

مطالعه پراکندگی عناصر رادیواکتیو با استفاده از داده‌های رادیومتری و ماهواره‌ای در منطقه اهر (استان آذربایجان شرقی، ایران)

همتعلی اسدزاده^۱، افشارضیاء ظریفی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف معدن دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

۲- استادیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

(*عهده دار مکاتبات - afshar_zarifi@yahoo.com)

چکیده

عناصر پرتوزای موجود در طبیعت در پروسه فروپاشی خود به عناصر دیگر، پرتوهای آلفا، بتا و گاما تابش می‌کنند که با توجه به قدرت نفوذ اشعه گاما، از اندازه‌گیری‌های این اشعه برای اکتشاف رادیومتری عناصر رادیواکتیو بخصوص اورانیوم استفاده می‌شود. با استفاده از داده‌های برداشت شده هوایی رادیومتری، به راحتی می‌توان یک منطقه وسیع را در مدت زمان بسیار کوتاه و با صرف هزینه اندک مورد بررسی قرار داد و در نهایت به مناطق امیدبخش عناصر پرتوزا دسترسی پیدا کرد. در این تحقیق ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای آلتراسیون‌ها شناسایی و رقومی شدند. در مرحله بعدی داده‌های زمین شناسی و تکتونیکی منطقه به همراه داده‌های رادیومتری وارد پایگاه تلفیق داده‌های مکانی شدند. پردازش و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی بر مبنای تلفیق همپوشانی شاخص انجام شد. در نهایت مناطق مستعد کانی زایی اورانیوم برای ادامه کارهای اکتشافی مشخص شدند.

واژگان کلیدی: داده‌های رادیومتری، آلتراسیون، عناصر پرتوزا.

۱- مقدمه

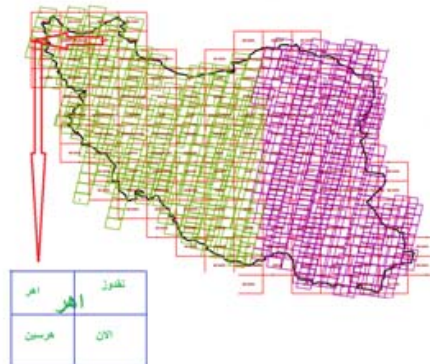
بررسی‌های اکتشافی با استفاده از فن‌آوری سیستم اطلاعات جغرافیایی یکی از کاربردی‌ترین ابزار اکتشاف مواد معدنی است. سیستم اطلاعات جغرافیایی با ایجاد پایگاه مناسب داده‌ای، فضای مناسبی را برای دسترسی به اطلاعات معدنی و تحلیل داده‌ها و تعیین مناطق جدید اکتشافی پدید می‌آورد. توسط این سیستم می‌توان در مقیاس‌های مختلف به طراحی شبکه برداشت، تعیین مکان‌های حفر گمانه، تونل و چاه اکتشافی، تهیه مقاطع مختلف و نظایر آن پرداخت. در اکتشافات مقدماتی، تفصیلی و نیمه تفصیلی امکان دسترسی همزمان به کلیه اطلاعات زمین‌شناسی و معدنی منطقه این شرایط را فراهم می‌کند که با تحلیل داده‌ها بهترین مناطق جهت اکتشاف عنصر یا عناصر خاص تعیین گردیده و از اتلاف بودجه و وقت جلوگیری به عمل آید (بونهام کارتر، ۱۳۷۹). به طور کلی این مطالعات دو هدف عمده را دنبال می‌کند. هدف اول از بکارگیری این فن‌آوری، گردآوری، آماده سازی و پردازش کلیه اطلاعات می‌باشد تا بتوان آن‌ها را جهت منظور خاص اکتشافی هدفمند کرده و در ضمن به صورت مجموعه‌ای کاربردی در اختیار کاربر قرار داد. این اطلاعات می‌تواند مبنای تهیه نقشه‌های معدنی باشد. همچنین می‌توان توسط آن‌ها ناحیه‌بندی‌های اکتشافی و نقشه‌های زمین‌شناسی اقتصادی را طراحی کرد. بکارگیری این فن‌آوری، با پردازش و تحلیل آن‌ها می‌تواند نواحی امیدبخش عنصر خاصی در منطقه یا غالب‌ترین مدل کانه‌زایی را مشخص کند (شاد، ۱۳۸۲). در طی روند این قبیل پژوهش‌ها کلیه اطلاعات مؤثر در شناخت کانه‌زایی در منطقه، رقومی‌سازی شده و وارد سیستم می‌گردد. این اطلاعات به طور عمده شامل اطلاعات زمین‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی، تکتونیکی، ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی،

دورسنجی، زمین‌شناسی اقتصادی، شامل معادن فعال و غیرفعال و اندیس‌های معدنی، دگرسانی‌ها و وضعیت توده‌های نفوذی و اطلاعاتی از این قبیل می‌باشند. این اطلاعات سپس مورد تحلیل و پردازش قرار گرفته و با توجه به آن‌ها نقشه‌های پتانسیل موادمعدنی و نواحی امیدبخش برای عناصر فلزی و غیر فلزی تهیه می‌گردد.

۲- معرفی منطقه مطالعاتی

۲-۱- موقعیت جغرافیائی و ژئومورفولوژی

منطقه مورد مطالعه برگه یک پنجاه هزارم هرسین در شمال غرب کشور و شمال استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این ورقه که بین طول‌های جغرافیایی 38° و $38^{\circ} 15'$ و عرض‌های جغرافیایی 47° تا $47^{\circ} 15'$ قرار دارد، بخشی از ورقه یک صد هزارم اهر است. شکل ۱ محل قرارگیری برگه $1:50000$ هرسین در شمال غربی ایران را نشان می‌دهد.



شکل ۱: شمای کلی موقعیت جغرافیایی ورقه $1:50000$ هرسین

۲-۲- بررسی زمین شناسی عمومی منطقه

منطقه مورد مطالعه دارای تنوع لیتولوژی است. قدیمیترین سنگ‌های گزارش شده در این منطقه سنگ‌های متعلق به دوره آئوسن می باشد که این سنگها شامل سنگهای رسوبی (کربنات و ماسه سنگ) و بخش عظیمی از این منطقه را سنگ‌هایی مانند کنگلومرا، مارن، سیلت سنگ، ماسه سنگ، نهشته‌های دریاچه‌ای و پادگانه‌های قدیمی تشکیل داده‌اند. بر روی سنگ‌های آتشفشانی سنگ‌های کربناتی کالک توفها قرار گرفته‌اند. که شیب آن‌ها یا افقی یا شیب بسیار کمی دارند و به صورت کلاک‌هایی بر روی این سنگ‌ها قرار گرفته‌اند (سامانی، ۱۳۸۱). ماسه سنگ‌های نئوژن در بخش میانی منطقه بر روی سنگ‌های آتشفشانی به صورت ناهم شیب قرار گرفته‌اند. رسوبات دوران چهارم هم بخش وسیعی از منطقه را اشغال کرده‌اند. این منطقه از نظر زمین شناسی ساختمانی حتی تا دوران چهارم فعال بوده و گسل‌های موجود در منطقه دارای روند شمال شرق - جنوب غرب می‌باشد. تعدادی از گسل‌ها هم دارای روندی شمال غرب - جنوب شرق می‌باشند (مهرپرتو، ۱۳۷۱).

۳- آماده سازی داده ها

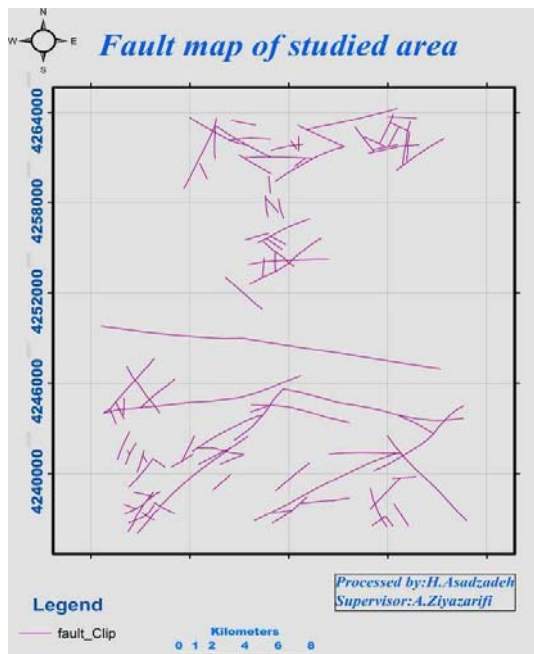
برای مطالعه پراکندگی داده‌های رادیومتری از هم پوشانی لایه‌های مختلف اکتشافی استفاده شد. داده‌های اکتشافی جهت تلفیق به قرار زیر است:

- نقشه زمین شناسی منطقه در مقیاس $1:5000$
- داده‌های ساختاری منطقه

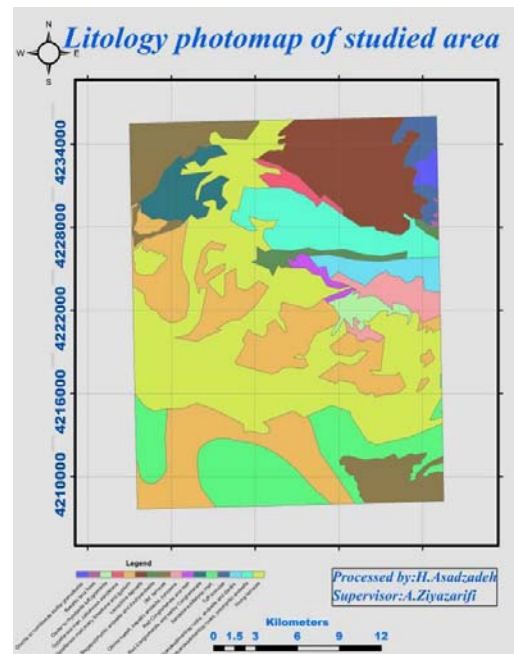
- داده‌های اورانیوم سنجی، توریم سنجی، پتاسیم سنجی منطقه که در شناسایی مناطق پتانسل دار اورانیوم می‌تواند راهنمای خوبی باشد.
- داده‌های تصاویر ماهواره‌ای استر و ETM 7+ که جهت استخراج آلتراسیون‌ها بکار گرفته شدند. بخصوص آلتراسیون‌های آرژیلیک، فیلیک و پتاسیک که راهنمای مناسبی برای اکتشاف عناصر فلزی بخصوص اورانیوم هستند.

۳-۱- نقشه زمین شناسی

بخش عظیمی از منطقه اکتشافی توسط سنگ‌های رسوبی مانند کنگلومرا، ماسه سنگ، آهک، پادگانه‌های قدیمی و مارن پوشیده شده است. توده‌های رسوبی و گسل‌های موجود در نقشه زمین شناسی توسط نرم افزار GIS رقمی شده و بصورت یک لایه اطلاعاتی جهت انجام عملیات تلفیق و هم پوشانی داده‌های اکتشافی آماده شد. شکل ۲ و ۳ لایه‌های رقمی شده واحدهای زمین شناسی را نشان می‌دهد.



شکل ۳: نقشه رقمی شده گسل‌ها و خط واره‌ها از روی نقشه زمین شناسی

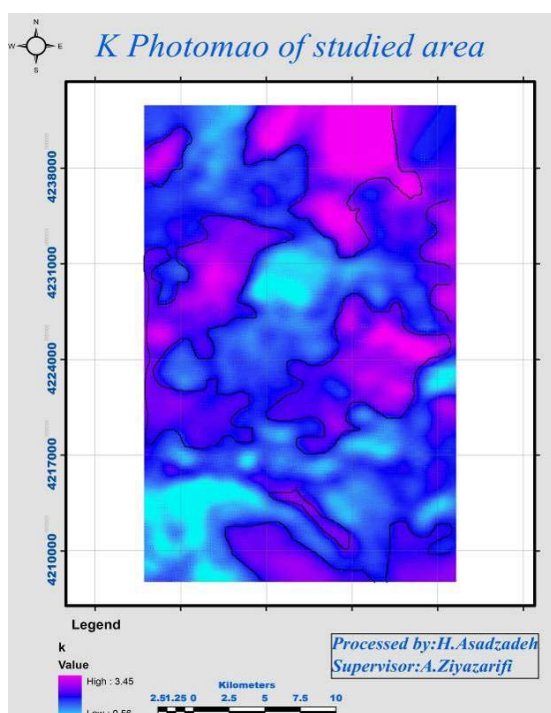


شکل ۲: نقشه رقمی شده واحدهای سنگی از روی نقشه زمین شناسی

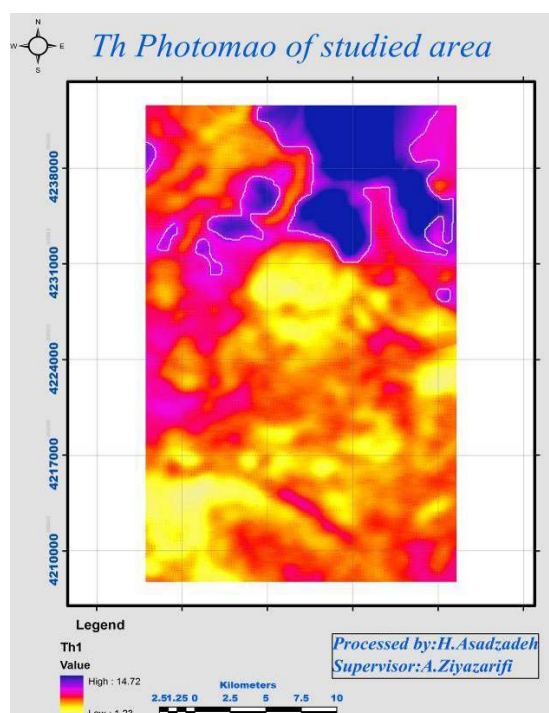
۳-۲- داده‌های رادیومتری اورانیوم، توریم و پتاسیم

بعد از لایه اطلاعاتی زمین شناسی، مهم‌ترین دسته از داده‌های جهت تعیین پراکندگی عناصر رادیواکتیو اطلاعات مربوط به برداشت‌های ژئوفیزیک هوابرد رادیومتری منطقه اکتشافی است. این داده‌های اکتشافی که طی فرآیند برداشت هوابرد منطقه و اندازه‌گیری‌های تابش‌های عناصر رادیواکتیو توسط دستگاه‌های اسپکترومتری انجام شده در شناسایی و بررسی پراکندگی مواد رادیواکتیو نقش به‌سزایی دارند. در روند مراحل تلفیق و هم‌پوشانی اطلاعات اکتشافی داده‌های اورانیوم، توریم و پتاسیم وارد نرم افزار GIS شدند. عملیات کریجینگ بر روی داده‌های مذکور جهت درون‌یابی و تشخیص عیارهای هم‌شدت عناصر رادیواکتیو انجام شد و هر کدام از آن‌ها به عنوان یک لایه اطلاعاتی جهت عملیات تلفیق آماده‌سازی شدند. شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نقشه لایه‌های اطلاعاتی اورانیوم، توریم و پتاسیم منطقه اکتشافی را نشان می‌دهند.

داده‌های اکتشافی رادیومتری هوابرد مفیدترین لایه جهت اکتشاف و بررسی عناصر پرتوزا به شمار می‌روند. در مورد داده‌های رادیومتری هوابرد منطقه اکتشافی هرسین همانطور که در نقشه‌ها عناصر رادیواکتیو مشخص شده مقادیر اورانیوم از کمترین مقدار ۰/۳۷ تا بیشترین مقدار ۴/۷۵ معادل گرم بر تن در برداشت‌ها ثبت شده‌اند. مقادیر عنصر پرتوزای توریم در منطقه از کمترین مقدار ۱/۲۳ تا ۱۴/۷۲ معادل گرم بر تن ثبت و اندازه‌گیری شده است. در نهایت مقادیر عنصر پرتوزای پتاسیم نیز در محدوده اکتشافی هرسین از کمترین مقدار ۰/۵ تا ۳/۴۵ درصد توسط برداشت‌های رادیومتری هوابرد ثبت و اندازه‌گیری شده‌اند. بعد از درون‌یابی و تعیین مناطق هم‌عیار پرتوزایی و بررسی نقشه‌های حاصل تمرکز بیشترین مقادیر عیار در محدوده‌های ناهنجاری‌هایی با موقعیت جغرافیایی شمال شرق محدوده اکتشافی هرسین مشخص و تعیین شدند که تقریباً در هر سه عنصر رادیواکتیو تفکیک شده در برداشت‌های رادیومتری هوابرد مشترک هستند. در مراحل تلفیق و همپوشانی لایه‌های مختلف اکتشافی، اطلاعات رادیومتری هوابرد و بررسی و تفکیک آن‌ها بیشترین تاثیر را خواهند داشت.



شکل ۵: نقشه کریجینگ شده داده‌های توریم منطقه اکتشافی

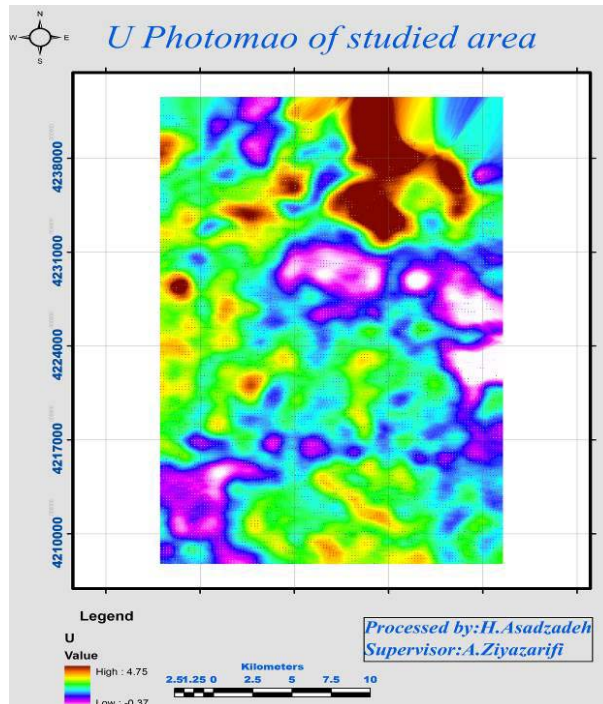


شکل ۴: نقشه کریجینگ شده داده‌های پتاسیم منطقه اکتشافی

۳-۳- استخراج آلتراسیون‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای استر

۳-۳-۱- روش نسبت بانندی

یکی از کاربردهای عمده تصاویر ماهواره‌ای در یک محدوده اکتشافی، استخراج آلتراسیون‌های در ارتباط با نهشته‌های معدنی است. جهت این منظور روش نسبت بانندی در پردازش و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای یکی از ابزارهای مفید جهت بررسی تشخیص و تعیین آلتراسیون‌های حاصل از تصاویر استر به منظور استفاده در کارهای زمین‌شناسی و اکتشافی می‌باشد. در این روش از نسبت دویباند مناسب برای تشخیص و شناسایی آلتراسیون‌های محدوده اکتشافی استفاده می‌شود. در راستای استفاده از روش نسبت بانندی جهت بررسی پراکندگی عناصر پرتوزای در ارتباط با آلتراسیون‌های موجود منطقه مورد مطالعه فرآیند چندین مرحله‌ای جهت استخراج اطلاعات زمین‌شناسی و اکتشافی صورت گرفت.



شکل ۶: نقشه کریجینگ شده داده‌های اورانیوم سنجی منطقه اکتشافی

۳-۳-۲- آلتراسیون آرژیلیک پیشرفته

با توجه به این که کائولینیت در آلتراسیون‌های رسی به وفور یافت می‌شود و از طرفی منطقه از لحاظ آلتراسیون، منطقه متنوعی به نظر می‌رسد لذا ثبت کانی کائولینیت می‌تواند مفید باشد. جهت ثبت کائولینیت از نسبت باندی ۷/۶ استفاده گردید. شکل ۷ نواحی دارای کائولن را که می‌توان گفت منطبق بر آلتراسیون آرژیلیک پیشرفته است، نشان می‌دهد.

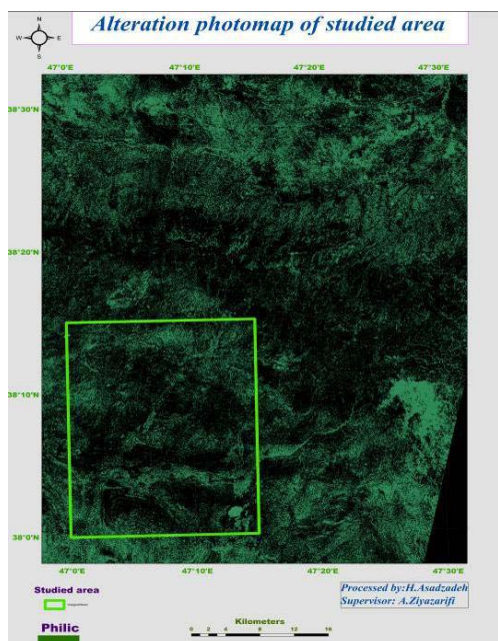
۳-۳-۳- آلتراسیون فیلیک

با توجه به این که موسکویت در آلتراسیون فیلیک به وفور یافت می‌شود لذا ثبت کانی موسکویت با توجه به مشخصات طیفی آن می‌تواند راهنمای مناسبی برای آلتراسیون فیلیک در منطقه باشد. برای ثبت این کانی نسبت‌های باندی زیادی پیشنهاد شده است که به نظر می‌رسد که نسبت باندی $(۵+۷)/۶$ جهت ثبت این کانی قدرت بیشتری دارد. با استفاده از این نسبت باندی، تصویر منطقه به صورت شکل ۸ قابل مشاهده است.

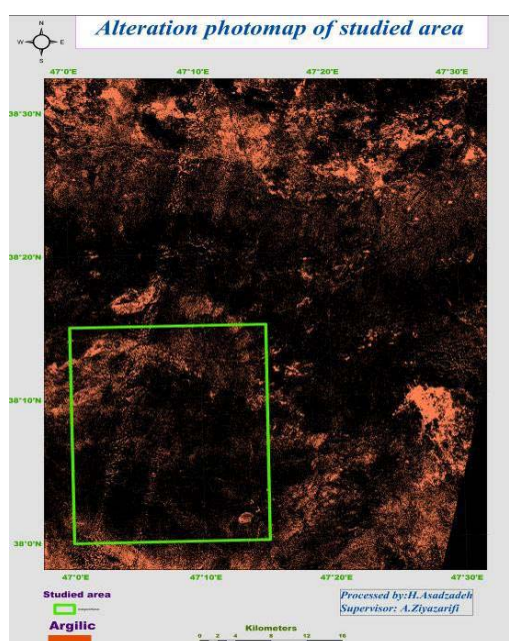
۳-۴- استخراج آلتراسیون‌ها با استفاده از تصاویر ETM 7+

۳-۴-۱- روش ترکیب باندی

در مطالعه و بررسی آلتراسیون‌ها ترکیب‌های باندی فراوانی برای استخراج آلتراسیون‌ها توسط افراد متعددی ارائه شده است. معمول ترین روش استخراج آلتراسیون‌ها در داده‌های تصحیح شده ماهواره‌ای انتخاب ترکیب باندی $R=Band 4$ و $G=Band 5$ و $B=Band 7$ است. در این حالت گیاهان به رنگ آبی و آلتراسیون‌ها به رنگ قرمز و صورتی دیده می‌شوند. شکل ۹ این ترکیب را نشان می‌دهد.



شکل ۸: آلتراسیون فیلیک، استخراج شده از تصاویر استر



شکل ۷: آلتراسیون آرژیلیک، استخراج شده از تصاویر استر

۳-۴-۲- روش تقسیم باندی

برای استخراج آلتراسیون‌ها در این روش نسبت‌های باندی $\frac{3}{1}$ ، $\frac{4}{2}$ ، $\frac{5}{7}$ ساخته شده و هر کدام از نسبت‌ها به ترتیب به RGB نسبت داده شد. بعبارت دیگر: $R = \frac{Band\ 5}{Band\ 7}$ و $G = \frac{Band\ 4}{Band\ 2}$ و $B = \frac{Band\ 3}{Band\ 1}$ در این حالت مانند شکل ۱۰ پوشش گیاهی به رنگ سبز و اکسید آهن به رنگ آبی و آلتراسیون آرژیلیک به رنگ زرد نمایش داده می‌شود.

۴- تلفیق داده‌ها توسط تئوری همپوشانی شاخص

در همپوشانی و تلفیق داده‌های ماهواره‌ای روش‌های مختلفی وجود دارد. روش مورد استفاده در این تحقیق روش همپوشانی شاخص داده‌های اکتشافی است. این مدل در دو مرحله وزندهی و تلفیق نقشه‌های وزن دار برای محدوده اکتشافی اهر مورد نظر قرار گرفت و اجرا شد.

۴-۱- وزندهی لایه‌های اکتشافی محدوده مورد مطالعه

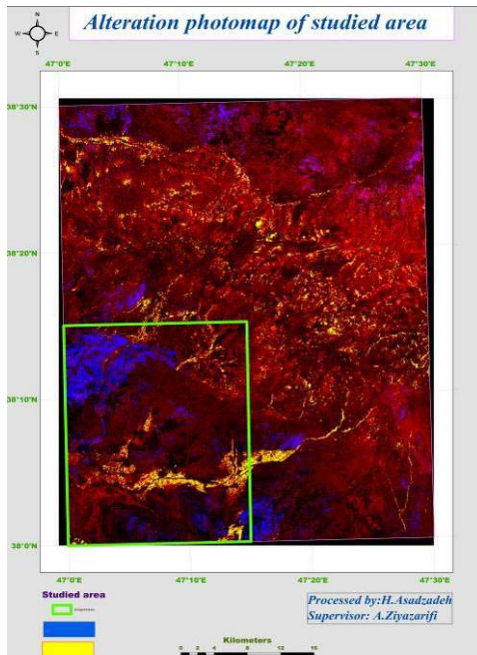
برای هم پوشانی داده‌های شاخص تعیین مقادیر تاثیر هر لایه اطلاعاتی، بر مبنای وزن مشخص شده برای آن لایه اکتشافی اعتبار سنجی می‌شود. لایه‌های مختلف لیتولوژی، رادیومتری هوابرد منطقه اکتشافی (شامل سنجش میزان اورانیوم، توریوم و پتاسیم محدوده)، آلتراسیون‌های استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای محدوده اکتشافی و تکتونیک منطقه برای وزندهی مورد نظر قرار گرفتند. در جدول ۱ مقادیر مربوط به اوزان فاکتورها و کلاس‌های آن‌ها نوشته شده است که با استفاده از اعتبار لایه‌های اکتشافی موجود منطقه تعیین شده است.

۴-۲- تلفیق داده‌های اکتشافی محدوده مورد مطالعه

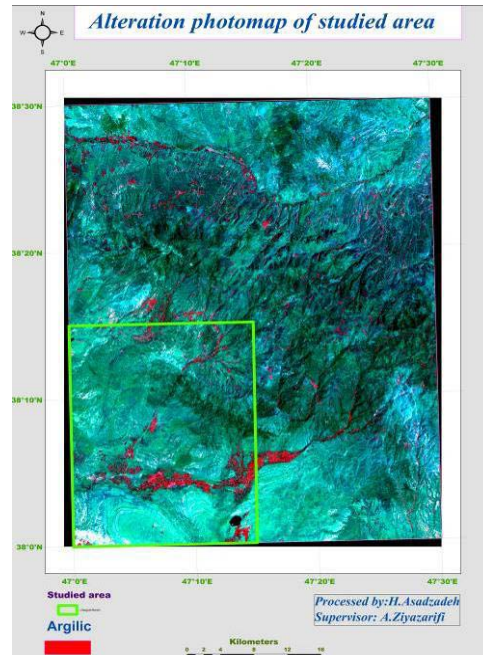
پس از تعیین اوزان فاکتورها و کلاس‌های مناسب هر فاکتور با اعمال این اوزان به لایه‌های اطلاعاتی، نقشه‌های وزن دار تولید شده و در نهایت با استفاده از فرمول محاسبه وزن نهایی هر پیکسل در مدل همپوشانی شاخص، نقشه

نهایی مناسب مناطق تعیین شد. شکل ۱۱ مناطق امید بخش پس از تلفیق و هم پوشانی لایه‌های اکتشافی منطقه اهر در استان آذربایجان شرقی را نشان می‌دهد.

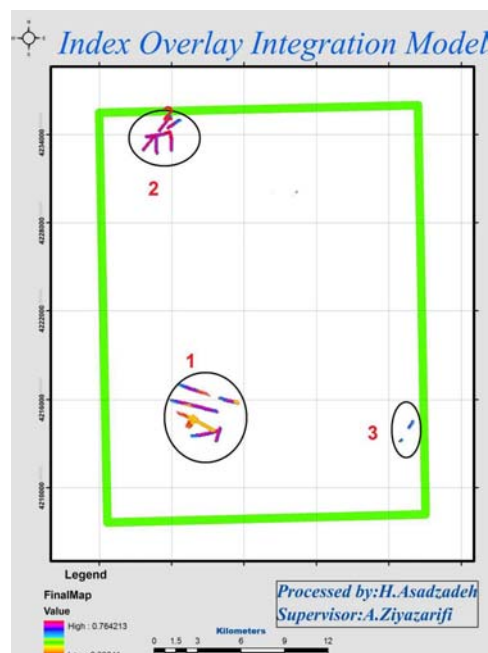
بر مبنای تلفیق و هم پوشانی اطلاعات اکتشافی که در نقشه شکل ۱۱ مشخص شده است. مناطق امید بخش بر مبنای اعتبار لایه‌های اکتشافی اولویت بندی شدند. با نگرشی به نقشه تلفیقی، سه محدوده امید بخش و مناسب ادامه مراحل اکتشاف در راستای بررسی پراکندگی‌های عناصر پرتوزای منطقه مشخص و تعیین شدند. منطقه دارای اولویت اول از اعتبار بالاتری نسبت به مناطق با اولویت دوم و سوم برخوردار است و این محدوده برای ادامه کارهای اکتشافی در راستای دستیابی به تمرکزهای از عناصر پرتوزا حائز اهمیت است.



شکل ۱۰: استخراج آلتراسیون ها با روش تقسیم باندی



شکل ۹: استخراج آلتراسیون، با روش ترکیب باندی



شکل ۱۱: معرفی مناطق امید بخش اورانیوم محدوده مورد مطالعه، توسط مدل همپوشانی شاخص

جدول ۱: وزن دهی در مدل همپوشانی شاخص

لايه اطلاعاتی	نوع لايه	وزن لايه	تعداد کلاس	شاخص لايه	فاکتور کلاس	وزن کلاس
لیتولوژی	پلی گون	۰/۹۸	۳	فاصله (m)	روی توده	۱
					۰-۵۰۰	۰/۹
					۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۸
اورانیوم سنجی	نقطه ای	۰/۹۷	۳	مقدار اورانیوم بر حسب ppm	بزرگتر از ۲/۳۹	۰/۹۶
					۲/۳۹-۲/۲۷	۰/۹
					۱/۵۹-۲/۲۷	۰/۸
توریوم سنجی	نقطه ای	۰/۹	۳	مقدار توریوم بر حسب ppm	بزرگتر از ۸/۳۹	۰/۸۵
					۷/۶-۸/۳۹	۰/۸
					۱/۲۳-۷/۶	۰/۷
پتاسیم سنجی	نقطه ای	/۸۵	۴	مقدار پتاسیم بر حسب ppm	بزرگتر از ۲/۳۲۹	۰/۸
					۲/۱۱-۲/۳۲۹	۰/۷
					۰/۵۶-۲/۱۱	۰/۱
آلتراسیون	پلی گون	۰/۸	۳	فاصله بر حسب متر	روی آلتراسیون	۱
					۱۰۰-۰	۰/۸۵
					۲۰۰-۱۰۰	۰/۸
گسل	خطی	۰/۷۵	۳	فاصله بر حسب (m)	روی گسل	۱
					۱۰۰-۰	۰/۹
					۲۰۰-۱۰۰	۰/۸

۵- نتیجه گیری

در بررسی پراکندگی عناصر پرتوزا ابتدا لایه های اکتشاف رادیومتری به عنوان لایه مبنا در نظر گرفته شد و لایه های دیگر اکتشافی شامل زمین شناسی، تکتونیک، لیتولوژی و آلتراسیون ها با یکدیگر همپوشانی شدند و با توجه به عملیات تلفیق انجام شده توسط مدل همپوشانی شاخص، مناطق ۱ و ۲ و ۳، به عنوان مناطق مستعد اورانیوم دار در منطقه اکتشافی مشخص شدند. در نقشه اولویت بندی ناهنجاری های اورانیوم مناطق ۱ و ۲ از اهمیت بیشتری نسبت به منطقه ۳ برخوردار هستند. لذا می توان عملیات اکتشافی را بر روی آن ها متمرکز نمود. منطقه مستعد ۱ در اطراف روستای کرم جوان واقع شده و بر روی پادگانه های قدیمی قرار دارد. منطقه مستعد ۲ در اطراف روستای موسی لو واقع شده و بر روی واحد سنگی مارن ژپیس دار، کنگلومرای قرمز رنگ قرار دارد. با توجه به واحدهای سنگی دومحدوده، تمرکز اورانیوم در منطقه اول بشتر محتمل خواهد بود.

۶- منابع

۱. مهرپرتو، م.، ۱۳۷۱. نقشه زمین شناسی ورقه یکصد هزارم اهر به همراه گزارش، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۲. بونهام کارتر، گ.، ۱۳۷۹. سیستم های اطلاعات جغرافیایی برای دانش پژوهان علوم زمین (مدل سازی به کمک GIS) گروه اطلاعات زمین مرجع، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صفحات ۶۸-۷۰.
۳. شاد، ر.، ۱۳۸۲، طراحی و اجرای یک سیستم اطلاعات جغرافیایی کاربردی با تاکید بر مدلسازی نیازهای وزارت صنایع و معادن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
۴. سامانی، ب.، ۱۳۸۱. متالوژی استان آذربایجان شرقی، گزارش سازمان انرژی اتمی ایران، فصل ۶.
5. Bonham Carter, G.F.; Agterberg, F.P. and Wright, D.F., 1988. Integration of geological data sets for gold exploration in Nova Scotia. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54, pp.1585 elements.