طراحی معادن روباز

تعیین محدودهٔ بازیابی کل کانسار

مراحل کلی محاسبهٔ نسبت باطله برداری متوسط اولیه

۱ـ استفاده از مقاطع قائم کانسار

پیاده کردن مرز معدن بر مقاطع افقی کانسار

طراحی محدودهٔ نهایی معدن روباز

۱ـ روش های طراحی

۲ـ مراحل طراحی دو بعدی

۳ـ طراحی دستی محدودهٔ نهایی معدن روباز

گام اول ـ مراحل پیاده کردن محدودهٔ نهایی بر مقاطع قائم

I ـ انواع مقاطع قائم و مراحل یافتن برش با NV_{max}

الف ـ پیاده کردن محدوده در مقاطع قائم عرضی

ـ لبه در باطله باشد

- کف کاوآک در کانتینگ باشد.
- کف کاوآک هم‌تراز دیواره در کانتینگ

ب - مقاطع قائم طولی

ج - محاسبهٔ ISR و $\bar{g}$ در مقاطع قائم شعاعی

د - روش دستی - مدل بلوکی عیاری منظم

هـ - ساخت مدل بلوکی اقتصادی

و - روش دستی - مدل بلوکی اقتصادی

II - روش‌های کامپیوتری - الگوریتم‌های تعیین محدوده

الف - روش مخروط شناور (مخروط متحرک) I

حالت‌هایی که مخروط شناور جواب بهینه نمی‌دهد

- روش مخروط شناور II

ب - الگوریتم برنامه‌ریزی پویای دوبعدی (لرچ و گروسمان)

گام دوم - تهیه پلان مرکب

۱- استقرار نقاط

۲- انتخاب موقعیت مبنا

۳- صاف سازی

۴- رسم پله کف

۵- اضافه کردن خطوط میانی پله های بالایی

گام سوم - کنترل شیب باطله برداری

گام چهارم - محاسبهٔ پله به پله کانتور و باطله

گام پنجم - تعیین میزان حد آوری

گام ششم - تشکیل جریان نقدینگی، محاسبات سود - آوری و تحلیل سرمایه گذاری

طراحی معادن روباز ۱

تعیین محدودهٔ بازیابی کل کانسار

مراحل محاسبهٔ نسبت باطله برداری متوسط اولیه

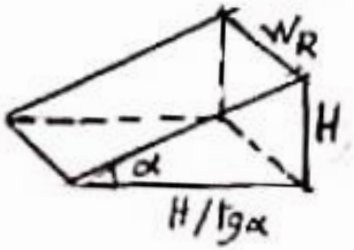
۱- ایجاد کاوآلی که تمامی کانسار را دربرگیرد. (یا حداقل تا حد قابل قبول)

تنها محدودیت هندسی، رعایت شیب پایدار برای دیواره‌های کاوآلی برحسب نوع سنگ دیواره است

۲- محاسبهٔ حجم کاوآلی (V_t)

۳- محاسبهٔ حجم باطله با کسر حجم کانسار از حجم کاوآلی ($V_W = V_t - V_o$)

۴- محاسبهٔ حجم باطله برداری مورد نیاز برای رمپ خارجی با فرمول:

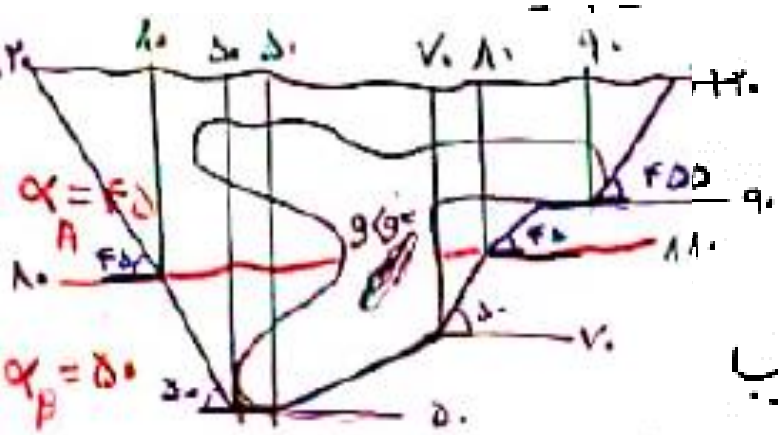


$$V_R = \frac{1}{2} \times \frac{H^2}{tg\alpha} \times W_R$$

شامل رمپ

۵- محاسبه وزن باطله، ماده معدنی و نسبت باطله برداری نهائی

این محاسبات می‌تواند هم بر روی مقاطع قائم و هم مقاطع افقی کانسار انجام شود.



I - استفاده از مقاطع قائم کانتار

گام‌های محاسبهٔ حجم یا وزن باطله:

۱- پیاده کردن مرزهای معدن بر روی هریک از مقاطع قائم برمبنای شیب پایدار دیواره، درصورتی که شیب کانسار از شیب پایدار دیواره کمتر باشد از شیب کانسار و در غیر این صورت از شیب دیواره بعنوان شیب پایدار استفاده می‌کنند.

۲- انتقال نقاط تغییر شیب دیواره یا تراز آن‌ها از مقطع قائم به پلان بر روی مقطع متناظر

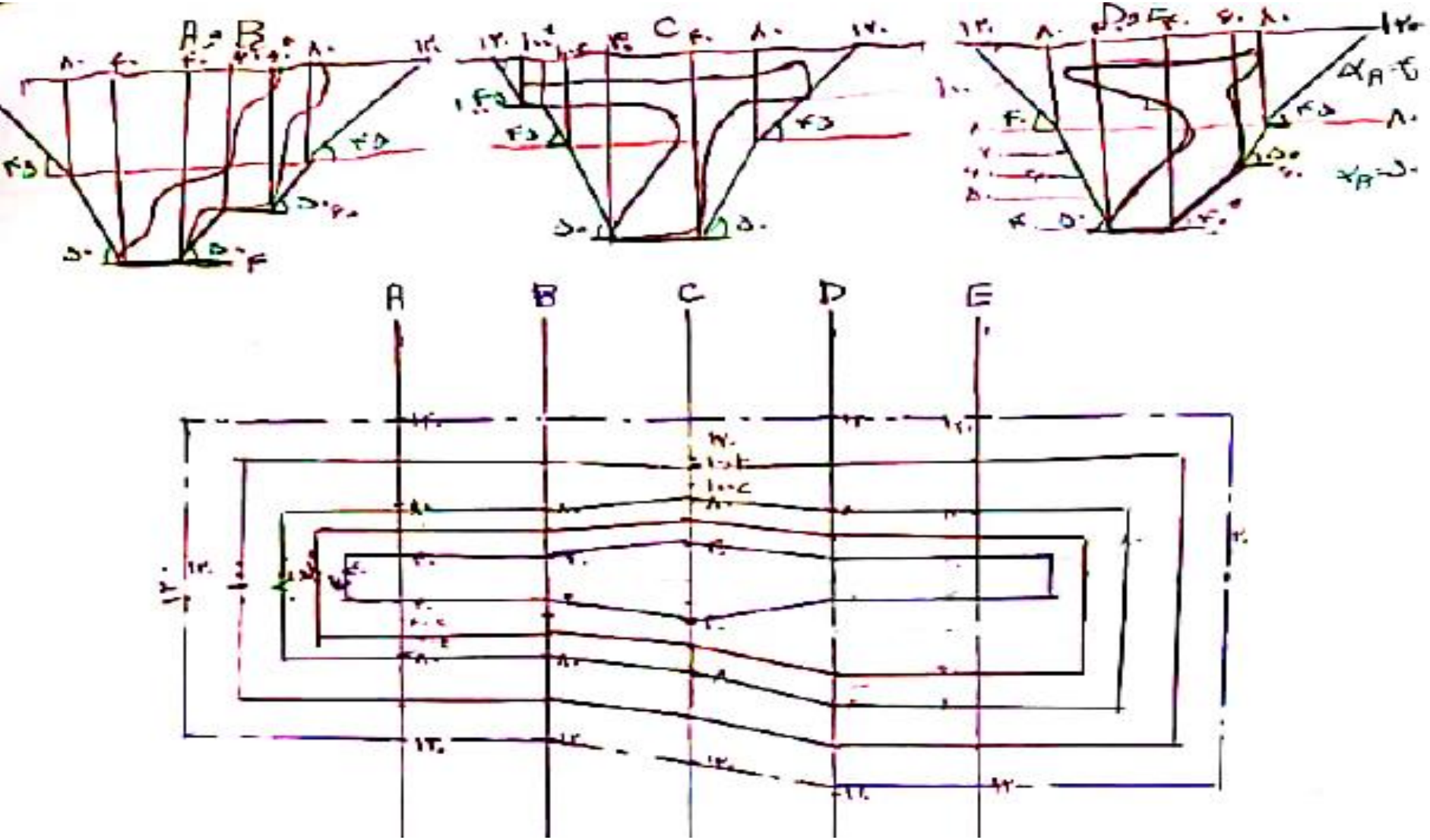
۳- رسم پلان مرکب کاوآک همراه با بستن انتهاهای کاوآک*

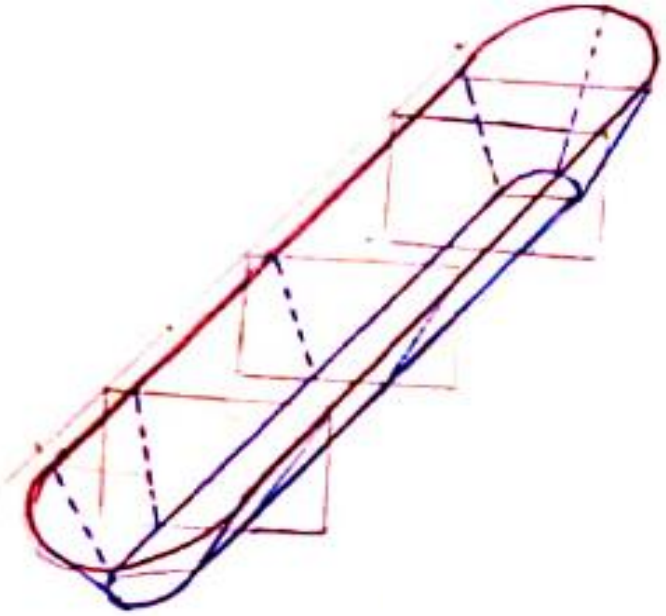
۴- محاسبه حجم کل با استفاده از سطح دو تراز متوالی

۵- کسر حجم ذخیره از حجم کل برای محاسبه حجم باطله

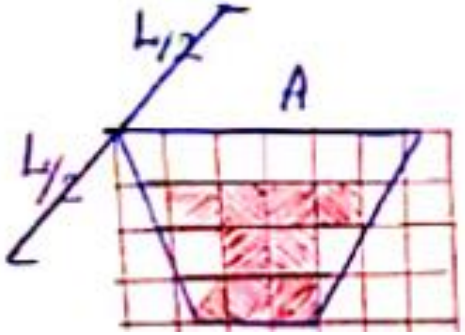
۶- محاسبهٔ حجم باطله برداری نهائی

* در بستن ابتدا و انتهای کاوآک، می‌توان از مقاطع قائم طولی استفاده کرد یا در ابتدا یا انتهای کاوآک در تراز کف، ماده معدنی را به اندازه نصف فاصلهٔ مقاطع ابتدائی و انتهائی توسعه داد و مرز معدن در آن را منطبق آن رسم کرد.


A
B
C
D
E



(با فرض افقی بودن سطح زمین)



$S_{tA} \times L = V_t$

$S_{oA} \times L = V_o$ (به تکنیک عیار) و $V_o \times \gamma_o = W_o \Rightarrow \bar{g} = \frac{\sum W_o}{\sum V_o}$ می شود

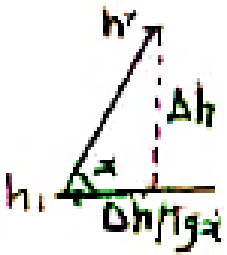
$V_t - V_o = V_w \longrightarrow V_w \times \gamma_w = W_w$

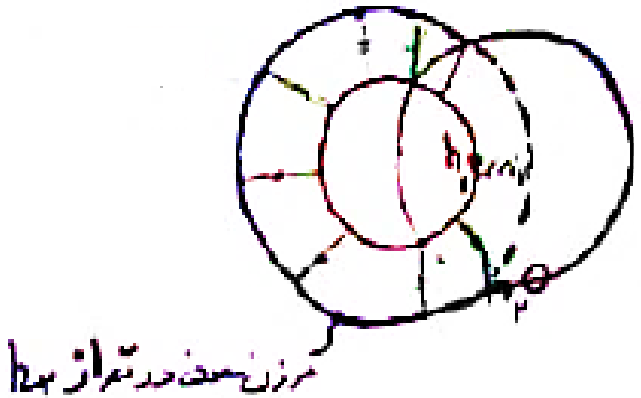
II - پیاده کردن مرز معدن بر مقاطع افقی کاسار

مراحل:

۱- انطباق مرز معدن بر پائین ترین تراز کانی زائی (کف معدن) یا هر تراز کانی‌زایی موردنظر

۲- در ترازهای بالاتر، در صورتی که مرز ماده معدنی از مرز معدن در تراز پائین تر فاصله ای بیش از $h/tg\alpha$ داشته باشد، رسم مرز معدن در آن تراز منطبق با مرز ماده معدنی آن تراز، در غیر این صورت، رسم مرز معدن آن تراز به فاصله $h/tg\alpha$ از مرز معدن در تراز پائین و هم موازات آن





۳- محاسبه V_3 بین پاشنه معدن در h_1 و h_2 و لبه آن در فاصله $\Delta h/tg\alpha$

۴- محاسبه V_5 در شرایط فوق

۵- محاسبه V_{37} و ΔV

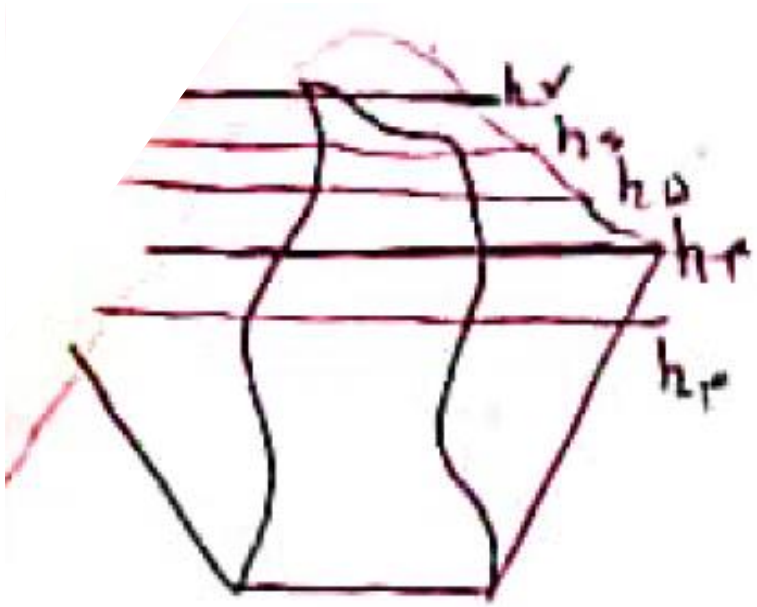
۶- تکرار این فرآیند برای کلیهٔ Δh تا بالاترین تراز سطح زمین رافع مرزوری کاراک

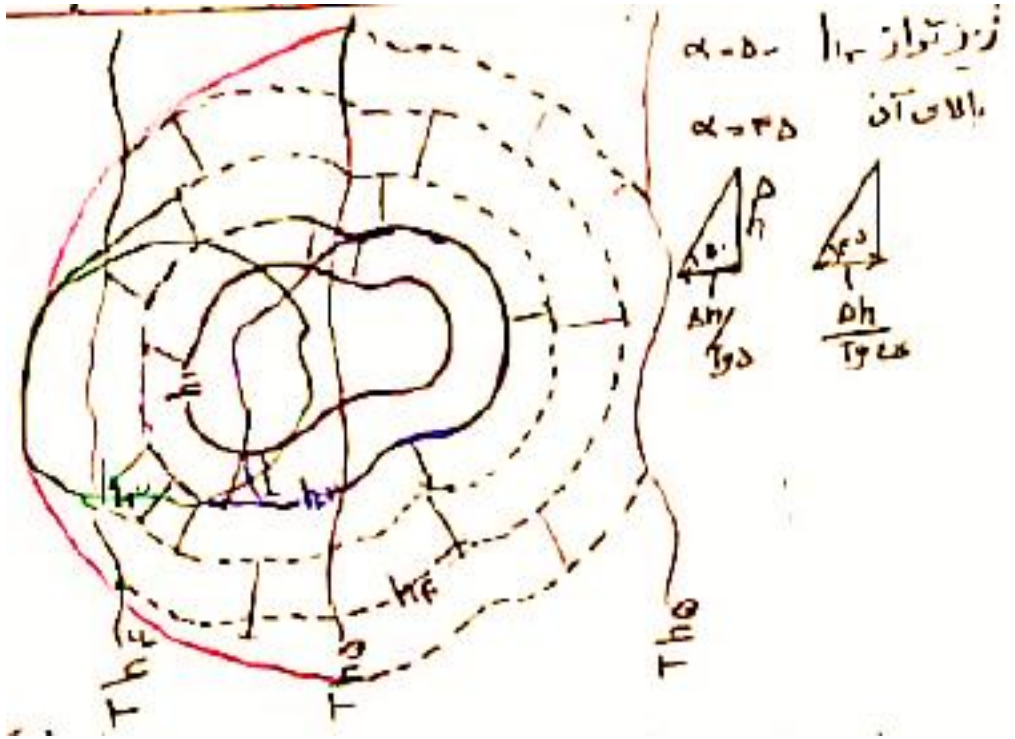
(لازم به ذکر است که در زمین های مرتفع و دیواره های سطح الارض یک طرف محدود

(لازم به ذکر است که در زمین های مرتفع و دیواره های سطح الارض یک طرف محدود

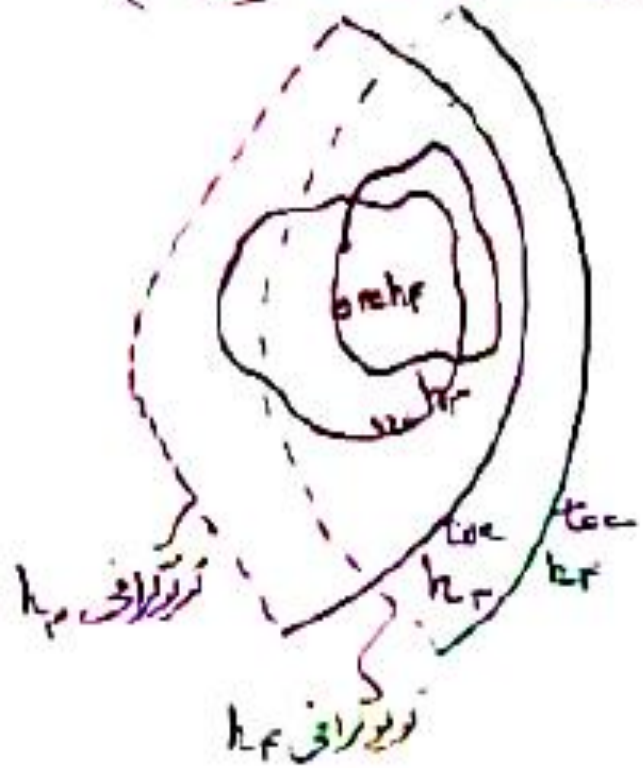
کننده خط توپوگرافی زمین در هر تراز می باشد، در زمین های

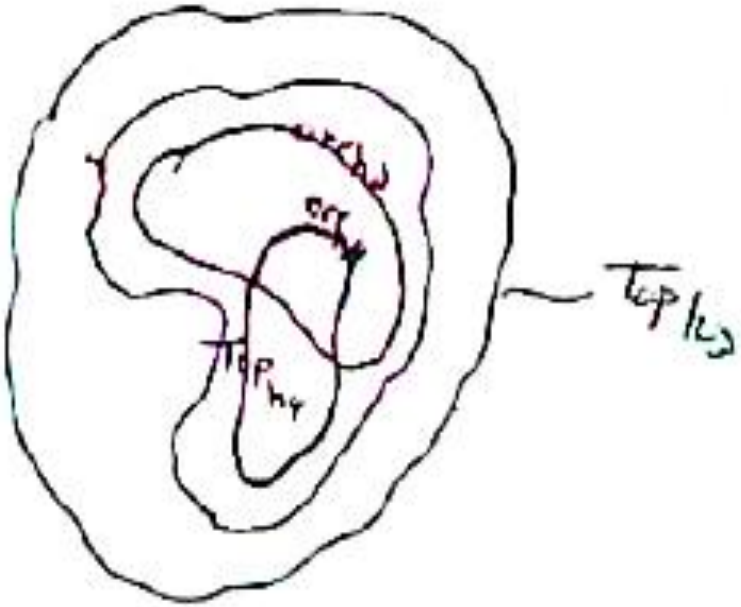
تپه ای و یا قله ای در بالای کار آل که دیواره تشکیل نمی شود،





محاسبه احجام (V_4 ، V_5 و V_6) باید بین خطوط توپوگرافی متوالی صورت گیرد .





طراحی محدودهٔ نهایی معدن

۱- روش‌های طراحی
- دوبعدی
  - روش دستی
    - مدل زمین‌شناسی عیار
      - بلوک‌های نامنظم
      - بلوک‌های منظم
    - مدل بلوکی اقتصادی (بلوک‌های منظم)
  - روش‌های کامپیوتری
    - روش‌های کامپیوتری ← مدل بلوکی اقتصادی (منظم)
      - مخروط شناور (۱ و ۲)
      - لربح - گروسمان
- سه بعدی

۲ — مراحل طراحی دوبعدی

الف - پیاده کردن محدودهٔ نهایی روی مقاطع قائم

ب - انتقال نقاط کف کارانک و نقاط برخورد دیوارهٔ کانوانک با سطح زمین (در دیوارههای پیوسته) و نقاط تغییر شیب یافته (در دیوارههای ناپیوسته) از مقاطع قائم به پلان (محدودهٔ تأثیر هر مقطع قائم تا نصف فاصله‌اش با

مقطع قائم مجاور در نظر گرفته می شود).

ج - تهیه پلان مرکب

د - تهیه جداول و نمودار عیار حد - تناژ تجمعی - عیار متوسط کاوآر

مقاطع افقی به فواصل پله ها

هـ - تعیین کردن محدوده نهایی طی یک فرآیند تکراری (برای روش های دستی و روش های غیر کامپیوتری) با فرض: ۱) عیار حد فرآوری، ۲) ظرفیت یا عمر معدن، و تعیین ظرفیت معدنکاری

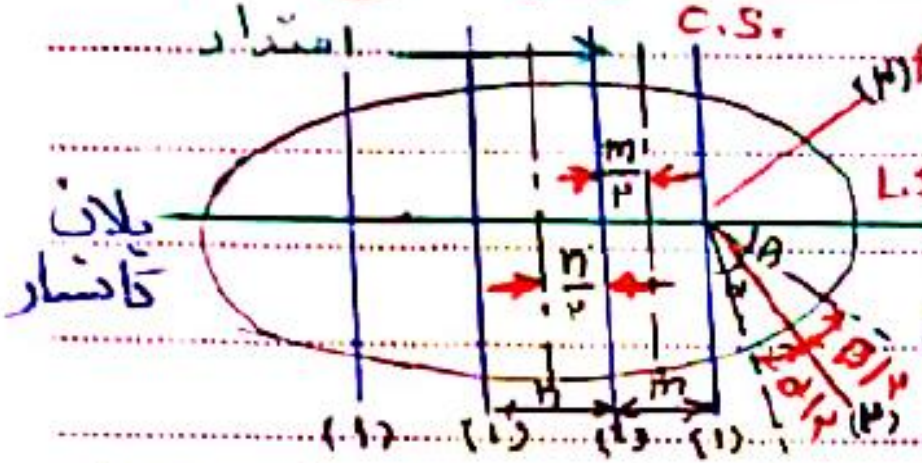
۳- طراحی دستی محدوده نهایی معدن روباز

در مبحث "آماده سازی معدن سطحی" اهداف طراحی محدوده نهایی معدن روباز مطرح شد که علاوه بر تعیین محدوده ای که تأسیسات و تسهیلات سطحی و ابنیه ها خارج از آن محدوده قرار گیرند، و همچنین تعیین تناژ باطله برداری، هدف اصلی یافتن محدوده ای بود که حداکثر سود را عاید کند. استخراج در روی این محدوده دارای سود صفر و خارج از آن استخراج زیان آور است.

توضیح داده شد که این هدف (محدوده نهایی اقتصادی) با جستجوی برش (cut) حاصل می شود که ارزش خالص آن برش (NVC) که بر روی خط حدی آن برش تعیین می شد، برابر صفر شود.

گام اول الف - مراحل پیدا کردن محدوده نهایی بر مقاطع قائم

- انواع مقاطع قائم



۱- مقاطع قائم عرضی Cross-sectional

۲- مقاطع قائم شعاعی Radial Sec.

۳- مقاطع قائم طولی Longitudinal S.

که به ترتیب عمود، زاویه دار و به موازات امتداد هستند. حوزه تأثیر هر مقطع تا نصف فاصله اش با مقاطع مجاور در نظر گرفته می شود. فرآیند یافتن برشی با ارزش خالص طی مراحل زیر (و مقاطع بیشتر) انجام می شود:

۱- یک برش انتخاب می شود

۲- NVC، عیار حد سربسری (g_c)، نسبت باطله برداری سربه سری (BESR) به صورت توابع (متغیر g) و نمودار محاسبه و رسم می شود:

$$NV_{ou} = 0 \Rightarrow g_c = \frac{\Sigma Co}{R_f \times P_m} = \frac{B}{A}$$

$$NV_{cut} = W_{oc} \times (\quad) - C_{uw} = W_{oc}(g \times R_f \times P_m - \Sigma Co) - W_{wc} \times C_{uw}$$

$$NV_{u\,cut} = \frac{NV_{cut}}{W_{oc}} = g \times R_f * P_m - \Sigma Co - \frac{W_{uc}}{W_{oc}} \times C_{uw}$$

$$= Ag - B - SR \times C_{uw})$$

$$NV_{uc} = 0 = Ag - B - BESR \times C_{uw} \Rightarrow BESR = \frac{NV_o}{C_{uw}}$$

$$= \frac{Ag - B}{C_{uw}} = \frac{g \times R_f \times P_m}{C_{uw}}$$

R_f = (راندمان فرآوری × ذوب × تصفیه) = $R_p \times R_s \times R_r$

ΣCo = هزینه‌های تعلق گرفته به تن کانسنگ = $C_T + C_r + C_g + C_p + C_e$

NV_{ou} = ارزش خالص هر تن کانسنگ

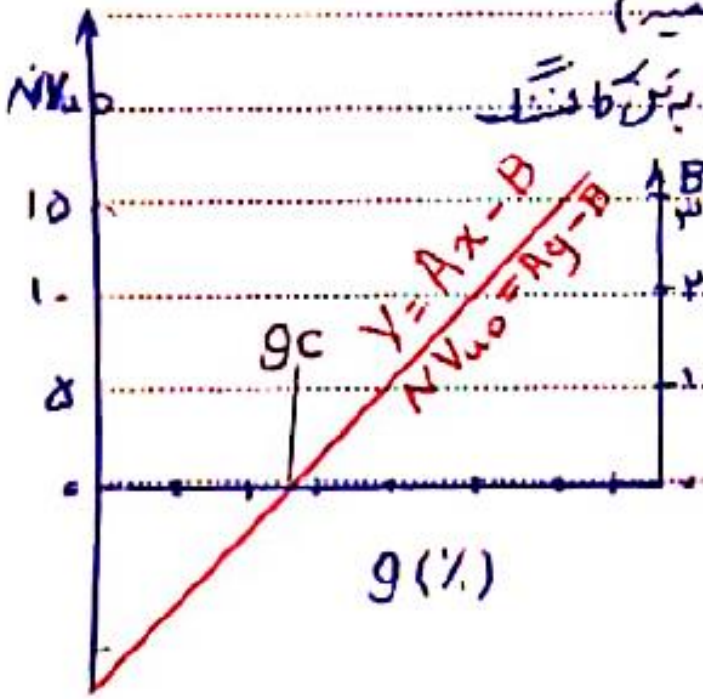
NV_c = ارزش خالص هر تن

NV_{uc} = ارزش خالص هر تن کانسنگ استخراج شده هر تن

C_w = هزینه باطله برداری به ازای هر تن کانسنگ استخراجی

C_{uw} = هزینه هر تن باطله برداری

P_m = قیمت هر تن محصول



۳ـ تعیین ISR (Incremental Stripping Ratio) برش و عیار متوسط

۴ـ مقایسهٔ ISR و BESR برای عیار متوسط برش

اگر ISR = BESR ⇒ NVuc = Ag − B − ISR × Cuuc

حد نهایی NVuc = ۰

اگر ISR < BESR ⇒ NVuc > ۰ معدن گسترش یابد

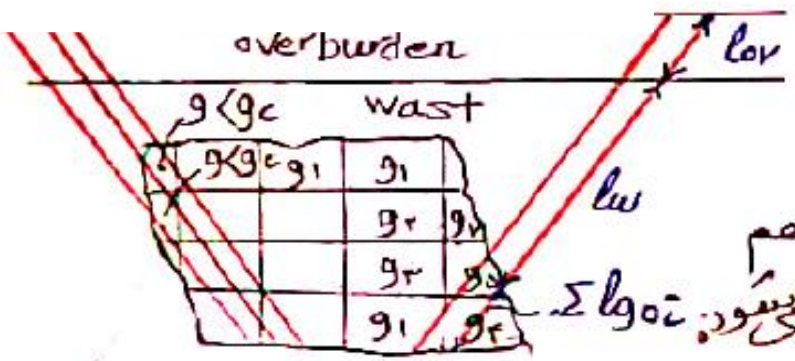
اگر ISR > BESR ⇒ NVuc < ۰ معدن تعطیل شود

برای طراحی محدودهٔ نهایی به روش دستی باید مقاطع قائم و افقی کانسار که در آن مرزهای باطله و ماده معدنی، نوع سنگ‌های باطله و ماده معدنی، خطوط تعلیق یا بلوک‌بندی عیاری، تعلیق ماده معدنی و یا باطله از نظر وزن مخصوص، اطلاعات مادی لازم، مشخصات پله (ارتفاع، شیب)، زوایا و یا زوایای شیب این و حداقل ابعاد عرض کف معدن و مشخصات رمپ (شیب، عرض) و نقاط یا نقطه ورودی رمپ و نقطه انتهایی در کف در دست باشد.

طراحی معادن روباز ۲

ب ـ پایه‌گذاری محدوده در مقاطع قائم عرضی

• تف کاواک در باطله باشد



۱- به تفکیک در دیوارهٔ سمت چپ و راست خطی هم‌شیب دیواره رسم می‌شود.

۲- ISR از رابطه زیر بر روی هر خط مستقل از هم محاسبه می‌شود:

$$ISR_{LLR} = \frac{l_{ov} + l_w}{\Sigma l_{goi}}$$

• درصورتی تفاوت وزن مخصوص‌ها:

$$ISR = \frac{l_{ov}\gamma_{ov} + l_w\gamma_w}{\Sigma l_{goi}\times\gamma_o}$$

• درصورت تفاوت هزینه‌های برداشت روباره و باطله، ضریب نسبی هزینه برداشت روباره به باطله (یا برعکس) α اعمال می‌شود:

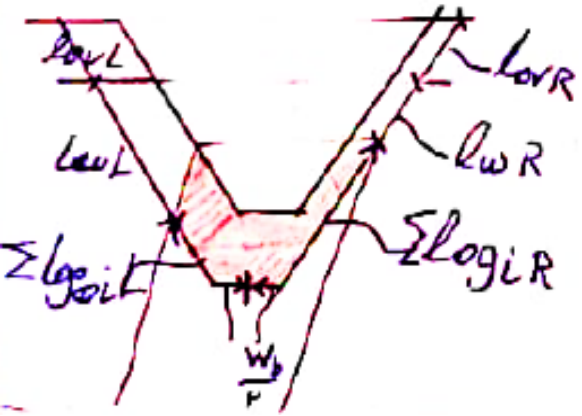
$$ISR = \frac{\alpha l_{ov}\gamma_{ov} + l_w\gamma_w}{\Sigma l_{goi}\gamma_o}$$

۳- عیار متوسط بر روی هر خط حدی محاسبه می‌شود:

$$\bar{g}_o = \frac{l_{og_1}g_1 + \cdots + l_{og_n}g_n}{l_{og_1} + \cdots + l_{og_n}} = \frac{\Sigma l_{og_i}g_i}{\Sigma l_{og_i}}$$

• هر بلوک ماده معدنی با عیاری برابر با عیار حد و کمتر از آن باطله محسوب می‌شود.

● کف کانال در کامنگ باشد



۱- شابلونی با کف برابر مداقل عرض کف و خطوط چپ و راست هم شیب دیواره تهیه و به صورت قائم و افقی در کامنگ شناورمی شود.

۲- در هر موقعیت خط حدی، ISR و $\bar{g}$ برای دو دیوارهٔ سمت چپ و راست به طور هم زمان با اختصاص دادن نصف عرض کف (مداقل) به طول کامنگ دیوارهٔ چپ و نصف به دیوارهٔ راست، مشابه روش قبل محاسبه می شود.

$$ISR_L = \frac{l_{ovL} + l_{wL}}{\sum (l_{go_{i\,\text{دیواره}}} + l_{go_{j\,\frac{1}{2}\text{کف}}})L} \quad , \quad ISR_R = \frac{l_{ovR} + l_{wR}}{\sum (l_{go_{i\,\text{دیواره}}} + l_{go_{j\,\frac{1}{2}\text{کف}}})R}$$

$$\bar{g}_L = \left(\frac{\sum l_{goi} \times g_i}{\sum l_{goi}}\right)_L \quad , \quad \bar{g}_R = \left(\frac{\sum l_{goi} \times g_j}{\sum l_{goj}}\right)_R$$

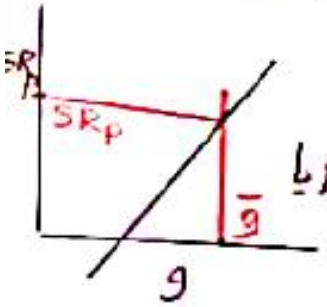
• کف و یک دیوارهٔ در کاهشنگ

۱- در این حالت یک دیوارهٔ خط‌حدی منطبق بر مرز کاهشنگ (اگر شیب کاهشنگ مساوی یا کوچکتر از شیب کمانگی باشد) و دیواره دیگر هم شیب با شیب زمانگی و کف (با حداقل عرض کف) در کاهشنگ خواهد بود.

۲- ISR و $\bar{g}$ مشابه قبل و با فرض تعلق کف به دیواره سنگی محاسبه می‌شود به عبارت دیگر طول کاهشنگ در دیواره و کف به صورت کنترل محاسبه ISR و $\bar{g}$ را تشکیل می‌دهد.

$$ISR = \frac{l_{ov} + l_w}{\Sigma l_{goi}} \quad \text{تنها دیواره}$$

ج- تعیین BESR یا نسبت باطله برداری مجاز (SR_p) به ازای هر عیار متوسط محاسبه شده در خط‌حدی.



۱- با مراجعه به تابع یا نمودار عیار- $(SR_p)_{BESR}$ یا $BESR = \frac{\bar{g} \times R_f \times P_m - C_t}{C_{dm}}$

۲- SR_p مجاز به ازای هر برش یا خط‌حدی به دست می‌آید

د- مقایسه ISR و SR_p تا رسیدن به حد نهائی

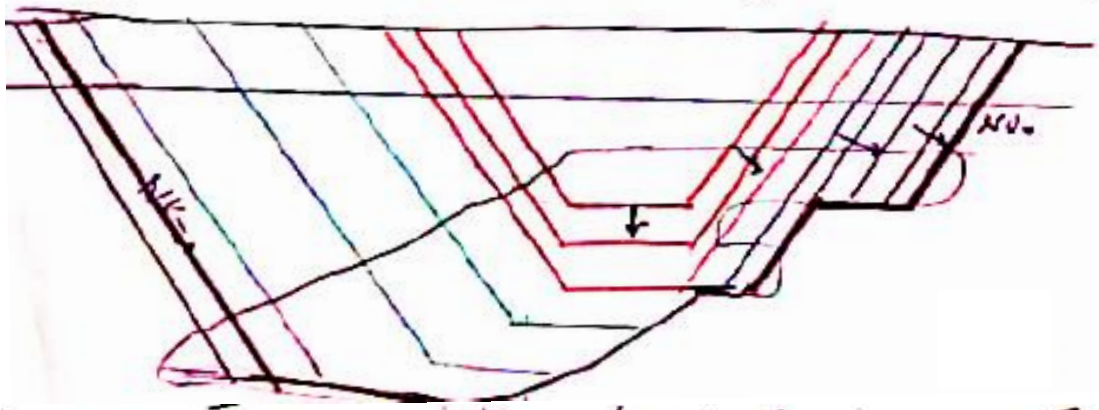
$ISR = SR_p$ حد نهائی ($NV = 0$)

$ISR < SR_p$ کاوآک توسعه یابد ($NV > 0$)

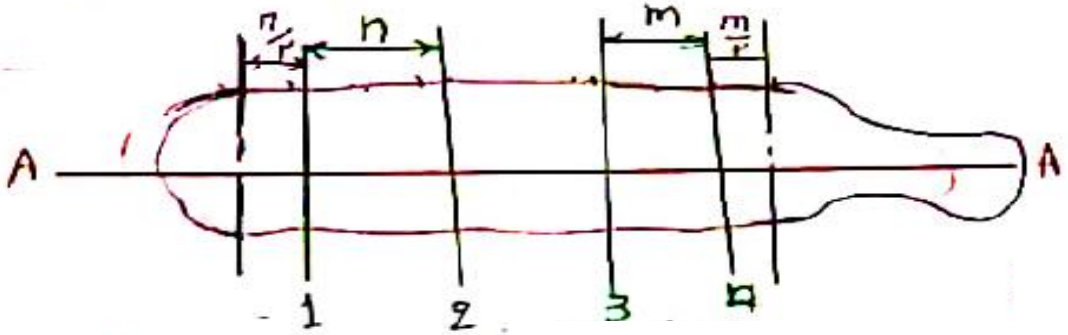
$ISR > SR_p$ کاوآک تنگ‌تر شود

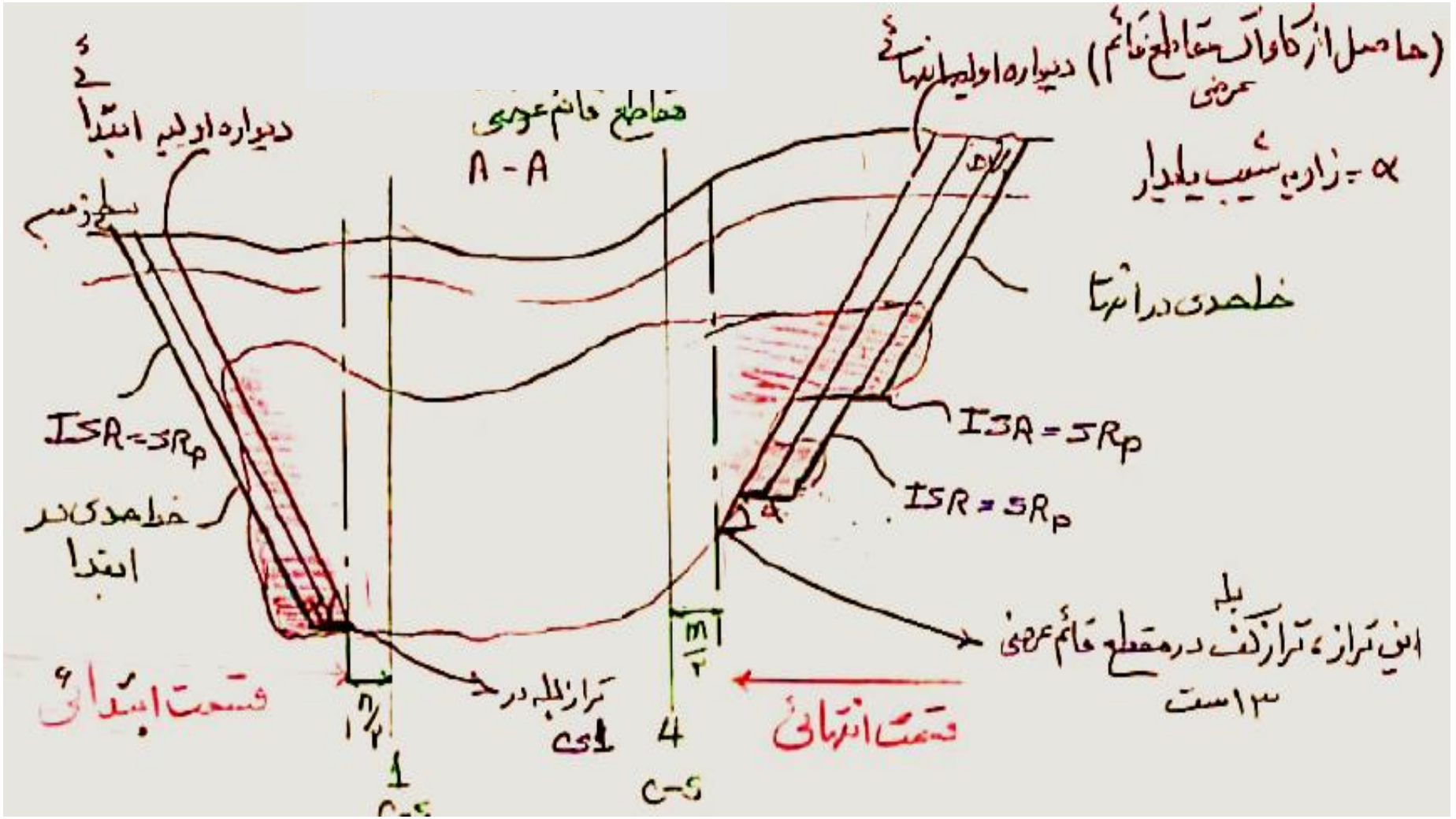
II - مقطع قائم طولی

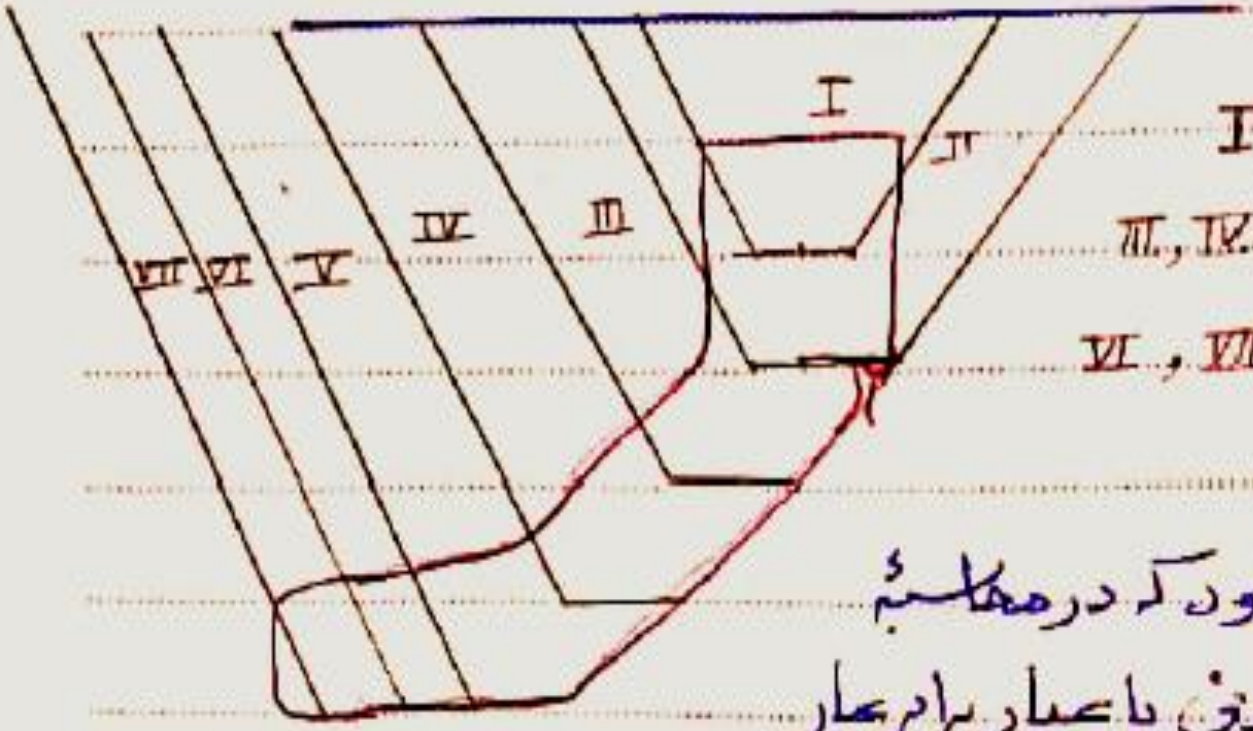
- در طول محور کانسار، یک مقطع قائم طولی زده شده و مشابه روبه اعمال شده در مورد مقاطع قائم عرضی حد نهائی برروی آن تعیین می‌شود (در این حالت از هر سه موقعیت پیش گفته برای محاسبهٔ ISR و $\bar{g}$ استفاده می‌شود.



- در مورد مقاطع طولی، تعیین محدودهٔ نهائی می‌تواند در دو جهت ابتدائی و انتهائی مقطع قائم طولی انجام شود و جهتهای میانی کانسار که محدودهٔ آن از روی مقاطع قائم عرضی تعیین شده در کانتور وارد نشوده




(حاصل از کاوآک مقاطع قائم)
دیواره اولیه انتهایی
عرضی
دیواره اولیه ابتدا
مقاطع قائم عرضی
A - A
α = زاویه شیب یلدار
سطح زمین
خاکریز در انتها
ISA = SRp
ISA = SRp
ISR = SRp
خاکریز در ابتدا
این تراز، تراز کف در مقطع قائم عرضی
۱۳ است
m/2
n/2
قسمت ابتدائی
قسمت انتهائی
تراز پله در
1
4

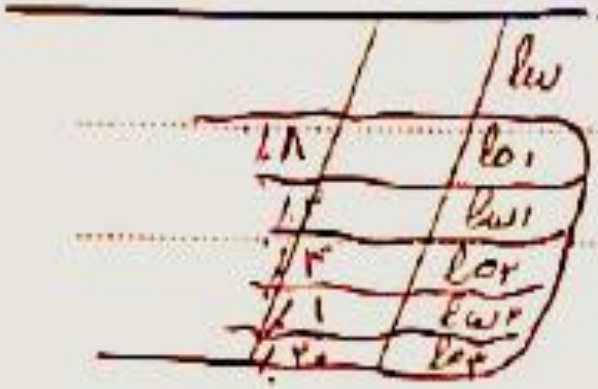


حالت ۲ ..... I و II →

حالت ۳ ..... III، IV و V →

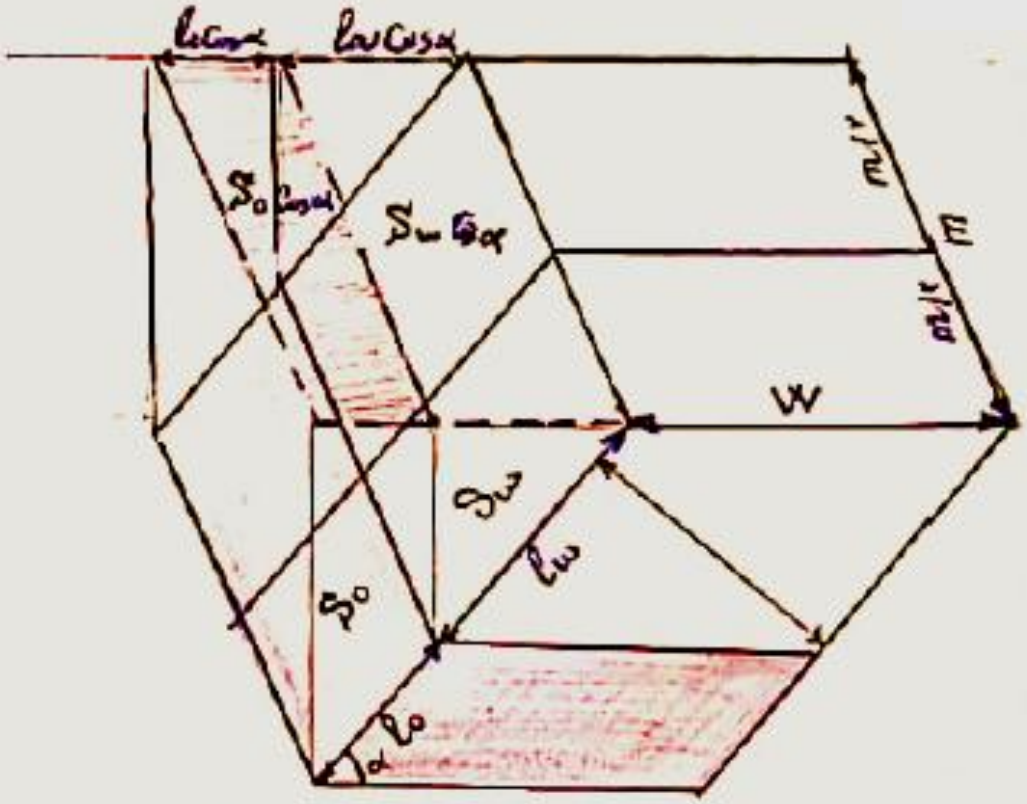
حالت ۱ ..... VI و VII →

* تبصره: دقت شود که در محاسبهٔ ISR، هر مادهٔ معدنی با عیار برابر عیار حد و کمتر از آن، با طلا منظور می‌شوند.



اگر عیار حد ۳٪ باشد

$$ISR = \frac{lw + lw_1 + lw_2}{lo_1 + lo_2 + lo_3}$$



* تذکر مهم :

در مقاطع قائم طولی و عرضی ISR اندازه گیری شده با ISR اندازه گیری شده در سطح یعنی

$$ISR_s = \frac{Sw \times \gamma w}{So \times \gamma o}$$

و ISR اندازه گیری سطح در مسیر (حجم) یعنی

$$ISR_v = \frac{Vw \times \gamma w}{Vo \times \gamma o}$$

برابر هستند

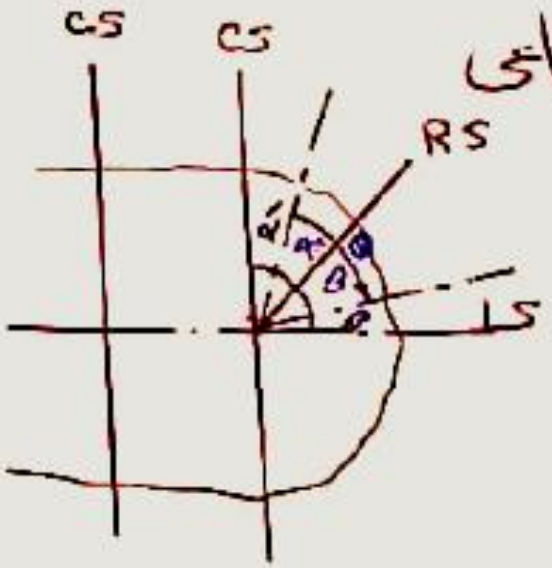
$$ISR_l = ISR_s = ISR_v = \frac{lw \times \gamma w}{lo \times \gamma o}$$

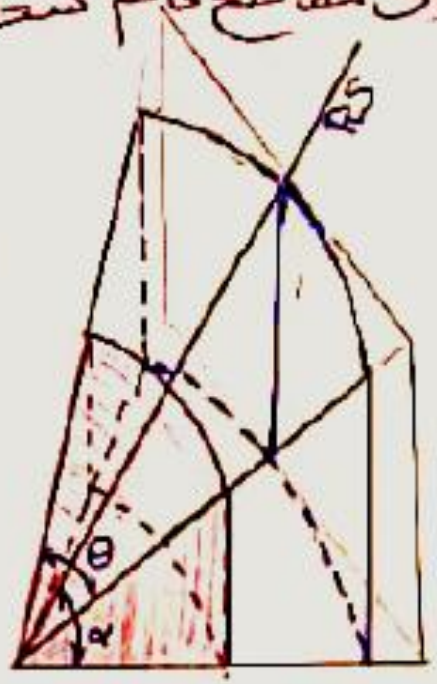
مقطع قائم عرضی $ISR = \frac{lw \times \gamma w}{lo \times \gamma o}$

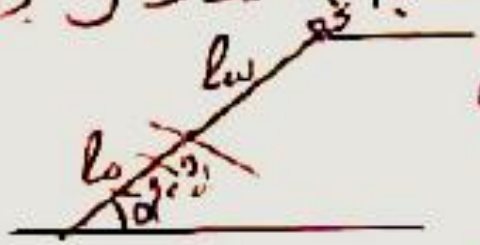
پلان $ISR = \frac{lw \cos\alpha \times m \times \gamma w}{lo \cos\alpha \times m \times \gamma o} = \frac{lw \gamma w}{lo \gamma o}$

تناژ $ISR = \frac{lw \times W \times m \times \gamma w}{lo \times W \times m \times \gamma o} = \frac{lw \times \gamma w}{lo \times \gamma o}$

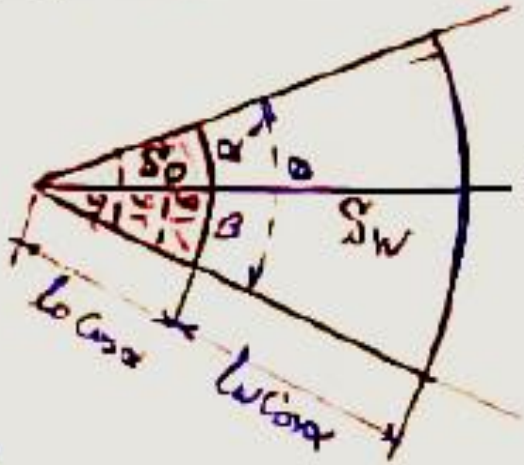
ج - محاسبهٔ ISR و $\bar{g}$ برروی مقاطع قائم سطحی







مقطع قائم عرضی سطحی



تصویر برش برافق

$$ISR_t = \frac{lw \times \gamma w}{lo \times \gamma o} - \frac{lw}{lo} \times \frac{\gamma w}{\gamma o}$$ در مقطع قائم عرضی

$$\bar{g} = \frac{\Sigma loi\, gi}{\Sigma loi}$$

$$\frac{\theta^\circ}{180^\circ} \times \pi = \theta$$ درجه به رادیان

$$ISR_s = \frac{Sw \times \gamma c}{So \times \gamma o} = \frac{(St - So)\gamma c}{So \times \gamma o}$$ برافق

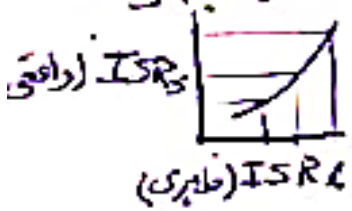
$$= \frac{\left[\pi(lo\cos\alpha + lw\cos\alpha)^2 \times \frac{\theta^\circ}{180} - \pi(lo\cos\alpha)^2 \times \frac{\theta}{180}\right]\gamma w}{\left[\pi(lo\cos\alpha)^2 \times \frac{\theta}{180}\right]\gamma o}$$

$$= \frac{[(lo+lw)^2 - lo^2]\,\%\alpha}{(lo)^2 \times \%o} = \frac{(lo^2 + lw^2 + 2lolw) - lo^2}{lo^2} \times \frac{\%\alpha}{\%o}$$

$$= \frac{lw^2 + 2lolw}{lo^2} \times \frac{\%\alpha}{\%o} = \left(\frac{lw^2}{lo^2} + 2\frac{lw}{lo}\right)\frac{\%\alpha}{\%o}$$

$$ISR_s = \left[(1+\frac{lw}{lo})^2 - 1\right] \quad = \left[(1+ISR_\ell)^2 - 1\right]$$

- برای تعیین ISR بر روی مقاطع مستطیلی باید ابتدا ISR را بر روی مقاطع مشابه مستطیلی بدست آورد و سپس برای محاسبه ISR واقعی با قرار دادن ISR_ℓ در رابطه ISR_s مقدار واقعی آن را محاسبه کرد.



- برای تعیین عیار متوسط نیز باید به صورت زیر عمل کرد

$$\bar{g} = \frac{\sum S_{oi} g_i}{\sum S_{oi}} \text{ یا } \bar{g} = \frac{\sum (R_{oi}\theta) g_i}{\sum R_{oi}\theta} = \frac{\sum R_{oi} g_i}{\sum R_{oi}}$$

$$\bar{g} = \frac{\sum R_{oi} \cos\alpha\, g_i}{\sum R_{oi} g_i \cos\alpha} = \frac{\sum R_{oi} g_i}{\sum R_{oi}}$$

+ این روش برای هر سه حالت ذکر شده صادق است.

د ـ روش دستی ـ مدل بلوکی عیاری منظم

مراحل کار برای تعیین محدوده نهائی برروی بلوک‌های عیاری منظم و نامنظم هیچ تفاوتی باهم ندارند

$VV_o \rightarrow g_c = \%۴ \rightarrow BESR$

$l_w = l_{w_1} + l_{w_2} = ۲(\sqrt{x^۲+h^۲})$

$l_o = l_{o_1} + l_{o_2} = ۲(\sqrt{x^۲+h^۲})$

$ISR = \frac{۲(x^۲+h^۲)^{۰/۵}}{۲(x^۲+h^۲)^{۰/۵}} = ۱$

$\bar{g} = \frac{۲(x^۲+h^۲)^{۰/۵} \times \%۸}{۲(x^۲+h^۲)^{۰/۵}} = \%۸$

هـ ـ ساخت مدل بلوکی اقتصادی

۱ـ الف ـ محاسبهٔ NV_o ..... حرزبن کانسنگ برحسب عیار $NV_o = R_f \times P_m \times g - C_{mo}$

ب ـ محاسبهٔ NV_w ..... حرزبن باطله $NV_w = (C_{mw})$

ج ـ محاسبهٔ ارزش بلوک ماده معدنی و باطله

$Wb_o = l \times w \times h \times \gamma_o$

$Wb_w = l \times w \times h \times \gamma_w$

$Wb_{ss} = L \times w \times h \times \gamma_{ss}$ خالص

د ـ تعیین ارزش بلوک ماده معدنی

$NV_{bo} = (Wb_{oo} \times NV_{o}$ از عیار بلوک) + (درآمد حاصل از محصولات جنبی هر بلوک)

هـ ـ تعیین ارزش خالص بلوک باطله

$NV_{bss} = Wb_{ss} \times NV_{ss} = Wb_{ss} \times C_{ss}$

و ـ ارزش بلوک های ماده معدنی با ارزش کمتر یا مساوی ارزش بلوک باطله، با ارزش بلوک باطله جایگزین میشود.

اگر $NV_{bo} \leq NV_{bss}$

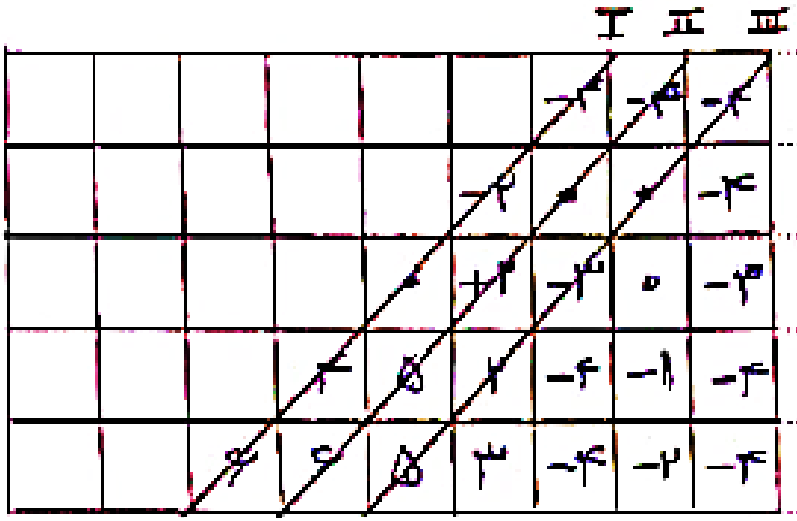
$\Rightarrow NV_{bo} \rightarrow NV_{bss}$ $(NV_{bo} = -10)$

(ارزش هیچ ماده معدنی با بلوک ماده معدنی نمی تواند کمتر از ارزش بلوک باطله باشد)

$NV_{bo} = +20$ و 0 و -10 (عیارحد) و 0 (سنگ باکمتر از NV_{bss})

$NV_{bss} = -10$

و – روش دستی – مدل بلوکی اقتصادی



گسترش I (برش) $NV_c = -4-2+0+4+6 = +4$

گسترش II (برش) $NV_c = -4+0+2+5+6 = +9$

حدنهائی III (برش) $NV_c = -4+0-3+2+5 = 0$

C – تعیین ISR

$ISR = \frac{\text{ضرر}}{\text{سود}} = \frac{3}{2} = 1/5:1$

– تعیین عیار حد فراوری

در محدوده نهائی تعیین مواد باعیاری برابر عیار حد استخراجی و کمتر از آن وجود دارند که با وجود این عیارها سود حداکثر عاید می شود. چون این مواد همراه با سایر مواد داخل حاوک باید استخراج شوند (هزینه استخراج این مواد را مواد پرعیار تقبل کرده اند). بنابراین عیاری وجود دارد درآمد حاصل از این مواد، قادر است هزینه های فرآوری و بس از آن را جبران کند. به این عیار عیار حد فرآوری گفته می شود.

$I_0 = C_{t_0}$ عیار حد استخراجی $= g_c = \frac{C_e + C_p + C_s + C_m \cdots}{R_f \times P_m}$

$$g_{cp} \times R_f * P_m = C_p + C_s + C'_m$$

$$\text{میزان حد فرآوری } g_{cp} = \frac{C_p + C_s + C'_m}{R_f \times P_m}$$

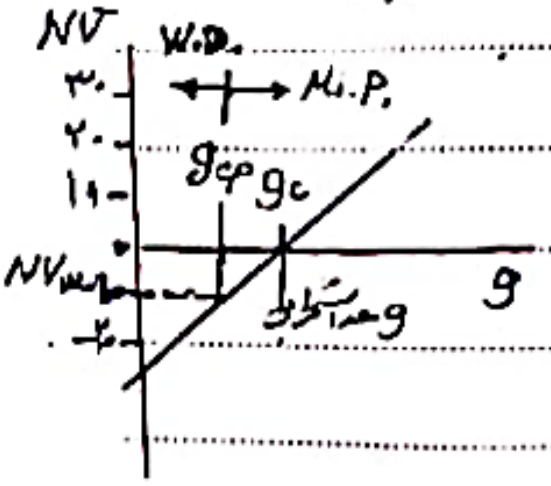
برای به دست آوردن میزان حد فرآوری، می‌توان NV_0 را مساوی با ارزش هر تن با حالم قرارداد:

$$NV_0 = g_{cp} \times R_f \times P_m - (C_e + C_p + \dots) = +C_{eu}$$

$$g_{cp} \times R_f \times P_m - (C_p + \dots) = 0 \qquad (C_{eu} = C_{ew} \text{ فرض})$$

$$\Rightarrow g_{cp} = \frac{C_p + \dots}{R_f \times P_m}$$

این امر در نمودار $g - NV$ نیز نشان داده می‌شود.



— در تحلیل سرمایه‌گذاری:

NPV کل طرح = (مجموع ارزش جاری ورودی‌ها) − (مجموع ارزش جاری خروجی‌های منفی)

$$OSR = \frac{\text{تعداد بلوک‌های با ارزش صفر و منفی}}{\text{تعداد بلوک‌های با ارزش مثبت}}$$

ز – روش‌های کامپیوتری – الگوریتم‌های تعیین محدودهٔ نهایی

هدف: یافتن محدوده یا مجموعه بلوک‌هائی که استخراج آن‌ها بالاترین ارزش خالص (NV) را به دست دهد.

الف – روش مخروط شناور یا مخروط متحرک

مرحلهٔ ۱ – جستجو از بالاترین افق و از چپ به راست شروع و اولین بلوک با NV مثبت انتخاب می‌شود.

مرحلهٔ ۲ – مخروط حول آن بلوک با قرار دادن رأس مخروط در مرکز بلوک ایجاد می‌شود.

مرحلهٔ ۳ – ارزش خالص کل مخروط محاسبه شده، اگر مثبت یا صفر بود، آن مخروط استخراجی و تصویر آن اصلاح می‌شود. اگر NV مخروط منفی بود، مخروط به بلوک مثبت بعدی در آن ردیف (افق) منتقل می‌شود.

مرحلهٔ ۴ – این تحلیل برای تمام بلوک‌های مثبت از چپ به راست در هر افق، و برای تمامی افق‌ها از بالا به پائین انجام می‌شود.

مرحلهٔ ۵ – NV کل کانساری که در آن مقطع از جمع NV بلوک‌های برداشت شده تعیین می‌شود.

NV کانسار در آن مقطع $= \sum NV$ بلوک‌های برداشت شده

(moving cone)
شروع
اولین آفق در نظر گرفته می‌شود
اولین بلوک با NN مثبت در نظر گرفته می‌شود
ایا همه شروط جهت بلوک انتخاب
NN کل شروط مثبت است؟
بله
شروط آخر را تغییر و تو دو را اصلاح می‌کند
همه بلوک‌ها با NN مثبت بررسی شده
بله
کلیه آفق‌ها بررسی شده؟
بله
ممدوحه یا تو دو آفی نهائی
خیر
خیر
خیر
آفق بعدی در نظر گرفته می‌شود
بلوک با NN مثبت بعدی

پایان

مرحله ۶ ـ نسبت باطله برداری از نسبت تعداد بلورهای منفی

تعداد بلورهای مثبت به دست می‌آید

افق / ستون	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱						۰	-۲	-۱
۲	-۱	-۲	-۳		+۱	+۱	-۲	-۳
۳	-۳	-۲	+۱	+۴	-۲	-۱	-۳	-۳
۴	-۳	-۱	+۲	+۵	-۲	+۴	-۳	-۳
۵	-۳	-۳	-۲	+۱۲	+۱	+۲	-۳	-۳

افق ۱ ـ بلور+۱ → $N\bar{V}_1 = 1$ ↑

افق ۲ ـ بلور+۱ → $N\bar{V}_1 = 1$ ↑

بلور+۲ → $N\bar{V}_2 = +1 - 1 = 0$

افق ۳ ـ بلور+۱ → $N\bar{V}_1 = +1 - 2 = -1$

بلور+۲ → $N\bar{V}_2 = +4 - 3 = +1$ ↑

افق ۴ ـ بلور+۱ → $N\bar{V}_1 = +2 + 1 - 2 - 2 - 1 = -2$

بلور+۲ → $+5 + 1 - 2 - 2 + 1 - 2 = +1$ ↑

بلور+۳ → $+4 - 3 - 3 - 1 - 2 - 1 = -6$

افق ۵ ـ بلور+۱ → $+12 + 2 - 2 - 1 - 2 - 1 - 2 - 1 = +5$ ↑

بلور+۲ → $+1 + 4 - 3 - 3 - 4 = -5$

بلور+۳ → $+2 + 4 - 3 - 3 - 3 - 3 = -6$

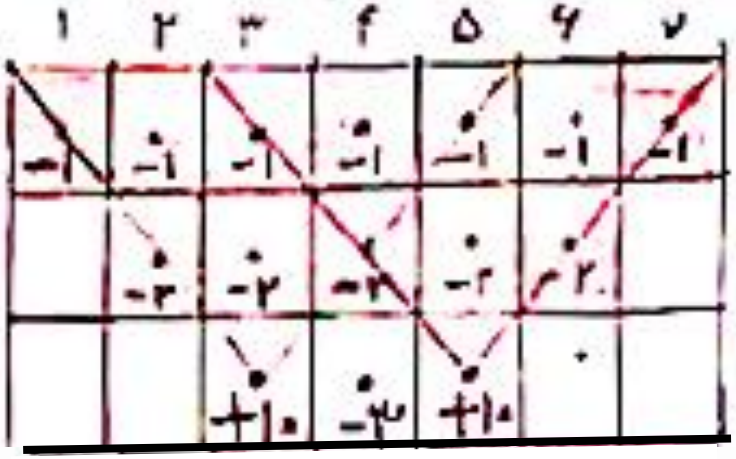
کل کاواک‌های این مقطع $N\bar{V}_2 = 1 + 1 + 1 + 1 + 5 = +9$

$= +1 - 2 - 1 + 1 + 2 - 3 - 1 + 2 + 5 - 2 + 12 - 16$

$SR = \frac{10 \times 3}{8 \times 5}$

حالت‌هایی که الگوریتم مفروط شنا در جواب بهینه به دست نمی‌دهد

الف - تشخیص ندادن کاواک با NV مثبت (ترکیب نکردن دو یا چند خروجی با هم)



۳ افق

- افق ۱ و ۳ بلوک + ندارد

$b_{۳و۳} \rightarrow NV_{۳و۳} = +۱۰ - ۱۱ = -۱$

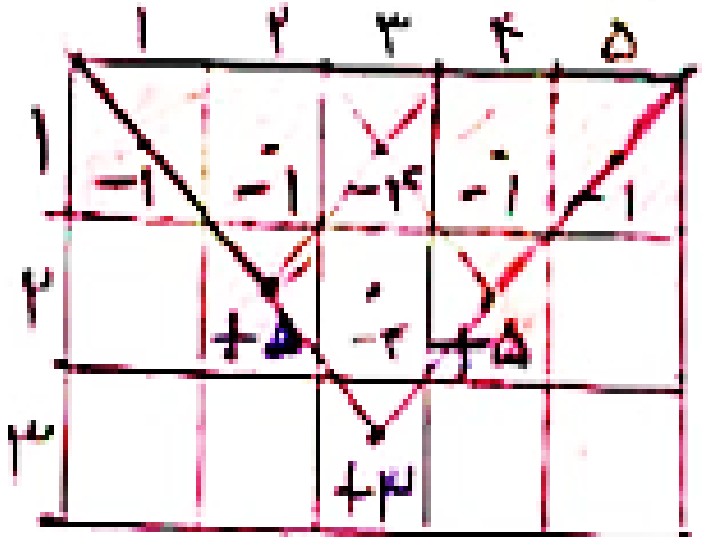
$b_{۳و۵} \rightarrow NV_{۳و۵} = +۱۰ - ۱۱ = -۱$

نتیجه‌گیری: هیچ مفروط + و در نتیجه کاواک مثبتی تشکیل نمی‌شود.

- اگر دو بلوک با هم ترکیب شوند، کاواکی با ارزش مثبت ۳ تشکیل خواهد شد:

$b(۳و۳) \text{ و } (۳و۵) = ۱۰ + ۱۰ + ۱۷ = +۳$

ب- نحوه‌ی تعادل کاوآک با NWC مختلف (رعایت نکردن هسته‌ی کاوآک)



$b_{۲,۲} \rightarrow NWC_{۲,۲} = ۵ - ۶ = -۱$

$b_{۲,۴} \rightarrow NWC_{۲,۴} = ۵ - ۶ = -۱$

$b_{۳,۳} \rightarrow NWC_{۳,۳} = ۳ + ۵ + ۵ - ۱۲ = +۱$ ↑

نتیجه‌گیری: کاوآکی با NWC برابر ⊥+ حاصل می‌شود.

- اگر بلوک‌های (۲و۲) و (۴و۲) ترکیب شوند

$b_{(۲,۲)\text{و}(۲,۵)} \rightarrow NWC_{(۲,۲)\text{و}(۲,۵)} = ۵ + ۵ - ۸ = +۲$ ↑

$b_{(۳,۳)} \rightarrow NWC_{(۳,۳)} = ۳ - ۴ = -۱$

سنجش بینایی: کاواک تشکیل شده در این حالت در افق ۲ با ارزش ۲+، ارزش بیشتری از کاواک تشکیل شده یا توسعه یافته در افق ۳ دارد

* در صورت حل اشکال اول، این مشکل نیز مرتفع می شود.

ج - واحتمالی به جهت جستجو (از چپ به راست)

جهت جستجو

راست ← چپ

راست ← چپ

b(۲و۲) → NV = ۴-۳ = +۱

b(۲و۳) → NV = ۲-۱ = +۱

NV_P = ۱+۱ = ۲

b(۲و۳) → NV = ۲-۴ = -۱

b(۲و۲) → NV = ۴-۳ = +۱

NV_P = +۱

- دستیابی به جهت دید برای یک کاواک، دو NV مختلف به دست می آید.

روش مخروط شناور II

۱- شروع حرکت از اولین افق

۲- تشکیل مخروط تمام بلوک های مثبت در اولین افق

۳- تعیین ارزش خالص تمام بلوک های مثبت

۴- برداشت مخروط با بالاترین ارزش اقتصادی (بدون توجه به علامت)

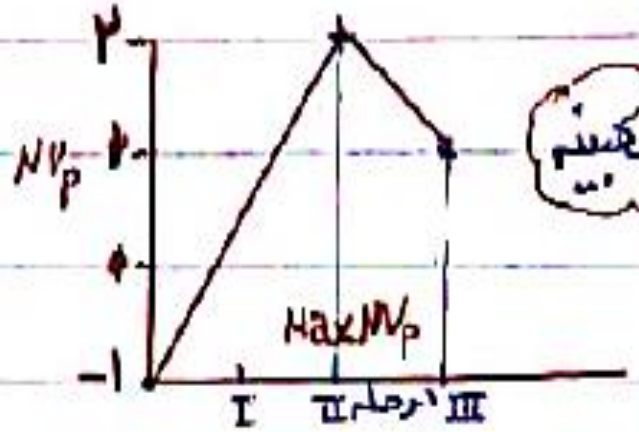
۵- و تعیین ارزش کلوک به ازای این مخروط

۵- با برداشتن این مخروط، توجه کرامی روز آمد شده در افق اول با تعیین ارزش خالص بلوک های باقی مانده و برداشت مخروط با حداکثر ارزش اقتصادی و تعیین ارزش کاوان به ازای این مخروط ارزش خالص تجمعی مخروط های برداشت شده را تا برداشتن تمام بلوک های مثبت افق اول ادامه می یابد. (ادامه می یابد - این کار)

۶- این روند برای افق های بعدی نیز تکرار می شود تا تمام بلوک های مثبت در سطح مورد طراحی را در برگیرد.

۷- منحنی ارزش تعهدی کاوان در تمام مراحل رسم و کاوان با ارزش خالص ماکزیمم به عنوان کاوان نهفته انتخاب می‌شود.

	۱	۲	۳	۴	۵
۱	-۱	-۱	-۴	-۱	-۱
۲	-۲	۵	-۴	۵	-۲
۳	-۴	-۳	۳	-۳	-۳



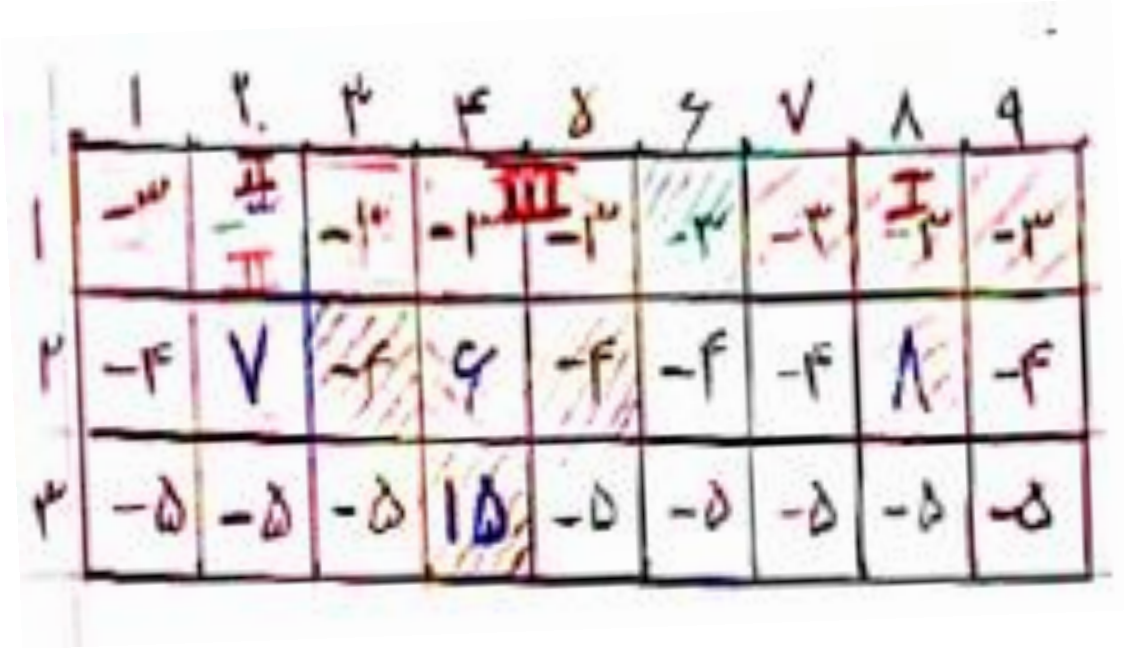
برای مثلث (۴ و ۲) یا (۲ و ۲) ← کاوان گسینم

I) (۲ و ۲) → NV_c = -۱ (۲ و ۴) → NV_c = -۱

(۲ و ۲) برداشته شده ⇒ NV_p = -۱ ↑

II) (۲ و ۴) → NV_c = ۵ - ۲ = ۳ ↑ ⇒ NV_p = -۱ + ۳ = ۲ ↑

III) (۳ و ۳) → NV_c = ۳ - ۴ = -۱ ↑ ⇒ NV_p = -۱ + ۲ = ۱



I $(۲و۲) \rightarrow NV_C = -۲$ $(۲و۴) \rightarrow NV_C = -۳$ $(۲و۸) \rightarrow NV_C = -۱ \uparrow$ $NV_P = -۱$

II $(۲و۲) \rightarrow NV_C = -۴ \uparrow$ $NV_P = -۳$

III $(۲و۴) \rightarrow NV_C = -۵ \uparrow$ $NV_P = -۳$

IV $(۳و۴) \rightarrow NV_C = ۱۵ - ۱۱ = ۴ \uparrow$ $NV_P = ۴ - ۳ = ۱$

با مراجعه به صفحه (۱) هزینه‌یابی می‌شود

طراحی معادن روباز ۳

الگوریتم برنامه ریزی پویای (Dynamic Programming 2D) دوبعدی یا الگوریتم نردسان دوبعدی

- این الگوریتم به طور واقعی جواب بهینه را به دست می دهد و از نظر ریاضی اثبات پذیر است.

- این الگوریتم بر مدل بلوکی اقتصادی دوبعدی (ردیف i، ستون j) مبتنی است.

	۱	۲	...
۱	m_{11}	m_{12}	
۲	m_{21}	m_{22}	

شماره ردیف i

شماره ستون j

ارزش خالص بلوک m_{ij}

مراحل اجرای الگوریتم

۱- اضافه کردن یک ردیف با ارزش صفر در بالای بلوک (مبدا) (با هدف نشانه دادن یا پایان تشکیل بلوک)

۲- محاسبه ارزش خالص تجمعی بلوک ها در هر ستون از بالا به پائین

ارزش خالص تجمعی

$$M_{ij} = \sum_{k=1}^{i} m_{kj} \qquad j = 1, 2, \ldots$$

	j
۱	+۲
۲	-۴
۳	+۵

$\Rightarrow$

+۲
-۲
+۳

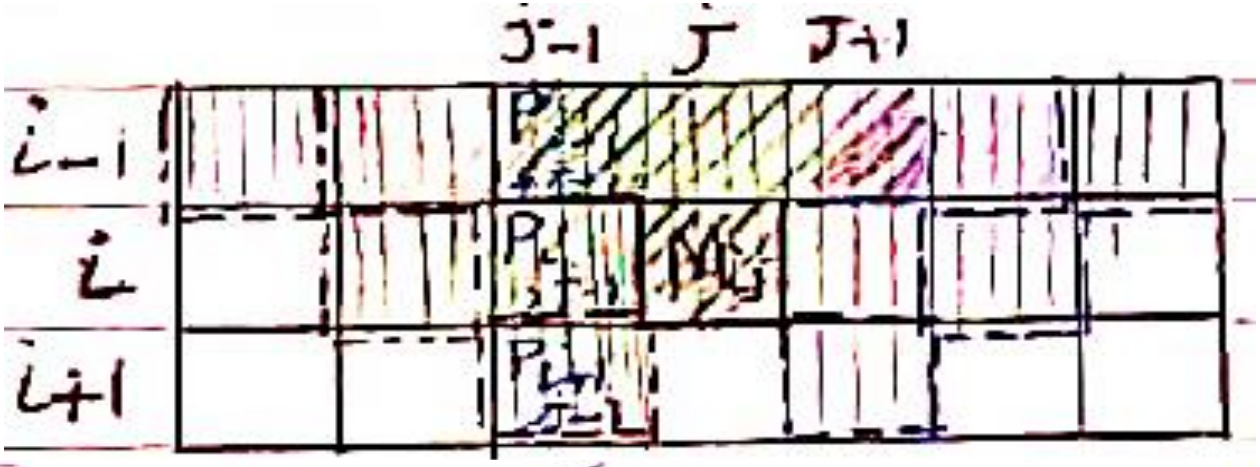
$m_{ij} \Rightarrow M_{ij}$

۲- برای استخراج یک بلوک معین (آنا) در یک مخروط با کاوالک نه تنها باید تمامی بلوک‌های بالای آن بلوک در ستون j استخراج شوند، بلکه باید یک یا دو یا سه بلوک مجاور آن نیز استخراج شوند. در این الگوریتم چون حرکت از چپ به راست است، این سه بلوک در ستون $(j-1)$ در نظر گرفته شوند. مبنای این که کدام یک بلوک در ستون $j-1$ برداشته شوند، بلوکی است که ارزش خالص تجمعی کاوالک را بیشینه کند (اگر بلوک ردیف i ام در ستون j نسبت به بلوک (i,j) یعنی بلوک $(i-1,j+1)$ انتخاب شود، فقط یک بلوک، اگر بلوک $(i-1,j)$ انتخاب شود، دو بلوک، و اگر بلوک $(i-1,j+1)$ انتخاب شود، سه بلوک برداشته می‌شود). در حقیقت مبنای انتخاب یکی از سه بلوک، طبق رابطهٔ زیر، بلوکی خواهد بود که ارزش خالص تجمعی کاوالک (P_{ij}) را بیشینه کند. در مرحلهٔ ۳، NV تجمعی بهینهٔ کاوالک محاسبه می‌شود.

$$P_{ij} = \max \begin{cases} P_{i-1,j-1} \\ P_{i,j-1} \\ P_{i+1,j-1} \end{cases} + V_{ij}$$

P_{ij} = ارزش خالص تجمعی بهینهٔ مخروط با کاوالک (i,j)

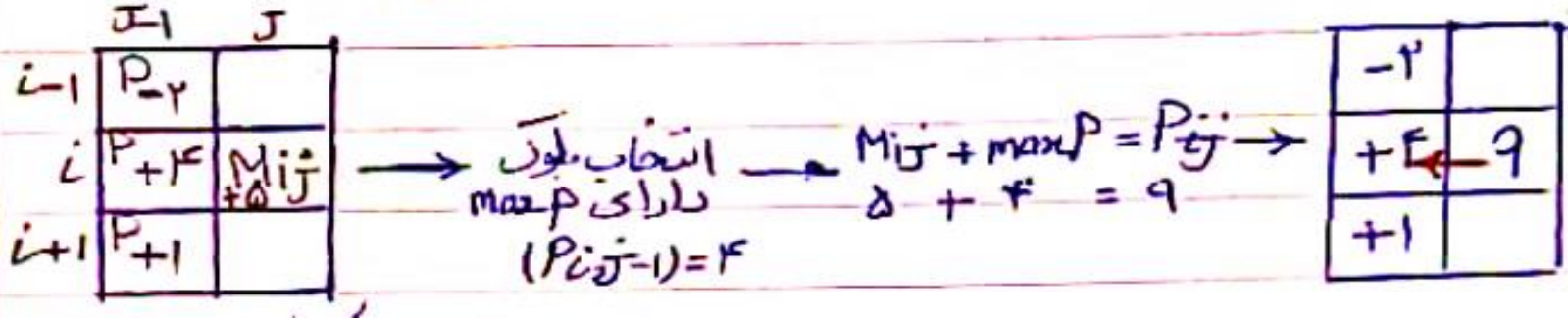
H_{ij} = NV تجمعی بلوک در ستون j



مرحله ۳ - کار از سمت چپ از بالاترین بلوک (b11) شروع و با سه بلوک در ستون ۰ = ۱-۱ = ۱-ز در ردیف ۰ و ۱ و ۲ بعضی بلوک های (۰ و ۰) ، (۰ و ۱) و (۰ و ۲) بررسی آغاز می شود. یا به طور کلی برای هر بلوک b_{ij} (ز ن) با سه بلوک (۱-ز ، ۱-ن) ، (۱-ز ، ن) و (۱-ز ، ۱+ن) بررسی شروع می شود.

M_{ij} با P_i بلوکی از سه بلوک مذکور که دارای مقدار حداکثر باشه جمع زده شده و حاصل جمع ($M_{ij} + \max(P_i)$) به عنوان P_{ij} جایگزین می شود

۴ - از بلوک b_{ij} به سمت بلوک انتخاب شده دارای ...maxP پیگانی رسم می شود



۵- بعد از اتمام این فرآیند در متطلع ۵ بلوک با بزرگترین P (ارزش خالص بهینه کلوآت بهینه) در ردیف اول (۱=i) انتخاب و با پیگیری پیکان های رسم شده، کاوانک مجتمع بهینه در متطلع به دست می آید. این ارزش یعنی P_{11} برابر است با ارزش خالص بهینه کاوانک در این متطلع.

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	
۱	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۳	-۲	
۲	-۶	۵	۵	۵	۵	۵	۵	-۶	-۶	
۳	-۷	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۷	-۷	
۴	-۸	-۸	-۸	۴	-۸	-۸	-۸	-۸	-۸	

برای تعیین محدوده ای که NLP مجتمع آن محاسبه شود، کاوانک بازیابی حداکثر کانتینر رسم می شود

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	
ف / خ	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	
۲	-	۳	۳	۳	۳	۳	۳	-۸	-۸	
۳			۱	۱	۱					
۴				۵						

ارزش خالص بهینه کاوک

$۶ \times ۵ - ۸ \times ۲ = ۱۴$

تمایز کاهنده = تمایز ملوک × ۶

تمایز باطله = تمایز ملوک × ۸

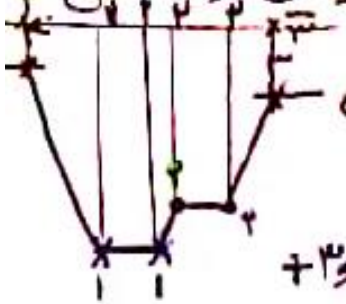
نسبت باطله برداری $\frac{۸}{۶} = ۱/۳۳$.

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱	-۲	-۲	-۱	۲	۵	۸	۱۱	۱۴	-۱۲	
۲		۱	۴	۷	۱۰	۱۳	۱۶			
۳			۲	۵	۸					
۴				۷						

ف / خ	۱	۲	۳	۴	۵	۶
						۰
۱		۵		۵	۵	-۲
۲		-۲	۵	-۱	۲	۴
۳	۰	۵	۴	۶	۱	۳
۴	-۲					-۵
↓						

گام دوم – تهیهٔ پلان مرکب

۱- انتقال نقاط مربوط به موقعیتهای کف کاواک، نقاط تقاطع خط حدی با زمین و نقاط حدی از خط دیواره (حدی) در دیواره های ناپیوسته بین نقاط کف و تقاطع حدی با سطح زمین، از مقاطع قائم به پلان

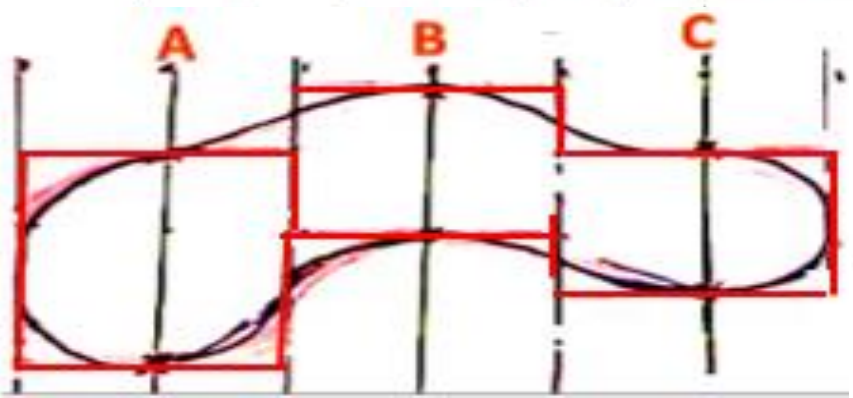


نقاط کف ۱
نقاط تقاطع خط حدی با زمین ۳و۴+
نقاط مربوط به دیواره های ناپیوسته ۲•

۲- انتخاب موقعیت مبنا برای طراحی پله ها - معمولاً طراحی پلان مرکب از کف کاواک شروع می شود.

۳- صاف سازی: در صاف سازی کف (در ابتدا) و بقیه پله ها ملاحظات زیر باید رعایت شود:

- رعایت متوسط نسبت باطله برداری سربسری برای اتصال مقاطع
- استفاده از الگوهای سادهٔ هندسی
- تعیین موقعیت رمپ نسبت به کف
- اجتناب از ایجاد برآمدگی یا دماغه در دیواره



۴- رسم پله کف - روش های ترسیم پله کف یا پله ها

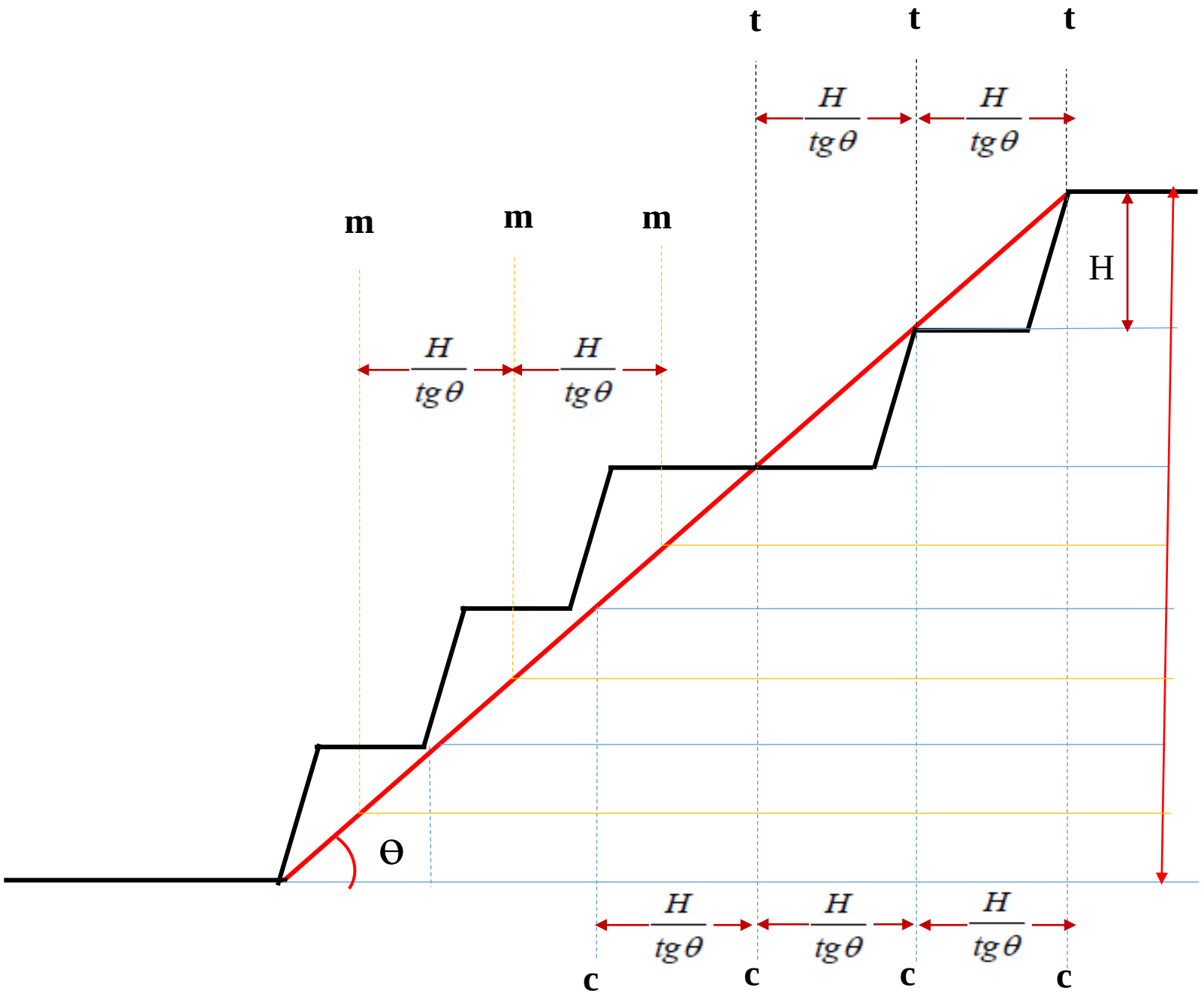
۱- نمایش خطوط پاشنه یا لبه (به تنهایی)

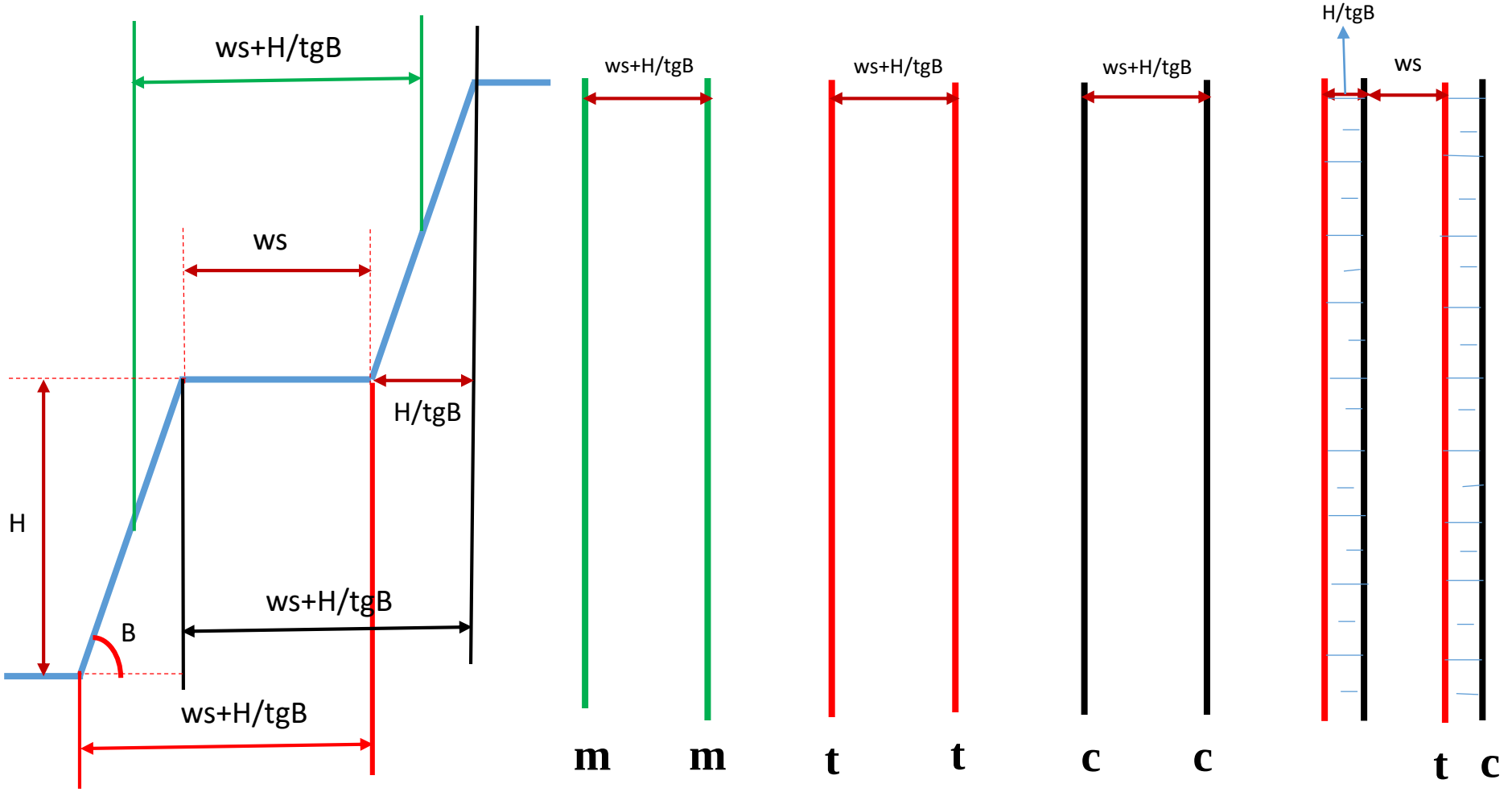
۲- نمایش خطوط پاشنه و لبه

۳- نمایش خطوط میانی (روشی که توصیه می شود، به ویژه برای مقاطع افقی ساختمان که در ترازهای پله ها رسم شده اند.

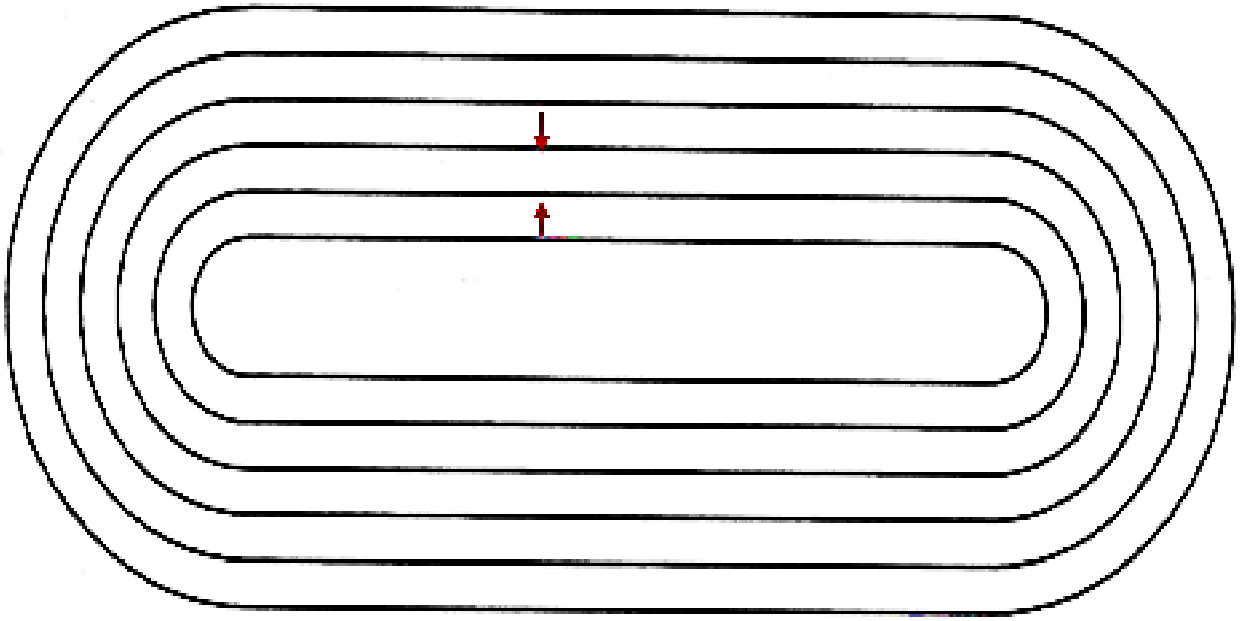
۵- اضافه کردن خطوط میانی (یا لبه یا پاشنه) پله های بالائی

الف- بدون نمایش رمپ: در طراحی های اولیه اغلب رمپ ها نشان داده نمی شوند در این صورت فاصله خطوط میانی (M_d) را از هم برابر $M_d = \frac{H}{\tan\theta}$ در نظر می گیریم که H ارتفاع پله و θ زاویه شیب سرای معمری کاوآک با در نظر گرفتن رمپ است (همان زاویه ای در خط دیواره هدی در نظر گرفته شد).

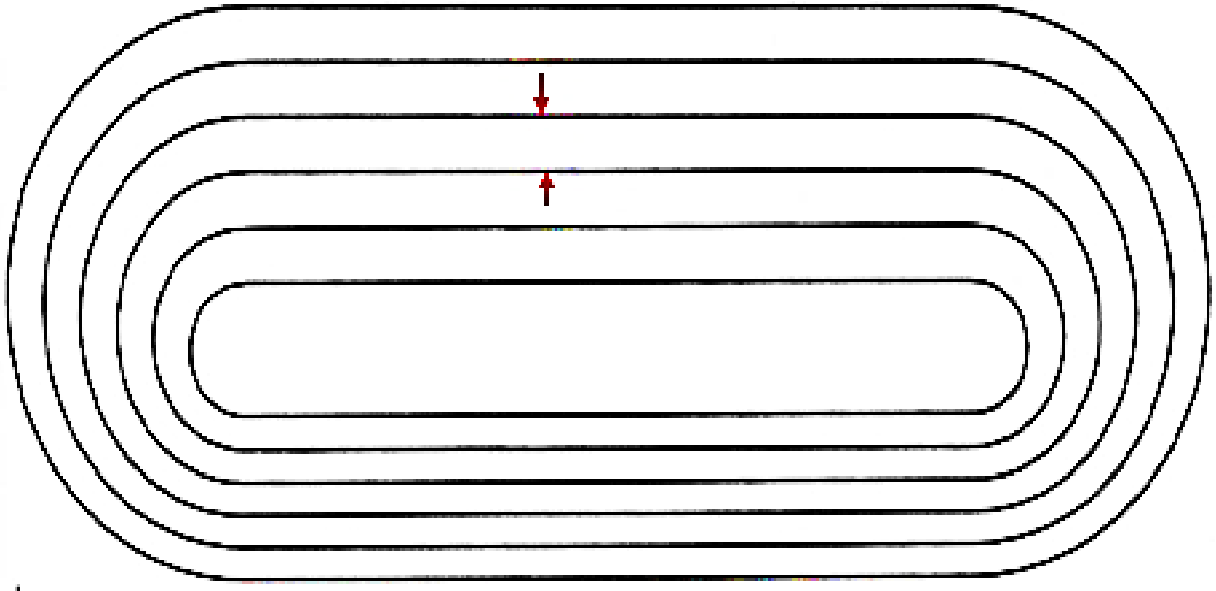

t
t
t
m
m
m
H
$\frac{H}{tg\theta}$
$\frac{H}{tg\theta}$
$\frac{H}{tg\theta}$
$\frac{H}{tg\theta}$
$\frac{H}{tg\theta}$
$\frac{H}{tg\theta}$
Θ
c
c
c
c



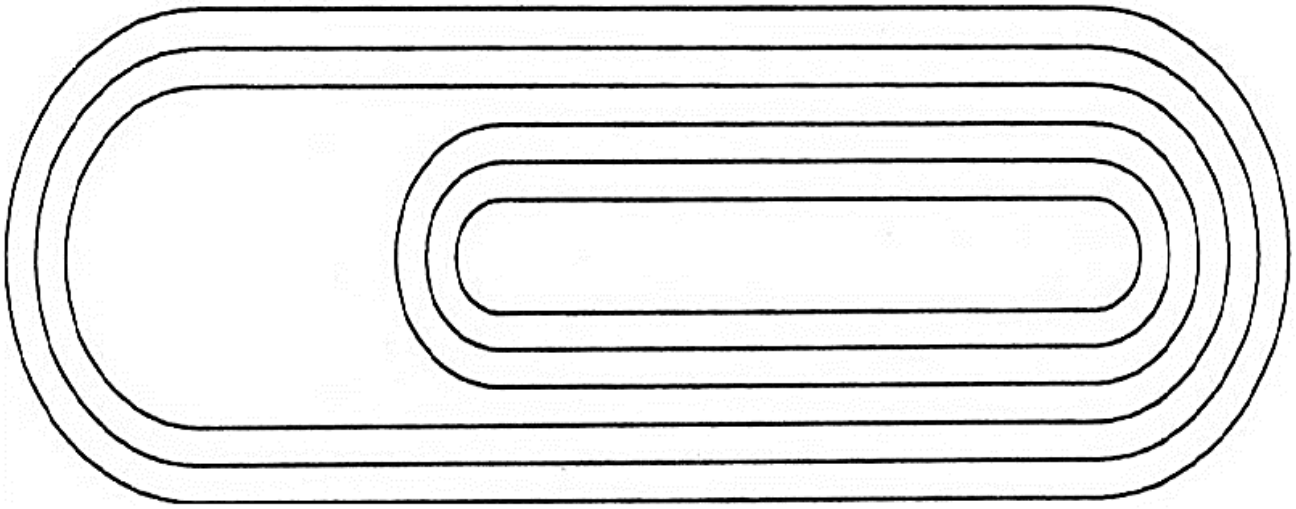
c	لبهٔ پله
t	پاشتهٔ پله
m	وسط پله



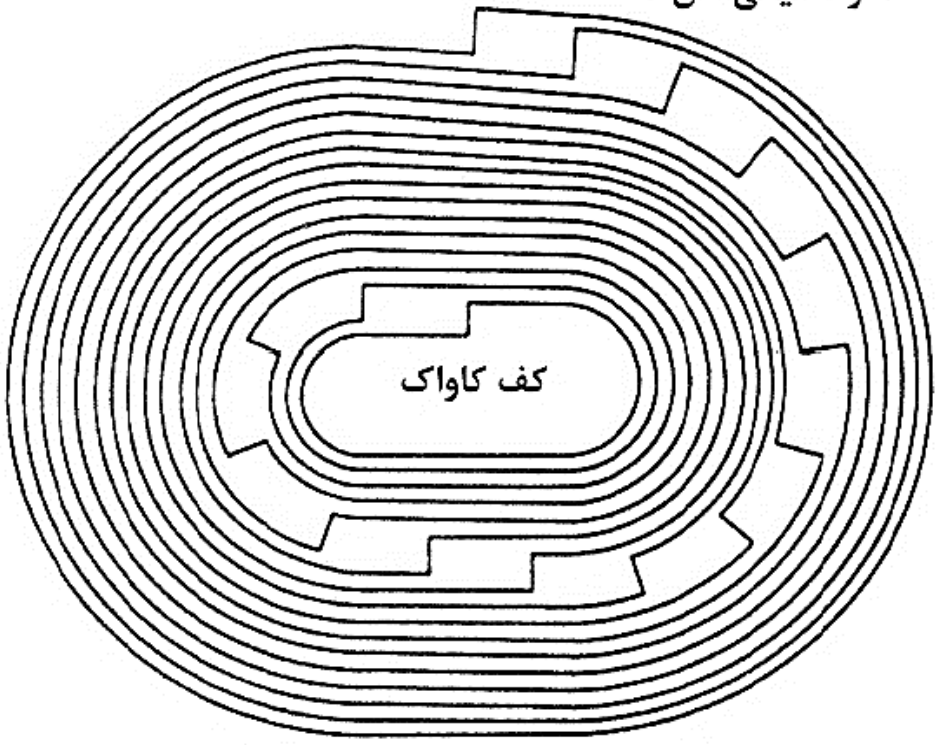
شکل ۵-۲۴- پلان یک کاواک با زاویه شیب ثابت



شکل ۵-۲۶- پلان یک کاواک با زوایای شیب متفاوت در دیواره‌های شمالی و جنوبی



شکل ۵-۲۵- پلان یک کاواک با یک پلهٔ عریض



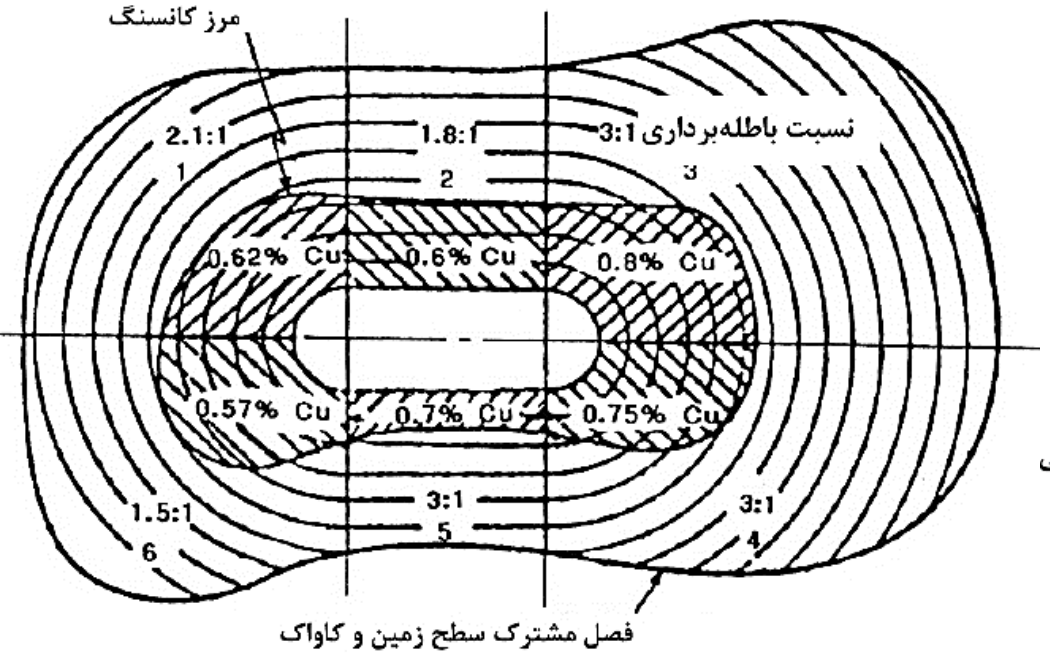
شکل ۵-۲۷- پلان مرکب کاواک نهایی (Koskiniemi، ۱۹۷۹)

W	W	0.7	0.6	0.6	W	0.4	W
W	W	0.7	W	0.7	W	0.5	W
W	0.5	0.6	0.6	0.8	0.5	0.6	W
0.6	0.6	0.8	1.0	0.9	0.8	0.7	0.8
W	0.5	0.7	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7
W	W	0.5	0.6	0.5	W	0.5	W
W	W	0.4	0.5	0.5	W	W	W

خط میانی

عیار بلوکها (درصد مس) باطله-W

شکل ۵-۲۸- مقطع افقی پلهٔ ۱، همراه با حد نهایی کاواک نشان‌داده شده در همان افق روی آن



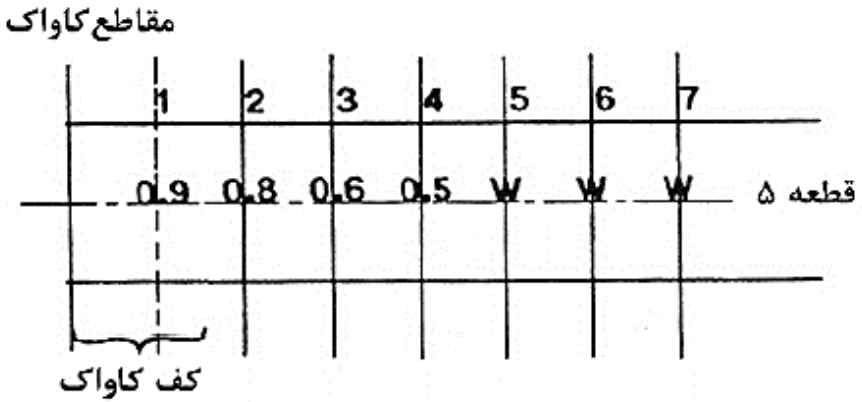
شکل ۵-۲۹- پلان کاواک نهایی به‌همراه قطعات ایجادشده (Soderberg & Rausch، ۱۹۶۸)

W	W	0.7	0.6	0.6	W	0.4	W
W	W	0.7	W	0.7	W	0.5	W
W	0.5	0.6	0.6	0.8	0.5	0.6	W
0.6	0.6	0.8	1.0	0.9	0.8	0.7	0.8
W	0.5	0.7	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7
W	W	0.5	0.6	0.5	W	0.5	W
W	W	0.4	0.5	0.5	W	W	W

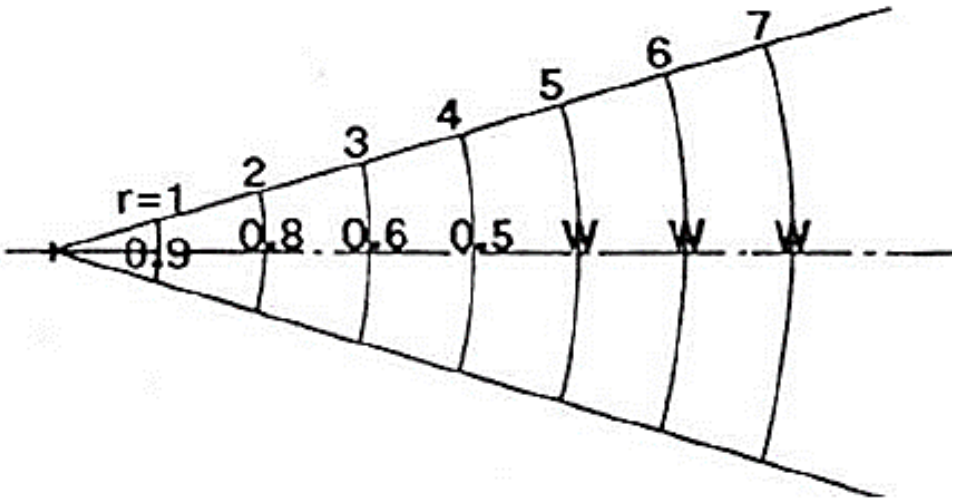
خط میانی

عیار بلوکها (درصد مس) W=باطله

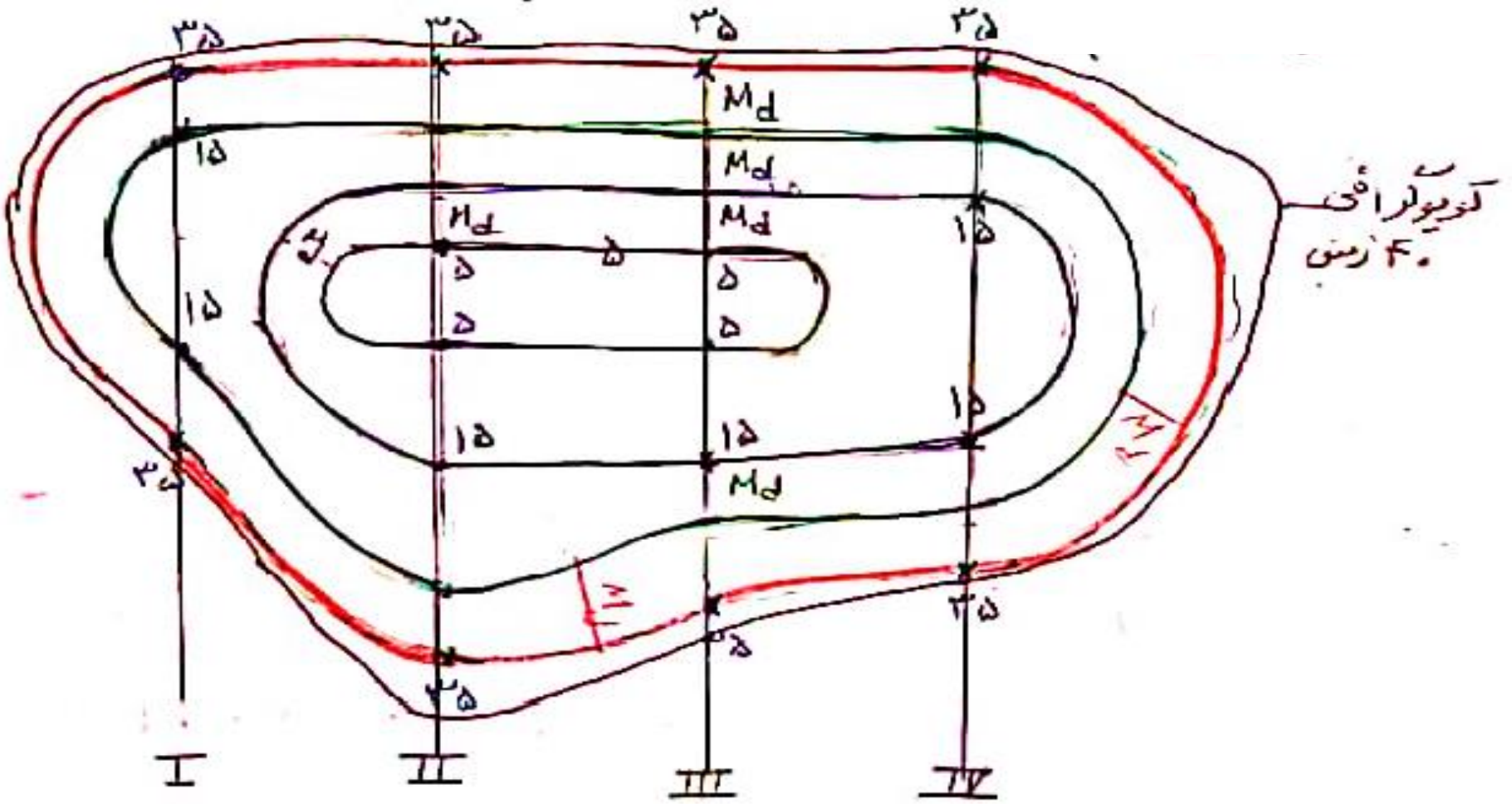
شکل ۵-۲۸- مقطع افقی پلهٔ A همراه با حد نهایی کاواک نشان‌داده شده در همان افق روی آن (iemi



شکل ۵-۳۰- محاسبهٔ عیار متوسط در یک قطعهٔ موازی



شکل ۵-۳۱- محاسبهٔ عیار متوسط برای یک قطعهٔ شعاعی



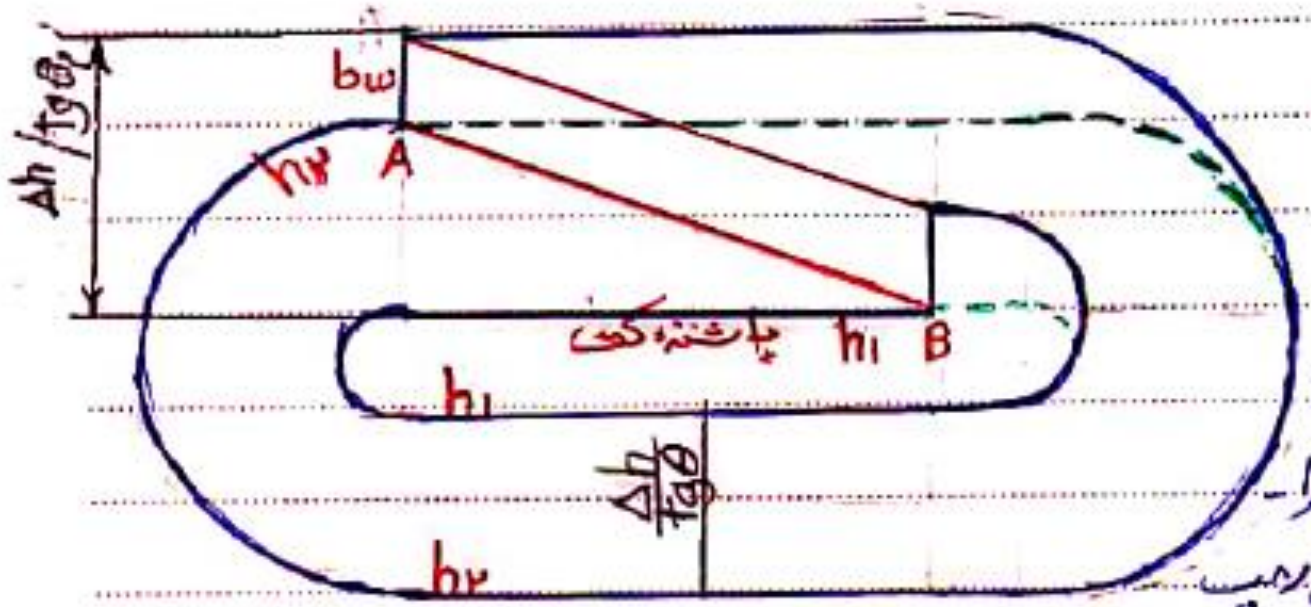
پلان یک کاواک با پله‌های عریض در بخش‌های مختلف ناشی از گسترش ماده معدنی

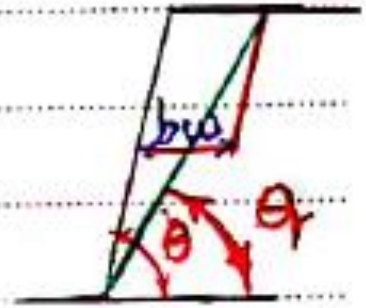
ب- با نمایش رمپ: در این حالت باید با داشتن کف معدن و
وخط برخورد کاواک با سطح زمین، نقطه ورود به کاواک توسط رمپ و تراز آن را مشخص کرده

و از این نقطه خطی برابر با تصویر طول رمپ بر افق تا برخورد با خط پاشنه کف رسم کرد. نقطه B موقعیت رمپ نسبت به خط میانی کف یا تراز پاشنه است.

فاصله خطوط میانی برابر با $L_R = W_s + \frac{H}{tg\theta}$ است (فاصله لبه-لبه یا پاشنه-پاشنه)

در جایی که رمپ قرار دارد، فاصله خطوط میانی $L_R = b_w + H/tg\theta$ (یا t+t یا c-c) شده

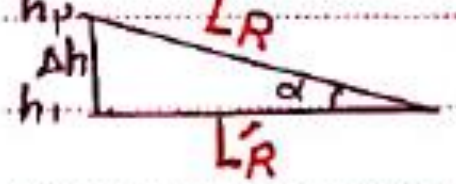




θ - زاویه شیب نهایی برابری

θ2 - زاویه شیب نهایی برا-

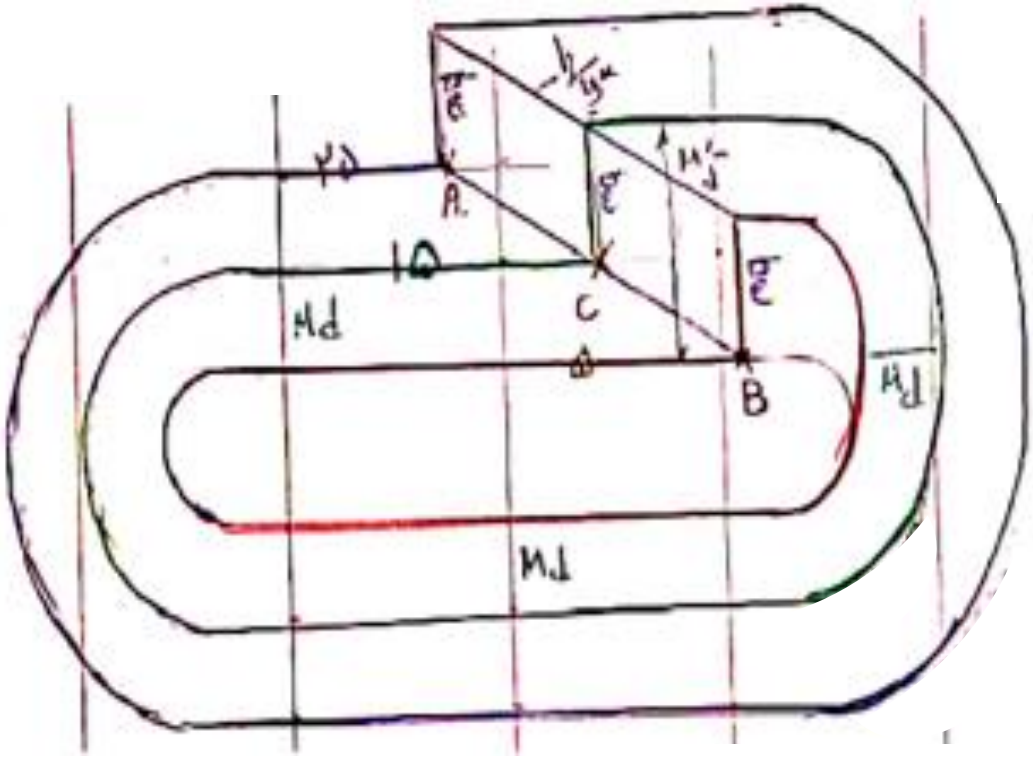
سری با در نظر گرفتن عرض رمپ



α - زاویه شیب رمپ ..... L_R طول رمپ $= \Delta h / \sin\alpha$

h_1 - تراز پاشنه کف جلو ..... L'_R طول تصویر رمپ بر افق $= \Delta h / tg\alpha$

h_2 - تراز دهانه ورودی رمپ

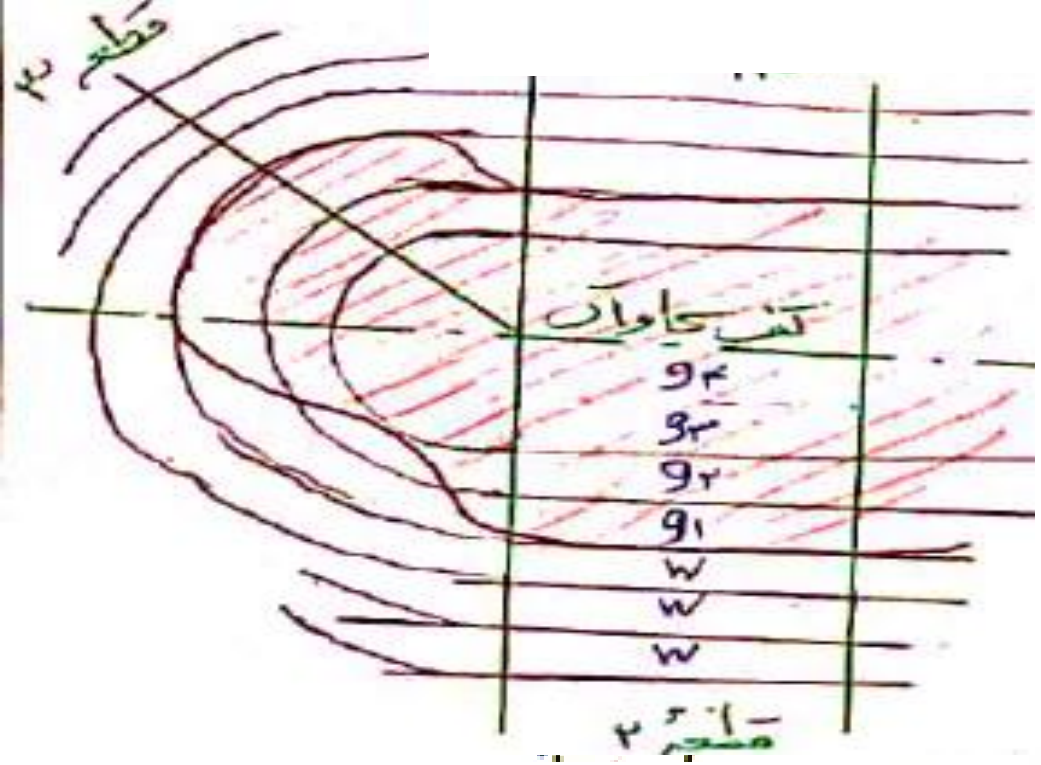


گام سوم – کنترل نسبت باطله‌برداری

- با توجه به مماس کردن حدود کف و ایجاد رمپ و متعاقب آن تغییرات ایجاد شده در حدود طراحی شده اولیه لازم است درصد نسبت باطله برداری (برابری $R=B$ یا $SR=1$) کنترل شود. برای این کار

۱- حجم خاکبرداری به قطعاتی تقسیم می‌شود

۲- برای هر قطعه خطوط میانی و عمود کاشتگ نشان داده می‌شود. اگر کف کاوان در کاشتگ باشد، خط میانی فرضی کف اضافه می‌شود:



الف - برای قطعات عرضی

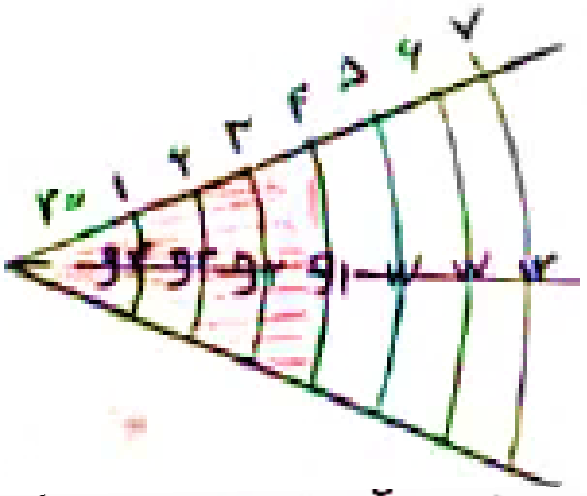
$$SR = \frac{3l}{4l} \rightarrow N5:1$$

$$\bar{g} = \frac{\Sigma g l}{\Sigma l} = \frac{g_1 + g_2 + \cdots g_n}{n}$$

$$\bar{g} \longrightarrow BESR = f(\bar{g})$$

مقایسه SR و BESR $\Rightarrow$ تقریب انقباض

ب - برای مقاطع شعاعی



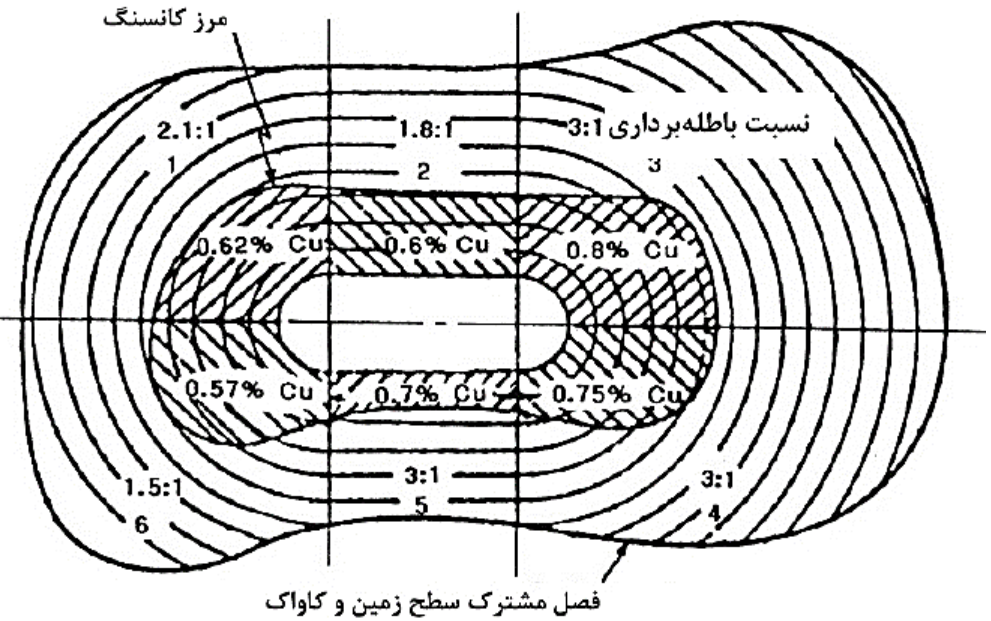
$$SR = \frac{\Sigma r w_i}{\Sigma r_{0i}}$$

$$\bar{g} = \frac{\Sigma r_i g_i}{\Sigma r_i}$$

$$g \longrightarrow BESR = f(\bar{g})$$

مقایسه SR و BESR

برمبنای مقایسه صورت گرفته، مناطق انبساطی و انقباضی مشخص و طرح برای اعمال تصحیحات، مورد بازبینی قرار می‌گیرد.



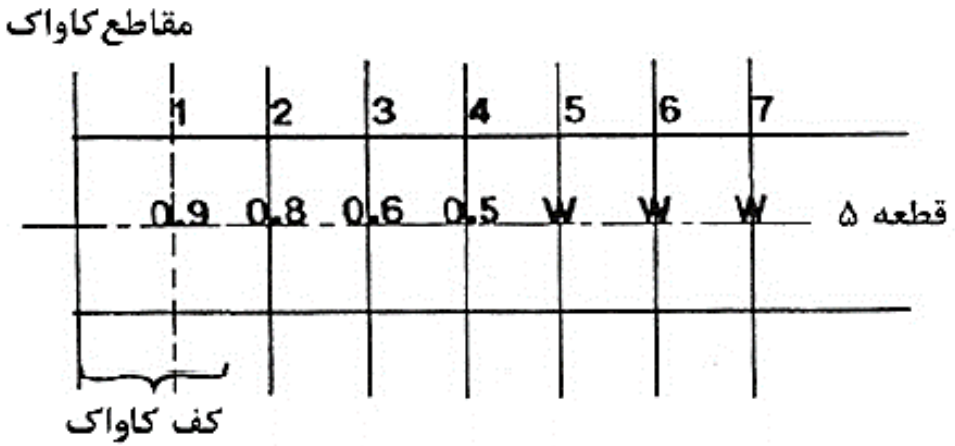
شکل ۵-۲۹- پلان کاواک نهایی به‌همراه قطعات ایجادشده (Soderberg & Rausch، ۱۹۶۸)

W	W	0.7	0.6	0.6	W	0.4	W
W	W	0.7	W	0.7	W	0.5	W
W	0.5	0.6	0.6	0.8	0.5	0.6	W
0.6	0.6	0.8	1.0	0.9	0.8	0.7	0.8
W	0.5	0.7	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7
W	W	0.5	0.6	0.5	W	0.5	W
W	W	0.4	0.5	0.5	W	W	W

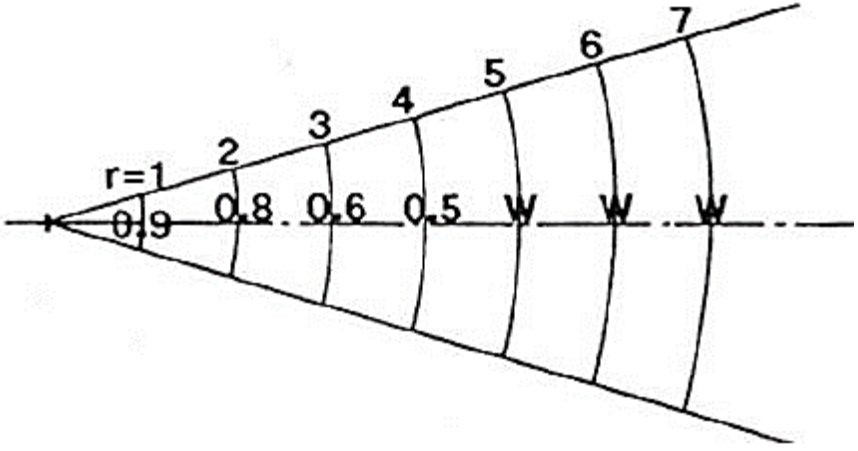
خط میانی

W=باطله عیار بلوکها (درصد مس)

شکل ۵-۲۸- مقطع افقی پلهٔ A همراه با حد نهایی کاواک نشان‌داده شده در همان افق روی آن (iemi



شکل ۵-۳۰- محاسبهٔ عیار متوسط در یک قطعهٔ موازی



شکل ۵-۳۱- محاسبهٔ عیار متوسط برای یک قطعهٔ شعاعی

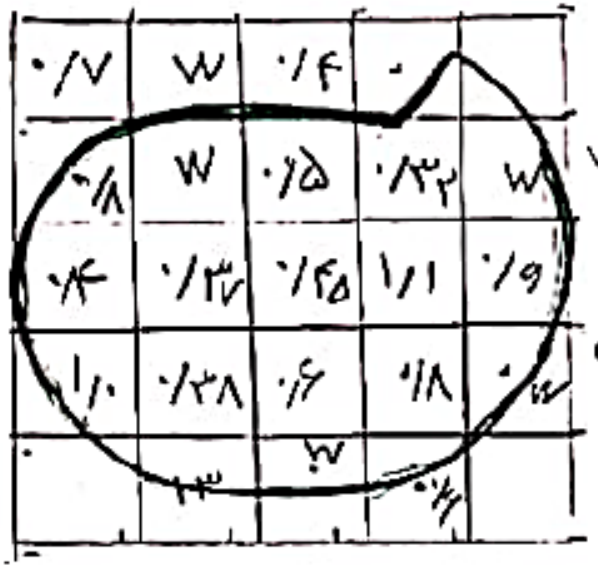
گام چهارم – محاسبهٔ افق به افق کانسنگ و باطله

- با استفاده حدود کاواک در هر افق به سطح افقی ماده معدنی در همان افق، تناژ مواد موجود در هر پله و کل کاواک در فواصل عیاری مناسب محاسبه می‌شود. سپس بر مبنای عیار حد سربه‌سری و در نظر گرفتن مواد دارای عیاری برابر یا بزرگ‌تر از عیار حد سربه‌سری به عنوان کانسنگ، ذخیرهٔ کل و عیار متوسط کانسنگ و نسبت باطله برداری کل محاسبه می‌شود.

کل کاواک

فاصله عیاری	تناژ	ق
۰/۱۵ – ۰	---	۹۱
۰/۱۶ – ۰/۲۰	---	
۰/۲۱ – ۰/۲۴	---	
۰/۲۵ – ۰/۲۹	---	
۰/۳۰ – ۰/۳۴	---	
۰/۳۵ – ۰/۳۹	---	
۰/۴۰ – ۰/۴۴	---	

۱/۱ – ۱/۲	---	
≠ > ۱/۳	---	



فواصل عیاری	تناژ	عیار متوسط
۰/۳۰ – ۰	---	۰/۱۵
۰/۴۴ – ۰/۳۱	---	---
۰/۳۵ – ۰/۳۸	---	---
۰/۴۳ – ۰/۴۹	---	---
	---	---
	---	---
	---	---
۱/۳ – ۱/۱	---	---
> ۱/۲	---	---

پله A (عیار برش ۰/۳۵٪)

- براساس این داده‌ها می‌توان :

۱- نمودار ستونی بسته فاصله عیاری - تناژ

۲- منحنی عیارحد - تناژ تجمعی

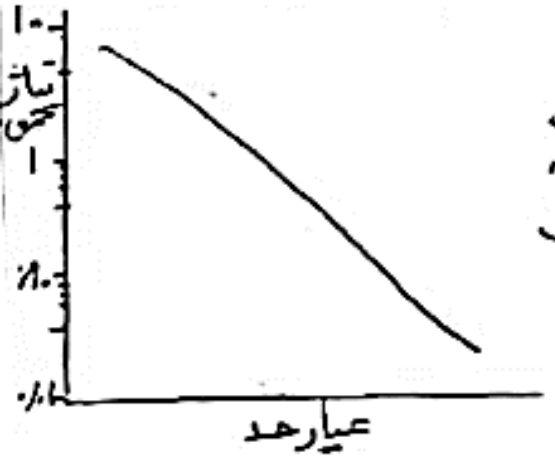
۳- منحنی عیارحد - تناژ یا تناژ نفعی

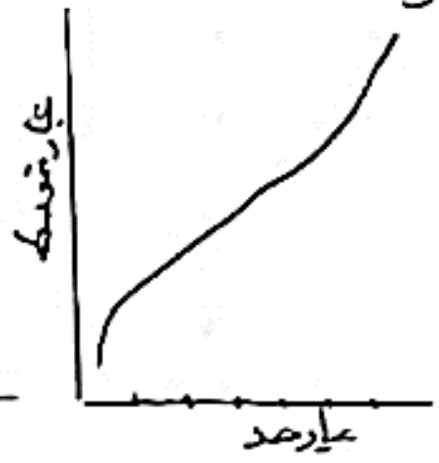
۴- منحنی عیارحد - عیار متوسط

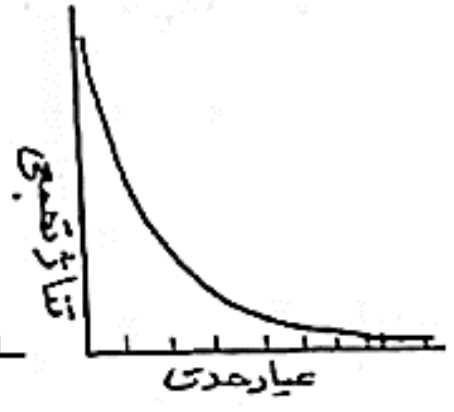
عیار / جلی	۰ - ۰/۳۰	۰/۳۰ - ۰/۳۳	۰/۳۳ - ۰/۳۶	۰/۳۶ - ۰/۳۵	...	۱/۱ - ۱/۲	> ۱/۲
A	..	.	--	--	- - - - - -	---	--
B	--	--	--	--	- - - - - -	....	---
⋮							
k	....	...	...	--		....	---
جمع	---	--	--	---		--	--

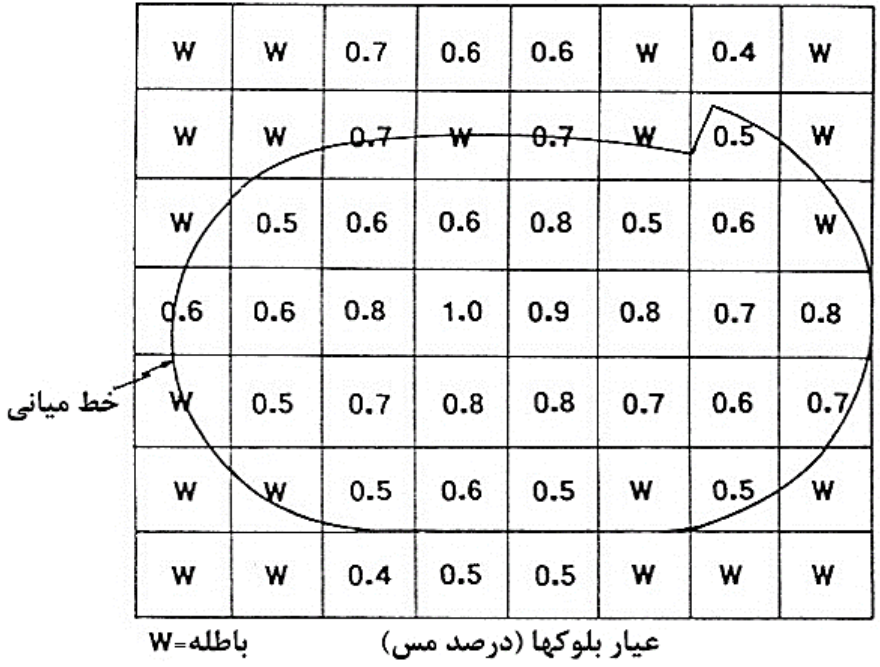
$OSR = \frac{W_W}{W_O}$ ، $W_O = \sum W_{O_i}$ ، $W_W = \sum W_g$

عیارحد بری g_O ، $\bar{g} = \frac{\sum W_{O_i} g_i}{\sum W_{O_i}}$









جدول ۵-۹- خلاصهٔ ذخیرهٔ پلهٔ A

عیار (درصد)	کانسنگ (تن)	باطله (تن)
<۰/۳۰		۱۲۵،۳۰۰
۰/۳۰ -۰/۳۶		۰
۰/۳۷ -۰/۳۹	۰	
۰/۴۰-۰/۴۹	۰	
۰/۵۰-۰/۵۹	۱۹۳،۳۴۰	
۰/۶۰-۰/۶۹	۱۹۲،۰۰۰	
۰/۷۰-۰/۷۹	۱۴۴،۴۰۰	
۰/۸۰-۰/۸۹	۱۸۹،۰۰۰	
۰/۹۰-۰/۹۹	۳۲،۰۰۰	
۱/۰-۱/۰۹	۳۲،۰۰۰	

شکل ۵-۲۸- مقطع افقی پلهٔ A همراه با حد نهایی کاواک نشان‌داده شده در همان افق روی آن

جدول ۵-۱۰- ذخیرهٔ کل در محدودهٔ نهایی کاواک

پله	عیار (درصد)									
	<۰/۳۰	۰/۳۰ -۰/۳۶	۰/۳۷ -۰/۳۹	۰/۴۰ -۰/۴۹	۰/۵۰ -۰/۵۹	۰/۶۰ -۰/۶۹	۰/۷۰ -۰/۷۹	۰/۸۰ -۰/۸۹	۰/۹۰ -۰/۹۹	۱/۰ -۱/۰۹
A	۱۲۵۳۰۰	۰	۰	۰	۱۹۳۳۴۰	۱۹۲۰۰۰	۱۴۴۴۰۰	۱۸۹۰۰۰	۳۲۰۰۰	۳۲۰۰۰
B										
C										
.										
.										
J										
جمع										

گام پنجم – تعیین عیار حد فراوری (قبلاً توضیح داده شد)

گام ششم – تشکیل جدول جریان نقدینگی، محاسبات سودآوری و تعیین شاخص‌ها و تحلیل سرمایه‌گذاری (در مبحث مطالعات امکان‌سنجی توضیح داده شد)