

KÖMÜR YATAKLARI REZERVİNİN JEOİSTATİSTİKSEL
YÖNTEMLE GLOBAL KESTİRİMİ

Global Estimation of Coal Reserves Using Geostatistics

A.Erhan TERCAN (*)

Anahtar Sözcükler: Kömür Rezervi, Jeoistatistik, Variogram.

ÖZET

Çokgen, üçgen ve kesit gibi geometrik rezerv kestirim yöntemleri, kestirilen değerlerin güvenilirliğine ilişkin bilgiler vermez. Bu makalede global kestirimlerin güvenilirliğini değerlendirebilen jeoistatistiksel bir yöntem tanıtılmış ve Sivas-Kangal-Kalburçayırı kömür yatağı rezervi bu yöntemle global olarak kestirilmiştir. Yöntem, global hata varyanslarının hesaplanmasına dayanmaktadır. Bu amaçla, kalınlık ve kalınlık üzerinde tanımlanmış kalorilik değer, kül ve kükürt için variogramlar hesaplanmış ve modellenmiştir. Bu modeller, global hata varyanslarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Global hata varyanslarına dayanarak kestirim işlemine bağlı güven aralıkları oluşturulmuştur.

ABSTRACT

The geometric methods of global reserve estimation such as polygon, triangular and cross-section do not provide a means of assessing the accuracy of the estimated values. This paper introduces a geostatistical method that measures the accuracy through global estimation variance. The method is applied to the Kalburçayırı coal deposit of Kangal, Sivas. The variograms of thickness and accumulations are estimated and modelled. These models are used in calculating the global error variances that are an essential part in constructing the confidence intervals based on a specific estimator.

(*) Yrd.Doç.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 06532, Beytepe-Ankara

1. GİRİŞ

Rezerv kestirimi, rezervin belirleneceği bölgenin büyüklüğü dikkate alınarak lokal yada global kestirim şeklinde ikiye ayrılır. Lokal kestirim, yatağın bir noktası yada küçük bir bölümünün kestirimi ile sınırlıdır. Global kestirim ise mevcut verilerin yayıldığı bütün bir alanı kapsar ve bu alan içinde rezerv, ortalama kalınlık ve kalorifik değer, kükürt, kül gibi kömür kalite değişkenlerinin ortalamaları kestirilir.

Global rezervler herhangi bir yöntem kullanarak kestirilebilir. Diğer taraftan, global kestirimler, kömür yatağının üretime alınıp alınmayacağına karar vermede oldukça önemli rol oynadığından bu kestirimlerin ne kadar güvenilir olduğunu ifade etmek gerekir. İstatistikte, bir kestirim işleminin güvenilirliği güven aralıkları ile değerlendirilir ve kestirim işlemine bağlı güven aralıkları kestirim hata varyansına dayanarak oluşturulur.

Bu makalenin amacı, global kestirimlere ilişkin hata varyanslarının jeostatistiksel olarak nasıl hesaplanacağını göstermek ve Sivas, Kangal kömür yatağı rezervini jeostatistiksel yöntemle global olarak hesaplamaktır. Bu amaçla, ilk olarak güven aralıkları konusuna değinilmiş daha sonra global değerlerin (rezerv, ortalama kalınlık ve kömür kalite değişkenleri ortalamalarının) kestirimine ilişkin jeostatistiksel yaklaşım tanıtılmış ve yöntem Sivas, Kangal kömür yatağında uygulanmıştır.

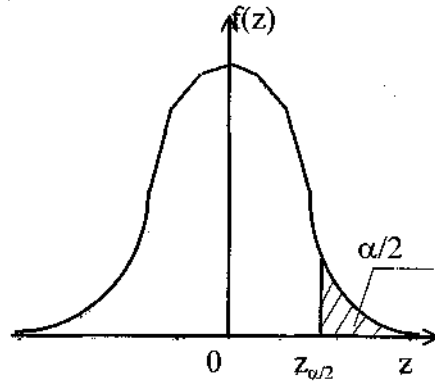
2. GÜVEN ARALIĞI

Güven aralığı, alt ve üst sınır değerlerle tanımlanan bir aralık ve bilinmeyen değer bu aralık içinde bulunma olasılığından ibarettir. Eğer kestirim hataları 0 ortalama ve kestirim

varyansına eşit bir varyansla normal bir dağılım gösteriyorsa, güven aralıkları kestirim işlemine bağlı olarak oluşturulabilir. Bu durumda bilinmeyen bir z değerine ilişkin $\%(1-\alpha)$ 100 güven aralığı, eşitlik (1) ile hesaplanır.

$$\Pr[z^* - z_{\alpha/2} cT_E < z < z^* + z_{\alpha/2} cT_E] = 1 - \alpha \quad (1)$$

Bu eşitlikte, z^* ; kestirilen değeri, cT_E ; kestirim hatası standart sapmasını, α ; güven düzeyini ve $z_{\alpha/2}$ ise normal yoğunluk fonksiyonu eğrisi altında kalan $\alpha/2$ 'lik bir alanı sağa bırakan z değerini göstermektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Normal yoğunluk fonksiyonu

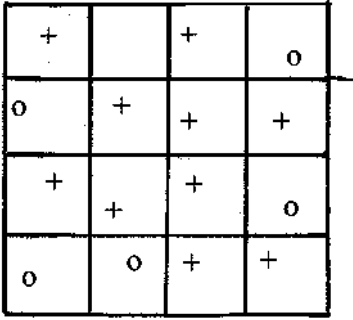
Örneğin, z^* ile kestirilen z gerçek değerine ilişkin %95 güven aralığı, eşitlik (2) ile ifade edilir.

$$\Pr[z^* - 1,96.cT_E < z < z^* + 1,96.cT_E] = 0,95 \quad (2)$$

Bu eşitlik, bilinmeyen z değişkeninin %95 olasılıkla $Z^* - 1,96.cT_E$ alt sınırı ile $z^* + 1,96.cT_E$ üst sınırı arasında bir değer alacağını ifade etmektedir. Eşitlik (2), güven aralığının kestirim hatasına bağlı olduğunu göstermektedir. Eğer kestirilecek değişkene ilişkin variogram fonksiyonu biliniyorsa, hata varyanslarını hesaplamak ve bunları güven aralığı ifadesi içinde kullanmak mümkündür.

3. GLOBAL KESTİRİME JEOİSTATİSTİKSEL YAKLAŞIM

Jeoistatistiksel yöntem, kestirimde kullanılacak temel verinin sondajlardan ibaret olduğunu ve kömür sahasının düzenli olarak dikdörtgen şekilli panolara bölünebileceğini varsayar (Şekil 2). Sondajlar düzenli yada düzensiz aralıklarda yapılmış olabilir. Bununla birlikte panoların hepsi aynı şekil ve büyüklükte olmalı ve her bir panoya mümkün olduğunca bir adet sondaj düşmelidir. Bir panonun optimum alanı, sondajların kapsadığı tüm alanı, sondaj sayısına bölerek elde edilir.



Şekil 2. Kömür sahasının panolara bölünmesi

Panoların kenar uzunlukları ise sondajlar arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak belirlenir. Eğer sondajlar düzenli aralıklarda yapılmışsa, dikdörtgen panoların kenar uzunlukları sondaj aralıklarına eşit olacaktır. Pano uzunluklarına karar verdikten sonra sondaj lokasyonlarını gösteren bir harita üzerinde, kömür yatağı, her birine bir adet sondaj düşecek şekilde dikdörtgen panolara bölünür. Bazı durumlarda, kimi panolar iki yada daha çok bazıları da hiç sondaj içermeyecektir. Eğer pano içine iki yada daha çok (kömür kesen) sondaj düşmüşse, bu panonun ortalama değeri, içindeki sondajların ortalama değerine eşit olacaktır. Hiç sondaj içermeyen panolar, pozitif (kömür kesen) panolarca çevrelenmişse ve bu panolarda kömürün sürekliliği konusunda bir kuşku

yoksa rezervler içine dahil edilebilir (Royle, 1977)

3.1. Rezerv Kestirimi ve Bağlı Hata Varyansı

Global rezervi hesaplamak için üç parametre gereklidir:

- Yatağın kömürlü yüzey alanı, A
- Ortalama kömür kalınlığı, k
- Ortalama kömür yoğunluğu, d.

Bu parametreler bilindiğinde rezerv:

$$R = A \times k \times d \quad (3)$$

ile kestirilir ve bu kestirime ilişkin bağlı hata varyansı:

$$R^2 = A^2 + k^2 + d^2 \quad w$$

ile hesaplanır. Eşitlik (4)'te $\langle j_A^2 I A^2 \rangle$; yüzey alan, $c_A^2 I k^2$; kalınlık ve $c_j I d^2$ ise yoğunluk kestirimine ilişkin bağlı hata varyansını göstermektedir. Genellikle, yoğunlukla ilgili olarak sondajlardan ayrıntılı veri toplanmaz. Bu nedenle rezerv hesabında standart bir yoğunluk değeri alınır ve bu yoğunluğa ilişkin hata varyansının sıfıra eşit olduğu kabul edilir. Bu durumda (4) eşitliği

$$R^2 = A^2 + k^2 \quad P J$$

şeklinde tekrar yazılabilir (Dowd, 1992).

3.1.1. Kömürlü Yüzey Alanının Kestirimi ve Bağlı Hata Varyansı

Kömürlü yüzey alanı:

$$A = n \times l_1 \times l_2 \quad (6)$$

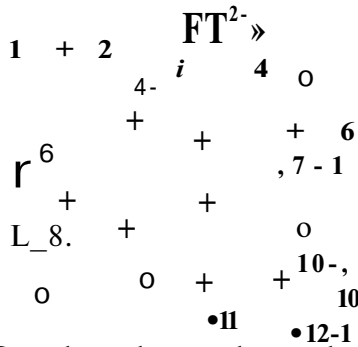
ile kestirilir. Eşitlik (6)'da n ; panoların sayısını, l_1 ve l_2 kenar uzunluklarını göstermektedir. Yüzey kestirimine eşlik eden bağıl hata varyansı:

$$\frac{\sigma_p^2}{n} = \frac{1}{n^2} \left(\frac{N_1}{M} + 0.0609 \frac{N_1}{M^2} \right), \quad N_2 > N_1, \quad (7)$$

ile değerlendirilir (Journel ve Huijbregts, 1978). Eşitlik (7)'de N_1 ve N_2 ; kömürlü yüzeyin en dış çevresindeki panoların birbirine, dik yönlerdeki sayısına eşittir. Örneğin Şekil 2 deki sondajlar için

$$\begin{aligned} 2N_1 &= 10, & N_1 &= 5 \\ 2N_2 &= 12, & N_2 &= 6 \end{aligned}$$

dır (Şekil 3).



Şekil 3. Pano kenarları sayılarının belirlenmesi

3.1.2. Ortalama Kömür Kalınlığının Kestirimi ve Bağıl Hata Varyansı

Kömür yatağının ortalama kalınlığı, sondajlardaki kömür kalınlıklarının aritmetik ortalaması ile kestirilir.

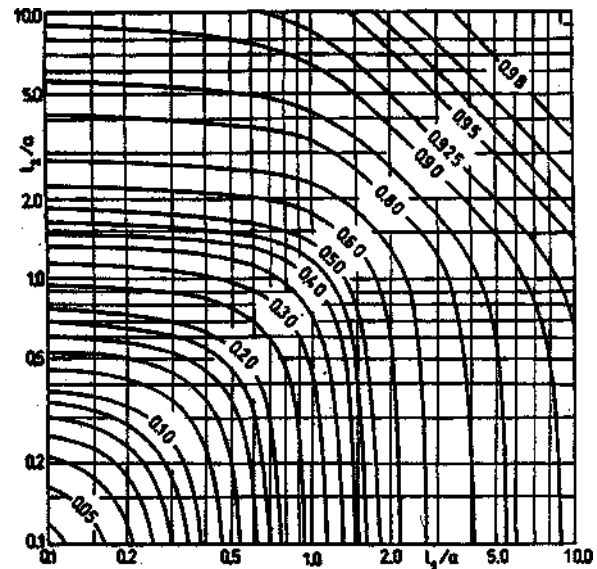
$$k = \frac{\sum z_i}{N} \quad (8)$$

Eşitlik (8)'de N_k ; kömür kesen sondaj sayısını göstermektedir. Ortalama kalınlığın kestirimine ilişkin hata varyansı, tek bir pano

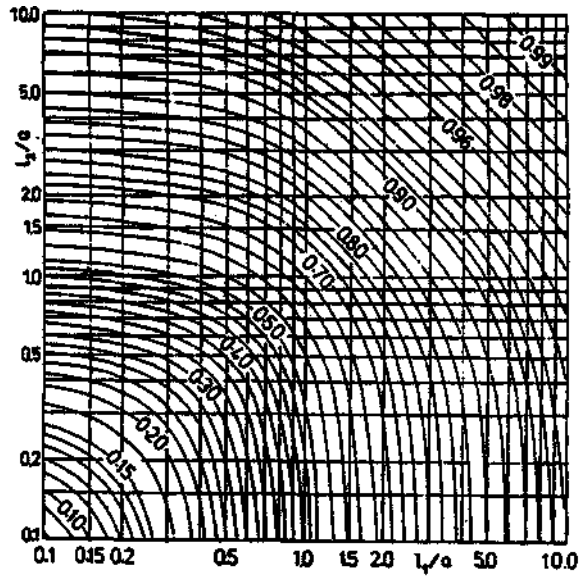
için yapılan hata varyansını, cr_p , toplam pano sayısına bölerek elde edilir.

$$\frac{\sigma_p^2}{n} \quad (9)$$

cr_p nin değeri, sondajın pano içinde işgal ettiği yere, pano kenar uzunluklarına ve variogram modeline bağlıdır. cr_p 'yi bu değişkenlerin bir fonksiyonu olarak analitik bir şekilde ifade etmek mümkündür. Ancak bu tür ifadeler kullanımı zor ve sıkıcı olan ifadelerdir. Bunun yerine daha pratik olan grafikler kullanılır. Bu grafiklerde hata varyansı değerleri pano kenar uzunlukları $l_1/a, l_2/a$ yapısal uzaklık $(l_1/a, l_2/a)$ oranına bağlı olarak verilir. Örneğin, Şekil 4 ve Şekil 5 $C_0=0$ ve $C=1$ parametrelili küresel model için tek bir panoya ilişkin hata varyansı eğrileri göstermektedir. Sondaj, pano merkezinde ise Şekil 4, pano içinde herhangi bir noktada ise Şekil 5 kullanılır. Örneğin, $C_0=2$, $C=8$ ve $a=15$ m parametrelili küresel model ve sondajın merkezde bulunduğu, $l_1=5$ ve $l_2=10$ m kenar uzunluklu bir pano için hata varyansı; aşağıdaki gösterildiği gibi 3,52'dir.



Şekil 4. $C=1$ parametrelili küresel modele ilişkin hata varyansı (sondaj, pano merkezinde)(Dowd, 1992)



Şekil 5. C=1 parametrelili küresel modele ilişkin hata varyansı (sondaj, pano içinde herhangi bir yerde)(Dowd, 1992)

$$\hat{h} = 2 + 8 \cdot T(5/15, 10/15) = 2 + 8(0,19) = 3,52$$

Sondaj, pano içinde herhangi bir lokasyonu işgal etmiş olsaydı $er/ = 2 + 8(0,35) = 4,8$ olurdu. Eğer kömür yatağının sınırları bilinmiyor ve kömür içeren panoların geometrisi ile kestiriliyorsa, bu kestirimden kaynaklanan geometrik hatayı kalınlığın global kestirim hatasına eklemek gerekir. Geometrik hata varyansı:

$$\hat{Var}(h) \quad (10)$$

ile verilir. Bu ifadede $Var(h)$; kalınlığın varyansdır. Bu durumda yatağın ortalama kalınlığına ilişkin hata varyansı

$$\hat{L} = \frac{\hat{L}^2 + \hat{r}^2}{n} \quad (11)$$

eşitliği, bağıl hata varyansı ise $-y$ ile hesaplanır (Journel ve Huijbregts, 1978).

3.1.3. Ortalama Kömür Kalitesinin Kestirimi ve Bağıl Hata Varyansı

Farklı büyüklükte iki kömür örneğinin ortalama kömür kalitesi bunların kalitelerinin ortalamasına eşit değildir. Örneğin, 1 ve 3 m uzunluklu iki kömür örneğinin kalorifik değeri sırasıyla 1200 ve 1800 kcal/kg ise bu ikisinin ortalama kalorifik değeri $(1200+1800)/2=1500$ kcal/kg değil uzunluk ağırlıklı bir ortalama yani $(1 \times 1200 + 3 \times 1800)/(1+3) = 1650$ kcal/kg dır. Dolayısıyla kalorifik değer, kül ve kükürt gibi kömür kalite değişkenleri global kestirimde doğrudan kullanılmazlar bunların yerine kalınlık x kalorifik değer yada kalınlık x kül gibi kalınlık üzerinden tanımlanan değişkenler kullanılır. Bu durumda, herhangi bir kömür kalite değişkeninin ortalaması q , kalınlık üzerinden tanımlanan kalite değişkeninin ortalaması w 'yi ortalama kalınlığa bölerek elde edilir:

$$q = w/k \quad (12)$$

Eşitlik (12)'de $w = \sum_{i=1}^n X_i^w / N$ dir. Ortalama kömür kalitesi bu şekilde kestirildiğinde yapılan hata varyansı :

$$\frac{\sigma_q^2}{q^2} = \frac{\sigma_w^2}{w^2} + \frac{\sigma_k^2}{k^2} - 2 \cdot r \cdot \frac{\sigma_w}{w} \cdot \frac{\sigma_k}{k} \quad (13)$$

ile hesaplanır. Eşitlik (13)'te d_w^f ; kalınlık x kömür kalite değişkenine eşlik eden hata varyansdır ve $er/$, $a \setminus$ 'nin hesaplanmasına benzer tarzda hesaplanır, r ise kalınlık ile kalınlık üzerinde tanımlanan kalite değişkeni arasındaki korelasyon katsayısıdır.

4. SİVAS-KANGAL (KALBURÇAYIRI) KÖMÜR YATAĞI

Değişik jeostatistiksel çalışmalara konu olan (Tercan, 1996-a, 1996-b) bu yatak, iki adet kömür damarı içermekte olup halen

işletilmektedir. Arama ve geliştirme amacı ile sahada MTA, TKİ ve Demir Export tarafından toplam 224 sondaj yapılmış bu sondajlardan 170 tanesi kömür kesmiştir, üst damara ilişkin kömür kalınlığı, kalorifik değer, kül ve kükürt içerikleri bu çalışmada kullanılan verileri oluşturmaktadır. Bu değişkenlere ilişkin istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kalınlık ve Kömür Kalite Değişkenlerine İlişkin İstatistikler

istatistik	k	kxc	kxa	kxs
Veri sayısı	170	164	124	79
Ortalama	7,05	9163	159,7	16,80
Varyans	17,13	4,E+7	7797	76,38
r	1	0,94	0,85	0,91

k; kalınlık, kxc; kalınlık x kalorifik değer, kxa; kalınlık x kül, kxs; kalınlık x kükürt, r; kalınlıkla diğer değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı.

4.1. Variogram Analizi

Kalınlık, kalınlık x kalorilik değer, kalınlık x kül ve kalınlık x kükürt değişkenlerinin ortalama deneysel variogramları hesaplanmış ve uyarlanan modellerle birlikte Şekil 6'da gösterilmiştir. Her bir değişken, küresel variogram modeli ile modellenmiş ve model parametreleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. İncelenen Değişkenlere İlişkin Variogram Model Parametreleri

Parametre	k	kxc	kxa	kxs
C_0	6	1,33e+7	4000	25
C	12	2,63e+7	4000	40
a	1100	1100	1100	1100

Model parametrelerinin belirlenmesinde geri

kestirim tekniği (Tercan ve ark., 1994) kullanılmıştır.

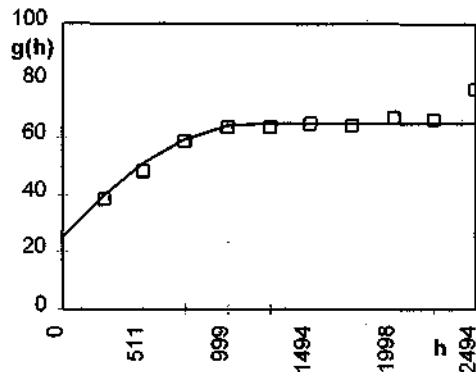
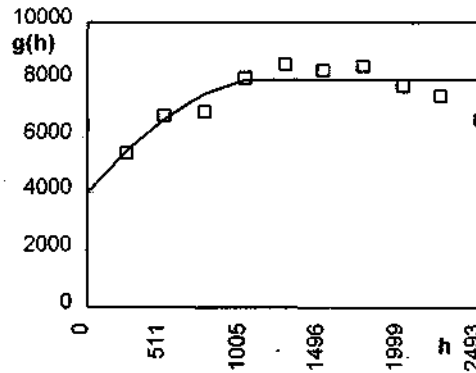
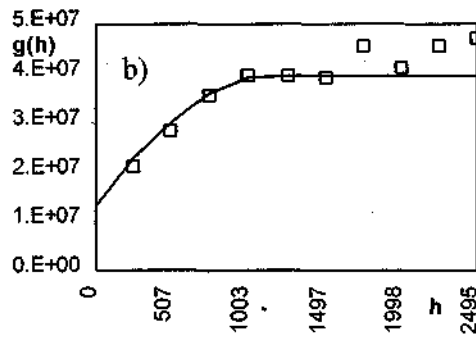
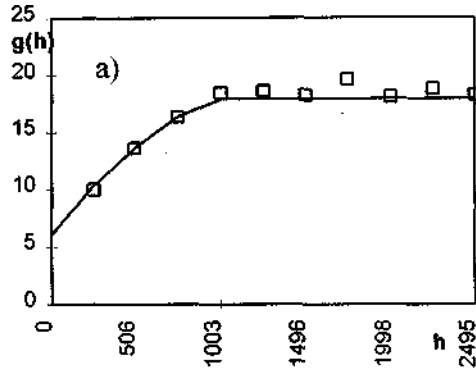
4.2 Kömür Rezervinin Kestirimi

Kömür yatağı, 200x200 m² boyutlarında 159 adet kare panoya bölünmüştür (Şekil 7). Bunlardan üç adet sondaj içeren pano sayısı 2, iki adet içeren 21 ve hiç içermeyenlerin sayısı ise 20 dir.' Sondaj içermeyen panolar genelde pozitif panolarca çevrelediğinden rezerv içine dahil edilmiştir. Birden daha fazla sondaj içeren panolar, şu anda üretimin yapıldığı saha üzerinde bulunmaktadır.

Rezervin kestirilen alanı $A = 159 \times 200 \times 200 = 6360000 \text{ m}^2$ olup $n=159$, $N_2=41$ ve $N_3=38$ değerleri ile bu kestirime eşlik eden bağıl hata varyansı $c_j / A' = 0,000357$ ve standart sapma $a_A = 120182,2$ dir. Dolayısıyla %95 olasılıkla yatağın yüzey alanı $6360000 \pm 235557 \text{ m}^2$ dir. Yatağın kestirilen ortalama kömür kalınlığı $k=7,05$ dir. Bu kestirimin hata varyansı, tek bir pano için yapılan hatanın varyansına, toplam pano sayısına ve geometrik hata varyansına bağlıdır. Şekil 5'den $T(200/1100, 200/1100) = 0,15$ ve kalınlığa ilişkin $C_0=6$ ve $C=12$ değerleri kullanarak $e^2=7,8$ bulunur. Bu değeri toplam pano sayısı $n=159$ 'a bölüp geometrik hata varyansı $(a^2/A^2)Var(k) = 0,00714$ ile toplayarak $af = 0,05619$ elde edilir. Kalınlığın kestirimine ilişkin bağıl hata varyansı ise $af / k^2 = 0,00113$ dir Bu durumda, yatağın ortalama kalınlığı %95 olasılıkla $7,05 \pm 0,46$ dir.

Sahanın üst damar için toplam kömür rezervi $R=6360000 \times 7,05 \times 0,3 = 58289400$ ton ve buna ilişkin bağıl hata varyansı $e^2 / R^2 = 0,00036 + 0,00113 = 0,00148$ ve standart sapma $a_R = 2248249$ dur. %95 olasılıkla sahanın rezervi $58\ 289\ 400 \pm 4\ 406\ 567$ ton dur.

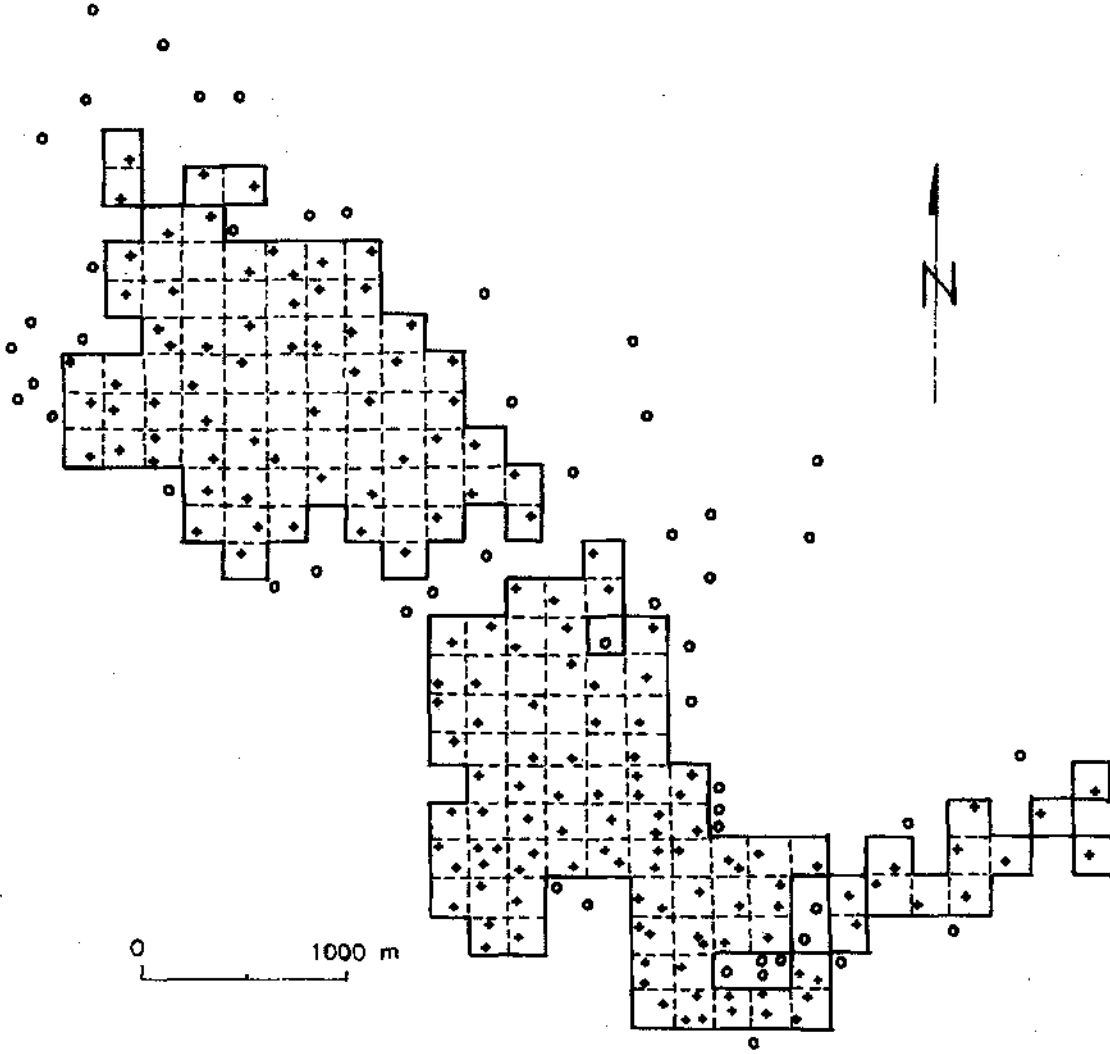
43 Kömür Kalitesinin Kestirimi



Şekil 6. Deneysel ve model variogramlar. a) kalınlık, b) kalınlık x kalorifik değer, c) kalınlık x kül, d) kalınlık x kükürt.

Kömür yatağının kestirilen ortalama kalorifik değeri $9163/7,05=1299,7$ kcal/kg, kül içeriği $159,7/7,05= \%22,65$ ve kükürt içeriği $16,80/7,05= \%2,38$ % dır. Bu kestirimlere ilişkin bağıl hata varyansı her bir değişkenin kalınlık üzerinden tanımlanan değişkeni için hata varyansının hesaplanmasını gerektirir. Bu varyanslar, kalınlığa ilişkin hata varyansının hesaplanmasına benzer bir tarzda ancak farklı C_0 ve C değerleri kullanarak hesaplanır. Örneğin, kalınlık x kül değişkeni için hata varyansı $al = (4000+4000 \times 0,15)/159+2,856=31,79$ dur. Benzer şekilde bu varyans, kalınlık x kalorifik değer için 122693, kalınlık x kükürt için 0,218 dir. Bağıl hata varyansı, $al / I w'$, ise kalınlık x kalorifik değer, kalınlık x kül ve kalınlık x kükürt için sırasıyla 0,00146, 0,00125 ve 0,00077 dir. Kömür yatağının kestirilen ortalama değerlerine ilişkin bağıl hata varyansları, $a' / I q^2$, eşitlik (13)'ü dikkate alarak kalorifik değer, kül ve kükürt içeriği için sırasıyla 0,00017, 0,00035 ve 0,00020 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla %95 olasılıkla yatağın ortalama kalorifik değeri $1299,7 \pm 33,21$ kcal/kg, kül içeriği $22,65 \pm 0,83$ % ve kükürt içeriği $2,38 \pm 0,07$ % dir. Tüm bu kestirim değerleri ve karşılık gelen %95 güven sınırları Çizelge 3'de topluca verilmiştir. Çizelge 3'deki son sütun, güven sınırlarını kestirim değerinin %'si olarak vermektedir ve global kestirimlere ilişkin güven aralıklarını karşılaştırma olanağı sağlar.

Güven aralıklarının karşılaştırılması, aralığın genişliğine (alt ve üst sınır değerler arasındaki farka) göre yapılır. Güven aralıklarının genişliği, kestirilen değişkenin kısa mesafedeki uzaklığa bağlı davranışı ile yakından ilişkilidir. Bu davranış variogram modelinde $C_0 / (C_0 + C)$ oranı ile karakterize edilir. Değişken, kısa mesafede ani değişiklik gösteriyorsa $C_0 / (C_0 + C)$ oranı yükselir ve buna bağlı olarak güven



Şekil 7. Kömür yatağının panolara ayrılması

Çizelge 3. Kangal(Kalburçayırı) Kömür Yatağı Üst Damar Global Kestirim Değerleri ve %95 Güven Sınırları

	Kestirim Değeri	%95 Güven Sınırları \pm	Kestirim Değerinin (%)
Rezerv	58289400	4406567	7,55
Yüzey Alan	6360000	235557	3,70
Kalınlık	7,05	0,46	6,52
KalorifikD	1299,7	33,21	2,55
Kül	22,65	0,83	3,67
Kükürt	2,38	0,07	2,77

aralıkları genişler(Tercan, 1993). Örneğin küle ilişkin güven aralığının kalorilik değer ve kükürt'e ilişkin aralıklardan daha geniş çıkmasının bir nedeni kül değişkeni için bu oranın , kalorifik değer ve kükürt'e göre daha yüksek olmasıdır. Gerçekten, kalınlık üzerinden tanımlanan kül, kalorifik değer ve kükürt için bu oran sırasıyla 0,5, 0,35 ve 0,38 dir. Kül'e ilişkin geniş güven aralığının bir nedeni de bu değişkenle kalınlık arasındaki korelasyon katsayısının düşük olmasıdır

Rezerve ilişkin güven aralığı, diğerlerine göre daha geniştir. Bunun nedeni kalınlıktaki geniş aralığın rezerv kestirimine de taşınmasıdır.

5. SONUÇLAR

Rezervin global kestirimine ilişkin jeoistatistiksel yöntem, kestirimin kalitesini güven aralıkları ile değerlendirir. Güven aralıkları ise hata varyanslarına dayanarak oluşturulur. Bu aralıklar, kestirilen rezervi sınıflandırmak ve yatağın üretime alınıp alınmayacağına karar vermek amacıyla kullanılabilir. Kangal (Kalburçayırı) kömür yatağında yapılan global kestirimler farklı genişlikte güven aralıkları vermelerine rağmen görünür rezerv sınırı içinde kalmaktadır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, YDABÇAG-492 nolu proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Dowd, P.A., 1992; "Basic Geostatistics for the Mining Industry", The University of Leeds, 1992, s. 226.

Journel, A.G., Huijbregts, Ch., 1978; "Mining Geostatistics", Academic Press, London, 600s.

Royle, A.G., 1977; "Global Estimates of Ore Reserves", IMM, Mining Industry, Section A, 1, 16.A9-A17.

Tercan, A.E., 1993; "Nonparametric Methods for Estimating Conditional Distributions and Local Confidence Intervals", Ph.D. Thesis, The University of Leeds, 156 s.

Tercan, A.E., Kulaksız, S. ve Şentürk, A., 1994; "Tülovası Borat Yatağı Rezervinin Jeostatistiksel Kestirimi", Madencilik, Haziran, 2, s. 19-24.

Tercan, A.E., 1996-a; "Maden Yatakları Sınır Belirsizliğinin İndikatör Kriging ile Değerlendirilmesi ve Sivas-Kangal-Kalburçayırı Kömür Yatağında Bir Uygulama", Madencilik, Aralık, 4, s. 3-11.

Tercan, A.E., 1996-b; "Jeoistatistiksel Yöntemle Sivas, Kangal Kömür Yatağında Optimum Sondaj Lokasyonlarının Belirlenmesi", 10. Türkiye Kömür Kongresi. Mayıs, Zonguldak, s. 245-301.

Mining Engineer/Geologist

Maptek is currently seeking a professional with experience in the resource industry to join their expanding European team. Maptek specialises in 3 D modelling software for the resource, environmental and defense industries. Maptek in the UK serves our customers in Europe, North Africa & the Middle East.

Initially based in Nottingham, the position involves working in a small, fast paced team on sales, marketing, training and support for our premier software product, VULCAN. The successful candidate will focus on our business in Turkey and the Middle East with the intention of establishing an office in the region.

Applicants will be enthusiastic mining professionals with experience of computer applications within the industry. We require fluency in European and Middle Eastern Languages.

Candidates must have a flexible approach to problem solving, good communication skills and have some management experience.

Remuneration will be commensurate with experience.



M A P T E K

Please forward your CV to:

Dr. G. Hunter

MAPTEK/KRJA Systems Ltd.

Springfield House, Hucknall Lane, Bulwell

Nottingham, NG6 8AJ, UK

Tel: + 44 (0) 115 975 3300

Fax: + 44 (0) 115 975 4400

Email: info@maptek.co.uk

<http://www.maptek.com>