

# İndikatör temel bileşenler krîgîng yöntemi ile yeraltısuyu Mrlîliğinin saptanması ve yöntemin Eskişehir Ovası'na uygulanması

Cem Saraç

A. Erhan Temam

Deniz MamurekH

Fikret Kaçafoğlu

BLÜ. Jeoloji Müh. Böl. Beytepe, Ankara

H.Ü. Maden Müh., Böl. Beytepe, Ankara

H.İl Maden Müh. Böl. Beytepe, Ankara

C.Ü. Jeoloji Müh. Böl. Kampus, Sivas

*Kirlenmiş bir yeraltısuyu ortamında, kuyu yeri seçimi oldukça önemlidir. Gözönüne alınan kirleticinin kritik bir değeri aşma olasılığı bilirse, karar verme aşamasında çeşitli risklerden kaçınılabılır. İndikatör temel bileşenler krîgîng yöntemi, bu gibi durumlarda uygulanabilecek ideal bir yöntemdir. Araştırmada yöntem tanıtıldıktan sonra, Eskişehir Ovası'nda bir uygulaması verilmektedir. Eskişehir Ovası'ndan alınan yeraltısuyu örneklerindeki nitrat derişin/derine ilişkin İndikatör temel bileşenler variogramları hesaplanmakta ve ayrıca gerçek değerlerin, önerilen en yüksek nitrat değerlerinden daha büyük olma olasılıkları gösterilmektedir.*

## Giriş

Bağıl olarak dar bir sıcaklık ve kimyasal değişim aralığına sahip olan yeraltısuyu; içme, sulama ve endüstriyel amaçlar için kullanılan suların önemli bir bölümünü oluşturur. Ancak,, yeraltısuları tanım, sanayi ve evsel kökenli atık suların, nehirlere, sulama kanallarına boşaltılması ve doğnıdayı yeraltına sızma gibi faaliyetler sonece kirlenirler. Kirlenmiş bir akiferde kuyu yeri seçimi ise oldukça önemli bir konudur.

Burada problem, gözönüne alınan kirleticici maddeler tarafından kirlenmemiş ilgili, temiz bölgeleri, tanımla-

mak ve kuyu yerlerini bu alanlarda belirlemektir.. Bu, örneklenmemiş lokasyonlarda kirleticici maddenin değerleri hakkında belirsizliğin değerlendirilmesini gerektirecektir..

İncelenen kirleticici madde  $z(x)$ 'in krîg edilmiş bir değerini üretmek, ve bilinmeyen değer hakkındaki, belirsizliği, her bir kestirim değeri  $z^*(x)$  üzerinde

$$\Pr[z^*(x) - Z_{\alpha/2} \cdot \sigma_k(x) < z(x) < z^*(x) + Z_{\alpha/2} \cdot \sigma_k(x)] = 1 - \alpha$$

ile verilen  $\%(1 - \alpha)$ . 100 İlik bir güven aralığı oluşturarak değerlendirmek bu probleme bir çözüm oluşturacaktır. Yukarıdaki eşitlikte,  $z^*$ ; normal dağılım yoğunluk eğrisi altında  $\alpha/2$  Hk alan sağa bırakan  $z$  değeri ve  $\sigma_k^2$ ; krîgîng varyansını göstermektedir. Bu yaklaşım, kestirim hatalarının ortalaması sıfır ve varyansı, kestirim •(krîgîng) varyansına eşit. olan normal bir dağılıma sahip olduğunu varsaymaktadır. Ancak düzensiz veri dağıtılarının varlığında, kestirim hatalarının dağılımı da düzensiz olacaktır ve krîgîng varyansı gerçekçi güven aralıklarını sağlayacaktır (Tercan and Dowd, 1993)\*

$x$  lokasyonundaki bilinmeyen  $z(x)$  değeri hakkındaki 'belirsizliği daha iyi karakterize etmek için. aşağıda verilen koşullu kimülatif dağılım fonksiyonu (kkdf) gözönüne alınabilir

$$F(x; z_c | Z_m) = F[x; z_c | Z(x_i) = z(x_i), \dots, Z(x_j) = z(x_j)] \\ = \Pr [Z(x) < z_c | Z(x_i) = z(x_i), \dots, Z(x_j) = z(x_j)]$$

Burada

$Z$ : rastlantı fonksiyonunu,,

$z$ : bölgesel değişkeni ve

$z_c$ : sınır değeri göstermektedir.

Boradaki koşnili kümülatif dağıtım fonksiyonu kullanılarak, çeşitli optimal kestirim değerleri ve herhangi bir sınır' değer z"yi aşma olasılıkları "türetilir.

Koşullu kümülatif dağılım fonksiyonlarının kestirimine ilişkin, parametrik ve parametrik olmayan şekilde iki farklı yaklaşım bulunmaktadır (Marcotte and David, 1985; Matheron, 1976; Joomei 1983). Matematiksel olarak basit olmalarından dolayı., parametrik olmayan yontemler dala çok kabul görmektedirler. Literatürde koşullu kümülatif dağılım fonksiyonunun kestirimine ilişkin çok sayıda parametrik olmayan jeostatistiksel tekniğin geliştirildiği görülmektedir.. Indikator kokringing yontemi., indikatorler arasındaki çapraz kovaryansları dikkate alan bir yontem olmasına karşılık, uygulamalarında çok sayıda çapraz kovaryanslı modellenmesindeki güçlükler nedeni ile kullanılmamaktadır. Indikator kringing ve olasılık kringing bu güçlükler karşısında geliştirilmiş yontemlerdir, ancak bu yontemlerde de çapraz kovaryansların hepsi hiUanılmamaktadır. Indikator temel bileşenler kringing yontemi., bo iki. u / zıt yontemi; indikator kringing; ve. indikator kokringing arasında olan. ve bunların iyi yonlerini. kıdanan bir yontemdir, be teknik, indikatorler arasındaki çapraz bilgiyi kullanmakta ve daha az sayıda kestirim ve modelleme gerektirmektedir.

Bu çalışmanın amacı, indikator temel bileşenler kringing yontemini yeraltısuyu kirliliğinin değerlendirilmesine» özellikle kuyu yeri seçimine uygulanmaktır. Bu konuda ilk defa gerçekleştirilen bu çalışmada, ilk olarak, koşullu dağılımın tiritiminde kullanılan indikator temel bileşenler yontemine .kısa, değinilecek ve yontem Eskişehir  vası'ndaki yeraltısuyu verilerine uygulanacaktır.

## Koşullu dağımların türetimini ve E - tipi kestiriler

Belirli bir z<sub>c</sub> sınır değerine ilişkin indikator' değerken aşağıdaki gibi tanımlanabilir,

$$I(x; z_c) \sim | \text{değilse, } \bar{O}$$

Journal (1983), indikator değerken i(x;Z<sub>c</sub>)'nin kringing ile kestirimi ve bu kestirilen değerin koşullu kümülatif dağılım fonksiyonuna bir yaklaşımı olarak kullanılması önermektedir:

$$F\{x; z_c | ZJ = [i(:x; z_c)]^*$$

x noktasında türetilen koşullu dağılımın beklenen değer, bu noktadaki bilinmeyen bir kestiricisini sağlayacaktır. Bu kestirimi E - tipi kestirim olarak adlandırılabilir (Suro - Perez and Journal, 1991).

$$Z^*_E(x) = \int z G F(x; z | Z) / \int$$

By integral altta verildiği gibi. nümerik olarak değerlendirilir

$$k=1$$

borada z<sub>c</sub>, [z<sub>k+1</sub>; z<sub>j</sub>] sınıfı içindeki koşullu sınıf ortalamasıdır.

## Indikator temel bileşenlerin kestirimi ile koşullu dağımların türetimi

Eğer farklı sınır değerlerindeki indikatorler ilişkisiz ise., indikator değerlerin bağımsız bir şekilde yapılan kringing fann bir kokringing gibi aynı sonucu verecektir. Indikator değerkenleri ortogonal rastlantı değerkenlerine (orneğin temel bileşenlere) d n st rerek bu gerçekleştirilebilir, indikatorlerin\* temel "bileşenlerinin kovaryans matrisi bütün uzaklıklar için köşegen bir matris oluşturuyorsa, 'her bir' temel bileşenin kestirimi değerlerinden bağımsız, bir şekilde yapılabilir ve. ters d n şim ile gerekli indikator' değerlerin bir kestiricisi sağlanabilir (Dowd, 1991).

Indikator temel bileşenlerin .kringingi ve indikatorlerin geri d ş n mlle kestirimi., Suro - Perez and Journal (1991.) tarafından ortaya atılmıştır. Tekniğe ilişkin ayrıntılı bilgi aşağıda verilmektedir.,

### Temel Bileşenler Analizi (TBA)

Temel bileşenler analizi, veriler hakkında hiçbir istatistiksel varsayım gerektirmeyen bir ortogonal Ueştirme işlemidir. Fakat, d n st r lm ş değerkenler (Y; (x)) arasındaki çapraz kovaryansın değerine sifıra eşittir:

$$- M_i (Y_j (x) - M_j) = 0 \quad V_j^* i$$

M<sub>i</sub>; Y<sub>j</sub> (x) bileşeninin ortalamasıdır. İlk d n st r lm ş değerken. Y<sub>1</sub>(x) ya da ilk temel bileşen en yüksek varyansa, ikinci temel bileşen Y<sub>2</sub>(x) ise- ikinci en yüksek varyansa sahiptir.

Indikator değerkenlerin temel bileşenlere d n st r lmesi x lokasyonundaki indikator vektör

$$I(x; z) = [I_1(x; z_1), \dots, I_n(x; z_n)]^T$$

ile tanımlanır... h, uzaklık vektörü için oluşturulan indikator kovaryans matrisi X<sub>1</sub> O<sub>1</sub>) aşağıda verilen eşitlikte görülmektedir:

$$C_1(h_1; z_1, z_2) \dots C_1(h_j; z_1, z_k) j$$

$$Q(h, \hat{\cdot}, Z_k) = \text{kov} [I(x; z_j, Kx+h, \hat{\cdot})]$$

**Temel bileşenleri elde etmenin bir yolu Z<sub>1</sub> (h<sub>1</sub>)'in spektral dekompozisyonunu göz önüne almaktır**

$$I_1(h, \cdot) = AAA^T$$

Burada A ortonormal matris ve  $\hat{\Lambda}$  köşegen, matristir. Her' iki matris de belirli bir h<sub>1</sub> vektörü için tanımlanır. A matrisinin sütunları Z<sub>1</sub> (h<sub>1</sub>)'in özvektörleri ve  $\hat{\Lambda}$  köşegen, matrisinin elemanları. 'Er(h<sub>1</sub>)'i. o en büyükten küçüğe doğru sıralanmış ( $X_1 > X_2 > \dots > X_n > 0$ ) özdeğerleridir (Wilkinson, 1965),

A matrisi hesaplandıktan sonra» in.dik.ator temel bileşen vektörü., iki matrisin, çarpımı ile elde edilir:

$$Y(x) = A^T I(x; z)$$

Y(x)'in her elemanı

$$Y_k(x) = \sum_{k=1}^n a_{k-k} I(x; z_k)$$

olarak yazılır. Burada  $a_{k-k}$  ve  $I(x; z_k)$  sırası ile A matrisi ve  $I(x; z)$  vektörünün elemanlarıdır,  $Y_k$ , orijinal, indikatörlerin doğrusal bileşenleridir. Bu bileşenlerin  $h = h_j$  için çapraz kovaryansları sifıra eşittir:

Ancak diğer uzaklıklar ( $h$  &  $h_j$ ) için bu garanti edilemez ve çapraz kovaryansları sifıra eşit olduğu varsayılır.

indikatör- Temel. Bileşenlerin Kriging ile: Kestirimi

$Y_{10}(x)$  temel bileşeninin koriging tipi kestiricisi aşağıdaki bağıntı ile verilebilir:

$$Y(x) = \sum_{k=1}^n \hat{E}_{ota} Y_k(x_a)$$

Ortogonalliğin bütün  $h$  uzaklıkları için geçerli olduğu varsayıldığında üstte verilen koriging kestiricisi, normal kriging kestiricisine indirgenir.

$$a=1$$

$X_{10}$  ağırlıkları aşağıda verilen kriging; sisteminin çözümünden elde edilir:

$$\hat{E} \setminus * C(x, -x^{\wedge} + \hat{\cdot} = C(x - x_{\wedge}, ; k)$$

$$\hat{\mathbf{E}}^{\wedge} = \mathbf{1}, \quad \mathbf{a} = \mathbf{1}, \dots, \mathbf{n}$$

Eşitlikte  $C_y(x_a - x_b; k_0) = \text{kov} [Y_{k_0}(x_a), Y_{k_0}(x_b)]$ .  $Y(x) = A^T I(x; z)$  dönüşümünün tersi  $Z(x)$  koşullu-kümülatif dağılım fonksiyonunun bir modelini verecektir:

$$F_{\text{irak}}(x; z | Z_{11}) = AY^*(x)$$

Eşitlikte  $F_{\text{irak}}(x; z | Z_{11})$  ve  $Y^*(x)$  vektörleri aşağıdaki gibi tanımlanabilir

$$F_{\text{irak}}(x; z | Z_n) = \sqrt{F_{mk}}(x; z | ZJ \dots F_{\text{irak}}(x; z_k | ZJ)^T$$

$$Y^*(x) = [Y^*(x), \dots, Y^*(x)]^T$$

## Yöntemin Eskişehir Ovası'na Uygulanması.

Çalışma alanının jeolojisi

Eskişehir ve çevresi ile ilgili jeoloji, çalışmaları. 1940'lı yıllarda başlamıştır,.. Be tarihten, bugüne kadar bölgede çeşitli amaçlarla, jeoloji çalışmaları, yapılmıştır. Eskişehir Ovası'nın ve çevresinin jeolojisi, konu alau en son çalışma, MTA Genel Müdürlüğü tarafından, "Ota Sakarya Güneyi ile Uludağ Güneyinin Jeolojik Sorunları ve Kompilasyonu Projesi" adı altında yürütülmüştür.

Eskişehir ili ve çevresindeki bölge, jeolojik evrimini Jura öncesi. (Triyas ?) ile Holosen arasında, tamamlamıştır (Kaçaroğlu, 1991). Bu alanda metamorfik ofiyolitik, metadetntik, volkanik ve sedimenter kayalardan. oluşan bir istif yeralır. Metamorfik. ve ofiyolitik kayalann oluşturduğu topluluk doğu - batı yönünde uzanır. Eskişehir civarının bugünkü jeolojik yapısı., bölgede Triyas sonundan günümüze kadar gelişen jeolojik olaylar sonucu ortaya çıkmıştır. Bölgedeki kuzey - güney yönlü sıkışmalar soeucu Eskişehir Ovası'nın kuzey ve güneyinde çoğunlukla' doğu - batı yönlü bindirme fayları ve- normal faylar oluşmuştur (Gözler ve dig.,, 1985).

İnceleme alanında Kuvaterner yaşlı birimler eski ve yeni alüvyonlardan oluşmaktadır. Eski alüvyon; ovanın baü. kesiminde, ova çevresindeki yükseltilerde ise teraslar şeklinde bulunmaktadır ve- genellikle daha yaşlı formasyonlara ait kil, silt. kem ve çakılların gevşek tutturulmuşları oluşmaktadır. Yeni alüvyon., inönü Ovası'nda gelen Sarısu Deresi ile Porsuk Çayı ve yan. kollanm getirip ovada biriktirdiği malzemenen oluşur. Eskişehir Ovası'nda geniş, bir alanı kaplayan yeni alüvyonu, kil, sili, kem. ve çakıl oluşturur.

## Su kirliliği incelemeleri

Eskişehir üi, Türkiye'deki hızla gelişen ve endüstrileşen şehirlerimizden biridir. Şehrin su ihtiyacı, çeşitli faaliyetlerle kirletilen Eskişehir Ovası'ndaki alüvyon akiferden sağlanmaktadır. Kütahya ilinin evsel atıkları ile Eskişehir ilinin evsel atıklarının, bir bölümü ve bo iki şehirdeki endüstri kuruluşlarının atık sular, özellikle Kütahya, ilindeki, azot fabrikası, herhangi bir arıtma işlemi yapılmaksızın, Kütahya'nın güneybatısından doğan,» Kütahya, ve .Eskişehir'den geçtikten, sonra Sakarya Nehri ile birleşen Porsuk Çayı'na boşaltılmaktadır. Eskişehir'de bütün şehri kapsayan bir kanalizasyon sistemi bulunmadığından, evsel atıkların bir bölümü Porsuk Çayı ve selama kanallarına boşaltılmakta, geriye kalan bölümü ise fosseptiklerde toplanmaktadır. Şehir yerleşim alanına yayılmış olan binlerce fosseptik çukur yeraltısuyu için önemli bir kirlilik kaynağını oluşturmaktadır.

Tarım, Eskişehir Ovası'nda önemli bir ekonomik aktiviteyi oluşturan aktardır. DSİ tarafından inşa edilmiş olan selama kanalları ile ovanın büyük bir kısmı sulanmaktadır. DSİ verilerine göre ortalama yıllık 115 000 hektar tarım alanında sulama yapılmaktadır (DSİ, 1987). Ovada yapılan tarımda, gübre ve ilaç kullanımı oldukça yaygın olarak görülmektedir.

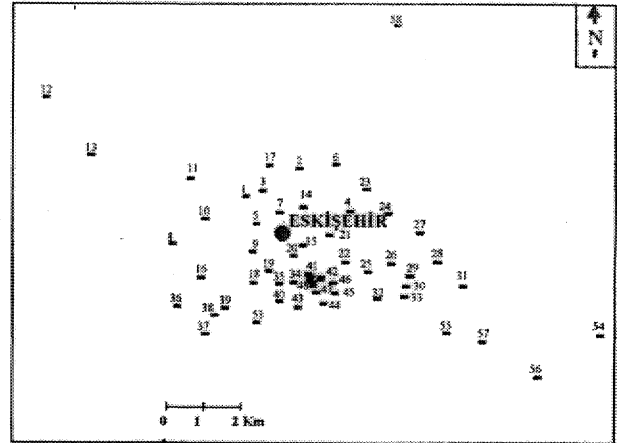
Yıkanda' verilen bilgiler doğrultusunda Eskişehir Ovası'ndaki yeraltısuyu kirliliğine neden olan kaynaklar aşağıdaki şekilde kısaca, özetlenilebilir:

- Porsuk Çayı ve sulama kanallarından yeraltısuyu beslenimi,
- Azot fabrikası atıldan,
- Evsel atıkların toplandığı fosseptik, çukurlardan sızıntılar ve
- Tarımsal amaçlı kullunılın gübre ve Maçlar.

Hızlı, bir gelişme ve endüstrileşmeye bağlı olarak, artan se gereksiniminin karşılanması amacı ile yeni pompajı kuyularının açılması gerekmektedir. Bununla birlikte, yeni açılacak kuyu yerlerinin akiferin kirlenmemiş bölümlerinde seçilmesi, kullanılabilir yeraltısuyu sağlanması açısından önemlidir.

### Verilerin değerlendirilmesi

Eskişehir Ovası'ndaki yeraltısuyu kirliliğini değerlendirmek amacı ile 58 adet mevcut içme suyu kuyusunda periyodik olarak 2 yıl süresince alınan yeraltısuyu örnekleri analiz edilmiştir (Kaçaroglu, 1991). Şekil 1'de yeraltısuyu örneklerinin lokasyonları gösterilmektedir. Örnekleme de; örnek noktalarına EİaşılabilMik, alunac-ak örneğin o noktadaki su niteliklerini temsil edebilmesi» kuyuların arazideki konumları gibi özellikler



Şekil 1. Eskişehir Ovası'ndan alınan örneklerin lokasyonları.

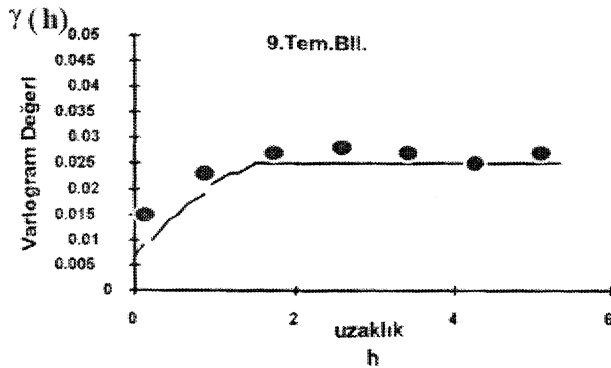
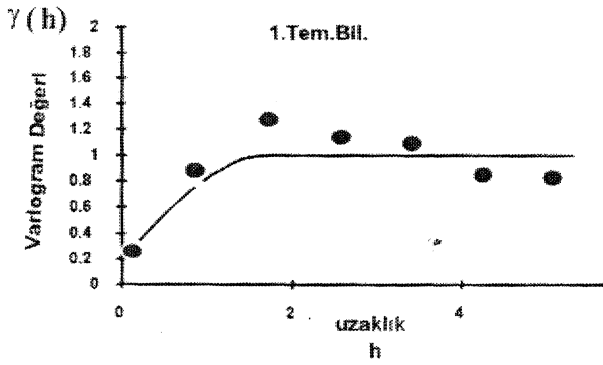
göz önünde tutulmuştur. Alman içme suyu örnekleri çeşitli değişkenler için test edilmiştir. Analiz edilen değişkenler arasında elektrik iletkenliği, pH., nitrat içeriği ve bulanıklık gibi. dağılımlar bulunmaktadır.

Eskişehir Ovasındaki yeraltısuyu kalitesi ve kirliliği mevsimsel değişimler<sup>1</sup> göstermektedir. Yeraltısuyunun beslenme koşulları, kirletici kaynaklardan gelen kirlilikteki mevsimsel değişimler, iklim koşulları, yeraltısuyu düzeyi değişimleri ve tarımsal çalışmalar gibi faktörlere bağlı olarak yeraltısularındaki nitrat içeriği, kurak ve yağışlı dönemler arasında 1 ile 10 kat arasında değişmektedir... Bu nedenle yöntemde, periyodik örnek alın. süresince ölçülen örnek değerlerinin ortalama nitrat içerikleri, kullanılmıştır. Çizelge 1'de nitrat değerlerine ait. istatistiksel bilgiler sunulmaktadır..

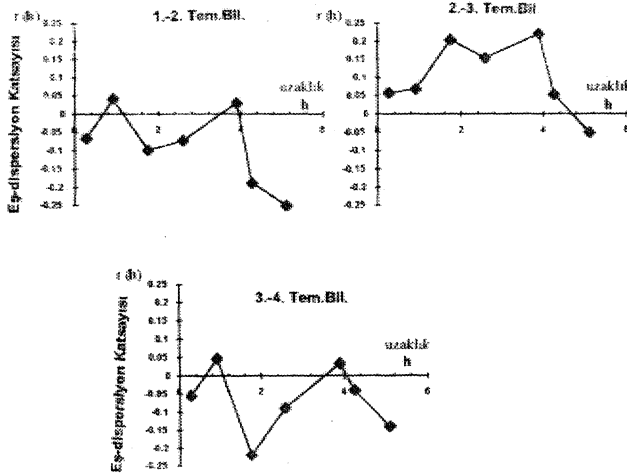
Uygulamada 9 temel bileşen, indikatör veriler ve İM = 0 adımıyla oluşturulan U matrisi kullanılarak hesaplanmıştır. 9 temel bileşenin herbirine göre yönsel variogramlar hesaplanmış ve ortalama variogram kullanılarak modelleme yapılmıştır. Şekil 2, ilk temel bileşen ve ayrıca son temel, bileşenin variogramlarını göstermektedir. 1.7 km.'lik yapısal uzaklığa sahip küresel bir model ve nugget etkisi kullanarak, modellenen deneysel variogramlarda, • yapısal uzaklıklar temel bileşenlerin her biri için aynıdır, Modellemenin geçerliliği Saraç ve

Çizelge 1. Eskişehir Ovası'ndan alınan örneklere ilişkin istatistiksel bilgileri.

Örnek Sayısı	:	58
Ortalama	:	39.99
Varyans	:	690.55
Minimum	:	5.44
Medyan	:	31.72
Maksimum	:	100.07
Varyasyon katsayısı	:	0.66



Şekil 2. İndikatör temel bileşenlerin otopariogramları (1. ve 9. bileşen)



Şekil 3. İndikatör temel bileşenlerin eş - dispersiyon katsayıları.

Tercan. (1992)'da verilen algoritmaya göre yapılmış ve model parametelerinin geçerli olduğu saptanmıştır.

İndikatör temel bileşenler<sup>1</sup> kriging yönteminde, temel bileşenler<sup>1</sup> uzamsal ortogonal olduğu varsayılmakta; belirli bir uzaklık için garanti edilen ortogonallığın bitlin uzaklıklar için geçerli olduğu kabul edilmektedir. Temel birleşenlerin herhangi bir çifti arasındaki uzaklığa bağlı korelasyonun büyüklüğünü değerlendirmek için, bu çalışmada, eş - dispersiyon katsa-

yısı  $r(h)$  kullanılmıştır. Bu katsayı Matheron (1965)'a göre, çapraz, varogramlara karşılık geio otopariogramların çarpımının, kareköküne oranı olarak tanımlanabilir. Şekil 3'de en önemli üç eş - dispersiyon katsayısı gösterilmektedir. Her grafik temel bileşenlerin ortogonallığının uzamsal olarak kabul edilebileceğini göstermektedir.

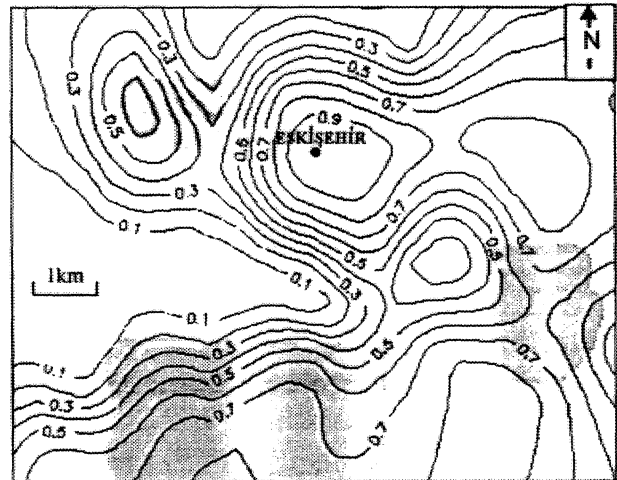
Koşullu dağılımların kestirimi

İndikatör temel bileşenler ayrı ayrı krig edildikten sonra, düzenli aralıkta 152 lokasyondaki koşullu dağılım kestirilmiştir. Kriging komşuluğu en çok 16 veri içermektedir ve koşullu dağılım, değerlerinin, geçerli bir dağılım fonksiyonunun özellikleri, sağlamadığı lokasyonlarda Deutsch and Journel (1992)'de verilen algoritma kullanılmıştır:

$$F(X; Z(Z_{jg} | 0,1))$$

$$F(x; z_k | Z_n) \leq F(x; z_{k+1} | Z_n), z_k \leq z_{k+1}$$

Sonuç olarak koşullu dağılımlardan, E - tipi kestirim değerleri, hesaplanmıştır. World Health Organisation - WHO (1984), nitratın insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini göz önüne alarak, nitrat derişimlerinin 45 mg/l NO<sub>3</sub>'de az olması gerektiğine işaret etmektedir. Lokasyonlardaki nitrat derişiminin bu sınır değeri aşması olasılığı hesaplanarak, Şekil 4'de sunulan kontur haritası hazırlanmıştır. Şekilde gölgeli olarak E - tipi kestirim değerlerinin 45 mg/l NO<sub>3</sub>'den daha büyük olduğu bölgeler gösterilmiştir. Dikkat edileceği üzere şekilde, kontur değerleri ile E - tipi kestirimle saptanılan kirlilik bölgelerinin farklı olduğu görülmektedir. Bu da uygulanan yöntemin klasik konturlamaya göre farklı-



Şekil 4» Eskişehir Ovası yeraltısularındaki nitrat konsantrasyonu koniwr haritası, nitrat değerleri 1/100 olarak verilmektedir. (E - 1 tipi kestirimin 45 mg/l NO<sub>3</sub>'den fazla olduğu bölgeler gölgeli olarak gösterilmiştir..

lığını açıkça ortaya koymaktadır. Konturlama yönteminde herhangi bir kestirme işlemi yapılmaksızın sadece araziden, elde edilen, verilere göre eğriler geçirilmektedir. E - tipi bir kestirim uygulayarak izlenen yöntemde ise, İndikator temel bileşenlerin otovariogramları kullanılarak nitrat değişimleri modellenmiş ve Eskişehir Ovası'ndaki yapısal uzaklıklar dikkate alınarak kestirim gerçekleştirilmiştir. Şekilden açıkça görüldüğü gibi, WHO (1984) standartlarına göre E - tipi kestirim sonucu gölgeli olarak gösterilen bölgeler, kuyu yeri için uygun değildir. Ayrıca, bu bölgeler dışındaki çeşitli yerlerde kestirilen değerler, sınır değerlerinden daha az olduğu halde gerçek değerlerin bu sınır değeri aşma olasılığı oldukça yüksek gözlenmektedir. Böyle zonlar için ek bir örnekleme önerilebilir.

## Sonuçlar

İndikator temel bileşenler kriging yöntemi, daha az sayıda kestirim ve modelleme kullanarak, indikatörler arasındaki çapraz kovaryansın kullanıldığı bir yöntemdir. Yapılan çalışma sonuçları, yöntemin yeraltıyı kirliliği araştırmalarında, kolayca uygulanabileceği gösterilmiştir. Temel bileşenlerin çapraz varogramlarının bağlı büyüklüğü karşılık gelen otovariogram ile karşılaştırılarak yapılmıştır. İncelemede deneysel varyogramlar hesaplanarak, bunlara küresel tip bir model, uyarlanmış ve yapısal, uzaklıklar saptanmıştır. Eskişehir Ovası yeraltısulundaki E - tipi kestirim değerlerinin 45 mg/l NO<sub>3</sub>'den fazla olduğu alanlar belirlenmiştir. Bu alanlar, standartlar çevresinde koyu açımı için uygun değildir. Ayrıca yöntemin konturlamaya göre farklılığını da göstermek amacıyla lokasyonlardan alınan örnek değerleri kullanılarak, nitrat konsantrasyonunu gösteren bir kontur haritası hazırlanmıştır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Deutsch, C.V. and Journel, A.G., 1992, **GSUB/** -Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford. University Press.,
- Dowd, P.A., 1991, A Review of Recent Developments in, Geostatistics, Computer & Geosciences, 17, 10, 1481 - 1500.
- DSİ, 1987, Su Kalitesi Gözlem Yılı: DSİ içmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi Yayını, 525 s.
- Goder, M.Z., Cevher, F. ve Küçükayman, A., 1985, Eskişehir Civanının Jeolojisi ve Sıcaksu Kaynakları, MTA Dergisi, 103/1.04, 40 - 54
- Journel, A.G.» 1983» Nonparametric Estimation, of Spatial Distributions,, Mathematical. Geology, 15, 3,445 - 468.
- Kaçaroğlu, F., 1991, Eskişehir Ovası. Yeraltısuyu Kirliliği İncelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi,, Ankara.
- Marcotte, D. and David, M., 1985, The BiGaussian Approach, A Simple Method for Recovery Estimation, Mathematical Geology, 17,6» 625 - 644.
- Matheron, G., 1965, "Les Variables Régionalisées et Leur Estimation"» Mason, Paris.,
- Matheron, G., 1976, A Simple Substitute to Conditional Expectation: The Disjunctive Kriging, NATO ASLD. Reidel, Dordrecht., 221-236.
- Saraç, C ve Tercan, A.E., 1992, A Geostatistical Case Study of the Kızılyüksek - Yataardıç Chromram Qrebody, Geostatmd, Çukurova University., 2.0,219 - 230..
- Suro - Perez, V. and Journel, A.G., 1991, Indikator Principal Component Kriging., Mathematical Geology.» 23, 5, 7,59 -788.
- Tercan, A.E. and Dowd, P.A., 1993, Nonparametric Methods for Estimating Conditional Distributions and Local Confidence Intervals, DUMA, Leeds University Mining Association., 173 -183.
- Wilkinson, J.H., 1965, The Algebraic Eigenvalue Problem., Oxford University Press.
- World Health Organisation (WHO)» 1984, "Guidelines for Drinking Water Quality, Volume 1, Recommendations" WHO publications, Geneva, Switzerland..