

EXPERT SYSTEM İLE MERMER ÜRETİM YÖNTEMİ SEÇİMİ VE DİZAYNI

MARBLE QUARRY DESIGN USING EXPERT SYSTEMS

A. H. DELİORMANLI

M. S. KIZIL

S. SAYDAM

H. KÖSE

Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir

ÖZET: Bu makale, mermer üretim yöntemi ve buna bağlı olarak uygun makina-ekipman seçimi, iş gücü tespiti ve maliyet analizi yapmak için geliştirilmekte olan bir expert system programını incelemektedir. Orjinal adı EMQDS (*Expert Marble Quarry Design System*) olan bu program, mermer ocaklarında verimin artırılması ve maliyetlerin en aza indirilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Sistem, gerekli bilgileri ve verileri kullanıcıdan aldıktan sonra yüklenen bilgiler doğrultusunda bir karara varmaktadır.

ABSTRACT: This paper reviews the development of an expert system for selection of proper machinery and equipment and assessment of work force and financial analysis depending on the marble production method selected. The system, known as EMQDS (*Expert Marble Quarry Design System*) is being designed to increase the productivity and efficiency and to minimise the costs in marble quarries. The system reaches a conclusion on the basis of the knowledge loaded into the system after gaining the necessary information and data from the user.

1. GİRİŞ

Mermer işletmeciliği, Türkiye'de özellikle Ege Bölgesi'nde uygarlık tarihinin ilk dönemlerinden beri mevcuttur. Mermerleri (Dimension Stone), güzel renk ve desenli, blok veren, işlenebilen ve cilalanabilen dayanaklı kayalar olarak tanımlamak mümkündür.

Bir mermer oluşumunu ekonomik olarak değerlendirilebilmek için işletme safhasında gözönüne alınması gereken bazı unsurlar vardır. Bunların başında yeterli rezerv, renk, desen homojenliği, levha üretiminde problem yaratacak sert veya zayıf yüzeylerin bulunmaması, fiziksel, jeomekanik ve kimyasal özellikleri ile ilgili unsurlar sayılabilir. Kaya kütleleri blok durumuna göre; masif, bloksu, levhası, kolonsu, düzensiz ve kırıldık olmak üzere çeşitli sınıflarla tanımlanır. Mermer madencilik açısından önemli sayılabilecek kaya kütleleri ise masif ve bloksu olanlardır. Kaya kütlelerinin blok verme olanakları incelenirken temiz yüzey ve yarımlardan ve sondaj verilerinden yararlanılır (Ersoy ve Osmanlıoğlu, 1993).

Mermer oluşumunun ekonomik olarak değerlendirilmesi işlemi ilk aşamada saha için uygun olan üretim yönteminin seçimi ile başlar. Mermer üretim yönteminin seçiminde, işletme safhasında toplanan verilerden ve benzer jeolojik koşullara sahip sahalardan elde edilen tecrübelerin de çok büyük önemi vardır. Tüm bu koşulların bir bilgisayar

programında değerlendirilerek sonuca ulaşmak bu sektörde çalışan mühendislere fizibilite çalışmaları önemli bir yarar sağlayacaktır.

2. EXPERT SYSTEMS

Expert System'lerin önemi, ilk piyasaya çıktıkları 1980'lerden beri gün geçtikçe artmaktadır. Expert System'ler *Yapay Zeka (Artificial Intelligence)* diye adlandırılan bilgisayar sistemlerinin bir parçasıdır (Harmon ve King, 1985). Basitçe tanımlamak gerekirse expert system'ler bir veya birden fazla kişinin bilgilerinin, kitaplardaki bilgilerin ve sahalardan toplanan verilerin yüklenebileceği ve o konuda herhangi bir problem verildiği zaman yüklenen bu bilgilere dayanarak en iyi çözümü sunabilen sistemlerdir (Kızıl ve Denby, 1990). Expert System'lerin en önemli özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Denby ve Schofield, 1991):

- O Nümerik veri ve algoritmalarla ziyade, yüklenen kurallara ve gerçeklere dayanarak çözüme giderler.
- O Kullanıcı ile bir problemi tanımlamak ve çözüm getirmek için sürekli diyalog halinde dirler
- O istendiği zaman bir sonuca neden ve nasıl vardıklarını açıklayabilirler.

- O istenilen bilgilerin eksikliği durumunda bile en yakın çözüm olanağı sunar ve belirsiz olan verileri manipüle eder.
- O Programlanırken veya bir sonuca nasıl ve niçin ulaştığını açıklarken, konvansiyonel bilgisayar kodlarından ziyade sade dil kullanır.
- O Bilgisayar programcısı olmayan bir kullanıcı tarafından dahi sıkça ve gerek görüldükçe yüklenen bilgiler değiştirilebilir, silinebilir veya yeni bilgiler yüklenebilir.

Yakın zamanlarda expert system'lenn mühendislik alanında kullanımında bir artış görülmesine rağmen, mermercilik alanında uygulamaları yok denecek kadar azdır.

3 MERMER ÜRETİM YÖNTEMİNİN SEÇİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Mermer üretim yönteminin seçiminde gözönünde bulundurulması gereken çeşitli parametreler vardır. Bunların en önemlileri; rezerv, homojenite, fiziksel ve kimyasal özellikler ile ayrışma yüzeylerini meydana getiren süreksizlikler (faylar, çatlaklar, formasyonlar arası kayma zordan vs.) gelir (Köse ve Onargan, 1992). Mermer yatağı içerisinde gelişmiş olan süreksizlik düzlemleri, ocak üretim yönteminin seçimine doğrudan etki eden faktörlenn başında gelmektedir. Kaya kütlelerinde gelişmiş süreksizliklerin

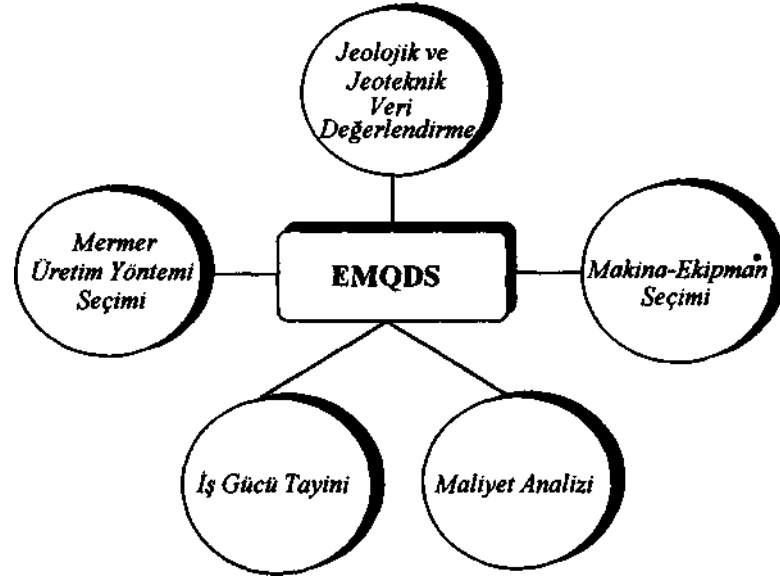
aralığı, süreksizlik takımı sayısı ve süreksizliklerin devamlılığı, ocaktan elde edilecek blokların büyüklüğüne de etki etmektedir

Süreksizlik sistemlerinin ortaya çıkartılabilmesi için süreksizlik takımı sayımı, Kayaç Kalite Göstergesi (Rock Quality Designation) değerlerinin ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Jeoteknik etud ve hantalama, süreksizlik hanta ve analizleri (streeonet ve kontur diyagramları) ile süreksizlik sistemlerine ait eğim ve doğrultular belirlenerek blok veren / vermeyen alanlar ve ocak verimi belirlenir.

4. EMQDS - EXPERT MERMER DİZAYN SİSTEMİ

EMQDS expert systems ailesinin Xi-Plus dilinde yazılmış, mermer işletme yönteminin seçimi ve buna bağlı olarak işgücü, ekipman ve maliyet analizi yapmak için geliştirilmekte olan bir sistemdir. EMQDS, bir kontrol bilgi tabanı (main-knowledgebase) tarafından yönetilen dört alt bilgi tabanına (sub-knowledgebase) sahip çok seviyeli bilgi tabanlarından oluşmaktadır. Sistemin genel yapısı Şekil 1'de gösterilmektedir.

Sahadan elde edilen jeolojik ve jeoteknik veriler birinci alt bilgi tabanına (*Jeolojik ve jeoteknik veri değerlendirme*) aktarılmakta ve burada değerlendirilen bilgiler ikinci bilgi tabanına (*Mermer üretim yöntemi seçimi*) aktarılarak bu alt veri tabanı en uygun mermer üretim yöntemi alternatifleri de beraber kullanıcıya aktarılmaktadır.



Şekil 1. EMQDS'nin Genel Yapısı

Birinci alt bilgi tabanı kullanıcı ile sistem arasında tercüman vazifesi görerek sistem için gerekli bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. İkinci bilgi tabanında ise sistem daha önceden yüklenen bilgiler ışığı altında bir karar verme işini yapmaktadır. Sisteme yüklenen bilgiler kullanılan programın yapısı gereği bir dizi kurallar (rules) şeklinde olmaktadır. Bu kurallar;

```
If <Durum 1>
and <Durum 2>
and <.....>
Then <Sonuç>
```

şeklinde sistemde kodlanarak yüklenmektedir. Buna örnek olarak *mermer üretim yöntemi seçimi* alt bilgi tabanında kullanılan bazı kurallar aşağıdaki şekilde bilgisayara kodlanmıştır.

```
If Kaya Yapısı is "Her tür mermer"
and Çatlak Durumu is "Az çatlaklı"
then Üretim Yöntemi is "Elmas tel kesme yöntemi"
or Üretim Yöntemi is "Helezon tel kesme yöntemi"
```

```
If Kaya Yapısı is "Masif"
and Çatlak Durumu is "Düzenli çatlaklı"
then Üretim Yöntemi is "Delme-Patlatma"
```

Üretim yöntemi belirlendikten sonra *Makina-Ekipman Seçimi* alt bilgi tabanında bu üretim yöntemine bağlı olarak gerekli makina ve ekipman seçimi yapılır. Örnek olarak *Elmas Tel Kesme Yöntemi* seçilmişse, makina ve ekipman listesi sistem tarafından aşağıda basitleştirilmiş şekilde rapor edilir.

Elmas Tel Kesme Yöntemi için Makina ve Ekipmanlar

- O Kompresör (En az 10 KW)
- O Martoperfaratör(1 adet)
- O Martopikör (2 adet)
- O Hidrolik yastık
- O Loder, dozer veya ocağın türüne göre kule veya derinlik vinci
- O Tel kesme makinası
- O En az 60 m. elmas tel
- O Sondaj makinası (Delik delme için) ,
- O Su kaynağı (Su pompası)

Sistem geliştirme safhasında olduğundan, yukarıdaki makina ve ekipmanların kapasite ve model seçimi ilde daha detaylı olarak programlanarak yapılabilmektedir

Makina ve ekipman seçimi yapıldıktan sonra, *İş Gücü Tayini ve Maliyet Analizi* alt bilgi tabanında işçi sayısı ve iş saatleri belirlenerek seçilen yöntemin maliyet analizi yapılır. Seçilen yöntem maliyet açısından uygun görülmediği takdirde alternatif yöntem veya yöntemlerin maliyet analizleri yapılarak nihai karar verilir. Maliyet ve iş gücü tayini için yine elmas tel kesme yönteminin bir kademesi örnek olarak aşağıda verilmiştir (Şekil 2);

Yatay kesim kademesi için (A yüzeyi):

1. Kademe Elmas telin geçeceği deliklerin açılması işlemi;

Gerekli işçi sayısı	2 İşçi
H1 delik uzunluğu	15 m
H2 delik uzunluğu	6m
Delme hızı	35cm/dk
Delme zamanı	1 saat
Ölü zaman	0.30 saat
Toplam süre	1.30 saat
Kompresörün tükettiği yakıt	12.50it/saat

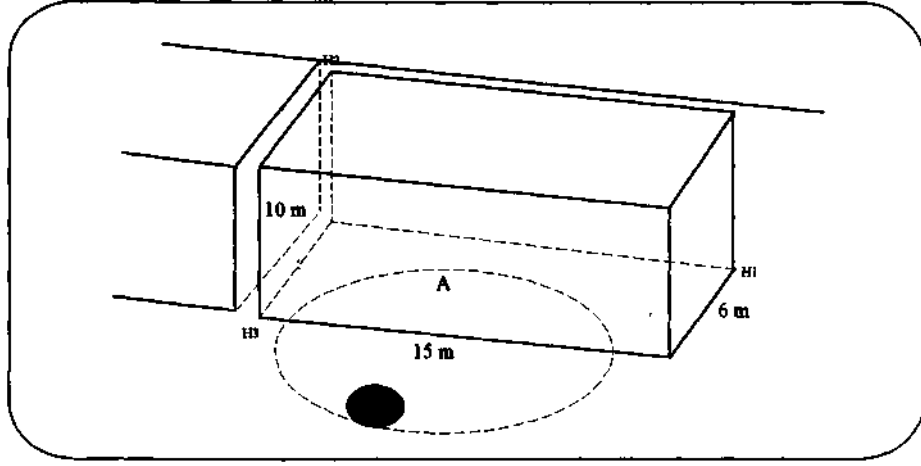
2. Kademe Kesme işlemi;

Gerekli işçi sayısı	2 İşçi
Kesilecek yüzeyin alanı (A)	90 m ²
Kesme hızı	10 m ² /saat
Kesme zamanı	9 saat
Ölü zaman	2 saat
Toplam süre	11 saat
Elektrik sarfiyatı	30kws
Su sarfiyatı	25 lt/dak.

Her yöntem için maliyet analizi ayrıca toplam olarak verilmektedir. Tüm işlemlerin yapılması için gerekli işçi sayısı, toplam elektrik sarfiyatı, toplam yakıt sarfiyatı, toplam süre gibi.

Mermer üretim teknolojisinde çok kullanılan yöntemlerden bazıları için işletme sırasında karşılaşılabilecek sorunları, nedenleri ve çözüm önerileri ile birlikte sistemin içinde verilmesi amaçlanmıştır. Karşılaşılabilecek sorunlar kaynak kitaplardan, ocaklardan elde edilen bilgi ve tecrübelerin ışığı altında hazırlanmıştır. Elmas tel kesme yöntemi için bir örnek aşağıdaki gibidir (Saraçoğlu ve Kibar, 1994);

```
If Sorun is " Tel helozonik şekilde sallaniyorsa"
then Sorun tanımı is "Tel uzunluğu boyunca uyumlu bir titreşim var. "
and Sorunun nedeni is " Titreşim periyodu uzunluğa eşit veya alt katları şeklindedir. "
and Sorunun çözümü is " Sallantı kayboluncaya kadar kesme hızını düşürün ve optimum hıza ulaşana kadar düzenli olarak arttırın. Eğer gerekliyse makinaya göre kasnak pozisyonunu ayarlayın. "
```



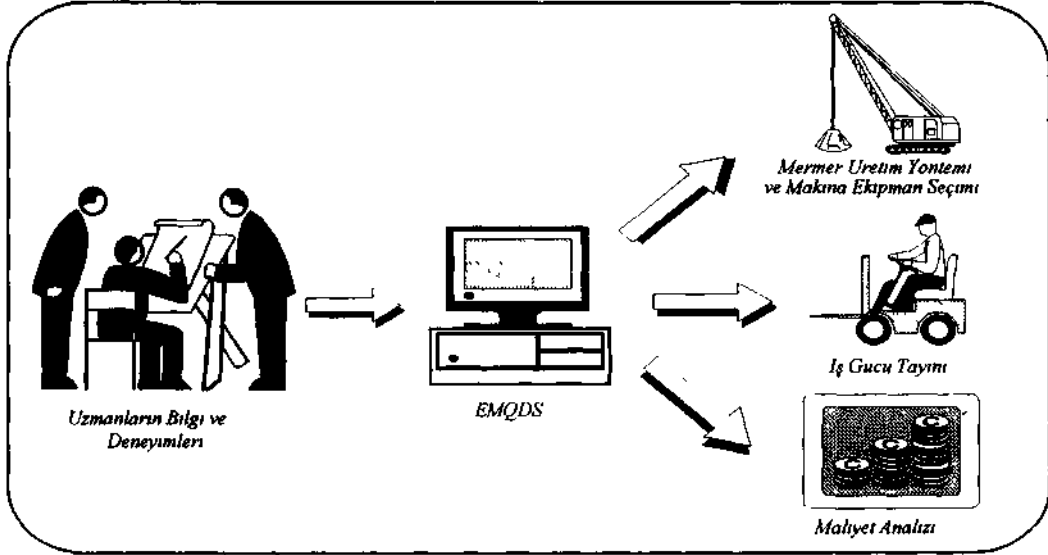
Şekil 2. Elmas Tel Kesme İle Mermer Bloğunun Yatay Kesimi

Sistemin tüm alt bilgi tabanlarında kullanılan kural- lar, uzmanların bilgi ve deneyimlerinden, ülkenin çeşitli kesimlerindeki mermer ocaklarında uygulanan mermer üretim yöntem ve teknolojilerinin incelenme- sinden ve kaynak kitaplardan derlenmiştir (Şekil 3).

5 SONUÇ

Bu sistem, hergeçen gün önem kazanmakta olan mermer madenciliğinde, gerek uygun üretim yönte-

mi ve malana ekipman seçiminde gerekse daha planlı, programlı ve ekonomik bir üretim imkanı elde etmede oldukça yararlı olacaktır. Sistem, aynı zamanda daha büyük mermer bloklar elde etme imkanı sağlayacağından, ocakta venmin artmasında katkı sağlayacaktır. Ocak verimindeki artış mermerin işletme şamasından sonraki aşamalarındaki işlemler üzerinde de olumlu etkisi olacaktır.



Şekil 3 EMQDS'nin Çalışma Prensibi

Sonuç olarak, sistem kullanıcıya aşağıdaki bilgileri aktarmaktadır.

- En uygun mermer üretim yöntemi ve alternatifi
- Seçilen üretim yöntemine bağlı olarak ekipman seçimi
- İş gücü tayini ve işçi sayısının tespiti
- Seçilen yöntemin ve alternatiflerinin maliyet analizleri
- Ocağı optimum işletme planlaması

6. KAYNAKLAR

Denby, B. and Schofield, D. 1991. *Introduction to Expert Systems In The Minerals Industry*. Course Notes. University of Nottingham, England.

Ersoy, H.T. ve Osmanhoğlu, A.E. 1993. *Mermer Ocaklarının Tasarımına Etki Eden Faktörlerin incelenmesi*. Türkiye XIII Madencilik Kongresi, Ankara.

Harmon, P. and King, D. 1985. *Expert Systems. Artificial Intelligence in Business*. John Wiley & Sons, New York.

Kızıl, M.S. and Denby B. 1990. *Geotechnical Risk Assessment Using Expert Systems for Surface Coal Mine Design*. Mine Planning and Equipment Selection, Singhal & Vavra (eds.), Belkema, Rotterdam.

Köse, H. ve Onargan, T. 1992. *Mermer*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, No: 220, İzmir.

Saraçoğlu, M.A. ve Kibar, Y. 1994. *Blok Çıkarma Yöntemleri El Kitabı*, Set Makina Tic. Ltd. Şti. Ankara.

