

مدل‌سازی ناهمسانگردی سه بعدی عیار در کانسارهای رگه‌ای بر اساس ضخامت و فاصله

امین حسین مرشدی^{۱*} و امیر حسین کوهساری^۲

۱- دانشجوی دکتری اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه یزد

(دریافت آبان ۹۱، پذیرش اسفند ۹۲)

چکیده

مطالعه بر روی نهشته‌های رگه‌ای، به عنوان کوچک‌ترین اهداف اکتشافی، امری مشکل و با عدم قطعیت همراه است. در این پژوهش، با بررسی پارامترهای ضخامت رگه، فاصله از رگه و عیار کانسنگ مورد نظر، یک مدل سه بعدی ارائه شده است. به طور کلی، دو رویکرد مدل‌سازی سه بعدی برای نهشته‌های رگه‌ای متصور است؛ در حالت اول، سیال کانی ساز از رگه‌ها به سمت سنگ دیواره حرکت کرده که در این صورت هرچه رگه دارای ضخامت بیشتری باشد سنگ دیواره در برگیرنده رگه از نظر عیار فلز کانی ساز غنی‌تر است و دیدگاه دوم حالتی است که بر اساس حرکت سیال کانی ساز از سنگ دیواره به سمت رگه است که در این حالت هرچه رگه دارای ضخامت بیشتری باشد سنگ دیواره میزبان رگه از فلز کانی ساز تهی‌تر است. در کانسار رگه‌ای عمارت، با افزایش ضخامت رگه، سنگ میزبان از فلز کانی ساز تهی‌تر می‌شود. در این مطالعه، با توجه به رابطه لگاریتمی بین عیار و فاصله از رگه، حداکثر شعاع تأثیر و پارامترهای بیضوی جستجوی ناهمسانگردی محاسبه شد. با استفاده از مدل‌سازی سه بعدی توزیع عیار، ضخامت رگه و فاصله از رگه برای کمر بالا و پایین رگه، عیار در هر موقعیت فضایی با توجه به فاصله داری و ضخامت رگه تخمین زده شده است.

کلمات کلیدی

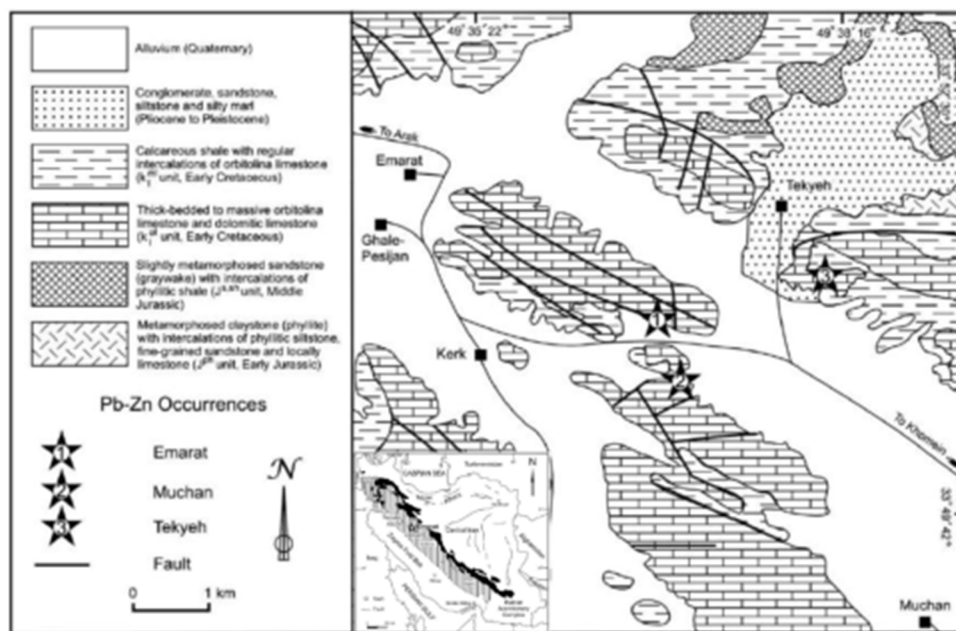
مدل‌سازی سه بعدی، ضخامت - فاصله رگه، شعاع تأثیر، بیضوی جستجوی ناهمسانگردی، معدن عمارت، ایران.

۱- مقدمه

قسمت عمده‌ای از مدل‌سازی عدم قطعیت در علوم زمین به تصمیم‌گیری، شناخت مجموعه‌های زمین‌شناسی و کیفیت و کمیت داده‌های گردآوری شده بستگی دارد [۱]. مدل‌سازی رگه‌ها به عنوان کوچک‌ترین اهداف اکتشافی در مقیاس محلی، در کانسارهای نوع جانشینی و فلزات قیمتی کاربرد دارد که با عدم قطعیت و ریسک پذیری بالایی همراه است و مدل‌سازی این کانسارهای رگه‌ای دارای هزینه بالایی است. در این تیپ کانسارها، حداکثر آنومالی ژئوشیمیایی عموماً بسیار محدود و در حد چندین ده متر گسترش دارد و در صورتی که نمونه برداری به صورت دقیق و با چگالی بالا صورت گرفته باشد، عناصر کانساری در اطراف محل کانی‌سازی الگوی توزیع لگاریتمی از خود نشان می‌دهند. الگوی توزیع لگاریتمی عناصر کانساری در سنگ دیواره به عواملی چون بکر بودن و عدم هوازدگی نمونه، سنگ میزبان، روش‌های تخمین ضخامت رگه و ... در مقیاس محلی بستگی دارد [۲-۴].

۲- منطقه مورد مطالعه

کانسار سرب و روی عمارت با مختصات $30^{\circ} 49'$ طول شرقی و $45^{\circ} 33'$ عرض شمال جغرافیایی، در ۴۵ کیلومتری شهرستان اراک و بر روی ایالت متالوژنی ملایر- اصفهان واقع شده است (شکل ۱) که از نظر واحدهای ساختمانی و زمین‌شناسی جز زون سندانج - سیرجان محسوب می‌شود. بر اساس شواهد زمین‌شناسی، محتمل‌ترین تیپ این کانسار، دره می‌سی‌سی‌پی است که دارای ذخیره قطعی مجموع ۱۰ میلیون تن سرب و روی با عیار متوسط ۶٪ روی و ۲۶٪ سرب است. واحدهای چینه‌شناسی در این منطقه شامل تشکیلات کرتاسه و رسوبات کواترنری است که شامل همبری‌های آهک بیومیکریتی ضخیم تا توده‌ای خاکستری رنگ حاوی فسیل به ویژه اوربیتولین همراه با رگه‌های کلسیت، چرت کرم تا سفید رنگ دارای رگه‌های کوارتز، مارن خاکستری روشن دارای رگه‌های کلسیت، شیل خاکستری تیره تا سیاه همراه با رگه‌های سیلیس و کلسیت دارای پیریت فراوان و آهک میکریتی نازک لایه خاکستری رنگ همراه با رگه‌های کلسیت با اثراتی از پیریت، اسفالریت و فراوان است [۵ و ۶].



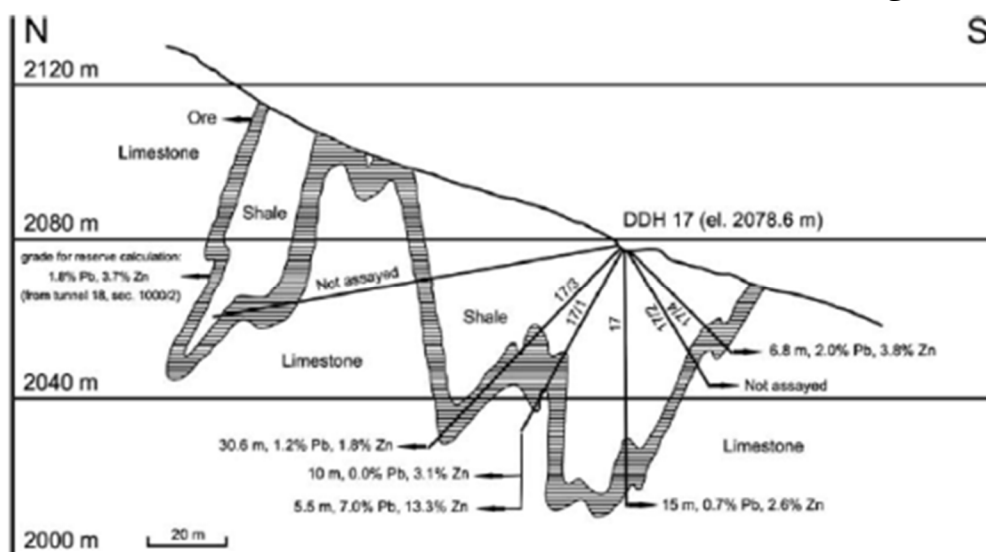
شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی منطقه عمارت [۵]

سیلیسی شدن همانند دولومیتی شدن در فراهم آوردن زمینه لازم جهت تشکیل کانسار عمارت نقش مهمی داشته است. چین‌ها و گسل‌ها با راستای شمال غربی- جنوب شرقی، مهم‌ترین ویژگی‌های ساختاری در معدن عمارت محسوب می‌شوند که به طور نمونه در شکل ۲ قابل مشاهده است [۵ و ۶].

در منطقه عمارت، مطالعات اکتشافی از جمله گمانه‌های اکتشافی، چال واگن دریل و حفر تونل به منظور عیارسنجی نمونه‌های به دست آمده، انجام شده است که به دلیل متفاوت بودن سنگ شناسی و نوع توزیع عیار در کمر پایین و کمر بالای رگه، باید نمونه برداری از کمر پایین و کمر بالا به صورت مجزا انجام شود که نمونه‌ها به صورت لپیری از مغزه‌ها تهیه می‌شود. پس از تعیین مرز کمر پایین از کمر بالا برای هر رگه، ضخامت رگه را در محل و موقعیت نمونه‌های برداشت شده برای اندازه گیری عیار، نسبت به دیگر رگه‌ها تعیین شود تا در مدل‌سازی مورد استفاده قرار بگیرد [۷ و ۲].

مطالعه کانی‌ها در معدن عمارت نشان می‌دهد که کانی‌های اصلی شامل گالن، اسفالریت، پیریت و کالکوپیریت است و کانی‌های فرعی شامل تترائیدریت، بورنونیت، بورنیت، کوولیت، اسمیت‌زونیت، انگلریت، سروزیت، سیدریت و اکسیدهای آهن است. در کانسار عمارت، گالن به صورت پراکنده و دانه ریز، توده‌ای، رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی و جانشینی دیده می‌شود. در اغلب موارد، گالن در فضاهای خالی بین دانه‌ای و به همراه اسفالریت دیده می‌شود که در بعضی از موارد، گالن، شکستگی‌های کالکوپیریت را پر کرده و جانشین آن شده است [۶].

تقریباً تمامی کانی‌سازی در معدن عمارت در زون جاسپروئیدی است که حاصل از سیلیسی شدن شدید آهک است. جاسپروئید در معدن عمارت به صورت کوارتز ریز بلور خاکستری روشن بوده و ارتباط بسیار نزدیکی با نواحی کانی‌سازی سولفیدی دارد. بدون شک سیلیسی شدن یا جاسپروئیدی شدن سبب ایجاد شکستگی‌ها و درزه‌ها در سنگ‌های اطراف می‌شود که می‌تواند به عنوان مجراهایی جهت حرکت سیالات کانی‌ساز عمل کند و به‌همین دلیل

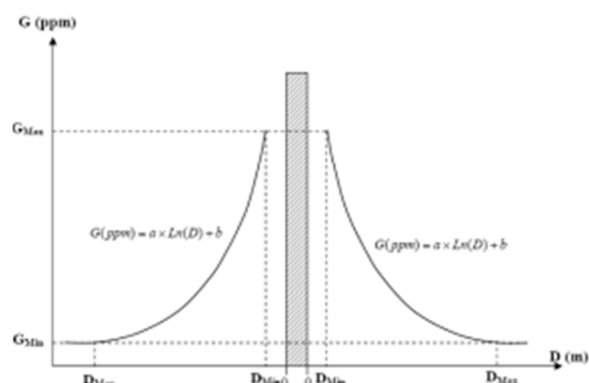


شکل ۲: مقطع زمین‌شناسی از ساختار چین خورده بدنه کانسنگ [۵]

۳- الگوی توزیع لگاریتمی عناصر

با بررسی توزیع عناصر در سنگ دیواره کانسارهایی از جمله جانشینی، این موضوع که منحنی توزیع عنصر به طور

آشکاری از نوع لگاریتمی است، مورد پذیرش قرار گرفته شده است. در بررسی رگه‌ها، با استفاده از نمونه‌های کمر بالا و کمر پایین می‌توان حداکثر شعاع تأثیر رگه را با ترسیم نمودار عیار (G) در برابر فاصله از رگه (D) و نزدیک شدن

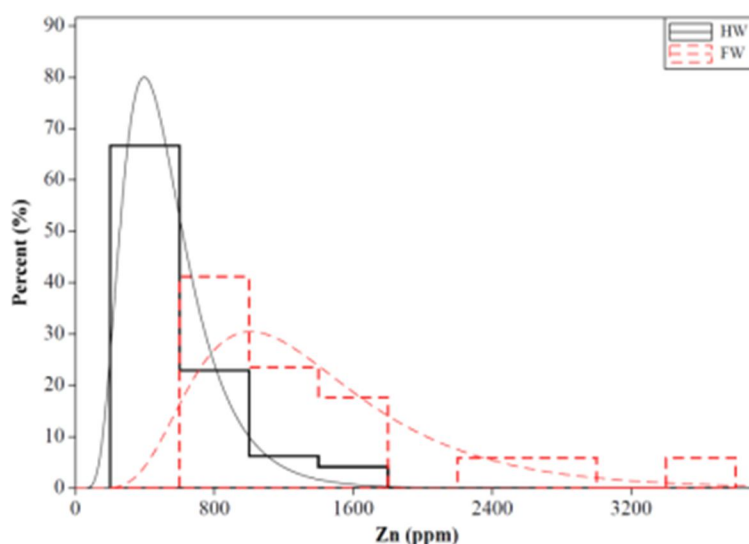


شکل ۳: نمایش توزیع نزولی عیار با فاصله گیری از رگه

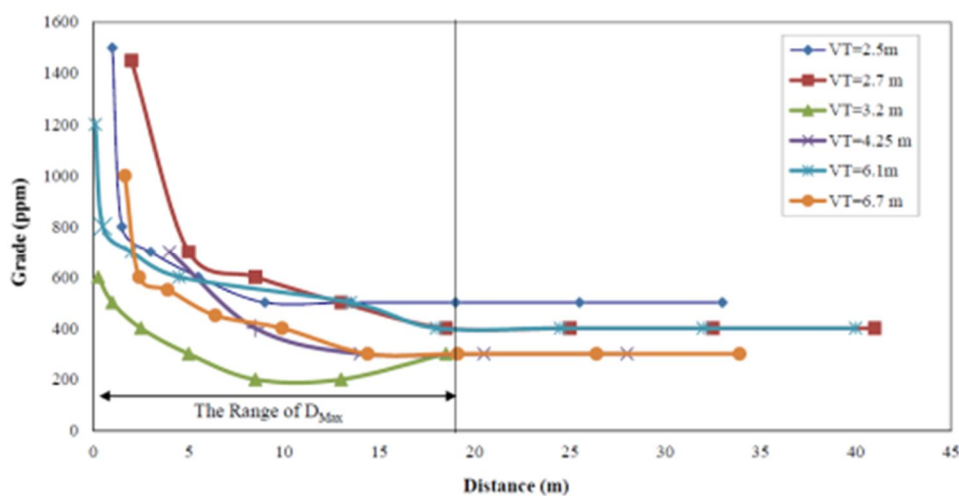
نمودار به شیب صفر تعیین کرد. رابطه بین عیار عنصر مورد نظر و فاصله از رگه را می‌توان با تعیین ضرایب تابع (a و b) به دست آورد که در حالت کلی (شکل ۳) و در شکل ۵ برای منطقه مورد نظر از خود یک توزیع لگاریتمی نشان می‌دهد [۳ و ۸].

$$G(ppm) = a \times \ln(D) + b \quad (1)$$

در شکل ۴، هیستوگرام داده‌های مربوط به عیار عنصر روی در قسمت کمر بالا و پایین رگه نمایش داده شده است.



شکل ۴: هیستوگرام درصد فراوانی داده‌های عنصر روی در کمر بالا و پایین



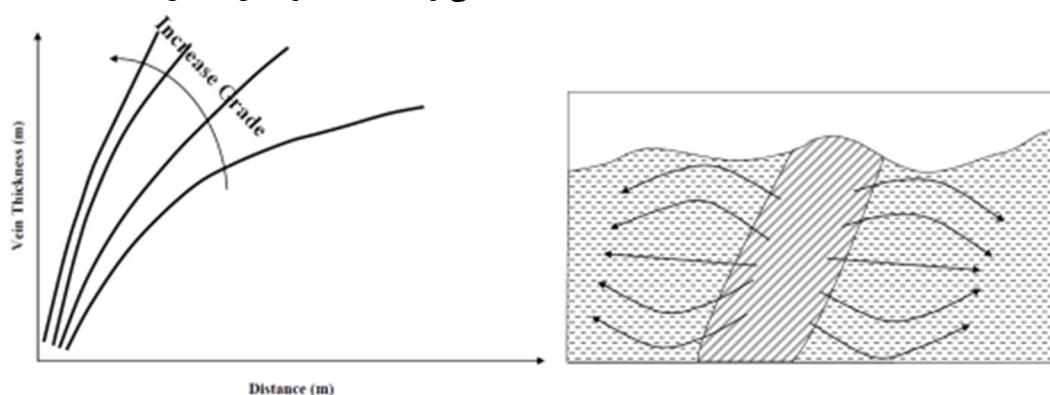
شکل ۵: رابطه عیار به فاصله از رگه بر اساس حداکثر شعاع تحت تأثیر رگه

۴- مدل دو بعدی ضخامت رگه و فاصله از رگه

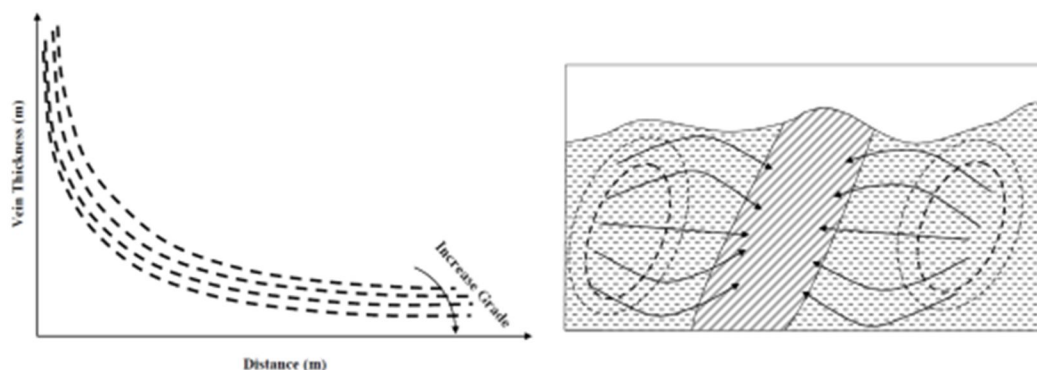
به طور کلی، دو دیدگاه در مدل‌سازی دو بعدی رگه‌ها بر اساس پارامترهای ضخامت رگه و عیار فلز کانی ساز برای اکتشافات ناحیه‌ای قابل بررسی است. مدل اول که بر اساس حرکت سیال کانی ساز از رگه‌ها به سمت سنگ دیواره است که در این صورت هرچه رگه دارای ضخامت بیشتری باشد، سنگ دیواره و میزبان از فلز کانی ساز غنی‌تر است و هرچه رگه دارای ضخامت کمتری باشد سنگ دیواره و میزبان از

فلز کانی ساز تهی‌تر است که در شکل ۶ نشان داده شده است [۹۳].

حالت دوم بر اساس حرکت سیال کانی ساز از سنگ دیواره به سمت رگه می‌باشد که بر اساس حرکت سیال از مناطق پر فشار (تراکمی) به سمت مناطق کم فشار (کششی) و به خصوص سیستم شکستگی‌ها است، که در این حالت هرچه رگه دارای ضخامت بیشتری باشد سنگ دیواره و میزبان از فلز کانی ساز تهی‌تر است و هرچه رگه دارای ضخامت کمتری باشد سنگ دیواره و میزبان از فلز کانی ساز غنی‌تر هستند که در شکل ۷ قابل مشاهده است [۹۳].



شکل ۶: نمایش مدل دوبعدی ضخامت رگه و فاصله از رگه در حالت اول

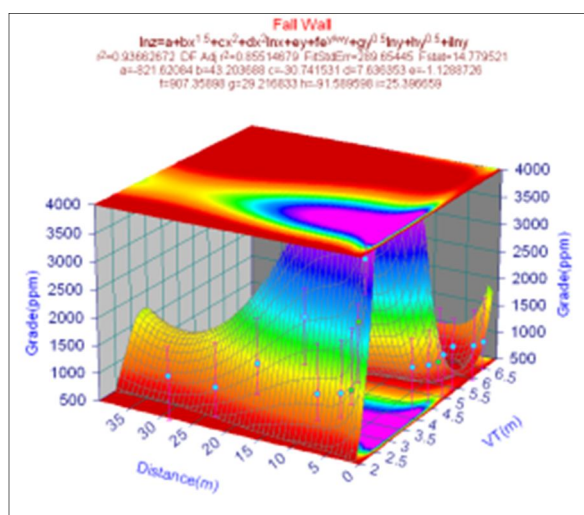


شکل ۷: نمایش مدل دوبعدی ضخامت رگه و فاصله از رگه در حالت دوم

ماده معدنی تقریباً ثابت بوده است در این صورت مقدار اختلاف پتانسیل شیمیایی عنصر روی را باید ناشی از توزیع ناهمگن دما و فشار در سنگ درون گیر دانست. در یک منطقه کوچک، تغییرات دما را نمی‌توان عامل اختلاف پتانسیل شیمیایی دانست بلکه توزیع ناهمگن فشار در زون‌های فشاری، کششی و شکستگی‌ها عامل این امر بوده

در معدن عمارت، برای هر فاصله ثابت از رگه، همبستگی منفی بین ضخامت رگه و فراوانی عنصر روی در سنگ درون گیر وجود دارد. مهاجرت عنصر روی در معدن عمارت، از مناطقی با پتانسیل شیمیایی بالا به مناطقی با پتانسیل شیمیایی پایین‌تر صورت می‌پذیرد. اگر فرض شود توزیع سن ژنتیکی عنصر در سنگ مادر، قبل از کانی‌سازی و تمرکز

دوم باید نوع تیپ رگه‌ای بر اساس غنی‌شدگی و تهی‌شدگی سنگ دیواره بررسی نمود، در مرحله سوم، نوع مدل سه متغیره (عیار، ضخامت رگه و فاصله از رگه) بر اساس نمونه‌های تهیه شده به دست می‌آید و بر اساس اطلاعات به دست آمده عیار در هر نقطه محاسبه می‌شود. برای محاسبه عیار در هر نقطه به دو روش بر مبنای موقعیت رگه‌ها و بر مبنای مختصات مورد مطالعه می‌توان عمل کرد. در روش اول، به علت این که مدل‌سازی بر مبنای رگه است دارای دقت بالاتری است و ابتدا تمام رگه‌ها را مدل کرده و سپس موقعیت مختصات داده شده را نسبت به رگه‌های مدل‌سازی شده سنجیده و در نهایت مقدار عیار محاسبه می‌شود.



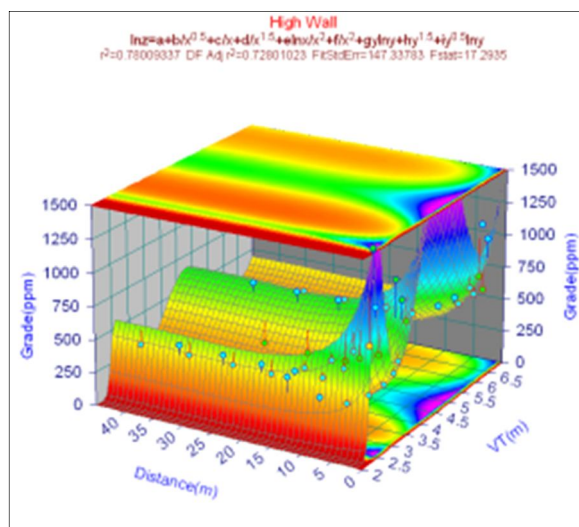
شکل ۹: نمایش مدل سه بعدی ضخامت، فاصله و عیار (کمر پایین)

در روش دوم، مدل‌سازی عیار بر اساس مختصات داده‌ها انجام می‌شود و مختصات با توجه به نحوه چینش رگه‌ها مدل می‌شود و بقیه محاسبات مانند روش اول است. به منظور مدل‌سازی توزیع هاله‌های عنصر کانی ساز در اطراف رگه، ابتدا لازم است یکی از رگه‌ها را به عنوان مبنا در نظر گرفته شود؛ سپس مرکز ثقل رگه بر اساس هندسه تقریبی آن به دست می‌آید و این نقطه به عنوان مبنای مختصات برای محاسبات انتخاب می‌شود، برای تعیین حداکثر شعاع تأثیر رگه (D_{Max}) و حداقل فاصله از رگه (D_{Min}) باید مقادیر عیار میانگین رگه و زمینه را محاسبه کرد و مدل کاهندگی لگاریتمی عیار نسبت به فاصله را نسبت به این دو عیار سنجید.

است. تمرکز عنصر روی در سنگ درون گیر از مناطق پرفشار به سمت مناطق کم فشار بالاخص سیستم شکستگی بوده است. در این حالت هر چه رگه معدنی دارای ضخامت بیشتری باشد، سنگ‌های درون گیر اطراف رگه، نسبت به عنصر روی تهی‌شدگی بیشتری را نشان می‌دهند [۲].

۵- مدل سه بعدی ضخامت رگه، فاصله از رگه و عیار رگه

در این مدل که سه پارامتر را مورد بررسی قرار می‌دهد دارای دقت بیشتری نسبت به مدل دوبعدی است. در این روش با مدل‌سازی سه مشخصه ضخامت رگه، فاصله از رگه و عیار رگه می‌توان با داشتن خصوصیت رگه و فاصله از نقطه مورد نظر، عیار را در محل مورد نظر تخمین زد که مدل سه بعدی به همراه تابع مورد نظر برای حالت‌های کمر بالا و پایین رگه در اشکال ۸ و ۹ قابل مشاهده است [۱۰].



شکل ۸: نمایش مدل سه بعدی ضخامت، فاصله و عیار (کمر بالا)

۶- نحوه تخمین عیار با استفاده از بیضوی اطراف رگه

قابل توجه است که در هر دو مدل، نوع توزیع لگاریتمی عنصر با فاصله‌گیری از رگه وجود دارد. با استفاده از سه پارامتر مقدار عنصر کانی ساز، فاصله از رگه و ضخامت رگه، می‌توان دو مدل مجزای سه بعدی برای کمر پایین و کمر بالای رگه ارائه نمود. در مرحله اول، برای محاسبه عیار فلز کانی ساز در هر نقطه (x_i, y_i, z_i) ، نوع توزیع لگاریتمی عیار نسبت به فاصله‌گیری از رگه را بررسی کرد، در مرحله

(۳-۳)

$$F(x_i, y_i, z_i) > \frac{x^2}{(\frac{a_0}{2} + D_{Min})^2} + \frac{y^2}{(\frac{b_0}{2} + D_{Min})^2} + \frac{z^2}{(\frac{c_0}{2} + D_{Min})^2} - 1$$

$$F(x_i, y_i, z_i) < \frac{x^2}{(\frac{a_0}{2} + D_{Max})^2} + \frac{y^2}{(\frac{b_0}{2} + D_{Max})^2} + \frac{z^2}{(\frac{c_0}{2} + D_{Max})^2} - 1$$

$$F(x_i, y_i, z_i) = \frac{x^2}{(\frac{a_0}{2} + D_i)^2} + \frac{y^2}{(\frac{b_0}{2} + D_i)^2} + \frac{z^2}{(\frac{c_0}{2} + D_i)^2} - 1$$

با محاسبه Di (فاصله نقطه مورد نظر تا مرکز رگه)، ضخامت رگه و شناخت مدل سه بعدی فاصله از رگه می‌توان عیار در نقطه مورد نظر را محاسبه کرد. برای مطالعه رگه‌های دیگر لازم است که مختصات آن‌ها نسبت به مبنای مختصات (مرکز ثقل رگه مبنا) انتقال یابد که در شکل ۱۰-ب نشان داده شده است و بر اساس فاصله از مرکز ثقل رگه مبنا به صورت زیر تعریف می‌شود [۱۳ و ۱۴].

$$F(x, y, z) = \frac{(x-x_1)^2}{(\frac{a_1}{2} + D_i)^2} + \frac{(y-y_1)^2}{(\frac{b_1}{2} + D_i)^2} + \frac{(z-z_1)^2}{(\frac{c_1}{2} + D_i)^2} - 1 \quad (۴)$$

برای رگه‌هایی که دارای شیب و آزمون‌هایی متفاوتی نسبت به رگه مبنا هستند، می‌توان از دوران استفاده نمود و دستگاه مختصات رگه‌های دیگر (X', Y', Z') بر مبنای مختصات رگه مبنا (X, Y, Z) بر اساس سه محور اولیه بیضوی با استفاده از زاویه محورهای دستگاه جدید و قدیم و ماتریس انتقال (l, m, n) انتقال داده می‌شود که در شکل ۱۱ نشان داده شده است [۱۵].

$$Q_{ij}^T = \cos(x_j, x'_i)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 & l_2 & l_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 \\ n_1 & n_2 & n_3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} \quad (۵)$$

$$x = x' \times \cos(x', x) + y' \times \cos(y', x) + z' \times \cos(z', x)$$

$$y = x' \times \cos(x', y) + y' \times \cos(y', y) + z' \times \cos(z', y)$$

$$z = x' \times \cos(x', z) + y' \times \cos(y', z) + z' \times \cos(z', z)$$

پس از تعیین موقعیت تمام رگه‌های برداشت شده نسبت به رگه مبنا، بیضوی‌های متناظر هر رگه بر اساس شعاع تأثیر تعیین شده و می‌توان مشخص کرد که هر نقطه در هر فضا تحت تأثیر چند رگه است (شکل ۱۲). این بدین معنی است که یک نقطه ممکن است توسط بیضوی‌های ترسیمی رگه‌های مختلف A, B و C دارای هم‌پوشانی باشد.

$$\begin{cases} G_{Min} = a \times \ln(D_{Min}) + b \\ G_{Max} = a \times \ln(D_{Max}) + b \end{cases} \Rightarrow \quad (۲)$$

$$D_{Max} = D_{Min} \times \sqrt[3]{EXP(G_{Max} - G_{Min}), D_{Min} \neq 0}$$

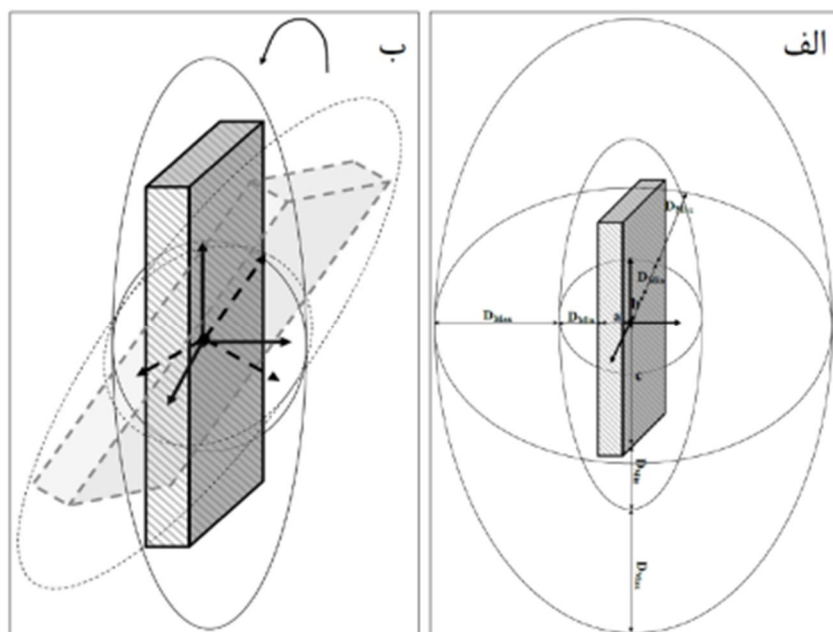
بنابراین اگر فضای سه بعدی تحت تأثیر یک رگه فرض شده باشد، در صورت کلی یک مدل بیضوی قابل تصور است که مرکز آن، مرکز ثقل بر مبنای هندسه رگه (a_0, b_0, c_0) است که مرکز مختصات دستگاه است و شعاع‌های بیضوی در سه راستا (a, b, c) وابسته به حداکثر و حداقل شعاع تأثیر رگه و ابعاد رگه است که معادله بیضوی تحت تأثیر رگه مبنا را تشکیل می‌دهد. معادله بیضوی اول، بر اساس حداقل شعاع تأثیر و ابعاد رگه است که در قسمت داخلی تا رویه این فضا، عیار برابر مقدار بیشینه خود تا مقدار متوسط عیار رگه است که در رابطه ۱-۳ نشان داده شده است. معادله بیضوی دوم، بر اساس حداکثر شعاع تأثیر و ابعاد رگه است که بر روی سطح این فضا، عیار برابر مقدار کمینه خود است و برای نقاط خارج از این بیضوی، عیار تحت تأثیر این رگه نیست و برابر عیار زمینه است که در رابطه ۲-۳ بیان شده است. برای تشخیص اینکه بدانیم یک نقطه تحت تأثیر یک رگه است یا خیر، تنها لازم است که شرط تابع شکل بیضوی $F_2(x_i, y_i, z_i) \leq 0$ بررسی و در صورتی که $F_2(x_i, y_i, z_i) > 0$ مختصات مورد مطالعه مستقل از رگه مذکور هستند که در شکل ۱۰-الف، نمونه شماتیک بیضوی مذکور قابل مشاهده است. برای نقاطی که بین این دو بیضوی قرار می‌گیرند، می‌توان به رابطه تعمیم یافته بیضوی اشاره نمود که بر اساس مختصات نقطه می‌توان شعاع تأثیر بیضوی توسط رابطه ۳-۳ محاسبه کرد [۱۱ و ۱۲]:

$$F_1(x, y, z) = \frac{x^2}{(\frac{a_0}{2} + D_{Min})^2} + \frac{y^2}{(\frac{b_0}{2} + D_{Min})^2} + \frac{z^2}{(\frac{c_0}{2} + D_{Min})^2} - 1, \quad (۳-۱)$$

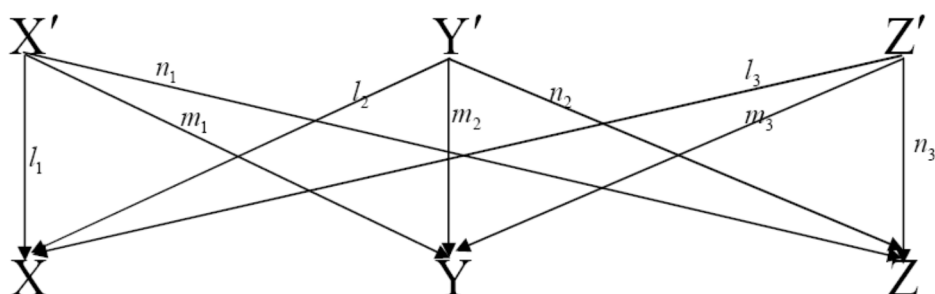
$$F_1(x_i, y_i, z_i) < 0 \Rightarrow G_i = G_{Max}$$

$$F_2(x, y, z) = \frac{x^2}{(\frac{a_0}{2} + D_{Max})^2} + \frac{y^2}{(\frac{b_0}{2} + D_{Max})^2} + \frac{z^2}{(\frac{c_0}{2} + D_{Max})^2} - 1, \quad (۳-۲)$$

$$F_2(x_i, y_i, z_i) = 0 \Rightarrow G_i = G_{Min}$$



شکل ۱۰: الف - نمایش بیضوی‌های حداکثر و حداقل تحت تأثیر رگه، ب - نحوه دوران رگه و بیضوی متناظر آن بر اساس رگه مبنا



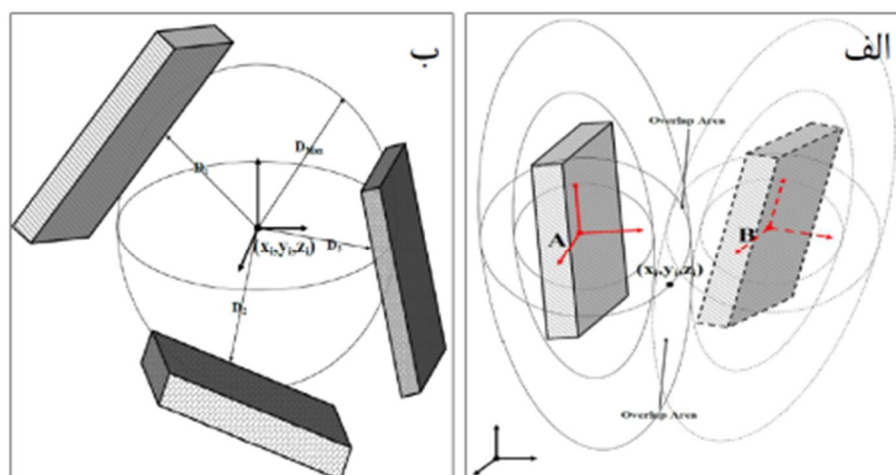
شکل ۱۱: نمایش شماتیک انتقال مختصات حاصل از دوران

بیضوی‌های فرضی رگه‌های مختلف که دارای هم پوشانی باشد در شکل ۱۲ نمایش داده شده است.

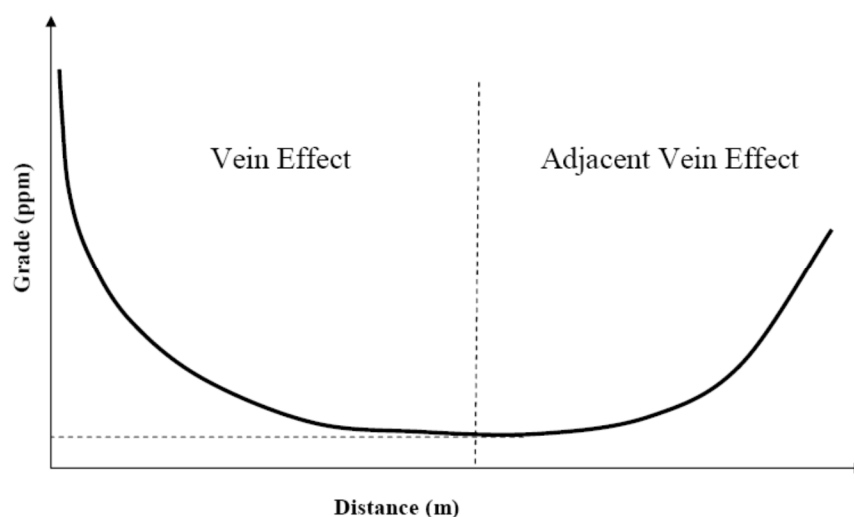
در بعضی از موارد ممکن است نمودار عیار نسبت به فاصله از رگه، بعد از یک روند لگاریتمی نزولی مربوط به رگه، یک سیر صعودی را بعد از نزول نشان دهد که این مربوط به اثر رگه مجاور است. در هنگام تعیین شعاع تأثیر بیشینه‌ی رگه، باید اثر رگه مجاور را حذف نمود وگرنه شعاع تأثیر بیشینه بیش از حد واقعی تخمین زده می‌شود (شکل ۱۳).

$$\begin{cases} F_A(x_i, y_i, z_i) = \frac{x_i^2}{(\frac{a_0}{2} + D_{i,A})^2} + \frac{y_i^2}{(\frac{b_0}{2} + D_{i,A})^2} + \frac{z_i^2}{(\frac{c_0}{2} + D_{i,A})^2} - 1 \\ F_B(x_i, y_i, z_i) = \frac{x_i^2}{(\frac{a_0}{2} + D_{i,B})^2} + \frac{y_i^2}{(\frac{b_0}{2} + D_{i,B})^2} + \frac{z_i^2}{(\frac{c_0}{2} + D_{i,B})^2} - 1 \\ F_C(x_i, y_i, z_i) = \frac{x_i^2}{(\frac{a_0}{2} + D_{i,C})^2} + \frac{y_i^2}{(\frac{b_0}{2} + D_{i,C})^2} + \frac{z_i^2}{(\frac{c_0}{2} + D_{i,C})^2} - 1 \end{cases} \quad (6)$$

بعد از تعیین موقعیت رگه‌ها و فاصله مرکز ثقل هر رگه تا نقطه مورد نظر (i) ، بر اساس مدل سه بعدی عیار بر اساس فاصله از رگه و ضخامت رگه $G(D, VT)$ ، می‌توان عیار را در نقطه مورد نظر محاسبه کرد. یک نقطه تحت تأثیر



شکل ۱۲: الف- هم‌پوشانی بیضوی‌های دو رگه متناظر، ب- تخمین عیار یک نقطه تحت تأثیر چند رگه



شکل ۱۳. تغییر روند نزولی عیار به دلیل مجاورت با رگه دیگر

نظر و با در نظر گرفتن فضای بیضوی رگه‌هایی که نقطه مورد نظر تحت تأثیر آن است و دوران رگه‌ها نسبت به رگه مبنا، عیار نقطه مورد نظر محاسبه شد.

۸- مراجع

- [1] Caers, J., 2011. "Modeling Uncertainty in the Earth Sciences". Wiley-Blackwell, Chichester.
- [۲] حسنی پاک، علی اصغر؛ (۱۳۷۵)؛ "مدل توزیع عنصر روی در سنگ درون گیر معدن عمارت، اراک"، نشریه دانشکده فنی ۵۸، ص ۵۷ تا ۶۸.
- [۳] حسنی پاک، علی اصغر؛ (۱۳۸۲)؛ "ژئوشیمی اکتشافی (محیط‌های سنگی)"، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ دوم.

۷- نتیجه گیری

در بررسی کانسارهای رگه‌ای باید به توزیع لگاریتمی عیار نسبت به فاصله‌داری از رگه توجه کرد. بر اساس حرکت سیال کانی‌ساز، در کانسار رگه‌ای عمارت نوع مدل تهی‌شدگی سنگ میزبان و دیواره و غنی‌شدگی در معدن مشاهده شد. در این پژوهش، حداکثر شعاع تأثیر رگه در معدن عمارت بین ۱۵ تا ۲۰ متر تعیین شد و مدل‌سازی سه بعدی عیار بر حسب ضخامت رگه و فاصله از رگه برای کمر بالا و کمر پایین رگه انجام شد و بیضوی‌های جستجوی ناهمسانگردی حداقل و حداکثر فضای تأثیر برای هر رگه ترسیم شد. سپس بر اساس مختصات فضایی موقعیت مورد

- [4] Curtis, J.S.; 1884; "*Silver-lead deposits of Eureka*"; Nevada (Vol. 7). GPO.
- [5] Ehya, F., Lotfi, M., Rasa, I.; 2010; "*Emarat carbonate-hosted Zn-Pb deposit, Markazi Province, Iran: A geological, mineralogical and isotopic (S, Pb) study*"; Journal of Asian Earth Sciences 37, pp. 186-194.
- [۶] حسین نژاد، محمد رضا؛ احمدی، رضا؛ (۱۳۸۱)؛ "ارائه مدل احتمالی ژنرکانسار سرب و روی عمارت اراک بر اساس مطالعات میکروسکوپی"، بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)، تهران.
- [۷] احمدی، رضا؛ (۱۳۸۲)؛ "مقایسه نتایج محاسبه ذخیره بخش غربی کانسار سرب و روی عمارت با استفاده از روش‌های هندسی و زمین آماری"، بیست و دومین گردهمایی علوم زمین (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)، تهران.
- [8] Barnes, H.L., Lavery, N.G.; 1977; "*Use of primary dispersion for exploration of Mississippi Valley-type deposits*"; Journal of Geochemical Exploration 8, pp. 105-115.
- [9] Leach, D.L., Taylor, R.D., Fey, D.L., Diehl, S.F., Saltus, R.W.; 2010; "*A deposit model for Mississippi Valley-Type lead-zinc ores, chap. A of Mineral deposit models for resource assessment*"; U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5070-A, 52 pp.
- [10] André-Mayer, A. S., Sausse, J.; 2007; "*Thickness and spatial distribution of veins in a porphyry copper deposit, Rosia Poieni, Romania*"; Journal of Structural Geology 29, pp. 1695-1708.
- [11] Salmon, G.; 2009; "*A Treatise on the Analytic Geometry of Three Dimensions*"; BiblioLife, 500 pp.
- [12] Coxeter, H.S.M.; 1989; "*Introduction to Geometry*"; 2nd ed., New York: Wiley, 496 pp.
- [13] Rusczyk, R.; 2006; "*Introduction to Geometry*"; 2nd ed., AoPS Inc, 557 pp.
- [14] Coxeter, H. S. M.; 1998; "*Non-Euclidean Geometry*"; 6th ed., Washington, DC: Math. Assoc. Amer., 354 pp.
- [15] Ying, Z.; 2001; "*Specification of variogram structures with geometric anisotropy*"; Stanford Center for Reservoir Forecasting.