

Açık İşletmelerde Bilgisayar Yardımları ile Taşıma Yolu Planlaması

Computer Assisted Roadway Design in Open Pit Mines

Ahmet Hakan ONUR (*)

ÖZET

Bilgisayar yardımı ile yapılan açık işletme tasarımında şimdiye kadar göz ardı edilen önemli bir eleman, taşıma yollarının açık işletme nihai sınırı içerisinde yerleştirilmesidir. Bu probleme genel yaklaşım, nihai şev açısından daha düşük olan ortalama şev açısı ile çalışmaktır. Ortalama şevler taşıma yolu genişliği ve eğimleri tarafından belirlenir. Bu yazıda, bilgisayar yardımı ile açık işletme tasarımında taşıma yollarını hesaba katan yeni bir blok konstrüksiyon yöntemi anlatılmıştır.

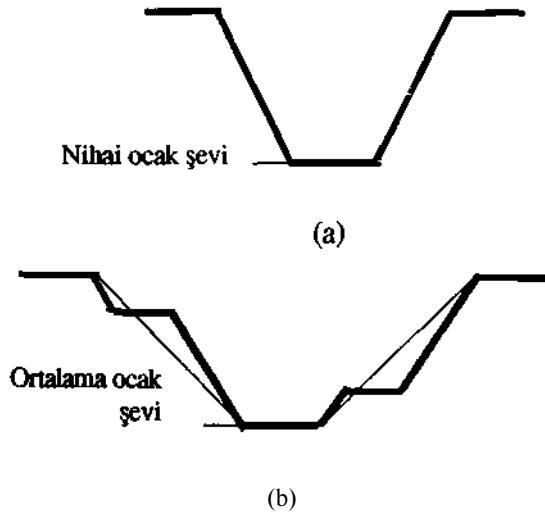
ABSTRACT

The important aspect of computerizing open pit designs which has always been neglected is the incorporation of haul roads safety berms in the design. The standart approach to the problem is simply to work with average slopes which are lower than the ultimate pit slopes. The average slopes are determined by the haul road widths and slopes. In this study, a new method of a simple block construction which allows haul roads in the pit design is presented.

(*) Y.Doç.Dr., Maden Y.Müh., Çukurova Üniversitesi Maden Müh. Böl, ADANA.

1. GİRİŞ

Günümüzde, artan bilgisayar teknolojisine paralel olarak gelişen bilgisayarların madencilik alanında kullanımı kaçınılmaz olmuştur. Bu amaçla geliştirilen pek çok bilgisayar yazılımı, konuyu bütün ayrıntıları ile ele almış ve değişik tasarım parametrelerine göre sorunun çözümüne yaklaşım sağlanmıştır. Açık işletme nihai sınırını belirleyen bilgisayar yazılımlarının önemli bir eksikliği, açık işletme sınırının nakliyat yolları olmadan hesaplanmasıdır (Kim, 1979). Bu problemin giderilmesi konusundaki genel eğilim, yolların nihai ocak şevindeki artmaya etkisi gözönüne alınarak, açık işletme sınırının belirlenmesidir (Whittle, 1989). Her iki durumda da yapılan hata miktarı oldukça fazladır ve bilgisayar yardımı ile yapılan açık işletme tasarımlarının güvenilirliğini azaltan etkenlerdir.



Şekil 1. Açık işletme nihai ve ortalama şevi

Şekil 1.a, taşıma yolu olmadan elde edilmiş bir nihai şevi, 1.b ise yolun mevcudiyetini göstermektedir. Açık işletme tasarımında yolların eklenmesi ile ilgili ilk çalışma Taylor (1971) tarafından yapılmıştır. Yun

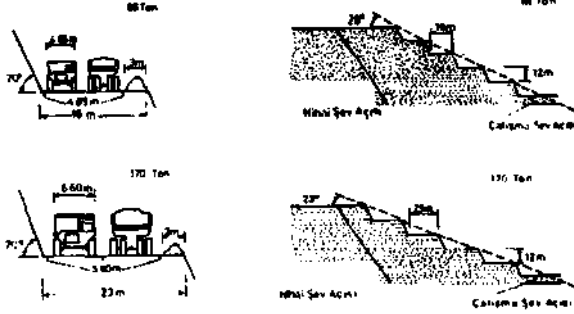
ve Lu (1992) bütün nakliye sistemi içerisinde yol optimizasyonu için bir dinamik programlama yaklaşımı oluşturmuştur. Bu yazıda, PC'lerde uygulama olanağı olan basit ve hızlı bir yöntem tanıtılmaktadır. Bu yöntem bir optimizasyon işlemi değildir. Açık işletme planlamacısına değişik yol alternatifleri sunar ve istenilen alternatif seçimini yine planlamacıya bırakır. Bu yüzden geliştirilen bilgisayar yazılımı oldukça pratiktir.

2. AÇIK İŞLETMELERDE YOLLARIN GENEL TANIMI

Yollar, açık işletmelerde örtüyü ve üretilen cevheri ocak tabanından ya da herhangi bir basamaktan alarak döküm bölgesine (örtü için) ya da harmanlama alanına (cevher için) taşımak için planlanmış, nakliye ekipmanlarının üzerinde hareketinin sağlandığı elemanlardır. Her bir basamak seviyesinin, yeryüzü ile mutlaka bir bağlantısının olması gerekmektedir. Bir cevher yatağının üstünün açılması işleminde, örtü bulunduğu doğal konumundan alınarak, madencilik işlemlerinin engellenmeyeceği başka bir konuma aktarılır. Bu işlevi sağlayan yolların oluşturulmasına bazı önemli kriterler mevcuttur. Nakliye yolları, öncelikli nakliye yöntemine bağlıdır. Bazı yöntemlerde yollar sadece kazı elemanlarının ve işgücünün işletme alanına taşınması için kullanılabildiği gibi (örneğin çekmekepçe (dragline); bu yöntemde cevherde bu yollar ile nakledilir), bazı yöntemlerde hem örtünün, hem de cevherin nakli için kullanılırlar. Yol boyutları tamamiyle madencilik kapasitesine ve bu kapasiteyi karşılayacak ekipman boyutlarına bağlıdır. Belirli bir şev açısını oluşturabilmek için, madencilik faaliyetlerine başlamadan önce basamak genişlikleri belirlenir. Basamak yükseklikleri kullanılan ekipman boyutlarına ve maden yatağının jeolojisine bağlıdır (Şekil 2). Bu yükseklikler, maden yatağının ekonomik değer-

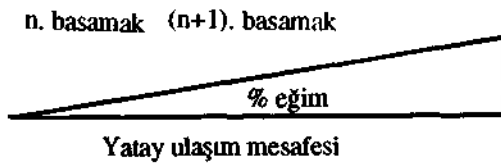
madencilik

lendirmesini etkileyen parametrelerdelik olmadıkça değiştirilmezler.



Şekil 2. Ekipman boyutlarına göre basamak genişlikleri

Bu nedenle nihai şev açısı basamak genişliği değiştirilerek düzenlenebilir. Orijinal basamak genişlikleri genellikle üzerlerine taşıma yolu inşa edilebilecek kadar geniş değildirler, işletmenin herhangi bir bölümünde bir basamak üzerine yol inşasına karar verildiği zaman, bu bölgede uygulanacak yol genişliği kadar ek kazı yapılması gerekir. Açık işletmelerde yollar genişlikleri kadar eğimleri ile de tanımlanırlar. Yol eğimi bir basamaktan diğerine ulaşılması için yatay olarak katedilmesi gereken mesafeyi belirler (Şekil 3). Yüksek eğimler ulaşım mesafesini azaltırlar fakat yolun inşaa edildiği malzemeye, taşıyıcı aracın tipine ve iklim koşullarına bağlı olarak belirli bir en yüksek değeri geçemezler.



Şekil 3. Yolun yatay ulaşım mesafesi

3. BİLGİSAYAR YARDIMI İLE YOL TASARIM ALGORİTMASI

Bilgisayar yardımı ile açık işletme sınırının belirlenmesinde kullanılan teknik, bütün bir maden yatağını, uygun büyüklükteki eşit bloklara bölmek ve her bloğun mineral envanterini, sondaj verileri yardımı ile interpolasyon yaparak oluşturmaktır. Daha sonra bloklara atanan bu cevher tenörleri ve cevher ile ilgili tüm özellikler ekonomik değerlendirmeye tabi tutularak, her bir bloğun üretilmesi ile elde edilecek kar ya da zararın bu bloklara atanması sağlanır. Atama işleminden sonra, algoritma mümkün olan bütün kombinasyonlar içerisinde en yüksek karı veren açık işletme nihai şeklini saptar.

Bu kombinasyonlar şu şekilde oluşturulurlar. Herhangi bir basamaktaki bir blok için, bu bloktan başlayarak yeryüzüne kadar, bir kenarı nihai şev açısı kadar eğimli olan ters koniler meydana getirilir. Bu koni içerisindeki tüm bloklar, araştırılan bloğun kazanılması için kaldırılmak zorundadır. Bu mantıktan hareket ile pozitif kar verecek ilk ters koni grubu belirlendikten sonra işlem, bu koni içerisindeki tüm bloklar kaldırılarak aynı şekilde diğer koniler oluşturularak devam ettirilir. (Şekil 4)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	+1	+1	+2	+3	+2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-1	-1	+3	+3	+4	+2	+1	+2	-1	-1	-1
3	-1	-1	-1	+2	+3	+2	+2	-1	-1	-1	-1
4	-1	-1	-1	+1	+2	+2	+1	+2	-1	-1	-1
5	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+2	-1	-1	-1	-1

Şekil 4. Araştırma konileri

madencilik

En fazla karı veren açık işletme sınırını belirlemek için kullanılan algoritmaya bir başka yazıda değinilecektir. Bu algoritma ile elde edilen sonuç Şekil 5'de gösterilmiştir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
3	0	0	1	1	2	2	2	1	1	0	0
4	0	1	2	2	3	3	3	2	2	1	0
5	0	1	2	3	4	4	4	3	2	1	0
6	0	1	2	3	4	4	4	3	2	1	0
7	0	1	2	3	4	4	4	3	2	1	0
8	0	0	1	2	3	3	3	2	1	0	0
9	0	0	1	1	2	2	2	1	1	0	0
10	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 5. Açık işletme sınırı

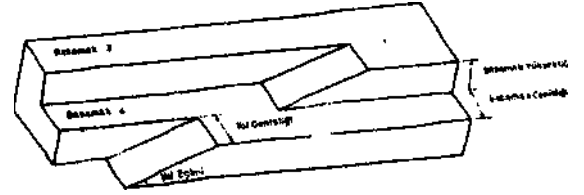
Şekil 5'deki numaralar herbir bölgeden, en fazla karı elde edecek nihai ocak sınırı içerisinde, kaç bloğun üretilmesi gerektiğini gösterir. Aynı zamanda bu blok sayıları basamak numaralarını da belirtir. Örneğin blok (5.5), 4. basamağa kadar üretim yapılacağını göstermektedir. Blok boyutları her zaman üzerlerine bir yol inşa edilmeye uygun değildir. O yüzden yol tasarımı için bazı ek kazılar yapılması gerekir. Şekil 6'da bu ek kazıların yapılışı gösterilmektedir.

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

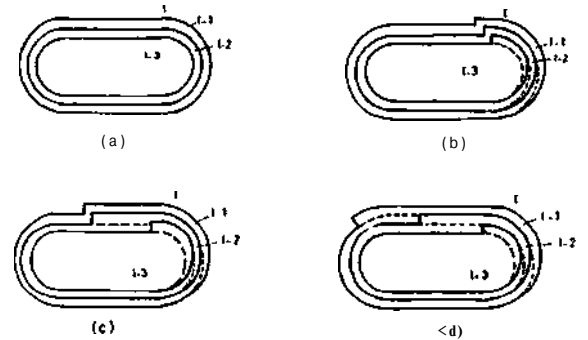
Şekil 6. Her basamakla yapılması gereken ek kazı

Her iki şekilde de görüleceği üzere yol tasarımına etki eden uzunluklar tamamen blok boyutlarına bağlı olarak değişirler. Örnek olarak 10m x 10m x 10m boyutlarında

kübik bir blok ele alınacak olursa, 30m genişliğinde ve % 10 eğimli bir yol tasarımı için, genişliği sağlamak üzere 3 blok, yol uzunluğunu sağlamak üzere ise 10 bloklu bir kütle alınmalıdır. Her seviyeden alınacak bu bloklar, diğer bir deyişle yol inşaatı için gerekli olan ek kazı, etkisini yüzeye kadar sürdürecektir. Yapılacak ek kazı miktarının fazlalığı açıktır ve bu yüzden açık işletme tasarımını yapan bilgisayar programlarında bu konu gözardı edilmemelidir. Şekil 8'de bu etki daha açık olarak gözlenmektedir.



Şekil 7. Yolun açık işletmede üç boyutlu gösterimi



Şekil 8. Sırası ile üç basamakta yol tasarımı

Şekil 8'de (a) ile gösterilen açık işletme sınırı bilgisayar yardımı ile yol olmadan elde edilen nihai sınırdır, (b)'de sadece (1-3) seviyesi bir yol ile (1-2) seviyesine bağlanmıştır. (c)'de ise (1-2) seviyesi (1-1) seviyesine bağlanmıştır, (d) ise yol tasarımı tamamlanmış açık işletmeyi göstermektedir. Buradan da görüleceği üzere kesikli olarak gösterilen açık işletmenin ilk halinden daha

madencilik

fazla bir kazı söz konusudur, işte değişik seçenekler olarak ele alınacak bilgisayar yardımı ile yol tasarımında bu ek kazının incelenmesi sağlanmıştır. Bu kazının miktarı, cevher ya da yankayaç içerisinde, sağlam ya da çürük kayaç içerisinde açılmaları, yolun başlangıç noktası ile kamyonların boşaltma yerleri arasındaki mesafe gibi faktörler incelenerek planlayıcı tarafından en uygun yol şekli seçilmesi sağlanabilir.

Yol tasarımı algoritması ile otomatik ve elle planlama gerçekleştirilebilir. Otomatik yol tasarımında en alt seviyeden başlamak üzere, saat yönünde ve tersi yönde yol için ek kazı planlanmaktadır. Eğer bu, işlem ocak tabanındaki her blok için (merkezdeki bloklar hariç) tekrarlanırsa, ocak içerisinde mümkün olan her bölgede ve yönde çok sayıda değişik yol alternatifleri elde edilebilir. Eğer bu alternatif yollar, işletme karındaki azalma, toplam yol uzunluğu ve üretilmesi gerekli blok sayıları ile bir liste halinde verilirse, planlamacı tarafından bu liste içerisinde bir alternatif seçilerek açık işletme nihai sınırı, taşıma yolu ile birlikte oluşturulabilir.

El ile yapılan yol tasarımı ise, otomatik tasarımdan biraz daha esnektir. En önemli özelliği istenilen bir seviyede yolun geri dönüşüne (swich-back) izin vermesidir. Bu yöntemde planlamacı ocak tabanında istediği bir bölgeden sadece koordinatlarını vermek sureti ile yolu başlatabilir. Bir seviyeden diğerine bağlantı yapıldığında, sonuç ekranda kullanıcıya aktarılır, istenilen bir seviyede, saat hareketi yönünde başlamış yol tasarımı bu hareketin tersi yönüne çevirilerek gerekli esneklik sağlanmış olur. Yol tasarımı tamamlandıktan sonra sonuçlar ekranda kullanıcıya aktarılır. Program yeniden çalıştırılarak istenilen sayıda değişik yol tasarımı üretilebilir.

3.1. Algoritma

Blok model kullanılarak açık işletme nihai sınırını tesbit eden algoritma ile Şekil 5'deki açık işletme sınırları tesbit edildikten sonra, ocağın en alt seviyesinden başlayarak yüzeye ulaşıncaya kadar, yukarıda bahsedilen ek kazılar planlanır. Ocak tabanındaki başlama noktası olarak her defasında bir blok ilerlenecek şekilde bir işlem uygulanırsa, toplam olarak ocak tabanında-

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	1	2	2	2	2	1	0	0
3	0	1	2	2	3	3	3	2	2	1	1
4	0	1	2	3	4	4	4	3	2	1	0
5	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1
6	0	1	2	3	4	4	4	4	3	2	1
7	0	1	2	3	4	4	4	4	3	2	1
8	0	1	2	3	3	3	3	3	2	1	0
9	0	0	1	2	2	2	2	2	1	0	0
10	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(a)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	1	2	2	2	1	0	0	0
3	0	1	2	2	3	3	3	2	2	1	0
4	0	1	2	3	4	4	4	3	2	1	0
5	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1
6	1	2	3	3	4	4	4	4	3	2	1
7	1	2	3	3	4	4	4	4	3	2	1
8	0	1	2	3	3	3	3	3	2	1	0
9	0	0	1	2	3	3	3	2	1	0	0
10	0	0	0	2	2	2	2	1	0	0	0
11	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0

(b)

Şekil 9. 4. ve 3. basamaklardaki yol tasarımları

ki blokların sayısı kadar (merkezdeki bloklar hariç) değişik alternatif elde edilir. Şekilde yol tasarımının başlayabileceği blok (5,5) ise, bir sonraki yol tasarımının blok (5-6) dan, daha sonra blok (5,7) den başlayarak devam eder. Yol tasarımının başlayabileceği diğer bloklar (6,7), (7,7), (7,6), (7,5) ve (6,5) dir. Bu şekilde 20m x 20m x 10m 'lik bloklar kullanıldığı varsayılarak 4. seviyeyi 3. seviyeye, saat hareketi yönünde birleştirirsek elde edilecek yeni işletme Şekil 9'da gösterildiği gibi olacaktır. Burada yol genişliği 20 m ve eğimi % 10 olarak alınmıştır.

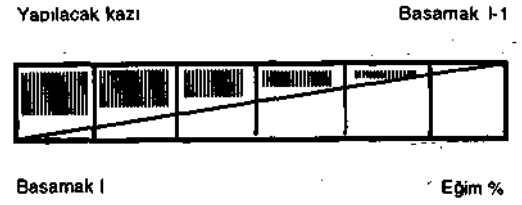
Aynı veriler kullanılmak sureti ile 3. seviyenin 2. seviyeye bağlanmış hali Şekil 9.b'de gösterilmektedir.

Aynı yöntem kullanılarak diğer basamaklar da birbirine bağlanarak bu örnekte "0" olan en üst seviyeye ulaşılmaya çalışılır. Herhangi belirli bir blok çevresinde yol tasarımı gerçekleştirileceği zaman Şekil 10' daki model kullanılır. Bu şekilde ortadaki blok yol tasarımı için araştırılan blok.kenardaki bloklar ise bu yol için gerekli genişliği sağlamak için kaldırılması gerekli blokları temsil eder. Eğer saat hareketi yönünde bir yol uygulanacak ise 1'den 8'e doğru, saat hareketinin tersi yönde bir yol uygulanacak ise 8'den 1'e doğru bir araştırma yapılarak üzerine yol tasarım edilecek blok bulunur.

8	1	2
7		3
6	5	4

Şekil 10. Yol tasarımı için bir sonraki bloğu belirleyen kalıp

Yol tasarımı aşamasında dikkat edilecek önemli bir husus, gerçekte yollar planlanırken bir bloğun tümü alınarak işlem gerçekleştirilmez. Eğim ölçüsünde, yol tasarımının başladığı basamaklarda en çok, bir üst basamağa doğru azalacak şekilde bir kazı planlanmalıdır (Şekil 11).



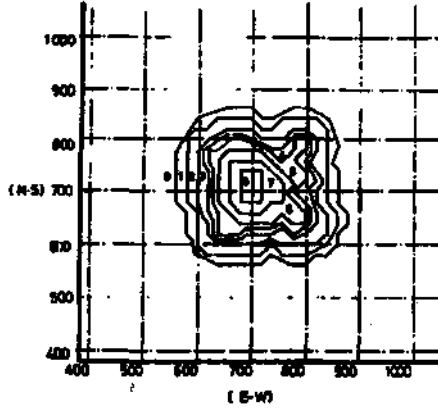
Şekil 11. Kazı yapılması gereken bloklar

Şekil 11'den de anlaşılacağı gibi herhangi bir seviye ile bir üst seviyeyi birleştiren bir doğru kabul edildiği takdirde bu doğrunun her bloğu tam ortasından kestiği düşünülen yatay bir doğrunun üzerindeki kısmın alınması sureti ile yol tasarımı gerçekleştirilebilir. Bu işlem gerçeğe daha yakın sonuçlar vermesi açısından uygulanması zorunludur. Üç boyutlu şekilde (Şekil 7) bu durum daha açık belli olmaktadır.

4. BİR UYGULAMA VE BİLGİSAYAR YAZILIMININ TANITIMI

Hayali bir maden yatağına ait bloklara değerler atanarak, nihai ocak sınırını tesbit eden program çalıştırılarak, sınır tesbit edilmiştir. Bu kısımda, sadece optimum olarak elde edilmiş işletme sınırına taşıma yollarının yerleştirilmesi ele alınacaktır. Örnek olarak alınan maden yatağı 20m x 20m x 10m boyutlu bloklara ayrılarak toplam 34x34x8 adet bloktan meydana gelmiştir. Göreceli olarak daha küçük boyutlardaki bu açık işletmeye ayrı boyutlu yol inşaa edilerek, yol tasarımının önemi vurgulanmaya

madencilik



Şekil 12. Örnek olarak seçilen açık işletme nihai sınırı

çalışılmıştır. Şekil 12'de gösterildiği gibi açık işletme nihai sınırı için geliştirilen bilgisayar yazılımı çalıştırılmış elde edilen sonuç her basamak için kontur çizilerek gösterilmiştir (Onur, 1992).

Ayrıca Çizelge 1'de gösterilen ayrıntılı bilgiler elde edilmiştir. Burada basamaklara göre ve tüm ocağa göre elde edilen negatif blok (işletilmesi esnasında kâr elde edilemediği için sadece bloğun kaldırılması maliyeti) sayısı ile pozitif blok (sınır tenor üzerinde cevher bulunduran ve bu yüzden üretilmesi sonucunda bir kar elde edilen blok) sayıları hakkında istatistiksel bilgiler verilmiştir.

Çizelge 1. Nihai Açık İşletme Sınırı İçin Genel Bilgiler

Basamak No	Toplam Blok Sayısı	Toplam Blok Sayısı S.T.Ü.	Toplam Blok Sayısı S.T.A.	Toplam Maliyet S.T.Ü. x1000	Toplam Maliyet S.T.A. x1000	% Ort. Tenör	Toplam Tonaj S.T.Ü.	Toplam Tonaj S.T.A.
1	223	0	223	0	-2230	0,00	0	2230000
2	182	13	169	2950	-1690	2,77	130000	1690000
3	132	18	114	4100	-1140	2,78	180000	1140000
4	96	43	53	6450	-530	2,00	430000	530000
5	78	71	7	10250	-70	1,94	710000	70000
6	53	27	26	5250	-260	2,44	270000	260000
7	30	15	15	3550	-150	2,87	150000	150000
8	12	9	3	1850	-30	2,56	90000	30000

S.T.Ü. : Sınır tenor üstü S.T.A. : Sınır tenor altı

Genel Sonuçlar

Ortalama Tenör.....	2,25
Toplam Kar.(x1000).....	28300,00
Toplam Pozitif Değer (x1000).....	34400,00
Toplam Negatif Değer (x1000).....	-6100,00
Toplam Ocak İçi Blok Sayısı.....	806
Toplam Kazı Miktarı.....	8060000,00
Toplam Pozitif Blok Sayısı.....	196
Toplam Cevher Miktarı (S.T.Ü.).....	1960000,00
Toplam Negatif Blok Sayısı.....	610
Toplam Örtükazı Miktarı (S.T.A.).....	6100000,00

madencilik

Yol tasarımının iki ayrı şekilde yapılabileceği daha önceki bölümde belirtilmiştir. Program çalıştırıldığı zaman aşağıdaki verilerin girilmesi gerekmektedir:

Yol genişliği	20 m
Yol eğimi	% 10
Boşaltma yerinin (K - D) koordinatı	500
Boşaltma yerinin (g - B) koordinatı	500

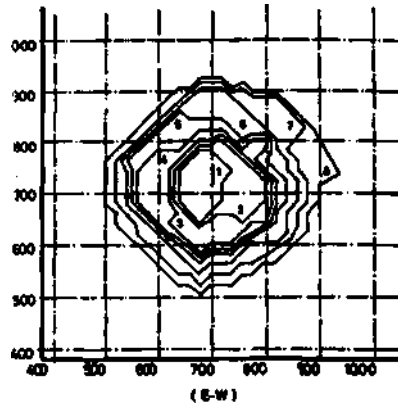
Aşağıdaki alternatiflerden birini seçiniz.

1 : Otomatik tasarım

2: Elle tasarım

Yol tasarımı ile ilgili program çalıştırılarak otomatik tasarım alternatifi seçilmiş ve ocak tabanında 8 ayrı yerden yolun başlayabileceği saptanmıştır. Çizelge 2'deki sonuçlarda 1 - 8 arası yol alternatifleri saat hareketi yönünde, 9 - 16 arası alternatifler ise aynı bloklardan başlamak üzere saat hareketi tersi yönünde bir ilerleme ile gerçekleştirilen yol tasarımlarını göstermektedir.

Bu çizelgedeki bilgiler sırası ile yol alternatif numarası (yolun ocak tabanındaki



Şekil 13. Otomatik algoritmanın oluşturduğu yol ile birlikte nihai ocak sınırı

Çizelge 2. Otomatik Yol Dizaynı İle Elde Edilen Sonuç

Alterasyon Sayısı	Yol Maliyeti	Toplam Mesafe	Üretilecek Blok Sayısı
1	-940,0	1654,8	94
2	-860,0	1855,5	86
3	-980,0	1818,9	98
4	-1000,0	1752,3	100
5	-1040,0	1854,0	104
6	-960,0	1878,7	96
7	-840,0	1903,3	84
8	-910,0	1775,8	91
9	-1030,0	1776,6	103
10	-1010,0	1906,1	101
11	-870,0	1939,0	87
12	-920,0	-1738,5	92
13	-920,0	1794,6	92
14	-890,0	1870,1	89
15	-920,0	2010,8	92
16	-900,0	1992,6	90

başlangıç yeri ile ilgili), bu alternatif yolun oluşturulması ile ortaya çıkan ek giderler, ocak tabanı ile döküm yeri arasındaki mesafe ve bu yol tasarımı için kaldırılması gerekli toplam blok sayısı, yeni ek kazı miktarıdır. Kullanıcı tarafından bu alternatiflerden birisi tercih edilerek seçilen alternatif numaralı yol nihai ocak sınırına yerleştirilir. Şekil 13'de Çizelge 2'deki alternatiflerden 1.si seçilerek elde edilen nihai ocak sınırı, taşıma yolu ile birlikte görülmektedir.

Çizelge 3 ise, Çizelge 1 'deki bilgilerin 40 m genişliğinde bir yol tasarımı yapıldığı zamanki değişimini göstermektedir. Eğer aynı alternatif 20 m genişliğinde bir yol için seçilmiş olsaydı, elde edilecek sonuçlar Çizelge 4'deki gibi olacaktı. Bu sonuçların ışığında sadece net kâr gözönünde bulundurulurken, nakliye yollarının açık işletmelerdeki önemi kolayca vurgulanabilir. Örnekteki işletmenin küçük olması sebebi ile

madencilik

yol tasarımı için yapılması gerekli ka-ının toplam örtükazı içerisindeki payı, oldukça büyük çıkmaktadır. Daha büyük işletmelerde bu oran azalmaktadır.

Eğer aynı örnekte elle tasarım alternatifi seçilmiş olsaydı, otomatik tasarımdan farklı olarak ilk başlangıçta yolun ocak dibinden başlama yerinin veri olarak girilmesi gerekecekti.

Yolun başlangıç koordinatı (K-D) > 680

Yolun başlangıç koordinatı (K - D) > 700

Yolun yönü

0 : Saat hareketi yönünde

1 : Saat hareketi tersi yönde

Bu bilgiler ışığı altında seçilen yöne göre ocak tabanı olan 8. basamak 7. basamağa birleşir ve bu birleşmeden meydana gelen şekil bilgisayar ekranında görülür. Her bir basamak bir üstteki basamakla birleşeceği zaman, yön belirtilmesi ve sonucun ekranda görülmesi en üst basamağa kadar devam eder. Şekil 14(a), (b), (c), (d), (e), (f), (g) ve (h) bu işlemi aşama aşama göstermektedir. Farkedileceği üzere, 4. basamakta bir geri dönüş (swich-back) meydana getirilmiştir. Bu işlem istenilen sayıda ve istenilen basamakta uygulanabilir.

Çizelge 3.40m Yol Genişliği İle Oluşturulan Açık İşletme Genel Bilgileri

Basamak No	Toplam Blok Sayısı	Toplam Blok Sayısı S.T.Ü.	Toplam Blok Sayısı S.T.A.	Toplam Maliyet S.T.Ü. X1000	Toplam Maliyet S.T.A. x1000	% Ort. Tenor	Toplam Tonaj S.T.Ü.	Toplam Tonaj S.T.A.
1	330	0	330	0	-3300	0,00	0	3300000
2	270	13	257	2950	-2570	2,77	130000	2570000
3	211	18	193	4100	-1930	2,78	180000	1930000
4	161	43	118	6450	-1180	2,00	430000	1180000
5	125	71	54	10250	-540	1,94	710000	540000
6	86	27	59	5250	-590	2,44	270000	590000
7	55	15	40	3550	-400	2,87	150000	400000
8	31	9	22	1850	-220	2,56	90000	220000

S.T.Ü. : Sınır tenor üstü S.T.A. : Sınır tenor altı

Genel Sonuçlar

Ortalama Tenor.....2,25

Toplam Kar (x1000).....23670,00

Toplam Pozitif Değer (x1000).....34400,00

Toplam Negatif Değer (x1000).....-10730,00

Toplam Ocak içi Blok Sayısı.....1269

Toplam Kazı Miktarı.....12690000,00

Toplam Pozitif Blok Sayısı.....196

Toplam Cevher Miktarı (S.T.Ü.).....1960000,00

Toplam Negatif Blok Sayısı.....1073

Toplam Örtükazı Miktarı (S.T.A.).....10730000,00

madencilik

Çizelge 4. 20m Yol Genişliği İle Oluşturulan Açık İşletme Genel Bilgileri

Basamak No	Toplam Blok Sayısı	Toplam Blok Sayısı S.T.Ü.	Toplam Blok Sayısı S.T.A.	Toplam Maliyet S.T.Ü. X1000	Toplam Maliyet S.T.A. X1000	% Ort. Tenor	Toplam Tonaj S.T.Ü.	Toplam Tonaj S.T.A.
1	264	0	264	0	-2540	0.00	0	2540000
2	215	13	202	2950	-2020	2.77	130000	2020000
3	162	18	144	4100	-1440	2.78	180000	1440000
4	122	43	79	6450	-790	2.00	430000	790000
5	94	72	22	10300	-220	1.94	720000	220000
6	61	27	34	5250	-340	2.44	270000	340000
7	36	15	21	3550	-210	1.87	150000	210000
8	19	9	10	1850	-100	2.56	90000	100000

S.T.Ü. : Sınır tenor üstü S.T.A. : Sınır tenor altı

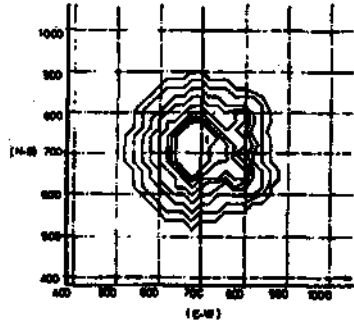
Genel Sonuçlar

Ortalama Tenor.....	2,25
Toplam Kar (x1000).....	26690,00
Toplam Pozitif Değer (x1000).....	34400,00
Toplam Negatif Değer (x1000).....	-7760,00
Toplam Ocak İçi Blok Sayısı.....	973
Toplam Kazı Miktarı.....	9730000,00
Toplam Pozitif Blok Sayısı.....	197
Toplam Cevher Miktarı (S.T.Ü.).....	1970000,00
Toplam Negatif Blok Sayısı.....	776
Toplam Örtükazı Miktarı (S.T.A.).....	7760000,00

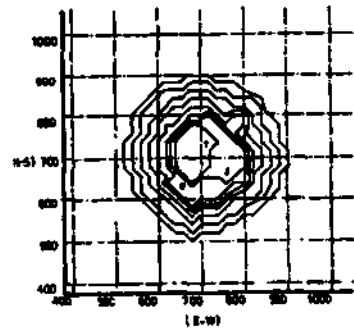
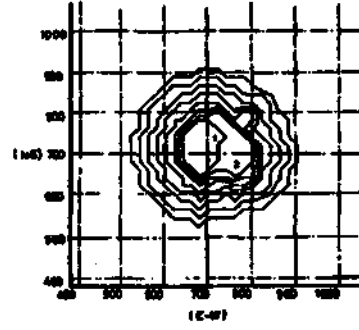
5. SONUÇ

Bilgisayarların madencilik alanına getirdiği yenilikler ve kolaylıklar planlamacıları kendine çekmiş ve yurdumuzda açık işletme planlaması ile ilgili birçok yazılım kullanılmaya başlanmıştır. Bu yazılımların en belirgin özelliği belirli amaçlar için yapılmış olmaları ve olaylara, programı yazan kişilerin mantığı ile yaklaşma zorunluluğunun olmasıdır. Bu tip bilgisayar yazılımlarına girip, herhangi bir değişiklik yapmak hemen hemen olanaksız gibidir. Bu yüzden bazı özel problemlerin özömlenmesi ve bu ya-

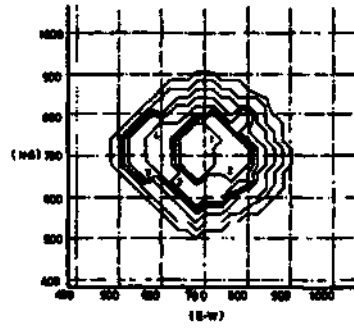
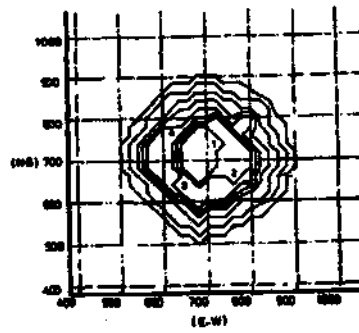
zılımlarla uyumlu olarak çalışabilmesini sağlamak, daha sağlıklı ve daha az hata ile bir planlama işlemini gerçekleştirmede yardımcı olacaktır. Açık işletme planlaması yapan yazılımların büyük çoğunluğunda göz ardı edilen ve önemi bir örnekle vurgulanmaya çalışılan taşıma yolu tasarımı problemi basit bir yaklaşımla özölmeye çalışılmıştır. Bu çalışmadaki amaç yolun optimize edilmesi değil değişik alternatifler sunarak açık işletme planlamacısına hızlı ve olabil-diğince fazla düşünce sunarak ideale en yakın bir açık işletme tasarımı gerçekleş-tirmesine yardımcı olmaktadır.



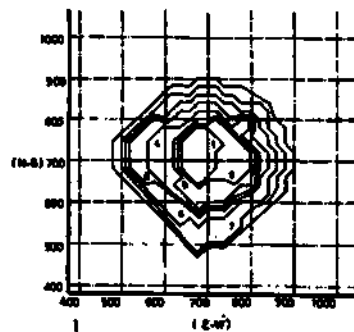
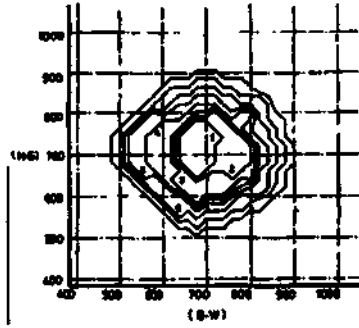
(a) (b)



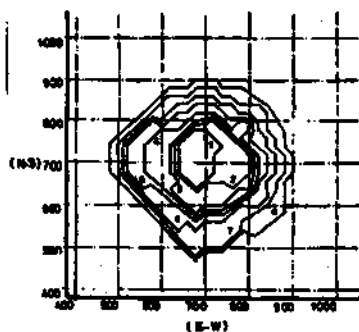
(c) (d)



(e) (f)



(g) (h)



Şekil 14. Aşama aşama elle yapılan yol dizaynı

KAYNAKLAR

- KİM, Y.C., 1979; "Open Pit limits analysis: technical overview", Computer methods for the 80's in the mineral industry, AIME, Port City Press, Baltimore, USA, pp 297-303.
- DOWD, P.A., ONUR, A.H., 1992; "Optimizing open pit design and sequencing", 23rd Symposium on the application of computers and operation research in the mineral industries (APCOM), AIME, Littleton, Colorado, pp 411-412.
- ONUR, A.H., 1992 ; "Optimal open pit design and planning", Ph.D. thesis, Department of Mining and Mineral Engineering, University of Leeds, U.K.
- TAYLOR, J.B., 1971; "Incorporation of access roads into computer generated open pits", 9th Symposium on the application of computer and operations research in the mineral industries (APCOM), IAME, Littleton, Colorado, pp461-473.
- WHITTLE, J., 1989; "The facts and fallacies of open pit optimization", Whittle Programming Pty Ltd., North Balwyn, Victoria, Australia.
- YUN, Q., LU, C.W., 1992 ; "Optimization for the determination of transportation system in open pit mines". 23rd Symposium on the application of computers and operations research in the mineral industries (APCOM), AIME, Littleton, Colorado, pp 536 - 545.