

## کاربرد مدل همپوشانی شاخص و مدل بولیین در پتانسیل یابی آهن نقشه ۱:۵۰۰۰۰ نودوز در محدوده استان آذربایجان شرقی، ایران

فرید انتظاری<sup>۱</sup>، افشارضیا ظریفی\*<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی 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

منطقه مورد مطالعه در استان آذربایجان شرقی و برکه ۱/۱۰۰۰۰۰ اهر قرار دارد. هدف شناسایی پتانسیل های معدنی کانسنگ آهن می باشد و بر اساس پردازش تصاویر ماهواره ای مطالعه صورت پذیرفته است. روش های بکار گرفته شده در این تحلیل شامل روش های هم پوشانی شاخص و روش بولیین هستند. طبقه بندی تصاویر ماهواره ای و پردازش داده های اکتشافی محدوده مورد نظر و مقایسه آن با استانداردهای کانسنگ آهن و نمونه بازتاب های مشاهده شده در معادن اطراف، منجر به شناسایی پتانسیل های جدید معدنی گردید.

**واژگان کلیدی:** همپوشانی شاخص، مدل تلفیق بولیین، پتانسیل یابی معدنی.

### ۱- مقدمه

مطالعات اکتشاف ذخایر معدنی یک فعالیت چندمرحله ای است که در مقیاس کوچک آغاز و به مقیاس بزرگ تبدیل می شود. با تلفیق نتایج در هر مرحله، محدوده مورد مطالعه کوچکتر می شود و سرانجام به انتخاب محل هایی به عنوان هدف برای حفاری، به منظور دست یافتن به ذخایر معدنی پایان می پذیرد (کریمی، ۱۳۸۱). داده های گردآوری شده از مطالعات توپوگرافی، زمین شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و حفاری، حجم عظیمی از اطلاعات را به دست می دهند که تا وقتی به درستی سازماندهی و نمایش داده نشوند، نتایج مفید و قابل اطمینانی را نشان نمی دهند. در طول دهه ۸۰ با توجه به پیشرفت های بدست آمده در زمینه سخت افزار و نرم افزار، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تحول چشمگیری را در علوم زمین ایجاد کرد (ضیاء ظریفی، ۱۳۸۹). سامانه اطلاعات جغرافیایی دارای قابلیت های مختلفی از جمله اخذ، ذخیره سازی، بازیابی، پردازش، نمایش، کاربرد و تبادل اطلاعات مکان مرجع است. این تحقیق در نظر دارد تا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان بستر مناسب و تلفیق داده های موجود، مکان های مناسب جهت کانی زائی آهن را با استفاده از مدل های همپوشانی شاخص و بولیین مشخص نماید.

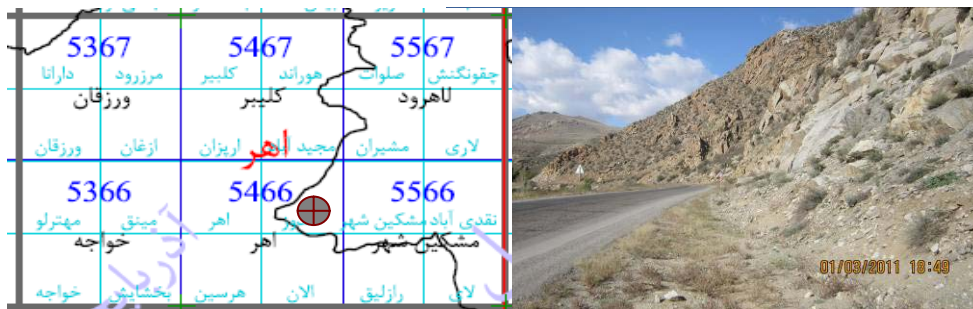
### ۲- مشخصات عمومی محدوده مورد مطالعه

#### ۲-۱- موقعیت جغرافیایی

برکه یک پنجاه هزارم نودوز در شمال غرب کشور، واقع شده است. این ورقه که بین طول های جغرافیایی ۳۸°۳۰' تا ۳۸°۱۵' و عرض های جغرافیایی ۴۷°۳۰' تا ۴۷°۱۵'، بخشی از ورقه یکصد هزاره راست. کهن ترین سنگ های منطقه مورد مطالعه را مجموعه ای از سنگ های آذرین خروجی و نفوذی (و مقادیر بسیار کمتر رخساره رسوبی) تشکیل می دهد.

## ۲-۲- زمین شناسی عمومی منطقه

در این منطقه و در امتداد رودخانه اهرچای سنگ‌های آتشفشانی آئوسن گنبدها و جریان‌های گدازه را بوجود می‌آورند. در پایین دست رودخانه گنبد‌های داسیتی دیده می‌شوند، گدازه و توف‌های داسیتی هستند. واحدهای سنگی منطقه عبارتند از: آندزیت بازال، آندزیت پیروکسن دار، بازال آندزیتی آئوسن، بیوتیت گرانیت، گرانودیوریت، آلکالی گرانیت، بیوتیت گرانیت.



شکل ۱: شمای کلی موقعیت جغرافیایی ورقه ۱:۵۰۰۰۰ نودوز و نمایی از محدوده مورد مطالعه

## ۳- آماده سازی داده ها

داده های مورد استفاده در این تحقیق جهت تلفیق شامل لایه‌های اکتشافی مختلف از محدوده مورد نظر به قرار

زیر می‌باشند:

الف - نقشه زمین شناسی منطقه در مقیاس ۱:۵۰۰۰

ب - داده های ژئوشیمی اکتشافی

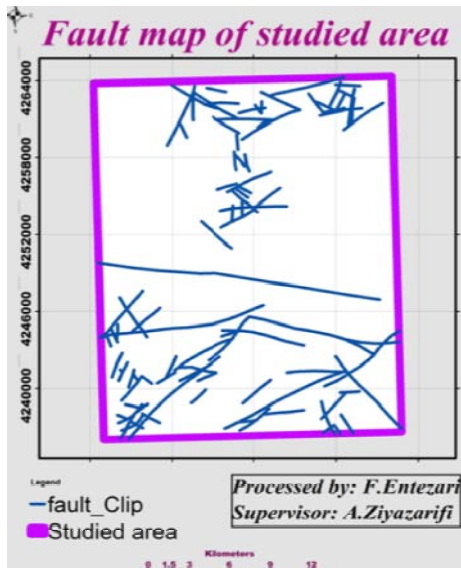
ج - داده های دورسنجی شامل داده های ماهواره ای استر و ETM 7+

د - داده های ساختاری منطقه

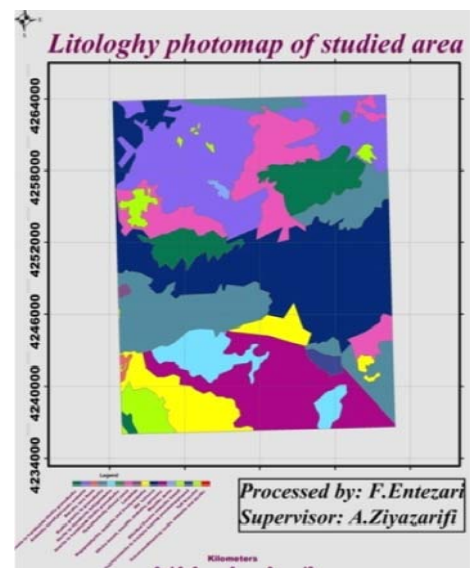
ه- داده های ژئوفیزیک هوایی

## ۳-۱- نقشه زمین شناسی

بخش عظیمی از این منطقه را سنگ‌های آتشفشانی مانند بازال، آندزیت، تراکی آلبیت، تراکی آندزیت، گرانیت، پیروکسن-آندزیت، ریوداسیت تشکیل داده‌اند. توده‌های نفوذی، گسل‌ها و خطواره‌های موجود در نقشه زمین‌شناسی توسط نرم افزار GIS رقومی شده و به صورت یک لایه اطلاعاتی جهت انجام عملیات تلفیق آماده شد. شکل ۲ نقشه رقومی شده واحدهای سنگی را به تصویر می‌کشد و در شکل ۳ نقشه رقومی شده گسل‌ها و خطواره‌ها را مشاهده می‌کنیم.



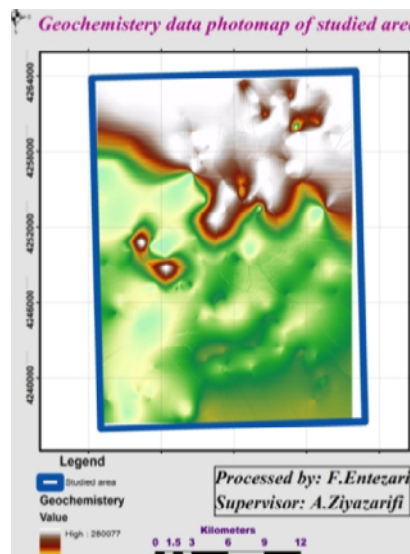
شکل ۳: نقشه رقومی شده گسل های منطقه



شکل ۲: نقشه رقومی شده واحدهای سنگی منطقه

### ۳-۲- داده های ژئوشیمیایی

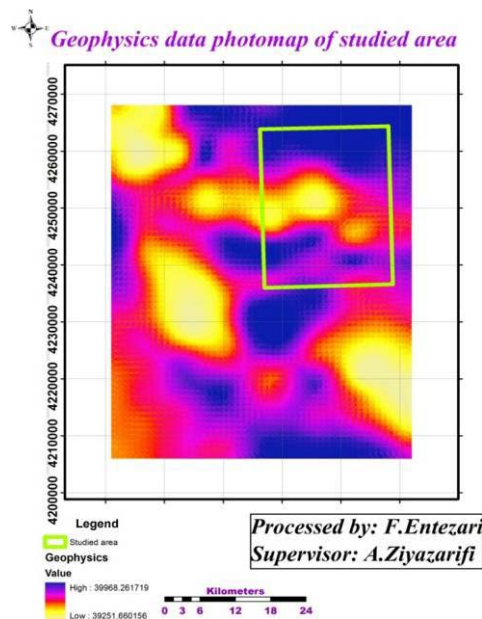
داده های ژئوشیمی استفاده شده ، داده های ژئوشیمی آبراهه ای برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر می باشد که پس از وارد کردن داده ها در GIS توسط عملیات کریجینگ کل منطقه مقداردهی شده و این لایه اطلاعاتی هم برای عملیات تلفیق آماده شد. شکل ۴ داده های ژئوشیمی را که توسط کریجینگ مقداردهی شده اند به نمایش می گذارد.



شکل ۴: داده های ژئوشیمی که توسط روش کریجینگ مقداردهی شده اند

### ۳-۳- داده های ژئوفیزیک هوایی

داده های که در این بررسی مورد استفاده قرار گرفته اند حاصل اندازه گیری های ژئوفیزیک هوایی با ارتفاع پرواز ۱۳۰۰۰ فوت و فاصله خطوط پروازی ۷/۵ کیلومتر، می باشد. داده های موجود برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر را پوشش می دهد و لذا محدوده مورد نظر با کادر سبز رنگ مشخص شده است. داده های مذکور توسط کریجینگ وزندهی شده اند. شکل ۵ داده های ژئوفیزیک را که توسط روش کریجینگ مقداردهی شده اند نمایش می دهد.



شکل ۵: داده‌های ژئوفیزیک که توسط کریجینگ مقداردهی شده‌اند

### ۳-۴- استخراج آلتراسیون ها با استفاده از تصاویر استر

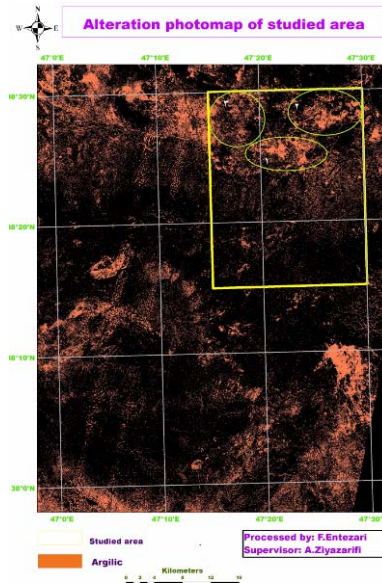
تصاویر استر به علت تعداد باندهای زیاد و فراگیری رنج طیفی وسیع در زمین شناسی و اکتشاف معدن کاربرد وسیعی دارند. این تصاویر به علت رزولوشن فضایی بالایی که دارند جهت پاسخ به مسائل زمین شناسی و اکتشافی قدرت بیشتری پیدا می‌کنند. استر یک بازه طیفی بسیار وسیعی را پوشش می‌دهد که این بازه وسیع به کاربران استر اجازه می‌دهد هدف‌های خود را در یک بازه از مرئی تا مادون قرمز گرمایی مطالعه کنند. داده‌های موجود استر بسته به نوع تصحیحات و نوع پردازش‌های اعمال شده در آنها در سطوح مختلفی قرار دارند که البته با همین سطوح نیز شناخته می‌شوند. داده‌های استری 1A, 1B و سری ۲ از جمله این داده‌ها هستند. داده‌های استری 1B, داده‌های کالیبره شده هستند که بعضی از تصحیحات در آنها اعمال شده و کاربرد وسیعی دارند. این نوع تصاویر در کاربردهای طیفی به علت دارا بودن تمام باندها استفاده وسیعی دارند. استر در ۳ زیر مجموعه VNIR و SWIR و TIR به ترتیب دارای ۳، ۶ و ۵ باند است. بنابراین استر مجموعاً دارای ۱۴ باند طیفی است.

### ۳-۴-۱- روش نسبت بانندی

نسبت بانندی یکی از ابزارهای مفید جهت بررسی تصاویر استر به منظور کارهای زمین‌شناسی و اکتشافی می‌باشد. با استفاده از این روش، عملیات زیر جهت استخراج اطلاعات زمین‌شناسی و اکتشافی صورت گرفت:

### ۳-۴-۱-۱- آلتراسیون آرژیلیک پیشرفته

با توجه به این که کاتولینیت در آلتراسیون‌های رسی به وفور یافت می‌شود و از طرفی منطقه از لحاظ آلتراسیون، منطقه متنوعی به نظر می‌رسد لذا ثبت کانی کاتولینیت می‌تواند مفید باشد. جهت ثبت کاتولینیت از نسبت بانندی ۷/۶ استفاده گردید. شکل ۶ نواحی دارای کاتولن را که می‌توان گفت منطبق بر آلتراسیون آرژیلیک پیشرفته است، نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که محدوده مورد مطالعه با کادر صورتی مشخص شده، با توجه به شکل مناطق ۱ و ۲ و ۳ دارای بیشترین آلتراسیون می‌باشند.



شکل ۶: آلتراسیون آرژیلیک پیشرفته مشخص شده در محدوده اکتشافی

### ۳-۴-۱-۲- 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  $(5+7)/6$  جهت ثبت این کانی قدرت بیشتری دارد. با استفاده از این نسبت باندی، تصویر منطقه به صورت شکل ۷ قابل مشاهده است. با توجه به شکل مناطق ۱ و ۲ دارای بیشترین آلتراسیون می‌باشند.

### ۳-۵- استخراج آلتراسیون‌ها با استفاده از تصاویر $ETM 7+$

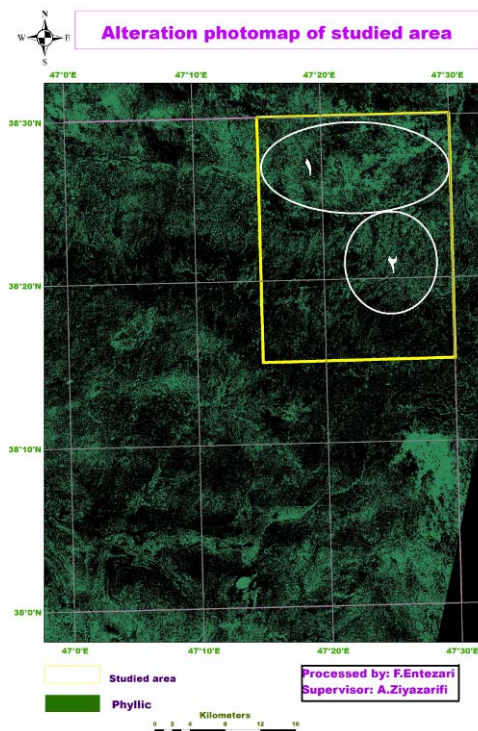
این تصاویر ماهواره‌ای از ۷ باند معمولی و یک باند پانکروماتیک تشکیل یافته است. در عملیات اکتشاف ناحیه‌ای و شناسایی عناصر فلزی در ارتباط با آلتراسیون‌ها این تصاویر ماهواره‌ای نتایج قابل ملاحظه‌ای ارائه می‌دهند. عمده‌ترین روش‌های مورد استفاده در تحلیل و پردازش این داده‌های ماهواره‌ای روش‌های ترکیب‌باندی و تقسیم‌باندی هستند.

### ۳-۵-۱- روش ترکیب باندی

ترکیب‌های باندی فراوانی برای استخراج آلتراسیون‌ها توسط افراد متعددی ارائه شده است. که ما فقط به ذکر چند نمونه از آن‌ها اکتفا می‌کنیم.  $R=Band 4$  و  $G=Band 7$  و  $B=Band 5$ . در این حالت گیاهان به رنگ آبی و آلتراسیون‌ها به رنگ قرمز و صورتی دیده می‌شوند. شکل ۸ این ترکیب را برای محدوده اکتشافی مورد نظر نشان می‌دهد.

### ۳-۵-۲- روش تقسیم باندی

برای استخراج آلتراسیون‌ها در این روش نسبت‌های  $5/7$ ،  $4/2$ ،  $3/1$  ساخته شده و هر کدام از نسبت‌ها به ترتیب به RGB نسبت داده شد. به عبارت دیگر:  $R=(Band 5)/(Band 7)$  و  $G=(Band 4)/(Band 2)$  و  $B=(Band 3)/(Band 1)$  در این حالت مانند شکل ۹ پوشش گیاهی به رنگ سبز و اکسید آهن به رنگ قرمز و آلتراسیون آرژیلیک به رنگ زرد نمایش داده می‌شود.



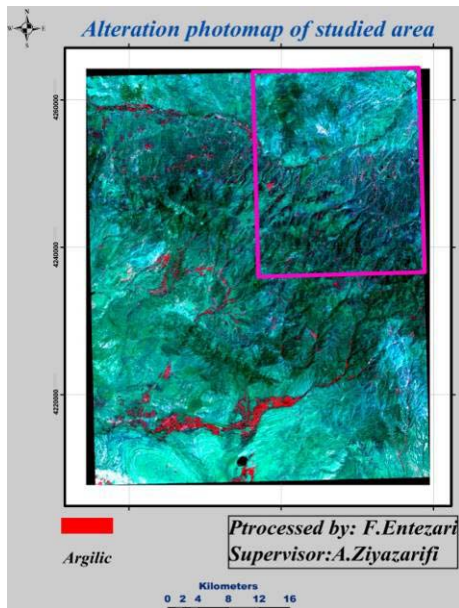
شکل ۷: آلتراسیون فیلیک مشخص شده در محدوده اکتشافی

#### ۴- تلفیق داده‌های ماهواره‌ای توسط مدل بولیین

همانگونه که از نام این مدل نیز بر می‌آید بکارگیری آن در تلفیق عوامل، مستلزم برخورد دودویی با عوامل و میزان حضور آن‌ها در واحدهای مکانی است. به عبارت دیگر این مدل به هر پیکسل یکی از دو مقدار یک یا صفر را نسبت می‌دهد که بیانگر حضور یا عدم حضور پارامتری خاص در آن محدوده است (Bonham-Carter and et al., 1988).

جدول ۱: مقدار دهی لایه‌ها در مدل بولیین

لایه اطلاعاتی	نوع لایه اطلاعاتی	اطلاعات وارد شده
لیتولوژی	پلی گون	کمتر از ۲۰۰
آلتراسیون	پلی گون	کمتر از ۲۰۰
ژئوشیمی	نقطه ای	بزرگتر از ۱۰۰۰۰۰ گرم برتن
گسل	خطی	کمتر از ۱۰۰

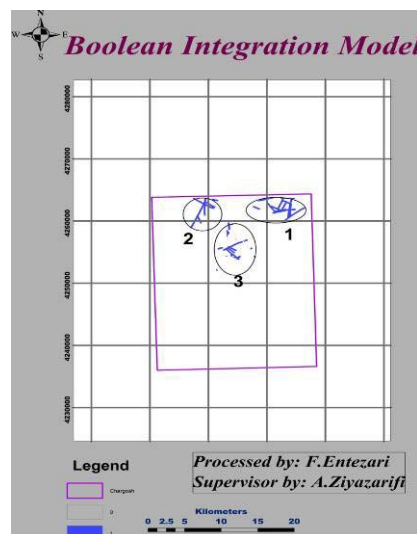


شکل ۹: آلتراسیون اکسید آهن در محدوده اکتشافی



شکل ۸: استخراج آلتراسیون‌ها با استفاده از ترکیب باندها

مقدار دهی لایه های اطلاعاتی در مدل بولین بر مبنای جدول ۱ انجام گرفت و بر اساس این روش همپوشانی لایه‌های و تعیین مناطق امید بخش جهت عنصر آهن در برگه نودوز اهر تهیه شده است که بر مبنای آن سه محدوده امید بخش پتانسیل آهن در منطقه را مشخص کرده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: مناطق امید بخش آهن ورقه ۵:۱۰۰۰۰ نودوز توسط مدل بولین

##### ۵- تلفیق داده‌های ماهواره‌ای توسط مدل همپوشانی شاخص

این مدل در ترکیب داده‌های مکانی کاربردهای بسیاری یافته‌است. زیرا در عین برخورداری از منطقی ساده، به صورت قابل انعطاف تری ورودی‌ها را ترکیب می‌کند و در نتیجه مساله از چارچوب محدود دودویی مدل «بولین» خارج شده در فضای آزادتری حل می‌شود. در این فضا وزن‌های عوامل و کلاس‌های مربوط به هر یک از آن‌ها برای مدلسازی اهمیت نسبی فاکتورها وارد می‌شوند. مقادیر اوزان با استفاده از روش‌های وزن‌دهی شامل دانش داده‌ای و کارشناسی تعیین شده، در مرحله بعد با بکارگیری این اوزان مساله به صورت خطی حل می‌شود (Agterberg, 1989).

### ۵-۱- وزندهی لایه‌های مختلف اطلاعاتی

تلفیق داده‌های ماهواره‌ای بر مبنای مدل همپوشانی شاخص نیز بر مبنای وزندهی لایه‌های مختلف اطلاعاتی انجام می‌گیرند. این وزندهی بر مبنای صحت و دقت لایه‌های مختلف و اعتبار برداشت آن‌ها مشخص می‌شوند. در جدول ۲ مقادیر مربوط به اوزان فاکتورها و کلاس‌های آن‌ها برای محدوده اکتشافی نودوز مشخص شده است.

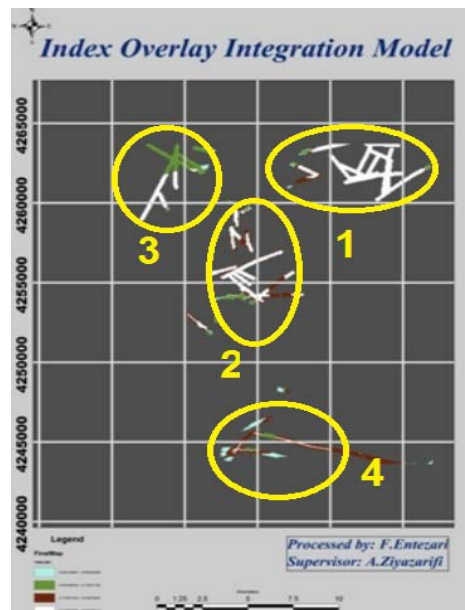
جدول ۲: وزندهی در مدل همپوشانی شاخص

وزن کلاس	فاکتور کلاس	شاخص لایه	تعداد کلاس	وزن لایه	نوع لایه	لایه اطلاعاتی
۱	روی توده	فاصله (m)	۳	۰/۹۷	پلی گون	لیتولوژی
۰/۹۵	۰-۵۰۰					
۰/۸	۵۰۰-۱۰۰۰					
۱	روی آلتراسیون	فاصله (m)	۴	۰/۹	پلی گون	آلتراسیون
۰/۹	۰-۱۰۰					
۰/۸	۱۰۰-۲۰۰					
۰/۷	۲۰۰-۵۰۰					
۰/۹	بزرگتر از ۳۹۷۳۲.۲	مقدار آهن بر حسب ppm	۳	۰/۸۵	نقطه ای	ژئوفیزیک
۰/۸	۳۹۶۵۹.۳ - ۳۹۷۳۲.۲۵					
۰/۷	۳۹۵۱۷.۰۵ - ۳۹۶۵۹.۳					
۰/۹۵	بزرگتر از ۱۰۰۰۰۰	مقدار آهن بر حسب ppm	۳	۰/۸	نقطه ای	ژئوشیمی
۰/۸۵	۱۰۰۰۰۰-۸۰۰۰۰					
۰/۷۵	۸۰۰۰۰ - ۵۰۰۰۰					
۱	روی گسل	فاصله (m)	۴	۰/۷۵	خطی	گسل
۰/۹	۱۰۰-۰					
۰/۸	۲۰۰-۱۰۰					
۰/۷	۵۰۰-۲۰۰					



## ۵-۲- تلفیق داده‌های مختلف محدوده مورد مطالعه

پس از تعیین اوزان فاکتورها و کلاس‌های مناسبت هر فاکتور با اعمال این اوزان به لایه‌های اطلاعاتی نقشه‌های وزندار تولید شده و در نهایت با استفاده از فرمول محاسبه وزن نهایی هر پیکسل در مدل همپوشانی شاخص نقشه نهایی مناسبت مناطق تعیین شد. در مدل همپوشانی وزن دهی لایه‌های مختلف از اهمیت زیادی برخوردار است. برای منطقه اکتشافی نودوز اهر مدل همپوشانی شاخص برای داده‌های منطقه اعمال شد و مناطق مستعد کانی زایی آهن مشخص شد. شکل ۱۱ نقشه مناطق مطلوب وزن دار برای پی جوئی کانسار آهن در منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱: مناطق امید بخش آهن ورقه ۱:۵۰۰۰۰ نودوز توسط مدل همپوشانی شاخص

## ۶- نتیجه گیری

برگه ۱:۵۰۰۰۰ نودوز یکی از مناطق مستعد آذربایجان برای اکتشاف عناصر فلزی می‌باشد. پس از انجام عملیات تلفیق داده‌های اکتشافی در این منطقه، توسط مدل‌های بولین و همپوشانی شاخص، مناطق امید بخش برای اکتشاف و پی‌جوئی آهن معرفی شدند. با توجه به انجام عملیات تلفیق توسط مدل بولین، مناطق امید بخش ۱، ۲، ۳ آشکار گردید. محدوده امید بخش ۱ در اطراف روستای اتمیان واقع شده و واحدهای سنگی این محدوده شامل آندزیت بازالت، آندزیت پیروکسن دار، آلکالی گرانیت تا هورنبلند و بیوتیت گرانیت می‌باشد. محدوده امید بخش ۲ در اطراف روستای زای لیک واقع شده که واحدهای سنگی آن شامل گنبد‌های بزرگ ریولیتی می‌باشد و در نهایت محدوده امید بخش ۳ در اطراف روستای قشلاق - خیارلو واقع گردیده است. بر مبنای نتایج بدست آمده مدل همپوشانی شاخص روش کامل‌تری نسبت به مدل بولین می‌باشد.

## منابع

۱. مهرپرتو، م.، ۱۳۷۱. نقشه زمین شناسی ورقه یکصد هزارم اهر به همراه گزارش، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۲. کریمی، م.، ۱۳۸۱. طراحی و اجرای یک سیستم اطلاعات جغرافیایی طراحی برای اکتشاف معادن مس در مرحله تفضیلی پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده نقشه برداری، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی

- 
۳. ضیاء ظریفی، ا.، ۱۳۸۹. کتاب مبانی اکتشافات رادیومتریک ژئوفیزیکی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ۳۰۸ صفحه.
4. 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.
5. Agterberg, F.P., 1989a. Computer programs for mineral exploration: *Science*, V, 245, P 76-81.