاب سنگی وارد اتمسفر می‌گردند) است. درون سنگ‌کره، فلزات در کانی‌ها، شیشه‌ها و مواد مذاب حضور می‌یابند، در آب‌کره فلزات به صورت یون‌های محلول و کمپلکس کلئیدی و جامدات معلق وجود دارند. فلزات می‌توانند به صورت ذرات معلق و گازی به وسیله تنفس و فلزات یا به وسیله بلعیدن و یا جذب شدن وارد زیست‌کره می‌شوند. با توجه به این موضوع که ایران یک کشور درحال توسعه بوده و برای پیشرفت خود ناچار به توسعه معادن است برای توسعه پایدار صنایع معدنی کشور لازم است تا جنبه‌های زیست محیطی آن مورد شناسایی قرار گیرد. در مسائل زیست محیطی بررسی فلزات آلاینده از اهمیت خاصی برخوردار است. که مهمترین دسته از فلزات آلاینده، فلزات سنگین هستند. محدوده مورد مطالعه در نزدیکی روستای سرکهنو واقع در شمال آتشفشان تفتان در جنوب شرق ایران و در ۱۲۰ کیلومتری جنوب شرق شهر زاهدان قرار دارد. بهترین راه دسترسی به محدوده مورد مطالعه استفاده از جاده آسفالت زاهدان - میرجاوه است. (شکل ۱). نزدیک بودن منطقه سرکهنو به آتشفشان تفتان سبب معتدل شدن شرایط آب و هوا در این منطقه شده است. میزان بارش سالیانه در این منطقه از ۱۲۰ میلی‌متر تجاوز نمی‌کند،

کلی منطقه را تشکیل می‌دهند. عوارض تپه‌ماهوری و ارتفاعات خشن گویای شدت تاثیر فرسایش بر روی واحدهای سنگی است. از نقطه نظر زمین‌شناسی، این ناحیه شامل مجموعه رسوبات فلیشی و سنگ‌های افیولیتی با سن کرتاسه بالایی، پالئوسن است که در بین بلوک لوت و افغان (هلمند) واقع شده است. منطقه اکتشافی سیاه جنگل-سرکهنو در مجاورت یکی از مراکز فعال تکنونوماگمایی ایران واقع شده است. آتشفشان تفتان در زمره آتشفشان‌های نیمه فعال است. فعالیت‌های ماگمایی و تکتونیکی سبب در هم ریختگی و پیچیدگی زمین‌شناسی ناحیه و به تبع آن محدوده اکتشافی سرکهنو شده است. واحدهای زمین‌شناسی محدوده شامل رخنمون کلیه واحدهای شکل ۲ ارائه شده است. [۱۴]

- واحد CM (کالردملائنژ): افیولیت به مجموعه‌ای از سنگ‌های بازیگ و اولترابازیک به همراه رسوبات پلاژیک نواحی بسیار عمیق گفته می‌شود. که عموماً نظم چینه‌ایی ندارد و به طور قابل ملاحظه‌ایی با یکدیگر مخلوط شده‌اند ترکیب شیمیایی سنگ‌های اولترامافیک ومافیک این واحد ها مشابه گوشته‌های اقیانوسی است. به همین لحاظ به نظر می رسد که افیولیت‌های ایران باقی مانده‌های پوسته‌های اقیانوسی هستند که در محل اشتقاق قاره تشکیل شدند. ولی به لحاظ بسته شدن اشتقاق‌ها ضمن دگرگون شدن و مخلوط شدن از قعر زمین درز به روی لبه پوسته‌های قاره‌ایی رانده شده‌اند بنابراین از نظر ژئودینامیکی افیولیت‌های ایران حد قاره‌های قدیمی را تشخیص می‌دهند. جدا از واژه افیولیت واژه‌های آمیزه‌های افیولیتی ، آمیزه‌های رنگین (کالردملائنژ) هم گفته می‌شود.

- واحد ksp<sup>1</sup>u: این واحد شامل گدازه‌های بالشی

واسپلیتی مربوط به کرتاسه بالایی است.

- واحد Efs<sup>h</sup>: این واحد رسوبی مشتمل بر شیل و ماسه سنگ به سن ائوسن بوده و بیشترین گسترش را در محدوده مورد مطالعه به خود اختصاص داده است.

- واحد Esh: این واحد شامل شیل قرمز و فیلیت و آزرلیت مربوط به ائوسن است.

- واحد Es<sup>2</sup>: این واحد شامل لایه‌های سبز وخاکستری ماسه سنگ به سن ائوسن است.

- واحد Ew: این واحد شامل فیلیش‌های آشفته که مربوط به ائوسن است

- Efv: این واحد شامل روانه‌هایی از بازالت در ارتباط با شیل‌های پلیتی دگرگون سن به ائوسن است.

- واحد Eda: این واحد شامل آندزیت و داسیت مربوط به ائوسن است.

- واحد Esh<sup>1</sup>: این واحد شامل گل سنگ و ماسه سنگ مربوط به ائوسن است.

- واحد Qa<sup>1</sup>: این واحد شامل روانه‌های آندزیت و داسیت و برش‌های ولکانیکی به سن کواترنری است.

- واحد Qa<sup>2</sup>: این واحد شامل روانه‌های آندزیت و داسیت مربوط به کواترنری است.

- واحد Qt<sup>1</sup>: این واحد شامل قدیمی‌ترین دشت آبرفتی مربوط به کواترنری است.

- واحد Qtv: این واحد شامل توف‌های آندزیتی و ایگنمبریت لاپیلی و کنگلومراهای مخروطه‌افکنه‌ایی است مربوط به کواترنری است.

#### روش کار

روش کار در این پژوهش شامل دو مرحله نمونه‌برداری و مطالعات نتایج آزمایشگاهی است. عملیات اکتشافی ژئوشیمیایی در محدوده مورد مطالعه شامل برداشت‌های

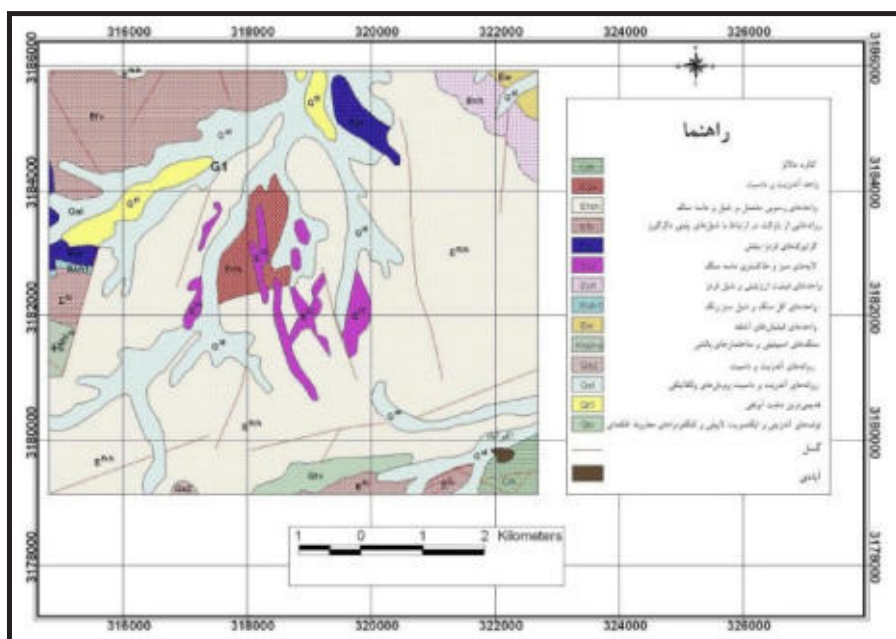
آلودگی هر نقطه از محدوده مورد مطالعه از نظر آلودگی فلزات سنگین مشخص شود سپس با استفاده از نرم افزار Arc view منطقه از نظر آلودگی فلزات سنگین پهنه بندی شده است.[۱۵]

### منشأ و اثرات عناصر سنگین

فلزات سنگین شامل فلزاتی هستند که وزن مخصوص بیش از آهن دارند و افزون بر آن کادمیوم که وزن مخصوص کمتری نسبت به آهن دارد و آرسنیک که فلز نیست به واسطه مسمومیت و ایجاد خطرات زیست محیطی آنها در گروه فلزات سنگین قرار می گیرند. عمده فلزات سنگین سمی شامل آنتیموان، آرسنیک، باریم، کادمیوم، کروم، سرب، مس، جیوه، منگنز، و آهن می باشند.

اثرات این عناصر بر روی ارگانیسم ها و سلامت شان وابسته به مقدار تمرکز آنها در اندام های این موجودات

رسوبات آبراهه ای است، بدین منظور در ابتدا شبکه برداشت رسوبات آبراهه ایی بر اساس کلیه داده های اکتشافی موجود طراحی گردید. روش نمونه برداری، ردیفی- تصادفی است. رسوبات آبراهه ایی دارای مزایایی از جمله بزرگی میدان اثر نمونه ها، سهولت نمونه برداری و آماده سازی و قابلیت پوشش وسیع یک منطقه، این رسوبات حاصل فرسایش و حمل مواد از حوضه های بالا دست می باشند و بنابراین نماینده خوبی از محیط های واقع در مسیر حرکت آب هستند. این مهم در آزمایشگاه AMDEL کشور استرالیا انجام گرفت. تمامی نمونه ها برای ۴۴ عنصر و به روش ICP-MS (انحلال در چهار اسید) تجزیه شدند. پس از اخذ نتایج تجزیه نمونه ها کلیه داده های حاصل از بررسی های رسوبات آبراهه ایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت تا میزان



شکل ۲- نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

در صورت راه پیدا نمودن آلودگی‌های ناشی از آرسنیک و ترکیبات آن به آب‌های زیرزمینی و سطحی و بالا رفتن میزان آن از حد مجاز، خطرات متعددی آبریان و حتی انسان را تهدید می‌نماید.

کادمیوم فلزی دو ظرفیتی است. نرم، چکش‌خوار، انعطاف‌پذیر که با چاقو به راحتی بریده می‌شود. اگرچه کادمیوم کانی گرینوکیت را تشکیل می‌دهد اما بیشتر کادمیوم جانشین روی در اسفالریت می‌شود و غلظت آن در اسفالریت ممکن است به ۱/۳ درصد وزنی هم برسد. کادمیوم در معادن سرب و روی وجود دارد و در ضمن معدنکاری و کانه‌آرایی وارد محیط می‌شود. البته معدنکاری کادمیوم تنها جز کوچکی از آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های بشر را تشکیل می‌دهند. کادمیوم از معدود عنصری است که هیچ‌گونه نقش ساختاری در بدن انسان ندارد. این عنصر و ترکیبات محلول آن حتی به میزان بسیار کم سمی هستند و در اندام‌های موجودات زنده ذخیره می‌شوند. مهمترین اثر مسمومیت کادمیوم انعقاد پروتئین‌های اوهره و گرفتگی مجاری و لوله‌های کلیه و تسریع در تشکیل و پیدایش سنگ کلیه است. تنگی تنفس و سستی استخوان نیز از عوارض دیگر مصرف کادمیوم است. ضمناً وجود میکروگلوبولین در ادرار از نشانه‌های مشخص مسمومیت با کادمیوم است [۲]. کادمیوم به دلیل فرسایش خاک، سنگ‌بستر و نیز در ته‌نشست آلودگی‌های ناشی از کارخانه‌های صنعتی و برخی کودهای کشاورزی وارد محیط‌زیست می‌شوند. از طریق ذخیره‌سازی در اندام گیاهان مانند گندم و برنج و همچنین جایگزینی توسط روی می‌تواند وارد بدن انسان شود. سازمان بهداشت جهانی حداکثر میزان روزانه قابل تحمل در بدن انسان را ۶۰ ppb تعیین کرده‌اند.

است. کمبود و یا ازدیاد بیش از حد عناصر ضروری در بدن می‌تواند باعث ایجاد مشکلات فراوانی گردد. مقدار مجاز این فلزات در خاک در جدول ۱ ارائه شده است [17]. در همین راستا میزان غلظت فلزات آرسنیک، کادمیوم، سرب، جیوه و نیکل مورد بررسی قرار گرفت و میزان آلودگی عناصر یاد شده مشخص شد.

جدول ۱- حد استاندارد عناصر در خاک و حد مجاز برای سلامتی انسان و محیط [17]

فلز	حدمناسب خاک	حدمجاز برای سلامتی انسان و محیط
آرسنیک	۲۰	۳۰
کادمیوم	۱	۵
سرب	۵۰	۱۵۰
جیوه	۰/۵	۲
نیکل	۵۰	۱۰۰

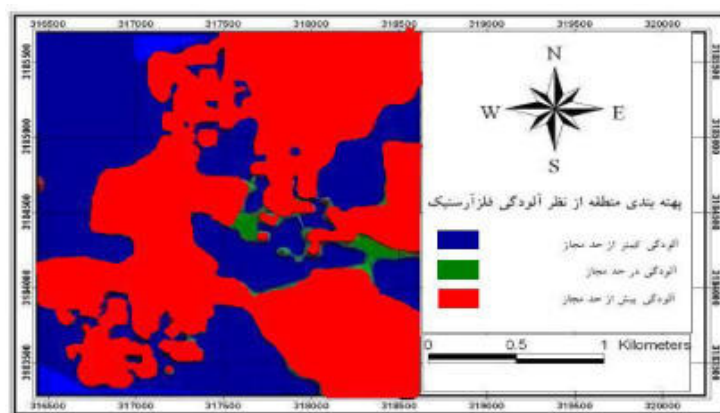
کلیه واحد‌ها بر حسب mg/kg وزن خشک است

کانی‌های عنصر آرسنیک به دو صورت رآلگار و اریپیمان که از سولفورهای آرسنیک است وجود دارد. مهمترین ترکیبات آرسنیک عبارتند از: آرسنیک سفید، سولفید آن، آرسنیت کلسیم و آرسنیت سرب، آرسنیک از نظر شیمیایی شبه فلز است. وقتی به آن حرارت داده می‌شود به صورت اکسیدآرسنیک در می‌آید که بوی آن مانند سیر است. میزان فراوانی آن در سنگ‌ها کم است. معمولاً به عنوان عنصر همراه در ذخایر فلزی همانند طلا و نقره و یا در ذخایر غیرفلزی مانند زغالسنگ یافت می‌شود. بررسی و توجه به مشکلات زیست‌محیطی ناشی از آرسنیک از اهمیت قابل توجهی برخوردار است، بایستی توجه نمود که به دلیل سمیت بالا، در صورت عدم رعایت اقدامات ایمنی مناسب در هنگام تولید و تماس با مواد ترکیبی آرسنیک، ممکن است علاوه بر علائم اولیه همانند مشکلات پوستی، سردرد، سرگیجه بیماری‌های متعددی از قبیل ابتلا به انواع سرطان‌های ریه و مثانه، بیماری‌های قلبی در افراد ایجاد گردد. از طرفی

آلی سرب به خوبی از راه پوست جذب می‌شود. شایع‌ترین علت مسمومیت، جذب ذرات سرب موجود در هوا از طریق مجاری تنفسی بوده و جذب سرب به طریق استنشاقی در افراد بالغ حدود ۱۰ درصد و در اطفال حدود ۴۰ درصد است. به طور کلی بی‌اشتهایی، ضعف عقلانی، سردرد، عصبانیت، دردهای عودکننده شکمی، ضعف عضلانی از عوارض مسمومیت با سرب می‌باشد. و تماس با سرب موجب تشنج، اغماء و مرگ می‌شود [۲]. نیکل (Ni) فلز نیکل بیشتر در ذخایر لائیتی (Latterite) و ماگمایی وجود دارد. لائیت‌ها از هوازدگی سنگ‌های اولترامافیکی در شرایط آب و هوای استوایی به وجود می‌آیند. ماگماهای حاوی نیکل نیز ماگماهای اولترامافیکی هستند. مصرف مقادیر کم نیکل برای تولید سلول‌های قرمز خون در بدن انسان مفید است، هر چند در مقادیر بالا تا حدودی می‌تواند سمی باشد. سمی‌ترین ترکیب نیکل که اغلب در کارخانه‌ها مشاهده می‌شود. کربونیل نیکل است که عوارض آن به صورت آلرژی، سرطان و اختلالات تنفسی دیده می‌شود. از جمله مسائل زیست‌محیطی مرتبط با نیکل وضعیت‌های صنعتی تولیدکننده غبار و بخارات نیکل دار است. به نظر می‌رسد طی عملیاتی که در کوره‌ها صورت می‌گیرد کارگران در معرض سولفیدها، اکسیدها و سولفات‌های نیکل قرار می‌گیرند، یکی از جدی‌ترین این وضعیت‌ها است. زیرا خطر مبتلا به سرطان بینی و ریه در این حالت افزایش می‌یابد [۷].

مهم‌ترین کانی فلز جیوه، سینابر است. این عنصر می‌تواند در سنگ‌ها به صورت اکسید سولفید، هالید، کمپلکس‌آلی و یا به صورت فلز خالص یافت شود. نمک‌های جیوه مثل کلرید جیوه در آب قابل حل هستند، اما جیوه طبیعی نه تنها در آب قابل حل نیست بلکه

سرب به طور معمول از کانی رایج گالن بدست می‌آید. این کانی در ذخایر گرمابی یافت می‌گردد. سرب، به دلیل استفاده در باتری‌های ذخیره کننده برق همچنان از معادن استخراج می‌گردد. معدن‌کاری و فراوری سرب از آلوده کننده‌های تاریخی مهم به شمار می‌روند. بطوری که تا سال ۱۹۷۰ آلودگی زیادی را ایجاد کرده‌اند ولی بعد از آن به دلیل کنترل شدید، از خطرات آنها تا حدودی کاسته شده است. بیشترین خطر سرب ناشی از وجود سرب در بنزین و نیز استفاده از آن در رنگ است [۷]. سرب به علت نقطه ذوب پایین و مصرف در تهیه آلیاژها، قدرت چکش‌خواری خوب، مقاومت شیمیایی آن و وزن مخصوص بالاتر از اغلب فلزات، در صنعت مورد استفاده زیادی دارد [۵]. امروزه تولید تتراتیل سرب و ترکیبات وابسته آن که به عنوان مواد افزودنی به بنزین اضافه می‌شد در کشورهای توسعه یافته، ممنوع اعلام شده است ولی در کشورهای در حال توسعه هنوز مصرف می‌شود. این سرب از طریق دود خروجی اتومبیل‌ها وارد اتمسفر شده و در نهایت از طریق دانه‌های باران وارد منابع آبی می‌شود. مطالعاتی که در مورد میزان سرب در محصولات غذایی انجام شده، نشان می‌دهد که هرچه فاصله کشت این محصولات از جاده‌های پررفت و آمد دورتر باشد سرب موجود در آنها نیز کمتر است. سربی که ممکن است جذب بعضی از محصولات کشاورزی شود تنها از طریق هوا و یا آبیاری مزارع با آب‌های آلوده به ترکیبات سرب‌دار نیست، بلکه مصرف مواد دفع آفات نباتی سرب‌دار نیز عامل مهمی در این زمینه محسوب می‌گردد [۵]. سرب از طریق دستگاه گوارش، سیستم تنفسی و پوست جذب می‌شود. جذب سرب از طریق پوست بستگی به نوع ترکیب آن دارد. ترکیبات معدنی سرب به کندی جذب می‌گردد. در حالی که ترکیبات



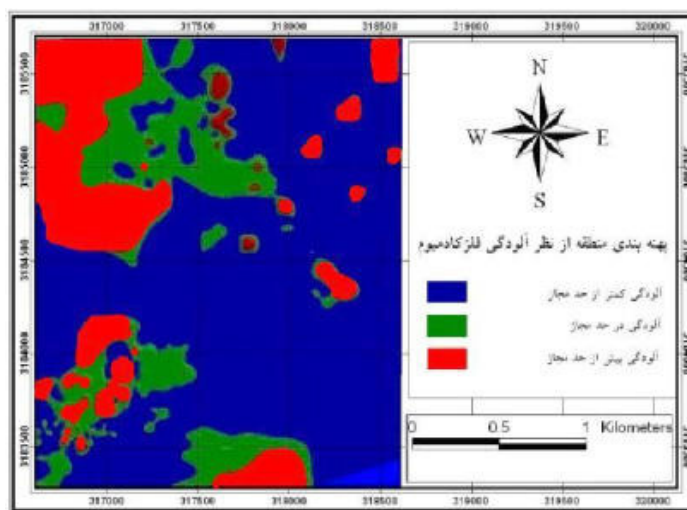
شکل ۳- پهنه‌بندی آلودگی عنصر آرسنیک

کودکان، تمرکز جیوه در بافت بدن ماهی‌ها بزرگترین خطر سلامتی برای انسان‌هاست چرا که ماهیان توانایی بالایی به جذب این عنصر دارند.

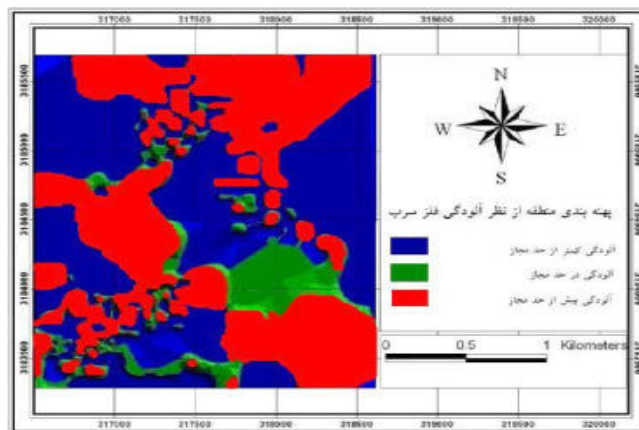
### بررسی آلودگی عناصر فلزی

بر اساس مباحث گفته شده، برخی از عناصر باعث آلودگی منطقه شده است، لذا بر اساس حد مناسب این عناصر در خاک و و حد مجاز این عناصر برای سلامتی انسان، محدوده مورد مطالعه از نظر آلودگی این عناصر

با اسیدهای ضعیف نیز واکنش نشان نمی‌دهد. جیوه به حالت عنصر و یا ترکیبات آلی هر دو قادرند اثرات حاد و مزمنی در انسان برجای بگذارند. در صورت بلع و تنفس بیش از حد این عنصر تمامی عملیات سوخت و ساز بدن از بین رفته و در نهایت منجر به مرگ می‌گردد. از عوارضی که جیوه بر روی انسان‌ها ایجاد می‌کند شامل: آسیب به دستگاه ایمنی، تغییر شکل DNA، اختلالات روانی، اختلالات گفتاری، کری و کوری، اختلال در رشد



شکل ۴- پهنه‌بندی آلودگی عنصر کادمیوم



شکل ۷- پهنه‌بندی آلودگی فلز نیکل

### توزیع آلودگی فلز کادمیوم

با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی آلودگی عنصر کادمیوم (شکل ۴) بیشترین آلودگی این عنصر در قسمت شمال غربی محدوده متمرکز شده است. در بقیه جهات به صورت نقطه‌ای مشاهده می‌شود. بخش‌های وسیعی از منطقه دارای پتانسیل بالایی برای آلودگی هستند.

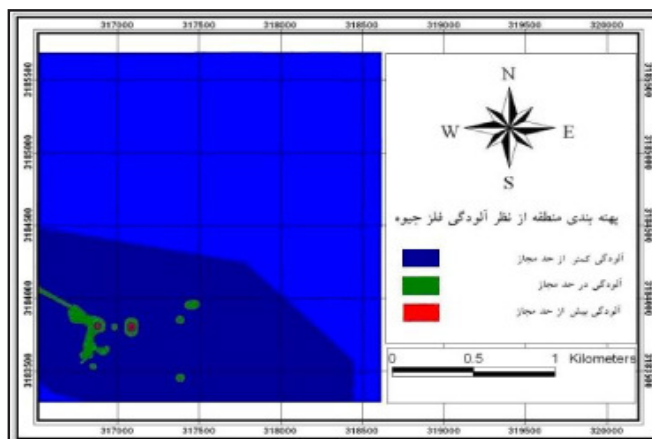
### توزیع آلودگی فلز جیوه

با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی آلودگی فلز جیوه (شکل ۵)، این عنصر عاملی خطرناک برای محیط‌زیست نیست. فقط به صورت نقطه‌ای در قسمت جنوب غربی باعث آلودگی اندکی می‌شود.

پهنه بندی گردیده و مناطقی که دارای آلودگی بیش از حد مجاز هستند با رنگ قرمز، مناطقی که دارای پتانسیل آلودگی می‌باشند با رنگ سبز و مناطقی که فاقد آلودگی می‌باشند با رنگ آبی مشخص گردیده است.

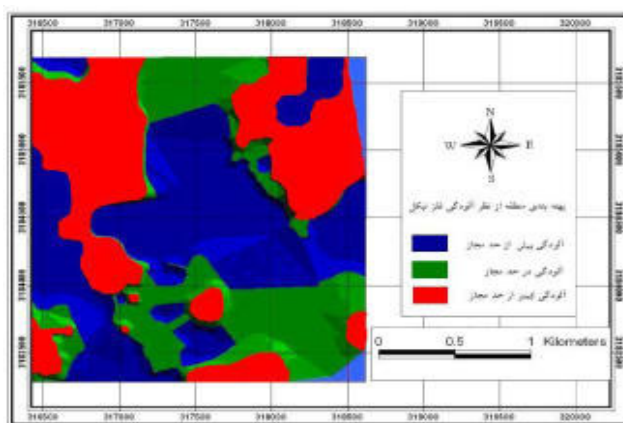
### توزیع آلودگی عنصر آرسنیک

با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی آلودگی عنصر آرسنیک (شکل ۳) این عنصر پهنه وسیعی از محدوده را آلوده کرده است. بیشترین آلودگی را در قسمت‌های شمال شرقی و جنوب غربی و بخش‌هایی از شرق و جنوب شرق محدوده می‌توان مشاهده کرد. آلودگی قسمت‌های شمال‌شرقی نسبت به سایر نقاط از کمیت بیشتری برخوردار است.



شکل ۵- پهنه‌بندی آلودگی فلز جیوه





شکل ۶- پهنه‌بندی آلودگی فلز سرب

### توزیع آلودگی فلز سرب

با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی آلودگی فلز سرب (شکل ۶) این فلز در محدوده برای محیط زیست خطر آفرین است. آلودگی در بخش‌های شمالی، شمال شرقی، غرب و جنوب شرقی از کمیت بیشتری برخوردار است. و در بقیه جهات به صورت نقطه‌ای پخش شده است.

### توزیع آلودگی فلز نیکل

با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی آلودگی فلز نیکل (شکل ۷) آلودگی در تمامی جهات پراکنده است. ولی در بخش‌های شمال غربی و شمال شرقی این آلودگی از تمرکز بیشتری برخوردار است.

### نتیجه‌گیری

داده‌های حاصل از تجزیه نمونه‌ها و نقشه‌های پهنه‌بندی نشان از وجود عناصر فلزی در منطقه دارد. کمیت عناصری نظیر نیکل، آرسنیک، کادمیوم و سرب در اغلب نقاط به خصوص در مناطق شمال شرقی، شمال غرب و مرکز تجمع این عناصر بیش از حد استاندارد است و این مسئله برای محیط زیست منطقه نگران کننده است. عنصر جیوه که یکی از فلزات خطرناک است خوشبختانه دارای فراوانی کمی در محدوده مورد مطالعه

است. با استفاده از نقشه‌های پهنه بندی منطقه از نظر غلظت عناصر فلزی می‌توان توزیع این عناصر را در محدوده مورد مطالعه براحتی ملاحظه کرد. این نتایج نشان می‌دهد که در عملیات استخراج معادن فلزی بایستی توجه شایانی به مسائل زیست محیطی نمود. چه بسا مواد باطله در محلی دپو شوند که سبب آلودگی محیط شوند. زیرا این مواد در اثر انحلال و واکنش با آب باران در این محل‌ها شسته شده و به منابع آبی راه پیدا نماید. در صورتی که غلظت فلزات سنگین در منابع آبی منطقه افزایش یابد این فلزات محلول در آب توسط گیاهان و جانوران جذب شده و به چرخه غذایی وارد می‌شود و سبب مسمومیت‌ها و بیماری‌های مختلفی می‌گردد.

### منابع

- ۱- آقاباتی، ع، (۱۳۸۳)، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۹۲ص.
- ۲- احمدی‌زاده، م، (۱۳۷۶)، سم‌شناسی فلزات سنگین، نشر هزاران، ۱۴۴ص.
- ۳- حسینی‌پاک، ع، (۱۳۷۵)، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، دانشگاه تهران، ۵۷ص

17-WHO(2006), Guidelines Edition, including amendmen. www.who.int/waters anitation \_health /dwq/gdwq3rev/en/index.html  
18)Camp,V.E.,and Griffis,R.J.,(1981),character,gnesis and tectonic setting of igneous rocks in the Sistan sature zone,eastern Iran. pp.236-250.

۴-حسینی پاک، ع، (۱۳۸۰)، تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران، ۹۷۷ص.

۵-حسینیان م، (۱۳۶۲)، آب و سلامتی انسان، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۰۹ص.

۶-غضبان، ف، (۱۳۸۵)، زمین‌شناسی زیست‌محیطی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۴۰ص.

۷-مر، ف، هرمزی و یعقوب پور(مترجمان)(۱۳۷۵)، منابع معدنی از دیدگاه اقتصادی و زیست محیطی، انتشارات ویژه نشر، ۵۸۰ص.

۸-کریم‌پور، ح، سعادت، س، (۱۳۸۴)، زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۵۳۵ص.

۹-مجبی، د، (۱۳۸۴)، اکتشاف کانسارهای معدنی، انتشارات مهتاب اندیشه، ۴۵۲ص

۱۰-توکلی، س، (۱۳۸۳)، اقتصاد زمین‌شناسی و معادن، انتشارات تهران شانا، ۴۰۰ص

۱۱-احسانی، ح، (۱۳۸۵)، زمین‌شناسی اقتصادی، انتشارات تهران سیاه قلم، ۳۳۰ص

۱۲-تهرانی پاد، ب، (۱۳۸۳)، زمین‌شناسی اقتصادی، انتشارات گلستان دانش، ۴۳۴ص.

۱۳-لایتنر، ر، (۱۳۶۹)، زمین‌شناسی سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۳۶۸ص.

۱۴- سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۷۹)، نقشه زمین‌شناسی تفتان، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

۱۵-یزدی، م، (۱۳۸۱)، روش‌های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۰ص.

16-Adrienne,C.L.,LarocquePatricia,E.,Rasmussen,(1998)An overview of trace metals in the environment ,from mobilization to remediation.pp.1234-1340