

Türkiye 14. Madencilik Kongresi / 14th Mining Congress of Turkey, 1995, ISBN 975-395-150-7

MADEN İŞLETME PLANLAMASINDA BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENTEGRE BİR YAKLAŞIM
İNTERAKTİF SİMOLASYON SİSTEMİ

AN INTEGRATED DESIGN APPROACH FOR COMPUTER AIDED MINE PLANNING
INTERACTIVE SIMULATION SYSTEM

A. ŞENTÜRK

Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İsparta

L. GÜNDÜZ

Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İsparta

ÖZET: Bilgisayar dünyasında hardware ve software teknolojisi, günümüzde hızla gelişmektedir. Buna paralel olarak yeraltı maden planlaması ve organizasyon tasarımları aşamaları için entegre bir software sistem geliştirilmesi gerekli olmaktadır. Bu makalede, maden planlaması ve organizasyonu için modüler yapıda yazılım yapılan 10 adet software rutininden oluşan bir interaktif simülasyon sisteminin tamamı yapılmakta ve uygulama prensipleri sunulmaktadır.

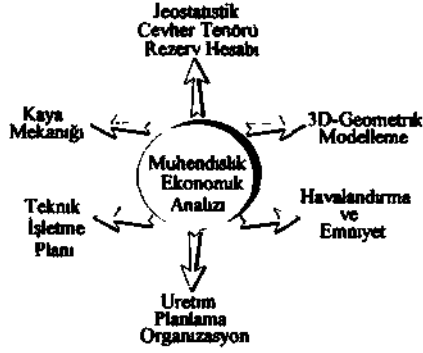
ABSTRACT: Hardware and software technology in computer world has an dynamic improving manner in the current time. In a parallel view of this state, development of an integrated model for computer aided mine planning and organisation in the design stages of an underground mine became an important impact. In this paper, an interactive simulation system in an interactive 10 modular structure of the software package developing for mine planning and organisation was presented and its principals to apply was discussed in brief.

1. GİRİŞ

Günümüz gelişen bilgisayar teknolojisinde, bilgisayar destekli maden tasarım ve planlama teknikleri, tasarım mühendisi ve jeologu tarafından cevher yataklarının optimum ekonomik cevher üretimini sağlamak amacıyla efektif entegre tasarım model analizlerinin yapılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektronik sanayiinde Micro-işlemci üretim süreciyle, software (bilgisayar paket program) yazılım teknolojisinde. PC türü bilgisayarlarda kapasite ve işlem hızı itibarıyla bazı sıkıntılar yaşanmış, ancak hardware teknolojisindeki son gelişmelere paralel olarak gelişen yüksek ve orta seviyeli yapısal programlama dillerinin kullanımı (Pascal, Cobol, C, C++ gibi) ile beraber, geniş kapsamlı software yazılımları gerçekleştirilmiştir.

Bilgisayar dünyasında hardware ve software teknolojisi, günümüzde hızla gelişmektedir. Bunun paralelinde, yeraltı ve açık ocak maden planlaması ve rantabilite tasarımlarının yapılması için modüler yapıda entegre bir sistemin geliştirilmesi gerekli olmaktadır. Yakın geçmişe kadar, bilgisayarlar açık ocak maden işletmelerinin genel tasarımlarında başarılı olarak kullanılmış ve 1960 lı yıllara kadar da

rezerv ve dekapaj miktarlarının hesaplanması amacıyla kullanılmıştır. Ancak, yeraltı metal madenlerinin modellenmesi için geliştirilen birkaç genel program, işlev bakımından yalnızca planlamanın ve tasarım prosesinin bir veya birkaç aşamasını gerçekleştirebilmiştir. Halbuki mühendislikte efektif bir planlama ve tasarım için, cevherleşmeyle ilgili detay tenor analizi, çok yönlü değerlendirme, maden işletme metod seçimi, üretim planlaması ve organizasyonu, progresif maliyet analizi gibi modüllerin yer alması gerekmektedir. Günümüze kadar, bu çalışma sahalarında ayn ayn modüllerin tasarımı yapılmış, fakat entegre olarak bir sistemin gerçekleştirilmesi hususunda ise değişik görüşler sunulmuştur. Yeraltı ve açık ocak işletmelerinin tasarımında, cevherleşme zonu ve yan kayaç karakteristikleri, stabilize analizleri, maliyet analizleri, değişik alternatif taşımacılık modelleri vb. gibi modüllerin kullanılması gerekmektedir. Maden tasarımında, optimum ekonomik işletmeciliğin irdelenebilmesi amacıyla modüler yapıya sahip olarak geliştirilen bilgisayar destekli bir tasarım ve planlama yaklaşım modelinin elemanları Şekil I 'de verilmiştir



Sekili. Planlama ve mühendislik interaksyonu.

Bu makede, yeraltı ve açık ocak madencilği için bilgisayar destekli entegre bir sistemin modüler yapısı irdelenerek, sistemde maden stabilizasyonu ve ekonomikliğine etkileyen kayaç kütle yapılarına ait tüm faktör ve parametreler interaktif olarak analiz edilmektedir. Sistem algoritması, 10 adet interaktif bilgisayar software rutinlerinin geliştirilmesiyle oluşturulmuştur. Software rutinleri MS-DOS İşletim sistemi altında mikro-bilgisayarlarda EGA ve VGA renkli ekran kartlarında çalışabilmektedir. Borland Turbo-C programlama tekniği ile geliştirilen software rutinlerine veri girişleri, doğrudan kleyeden yazılım konfigürasyonlarının kullanımı ile yapılabildiği gibi text dosyaları şeklinde de input edilebilmektedir.

2. BİLGİSAYAR DESTEKLİ MADEN TASARIM SİSTEMLERİ

Yakın geçmişe kadar, yeraltı maden işletme entegre tasarım sistemleri yalnızca fizibilite çalışmaları, finansal tasarımlar ve incelemeler; jeoloji çalışmaları ve maden planlaması için kullanılmıştır. Bu sistemlerin tamamı, temel prensiplerde benzer olmakla beraber, değişik modülleri kullanarak tasarımın bir problemini ayrı ayrı analiz edebilmekte ve sonrasında sonuçları genel bir veri tabanına yüklemekte ve diğer modüllerden bu bilgiye ulaşabilmektedir. Ferguson (1985-a), toplam dokuz adet modülden oluşan ve herhangi bir tasarım için gerekli tüm incelemeleri yapabilecek bilgisayar destekli bir sistemin temel öğelerini sunmuştur.

Buradaki her bir modül, tasarım için gerekli algoritmaları ve de birer adet veri tabanını içermektedir. Algoritmalar, mühendislik tasarım hesaplarının yapılmasında, sistem optimizasyonunun sağlanmasında ve finansal maliyet hesaplamalarında kullanılmıştır. Veri tabanı ise mevcut üretim ve ürünler ile ilgili bilgileri ve de geçmiş projeler, mevcut diğer benzeri maden işletmelerinden elde edilen teknik veriler, teknik magazin ve bültenlerden derlenen bilgilerin bütünleşmesinden oluşturulmuştur. Herhangi spesifik bir proje çalışması, bir proje veri tabanına ihtiyaç duymaktadır. Bu veri tabanı, maden tasarım sistemi ile paralel bir yapı göstermektedir. Her bir işlem, her proje modülü içerisinde iki adet veri tabanına sahiptir. Bunlardan biri, proje kapsamında yer alan spesifik bilgiye ulaşmak için *input database'i* (girdi veri tabanı), diğeri ise; değerlendirilmiş bilgilerin tasnif edildiği *output database'i* (çıkış veri tabanı) dir. Bu veri tabanı bileşik bilgi dosyaları şeklinde olup, arzu edilen modüle rahatlıkla transfer edilebilecek formattadır (Harrison, 1989). Örnek olarak, bilgilerin, tasarım mühendislik hesaplamaları modülüne veya finansal maliyet analizi modülüne transfer edilebilmesi gibi.

Böyle bir sistemin amacı, tasarım mühendisinin maden planlamasındaki rutin işlemlerinin çoğunun değerlendirmesini yapmaktan kurtarmaktır. Örnek olarak, manipülasyonlar ve çok büyük - geniş veri setlerinin manuel olarak analizlerinin yapılması, iterasyonel hesaplamalar, basit ve komplike algoritmaların irdelenmesi, jeolojik ve mühendislik çözümlerinin ölçekli olarak yapılması, modelleme ve fiziksel büyüklüklerin analizi v.b. gibi. Gerçekten, herhangi bir tasarım sürecinde, tüm bu işlemler iterasyonel bir döngü içerisinde ve bu da mühendislik açısından zaman kaybı ve kaçınılmaz hataların yapılmasına sebep olmaktadır. İyi bir sistem, mühendislerle interaktif olarak incelemelerin yapılmasını ve mühendislik bilgilerinin, yaklaşımlarının ve yorumlarının sistem içerisinde değerlendirilebilmesini sağlar. Böyle bir sistem, tasarım sürecinde sıralı bilgilerin değişimine ihtiyaç duymamakta, maden tasarımının geliştirilmesi için daha fazla zaman ayırmaya, maden planlamasının detay irdelenmesine imkan sağlamaktadır (Gündüz, 1992).

Günümüze kadar sunulan bu sistemlerin temel yapısı geniş bir *knowledge-based sistem* tabanında mühendislik programlarının yazılımına ve uzman bilgiye geçiş sağlayabilmektedir.

Brown (1986), saha karakterizasyonu, jeoteknik modelleme, tasarım analizi, kayaç kütle performans irdelemesi ve itératif analiz modlanndan oluşan beş modüllü bilgisayar destekli bir entegre maden tasarım programının prensiplerini sunmuştur. Bu Inodüllerin tamamı bir knowledge-based sistemin temel elemanlarını içermektedir. Buradaki her bir modül, bir seri bilgisayar paket programın lojik olarak karar verme mekanizmalarının, tasarım mühendisi tarafından sistem analizi sürecinde kullanılmasına izin vermektedir. Brown (1986) tarafından oluşturulan bu modelleme de Kaya Mekaniği - basınç dayanım kontrolü kırılma modlanının analizi - Mastır Modül olarak, diğer tasarım modülleri de alternatif modüller olarak ele alınmıştır.

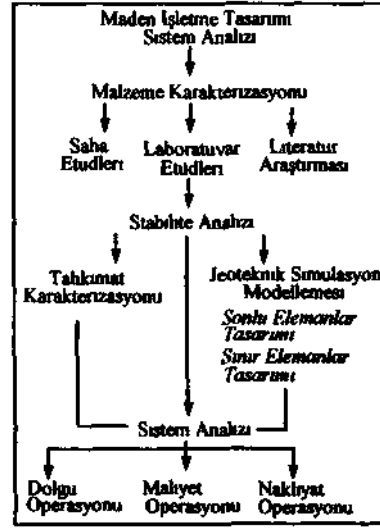
3. MADEN İŞLETME PLANLAMASINDA BİLGİSAYAR TASARIM MODÜLLERİ

Günümüz gelişen software-hardware teknolojisinin bir ürünü olarak, yeraltı madenciliginde maden işletme planlaması ve organizasyonunun, interaktif modüler yapıya sahip entegre bir sistemin bilgisayar yardımıyla gerçekleştirilebilmesi kaçınılmaz bir gerçek olmuştur. Bu amaçla, Şekil 2 de şematik olarak verilen bilgisayar destekli bir tasarım ve planlama prosedürünün entegre sistem yapısı, bu konuda yapılan çalışmada baz alınmıştır.

Yeraltı madenciliginin planlama ve tasarım aşamalarında kullanılacak ve birbirleriyle interaktif olarak çalışabilen genel tasarım aşamalarının irdelemesinin yapılabildiği bir bilgisayar paket programı, İsparta Süleyman Demirel üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı 'nda yazılım yapılmaktadır. Şekil 2 de belirtilen her bir fonksiyonun temel işlevleri ve mühendislik yaklaşımları, kombine bir entegre sistemin oluşturulabilmesi amacıyla aynı bilgisayar modülleri olarak programlanmıştır. Her bir modül, sistem analizinde bir diğer modül ile interaktif bir prosedürle irtibatlandırılmış ve teknik tüm data alış-vcriş özellikleri sağlanmıştır. Maden planlamasında genel olarak programlanılan tasarım işlevleri:

- Entegre kontrol analizi,
- Kayaç kütle karakteristiği belirleme,
- Ayak tasarımı,
- İnteraktif analiz,
- Nakliyat analizi,
- Maliyet analizi.

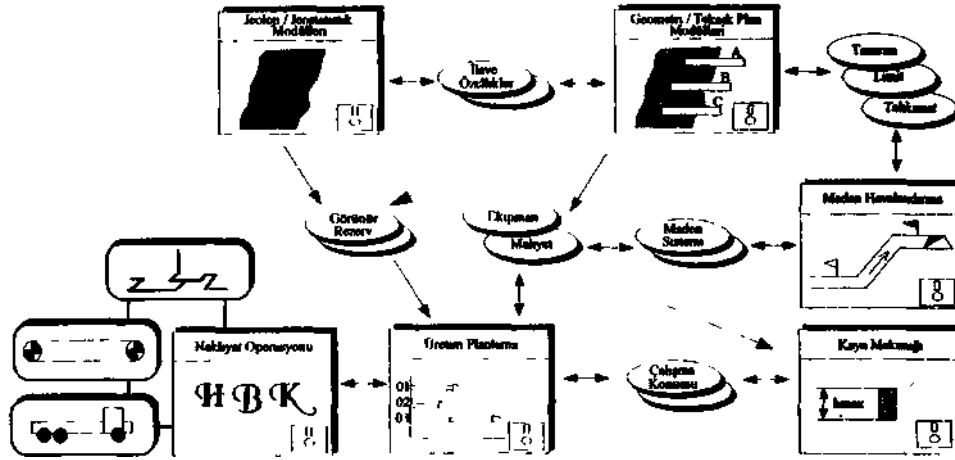
- Jeoteknik sayısal analiz,
- Yerinde dolgu sistem analizi,
- Zemin mekaniği tasarımı,
- Kaya mekaniği tasarımı,
- Maden işletme yöntem seçimi,
- Tahkimat performans tahmin tekniklin



Şekil 2. Maden işletme planlamasında entegre sistem yapısı.

Genel tasarım aşamaları için geliştirilen her bir modüle, input edilen tüm faktör ve parametreleri normal text normunda serbest format yazılımıyla aynı input veri tabanına text dosyaları olarak yazılmaktadır. Ayrıca, modül kapsamlarında gerçekleştirilen itératif ve lineer tüm hesaplama ve değerlendirme sonuçları da aynı output veri tabanlarına yazılmaktadır. Farklı modüller, modül bileşenleri ve kullanıcı arasında bilgi aktarımını gerçekleştirmek için direkt bilgi transferinin sağlandığı yapısal interaktif bir modüler yazılım yapılmaktadır.

Direkt bilgi transferinin optimizasyonu için bilgi dosya türleri ve yapısı, maximum veri değişken miktan ve bunların bağımlı ve bağımsız tekil ve/veya çoğul elemanlı kümeler olarak gruplandırılması ve rutinler arasındaki ilişkiler üzerinde detay çalışmalar yapılmıştır. Şekil 3'de modüller arasında transfer edilebilecek potansiyel informasyon tanımlanması şematik olarak verilmektedir.



Şekil 3 Modüller arasında bileşik bilgi interaksiyonu.

4. ENTEGRE SİMULASYON SİSTEMİ - MODÜLER YAPISI

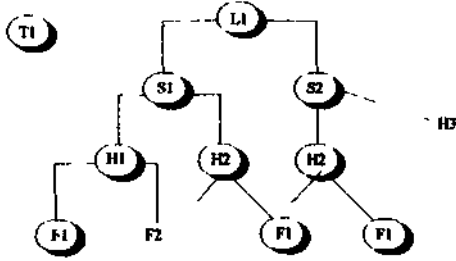
Entegre bilgisayar destekli maden planlama sistemi işletme, üretim, nakliyat, dolgu çalışma, performans analizleri v.b. gibi tüm maden işletmeciliğinin ihtiyaçlarının gerek test edilmesi ve gerekse ekipman seçimlerinde kullanıcıya büyük kolaylıklar sağlamaktadır. İnteraktif prosedür, farklı maden tasarım şekillerinin analizine de imkan taramakla birlikte, detay finansal mühendislik hesaplamaların yapılması ve etkili faktörel parametrelerin irdelenmesini de sağlamaktadır. Karar mekanizmasında "ağaç tekniği" kullanılarak tasarımda dezavantajlı konulara hemen dikkat çekilmekte ve planlamanın ilk aşamalarında bunların irdelenmesi yapılmaktadır. Uygulanan teknikte her bir aşama, birer nod ile belirlenmekte ve nodlar arasında lojik branşlar oluşturulmaktadır. Programda kullanılan prosedür kapsamında, bir maden tasarımı aşamasında yer alan ağaç tekniğinin sembolik akım şeması Şekil 4 de verilmiştir

Sisteme örnek olarak; ağaç tekniğinin kullanımı ile beraber modüler program birkaç alt-modülün birleşmesiyle oluşmaktadır. Planlama Modülü ise yem geliştirilen üç ana modülün (dolgu, üretim, nakliyat) birbiriyle olan entegrasyonu ile sağlanmaktadır. Bu planlamanın temel yapısını oluşturacaktır (Şekil 5). Teknik veri tabanı ise gerekli tüm maden makına parkının (LUD, band konveyör, pompalar, borular v.b gibi) teknik ve

ekonomik parametrelerim içermektedir. Planlama ve sonuç ekonomik modülü ise yapılan tüm hesapların sonuçlarını ve irdelenmiş parametrelerini içermektedir. Ekonomik parametreler, kesin maliyet değerleri nisbetinde bulunmaya çalışılmaktadır.

Sistem algoritması, 10 farklı interaktif bir prosedüre sahip bilgisayar rutinlerinin geliştirilmesiyle oluşturulmuş olup bu rutinler

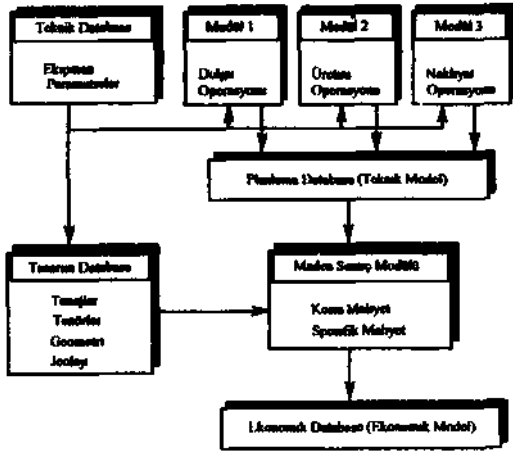
- ROC^KSIM* Kayaç kütle karakterizasyonu modülü. Günümüzde yaygın olarak kullanılan kayaç sınıflandırma sistemlerinin analiz algoritmasında kullanılan.
- PROPSIM* Jeoteknik ve jenmekamk kayaç kütle özelliklerin belirleme modülü. Kaya mekaniği ve Zemin mekaniği prensipleri kapsamında laboratuvar analizlerinin irdelenmesi.
- SUPPSIM* Parklı tahkimat ünitelerinin stabilizasyonu için performans analizi modülü.
- MIXSIM* Yeraltı dolgu karışım tasarımı ve uygulama ranablite analizi modülü.
- COSTSIM* Maliyet analizi modülü.
- BEAMSD* Maden tasarımında Sınır elemanların 2D Lineer elastik (Boundary Element Analysis) modülü.
- FEAMSD* Maden tasarımında Sonlu element analizi 2D Non lineer elasto-plastik (Finite Element Analysis) modülü.
- HYDSIM* 1h ve uç boyutlu ölçekte hidrolik taşımacılık network analizi modülü.
- TRICKSIM* Kamyon nakliyatı taşımacılığı simülasyonu modülü.
- BANDSIM* Band konveyör taşımacılığı simülasyonu modülü.



T1-1	Yeni Staj	L1 S1 H1 F1	Database 1
T1-2	Optimizasyon	L1 S1 H1 F2	
T1-2	Optimizasyon	L1 S1 H2 F1	
T1-2	Yeni Staj	L1 S1 H2 F1	Database 2
T1-3	Optimizasyon	L1 S2 H3	
T1-3	Optimizasyon	L1 S2 H2 F1	
T1-3	Yeni Staj	L1 S2 H2 F1	Database 3

L - Plan S - Üretim H - Mekanik F - Dalgıç

Şekil 4. Karar mekanizmasının ağaç tekniği.

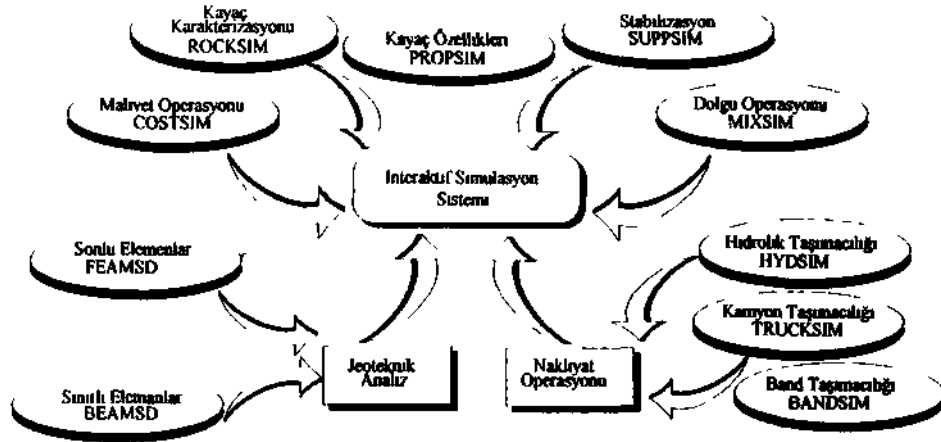


Şekil 5. Entegre sistem ve data yapısı.

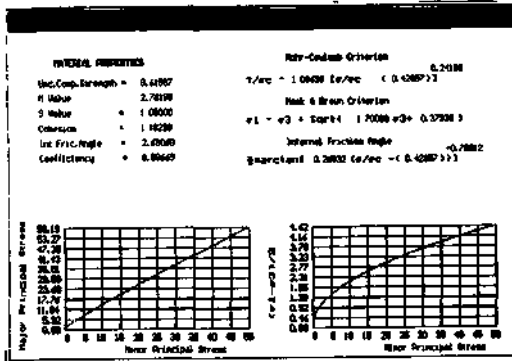
Bir modülün program yazılımı Turbo-C bilgisayar programlama diliyle ve IBM-PC türü bilgisayarlarda DOS 3.0 işletim sistemi ve üzer versiyonlarında 640 KByte RAM belleğinde çalışabilecek şekilde geliştirilmektedir.

Program modülleri, Super VGA video grafik adaptörünün kullanımı ile kullanıcı tarafından kolaylıkla menülerin 256-renk ortamında kullanımı sağlanmıştır. Programda teknik veri, direkt olarak kleyveden input edilebildiği gibi doğrudan formatsız olarak düzenlenmiş text dosyalar şeklinde de input edilebilmektedir. Software rutinlerinin interaksyonu Şekil 6 da verilmiştir.

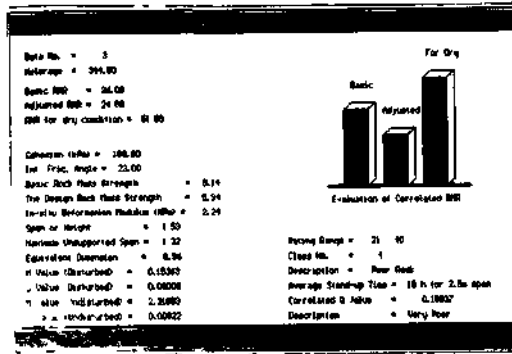
Bir maden projelendirmesinin mühendislik ön tasarım aşamasında, malzeme karakterizasyonu prosedürleri, cevherleşme zonu ve yan kayaç kütle yapılarının mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve araştırılması için bir tasarım aracı olarak kullanılabilir. Günümüzde mevcut olarak bulunan kayaç kütle sınıflandırma sistemleri (RMR ve Q Endeksi), kayaç kütle yapılarının karakterizasyonu için bir dizi jeoteknik parametreleri kullanmakta ve kayaç kütlelerinin uygulanan işletme şekillerinde stabilizasyonu için kalitelerini analiz etmektedir. Bu parametreler, ya doğrudan ölçülmekte veya tanımsal ölçeklerle belirlenmektedir. Bununla birlikte, kayaç sınıflandırma endex sistemleri yardımıyla, kayaç kütle özellikleri, göreceli olarak tahmin edilebilmektedir. Bu sistemler, maden tasarımı aşamasında kaya mekaniğinde *ampirik tasarım modellemesinin* bel kemiğini oluşturmaktadır. Diğer taraftan, maden tasarımlarında stabilizasyon analizlerinde, nümerik simulasyon modelleri kullanılmaktadır. Kayaç kütlelerinin elastik ve makaslama özellikleri gibi jeomekanik parametreler, nümerik analizlerde input olarak değerlendirilmektedir. Bu yüzden, cevherleşme ve kayaç kütleleri ile ilgili tüm bu parametrelerin efektif olarak tayini gerekmektedir. Genellikle, bu jeomekanik özellikler, elastik ve makaslama dayanım deney sonuçlarının analizi ile belirlenmektedir. Ancak, yakın geçmişte, araştırmacılar kayaçların jeomekanik özelliklerini belirlemeye yarayan fonksiyonel bazı eşitlikleri, kayaç kütle sınıflandırma endexlerine bağımlı olarak verilmektedir (Gündüz, 1992). Bunun için, laboratuvar deney sonuçlarının analizi ve kayaç kütle sınıflandırma endeksten, maden tasarımı, malzeme karakterizasyon prosesinin bir parçasını oluşturmuştur. Malzeme karakterizasyonu için *HOC KSIM* ve *1'ROI'SIM* software rutinleri geliştirilmiştir. Şekil 7-8 de bir analiz irdelemesinin bulguları sunulmaktadır.



Şekil 6 Simülasyon software rutinleri interaksyonu.



Şekil 7. Tekno-mekanik analiz bulguları - PROPSIM



Şekil 8. Jeoteknik analiz bulguları - ROCKSIM

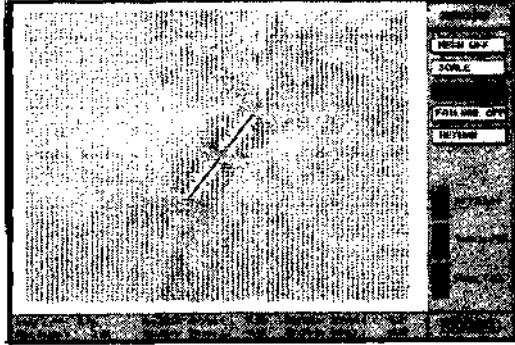
Malzeme karakterizasyonu kapsamında, cevherleşme ve yan kayaç kütlelerine ait olarak belirlenen jeomekanik özellikler, *elastik*, *elasto-plastik* ve *A'eya plastik* teorileri kullanan Sınırlı Elemanlar (Finite Element) Metodu-FE^{AB}/) ve Sınırlı Elemanlar (Boundary Element) Metodu-BEAMSD nümerik analiz modüllerinde, maden stabilizasyonunun tahmini için **kullanılmaktadır** (Şekil 9-10) Ancak, tasarım aşamasında karşılaşılan diğer bir sorun ise, bu teknik ve teorilerden hangisinin efektif olarak kullanılabileceğidir. Bu amaçla, *knowledge-base tasarım tabanına* dayanan entegre bir sistemin software yazılımı, maden mühendislerine, tasarım ön etüd çalışmalarında, kriter seçiminde belirli önerilerde bulunarak yardımcı olmaktadır. Nümerik analiz modelinin seçimine ve modellemenin otomatik olarak yapılabilmesine yardımcı olan, malzeme karakterizasyonu modülü ile entegre modüler bir yapıya sahip olan software rutininin **yazılımı**, tasarımın bu aşamasında kaya mekaniği **açısından** efektif bir randıman verecektir. Bunun sonucunda, üretim organizasyonu ve üretim yeri **planlamasında**, genel giderler, vardiyadaki işçi istihdamı ve **gerekli** ekipman gibi faktörlerin irdelenmesiyle efektif bir tahmin yapılmasında mühendislere yardımcı olmaktadır. Bu bakımdan, planlama aşamasında, planlama mühendisi bir karar mekanizmasının geliştirilmesine ihtiyaç duymaktadır

Bu amaçla, interaktif bir yaklaşımın geliştirilmesi, bu konuda yapılacak araştırmalara ışık tutacaktır. Geliştirilen modül (*SUPPSIM, MIXSM, COSTSIM*), manipülasyonlan ve kullanıcı input verilerine bağımlı data setlerinin modifikasyonu hızlı bir ivmeyle yapabilmektedir. Buradaki hedef, farklı cevherleşme şekillerinde ve en düşük tenörlü cevherleşme zonlarında dahi belirli bir balans dahilinde üretime imkan vermektir. Bilgisayar destekli modüler yapıya sahip interaktif elemanlar, planlama aşamasında açık ve net tahminlerin yapılmasına izin vermekte ve sonuçların değerlendirilmesi de aynı modül içerisinde yapılmaktadır (Şekil 11). Bu planlama prosedürü, lineer fonksiyonlar bazında çok değişkenli bir programlama yaklaşımı ile modüler yapıya çevrilebilmektedir. Oluşturulacak uygun üretim şekli opsiyonlan ile cevherleşme zonlarındaki metim faktörleri ve performansı irdelenebilmektedir.

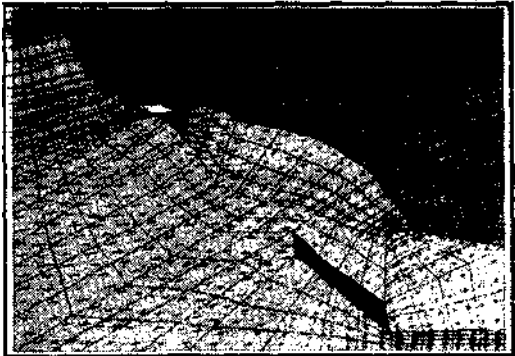
1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
2	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
3	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
4	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
5	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
6	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
7	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000

Şekil 11. Maliyet analizi irdemeleri - *COSTSIM*.

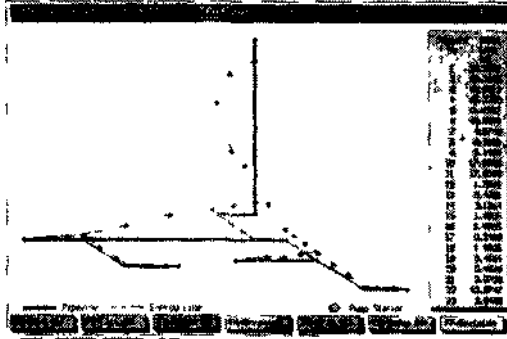
Günümüz malzeme taşıma teknolojisinde, optimum ekonomik taşıma şartlarının tahmini için nakliyat operasyonlarının rentabilite analizleri, computerlerde iteratif yöntemlerin kullanımıyla hızla gelişmektedir. Hidrolik taşımacılık için geliştirilen software rutininde (*HYDSIM*), network sistem analizinde kullanılan temel prensipler ve algoritmik yaklaşımlar pratik olarak uygulanabilmekte ve komplike network çözümlerinde esas olarak irdemesi yapılan rheolojik erTektif faktörlerin taşımacılıkta kapasite ve maliyet ekonomisine etkileşimi analiz edilmektedir. Katı-sıvı karışımının temel karakteristiğini belirleyen yoğunluk, viskozite, tane boyutu dağılımı, katı-sıvı oranları ve akış rejimleri gibi parametrelerin detay olarak irdemesi de yapılabilmektedir. Program algoritmasında, network kapsamındaki branşların her biri için sürtünme basınç kayıptan, akış kapasiteleri ve yıllık işletme maliyetleri iteratif tekniklerle irdemesi yapılmaktadır. Verileri bir network konfigürasyonu için software programı, akış rejimlerini, akış hızlarını ve miktarlarını, optimum boru şebekesi çaplarını, sistem kapasitesini ve sistemde etkin olan aşınma faktörünü, bağımsız değişkenler olarak belirlenmektedir. Network konfigürasyonunda yer alan val fier, bağlantılar, dirsekler v.b. bağımsız değişkenlerin toplam basınç kayıpları için bir veri tabanı oluşturulmuş ve minimum kayıpların değerlendirilmesi sağlanmıştır (Şekil 12). İki ve üç İxlyutlu olarak, network sistemi monitörde görülmekte ve grafik yöntemler ile de çözüm yapılabilmektedir. Bu sayede, optimum pompa lokasyonlarının tahmini yapılabilmektedir.



Şekil 9. Vektörel basınç gerilimi dağılımı - *BEAMSD*



Şekil 10. Vektörel basınç gerilimi dağılımı - *FEAMSD*



Şekil 12 Hidrolik nakliyatta enerji balansı--/mSM.

Nakliyat operasyonuna diğer bir alternatif analiz modeli kamyon taşımacılığı (*TRUCKSIM*) ve band konveyör taşımacılığı (*BANDSIM*) analiz modülleridir. Taşımacılıkta, ekonomik bir optimizasyonuna gidilmesi, işletme maliyetleri açısından önem kazanmaktadır. Optimum taşıma sistemi seçim kriterlerinde, efektif faktörler ve parametrelerin çok değişkenli lineer çözüm teknikleri, bilgisayar destekli itératif yöntemlerle optimal yatırım değeri ve en ekonomik taşıma maliyeti belirlenmektedir. Bu analizde, taşıma aracının teknik özellikleri, taşınan malzemenin miktarı ve özellikleri, taşıma güzargahının özellikleri, kamyonun yükleme, boşaltma ve manevra süreleri, yıllık net çalışma süresi, ekonomik kullanma ömrü gibi taşıma ortamına ait tüm parametrelerin fonksiyonel olarak birbirleriyle entegrasyonu sağlanabilmektedir.

5. SONUÇLAR

Son yıllarda, yeraltı madenlerinin modellemesi için geliştirilmiş programların çoğunluğunda, planlamanın ve tasarım prosesinin yalnızca bir ve/veya birkaç aşaması gerçekleştirilebilmektedir. Günümüz gelişen bilgisayar teknolojilerinden yararlanılarak, mühendis bazındaki araştırmacıların maden tasarım aşamalarında kolaylıkla kullanabileceği, bilgisayar destekli entegre bir sistemin interaktif prosedürü, burada özet olarak sunulmuştur. Entegre sistem, IBM-PC türü bilgisayarlarda 640 Kbyte RAM bellek altında çalışabilecek özellikte tasarımı yapılabilmektedir.

Bu prosedür çerçevesinde, maden planlaması ve organizasyonunda, ağaç tekniği karar mekanizmasının kullanıldığı, yazılımı halen devam etmekte olan interaktif modüler yapıya sahip bir software paketinin entegrasyonu örnek olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

Brown E.T., 1986, "Computer Aided Design of Underground Metalliferous Mining Layouts", Council of European Communities Research Programme on Materials (Raw Materials and Advanced Materials).

Ferguson G.A., 1985-a, "Geotechnics in Mining Design", International Mining, July, pp 34-44.

Ferguson G.A., 1985-b, "Computer - Based Mining Design", Min. Mag., 152, May, pp 403-408.

Gündüz L., 1992, "System Analysis and Fill Design in Mining With Backfill", Doktora Tezi, Londra Üniversitesi, Imperial College, Londra.

Harrison I. W., 1989, "Development of a Knowledge-Based System For Open Stope Mine Design", Doktora Tezi, Londra Üniversitesi, Imperial College, Londra.