

Sondaj Sempozyumu'96 , İzmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

Tahmin Varyansı Yardımıyla Sondaj Stratejisinin Belirlenmesi

Development of Drilling Strategy With the Aid of Estimation Variance

E.Yalçın

DEÜMükFak. Maden Mühendisliği Bölümü Bornova/İZMİR

ÖZET: Kömür yataklarında rezerv tahmin ve sınır tesbiti amacıyla mevcut sondajlara ilave olarak yeni sondaj larm açılması gerekebilir. Yapılacak yeni sondaj sayısının ve yerlerinin tesbitinde Jeostatistiğin önemli parametrelerinden birisi olan "*Tahmin Varyansı*"ndan yararlanılmaktadır.

Bu çalışmada, tahmin varyansının azaltılması amacıyla yapılması gereken ilave sondaj stratejisinin belirlenmesindeki safhalar örneklerle açıklanmaktadır.

ABSTRACT: The opening of new drill holes may be required to estimate the coal reserve and to find out the border line. The one of the important parameters of geoistatistics, estimation variance, is used to determine the number and location of new drill holes.

In this study, the steps followed in the development of drilling strategy are explained on the example.

1. GİRİŞ

Kömür yatakları için yapılan rezerv hesaplarında, sahada açılan sondajların kestiği kömür kalınlıkları kullanılmaktadır. Eldeki mevcut verilerin yetersiz olması durumunda veya sahadaki kömür daman uzanımının sınırlarının tesbiti amacıyla ilave sondajların açılması gerekebilmektedir.

Açılacak olan ilave sondajların sayısının ve yerlerinin tesbiti genellikle rastgele olarak seçilmektedir. Arazide yapılan sondaj maliyeti çok yüksek olduğu için, açılacak sondaj

sayısının ve yerlerinin tesbitinde jeostatistiğin önemli bir parametrelerisi olan "*Tahmin Varyansı*"ndan faydanılabilir.

Tahmin varyansı, yapılan tahminin güvenilirliğini gösteren bir parametredir. Tahmin varyansının büyüklüğü tahmini yapılan değişkenin karakteristiğine, tahmin, yapılan blokun büyüklüğüne, sondaj noktaları arasındaki ve sondaj noktalan ile blok merkezi arasındaki uzaklığa ve kullanılan tahmin metoduna bağlıdır. Tahmin varyansı, rezerv tarımının doğruluğunu ölçmesinin yanısıra, optimum sondaj stratejisinin belirlenmesi için de

kullanılabilir.

Bu makalenin amacı, tahmin varyansının azaltılması amacıyla yapılması gereken ilave sondaj stratejisinin belirlenmesindeki safhaları ve işlemleri örnek bir yatak üzerinde izah etmektir.

2. TAHMİN VARYANSI

Jeostatistiksel yöntem ile kömür rezerv hesaplanmasında saha, bloklara ayrılır ve blokların kömür kalınlık tahminleri yapılır. Tahmin edilen kalınlık ile gerçek kalınlık arasındaki farkın varyansı "*Tahmin Varyansı*" olarak adlandırılır. Tahmin varyansı, bilinmeyen kalınlığın tahmininde güven sınırlarının belirlenmesini sağlar (Kim, 1981; Journé ve Huijbregth, 1978).

Tahmin varyansının büyüklüğü aşağıdaki faktörlere bağlıdır (Lonergon, 1981; Armstrong ve Compigny, 1989; Murphy, 1993).

- Cevher mineralleşmesinin karakteristiği,
- Blok boyutu ve şekli,
- Tahminde kullanılan numune sayısı,
- Numunelerin blok merkezine göre pozisyonları,
- Kullanılan tahmin metodu.

3. SONDAJ STRATEJİSİNDE TAHMİN VARYANSININ KULLANILMASI

Tahmin edilen kalınlık için güven aralığının daraltılması ve sondaj lokasyonlarının belirlenmesi için tahmin varyansı kullanılmaktadır.

Tahmin varyansı ile optimum sondaj stratejisinin belirlenmesi sırasında, sondajlardan

elde edilen variogram modelinin doğru olduğu ve sonraki sondajlardan elde edilecek değerler ile değişmediği varsayımı yapılmaktadır (Kim, 1982; Bideaux, 1990).

Yöntemde takip edilen safhalar aşağıda verilmiştir:

1. Safha: Sahadan elde edilen mevcut bilgiler ile kömür kalınlıklarının istatistiki analizi yapılmakta ve ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmaktadır.

2. Safha: Mevcut sondaj sonuçları ile kalınlık variogram modeli çizilmekte ve variogram parametreleri olan Sill, Nugget ve etki mesafesi değerleri bulunmaktadır.

3. Safha: Saha bloklara bölünmekte ve blok kömür kalınlıkları, variogram parametre değerleri kullanılarak kriging yöntemi ile tahmin edilmektedir.

4. Safha: Tahmin edilen kalınlıklar harita üzerinde bloklara işlenmekte ve eşkalınlık eğrileri çizilmektedir. Üç farklı eşkalınlık eğri haritası hazırlanmaktadır. Bunlar;

- Her blok için tahmin edilen ortalama kalınlık ve kalınlık varyans haritası,
- Ortalama kalınlık + 2 standart sapma haritası (%95 güven katsayısında üst sınır değerleri),
- Kriging standart sapma haritası.

5. Safha: Hazırlanan 3 ayrı eşkalınlık haritası detaylı olarak incelendikten sonra; a) Yüksek kömür kalınlığına sahip, b) ve/veya yüksek kriging varyansı nedeniyle belirsizliklerin olduğu, c) ve/veya %95 güven katsayısına göre yüksek üst sınır değerlerine sahip bölgeler tesbit edilir. Bu bölgelerde ilave sondajların açılması, belirsizliklerin azalmasını ve tahmin varyansını

azaltarak yapılan rezerv tahmininin doğruluğunun artmasını sağlamaktadır.

6. Safha: Tesbit edilen bölgelerin hangi noktalarında ve kaç tane sondaj yapılacağına karar verilir. Bu safhada, sondaj noktaları ve sayıları için alternatifler hazırlanır ve herbir alternatif için bu noktalara tekabül eden kalınlık değerleri sondaj değeri olarak alınarak ortalama tahmin varyansları hesaplanır. En az sayıda sondaj ile en düşük tahmin varyansını veren alternatif, optimum olarak kabul edilir.

Aynı yöntem, kömür veya cevherin değişik parametreleri (kükürt, kül, nem vb.) için de uygulanabilir.

Aşağıda verilen örnek uygulama yönteminin safhalarını izah etmek amacıyla literatürden aktarılmıştır.

3.1 Örnek Uygulama

Örnek sahada kömür kalınlık değerleri içeren 123 sondaj bulunmaktadır. Sahada, 26 ilave sondajın açılması düşünülmekte ve herbir sondajın maliyetinin 10.000 \$ olduğu tahmin edilmektedir, ilave sondaj açmanın 2 nedeni vardır. Bunlardan ilki, tahmin edilen rezervin doğruluk derecesini artırmak için tahmin varyansını azaltmak, ikincisi ise, kömürün içerdiği kükürütün bölgelere göre değişkenliğini belirlemektir. Sahaya ait mevcut sondaj sonuçlarına göre elde edilen istatistiksel bilgiler ve variogram analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Kükürt için elde edilen variogram parametreleri kullanılarak, saha 1000x1000 ft'lik bloklara bölünmüş ve herbir blokun sülfür içeriği Kriging yöntemiyle tahmin edilmiştir. Elde edilen kükürt yüzdeleri plan üzerinde bloklara işlenmiş ve Safha 5'de belirtilen

işlemler yapılmıştır.

Sülfür için sınır tenor %3 olarak kabul edilmiştir. 25 sondajdan oluşan 2 ayrı sondaj alternatifi ile 26 sondajlı şirket alternatifi için hesaplanan tahmin varyanslarının karşılaştırılması Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. İstatistiksel ve Variogram Analiz Sonuçları

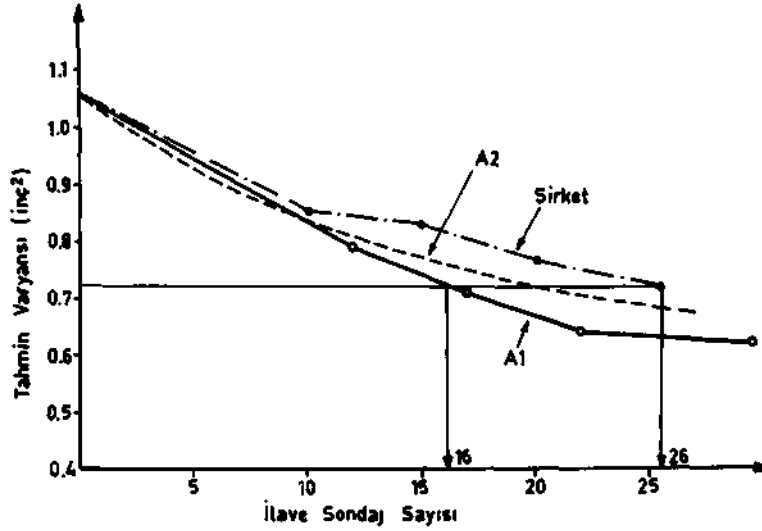
	Kalınlık	Kükürt
Numune Sayısı	123	112
Ortalama	51,02"	% 2,7
Std. Sapma	11,56"	% 1,17
Sili Değeri (C)	95 in ²	1,16%*
Külçe Değeri (C ₀)	10,0 in'	0,2 % ²
Etki Mesafesi (a)	8000 ft	6600 ft

Şekilde görüldüğü gibi, sadece kömür rezerv tahmininde güven aralığındaki azalma (tahmin varyansı) gözönüne alınırsa Alternatif 1 en iyi sonucu, şirket alternatifi ise en kötü sonucu vermektedir. Şirket alternatifinde 26 sondajla ulaşılan azalma miktarına, Alternatif 1'de 16 sondaj ile ulaşılmakta ve 100.000 \$ tasarruf sağlanmaktadır.

Çizelge 2'de, Alternatif 1'e göre açılacak ilave sondajlar ile tahmin varyansındaki azalma miktarları verilmektedir.

Çizelge 2. Alternatif 1 ile Elde Edilen Tahmin Varyansları

ilave Sondaj	Tahmin Varyansı	% Azalma
Mevcut	1,0623	0
7	0,9085	14,5
12	0,7941	25,2
17	0,7138	32,8
22	0,6461	39,2
25	0,6359	40,1



Şekil 1. Üç değişik alternatif için tahmin varyansları

Kömür sahasının alanı $968,12 \times 10^6$ ft² olarak bulunmuştur. Kömür yoğunluğunu 25 ft³/ton ve ortalama kalınlığı 51,02 inç olarak Çizelge 2'deki tahmin varyansları, kömür kalınlık güven aralığına dönüştürülebilir.

$$\text{Rezerv tahmini} = \frac{968,12 \times 10^6}{25} \times \frac{51,02}{12} = 164,6 \times 10^6 \text{ ton}$$

olarak hesaplanmıştır. 1,0623 inç² tahmin varyansında %95 güven katsayısında güven aralığı;

$$= \pm \frac{1,96 \times 968,12 \times 10^6 \times \sqrt{1,0623}}{25 \times 12} = \pm 6,519 \times 10^6 \text{ ton}$$

olarak bulunur. Bu değer toplam tonaj oranına göre, tahmin edilen rezervdeki güven aralık yüzdelerini vermektedir.

$$= \frac{\pm 6,519 \times 10^6}{164,6 \times 10^6} \times 100 = \pm \% 4,0$$

Özet olarak, sahadaki rezerv $164,6 \times 10^6 \pm 6,519 \times 10^6$ Ton ($164,6 \times 10^6 \pm \%4$) olarak bulunmuştur. Benzer hesaplamalar, diğer tahmin varyansları içinde yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir.

4. SONUÇ

Tahmin varyansı, ilave sondaj stratejisinin belirlenmesinde kullanılan önemli parametrelerden birisidir. Tahmin varyansı, ilave edilen her sondaj ile, yapılan tahminlerdeki belirsizlikteki azalma miktarının tesbit edilmesine yardımcı olur ve sondaj maliyetinin azalmasını sağlar. Ayrıca sondaj lokasyonlarının belirlenmesinde de kullanılabilir.

Çizelge 3. İlave Sondaj Sayısının Rezerv
Tahmin Hatasına Etkisi

ilave Sondaj Sayısı	% 95 Güven Aralığı	Güven Aralık Yüzdesi (±)	% Azalma
0	6.519x10*	4.0	0
7	6.029x10 ⁶	3.7	7.5
12	5.637x10 ⁶	3.4	13.5
17	5.345x10 ⁶	3.2	18.0
22	5.112x10 ⁶	3.1	21.6
25	5.044x10 ⁶	3.1	22.6

KAYNAKLAR

- Kim, Y.C., 1981, *The Role of Estimation Variance in Drilling Strategy Development*, App. of Geo. to Coal Resource Charac. and Mine Plan., ed., Manag. Eng. Inc., U.S. Dep. of Energy, DE82 007882, s. B.1B14.
- Jornel, A.G. ve Huijbregts, C.J., 1978, *Mining Geostatistics*, Academic Press, London, 600s.
- Lonergon, J.E., 1981, *Development Variogram Models of Thickness and Ash Values for the Lucerno No 8 Coal Deposit: A Case Study*, App. of Geo. to Coal Resource Charac. and Mine Plan., ed., Manag. Eng. Inc., U.S. Dep. of Energy, DE82 007882, s. A.1A35.
- Armstrong, M., 1984, *Using Geostatistics to Predict the Characteristics of Washed Coal*, Min. Eng., Vol 36, April, s. 369373.
- Murphy, T.D. ve Brown, K.E., 1993, *Combining Geostatistics and Simulation to Predict Sulphur at a Central Illinois Coal Mine*, Min. Eng., March, s. 284287.
- Bideaux, R.A., 1990, *Ore Reserve Estimation*, Surface Mining, 2. Edition, Soc. for Min., Metal, and Explo. Inc., Colorado, U.S.A., s. 287392.

