

Teknik Not / **Technical Note**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE KULLANILABİLECEK BİR BİLGİSAYAR YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ: OPENPIT V0.3

Development of a Computer Program for Mining Engineering Education: OPENPIT V0.3

Özgür AKKOYUN⁰
Mustafa AYHANⁿ

ÖZET

Bu çalışmada maden mühendisliği öğrenimine destek amaçlı geliştirilen, bir bilgisayar programı tanıtılmaktadır. OPENPIT V0.3 adı verilen bu program, etkileşimli bir arayüze sahip olabilmesi için görsel dillerden olan Visual Basic 6 kullanılarak geliştirilip derlenmiştir. Yazılım üzerinde bulunan bir pencerede bir kömür ya da maden yatağının kesit görüntüsü (2D) oluşturulmaktadır. Kullanıcı bu görüntü üzerinde kazı işlemini gerçekleştirmektedir. Kullanıcının, olabildiğince fazla sayıda işletme parametresini değiştirmesi sağlanmıştır. Bu sayede bu parametrelerin açık işletme işleyiş ve ekonomisi üzerindeki etkisi gözlenebilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Görsel Programlama, Etkileşimli Madencilik Eğitimi, Açık İşletme

ABSTRACT

In this study, a computer program for mining engineering education is introduced. The program, which is called as OPENPIT V0.3, is compiled by using Visual Basic 6 in order to get an interactive interface. In the software, cross section of an orebody or a coal seam is shown at a window where user can excavate the orebody. The software covers all the mining and economical parameters as much as possible. These parameters can be changed easily by the user in order to see the effects of these parameters on the operation and costs.

Keywords: Visual Programming, Interactive Mining Education, Open Pit Mining

Öğr.Gör., Dicle Üniversitesi, Müh.Mim.Fak., Maden Müh.Bölümü, DİYARBAKIR, oakkoyun@dicle.edu.tr
¹Yrd.Doç.Dr., Dicle Üniversitesi, Müh.Mim.Fak., Maden Müh.Bölümü, DİYARBAKIR

1.GİRİŞ

Oldukça hızlı gelişme gösteren bilgisayar teknolojisinin bir sonucu olarak, bilgisayar programları ve internet, eğitim-öğretim çalışmalarında her geçen gün biraz daha fazla kullanılmaktadır (Pinto vd., 2000).

Bir çok üniversite klasik öğretim faaliyetlerine ek olarak internet üzerinden sürdürdüğü dersler ile hem kendisi için, hem de öğrencileri için düşük maliyetli fakat etkili çalışmalar yapmaktadır (Anon, 2003).

Bunlardan sadece bir tanesi olan Georgia Üniversitesi (ABD) yerbilimleri bölümü derslerinden bir kısmını internet üzerinden vermeye 1994 yılında başlamıştır (Gore, 2000). Bilgisayar destekli modeller içeren yazılımların eğitimde kullanılması ise daha eskilere dayanmaktadır (Sowerbutts, 1999).

Klasik eğitim-öğretim faaliyetleri içerisinde uzun zaman geçirmiş eğitmen ve öğrenciler için teknoloji ağırlıklı yöntemler başlangıçta çok rağbet görmemiş; ancak her iki grubun da kullanımı çok kolay olan bu programlara alışmaları ve yapılan araştırmalar sonucunda bilgisayar destekli-etkileşimli eğitimin daha olumlu sonuçlar verdiğinin görülmesi, bu olumsuz düşünceleri ortadan kaldırmıştır. İnternet üzerinden eğitim yapan bir sitenin erişim istatistikleri incelendiğinde öğrencilerin, bilgi yüklü uzun metinler içeren sayfalardan daha çok etkileşimli, hareketli görüntüler-sesler içeren sayfalarda zaman harcadıkları gözlenmiştir (Ibbet, 1999).

Öğrenciler üzerinde yapılan başka bir araştırmada klasik 'eğitim ve çoklu ortam (multimedya) destekli eğitim, performans açısından karşılaştırılmış ve bilgisayar ağırlıklı eğitimi öne çıkaran olumlu sonuçlara ulaşılmıştır (Panagiotakopoulos ve Loannidisb, 2002).

Başka bir çalışmada klasik öğretim ile web tabanlı eğitim, ekonomiklik ve yatırım açısından değerlendirilmiş, web tabanlı eğitim lehinde olumlu sonuçlar alınmıştır (Marcoulaki vd.,2001).

Bilgisayar teknolojisinin yerbilimlerinde kullanılması özellikle arazi çalışması gerektiren derslerde ortaya çıkmıştır. Bu gibi derslerde farklı kayaç ve jeolojik yapıların yerinde incelenmesi için çok değişik ve birbirinden uzak yerlere dağılmış bölgelere ulaşmak zorunda kalınmıştır.

Ancak yerinde inceleme yapmanın ulaşım, taşıma, açık hava ve arazi şartları, kimi zaman da, alınması gerekli izinler gibi zorlukları nedeniyle, farklı bir çözüm yoluna gidilmiş ve bu sahalara küçük bir ekiple gidip görüntülü, sesli ve hareketli-görüntülü kayıtlar yapılmaya ve bu kayıtlar dersliklerde öğrencilere gösterilmeye başlanmıştır. Zamanla bu resim, ses ve görüntülerin kolay erişim ve tasnif ihtiyacı nedeni ile bu veriler bilgisayar programları içerisine yerleştirilmiş ve bu sayede kullanıma sunulmuştur (Sowerbutts, 1999).

Teknolojik gelişmeler, görsel programların artan işlemci hızlarıyla birleşince, gerçeğe çok yakın sanal görüntüler bu gerçek görüntülerin yerini almaya başlamıştır. Önce askeri amaçlarla -örneğin uçak simulatörlerinde- kullanılan bu teknoloji, ardında bir çok alanda ve yerbilimlerinde de kullanılır hale gelmiştir. Jeoloji laboratuvar dersleri için geliştirilen bir görsel yazılım ile öğrenciler ekranda kayaçların gerilim durumlarıyla oynayarak interaktif depremler yaratabilmekte ve yarattıkları bu depremlerin şiddetini ölçebilmektedirler (Novak, 1999).

Maden mühendisliği mesleği, doğayı doğrudan içeren bir mühendislik disiplini olduğu için diğer disiplinlere kıyasla teorisi ve pratiği arasındaki farkın en fazla olduğu dallardan birisidir. Bu nedenle yapılacak pratik eğitimler daha da önem kazanmaktadır. Kayaçları, maden yataklarını, iş makinalarını, ocakları, şantiyeleri yerinde görüp incelemek, yerinde öğrenmek en doğru olanıdır.

Ülkemizdeki bazı üniversitelerin ekonomik koşulları, artan öğrenci sayıları, maden ocaklarına olan uzaklıkları ve özelleşen maden işletmelerinin eskisi kadar ziyaretçi kabul edememeleri gibi sorunlar nedeniyle; staj, teknik gezi gibi faaliyetler her geçen gün daha zor hale gelmektedir. Bu nedenle gerçeği iyi yansıtan benzetişim (simulasyon) ve etkileşimli bilgisayar programlarının eğitim sürecine katılmaları önem kazanmaktadır.

Hiç kuşku yok ki teknoloji ne kadar ilerlerse ilerlesin sözü edilen yazılımlar hiçbir zaman tam olarak saha çalışmaları ve gerçek işletmelerde gerçek makinalar ile yapılan uygulama eğitimlerinin yerlerini alamazlar. Ancak birer yardımcı öğrenme ve öğretme aracı olarak gözardı edilmemeleri gereken önemli unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadırlar.

2. GELİŞTİRİLEN YAZILIMIN TANITILMASI

2.1. Yazılımın Amacı

Bu çalışmada, maden mühendisliği öğrencilerinin, açık işletme madenciliğinin temel ilkelerinden bazılarını etkileşimli ve görsel bir biçimde öğrenebilecekleri bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Yazılımın, bir açık maden işletmesinin tüm unsurlarını içermek, benzetişimini yapmak, ya da gerçek işletmelere uygulanarak oradaki gerçek sorunları çözmek gibi bir amacı yoktur.

2.2. Kullanılan Araçlar

Görsel unsurları ön plana çıkarmak ve mümkün olduğunca etkileşim katabilmek için OPENPIT V0.3 yazılımı görsel programlama dillerinin en yaygın kullanılanlarından birisi olan Visual Basic 6.0 ile derlenmiştir. Visual Basic'i hızlı yazılım geliştirme araçları (RADT-Rapit Application Development Tools) arasına sokan özelliklerinin başında ortalama bir program için gerekli olan tüm nesnelere alet kutusunda (toolbox) barındırması gelmektedir (Börü, 1997).

Görsel programların arayüzlerinde üç temel bileşen bulunmaktadır. Bunlar; bir adet form, formlara eklenecek aletleri barındıran alet kutusu

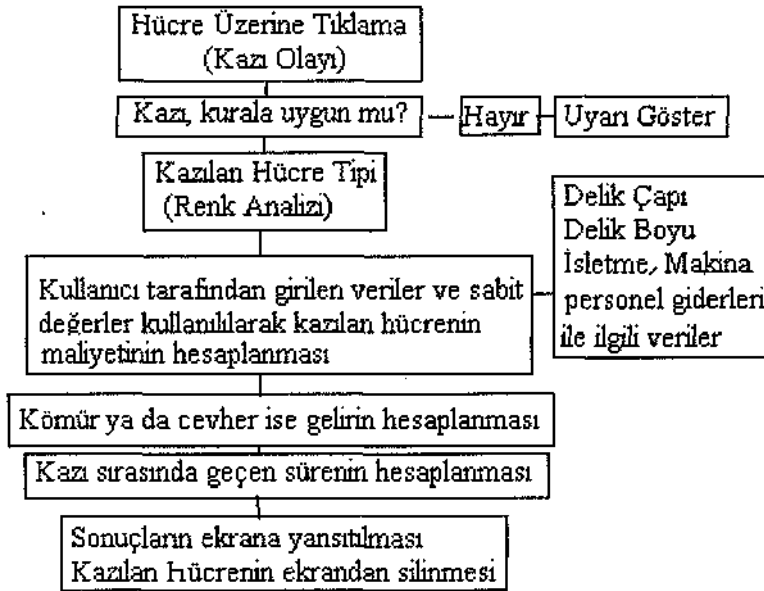
(toolbox) penceresi ve bu aletlere (ya da nesnelere) ait özellikleri içeren özellikler penceresi (properties window) olarak sayılabilir.

OPENPIT V0.3 yazılımı da dört adet form, 300 den fazla nesne ile bu form ve nesnelere atanan yüzlerce satırlık program kodlarından oluşan bir sistem ile oluşturulmuştur.

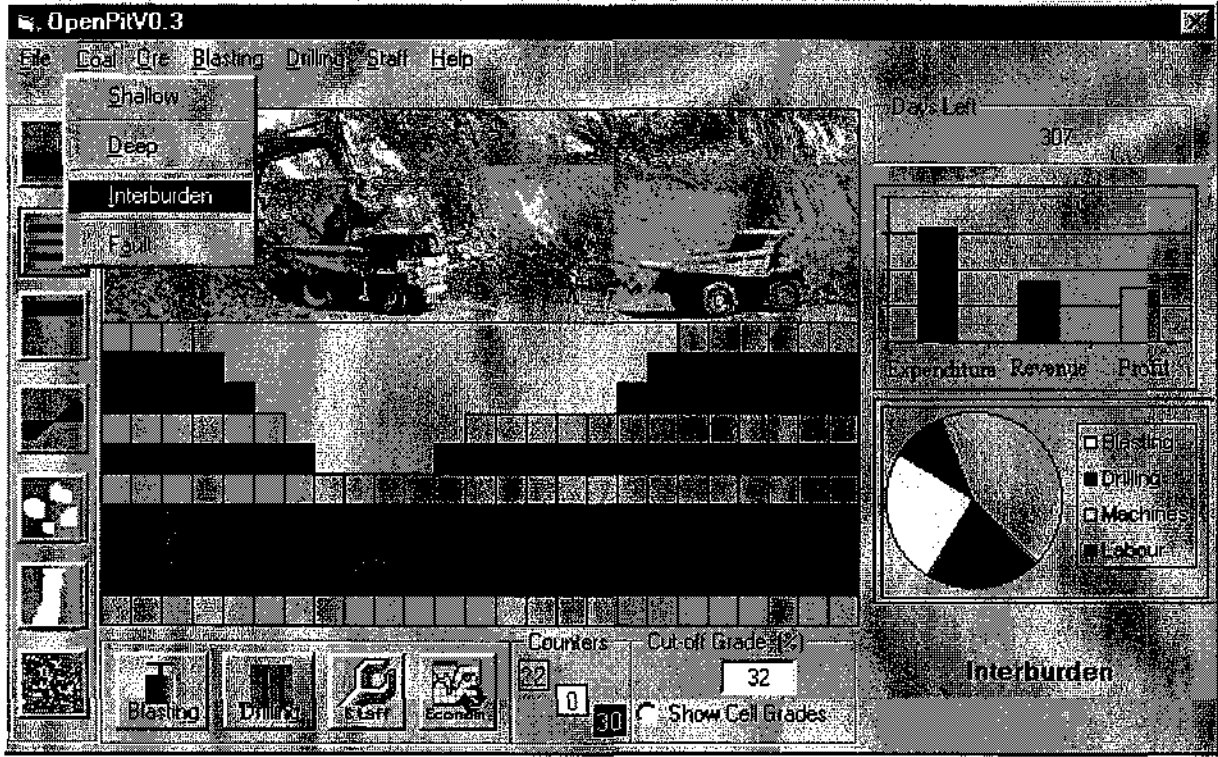
Yazılım, en az 32 MB hafızaya sahip ve Windows tabanlı olarak çalışan tüm kişisel bilgisayarlarda çalışabilmektedir.

2.3. Yazılımın Genel Yapısı

Yazılım, bir ana form ve dört yardımcı formdan oluşmaktadır. Ana form üzerinde açık işletme yöntemi ile işletilecek olan maden yatağının kesit görüntüsü bulunmaktadır. Kesit görüntüsü 250 adet kare hücrenin yan yana gelmesi ile oluşturulmuştur. Ana form üzerindeki menü komutlarından ya da ilgili komut düğmelerinden yararlanılarak bu 250 hücreye istenilen maden yatağı görüntüsü şekli verilebilmektedir. Hücreler verilen komuta göre farklı renkler olarak istenilen yatak tipini oluşturmaktadırlar. Yazılımın bine yakın kod satırından oluşan algoritmasının çok genel bir özeti Şekil 1'de, ana penceresinin görüntüsü ise Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 1. Yazılım algoritmasının genel hatları



Şekil 2. Yazılımın ana penceresi ve kömür yatak tipi seçiminin yapıldığı menü

Kullanıcının komut vererek oluşturabileceği yatak tipleri ana başlıkları kömür yatağı ve cevher yatağıdır. Bu tiplerin de kendi aralarında farklı özellikler içeren işletme durumları vardır. Komut verilerek oluşturulabilecek yatak tipleri alternatifleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Maden Yatağı Alternatifleri

Yatak Tipleri	
Kömür	Cevher
Sığ Damar	Masif Damar
Derin Damar	Plaser Damar
Arakesmeli Damar	Dik Damar
Fay ile Bölünmüş Damar	

Ayrıca algoritma içerisine yerleştirilmiş rasgele sayı üreticileri sayesinde (random generator), iki kez aynı yatak tipi seçilse dahi -yatak tipi özelliğine sadık kalmak kaydıyla- aynı ekran görüntüsü oluşmamakta ve bu da Çizelge 1'de verilen yedi yatak tipinden bağımsız olarak daha çok sayıda görüntü elde edilmesini sağlamaktadır.

Yazılım ana formu üzerinde yatak tiplerini seçmeye yarayan menü düğmeleri, komut düğmeleri, sınır tenor (Cut-off Grade) değerini

girmeye yarayan veri giriş kutusu, kazılan hücreleri ayrı ayrı sayan sayaçlar, kazı sırasında geçen süreyi gösteren pencere ile ekonomik sonuçları yansıtan grafikler bulunmaktadır.

2.4. Yazılımın Çalışma Şekli

Yazılım 250 adet hücrenin renk ve biçim olarak bir maden yatağı görünümünü almasının ardından kazı ve işletme işlemlerine hazır hale gelmesi ile açılır. Kazı işlemi hücre üzerine tıklama ile sembolize edilmiştir. Kazılmak istenen hücre üzerine bilgisayarın faresi ile tıkladığı anda sayıları 20 kadar olan fonksiyon hareketine geçerek bir takım işlemleri yapmaya başlarlar.

Bu işlemlerden birincisi kazılan hücrenin kazma kuralına uygun olup olmadığının sorgulanmasıdır.

Kazı kuralı kısaca 'Bir hücre ancak üzerindeki üç hücre kazılmış ise kazılabilir' olarak açıklanabilir. Kurala uygun ise; kazılan hücre tipi, hücrenin rengini sorgulayan bir fonksiyon tarafından alınarak kazılan hücrelerin sayılması, hacim hesaplamaları, maliyet hesaplamaları, gelir hesaplamaları ve geçen süre hesaplamaları için gerekli veriler alınarak işlenirler.

Bu hesaplamaların hemen tamamı kazılan hücre hacmi hesaplandıktan sonra yapılır. Hücre hacminin hesaplanabilmesi için önce patlatma delik boyu ve basamak yüksekliği verilerinin girilmiş olması gerekmektedir. Patlatma delik boyu, delik çapı, patlatma düzeni, kolon şarjı, dip şarjı gibi bir çok patlatma parametresi yazılımın amacına uygun olarak görsel unsurlarla zenginleştirilerek ayrı bir formda verilmektedir.

Kullanıcının yaptığı her seçim görüntüye yansımaktadır, örneğin kullanıcı delik boyunu var olandan büyük seçtiği anda form üzerindeki delikler büyümekte, patlatma şeklini kare düzenden şaşşbeş düzene değiştirdiği anda görüntü buna uygun şekle girmektedir. Patlatma veri ve sonuçlarının işlendiği pencere Şekil 3'de gösterilmiştir. Delik boyu ve çapı verilerini seçtikten sonra alt delme ve sıkılama boyu hesaplamaları yapılarak bir delik için kullanılacak patlayıcı madde miktarı hesaplanmaktadır (Erkoç, 1990).

$$\text{Sıkılama Boyu} = \text{Delik Ayna Uzaklığı} \quad (1)$$

Kullanıcı, Şekil 3'de verilen formdaki uygun araçları kullanarak delik boyu ve delik çapı verilerini girdikten sonra aşağıdaki hesaplamalar yapılabilmektedir (Erkoç, 1990).

$$\text{Delik Ayna Uzaklığı (m)} = (\text{Delik Çapı} \cdot 45) / 1000 \quad (2)$$

$$\text{Alt Delme} = 0,3 \cdot \text{Delik Ayna Uzaklığı} \quad (3)$$

$$\text{Delik Boyu} = \text{Basamak Boyu} + \text{Alt Delme} \quad (4)$$

Bu durumda delik çapı ve delik boyu girildikten sonra basamak yüksekliği hesaplanabilir.

Hesaplanan basamak yüksekliği değeri maden yatağını temsil eden her bir hücrenin de yüksekliği olarak değerlendirildiği için bir küp olarak düşünülecek olan hücrelerimizin bir ayrıntının boyu ve dolayısıyla hacmi hesaplanabilmektedir.

Kazılan hücrenin hacmi bilindiğine göre, renk değeri sorgulanarak cevher, kömür ya da dekapaj mı olduğu tespit edilebilmektedir. Sonraki işlemlerin yerine getirilebilmesi için kullanıcının bazı verileri girmiş olması gerekmektedir. Bir vardiyada delinen toplam delik sayısı bunlardan en önemlisidir.

Delik boyu, delikler arası mesafe, sıralar arası mesafe gibi değerler bilindiği için bir delik ile kazılan teorik hacim;

The screenshot shows the 'Blasting' software interface. It includes input fields for 'Select Hole Length (m)' and 'Select Hole Diameter (Inches)'. A diagram illustrates a hole with 'Stemming', 'Colon Charge (ANFO)', and 'Deep Charge (BEM)'. Below the diagram, there are radio buttons for 'Square' and 'Stagger' patterns, and input fields for 'Spacing (face to hole length)', 'Burden (Length from hole to face)', 'Explosive ANFO (kg)', 'Explosive Deep Charge (kg)', and 'Cost of a Hole (\$)'. At the bottom, a table displays calculated parameters:

Hole Diameter	(mm)	(m)	Metric Charge (ANFO) (kg)	66
Hole Length	(m)	0	Spacing	(m) 3.3
Stemming Length	(m)	0	Burden	(m) 3
Colon Charge Length	(m)	6.3	Deep Charge	(kg) 9

Şekil 3. Patlatma veri ve sonuçlarını işleyen form

Teorikhacim= delikboyu*deliklerarası* sıralar arası (5)

bağıntısı ile elde edilebilir.

Bir vardiyada delinen toplam delik sayısı kullanıcı tarafından girildiğinde yaklaşık olarak sekiz saatte delinen delik sayısı girilmiş olacaktır. Bu durumda Eşitlik 5 ile bir delikten teorik olarak elde edilecek hacim bilinebileceği için bir vardiyadan elde edilecek hacim de toplam delik sayısı ile çarpılarak hesaplanabilecektir.

Bir hücrenin hacmi ve sekiz saatte kazılan hacim bilindiğine göre bir hücrenin (bir tıklama) kazılması için geçen süre de bu bilgilerden hesaplanabilmektedir.

Bu hesaplama sonucunda kazı için yapılacak her tıklama sonucunda ne kadar zaman” geçtiği önemli bir bilgi olarak ana formda kullanıcıya sunulmaktadır.

Kullanıcı tarafından girilen maliyet (iş makinesi sayısı, yakıt gideri, personel sayısı, vb.) ve satış fiyatı bilgileri de kullanılarak yapılan kazının gelir ve gider grafiği ile gider kalemlerinin dağılım pastası grafiği yazılım ana formunda her tıklamadan sonra yenilenerek gösterilmektedir.

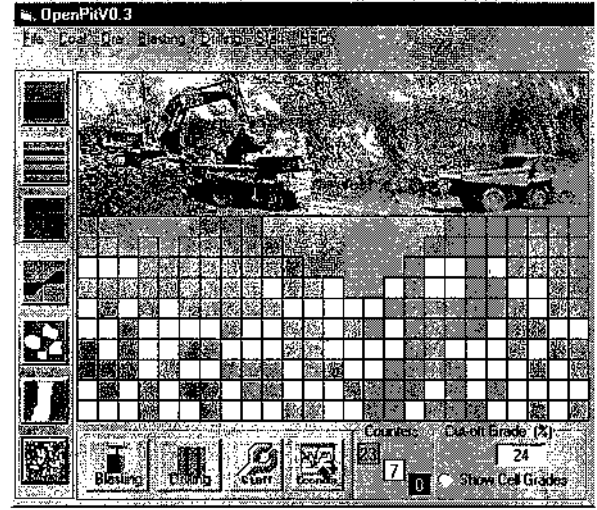
Bu veriler kullanılarak gider ve gelir kalemlerinin işçi başına, patlatma deliği başına, kazılan hücre başına ya da çalışılan gün başına hesaplanması da mümkün olabilmektedir.

Ayrıca açık işletmeler için önemli bir değerlendirme unsuru olan ekonomik örtü kazı oranı değeri de kazılan her hücrenin ardından yeniden hesaplanarak ekrana yansıtılmaktadır.

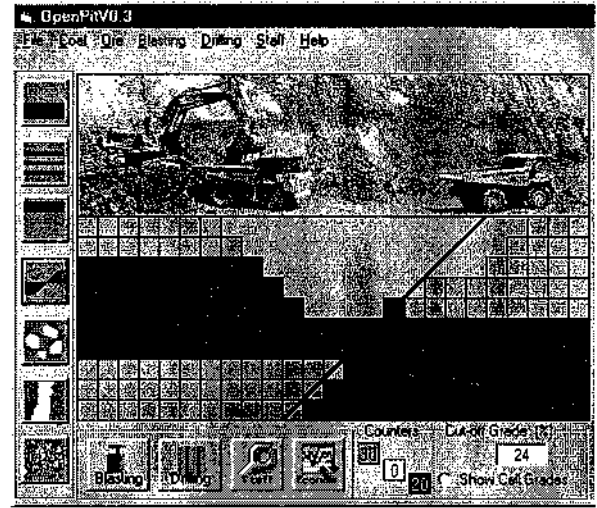
Geliştirilen yazılım ve kullanımı ile ilgili fikir vermesi açısından farklı yatak tipleri ile çalışılırken alınmış ekran görüntüleri Şekil 4 a,b ve c’de verilmiştir

3. SONUÇLAR

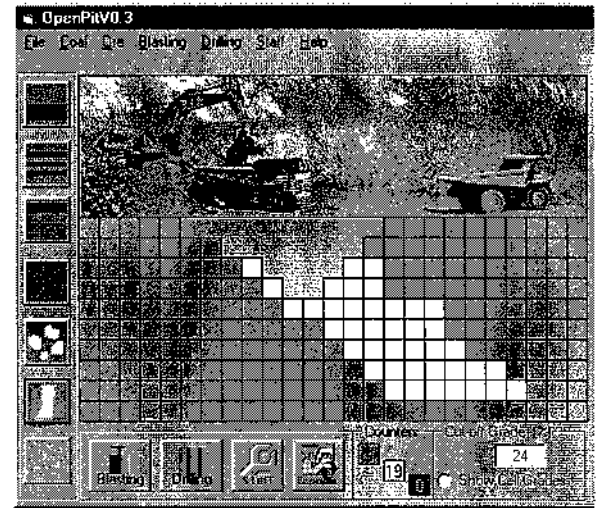
Hızla gelişen teknolojileri ve her geçen gün artan kapasiteleri ile bilgisayarlar, artık eğitimin önemli araçlarından birisi haline gelmişlerdir. Önceleri mevcut kitaplarda var olan yazılı ve görsel bilgilerinin aktarıldıkları birer bilgi deposu olarak kullanılan bilgisayarlar, özellikle görüntü işleme teknikleri ve işlemci hızlarındaki artışa paralel olarak benzetişim ve interaktif ortamların oluşturulmasında kullanılarak eğitimin hizmetinde



a) Plaser cevher yatağı



b) Fay ile atıma uğramış kömür damarı



c) Dik Cevher Damarı

Şekil 4. Yazılımdan farklı ekran görüntüleri

her zamankinden daha fazla kullanılır olmuşlardır.

Maden mühendisliği disiplini içinde açık işletme madenciliği; makine, şev, personel yönetimi, patlatma, kazı mekaniği gibi konuları ile önemli bir yer tutmaktadır.

Açık işletme yönteminin bazı karakteristik özelliklerini içinde barındırarak; kullanıcının vereceği komutlara göre sonuçlar üreten bir yazılım olan OPENPIT V0.3 yazılım ile kolayca değiştirilebilen parametrelerin sonuçlara nasıl yansıtılacağı eş zamanlı olarak görülebilmektedir.

Mümkün olduğunca çok madencilik ve işletmecilik parametre ve özelliği, yazılımın içerisinde uygun şekilde yerleştirilmeye çalışılmıştır.

Bu özelliklerden bazıları aşağıda özetlenerek verilmiştir;

Yerüstü maden işletmeciliğinin temel özelliklerinden olan basamaklar ile kazı; sabit basamak yüksekliğinin korunması ve bu yükseklik korunurken bir birimi kazabilmek için önce üzerindeki birimlerin kazılması gerekliliği yazılım içinde yer almaktadır.

Bir kömür damarının derin olması, sığ olması, ara kesmeli olması gibi işletmecilik açısından önemli özellikler, yazılım içinde yer almaktadır.

Bir maden yatağının faylar tarafından atıma uğratılması ve bunun yatağın işletilmesine getirdiği zorluklar ve ekonomisine etkisi kolayca görülebilmektedir.

Cevher yatağı için masif, plaser ya da dik damar biçimlerine sahip yatakların görüntüsü ve bu biçimlerin açık işletme üretimine etkileri, kolaylık ve zorlukları görülebilmektedir.

Maden yataklarının işletilmesindeki önemli bir değerlendirme parametresi olan ekonomik sınır tenor, yazılıma eklenmiştir. Kullanıcının isteğine bağlı olarak her hücrenin tenor değeri görülebilir, sınır tenor değiştirilebilir, değişen bu değere bağlı olarak maden yatağı yeniden şekillendirilebilir.

Bir başka maden işletme parametresi olan örtü kazı oranı, kömür yatağı kazısı sırasında

her tıklamadan sonra yeniden hesaplanır. Bu sayede örneğin fayların, derin damarın bu parametre üzerindeki etkisi görülebilmektedir.

Kullanıcının seçimine bırakılan delik boyu ve çapının seçilmesinin ardından patlatma ile ilgili hemen tüm parametreler hesaplanır ve eş zamanlı olarak ekrana yansıtılır. Kullanıcı -örneğin çap değişiminin- sonuçlarını hemen görebilmektedir. Kullanıcı bu arayüz sayesinde açık işletmenin önemli unsurlarından olan patlatma parametreleri hakkında bilgi edinebilmektedir.

Ekranda her an görüntülenen zaman sayacı ile yapılan işletme işleminin süresi de görülebilmektedir.

- Yazılım İngilizce olarak hazırlanmıştır. Ancak kullanılan her aracın (tools), açıklama cümlecisi özelliği (tool tip text) Türkçe olarak yazılmıştır. Yazılım üzerinde bir düğme ya da bir başka araç üzerinde bilgisayarın faresi ile birkaç saniye bekleyince sarı bir bant şeklinde Türkçe açıklama çıkmaktadır. Bu özellik sayesinde öğrencilerin madencilik terimlerini İngilizce ve Türkçe olarak öğrenmelerinin kolaylaşacağı umulmaktadır.

Yazılım, birinci yazardan temin edilebilir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, verdikleri destek ve yardımlardan ötürü Yrd.Doç.Dr. Mahmut YAVUZ'a (OGÜ), Yrd.Doç.Dr. Erkan TOPAL'a (DÜ) ve Araş. Gör. Dr.Erhan Çetin'e (DÜ) teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Anon, 2003; "Web 3D Consortium", www.web3d.org.

Börü, M., 1997; "Kim Korkar Bilgisayardan-Visual Basic", Pusula Yayınları, İstanbul.

Erkoç, Ö., Y., 1990; "Kaya Patlatma Tekniği", Çeliker Matbaacılık.

Gore P.J.W., 2000; "Developing and Teaching Online Courses in Geology at the Two-Year Collage Level in Georgia", Computers & Geosciences, 26,(6), 641-646.

Ibbett, R.N., 1999; "Computer Architecture Visualisation Techniques", *Microprocessors and Microsystems*, 23,(5), 291-300.

Marcoulaki, E.C., Batzias, FA, Sidoras, D.K., Roumpos, C.P., 2001; "Mining Engineering Postgraduate Education by Distance Learning Through the Internet", 17th International Mining Congress Of Turkey, 533.

Moore.K., Dykes J., Wood J., 1999; "Using Java to Interact With Geo-referenced VRML Within a Virtual Field Course", *Computers & Geosciences*, 25, (10), 1125-1136.

Nowak G.A. ,1999; "Virtual Courseware for Geoscience Education: Virtual Earthquake and Virtual Dating" .*Computers & Geosciences*, 25, (4), 475-488.

Onur, A. H., 1995; "Açık İşletmelerde Nihai Sınır Tespitinde Yeni Bir Yöntem: Düzeltilmiş Korobov Algoritması", Türkiye 14. Madencilik Kongresi, 269.

Panagiotakopoulou, Chris T., Ioannidis, George S., 2002; "Assessing Children's Understanding Of Basic Time Concepts Through Multimedia Software", *Computers & Education*, 38, (4), 331-349.

Pinto V., Rivero L, Casas A., 2000; "Teaching Oriented Geophysical Software", *Computers & Geosciences*, 26,(7), 809-814.

Sowerbutts, W.T.C., 1999; "The Consortium Approach to Producing Earth Science Courseware", *Computers & Geosciences*, 25, (4), 467-473.