

## پتانسیل یابی سرب و روی با استفاده از تلفیق اطلاعات اکتشافی در سیستم GIS در منطقه ایرانکوه اصفهان

مهدی حاضری<sup>۱</sup>؛ حمزه صادقی سرخنی<sup>۲</sup>؛ دکتر نادر فتحیان پور<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد اکتشاف معدن از دانشگاه صنعتی اصفهان؛ hazeri\_mehdi@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد اکتشاف معدن از دانشکده فنی دانشگاه تهران؛ hamzhesadeghi2@yahoo.com

۳- دانشیار دانشکده مهندسی معدن دانشگاه صنعتی اصفهان؛ fathian@cc.iut.ac.ir

### چکیده

به علت کاهش ذخایر سطحی و پیچیدگی های ژنتیکی کانی سازی در محدوده رشته کوه ایرانکوه (معدن باما)، بکارگیری روشهای نوین اکتشافی به منظور تامین خوراک کارخانه کانه آرایبی امری اجتناب ناپذیر می نماید. همچنین تلفیق و تحلیل کلیه اطلاعات در سیستم اطلاعات زمین مرجع (GIS) و الگوسازی اکتشافی، می تواند منجر به شناسایی مناطق امید بخش معدنی برای مطالعات بعدی باشد. به دلیل وجود اطلاعات اکتشافی و استخراجی مناسب از گذشته، جهت استفاده از تمام مدارک موجود و همچنین بکارگیری دورسنجی جهت شناخت واحدهای سنگی و پدیده های مرتبط با کانی سازی، پروژه ای در راستای شناسایی مناطق امید بخش با استفاده از سیستم GIS در برنامه کار شرکت باما قرار گرفت.

در این مقاله لایه های شاهد از مدارک موجود شامل ژئوفیزیک، ژئوشیمی، باریتیزاسیون، دورسنجی، رخنمون ماده معدنی و نقاط آزمایشی برای استفاده در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه شده است. سپس با استفاده از روش اوزان شواهد، وزن های داده شده برای هشت لایه ژئوفیزیک، گسل، ژئوشیمی، دولومیت، باریتیزاسیون، رخنمون ماده معدنی، اکسیداسیون و هیدروکسیدها محاسبه می گردد. در مرحله بعد میزان وابستگی لایه ها با استفاده از آزمون استقلال شرطی مورد بررسی قرار گرفته و نقشه نهایی پتانسیل سنجی با استفاده از روش های اوزان شواهد و رگرسیون لجستیک ترسیم و اولویت بندی مناطق مستعد بر اساس اوزان هشت لایه فوق بر حسب احتمال رخداد ماده معدنی و عدم قطعیت نشان داده شده است. در پایان مناطق مستعد جهت اکتشاف تفصیلی اولویت بندی و پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، دورسنجی، لایه های شاهد، روش اوزان شواهد، رگرسیون لجستیک.

## Finding Potential of Lead-Zinc Mineral Using Compiling Exploration Data in GIS in Irankuh Area in Isfahan

Mehdi Hazeri, Hamzeh Sadeghi Sorkhani, Nader Fathian Pour

### Abstract

in spite of all surficial in Irankuh mountain chain area (Bama Mines) will be decrease and complex mineralization genesis. Applying the new method in exploration for supply the input of mineral possessing plant is so important. Thus, compiling and interpretation of all data in a Geographic Information System (GIS) and exploring model, yield new promising mining point for future study. in order to using all of existing document and take benefit from remote sensing, despite being older appropriate explorational and extractional, a project is design for distinguish lithological units and related phenomena to mineralization at the Bama Company.

in this paper evidential layers one prepared the using in Geographic Information System (GIS) from existence document including geophysics, geochemistry, baritization, remote sensing, ore simulation and experimental points. Then, using from weight of evidence method, weights of eight layers including: geophysics, fault, geochemistry, dolomite, baritization, ore simulation, oxidation and hydroxides. Then, pendent maturity of layers was estimated with qualified freedom test, and logistic regression. and was shown ranking of high potential, on base the weights for above eight layers based on ore occurrence, and uncertain. Finally, was presented and ranked high potential point for detail exploration.

**Key words:** GIS, remote sensing, evidential layers, evidential weight method, logistic regression.

## ۱- مقدمه

نقطه آغازین در مطالعات سیستماتیک اکتشافی شامل شناخت پتانسیل‌ها، توان معدنی و چگونگی رخداد آن و مطالعه فازهای مختلف متالوژنی و معرفی مناطق کانه‌دار و مستعد در مناطق مختلف زمین شناسی می‌باشد. به منظور دستیابی به چنین اهدافی از اطلاعات مختلف ژئوفیزیک هوایی، ژئوشیمی، تصاویر ماهواره‌ای، اطلاعات شناخته شده معدنی، وضعیت زمین‌شناسی و سایر اطلاعات مفید می‌توان بهره‌مند شد. تلفیق و تحلیل کلیه اطلاعات در یک محیط مناسب و الگوسازی اکتشافی می‌تواند منجر به شناسایی مناطق امید بخش معدنی برای مطالعات بعدی باشد. به این منظور سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) محیط مناسبی را برای طراحی الگوهای قابل قبول اکتشافی فراهم می‌آورند [۱].

با توجه به سوابق فعالیت‌های اکتشافی و بهره‌برداری از ذخایر سرب و روی در مجتمع معدنی ایرانکوه (معدن باما) در گذشته و نواقص موجود به لحاظ عدم رعایت اصول مهندسی اکتشاف در ابتدای امر از یک طرف و همچنین کاهش ذخایر سطحی و محدوده‌های اکتشاف شده قبلی از طرف دیگر امروزه ضرورت تامین خوراک بهره‌برداری دراز مدت معدن جهت ادامه حیات این مجتمع معدنی بخوبی احساس می‌گردد. لذا در این راستا ضروری است که مناطق با پتانسیل کانی‌سازی برتر جهت ادامه عملیات اکتشافی تعیین گردد و اولویت‌بندی آنها در این راستا انجام پذیرد. به همین منظور مطالعات دورسنجی بر روی منطقه ایرانکوه انجام گرفت و لایه‌های اطلاعاتی مرتبط با شواهد کانی‌سازی استخراج شدند و با استفاده از تلفیق این اطلاعات با اطلاعات ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی و زمین‌شناسی در سیستم GIS مناطق بهینه و امید بخش جهت ادامه عملیات اکتشافی مشخص گردیدند.

## ۲- منطق بکارگیری اوزان شواهد<sup>۱</sup> در پتانسیل‌یابی مواد معدنی

روش بیزین ارتباط کمی بین مجموعه داده‌ها، معیارهای شناسایی کانسار و رخداد‌های معدنی شناخته شده را نشان می‌دهد [۳]، [۴]. بعنوان نقشه‌های ورودی آنالیز آماری بیزین از نقشه‌های باینری استفاده می‌شود که این نقشه‌ها برای شناسای رخداد کانی و معیارهای ویژه ایجاد می‌گردد و مجموع وزن این نقشه‌ها رتبه بندی مناطق مستعد را نتیجه می‌دهد. هر نقشه باینری مناطقی را ترسیم می‌نماید که دامنه آزمایش به صورت یک نقشه حضور ( $D_p$ ) و عدم حضور ( $D_n$ ) نمایش داده می‌شود. امتیاز دهی این نقشه‌ها به منظور دستیابی به مقادیری از وزنه‌های مثبت و منفی ( $W^+, W^-$ ) بر اساس دامنه و رویدادهای معدنی شناخته شده صورت می‌گیرد [۵]. از آنجایی که مساحت رخداد ماده معدنی نسبت به دامنه آزمایش خیلی کوچکتر است لذا وزن مشاهده‌ای بوسیله Ln نسبت احتمال تخمین زده می‌شوند [۳]، [۶].

$$W^+ = \text{Ln} ( \text{درصد رخداد‌های معدنی در } D_p ) / ( \text{درصد مساحت اشغال شده توسط } D_p ) \quad (1)$$

$$W^- = \text{Ln} ( \text{درصد رخداد‌های معدنی در } D_n ) / ( \text{درصد مساحت اشغال شده توسط } D_n ) \quad (2)$$

این وزنها میزانی از همبستگی فضایی بین رخداد‌های ماده معدنی و معیارهای شناسایی را نشان می‌دهند که فاقد واحد می‌باشند. کنتراست ( $C = W^+ - W^-$ ) وزنها را ترکیب کرده و یک معیار کلی برای ارتباط یک دامنه آزمایشی و رویداد معدنی مشخص را بیان می‌کند، بدین صورت که در یک رابطه فضایی مثبت، کنتراست مثبت و در یک رابطه فضایی منفی کنتراست منفی می‌باشد. برای هر دامنه آزمایشی اغلب کنتراست ماکزیمم، بهترین معیار همبستگی فضایی با نقاط رخداد ماده معدنی را بدست می‌دهد، مشروط بر اینکه تعداد رخداد ماده معدنی زیاد و دامنه آزمایش بزرگ باشد. در مورد دامنه آزمایش کوچک و تعداد رخداد‌های ماده معدنی کم عدم قطعیت وزنها خیلی بیشتر است در نتیجه کنتراست معنی دار نیست. مقدار عددی  $t$  استیودنت  $C$  بصورت نسبت  $C$  به انحراف معیارش اندازه‌گیری می‌شود ( $C/S(C)$ ). این مقدار معادل یک مفهوم ریاضی برای همبستگی فضایی بین نقاط رخداد ماده معدنی و دامنه آزمایش عمل می‌کند [۶]، [۷]. انحراف معیار  $C$  برابر است با:

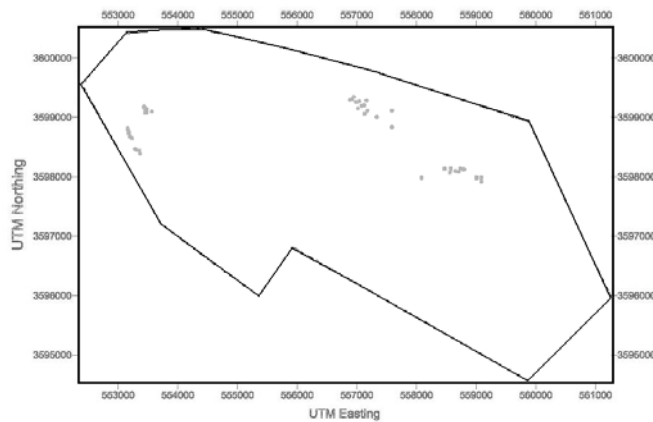
$$S(C) = \sqrt{S^2(W^+) + S^2(W^-)} \quad (3)$$

که در آن  $S^2$  مقدار واریانس اوزان را نشان می‌دهد. نسبت  $C/S(C)$  برای مشخص کردن مرز بهینه بکار می‌رود [۴].

<sup>۱</sup> - Weight of evidence

### ۳- تعیین نقاط آزمایشی

در این تحقیق تعداد ۵۳ نقطه آزمایشی، از معادن فعال، گمانه‌ها، واگن‌دریل‌ها و رخنمون‌های سطحی که میزان سرب و روی آنها بیشتر از سه درصد بوده، انتخاب شده است. در شکل شماره ۱ موقعیت این نقاط در منطقه نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت نقاط آزمایشی در محدوده مورد مطالعه

### ۴- تهیه لایه‌های شاهد در منطقه مورد مطالعه

#### ۴-۱- تهیه لایه ژئوفیزیک

برای اکتشاف کانسارهای سرب و روی سولفوروزی روش ژئوالکترونیک در درجه اول اهمیت قرار دارند. به همین منظور برای تشکیل لایه ژئوفیزیک از داده‌های IP منطقه استفاده شده است. برای بدست آوردن آنومالی هر منطقه حد آستانه‌ای آن منطقه توسط رابطه  $\bar{X} + 2S$  محاسبه شده است. سپس مناطق بیشتر از حد آستانه‌ای بعنوان آنومالی انتخاب شدند.

#### ۴-۲- تهیه لایه گسل‌های منطقه

یکی از عوامل کنترل کننده کانی سازی در هر منطقه گسل‌های موجود در آن می‌باشند که ممکن است کانی سازی در امتداد آنها صورت گرفته باشد. لایه گسل‌های منطقه با استفاده و مقایسه از دو روش دورسنجی (با استفاده از فیلترهای راستایی و روبرتز) و نقشه زمین شناسی منطقه بوجود آمده است. با توجه به شواهد موجود در منطقه دو نوع گسل با راستای شمال غربی- جنوب شرقی و همچنین شمال شرقی- جنوب غربی وجود دارد که این گسل‌ها از یکدیگر جدا و در لایه‌های جداگانه‌ای قرار داده شده‌اند.

#### ۴-۳- تهیه لایه ژئوشیمی منطقه

با توجه به اینکه روش لیتوژئوشیمیایی برای کشف هاله‌های اولیه بخصوص برای انواع مرتبط با کانی سازی پنهان بسیار سودمند است، برداشت نمونه‌های سنگی در منطقه مورد مطالعه به روش لپیری انجام گرفته و آنالیز شیمیایی بر روی آنها صورت گرفته است و همچنین آنالیز شیمیایی بر روی مغزه‌های حفاری صورت گرفته است. حد آستانه‌ای سرب و روی با استفاده از رابطه  $\bar{X} + 2S$  برابر با ۰/۵ درصد محاسبه شد و مناطق بالاتر از این حد بعنوان آنومالی در نظر گرفته شدند [۲].

#### ۴-۴- لایه رخنمون ماده معدنی

یکی از عوامل مرتبط با کانی سازی در منطقه مورد مطالعه رخنمون ماده معدنی است. برای تهیه این لایه از نقشه زمین‌شناسی معدن باما کمک گرفته شد و مناطق دارای رخنمون ماده معدنی با کنترل صحرایی از این نقشه جدا گردید و سپس بصورت پلیگون بعنوان لایه رخنمون ماده معدنی در GIS مورد استفاده قرار گرفت.

#### ۴-۵- لایه باریت شدگی

باریت به دو صورت رگه‌ای و رسوبی تشکیل می‌شود. باریت رگه‌ای بصورت اپی‌ژنتیک است و کانی‌سازی باریت در امتداد گسل‌ها، شکستگی‌ها یا زونهای برشی شده روی می‌دهد. باریت لایه‌ای بصورت سنژنتیک- دیاژنتیک و بصورت ریزدانه لایه‌بندی نازک تا یکپارچه در سکناس حوضه‌های رسوبی سیلیسی و باریت کلاستیک در جریان‌های کوچک و آشفته تشکیل می‌شود. کانی سازی باریت در نتیجه مهاجرت سیالات گرم و عمیق و احیایی در طول گسل‌ها یا ریف‌ها در پوسته اقیانوسی

بوجود می‌آید. بخشهای خرد شده (باریت لایه‌ای) ممکن است بصورت جریان‌های آشفته حمل و نقل یافته باشد [۲]. در منطقه مورد مطالعه نیز باریت تشکیل شده که با کانی سازی سرب و روی در ارتباط است. لایه‌های باریت بصورت پلیگون از نقشه زمین شناسی معدن باما جدا شده است.

#### ۴-۶- لایه دولومیت

با توجه به اینکه کانی سازی اسفالریت و گالن به صورت استراتی‌باند در لایه‌های دولومیت موجود در منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است، دولومیت یکی از عوامل کنترل کننده کانی سازی در منطقه محسوب می‌گردد. دولومیت‌های منطقه با استفاده از دورسنجی مشخص و این دولومیتها بصورت پلیگون درآورده شد. سپس برای آنها تا ۲۰۰ متر بافر در نظر گرفته شده است و بعنوان یکی از لایه‌های شاهد در GIS منطقه مورد استفاده قرار گرفت. دلیل وجود بافر را می‌توان احتمال وجود دولومیت در عمق دانست که توسط واحدهای جوان پوشیده شده است.

#### ۴-۷- لایه اکسیدهای مواد معدنی

به علت وجود پیریت و سایر سولفیدهای فلزی در منطقه و تاثیر آبهای جوی بر آن، گوگرد تشکیل سولفات داده است و آهن و سایر مواد معدنی سرب و روی در اثر هوازدگی به اکسید تبدیل شده‌اند. اکسیدهای مواد معدنی یکی از لایه‌های مرتبط با کانی سازی در منطقه است. بعد از تشخیص نواحی آلوده به اکسیدهای مواد معدنی با استفاده از سنجش از دور این مناطق بصورت رستر بعنوان لایه اکسید وارد سیستم GIS شد. ابتدا اوزان این لایه محاسبه شده، سپس کلاس‌بندی مجدد با توجه به این اوزان بر روی این لایه صورت گرفته است تا کلاس‌هایی که ارتباط بیشتری با کانی سازی دارند در مدل نهایی استفاده شوند.

#### ۴-۸- لایه هیدروکسید

یکی دیگر از عوامل مرتبط با کانی‌سازی در منطقه، هیدروکسیدها هستند که هیدروکسیدهای آهن، مارن‌ها و رس‌ها را در بر می‌گیرند. بعد از تشخیص نواحی آلوده به هیدروکسیدها این مناطق بصورت رستر وارد مدل GIS شده‌اند. با توجه به اینکه تمام هیدروکسیدها با کانی سازی در ارتباط نیستند، ابتدا اوزان تمام آنها محاسبه شد و کلاس‌بندی مجدد با توجه به این اوزان بر روی آنها صورت گرفت تا کلاس‌هایی که با کانی‌سازی در ارتباط هستند، انتخاب و در مدل نهایی استفاده شوند.

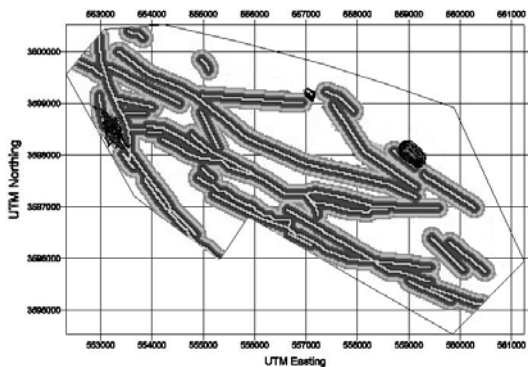
#### ۵- محاسبه اوزان لایه‌های شاهد منطقه مورد مطالعه

اوزان لایه‌ها (شکل‌های شماره ۲ تا ۹) با توجه به وسعت لایه نسبت به وسعت کل محدوده و تعداد نقاطی که از ۵۳ نقطه آموزشی در محدوده لایه قرار گرفته، محاسبه شده است. در لایه‌هایی که برای آنها بافر در نظر گرفته شده است با توجه به مقدار ماکزیمم استیوندنت C بافر ایتیمم تعیین شده و بافرها تا این فاصله تعمیم داده شده‌اند. برای لایه گسل محاسبه اوزان نشان می‌دهد که تنها گسل‌های شمال غربی - جنوب شرقی با کانی سازی در ارتباط هستند و گسل‌هایی که دارای روند شمال شرقی - جنوب غربی می‌باشند با کانی‌سازی در ارتباط نیستند، زیرا هیچ نقطه آزمایشی در محدوده این گسل‌ها قرار نگرفته است و در نتیجه وزنی به آنها تعلق نمی‌گیرد. لذا فقط از گسل‌های دارای روند شمال غربی - جنوب شرقی در مدل استفاده شده است. اوزان و میزان کنتراست برای لایه‌ها بعد از تعمیم دادن در جدول ۱ نشان داده شده است.

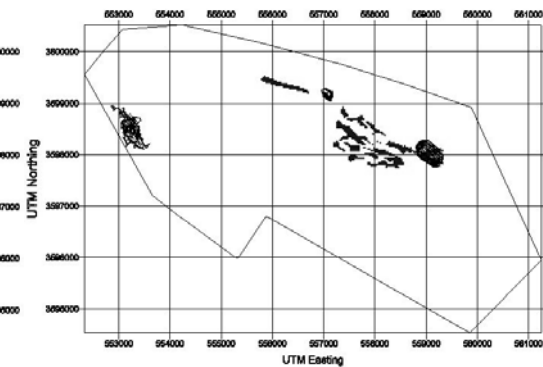
#### ۶- استقلال مشروط<sup>۱</sup>

عدم وابستگی یا استقلال مشروط (CI) به طور فرضی هنگامی وجود دارد که دو یا چند نقشه به کمک مدل بیزین با هم ترکیب شوند. CI با آزمایش‌های آماری نقشه‌هایی را که دارای همبستگی هستند و ایجاد مشکل می‌کنند، مشخص می‌کند. در نتیجه تعدادی نقشه‌های مشکل آفرین را می‌توان هنگام تجزیه و تحلیل کنار گذاشت یا برای کاهش دادن مشکل آنها را اصلاح کرد. نتایج آزمون استقلال مشروط لایه‌های شاهد محدوده مورد مطالعه در سطح اعتماد ۹۵٪ در جدول ۲ آورده شده است. در این سطح اعتماد، احتمال کمتر از ۰/۰۵ تا حدودی معرف وابستگی بین دو لایه می‌باشد. با توجه به جدول تعداد کمی از لایه‌ها تا حدودی وابستگی نشان می‌دهند که با توجه به وسعت کم محدوده قابل پیش بینی بوده است.

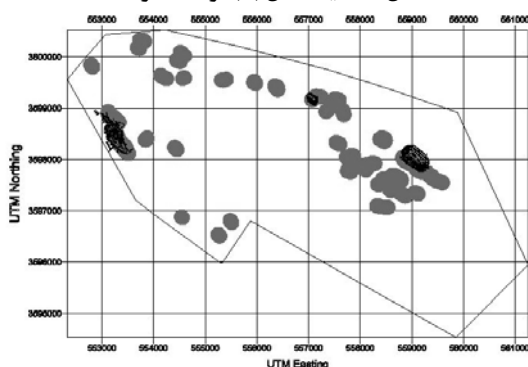
<sup>۱</sup>-Conditional Independing



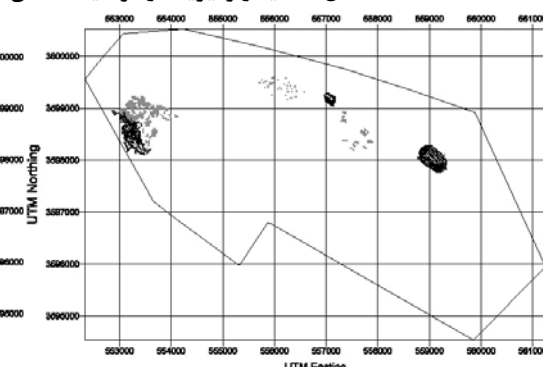
شکل ۳- لایه گسل با بافر ۲۰۰ متر



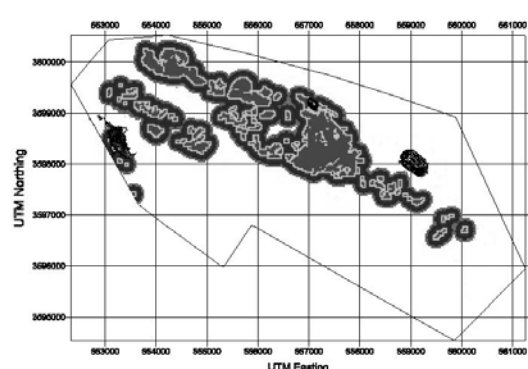
شکل ۲- لایه ژئوفیزیک و موقعیت معادن



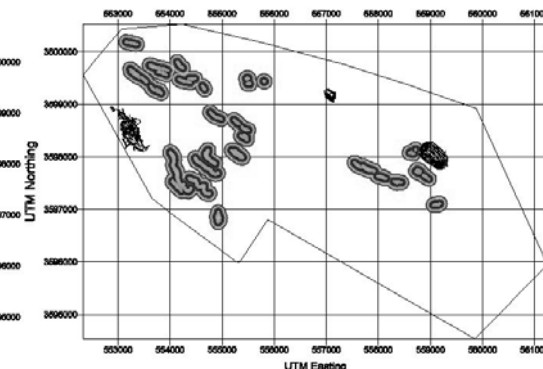
شکل ۵- لایه رخنمون ماده معدنی با ۲۰۰ متر بافر



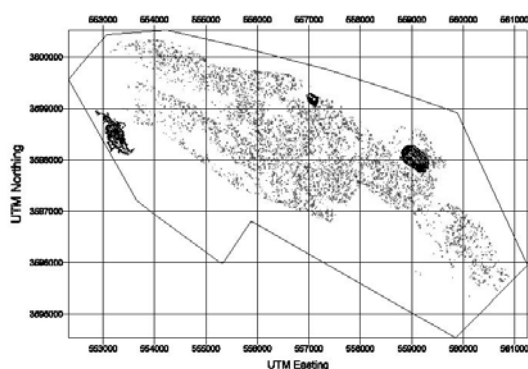
شکل ۴- لایه ژئوشیمی و موقعیت معادن



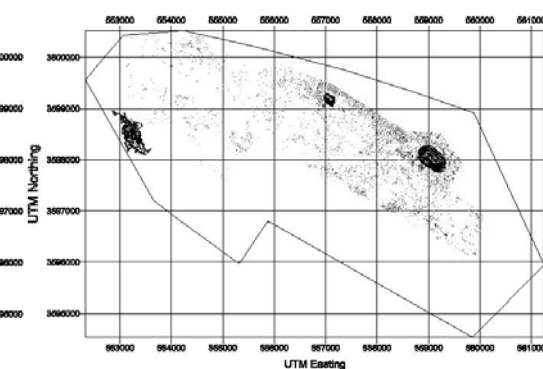
شکل ۷- لایه دولومیت با بافر ۲۰۰ متر



شکل ۶- لایه باریت با ۲۰۰ متر بافر



شکل ۹- لایه هیدروکسید با پنج کلاس مختلف



شکل ۸- لایه اکسیدهای مواد معدنی با چهار کلاس مختلف

جدول ۱- اوزان محاسبه شده برای هشت لایه محدوده مورد مطالعه

Layer	Area (Sq.Km)	Area (Linit)	Point	W+	S(W+)	W-	S(W-)	C	S (C)	Stud (C)
Geophysical domain	0.549	54.09	8	2.25	0.38	0.15	0.15	2.40	0.41	5.84
NW-SE Fault domain	10.72	1072.08	35	0.63	0.17	0.68	0.24	1.31	0.29	4.40
Geochemical domain	0.38	38.34	19	4.00	0.32	0.44	0.17	4.44	0.36	12.12
Outcrop domain	5.43	543.06	28	1.11	0.19	0.58	0.20	1.69	0.28	5.98
Barite domain	0.65	651.67	4	1.26	0.50	0.06	0.14	1.32	0.52	2.51
Dolomite domain	7.96	796.41	36	0.97	0.17	0.87	0.25	1.84	0.30	6.09
Oxide Ore domain	0.27	274.72	3	1.69	0.58	0.05	0.15	1.74	0.59	2.91
Hydroxide domain	0.46	468.22	4	1.16	0.50	1.32	1.00	2.48	1.11	2.22

جدول ۲- نتایج آزمون استقلال مشروط برای هشت لایه محدوده مورد مطالعه

Etheme	Outcrop	Dolomite	Oxide Ore	Geophysics	Geochemistry	Fault	Barite
Hydroxide	0.83	0.93	0.96	0.88	0.67	0.01	0.74
Outcrop		0.84	0.75	0.76	0.01	0.68	0.17
Dolomite			0.57	0.01	0.30	0.37	0.01
Oxide Ore				0.89	0.43	0.49	0.83
Geophysics					0.01	0.75	0.04
Geochemistry						0.01	0.40
Fault							0.64
Values < 0.05 indicate some conditional dependence.							

## ۷- مدل نهایی روش اوزان شواهد

اساس مدل نهایی بر جمع اوزان لایه‌های شاهد در محدوده مورد مطالعه، پایه‌گذاری شده است. جمع اوزان لایه‌ها در جدول ۳ ارائه شده است که ماکزیمم ۱۳/۰۷ و مینیمم ۴/۱۵- را نشان می‌دهد.

شکل شماره ۱۰ مدل نهایی مناطق امید بخش کانی سازی سرب و روی در منطقه را نشان می‌دهد که بر حسب احتمال<sup>۱</sup> رخداد ماده معدنی اولویت بندی شده و به شش کلاس مختلف تقسیم شده است. مدل نهایی کانی‌سازی در پیت معادن را نشان می‌دهد که از قبل قابل پیش بینی بود. همچنین ناحیه بین معادن تپه سرخ و گوشفیل احتمال بالایی را نشان داده است.

جدول ۳- جمع اوزان لایه

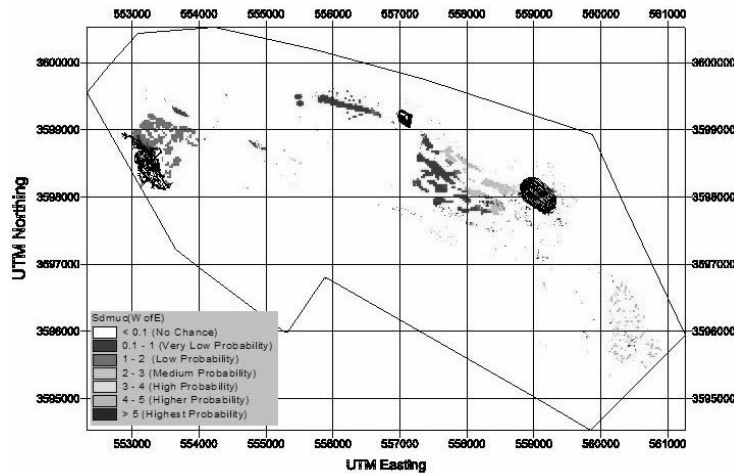
Evidence Theme	W+	W-	Contrast	Confidence
Barite	1.26	-0.06	1.32	2.51
Hydroxide	1.16	-1.32	2.48	0.60
Oxide Ore	1.69	-0.05	1.74	2.91
Geophysics	2.25	-0.15	2.40	5.89
Geochemistry	4.00	-0.44	4.44	13.09
Outcrop	1.11	-0.58	1.69	5.93
Fault	0.63	-0.68	1.31	4.36
Dolomite	0.97	-0.87	1.84	6.03
Total	13.07	-4.15		

در شکل شماره ۱۱ مدل نهایی بر حسب عدم قطعیت<sup>۲</sup> اولویت بندی شده و به پنج کلاس مختلف تقسیم شده است (عدم قطعیت خیلی کم تا عدم قطعیت خیلی زیاد). در این حالت کمترین عدم قطعیت بهترین اولویت را نشان می‌دهد. مقایسه شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نشان می‌دهد که ناحیه بین معادن گوشفیل و تپه سرخ در هر دو نقشه بهترین اولویت را نشان می‌دهد [۸].

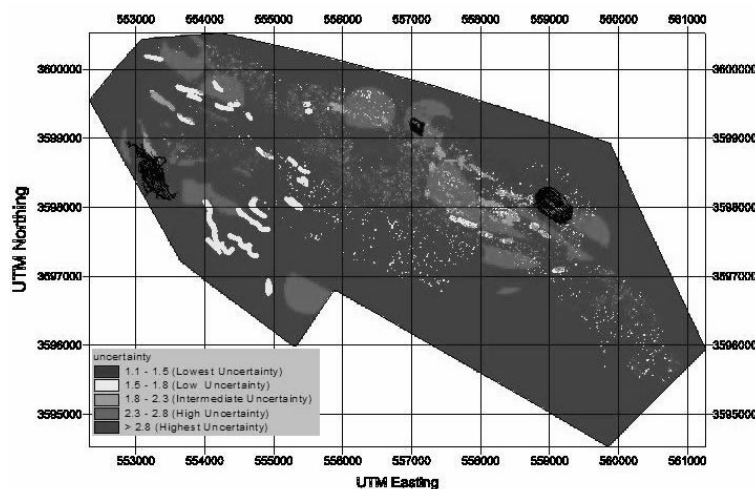
<sup>۱</sup> -Probability<sup>۲</sup> - Uncertainty

۸- مدل رگرسیون لجستیک<sup>۱</sup>

در این مدل بر خلاف مدل اوزان شواهد لازم نیست تا لایه‌های اطلاعاتی مستقل از هم باشند و می‌توانند به یکدیگر وابسته باشند. برای مقایسه اثر وابستگی لایه‌ها، ترکیب لایه‌ها با این مدل نیز انجام شده که نتیجه آن در شکل ۱۲ نشان داده شده است. بر اساس احتمال رخداد ماده معدنی اولویت بندی در پنج کلاس انجام شده است. از مقایسه نقشه‌های رگرسیون لجستیک و اوزان شاهد می‌توان نتیجه گرفت که مدل اوزان شواهد جوابهای قابل قبول تری را ارائه می‌دهد و بهتر است تا لایه-های اطلاعاتی تا حد امکان مستقل از هم انتخاب شوند.



شکل ۱۰- مدل نهایی اوزان شواهد (اولویت بندی بر اساس احتمال رخداد ماده معدنی)



شکل ۱۱- مدل نهایی اوزان شواهد (اولویت بندی بر اساس عدم قطعیت)

## ۹- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در سیستم اطلاعات جغرافیایی به همراه پیشنهاداتی جهت ادامه عملیات اکتشافی در محدوده رشته کوه ایرانکوه بطور خلاصه ارائه می‌گردد.

۱- با توجه به اوزان محاسبه شده برای گسل‌ها، تنها گسل‌های دارای روند شمال غربی- جنوب شرقی با کانی‌سازی در ارتباطند. اوزان محاسبه شده نشان می‌دهد که باریتیزاسیون، نوع خاصی از سنگهای دولومیتی و اکسیدهای آهن و سایر مواد معدنی موجود در منطقه مورد مطالعه با کانی‌سازی در ارتباط هستند. با توجه به اینکه تنها بخشهایی از هیدروکسیدهای

<sup>۱</sup> -Logistic Regression

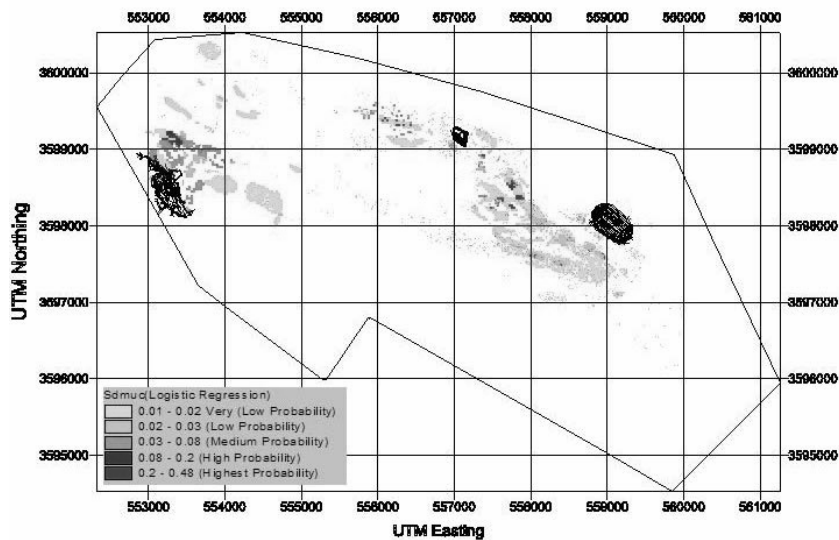
منطقه با کانی سازی در ارتباط می باشد، استفاده از طبقه بندی مجدد برای تعیین این قسمت بسیار مفید است. نتایج استقلال مشروط بیانگر این است که بعضی از لایه ها تا اندازه های نسبت به یکدیگر در محدوده کانی سازی شده وابستگی نشان می دهند که با توجه به وسعت محدوده منطقی به نظر می رسد.

۲- مدل نهایی اوزان شواهد مناطق امید بخش را بر اساس احتمال رخداد کانی سازی بخوبی نشان داده است بطوریکه حداکثر احتمال رخداد با مناطق معادن فعال فعلی تطبیق نشان می دهد. همچنین مدل اوزان شواهد جوابهای بهتری نسبت به مدل رگرسیون لجستیک ارائه می دهد که این امر با توجه به ماهیت متفاوت روشهای فوق قابل پیش بینی بوده است.

۳- پیشنهاد می گردد که برنامه عملیات اکتشافی طبق اصول مهندسی اکتشاف و سیستماتیک طراحی و اجرا گردد تا در هر مرحله بتوان مدل سازی زونهای مستعد را در قالب GIS بخوبی اجرا نمود.

۴- پیشنهاد می گردد که بر روی نواحی با احتمال پتانسیل کانی سازی برتر کنترل های زمینی انجام شود و در صورت تأیید شواهد سطحی کانی سازی، اقدام به برنامه ریزی عملیات اکتشافی صورت پذیرد. در این خصوص محدوده های غرب معدن گوشفیل، رومرمر، شرق تپه سرخ، شمال کلاهدروازه و در نهایت غرب تپه سرخ به ترتیب در اولویت قرار می گیرند.

۵- توصیه می شود از روشهای پیشرفته پردازش تصویری بر روی داده های دورسنجی چند طیفی جهت به نقشه درآوردن پدیده های سطحی مرتبط با کانی سازی و استخراج اطلاعات نهفته در این تصاویر حداکثر بهره برداری صورت گیرد، چرا که چنین اطلاعاتی با صرف هزینه و زمان کم از ارزش فوق العاده ای در پوشش مناطق وسیع برخوردار می باشند.



شکل ۱۲- مدل نهایی به روش رگرسیون لجستیک



## ۱۰- مراجع

- [۱] بونهام کارتر، گریم اف؛ (۱۳۷۹)؛ سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای دانش‌پژوهان علوم زمین؛ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور؛ تهران.
- [۲] حسنی پاک، علی اصغر؛ (۱۳۷۹)؛ مدل سازی کانسارهای فلزی - غیرفلزی و کاربرد اکتشافی آن؛ انتشارات دانشگاه تهران.
- [3] Bonham-Carter, G.F., Agterberg, F.P. and Wright, D.F.; 1989; "Weight of evidence modelling: a new approach to mapping mineral potential"; Statistical applications in Earth Sciences. GeologocL Survey of Canada, Paper 89.
- [4] Bonham -Carter, G.F.; 1994; *geographic information system for Geoscientists, Modelling with GIS*.
- [5] Asadi Haroni, H.; 2000; *The Zarshoran Gold Deposit Model Applied in a Mineral Exploration GIS in Iran*.
- [6] Turner, D.D.; 1997; *Predictive GIS model for sediment-hosted gold deposit, NORTH-CENTERAL NEVADA, U.S.A.*
- [7] G.F Bonham-Carter, F.P. Agterberg and Wright, D.F.; 1998; *Integration of Geological Datasets for Gold Exploration in Nova Scotia*.
- [8] Chinn, G.T. and Ascough, G.L.; 1997; "Mineral Potential Mapping Using An Expert System and GIS".