

# *Madencilik Endüstrisinde Bilgisayar uygulamalarının Evrimi ve Geleceği*

The Evolution and The Future of Computer Applications  
in The Mining Industry

Erkin NASÜF(\*)  
Ertuğrul TOPÜZ(\*\*)

## ÖZET

Bu yazıda 1960, 1970 ve 1980'li dönemlerde madencilik endüstrisindeki bilgisayar uygulamalarının evrimi anlatılmıştır. Bu uygulamaların geleceği, geçmiş ve şimdiki çalışmalar ile bunların geleceği dönük eğilimlerine bakarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Sonuçta gelecekteki uygulamalar ile ilgili birkaç öneri sunulmuştur.

## ABSTRACT

In this paper the evolution of computer applications in the mining industry through the time periods of 1960's, 1970's and 1980's has been described. The future of these applications has been tried to be predicted by looking at the past and the present work and extrapolating their trends. As a result, new suggestions has been made concerning the future applications.

(\*) Doc.Dr.JTÜ Maden Fakültesi,Maden Mühendisliği Bölümü

(\*\*)As Dc.Prof.Dept.of Mining and Minerals Engineering Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg,VIRGINIA.

## 1. GİRİŞ

'Sayısal bilgisayarlar, madencilik endüstrisinde 1950'nin ikinci yarısından beri kullanılmaktadır. İlk yıllarda yapılan uygulamalar genellikle karmaşık olmayan değişik madencilik işlerinin modellenmesi ve optimizasyonunu içermekte olup, bu yıllarda madencilikte bilgisayar uygulamalarındaki gelişmelerin hızı nispeten yavaş olmuştur. Bunun nedeni kısmen o yıllarda bilgisayar fiyatlarının pahalı oluşu ve program yazmadaki güçlük kısmen de bu tip bilgisayarları kullanabilecek ve madencilik teknolojisini anlayabilen yeterli seviyede tecrübeli madencilik personelinin azlığı olmuştur. Modelleme çalışmalarının temelini oluşturan güvenilir bir veri bankasının olmayışı da gelişmeyi önleyici diğer önemli bir faktördür.

O zamandan beri, madencilik endüstrisi oldukça önemli sayılan bir değişikliğe uğramıştır. Cevher tenörleri düşmüş, madencilik şartları zorlaşmış ve yeni madencilik atılımları için gerekli ilk yatırım maliyetleri daha da artmıştır. Bütün bunlara ek olarak, sağlık, emniyet ve çevre ile ilgili yeni kurallar madencilik maliyetlerini arttırmış ve satış fiyatları genel maliyetlerin altına düşmüştür. Sonuç olarak, azalan kar marjları maden şirketlerini, kendi madencilik işletmelerini daha verimli hale getirebilmek için yeni yollar aramaya itmiştir.

Bunun sonucu olarak, bir madenin tasarlanması, makine-donanım seçimi, yapılacak işlerin planlanması, değişik seçeneklerin karşılaştırılması, ölçmeler ve tesislerdeki işlemlerin kontrolü ile ilgili problemlerin çözülmesi ve analiz edilmesinde bilgisayarlardan yararlanmaya ve gelişmiş bilgi bankaları oluşturmaya gerek duyulmuştur. Böylece, bilgisayarlar, aramadan son ürünün satılmasına kadar, madencilik hemen her aşamasında kullanılmaya başlanmışlardır (Weiss, 1979). Gerçekte bilgisayarların çeşitli madencilik işlemlerinde kullanılması, 1950'de mekanizasyonun tüm sektörlerde yaptığı gibi, madencilikte daha yüksek üretim ve karlılık elde edilmesini sağlamıştır. Bu yazıda, bilgisayarların madencilik endüstrisinde kullanılmasının özet bir tarihçesi, bugünkü durumun değerlendirilmesi ve yakın gelecekte olabilecek gelişmeler hakkında bazı düşünceler sunulmaktadır.

## 2. MADENCİLİKTE BİLGİSAYAR UYGULAMALARININ EVRİMİ

Geçen 25 yıl boyunca madencilik şirketleri birçok bilgisayar uygulamaları geliştirmişlerdir. Kul-

lanılan donanım ve yazılımlar gözönünde tutulduğunda, bilgisayar uygulamalarının evrimi 1960, 1970 ve 1980'li yıllar olmak üzere 3 zaman döneminde incelenebilir.

### 2.1. 1960'lı Yıllar Dönemi

1960'lar büyük bilgisayar donanım sistemleri ile karakterize edilirler. Bu dönemde FORTRAN programlama dili çok kullanılan bir programlama dilidir. Bilgisayar kullanımı büyük madencilik şirketleri ve maden mühendisleri arasında yaygınlaşmıştır. Bu dönemde başarılı ilk uygulamalar; havalandırma şebekeleri analizi, üretim planlanması, kazı ve taşıma sistemleri benzetişimleri, cevher rezerv analizi, kontur çizdirme, açık işletme optimizasyonu, jeolojik veri yükleme ve değerlendirme, olmuştur.

Bu dönemde hemen hemen tüm maden mühendisliği okulları, birkaç büyük madencilik şirketi ve kömür kuruluşları madencilik uygulamaları için bilgisayar programları geliştirmeye çalışmıştır. Maden Mühendisliği okulları, mezun olacak öğrencilerin bilgisayar programlama bilgisine sahip olmaları şartını aramaya başlamış ve sonuçta madencilik ile uğraşanların birçoğu bilgisayara aşina olmuştur. Büyük madencilik şirketleri genel merkezlerine bir bilgisayar merkezi kurup buraya yetmişmiş maden personeli ve bilgisayar uzmanları almaya başlamışlardır.

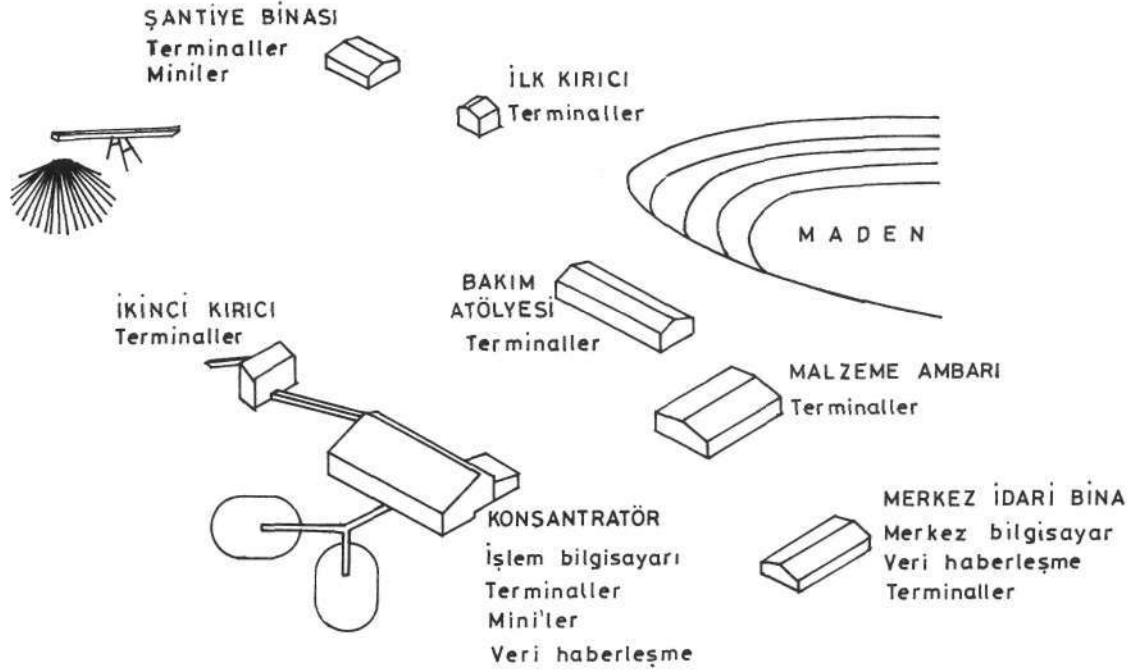
Diğer taraftan küçük şirketler bu tip merkezleri kurmak ve bakımını sağlamak için gerekli masrafları karşılayamamış ve sonuçta onlar da üniversite ve danışman firmalardaki olanaklardan yararlanmışlardır.

Mineral Endüstrisinde Yöneylem Araştırması ve Bilgisayar Uygulamaları (APCOM) konulu özel bir sempozyum, iki senede bir yapılmaya başlamıştır. Mineral Endüstrisinde bilgisayar uygulamaları ile ilgili makaleler meslek ile ilgili toplantılarda sunulmaya ve dergilerde yayınlanmaya başlamış ve birkaç üniversite ve danışman firma, madencilik personelinin eğitilmesi ve kendi yazılımlarının tanıtılması amacıyla kurslar düzenlemiştir.

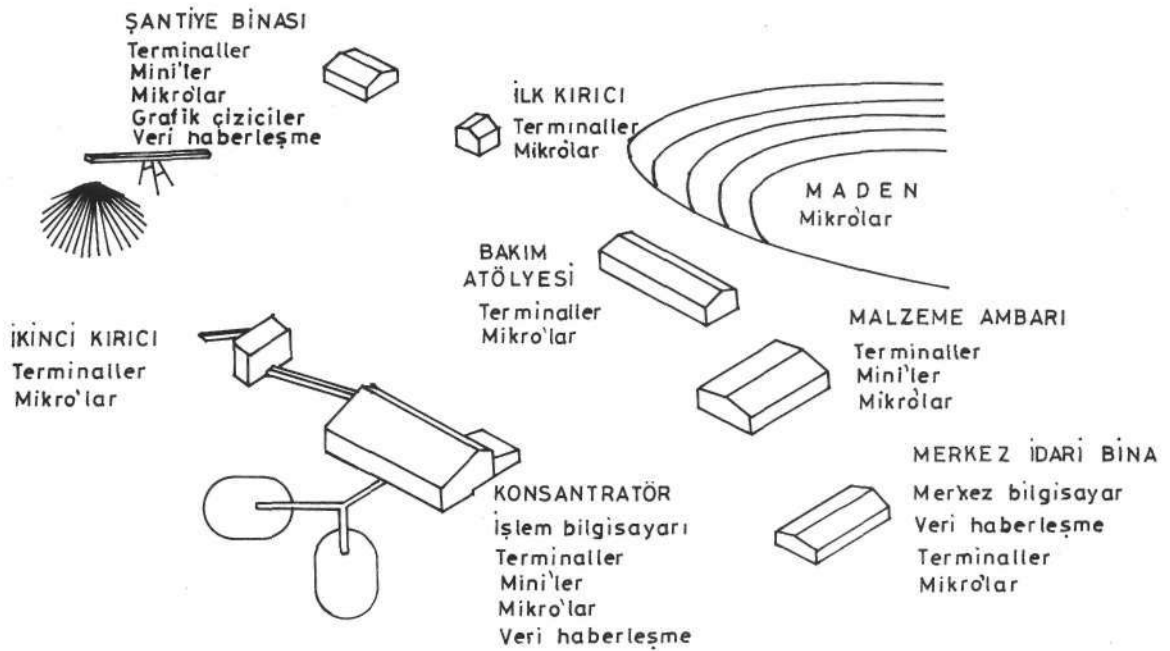
Bu arada rezerv hesaplamaları için çeşitli jeolojik ve jeofizik verilerin incelenip maden yataklarının değerlendirilmesi konusunda da bilgisayarlar yararlanılmıştır. Ayrıca, yeni gelişmelerin jeostatistiksel rezerv hesaplama yöntemlerindeki işlem çokluğu da bilgisayarları vazgeçilmez bir donanım haline sokmuştur.

1960'lı yılların sonlarına doğru bilgisayarlar artık tüm madencilik işlerine uygulanmaktaydı. Bu uygulamalarda; benzetişim teknikleri en yaygın bir yöntem olarak, ayak üretimini oluşturan faaliyetlerin, bantlı konveyörler ve demiryolu nakliyatı, havalandırma, elektrik ve basınçlı hava şebekeleri ve hazırlık çalışmaları vb. gibi sistemlerin modellenmesinde ve analizinde kullanılmıştır (Buck-

len ve arkadaşları 1969). Açık işletmelerde ise ekskavatör/kamyon ve draglayn/kamyon operasyonları için benzetişim modelleri geliştirilmiştir. Diğer uygulama alanları ise yönetim planlama ve kontrol konularında yardımcı olmak amacıyla; kritik yol yöntemi ile proje izleme, stok kontrolü, üretim ve bakım planlaması ve çeşitli madencilik işlerinin ölçülmesi olmuştur.



Şekil 1. 1970'ler dönemindeki bilgisayar uygulamaları.



Şekil 2. 1980'ler dönemindeki bilgisayar uygulamaları

## 2.2. 1970'li Yıllar Dönemi

Bu dönemde veri işleme teknolojisindeki hızlı gelişmeler daha güçlü merkezi işlem ünitelerinin doğmasına neden olmuş ve bu da programcıları daha karmaşık madencilik sorunlarının çözülmesi konusunda çalışmaya teşvik etmiştir. Böylece ayakta kömür kazısından, üretim planlamasına ve cevher malzemesinin yerüstü tesislerine taşınmasına kadar hemen hemen her türlü madencilik işleri için modeller geliştirilmiştir.

Ramani (1975) tarafından geliştirilen Ana Tasarım Simülatörü belkide en tümleşik bir tüm sistem modeli olmakla beraber, çok sayıda giriş verileri, çok tecrübeli personel ve uzun program çalıştırma zamanı gerektirmiş ve oldukça çok sayılabilecek çıktı bilgileri oluşturmuştur. Sonuçta bu model çok büyük bir kabul görmemiştir.

Yine bu dönemde madencilik konusunda program geliştiren mühendislik-danışmanlık-uzmanlık firmalarının sayıları artmıştır. Bilgisayar donanımlarındaki gelişmeye paralel olarak danışman firmalar, üniversiteler ve kamu kuruluşları, yeni programlar geliştirip günün şartlarına uyarlamışlardır.

Yüksek kapasiteli ve düşük maliyetli yeni mini bilgisayarların piyasaya çıkması ile merkezdeki bilgisayarlarla haberleşebilen yeni sistemler geliştirilmiş ve bu da veri bankalarının oluşmasını daha pratik hale getirmiştir. Şekil 1'de 1970'li yıllarda bir maden işletmesinin değişik birimlerinde yer alan bilgisayar sistemleri genel olarak gösterilmiştir.

Bu sistemler gelişip terminal sayıları artarken organizasyon kademeleri arasında yukarıdan aşağı doğru bilgi akışı da artmıştır. Ayrıca çok sayıda bilgi de organizasyonlar arasında yatay olarak akmaya başlamıştır. Daha önceleri ayrı ayrı yapılan uygulamalar birleşerek daha geniş uygulama alanları oluşturmuştur. Büyük sistemler arasında da bağlantılar kurulmaya başlamıştır. Birbirlerine içten bağlı sistemler ve alt sistemler şebekesi oluşturulmuştur. Bu şebeke, farklı maden bölgelerinde olduğu kadar üretim, bakım, personel, malzeme idaresi gibi geleneksel olarak birbirinden farklı alanlarda da bilgi aktarımını kolaylaştırmıştır. Bu ilerlemeler madencilik ve cevher hazırlama işlemcisinin yönetimi konusunda oldukça köklü değişiklikler ortaya koymuştur. Bunlar ayrıca üretim ve karlılığı artırmak için önemli fırsatlar sağlamışlardır (Kaas, 1983).

Birçok madencilik eğitim birimleri, mühendislik lisans öğrencilerinden en azından bir bilgisayar

dersi almalarını istemiştir. Genellikle birkaç bilgisayar dersi lisans programlarında seçmeli dersler olarak yer almıştır.

Madencilik endüstrisinde bilgisayar uygulamaları konulu toplantılar büyük ilgi görmeye başlamıştır. Bu toplantılardan en çok dikkati çekici olan APCOM, diğerlerine göre en çok üyenin katıldığı ve konu itibarıyla en geniş kapsamlı olanıdır.

## 2.3. 1980'li Yıllar Dönemi

Bu dönemin başlarında bilgisayar fiyat ve performansında görülen sürekli gelişmeler yeni nesil bilgisayar donanımlarının yapılmasına neden olmuş; böylece mineral endüstrisindeki uygulamalar daha da içiğalmiştir. Ayrıca veri yükleme birimlerinin mali derindeki azalmalar, stok kontrol ve alet bakımı gibi veri bankası sistemlerinin geliştirilmesinde büyük rol oynamıştır. Diğer taraftan bu tür veri bankaları sayesinde maden yataklarının bloklar halinde modellenenebilmesi için gereken jeolojik ve mühendislik bilgilerine anında ulaşıp değerlendirme yapmak kolaylaşmıştır.

Elektrik devrelerindeki büyük ölçekli değişmeler (LSI) büyük yoğunluğa sahip bellek ciplerinin yapılmasını sağlamıştır. Bir tek çip üzerine yerleştirilebilen merkezi işlem ünitesi (CPU), yani mikro işleyiciler, sayısız yeni elektronik aletlerin gelişmesine neden olmuştur.

Bilgisayar donanımlarındaki bu gelişmelerinin sonucunda, milyonlarca mikro bilgisayar, okulları, ofisleri ve evlere işgal etmeye başlamışlardır.

Mikro bilgisayarların bu düşük maliyetleri onları hesaplamalarda kolayca kullanabilen ve satın alınabilir bir alet haline getirmiştir. Birçok büro aygıtı, örneğin diktifonlar, hesap makineleri ve hatta bilgisayar terminalleri, "erini mikro bilgisayara bırakmıştır. Mineral endüstrisinde de mikro bilgisayarlar yeni işlem ölçme ve kontrol aygıtlarının gelişmesini de teşvik etmişlerdir (Brezovec, 1983). Şekil 2'de 1980'li yıllarda bir maden işletmesinin değişik birimlerinde yer alan bilgisayar sistemleri genel olarak gösterilmiştir. Bugün mikro bilgisayarların kapasiteleri, merkezi bilgisayarların yaptığı işlerin % 80'ini yapabilecek seviyeye ulaşmış durumdadır. Bu değişiklikler bu yeni bilgisayar sistemleri için program geliştirme konusundaki talepleri arttırıcı bir sonuç doğurmuştur.

Daha önce yazılan programların mikro bilgisayarlara uyarlanması için sarfedilen çabalar herkes

tarafından ve özellikle de üniversite ve danışman firmalar tarafından desteklenmiştir.

Mühendislik okulları bilgisayar teknolojisindeki değişikliğe ayak uydurmak için yeni bazı kıstaslar getirmişlerdir. Bu konuda öncülük yapan Enstitülerin bir tanesi Virginia Polytechnic Institute and State University'sidir (VPI and SU). Bu kuruluş aşağıdaki şartları öne sürmüştür:

- İsteyen her fakülte üyesinin kendi idaresi altında bir kişisel bilgisayarı olacaktır;
- Okula giren her mühendislik öğrencisi üniversitenin öne sürdüğü özellikleri karşılayabilecek bir kişisel bilgisayar alacaktır;
- Fakülte ve öğrencilere ait bütün bu kişisel bilgisayarlar ve laboratuvar veri toplama sistemleri, kampus içinde bir şebeke halinde, merkezi bilgisayarlar ile genel kullanıma açık bilgisayarlarla bağlanacaktır;
- İlk üç yarıyıl boyunca en az 2 kredi/saat'lik bir mühendislik bilgisayar dersi almak gereklidir;
- Bu üç yarıyıldaki açılacak kurslar FORTRAN, BASIC ve programlama konularında olacaktır;
- Öncelikle mühendislik fakülteleri ve öğrencilerine, belirli merkezi bilgisayarlar ile genel kullanıma açık kampus sistemlerinden sınırsız kullanma zamanı sağlanacaktır;
- Lisans programındaki ikinci yıl ve daha sonraki yıllarda bilgisayar kullanımı istenmektedir;
- Uygun görülen laboratuvarların tümü mikro işlemci esasına dayalı veri toplama sistemleri ile donatılacaktır;
- Kurulacak bilgisayar komiteleri, bilgisayarla ilgili faaliyetlerin ve öğrenimin ilk ve izleyen yıllarında gerekli kursların organizasyonundan sorumlu tutulacaktır.

### 3. MADENCİLİKTE BİLGİSAYAR UYGULAMALARININ GELECEĞİ

Bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeden dolayı mineral endüstrisindeki bilgisayar uygulamalarının geleceğini şimdiden tahmin etmek oldukça zor bir iştir. Geçmişteki ve şu andaki çalışmalar ve onların gösterdikleri gelişmelerin uzantılarına bakarak aşağıdakilerin olabileceği söylenebilir:

#### 3.1. Mikro Bilgisayar

Mikro bilgisayarların kullanımı genişleyecek ve hatta en ufak madencilik şirketleri bile bir mikro bilgisayar çalışma istasyonu ile donatılacaktır. Böyle bir istasyon Merkezi İşlem Ünitesi (CPU),

Ekranlar (CRT), yazıcı, çizici, dijital yazıcı ve haberleşme modemleri'ni içerecektir.

Bilgisayar, hemen hemen madenciliğin her aşamasında yani rezerv hesaplarından madenin tasarımına ve bütün dosyaların yeniden düzenlenmesine kadar kullanılacaktır. Böylece mühendislik verimliliği artacaktır. Yardımcı personel örneğin teknik ressamalara olan ihtiyaç azalacaktır. Yazılan bilgisayar programları basit olacak ve grafikler çok yaygın bir biçimde kullanılacaktır.

#### 3.2. Ölçme ve Kontrol

Madenlerde yapılan her işin ölçülmesi yaygınlaşacaktır. Otomatik ve yarıotomatik kontrol sistemleri bütün maden makinelerine ve sistemlere uygulanacaktır. Sonuçta, verimlilik, emniyet ve ekonomi önemli oranda gelişecektir.

#### 3.3. Robotlaşma

Bazı sistemlerin olduğu kadar maden makinelerinin bağımsız parçaları mikro işlemciler tarafından kontrol edilebilecektir. Şu anda belirli sayıda madenci tarafından yapılan işler, birkaç tecrübeli operatör madenci tarafından yerine getirilecektir. E" ktronik konularında tecrübeli personele olan ihtiyaç artacaktır.

#### 3.4. Önceki Veriler ile Planlamanın Bütünleşmesi (İdarecilik)

Subloeski'ye (1983) göre iyi bir uygulama ancak eldeki mevcut donanımın, üretim kayıtları ile planlama ve kontrolün bir bütün olarak programlanmasıyla mümkün olur. Örneğin kazı yapılırken üretime ilişkin kayıtları anında yapılabilir. Bu esnada bilgisayar, gerekli tavan civatası, konveyör bantı, boru vb. teçhizat ile ilgili bilgileri ve ilgili maliyet hesaplarını yapar. Böylece bilgisayar bir bilgi işlemci olarak görev yapmasının yanında ayrı zamanda bir idareci olarak da görev yapar.

#### 3.5. Büyük Ölçekli Optimizasyon

Bir madendeki tüm işlerin optimize edilebilmesi için yazılım ve donanımlar geliştirilecektir. Bu yöndeki çalışmalar 1970'deki çalışmalara nazaran geniş bir kabul görecektir.

### 4. SONUÇLAR

Bilgisayarların gelecekteki madencilik işlemlerine olan etkisi önemli oranda artacak ve planlama

aşamasından günlük işlemlerin çözülmesine kadar madencilğin her aşamasında kullanılabileceklerdir.

Mineral endüstrisinde bilgisayar tekniklerinin başarıyla uygulanması;

1. Amaçların iyi tanımlanması, gerekli desteğin sağlanması ve özendirilmesi;

2. Jeoloji, maden mühendisliği, işletme ekonomisi, matematik, istatistik, ve kuşkusuz bilgisayar konularında belirli disipline sahip dengeli bir ekibi;

3. Gerekli donanım ve yazılımların geliştirilmesi yada satın alınmasını gerektirir. Şimdiki gelişmelerden hareketle, tüm madencilik işlerinde bilgisayar kullanımının lüks olmaktan ziyade gereksinim haline geleceğini görmek oldukça kolaydır.

#### KAYNAKLAR

1. BREZOVEC, D., Computers Become the Mine's Eye, Coal Age, July, 1983, 64-70.
2. BUCKLEN, E.P. ve diğerleri. Computer Applications in Underground Mining Systems, R and D Report No. 37, U.S. Office of Coal Research, 1969.
3. KAAS, M., The Evaluation of Mining Computer Application on the Role of Micro-computer, Proceedings, Annual Workshop, Generic Mineral technology Center-Mine Systems Design and Ground Control, No. 28-29, Blacksburg, Virginia, s. 257-262, 1983.
4. KRIGE, D., The Human Element in APCOM's Development, Proceedings, APCOM 77, 15 th International Symposium on the Application of Computers and Operation Research in the Mineral Industries, July 4-8, Brisbane, Australia, s. 1-6, 1977.
5. RAMANI, R.V., ve MANULA, C.B., "A Master Environmental Control and Mine System Design Simulator for Underground Coal Mining, Executive Summary," Vol. 1, NTIS Publication No. PB 255 421/AS, U.S. Dept. of Commerce, 1975.
6. WEISS, A., (Editor), Computer Methods for the 80's in the Mineral Industry, AIME, N.Y., 1979.
7. SUBLOESKI, S.C., Review of Computer Applications to Mining-Past, Present and Future, Proceedings, Annual Workshop, Generic Mineral Technology Center-Mine Systems Design and Ground Control, No. 28-29, Blacksburg, Virginia, s. 257-262, 1983.