

## MADENCİLİKTE BİLGİSAYARA DAYALI YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ UYGULAMALARI

### APPLICATIONS OF COMPUTER-BASED ARTIFICIAL INTELLIGENT TECHNIQUES IN MINING

T. CEBESÖY

Etibank Proje ve Tesis Dairesi Bşk., ANKARA

**ÖZET:** Büyük risk ve büyük yatırım ihtiyaçları madencilik endüstrisinde görülen en tipik özelliklerindedir. Hemen hemen her yatırımda olduğu gibi, madencilikte de genel amaç maliyeti minimum ederek maksimum getiriyi elde etmektir. Özellikle, son zamanlarda gerek yeraltı ve gerekse açık işletmelerin tam mekanize üretim teknikleri ve otomasyon sistemleriyle donatılması, üretim miktarını dikkate değer bir şekilde arttırmış ve maksimum gelir elde edilmiştir. Ancak, yüksek tenörlü maden yataklarının gitgide azalması, üretim derinliğinin ve operasyon maliyetlerinin gittikçe artması, çevre korumacılarının baskılan ve acımasızca devam eden rekabet ortamı bu endüstrinin son zamanlarda karşı karşıya kaldığı en büyük problemleridir. Dolayısıyla, kısa ve uzun vadeli madencilik projeleri planlanırken, ilgili maden mühendisleri veya karar vericiler söz konusu problemleri tek tek kritik ederek işletmeye gelecekte maksimum kan sağlayacak yeni kararlar vermek zorundadırlar. İşte, bu gibi durumlarda, insana özgü mekanizmalara sahip olan bilgisayar destekli Yapay Zeka(YP) teknikleri öncelikli kararların alınmasında karar vericiler için yeni bir boyut getirdi. Sonuç olarak, bu yazıda madencilikteki uygulamaların henüz çok yeni olmasına rağmen, en sık kullanılan YP teknikleri anlatılmış olup ve pratik uygulamaları gösterilmiştir.

**ABSTRACT:** High risk and large capital expenditures are typical characteristics of the mining industry. As with any business endeavour, the general objective of the mining industry is to maximise the net return by minimising the cost. Especially, by fully mechanisation and automation of both surface and underground mining operations, the amount of production has incredibly increased and as a result, maximum returns have been obtained. However, the gradual depletion of high quality material; geological and geotechnical complexities appearing with the ore deposit mined deepening; high operation costs, tough competitive environment and environmental pressures are the main problems seen\* In this industry in recent years. Therefore, while involving in the short and long term mine planning projects, mining engineers or decision makers must make a number of new decisions by individually criticising all these problems mentioned to get the maximum revenue out of a given mining operation In such cases, computer-based Artificial Intelligent (AI) techniques which adopt the human mechanism system, have introduced a new dimension for decision maker in making good decisions. Hence, in this paper, various AI techniques are identified and their potential applications in mining are presented.

#### 1. GİRİŞ

Madenlerin planlanmasında, üretimin mekanizasyonunda ve otomasyonunda, ürünün pazarlanmasında ve daha birçok önemli kararlar verilmesinde, gerekli bilginin sağlanması ve bunun transferi büyük bir önem arz eder. Zaten 21 yüzyıla girilirken atılımcı ve modern

madencilik analizi daha kompleks enformasyonlara ve değerlendirilmelerine gereksinim duyacağı şüphesizdir. Diğer yandan, gelecek yüzyıl sahip olacağı ileri teknolojiye dayalı bir toplum düzeninin doğmasına neden olacaktır (Gözen, 1994). Dolayısıyla bilgilerin transferinde, değerlendirilmesinde ve arşivlenmesinde, gerek

kişisel bilgisayarların ve gerek büyük boy bilgisayarların kullanılması artık zaruri olacaktır. Her ne kadar bilgisayara teknolojisi madencilik sektörüne gecikmiş olarak girse kullanım oranı günden güne artmaktadır. Özellikle son 10 yıldan bu yana birçok ticari madencilik programları (Surpac, Datamine, Lynx, gibi) geliştirilmiştir. Diğer yandan, 1950 yılından günümüze kadar devamlı olarak yapılan yoğun araştırmalar neticesinde bilgisayarlarda algoritmik yapıda programların yanı sıra mantıksal yani insana özgü mekanizmalara sahip olan programlarında geliştirilebileceği sonucu ortaya çıkmıştır. Neticede, çeşitli Yapay Zeka (YZ) Programları ve Teknikleri geliştirilerek ileri teknolojiye büyük bir atılım başlatılmıştır. Bu yazıda da, Yapay Zeka teknolojisinin madencilik endüstrisindeki mevcut uygulamalarından bahsedilmiştir.

## 2. YAPAY ZEKANIN TARİFİ VE GEÇMİŞİ

Yapay zeka icatından bu yana sürekli bir şekilde gelişmektedir. Zeka kavramının kendisinin karmaşık ve göreceli olması nedeniyle bilimsel açılarından YZ'nin kesin bir tanımının yapılmasının imkanı olmamakla birlikte global olarak şöyle bir tanım yapılabilir,

*"Hız problemi veya hız modeli çözmek için bilgisayarı insan zekasına özgü (görme, duyma, yorumlama gibi) mekanizmalarla donatmak üzere sarfedilen çabalarla geliştirilen teknikler grubudur".*

YZ, A B D'nin Dartmouth şehrinde düzenlenen ve bir grup yüksek düzeyli bilim adamlarının bir araya geldiği 1956 yılında yapılan bir konferansta ortaya ortaya çıkmıştır. Ancak gerçek anlamda bilimsel alanda araştırılması 1960 yıllarının hemen başlarında, endüstriyel uygulamasında 1979 yılının sonlarından itibaren başlar.

## 3. YAPAY ZEKA PROGRAMLAMA DİLLERİ VE TEKNİKLERİ

Günümüzde kullanılmakta olan birçok YZ tekniği çeşitli mantıksal programlama dilleriyle geliştirilmektedir. Bu diller geleneksel programlama dillerinden oldukça farklıdır. Mantıksal programlama dilleri sezgisel (heuristic) bir yapı arz ederler. Bunun anlamı, bu dillerle

geliştirilen programlar öğrenme, yorumlama ve görme gibi sadece insan zekasına mahsus unsurları ihtiva ederler. Kullanıcıya daha esnek kullanma imkanı verir.

Başlıca mantıksal programlama dilleri Tablo 1.'de görülmektedir.

**Tablo 1. Yapay zeka programlama dilleri**

Ticari İsimleri	
Lisp Prolog Ada	Forth Small Talk/V Modula-2

Bu diller arasında en fazla kullanılanlar, LISP ve PROLOG'dur. LISP 1958 yılında John McCarthy tarafından tasarlanmış olup bilinen en eski programlama dildir. LISP alfabetik sistemdeki sembolik ifadelerin yanı sıra nümerik ifadeleri de anlama özelliğine sahiptir. Örneğin veriler sembolik şekilde (makina, örtü-kazı, üretim, gibi) direk olarak programa girilebildiği gibi bunlar belirli nümerik kodlar altında, (1,2,14,16) şeklinde de girilebilir. LISP'te veri ve bilgi tabanı oluşturmak çok kolay olup karmaşık matematik formüller kolay şekilde çözülür ve zengin programlama donanımlarına sahiptir. Örneğin karşılıklı etkileşim, tam sayfa printer, otomatik teorem kanıtlanmasına ve bilgi tabanından istenen bilgileri çıkarmak gibi özelliklere sahiptir. Bir LISP programı aşağıdaki şekilde geliştirilir:

(İlk eleman (Kalan eleman), veya

(Function ilk durum (Function kalan durum)

Çeşitli firmaların kişisel bilgisayarlar için geliştirilmiş olduğu başlıca temel LISP programları şunlardır: TransLISP Plus, UOLISP, RLISP, WALTZ LISP, MacLISP, FRANZ LISP ve ZETALISP.

PROLOG 1972 yılında Alain Colmerauer tarafından bulunmuş bir mantıksal dildir. Bugün piyasadaki mevcut tüm uzman sistemler, analiz işleme ve mantıksal problem çözücü gibi tüm YZ teknikleri, PROLOG dili ile yazılmıştır. PROLOG LISP'den daha üstün bir dildir, öyleki kullanıcının söylediği komutları yargılama özelliğine sahiptir. PROLOG'da çözülmek istenen bir problem

kullanıcı tarafından tüm detayları birlikte programa yazılır Bu detay bilgilerle PROLOG yapılmak istenen stratejiyi belliler Ayıca, bu dil ile veri tabanı hazırlamak da oldukça kolay ve hızlıdır Bir PROLOG programı aşağıdaki şekilde geliştirilir.

\* Program 26 \*

```

U'u dlt atı s
um
(laust s
lln -
maki Mimlim 11 20 ' "Ekipman Seçim; 2 i 10 50J
Hühf Ekipman isimleri Mavi \azlı t
unikeu milim (1 IX4 " "Ekskavator Sc < uni "14 12 10 40)wrı
iı t ( nmluk ılı tımı cırınız \ t }
vulu ( ' hımlık \atılıva sa\ isını guuuz)
11 alıulf)
u un\ı Mimlim

```

Değişik brandlar altında çeşitli firmalar tarafından geliştirilmiş ticari Prolog programlar Prolog-86, Micro-Prolog, Prolog-2 Anty Piolog ve Turbo Prolog

Mantıksal dillen kullanılmak bir çok YZ teknikleri geliştirilmiştir Madencilikte en fazla kullanılan YZ teknikleri Tablo 2 'de görülmektedir

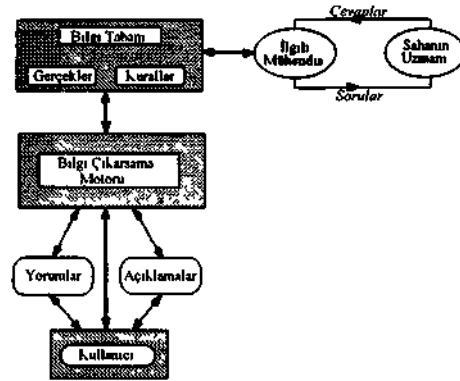
Tablo 2 Madencilikte kullanılan belli başlı yapay zeka teknikleri

Yapay Zeka Teknikleri	
Uzman sistemler Norol networklar	Genetik algoritmalar Duruma dayalı sebeb teknikleri

#### •? I Uzman Sistemler

Yapay zeka teknikleri arasında gerek madencilikte ve gerekse diğeri tüm endüstri dallarında en fazla kullanılanı şüphesiz uzman sistemlerdir Şimdiye kadar imıan sistemlerin değişik araştırmacılar tarafından bıııt lerine yakın hu çok tanımlamaları yapılmıştı Kısaca uzman sistemler " İuseinhu tarajından özümü zoi çıkın pı uhlemlerin çözümünde kendisine ait hu bilgi tabanı ve hu hı/gı tabanından geiekli bilgilen t, iken on hu c, ikcü sama mekanizması (Infeience Mechanism) ile istenen sonuca ukısmenı sag/cn an bu YZ lekuğıdu "

Bir uzman sistem genellikle Şekil-1'de görülen kısımlardan meydana gelir



Şekil 1 Uzman sistemlerin bileşenleri

Şekilden de anlaşıldığı gibi güçlü bir uzman sistem genellikle içerdiği bilgi dağarcığı ile ölçülür Bilgi dağarcığı ilgili mühendisin ya konun uzmanı ile yapmış olduğu mülakatlardan veya kendi araştırmalarından elde ettiği güvenilir bilgilerden oluşturulur Elde edilen bu bilgiler uzman sistemin bilgi tabanına (Knowledge Base) işlenir Bilgiler IF-THEN veya WHEN-THEN komutları ile kurallar şeklinde bilgi tabanına işlenir Örneğin bir bilgi tabanındaki bilgi kuralları aşağıdaki şekildedir

#### Kural - 1

```

If Kazılan Malzeme iv Ç akıl Taşı
and { akıl Taşı is Kılçık
then Malzeme Bavulu iv Ç »A ince

```

#### Kın al-2

```

If Kazılan Malzeme iv Bakır
ar if Kazılan Malzeme is İlment
or if Kazılan Malzeme is Dinin
or if kazılan \ lalzı ine iv lakontı
or if Ka-ııau Malzımı is Mantımız
then Juluk is Hu Mı talık Mailin )nlai

```

Bilgi çıkıısama mekanizmasında bilgi tabanı gibi uzman sistemlerin en önemli kısımlarından bindir Bu mekanizma ile işlenmiş bilgilerin içinden sorular çıkartılıp kullanıcıya sorular ve kullanıcı tarafından verilen cevaplara bağlı olarak yorumlar ve açıklamalar yapılır

**Tablo 4 Madencilikte uzman sistem uygulamaları**

Sistem Adı	Tarih	Sistemin Dizayncıları	Sistemin Kullanılma Amacı
PROSPECTOR	1983	Weis ve Kulikowski	Maden yatağı arama işlemlerinde
ESDS	1987	Brown ve Singh	Kaya şev stabilitesi analizinde
UFEL	1988	Bodkin	Ocaktan metan gazı oranını tavininde
SHEARER	1988	Bodkin	Kesici-yükleyici makinelerdeki hasar teshitinde
HEATING	1988	Bodkin	Kömürün kendiliğinden yanma tahmininde
PRONAL	1989	Graham ve Denby	Yeraltı üretim metotlarının seçiminde
UP	1989	Chippa ve Sengupta	Uranyumun arama ve değerlendirmesinde
ASTRUBLABOR	1989	Cortina	Yeraltı üretim metodu seçiminde
BLAST DESIGN	1990	Donald	Açık işletmede PM delik dizaynında
ESDS	1991	Kızıl ve Denby	Kaya şev stabilite analizinde
MINDER	1991	Schofield ve Denby	Maden planlama ve ekipman seçiminde
ESSH	1992	Denby ve Ren	Kömürün kendiliğinden yanma tahmininde
ROCK MECHANICS	1994	Antweiler, Gutmann, Mannes ve Graten	Kaya mekaniğine bağlı maden planlamasında
HFDS	1994	Wei, Denby ve Schofield	Hidrolik sistemli ünitelerde hasar tahmininde
ZJES	1994	Hangshan, Jiangguo, Yuanwei ve Huiming	Hidrolik tahkimatların seçiminde
ŞEVDUR	1994	Özgençoğlu ve Öcal	Kaya şev stabilite analizinde
METHOD SELECTION	1994	Erdem, Çelebi ve Pasamehmetoğlu	Draglayn ve örtü-kazı metod seçiminde
SELEX	1994	Nasuf ve Yancı	Açık işletmede PM delikleri dizaynında

Bilgi çıkarsama mekanizması ile yapılan yorumların ve açıklamaların doğruluğu bilgi tabanına girilmiş olan bilgilere bağlıdır. Uzman sistemler problemleri sezgisel yöntemlerle çözerler ve bu çözüme nasıl ulaştığını adım adım açıklarlar. Ayrıca bu sistemler, problemi ister doğru ister yanlış çözsün mutlaka bir sonuç üretirler. İlaveten, uzman sistemlerde problemler

sembolik ifadelerle tanımlı ve kompleks matematik işlemleri gerektiren problemler için uygun değildir.

Uzman sistemler direk olarak bahsedilen mantıksal programları dillerini kullanarak geliştirilir. Ancak günümüzde daha kolay ve hızlı bir şekilde geliştirilebilmesi için çeşitli firma

isimleri altında çok sayıda Uzman Shell sistemler mevcuttur. Gerçekte bu Shell sistemler mantıksal programlar dillerinin birisini kullanarak geliştirilmektedir. Bütün Uzman Shell sistemler bilgilerin işlendiği bir bilgi tabanına ve bilgi çıkarsama mekanizmasına sahiptirler. Belli başlı bazı Uzman Shell sistemler Tablo 3. 'de görülmektedir.

Tablo 3. Uzman shell sistemler

Ticari isimleri	
Xi-Plus,	ES/P
KAPPA-PC,	Mİ
VP-Expert,	Sİ
Insight	TIMM-PC
Kes	Rule-Master
Expert-Edge	ACQUAINT
Art	OPS5 ve OPS5e
Duck	TOPSI
Kee	OPS3
Expert Ease	Timm

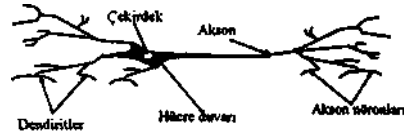
### 3.1.1 Uzman Sistemlerin Madencilikteki Uygulamaları

Son zamanlarda uzman sistemler madencilik endüstrisinde oldukça fazla kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulamalardan belli başlı olanlarını kısaca Tablo 4.'de görülmektedir.

### 3.2. Nörol Networklar

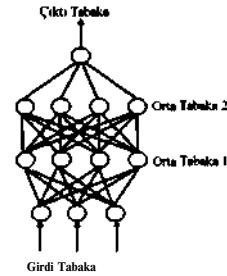
Nörol networkların kullanımları son zamanlarda mühendislik uygulamalarında oldukça fazla artmıştır. Ancak diğer YZ teknikleri gibi nörol networklarında madencilikteki kullanımları henüz şu bir kaç yıl içerisinde gelişmiştir. Nörol networkların yapısı ve çalışma şekilleri biyoloji bilimindeki nöronlar sistemine yani insan beynindeki sinir hücrelerine dayanır. Bilindiği gibi insan beynindeki bu nöronlar bilgi transferlerini ve çeşitli işlemleri yerine getirirler ve devamlı olarak diğer nöronlarla iletişim halindedirler. Beyindeki bu fonksiyonlar "Dendirit" ve "Akson" olarak bilinen nöronlar tarafından yürütülür (bkz Şekil - 2)(Millar ve Hudson, 1994) Dendiritler bilgilerin girildiği kısım (input) Akson'larda bu bilgilen ileten ve taşıyan kısımdır (output). Aynı şekilde nörol

networklarda da iki önemli kısım vardır. Bunların birincisi işlem yapan nöronlar olup diğeri bu işlemler arasında bağlantıyı sağlayan nöronlardır.



Şekil 2. Beyin hücresindeki nöronlar

Nörol networklar kıyaslama yoluyla problemleri çözerler ve herhangi bir problemin çözümünde önceden mutlaka eğitilmeli ve öğretilmelidirler. Eğitilmiş bir nörol network problemi çözerken probleme ait tüm verileri alır ve daha önce bu tip problemlere karşı eğitilmiş olduğundan problemi rahat bir şekilde çözerler.

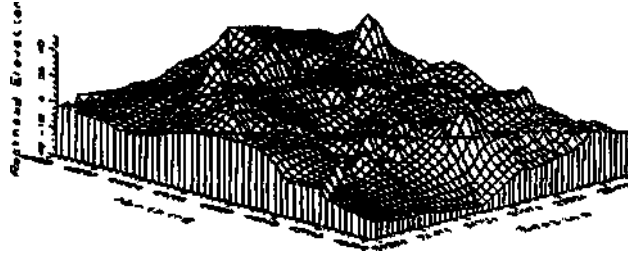


Şekil 3. Bir nörol networkun yapısı

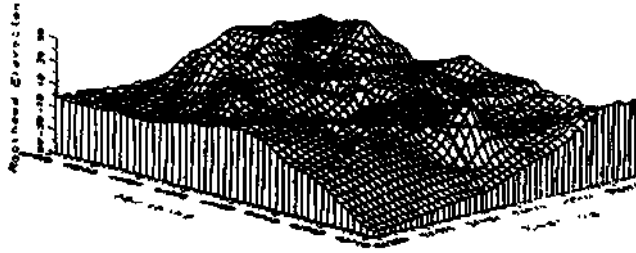
Nörol networklardaki nöronlar tabaklar (layers) şeklindedir. Çpğu nörol networklar girdi tabakası, orta veya gizli tabaka ve çıktı tabakası olmak üzere minimum 3 adet tabakadan meydana gelir (bkz Şekil-3). Veriler yani probleme ait doneler girdi tabakasından alınır, tabakalar arası bağlantı ve işlemlerin yürütüldüğü tabaka orta olup sonuçların elde edildiği tabaka çıktı tabakasıdır.

#### 3.2.1. Nörol Networkların Madencilikte Kullanımları

Nörol networklar genellikle uygulama alanı genişleyen bir YZ tekniğidir. En fazla sistem modellemeye, finansal optimizasyonlarda ve istatistiksel değerlendirmelerde kullanılmaktadır.



Şekil 4 Kriging ile granit sahasının 3 boyutlu topografik haritası



Şekil 5 Norol netwoik ile granit sahasının 3 boyutlu topografik haritası

Madencilikte kullanımları henüz 2-3 yıl içerisinde olmuş olup bazıları şunlardı

Millar ve Hudson (1994), yeraltı kaya kütlelerinin sınıflandırmasını bir nörol network sistemi ile yapmışlardır. Jeomekanik ve geometrik karakteristiklen bilinen kaya kütleleri bu sistemi ile 5 ayrı sınıfta gruplandırılmışlardır.

Zhou ve Wu (1994), Singapur'da Bukit Timah granit sahasında bir jeofizik uygulama olan sismik dalga yöntemi ile buldukları sonuçları bir nörol networkla sistemle değerlendirerek sahanın topografik haritasını çıkarmışlardır. İncelemeye alınan saha alanı 2 x 1 km- olup, her 5 ve 10metre aralıklarla yerleştirilmiş olan jeofonlarla, 25 ve 50m aralıklarla şok dalgaları oluşturularak, (x,y) koordinatları bilinen ölçüm noktalarının kotları ölçülmüştü. Sismik dalga ile ölçülen tüm değerleri önce bir leostatistik yöntem olan Kuging metodu ile Şekil 4'de görülen 3 boyutlu topografik haritası çıkartılmış, daha sonra aynı değerleri daha önceden eğitilmiş ve itiyatv çalışma özelliğine sahip olan çok tabakalı ilen

**beslemeli bir nörol networkla Şekil 5. 'de görülen 3 boyutlu topografik harita elde edilmiştir. Her iki metottan da elde edilen haritalarda da görüldüğü gibi nörol networkdan alınan sonuç kriging metodundan alınan sonuca oldukça benzerdir**

E Clarici, S Durucan ve D Ower (1994), ilen beslemeli 3 tabakalı bir nörol network sistemle çevre kirlenmesi tahminini yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar, bilinen klasik yöntemle yapılan sonuçlarla aşağı yukarı aynı olduğu gözlenmiştir.

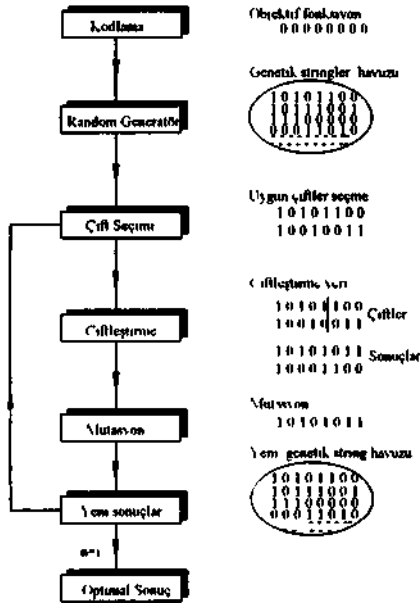
Nörol networklar madencilik endüstrisinde gün ve gün uygulama alanı bulmakta, özellikle son zamanlarda cevher hazırlama tesisi kontrolü ve optimizasyonunda nörol network uygulamaları yoğun bir şekilde yürütülmektedir.

### 3.3 Genetik Algoritmalar (GA)

Genetik Algoritmalar 1975 yılında Amerikalı araştırmacı Holland ve arkadaşları tarafından yapılan araştırmalar sonucu ilk defa Michigan Üniversitesinde ortaya çıktı. Bu algoritmalar

Biyoloji bilimindeki doğal evrim ve doğal üreme teorisinin bilgisayarda modellenmesine dayanır. Sürekli bir seçme ve araştırma ilkesi bu algoritmalarda esas olup stokastik kurallarla çözümlenir. Özellikle mühendislikte optimizasyon problemlerinin çözümü için oldukça uygun metottür. GA'da bir optimizasyon probleminin çözüm aşamaları Şekil 6'da görülmektedir (İsmail ve Hon, 1992).

İlk aşamada objektif fonksiyonun değerini belirleyen parametrelerin binan yapıda kodlanması yapılır.



Şekil 6 Genetik algoritmalarla çözüm aşamaları

Bu kodlama genellikle 0 ve 1 tam sayılarından meydana gelen genetik string şeklindedir. Bu kodlar yani 0 ve 1 rakamları "gen" olarak adlandırılmaktadır (Goldberg, 1987). İkinci aşamada bu genetik string rastgele jeneratöre sokularak bir stringler popülasyonu oluşturulur. Üçüncü aşamada popülasyon havuzundan rastgele genetik stringler seçimi (selection) ile ilgilidir. Bu seçim şekli aynı zamanda bir Rus Ruleti'nde benzetilebilir. Seçimde objektif fonksiyonun değerini maksimum yapan ve olasılığı en yüksek olan stringler seçilir. Dördüncü aşamada, seçilen

bu stringler ikili çiftler şeklinde olasılık değerlerine göre çiftleştirilir (crossover). Bu çiftleştirmede bazı yeni sonuçlar (offspring) bulunur. Beşinci aşamada, bir mutasyon (mutation) işleminden ibarettir. Bu aşamada çiftleştirmeden elde edilen bazı sonuçların genlerini üzerinden mutasyon işlemi yapılır. Ancak her sonuç mutasyona tabi olmaz. Genelde olasılığı en düşük olan sonuçlar üzerinden mutasyon yapılır. Bu işlemden sonra ilk genetik iterasyon tamamlanır, ancak arzu edilen sonuca ilk iterasyonda ulaşmak çoğu zaman mümkün değildir. Dolayısıyla buradan elde edilen tüm sonuçlar ayrı bir havuzda toplanır. Altıncı aşamada, (i) kadar genetik iterasyon yapmak için, bu yeni genetik string havuzu üçüncü aşamaya gen beslenir ve iterasyon işlemlerine devam edilir. Optimum sonuç (n=1) olduğunda ortaya çıkar.

Bu açıklamalardan da anlaşıldığı gibi, bir genetik algoritma esas olarak üç ana kısımdan meydana gelir. Bunlar,

- O Seçim (selection)
- O Çiftleşme (Cross-Over)
- O Mutasyon (Mutation)

GA'da optimum sonucu ulaşıldığında, başlangıçta oluşturulacak string havuzundan stringler seçimi çok önemlidir. Çünkü bu havuzdan alınacak stringler arasında yapılacak olan çiftleştirmeden ve mutasyondan ortaya çıkacak sonuçlar istenilen optimum sonuç olmalıdır. Çiftleşme ile mutasyon gerçekte birbirleriyle oldukça benzer olup aralarındaki tek fark ise, çiftleştirmede mutlaka iki genetik stringe ihtiyaç duyulurken mutasyon sadece bir genetik stringe ihtiyaç duyulur. Örnek olarak Şekil 5'den izlenen iki genetik stringi ele alalım,

```
10101100
10001011
```

Bu iki string arasında uygun bir çiftleşme yerinden, bir çiftleşme yapılacak olursa şu sonuçlar ortaya çıkar,

```
10101011
10101100
```

Bu sonuçlardan birinci stringin olasılığının düşük olduğunu kabul ederek bunun 2'inci ve 5'inci genleri üzerinde bir mutasyona işlemi yapılırsa aşağıdaki sonuçlar elde edilir,

11001011  
11000010  
10011010  
10110001

Mutasyondan sonra **elde edilen sonuçlar yeni bir havuzda toplanır ve otomatik olarak objektif fonksiyon ile optimize edilirler** Eğer istenen sonuç bulunamazsa iterasyon işlemine devam edilir.

### 3.3.1. Genetik Algoritmaların Madencilikte Kullanımları

GA'nın madencilik endüstrisindeki uygulamaları henüz çok yeni olduğundan fazla uygulanmış örneklerine rastlanamamıştır Ancak kompleks ve matematik ağırlıklı optimizasyon problemlerinin çözümüne oldukça elverişli olup, örneğin havalandırma problemlerinin çözümünde, finansman projelerinin değerlendirilmesinde, tahkimat tasarımında vb., gibi madencilik problemleri için uygun bir metodudur. Denby ve Schofield (1994), optimum açık işletme dizaynında, nihai işletme sınırının belirlenmesi için 20 defa genetik seçme, çiftleştirme ve mutasyon işlemi yaparak optimum sınır bulmuşlardır. Bu çalışmada dikkate edilecek noktalardan biri, genetik stringlerdeki gen değerleri 0 veya 1 şeklinde olmayıp, maden yatağının blok modelindeki küçük küpçüklerin ekonomik değerleri alınmıştır ve bir genetik string 5 küçük bloktan oluşmaktadır

Serge ve Nick (1994), GENENGINE isimli genetik algoritma programlarıyla bir demir yatağındaki tenor değerlerini optimize ederek sınır (Cut-Off) tenörü hesaplamaya çalışmışlardır. GENENGINE ile yapılan bu optimizasyonda **genetik stringler 9 gen'den oluşmakta**, bunlardan oluşturulan genetik havuzda da 32 genetik string bulunmaktadır ve takriben 400 iterasyon (3700 mutasyon, **3840** çiftleştirme) yapılmıştır.

### 3.4. Duruma Dayalı Sebeb Tekniği

**Duruma dayalı sebeb tekniği (Case based reasoning technique), çözülecek olan problemle alakalı çok sayıda geçmiş örnekleri inceleyerek ve organize ederek, verilecek olan kararlara destek olan bir yapay zeka tekniğidir, özellikle problem çok karmaşık ve fazla sayıda belirsizlik durumları ihtiva ediyorsa, bu teknik son derece yararlıdır. Gerçekte, insanlarda bir problemi çözerken geçmişteki örnekleri referans alarak bir sonuca ulaşmaya amaçlarlar.**

Duruma dayalı sebeb tekniğinin problemlerin çözümünde kullanılmasında, öncelikle geçmişteki tüm örneklerin bilgisayara yüklenmesi gerekir. Dolayısıyla sistem fazla sayıda çevre birimleriyle iletişim halinde olmak zorundadır. Bu tekniğin kullanılmasıyla sürekli olarak ilgili sistemin performansı kontrollü olarak artırılır. Girilen bilgiler devamlı olarak güncelleştirilip Duruma dayalı sebeb tekniğinin madencilik endüstrisindeki kullanımı peyder pey artmaktadır.

#### 3.4.1. Madencilikte Duruma Dayalı Sebeb Tekniğinin Kullanımı

Bu tekniğin madencilikte kullanımı henüz yaygın değildir. Pauley (1994), Anglesey Aluminium Metal Ltd. (AAM) şirketinin iş organizasyonu bir düzene sokmak ve üretim verimini yükseltmek amacıyla, pilot çapta duruma dayalı sebeb tekniği modeli geliştirmiştir. Bu pilot çalışmada çalışma esnasında üretimi sekteye uğratan sebeblen hızlı bir şekilde bulunarak büyük bir zaman ve maliyet tasarrufu elde edilmiştir.

Streeter (1992), yapmış olduğu çalışmada da bu tekniğin maden yataklarının aranması işleminde kullanılması halinde oldukça faydalı olacağını göstermiştir.

## 4. SONUÇLAR

21 yüzyıla girilirken bilginin temin edilmesine, işlenmesine, transferine, sınıflandırılmasına ve değerlendirilmesine yönelik olarak yapılan çalışmalarda bilgisayar teknolojisinin sunduğu avantaj tartışılmayacak kadar büyüktür. Keza



dünyadaki küreselleşmeyle birlikte madencilik endüstrisi doğacak olan rekabate karşı dayanabilmesi ancak kazanılmış olan bilgilerin suratl bir şekilde bilgisayar yardımıyla değerlendirmesine bağlıdır. Yakın zamana kadar madencilikteki mevcut problemlerin çözümünde ticari olarak geliştirilmiş ve çoğu algoritmik yapıda olan programlar kullanımı oldukça popüler gözükürken, 1980 yıllarından itibaren yavaş yavaş madencilik endüstrisine misafir olan Yapay Zeka programları ve teknikleri bu endüstrinin problemlerinin çözümüne hiç şüphesiz yeni ve güçlü bir boyut kazandırmış ve gittikçe artan bir ilgiye manız kalmışlardır. Burada anlatılan, uzman sistemler, nörol networklar, genetik algoritmalar ve duruma daylı sebep tekniği madencilikte son 5-6 yılda en fazla kullanılan YZ tekniklerinin sadece birkaçıdır. Sonuç olarak, YZ programları ve teknikleri insana özgü birtakım mekanizmalara sahip olduklarından madencilikte gelecekte daha fazla kullanılacağı şüphesizdir.

## 5 KAYNAKLAR

- Antweiler, R., Gutmann, M., Marines, P.N., ve Groten, A., 1994. *An Expert System to Diagnose a Layout Plan on Coal Mines under Consideration of Rock Mechanics*. Proceeding of The Third International Symposium On Mine Planning and Equipment Selection, İstanbul/Turkey, 18-20 Ekim.
- Bodkin, K.E., 1988. *Expert System for Colliery Problems*. Colliery Guardian, Vol 236, No.7.
- Brown, D J ve Singh, R N., 1987. *An Expert System for Slope Stability Assessment*. International Journal of Surface Mining , Vol 1, No.2.
- rinppa, V.K ve Sengupta, S, 1989. *An Expert System for Uranium Exploration*. 21st Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry, Sf: 132-140, 27 Şubat-2 Mart
- Clarcı, E , Durucan, S., ve Owen, D , 1994. *Modelling Environmental Impact Using Neural Networks Techniques*. Proceeding of The Third International Symposium On Mine Planning and Equipment Selection İstanbul/Turkey, 18-20 Ekim
- Cortina, M., 1989. *Asturlabor-hu/la; A Spanish Mining Expert System for the coal Industry*, 21st Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry, Sf:911-915, 27 Şubat-2 Mart.
- Denby, B ve Schofield., D., 1994. *Open-pit Design and Scheduling by Use of Genetic Algorithms*. *Transactions of The Institution of Mining and Metallurgy, Section A*, Vol.103 Sf A21-26, Ocak-Nisan.
- Denby, B. ve Ren, T.X., 1992. *Integrated Computer - Based Approach to Assessment of Sealed-Off Underground Mine Fires*. Transactions of The Institution of Mining and Metallurgy, Section A, Vol.101, Sf. A135, Eylül- Aralık.
- Donald, E.S., 1990. *Expanded Expert System for Blast Design*. International Journal of Surface Mining and Reclamation, Vol.4, Sf.7-9.
- Erdem, B., Çelebi, N., ve Paşamehmetoğlu, A.G., 199-1. *Development of an Expert System for Dragline and Stripping Method selection*. Proceeding of The Third International Symposium On Mine Planning and Equipment Selection, İstanbul/Turkey, 18-20 Ekim.
- Goldberg, D.E., 1987. *Genetic Algorithms in Pipeline Optimization*. Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 1, No.2, Nisan.
- Gözen, M., 1994. *Bilgi Toplumu ve Alüminyum*. 1. Alüminyum Sempozyumu, Etibank Alüminyum İşletmesi Müessesesi Türkiye Alüminyum Sanayiciler Derneği ve TMMOB Metalürji Mühendisleri Odası, Seydişehir, 25-26 Kasım. \*'
- Graham, P.E ve Denby, B., 1989. *Project Analysis using expert systems*. Mining Science and Technology, Vol.9k sf. 309-316.
- Hangshan, Z., Jiangguo, Y., Yuanwei, S., ve Huiming, C., 1994. *Expert System for Rational type, structure and working Resistance Selection of Hydraulic Powered Support*. Proceeding of The Third International Symposium On Mine Planning and Equipment Selection, İstanbul/Turkey, 18-20 Ekim.
- Holland, J.H., 1975. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, Ann Arbor.

- Ismail, H S ,ve Hon, K K B , 1992  
*New Approaches for the Nesting of Two-Dimensional Shapes for Press Tool Design* International Journal of Production Research, Vol 30, No 4, Sf 825-837
- Kızıl, M S ve Denby, B , 1990 *Geotechnical Risk Assessment Using Expert Systems for Surface Coal Mine Design*, Proceedings of the Second International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Canada, 7-9 Kasım
- Millar, D L ve Hudson, J A, 1994  
*Performance Monitoring of Rock Engineering Systems Using Neural Networks* Transactions of The Institution of Mining and Metallurgy, Section A, Vol 103, SfA3-7, Ocak-Nisan
- Nasuf, E , ve Yazıcı, S , 1994 *A Prototype Expert System for Blasting Design* Proceeding of The Third International Symposium On Mine Planning and Equipment Selection, Istanbul/Turkey, 18-20 Ekim
- Ozgenoğlu, A , ve Öcal, A , 1994 *Şİ-VDUR An Expert System for Slope Stability Analysis* Proceeding of The Third International Symposium On Mine Planning and Equipment Selection, Istanbul/Turkey, 18-20 Ekim
- Pauley, G S , 1994 *Case-Based Reasoning - a Catalyst for improvement* Transactions of The Institution of Mining and Metallurgy, Section A, Vol 103, Sf A17-20, Ocak-Nisan, 1994
- Schofield, D ,ve Denby, B , 1990 *Surface Mining System Design Using Intelligent Computer Techniques* Proceedings of the Second International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Canada, 7-9 Kasım
- Serge, C , ve Nick, V , 1994 *Use of Genetic Algorithms in a Mining Problem* International Journal of Surface Mining and Reclamation, Vol 8, Sf 131-136
- Streeter, A , 1992 *Cognitive Systems helps develop intelligent case-based reasoning applications* MacWeek, Vol 6, No 17, Nisan
- Wei, X , Denby, B , ve Schofield, D , 1994 *An Expert System for Haulage Diagnose of the Hydraulic Systems of Underground Vehicles* Proceeding of The Third International Symposium On Mine Planning and Equipment Selection, Istanbul/Turkey, 18-20 Ekim
- Weiss, A , and Kulikowski, C A , 1983 *A Practical Guide to Designing Expert Systems* Chapman and Hall, London
- Zhou, Y and Wu, X , 1994 *Use of Neural Networks in the Analysis and Interpretation of Site Investigation Data* Computers and Geotechnics, Vol 16, Sf 105-122