مطالعات ساختاری و ارائه مدل ۳بعدی کانسار طلای کرویان - جنوب غرب سقز - کردستان - ایران

حسین حسنی [i]؛ فیروز علی نیا [ii]؛ سروش سلطانفر [iii]

چکیده

منطقه معدنی کرویان اولین ناحیه‌ای است که از نظر کانه‌زایی طلای نوع برشی در ایران معرفی شده است. هدف از این مطالعه تکمیل مطالعات ساختاری در منطقه، تهیه مدل ۳بعدی کانسار و تعیین نقش عوامل ساختاری در کنترل کانی‌سازی است. با توجه به مطالعات ساختاری صورت گرفته در منطقه، وقوع ۳ مرحله دگرشکلی در منطقه تشخیص داده شد که از این بین، دومین مرحله سبب توسعه برگواره میلونیتی[1] و شدیدترین تغییرات ساختاری در منطقه شده است. در ادامه، با تعیین شیب و امتداد گسل‌ها با استفاده از رزدیاگرام و تصاویر استریوگرافیکی، گسلهای منطقه در دو دسته طبقه بندی شدند. دسته اول گسلهای معکوسی هستند که با امتداد شمال‌شرق- جنوب‌غرب گسلهای اصلی منطقه را تشکیل می‌دهند. شیب غالب این گسل ها ۶۰°-۴۰ بوده و جهت شیب به سمت شمال‌غربی می‌باشد. گسل‌های نوع دوم روند شمالی - جنوبی داشته، نزدیک قائم بوده(شیب ۸۵°) و بیشتر حرکت امتدادلغزی راستبر از خود نشان می‌دهند. سپس به منظور تعیین روند کانی‌سازی، مدل ۳بعدی کانسار با استفاده از نرم افزار Datamine تهیه گردید. بررسی نتایج حاصل از مطالعات ساختاری با مدلسازی صورت گرفته، عمق کانی‌سازی را ۲۰۰-۱۲۵ متر و کاملا همروند با ساختارهای زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد. مطالعات انجام شده در منطقه وجود این ساختارها را عامل اصلی کنترل کانی‌سازی در منطقه می‌داند.

کلمات کلیدی: کرویان، زون برشی، دگرشکلی، کانی‌سازی، مدلسازی

Structural Evidence And 3D Modeling of Kervian Gold Deposit- SW Saqqez- Kordestan Province- Iran

H. Hassani; F Alinia; S. Soltanfar

ABSTRACT

Kervian mining area is the first area for genesis of shear zone-related gold mineralization in Iran. The aim of this study is completion of structural geology aspect, analysis of 3D model and finally the determination of structural controls in mineralization. Based on the structural evidence, three episode of deformation were recognized in the Kervian shear zone. Between this stages, Second stage(D2) have been caused development of Milonitic foliation and the most intense of structural deformation in study area. The dip and strike of faults was determined based on Stereoprojection and Roze diagram. These faults were classified in two goups. First group, are thrust faults that have NE-SW strike and 40-60° dips to NW. Second groups of faults, are vertical faults that indicate strike-slip right lateral motions. Then, 3D model of Kervian deposit were drawn with Datamine software. A comparison of structural evidence to 3D modeling indicate that mineralization current at depths of 125-200(m) and perfectly isoclinal with geology structures in Kervian. These evidences indicate that main factor of mineralization is controlled by structural factor's in Kervian mining area.

KEYWORDS

Kervian, Shear Zone, Deformation, Mineralization, Modeling

[i] استادیار دانشگاه صنعتی امیر کبیر، دانشکده مهندسی معدن و متالوژی، Email: hhassani@aut.ac.ir

[ii] استادیار دانشگاه صنعتی امیر کبیر، دانشکده مهندسی معدن و متالوژی، Email:aliniaf@aut.ac.ir

[iii] کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف معدن، دانش اندوخته دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر Email: sorooshsoltanfar@yahoo.com

۱- مقدمه

پهنه‌های برشی، پهنه‌های باریک با تغییرشکل شدید می‌باشند که بیشتر در حین دگرگونی ناحیه‌ای تشکیل می‌شوند. جابه‌جائی در آنها موازی و از نظر هندسی در ابعاد بزرگ اغلب صفحه‌ای بوده که در مقیاس محلی امتداد آن تغییر می‌کند و دارای نسبت طول به عرض بزرگتر از پنج می‌باشند [۱]. این پهنه‌ها بر اساس محیط تغییر شکل و نوع دگرشکلی حاکم، به پهنه‌های دگرشکلی شکننده یا گسلی و زونهای شکل‌پذیر[۲] (خمیری) تقسیم می‌شوند. چگونگی تغییرشکلی که در یک پهنه برشی روی می‌دهد و باعث دگرشکلی آن می‌گردد به کانی‌شناسی، اندازه دانه‌های سنگ تحت تاثیر قرار گرفته و شرایط فیزیکی که تغییرشکل در آن روی می‌دهد، بستگی دارد[۲]. کانی‌سازی در این پهنه‌ها بیشتر در اثر جدایش فازی و واکنش سیالات کانه‌دار با سنگهای درونگیر صورت می‌گیرد[۳].

رخداد کانه زایی طلای کرویان، در بخش شمال‌غربی پهنه دگرگونی - ماگمائی، سنندج سیرجان و در ۲۵ کیلومتری جنوب غرب سقز قراردارد. منطقه معدنی کرویان اولین ناحیه‌ای است که از نظر کانه‌زایی طلای نوع برشی در ایران معرفی می‌گردد لذا مطالعه آن می‌تواند بعنوان یک الگو در اکتشاف رخدادهای مشابه در پهنه‌های برشی واقع در پهنه سنندج – سیرجان، و حتی در سایر زونهای ساختاری ایران، مورد استفاده قرار گیرد. بیشتر مطالعات قبلی انجام شده در منطقه به سالهای اخیر بر می‌گردد. محجل و شمسا (۱۳۸۰) به مطالعه فابریک سنگهای طلادار در منطقه پرداخته و راستاد و همکاران (۱۳۸۱) فابریک کانه‌زایی و دگرشکلی در منطقه را مورد بررسی قرار داده‌اند. در اینجا سعی شده با توجه به داده‌های حاصل از برداشتهای ساختاری در منطقه به بررسی نقش این ساختارها در شکل گیری کانسار کرویان پرداخته شود و در پایان با استفاده از گمانه‌های حفاری شده در منطقه مدل ۳بعدی کانسار تهیه و جهت مراحل بعدی اکتشافات در منطقه تصمیم گیری گردد.

۲- ویژگیهای زمین شناسی منطقه

مطالعات چینه شناسی و سنگ شناسی سنگهای رخنمون یافته در منطقه کرویان نشان دهنده مجموعه ای از سنگهای رسوبی و آذرین دگرگون و دگرشکل شده است که زمان تشکیل آنها به مزوزوئیک و به ویژه کرتاسه نسبت می‌دهند. بر اساس این مطالعات می‌توان مجموعه رسوبی دگرگون شده را شامل فیلیتها و آهک‌های بلورین (رسوبات پلیتیک[۳] و آهکی دگرگون شده)، دولومیتهای آهن‌دار، کوارتزیت و مجموعه آتشفشانی را شامل متاولکانیک‌های فلسیک، متاولکانیک‌های بازیک، رسوبات تراورتنی و توده‌های نفوذی گرانیت در نظر گرفت (شکل۱).

شکل (۱) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

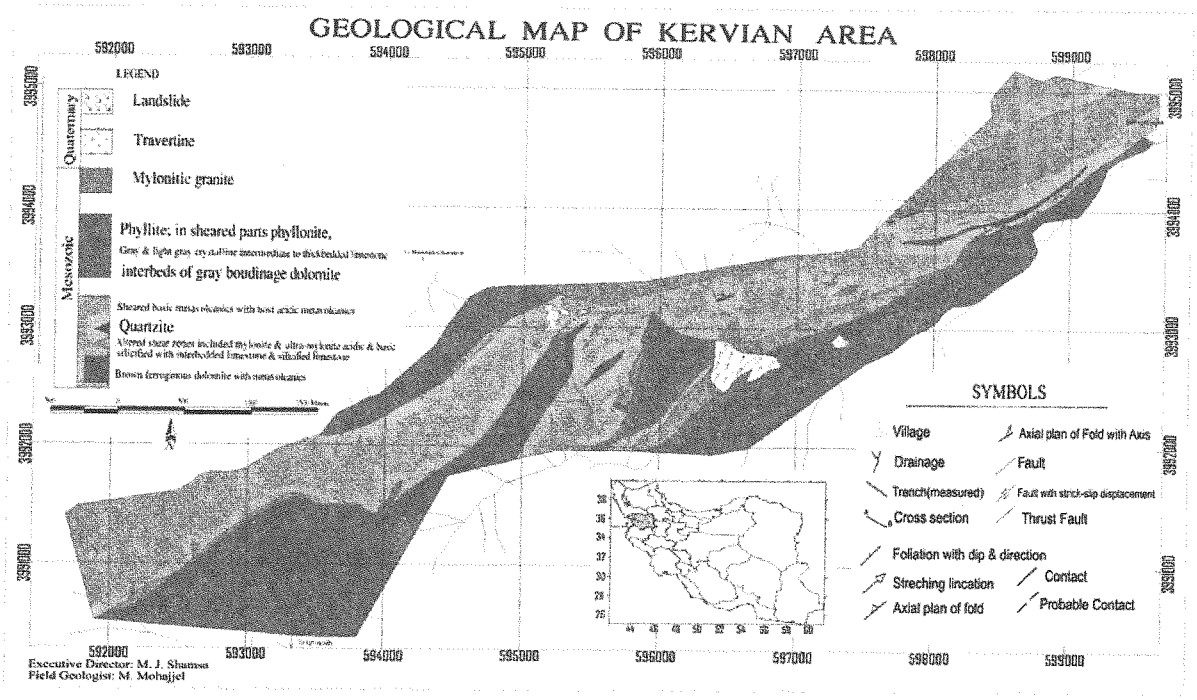
مجموع واحدهای سنگی رسوبی و آذرین در منطقه مورد مطالعه تغییر شکل یافته و فابریک میلونیتی به خود گرفته و توالی و نظام اولیه خود را در طی فعالیتهای شدید تکتونیکی از دست داده و واحدهای سنگی مختلف با ساختارها و بافت‌های متفاوت از آن حاصل شده‌اند. لذا شدت دگرشکلی در منطقه متفاوت است و از واحدهای با دگرشکلی کمتر تا واحدهای به شدت دگرشکل یافته (میلونیت و اولترامیلونیت) در منطقه مشاهده می‌گردد [۴].

کانی‌های تشکیل دهنده واحدهای سنگی در منطقه شامل کوارتز، فلدسپات، کانیهای ورقه‌ای (کلریت، موسکویت و بیوتیت) و کلسیت و دولومیت می‌باشند.

۳- مطالعات ساختاری

۱-۳- دگرشکلی در منطقه معدنی کرویان

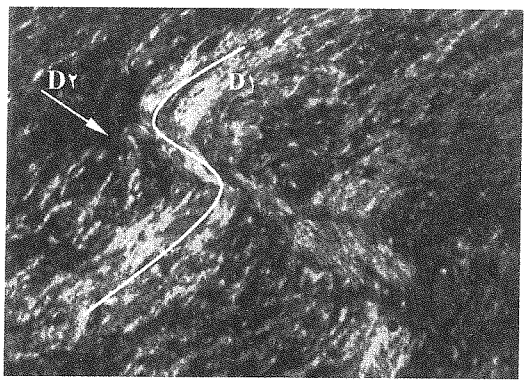
در بررسی‌های ساختاری این منطقه وقوع سه مرحله دگرشکلی تشخیص داده شد که از بین آنها دومین مرحله دگرشکلی با توسعه برگواره غالب میلونیتی از مهمترین مراحل این توالی دگرشکلی است. لایه‌بندی در منطقه بصورت محلی بوسیله تغییرات چینه‌شناسی گلسنگ‌های دانه‌ریز در مقیاس سانتیمتر و کربناتی‌شدن لایه‌های کوارتز-فلدسپات درشت دانه کنترل می‌شود. این تغییرات واحدهای سنگی بعنوان کلیدی جهت شناسایی لایه‌بندی اولیه، که در مرحله ابتدایی تغییرشکل دگرریخت شده‌اند، شناخته می‌شود.



شکل ۱: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه [۵]

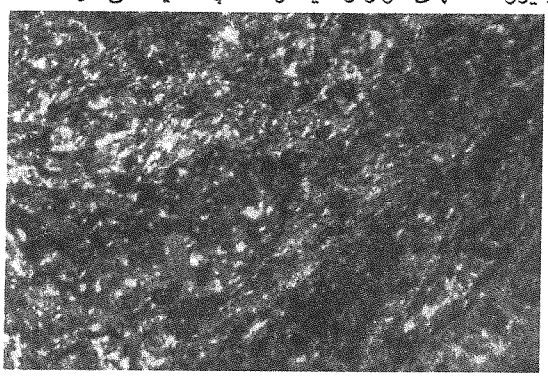
۱-۱-۳- دگرشکلی مرحله اول(D۱)

ساختارهای حاصل از این مرحله دگرشکلی در منطقه رخنمون ندارد، در واقع عوامل ساختاری که نشان از تشکیل و گسترش این مرحله (D۱) در منطقه دارد تحت تاثیر مراحل بعدی دگرشکلی حذف گردیده، و بوسیله لایه‌های ممتد و موازی با شیستوزیته در مقیاس میکروسکوپی دیده می‌شود. این جهت یافتگی (فولیاسیون) کانیها عمدتاً همراه با بیوتیت، مسکویت و گارنت‌های مربوط به برگواره نسل اول (Syn-S1 Garnet) و پرفیروکلاست‌های آندالوزیت دیده می‌شود.



شکل۲: نمایی از دگر شکلی وچین و شکنج های میکروسکوپی مربوط به مراحل اول و دوم دگرشکلی در میکا شیست لپیدوبلاستیک

S۱ یک بافت دگرگونی است که بوسیله رشد کانی‌های تکتونیکی (Syn-tectonic) که تحت مرحله دوم دگرشکلی به شدت چین خورده‌اند نشان داده می‌شود. اثرات این مرحله از دگرشکلی بصورت لایه‌بندی تفریقی، تبلور مجدد و رشد پرفیروکلاستهای کوارتز، میکا و فلدسپات دیده می‌شود.

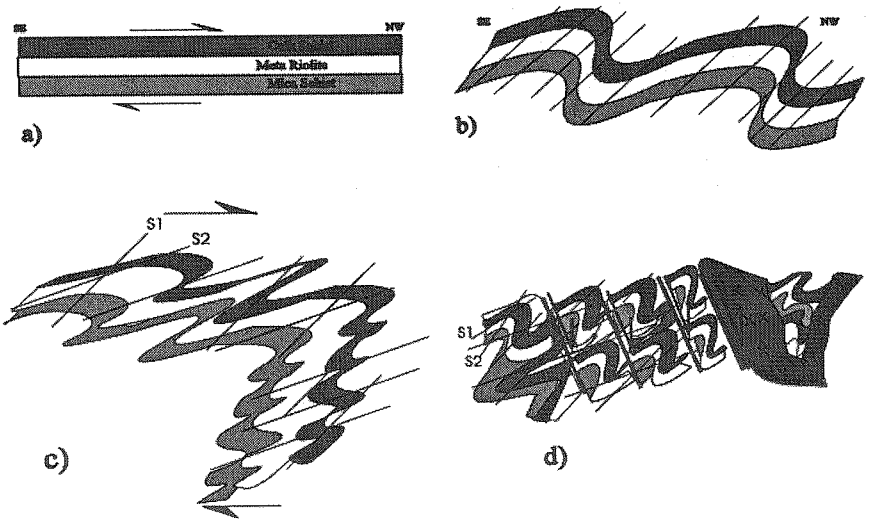


شکل ۳-۷: بلورهای همرشد کوارتز و تعدادی فلدسپات با رشته‌های باریک و ظریف میکای سفید، هیدروکسیدهای آهن و مواد کانه سیاه

۲-۱-۳- دگرشکلی مرحله دوم(D۲)

بر اثر این مرحله از دگر شکلی شدیدترین تغییرات ساختاری در منطقه بوقوع پیوسته است. ساختارهای حاصل از D۲ شامل چین‌های رخنمون یافته است که بیانگر چین خوردگی‌های شدید لایه بندی اولیه (S0) به موازات برگوارگی S۱ است. چین‌ها (F۲) و شیستوزیته‌های سطح محوری (S۲)

فراوانترین ساختارهای تشکیل یافته در خلال D۲ هستند. چین‌های برداشت شده به‌خوبی با پراکندگی رگه‌های کوارتز و رگه‌های با بافت پگماتیتی همخوانی دارد. چین‌های رخنمون یافته در منطقه، که طی این مرحله از دگرشکلی ایجاد شده اند، به صورت دو نوع تنگ یا هم شیب با لولای منحنی شکل، که در مقیاس سانتی‌متر بیشتر تنگ هستند تا هم‌شیب، دیده می‌شوند. بودیناژها در امتداد بال چین های F۲ گسترش یافته‌اند. S۲ به صورت صفحه محوری نسبت به F۲ و بروی بال چین ها و بطور معمول به موازات S۱ گسترش یافته‌اند. در بعضی مواقع نواربندی تفریقی با ساخت های بالشتکی شده (بودیناژ) در امتداد S۲ قرار می‌گیرد. در این قسمتها S۲ بوسیله فولیاسیون باندهای غنی از میکا و نیز باندهای کوارتز- فلدسپات، در مقیاسهای رخنمون و میکروسکوپی تشخیص داده می‌شود. F۲ شیب تندی به سمت جنوب و غیر موازی با امتداد چین خوردگیهای S۲ || S0 پیدا می کند. بسیاری از رگه‌های کوارتز و رگه‌های با بافت پگماتیتی شامل رگه های کوارتز- مسکویت، کوارتز- مسکویت- ترمالین بداخل شیستها تزریق شده و در حین دومین مرحله دگرشکلی (D۲) جایی که ضخامت رگه ها از چند میلیمتر تا یک متر متغیر است، چین خورده می‌شوند.



شکل۳: طرحواره که ارتباط هندسی عناصر مختلف ساختاری را نشان می دهد. مقاطعa) و b) مقطع عمودی چین های نرمال و میل دار(پلانژدار) F۱ در بین شیست ها پس از بازسازی فولیاسیون S۱ را به تصویر می کشد. c) و d) مقطع عرضی شماتیک از چین های F۲ نرمال و میل دار عمودی و برگوارگی های S۱ و S۲ را نشان می دهد.

ژئومتری و جهت‌یافتگی این چین ها مشابه چین‌های داخل شیست‌ها می‌باشد. نحوه این چین‌خوردگیها به شدت تابع میزان تحمل این لایه ها در قیاس با فشار وارد شده و ضخامت این لایه ها می‌باشد [۶]، که در جایی که انحراف شیستوزیته صفحه محوری بین دو لایه مقاوم و غیرمقاوم در برابر فشار، ساختار شیشه‌ای را بوجود آورده است، چین‌های ناهمگون ایجاد می‌کنند.

۳-۱-۳- دگرشکلی مرحله سوم(D۳)

این مرحله از دگرشکلی سبب ایجاد شیستوزیته با چین‌های ثانوی کوچک و برجسته (S۳) در منطقه معدنی کرویان شده و با چین خوردگی برگوارگی های قبلی (S۱| |S۲) و اولیه (S0) توسعه یافته است. گسل ها، چین ها (F۳) و شیستوزیته‌های صفحه محوری (S۳) فراوانترین ساختارهایی هستند که در ضمن دگرشکلی D۳ شکل گرفته اند. F۳ نیز شیب محسوسی را به سمت جنوب و به صورت غیر موازی با F۲ نشان می‌دهد. چین های رخنمون یافته به صورت باز و بسته و عمدتا" عمود بر خط انحنای چین ها (لولای چین) در منطقه دیده می‌شوند. دگرشکلی مرحله سوم در واقع جوانترین دگرشکلی پدید آمده در این منطقه است که ساختارهای حاصل از آن در شرایط شکننده بوجود آمده‌اند.

٤- گسل‌ها در منطقه معدنی کرویان

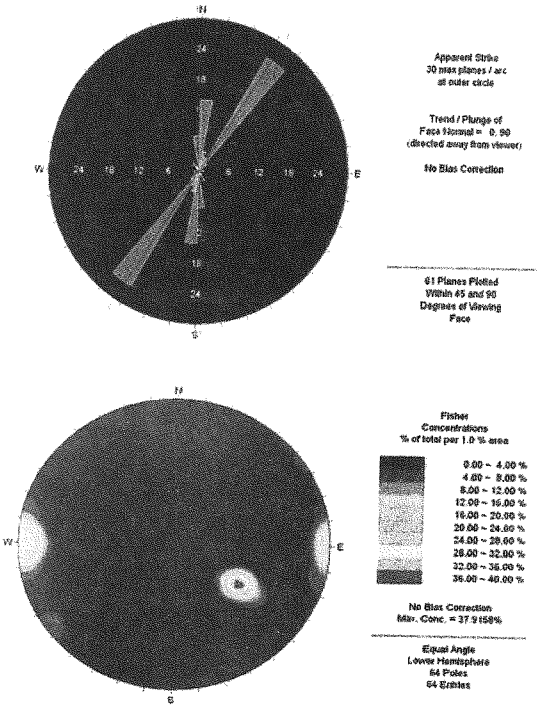
محدوده مورد مطالعه منطقه‌ای است که به لحاظ ساختاری به شدت تکتونیزه شده و بر اثر شدت فشارش، ساختار کلی آن به صورت دگرشکلی های یاد شده و نیز درزه ها و گسل ها شکل گرفته است. مهمترین این گسل‌ها در شکل (۱) آورده شده است. در این قسمت داده‌هایی که از بررسی‌های ساختاری

منطقه در دست بود جمع‌آوری و در نرم‌افزار Dips طبقه بندی شد. با استفاده از این داده‌ها، رزدیاگرام و تصویر استریوگرافی گسل‌های منطقه جهت دستیابی به روند کلی این گسل ها رسم گردید. نتایج بدست آمده در شکل (٤) آورده شده است.

با توجه به نتایج حاصل، می‌توان گسل‌های منطقه را به دو نوع تقسیم کرد:

- نوع اول با امتداد شمال شرق - جنوب غرب
- نوع دوم با امتداد تقریبی شمالی - جنوبی

گسلهای نوع اول بیشتر گسلهای معکوس و تراستی می‌باشند و با روند شمال شرق - جنوب غرب سبب بالا آمدن و رخنمون یافتن واحدهای سنگی منطقه و در مناطقی تکرار آنها شده است. این گسل‌ها روند اصلی گسل‌های منطقه را تشکیل داده و همروند با پهنه میلونیتی، اولترامیلونیتی و کانه‌دار نشان داده شده در منطقه هستند؛ که این خود می‌تواند تاییدی بر نقش عوامل ساختاری در کنترل کانی سازی در منطقه کرویان باشد.



شکل۴: رزدیاگرام و تصویر استریوگرافیک مربوط به شیب و امتداد گسلها در منطقه کرویان

بررسی‌های ساختاری انجام شده نشان می‌دهد که شیب غالب این گسل ها ٦٠°-٤٠ بوده (بطور میانگین ٥٠°) و جهت شیب به سمت شمال‌غربی می‌باشد. گسل اصلی منطقه که در مقیاس ناحیه‌ای (نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سقز) گسترش دارد مهمترین نتیجه دگرشکلی شکننده در این منطقه بوده و عامل اصلی بالا آمدن و روراندگی واحدهای زیرین می‌باشد. گسل‌های معکوس فرعی که از این گسل اصلی منشعب شده‌اند باعث قطع شدگی و تکرار واحدهای سنگی و ایجاد ساختار فلسی شکل در منطقه شده است. گسل‌های معکوس در واحدهایی که به لحاظ سنگ‌شناسی یکسان باشند بدلیل همروند بودن با برگواره میلونیتی غالب در منطقه، تشخیص آنها مشکل است.

گسل‌های نوع دوم در شرایط دگرشکلی شکننده و با روند شمالی - جنوبی (شکل۱) در منطقه رخنمون یافته و باعث جابجایی واحدهای دگرشکل شده در منطقه شده است. این گسلها نزدیک قائم بوده (شیب ٨٥°) و بیشتر حرکت امتدادلغزی راستبر از خود نشان می‌دهند.

این گسلها و اثرات آنها در منطقه از مقیاس منطقه‌ای تا میکروسکوپی قابل تشخیص است. در نمونه های دستی و میکروسکوپی تاثیر این گسل ها به صورت شکستگی و درزه‌هایی است که برگوارگی را قطع و سبب جابجایی آنها شده است. این شکستگی‌ها و درزه‌ها بخصوص در نمونه‌های متعلق به پهنه دگرسان بدلیل پرشدگی آنها توسط کربنات و اکسیدهای آهن طی فرایند هوازدگی (سوپرژن) در سطح سنگ قابل تشخیص می‌باشند و از روند کلی گسل‌های اصلی در منطقه پیروی می‌کنند.

۵- نقش عوامل ساختاری در کنترل کانی‌سازی

از ویژگیهای شاخص کانسار طلای کرویان ارتباط مکانی کانه‌زائی با رخنمون واحدهای سنگی میلیونیتی در منطقه با امتداد شمال شرق - جنوب غرب می‌باشد. میلونیتهای موجود در این پهنه برشی درجات متفاوتی از دگرشکلی را در غالب واحدهای پروتومیلونیت تا اولترامیلونیت از خود نشان می‌دهند که این اختلاف با توجه به تبلور مجدد، متامورفیسم، دگرسانی هیدروترمالی و شکستگی‌های هیدرولیکی که در موقعیتهای خاص منطقه در پهنه برشی بوجود می‌آید، حاصل شده است. در مجموع با افزایش شدت دگرشکلی و افزایش تعداد صفحات حاصل از تنش(E,C,S)، به شدت سیلیسی‌شدن، سولفیدی‌شدن و کربناتی‌شدن افزوده می‌شود که این خود نشان‌دهنده تأثیر جریان سیالات در طی تشکیل چنین ساختارهایی می‌باشد [۷]. با توجه به مطالعات صورت گرفته به نظر می‌رسد نفوذ توده‌های گرانیتی در منطقه بعنوان مولد حرارتی سیالات ژئوترمال عمل کرده و این سیالات در حین حرکت رو به بالای خود مقدار قابل توجهی از عناصر را بصورت کمپلکسهای سولفیدی و کلریدی حمل کرده است [۸]، [۹]. میزان CO_2 محلول در سیال غنی از H_2O در حین مهاجرت افزایش یافته و در مواجهه با زونهای برشی خمیری و بدلیل جدایش فازی

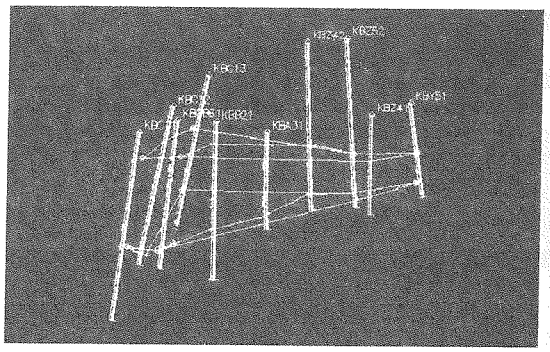
ناشی از کاهش ناگهانی فشار، کمپلکسهای سولفیدی، که اصلی‌ترین حمل کننده‌های طلا هستند، شکسته شده و طلا در این ساختارها ته نشست می‌نماید. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پهنه‌های برشی خمیری بعنوان مسئول اصلی غنی‌شدگی طلا در واحدهای میلیونیتی ـ اولترامیلونیتی کانسار کرویان عمل نموده که بیانگر کنترل واضح و آشکار کانه‌زائی توسط عوامل ساختاری می‌باشد. همچنین از دیگر عواملی که نقش اساسی در نهشت کانه‌ها و تشکیل ذخائر طلا دارد، نفوذپذیری سنگ میزبان می‌باشد [۱۰]. در کانسار طلای کرویان نفوذپذیری و پیرو آن نهشت و تمرکز ماده معدنی تحت کنترل دگرشکلی‌های حاصل از پهنه‌های برشی خمیری می‌باشد که مجاری عبور سیالات کانه‌دار را در سنگ میزبان پهنه کانه‌دار که شامل واحدهای آتشفشانی - رسوبی (متاولکانیک‌های فلسیک و بازیک) و واحد رسوبی (کالک شیستها و متاپلتیک‌ها) است فراهم آورده است.

تفاوت ویژگیهای این واحدهای سنگی از جمله نوع کانیهای تشکیل دهنده، ابعاد آنها و رفتار متفاوت آنها در برابر تنش حاصل از دگرشکلی پهنه‌های برشی در شرایط خمیری باعث شده که این واحدها رفتاری متفاوت در کانه‌زائی در پهنه کانه‌دار کرویان از خود نشان دهند[۵].

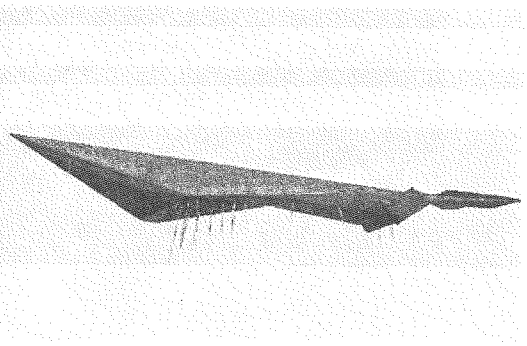
۶- ارائه مدل ۳بعدی کانسار کرویان

به منظور درک بهتر شرایط کانی سازی در منطقه و ارتباط فضایی کانی سازی با عوامل ساختاری مدل ۳بعدی کانسار تهیه گردید. برای این منظور ابتدا داده های لازم جمع آوری و بر حسب نیاز طبقه بندی گردید. اطلاعات مربوط به آنالیز نمونه ها، طول مغزه های حفاری و طول و جنس واحدهای سنگی استخراج و به صورت فایلهای منظم جهت ورود به نرم افزار Datamine در آمده و وارد بانک اطلاعاتی نرم افزار گردید.

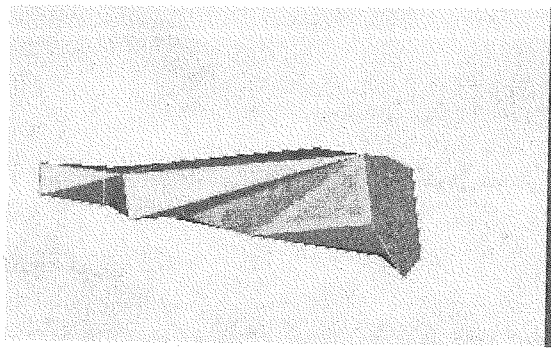
پس از ورود و ساماندهی این اطلاعات، می توان مدل سه بعدی حفریات اکتشافی را مشاهده کرد. مدلسازی بر پایه اطلاعات حاصل از ۱۵ گمانه اکتشافی حفر شده در منطقه آغاز گردید. ترسیم سطح توپوگرافی منطقه در یک محیط مجازی سه بعدی مشخص کننده موقعیت فضایی کانسار نسبت به زمین می‌باشد. علاوه بر این می تواند دیدگاه مناسبی برای مدیر پروژه و کارشناسان جهت تصمیم گیری برای ادامه پروژه فراهم کند (شکل ۵(a)). مقاطع و پلان‌ها ابزار مناسبی جهت بررسی محیط مورد مطالعه در جهات و عمق‌های متفاوت هستند که تصمیم‌گیری را برای کارشناس جهت ارتباط لایه‌های همسان در گمانه ها، بین سطح زمین و گمانه ها و مشخص کردن محدوده مورد تخمین بسیار آسان می نماید. از آنجا که گمانه ها در کانسار کرویان بروی یک شبکه منظم طراحی نشده‌اند و شیب و آزیموت آنها نیز یکسان نمی‌باشد ایجاد مقاطع قائم با مشکل روبرو بوده و زمان زیادی را به‌خود اختصاص داد. پس از رسم مقاطع و کنترل آنها، برای برقراری ارتباط بین آنها و نیز گمانه های حاضر در یک مقطع از رشته هایی استفاده می‌شود که در محیط نرم افزار String نامیده می‌شوند. اگر چه ارتباط بین مقاطع با یکدیگر بسیار مشکل و زمان گیر است ولی اولین قدم در ارائه مدل هندسی ۳بعدی کانسار است. از آنجا که فواصل گمانه های حفر شده در کانسار کرویان از هم بسیار زیاد است و نیز گمانه هایی که با فاصله زیاد از زون اصلی کانی سازی قرار گرفته اند عیارهای پایینی را نشان می دهند، از این قسمت به بعد، این گمانه‌ها از محاسبات خارج و کار با ۱۰ گمانه ادامه پیدا کرد. گمانه‌های حاضر بروی یک مقطع یک به یک و با استفاده از رشته ها به هم متصل شدند. در اتصال گمانه‌ها سعی شد تا قسمتهای ابتدایی و انتهایی آنها که عیار بسیار پایینی را شامل می‌شد از کانسار حذف گردد (شکل ۵(b,c)). مرحله بعدی ارتباط بین مقاطع رسم شده بود. این ارتباط نیز با استفاده از رشته ها برقرار و مدل سیمی نهایی تهیه شد (شکل ۵(d)). پس از تهیه شکل ۳بعدی کانسار در این مرحله نوبت به تهیه مدل بلوکی کانسار می رسد. در این بخش حجم کانسار توسط بلوک هایی پر شده و نرم افزار بر اساس داده های حاضر در بانک اطلاعاتی برای هر بلوک عیاری را تخمین زده و بر اساس راهنمای تعریف شده، رنگ مربوطه را به تصویر می کشد. به منظور تخمین عیار بلوک ها از روش عکس مجذور فاصله استفاده گردید (شکل ۶ و ۷).



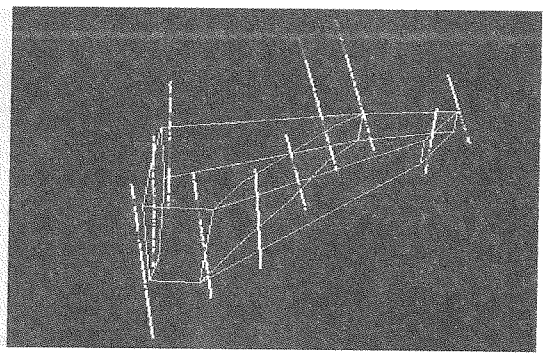
(b)



(a)

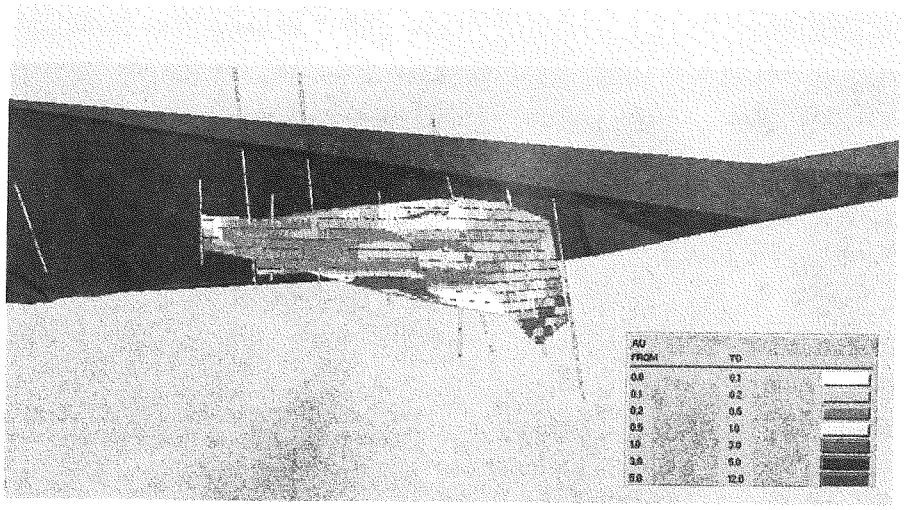


(d)

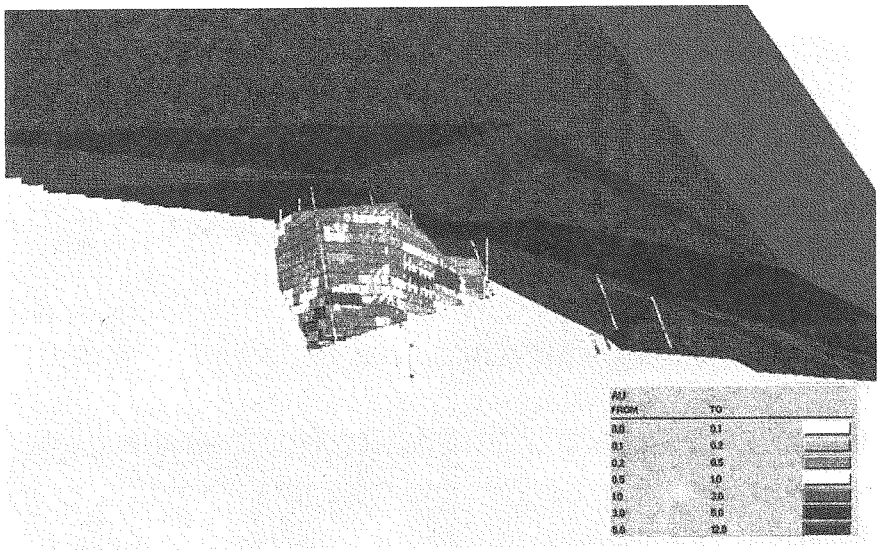


(c)

شکل ۵: مراحل مختلف ترسیم شکل ۳بعدی کانسار را نشان می دهد. a) ترسیم شکل ۳بعدی گمانه ها و سطح توپوگرافی در منطقه b) نمایی از نحوه ارتباط رشته های مربوط به مقاطع مختلف c) نمای نهایی پس از ارتباط کلیه رشته ها و پیش از ساختن مدل ۳بعدی پایانی d) نمایی از مدل ۳بعدی نهایی تهیه شده (Wireframe)



شکل ۶: مدل بلوکی کانسار طلای کرویان



شکل ۷: مدل بلوکی کانسار طلای کرویان از نمای دیگر

۷- نتیجه‌گیری

مطالعات ساختاری در منطقه کرویان نشان از وقوع سه مرحله دگرشکلی در منطقه دارد. در این میان دومین مرحله دگرشکلی با توسعه برگواره غالب میلونیتی از مهمترین مراحل این توالی دگرشکلی است که شدیدترین تغییرات ساختاری در منطقه را سبب شده است. برداشت شیب و امتداد گسل ها در منطقه و بررسی نتایج حاصل از این مطالعات ساختاری با نتایج حاصل از مدلسازی کانسار نشان می‌دهد که عیارهای بالای طلا در اعماق ۲۰۰-۱۲۵ متر قرار دارد. امتداد کانی سازی همانطور که از مدل بلوکی تهیه شده مشخص است شمال‌شرقی – جنوب‌غربی است که همروند با گسل های اصلی منطقه و پهنه میلونیتی در منطقه کرویان می باشد. این همخوانی نقش عوامل ساختاری در کانی‌سازی در این منطقه را نشان می‌دهد. با توجه به مدلسازی انجام شده، شیب این کانی‌سازی به نظر هم‌شیب با گسل‌های منطقه و در جهت شمال غربی می‌باشد. با توجه به مدل بلوکی تهیه شده میزان ذخیره حدود ۳.۳۸۳ تن برآورد می‌شود، اگرچه منطقه مورد مطالعه از لحاظ کانی‌سازی طلا اقتصادی نیست، اما، این پهنه پتانسیل کانی‌سازی طلا را دارد. بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعات اکتشافی در امتداد پهنه میلونیتی و در جهت ساختارهای زمین‌شناسی و زونهای دگرسان و دگرشکلی یافته در قسمت جنوب‌غربی منطقه کرویان ادامه یابد.

۸- تقدیر و تشکر

در اینجا وظیفه خود میدانیم که از همکاری بی دریغ جناب آقای مهندس غضنفری و شرکت طلای ایران در طول انجام این تحقیق تشکر و قدردانی نماییم.

۹- مراجع

[۱] Bursnall,J.T.; Mineralization & Shear Zones. Canada: geological association of Canada, 1998

[۲] Davis,G.H.; structural geology of rocks and regions, 2nd Edition, John Wiley & sons, PP. 493-550, 1999.

[۳] Piessens, K.; Muchez, P.; Viaene, W.; Boyce, A.; Devos, W.; Sintubin, M.; Debacker, T.; "Alteration and fluid characteristics of a mineralized shear zone in the lower Paleozoic of the Anglo-Brabant belt, Belgium." Journal of Geochemical Exploration, V.69, P.P 317-321, 2000.

[۴] راستاد، ا ؛ نبیان، ا.؛ محجل، م.؛ حیدری، س.م.؛ "رخداد کانه زائی طلا در پهنه برشی دگرسان کرویان(جنوب غرب سقز-کردستان)"، بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور،۱۳۸۱

[۵] محجل، محمد؛ گزارش زمین‌شناسی، ساختاری و آلتراسیون منطقه معدنی کرویان(۱/۵۰۰۰)، طرح اکتشاف طلای سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور،۱۳۸۱

[۶] Ramsay, J.G.; Huber, M.; The techniques of modern structural geology, vol. 2, Academic press, PP. 309-700, 1987.

[۷] Ettner,D.; Andersen,T.; "Fluid evolution and Au-Cu genesis along a shear zone: a regional fluid inclusion study of shear zone-hosted alteration and gold and copper mineralization in the Kautokeino greenstone belt, Finnmark, Norway"
Journal of geochemical exploration, V.49, PP. 233-267, 1993

[۸] Woodward, L.A.; "Structural control of lode gold deposits in the Pony Mining district, Tobacco root Mountains, Montana."
Journal of Economic Geology, V.88, PP.1850-1861, 1993.

[۹] Goldfarb, R.J.; Phillips, G.N.; Nokleberg, W.J.; "Tectonic setting of synorogenic gold deposits of the pacific Rim". Journal of Ore Geology Reviews, V.13, PP.185-218, 1998.

[۱۰] Hedenquist, J.W.; Arribas, J.A.; Gonzales-Urein, E.; "Exploration for epithermal gold deposits".
Society of Economic Geology Review, V.13, PP. 245-277, 2000.

۱۰- زیرنویس ها

[۱] Ultra-Mylonite
[۲] Ductile
[۳] Meta-pelitic Rocks