www.salampnu.com

سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملا رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

www.salampnu.com

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

CERRO PARANAL 1991
1994
1999 PARANAL OBSERVATORY

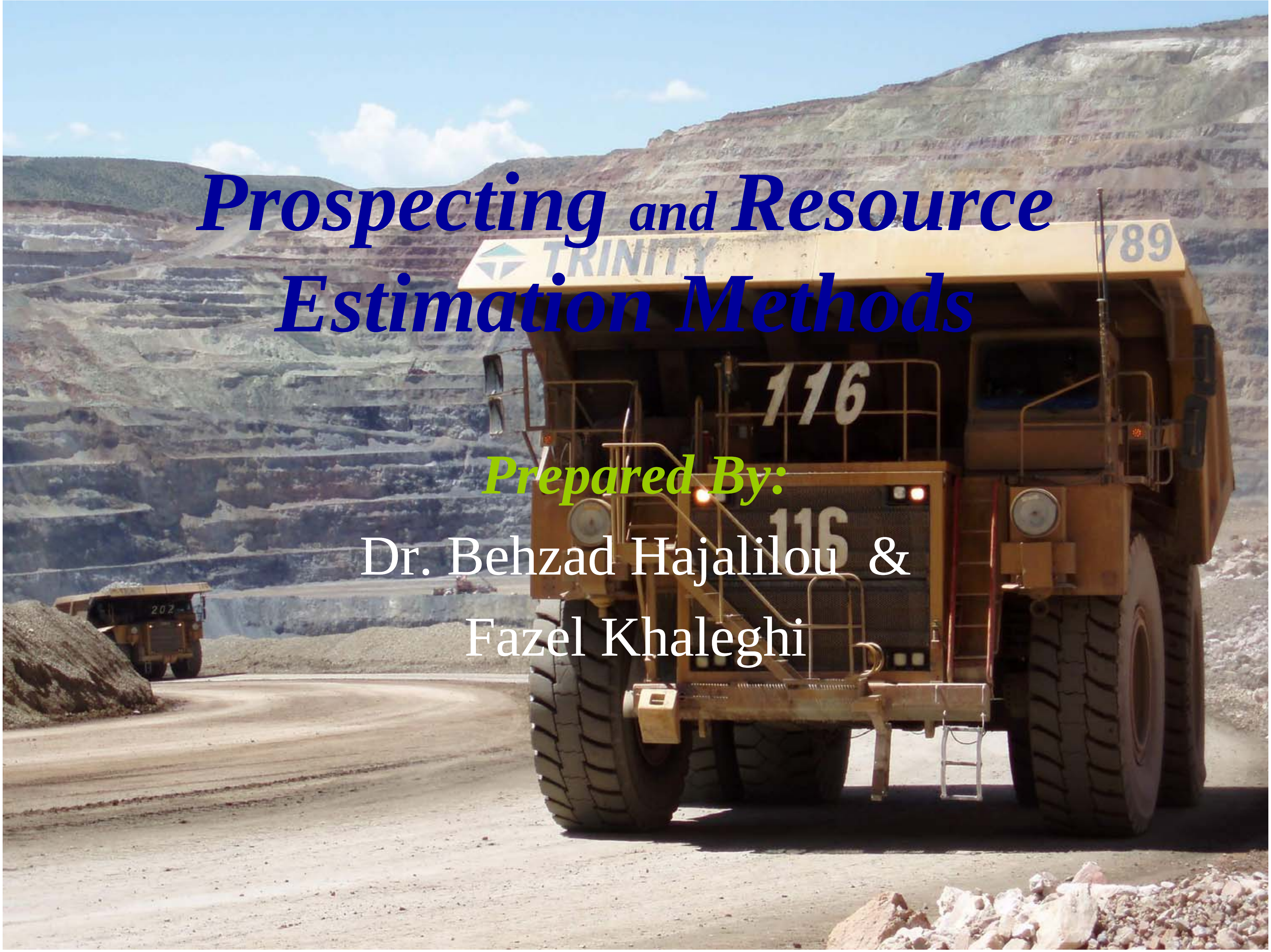
دانشگاه پیام نور

تخمین و ارزیابی ذخایر معدنی

(2 واحد درسی)

مهندس مدنی - دکتر یعقوب پور

تهیه کنندگان: دکتر بهزاد حاج علیلو
و مهندس فاضل خالقی


TRINITY
789
116
116
202

Prospecting and Resource Estimation Methods

Prepared By:

Dr. Behzad Hajalilou &
Fazel Khaleghi

اهمیت درس تخمین و ارزیابی ذخایر معدنی

- پی جویی و اکتشاف ذخایر معدنی
- تخمین و ارزیابی اقتصادی ذخایر معدنی
- مطالعات مقدماتی امکان سنجی
- بررسیهای زمین شناسی و تعیین ژنز کانسارها
- نمونه برداری معدنی

هدفهای کلی

- آشنایی کلی با اصول پی جویی، اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی
- بررسی انواع روشهای تخمین ذخیره (سنتی، کلاسیک، زمین آمار)
- آشنایی با نحوه ارزیابی اقتصادی کانسار

راهنمای استفاده از بسته آموزشی

- درس تخمین و ارزیابی ذخایر معدنی دارای واحد نظری و عملی است. در ابتدا سعی شده مفاهیم مقدماتی راجع به درس ارائه شود و سپس روشهای تخمین ذخیره توصیف می گردد. لازم است دانشجو با مفاهیم دروس زمین شناسی اقتصادی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک آشنایی کافی داشته باشد.
- در آغاز هر فصل موارد مهم اشاره و مورد تأکید قرار گرفته تا پس از مطالعه آنها معلومات، دانسته ها و مهارت دانشجو ارتقاء یابد.
- در تدوین مطالب، به منظور تأمین اهداف کمک آموزشی سعی شده علاوه بر کتاب درسی دانشگاه از سایر منابع و همچنین تصاویرآموزشی سایتهای اینترنتی استفاده گردد.

ادامه

- در اکثر اسلایدها، مطالب طبق عناوین مشخص اولویت بندی شده و هر مورد نهایتاً با شکل یا تصویر جمع بندی گردیده است، بنابراین رعایت ترتیب اسلایدها مفید خواهد بود.
- همچنین، طرح، چیدمان و تصاویر متحرک هر اسلاید به نحوی تنظیم شده که ضمن رعایت چارچوب بحث، اهداف کمک آموزشی نیز تحقق یابد.
- بسته کمک آموزشی می تواند مجدداً با پسوند **pps.** به صورت نمایشی(**show**) ذخیره شده و حتی اگر کامپیوترِ کاربر فاقد نرم افزار پاورپوینت باشد، با فشار دادن کلید **F5** قابل نمایش گردد.

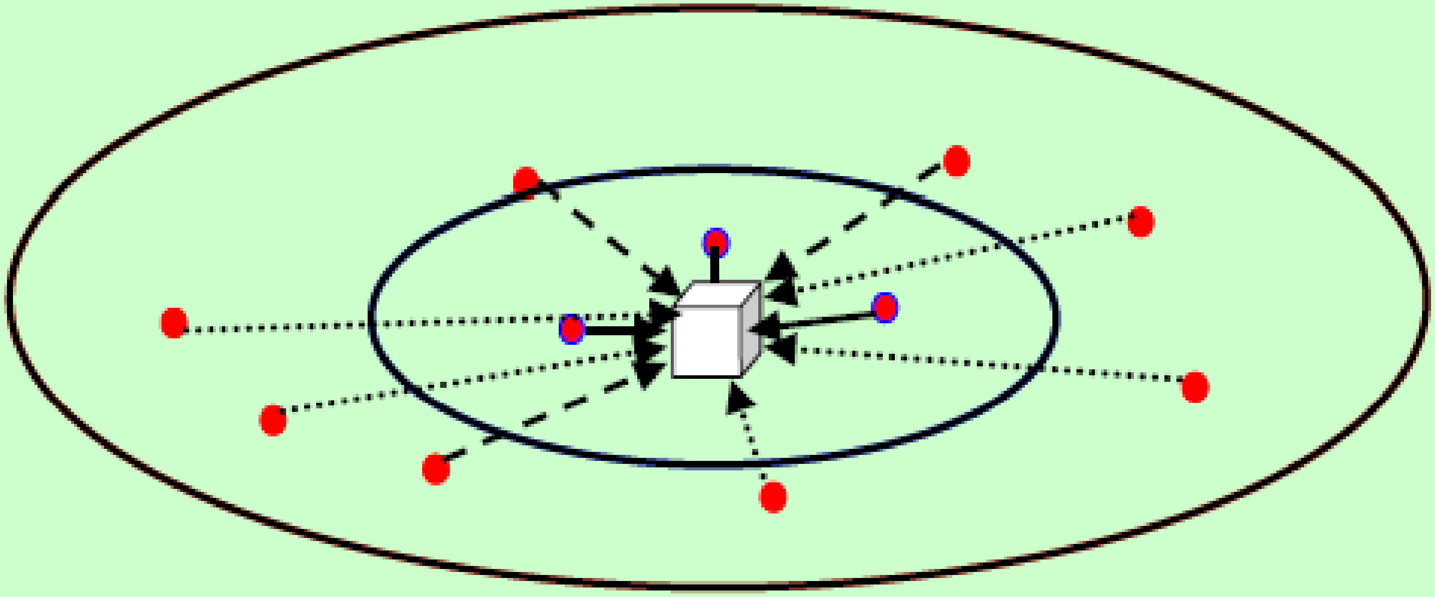
فهرست مطالب

- فصل اول: مبانی آمار و کاربرد آن در ارزیابی
- فصل دوم: مفاهیم اولیه و آشنایی با مراحل پی جویی، اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی
- فصل سوم: بررسیهای زمین شناسی و تعیین ژنز کانسار
- فصل چهارم: اطلاعات لازم برای ارزیابی کانسار

ادامه

- فصل پنجم: انواع نمونه برداری
- فصل ششم: تخمین ذخیره با روشهای سنتی
- فصل هفتم: محاسبه ذخیره به روش زمین آمار
- فصل هشتم: ارزیابی اقتصادی کانسار

Resource Estimation Techniques cont.



جامعه کلی

- جامعه کلی عبارت است از کل موجودی مواد مورد نظر؛ همچنین منبع کلی همه داده های ممکن که بوسیله یک یا چند نشانه یک بعدی یا چند بعدی مشخص می شود.
- به عبارت دیگر، بایستی دقیقاً محدوده مورد نظرخود یعنی کانسار را تعریف کنیم.
- جامعه کلی در کانساری که مرزهای زمین شناسی آن (مساحت، عمق، عیار) مشخص شده باشد، قابل تعریف است.

جمعیت(واحد نمونه گیری)

- ✓ جمعیت قسمتی از جامعه کلی است که مورد اندازه گیری قرار گرفته است.مثل یک نمونه 2کیلوگرمی، یک مغزه 3متری یا یک کامیون حاوی موادمعدنی.
- ✓ در اندازه گیری بایستی دقیقاً واحد نمونه گیری معلوم شود.
- ✓ بر خلاف علوم زیستی، در مورد کانسار یک واحد نمونه گیری طبیعی وجود ندارد و جامعه کلی به انواع مختلفی از واحدهای نمونه گیری تفکیک می شود در نتیجه جامعه های متفاوتی بدست می آید.

نکته

- بدین ترتیب در مورد یک ویژگی جامعه براساس واحدهای نمونه گیری تعداد معدودی اندازه گیری انجام شده و با توجه به آنها در مورد جامعه آماری اظهار نظر می شود.
- گاهی نتایج بدست آمده از اندازه گیری نمونه های یک جامعه به جامعه دیگر تعمیم داده می شود. بنابراین چنین نتایجی با شک و تردید توأم است.

متغیر تصادفی و احتمال رخداد

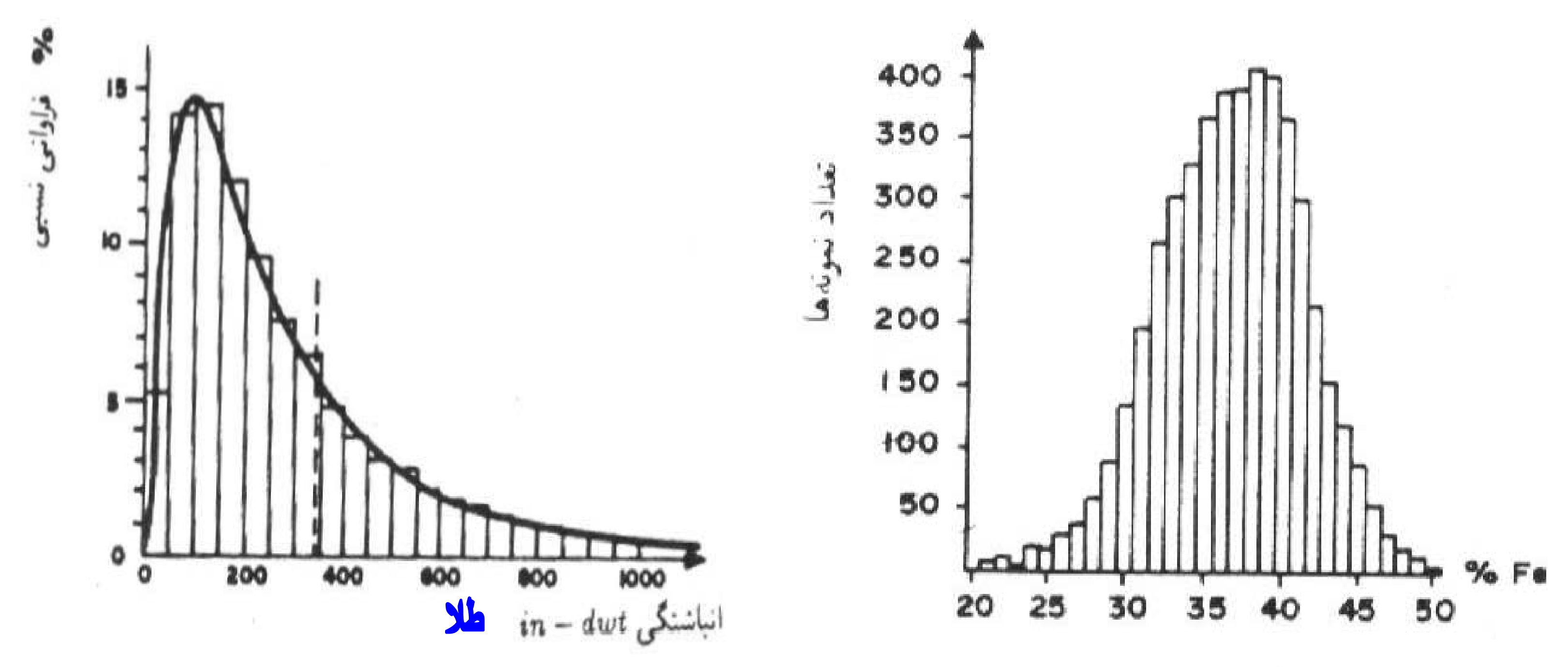
- ✓ وقتی نمونه ای از کانساری برداشته می شود، عیار آن معلوم نیست ولی حدود مقادیر ممکن عیار کانسار مشخص است، مثال حدود تغییرات عیار مس در نمونه های کانسار مس پورفیری.
- ✓ البته به جای یک فاصله عیاری، می توان تمام عیارهای ممکن نمونه ها را در نظر گرفت.
- ✓ احتمال رخداد عیاری در فاصله 2 تا 4درصد در کانسار نمی تواند از قبل مشخص باشد؛ بلکه فقط می توان توزیع احتمال را محاسبه کرد.

نمایش ترسیمی توزیع داده ها

- ✓ اگر فاصله تغییرات نمونه ها را به عنوان قاعده و تعداد نمونه های مربوط به این فاصله را به عنوان ارتفاع یک مستطیل در نظر بگیریم، بدین ترتیب سطح مستطیل نشانگر تعداد نمونه هایی است که مشخصه آنها در این فاصله قرار می گیرد.
- ✓ از آنجا که این نمودارها در نمایش توزیع فراوانی جامعه استفاده می شود به هیستوگرام یا فراوانی نما موسوم هستند. فراوانی نما تصویری عینی ازنحوه تغییرات داده ها و توزیع آنها می باشد.

انواع مختلف توزیع در نمونه ها

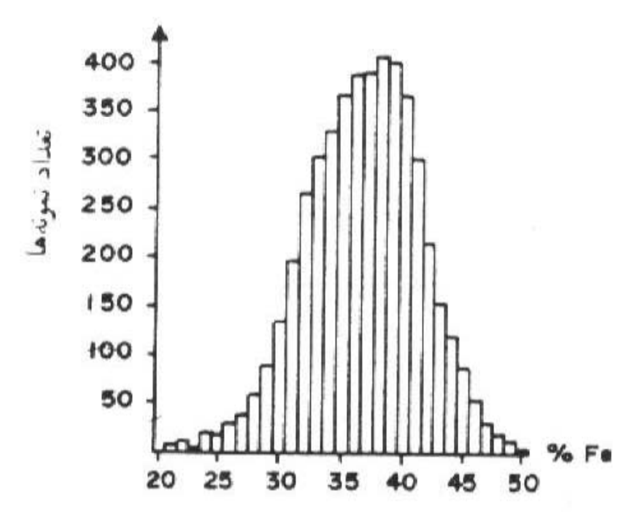
- همانطور که در شکل 1-2 دیده می شود، توزیع مقادیر طلا در 28334 نمونه با توزیع عیارآهن در مورد بیش از 4000 نمونه متفاوت هستند.



شکل1-2- فراوانی نما(هیستوگرام) مربوط به نمونه های حاوی طلا و عیار منیتیت در نمونه های سنگ آهن

مد و میانه

- مد توزیع، داده ای است که بیشترین فراوانی را دارد. به عبارت دیگر، طول نقطه ماکزیمم منحنی، به نام مد نامیده می شود. مثال در شکل زیرعیار **5/37**درصد آهن به عنوان مد توزیع در نظر گرفته می شود.
- میانه توزیع، مقداری از توزیع است که **50**درصد از مقادیر موجود کمتر از آن هستند. میانه م
  دو نیم تقسیم می کند.



میانگین

- مهمترین ویژگی درمورد یک متغیر تصادفی، آگاهی از کمیتی است که مقادیر در حول و حوش آن پراکنده اند. میانگین در واقع مقدار متوسط توزیع است.
- در مورد **n** نمونه مستقل، میانگین از رابطه زیر به دست می آید:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

- در مورد کانسارهای عناصر گرانبها که مشخصات نمونه ها در محدوده وسیعی تغییر می کند، اعتبار $\bar{x}$ کاهش می یابد و به تخمین گر مناسبی نیاز است.

انحراف استاندارد و واریانس

- برای تعیین پراکندگی مقادیر حول میانگین، معمولاً از مشخصه انحراف استاندارد S^2 استفاده می شود. در مورد سری محدودی از n نمونه با مقدار x_i $(i=1,2,...,n)$ انحراف استاندارد به شکل زیر تعریف می شود:

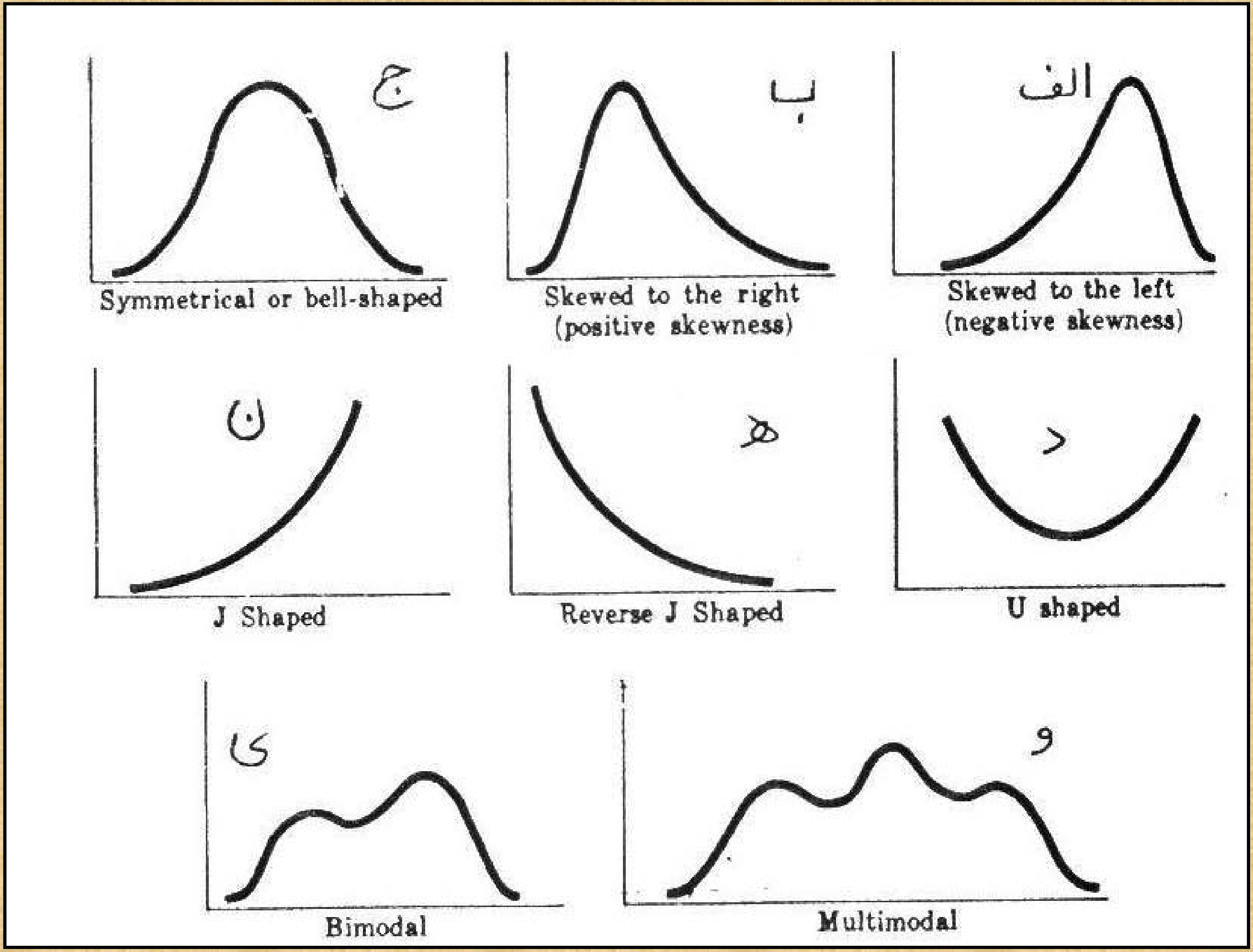
$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

- واحد انحراف استاندارد S همان واحد متغیر X است و موقعی که مقادیر X خیلی متغیر باشد، انحراف استاندارد بزرگ و در مواردی که این مقادیر شبیه هم باشند، اندازه آن کوچک است.
- مجذور انحراف استاندارد را به نام واریانس می خوانند. در آمار استفاده از واریانس معمولتر است و از رابطه زیر به دست می آید:

$$S^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

چولگی و کشیدگی

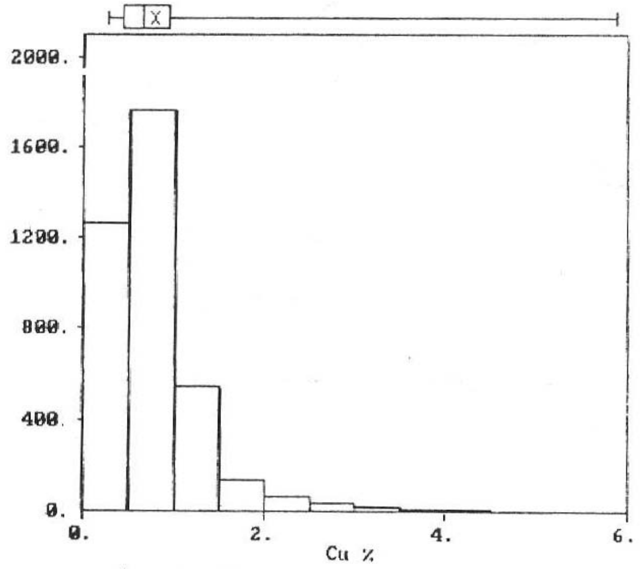
- برای بیان متقارن یا نامتقارن بودن یک توزیع، از مشخصه ای به نام چولگی استفاده می کنند . اگر منحنی بطور مثبت کج شده باشد، چولگی مثبت و در صورتیکه تمایل داده ها به سمت مقادیر پائین باشد، چولگی را منفی می نامند (شکل1-3-الف وب). در توزیع طبیعی، منحنی زنگی شکل است(شکل1-3-ج)
- برای بیان حالت تخت بودن یا مرتفع بودن منحنی توزیع از ویژگی کشیدگی استفاده می شود.


ج
Symmetrical or bell-shaped
ب
Skewed to the right
(positive skewness)
الف
Skewed to the left
(negative skewness)
ن
J Shaped
ه
Reverse J Shaped
د
U shaped
ی
Bimodal
و
Multimodal

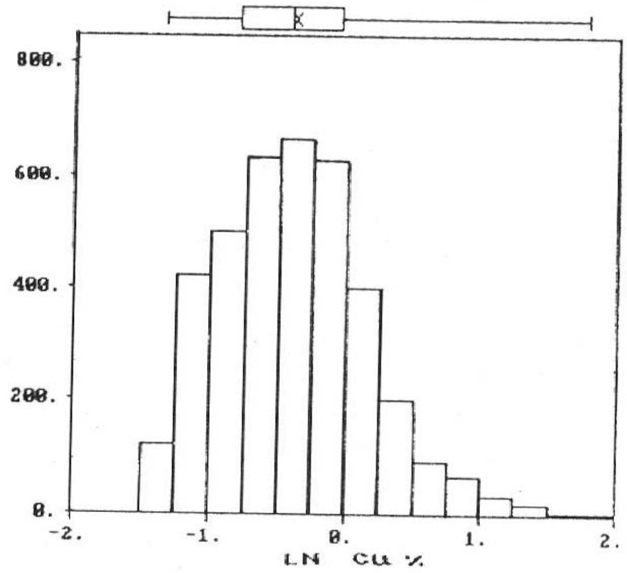
شکل1-3- نمودارهای مختلف توزیع در جوامع ژئوشیمیایی

توزیع لگاریتمی طبیعی و تخمین پارامترهای آن

- در بسیاری از مسایل زمین شناسی، مقادیر عیار از توزیع طبیعی تبعیت نمی کنند. اما لگاریتم آنها، گرایش به توزیع طبیعی دارد.
- تخمین میانگین توزیع لگاریتمی طبیعی به روش ریاضی مشکل است؛ چون در مورد توزیع داده هایی با چولگی، عیارهایی وجود دارند که بطور نامعقولی بالا هستند.



توزیع عیار مس در نمونه‌های کانسار سونگون

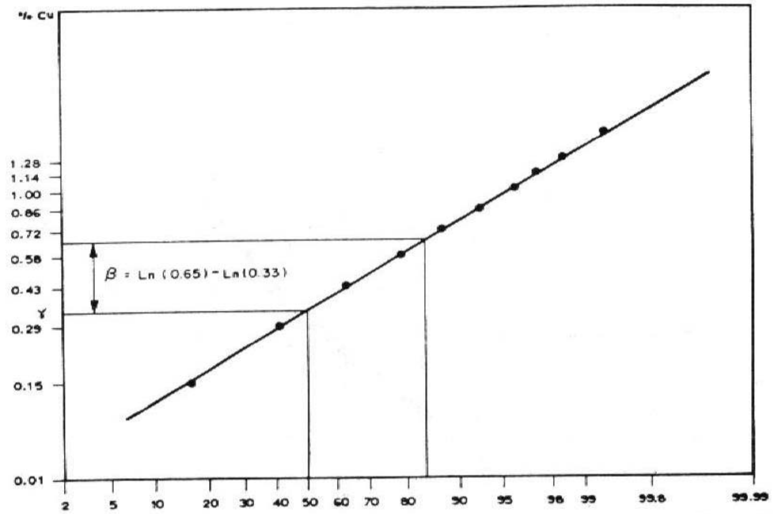


توزیع فراوانی لگاریتم عیار مس در نمونه‌های کانسار سونگون

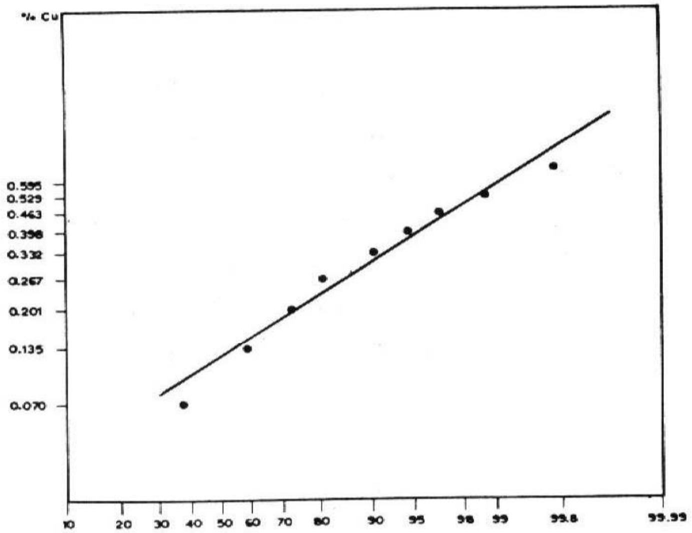
- برای تخمین آن بایستی منحنی توزیع طبیعی بر لگاریتم داده ها برازانده شود. با استفاده از کاغذهای احتمال با مقیاس لگاریتمی به آسانی می توان توزیع تجمعی داده های اولیه را رسم کرد. در شکل5-1 توزیع عیار مس در برخی ازگمانه های کانسار سونگون که دارای چولگی قابل توجهی بوده به همراه توزیع همان نمونه ها در مقیاس لگاریتمی نشان داده شده است.

ادامه

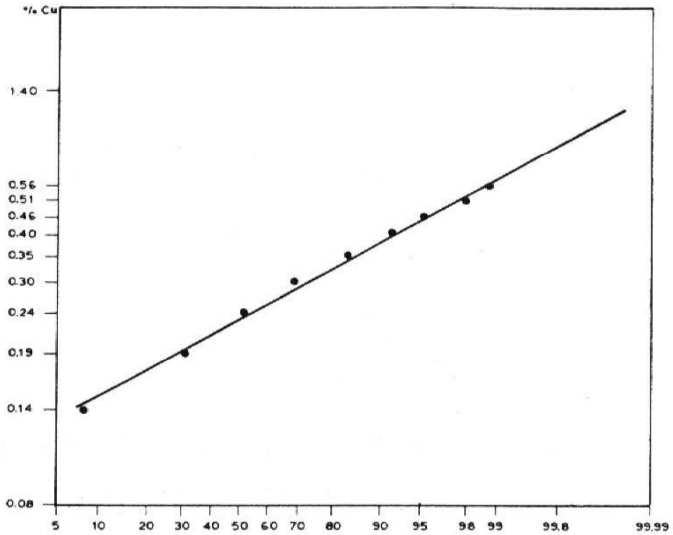
- در شکلهای (6-1) تا(9-1)نمونه های دیگری از توزیع لگاریتمی نشان داده شده است. از ویژگیهای توزیع لگاریتمی آن است که عرض نقطه نظیر فراوانی 50درصد، میانگین لگاریتم داده ها را بدست می دهد. در توزیع لگاریتمی طبیعی، میانگین یاد شده در عین حال میانه توزیع هم هست(شکل6-1)



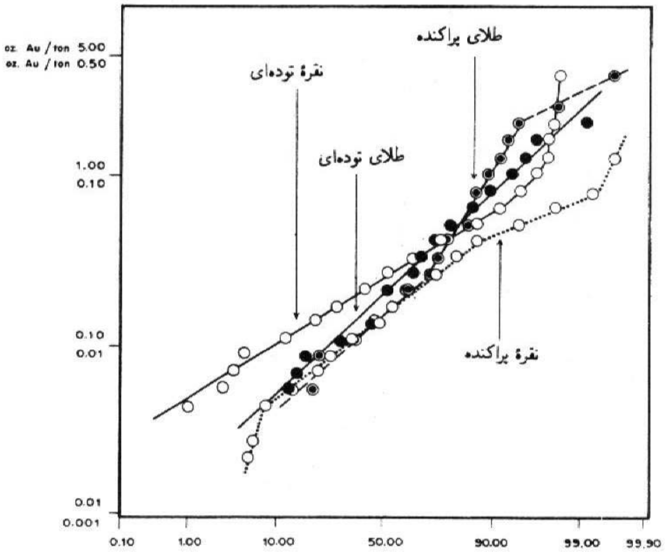
شکل ۱-۶ :نمودار توزیع تجمعی عیار ۲۰۴۰۳ نمونهٔ ۳ متری در مورد یک کانسار مس پرفیری که در کاغذ احتمال لگاریتمی رسم شده است



شکل ۱- ۷ :نمودار توزیع تجمعی عیار اکسید مس در ۳۹۶ نمونه از یک کانسار مس پرفیری که در کاغذ احتمال لگاریتمی رسم شده است



شکل ۱-۸ :نمودار توزیع تجمعی عیار سولفید مس در ۲۴۹ نمونه در مورد یک کانسار مس پرفیری که در کاغذ احتمال لگاریتمی رسم شده است



شکل ۱-۹ :نمودار توزیع تجمعی عیار طلا و نقره در مورد نمونه کانسنگ‌های سولفیدی پراکنده و توده‌ای معدن لورن(*Lorraine*) ایالت کبک کانادا

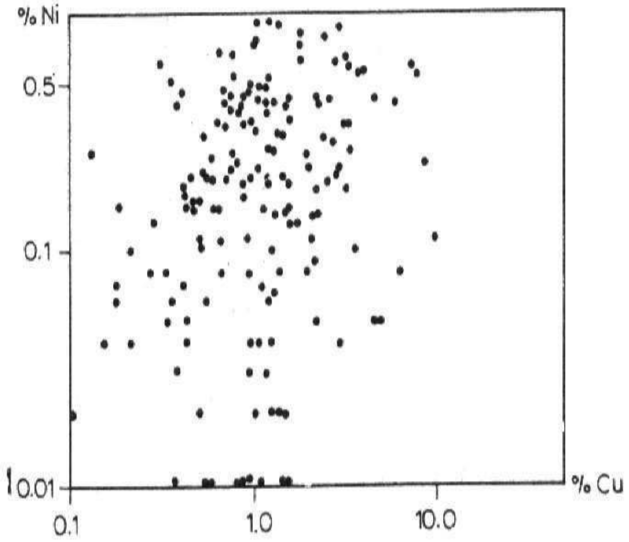
متغیرهای تصادفی وابسته و مستقل

- به بیان ساده، هنگامی دو متغیر را مستقل گویند که آگاهی از یکی، اطلاعی در مورد دیگری به دست ندهد. مثلاً در بسیاری از معادن طلا، آگاهی از اینکه عیار نمونه ای 5 گرم در تن است، هیچگونه اطلاعی درباره نمونه ای که موقعیت آن 20 متر با اولی فاصله دارد، بدست نمی دهد. از سوی دیگر، در معدن آهن، عیار یک چال انفجاری، با نقطه ای به فاصله 6 متر از آن، تفاوت اساسی ندارد.
- پس، در مورد کانسار طلا، نمونه ها، متغیرهای مستقل از هم و در کانسار آهن، متغیرهای وابسته اند.

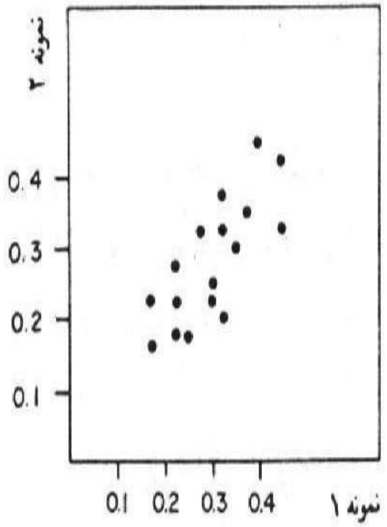
© Hajalilou, B., & Khaleghi, F., Payame Noor University of Tabriz, 2006.

ادامه

- در شکل 1-10نمودار لگاریتم عیار مس و نیکل در گروهی از نمونه ها نشانگر آن است که متغیرها مستقل از یکدیگرند.
- در شکل 1-11، عیار نمونه های مس نسبت به عیار نزدیکترین نمونه های مجاوردر جهت غربی رسم شده است. بطوریکه دیده می شود، هر چقدر عیار نمونه بیشتر باشد، عیار نمونه های مجاور نیز زیادتر است و بنابراین بین آنها یک رابطه وابستگی وجود دارد که به آن ارتباط مثبت می گویند.



شکل ۱-۱۰: نبود وابستگی بین عیارهای مس و نیکل در نمونه‌های سولفید پراکنده‌ای که از معدن لورن گرفته شده است

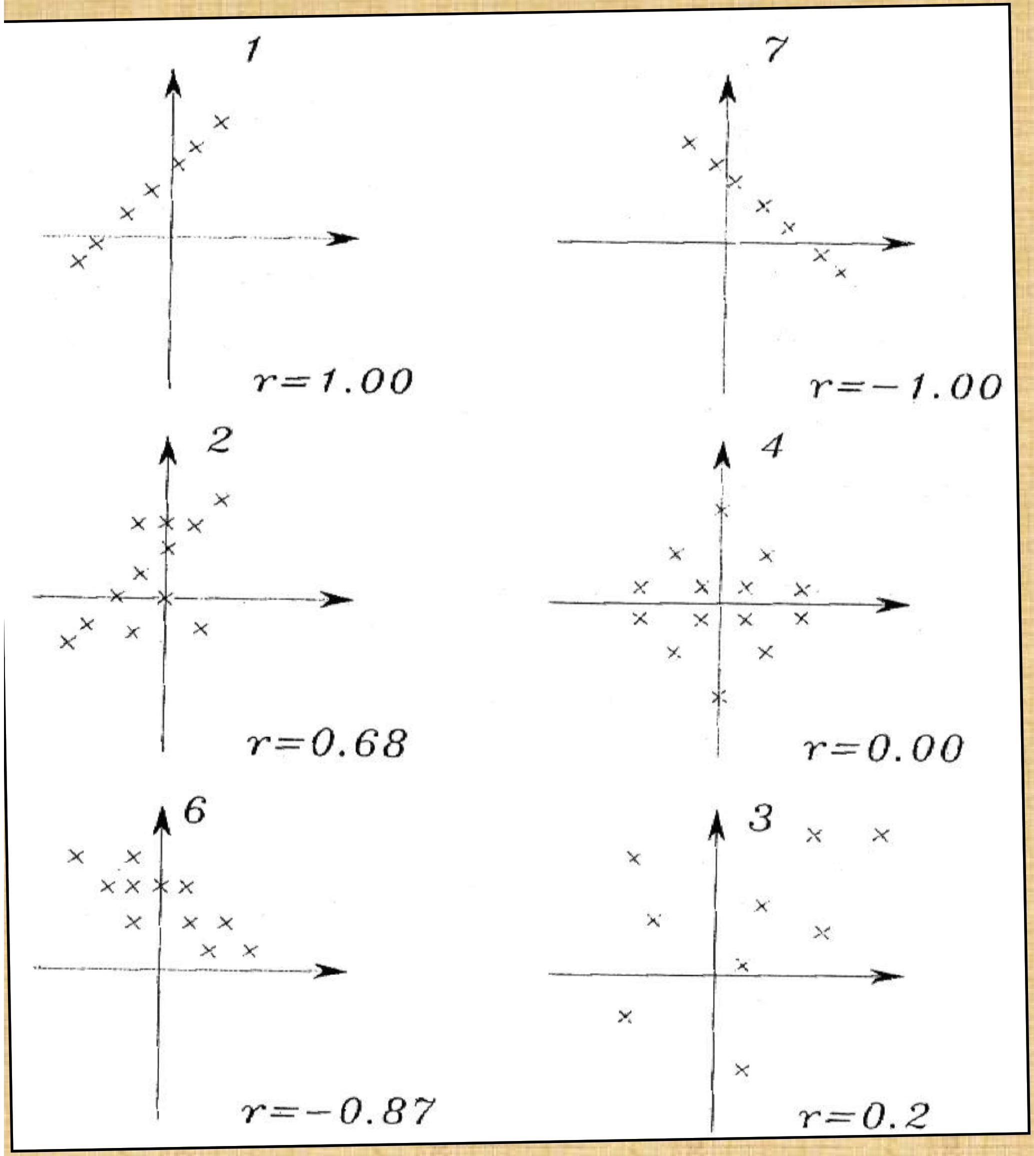


شکل ۱-۱۱: رابطهٔ بین عیار یک نمونه و عیار نزدیکترین نمونه‌های مجاور آن در کانسار مس

کوواریانس

- یکی از راههای مشخص کردن ارتباط متقابل بین دو متغیر تصادفی، محاسبه کوواریانس آنهاست. کوواریانس به عنوان حاصلضرب مورد انتظار اختلاف دو متغیر، حول میانگین هر یک تعریف می شود.
- وقتی دو کمیت X و Y با یکدیگر افزایش یابند، این دو اختلاف یا هر دو مثبت اند و یا منفی و بنابراین حاصلضرب آنها همواره مثبت است. اما اگر کمیتی افزایش و دیگری کاهش یابد، یکی از دو اختلاف مثبت و دیگری منفی و بنابراین حاصلضرب آنها منفی است.

ضریب همبستگی

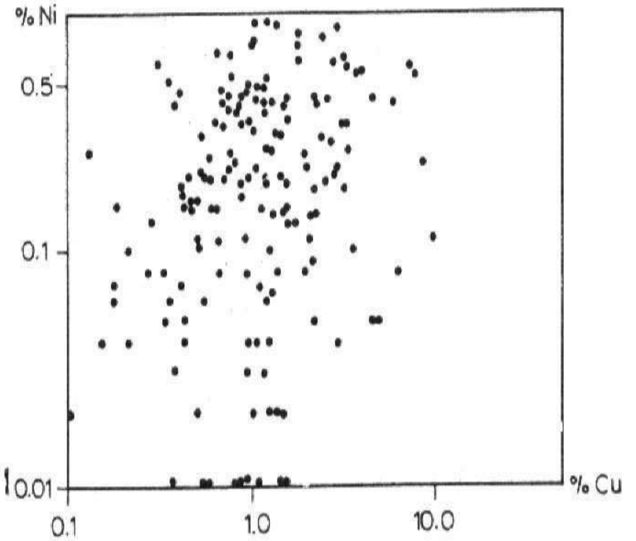


- برای ارزیابی درجه وابستگی دو متغیر، می توان کوواریانس را استاندارد کرد به گونه ای که مقدار آن بین 1- تا 1+ تغییر کند.
- برای این منظور، کافی است آنرا بر انحراف استاندارد XوYتقسیم کنیم که نتیجه به شکل زیر خواهد شد:

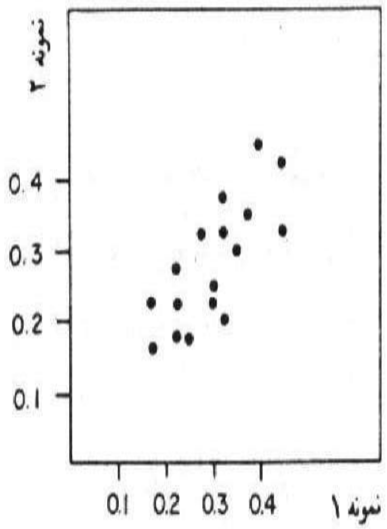
$$r = \frac{\text{cov}(x,y)}{\sigma(x)\sigma(y)}$$

همبستگی و رگرسیون

- می توان طی نمودار، تغییرات یک متغیر نسبت به دیگری را رسم کرد که به آن نمودار پراکنش گفته می شود(شکل1-10و1-11). هدف از این نمودارها و نیز



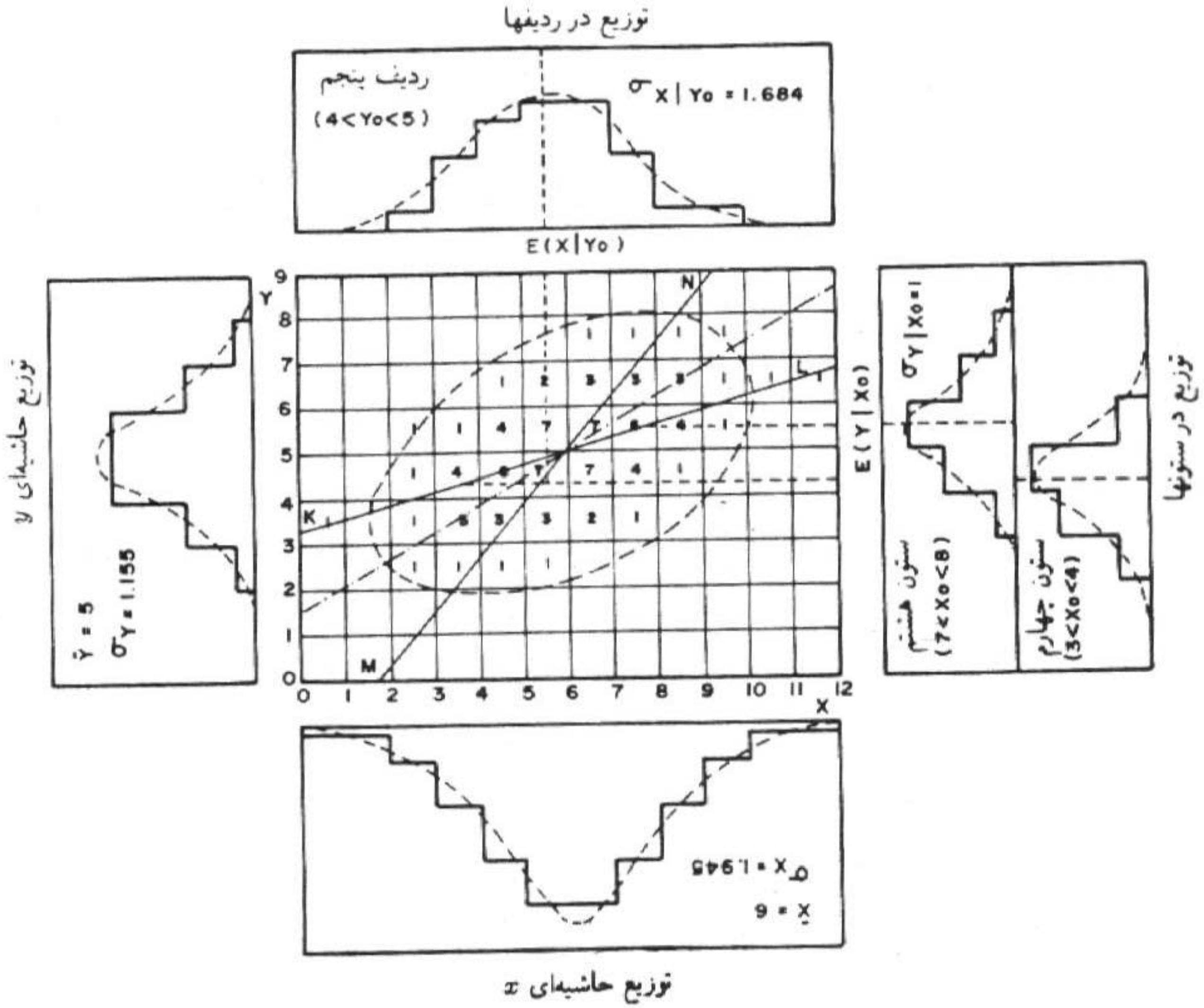
شکل ۱-۱۰:نبود وابستگی بین عیارهای مس و نیکل در نمونه‌های سولفید پراکنده‌ای که از معدن لورن گرفته شده است



شکل ۱-۱۱ :رابطهٔ بین عیار یک نمونه و عیار نزدیکترین نمونه‌های مجاور آن در کانسار مس

رگرسیون عادی

- در حالتی که هردو متغیر Xو Yبه طور عادی توزیع شده باشند، هر دو منحنی رگرسیون E(y/x) وE(x/y) خطوط مستقیمی خواهند بود. درشکل13-1مثال خلاصه شده ای در این مورد دیده می شود. همچنین در شکل، دو متغیر نسبت به یکدیگر و نیز تعداد نقاطی که در یک مربع معین قرارمی گیرند به جای خود نقاط، مشاهده می شود. در مورد هر سطر یا ستون(xیاyثابت) توزیع طبیعی است. به عبارتی هیستوگرام سادهx بدون توجه به y و یا هیستوگرام y بدون توجه به x دارای توزیع طبیعی می باشد.


توزیع در ردیفها
ردیف پنجم
(4<Yo<5)
σX | Yo = 1.684
E(X|Yo)
توزیع حاشیه‌ای y
Ȳ = 5
σY = 1.155
Y
X
K
L
N
M
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
E(Y|Xo)
σY|Xo = 1
ستون هشتم
(7<Xo<8)
ستون چهارم
(3<Xo<4)
توزیع در ستونها
σX = 1.945
X̄ = 6
توزیع حاشیه‌ای x

شکل۱-13 :نمودار تشریح همبستگی عادی

فصل دوم

آشنایی با مراحل پی جویی

مقدمه

آشنایی با مفاهیم اولیه (کانه، کانسنگ و ...)
پی جویی و اکتشاف ذخایر معدنی
راهنما و معیارهای پی جویی

مفاهیم

کانسنگ

Ore

سنگ یا کانیهایی که استخراج و ارائه آنها به بازار سودآور باشد. مثل سنگ معدن مس سرچشمه

باطله

Gangue

مواد بی ارزشی که همراه با بیشترکانه ها می باشند. البته یک کانی همیشه باطله نیست. مثل باریت

کانه

Ore mineral

کانی ای که به عنوان منبع اقتصادی یک فلز مفید مورد استفاده قرار می گیرد
مثل کاسیتریت (قلع)
اسفالریت(روی)

معدن

Mine

کانسار و یا کانسار
فلزی که قبلاً یا در
حال حاضر
بهره برداری شده
و می شود

کانسار فلزی

Ore deposit

کانساری که در
شرایط اقتصادی و
فن آوری روز
از آن بتوان
فلزی بدست آورد

کانسار

Mineral deposit

محل پیدایش طبیعی
کانی یا کانیهایی که
دارای ارزش
اقتصادی هستند

کلارک

میانگین عیار عنصر در پوسته زمین کلارک نامیده می شود. مثال کلارک مس حدود 50 گرم در تن است.

کلارک تمرکز

نسبت غلظت میانگین عنصر در مواد مورد مطالعه (مثلاً مقدار مس در خاک) به میانگین غلظت آن عنصر در منطقه مورد مطالعه و یا در پوسته زمین(مقدار مس در پوسته)

ضریب غنی شدگی

برای تشکیل توده معدنی، عنصر یا عناصر مورد نظر باید نسبت به مقدارشان در پوسته زمین تا حد بسیاری غنی شده باشند.

عیار

مقدار فلز موجود درسنگ معدن که بر حسب درصد یا پی پی ام بیان می شود.

عیارحد

به پائین ترین عیار قابل استخراج در یک توده معدنی گفته می شود.

انواع عیار

عادی یا زمینه

تراکم طبیعی عناصر در پوسته زمین بدون ارتباط با پدیده های کانسارسازی و آلودگیهای زیست محیطی

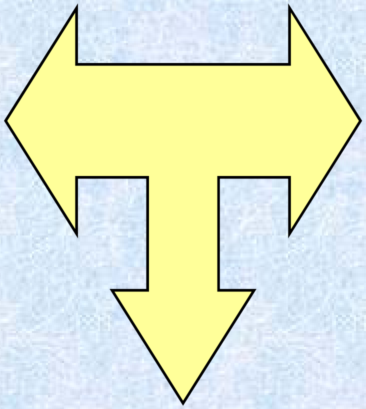
آستانه

بالاترین حد عیار عادی و بطور تخمینی مقدار آن سه برابر عیار عادی است.

غیرعادی یا آنومالی

تمام ارقام بالاتر از عیار آستانه را عیار غیرعادی یا آنومالی گویند.

عوامل ایجاد آنومالی دروغین



پیله های زیست محیطی

نخاله های معدنی

تأثیر کودهای فسفاته و مواد آلی

© Hajalilou, B., & Khaleghi, F., Payame Noor University of Tabriz, 2006.

تعاریف

- اندیس معدنی: تمرکزی از یک عنصر که این تمرکز چندین برابر کلارک است ولی ماده معدنی ارزش اقتصادی پیدا نکرده است.
- آستانه اقتصادی: مقدار تمرکزی از عنصر که وقتی به حد مذکور رسید، استخراج آن مقرون به صرفه است.

ادوار فلززایی

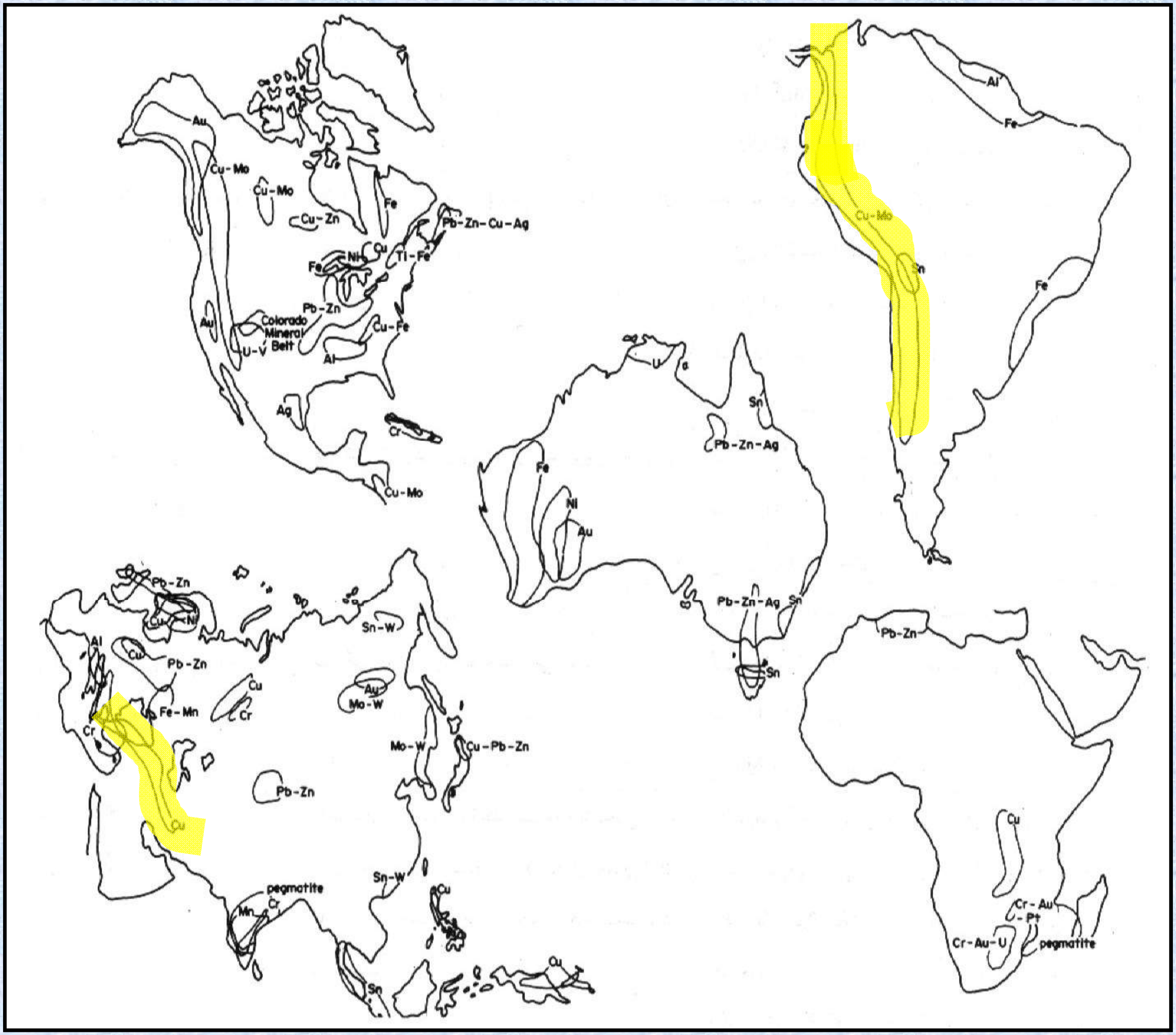
زمانهایی که
تشکیل فلز یا فلزاتی
خاص درایالات
فلززایی بیشترین
توسعه را داشته
باشد به ادوار
فلززایی
موسوم است.

ایالت فلززایی

مناطقی از زمین
که در آنها کانسارهای
بزرگی از یک یا
چند فلز خاص
(با سن وموقعیت
زمین ساختی متفاوت)
حضور دارند.

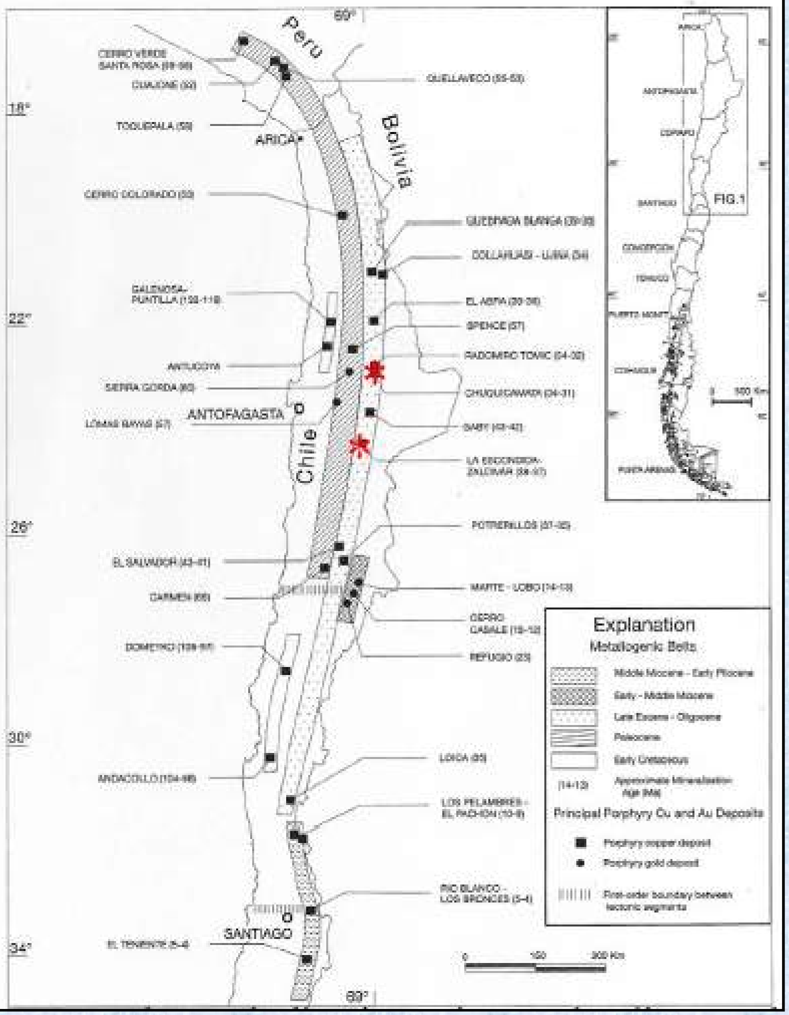
متالوتکت

پدیده هایی که باعث
تمرکز ماده معدنی
و تشکیل
کانسار می شوند.
مانند
پدیده های زمین ساختی،
ژئوشیمیایی و غیره


Au
Cu-Mo
Cu-Mo
Cu-Zn
Fe
Pb-Zn-Cu-Ag
Cu
Ni
Ti-Fe
Fe
Pb-Zn
Colorado Mineral Belt
Au
U-V
Cu-Fe
Al
Ag
Cr
Cu-Mo
Al
Fe
Cu-Mo
Sn
Fe
U
Sn
Pb-Zn-Ag
Fe
Ni
Au
Pb-Zn-Ag
Sn
Sn
Pb-Zn
Cu
Ni
Sn-W
Al
Cu
Pb-Zn
Cu
Au
Mo-W
Fe-Mn
Cr
Cr
Mo-W
Cu-Pb-Zn
Pb-Zn
Cu
Pb-Zn
Cu
Cr-Au
Pt
Cr-Au-U
pegmatite
pegmatite
Mn
Cr
Sn-W
Cu
Sn
Cu

Metallogenic Belts and Porphyry Copper (and Gold) Deposits

Today there are 20 open pit Cu mines operating in Chile



Peru
Bolivia
Chile
ARICA
ANTOFAGASTA
SANTIAGO
69°
18°
22°
26°
30°
34°
CERRO VERDE
SANTA ROSA
CUAJONE (52)
TOQUEPALA (59)
QUELLAVECO
CERRO COLORADO
QUEBRADA BLANCA
COLLAHUASI - UJINA (34)
GALENOSA-PUNTILLA
EL ABRA
SPENCE (57)
RADOMIRO TOMIC (34-32)
ANTUCOYA
SIERRA GORDA (63)
CHUQUICAMATA (34-31)
LOMAS BAYAS (57)
GABY (43-42)
LA ESCONDIDA-ZALDIVAR
POTRERILLOS
EL SALVADOR (43-41)
MARTE - LOBO (14-13)
CARMEN (65)
CERRO CASALE
REFUGIO (23)
DOMEYKO
LOICA (95)
ANDACOLLO (104-98)
LOS PELAMBRES - EL PACHON (10-8)
RIO BLANCO - LOS BRONCES (5-4)
EL TENIENTE (5-4)
0
100
200 Km
FIG.1
Explanation
Metallogenic Belts
Middle Miocene - Early Pliocene
Early - Middle Miocene
Late Eocene - Oligocene
Paleocene
Early Cretaceous
(14-13)
Approximate Mineralization Age (Ma)
Principal Porphyry Cu and Au Deposits
Porphyry copper deposit
Porphyry gold deposit
First-order boundary between tectonic segments

Camus & Dilles 2001 Econ.Geol.

کمربندهای فلززایی و ذخایر مس-طلا نشانگررخداد 20 معدن فعال روباز مس درشیلی

ارزیابی معدن

ارزیابی معدن در موارد ذیل انجام می شود:

- در هنگام تغییر مالکیت معدن
- پرداخت مالیات دولتی
- دریافت وام بانکی و بهبود وضع مالی معدن
- تغییر سیستم معدنکاری
- بررسی امکان راه اندازی مجدد معدن
- بررسی میزان اشتغالزایی آن در جامعه

انواع ارزیابی معدنی

1. ارزیابی مقدماتی
2. ارزیابی رسمی

© Hajalilou, B., & Khaleghi, F., Payame Noor University of Tabriz, 2006.

ارزیابی اولیه

بررسی معدن یا پتانسیل معدنی از نظرویژگیهای کلی واهمیت اقتصادی آن در منطقه که شامل مراحل کنترل نقاط مهم، برداشت مختصر زمین شناسی ، نقشه برداری مقدماتی، مطالعه روشهای معدنکاری انجام شده، برآورد هزینه ها و تخمینی از نحوه مدیریت است.

ارزیابی رسمی

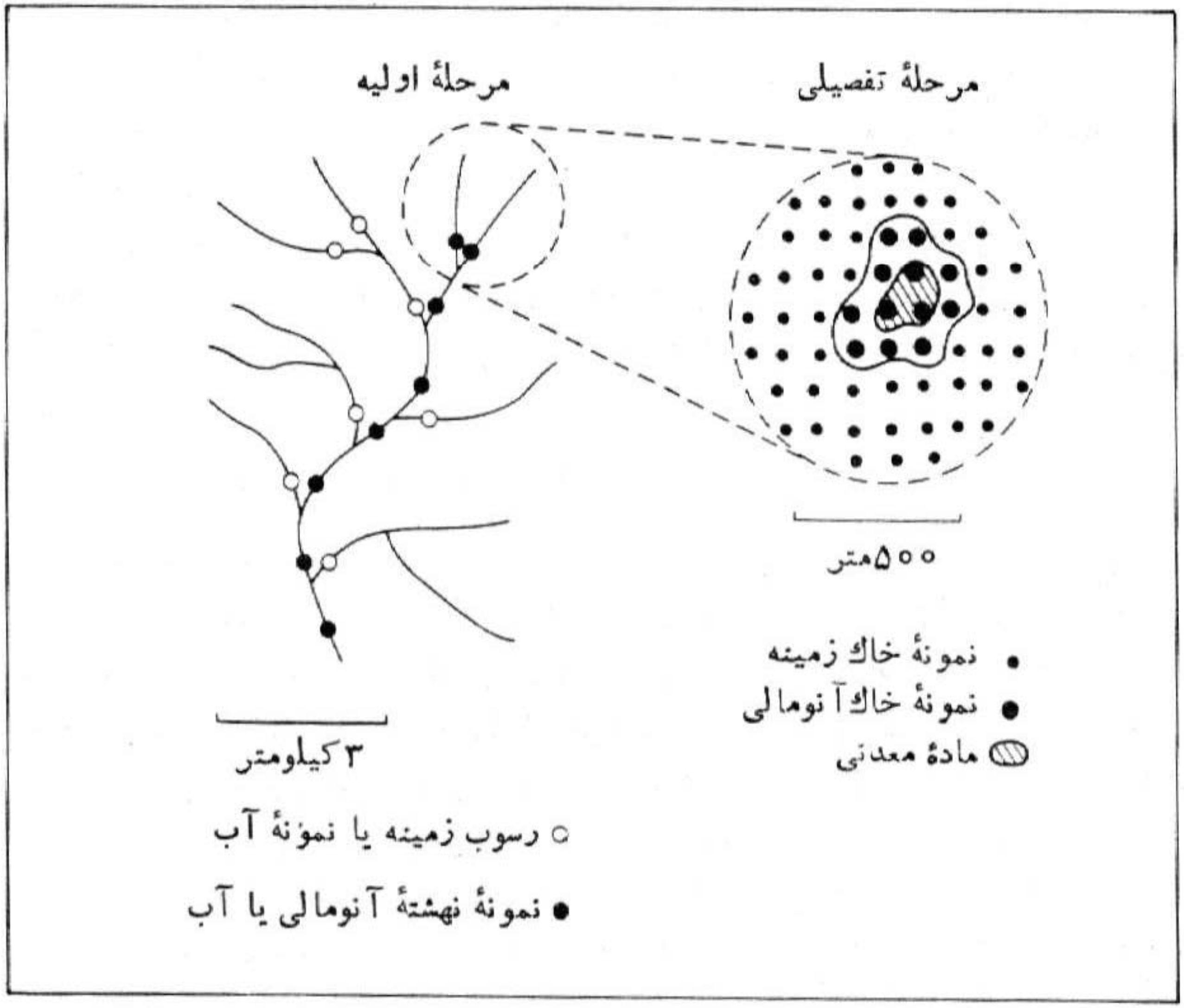
بررسی تفسیری ذخیره معدنی به منظور تهیه تمام اطلاعات درباره معدن و آینده آن که بسیار طولانی و پرهزینه بوده و در صورتی باید اجرا شود که ضرورت آن در ارزیابی مقدماتی مشخص شده باشد.

پی جویی ذخایر معدنی

- اجرای عملیات زمین شناسی که یافتن پتانسیل های بالقوه از کانی های باارزش را در پی دارد.
- عملیات پی جویی لزوماً به یافتن ذخیره منجر نمی شود.

اکتشاف

چنانچه پی جویی های انجام شده در منطقه حضور ماده معدنی را تأیید کند و ضرورت انجام بررسیهای لازم برای تعیین اهمیت صنعتی و صرفه اقتصادی یک پتانسیل معدنی اثبات گردد، عملیات اکتشاف در مراحل مقدماتی، نیمه تفصیلی و تفصیلی انجام خواهد شد.


مرحلهٔ اولیه
مرحلهٔ تفصیلی
۵۰۰متر
• نمونهٔ خاک زمینه
● نمونهٔ خاک آنومالی
▨ مادهٔ معدنی
۳ کیلومتر
○ رسوب زمینه یا نمونهٔ آب
● نمونهٔ نهشتهٔ آنومالی یا آب

شکل اکتشاف اولیه با استفاده از رسوب رودخانه‌ای یا با استفاده از اکتشاف تفصیلی.

راهنماها و معیارهای پی جویی

1)آب و هوایی

2) چینه شناسی

3) سنگ شناسی و رخساره ای

4) زمین ساختی

5) ماگمایی

6) ژئوشیمیایی

7) ژئومورفولوژی

8) ژئوفیزیکی

9) متفرقه

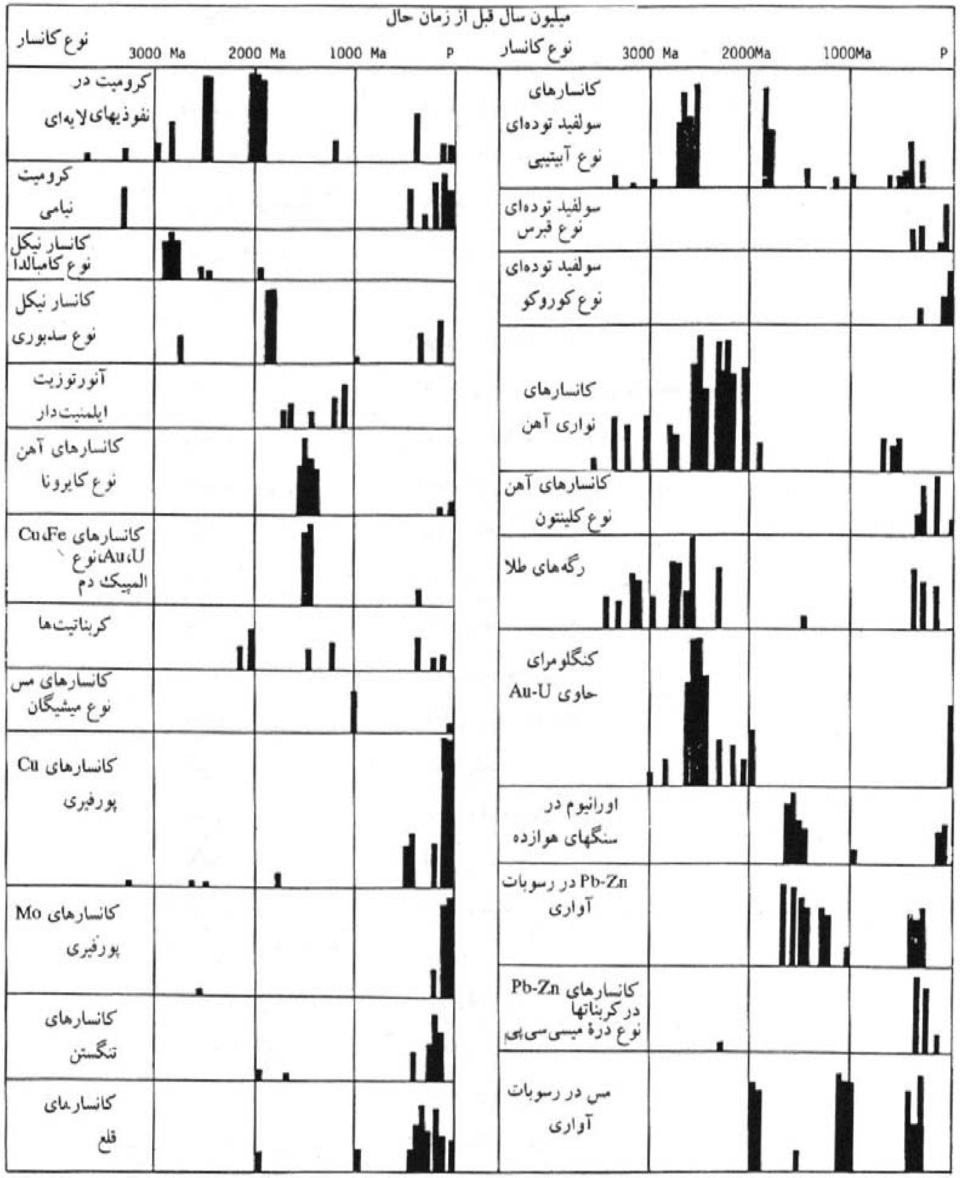
معیارهای آب و هوائی

- این نوع معیار در مورد کانسارهای رسوبی اهمیت دارد.

1) در شرایط گرم و خشک ← کانسارهای تبخیری، دولومیت، سرب و روی رسوبی، ماسه سنگهای مس دار

2) در شرایط گرم و مرطوب ← ذخایر زغال سنگ، بوکسیت، کائولن، پلاسر طلا، تیتان، الماس، آهن و منگنز

معیارهای چینه شناسی



- برخی از کانسارها در طبقات رسوبی با سن خاصی متمرکز هستند.
- مثلاً ذخایر زغالی در دونین، کربونیفر و تریاس - ژوراسیک

و شیلهای نفتی در سیلورین زیرین یافت می شوند.

- ذخایر آهن نواری (ژاسپیلایت) در پرکامبرین گسترش دارند.

راهنمای سنگ شناسی و رخساره ای

- ✓ذخایر معدنی با ترکیب شیمیایی و سنگ شناسی خاص همراه هستند.
- ✓این معیار درمورد پی جویی ذخایر آهن، افقهای منگنزدار، سیلیس رسوبی، بوکسیت و فسفریت کاربرد دارد.
- ✓مثلاً کانسنگهای آلومینیوم به صورت ورقه ای روی توده های گرانیتی و سینیتی و به حالت عدسی شکل در بازالتها و دیابازها یافت می شود.
- ✓نیکل به صورت لایه پوشاننده سطح سنگهای فرابازی و فلوریت و باریت همراه با سریهای کربناته دیده می شود.

راهنمای زمین ساختی

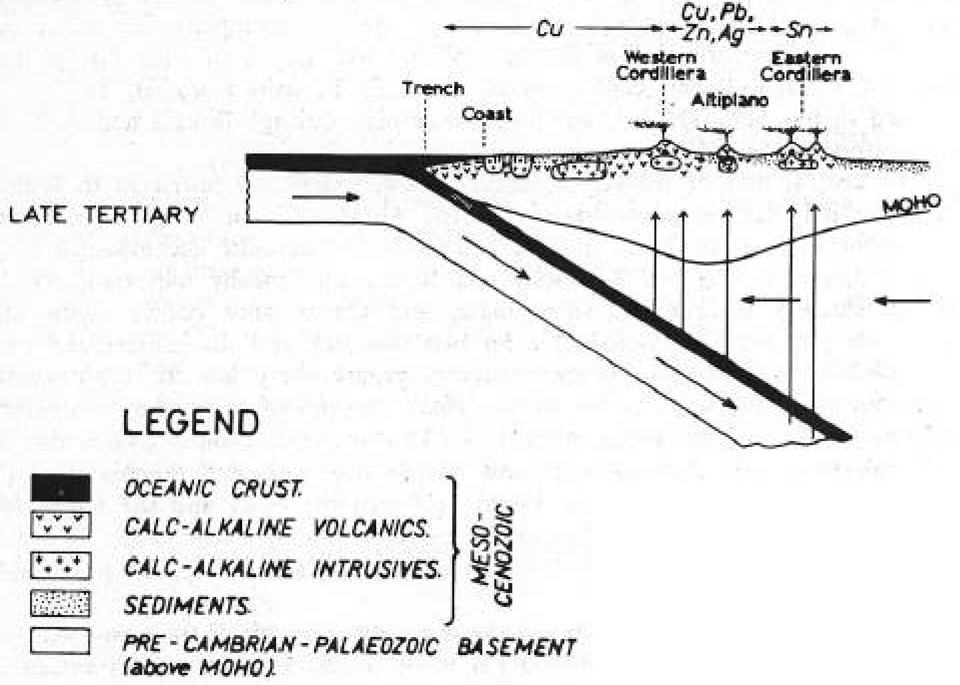
- توزیع ذخایر معدنی در موقعیت های زمین ساختی خاصی رخ می دهد؛ بنابراین در پی جویی کانسارها بایستی به ارتباط بین تکتونیک و مکان تمرکز مواد معدنی توجه گردد.
- مثلاً در کمربند آلپ - هیمالیا کانسارهای مس انتشاری، سرب و روی، سولفیدی توده ای و ذخایر همراه با توده های فرابازی یافت می شوند.

راهنمای ماگمایی

- ذخایر معدنی با ترکیب ماگمایی خاصی همراه هستند که شامل موارد ذیل است:
- ذخایر کروم، مس ـ نیکل، تیتان، وانادیوم، تالک و آزبست همراه با توده های نفوذی مافیک، بازی و فرابازی
- ذخایر مس پورفیری، مس ـ مولیبدن، قلع ـ تنگستن همراه با توده های نفوذی گرانیتی
- کانسارهای اورانیوم همراه با توده های نفوذی گرانیت آلکالن(تیپ آلاسکایت)

How the Copper deposits form.

Andean mineral belts reflect different depths to subduction zone (note Cu-belt


Cu
Cu, Pb, Zn, Ag
Sn
Western Cordillera
Eastern Cordillera
Trench
Altiplano
Coast
MOHO
LATE TERTIARY
LEGEND
OCEANIC CRUST.
CALC-ALKALINE VOLCANICS.
CALC-ALKALINE INTRUSIVES.
SEDIMENTS.
MESO-CENOZOIC
PRE-CAMBRIAN-PALAEOZOIC BASEMENT (above MOHO).

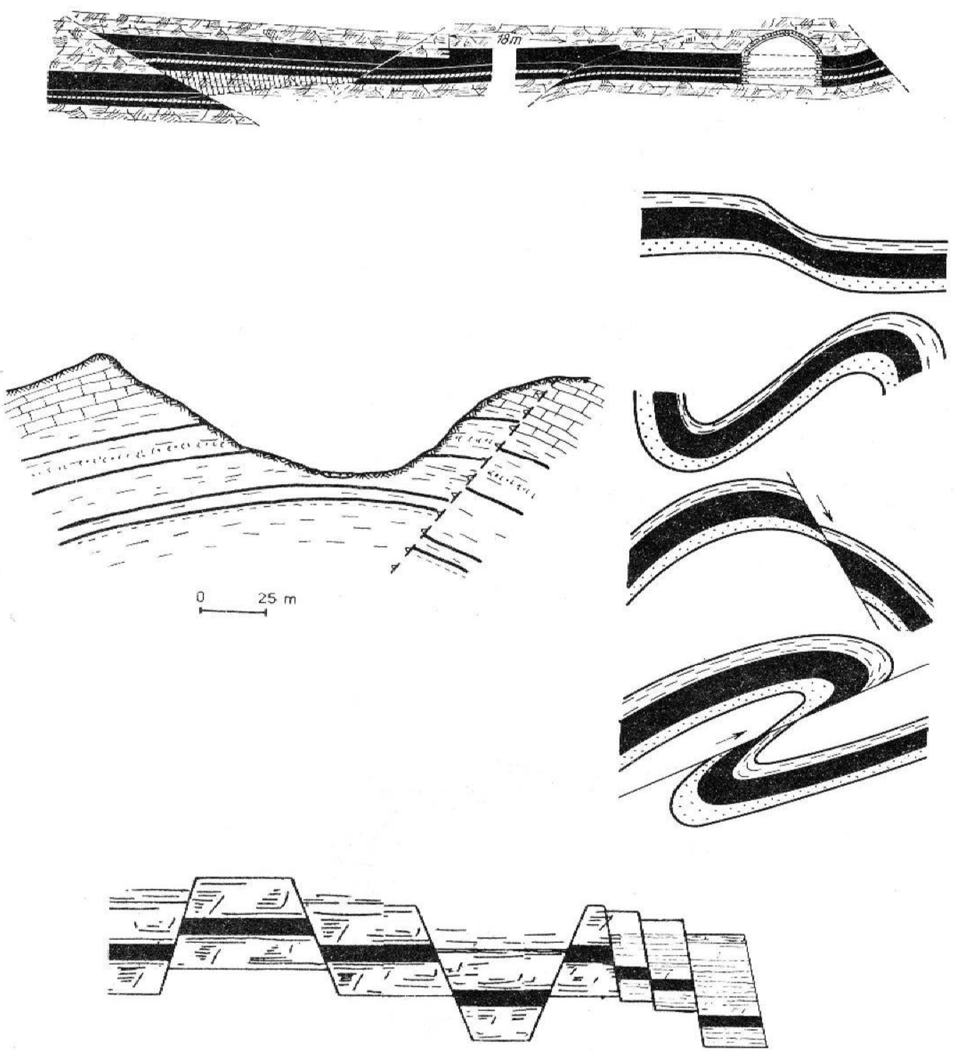
Sillitoe 1976

راهنمای ژئوشیمیایی

- پی جویی ذخایر معدنی از طریق بررسی الگوهای ژئوشیمیایی(رفتار عناصر در پوسته زمین) نیز انجام می شود.
- اگرهاله های ژئوشیمیایی اولیه در اطراف توده های معدنی به اندازه کافی گسترش داشته باشند، راهنمای باارزشی برای پی جویی خواهندبود.
- مطالعه پراکندگی ثانویه آثار کانی سازی در خاک، رسوبات، پوشش گیاهی وآبهای موجود در منطقه معدنی نیز در پیدا کردن ذخیره معدنی کاربرد دارد.

معیار ژئومورفولوژی

- در غالب موارد توده معدنی وضع توپوگرافی خاصی دارد.
- استفاده ازعکس هوایی، تصاویر ماهواره ای، نقشه های توپوگرافی، جستجوی مورفولوژی شاخص در سطح زمین و کلاهک آهنی به عنوان نشانه های مرتبط با حضور ماده معدنی در عمق مفید می باشد.
- ذخایر معدنی برمبنای توپوگرافی سطح به دو گروه شامل برونزاد و درونزاد تقسیم می شوند.

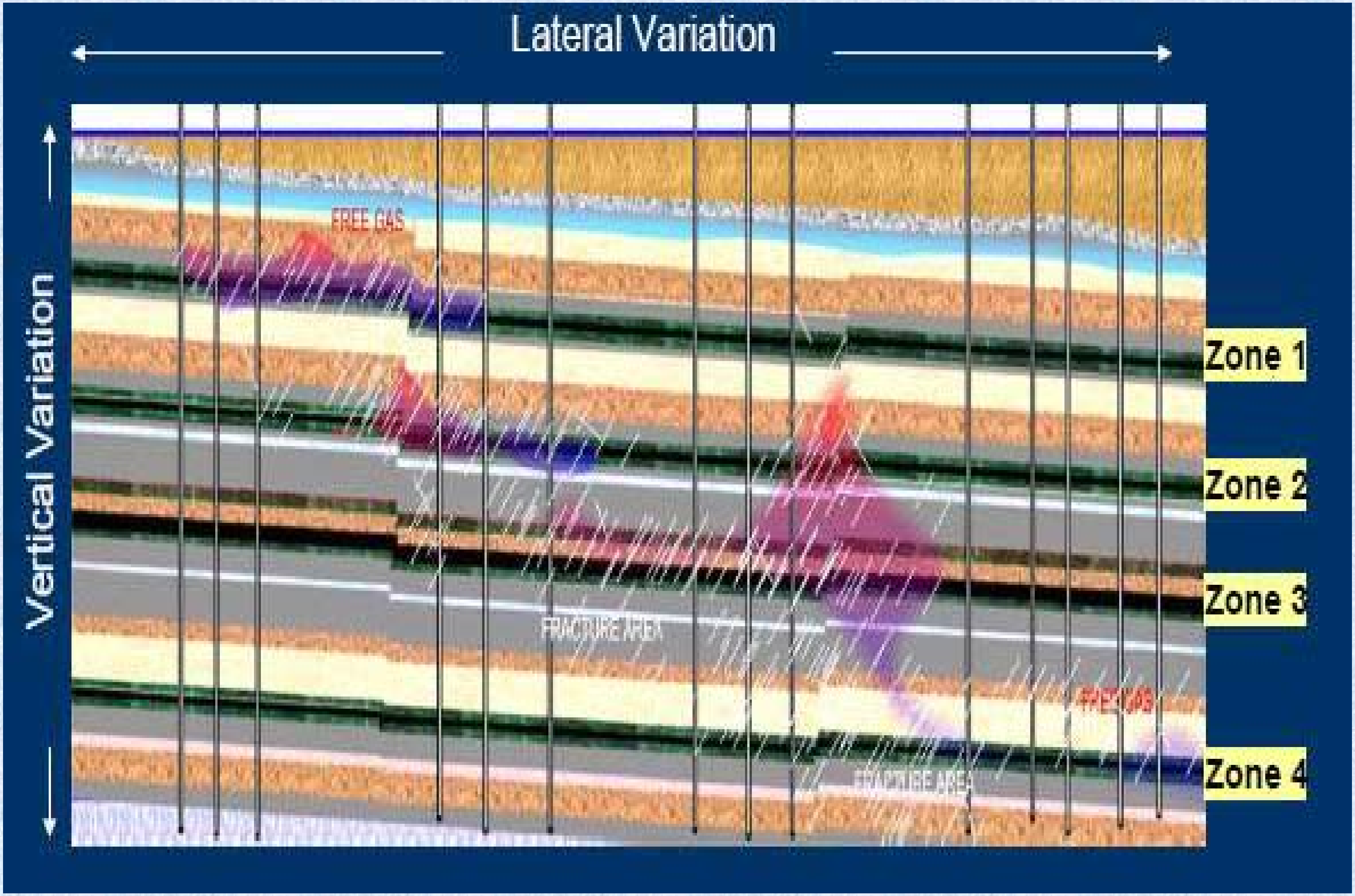


مثالهایی از کانسارهای لایه‌ای شکل

معیار های ژئوفیزیکی

- داده های ژئوفیزیکی می تواند شرایط غیرعادی در منطقه را مشخص کند. البته آنومالی های ژئوفیزیکی مشاهده شده ممکن است ظاهری بوده و حاکی از وجود توده معدنی خاصی در منطقه نباشد.
- داده های ژئوفیزیکی برای تفسیرهای زمین شناسی در زمینه تشخیص نوع سنگ، ساختمان، توالی چینه شناسی و کانی شناسی مورد استفاده قرار می گیرد.

© Hajalilou, B., & Khaleghi, F., Payame Noor University of Tabriz, 2006.

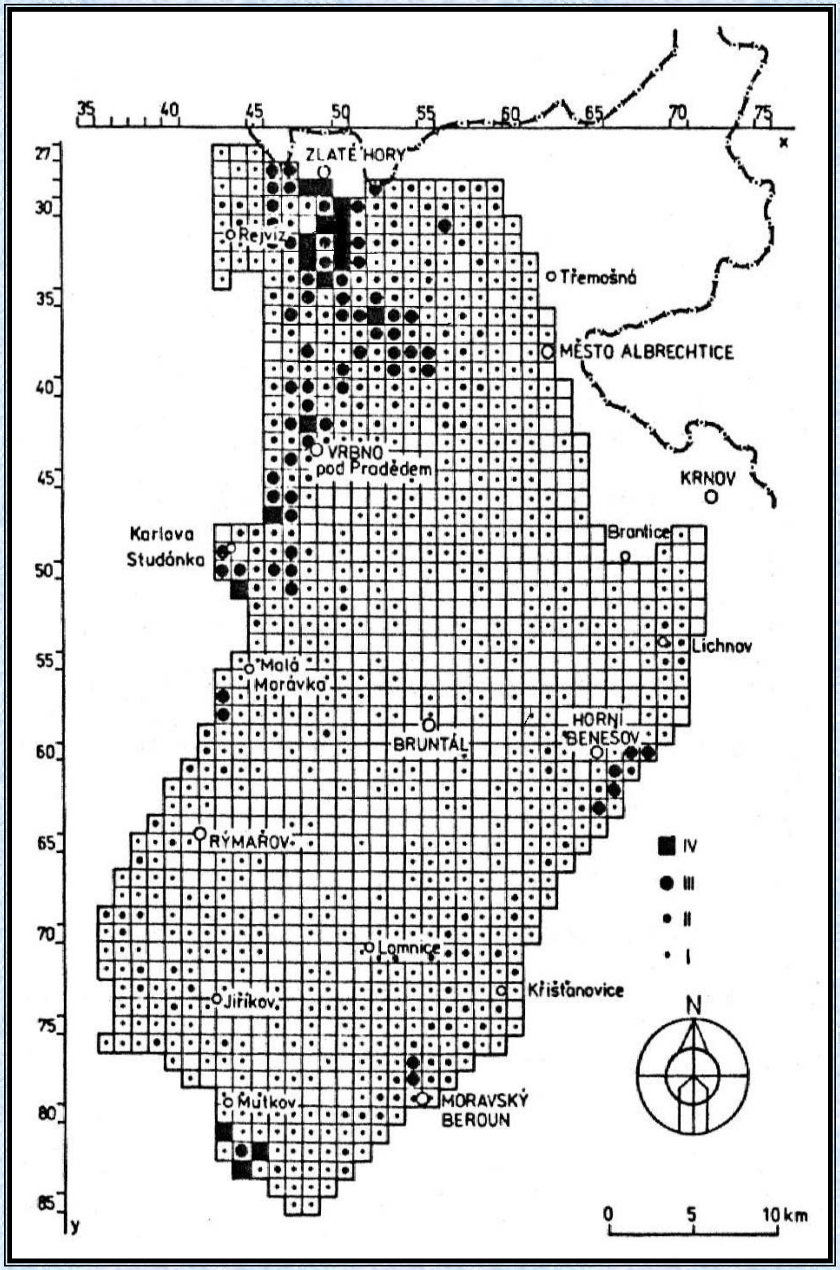

Lateral Variation
Vertical Variation
FREE GAS
Zone 1
Zone 2
Zone 3
FRACTURE AREA
FREE GAS
Zone 4
FRACTURE AREA

معیارهای متفرقه

- آثار کوره های قدیمی، سرباره، باطله های دور ریخته شده و ابزارهای قدیمی احتمال وجود مناطقی مناسب برای پی جوئی را قوت می بخشد.
- اسامی مکانهایی که ریشه ای قدیمی دارند، می تواند دلیلی بر تمرکز ماده معدنی خاص باشد. این ماده معدنی رنگ یا مشخصه ای معین را به منطقه می دهد.
- مثالها: قلعه زری(مس و طلا)، زره شوران(طلا)، تالمسی(تمرکز مس و نیکل)، کوه زر(مس و طلا)

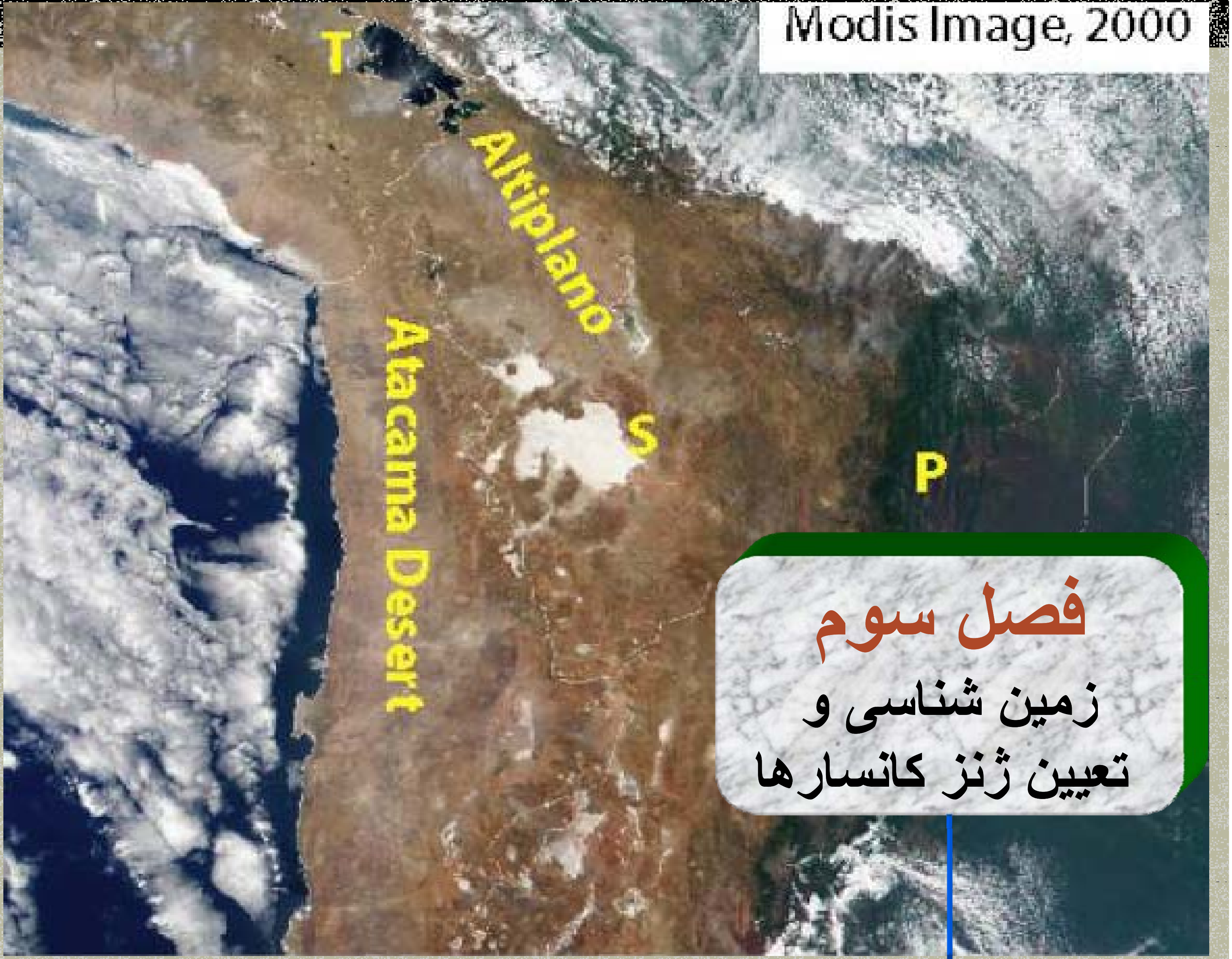
نقشه های پیش داوری Prognostic Maps

- پیش داوری اولین مرحله ازمراحل اکتشافی است که در آن اطلاعات مطالعه وارزیابی می گردد. در این مرحله کلیه اطلاعات شامل زمین شناسی، ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی، ماهواره ای، تکتونیکی، متفرقه و غیره تلفیق می شود.
- پس از تلفیق داده ها، هدف اکتشافی و منطقه دارای پتانسیل بالقوه احتمالی تعیین می گردد.
- ارزیابی اولیه پتانسیل براساس مقایسه معیارهای زمین شناسی حاکم بر منطقه با کانسارهای مشابه صورت می گیرد.


35
40
45
50
55
60
65
70
75
x
27
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
y
ZLATÉ HORY
Rejvíz
Třemošná
MĚSTO ALBRECHTICE
VRBNO pod Pradědem
KRNOV
Karlova Studánka
Brantice
Lichnov
Malá Morávka
BRUNTÁL
HORNÍ BENEŠOV
RÝMAROV
Lomnice
Křišťanovice
Jiříkov
Mutkov
MORAVSKÝ BEROUN
IV
III
II
I
N
0
5
10 km

روش ارزشگذاری و تهیه نقشه پیش داوری

- ابتدا بر اساس مقیاس مطالعه، محدوده مشخص شده و به چهارگوشهایی متناسب تقسیم می گردد. از آنجا که برای کانسارهای مختلف، معیارها متغیر است، بنابراین برای هر مورد معیار خاصی ملاک امتیاز دهی قرار می گیرد. مثلاً در اکتشاف کرومیت امتیاز بسیار بالایی برای سنگهای پریدوتیتی منظور می شود؛ درحالی که همین سری سنگها برای اکتشاف اورانیوم فاقد ارزش می باشد.
- مجموع امتیازهای هر چهارگوش، مناطق دارای اولویت را معین می سازد.


Modis Image, 2000
T
Altiplano
Atacama Desert
S
P

فصل سوم

زمین شناسی و
تعیین ژنز کانسارها

3-1- مقدمه

- از آنجا که منظور از ارزیابی لزوماً بررسی مراحل استخراج محصول و عرضه آن به بازار است لذا مواردی مانند اندازه، شکل، شرایط، عیار و ذخیره، روش استخراج و کانه آرایی که عمدتاً در محدوده زمین شناسی قرار می گیرند، بایستی مطالعه شود.
- بنابراین ارزیاب کانسار بایستی با شرایط زمین شناسی مناسب برای پی جویی، ژنز احتمالی کانسار، روشهای پی جویی و اکتشاف مواد معدنی، نحوه نمونه برداری و محاسبات مربوطه آشنایی کافی داشته باشد.

4-3- ژنز کانسارها

حاصل از فرایندهای درونی

- حاصل از تبلور مستقیم ماگما
- حاصل ازجدایش ماگما
- کانسارهای گرمابی
- حاصل از تراوش جانبی
- حاصل از فرایندهای دگرگونی

حاصل از فرایندهای بیرونی

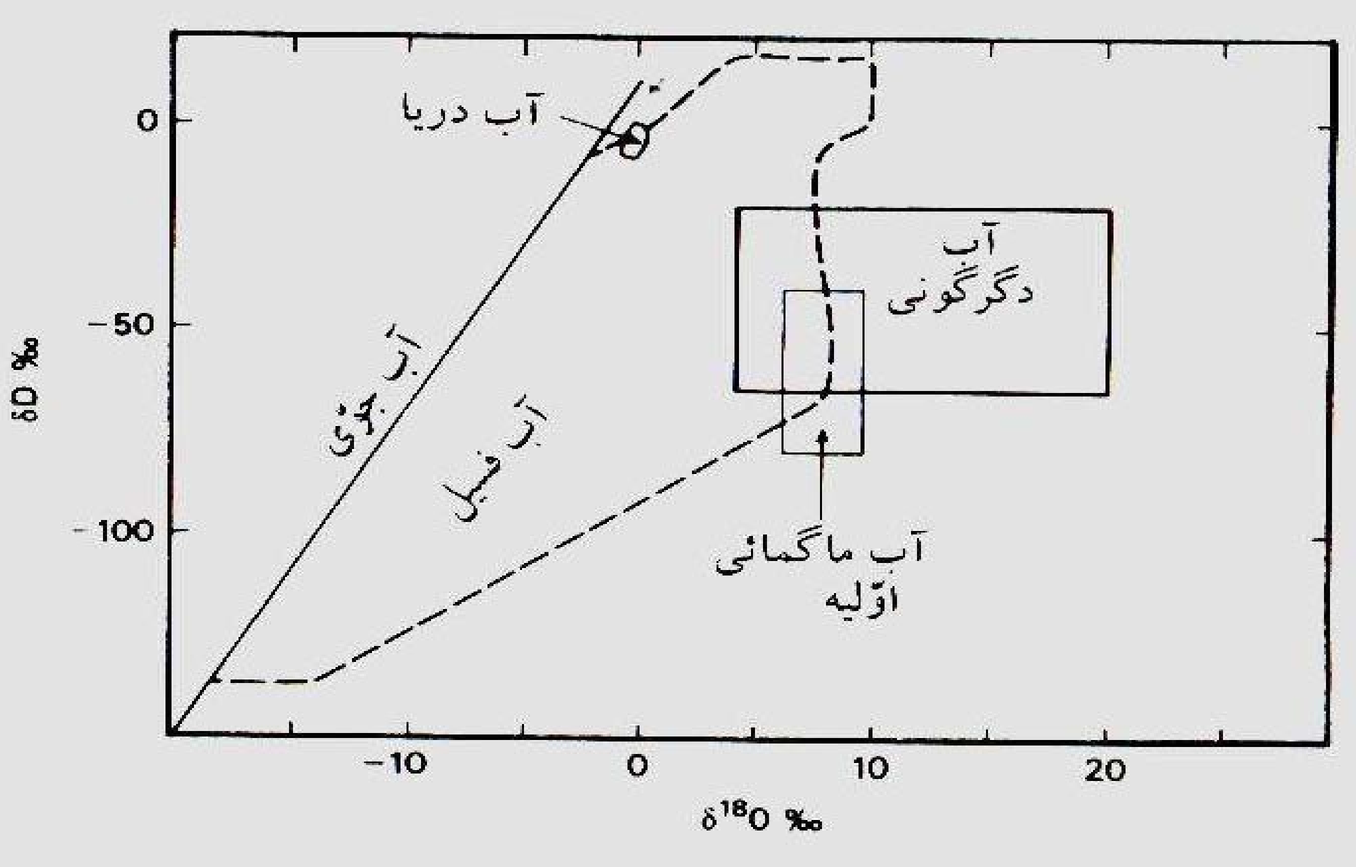
- حاصل از تمرکزمکانیکی
- حاصل از فرایندهای رسوبی
- کانسارهای برجای مانده
- حاصل از فرایندهای غنی سازی برونزاد
- حاصل از فعالیت سیالات آتشفشانی ـ متصاعدی

بررسی ژنز کانسارها

برای پی بردن به نحوه تشکیل کانسار موارد ذیل مورد بررسی قرار می گیرد:

- منشأ سیالات مولد کانسار
- منشأ اجزاء تشکیل دهنده کانسار
- ماهیت مواد معدنی در سیالات کانسارساز
- مهاجرت سیالات کانسارساز
- تجمع مواد معدنی و تشکیل کانسار

منشأ سیالات کانسارساز



- أ- سیالات ماگمایی
- ب- آبهای جوی
- ج- سیالات گرمابی
- د- آبهای اقیانوسی
- ه- آبهای فسیلی
- و- آبهای دگرگونی

عوامل ته نشینی مواد معدنی و تشکیل کانسار

أ- نیروی ثقل مثل نهشت کرومیت و ته نشینی ثقلی طلا
ب- واکنش محلول حاوی ماده معدنی با سنگ میزبان وتغییرات pH ناشی از آن
ج- کاهش درجه حرارت
د- کاهش فشار
ه- کاهش سرعت محلول کانسارساز
و- مخلوط شدن محلولهای کانسارساز با محلولی دیگر

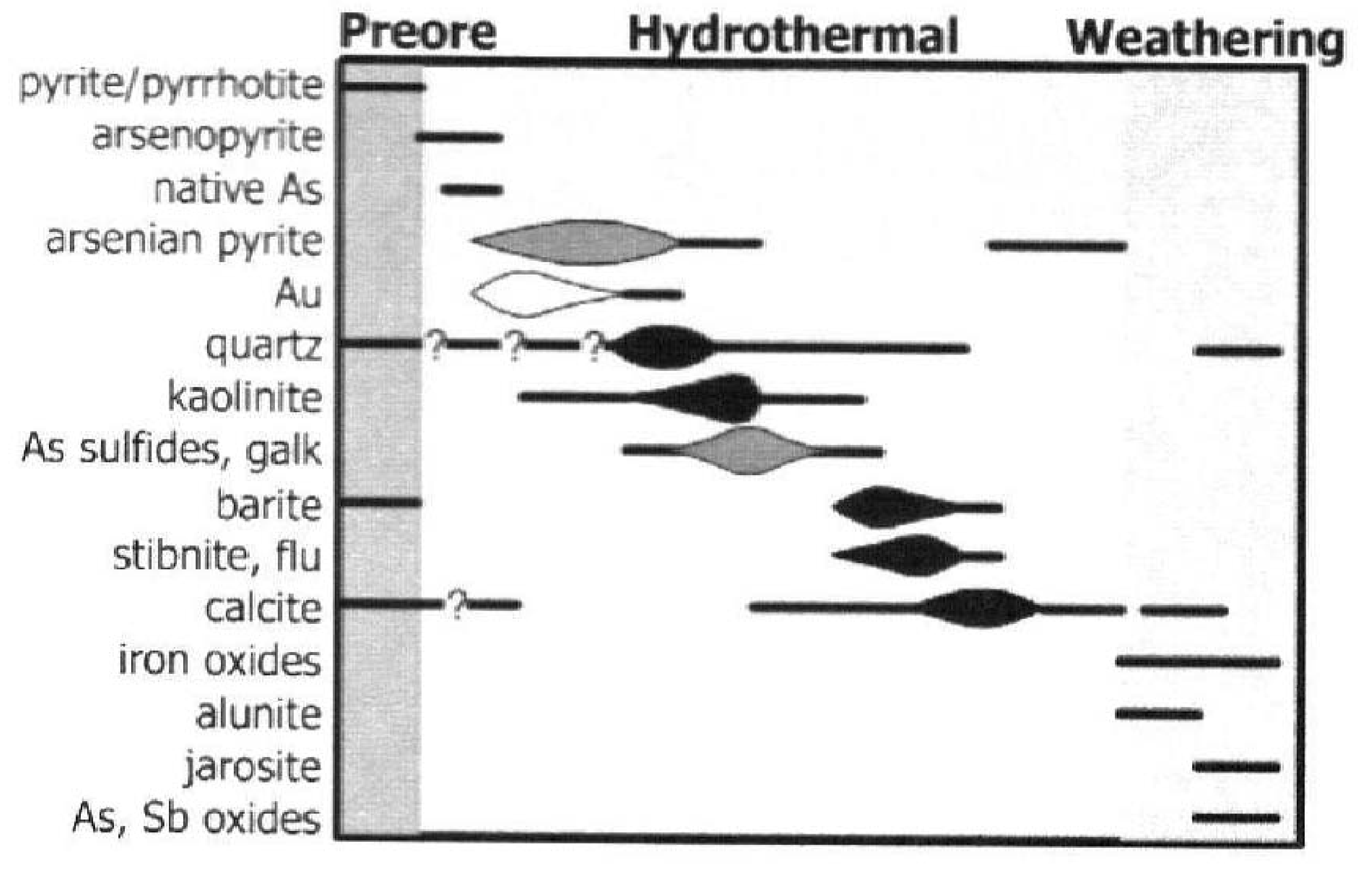
3-5- پاراژنز

✓پاراژنز(همزادی): مجموعه ای از کانیها که در تعادل با یکدیگر یافت می شوند. مثل پاراژنز نیکل، کروم، مس، پلاتین

✓بطور کلی توالی نهشته شدن کانه ها به ترتیب زیر است:

- اکسیدها؛
- سولفیدها و آرسنیدهای آهن، نیکل، کبالت و مولیبدن؛
- سولفیدهای روی، سرب، نقره، آهن – مس؛
- نمکهای سولفیدی کبالت، سرب، نقره؛
- تلوریدها، استیبنیت و سینابر.

- توالی پاراژنزی براساس روابط زمانی [illegible] کانسنگ و بر اساس مطالعه مقاطع نازک و صیقلی کانسنگ تعیین می گردد. نمونه ای از توالی پاراژنزی برای یکی از ذخایر طلای اپی ترمال آورده شده است.



3-6- ساخت منطقه ای

- ✓ساخت منطقه ای: به توالی نهشته شدن مکانی کانیها یا مجموعه های کانیایی یا عنصری گفته می شود. پس ممکن است در مقیاس توده معدنی منفرد، در یک ناحیه معدنی و یا در منطقه وسیع حادث گردد.
- ✓در بسیاری از ذخایر گرمابی، ساخت منطقه ای بصورت کامل یا بخشی از سری کانیها مشاهده می شود و معمولاً سولفیدهای اولیه در بخش میانی یا عمقی تر متمرکزند.

نتیجه گیری

- با اطلاع از راهنماها و معیارهای پی جویی ومطالعه پاراژنز و ساخت منطقه ای می توان مکانهای مناسبی را در نواحی معدنی برای پی جویی انتخاب کرد و با اطلاعات مقدماتی، مناطقی را که جنبه مثبت بیشتری داشته باشند، برگزید.

فصل چهارم

اطلاعات لازم برای ارزیابی

3 km long, 1.5 km wide, 650 m deep

4-1- مقدمه

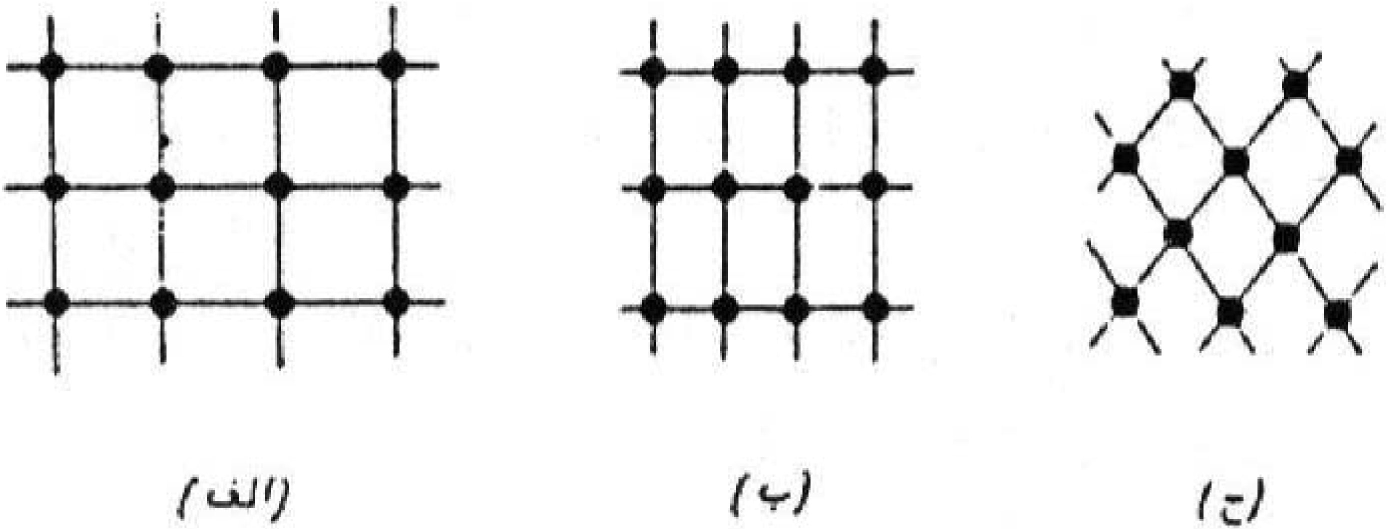
- پس از اتمام مطالعات پی جوئی و یافتن محل کانسار، باید اطلاعات لازم برای ارزیابی آنرا فراهم ساخت.
- این عملیات شامل تهیه نقشه زمین شناسی بزرگ مقیاس، حفریات اکتشافی، برداشت حفریات و نمونه برداری از آنها، تهیه مقاطع اکتشافی و سرانجام محاسبه ذخیره است.

4-2- طرح شبکه اکتشاف

- حفاری اکتشافی محدود و پرهزینه بوده و بایستی به نحوی انتخاب شود که حداکثر اطلاعات بدست آید.
- حفریات اکتشافی باید در تمام سطح کانسار به طور یکنواخت گسترش یابد. نحوه قرار گرفتن کارهای اکتشافی را شبکه اکتشاف می نامیم.
- تعدادی کاراکتشافی در طول فصل مشترک صفحه مقطع با سطح زمین که به نام نیمرخ های اکتشافی خوانده می شوند، عمود بر جهت گسترش کانسار توجیه می گردد.

4-2-1- انواع شبکه اکتشاف

- در مورد کانسارهایی که دارای شیب و امتداد مشخصی نیستند(مثل لایه های افقی یا توده های با بعد مساوی)، شبکه اکتشاف به طور منظم در نظر گرفته می شود.
- در مورد سایر کانسارها، حفریات اکتشافی در طول خطوطی که عمود بر امتداد ساختارهای زمین شناسی توجیه شده اند، احداث می گردد.



(الف) (ب) (ج)

شکل4-1- انواع شبکه اکتشاف، الف)مربع شکل، ب)مستطیل و ج) لوزی شکل

کاربرد هر یک از شبکه های اکتشافی

- شبکه اکتشاف مربعی شکل که از دو دسته نیمرخ های عمود بر هم تشکیل شده، در مراحل ابتدایی برای اکتشاف کانسارهای تقریباً صفحه ای شکل افقی و رگه های مرکب متجانس مفید است.
- شبکه مستطیل در مورد کانسارهایی که در دو امتداد اصلی تغییرات متفاوتی دارند، مناسب تر است و در این حالت، ضلع طویل مستطیل، در امتدادی که دارای کمترین تغییرات است و ضلع کوتاه، در امتداد با تغییرات زیادتر توجیه می شود.

ادامه

- شبکه لوزی شکل معمولاً برای کانسارهائی که حدوسط دو حالت متجانس و غیر متجانس اند، مناسب است. این نوع شبکه، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می باشد زیرا در آن نسبت به شبکه مربع، کار اکتشافی کمتری(با همان فاصله) نیاز است.
- کارهای اکتشافی همواره بایستی در امتداد نیمرخ های معینی توجیه شوند تا مقاطع دقیقتری تهیه گردد و حتی در مراحل بعدی (حفریات عمیق) نیز قابل استفاده باشد.

4-2-2- چگالی شبکه اکتشاف

- در مراحل مقدماتی، فاصله کارهای اکتشافی از هم زیاد و تعداد آنها کم است؛ با این حال تمامی منطقه را می پوشاند. به تدریج که اکتشاف وارد مرحله تفصیلی می شود، تعداد کارهای اکتشافی زیادتر و چگالی اکتشاف انبوه تر می شود.
- طبق تعریف، مساحت کانسار به ازای واحد کار اکتشافی که ماده معدنی را قطع کرده باشد، به چگالی شبکه اکتشاف(S) موسوم است.

$$S_0 = \frac{s}{n}$$

3-2-4- توسعه شبکه اکتشاف

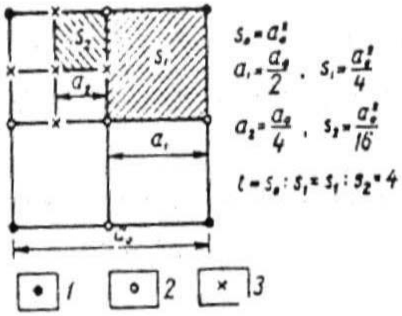
- به منظور بدست آوردن اطلاعات دقیقتر در مراحل بعدی اکتشاف، بایستی کارهای اکتشافی جدیدی در بین کارهای قبلی حفر کرد که این عمل را توسعه شبکه اکتشاف(Thickening)می گویند.

روشهای توسعه شبکه اکتشاف

أ- نصف کردن فاصله بین نیمرخهای اکتشافی موجود: کارهای اکتشافی جدید به فاصله مساوی از نیمرخهای موجود حفر می شود(شکل4-2).

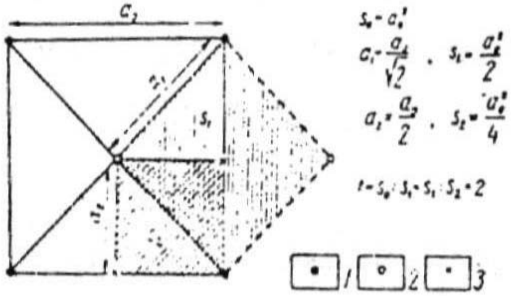
ب- روش پوش: بعد از حفر اولین کارهای اکتشافی در امتداد نیمرخهای اولیه، با وصل کارهای اکتشافی به هم، چهارضلعی هایی بدست می آورند و به ضلع نیم قطر اینها، چهارضلعی جدیدی می سازند(شکل4-3).

ج- تبدیل یک شبکه به انواع دیگر(شکل4-4)


$s_0 = a_0^2$
$a_1 = \frac{a_0}{2}$, $s_1 = \frac{a_0^2}{4}$
$a_2 = \frac{a_0}{4}$, $s_2 = \frac{a_0^2}{16}$
$t = s_0 : s_1 = s_1 : s_2 = 4$
s_1
s_2
a_2
a_1
a_0
1
2
3

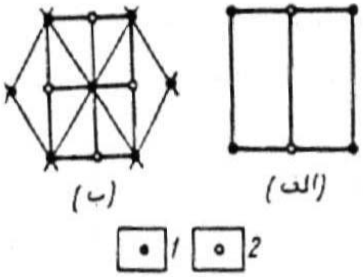
شکل ۴-۲- توسعه شبکه اکتشاف با نصف کردن فاصله بین کارهای اکتشافی موجو

شماره‌های ۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب کارهای اکتشافی مراحل اول، دوم و سوم را نشان می


a_0
$s_0 = a_0^2$
$a_1 = \frac{a_0}{\sqrt{2}}$, $s_1 = \frac{a_0^2}{2}$
$a_2 = \frac{a_0}{2}$, $s_2 = \frac{a_0^2}{4}$
$t = s_0 : s_1 = s_1 : s_2 = 2$
a_1
s_1
a_2
s_2
1
2
3

شکل ۴-۳- توسعه شبکه اکتشاف به روش پوش [۲]

شماره‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب کارهای اکتشافی مرحله اول و دوم را نشان می‌دهد



شکل ۴-۴- توسعه شبکه اکتشاف به روش تبدیل شبکه به انواع دیگر

3-4-انتخاب چگالی شبکه

- مهمترین عامل موثر در انتخاب چگالی شبکه، تغییرات خواص کانسار است و بدین ترتیب، هر چقدر شکل و خواص کیفی کانسار متغیرتر باشد، به شبکه انبوه تری احتیاج خواهد بود.
- انتخاب چگالی شبکه به ویژه در مرحله اکتشاف تفصیلی، از مهمترین مسائل مهندسی اکتشاف می باشد چون مواردی مانند انتخاب روش اکتشاف، سرمایه گذاری، انتخاب نوع وسائل، تعداد پرسنل و غیره به چگالی بستگی دارد.

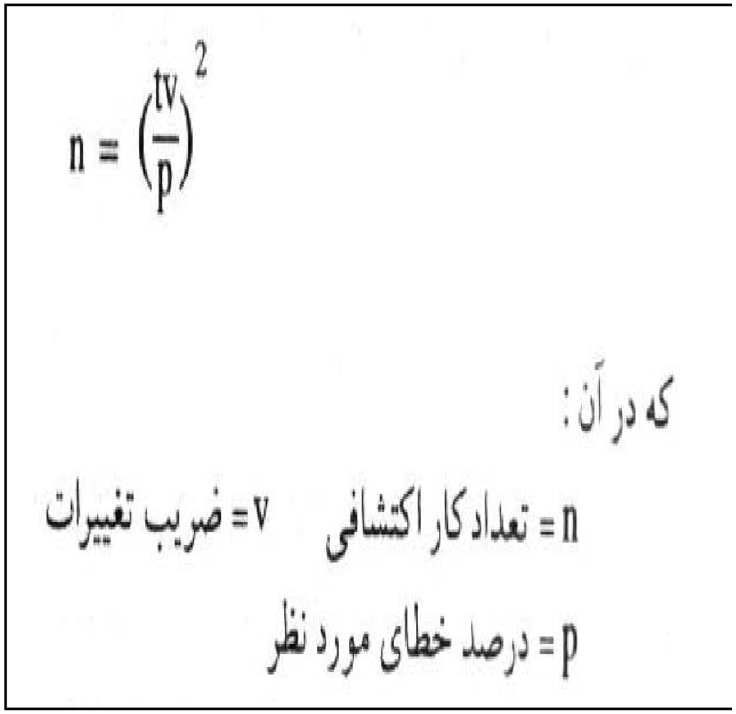
روشهای انتخاب چگالی شبکه

أ- طریقه تحلیلی: بیان ریاضی درجه تغییرات خواص کاسار(با ضریب تغییرات) است که طی آن، حجم کارهای اکتشافی لازم جهت اکتشاف کانسار مشخص می شود.

ب- روش سبک کردن: بر اساس مقایسه مقدار متوسط پارامترهای کانسار(عیار، ضخامت و..) که توسط شبکه هایی با چگالی مختلف محاسبه شده استوار است.

ج- روش مقایسه داده های اکتشافی و استخراجی

روش تحلیلی

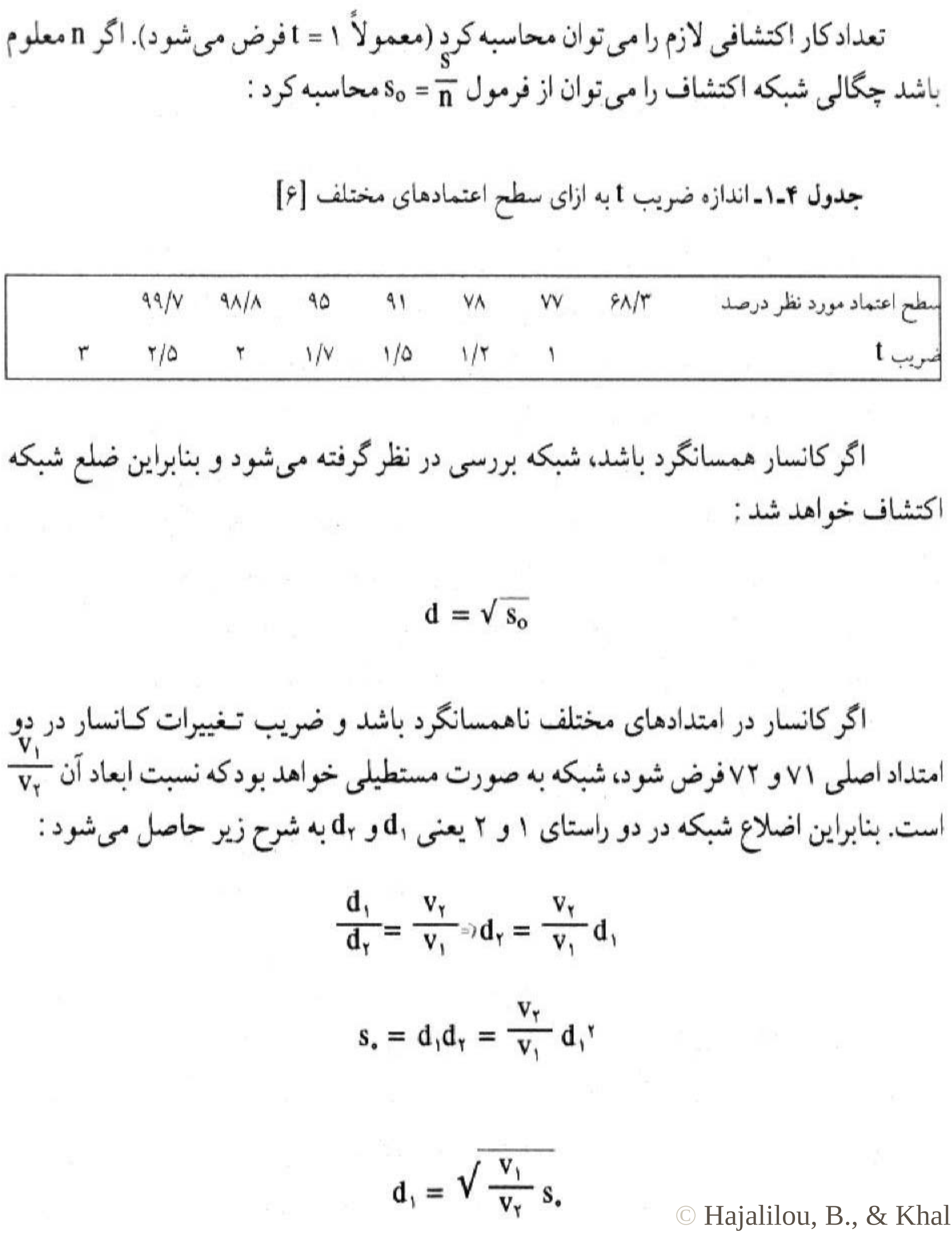


$$n = \left(\frac{tv}{p}\right)^2$$

که در آن :

n = تعداد کار اکتشافی   v = ضریب تغییرات

p = درصد خطای مورد نظر



تعداد کار اکتشافی لازم را می‌توان محاسبه کرد (معمولاً ۱ = t فرض می‌شود). اگر n معلوم باشد چگالی شبکه اکتشاف را می‌توان از فرمول $s_0 = \frac{s}{n}$ محاسبه کرد :

جدول ۴ـ۱ـ اندازه ضریب t به ازای سطح اعتمادهای مختلف [۶]

سطح اعتماد مورد نظر درصد	۶۸/۳	۷۷	۷۸	۹۱	۹۵	۹۸/۸	۹۹/۷	
ضریب t		۱	۱/۲	۱/۵	۱/۷	۲	۲/۵	۳

اگر کانسار همسانگرد باشد، شبکه بررسی در نظر گرفته می‌شود و بنابراین ضلع شبکه اکتشاف خواهد شد :

$$d = \sqrt{s_0}$$

اگر کانسار در امتدادهای مختلف ناهمسانگرد باشد و ضریب تغییرات کانسار در دو امتداد اصلی ۷۱ و ۷۲ فرض شود، شبکه به صورت مستطیلی خواهد بود که نسبت ابعاد آن $\frac{v_1}{v_2}$ است. بنابراین اضلاع شبکه در دو راستای ۱ و ۲ یعنی d_1 و d_2 به شرح زیر حاصل می‌شود :

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow d_2 = \frac{v_2}{v_1} d_1$$

$$s_0 = d_1 d_2 = \frac{v_2}{v_1} d_1^2$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{v_1}{v_2} s_0}$$

روش سبک کردن

- معمولاً ذخیره کانسار و سایر مشخصات آن در ابتدا با استفاده از تمام کارهای اکتشافی موجود و انبوه ترین شبکه ممکن محاسبه می شود، سپس این محاسبه با استفاده از نصف کارهای اکتشافی (ترجیحاً یک در میان) و آنگاه برای $^{1}/_{3}$ و $^{1}/_{4}$ و... کارهای اکتشافی انجام می شود. بدین ترتیب برای کارهای اکتشافی موجود، چندین محاسبه و با استفاده از شبکه هایی که چگالی واحدی دارند، انجام می گیرد.

مقایسه اطلاعات اکتشافی و استخراجی

- در عملیات معدنکاری عمیق می توان از اطلاعات حاصله از طبقات بالائی معدن، برای اکتشاف و تعیین چگالی مناسب در طبقات زیرین استفاده کرد. بدیهی است، اطلاعات مرحله استخراج یک کانسار را می توان در اکتشاف کانسارهای مشابه بکار برد.
- اشکال اساسی این روش وجود خطاهای زیاد در هنگام مطالعه کانسارهای گرمابی، مواد کمیاب و گرانبها است.

4-4- اکتشافات سطحی

- مقصود از اکتشافات سطحی، عملیاتی است که در سطح زمین و یا اعماق کم انجام می شود و هدف آن کسب اطلاعاتی از وضعیت سطحی ماده معدنی و سنگهای اطراف آن است.
- این مرحله شامل تهیه نقشه های زمین شناسی بزرگ مقیاس، حفر ترانشه و چاهک است.

تهیه نقشه های زمین شناسی بزرگ مقیاس

أ- نقشه های تهیه شده در این مرحله مبنای تمام کارهای اکتشافی است و بنابراین بایستی دقت لازم در تهیه آنها بکار رود.

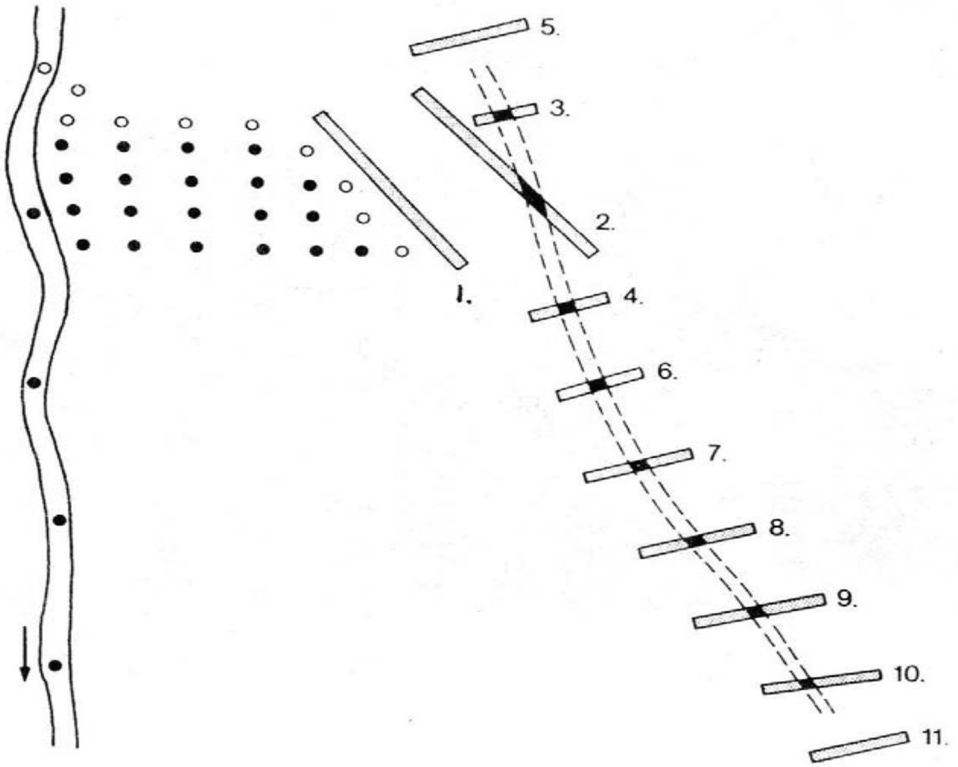
ب- انتخاب مقیاس نقشه به نوع ساختمان ماده معدنی بستگی دارد. در ذخایر زغال سنگ، مقیاس 1:5000 و در مواد معدنی فلزی (حاوی تغییرات زیاد) از مقیاس بزرگتر استفاده می شود.

ترانشه

- به منظور تعیین کمیت و کیفیت ماده معدنی در زیر قشر هوازده، در جهت عمود بر گسترش ماده معدنی گودالی حفر می شود که به ترانشه معروف است.
- طول ترانشه تابع گسترش عرضی ماده معدنی است.
- عرض آن حدود 80 سانتیمتر (برای سهولت حفاری) منظور می شود.
- عمق آن تابع ضخامت خاکی است که روی ماده معدنی را پوشانده است.

انتخاب محل ترانشه

- در ابتدا که اطلاع دقیقی از وضعیت ماده معدنی در منطقه موجود نیست، ترانشه ها بطور یکنواخت در سراسر منطقه توزیع می شود. یعنی در روی هر نیمرخ اکتشافی از شبکه اولیه، یک ترانشه در نظر گرفته می شود. پس از ترانشه های مرحله اول و بدست آمدن اطلاعاتی در مورد وضعیت ماده معدنی، ترانشه های مراحل بعد در بین ترانشه های اولیه حفر می شود. اولین و آخرین ترانشه در بیرون از محدوده کانی سازی حفر می شود(شکل4-5).


5.
3.
2.
1.
4.
6.
7.
8.
9.
10.
11.

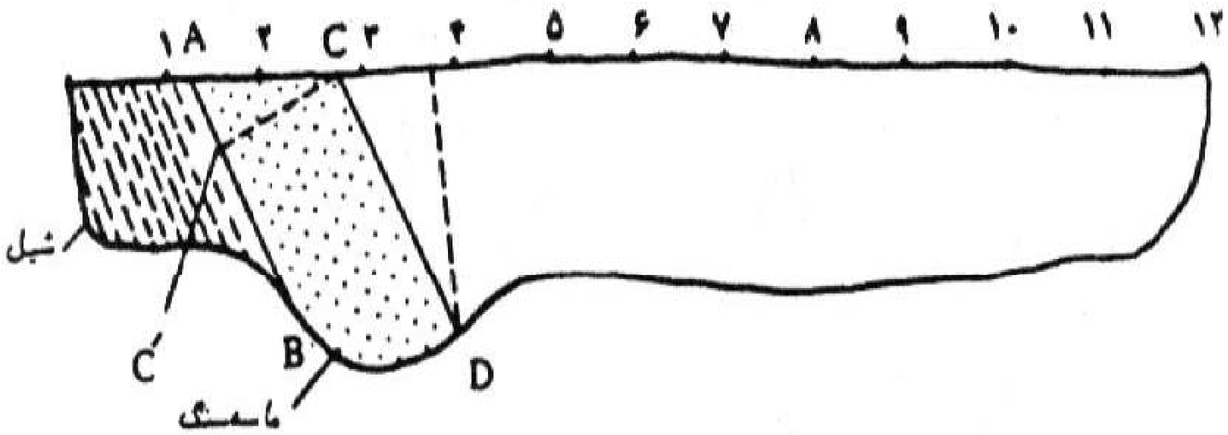
شکل 4 - 5 ترتیب ترانشه‌ای اکتشافی

حفر و برداشت ترانشه

- معمولاً به روش دستی یا در صورت وجود جاده دسترسی از طریق بیل های مکانیکی صورت می گیرد.
- هدف نهایی از حفر ترانشه، بدست آوردن اطلاعاتی درباره مشخصات ماده معدنی و سنگهای اطراف آن است. بنابراین پس از آماده شدن ترانشه، بایستی نقشه آنرا تهیه کرد و به اصطلاح آنرا برداشت نمود.
- ابتدا سطح مقطع ترانشه را با استفاده از متر فلزی و کمپاس رسم می کنند. پس از آن، در حالی که متر چند ده متری روی زمین و در بالای ترانشه پهن است، از یک سر ترانشه برداشت را شروع می کنند.

ادامه

- در مواردی که مواد معدنی لایه ای شکل است می توان با اندازه گیری شیب لایه ها در داخل ترانشه، آنها را رسم کرد.
- محل برخورد لایه به سطح زمین را روی متر قرائت می کنند و موقعیت کف آنرا نیز با انداختن یک سنگ ریزه از اطراف آن در روی متر، مشخص می سازند و بدین ترتیب با وصل دو نقطه بالا و پائین لایه، وضعیت آن در ترانشه رسم می شود(شکل4-6).

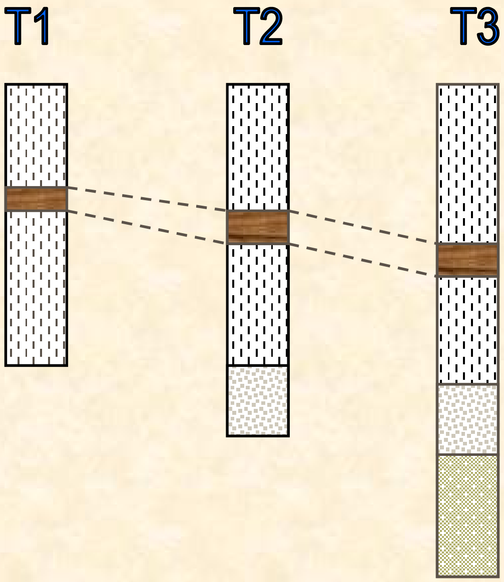

۱
A
۲
C
۳
۴
۵
۶
۷
۸
۹
۱۰
۱۱
۱۲
شیل
C'
B
D
ماسه‌سنگ

شکل 4-6 ـبرداشت لایه‌ها با تعیین دو نقطه بالا و پائین آنها در ترانشه [۶]

ارتباط دادن ترانشه های مختلف

- در حالت کلی وضعیت ماده معدنی در قسمت های مختلف منطقه ثابت نیست بلکه از نقطه ای به نقطه دیگر، متفاوت است. با توجه به اینکه تعقیب واحدهای مختلف ماده معدنی در سراسر منطقه از اهمیت زیادی برخوردار است، لذا بایستی به ترتیبی این واحدها را به یکدیگر ربط داد. این عمل را ارتباط دادن(Corelation) می نامند.

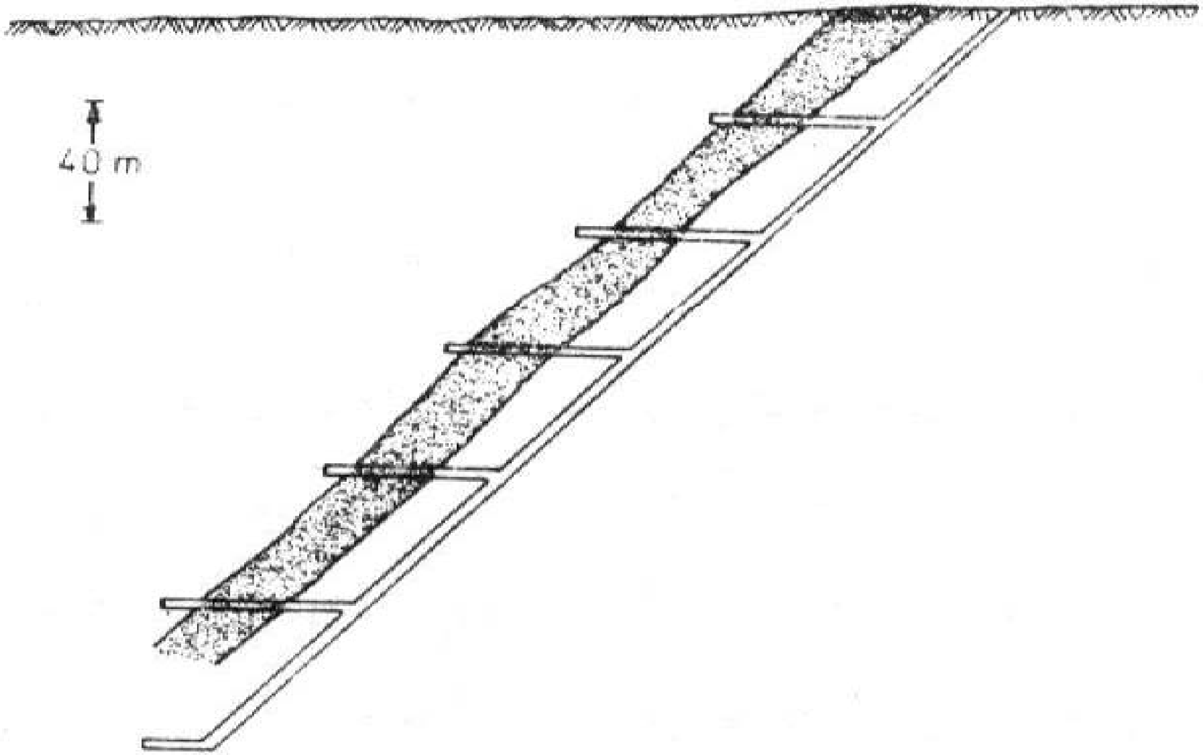
برای این منظور ابتدا بایستی مقطع چینه شناسی رسم گردد. سپس یک طبقه راهنما که در تمام ترانشه ها وجود دارد، پیدا می کنند. این لایه راهنما خصوصیات سنگ شناسی و فسیل شناسی ویژه ای دارد که آن را از سایر لایه ها مشخص می سازد.



© Hajalilou, B., & Khaleghi, F., Payame Noor University of Tabriz, 2006.

اوکلون

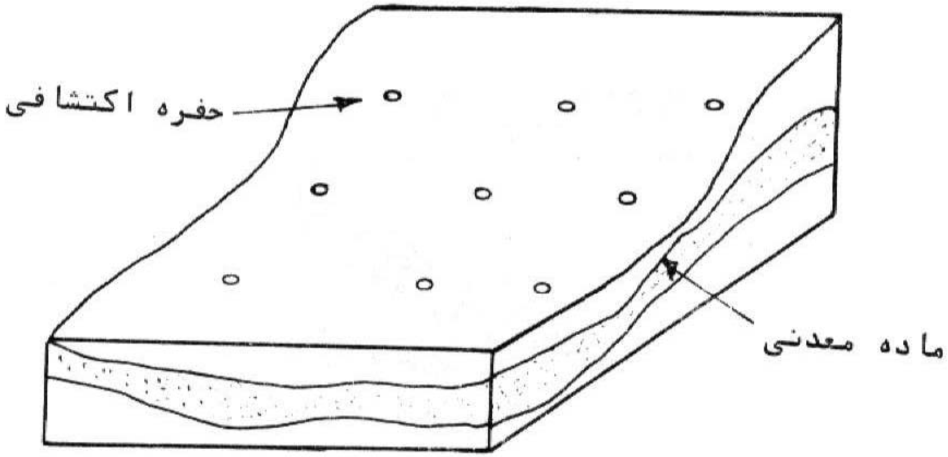
- حفره ای که در داخل ماده معدنی به منظور بررسی تغییرات کمی و کیفی آن در عمق، حفر می شود وبه کمک آن می توان ماده معدنی را مستقیماً مشاهده و از آن نمونه گرفت.
- ساده ترین و ارزان ترین کار اکتشافی که بیشتر در مرحله اکتشاف نیمه تفصیلی زغال سنگ به کار می رود. اوکلون به صورت قایم و شیبدار حفر می شود(شکل4-7)



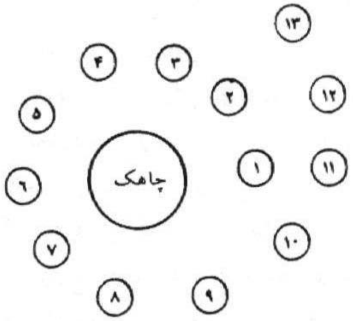
شکل ۴- ۷ بازکردن رگه توسط اکلن موازی رگه

چاهک های اکتشافی

- در مواردی که کانسار درسطح زمین رخنمون نداشته باشد و ضخامت مواد پوشاننده آن چندان زیاد نباشد، برای اکتشاف آن می توان از شبکه چاهک های اکتشافی (شبکه مربعی شکل)کمک گرفت(شکل4-8).
- چاهک در مقایسه با گمانه عمق کمتری دارد و روش حفر آن نیز متفاوت است. عمق چاهکهایی که بصورت دستی حفر می شوند، کمتر از 30 متر ولی به کمک دستگاههای مخصوص، چاهکهای عمیق تری حفر می گردد.


حفره اکتشافی
ماده معدنی

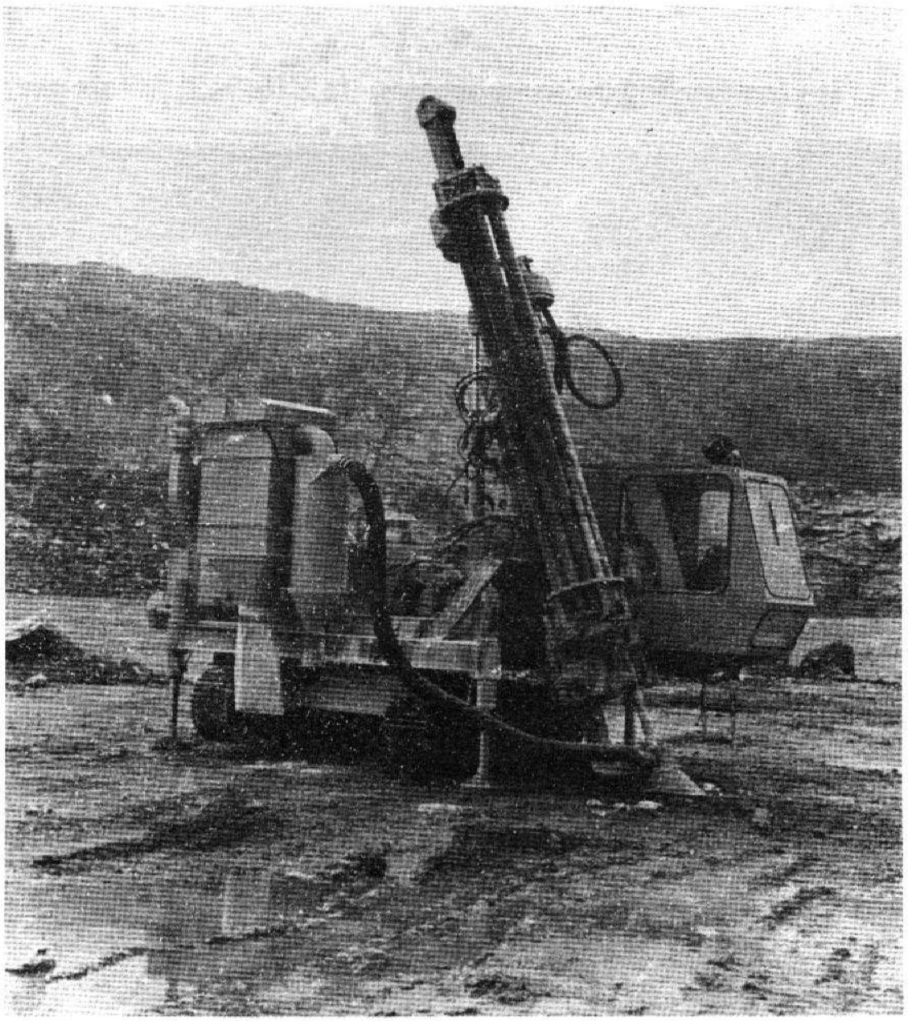
شکل ۴-۸ حفره اکتشافی


۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
۹
۱۰
۱۱
۱۲
۱۳
چاهک

نحوهٔ قرار دادن کپه‌های مواد حاصل از حفاری که هریک مربوط به عمق معینی از چاهک است

چالهای اکتشافی

- چالها کم هزینه تر و سریعتر از چاهکها حفر می شوند.
- حفر چالهای اکتشافی بوسیله ماشین های مخصوص و چالزنهای معدنی انجام می شود.
- در صورتی که ضخامت مواد پوشاننده کانسار نسبتاً زیاد و امکان حفر ترانشه و چاهک دستی وجود نداشته باشد، از ماشین های مخصوص استفاده می گردد.
- چالزنهای دورانی – ضربه ای در مجتمع های معدنی برای حفر چالهای اکتشافی و همچنین نمونه گیری استفاده می شوند(شکل 4-9).



شکل ۴-۹ دستگاه چالزنی خشک

گمانه های اکتشافی

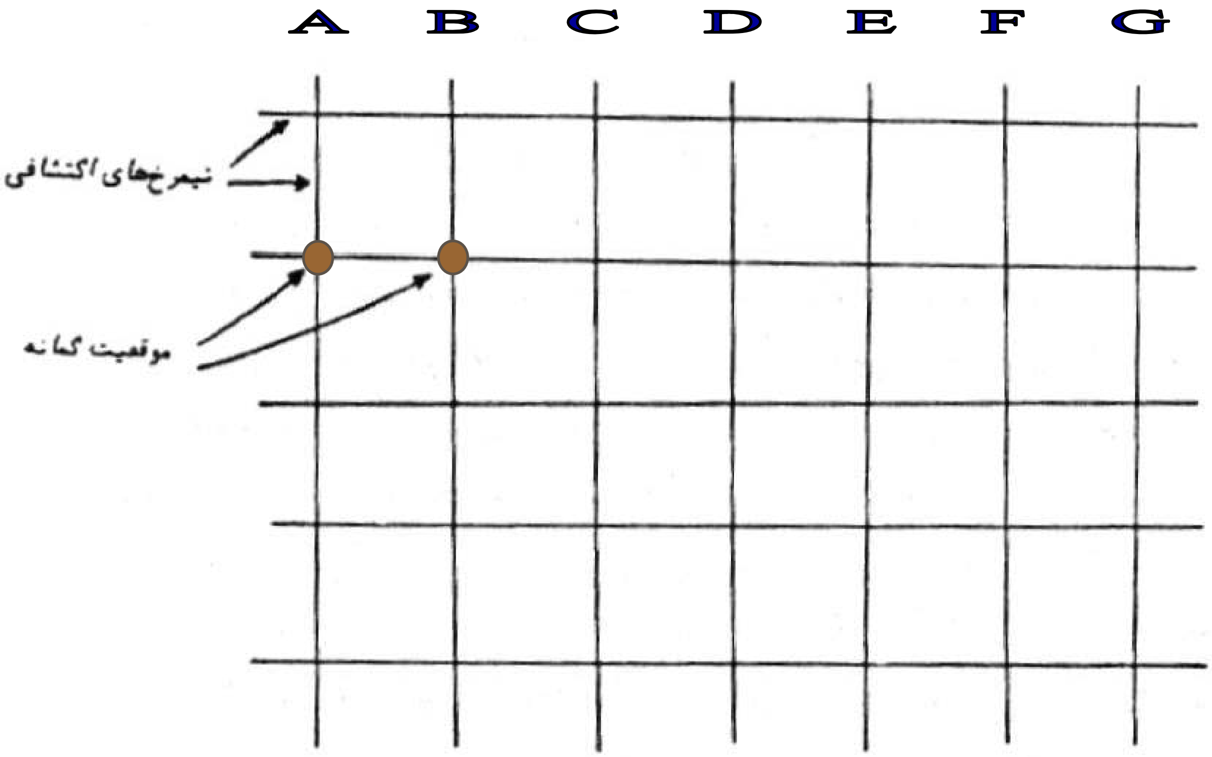
- گمانه حفره عمیقی است که در سنگها احداث می شود و به کمک آن نمونه های استوانه ای شکلی از ماده معدنی و سنگهای اطراف آن در اعماق مختلف بدست می آید. وجه تسمیه آن از حدس و گمان می باشد چون احتمال وجود ماده معدنی در عمق را نشان خواهد داد.
- گمانه در مقایسه با چاهک، سطح مقطع کمتر ولی عمق زیادتری (گاهی هزار متر) دارد.

ادامه

- هدف اصلی از حفر گمانه، کسب اطلاعات از ماده معدنی در اعماق مختلف است.
- بوسیله حفر گمانه امکان نمونه گیری و همچنین شناسایی سنگها و لایه های زیرسطحی از طریق روشهای چاه پیمایی وجود دارد.
- در کانسارهای لایه ای، گمانه های کم عمق(تا 300 متر)، عمق متوسط(300 تا 500 متر) و عمیق(بیش از 500 متر) حفر می گردد.

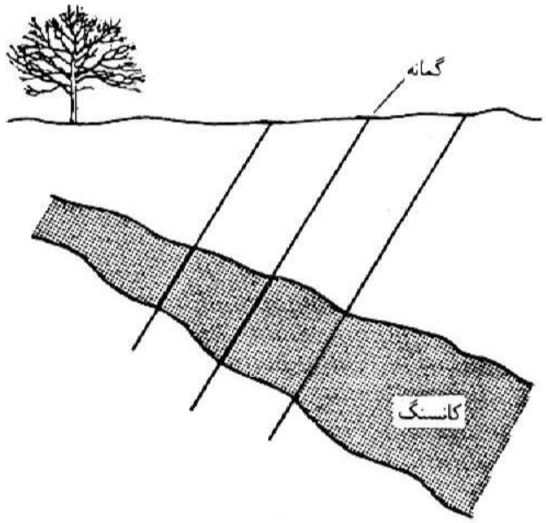
شبکه گمانه های اکتشافی

- ساده ترین شبکه گمانه های اکتشافی، یکسری نیمرخ های اکتشافی است که در امتداد عمود بر گسترش عمومی ماده معدنی توجیه شده اند. این شبکه برای کانسارهای لایه ای شکل مناسب است و در مورد کانسارهای توده ای، معمولاً شبکه مربعی، یعنی شبکه ای که از دو دسته نیمرخ های عمود بر هم بدست می آید، استفاده می کنند(شکل4-10).


A
B
C
D
E
F
G
نیمرخ‌های اکتشافی
موقعیت گمانه

شکل ۴-۱۰-موقعیت گمانه‌ها در مورد کانسارهای توده‌ای یا افقی

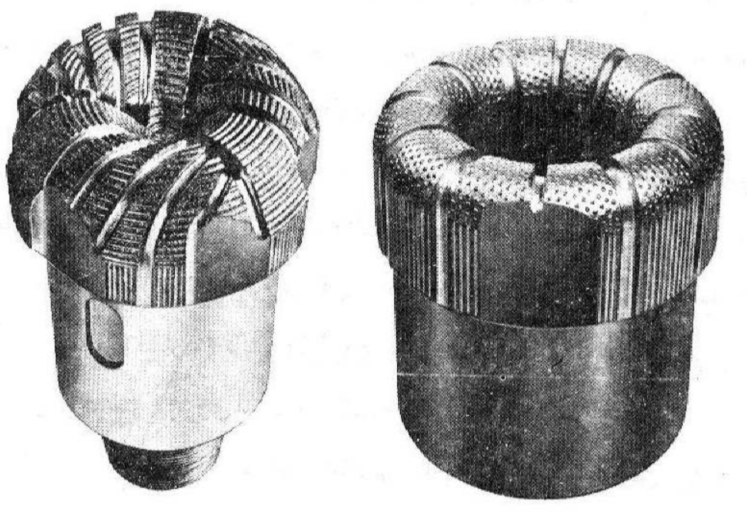
ادامه



- در مورد گمانه های شیب دار، بایستی موقعیت گمانه ها را روی نیمرخهای اکتشافی به ترتیبی تعیین کرد که در عمق مورد نظر، لایه را قطع کند.

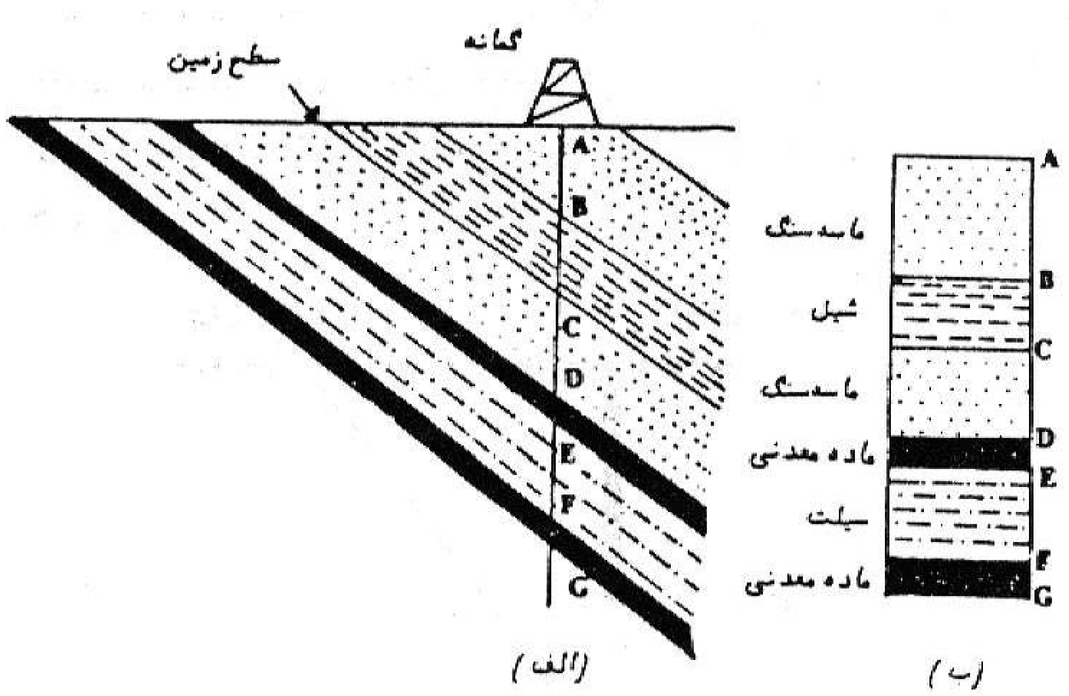
تهیه پروژه گمانه

- حفر گمانه در سنگها و مواد معدنی مختلف بوسیله سرمته ها و مغزه گیرهای خاصی انجام می گیرد؛ بنابراین قبل از شروع حفاری، بایستی نقشه راهنمایی برای حفاری تهیه نمود تا به کمک آن بتوان در اعماق مختلف، سرمته و مغزه گیر مناسب را بکار گرفت.



دو نوع سر متهٔ الماسی

- اگر مقطع ماده معدنی و سنگهای اطراف آن را در امتداد نیمرخ اکتشافی مورد نظر با مقیاس مناسب رسم کنیم(شکل 4-12-الف)، از روی آن می توان ستون قائم یا راهنمای حفر گمانه را تهیه نمود.

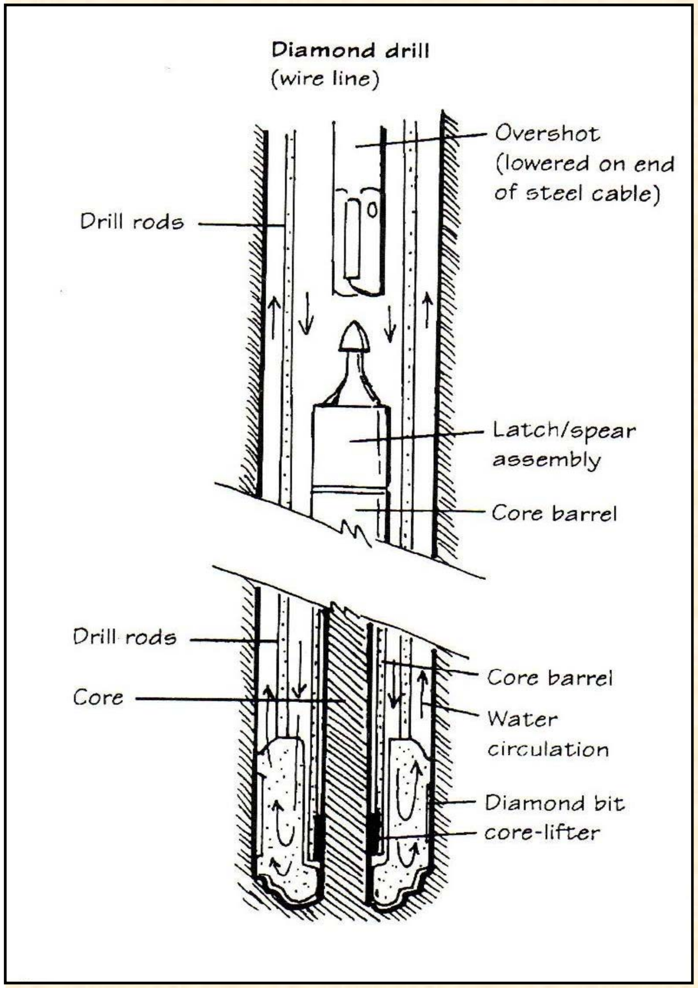


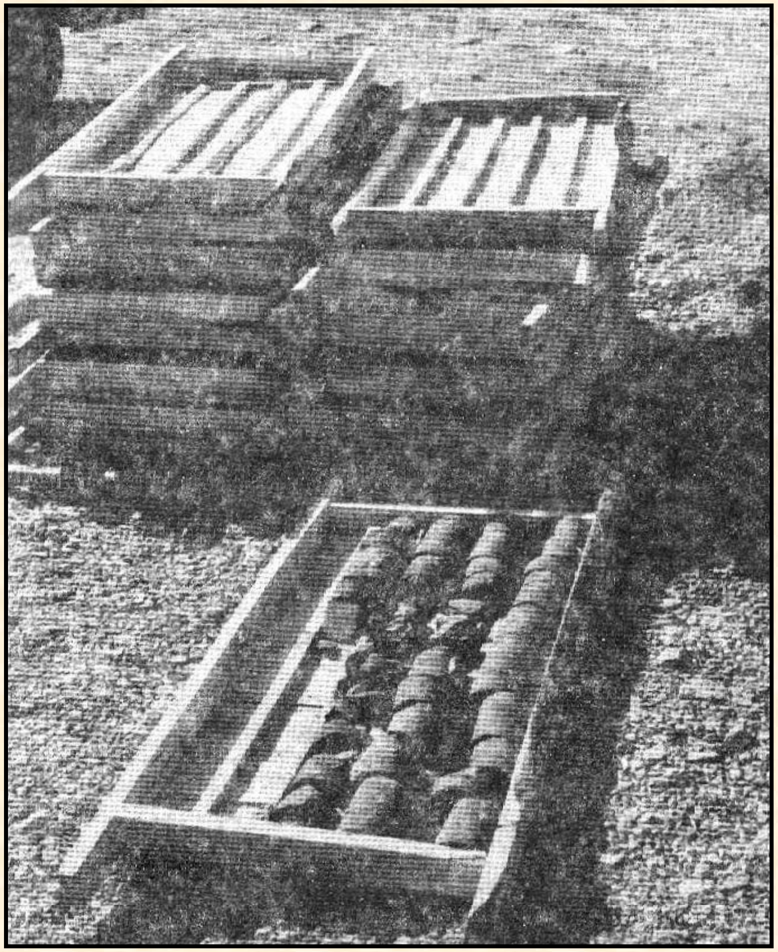
گمانه
سطح زمین
A
B
C
D
E
F
G
ماسه سنگ
شیل
ماسه سنگ
ماده معدنی
سیلت
ماده معدنی
(الف)
(ب)

شکل ۴ـ۱۲ـ تهیه پروژه گمانه

برداشت گمانه

هدف از حفر گمانه های اکتشافی بدست آوردن نمونه های استوانه ای شکل از سنگها و مواد معدنی موسوم به مغزه است؛ بنابراین شیوه حفاری باید به گونه ای انتخاب شود که راندمان مغزه گیری ماکزیمم بوده و مغزه های سالم تهیه گردد.

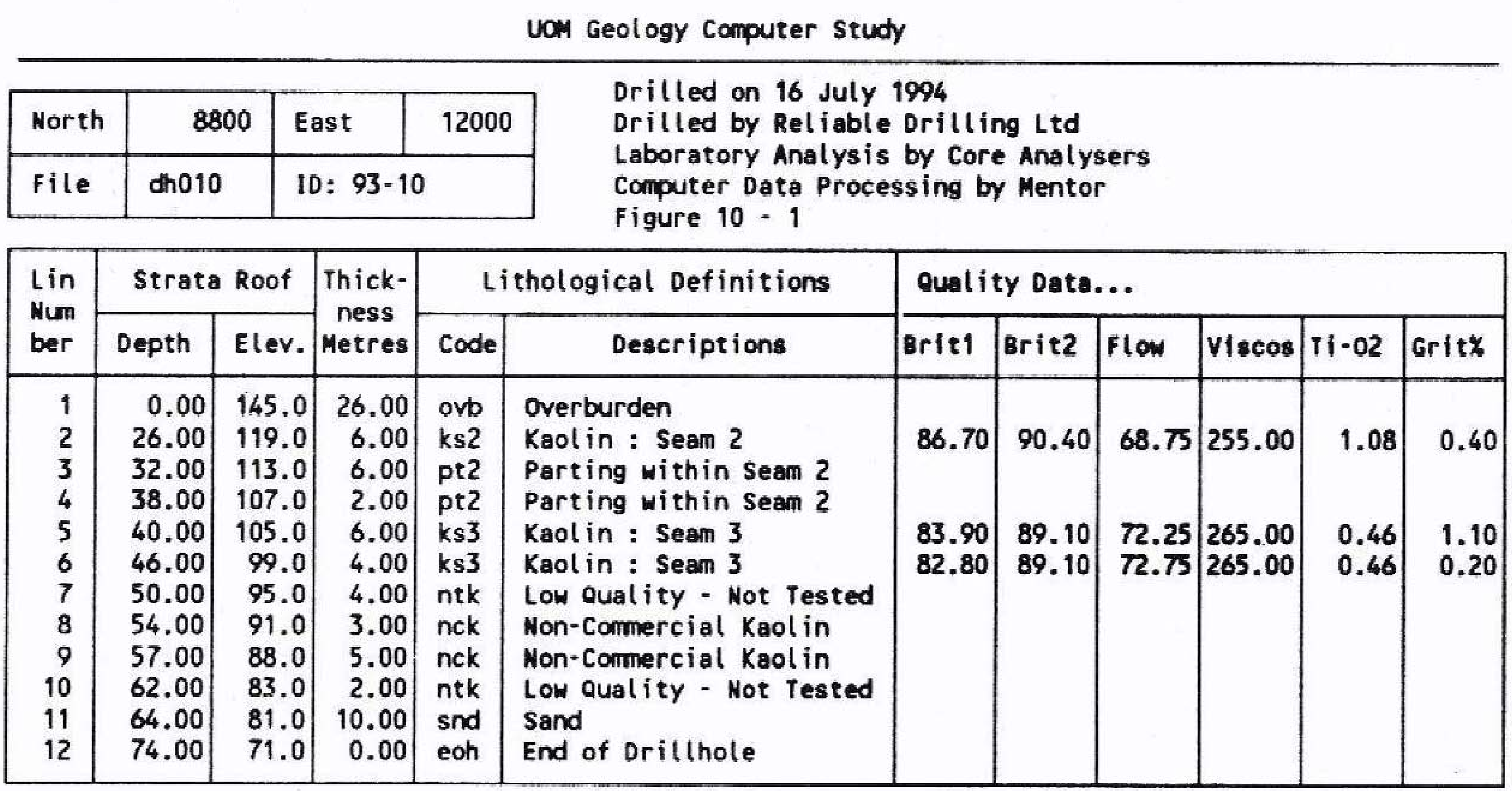

Diamond drill
(wire line)
Overshot
(lowered on end of steel cable)
Drill rods
Latch/spear assembly
Core barrel
Drill rods
Core
Core barrel
Water circulation
Diamond bit
core-lifter



- پس از پر شدن مغزه گیر، که در انتهای ستون لوله های حفاری قرار دارد(شکل قبل)، آن را بالا کشیده و مغزه های داخل آن را به دقت تخلیه می کنند. مغزه ها را با ترتیب عمق در جعبه های چوبی مخصوص قرار داده و سپس آنها را برداشت و مشخصات را ثبت می کنند.

- خصوصیات زیر به صورت گزارش گمانه ثبت می شود:

1. داده های حفاری شامل مختصات x و y و ارتفاع سطح گمانه همراه با عمق و تقاطع هر افق چینه شناسی یا سنگ شناسی که طی حفاری به آن برخورد می شود؛
2. داده های تجزیه آزمایشگاهی برای هر نمونه ؛
3. داده های توپوگرافی سطح زمین به منظور محاسبه حجم روباره؛
4. نقشه های مالکیت و ارزیابی به منظور محدود کردن محاسبات ذخیره و توصیف طرح معدن



UOM Geology Computer Study

North	8800	East	12000
File	dh010	ID: 93-10	

Drilled on 16 July 1994
Drilled by Reliable Drilling Ltd
Laboratory Analysis by Core Analysers
Computer Data Processing by Mentor
Figure 10 - 1

Lin Num ber	Strata Roof		Thick-ness Metres	Lithological Definitions		Quality Data...					
	Depth	Elev.		Code	Descriptions	Brit1	Brit2	Flow	Viscos	Ti-02	Grit%
1	0.00	145.0	26.00	ovb	Overburden						
2	26.00	119.0	6.00	ks2	Kaolin : Seam 2	86.70	90.40	68.75	255.00	1.08	0.40
3	32.00	113.0	6.00	pt2	Parting within Seam 2						
4	38.00	107.0	2.00	pt2	Parting within Seam 2						
5	40.00	105.0	6.00	ks3	Kaolin : Seam 3	83.90	89.10	72.25	265.00	0.46	1.10
6	46.00	99.0	4.00	ks3	Kaolin : Seam 3	82.80	89.10	72.75	265.00	0.46	0.20
7	50.00	95.0	4.00	ntk	Low Quality - Not Tested						
8	54.00	91.0	3.00	nck	Non-Commercial Kaolin						
9	57.00	88.0	5.00	nck	Non-Commercial Kaolin						
10	62.00	83.0	2.00	ntk	Low Quality - Not Tested						
11	64.00	81.0	10.00	snd	Sand						
12	74.00	71.0	0.00	eoh	End of Drillhole						

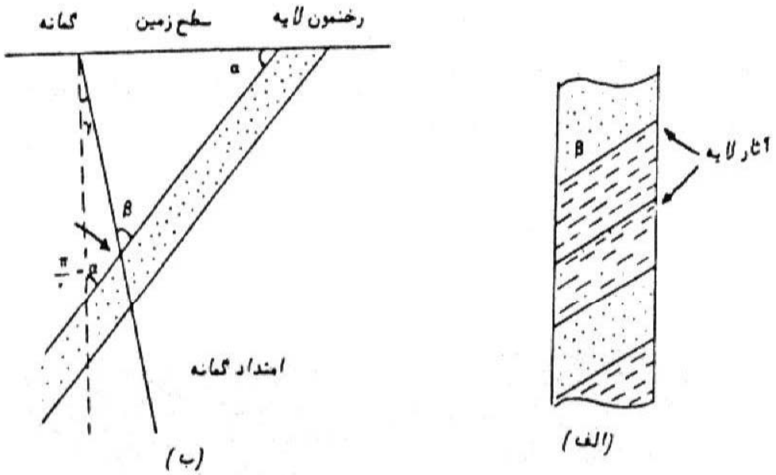
شکل   نمونه گزارش گمانه که نشانگر محل وقوع، چینه‌شناسی و کیفیت رس است.

اندازه گیری شیب ظاهری لایه ها از روی مغزه

با توجه به شکل ۴-۱۳-ب می توان شیب حقیقی لایه‌ها را به دست آورد.

درواقع آنچه که اندازه‌گیری می‌شود زاویه β است و مطابق شکل ۴-۱۳-ب، بین این زاویه، شیب حقیقی (α) و زاویه انحراف گمانه از حالت قائم (γ) رابطه زیر برقرار است :

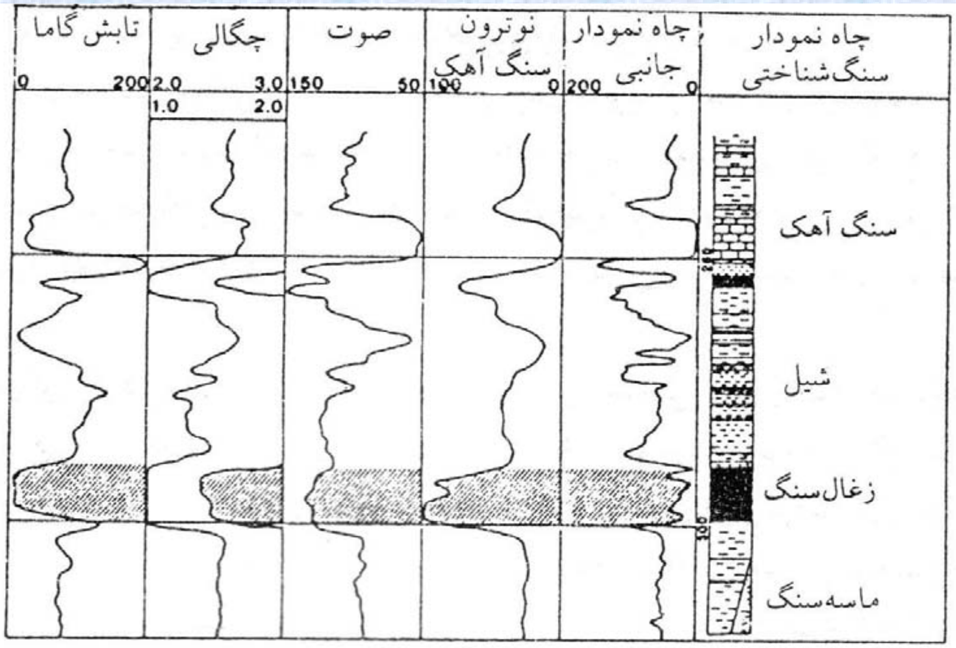
$$\beta = \gamma + \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$$


گمانه
سطح زمین
رخنمون لایه
α
γ
β
$\frac{\pi}{2}-\beta$
امتداد گمانه
(ب)
آثار لایه
β
(الف)

شکل ۴-۱۳-(الف) - اندازه‌گیری شیب لایه از روی مغزه

$$\alpha = \frac{\pi}{2} + \gamma - \beta$$

پس از خاتمه حفر گمانه، عملیات چاه پیمایی در آن انجام می شود که نتیجه آن برداشت منحنی های مختلفی است که در طول گمانه رسم می شود و می توان آنرا تعبیر وتفسیر نمود. نمودار چاه پیمایی وجود مواد معدنی و سنگهای نرم را دربعضی اعماق نشان می دهد.



تابش گاما
0
200
چگالی
2.0
3.0
1.0
2.0
صوت
150
50
نوترون
سنگ آهک
100
0
چاه نمودار
جانبی
200
0
چاه نمودار
سنگ‌شناختی
سنگ آهک
شیل
زغال‌سنگ
ماسه‌سنگ

شکل پنج چاه نمودار ژئوفیزیکی از یک گمانهٔ اکتشافی زغال‌سنگ در حوضهٔ ایسترین اینتریور، در ایلی‌نویز. پیمایشهای پرتوی گاما، چگالی، سرعت صوت، نوترون، و جانبی، هریک، واکنش خاص خود را نسبت به زغال‌سنگ قیری و سنگ‌آهک سن پنسیلوانین نشان می‌دهند.

- بر اساس اطلاعات حاصله از مغزه ها و عملیات چاه پیمایی نمودار نهایی گمانه رسم می گردد.
- پس از اینکه نمودار واقعی کلیه گمانه هایی که دریک نیمرخ اکتشافی قرار دارند، رسم شد، وضعیت سنگها و مواد معدنی را مشخص کرده وبه هم ربط می دهند. این مرحله با عنوان تهیه مقاطع اکتشافی زیرزمینی خوانده می شود.
- با تهیه یک مقطع اکتشافی صحیح، نقشه زیرزمینی منطقه آماده می شود و از آن برای تهیه نقشه های محاسبه ذخیره و راهنمای استخراج استفاده می گردد.

تونل های اکتشافی

- برای تکمیل اکتشافات تفصیلی، چند تونل اکتشافی نیز در منطقه حفر می شود که دارای مزایای زیر است:

أ- مشاهده مستقیم ماده معدنی و نمونه گیری؛

ب- نمونه برداری ویژه چند تنی در مواقع نیاز؛

ج- امکان استفاده از تونلهای اکتشافی جهت استخراج مواد معدنی در صورت طراحی درست

انواع تونل ها

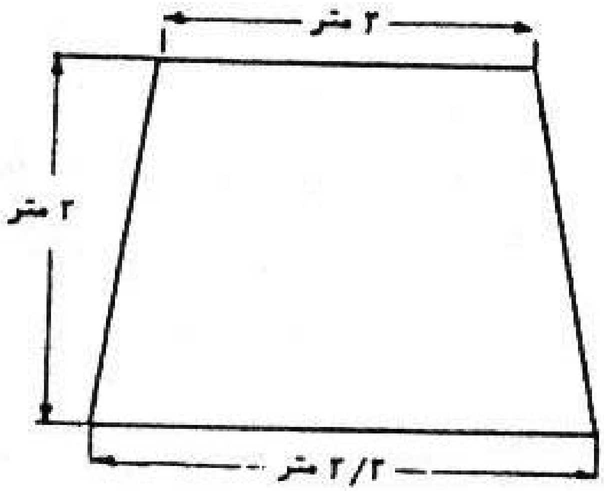
- استفاده از تونلهای اکتشافی صرفاً در مناطقی که پستی و بلندی زیادی وجود داشته باشد، معمول است.

- عمود بر لایه(Adit)
- موازی لایه یا امتدادی(Strike)
- دنباله رو(Drift)
- میان بر(Cross cut)
- چاه(Shaft)

مشخصات تونلها

- قسمتی از ماده معدنی را که بوسیله هر تونل قابل استخراج است، افراز آن تونل می گویند.
- معمولاً افراز تونلهای اکتشافی نباید از 100 متر کمتر باشد و اگر در آینده تونل برای مقاصد استخراجی استفاده گردد، انتخاب افراز، مهمترین عامل در انتخاب دهانه تونل خواهد بود.
- شیب تونلها عمدتاً به خاطر خروج آبهای زیرزمینی از داخل آنست و معمولاً در هر 1000متر از طول تونل، 3تا5متر اختلاف ارتفاع وجود دارد(یعنی شیب 3تا5درهزار است).

- ابعاد تونل بایستی به اندازه ای باشد که رفت و آمد در آن به آسانی انجام گیرد و همچنین در آینده بتوان برای مقاصد استخراجی استفاده نمود.
- سطح مقطع تونلهای اکتشافی در ایران 4 تا 8 مترمربع به شکل ذوزنقه منظورمی شود.

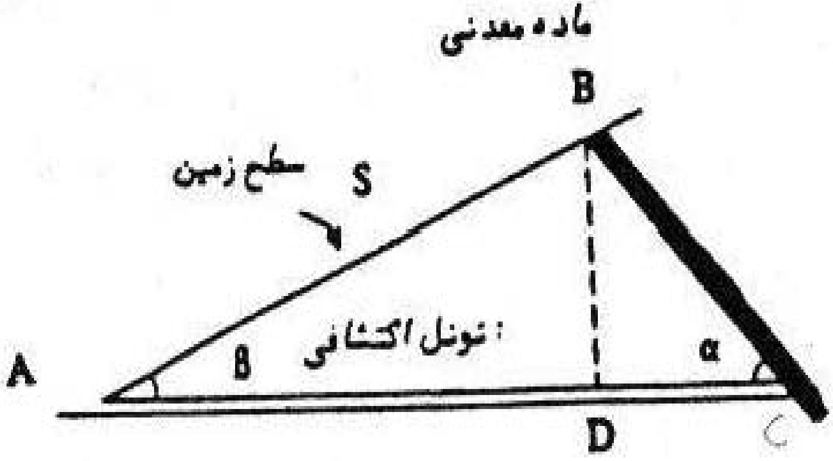


مقطع تونلهای اکتشافی

- برای محاسبه طول تونل، بایستی تونل را افقی در نظر گرفت و نیز شیب سطح زمین و ماده معدنی را یکنواخت فرض کرد، مطابق شکل، با معلوم بودن فاصله AB=S به آسانی می توان طول AC تونل و نیز افزار BC را به شرح زیر حساب کرد:

$$AD = S \cos\beta \qquad DB = S \sin\beta$$

$$BC = \frac{BD}{\sin\alpha} = \frac{S \sin\beta}{\sin\alpha}$$



$$DC = BD \operatorname{Cotg}\alpha = S \sin\beta \operatorname{Cotg}\alpha$$

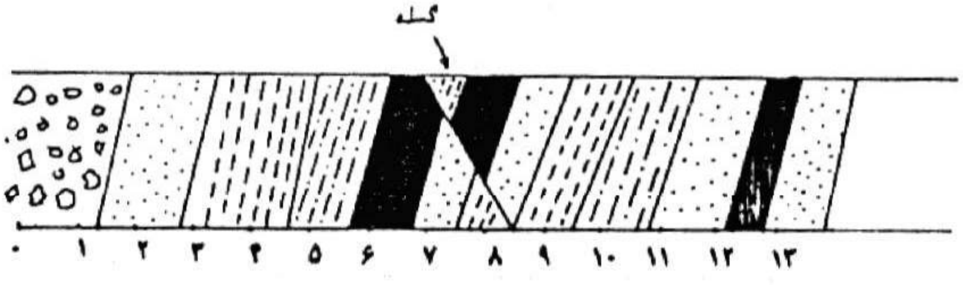
$$AC = AD + DC = S \cos\beta + S \sin\beta \operatorname{Cotg}\alpha = S\,(\cos\beta + \sin\beta \operatorname{Cotg}\alpha)$$

برداشت تونل

- برداشت تونلهای عمود بر لایه از دیواره و سقف آنها انجام می شود. البته بهتر است دیواره ثابتی (مثلاً دیواره شمال شرقی) از آنها برداشت شود.
- پس از انتخاب مقیاس برداشت(مثال 1:100) و با توجه به اینکه ارتفاع تونلهای اکتشافی معمولاً 2 متر است، لذا دوخط افقی که به فاصله 2 سانتی متر از یکدیگر رسم شده اند، تصویر قائم دیواره تونل را به دست خواهد داد.

ادامه

- حال، یک متر نواری چند ده متری را در کف تونل و در کناره آن روی زمین پهن کرده و برداشت را آغاز می کنند.

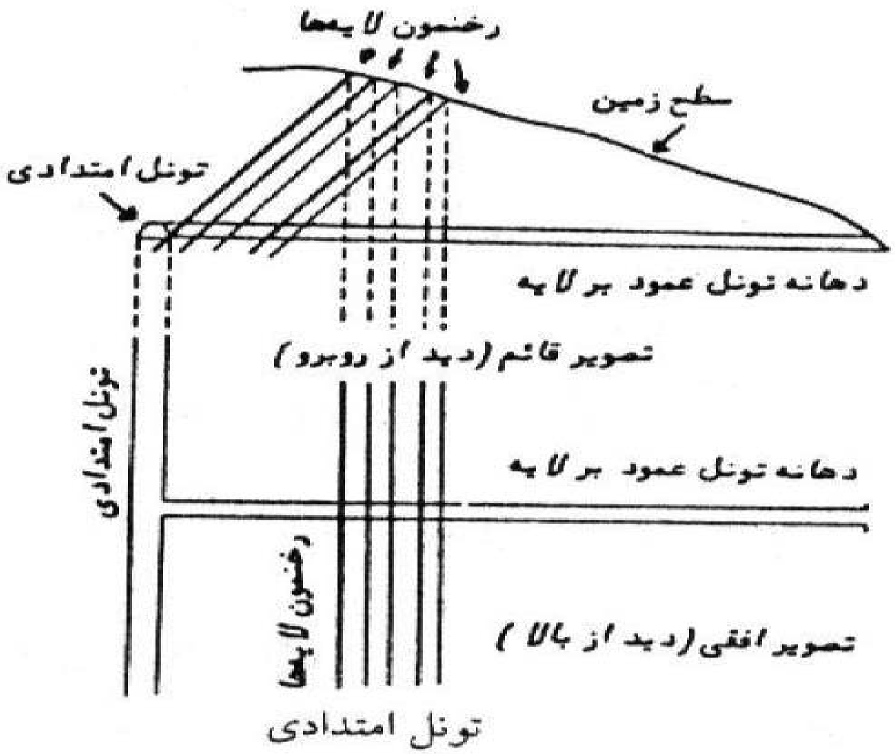

گسله
۰
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
۹
۱۰
۱۱
۱۲
۱۳

نقشه دیواره تونل

- برای برداشت سقف تونل نیز در حالتی که متر مذکور روی زمین پهن است، برداشت را از ابتدای تونل آغاز می کنند.

تونلهای امتدادی(موازی لایه)

- این تونلها در مقایسه با تونلهای عمود بر لایه کم هزینه تر و سریعتر حفر می شوند و با استفاده از آنها دسترسی به ماده معدنی و نمونه برداری در نقاط متعددی امکان پذیر است، در حالی که نوع عمودی تنها در یک نقطه ماده معدنی را قطع می کند.
- تونلی است که معمولاً از تونل عمود بر لایه منشعب شده و به موازات امتداد عمومی لایه ها و مواد معدنی حفر می شود.


رخنمون لایه‌ها
سطح زمین
تونل امتدادی
دهانه تونل عمود بر لایه
تصویر قائم (دید از روبرو)
تونل امتدادی
دهانه تونل عمود بر لایه
رخنمون لایه‌ها
تصویر افقی (دید از بالا)
تونل امتدادی

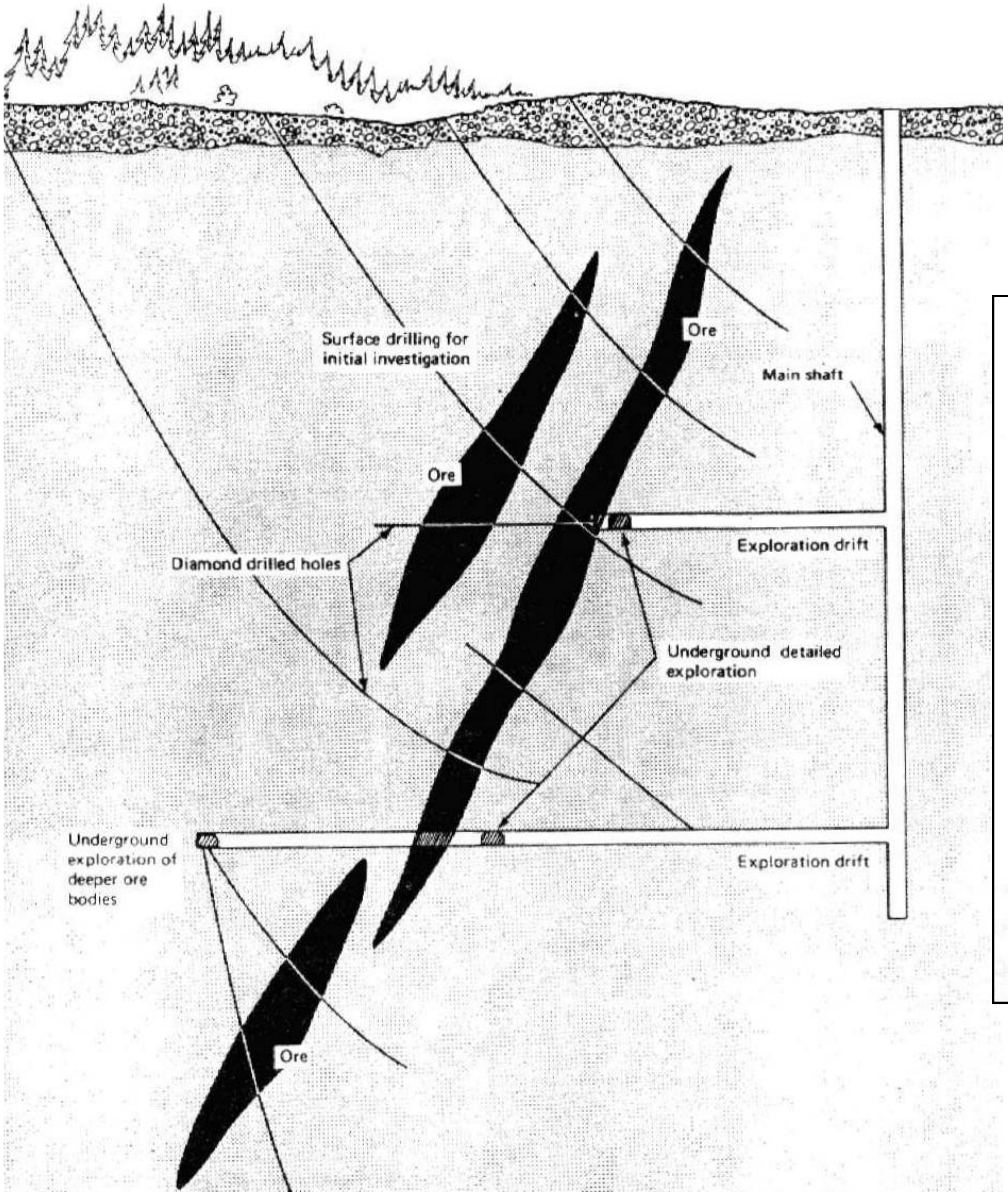
برای دستیابی به ماده معدنی، بـه فواصل مناسب، مجدداً تونلهایی بـه حالت عمودی نسبت به امتداد لایه ها حفر می شود ولایه ها را قطع می کند.

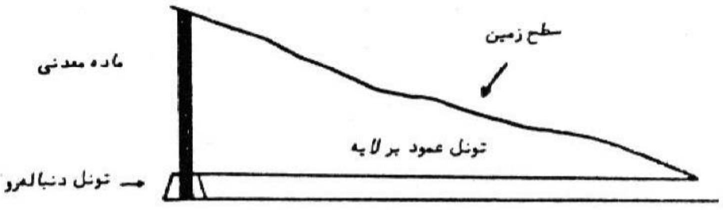
میان برها

- برای اینکه بتوان در نقاط متعددی در اعماق زمین به ماده معدنی دسترسی پیدا کنیم و از آن اطلاعاتی بدست آوریم، به فواصل مناسب، از درون تونلهای امتدادی، تونلهایی به حالت عمود بر لایه ها حفر می شود که آنها را میان بر می گویند.
- میان برها در مقایسه با تونلهای عمود بر لایه دارای طول کوتاهتر و سطح مقطع کمتری می باشند و همچنین به سطح زمین و هوای آزاد راه ندارند.

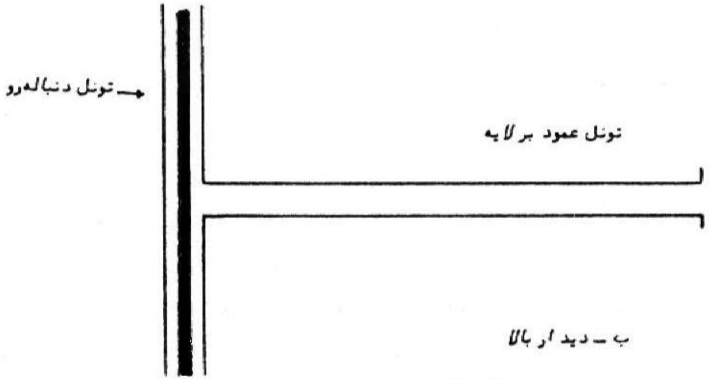
تونل های دنباله رو(دنبال لایه)

- در مواردی که ماده معدنی تنها از یک لایه یا رگه تشکیل شده باشد و بوسیله تونل عمود بر لایه قطع گردد، از دو طرف، تونل دنباله رو در داخل خود ماده معدنی حفر می شود(شکل4-14).
- امتداد این تونلها تابع امتداد ماده معدنی است و مشابه نوع امتدادی می باشد ولی در داخل این تونلها، ماده معدنی مستقیماً مشاهده می شود و بنابراین نیازی به حفر میان برها نیست.


Ore
Surface drilling for initial investigation
Main shaft
Ore
Exploration drift
Diamond drilled holes
Underground detailed exploration
Underground exploration of deeper ore bodies
Exploration drift
Ore


سطح زمین
ماده معدنی
تونل عمود بر لایه
تونل دنبالهرو

الف ـ دید از روبرو


تونل دنباله‌رو
تونل عمود بر لایه

ب ـ دید ار بالا

شکل۴-۱۴- تونل دنباله‌رو

فصل پنجم
نمونه برداری

انواع نمونه و بیان چگونگی نمونه برداری برای نمونه هایی که معرف مشخصات ذخیره باشند

روشهای نمونه برداری و خطاهای آن

1-5- انواع نمونه

- **نمونه های موزه ای**: این نمونه ها، توسط معدنکاران در حین عملیات استخراجی بدست می آید و ارزش آنها به علت زیبایی است. گرچه این نمونه ها از نظر کانه جالب و غنی هستند ولی بیانگر واقعیت معدن نمی باشند.
- **نمونه های معدنی** : این نوع نمونه ها در حقیقت راهنمای اصلی برای مکتشف، استخراج کننده و ارزیاب است و آنها را به نحوی انتخاب می کنند که هر نمونه معرف منطقه ای باشد که از آنجا برداشت شده است(یعنی نمونه مبین و معرف باشد).

ادامه

- برداشت یک نمونه، یعنی نمونه برداری بخش کوچکی از ماده که معرف مجموعه آن باشد.
- در معادن فلزات گرانبها این مقدار به ارزش عیاری(Assay) معروف می باشد و مقدار آن برابر ارزش طلا، نقره یا فلزات گرانبهای دیگری است که در کانسنگ وجود دارد.
- در معادن آهن، نمونه برداری به منظور تجزیه کامل کانسنگ که شامل تعیین آهن، منگنز، سیلیس، اکسید آلومینیوم، آهک، منیزیم و ... است، انجام می گیرد.

ادامه

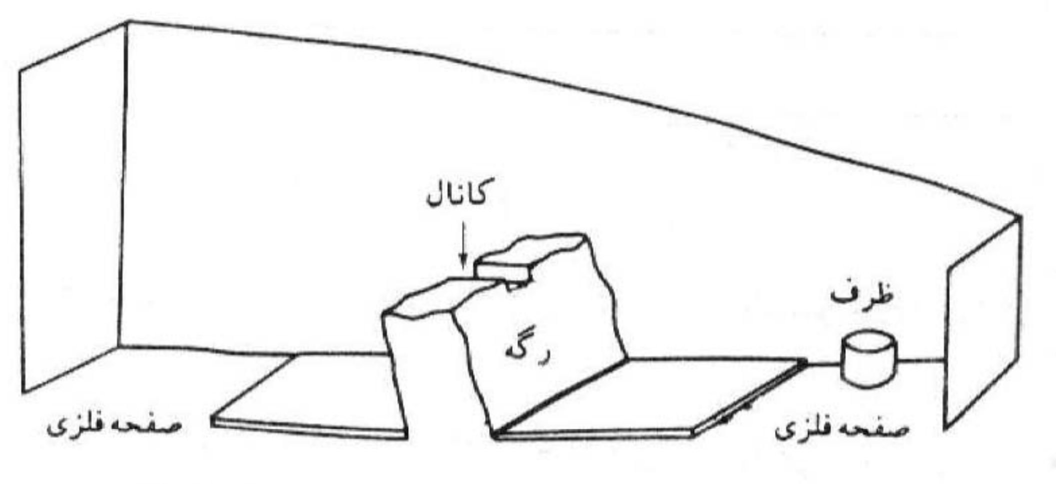
- در معادن زغالسنگ، نمونه عبارت است از قطعه ای که به کمک آن بتوان ارزش حرارتی، کربن ثابت، کربن کل، مواد فرار، مقدار خاکستر، کیفیت کک شدن و هر گونه عنصر زیان آور مانند گوگرد و ژیپس یا پیریت در لایه زغالسنگی را تعیین کرد.
- بطور کلی منظور از نمونه برداری تعیین تمام مشخصات فیزیکی یا شیمیایی است که در ارزش کانسنگ یا کانی موثراند.

روشهای نمونه برداری

- نمونه برداری شیاری (Channel sampling)
- “ “ لب پری (Chip sampling)
- “ “ لایه ای (Layer sampling)
- “ “ کلی یا حجیم (Bulk sampling)
- “ “ چالی(Blasthole sampling)
- “ “ کلوخه ای(Grab sampling)
- “ “ رسوبات رودخانه ای و آبراهه ای برای مطالعه کانی سنگین

نمونه برداری شیاری

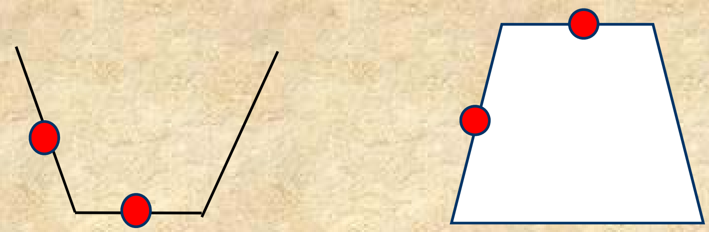
- حفر شیار در سطح کانسنگ معمولاً عمود بر امتداد تشکیلات مورد نظر
- بسته به نوع کانسنگ، با عرض 5 تا 12 سانتی متر و عمق 2تا 5 سانتی متر

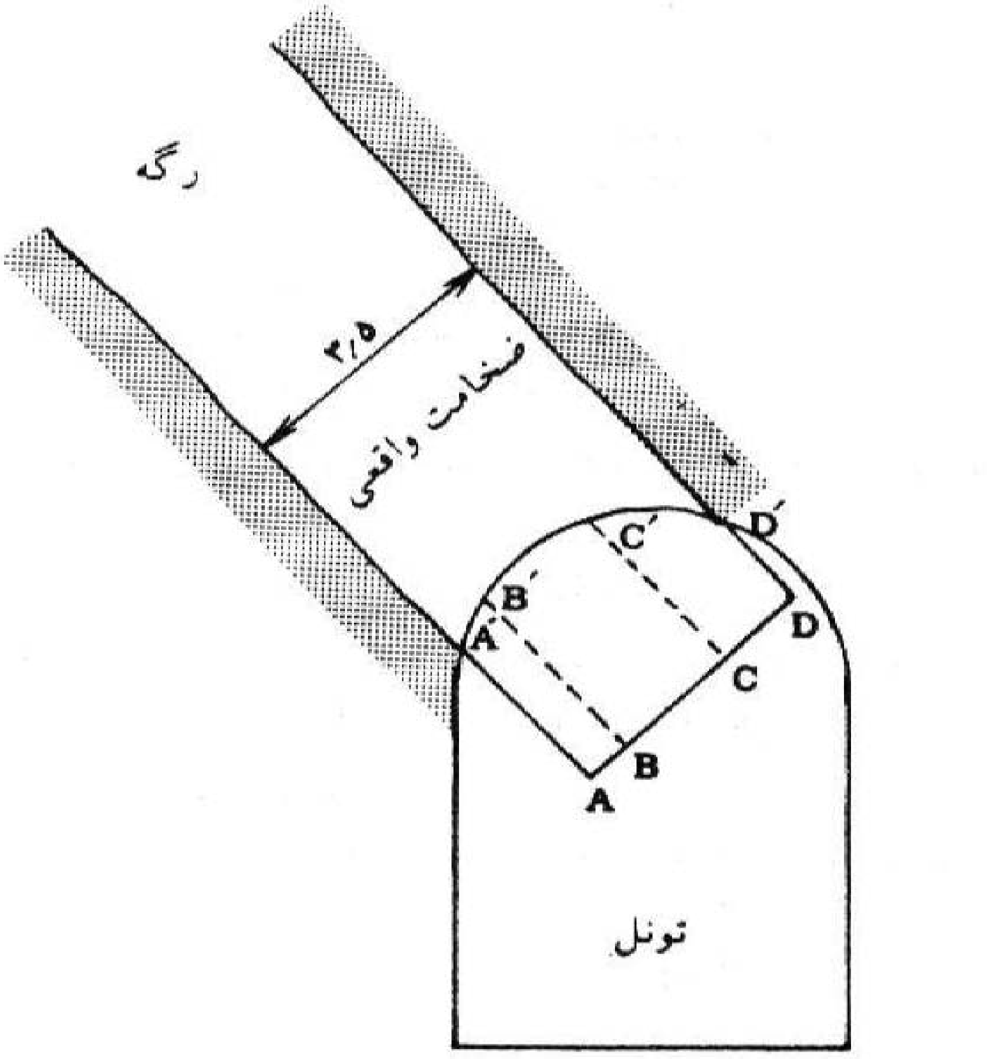

کانال
ظرف
رگه
صفحه فلزی
صفحه فلزی

شکل ـ نمونه‌برداری از رخنمون ماده معدنی به روش کانالی

ادامه

- برای نمونه برداری در چالها، تونلها و بخش پشتی یا کناری کارگاه استخراج کاربرد دارد.
- برداشت شیارها متناسب با ساختمان زمین شناسی طبقات انجام می گیرد.





ـ اثر حالت قوسی رگه معدنی در نمونه برداری کانالی

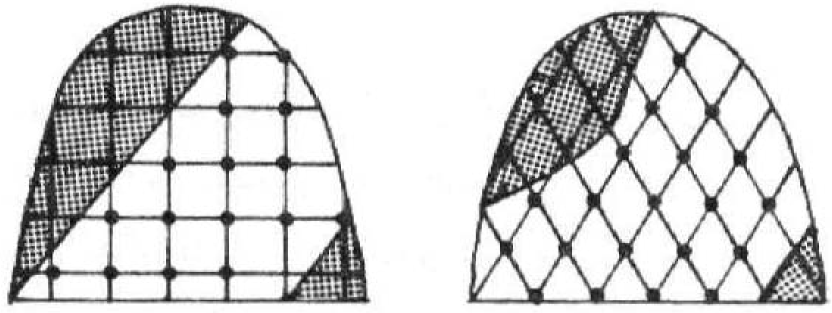
- از آنجا که جبهه کار در تونلهای دنباله رو و غیره معمولاً مسطح نیست و به صورت منحنی می باشد، لذا شیار حفر شده در آنها نیز شیار مستقیمی نخواهد بود. نمونه از کانالهای A، B، C، D که رگه در سطح ظاهر شده، تهیه گردیده است

و فاصله نقاط D◌َ تا A◌َ بزرگتر از ضخامت حقیقی رگه می باشد لذا بایستی در تعیین عیار متوسط و محاسبه ذخیره دقت نمود.

نمونه برداری لب پری

- این روش معمولاً هنگامی که سنگ خیلی سخت باشد و نمونه برداری کانالی به سادگی انجام پذیر نباشد، بکار می رود.
- در هر نقطه از واحد نمونه برداری قطعاتی از ماده معدنی به وزن حدود100 گرم برداشت می شود.

- به منظور برداشتن نمونه معرف، ابتدا یک شبکه مربعی یا لوزی شکل در سطح واحد نمونه برداری رسم و سپس از مرکز هر چهارضلعی یا رئوس شبکه آن، نمونه برداری می شود.



ـ نمونه برداری لبپری از ماده معدنی در جبهۀ پیشروی تونل

نمونه برداری کلوخه ای

- پس از عملیات آتش باری در تونل های دنباله رو، توری را روی ماده معدنی خرد شده پهن کرده و از وسط هر یک از چهارخانه های تور، قطعه ای از ماده معدنی برداشت می شود و مجموعه این قطعات، نمونه کلوخه ای را تشکیل می دهد.
- در این روش که خیلی سریع انجام می شود، تا حد امکان ابعاد و وزن کلوخه های برداشت شده با هم برابر انتخاب می گردد.

کاربرد نمونه برداری توده ای یا حجیم

- در کانی سازی کاملاً نامنظم و پراکنده؛
- در کانسارهایی که ماده معدنی به صورت رگه و رگچه های باریک و کوچک با توزیع نامنظم پراکنده شده باشد؛
- برای تهیه نمونه های تکنولوژیکی و انجام آزمایشهای پایلوت

نمونه برداری از چالها

- نمونه برداری از چالهایی که برای آتشباری و پیشروی تونل حفر می شوند(در سنگهای سخت)
- برای مشخص کردن مرز ماده معدنی و سنگ درونگیر

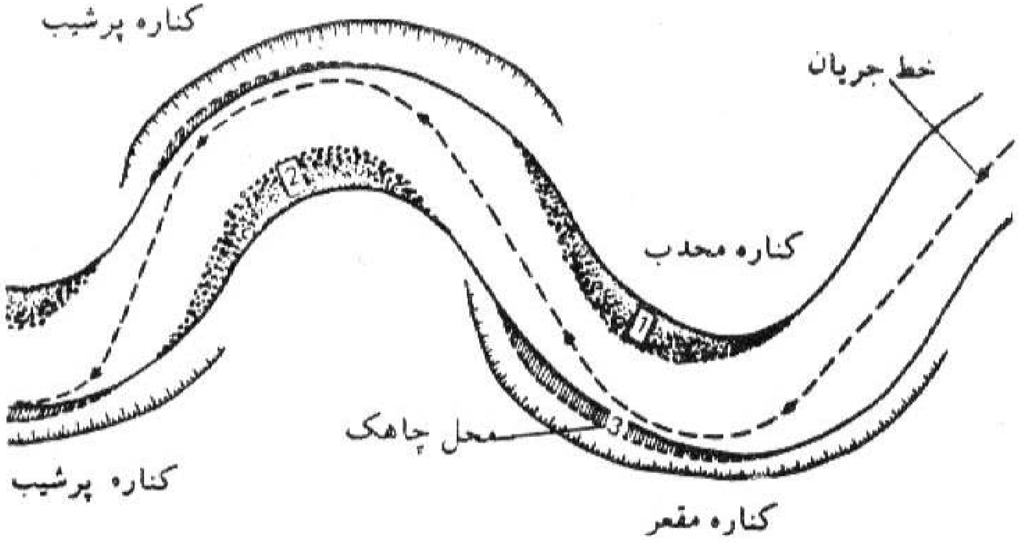
نمونه برداری لایه ای

- برداشت ضخامتی حدود 5سانتیمتر از سطح لایه در کانسارهای رسوبی(تبخیری، پیروکلاستیک و...)

مفهوم نمونه برداری کانی سنگین و روش کار

- نمونه برداری از بستر آبراهه ها یا از دوکناره رودخانه های فعال و حتی تراسهای آبرفتی؛
- برداشت نمونه ها به فواصل یک کیلومتر تا 500 متر در مرحله اکتشاف مقدماتی؛
- از رسوبات ماسه ای که به حد کافی ضخیم باشد؛

- مقدار گل در رسوبات حداقل باشد(بویژه در نواحی کویری)؛
- از عمق 10 تا 40 سانتیمتری(حفر چاله ای که محور آن عمود بر امتداد بستر آبراهه است)؛


کناره پرشیب
خط جریان
کناره محدب
محل چاهک
کناره پرشیب
کناره مقعر
1
2
3

شکل -توزیع جانبی محل های تمرکز کانی‌های سنگین در رسوبات رودخانه‌ای یا آبراهه‌ای

سوابقي كه در نمونه برداری بايستی ثبت گردد، شامل موارد ذيل است:

- نوع نمونه و اندازه آن
- ضخامت يا عرض رگه ها
- فواصل بين نمونه های برداشت شده
- محل برداشت
- تاريخ
- ساير اطلاعات لازم جهت بايگانی

فاکتورهای عمومی نمونه برداری

- هر نمونه باید معرف مجموعه ماده معدنی باشد که از آن نمونه برداری شده است. ارزش عمومی هر نمونه از رابطه مقابل محاسبه می شود:

$$Q=qn$$ تعداد نمونه ها

ارزش وزن کلی

q متوسط وزن نمونه ها

$$n=\left(\frac{tv}{P}\right)^{r}$$

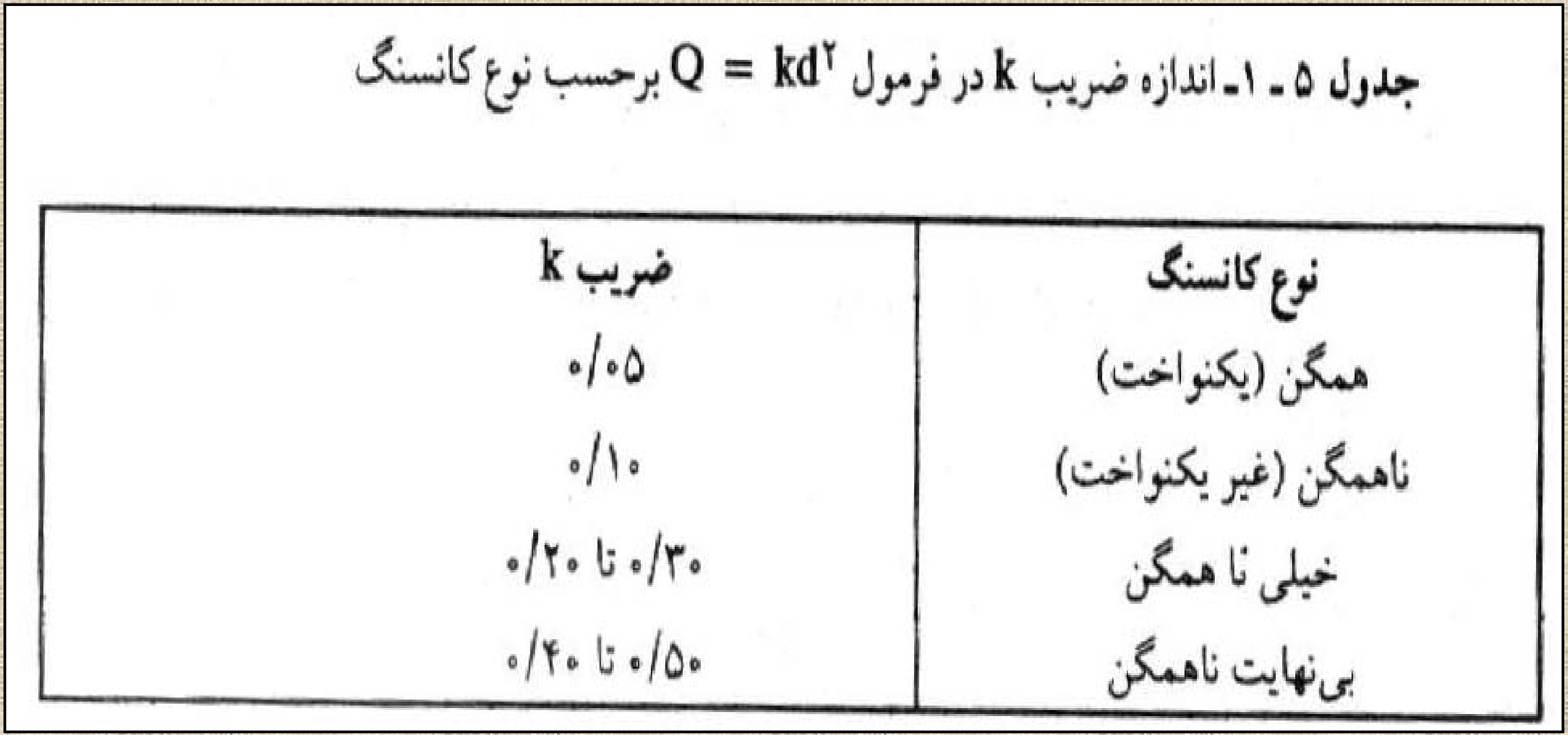
Vضریب تغییرات فلز موجود در نمونه(%) و tضریب احتمال و Pخطای مجاز نمونه برداری

تعیین وزن قابل قبول نمونه

- واضح است که هر قدر اندازه دانه ها ریزتر و یکنواخت تر باشند وزن قابل قبول برای آزمایش آنها کمتر خواهد بود.
- مقدار وزن قابل قبول برای تحویل به آزمایشگاه از رابطه زیر محاسبه می شود: $Q=kd^2$

Qوزن قابل قبول برحسب کیلوگرم، kعددی تجربی که بستگی به نوع کانسنگ دارد (جدول1-5)

dقطر بزرگترین دانه ها برحسب میلیمتر



جدول ۵ ـ ۱ـ اندازه ضریب k در فرمول $Q = kd^2$ برحسب نوع کانسنگ

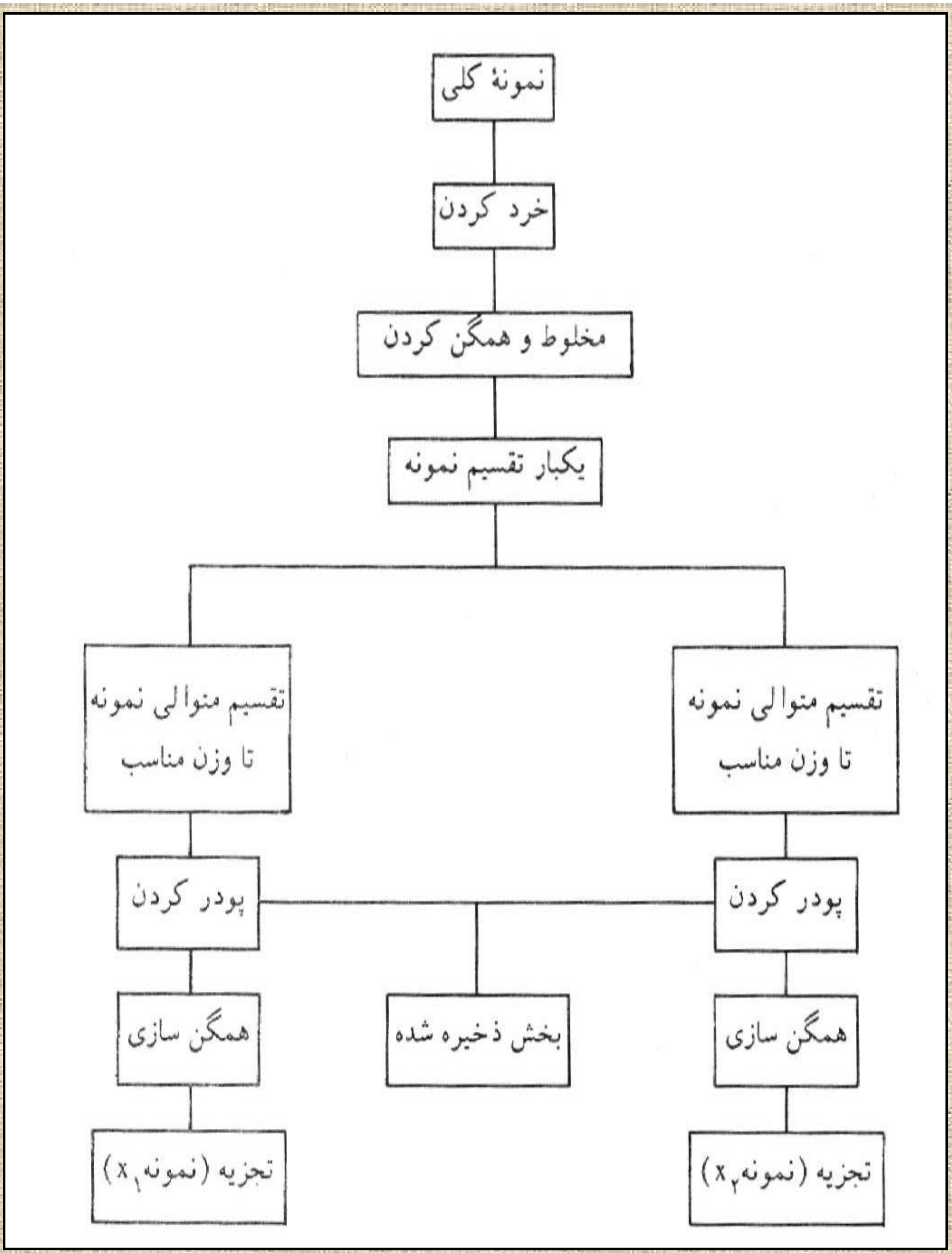
نوع کانسنگ	ضریب k
همگن (یکنواخت)	۰/۰۵
ناهمگن (غیر یکنواخت)	۰/۱۰
خیلی نا همگن	۰/۳۰ تا ۰/۲۰
بی‌نهایت ناهمگن	۰/۵۰ تا ۰/۴۰

نمونه تحویلی به آزمایشگاه

- این است مقدار نمونه ای که در آزمایشگاه عیار سنجی می شود:

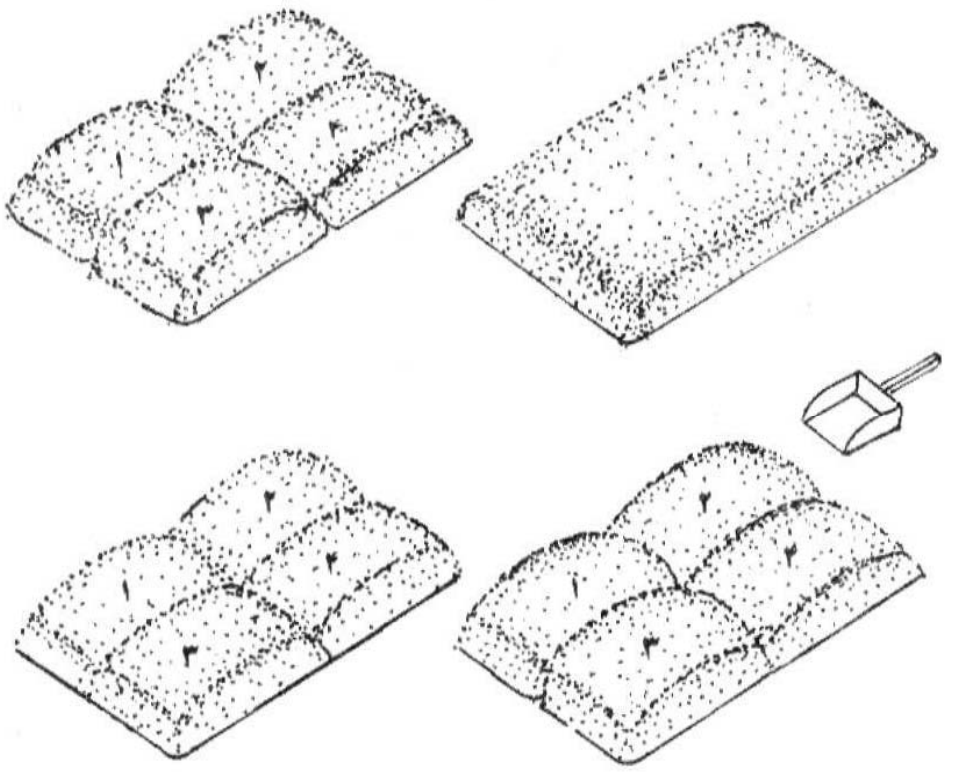
آماده سازی نمونه ها

- آماده سازی شامل کلیه مراحلی است که طی آنها نمونه پس از خشک کردن و پودر شدن به صورت یک نمونه هموژن در می آید:

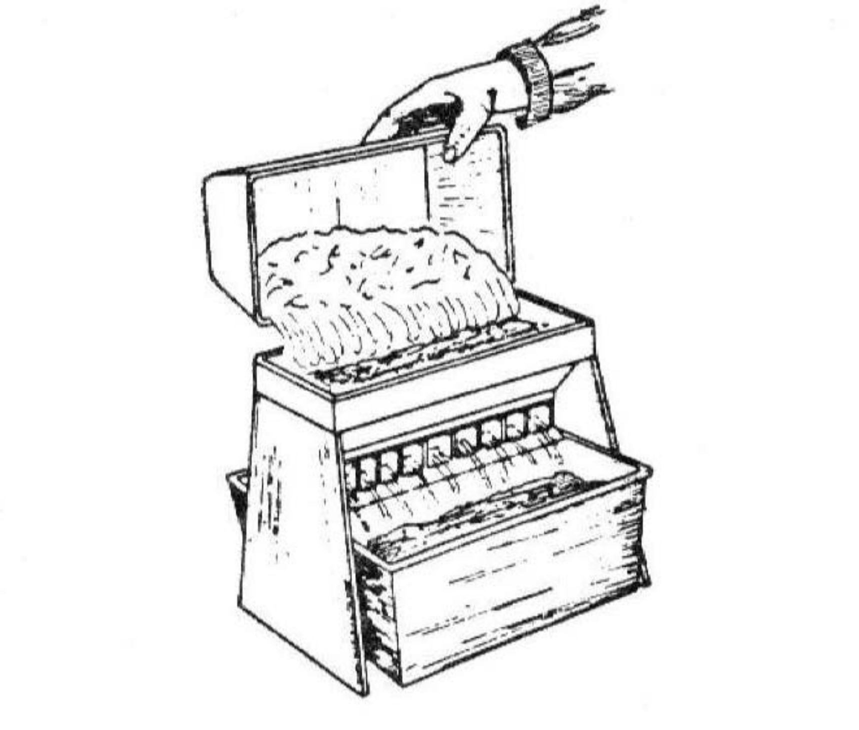

نمونهٔ کلی
خرد کردن
مخلوط و همگن کردن
یکبار تقسیم نمونه
تقسیم متوالی نمونه تا وزن مناسب
تقسیم متوالی نمونه تا وزن مناسب
پودر کردن
پودر کردن
همگن سازی
بخش ذخیره شده
همگن سازی
تجزیه (نمونه x۲)
تجزیه (نمونه x۱)

- **خرد و پودر کردن :** قبل از تقسیم کردن نمونه کلی و رساندن وزن آن به حد مناسب، بایستی آن را خرد و پودر کرد. برای این کار از انواع سنگ شکن های آزمایشگاهی و پودر کننده ها استفاده می شود.

- **تقسیم و کاهش وزن**: با استفاده از روش دستی و تقسیم کننده شانه ای انجام می شود.



ـ تقسیم و ربع کردن جزء نمونه‌های اولیهٔ برداشت شده



ـ تقسیم نمونه به دو قسمت مساوی بوسیلهٔ تقسیم کنندهٔ شانه‌ای

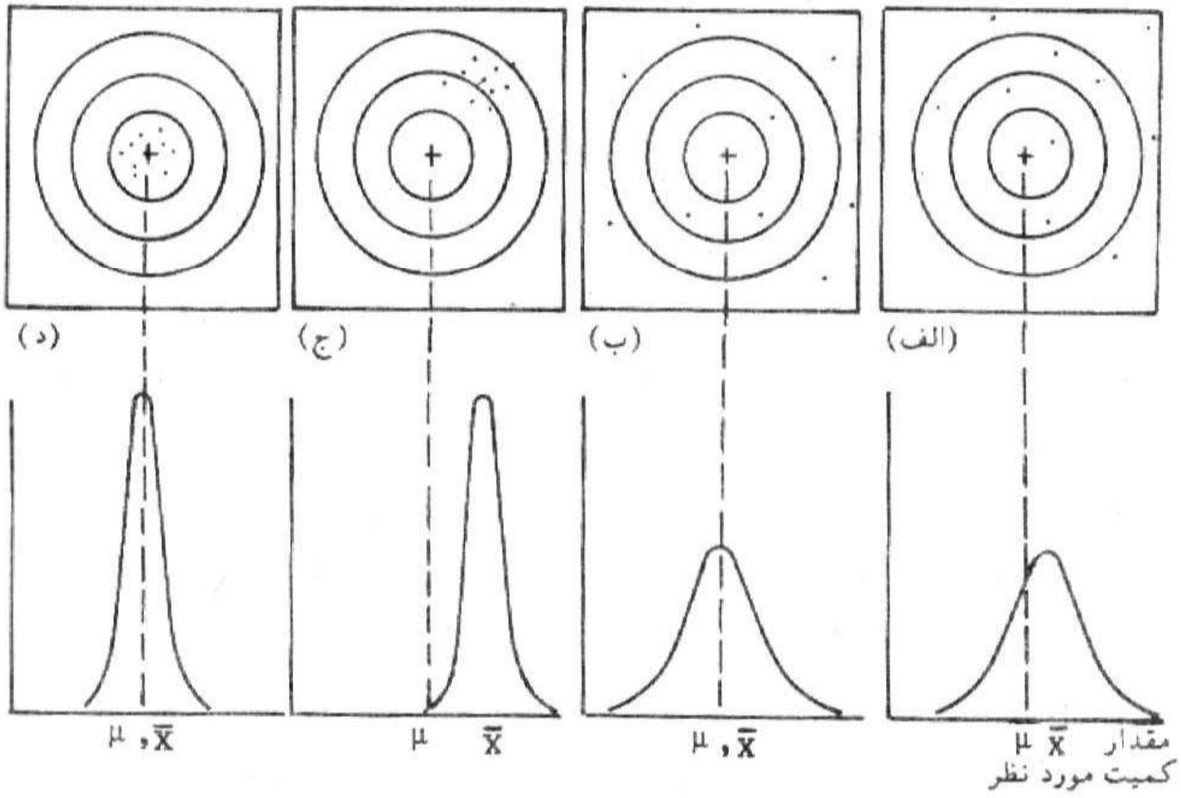
خطاهای نمونه برداری

- کافی نبودن وزن نمونه
- نمونه برداری انتخابی
- انتخاب نادرست روشهای تجزیه شیمیایی
- عیار سنجی نادرست

راه حل

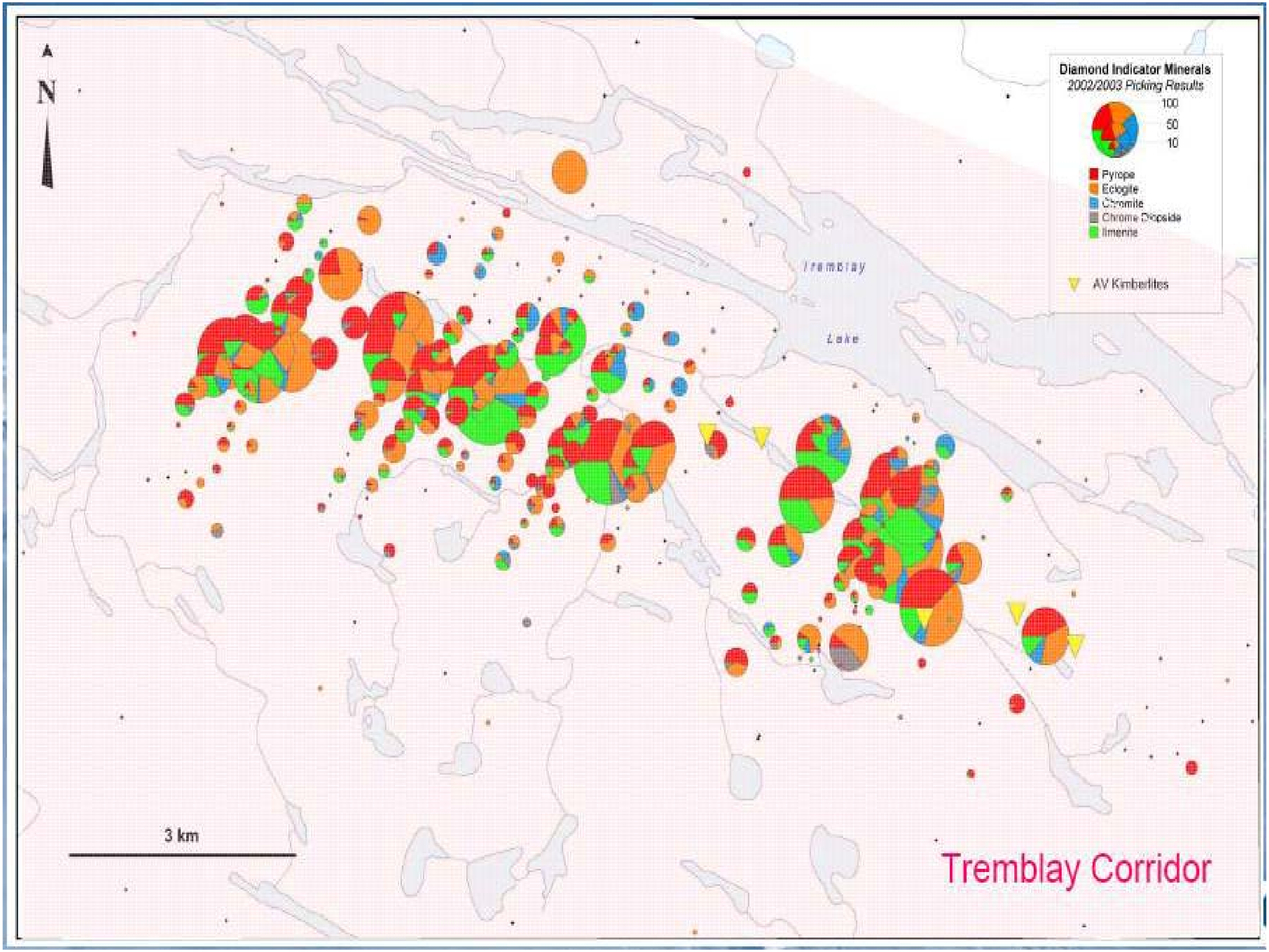
- برداشت وزن مناسب از نمونه براساس اندازه دانه ها
- انجام نمونه برداری معرف و مبین
- انتخاب روشهای مناسب تجزیه شیمیایی
- ارسال نمونه های تکراری برای سنجش دقت آزمایشگاه

مفهوم دقت وصحت درعیار سنجی


(الف)
(ب)
(ج)
(د)
مقدار کمیت مورد نظر
μ $\bar{X}$
μ , $\bar{X}$
μ $\bar{X}$
μ , $\bar{X}$

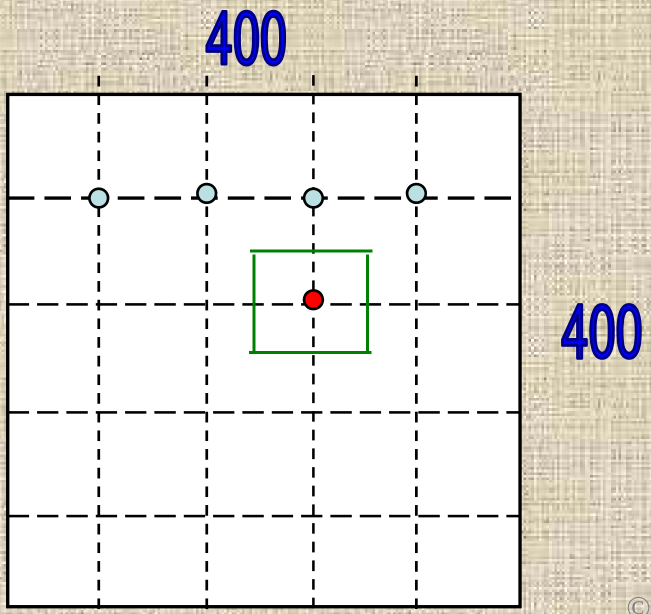
دقت کم ـ صحت کم   دقت کم ـ صحت زیاد   دقت زیاد ـ صحت کم   دقت و صحت زیاد

شکل نمایش تغییرات صحت و دقت اندازه گیریها


N
Diamond Indicator Minerals
2002/2003 Picking Results
100
50
10
Pyrope
Eclogite
Chromite
Chrome Diopside
Ilmenite
AV Kimberlites
Tremblay
Lake
3 km
Tremblay Corridor

ادامه

- هنگامی که یک توده معدنی بطور سیستماتیک در نقاط زیادی نمونه برداری شود، هر نمونه نه تنها معرف نقطه برداشت است بلکه معرف تمام سنگهای اطراف با شعاعی به طول نصف فاصله بین دو نمونه برداری می باشد.



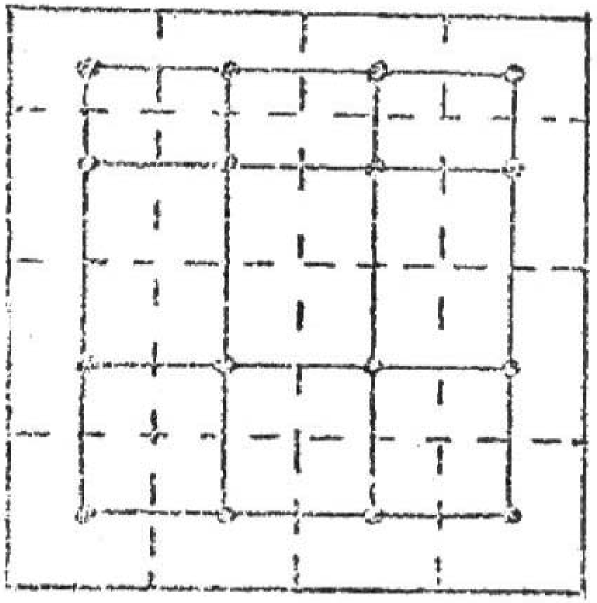
وزن آماری نمونه ها

- در مواقعی که با سه جهت سروکار داریم، از وزن آماری نمونه ها که به مفهوم حجم تأثیرآن است، استفاده می شود. در این صورت وزن آماری هر نمونه باید با حجم بلوکی که نمونه از مرکز آن برداشت می شود، متناسب باشد.
- ولی در مواردی که تنها دو جهت(طول و عرض) قابل اندازه گیری است، مثلاً در جبهه کار در کارگاه استخراج، سطح تونل دنباله رو، وزن آماری بر حسب سطح تأثیر نمونه بیان می شود.

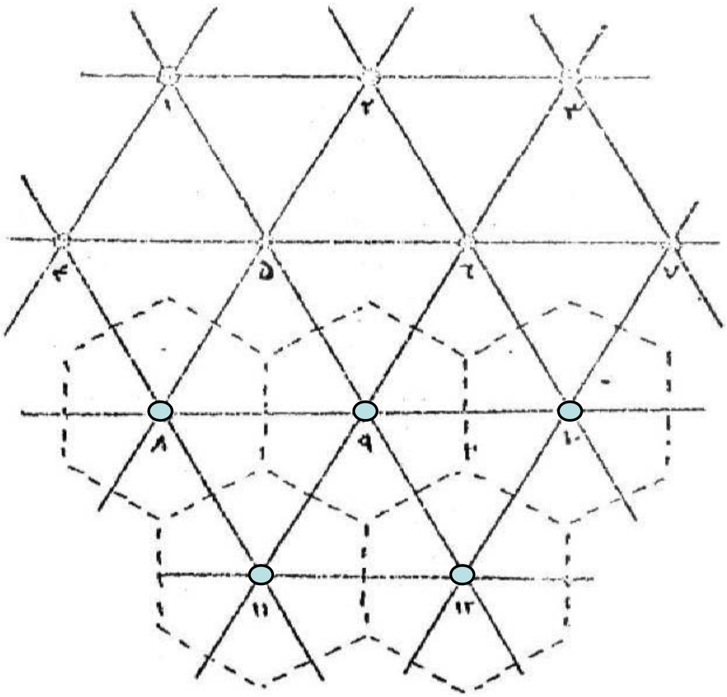
- در نمونه برداری ردیفی که خطی می باشد و تنها در یک جهت ادامه دارند، معمولاً فاصله تأثیر برای هرنمونه به عنوان وزن آماری آن تعیین می شود.

انواع فواصل نمونه برداری

- فواصل یکسان در محورهای عمود برهم
- فواصل با شبکه 60 درجه
- فواصل نیمه منظم
- فواصل نامنظم
- گروه بندی مثلثی



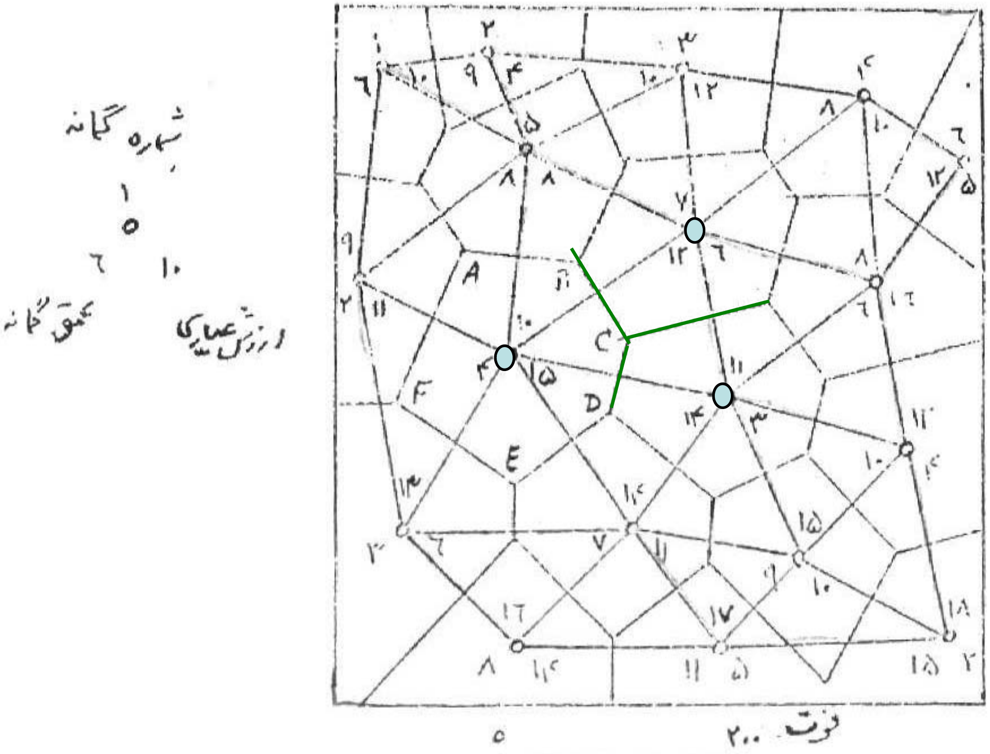
ـ شبکه نمونه‌برداری با فواصل نیمه منظم


۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
۹
۱۰
۱۱
۱۲

شبکه نمونه‌برداری شش گوشهٔ منظم

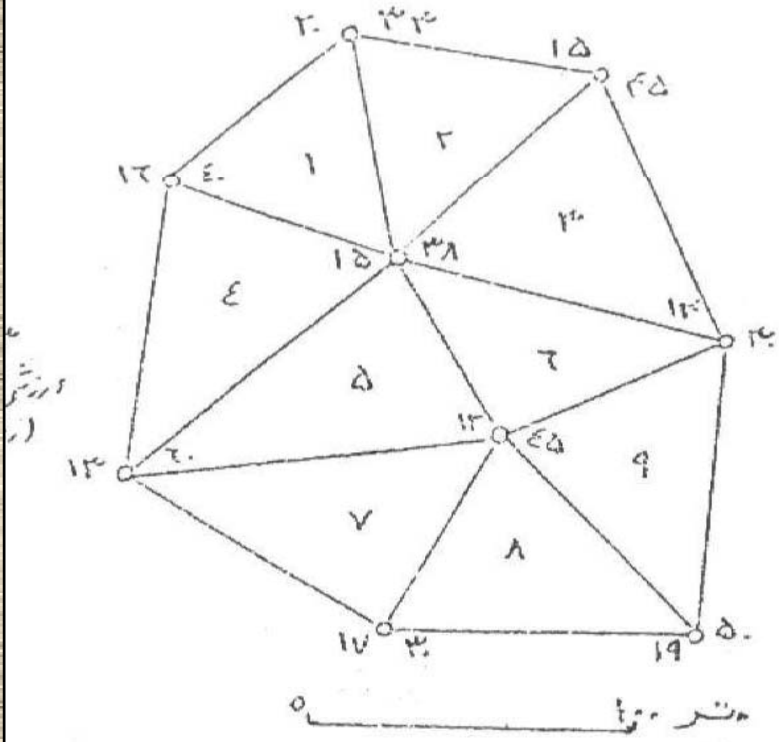
واحد سطح: مثلث متساوی الاضلاع

سطح تأثیر هر نقطه نمونه برداری: شش گوشه منظم



شماره گمانه
۱
۵
۶
۱۰
عمق گمانه
ارزش عیاری
A
C
D
E
F
۰
۲۰۰ فوت

وضع «سطح تأثیر» نمونه در چاههائی با فواصل نامساوی



۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
۹
۰
متر

ـ گروه‌بندی مثلثی در نمونه‌برداری با فواصل نامنظم

حداقل عرض کارگاه استخراج

- باریکترین کارگاهی که از نظر اقتصادی، عملیات معدنکاری را پیش ببرد و در آن کارگران بتوانند کار خود را انجام دهند.
- در رگه های کوارتزطلا دار معمولاً عرض رگه حدود 90 تا 120 سانتیمتر است ولی گاهی ضخامت آن به 15 سانتیمتر کاهش می یابد. واضح است که استخراج رگه 15سانتی بدون بریدن سنگ درونگیر(به منظور ایجاد محیط مناسب برای فعالیت کارگران)امکان ندارد.

ادامه

- چون عرض کارگاه قسمتی از سنگ درونگیر را در بر می گیرد، پس عیار رگه با عیار صفر سنگهای درونگیر جمع شده و در نتیجه کاهش ارزش عیاری کاهش می یابد .
- بنابراین به منظور جلوگیری از بروز خطا، باید حداقل عرض کارگاه استخراج برای کار روی رگه محاسبه گردد.
- در نمونه برداری از کارگاه استخراجی دو داده شامل طول شیار حفرشده در رگه و عرض کارگاه ثبت می شود.

فصل ششم

محاسبه ذخیره به روش سنتی

قوانین محاسبه ذخیره

اطلاعات لازم برای تخمین ذخیره

تقسیم بندی ذخایر معدنی

مقدمه

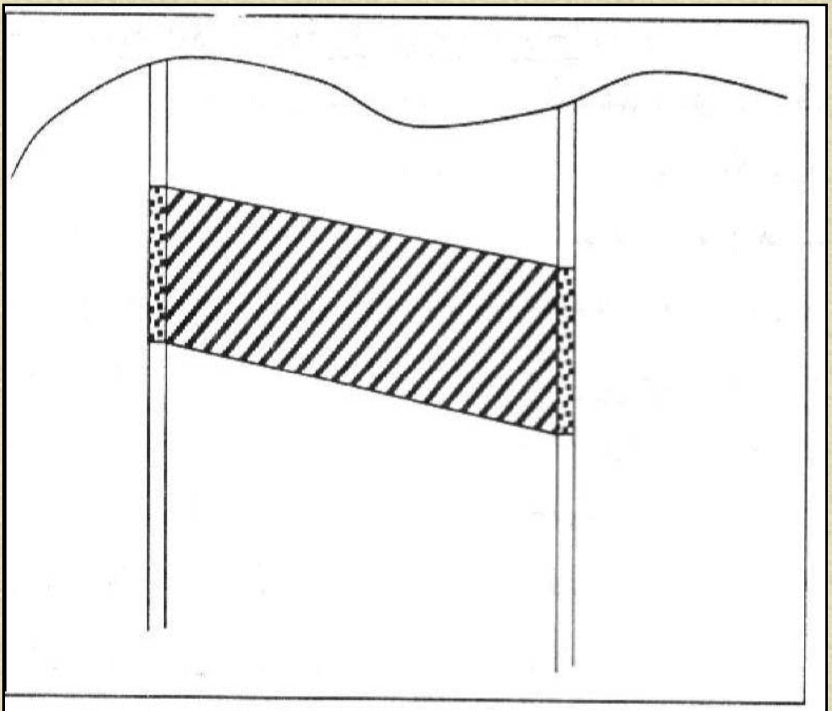
- محاسبه ذخیره کانسار یکی از اهداف عملیات اکتشاف است و تنها پس از این مرحله می توان در مورد امکان استخراج کانسار قضاوت کرد.
- ذخیره ماده معدنی براساس اطلاعات محدود محاسبه می شود، بنابراین توأم با خطا خواهد بود.
- انتخاب روش محاسبه ذخیره، تابع وضعیت ماده معدنی و مشخصات کارهای اکتشافی است. بهتر است ذخیره با چند روش محاسبه و میانگین آنها مدنظر قرار گیرد.

فرضیات محاسبه ذخیره

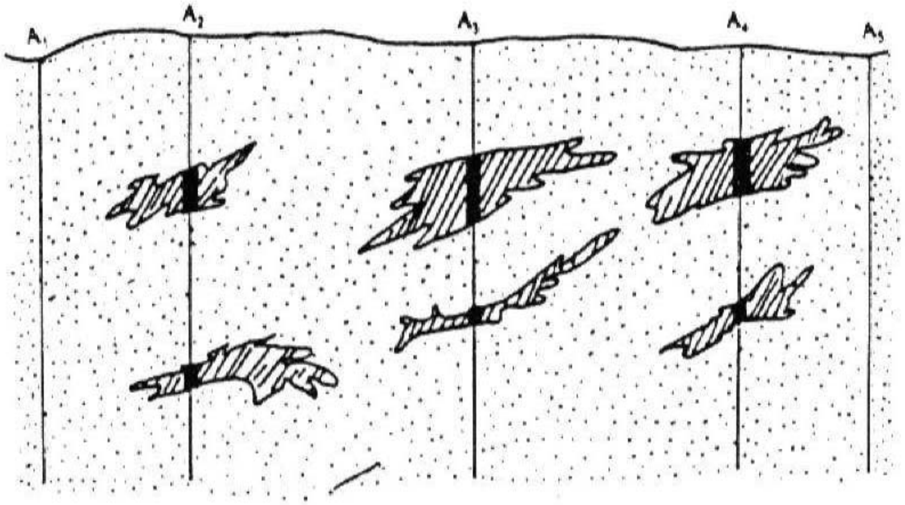
- برای محاسبه ذخیره، بایستی شکل ماده معدنی تجسم شود. فرضیاتی که در تعیین نوع گسترش مواد معدنی در عمق به کار می رود، شامل موارد ذیل است:
- فرض اول: تداوم
- فرض دوم: تغییرات تدریجی
- فرض سوم: نزدیک ترین نقاط

فرض تداوم

- اگر ماده معدنی در عمق بوسیله دو گمانهٔ مجاور قطع شده باشد، فرض بر این است که ماده معدنی در فاصله این گمانه ها ادامه داشته باشد(شکل6-1).
- مگر آنکه اطلاعاتی مبنی بر اثبات عدم پیوستگی کانسنگ(مانند تأثیر عوامل تکتونیکی) در بین آنها وجود داشته باشد(شکل6-2).



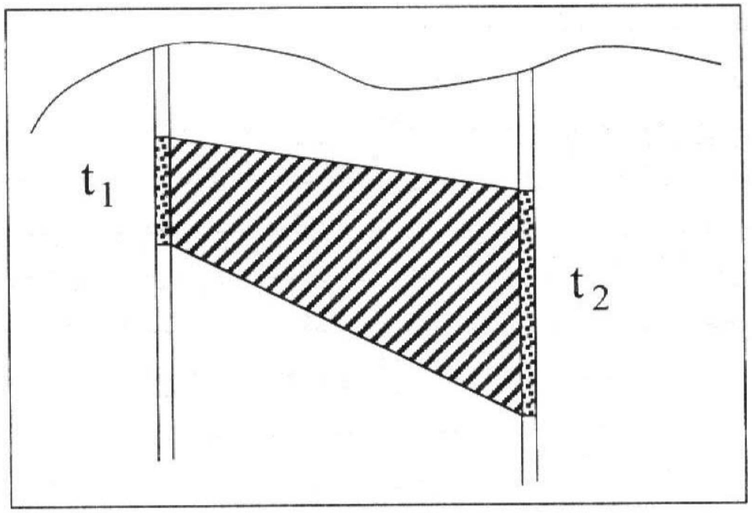
شکل(6-1): فرض پیوستگی ماده معدنی بین دو گمانه


A_1
A_2
A_3
A_4
A_5

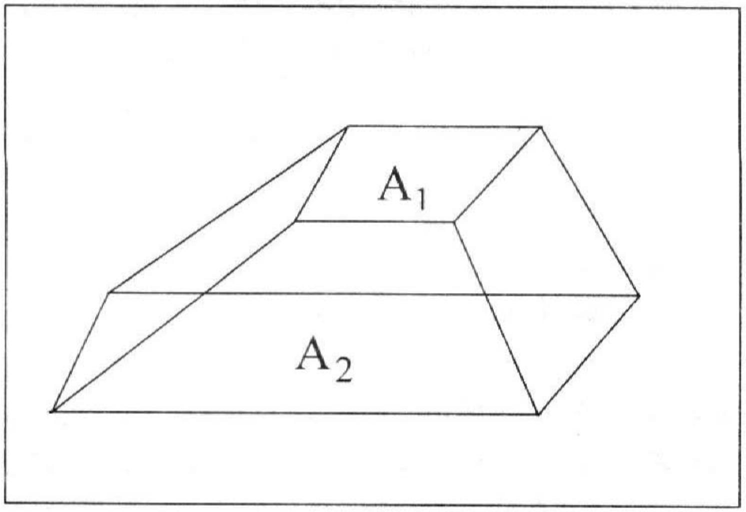
شکل ۶ـ۲ـ تعبیر دیگری از مقطع ماده معدنی

فرض تغییرات تدریجی

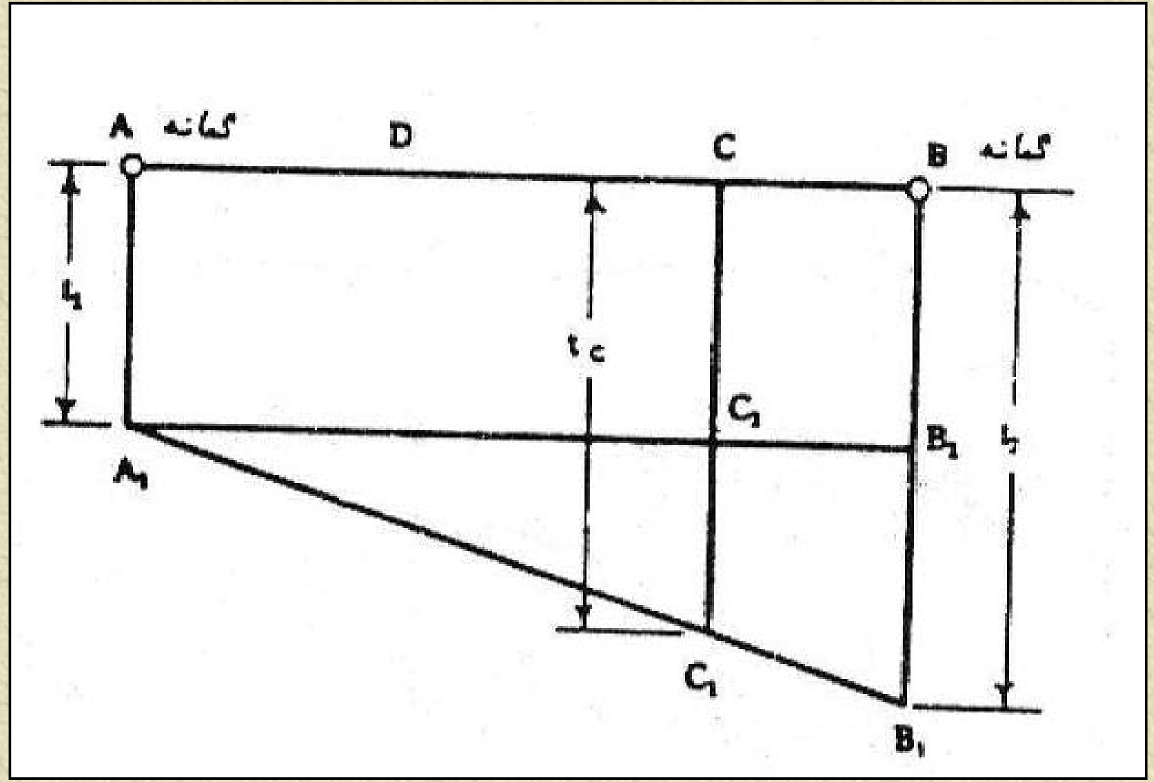
- فرض تغییرپذیری خطی ضخامت کانسنگ و باطله بدان معنی است که ضخامت کانسنگ در فاصله دو مقطع، بطور تدریجی ومطابق یک رابطه خطی تغییر می کند (شکل6 -3).
- همچنین اگر سطح کانسنگ در مقطع افقی یا قائم **x** برابر **A_1** و در مقطع مجاور آن یعنی **y** برابر **A_2**باشد، آنگاه تغییر از **A_1** به**A_2** بصورت خطی صورت می گیرد (شکل6-4).



شکل(۶-۳) : فرض تغییرات خطی تبدیل ضخامت t_1 به t_2



شکل(۶-۴) : فرض تغییرات خطی در تبدیل سطح مقطع A_1 به A_2

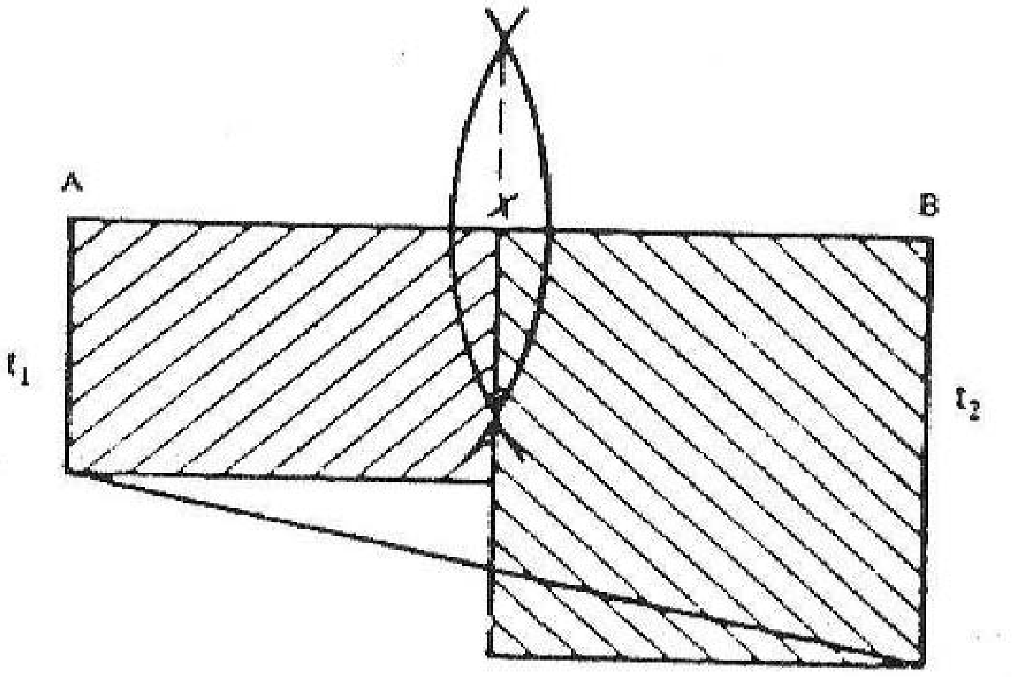

A گمانه
D
C
B گمانه
t_1
t_c
C_1
B_1
t_2
A_1
C_1
B_1

- به عنوان مثال، اگر ضخامت ماده معدنی در گمانه های A و B به ترتیب t_1 و t_2 باشد، مطابق این فرض ضخامت ماده معدنی در نقطه C از رابطه زیر به دست خواهد آمد:

$$t_c = t_1 + (t_2 - t_1)\frac{AC}{AB}$$

فرض نزدیکترین نقاط

- طبق این فرض، مشخصات نقاطی را که بین دو گمانه یا تونل اکتشافی قرار دارد، ثابت و برابر مشخصه نزدیکترین ایستگاه به آن در نظر می گیرند. مثلاً اگر ضخامت ماده معدنی در دو گمانه **A** و **B** به ترتیب برابر t_1 و t_2 باشد(شکل5-6)، فرض می کنند که:

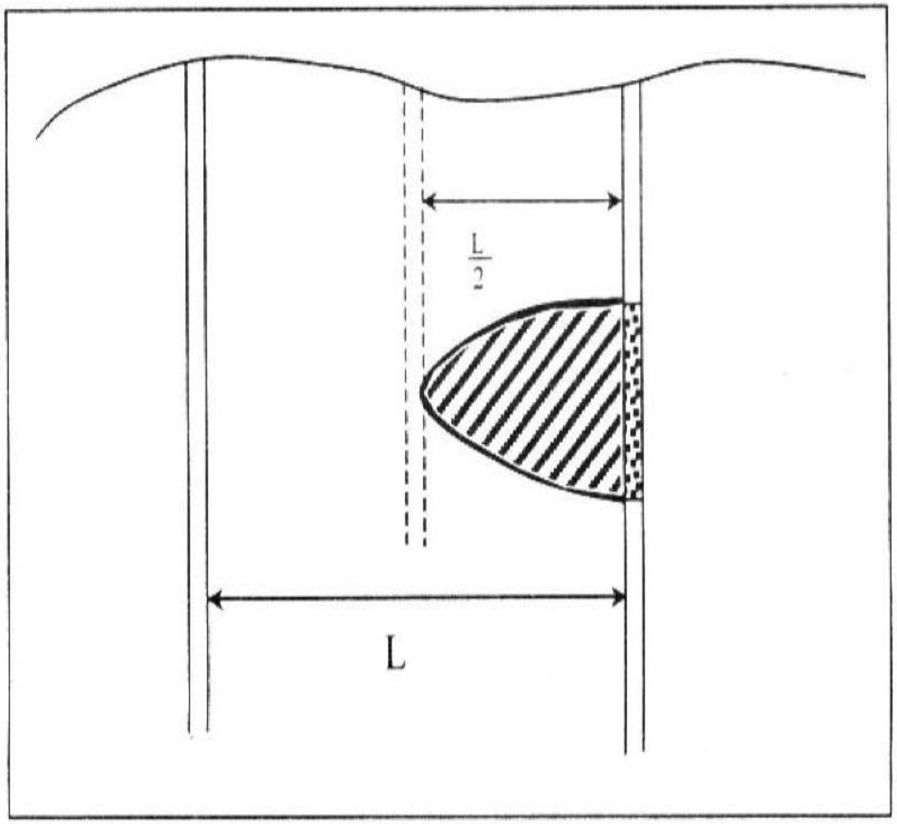


شکل 6-5 ـ قانون نزدیکترین نقاط

- ضخامت از نقطه A تاX برابر t_1 واز این نقطه تا Bبرابر t_2 باشد و بدین ترتیب، ضخامت ماده معدنی در هر نقطه روی خط AB را بسته به اینکه به A یا B نزدیک تر باشد، برابر t_1 یا t_2 در نظر می گیرند.

ادامه

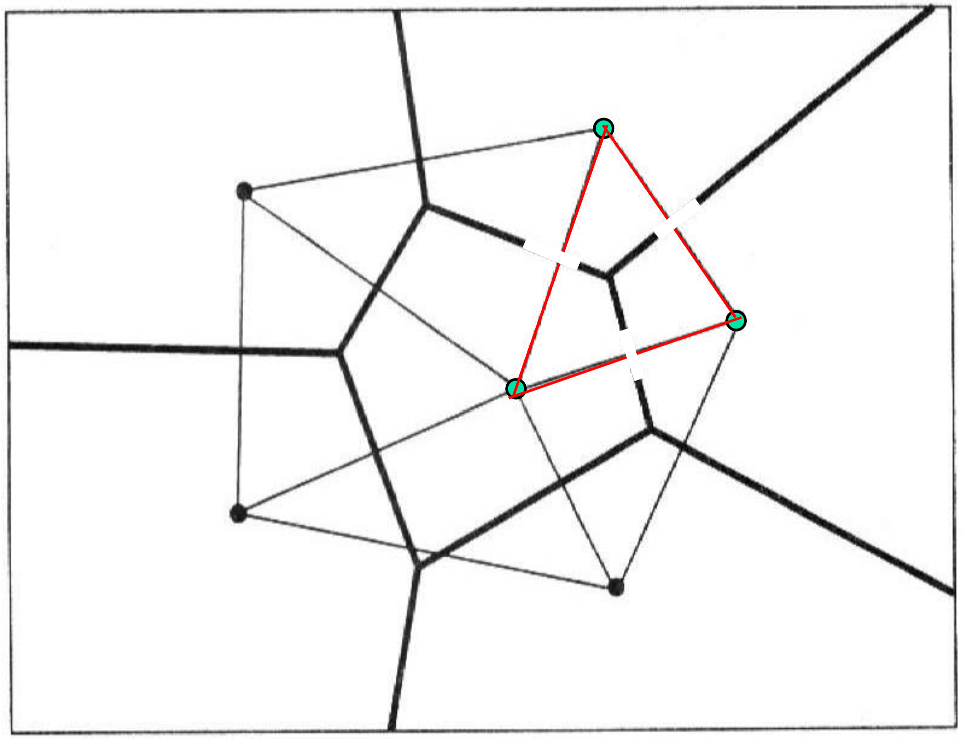
- فرض سوم :به شعاع تأثیر مساوی داده ها نیز موسوم است. یعنی اگر در یک گمانه مادهمعدنی قطع شود و در گمانهٔ مجاور آن قطع نشود ماده معدنی تا وسط فاصله بین دو گمانه باید ادامه یابد و از آن به بعد قطع می شود. این بدان معنی است که اگر فاصله بین دو گمانه lباشد شعاع تأثیر هر دو گمانه مساوی و برابر $l_{/2}$ است (شکل6-6).



شکل(۶-۶): فرض شعاع تأثیر مساوی گمانه‌ها

نتیجه

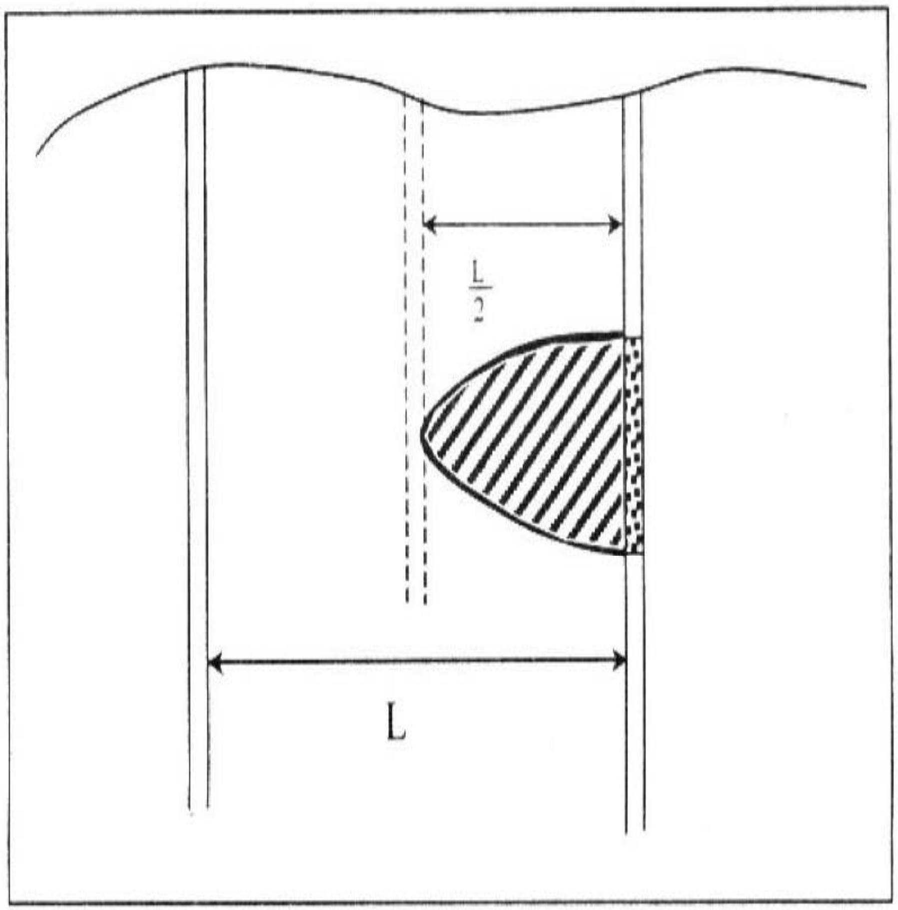
- در روش سنتی، شعاع تأثیر براساس ویژگیهای تغییرپذیری عیار و توزیع فضایی آن در جهات مختلف تعیین نمی شود، بلکه تابع ابعاد شبکه برداشت ها است. از این رو اگر توزیع گمانه ها در محدوده یک کانسار را در نظر بگیریم، محدوده تأثیر هر گمانه به صورت یک چندضلعی که اضلاع آن عمود منصف های خطوط واصل بین گمانه مورد نظر و گمانه های واقع در همسایگی آن است، تعریف می شود(شکل6-7).



شکل(۶-۷): محدودهٔ تأثیر گمانه‌های واقع در یک کانسار

درون یابی

به تخمین یک پارامتر در نقطه ای که در اطراف آن داده وجود دارد، درون یابی گفته می شود. اگر ماده معدنی در یک گمانه قطع شده باشد و در گمانه دیگر قطع نشده باشد(شکل6-6)، ماده معدنی از گمانه اول تا وسط فاصله بین دو گمانه گسترش داده می شود.



شکل(۶-۶): فرض شعاع تأثیر مساوی گمانه‌ها

برون یابی

- گمانه سمت چپ را در نظر می گیریم. در سمت چپ این گمانه هیچ گونه داده ای در دسترس نمی باشد. در این گونه موارد باید تخمین به صورت برون یابی انجام شود. مقدار برون یابی معمولاً برابر 1/4 فاصله بین داده ها منظور می شود. مثلاً در شکل اطلاعات در فاصله l موجود است بنابراین ماده معدنی را تا فاصله l/4 از گمانه سمت چپ می توان گسترش داد.

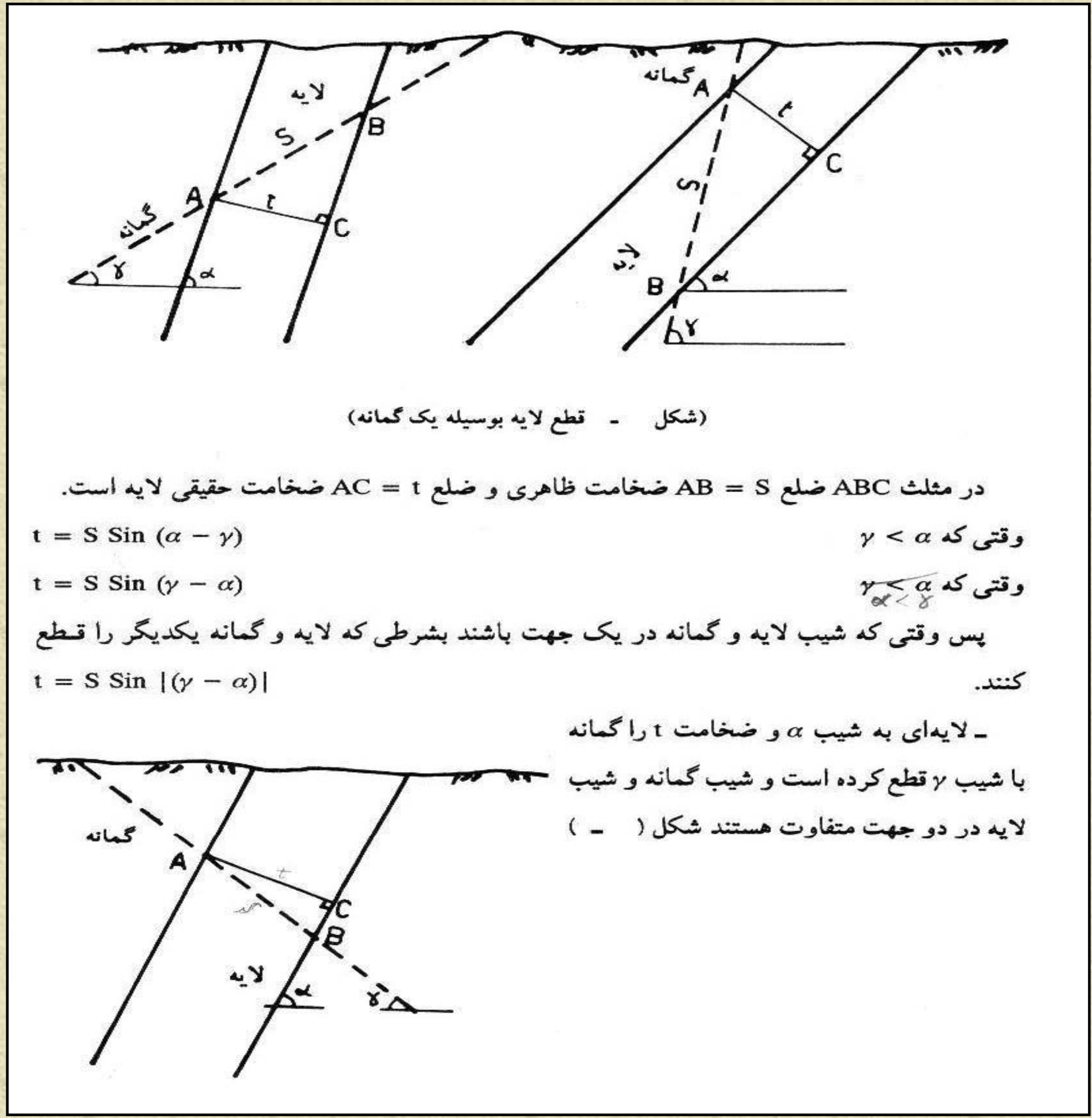
مشخصه های اصلی در محاسبه ذخیره

- وزن ماده معدنی عبارت از : $P=WC$ که در آن W وزن سنگ معدن و C عیار ماده معدنی است
- از طرفی: $W=V\gamma$ که در آن V حجم و γ وزن مخصوص ماده معدنی است
- حجم ماده معدنی از رابطه $V=St$ بدست می آید که در آن S سطح مقطع ماده معدنی و t ضخامت واقعی آنست

اطلاعات لازم برای تعیین ذخیره

- ضخامت، مساحت، وزن مخصوص، عیار

محاسبه ضخامت ماده معدنی در کارهای اکتشافی


لایه
S
B
A
t
C
گمانه
γ
α
گمانه
A
t
C
S
لایه
B
α
γ
گمانه
A
t
C
B
S
لایه
α
γ

(شکل - قطع لایه بوسیله یک گمانه)

در مثلث ABC ضلع AB = S ضخامت ظاهری و ضلع AC = t ضخامت حقیقی لایه است.

وقتی که $\gamma < \alpha$ $t = S \sin(\alpha - \gamma)$

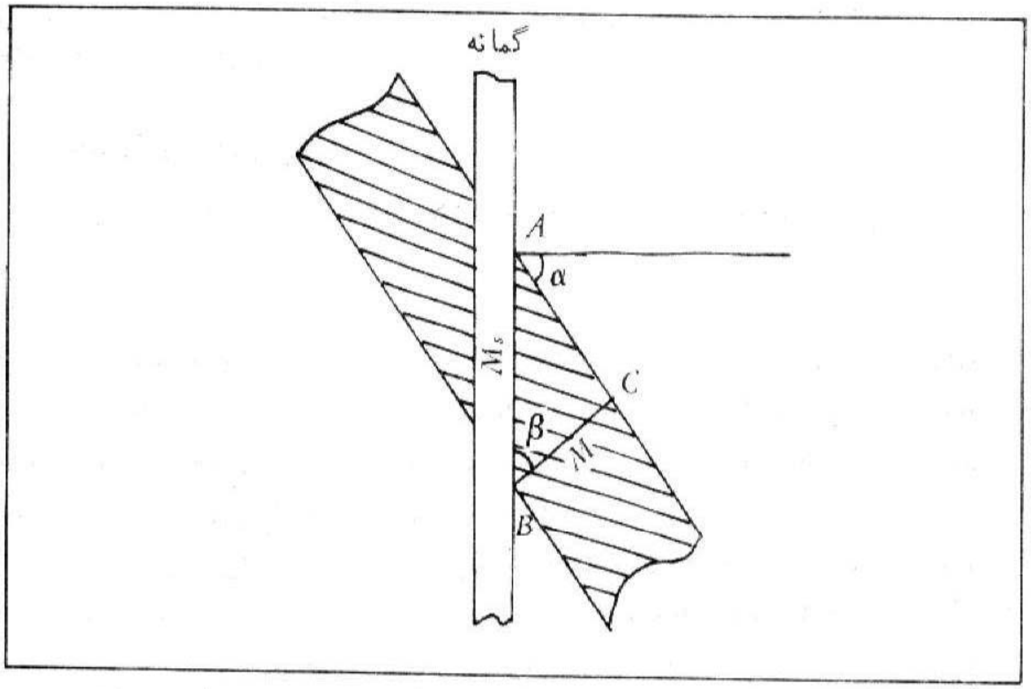
وقتی که ~~$\gamma < \alpha$~~ $\alpha < \gamma$ $t = S \sin(\gamma - \alpha)$

پس وقتی که شیب لایه و گمانه در یک جهت باشند بشرطی که لایه و گمانه یکدیگر را قطع کنند. $t = S \sin |(\gamma - \alpha)|$

ـ لایه‌ای به شیب α و ضخامت t را گمانه با شیب γ قطع کرده است و شیب گمانه و شیب لایه در دو جهت متفاوت هستند شکل (ـ)

بین ضخامت حقیقی (t) و ضخامت ظاهری لایه(S) روابط زیر موجود است:

ـ لایه ای به شیب α و ضخامت t را گمانه ای به شیب γ قطع کرده است و شیب گمانه و شیب لایه در یک جهت هستند.



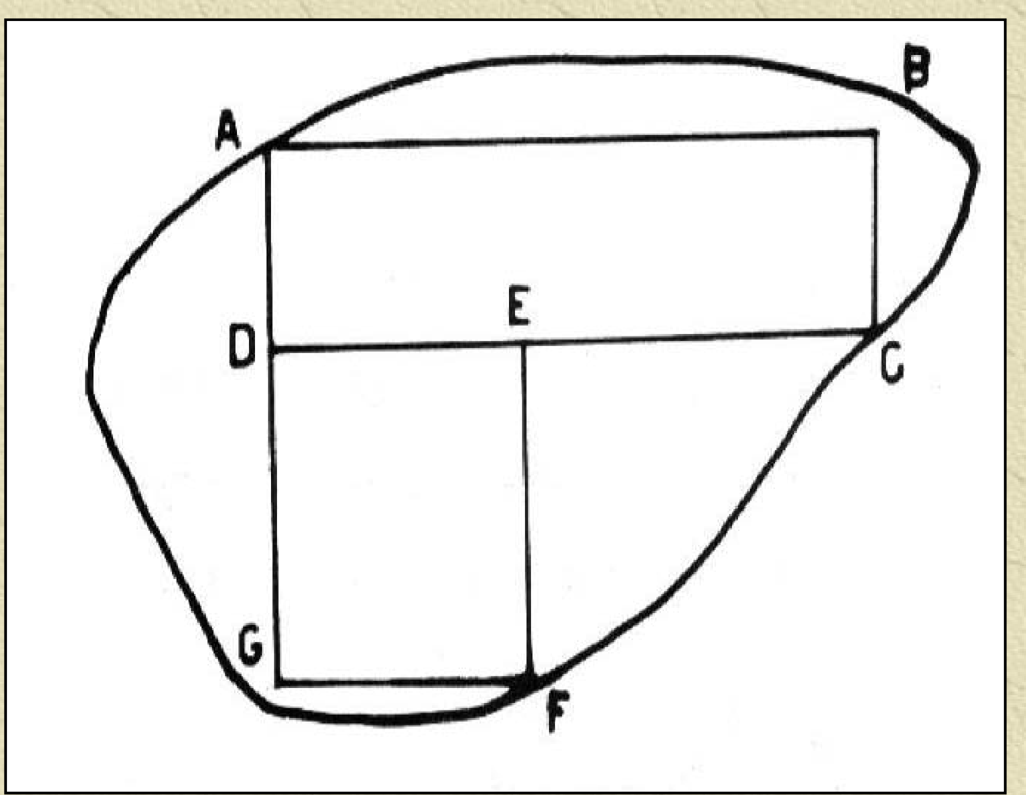
شکل محاسبهٔ ضخامت واقعی با در دست‌داشتن ضخامت ظاهری و زاویهٔ شیب طبقه.

اگر مقطع اندازه گیری قائم (گمانه های قائم) و ماده معدنی شیب دار باشد، ضخامت واقعی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$M=M_s \cos a$$

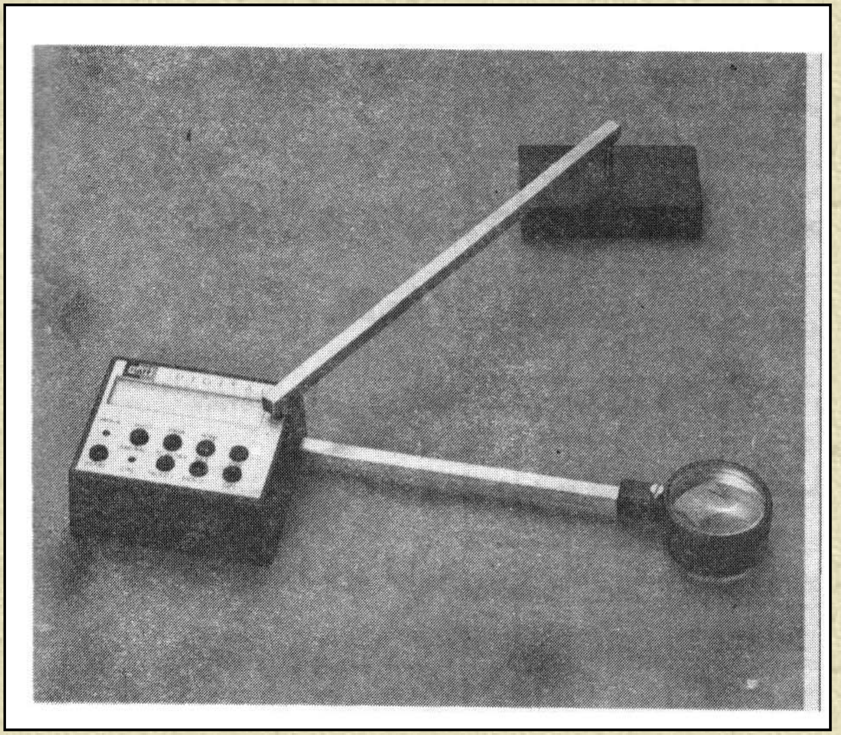
تعیین مساحت

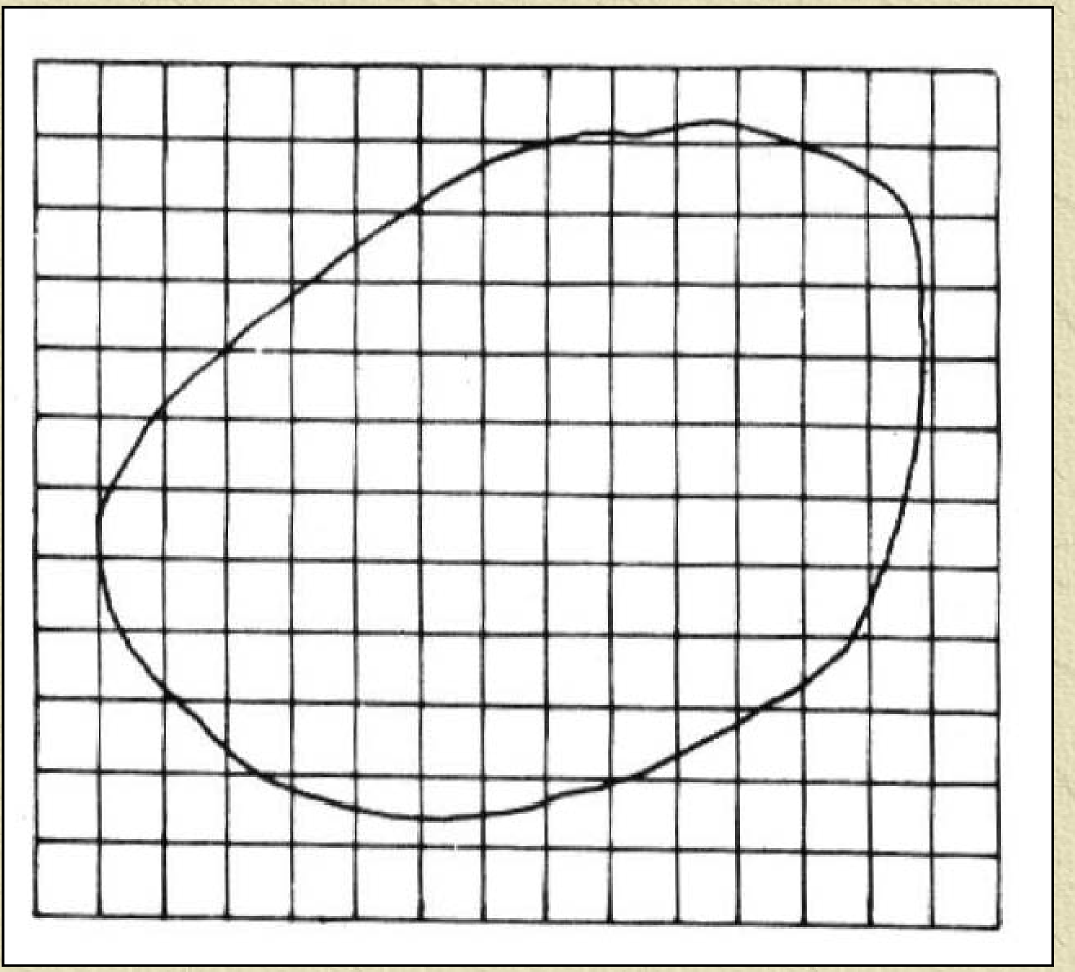
- اگر توده معدنی، شکل هندسی منظمی داشته باشد یا اینکه بتوان آن را به اشکال هندسی تقسیم کرد، محاسبه سطح آن به کمک قواعد هندسی و مقیاس نقشه انجام می شود.



ادامه

- در سایر موارد از سطح سنج یا روش شبکه بندی استفاده می شود.
- پلانیمتر یا سطح سنج وسیله دقیق الکترونیکی است دارای دو بازو که نوک خودکار آن را روی محیط منحنی حرکت داده و دستگاه با توجه به مقیاس داده شده، مساحت کلی را بدست می آورد.

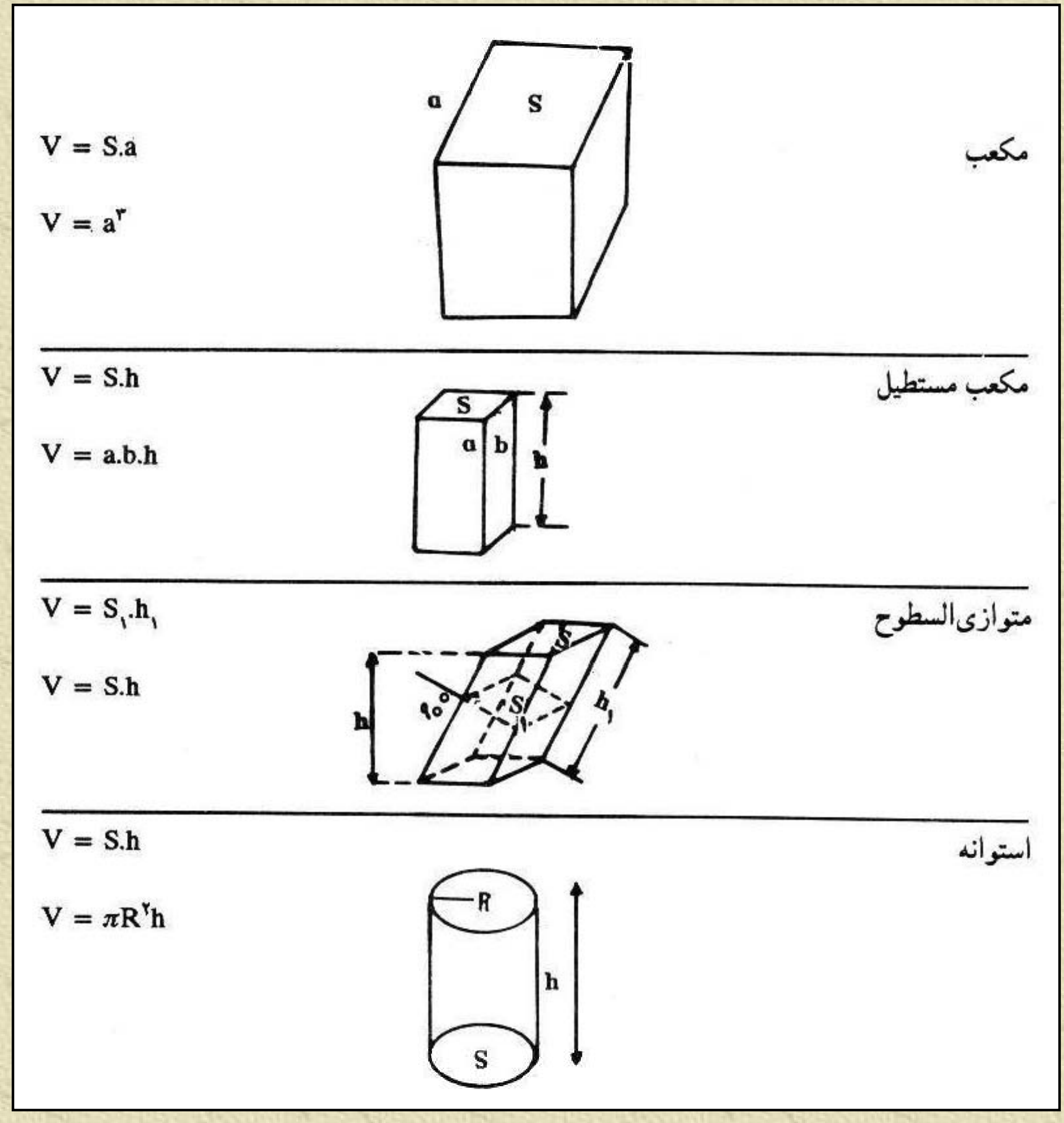




- در روش شبکه بندی سطح مورد نظر را با شبکه ای از مربع می پوشانند. با شمارش مربعها مساحت منحنی بدست می آید. در این شمارش تعداد مربعهای ناقص را نصف کرده و با تعداد مربعهای کامل جمع می کنند.

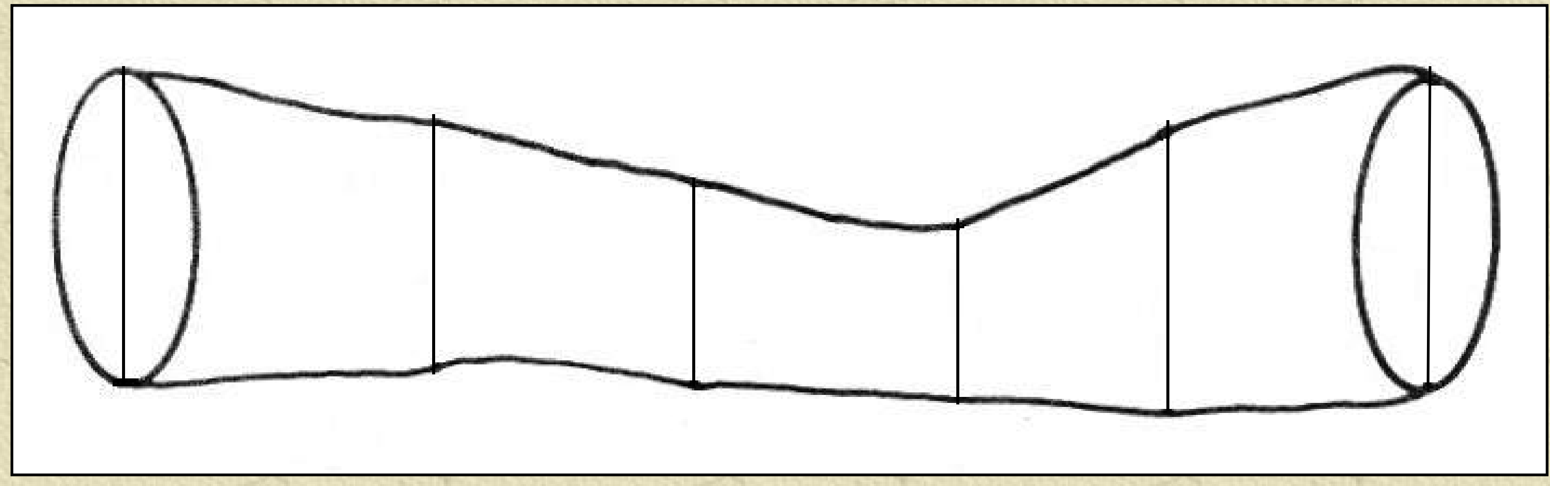
تعیین حجم

- برای تعیین وزن سنگ معدن بایستی حجم ماده معدنی محاسبه گردد. مثالهایی از فرمولهای محاسبه حجم اشکال هندسی دیده می شود.



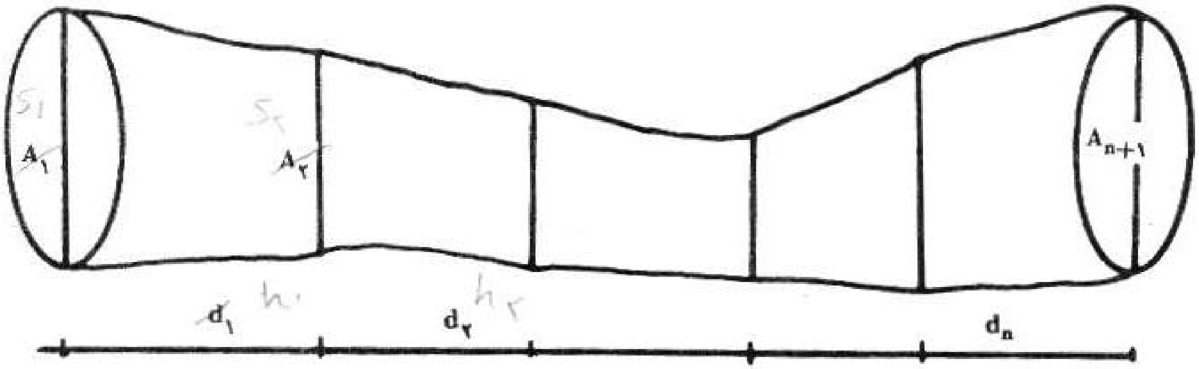
مکعب
$V = S.a$
$V = a^{۳}$
a
S
مکعب مستطیل
$V = S.h$
$V = a.b.h$
S
a
b
h
متوازی السطوح
$V = S_{۱}.h_{۱}$
$V = S.h$
S
$S_{۱}$
۹۰°
h
$h_{۱}$
استوانه
$V = S.h$
$V = \pi R^{۲}h$
R
h
S

برای محاسبه حجم عوارض غیر هندسی (مثل شکل زیر) چه باید کرد؟



عارضه مورد نظر را با تعدادی صفحات موازی و به

فاصله hاز یکدیگر قطع کرده و مساحت مقاطع بدست آمده را S1، S2 و... Snمی نامیم.



(شکل -)

الف) روش متوسط مساحتها: در این روش معدل مساحت هر دو مقطع متوالی را در فاصله عمودی بین آن دو مقطع ضرب می‌کنیم.

حجم محصور بین $s_۱$, $s_۲$

$$V_۱ = \frac{s_۱ + s_۲}{۲} * h$$

حجم محصور بین $s_۲$, $s_۳$

$$V_۲ = \frac{s_۲ + s_۳}{۲} * h$$

....

$$V_n = \frac{s_{n-۱} + s_n}{۲} * h$$

حجم کل عارضه

$$V_x = V_۱ + V_۲ + ... + V_n$$

دقت این روش کمتر از سایر روشهای محاسبه حجم است و هرچه اختلاف دو سطح مقطع بیشتر باشد دقت محاسبه حجم بیشتر کاهش می‌یابد.

تعیین وزن مخصوص

- تعریف: وزن واحد حجم هر جسم به نام وزن مخصوص خوانده می شود.
- روش اندازه گیری:

$$\text{وزن مخصوص نسبی} = \frac{\text{وزن نمونه در هوا}}{\text{وزن نمونه در آب - وزن نمونه در هوا}}$$

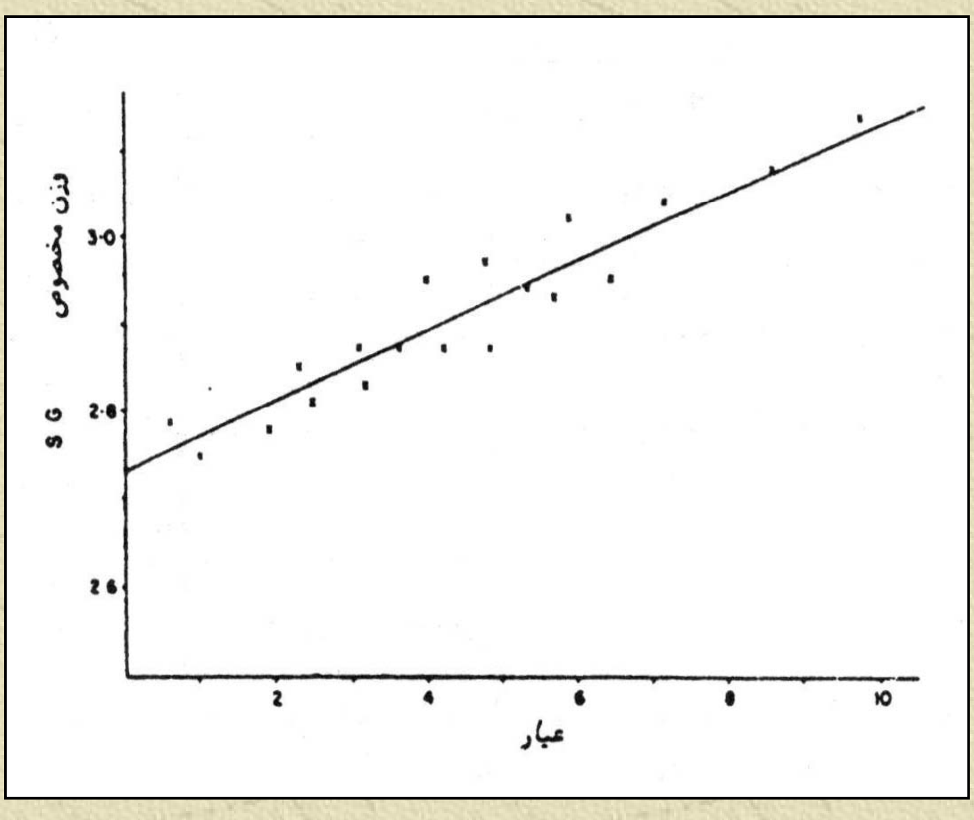
ادامه

- وزن مخصوص سنگها به دو صورت نمونه خشک و اشباع شده بیان می شود. در سنگهایی که تخلخل کمی دارند، این دو وزن مخصوص تقریباً مساوی است اما در مورد سنگهایی با تخلخل زیاد، تفاوت آنها قابل توجه است. از آنجا که قسمت عمده کانسار زیر سطح ایستابی واقع است، بنابراین از وزن مخصوص خشک استفاده می گردد.
- وزن مخصوص بسته به عیار ماده معدنی تغییر می کند.

معمولاً وزن مخصوص سنگ معدن را با توجه به عیار متوسط آن محاسبه می کنند.

- اگر تغییرات وزن مخصوص سنگ معدن نسبت به عیار رابطه خطی نشان دهد، با استفاده از روش آماری “کمترین مربعات” می توان معادله خط را به صورت $y=ax+b$ نوشت. با جاگذاری عیار متوسط به جای x، وزن مخصوص کانسنگ محاسبه می شود.

$y = 0.0406x + 2.729$



در مورد کانسارهای آبرفتی و پلاسرها، تعیین وزن مخصوص مشکل تر است؟

وزن مخصوص در این کانسارها تابع:

- اندازه دانه ها
- درجه تراکم
- میزان آب محتوی

بنایراین محاسبه ذخیره و عیار این گونه کانسارها بر حسب حجم صورت می گیرد.

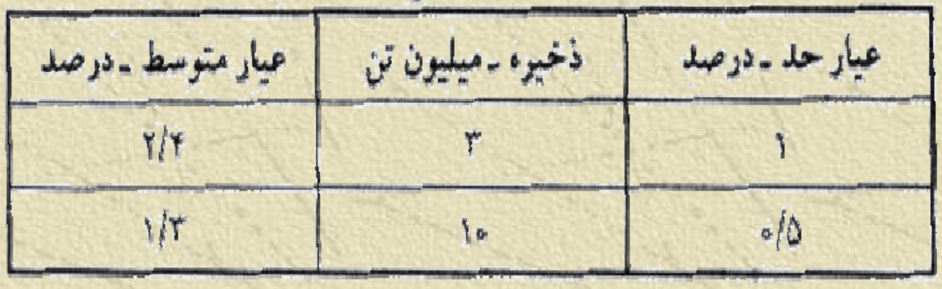
محاسبه عیار

- عیار در تعیین ذخیره کانسارهای فلزی یکی از مهمترین ویژگیهاست و بایستی با دقت هر چه بیشتر محاسبه گردد.
- برای تعیین عیار متوسط منطقه، باید توزیع فراوانی ماده معدنی در داخل کانسار معلوم شود(توزیع طبیعی یا لگاریتمی).
- اگر توزیع لگاریتمی باشد(مثلاً در کانسارهای طلا و مولیبدن)، استفاده از متوسط گیری ریاضی برای محاسبه عیار متوسط کانسار نتایج نادرستی به دست می دهد.

عیار حد

- قبل از محاسبه ذخیره، بایستی حداقل عیار مورد قبول را که به عیار حد موسوم است، تعیین نمود. معمولاً این عیار کمی پائین تر از عیار مینیمم اقتصادی در نظر گرفته می شود.
- عیار حد کانسار بایستی با دقت و با توجه به تمام مسائل انتخاب شود زیرا این عیار نقش مهمی در میزان ذخیره و ارزش اقتصادی کانسار به عهده دارد(جدول6-2).

جدول ۶-۲- تغییرات ذخیره یک کانسار نیکل به ازای عیار حدهای مختلف



عیار حد ـ درصد	ذخیره ـ میلیون تن	عیار متوسط ـ درصد
۱	۳	۲/۴
۰/۵	۱۰	۱/۳

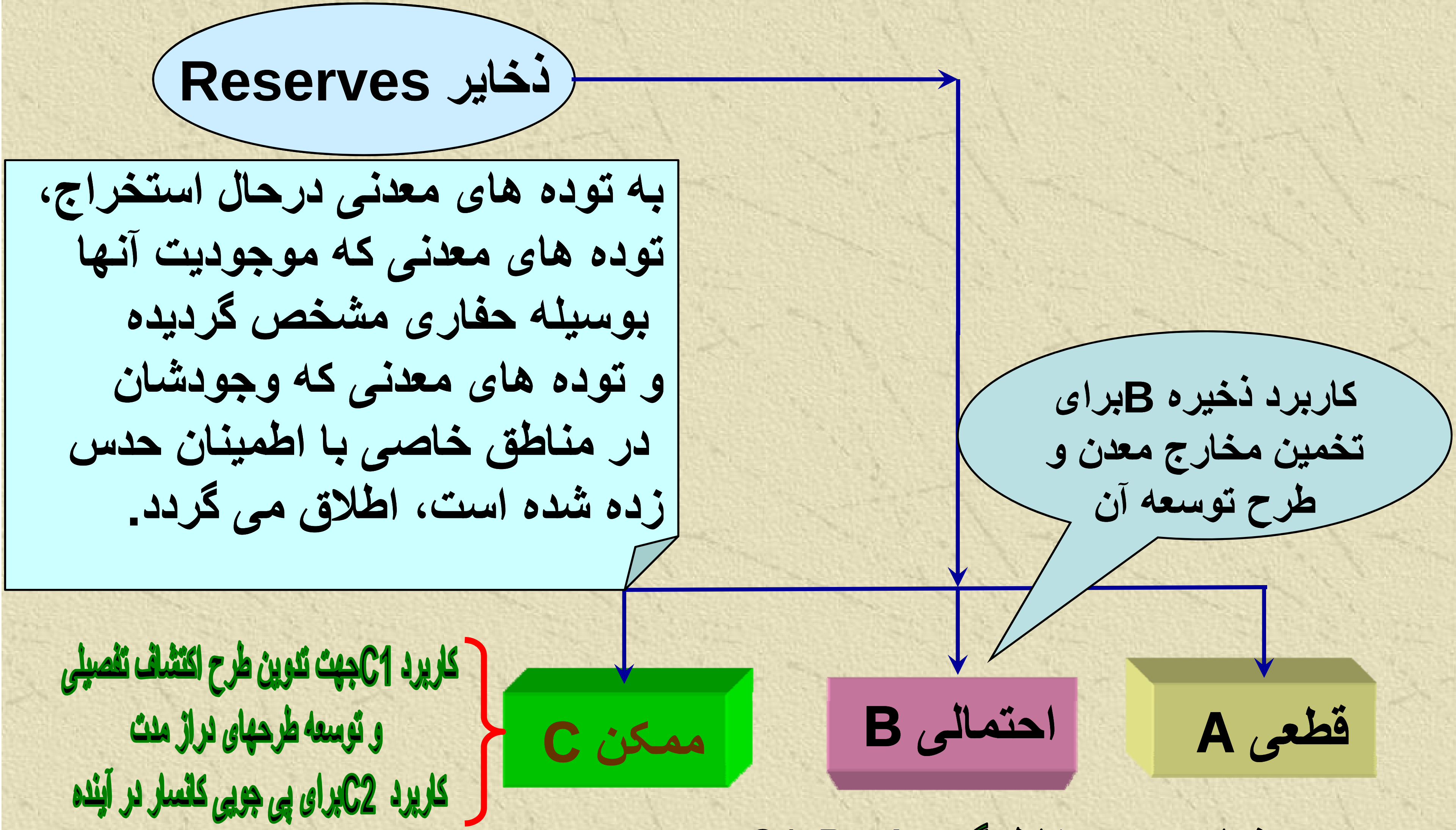
تقسیم بندی ذخایر معدنی و مزایای آن

- نظر به اینکه تعیین ذخیره کانسار براساس داده های اکتشافی محدود انجام می گیرد؛ لذا بسته به نحوه توزیع کارهای اکتشافی، اعتبار این محاسبه متفاوت است و بدین ترتیب بایستی ذخایر را در رده های مختلف طبقه بندی کرد.
- مزایای تقسیم بندی:

أ- به منظور ارزیابی ذخیره معدنی

ب- طراحی معدن جهت استخراج

ج- برنامه ریزی دراز مدت



ذخایر Reserves

به توده های معدنی درحال استخراج، توده های معدنی که موجودیت آنها بوسیله حفاری مشخص گردیده و توده های معدنی که وجودشان در مناطق خاصی با اطمینان حدس زده شده است، اطلاق می گردد.

کاربرد ذخیره Bبرای تخمین مخارج معدن و طرح توسعه آن

کاربرد C1جهت تدوین طرح اکتشاف تفصیلی و توسعه طرحهای دراز مدت
کاربرد C2برای پی جویی کانسار در آینده

ممکن C

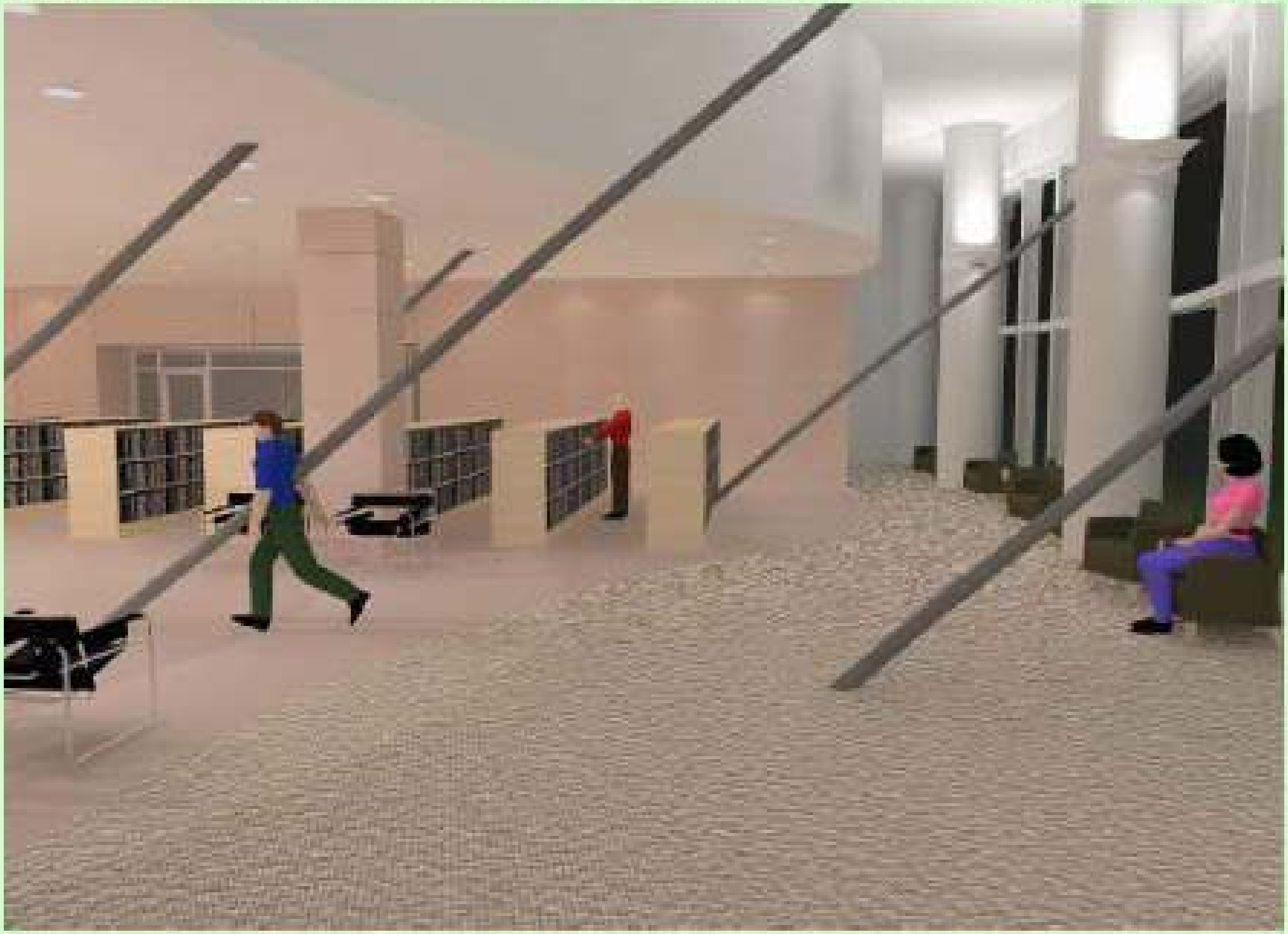
احتمالی B

قطعی A

ذخایر صنعتی شامل گروه A، B وC1
ذخیره زمین شناسی شامل گروه C2

تخمین ذخیره بر اساس کارهای اکتشافی شبیه تجسم محتویات یک اتاق بوسیله سوزن است.

Imagine several knitting needles penetrating this room



خطای گروه های مختلف ذخایر معدنی

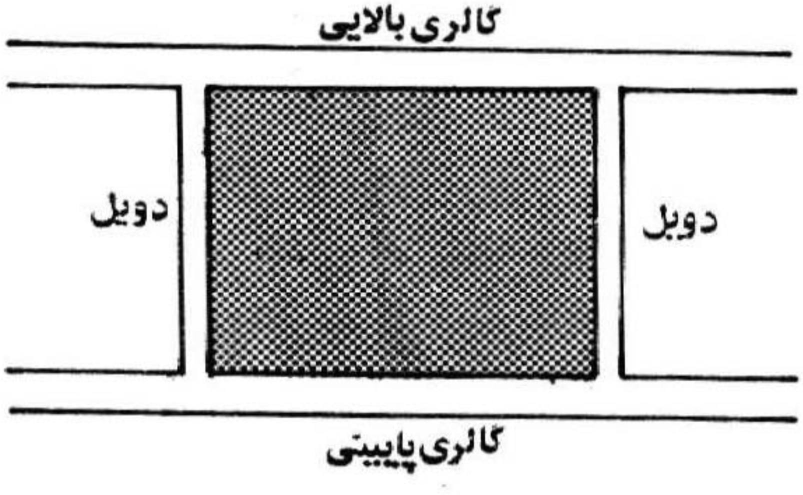
- درجه اعتبار، مهمترین عامل طبقه بندی ذخایر معدنی است؛ بنابراین بایستی بتوان میزان خطای مجاز را در مورد هر گروه از ذخایر یاد شده تعیین کرد.
- یکی از روشهای تعیین درجه اعتبار ذخیره حساب شده، آن است که ذخیره کانسار را با چند روش مختلف محاسبه و آنها را با هم مقایسه کنیم. هر چقدر نتایج حاصله از روشهای مختلف به هم نزدیکتر باشد، به همان نسبت درجه اعتبار ذخیره محاسبه شده بیشتر است.

میزان خطای مجاز برای انواع ذخایر معدنی

گروه ذخیره A	15تا 20 درصد
گروه ذخیره B	20 تا 30 درصد
گروه ذخیره C_1	30 تا 60 درصد
گروه ذخیره C_2	60 تا 90 درصد

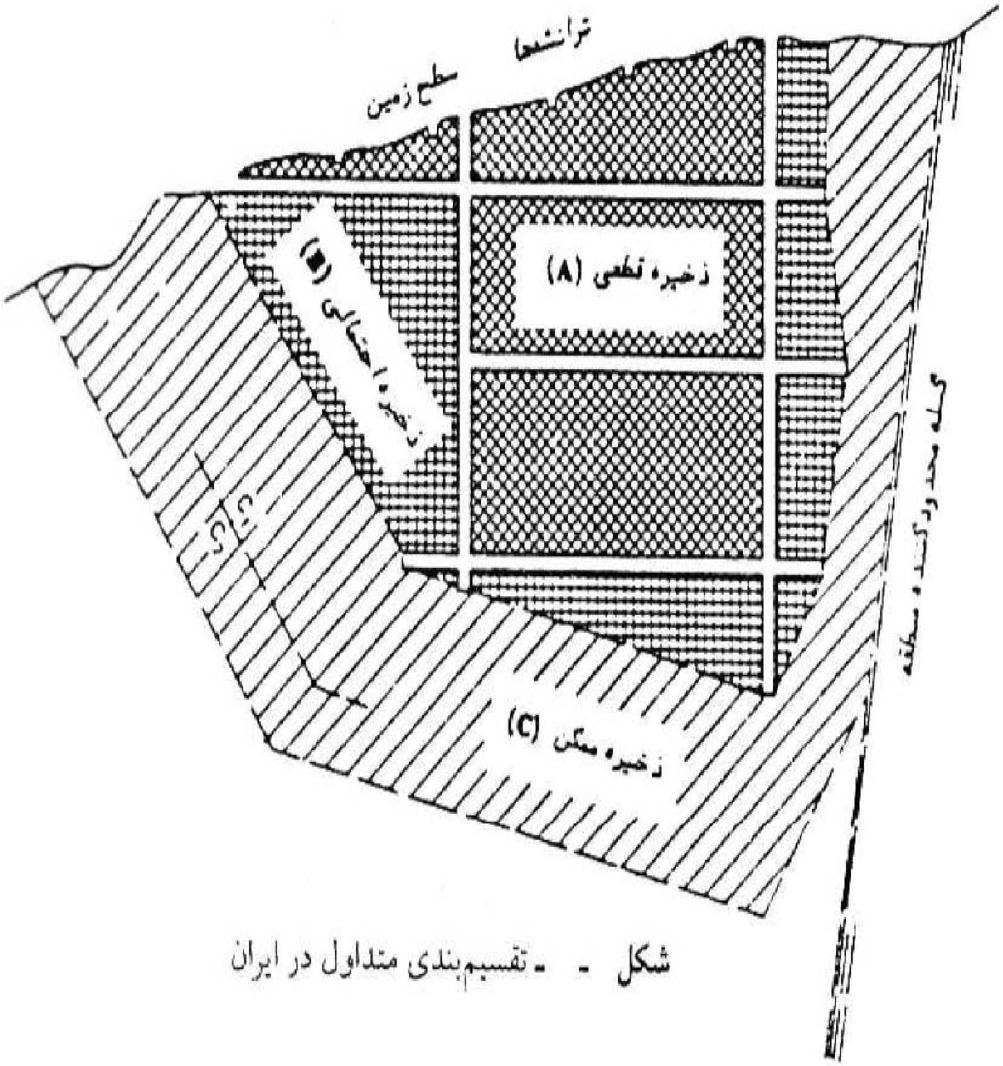
تقسیم بندی متداول در ایران

1. ذخیره قطعی(A): قسمتی از ماده معدنی که از چهار طرف بوسیله تونلهای دنباله رو و دویل اکتشاف شده باشد.



گالری بالایی
دویل
دویل
گالری پایینی

شکل – نمایش ذخیرهٔ قطعی در یک معدن زیرزمینی

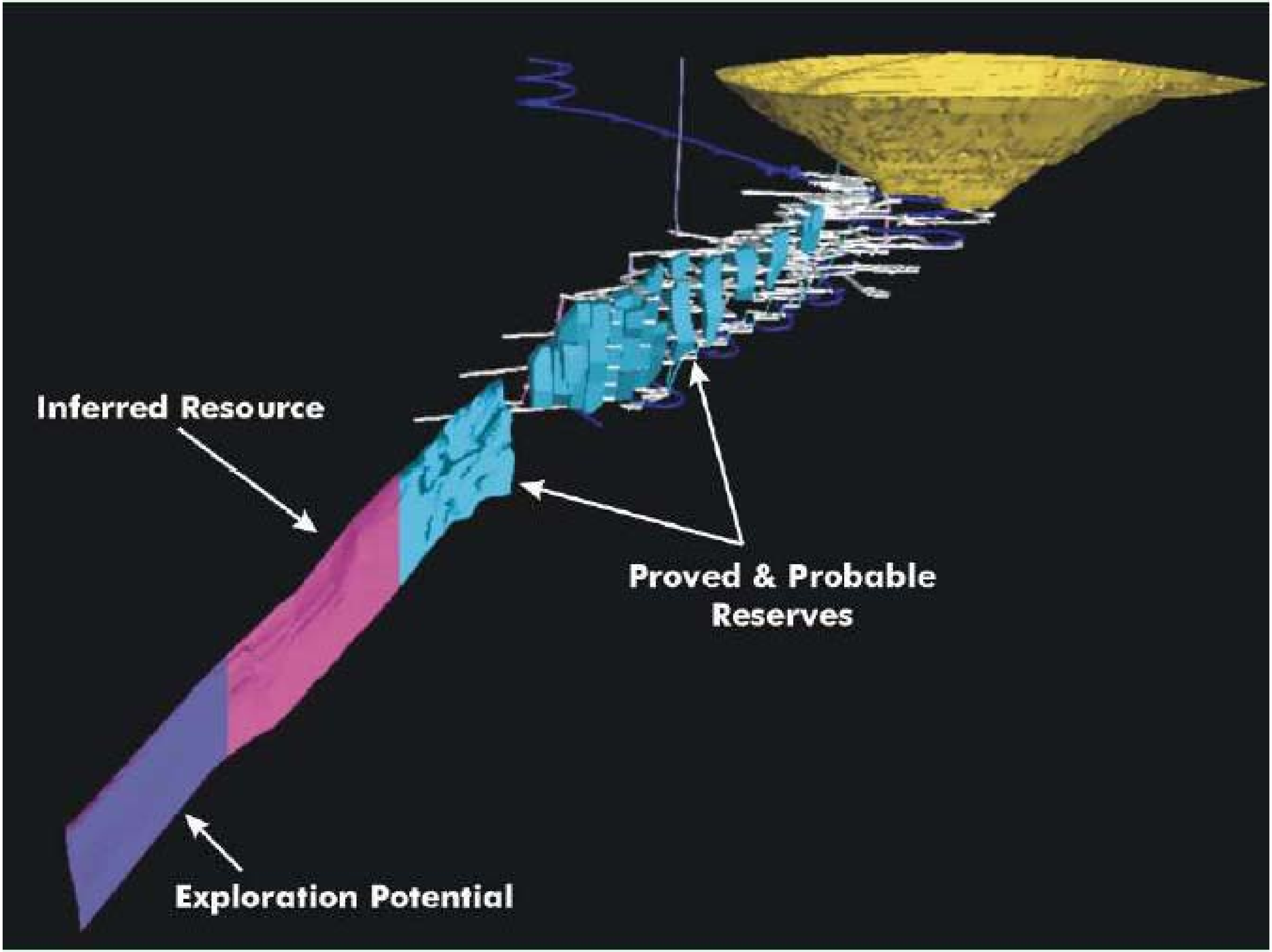


ترانشها
سطح زمین
ذخیره قطعی (A)
ذخیره احتمالی (B)
ذخیره ممکن (C)
C_1
C_2
گمانه محدودکننده منطقه

شکل - - تقسیم‌بندی متداول در ایران

2- ذخیره احتمالی(B): قسمتهایی که از دو طرف بوسیله تونلهای اکتشافی ، اکتشاف شده باشد.

3- ذخیره ممکن(C): قسمتهایی که تنها بوسیله گمانه ها اکتشاف شده باشد. بخشهای کم عمق تر که بوسیله شبکه انبوه تری از گمانه ها قطع شده اند، در گروه فرعی C_1 و بخش های عمیق در گروه C_2جای می گیرند.


Inferred Resource
Proved & Probable Reserves
Exploration Potential

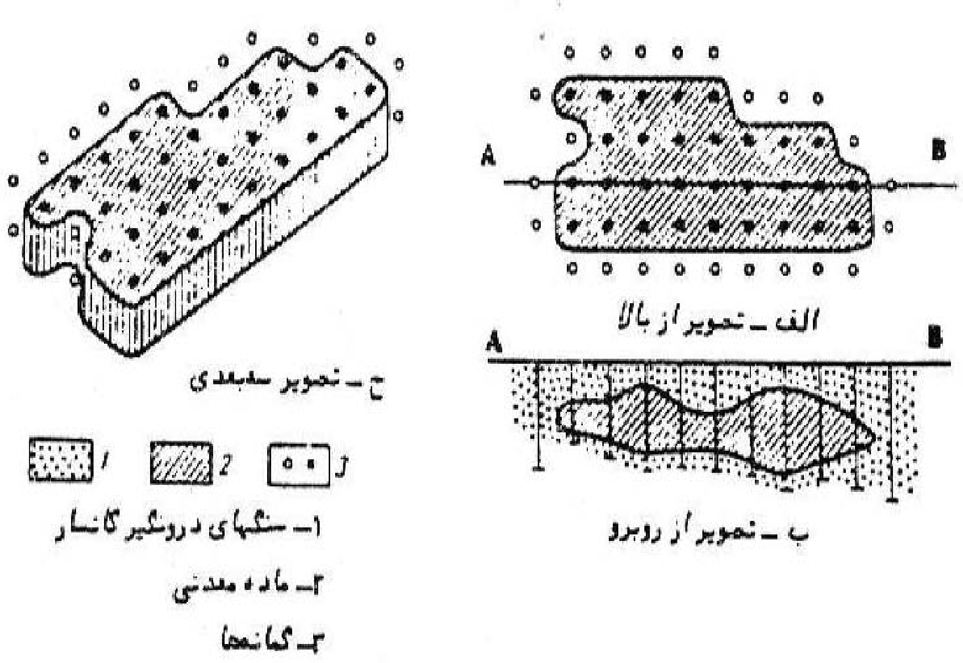
روشهای محاسبه ذخیره

اختلاف اساسی روشها، نحوه تقسیم منطقه به قطعه ها و محاسبه ضخامت و عیار در آنهاست.

- روش متوسط گیری ریاضی
- قطعه های زمین شناسی
- قطعه های معدنی
- روش مقاطع
- روش مثلث
- روش چندضلعی
- روش خطوط تراز

روش متوسط گیری ریاضی

- ابتدا محدوده کانسار را با گذراندن خطی به فاصله مساوی از دایره های پر و خالی بدست می آورند. سپس حجم، عیار و وزن مخصوص متوسط ماده معدنی در گمانه های ... به می شود:


A
B
الف ـ تصویر از بالا
A
B
ب ـ تصویر از روبرو
ج ـ تصویر سه‌بعدی
1
2
3
۱ـ سنگهای دربرگیر کانسار
۲ـ ماده معدنی
۳ـ گمانه‌ها

$$t_m = \frac{t_1+t_2+...+t_n}{n}$$

$$cm = \frac{c_1+C_2+...+C_n}{n}$$

$$\gamma_m = \frac{\gamma_1+\gamma_2+...+\gamma_n}{n}$$

اگر S مساحت ماده معدنی باشد، ذخیره آن خواهد شد :

$$P = St_m\gamma_m C_m$$

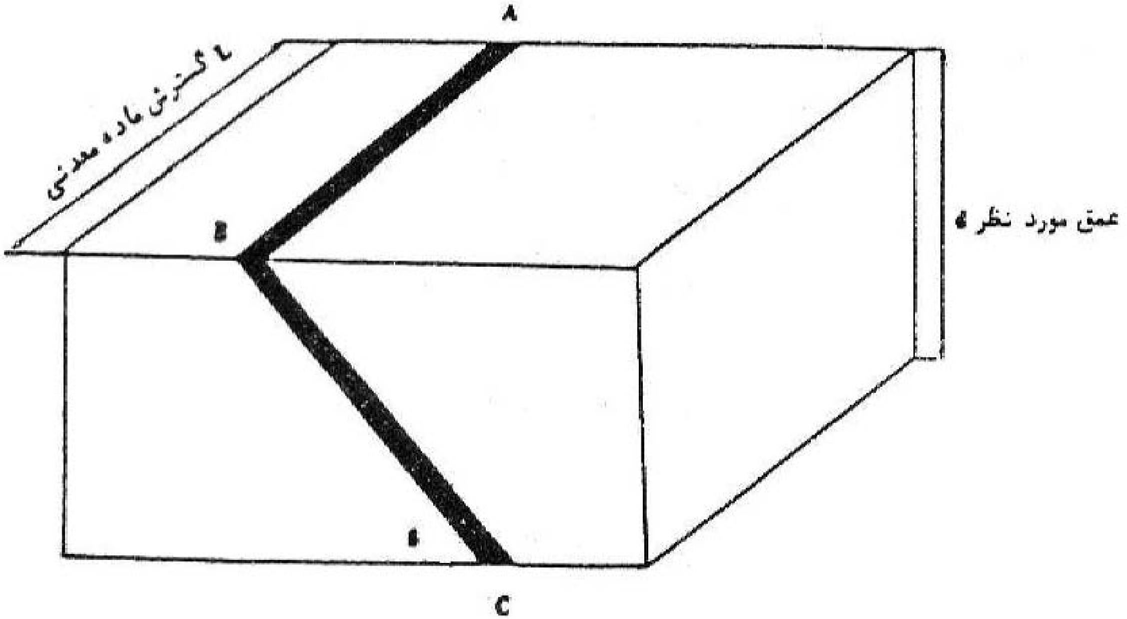
یکی از موارد استعمال این روش، محاسبه ذخیره کانسارهای لایه‌ای شکلی است که ضخامت آنها تقریباً ثابت است. مطابق شکل زیر ، اگر لایه‌ای (مثلاً یک لایه زغالی) در فاصله L در سطح زمین افقی گسترش داشته باشد و بخواهیم ذخیره آن را تا عمق d حساب کنیم، ابتدا مساحت و آنگاه حجم و بالاخره وزن آن را محاسبه می‌کنیم :

$$BC = \frac{d}{\sin\beta}$$

$$S = AB \times BC = \frac{Ld}{\mathrm{Sin}\,\beta}$$

$$V = St_m = \frac{Ldt_m}{\mathrm{Sin}\,\beta}$$

$$W = V\gamma_m = \frac{Ldt_m\gamma_m}{\mathrm{Sin}\beta}$$

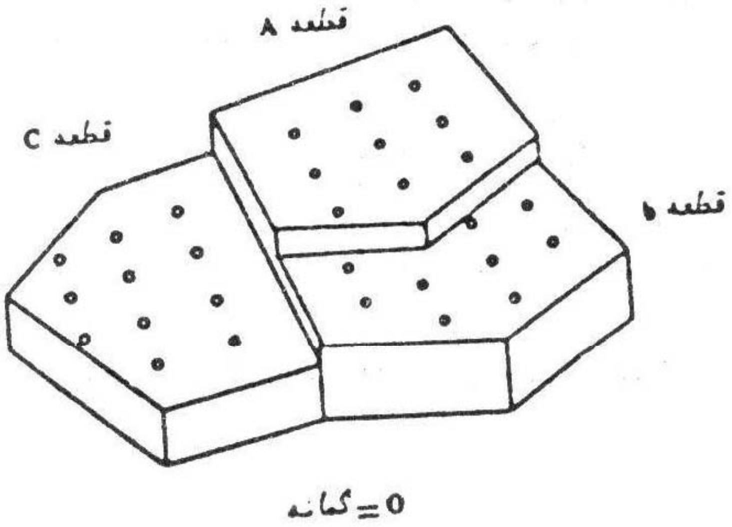


شکل - ـ محاسبه ذخیره یک لایه زغال

روش قطعه های زمین شناسی

- کانسار بر اساس مشخصات زمین شناسی به قطعه هایی که این مشخصات در آنهامساویست، تقسیم و ذخیره هر یک از این قطعه ها بر اساس متوسط گیری ریاضی محاسبه می شود.

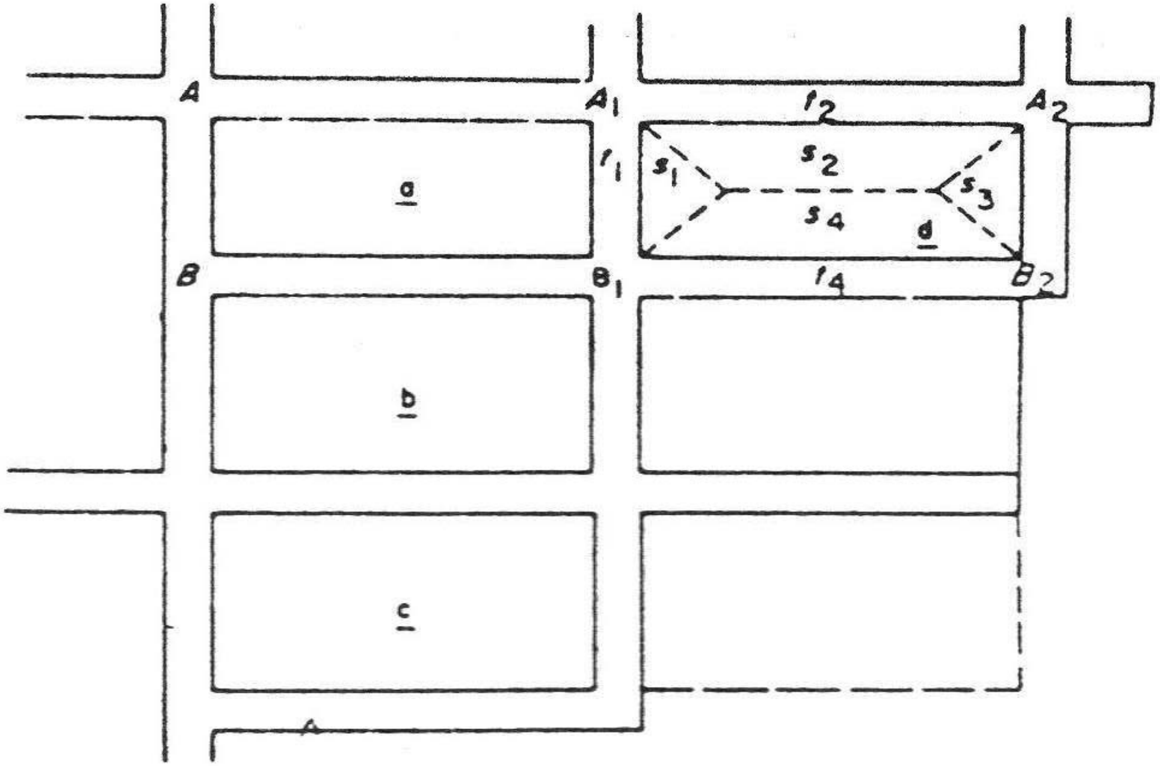
$$P_t = S_1 t_{m1}\gamma_{m1}C_{m1}+S_2 t_{m2}\gamma_{m2}C_{m2}+\ldots+S_n t_{mn}\gamma_{mn}C_{mn}$$



روش قطعه های معدنی

- این روش را در مراحل آخر عملیات اکتشاف منطقه ای وبرای قسمتهایی از ماده معدنی که از چند طرف بوسیله کارهای زیرزمینی اکتشاف شده است، می توان به کار برد.
- بر اساس تونلهای دنباله رو یا امتدادی و دویلهای موجود، کانسار به قطعاتی که معمولاً مستطیل شکل اند، تقسیم می شود. اگر خصوصیات ماده معدنی در تونلهای طرفین قطعه ها ثابت باشد، برای محاسبه ذخیره هر قطعه، از حاصلضرب مساحت آن در ضخامت و وزن مخصوص متوسطی که از میانگین گیری تونلهای اطراف بدست آمده، استفاده می شود.

در مواقعی که خصوصیات ماده معدنی در تونلهای طرفین قطعه متفاوت باشد، بهتر است هر قطعه را با مناطق تأثیر کوچکتر تقسیم کرد و از جمع آنها، ذخیره کلی را بدست آورد.


A
A1
A2
f2
f1
s1
s2
s3
s4
d
a
B
B1
f4
B2
b
c

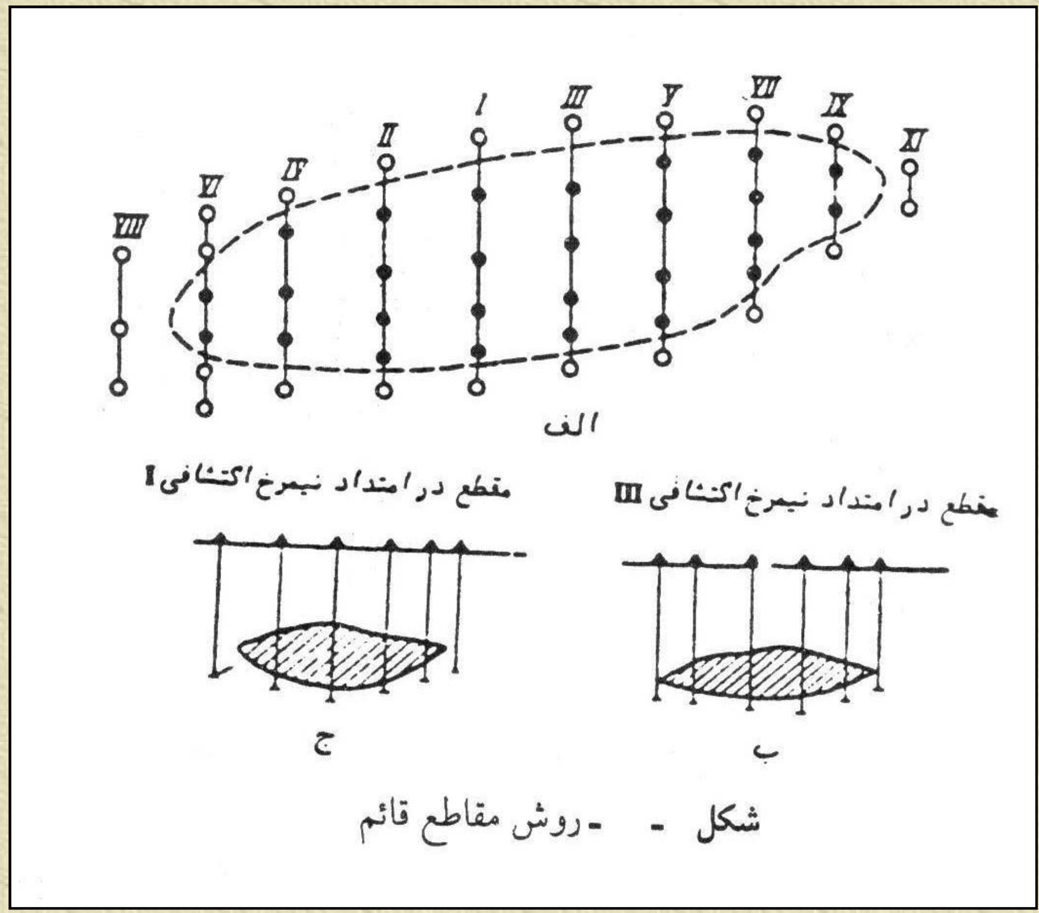
شکل - -روش قطعه‌های معدنی

روش مقاطع

- در این روش، سطح مقطع ماده معدنی را در امتداد نیمرخهای معینی رسم و از حاصلضرب مساحت مقاطع در فاصله بین آنها، حجم و در نتیجه ذخیره ماده معدنی را بدست می آورند.
- روش مقاطع به دو طریقه استفاده از مقاطع افقی و قائم انجام می شود.

الف- مقاطع قائم

- محدوده کانسار را مشخص کرده و مقاطع اکتشافی در امتداد نیمرخها رسم می کنیم. اگر مساحت این مقاطع به ترتیب S_1، S_2 و...وS_n و فاصله ثابت بین آنها l باشد، حجم ماده معدنی عبارت است از:


VIII
VI
IV
II
I
III
V
VII
IX
XI
الف
مقطع در امتداد نیمرخ اکتشافی I
مقطع در امتداد نیمرخ اکتشافی III
ج
ب

شکل - -روش مقاطع قائم

$$V = \frac{S_1+S_2}{2}\, l + \frac{S_2+S_3}{2}\, l + \dots + \frac{S_{n-1}+S_n}{2}\, l$$

این رابطه را می‌توان به صورت ساده‌تر زیر نیز نوشت :

$$V = l \left(\frac{S_1+S_n}{2} + S_2+S_3+\ldots+S_{n-1}\right)$$

باید توجه داشت که این فرمول در مواردی به کار می‌رود که اختلاف مساحت دو مقطع متوالی کمتر از ۳۰ درصد باشد. اگر اختلاف بیش از این حد باشد، مساحت متوسط دو مقطع متوالی از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$S_m = \frac{۱}{۳}(S_۱+S_۲+\sqrt{S_۱ S_۲})$$

و اگر فاصله دو مقطع l_i باشد، حجم کانسنگ خواهد شد :

$$V = \Sigma \left[\frac{۱}{۳}(S_n+S_{n+1}+\sqrt{S_n S_{n+1}})l_i\right]$$

پس از مجاسبه حجم ماده معدنی، از حاصلضرب آن در وزن مخصوص، وزن کلی و از ضرب آن در عیار متوسط، وزن ماده معدنی مورد نظر به دست می‌آید.

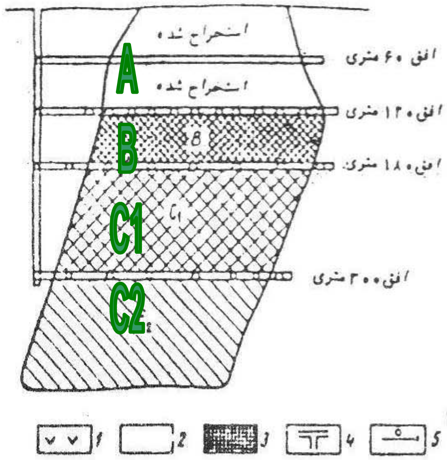
مقاطع افقی

$$V = \frac{S_1+S_2}{2}h + \frac{S_2+S_3}{2}h + \ldots + \frac{S_{n-1}+S_n}{2}h$$

و یا:

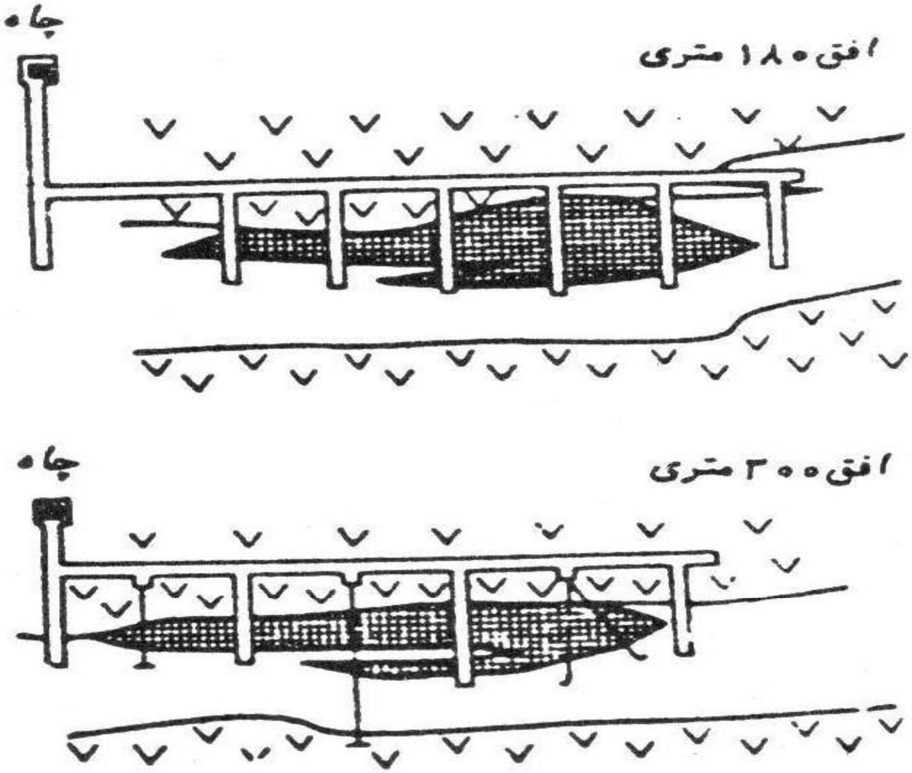
$$V = h\left(\frac{S_1+S_2}{2} + S_2+S_3+\ldots+S_{n-1}\right)$$

در این مورد نیز اگر اختلاف در سطح مجاور بیشتر از ۳۰٪ باشد از رابطه ۶-۲۳ استفاده می‌کنند.


استخراج شده
افق ۶۰ متری
A
استخراج شده
افق ۱۲۰ متری
B
افق ۱۸۰ متری
C1
افق ۲۰۰ متری
C2
1
2
3
4
5

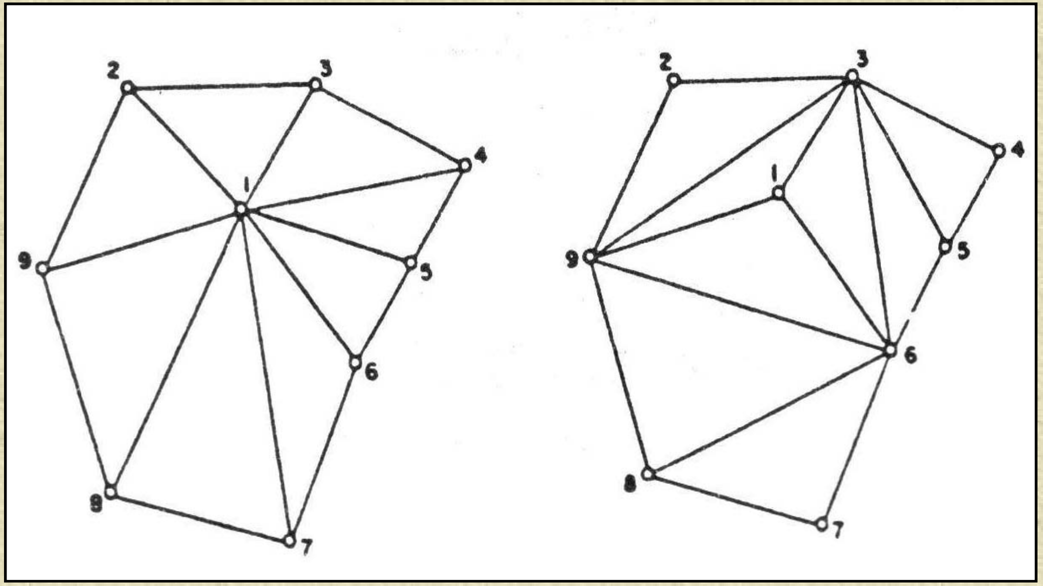
۱- دیوریت ۲- دیوریت دگرسان شده در اثر محلولهای گرمابی ۳- دیوریت طلادار (ماده معدنی) ۴- کارهای اکتشافی زیرزمینی ۵- گمانه‌های افقی که از داخل تونلها حفر شده است.

- در مواردی که ماده معدنی حالت قائم داشته و بوسیله کارهای زیرزمینی (چاه قائم، تونلهای امتدادی و میان برها) اکتشاف شده باشد، به کار می رود.


چاه
افق ۱۸۰ متری
چاه
افق ۳۰۰ متری

- - مقاطع اکتشافی افقی شکل ***قبل***

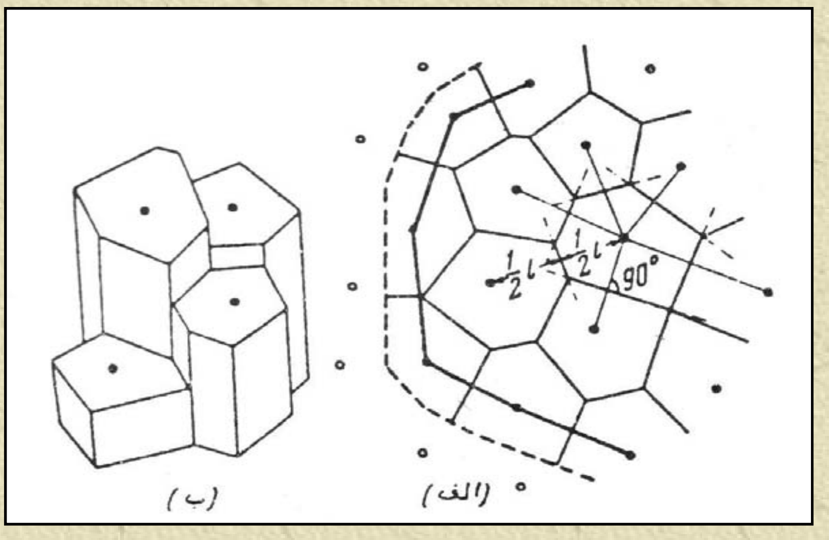
روش مثلثی


2
3
4
1
9
5
6
8
7
2
3
4
1
9
5
6
8
7

- در مواردی که کانسار بوسیله گمانه اکتشاف شده باشد، با رسم ویژه بین گمانه ها، حجم ماده معدنی را می توان به منشورهایی با قاعده مثلث تقسیم کرد.
- $V=\frac{1}{3}(t_1+t_2+t_3)S$

روش چندضلعی

- در این روش ابتدا گمانه های مختلف را در روی نقشه به هم وصل و آنگاه عمود منصف این اضلاع را رسم می کنند. از مجموع این عمود منصف ها در اطراف هر گمانه چندضلعی هایی بوجود می آید. در واقع ماده معدنی به منشورهایی با قاعده چندضلعی تقسیم می شود که ارتفاع هر منشور، برابر ضخامت ماده معدنی در گمانه مرکزی آن است.



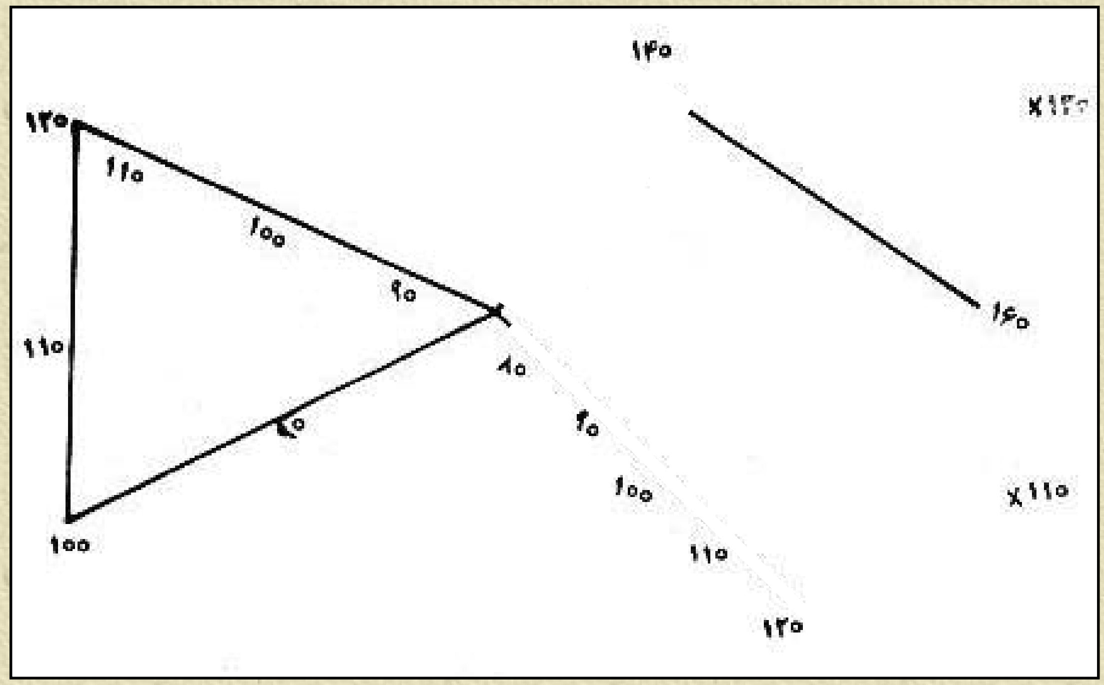
- $P=S_1t_1\gamma_1 C_1+S_2t_2\gamma_2 C_2+\ldots+S_nt_n\gamma_n C_n$

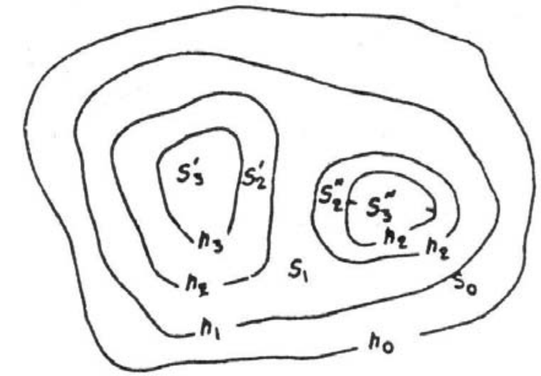
روش خطوط تراز

- در این روش، فصل مشترک ماده معدنی را با سطوح افقی در اعماق مختلف رسم می کنند که مشابه رسم منحنی های تراز در نقشه برداری است(مثل رسم کانتور عوارض زمین که در اسلاید بعد نشان داده شده است).
- شکل منحنی تراز تابع شکل ماده معدنی (توده ای شکل و لایه ای) می باشد. اگر ماده معدنی به شکل توده نامنظمی باشد، منحنی های مربوط به آن نیز منحنی های بسته نامشخص خواهند بود.

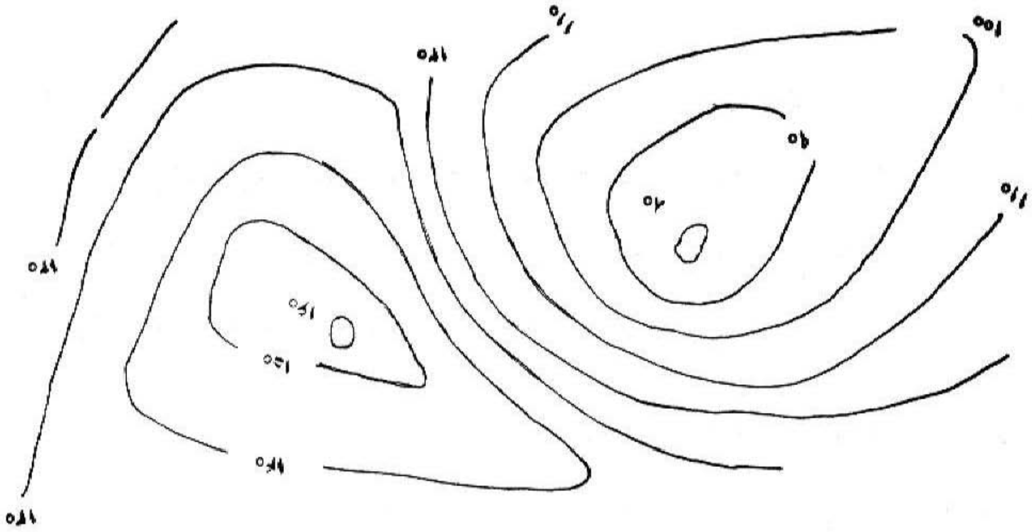
$$V = \frac{S_1+S_2}{2}h + \frac{S_2+S_3}{2}h + \ldots + \frac{S_{n-1}+S_n}{2}h$$

- **h**اختلاف ارتفاع بین منحنی هاست.


۱۴۰
X۱۲۳
۱۳۰
۱۲۰
۱۰۰
۹۰
۱۱۰
۸۰
۹۰
۱۰۰
۱۱۰
۱۳۰
۱۶۰
X۱۱۰
۱۰۰


S'3
S'2
S''2
S''3
h3
h2
h2
h2
S1
S0
h1
h0

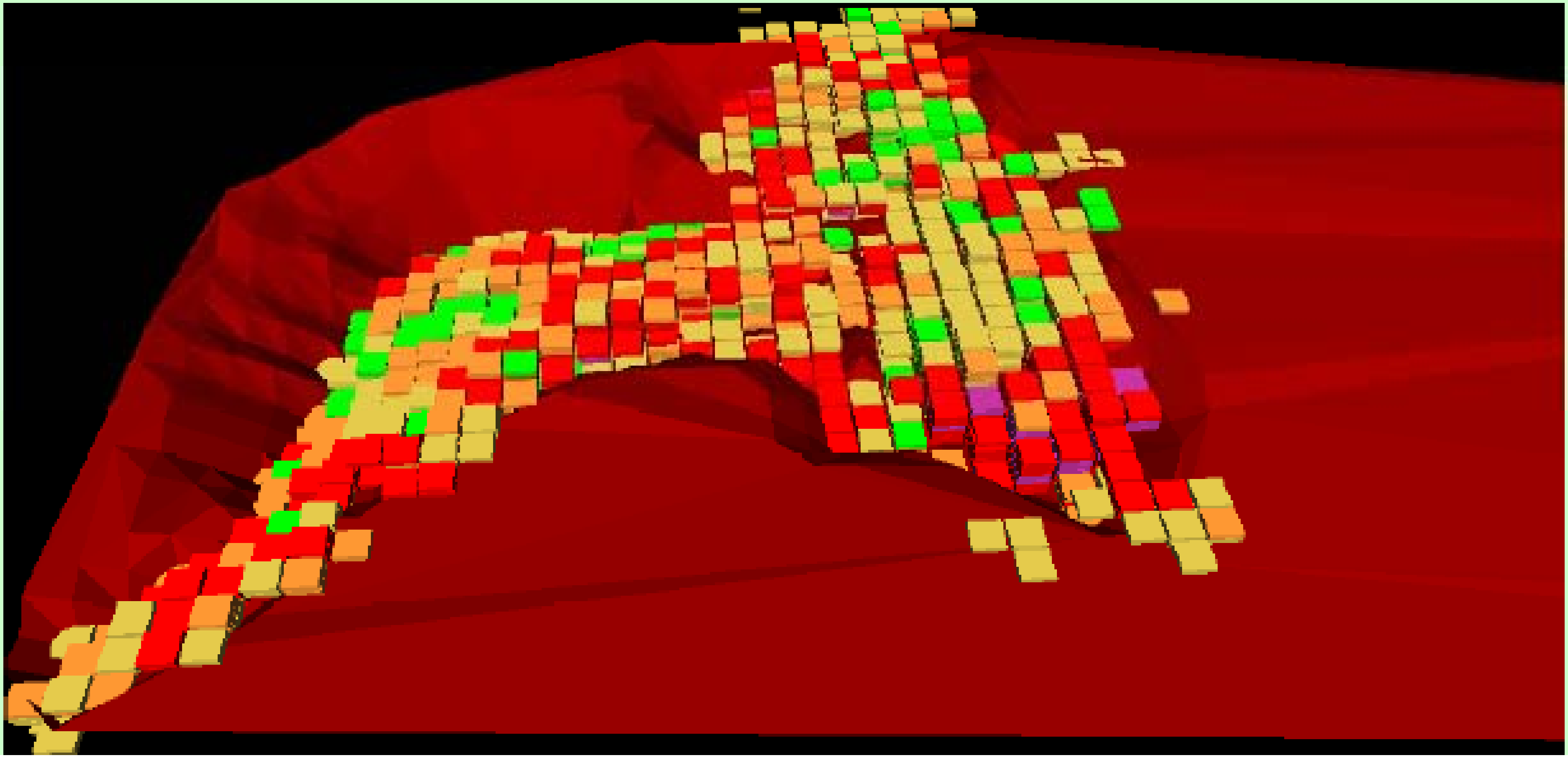
شکل ۶- منحنی‌های هم ضخامت ماده معدنی



فصل هفتم

محاسبه ذخیره به روش زمین آمار

- Block modelling (e.g. Geostatistical)



مقدمه

- در آمار کلاسیک، فرض آن است که نمونه ها مستقل از یکدیگرند؛ بنابراین وجود یک نمونه، هیچ اطلاعی درباره نمونه بعدی به دست نمی دهد. اما در زمین آمار، نمونه ها مستقل از هم نیستند و نمونه های مجاور تا فاصله معینی به طور فضایی به هم وابستگی دارند. این وابستگی فضایی را می توان به صورت مدل ریاضی تحت عنوان تغییرنما (واریوگرام)ارائه نمود.
- تغییر نما برای تشریح ارتباط فضایی بین عیار(یا هر مشخصه دیگر) نقاط مختلف کانسار به کار می رود و ابزار اساسی زمین آمار است.

مراحل ارزیابی ذخیره به روش زمین آمار

أ- مطالعه و تعیین مدل تغییرنمای منطقه

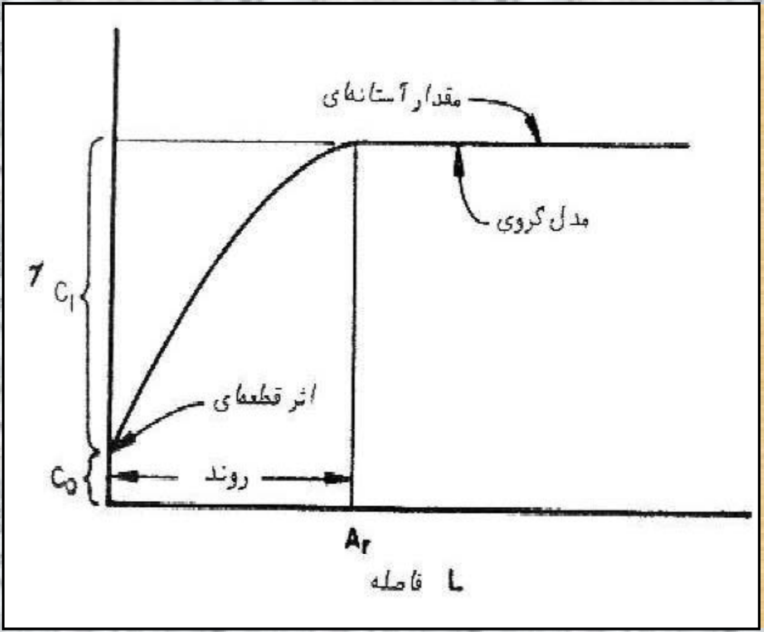
ب- محاسبه مشخصات (مثل عیار و...) قطعه های مختلف کانسار به روش کریجینگ

ج- محاسبه واریانس تخمین

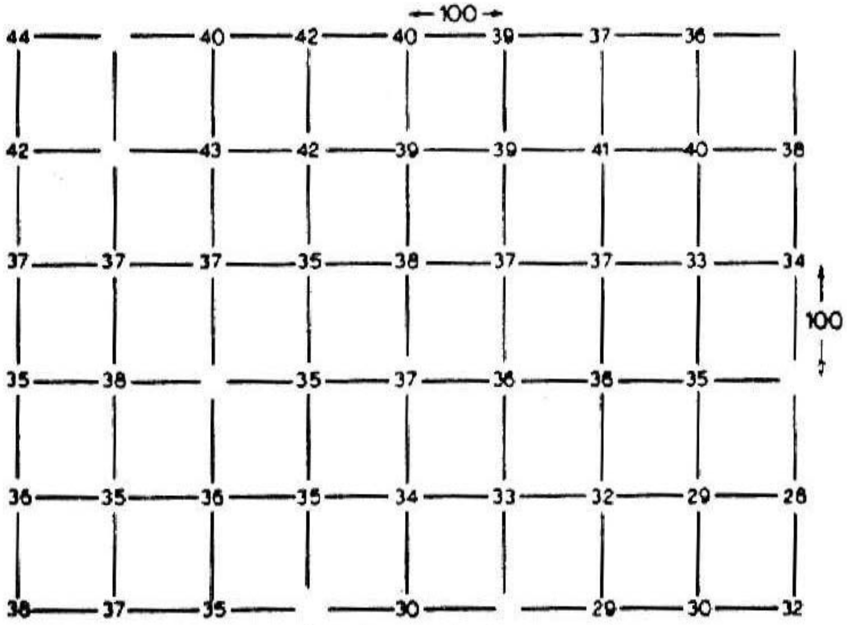
تعیین مدل تغییرنما و کاربرد های آن

- در قدم اول، مجذوراختلاف عیار دو نقطه از کانسار که به فاصله hاز هم قرار دارند، محاسبه می شود. برای اینکه وضعیت تفاوت عیار در این دو نقطه تعمیم داده شود، این محاسبه در مورد تمامی نقاطی که به فاصله hاز هم قرار دارند، انجام می گیرد و میانگین این مجذوراختلافها محاسبه می شود که آنرا تغییر نما می نامند.
- شکل تغییر نما در بررسی مواردی همچون تداوم کانی سازی، منطقه تأثیر و همسانگردی کانسار کاربرد دارد.

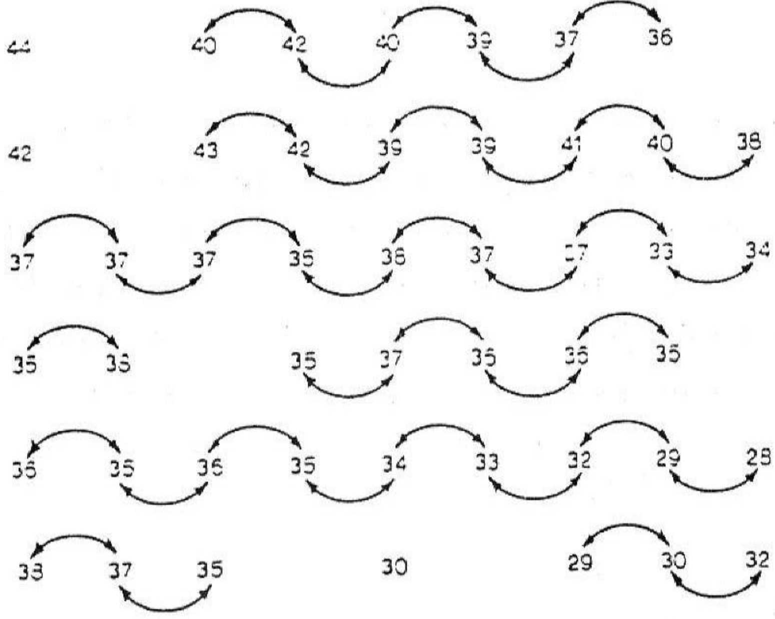
- **شعاع تأثیر یا دامنه تغییر نما**:یعنی فاصله ای که طی آن تغییر نما به حد ثابتی می رسد و به حالت افقی نزدیک می شود. در خارج ازشعاع تأثیر، نمونه ها دیگر به هم وابسته نیستند و مستقل از هم اند.
- **آستانه**: مقدار تغییرنما پس از آنکه به حد ثابتی رسید. آستانه برابر واریانس کلی تمام نمونه هایی است که در محاسبه تغییرنما به کار رفته اند. شاخصی برای بیان عدم قطعیت ناشی از تغییرات عیار در فاصله h است.
- **اثرقطعه ای**: مقدار تغییر نما در مبدأمختصات یعنی به ازای h=0. در حالت ایده آل بایستی صفر باشد زیرا دو نمونه که از نقطه واحدی گرفته شده اند، باید عیار یکسانی داشته باشند.



مثال:شبکه اکتشاف کانسار آهن با ابعاد 100*100 و عیار آهن(برحسب درصد وزنی در هرنقطه)که یک مسئله دوبعدی است ابتدا مقدار تغییر نما به ازای h=100 متر محاسبه می شود.

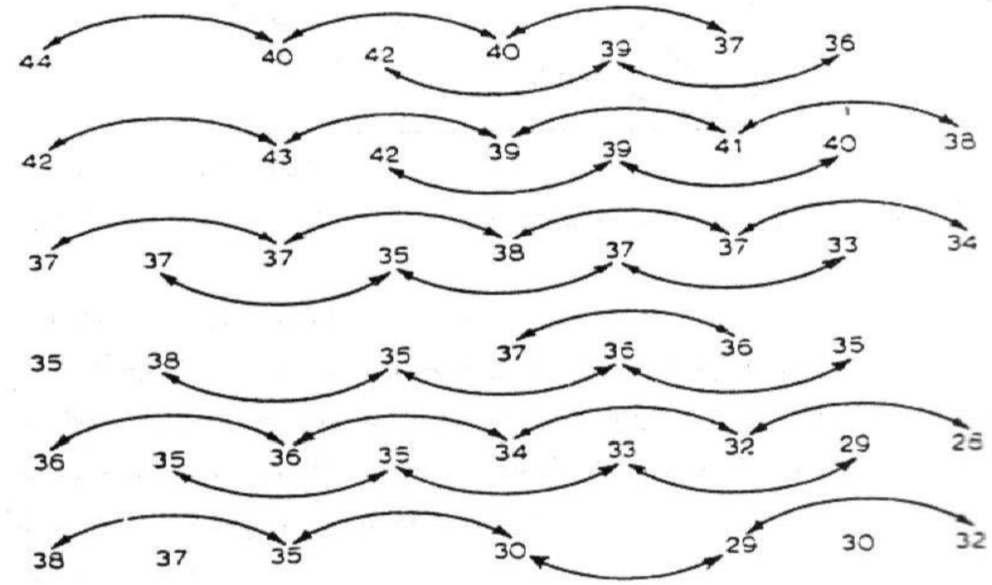

100
44 40 42 40 39 37 36
42 43 42 39 39 41 40 38
37 37 37 35 38 37 37 33 34
35 38 35 37 36 38 35
36 35 36 35 34 33 32 29 28
38 37 35 30 29 30 32
100

شکل - :شبکه اکتشاف کانسار آهن لایه‌ای


44 40 42 40 39 37 36
42 43 42 39 39 41 40 38
37 37 37 35 36 37 37 33 34
35 36 35 37 35 36 35
36 35 36 35 34 33 32 29 28
38 37 35 30 29 30 32

شکل ۷- -زوج نمونه‌هایی که در محاسبه γ(۱۰۰) شرکت می‌کنند

- حال مقدار تغییر نما را به ازای h=200 متر محاسبه می کنند. اگر محاسبات را در فواصل مختلف تکرار کنیم، نقاط متعددی از تغییر نمای منطقه به دست می آید و نهایتاً مشخصه های کانسار بررسی می گردد.

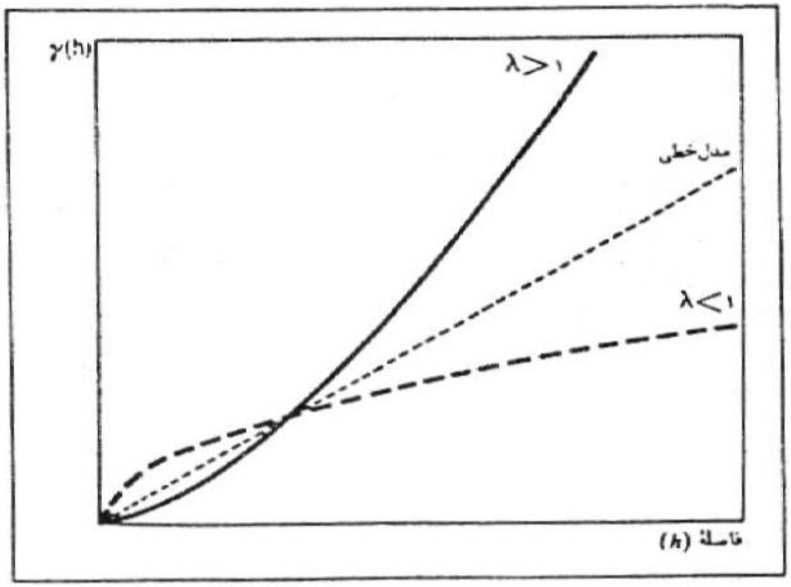

44 40 42 40 39 37 36
42 43 42 39 39 41 40 38
37 37 37 35 38 37 37 33 34
35 38 35 37 36 36 35
36 35 36 35 34 33 32 29 28
38 37 35 30 29 30 32

شکل ۷-۴- زوج نمونه‌هایی که در محاسبه γ(۲۰۰) شرکت می‌کنند

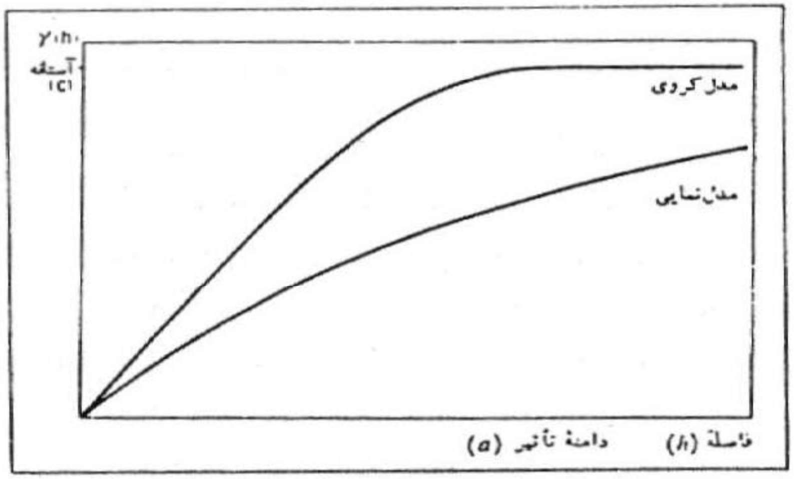
مدلهای تئوری تغییرنما

1) **فاقد آستانه**: با افزایش فاصله h، مقدار تغییرنما نیز اضافه می شود، اما هیچوقت به حد ثابتی نمی رسد. مدلهای خطی و گوسی در این گروه جای می گیرند.

2) **حاوی آستانه**: با افزایش فاصلهh، مقدار تغییرنما تا فاصله معینی زیاد می شود و پس از آن به حد ثابتی می رسد. از جمله تغییرنماهای این گروه می توان به مدل کروی اشاره نمود.

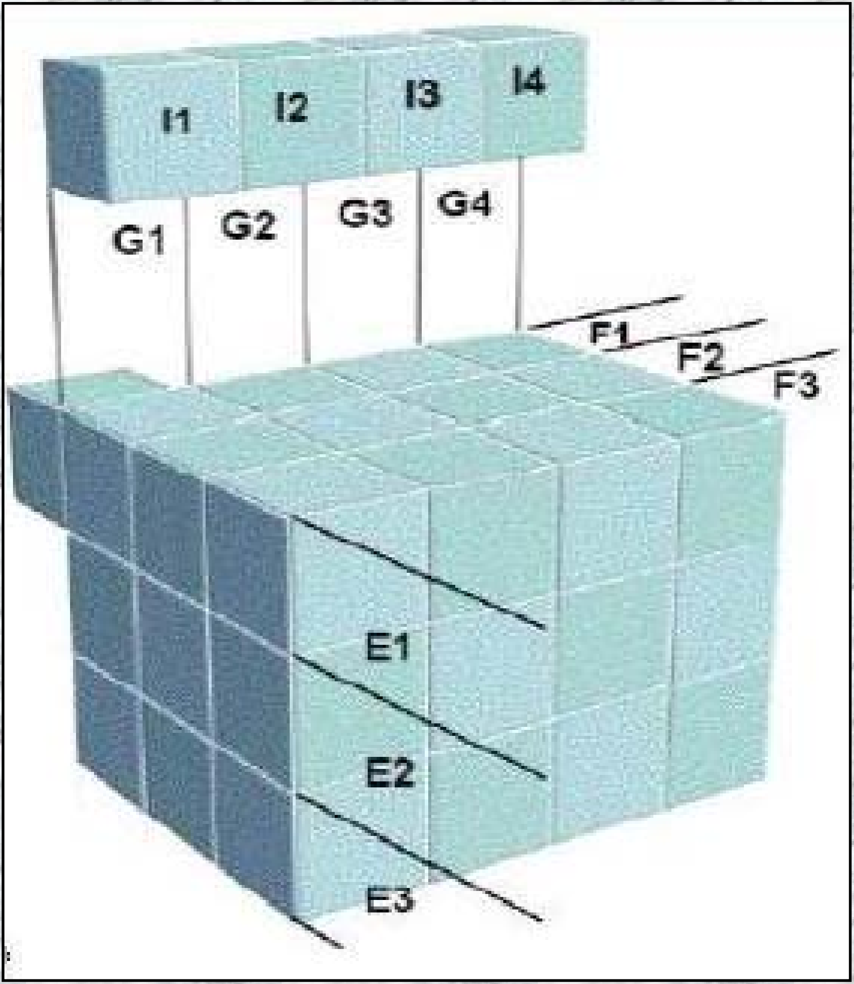


شکل ۷ـ۶ـ مدلهای تئوری تغییرنمای فاقد آستانه



شکل ۷ـ۷ـ مدلهای تئوری تغییرنماهای حاوی آستانه

واریانس قطعه


I1
I2
I3
I4
G1
G2
G3
G4
F1
F2
F3
E1
E2
E3

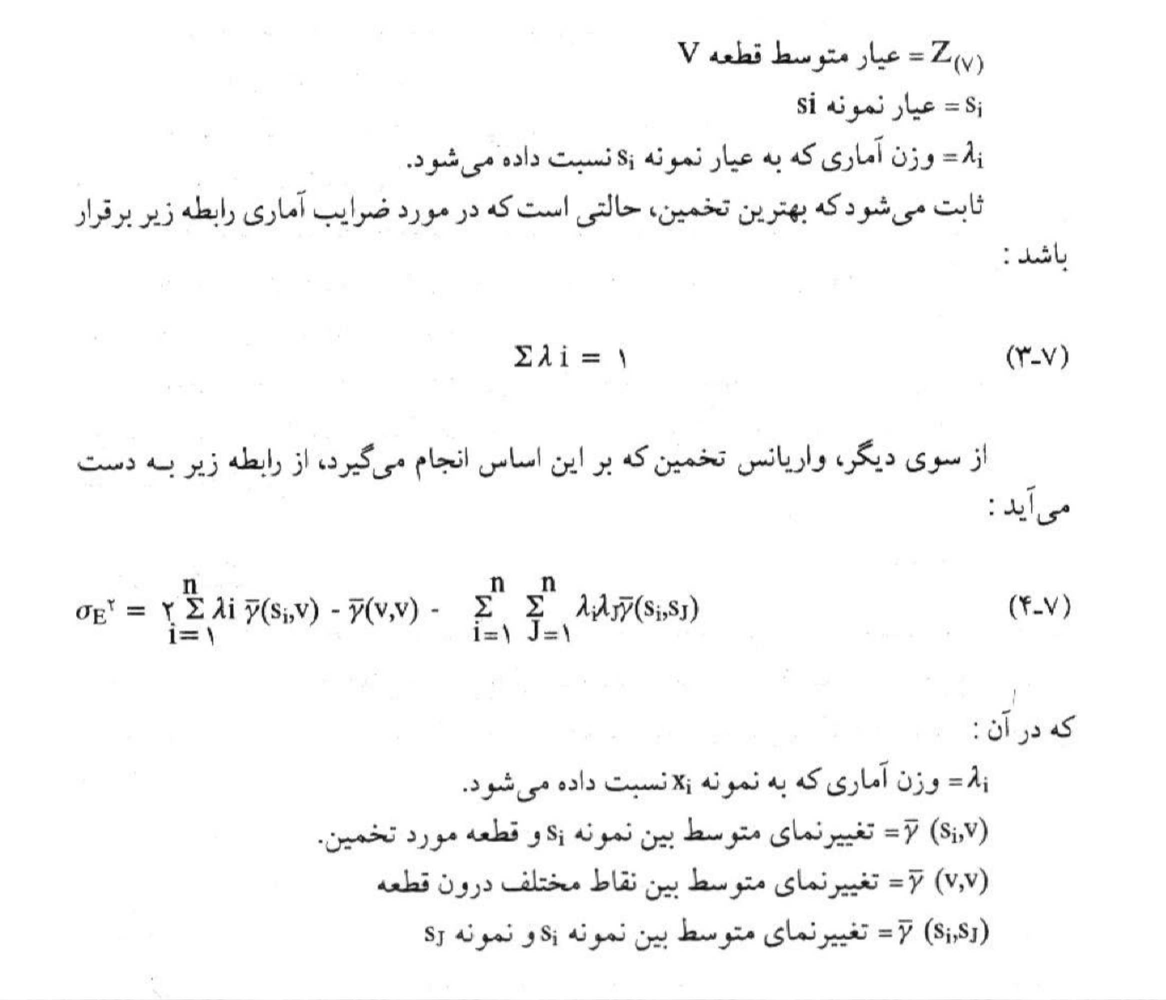
- اگر کانساری را به قطعه هایی با ابعاد، شکل و جهت یافتگی معین تفکیک کنیم، در این صورت واریانس عیار این قطعه ها در داخل کانسار، به نام واریانس قطعه خوانده می شود.

روش کریکینگ

- برای تخمین عیار هر قطعه به عنوان تابع خطی از نمونه های موجود در حوالی آن، از روش کریکینگ استفاده می شود. بر خلاف روشهای سنتی که عیار یک قطعه از متوسط گیری ریاضی عیار نمونه های داخل آن قسمت بدست می آمد، در این روش به هر یک از نمونه های داخل و خارج قطعه، وزن آماری متفاوتی نسبت داده می شود.

اصولاً عیار یک قطعه(V) که براساس اطلاعات حاصل از نمونه های مختلف(x_i) حاصل می شود، از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$Z(v) = \lambda_1 S_1 + \lambda_2 S_2 + \ldots + \lambda_n S_n$$ که در آن:



$Z_{(V)}$ = عیار متوسط قطعه V

s_i = عیار نمونه si

λ_i = وزن آماری که به عیار نمونه s_i نسبت داده می‌شود.

ثابت می‌شود که بهترین تخمین، حالتی است که در مورد ضرایب آماری رابطه زیر برقرار باشد :

$$\Sigma \lambda i = ۱ \qquad (۳\text{-}۷)$$

از سوی دیگر، واریانس تخمین که بر این اساس انجام می‌گیرد، از رابطه زیر بـه دست می‌آید :

$$\sigma_E^{۲} = ۲\sum_{i=۱}^{n} \lambda i\, \bar{\gamma}(s_i,v) - \bar{\gamma}(v,v) - \sum_{i=۱}^{n}\sum_{J=۱}^{n} \lambda_i \lambda_J \bar{\gamma}(s_i,s_J) \qquad (۴\text{-}۷)$$

که در آن :

λ_i = وزن آماری که به نمونه x_i نسبت داده می‌شود.

$\bar{\gamma}(s_i,v)$ = تغییرنمای متوسط بین نمونه s_i و قطعه مورد تخمین.

$\bar{\gamma}(v,v)$ = تغییرنمای متوسط بین نقاط مختلف درون قطعه

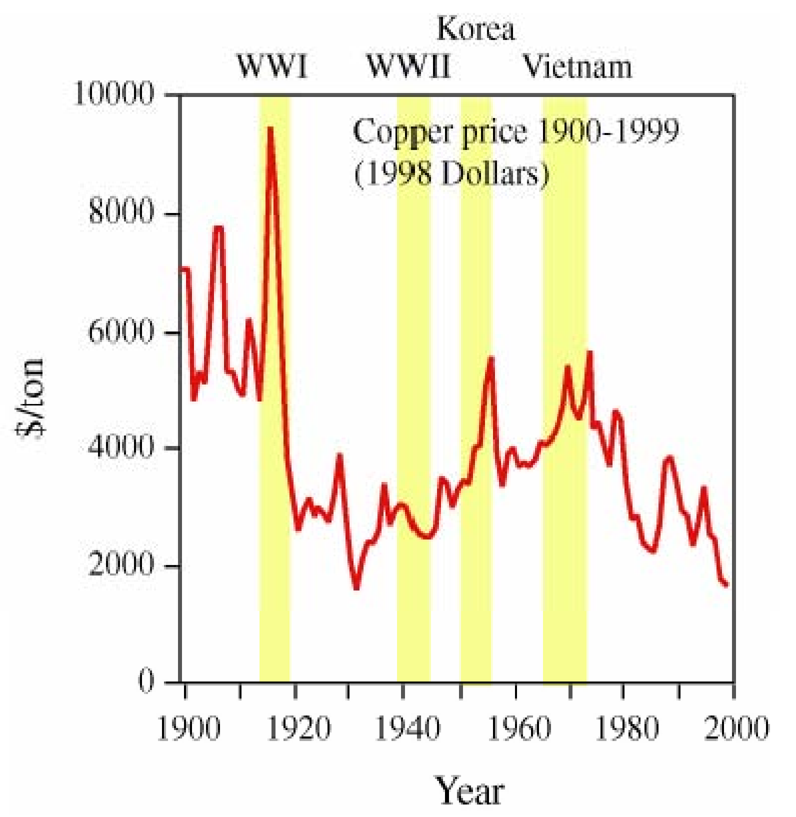
$\bar{\gamma}(s_i,s_J)$ = تغییرنمای متوسط بین نمونه s_i و نمونه s_J

واریانس تخمین

- پس از تعیین ضرایب آماری، واریانس تخمین از رابطه **4-7** محاسبه می شود.
- محاسبه مستقیم پارامترهای زمین آماری مشکل است و بدین منظور از نرم افزارهای کامپیوتری استفاده می شود.
- امروزه، کریکینگ و سایر روشهای تخمین ذخیره زمین آماری با استفاده از نرم افزارهایی مثل **Surfer**، **Geomatica** و... خیلی سریع و با دقت بالا محاسبه می شود.

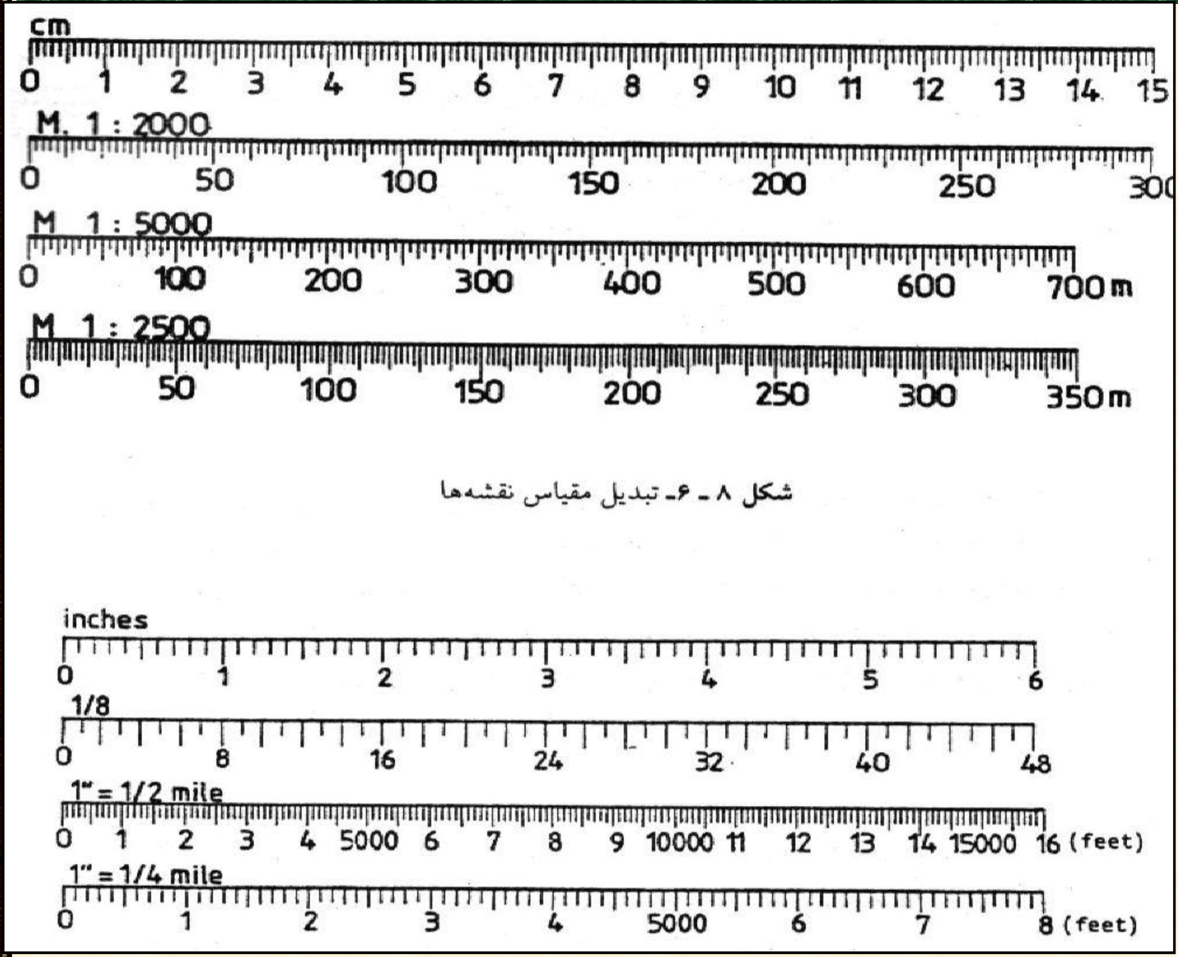
فصل هشتم

ارزیابی اقتصادی کانسار



مقدمه: زمین شناسان اکتشافی بایستی با تبدیل مقیاس های مربوط به سیستم های اندازه گیری آمریکائی، انگلیسی آشنا باشند.

شامل تبدیل:


cm
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
M. 1 : 2000
0 50 100 150 200 250 300
M 1 : 5000
0 100 200 300 400 500 600 700 m
M 1 : 2500
0 50 100 150 200 250 300 350 m
inches
0 1 2 3 4 5 6
1/8
0 8 16 24 32 40 48
1" = 1/2 mile
0 1 2 3 4 5000 6 7 8 9 10000 11 12 13 14 15000 16 (feet)
1" = 1/4 mile
0 1 2 3 4 5000 6 7 8 (feet)

شکل ۸ ـ ۶ـ تبدیل مقیاس نقشه‌ها

- واحدهای طول، سطح، حجم و جرم
- واحدهای فلزات قیمتی
- واحد در کنسانتره ها
- واحدهای وزنی ویژه و سایر
- و مقیاس نقشه ها

وزن مخصوص ـ فاکتورتناره:

- در سیستم متریک برای تعیین توناژ حجم را در وزن مخصوص ضرب می کنیم ولی در سیستم انگلیسی از فاکتور تناره استفاده کرده و حجم را بر فاکتور تناره تقسیم می کنند۔ البته واحد حجم در اینجا برحسب فوت مکعب است۔

وزن مخصوص نمونه خشک و تر

- هنگامی که ذخیره معدنی در سنگهای سخت با رطوبت بسیار کم همراه باشد، معمولاً از مقدار آب صرفنظر می شود. ولی در سنگهای متخلخل و سست، کانسنگ واجد تخلخل و رطوبت زیادی می باشد، بنابراین مقدار رطوبت باید مورد محاسبه قرار گیرد.

- نسبت رطوبت – 100 = وزن ماده خشک
  100   وزن ماده مرطوب

عیار و انباشتگی

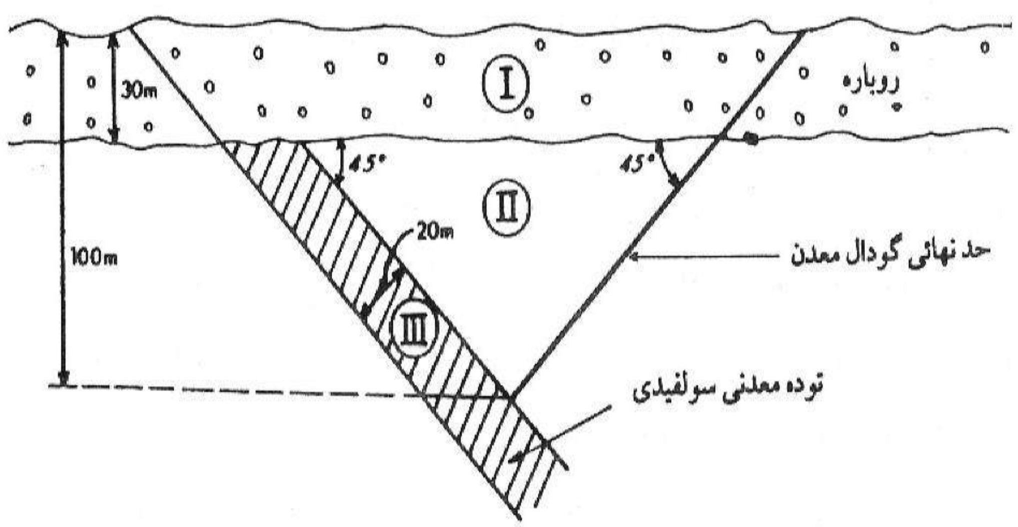
- اصطلاح درصد یک مفهوم نسبی برای بیان عیار است. امروزه عیار فلزات قیمتی بر مبنای گرم در تن محاسبه می شود. در سیستم متری این واحد معادل یک **PPm**است.
- فرض کنید ازیک تن کانسنگ آهن 300کیلوگرم آهن بدست آید،

عیار عنصر = وزن عنصر / وزن کل نمونه

- در محاسبه ذخیره انباشتگی را که حاصلضرب عیار در ضخامت ماه معدنی است، با علامت اختصار **Gt** نشان می دهند. این فاکتور در اکتشاف ذخایر سرب و روی تیپ دره می سی سی پی به نام فاکتور پایه معروف است.

نسبت باطله به کانسنگ یا نسبت خاکبرداری

- در ذخایر لایه ای رسوبی: برحسب متر مکعب باطله به هر تن موادخام بیان می شود.
- در استخراج روباز ذخایر فلزی به صورت تن باطله برتن کانسنگ بیان می شود.



روباره
30m
100m
I
II
III
45°
45°
20m
حد نهائی گودال معدن
توده معدنی سولفیدی

شکل مقطع قائم معدن برای محاسبه نسبت باطله به کانسنگ

تبدیل ترکیبات شیمیایی

- در حالی که عیارها و قیمتها برای فلزاتی نظیر سرب، روی و مس همیشه به نسبت عنصر آنها بستگی دارد، برای مواد دیگر ترکیب ممکن است تغییر کند.
- مولیبدن گاهی به صورت سولفید و گاهی به صورت ساده با فلز مولیبدن تعیین قیمت یا عیار می شود. در این موارد بایستی مولیبدن در ترکیب سولفیدی آن محاسبه شود. برای تبدیل معمولاً وزن اتمی عناصر به کار می رود.

ادامه

- مثال: ضریب تبدیل درصد MoS_2 به ارزش درصد مولیبدن را تعیین کنید: (وزن اتمی مولیبدن= 95 /95 و وزن اتمی گوگرد= 06/32)

$$\frac{Mo}{MoS_2} = \frac{95/95}{160/07} = 0/6$$

بنابراین ضریب عددی برای تبدیل MoS2به مولیبدن 6/0 است.

سایر منابع مورد استفاده

- استوار، رحمت اله(1377)نقشه برداری زیرزمینی، انتشارات جهاد دانشگاهی امیرکبیر.
- بصیر، سید حسن (1375) مبانی معدنکاری، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- حسنی پاک، علی اصغر(1371) نمونه برداری معدنی، انتشارات دانشگاه تهران.
- حسنی پاک، علی اصغر(1380) تحلیل داده های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران.
- شهاب پور، جمشید(1381) زمین شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- و سایتهای اینترنتی.

www.salampnu.com

سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملا رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

www.salampnu.com