

## BİLGİSAYAR SİMULASYONU İLE MERMER OCAĞI YATIRIM KARARI ANALİZİ

Özgür AKKOYUN\*

Erhan ÇETİN\*

**Özet:** Bu çalışmada bir doğaltaş rezervi için yatırım kararı alınmasına yardımcı olacak bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Öncelikle, doğaltaş yatırım kararı için önemli parametreler sunulmuştur. Ardından, çalışmada kullanılan benzetim (simulasyon) yöntemleri tanıtılmış ve yazılım hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra, geliştirilen yazılım denenmiş ve sonuçları tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mermer, Simülasyon, Yatırım Kararı, Benzetim, Doğaltaş.

### Marble Quarry Investment Decision Analysis by Means of Computer Simulation

**Abstract:** In this work, a software that will help to investment decision of a natural stone deposit is developed. In this paper, firstly, important parameters for investment decision of natural stone deposits are presented. Then, the simulation techniques which are used in this work are introduced and general knowledge about the software are given. Later, the software is tested by means of a case study and the results are discussed.

**Key Words:** Marble, Simulation, Investment Decision, Natural Stone.

## 1. GİRİŞ

Türkiye önemli doğaltaş rezervlerine sahip ülkelerden birisidir. Buna bağlı olarak özellikle son yıllarda mermer üretim ve dış satımında büyük bir artış yaşanmaktadır ve tüm madencilik dışsatımı içindeki payı büyümektedir. Doğaltaş dışsatımının bir bölümü işlenmemiş bloklardan oluşurken gittikçe artan bir bölümü ise levha, strip ve fayans gibi katma değeri yüksek işlenmiş ürünlerden oluşmaktadır.

Doğaltaş ocak işletmeciliği, diğer madencilik türlerine kıyasla daha düşük bütçe ile yatırımın yapılabileceği madencilik en rafine alanlarından birisidir. Yatırım yapılması muhtemel sahada mostralardan alınan numunelerin kesilme-cila alma özellikleri basit birkaç deney ile belirlendikten sonra, taşın renk ve desen açısından piyasaya uygun olup olmadığına karar verilmekte ve olumlu sonuç alındığında, diğer parametreler de değerlendirildikten sonra açılan ilk basamaktan hemen blok üretimine başlanabilmektedir. Bu yüzden, diğer madencilik yatırımlarına kıyasla, seçim doğru yapıldığında yatırımın geri dönme süresi de kısadır. Bu özelliklerinden dolayı her geçen gün daha fazla yatırımcı doğaltaş sektörüne girmek istemektedir.

Bir doğaltaş yatağının ocak olarak işletilmesine karar verebilmek için birçok değişik parametreyi değerlendirmek gerekir. Bunlardan en önemlisi blok vermesi, pazarda değeri olacak renk ve desen albenisine sahip olması ve yatırım yapılabilecek boyutlarda rezerve sahip olmasıdır. Ayrıca renk ve desen özelliğinin rezervin işletilmesi süresince de çok fazla değişmemesi, süreklilik arz etmesi gerekmektedir.

Bu özelliklerin yanı sıra bir takım ekonomik parametreler de yatırım kararı öncesinde değerlendirilmelidir. Bunlardan bir tanesi üretilmesi planlanan ürünün pazardaki satış fiyatıdır. Ayrıca ocak işletme ve blok işleme maliyetleri ve pazarlama maliyetleri gibi ekonomik verilerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunların yanı sıra üretimin yapıldığı yerin bölgesel koşullarının, ülke ekonomik koşullarının ve küresel ekonomik koşullardaki değişimlerin de bu maliyet ve fiyatlar üzerinde bir etkisinin olması kaçınılmazdır. Yatırıma başlanıldığı sırada tespit edilen rezerv miktarı, blok verimi, ürün satış fiyatı, nakliye maliyetleri, işleme maliyetleri, işçilik maliyetleri, vergiler gibi birçok parametre, işletme ömrü sırasında değişebilir. Bu da yatırım öncesi hesaplanan kazançların elde edilememesi gibi sonuçlara neden olabilir.

\* Dicle Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır.

Bu belirsizlikler nedeniyle madencilik yatırımları riskli yatırımlar olarak nitelenmekte ve değerlendirme sonuçları diğer yatırımlardan daha az kesinlik taşımaktadır (Çelebi ve Seyrantepe, 1990).

Bu nedenle yatırım kararı alınırken, sözü edilen parametrelerden, işletme süresince hangilerinin ne oranda değişeceğinin tahmin etmek, yatırımcı açısından çok önemlidir. Ancak bu tahminlerin, mesnetsiz değil, bir takım verilere bağlı değerlendirmeler olması gerekmektedir. Rezerv miktarı ve kalitesi ile ilgili tahminler, numune değerlerine bağlı yapılmaktadır. Oysaki maliyetler ve fiyatlar gibi mali parametreler ile ilgili gelecek tahmini için bu tür veriler söz konusu değildir. Bu durumda, mevcut durum ve yakın geçmişteki verilerden yola çıkarak geleceği tahmin etmek mümkün olmaktadır. Ancak, kısa dönemli tahminlerde isabet oranı yüksek olsa da; herhangi bir gelecek tahmininin güvenilirliği, dönem uzadıkça azalmaktadır (Dysinger, 1997).

Bu tür tahminlerin yapılabilmesi için değişik yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden birisi de benzetim (simülasyon) dir. Benzetim yöntemleri, girdi olarak aldığı verileri farklı yöntemler ile işleyip bir çıktı tahmini yapan matematiksel araçlardır.

Bu çalışmada bu tür matematiksel bir araç geliştirilmiştir. Bir doğaltaş yatırımı için önemli parametreleri girdi olarak aldıktan sonra bu verileri işleyip yatırım sonucunda elde edilecek sonuçları çıktı olarak sunan bir benzetim yazılımı geliştirilmiş ve tanıtılmıştır.

## 2. DOĞALTAŞ YATIRIMLARINDA ÖNEMLİ ÖZELLİKLER

Geliştirilen benzetim yazılımının hesaplamalarına temel teşkil eden ve doğaltaş yatırımları dikkate alındığında yatırım kararı aşamasında değerlendirilmesi gereken önemli parametreler Tablo I'de özetlenmiştir.

**Tablo I.**  
**Doğaltaş Yatırım Kararına Etki Eden Özellikler**

Yatırım Kararına Etki Eden Özellikler		
Maden Yatağı Özellikleri	Madencilik Özellikleri	Ekonomik Özellikler
<ul style="list-style-type: none"><li>Rezerv Miktarı</li><li>Blok Kalite Oranları</li><li>Jeolojik Koşullar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Blok Çıkarma Verimi</li><li>Blok İşleme Verimi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Blok Çıkarma Maliyetleri</li><li>Nakliye Maliyetleri</li><li>Blok İşleme Maliyetleri</li><li>Sabit Maliyetler</li><li>Pazarlama Maliyetleri</li><li>Satış Fiyatları</li><li>İndirgeme Oranı</li></ul>

Bir doğaltaş yatağının işletme ömrünün bir kaç yıldan başlayıp onlarca yıla kadar değişik sürelerde olabileceği dikkate alındığında yatırım kararı verebilmek için yatırımcının, Tablo I'de verilen özelliklerin her birinin işletme süresi içinde nasıl değişim göstereceği hakkında bilgi sahibi olması çok önemlidir. Bu parametrelerin ayrıntıları ve yatırım kararına olan etkileri aşağıdaki bölümlerde tartışılmıştır.

### 2.1. Maden Yatağı Özellikleri

Genelde bir doğaltaş ocağından sürekli olarak aynı özelliklere sahip bloklar elde etmek mümkün değildir. Mermer yataklarının oluşmasında önemli bir jeolojik unsur olan bölgesel başkalaşımdan (metamorfizma) farklı oranlarda etkilenen değişik derinlikteki bloklarda sertlik, kireç içeriği, renk ve fosil içeriği gibi özelliklerde farklılıklar gözlenebilir. Ayrıca yüzeye yakın bloklarda atmosfer koşullarından kaynaklanan bozulmaların neden olduğu fiziksel özellik farklılıklarına rastlanır.

Fay ve diğer süresizlikler, üretilen blokların boyutlarını doğrudan etkilerler. Bunun sonucunda da üretilen bloklar birkaç kalite sınıfına ayrılarak değerlendirilirler. Blok kaliteleri, boyut, renk ve desen içeriği, çatlak, fosil ve diğer bazı özelliklere bağlıdır.

Yatırım öncesinde rezerv ve dağılımı hakkında bilgi alabilmek için sondaj vb. yöntemler ile bilgi toplanmaya çalışılır, ancak bir yataktan üretilecek farklı kalitedeki blokların hangi oranlarda dağılım göstereceğini tam olarak belirlemek çok güçtür. Buna rağmen yapılan sondajlardan elde edilen karot numuneleri ya da açılacak yarmalardan alınacak birkaç blok üzerinde yapılacak çalışmalar, kaliteyi belirleyecek özel-

liklerin yatak içerisinde ne şekilde dağılım gösterdiği hakkında bir fikir verebilir. Bu nedenle yaklaşık bir kalite dağılımını öngörmek mümkün olabilmektedir. Bu bilgiler ışığında farklı kalitedeki blokların hangi derinlikte olduğu bilgisine de ulaşılabilir.

Derinlik doğrudan blok çıkarma maliyetlerini etkilediği için farklı kalitedeki bloklar için bu bilgiler, farklı blok çıkarma maliyetlerini önceden tahmin etmeye yardımcı olacaktır. Böylece eşitlik (1)'de verildiği gibi her bir kalitedeki blok maliyetleri toplanarak toplam blok maliyeti hesaplanabilir.

$$BM = \sum_{k=1}^n R_k \times M_k \quad (1)$$

Burada:

BM :Toplam blok maliyeti (\$)

R :Belirli bir kalitedeki rezerv (m<sup>3</sup>)

M :Belirli bir kalitedeki blok maliyeti (\$/m<sup>3</sup>)

k :Kalite sınıfları

Muhtemel ocak sahasında bulunan fay ve çatlak sistemleri ile diğer süreksizliklerin yatak içindeki konum ve sayıları neredeyse tüm blok özelliklerini doğrudan etkileyeceği için saha jeolojisi hakkında bilgi sahibi olmak yatırım kararı açısından yardımcı olabilmektedir. Burada bir diğer önemli konu da şudur; saha jeolojisi hakkında bilgi sahibi olmak, yatırım yapılacak olan doğaltaşın özellikleri hakkında da bilgi sahibi olmayı sağlayacaktır ki bu da ürünün doğru pazarlanması konusunda da yardımcı olacaktır.

## 2.2. Madencilik Faaliyetleri

Yatırımın değerlendirilmesinde bir diğer husus ise ocak verimidir. Ocak verimi, kabaca, işlenebilir/satılabilir blok hacminin kazısı yapılan toplam hacme oranıdır. Bu ifade formül olarak yazılarak eşitlik (2)'de verilmiştir. İşlenebilir blok üretimi için bir miktar örtü tabakası kazısı yapmak ve ürün olarak değerlendirilemeyecek özelliklere sahip blokları da kesmek kaçınılmaz olmaktadır. Mermer üretiminde büyük blokların aynadan kesilmesinin ardından sayalama (ana bloğun küçük bloklara ayrılması) işlemi gerçekleştirilir. Renk ve desen homojenliği ile süreksizliklerin durumuna göre sayalama sırasında da bir miktar kayıp meydana gelmektedir. Kazı verimi aynı ocaktaki farklı kalitedeki bloklar için de ayrı ayrı hesaplanabilir.

$$OV = 100 \times \left( \frac{STH}{KTH} \right) \quad (2)$$

Burada:

OV :Ocak verimi (%),

STH :Satılabilir/İşlenebilir toplam hacim (m<sup>3</sup>),

KTH :Kazılan toplam hacim (m<sup>3</sup>)

Ocakta üretilen bloklardan ekonomik olanları doğrudan ham blok olarak satılabilirler ya da nakledilerek mermer işleme tesislerine götürülürler. Mermer işleme tesislerinde de yine blokların kendi özellikleri ile kullanılan yöntem, araç gereç ve işgörenden kaynaklanan nedenlerden dolayı kayıplar oluşmaktadır. Bu kayıplar her ürün çeşidi için farklı olabileceği gibi farklı kalitedeki bloklar için de farklılıklar gösterebilir. Kayıplar maliyetlere, maliyetler ise yatırımın geri dönmesine doğrudan etki eder. Bir birim ham bloktan (m<sup>3</sup>) elde edilecek ürün miktarı (m<sup>2</sup>) üretim değerlendirmeleri ve hesaplamalar için çok önemlidir. İşletmelerde bu değer ürün kalınlığına bağlı olarak 30-45 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Bu çalışmada blok ürün oranı olarak ifade edilen bu oran ve işleme tesisi verimi parametreleri için kullanılan ilişkiler eşitlik (3) ve (4)'de verilmiştir.

$$TV = 100 \times \left( \frac{SM}{IM} \right) \quad (3)$$

$$IM = STH \times BK \quad (4)$$

Burada:

TV :İşleme tesisi verimi (%),

SM :Satılabilir toplam ürün miktarı (m<sup>2</sup>),

IM :İşlenen miktar (m<sup>2</sup>)

STH :Satılabilir/İşlenebilir toplam hacim (m<sup>3</sup>),

BK :Blok ürün oranı (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)(1 m<sup>3</sup> bloktan kaç m<sup>2</sup> ürün çıktığını gösterir)

Bu nedenle yatırım kararı verilirken işletilmesi düşünülen ocağın durumu, kullanılacak makina-donanım ve işgören özellikleri göz önüne alınarak bir verim değeri hesaplanmalıdır. Aynı şekilde, blokların işlenmesi süreci için de benzer verim/kayıp oranı değerlendirmesi yapılarak ekonomik hesaplamalar yapılmalıdır.

### 2.3. Ekonomik Özellikler

Bir doğaltaş sahası için yatırım kararı düşünüldüğünde, taş özelliklerinden hemen sonra maliyetler değerlendirilir. Bu maliyetler, blok çıkarma maliyetleridir. Farklı kalitedeki blokların farklı üretim miktarları ile üretilebildiği ocaklarda her bir kalite için farklı blok çıkarma maliyeti hesaplanabilir. Blokların işlem görecekları tesislere nakledilmeleri ayrı bir maliyet unsurudur. Ham blokların işleme maliyetleri yine hedeflenen ürüne göre (ham levha, cila levha, ham strip, cila strip, fayans vb.) farklı üretim maliyetleri yaratmaktadır. Hedeflenen pazarın talepleri doğrultusunda üretilmesi planlanan ürünlerin üretim maliyetleri ve işletme tesisinin koşullarına bağlı olarak sabit maliyetler, yatırım kararı öncesinde değerlendirilmelidir.

Doğaltaş ürünleri, endüstrinin diğer birçok ürününden farklı olarak renk-desen albenisi gibi estetik gerekçelerle satın alındıkları için, pazarda yer bulmaları, tanınmaları için belirli bir süre geçmesi gerekmekte ve bu süre içinde de belirli bir pazarlama maliyetine ihtiyaç duyulmaktadır. Yatırım yapılması düşünülen doğaltaş, pazarda önceden bilinmeyen bir taş ise, bu tanınma zamanı ve pazarlama maliyeti de bir miktar artmaktadır.

Yatırım kararı düşünüldüğünde değerlendirilmesi gereken bir diğer parametre de satış fiyatlarıdır. Ham blok satış fiyatlarından işlenmiş ürünlerinin her bir kalitedeki iç pazardaki ve dış pazardaki satış fiyatları yatırım kararı için önemli bir hesaplama ve karar aracıdır.

Bunların yanı sıra, bir doğaltaş yatağının işletilmesi birkaç yıldan başlayıp, daha uzun süreleri alabilmektedir. Uzun süreli bir yatırımda, fırsat maliyetinden dolayı, paranın gelecekteki değeri bugünkü değerinden farklı olacaktır. Bu nedenle, birkaç yıl sonra kazanılacak paranın günümüzdeki değerini hesaplayarak yatırıma karar vermek gerekmektedir. Bu yüzden, gelecek yıllarda kazanılacak paralar belirli bir indirgeme oranı ile indirgenerek, kazanılacak toplam paranın bugünkü değeri belirlenmek suretiyle karar vericiye yardımcı olunmaktadır.

Maden yatağı ile ilgili ekonomik ve teknik verileri içeren bir kazanç ilişkisi eşitlik (5) de görüldüğü gibi verilebilir:

$$K = (S - P) \times Q_s - (OM \times Q_r) - (NM \times Q_u) - (İM \times Q_p) - f \times T \quad (5)$$

Burada:

K :Kar (\$)

S :Satış fiyatı (\$/m<sup>2</sup>)

P :Pazarlama maliyeti (\$/m<sup>2</sup>)

Q<sub>s</sub> :Satılan ürün miktarı (m<sup>2</sup>)

OM :Ocak maliyeti (\$/m<sup>3</sup>)

Q<sub>r</sub> :Kazılan miktar (m<sup>3</sup>)

NM :Nakliye maliyeti (\$/m<sup>3</sup>)

Q<sub>u</sub> :Nakledilen miktar (m<sup>3</sup>)

İM :İşleme maliyeti (\$/m<sup>2</sup>)

Q<sub>p</sub> :İşlenen miktar (m<sup>2</sup>)

f :Sabit maliyet (\$/yıl)

T :Süre (Yıl)

Burada T=1 ve miktarlar yıllık alındığında, yıllık kar değeri bulunur. Yıllık karların bugünkü değerini, yani indirgenmiş karı belirlemek için ise indirgenmiş kar hesabı yapılmalıdır. İndirgenmiş kar hesabı için kullanılan ilişki aşağıda verildiği gibidir (6);

$$DP = \sum_{n=1}^m \frac{K_n}{(1+d)^n} \quad (6)$$

Burada;

n : Yıl

m : İşletme ömrü (Yıl)

DP : İndirgenmiş kar (\$)

d : İndirgeme oranı (%)

Bu hesaplamalar sonucunda, yatırım yapılması planlanan doğaltaş ocağı işletildiğinde elde edilecek karın bugünkü değer hesaplaması yapılmıştır.

Burada sorun, yatırım kararı için yapılacak hesaplamalar için kullanılan maliyet ve satış fiyatı gibi değerlerin hesaplamaların yapıldığı yıla ait değerler olmasıdır. Büyük rezervli, uzun işletme ömürlü bir ocak için bu değerlerin yıllar içinde değişim göstermesi durumunda sonuçlar öngörülen değerlerden olumlu ya da olumsuz yönde sapar. Bu sorunu aşabilmek için farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımların hemen tamamında yatırım hesaplamalarında kullanılacak verilerin geçmiş birkaç yıldaki değişim eğilimleri incelenerek gelecekteki davranışları tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemlere genel olarak benzetim yöntemleri adı verilir. Bu yöntemler kullanılarak, yatırım riski sayısal değerlere dönüştürülmeye çalışılır.

Bundan amaç, belirsizlikleri sayısal değerlere çevirerek yatırımın taşıdığı riski anlamak ve doğru yatırım kararı verilmesine yardımcı olmaktır (Durmaz, 2003).

Bu çalışmada, yatırım kararı için gerekli olan verilerin gelecekteki değerleri benzetim yöntemi ile tahmin edilerek doğaltaş yatağı için yatırım hesaplaması yapılmıştır. Birçok veri için normal dağılım, rezerv tahmini için basık dağılım yöntemleri uygulanarak yatırım tahmini benzetimi yapan bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım, tahmin ve dağılımlardan kaynaklanacak hatayı en aza indirmek için benzetimi birden fazla kez tekrarlayarak (seçime bağlı olarak 100-1000 arasında) tümünün sonuçlarını grafik olarak ve önemli değerlerin ortalamalarını sonuç olarak kullanıcıya vermektedir.

### 3. BENZETİM YÖNTEMİ

#### 3.1. Benzetim

Benzetim, bir sistemi değişik yöntemler ile taklit ederek o sistemin gelecekte ne tür sonuçlar üreteceğini tahmin etmeye çalışmaktır. İşleyişleri ve hangi girdiler ile ne tür sonuçlar üretecekleri matematiksel formüller ile tamamen ortaya konulan basit sistemlerin aksine benzetim, karmaşık sistemleri taklit etmeye çalışır.

Sistemin karmaşıklığı, girdi sayısının fazlalığından kaynaklanacağı gibi, az girdi sayısına rağmen sonuçlara etkilerinin matematiksel olarak net bir şekilde ifade edilememiş olmasından da kaynaklanabilir. Belirli bir yükseklikten yere düşen bir cismin yere düşme süresi büyük bir kesinlikle hesaplanabilir. Bu nedenle sonuçların tahmin edilmesi açısından basit bir sistemdir. Oysa genel seçimlerden bir gün sonra borsanın hangi puanla kapanacağını tahmin etmek için birçok parametreye ihtiyaç vardır, üstelik bu parametrelerin ne oranda sonuca etki edeceği de belirsizdir. Bu nedenle tahmin açısından karmaşık bir sistemdir. Benzetim yöntemleri bu türden karmaşık sistemleri taklit etmeye çalışırlar.

Benzetim yöntemlerinden büyük bir bölümü, sonuçlarını tahmin etmeye çalıştıkları sistemi taklit edebilmek için o sistemin daha önce ürettiği sonuçlara ihtiyaç duyarlar. Bu sonuçları alarak bir takım istatistik hesaplamalar yaparak yeni sonuçları üretmeye çalışırlar. Bazı tahminler için, sistemin daha önce ürettiği sonuçların normal dağılıma uygun olduğu varsayımından yola çıkılır ve aynı normal dağılıma ait olan yeni değerler üretilerek gelecekteki değerler tahmin edilmeye çalışılır. Bir maden ocağı ile ilgili olarak maliyet değerleri, ya da bir iş makinasının çalışma-duraklama zamanı gibi sonuçlar bu türden verilerdir.

Normal dağılıma uygun olmayan bazı sistemler için ise basık dağılım (skewed distribution) ilişkilerinden yararlanılarak tahminler yapılır. Maden yatakları için rezerv-tenör ilişkilerinin tahmin edilmesi bu türden sistemlere örnektir.

Sistemin geçmişte ürettiği sonuçların frekans dağılımlarını esas alarak rasgele sayıları üretip bu frekanslara uygun sonuçlar elde etmeye çalışan Monte Carlo benzetim yöntemi gibi başka yöntemleri kullanan benzetim yöntemleri de bulunmaktadır (Aziz ve diğ., 1977; Bilodeau ve Park, 1988). Ancak yatırım kararı analizi için yeteri kadar esnek olmadığı düşünüldüğünden dolayı, Monte Carlo benzetim yöntemi bu çalışmada kullanılmamıştır. Bu çalışmada kullanılan yöntemde rezerv-tenör dağılımları için basık dağılım, diğer parametreler için normal dağılım benzetimi uygulanmıştır.

### 3.2. Algoritma ve Hesaplamalar

Bir doğaltaş yatağına yatırım yaparken yapılması gereken hesaplama, en basit hali ile “kar mı zarar mı?” hesaplamasıdır. Kar, gelir gider arasındaki fark olduğuna göre her ikisinin de hesaplanması gerekir. Gelir-gider hesaplamasında Lane (1964)’in genel kazanç eşitliği olarak bilinen yaklaşım doğaltaş ocağı yatırıma uyarlanarak eşitlik (5)’de verilmiştir.

Bu eşitlikten de takip edilebileceği gibi hesaplamalarda, ocak maliyetleri, nakliye maliyetleri, işleme maliyetleri, pazarlama maliyetleri, sabit maliyetler, satış fiyatları, rezerv miktarları, rezerv kalite oranları, işletme ömrü ve indirgeme oranı verileri ve bu verilerin değişimleri kullanılmıştır. Benzetim yönteminde bu girdilerin geçmiş yıllardaki değerleri normal dağılım olarak değerlendirilirken, doğaltaş yatağının miktarı ve kalite dağılımlı ile ilgili değerler için basık dağılım değerlendirmesi yapılmıştır.

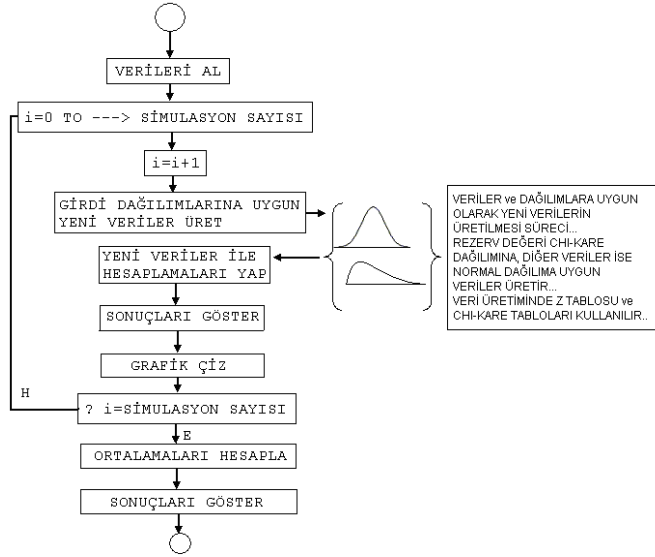
Geliştirilen yazılımın genel akım şeması Şekil 1’de verilmiştir. Akım şemasından da anlaşılacağı gibi yazılım, önce gelir-gider ve indirgenmiş kar hesaplamaları için gerekli olan verileri alır. Ardından, maliyetler ve satış fiyatları gibi verilerin geçmiş yıllardaki değerleri ile işlemler yaparak normal dağılıma uygun tahmini veriler üretir.

Bunu yapabilmek için yazılım, bir alt modülünde çalışan normal dağılıma uygun rasgele sayı üreticiden yararlanır. Bu program modülü, normal dağılıma uygun veri kümesinin ortalama ve standart sapmasını hesapladıktan sonra z tablosundan yararlanarak veri grubunun ortalama ve standart sapmasını bozmadan yeni verileri rasgele üretmekte; rezerv ve rezervin kalite dağılımı gibi normal dağılıma uymayan veriler için basık dağılım hesaplamaları yaparak tahminde bulunmaktadır.

Veriler üretildikten sonra hesaplamalar yapılarak sonuçlar çıktı olarak sunulur. Bu işlemler, kullanıcının belirlediği benzetim sayısı kadar tekrar edilerek doğaltaş yatırımı ile ilgili olabilecek hemen tüm olasılıkların ortaya konulması sağlanır. Benzetim sayısı kadar sonuç grafik olarak ekrana yansıtılırken, sonuçların ortalamaları da ayrıca hesaplanarak çıktı olarak verilir. Kullanıcı isterse toplam rezerv, toplam ürün, toplam kar, toplam indirgenmiş kar ve ömür gibi sonuçları grafik olarak görebilir. Windows uyumlu yazılımların tümünde olduğu gibi, geliştirilen yazılım pencereler şeklinde çalışmaktadır. Yazılımın gerekli işlemleri yapabilmesi için eşitlik (5)’de verilen ilişkide gerekli olan verilerin de yazılıma yüklenmesi gerekmektedir. Bu bilgilerin girilebilmesi için gerekli pencere Şekil 2’de verilmiştir. Bu verilerin büyük bir bölümü sabit verilerdir. Aynı pencere kullanılarak yazılımın varsayılan ad olarak atadığı ürün isimleri değiştirilebilir. Kullanıcı bu pencereyi kullanarak benzetim sayısını değiştirebilir. Benzetim sayısı 1-1000 arasında değiştirilmeye izin verecek şekilde ayarlanmıştır. Benzetim sayısı açılışta varsayılan olarak 100 olarak belirlenmiştir. Sayı 1000 seçildiğinde işlem süresi bir miktar uzamaktadır.

Bu pencereden ayarlanabilen bir başka değişken ise rezerv-kalite dağılımı değerlerinin basık dağılıma (chi-kare dağılımı) uygun benzetim yapılırken kullanılan basıklık derecesi değeridir. Varsayılan olarak 5 seçilen basıklık derecesi 30 olduğunda normal dağılıma yakın değerler ortaya çıkarken, basıklık derecesi 2 seçildiğinde basıklık en yüksektir ve birbirine daha yakın değerler ortaya çıkmaktadır.

Benzetim için gerekli olan geçmiş yıllara ait verilerin girildiği yazılım penceresi Şekil 3’de verilmiştir. Bu pencerede yatırım yapılacak olan doğaltaş yatağının rezerv bilgileri girilmektedir. Rezerv bilgisi üç ayrı kalite değerinde girilebilmektedir. Yazılım girilen değerlerin yüzdelerini kendisi hesaplamaktadır. Yeni yatırım yapılacak bir yatak için yeterince sondaj yapılamadığı için blok kalitelerinin dağılımı bilgisine ulaşılamamış olabilir. Ya da yatak için gerçekte tek bir kalite değerinden bahsediliyor olabilir. Bu durumda, tek bir rezerv değeri girilmesi de mümkündür. Bu durumda kullanıcı sadece bir kalite değerini seçili hale getirerek tek bir değer üzerinden hesaplama yapabilir.



Şekil 1:  
Yazılım Genel Akım Şeması ve Çalışma Biçiminin Açıklanması

Şekil 2:  
Verilerin Girildiği Yazılım Penceresi

Şekil 3’de verilen yazılım penceresi kullanılarak yatırım yapılacak doğaltaş sahası şartlarına sahip ocaklar için o bölgedeki ortalama blok çıkarma maliyetlerinin son üç yıldaki değerleri girilmektedir. Rezerv penceresinden tek kalite seçildiğinde bu penceredeki değerler de tek kalite değeri üzerinden hesaplanacaktır. Aynı yazılım penceresi kullanılarak yatırım yapılacak doğaltaş ve bölge şartlarına uygun olarak işleme maliyetleri ve üretilecek taşın piyasa fiyatının son üç yıldaki yaklaşık değerleri girilebilir. İşleme maliyetleri ve firelerin farklı olabileceğinden hareketle, her bir kalite değerindeki blok için üretilebilecek beş farklı ürün (ham levha, cila levha, ham strip, cila strip ve fayans) için işleme maliyetleri girilebilir. Verilere ayrıntılı olarak ulaşılamadığı durumlarda her ürün için aynı verinin girilmesi yeterli olacaktır.

Yazılımın ana penceresi, aynı zamanda sonuçların da gösterildiği açılış penceresidir (Şekil 4). Bu pencerede kullanıcının önceden girdiği ve hesaplamalarda kullanılan değerler, seçilen benzetim sayısı ile hesaplamalar ve benzetim sonucunda elde edilen sonuçlar birlikte verilmektedir. Kullanıcı benzetimlerin sonucunu toplam rezerv, toplam ürün, toplam kâr, indirgenmiş kâr, indirgenmiş birim kâr ve işletme ömrü

değeri cinsinden grafik olarak görebilmektedir. Ayrıca bu değerlerin her birinin ortalaması da ekranda verilmektedir. Kazanç elde edilen yatırımlarda pozitif tarafa geçen grafik, zarar ile sonuçlanan yatırımları negatif tarafta gösterdiği için, örneğin yüz yatırımdan kaçında zarar edilebileceğini grafik olarak gösterebilmektedir. Ana penceredeki komutlar kullanılarak yazılıma varsayılan veriler yüklenebilir, diğer pencerelere geçiş yapılabilir ve dil değişikliği yapılarak yazılım İngilizce kullanıma uygun hale getirilebilir.

...REZERV ve GEÇMİŞ YIL BİLGİLERİ...

**OCAK BLOK REZERV DAĞILIMI**

	Oranı (%)	REZERV (m3)
<input checked="" type="checkbox"/> A KALITE	20.83	50000
<input checked="" type="checkbox"/> B KALITE	33.33	80000
<input checked="" type="checkbox"/> C KALITE	45.83	110000
<b>TOPLAM (m3)</b>		<b>240 000</b>

**BLOK-OCAK MALİYETLERİ (\$/m3)**

	KALİTE-A	KALİTE-B	KALİTE-C
	5	2	2
	3	3	2
	4	4	4
	4.0	3.0	2.67
	0.82	0.82	0.94

**SATIŞ FİYATI (\$/m2)**

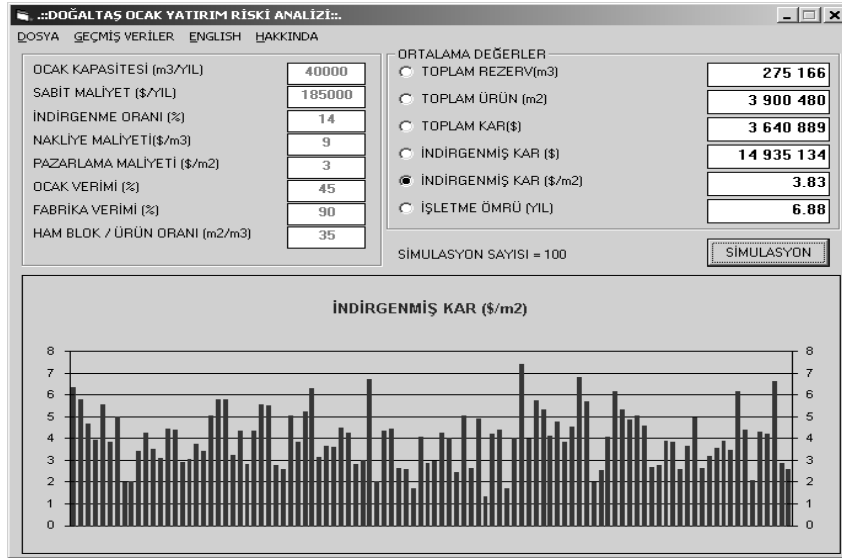
	P1	P2	P3	P4	P5
	24	24	22	31	41
	26	28	24	34	44
	31	32	34	35	49
	27.0	28.0	26.67	33.33	44.67
	2.94	3.27	5.25	1.7	3.3

**MERMER İŞLEME MALİYETLERİ (\$/m2)**

İŞLEME MALİYETİ-KALİTE-A(\$/m2)					İŞLEME MALİYETİ-KALİTE-B(\$/m2)					İŞLEME MALİYETİ-KALİTE-C(\$/m2)				
P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
7	8	8	8	8	7	8	9	8	8	6	6	8	9	9
7	9	9	9	9	7	9	10	9	9	7	8	9	9	10
9	10	11	12	11	8	9	10	9	10	8	9	10	11	13
7.67	9.0	9.33	9.67	9.33	7.33	8.67	9.67	8.67	9.0	7.0	7.67	9.0	9.67	10.67
0.94	0.82	1.25	1.7	1.25	0.47	0.47	0.47	0.47	0.82	0.82	1.25	0.82	0.94	1.7

KAPAT

Şekil 3:  
Geçmiş Yıllara Ait Verilerin Girildiği Yazılım Penceresi



Şekil 4:  
Yazılımın Sonuçların Verildiği Ana Penceresi

### 3.3. Uygulama

Çalışmanın bu bölümünde bir doğaltaş sahası ile ilgili veriler yazılıma yüklenerek sonuçlar üretmesi sağlanmış ve bu sonuçlar tartışılmıştır. Tablo II'de doğaltaş yatağı ve madencilik ile ilgili bilgiler, Tablo III'te ise maliyet ve fiyat bilgilerinin son üç yıldaki değişimi ile ilgili bilgiler verilmiştir.



**Tablo II.**  
**Doğaltaş yatırımı için hesaplama girdileri**

Doğaltaş yatağı ve ilgili girdiler	
Rezerv (m <sup>3</sup> )	240 000
Ocak kapasitesi (m <sup>3</sup> /yıl)	40 000
Nakliye maliyeti (\$/m <sup>3</sup> )	9
Pazarlama maliyeti (\$/m <sup>2</sup> )	3
Sabit maliyet (\$/yıl)	1 850 000
Blok çıkarma verimi (%)	45
Blok işleme verimi (%)	90
İndirgeme oranı (%)	14

Yazılım çalıştırıldıktan sonra, yukarıdaki Tablolarda verilen şartlara sahip bir doğaltaş yatağı için yatırım yapıldığında, yüz kez tekrarlanan benzetim sonuçlarının ortalamaları Tablo IV’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre yatırımdan zarar edilmeyeceği, ortalama birim karın yaklaşık 4\$ dolayında olacağı, işletme ömrünün 7 yıl dolayında olacağı sonuçlarına ulaşılmıştır.

**Tablo III.**  
**Yazılım için önemli bilgilerin yıllar içindeki değişimi**

Ortalama blok çıkarma maliyetleri (\$/ton)	Ortalama blok işleme maliyetleri (\$/m <sup>2</sup> )	Ortalama satış fiyatları (\$/m <sup>2</sup> )
1.Yıl 3	1.Yıl 7,8	1.Yıl 28,4
2.Yıl 2,67	2.Yıl 8,60	2.Yıl 31,2
3.Yıl 4	3.Yıl 10,0	3.Yıl 36,2
Ortalama 3,22	Ortalama 8,82	Ortalama 31,93
S. sapma 0,57	S. sapma 0,90	S. sapma 3,95

**Tablo IV.**  
**Yazılımın ürettiği sonuçlar**

Parametre	Sonuçların Ortalaması
Rezerv (m <sup>3</sup> )	275 166
Toplam Ürün (m <sup>2</sup> )	3 900 480
Ortalama Kar (\$/yıl)	3 640 889
İndirgenmiş Kar (\$)	14 935 134
Birim İndirgenmiş Kar (\$/m <sup>2</sup> )	3,83
İşletme Ömrü (yıl)	6,88
(Benzetim sayısı=100, basıklık derecesi=5 olarak alınarak uygulanmıştır)	

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada, bir doğaltaş yatağı için yatırım kararına yardımcı olacak bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım, veriler girilerek denenmiş ve sonuçlar üretilmiştir. Yazılım kullanılarak girdilerde değişiklik yapıp sonuçlar izlendiğinde, yatırım kararı için hangi parametrenin daha etkili olduğu tespit edilebilmektedir. Ayrıca, maden yatağı rezervi, fiyat ve maliyetlerdeki değişim tahminlerinin sonuçlarda ne derece dalgalanmaya sebep oldukları görülebilmektedir. Rezerv miktarındaki belirsizlikler ve fiyat ve maliyetlerdeki dalgalanmalar, işletme sonunda elde edilecek kar miktarında dalgalanma eğilimini artırdığı için, yatırımın riskini artıracak ve yatırım kararını olumsuz etkileyebilecektir. Ekonomik şartların belirli bir duraylılıkta olması ve beklenmeyen iniş çıkışların yaşanmaması durumunda, yatırım kararı almak çok daha kolay olacaktır. Ayrıca maden yatağının rezerv ve sınırları ile rezervin dağılımı hakkında ne kadar fazla bilgi sahibi olunursa o oranda sağlıklı hesaplamalar ve kararlar alınacağı gözlenmiştir.

Yazılımın kullanılması ile gözlemlenen bir başka konu ise madencilik faaliyetlerinin kalitesinin önemidir. Yatırımın geri dönmesi ve kar elde edilmesinde blok çıkarma ve işleme verimlerinin de öneminin büyük olduğu gözlenmiştir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Aziz, A., Janakiraman, C., Werner, A. B. T. (1977) A Computer Simulation Model for the Assessment of Mineral Resources, *14<sup>th</sup> APCOM*, R.V. Ramani ed., AIME, NY, 1182-1196.
2. Bilodeau, M. L., Park, Y. H. (1988) Computer Aided Mine Investment Analysis, *Computer Applications in the Mineral Industry*, Collins and Singhal, ed., Balkema, Rotterdam.
3. Çelebi, N., Seyrantepe, T. (1990) Türkiye Kömür Madenciliği Yatırımları için Bir Risk Analiz Modeli, *Türkiye 7. Kömür Kongresi*, Zonguldak.
4. Durmaz, D. (2003) *Yatırım Projelerinin Planlanmasında Risk Analizi, Yönetimi ve Bir Uygulama*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (Yayınlanmamış), İstanbul.
5. Dysinger, K. D. (1997) Capital budgeting: Forecasting the future, *Mining Engineering*, 35-38.
6. Lane, K. F. (1964) Choosing the Optimum Cut-off Grade, *Quarterly of the Colorado School of Mines*, 59(4), 811-829.

Makale 05.06.2007 tarihinde alınmış, 12.09.2007 tarihinde düzeltilmiş, 05.10.2007 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: Ö. Akkoyun (oakkoyun@dicle.edu.tr).