

Uygun Açık İşletme Sınırının Belirlenme Yöntemleri

Methods Used in Finding the Optimum Open Pit Limit

Necati YILDIZ (*)

ÖZET

Açık ocak planlamasında en ekonomik işletme sınırının saptanması iyi bir işletmecilik için gereklidir. Bu amaçla kullanılmakta olan yöntemler, bilgisayar ortamına aktarılmış, ayrıca bazı yeni yöntemler de geliştirilmiştir.

Yazıda, açık işletme sınırının belirlenmesinde kullanılan yöntemlere değinilmiş, sayısal örnekler verilmiştir.

ABSTRACT

The optimum open pit limit is one of the subjects has to be defined in mine planning which is required to have an economic mining work. Existing methods used for this purpose have been computerized and new methods have been developed.

In this paper, the methods for the optimum open pit limit are described and numerical examples are given.

(*) Maden Yük.Müh., Divriği Konst. ve Pel, Tes. İşletme Müdürü, SİVAS

I. GİRİŞ

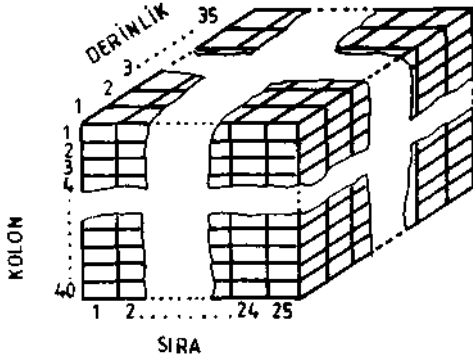
Açık ocaklarda basamak yüksekliği, açısı, basamakların oluşturduğu açı, planlama aşamasında belirlenmektedir. Planlamada cevher yatağının belirli boyutta bloklara bölünmesi, işletme sırası ve en ekonomik işletme sınırının belirlenmesi iyi bir işletmecilik için gereklidir. Bu amaç için karmaşık olarak geliştirilen birçok yöntem, bilgisayarın madencilikte kullanımı ile uygulanabilirlik kazanmıştır.

Fizibilite çalışmaları, rezerv hesapları, ocak planlamaları ve işletmeciliği bilgisayar yardımı ile daha esnek bir hale getirilmiştir. Üretilen cevherin işletme planlarını arz ve talep değişimlerine göre kısa sürede yeniden düzenlemek, mevcut koşullarda en uygun işletmeciliği seçmek, açık ocak işletmeciliğinde basit ve uygulanır hale gelmiştir. Ocak içindeki kazıcı-yükleyici- taşıyıcı ilişkileri artık bilgisayarlarla kontrol edilmektedir.

Rezerv hesaplarında kullanılan uzaklık klasik poligon, kesit yöntemleri, yerlerini ağırlıklı uzaklık, jeostatistik gibi daha bilimsel yöntemlere bırakmışlardır. En uygun ocak sınırlarının belirlenmesi yapılan bilgisayar programları ile uygulanabilirlik kazanmıştır.

2. UYGUN AÇIK OCAK SINIRLARININ BELİRLENMESİ

Maden işletmeciliğinde yapılacak işin ekonomikliğini, iyi bir planlama ile en yüksek düzeyde tutmak olasıdır. İşletmecilikte başlangıç yerinin seçimi, yatay ve düşey işletme yönü ve işletme sınırlarının belirlenmesi için çeşitli yöntemlerden yararlanılmaktadır.



Şekil 1. Cevher gövdesinin bloklara bölünmesi

Açık ocak planlamasında cevher gövdesi ve yan kayaçları uygun boyutlarda bloklara bölünür (Şekil 1). Bu boyut genellikle 15 metre yüksekliğinde 30 x 30 metre karelik dikdörtgenler prizması şeklindedir. Yükseklik, genellikle işletmede kullanılacak basamak yüksekliği kadardır. Her bloğa o bloğa ait tenor, maliyet ve bloğun getireceği kazanç gibi değerler işlenir. Blokların cevher gövdesindeki yerleri üç boyutlu koordinat sistemi ile belirlenir.

Verimliliğin en yüksek olduğu blokların kazı sırası ve bu kazıya bağımlı olarak belirlenen işletme sınırları en uygun işletme durumudur. Bu amaçla kullanılan yöntemler şunlardır:

- Lerchs Grossmann tekniği
- Grafıksel değerlendirme yöntemi
- Hareketli koni yöntemi.

2.1. Lerchs Grossmann Tekniği

Bu teknik, aynı amaçla kullanılan diğer yöntemlerin temel kaynağı olarak değerlendirilebilir (Lerchs ve Grossmann, 1965).

Cevher yatağı ve yan kayaçlar düzgün bir şekilde parasal değeri belirlenmiş bloklara bölünür. En uygun ocak sınırlarını, aşağıdaki integrali en büyükleyen işletme sırası ve bu sırada içinde kazılan bloklar belirler:

$$f(x) = \int \int \int Jm(x,y,z) dx dy dz$$

v

x, y, z : Cevher bloklarının koordinatları

Bu integralin basit bir analitik çözümü yoktur. Çözümü ancak sayısal olarak bulmak olasıdır. Lerchs Grossmann tekniğinde çözümde kullanılan sayısal yöntem şu şekildedir:

1- Bloklara ayrılmış cevher yatağı ve yan kayaçları na blokun maliyeti ve getireceği kazancın belirlediği parasal değerler verilir (Mij, Çizelge 1A):

i = Sıra adedi

j = Kolon adedi

Her defada cevher yatağından dikey bir kesit alınıp değerlendirilir.

2- Alınan her kesit kolonlarındaki blokların parasal değerleri kümülatif olarak hesaplanır (Çizelge 1 B).

$$M_{ij} = \sum_{l=1}^k U_{j,l}$$

$i=1$

n = Toplam sıra adedi

k = Toplam kolon adedi

3- Parasal değeri "0" olan bir sıra mevcut sıraların üstüne yerleştirilir (Çizelge 1 B).

$M_{ij}, i = 0, j = 0, 1, \dots, k$

4-Aşağıdaki değerler hesaplanır (Çizelge 1C).

$P_{il} = M_{il}$

$P_{ij} = M_{ij} + \max(P_{i+r, j-l})$

$r = -1, 0, 1$

$i = 1, 2, \dots, n$

$j = 2, 3, \dots, k$

5- Birinci sırada en yüksek değerli blok alınır. Bu bloktan hareket ederek bir sonraki kolondaki $P_{i+r, j-1}$ ($r = -1, 0, 1$) blokları içinde en yüksek değerli bloklar işaretlenerek işletme sınırları kesitle belirlenir (Çizelge 1 C).

Lerchs Grossmann tekniğini düşey kesitlerde değerlendirip üç boyutta tüm cevher yatağına uygulamak olasıdır.

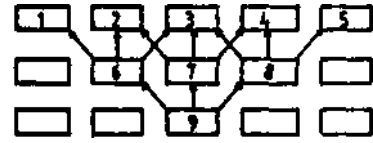
Düzgün bir topografya ve yapısı olan cevher yataklarında bu yöntem iyi sonuç verir; ancak

düzgün olmayan bir cevher yatağında yöntemin uygulanırlığı oldukça zordur. Çizelge 1'de sayısal bir örnek görülmektedir.

2.2. Grafikselsel Yöntem

Bu yöntemde bloklara bölünmüş cevher yatağı içinden her hangi bir nokta alınıp, bloklar bu nokta ile birleştirilerek değerine göre kuvvetli (s) ya da zayıf (w) olarak belirlenir. Her sıra bağımsız değerlendirilir ve yöntem üst sıradan aşağıdaki sıralara doğru uygulanır; eğer bloklar kuvvetli ise belirlenen noktadan ayrılır (Lipkemich ve Borgman, 1969).

Bir sonraki sıraya geçildiğinde nokta bir önceki sıradaki zayıf blokları beraberinde taşır.

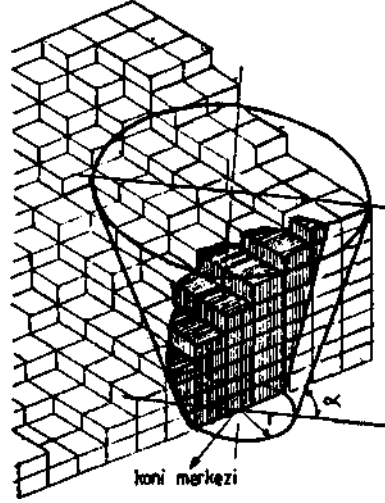


Şekil 2. Blokların birbirlerini destekleme durumları

Her hangi bir zayıf blok Şekil 2'de görüldüğü biçimde diğer bloklarca desteklenir ve kuvvetli hale gelebilir. İşlemin sonunda kuvvetli bloklar, uy-

Çizelge 1. Lerchs-Grossmann Yöntemine Sayısal Örnek

		A										B										C									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
j ↑	i →	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	



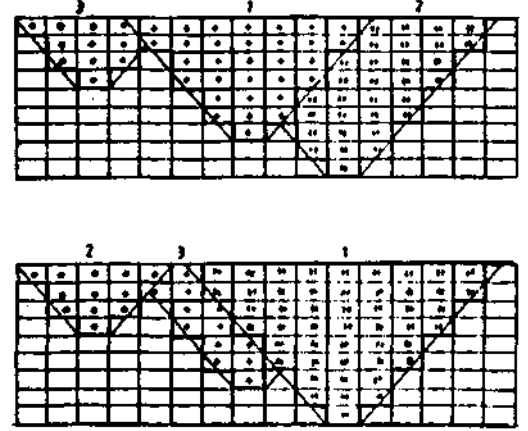
Şekil 6. Hareketli koninin perspektif görünüşü

Bu yöntemin 2 ve 3 boyutta uygulanma olanağı vardır. Şekil 7'de yöntemde kullanılan ters koninin kesiti, Şekil 8'de aynı kesitte hareketli koninin aynı blokları içeren, ancak sırası değişken hareketi görülebilir. Aynı blokların değişik sıralarda işletilmesinin getireceği ekonomik sonuçlar birbirinden farklı olacaktır. Şekil 9'da üç boyutta hareket eden konilerin değişik konumları görülmektedir.

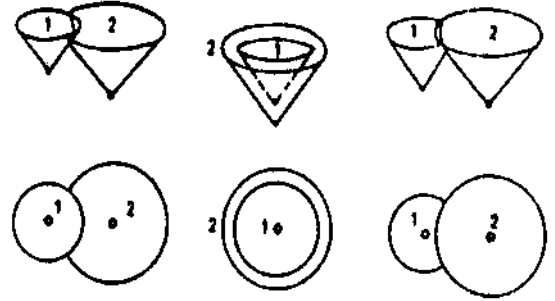
Hareketli koni yönteminde, koni bloklar içinde uygun bir şekilde yatay ve düşey doğrultularda gezdirilir. Bu hareket koninin taban koordinatları verilerek sağlanır. Taban koordinatlarına göre koninin içinde kalan bloklar saptılır. Blokların parasal değerleri toplanarak maksimum değer veren koni hareket sırası aranır. Koninin hareketi sırasında bir önceki koninin içerdiği blokların değeri diğer konilerin içine girdiğinde "O" alınır. Yöntemde blokların maliyetleri ve kazançları hesaplanırken üretim zamanları da göz önüne alınır. En büyük değeri veren koni hareketleri işletmenin başlangıç yerini, sırasını ve sınırlarını belirler.



Şekil 7. Değişik derinlikte koninin kesiti ve etki alanı



Şekil 8. Koninin değişik sıralı hareketi



Şekil 9. Hareketli konilerin değişik konumları

Ek 1'de verilen bilgisayar programı "CONE 2. FOR" hareketli koni yöntemi ile uygun açık işletme sınırını bulmaktadır (Yıldız, 1981). Program, açık işletme ile ilgili bazı bilgileri, ilk bölümünde diğer programın çıktılarından okumakta, kendi içinde koniyi yaratmakta ve üç boyutlu sistemde verilen koordinatlara göre bu koniyi hareket ettirmektedir. En büyük değer veren (Ek 2) 8. sıradaki koninin belirlediği işletme sınırının 3 değişik derinlikteki kesitleri Şekil 10'da görülmektedir. Kesitlerden görüldüğü gibi işletmeyi belirli derinlikten sonra iki ayrı ocak olarak işletmek gerekmektedir.


```

DIMENSION BC (40, 25, 35), XESB (70), YNOB (50), ZDEB (50), CON (50)

OPÉN (UNIT= 21, ACCESS= 'SEQIN', FILE= 'FOR'59. DAT')
OPEN (UNIT= 23, ACCESS= 'SEQIN', FILE= 'INCONE. DAT')
OPEN (UNIT= 24, ACCESS= 'SEQIN', FILE= 'FOR15.DAT')

c
DO 10 I = 1,35
  DO 10 J= 1,25
    DO 10 K= 1,40
  READ (21, 1, END= 10)BC (K, J, I)
1  FORMAT (1X, F 12. 6)
10  CONTINUE
c
  DO 200 K= 1,40
    ZDEB (K) 5050.-K* 50.
200  CONTINUE
    DO 201 I=1,25
      YNOB (I) = 7600.-I * 200.
201  CONTINUE
      DO 202 I=1,35
        XESB(I)=16100.-N*200.

202  CONTINUE
c
BENCH= 50.
WIDTH= 200.
A=45. * (( 2 * 3. 14159)/360.)
DO 61 K= 1,40
CON (K)= BENCH * K * (COS (A) /SIN (A) ) +WIDTH / 2. - (BENCH 2 (COS (A)
1/sin(a)))/2
61  CONTINUE
WRITE (24, 88)
88  FORMAT (//, 2 X, ' * * * ÜÇ BOYUTTA HAREKETLİ KONİ YÖNTEMİ
1 * * * * //, 2x, ' * * * * soNUÇ * * * * ', /, 7X ' KOLON , 3X SIRA, 4X,
1 DERİNLİK 3X, NET KAZANÇ , /, 7X, '.....', 3X '...', 4 X,
2'.....', 3X, '.....')
INC = 0
FA= .15
SUM= .0
ICNT= 0
98  READ (23, 89, END=99) K, M, I

89  FORMAT (3 I 2)
TOT= 0.0
DO 66 L= 1,35
  DO 62 N=1,K
    DO 63 I= 1,25
  DIS = SQRT ( (YNOB (J) -YNOB (M) ) * * 2 + (XESB (I) - XESB (L) ) * * 2)
  IF (DIS. GT. CON (K + 1-N))GOTO 63
  IF (BC (N, J, L). EQ.. 0) GOTO 70
  ICNT = ICNT + 1
  IF (MOD (ICNT, 2000) .EG 1) INC= INC + 1
70  P= BC (N,J,L) * ( (1 + FA) * * (-INC))

```

```

TOT= TOT+ P
BC (N, J, L)= .0
63 CONTINUE
62 CONTINUE
66 CONTINUE
WRITE (24, 64) K, M, I, TOT
64 FORMAT (10 X, I 2, 5 X, I 2, 4X, F9 .2)
SUM= SUM + TOT
GOTO 98
99 SUM 1= SUM* 20000.
WRITE (24, 67) SUM 1
67 FORMAT (/, 1X, 48 ('= '), /, 1X, '*** TOPLAM NET KAZANÇ
1.F16.2.TL)
STOP

```

E K 2

*** UÇ BOYUTTA HAREKETLİ KONİ YÖNTEMİ ***

*** SONUÇ ***

KOLON	SIRA	DERİNLİK	NET KAZANÇ	KOLON	SIRA	DERİNLİK	NET KAZANÇ
40	10	6	32679,85	40	5	18	2193,15
40	12	6	4925,49	40	8	18	505,85
40	8	6	2811,11	40	5	20	1924,77
38	16	4	571,47	40	18	8	674,28
39	17	6	3569,38	40	17	10	419,44
40	15	7	-205,66	39	7	20	377,78
38	8	8	3600,34	40	6	23	2433,53
40	10	8	1506,13	40	4	22	421,74
40	12	8	-157,21	40	8	12	106,38
40	5	14	14897,00	40	8	17	82,23
40	6	15	3925,63	40	6	26	215,74
40	5	12	1425,19	40	4	24	444,02
39	19	9	6638,57	38	19	12	601,21
39	10	10	477,04	40	18	11	143,63
40	8	10	473,25	40	18	14	321,52
40	6	9	218,25	37	6	27	40,28
40	6	11	40,90	40	5	27	344,58
39	18	13	2795,23	40	7	13	124,83
38	8	14	644,85	40	6	19	25,67
40	5	13	188,63	40	5	25	9,56
40	8	15	928,63	40	6	21	3,98
39	6	17	2217,45				
TOPLAM NET KAZANÇ							191173600,00 TL