

## جایگاه مدل سازی سه بعدی ذخایر معدنی در بررسی های زمین شناسی اقتصادی،

### تعیین ذخیره و ژنز آنها

(با بررسی موردی بر روی گروهی از ذخایر سنگ تزئینی استان آذربایجان غربی)

جعفر عبدالهی شریف<sup>۱</sup>، علی امامعلی پور<sup>۱</sup>، عارف علی پور<sup>۲</sup>، مجتبی مختاریان اصل<sup>۲</sup>

۱- گروه مهندسی معدن، دانشگاه ارومیه

۲- گروه مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی ارومیه

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۱/۲۸، نسخه نهایی: ۱۳۸۹/۱/۲۷

#### چکیده

در حال حاضر در کشورهای پیشرفته کامپیوتر از ضروری ترین ابزار کار برای پژوهشگران علوم وابسته به زمین بشمار می رود و به گونه ای گسترده در مدل سازی سه بعدی ذخایر معدنی و ذخایر سنگ تزئینی مورد استفاده قرار می گیرد. با استفاده از مدل سازی سه بعدی ذخایر معدنی و جزئیات خیره کننده ای که توسط این مدلها در اختیار تیم های پژوهشی و اکتشافی قرار می گیرد، جنبه های نا پیدا و جالبی از ساختار ژنتیکی و سرگذشت زمین شناسی این ذخایر هویدا می شود. در نوشتار حاضر که حاصل پژوهش انجام شده بر روی گروهی از نهشته های آراگونیتی استان آذربایجان غربی است، مدل سازی نهشته های تحت بررسی و رهیافتهای ژنتیکی حاصل از مطالعه مدل منجر به اکتشاف ذخایر دیگری از این تیپ کانسنگ که در بازار سنگ تزئینی ایران از مقبولیت بالایی برخوردار هستند، شده است. در جریان مدل سازی این ذخایر که محصول فعالیت چشمه های آب گرم هستند توسط مدل تهیه شده مظهر چشمه های آهک ساز و راستای قرار گیری آنها بر روی یکی از شکستگیهای پنهان منطقه تعیین و محل تقریبی ذخایر جدید جهت اکتشاف های بعدی تعیین شد. در محلهای تعیین شده هم اکنون ذخایر جدیدی در حال اکتشاف و بهره برداری هستند.

واژه های کلیدی: مدل سازی ذخایر معدنی، ساختار ژنتیکی، چشمه های آب گرم، سنگ تزئینی.

#### مقدمه

شماره ۱). این ذخایر عموماً دارای ارزش اقتصادی بسیار بالایی بوده و در بازار سنگ ایران تحت عنوان مرمهرهای رنگی شناخته شده اند. کیفیت کانسنگ تولیدی از این معادن چنان است که تمام یا بخش عمده ای از تولیدات آنها به خارج از کشور صادر شده اند.

واضح است در ارتباط با چنین ذخایر باارزشی هرگونه بی توجهی و عدم دقت در انتخاب شیوه اکتشاف و استخراج آنها، موجب افت ماده معدنی و افزایش ضایعات استخراجی شده و خسارات جبران ناپذیری در گام نخست بر اقتصاد معدن و در گامهای بعدی بر سرمایه های ملی خواهد زد. از این قبیل ذخایر تاکنون معادن قشلاق (۲) (مرمر سبز، سفید و قرمز) و معدن

کشور باستانی ایران جزو پنج کشور برتر تولیدکننده سنگ تزئینی در دنیا است. علی رغم جایگاه مناسب کشورمان در میان سایر کشورهای تولید کننده و تنوع خیره کننده ذخایر سنگ تزئینی در این گستره پهناور، سهم کشورمان از صادرات جهانی سنگ بسیار ناچیز و رقم مایوس کننده زیر یک درصد است. این در حالی است که حدود ۱۱/۵ درصد از تولید جهانی سنگ به ایران اختصاص دارد [۱]. در گستره استان آذربایجان غربی ذخایر بسیار با ارزشی از نهشته های کربناتی آراگونیتی که محصول فعالیت چشمه های آبگرم هستند در اطراف شهرستان های مهاباد، میاندوآب و شوط شناسایی شده اند که در مواردی ذخایر منحصراً به فردی را تشکیل می دهند (شکل



تکراری را که برای مدل‌سازی زمین‌شناسی سنگهای تزئینی مورد نیاز است را بدقت مورد بررسی و تدوین قرار دادند. در سال ۲۰۰۰ [۹] کار مشابهی را بر روی ذخایر آندزیتی انجام داده و با استفاده از روش کریجینگ پیش‌بینی‌هایی را بر روی کیفیت بلوک‌های معدنی سنگ تزئینی انجام دادند. در پژوهش‌های تکمیلی متخصصین به دنبال تهیه مدل‌هایی نه تنها برای ارائه ویژگی‌های زمین‌شناسی بلکه معرفی ویژگی‌های اقتصادی سنگ تزئینی بودند. در این خصوص در سال ۲۰۰۴ [۱۰] بر روی یک ذخیره اسلیتی مدل توام زمین‌شناسی و اقتصادی را تهیه کردند. به تدریج مدل‌های تهیه‌شده از ذخایر سنگ تزئینی توسعه و گسترش یافت و کم‌کم حاوی قابلیت‌های اجرایی بیشتری شدند در سال ۲۰۰۶ نرم‌افزاری را برای تجزیه و تحلیل و کاربردی کردن نتایج حاصل از مدل‌سازی زمین‌شناسی و اقتصادی برای برنامه‌ریزی تولید ذخایر سنگ تزئینی ارائه نمودند [۱۱]. نخستین گامها در استفاده از مدل‌های رایانه‌ای برای پیش‌بینی منشأ ذخایر معدنی توسط محققان روسی برداشته شد. در سال ۲۰۰۵ [۱۲] با استفاده از یافته‌های حاصل از مدل‌سازی سه بعدی ذخایر معدنی مدل ژئوشیمیایی نهشته‌های ماسیوسولفاید منطقه آلتای روسیه را ارائه و با پژوهش خود افق جدیدی را برای اکتشاف ذخایر بعدی در این منطقه باز کردند. با افزایش کارایی‌های مدل‌های رایانه‌ای با استفاده از این مدل‌ها در عرصه سنگهای ساختمانی [۱۳] در سال ۲۰۰۹ الگوریتم هوشمندی را برای برنامه‌ریزی تولید این ذخایر تدوین و ارائه نمودند ولی تاکنون پژوهشی برای استفاده ژنتیکی از این مدل‌ها بر روی ذخایر سنگ تزئینی منتشر نشده است.

#### مدل‌سازی ذخایر تحت بررسی

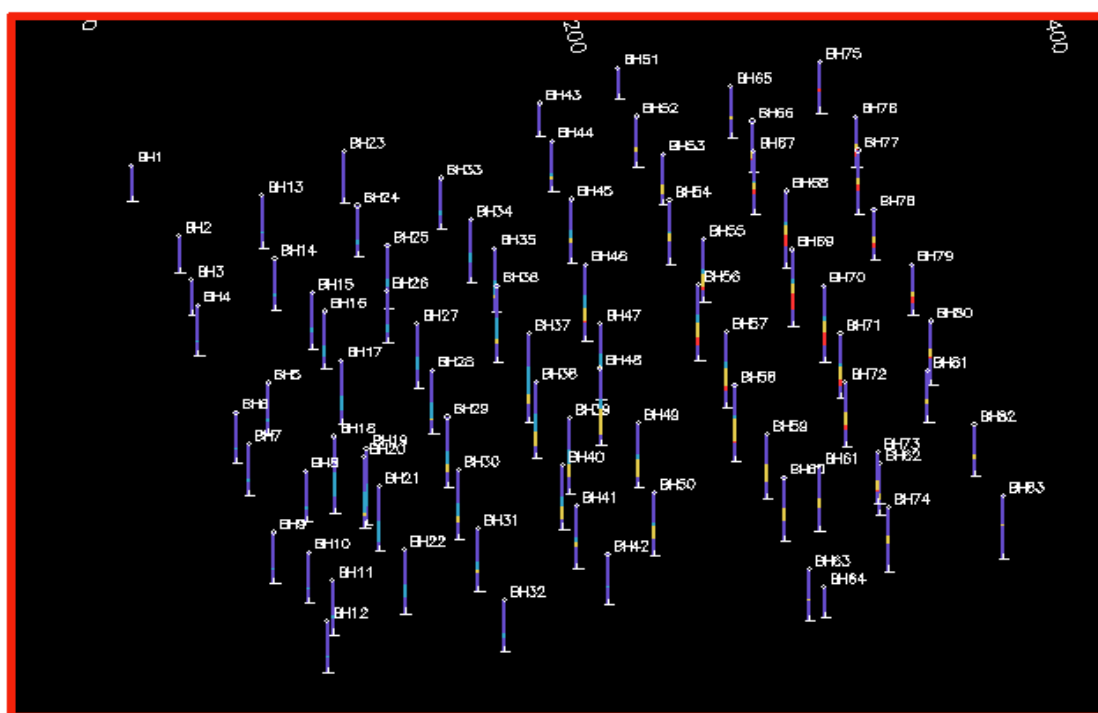
##### نوع و حجم داده‌های اکتشافی و استخراجی

با بررسی پیشینه مطالعات اکتشافی و استخراجی انجام‌شده در گستره ذخایر قشلاق ۲ و ۱ و قیز ممسی که موقعیت آنها در شکل شماره ۱ نشان داده شده است، داده‌های اکتشافی با ارزشی که با استناد به آنها بتوان مدل‌سازی ذخایر تحت بررسی را انجام داد یافت نشد. فعالیتهای اکتشافی انجام‌گرفته در برخی از این ذخایر بسیار محدود و سطحی بود. یگانه ذخیره معدنی که تا حدودی به علت مدیریت صحیح،

یافته‌های با ارزشی از گسترش‌های سطحی و عمقی و نیز تغییر کیفیت و ساخت و بافت کانسنگ در آن قابل دسترس بود، معدن قشلاق شماره ۱ واقع در کیلومتر ۸۰ جاده مهاباد است. به منظور سامان دادن به اطلاعات پراکنده موجود و نیز برداشت و جمع‌آوری داده‌های جدید، انجام یک مرحله پیمایش صحرایی از ذخایر تحت مطالعه برنامه‌ریزی و به مرحله اجرا درآمد. در این فاز مطالعاتی ضمن پیمایش پروفیل‌هایی به فواصل ۳۰ تا ۴۰ متر و تطبیق داده‌های موجود با شواهد محلی در نهایت ۱۱۷ نقطه اطلاعاتی انتخاب و مختصات دقیق آنها با GPS برداشت گردید. داده‌های اکتشافی موجود شامل: ضخامت باطله رویی، ساخت و بافت، رنگ و نیز ضخامت ماده معدنی بود. بخش عمده اطلاعات بازسازی شده مربوط به ذخیره معدنی قشلاق شماره ۱ است. چنانچه پیشتر نیز اشاره گردید این ذخیره با ملاحظات فنی و توسط تیم کارشناسی قوی مورد بهره‌برداری قرار گرفته و داده‌های با ارزشی از اکتشافات در حین استخراج از این معدن در دسترس است.

پس از جمع‌آوری داده‌های اولیه و پردازش آنها فایل‌های رایانه‌ای مورد نیاز، جهت تهیه مدل‌های بلوکی و زمین‌شناسی تهیه شدند. شاید مهمترین فایل ساخته‌شده از میان چهار فایل کلیدی در این پژوهش فایل مربوط به لاگ زمین‌شناسی این ذخایر بود. برای تهیه این فایل‌ها علاوه بر مختصات نقطه آغاز و پایان کانسنگ معدنی، مرز تغییرات ساختی و بافتی و رنگ که در اغلب آنها وجود داشت با دقت تعیین گردید.

در نهایت با تلفیق تمامی اطلاعات حاصل از چاهکهای حفر شده، چالهایی که برای تعیین ضخامت ماده معدنی حفر شده بود، برداشتهای صحرایی جدید، بررسی شواهد استخراجی به جا مانده در گستره معادن و تعداد نقاط داده‌ای اولیه به ۸۳ نقطه اطلاعاتی تقلیل داده شد و فایل‌های مورد نیاز جهت ادامه فرآیند مدل‌سازی تهیه گردید. پس از تدقیق و تلفیق داده‌ها در نهایت شبکه اکتشافی مستطیلی با ابعاد تقریبی ۴۰×۳۰ متر حاصل شد. با توجه به گسترش ذخایر معدنی محور طولی شبکه اکتشافی در راستای N42W قرار گرفت و در نهایت توزیع نقاط اطلاعاتی و گسترش‌های عمقی آنها به شرح شکل شماره ۲ حاصل شد.



شکل ۲. موقعیت مکانی نقاط اکتشافی و گسترش طولی آنها (Z × ۱۰۰۰).

#### مدل زمین‌شناسی ذخایر تحت بررسی

پس از تهیه فایل‌های اولیه، شامل کنتور فایل‌ها و استرینگ فایل‌ها، مدل زمین‌شناسی ذخایر تحت بررسی ساخته شد. در این مدل بدنه ماده معدنی که کانسنگ مرمر را تشکیل می‌دهد متناسب با ویژگی‌های ساختی و بافتی و به‌خصوص رنگ به سه زیر مدل تقسیم و طول گسترش هر کدام از آنها توسط مدل‌های ساخته‌شده تعیین گردید.

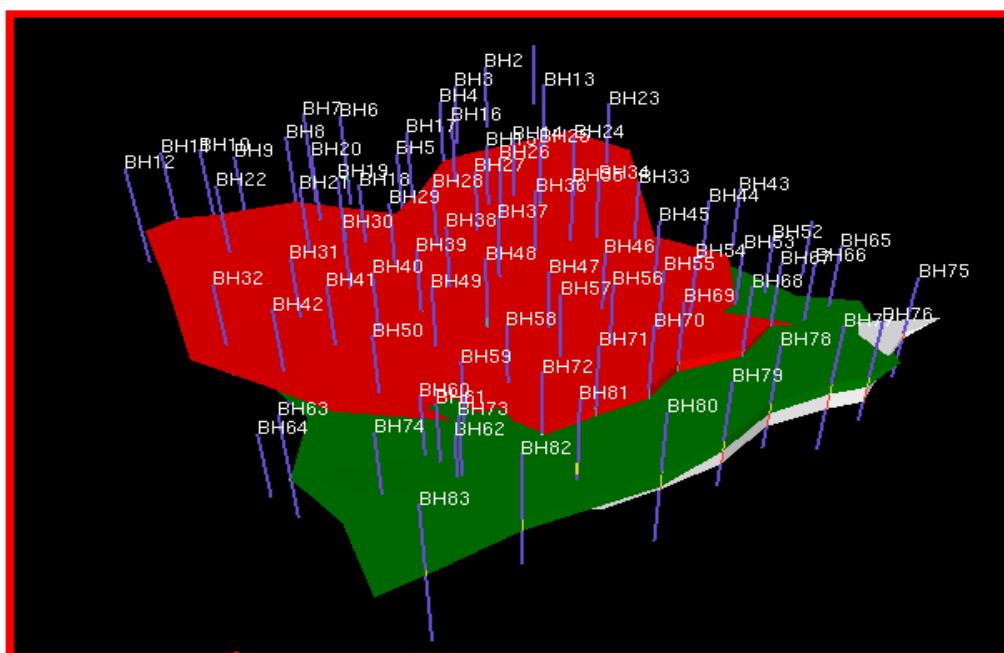
در شکل شماره ۳ مدل سه بعدی ساخته‌شده از ذخایر تحت بررسی ارائه شده است. به طوری که در شکل نیز مشهود است سطح فوقانی ذخیره معدنی را باطله تشکیل می‌دهد. که ضخامت متوسط آن حدود ۳ متر بوده و به‌طور عمده از آلوویم و آبرفتهای رسی تشکیل شده است. طبقات رنگی مرمری که به یکدیگر جوش خورده‌اند بلافاصله در زیر این افق باطله قرار می‌گیرد. ضخامت لایه مرمر از ۱۰ سانتی‌متر تا ۲/۵ متر متغیر است. در بخشهایی که ذخیره معدنی ضخامت کمی دارد به‌طور معمول تغییر رنگ و یا ساخت و بافت مشاهده نمی‌شود ولی در بخشهای ضخیم گاهی سه نمونه مرمر سبز، سفید و قرمز

مشاهده می‌شود که با یک زون تغییر تدریجی به ضخامت حدود ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر به طور کامل قابل تفکیک هستند.

عدم شناخت از مرز تغییر رنگ کانسنگ معدنی منجر به استخراج کوپهایی با رنگهای متفاوت می‌شود که در بازار از محبوبیت کمتری برخوردار است. یکی از اهداف جنبی این مدل‌سازی ارائه اطلاعاتی به بهره‌برداران برای بهینه‌سازی فرآیند استخراج و عرضه کوپهایی با ساخت و بافت یکسان و یکنواخت است.

#### مدل بلوکی ذخایر مورد بررسی

در فرآیند بلوک‌بندی، پیکره ماده معدنی به قطعات کوچکی تقسیم می‌شوند. اندازه این قطعات که اصطلاحاً بلوک نامیده می‌شود متغیر بوده ولی ابعاد مرسوم که در بیشتر پروژه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد بلوکهای مکعبی با ابعاد  $10 \times 10 \times 10$  متر است [۱۲]. واضح است که ابعاد بلوک‌ها شدیداً متأثر از هندسه کانسار است و به‌عنوان مثال برای ذخیره قشلاق که ضخامت



شکل ۳. مدل سه بعدی ساخته شده از ذخایر تحت بررسی (Z×Y×X).

#### روشهای تهیه مدل بلوکی ذخایر سنگ تزئینی

دو رهیافت اصلی برای بلوک بندی ذخایر معدنی وجود دارد. این رهیافتهای تحت عنوان «روش فاکتور» و «روش ریز بلوکها» نام گذاری شده اند. در ادامه ویژگیها و محدودیتهای کاربردی هر روش مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

#### روش فاکتور

در این روش متناسب با گستردگی ماده معدنی و باطله در بلوکهای اکتشافی، فاکتور یا شناسه ای بین عدد صفر و یک به آن نسبت داده می شود. به این ترتیب به بلوکهایی که در ماده معدنی قرار می گیرند عدد یک و به بلوکهایی که در باطله قرار گیرند عدد صفر و به بلوکهای حاشیه ای که در مرز ماده معدنی قرار دارند شناسه بین صفر و یک نسبت داده می شود.

#### روش ریز بلوکها

در این روش، بلوکهای اکتشافی به خصوص بلوکهای حاشیه ای متناسب با پیچیدگیهای ساختاری و شکل توده معدنی به ریز بلوکهایی تقسیم می شوند. در حالت اخیر برای هر ریز بلوک نوع سنگ مرمر موجود در آن تعیین و سپس حجم و ذخیره ماده معدنی موجود در آن محاسبه می شود. شایان ذکر

متوسط آن حدود ۰/۵ متر است، بلوکهایی با ابعاد پیش گفته می توانند مورد استفاده قرار گیرند.

ابعاد بلوکها را شاخصهای زمین آماری و شاخصهای استخراجی کنترل می کنند. بر اساس شاخصهای زمین آماری ابعاد بلوکها باید برابر نصف میانگین فاصله برشهای اکتشافی باشد. برای مثال در کانسار قشلاق که گمانه های اکتشافی در شبکه ای منظم با ابعاد ۳۰×۴۰ متر حفر شده اند ابعاد بلوکها باید برابر ۱۵ متر انتخاب شود، از سوی دیگر ابعاد بلوکها شدیداً متأثر از شاخصهای استخراجی نظیر ارتفاع پله های استخراجی، هندسه کانسار، محدودیتهای تکنولوژیکی، برنامه تولید روزانه، تعداد سینه کار و... است [۱۳].

با توجه به تجارب نگارنده در پروژه های متعدد اجرا شده، افزون بر موارد فوق بهتر است ابعاد بلوکها به گونه ای انتخاب شود تا حجم هر بلوک از ۲۵ درصد ظرفیت استخراجی روزانه معدن فراتر نرود. تهیه مدل بلوکی برای ذخایر سنگ تزئینی اختلاف زیادی با تهیه مدل برای سایر ذخایر معدنی دارد. در ادامه ضمن بیان این اختلافها رهیافتهای حاصله به منظور تهیه مدل بلوکی بهینه ذخایر مرمری تحت مطالعه، بررسی می شود.

است در صورت استفاده از این روش به علت انطباق نتایج با واقعیت‌های ژنتیکی کانسار، نتایج دقیق‌تری حاصل می‌شود.

### تعیین ابعاد بلوکها

در پژوهش حاضر با توجه به ضخامت متوسط ماده معدنی (حدود ۰/۵ متر) ابعاد بلوکهای معدنی ۰/۵×۰/۵×۰/۵ متر انتخاب شد و برای تعیین دقیق مرز تیپ‌های مختلف مرمز با یکدیگر و باطله همراه، ابعاد ریز بلوکها متناسب با نتایج داده‌های اکتشافی ۱۰ سانتی‌متر انتخاب گردید.

به‌طوری‌که در ادامه اشاره خواهد شد استخراج کوپهایی که ضخامت آن ۱۰ سانتی متر باشد به هیچ وجه توجیه اقتصادی نخواهد داشت، به‌همین علت تهیه مدل بلوکی ذخایر سنگ تزئینی در دو مرحله انجام می‌گیرد. در مرحله نخست به منظور تعیین دقیق مرز ماده معدنی و باطله و نیز مرز تیپ‌های مختلف کانسنگ (مرمر با رنگهای مختلف) از روش ریز بلوک استفاده خواهد شد و در مرحله بعد مدل بلوکی تهیه‌شده با توجه به ضخامت حد که تقریباً تعریفی مشابه عیار حد (cut off grade) دارد اصلاح خواهد شد. در مراحل بعد این مدل اصلاح شده مبنای برنامه‌ریزی تولید و استخراج قرار خواهد گرفت.

### ارزش‌گذاری بلوکها

برای اطلاع از موقعیت و گستردگی زونهای تغییر تدریجی رنگ در مرمزها، فرآیند ارزش‌گذاری بلوکها به‌شرح زیر تدوین شد.

- برای بلوکهای واقع در گستره مرمز قرمز ارزش ۵ انتخاب شد.

- برای بلوکهای واقع در گستره مرمز سبز ارزش ۱۰ انتخاب شد.

- برای بلوکهای واقع در گستره مرمز سفید ارزش ۱۵ انتخاب شد.

با شیوه انتخاب شده، بلوکهایی که در مدل بلوکی ارزش آنها در حد فاصل ۵ و ۱۰ و نیز ۱۰ و ۱۵ قرار خواهند داشت بلوکهای واقع در زون تغییر تدریجی و یا به عبارت دیگر زون باطله ماده معدنی را تشکیل می‌دهند. شایان ذکر است چنانچه در گستره مدل زمین‌شناسی بخشهای حاوی مرمز قرمز و سفید شناسایی می‌شد، روش ارزش‌گذاری فوق قابل استفاده نبود.

در مدل تهیه شده بلوکهای با ارزش ۷/۵ و ۱۲/۵ به‌طور کامل در باطله قرار می‌گیرند. به‌منظور کاهش گستره زون تغییر تدریجی رنگ در ذخایر مورد بحث، بلوکهایی که ارزش آنها در حد فاصل ۱۱/۵ تا ۱۳/۵ و نیز ۶/۵ تا ۸/۵ قرار دارند به‌عنوان بلوکهای باطله منظور شدند. با این سازوکار بیشینه ضخامت زون باطله که سطوح برش را تشکیل می‌دهند، از ۲۰ سانتی‌متر فراتر نخواهد رفت. این زون انطباق خوبی با مبانی استخراجی و بهره‌برداری از این ذخایر دارد. یادآوری می‌شود که می‌توان با کوچک کردن بازه ارزش‌گذاری و تبدیل آن به ۱۳ تا ۱۴ و ۷ تا ۸، مرز دقیق‌تری برای باطله انتخاب نمود. ولی در حالت اخیر برش مرز تعیین شده که حداکثر ضخامتی معادل ۱۰ سانتی‌متر خواهد داشت، بسیار مشکل و نیازمند بهره‌گیری از روشهای مدرن استخراجی است.

### اصلاح مدل بلوکی و برنامه‌ریزی تولید ذخایر سنگ تزئینی

پس از تهیه مدل بلوکی و تعیین موقعیت قرارگیری بلوکهای واقع در زون تغییر تدریجی رنگ، موقعیت مرزهای برش کانسار تعیین می‌شوند. در مرحله بعد با توجه به موقعیت قرارگیری این مرزها زونهای قابل برداشت و گستردگی آنها تعیین می‌گردند.

در این مرحله مدل بلوکی قبلی اصلاح و ضمن تجمیع ریز بلوکها، بلوکهای بزرگ ماده معدنی که در بازار سنگ از ارزش اقتصادی بالاتری برخوردار هستند ساخته و مبنای برنامه‌ریزی تولید قرار می‌گیرند. در اصلاح مدل با توجه به کمترین ضخامت قابل قبول در بازار، بلوکهای با ضخامت کمتر از این حد از مدل بلوکی و برنامه‌ریزی تولید حذف می‌شوند. برای تجمیع بلوکها و تعیین مرز بلوکهای استخراجی می‌توان از روشهای دستی و یا الگوریتم‌های یارانه‌ای بهره جست.

### بحث و بررسی

#### تعیین ذخیره کانسارهای تحت بررسی

مدل بلوکی و مدل زمین‌شناسی ساخته شده اطلاعات بسیار دقیق و تفصیلی را از نحوه گسترش تیپ‌های ذخیره مرمز در افقهای مختلف ارائه می‌دهند. با استفاده از این مدلها که اجمالی به ابعاد ۱۰×۱۰×۱۰ سانتی‌متر از ماده معدنی را شامل می‌شود، امکان تعیین ذخیره با دیدگاههای مختلف وجود دارد. برای مثال می‌توان ذخیره را برای افقهای

ارومیه منتهی می‌شود. یافته‌های حاصل نتایج بسیار امیدوار کننده‌ای مبنی بر امکان وجود ذخایر با ارزش دیگری در این زون را ارائه می‌دهند. بر این اساس گستره مناطق امیدبخش برای یافتن ذخایر جدید به شرح شکل شماره ۵ تعیین گردید. کنترل یکی از نقاط امیدبخش و حفاری چند چاهک اکتشافی در آن درستی یافته‌های حاصل را تأیید نموده و با استفاده از این یافته‌ها کانسار جدیدی شناسایی شد که هم اکنون در مرحله اکتشاف تکمیلی و استخراج قرار دارد.

#### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از پژوهش را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود. امروزه تهیه مدل‌های سه‌بعدی رایانه‌ای برای انجام پژوهش‌های زمین‌شناسی امری ضروری است

با تهیه مدل‌های سه‌بعدی از کانسارهای سنگ تزئینی می‌توان موقعیت زونهای تغییر رنگ تدریجی ذخیره معدنی را که در بازار فروش از مقبولیت کمی برخوردار هستند به دقت تعیین کرد.

امکان تعیین ذخیره تیپ‌های مختلف کانسنگ تزئینی که دارای ساخت و بافت متفاوتی هستند با انجام مدل‌سازی رایانه‌ای آنها فراهم می‌گردد.

در صورت تهیه مدل بلوکی و زمین‌شناسی دقیق می‌توان پیش‌بینی‌هایی را در خصوص منشأ ماده معدنی و نحوه گسترش آن به دست آورد.

اطلاعات ژنتیکی حاصل از بررسی‌های مدل سه‌بعدی ذخایر معدنی، الگوی روشنی برای اکتشاف ذخایر مشابه را فرا روی محققان قرار می‌دهد.

با بهره‌گیری از جزئیات ساختاری که توسط مدل‌های سه‌بعدی آشکار می‌گردند امکان برنامه‌ریزی تولید دقیق ذخایر معدنی فراهم می‌گردد.

با توجه به دسترسی به داده‌های رقومی ذخیره معدنی، امکان فیلتر نمودن داده‌ها و تعیین بخش‌های کم ضخامت و پر ضخامت و گستره‌های دارای ارزش استخراجی فراهم می‌شود.

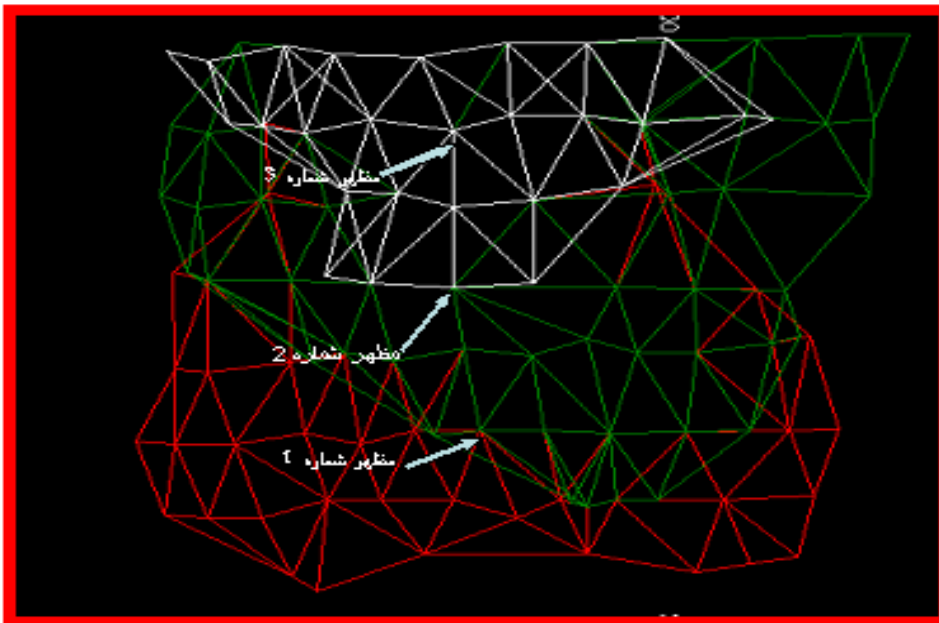
با عنایت به داده‌های با ارزشی که از مدل‌های بلوکی قابل دسترسی است ظرفیت استخراجی معادن قابل افزایش بوده و در عین حال تولید لاشه به علت عدم اطلاع از گسترش‌های سطحی و عمقی ذخایر به کمترین مقدار خود خواهد رسید.

استخراجی به تفکیک رنگ و بافت و یا حتی ذخیره زون تغییر تدریجی رنگ مرمر را با دقت بسیار بالا تعیین و بهره‌برداری کرد. ساخت مدل بلوکی به‌خصوص با رهیافت ریز بلوکها این امکان را به مهندسان طراح پروژه‌های اکتشافی و استخراجی می‌دهد که ضمن مشاهده سه‌بعدی تمامی بخش‌های ذخیره ویژگی‌های کمی و کیفی آنها را نیز به دقت مورد بررسی قرار دهند. به‌عنوان مثال در معدن قشلاق ۱ که داده‌های مربوط به مدل‌سازی آن در شکل‌های شماره ۲ و ۳ ارائه شده‌است، ذخیره مرمر سفید ۱۳۶۲۰ تن، مرمر سبز ۳۱۹۱۰ و مرمر قرمز ۳۲۲۴۰ تن با استفاده از رهیافت روشن فاکتورها تعیین شده‌است. چنانچه تعیین ذخیره با دقت بالاتری مد نظر باشد می‌توان از رهیافت ریز بلوک بهره جست و ذخیره را با دقت یک تن نیز برآورد کرد.

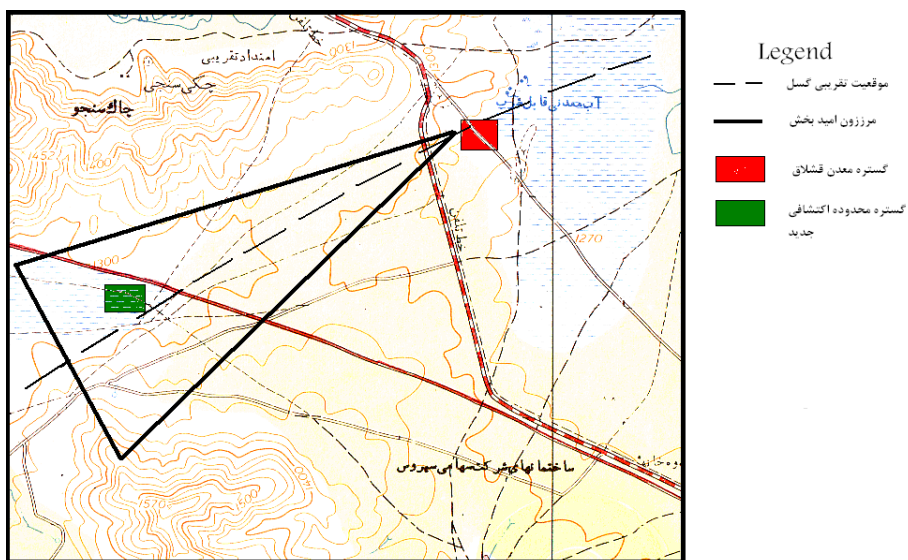
#### یافته‌های ژنتیکی حاصل از مدل‌های تهیه شده

مطالعه تفصیلی مدل زمین‌شناسی و نیز تلفیق یافته‌های حاصل از مدل با شواهد صحرایی داده‌های با ارزشی از منشأ این‌گونه ذخایر را به دست می‌دهد. مطالعات قبلی این ذخایر را محصول فعالیت چشمه‌های آبگرم معرفی نمودند ولی اطلاعاتی در مورد گسترش عمقی و طولی و نیز شرایط فیزیکوشیمیایی تشکیل آنها ارائه نمی‌دهند. بررسی تفصیلی مدل شواهد بسیار جالبی از نحوه تشکیل این ذخایر را ارائه می‌دهد. در این بررسیها مشخص گردید که هر ذخیره محصول فعالیت چندین چشمه آب گرم بوده که در راستای یک زون گسله واقع شده‌اند و تغییرات مربوط به ساخت و بافت و رنگ کانسنگ به علت تغییر در موقعیت مکانی این چشمه‌ها و نیز جنس طبقات و واحدهای سنگی موجود در مسیر آنهاست. بررسی دقیقتر افق‌های تحتانی مدل حتی موقعیت تقریبی مظهر چشمه‌ها را که از آنها محلول‌های گرم آهک‌دار به سطح راه‌یافته‌اند، به خوبی نمایش می‌دهد (شکل شماره ۴). با بررسی‌های بیشتر و با تلفیق شواهد اکتشافی حاصل از ذخایر قشلاق ۱ و ۲ و بررسی موقعیت مکانی مظهر چشمه‌های آنها ملاحظه شد که این ذخایر روند مشخصی را نشان می‌دهند و مطالعات زمین‌شناسی مهندسی موقعیت تقریبی گسل شمال شرقی-جنوب غربی را مشخص نمود که این گسل از گستره این ذخایر عبور کرده و به دریاچه

انجام بررسیهای ژئواستاتستیکی و واریوگرافی به‌علت دسترسی به داده‌های رقومی بخشهای مختلف ذخیره در خلال مدل‌سازی سه‌بعدی ذخایر به‌راحتی امکان پذیر است.



شکل ۴. راستای تقریبی مظهر چشمه‌های سازنده واحدهای آراگونیتی.



شکل ۵. موقعیت زون امید بخش و محدوده جدید کشف شده.



## مراجع

- ornamental stone quarries. *Mine Planning and Equipment Selection*, Singhal et al., (eds) Balkema, Rotterdam”, (1995) 117-120.
- [7] Taboad J., Vaamonde A., Saavedra A., “Evaluation of the quality of a granite quarry”, *Engineering Geology*. (1999.) 53, 1-11.
- [8] Caranassios A., De Tomi G., Senhorinho N., “Geological modeling and mine planning for dimension stone quarries”. (2000)
- [9] Tercan A. E., Ozcelik Y., “Geostatistical evaluation of dimension-stone quarries”, *Engineering Geology* (2000) 58, 25-33.
- [10] Bastante F. G., Taboada J., Ordonez C., “Design and planning for slate mining using optimisation algorithms”, *Engineering Geology*. (2004) 73, 93-103.
- [11] Latham J. P., Meulen J. V., Dupray S., “Prediction of in-situ block size distributions with reference to armourstone for breakwaters”, *Engineering Geology*. (2006) 86, 18-36.
- [12] Shatagin J. A., Sharif, “dimensional computerized model of RUBTCOFCKA deposit”, 7th international conference of new ideas in earth dependence sciences; Moscow; Russia. (2006).
- [13] Sharif J., Bakhtavar E., “An intelligent algorithm of minimum cutting plane to find the optimal size of extractable-blocks in dimension stone quarries”, *Arch. Min. Sci.*, (2009), No 4.
- [1] Bassir S. H., “Equipment selection in the Iranian marble quarries (dimension-stone industry): Procedures and problems. *Proceedings of Mine Planning and Equipment Selection*, Singhal et al. (eds)”, Balkema, Rotterdam, (1995) 357-361.
- [2] Luodes H., Selonen O., Paakkonen K., “Evaluation of dimension stone in gneissic rocks D a case history from southern Finland”, *Engineering Geology* (2000) 52, 209-223.
- [3] Rathore S. S., Bhandari S., “Study on controlled blasting techniques in dimensional stone quarrying”, *IE(I) Journal-MN* 86, (2006) 46-49.
- [4] de Oliveira H.C.P., Cabral S.C., Guimarães R.S., Bobrovnitchii G.S., Filgueira M. Prof., “Processing and characterization of a cobalt based alloy for use in diamond cutting tools”, (2005).
- [5] Sanchez Delgado N., Rodriguez-Rey A., Suarez del Rio L. M., Diez Sarria I., Calleja L., Ruiz de Argandona V. G., “The influence of rock microhardness on the sawability Porrino granite (Spain)”, *Technical note, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*. (2005) 42, 161-166.
- [6] Koppe J. C., Zingano A. C., Costa J. F. C. L., “Three dimensional modeling in planning