

BİR KROM YATAĞINDA JEOİSTATİSTİKSEL YAPININ VARIÖGRAMLARLA BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF GEOSTATISTICAL STRUCTURE IN A CHROMIUM DEPOSIT THROUGH VARJOGRAMS

A.E TERCAN

Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Beytepe 06532 Ankara

A KÖSE

Eubank Genel Müdürlüğü, Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı. Sıhhiye Ankara

ÖZET Vanogram fonksiyonu, bir maden yatağının jeoistadstiksel değerlendirilmesinde iki amaçla kullanılır. 1) Jeoistatistiksel yapının belirlenmesinde, 2) örneklenmemiş noktalardaki bilinmeyen değerlerin krigingle kestirilmesinde. Vanogram fonksiyonunun kestirim amacı ile kullanımı, geniş bir uygulama alanı bulmuşken, yatağın jeoistatistiksel yapısının ortaya çıkarılması ve bununla ilişkili jeolojik yorumlamasına çok az önem verilmiştir. Bu makalenin amacı bir krom yatağında jeoistatistiksel yapının ne kadar iyi bilindiğini göstermek ve bu yapıyla jeolojik bulguları ilişkilendirmektir

ABSTRACT- The objective of using the variogram function in evaluating an ore deposit is twofold' to determine the geostatistical structure and to estimate an unknown value at an unsampled location by kriging. Little attention has been given to identification of the geostatistical structure and to the relationship between geological interpretation and this structure despite the wide range use of the variogram function in geostatistical estimation. The purpose of this paper is to show how well known the structure is for a particular chromium deposit and to connect this structure with geological findings.

1.GİRİŞ

Bir maden yatağının x noktasındaki tenor değerini $z(x)$, bu noktadan h kadar mesafedeki tenor değerim $z(x+h)$ ile gösterelim. Ayrıca, tenor değerleri arasındaki fark $f(h)=z(x)-z(x+h)$ olsun. Bu fark h uzaklığının bir fonksiyonu olup, $f(h)$ nm modellenmesi rezerv hesaplama yöntemlerinde büyük bir önem taşır. Örneğin, poligon, üçgen ve kesit gibi geometrik rezerv hesaplama yöntemleri, ilgili kestirim alan (poligon, üçgen ve kesit) içinde tenor değerlerinin değişmediği, dolayısıyla tenor değerleri arasındaki farkın, h uzaklığı ne olursa olsun, sifira eşit olduğunu varsayar. Ancak bu gerçekçi bir varsayım değildir ve tenor değerleri arasındaki farkın bunlar arasındaki uzaklık arttıkça artması, azaldıkça azalması beklenir. Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemi, bu beklentiye dayanarak $f(h)$ 'mn h'ya eşit olduğunu varsayar ancak bu yöntem, $f(h)=h$ ilişkisinin hemen her türlü maden yatağına uygulanabileceğini kabul eder. Gerçekte uzaklığa bağlı ilişki aynı bir yatak içinde bile yöne göre değişiklik gösterebilir (Tercan, 1994 .Tercan, 19%)

Tenor dağarlenndeki farkların uzaklığa bağlı bir modelinin oluşturulmasında en gerçekçi yaklaşım, ilgili yatağın verilerini kullanan ve yatağın özelliklerini yansıtan bir yaklaşımdır. Jeostatistik bu türden bir yaklaşımdır ve jeostatistikte tenor değerlenndeki farkların uzaklığa bağlı değişimi variogram fonksiyonları ile modellenir. Variogram fonksiyonu birbirinden h uzaklığı ile ayrılmış iki tenor değeri arasındaki farkın varyansı şeklinde tanımlanır:

$$2\gamma(h)=\text{Var}[Z(x)-Z(x+h)] \quad (1)$$

Pratikte vanogram fonksiyonunun değerleri

$$2\gamma(h)=\frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i)-z(x_i+h)]^2 \quad (2)$$

ile kestirilir. Burada, $N(h)$, h uzaklığındaki variogram değerini hesaplamak için kullanılan veri çifti sayısıdır.

Vanogram fonksiyonu daha sonra örneklenmemiş bir noktadaki bilinmeyen tenor değerinin kriging

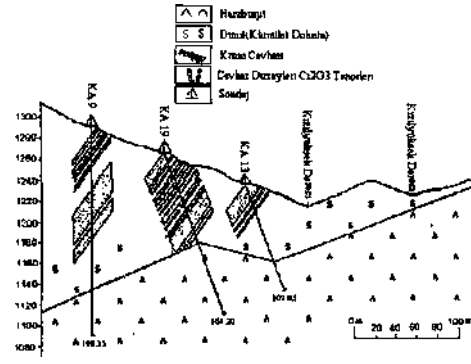
\ önlem i ile kestiriminde kullanılır. Bu fonksiyon gerçekte jeoistatistiksel kestirimde kullanıldığından çok daha fazla bilgi içerir. Örneğin, variogram fonksiyonu ile yatağın jeolojik özellikleri arasında doğrudan ilişkiler kurmak mümkündür. Çünkü bir maden yatağının jeoistatistiksel yapısını yatak içindeki tenör değerlerinin dağılımı belirler ve gerçekte bu dağılımı çeşitli jeolojik süreçler kontrol eder. Variogram fonksiyonunun kestirim amacı ile kullanımı geniş bir uygulama alanı bulmuşken, bir yatağın jeoistatistiksel yapısının ortaya çıkarılması ve bununla ilişkili jeolojik yorumlamasına çok az önem verilmiştir. Bu makalenin amacı Kızılyüksek-Yataardıç krom yatağında jeoistatistiksel yapının ne kadar iyi bilindiğini göstermek ve bu yapıyla jeolojik bulguları ilişkilendirmektir. Bu amaçla karot örnekleri dikkate alınmış ve bu verilere dayanarak ortalama variogramla yatağın jeoistatistiksel yapısı ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra bu yapı ile yatağın jeolojik yapısı ilişkilendirilmiştir. Nihai olarak jeoistatistiksel yapı üzerinde en etkili olan sondajlar belirlenmiş ve bu sondajlardaki tenör değişimleri ile variogramların davranışı arasında ilişkiler kurulmuştur.

2. KIZILYÜKSEK-YATAARDIÇ KROM YATAĞI

Maden sahası, Adana ili Karsantı nahiyesi Darıkk köyünün 2.5 km KB'sında bulunmaktadır. Ruhsat sahasında yer alan cevherleşme tamamen dunitler i* ersinde bantlı ve dissémine tiptedir. Şekil 1 yatağın KD yönündeki düşey bir kesitini göstermektedir. Sahanın kuzeyinde ve harzburjit sınırına yakın yerlerde birkaç metre ile başlayan cevherleşme sahanın güneyine doğru gittikçe kalınlaşmakta bazı yerlerde zon kalınlığı 250 metreyi geçmektedir. Dissémine cevherleşmenin arasında düzensiz aralıklarla bantlı cevherleşmeler görülmektedir. Bu da düşey yönde düzensiz de olsa bir zonlaşmanın olduğunu göstermektedir (Akın,1987).

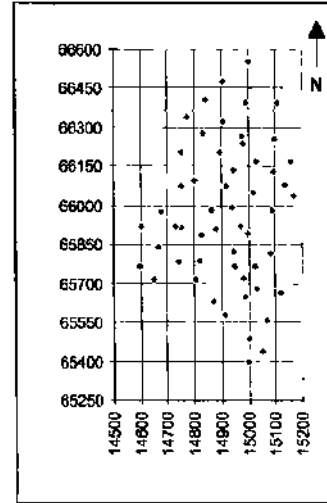
V VLRH.hR

Sahada amma ve geliştirme amacı ile MTA ve liiklık tarafından toplam 54 adet sondaj yapılmış ve bu sondajlardan krom tenörünü belirlemek amacı ile değişen uzunlukta karot örnekleri iljurmıştır. Çoğunluğu dik olarak yapılan sondajların saha üzerindeki yerleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Kızılyüksek-Yataardıç krom yatağı düşey kesiti (Akın, 1987)

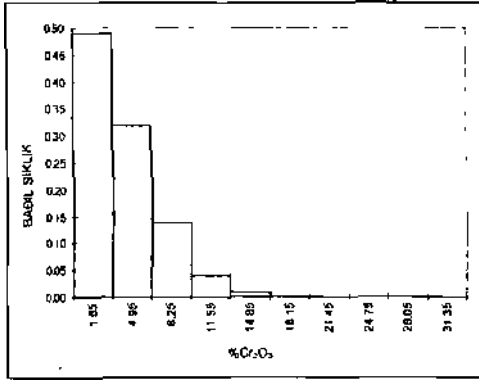
Jeoistatistik, aynı büyüklükteki örnekler üzerinde çalıştığından (Tercan, 1994) değişen uzunluktaki karot örnekleri, herbiri 3 metre olan eşit uzunluklu karot örneklerine dönüştürülmüştür. Eşitleme işlemi 3516 adet karot örneği vermiştir. Şekil 3, bu örneklerin %Cr₂O₃ içeriklerinin histogramını göstermektedir.



Şekil 2: Sondajların saha üzerindeki yerleri

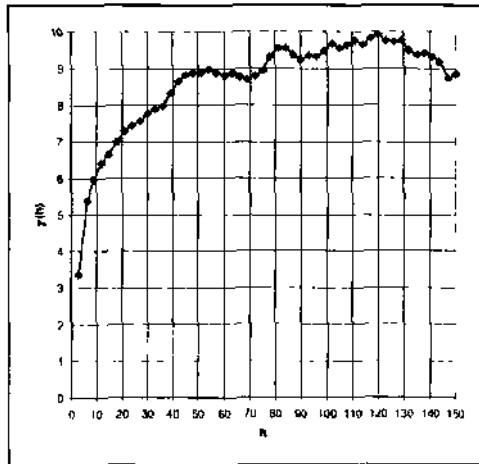
4. ORTALAMA DÜŞEY VARIOGRAM

3516 adet veri kullanılarak düşey yöndeki (sondajlar boyunca) ortalama variogram hesaplanmış ve Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 3: %Cr₂O₃ içerikleri histogramı

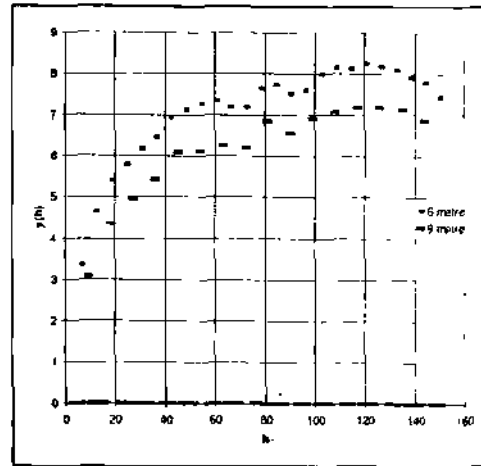
Halama variogram ilk üç deneysel noktaya kadar (10 m) hızlı bir şekilde artmakta; bundan sonra artış hızı düşmektedir. Benzer bir düşüş 45 m civarında gözlenmektedir. Ortalama variogram sili değerine 100 m civarında ulaşmaktadır.



Şekil 4: 3m için düşey yöndeki ortalama variogram

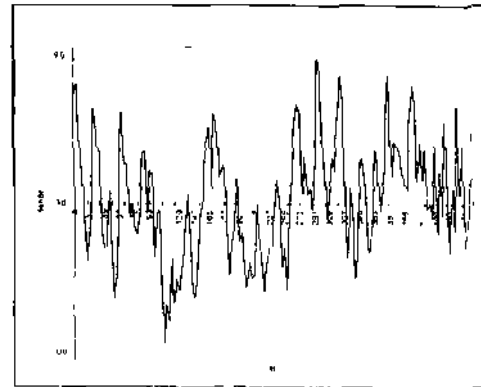
10, 45, 100 m civarında gözlenen yapılar, karotların 3 metrelik eşil uzunluklu örnekler dönüşürülmesinin bir sonucu olabilir. Bunun kontrolü için eşit uzunluklu tıklandırma işlemi 6 ve 9 m için gerçekleştirilmiş ve bu eşit uzunluklu karotlar için ortalama variogram hesaplanmıştır (Şekil 5). 3 inçlik örneklerin sergilediği yapılar 6 ve 9 metrelik örnekler içinde gözlenmektedir. Dolayısıyla bu yapılar yapay olmayıp yalağın o/ünlölü \apışından kaynaklanmaktadır. Yalağın düşey yöndeki /onlu yapısı ile -ortalama

variogramda görülen yuvalı yapılar arasında bir ilişkinin olduğu açıktır. Ancak 10, 45 ve 100 metrede gözlenen bu yapıların tam olarak neye karşılık geldiği konusunda açıklayıcı bir bilgi yoktur. Ortalama variogram, her bir sondaja ilişkin variogramların ortalaması olup genel bir özellik taşır. Dolayısıyla bu ortalama variogramı verecek, yatağa ilişkin genel bir tenor profili çıkarıp, bu profil üzerinde yuvalı yapıların nedenleri araştırılabilir.



Şekil 5: 6 ve 9 m için ortalama variogram

Jeostatistiksel simülasyon teknikleri ile belirli bir variogram tipini verecek bir tenor profili üretmek mümkündür. Cholesky parçalamafdecompuslion) tekniği (Ek-1) kullanarak gerekli tenor profili üretilmiş ve Şekil 6 da gösterilmiştir.

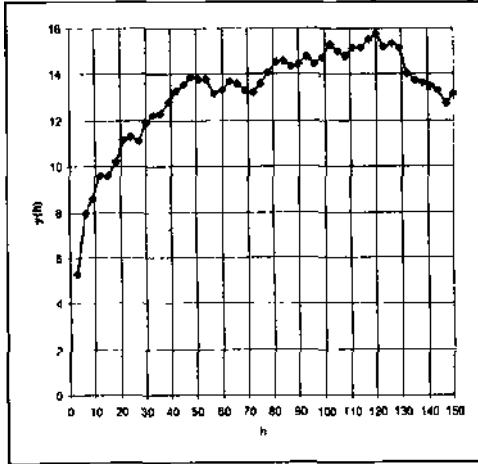


Şekil 6" Simile edilmiş İcniör profili

Tenor profili geçişli yapıların (birbiri ardı sıra gelen zengin ve yoksul bölgelerin) varlığını işaret etmektedir. Zengin bölgelerin ortalama boyu 45-50 metre ve bu bölgeler arasındaki ortalama uzaklık 100 metre civarındadır. Ortalama variogramda görülen 45 ve 100 metrelik yapılar sırasıyla zengin bölgelerin ortalama boyutuna ve bu bölgeler arasındaki ortalama uzaklığa karşılık gelmektedir. 10 metre ölçeğinde gözlenen yapı ise zengin bölgeler içindeki tenor değişimlerinden kaynaklanmaktadır.

5. ORTALAMA VARIÖGRAM VE EN DEĞİŞKEN SONDAJLAR

Ortalama variogram, bütün sondajlara ilişkin düşey variogramların ortalamasıdır. Her bir sondaj için bütün veri çiftlerine $fz(x), z(x,+h)$ ilişkin $0.5 \cdot [z(x) - z(Xi+h)]^2$ 'nin ortalama değeri, bu sondajın varyansına eşittir. Dolayısıyla belirli bir sondajın ortalama variogram üzerindeki etkisinin bu sondajın varyansına bağlı olduğu söylenebilir. Bir sondajın varyansı ne kadar yüksekse ortalama variogram üzerindeki etkisi o ölçüde yüksek olacaktır. En yüksek varyanslı 10 adet sondaj gözönüne alınarak ortalama variogram hesaplanmıştır (Şekil 7). Bu sondajlar ve karşılık gelen varyans değerleri Tablo 1 'de verilmiştir.



Şekil 7: Hn yüksek varyanslı 10 adet sondaja ilişkin ortalama variogram

Sili üçgeri dışında, bu 10 adet sondajın ortalama variogramı bütün sondajlar gözönüne alınarak

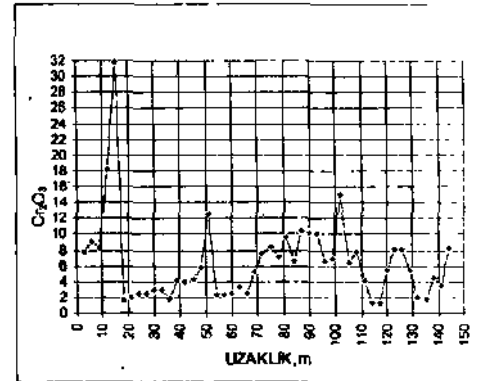
kestirilen ortalama variograma büyük bir benzerlik göstermektedir. Çalışmanın geri kalan kısmında bu sondajların ilk dördüne ilişkin variogramlarla tenor değişimleri arasındaki ilişkiler gözönüne alınacaktır.

Şekil 8 ve 9 sırasıyla 30 nolu sondaja ilişkin tenor değişimi ve variogram grafiğini göstermektedir. Genel bir kural olarak, variogramlarda ani düşüşün gerçekleştiği uzaklıklar, yüksek değerli örneklerin bu sondaj içinde bulunduğu konuma bağlıdır. Örneğin bu sondaj, baştan 4'ncü sondan 44'ncü noktada çok yüksek bir değer {31,37} içermektedir.

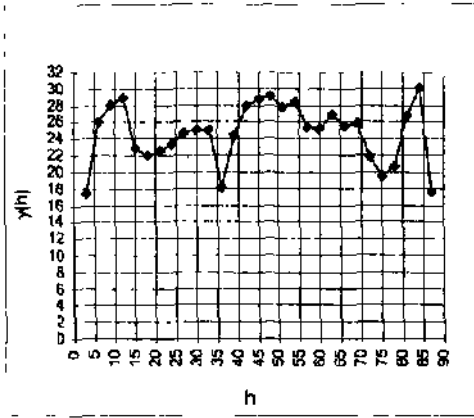
Tablo 1. En yüksek varyanslı sondajlar.

Sondaj No	Varyans
30	27.54
10	24.46
29	22.81
11	18.33
37	17.24
40	15.59
34	15.34
9	15.25
5	13.14
14	12.51

15'nci metrede gözlenen variogram değerindeki ani düşüşün nedeni bu yüksek değerdir. Gerçekte, variogramın ilk dört noktası için, bu yüksek değer iki örnek çifti içinde yer alırken, 5'nci noktadan 44'ncü noktaya kadar yalnızca bir örnek çifti içinde yer alır.

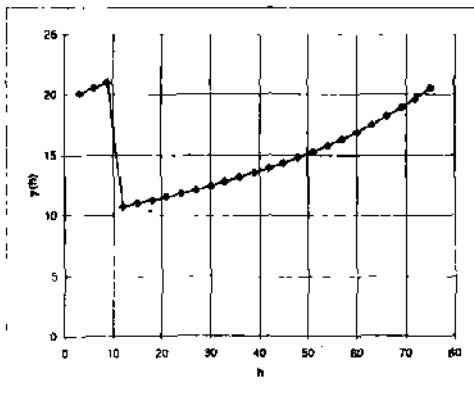


Şekil 8: 30 nolu sondaja ilişkin tenor değişimi



Şekil 9: 30 nolu sondaja ilişkin variogram

31.76 ya eşit olan 15 nci metredeki değer dışında, bu sondajın toplam 48 adet örneğinin değeri V_e eşit olmuş olsaydı, variogram (Şekil 10) 9 metreye kadar hiperbolik $y(h)=(31,76-1)^2/(n-h)$; başlangıçtaki değerinin yarısına düştükten sonra tekrar hiperbolik $y(h)=(31,76-1)^2/2.(n-h)$ olurdu.



Şekil 10. Tek bir yüksek değer içeren hipotetik bir sondaja ilişkin variogram

15 ve 51 nci metrelerde bulunan yüksek değerler arasındaki fark diğerlerine göre nispeten küçüktür. 36'nci metrede gözlenen kuyu etkisi (hole effect) bu çiftin variogram üzerindeki azalan etkisinden kaynaklanmaktadır.

10 nolu sondaja ilişkin lenör değişimi ve variogram grafikleri Şekil 11-a ve H-b'de gösterilmiştir. Tenor değerleri 27'nci metreden itibaren anmaya başlamakta, 100'ncü metreden

İtibaren düşmektedir. 153 metrede en düşük değerine erişmektedir. Variogramda 71Vnu metreye dek gözlenen artış ve bundan sonra gözlenen düşüşün nedeni tenor değerlerindeki 70 metre mesafe içindeki yükselme ve bundan sonraki düşüştür. Eğer tenor değerleri sürekli artan ya da azalan bir davranış sergileseydi variogramda sürekli bir artış gösterirdi (Tercan, 1996). Şekil 11-c ve 11-d, 29 nolu sondajın tenor değişimi ve variogram grafiklerini göstermektedir. Bu sondaj 183 ncü metrede 29.14'lük yüksek bir değer içermektedir. Variogramda 24 ncü, 48 nci ve 99 ncü metrelerde gözlenen kuyu etkileri sırasıyla (29.14-11.04), (29.14-13.80) ve (29.14-8.01) farklarının variogram üzerindeki azalan etkisinden kaynaklanmaktadır. Gerçekte bu çiftler arasındaki uzaklıklar 24, 48 ve 99 metredir. Şekil 11-e ve 11-f, 11 nolu sondaja ilişkin lenör değişimi ve variogramları göstermektedir. Bu sondaja ilişkin variogramda aynı nedenlerden dolayı ani düşüş ve kuyularına gibi benzer davranışlar sergilemektedir.

6. SONUÇLAR

Jeoistatistiksel yapıyı en yüksek varyanslı sondajları belirlemektedir. Bununla birlikte, variogramların herbirinde görülen ani düşüş ve kuyu etkilenen, rağmen, ortalama variogram 10, 45 ve 100 metre civarında çok iyi bir şekilde tanımlanan juvalı yapılar göstermektedir. Krom yatağının düşey yönde zonlu bir özellik göstermesi bu yapıların nedeni olarak ortaya çıkmaktadır.

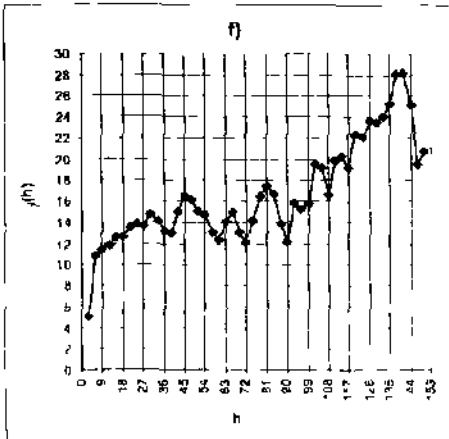
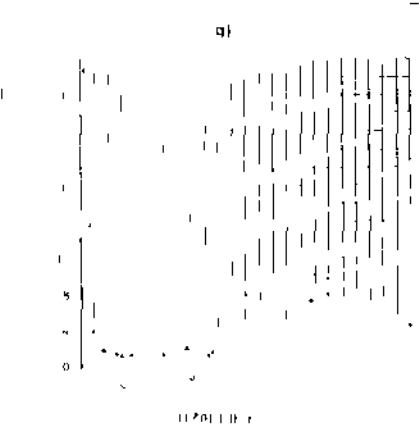
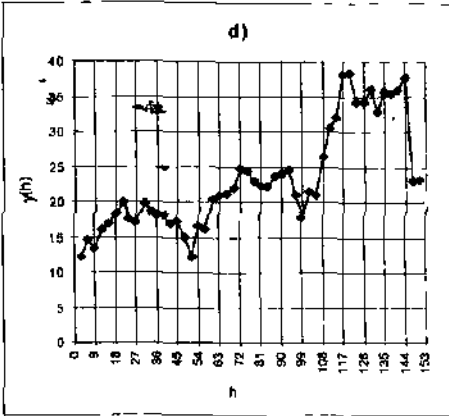
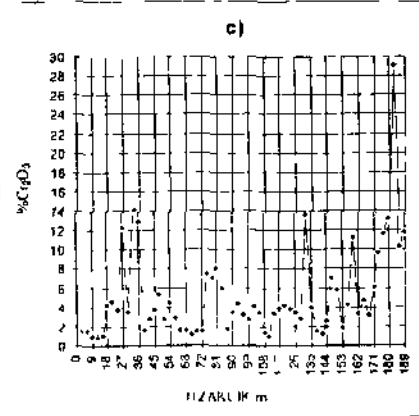
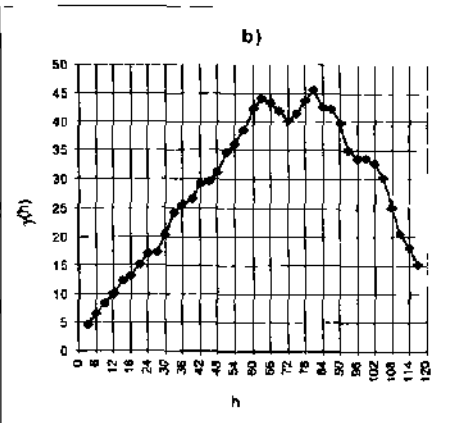
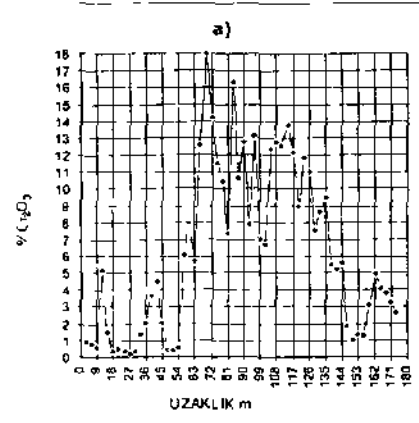
KAYNAKLAR

Akın, A.K., 1987, Kıyıyıksek-Yalaardı., (Karsantı/ADANA) ÖIR 634 nolu Sallanın Müden Jeolojisi Raporu, MTA, 166 sayfa.

Golub, TTG. ve Van Loan. CI. 19X9. Main\ Computations. John Hopkins Univnsiy I'n^ 1J ' sayfa

Tercan, Ali, 1994, Tııııııı Bora! Yıl n > Rezervinin Jeostatistiksd Keslırımı, Madı-tu ılıı. Dergisi, XXXIII, 2. 19-24.

Tercan. A.V. , 1996, Maden Y.ıınUm Suni Belirsizliğinin İndikator kııfıııı.1 ile Değerlendirilmesi ve Sivas-Kiın^nl-k.ıııııııııı Kömür Yatağına Bir Uygulaması, Madencilik Dergisi, XXXV, 1,3-11.



u' | 1 Dulu sciuld|),iid ih>km ltriuı tİL;jı>ımı ve vanogram gr.iliklen

FK-1

Variogram Matrisinin Cholesky Parçalanması ile Bir Boyutlu Jacobi Simülasyonu

Problem, $y(h)$ yi dolayısıyla T ile gösterilen variogram matrisini

$$T = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1n} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \dots & \gamma_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

...erecek, $i(1, 2, \dots, n)$ simülasyon değerleri üretmektir. (1) de y_i ; x_i ve x_j noktaları arasındaki uzaklığa karşılık gelen variogram değeridir. Bu değeri hesaplamada kullanılacak variogram modeli $\gamma(h)$, simülasyondan önce sisteme bildirilen teorik variogram modelidir. T variogram matrisi simetrik ve pozitif tanımlı bir matristir ve bu matrisin Cholesky parçalanması (Golub ve Van Loan, 1989)

$$T = LL^T \quad (2)$$

İle ifade edilir. L : alt üçgen matris ve L^T bunun transpozudur. $(Y_i, i=1, \dots, n)$ 0 ortalama ve 1 varyansla normal dağılımdan çekilmiş bağımsız rastlantı değişkenleri olsun ve bu değişkenlerin değerlerini

$$y^T = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_n] \quad (3)$$

pekinde bir satır vektörü ile ifade edelim. Bağımsızlık koşulundan dolayı y_i değerlerinin variogram matrisi köşegendeki elemanları 1, diğer elemanları 0 olan bir birim matristir ($r_{ij} = \delta_{ij}$). İstenen simülasyon değerleri

$$y = L^{-1}y^T \quad (4)$$

çarpımı ile elde edilir $y_j(x_i), i=1, \dots, n$ değerlerinin variogram matrisi simülasyondan önce sisteme bildirilen teorik variogramla eşitli. Gerçekten

$$T = LL^T = L(L^{-1}y^T)^T L^T = LL^{-1}y^T y^T L^T = I y^T y^T L^T = y y^T L^T \quad (5)$$

