

Bazı Toprak Özelliklerine Ait Yersel Değişimin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi*

Bülent TURGUT^{1*} Taşkın ÖZTAŞ²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Artvin

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Erzurum

*Yazışma yazarı: bturgut@artvin.edu.tr

Geliş tarihi: 30.11.2011, Yayına kabul tarihi: 23.05.2012

Özet: Bu çalışmada, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Pasinler Deneme İstasyonu topraklarının tane büyüklük dağılımı, organik madde ve kireç içeriği, pH ve yarıyıllı fosfor miktarındaki değişimin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi ve haritalandırılması amaçlanmıştır. Enstitü arazisinin 100 ha'lık kısmında kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde 100 m aralıklarla gridler oluşturulmuş ve gridlerin köşe noktalarından 0-20 cm derinliklerden toplam 68 örnek alınmıştır. İncelenen toprak özelliklerinden kil ve silt izotropik üstel model, kum ve organik madde izotropik Gaussian model, kireç ve pH ise izotropik küresel model ile tanımlanmıştır. Blok Kriging interpolasyon tekniği kullanılarak elde edilen dağılım haritalarında, kil içeriğinin dere yatağına yakın olan alanlarda daha düşük olduğu aynı bölgelerde kum içeriğinin daha yüksek olduğu, silt içeriğinin değişiminde bir düzensizlik olduğu görülmüştür. Organik madde içeriğinin hububat ekili alanlarda yüksek olduğu fakat çapa bitkilerinin ekili olduğu alanlarda ise düşük olduğu saptanmıştır. Arazinin dere yataklarına uzak kısmında kireç içeriğinin ve toprak reaksiyonunun en yüksek değerler aldığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Jeostatistik, toprak, yersel değişkenlik, Kriging.

Assessment of Spatial Distribution of Some Soil Properties with Geostatistics Method

Abstract: The objective of this study was to determine spatial variability of particle size distribution, organic matter and lime contents, pH and plant-available P content of soils located in the Experimental Station of Eastern Anatolia Agricultural Research Institution. The research area, about 100 ha, was divided into 100 m interval grids in the north to south and east to west directions, and 68 soil samples were collected from 0-20 cm depth at the corner of each grid. Isotropic-exponential semivariograms were fitted to explain spatial variability of clay and silt contents. Sand content and organic matter were explained with isotropic Gaussian semivariograms and lime and pH with an isotropic spherical semivariogram. Block Kriging analysis, an advanced interpolation technique, was performed to prepare spatial distribution maps. The distribution patterns indicated that, clay content soils closer to the creek bed was the lowest within the research field, but sand content was higher closer to the creek bed. However, silt content showed unstable distribution patterns within study area. Distribution patterns of organic matter showed good agreement with crop type. While organic matter of soil was higher in cereal planted areas and lower in row-crop planted areas. The maximum values of soil lime content and soil pH were obtained at the areas away from the creek bed.

Key words: Geostatistics, soil, spatial variability, Kriging.

Giriş

Toprak arazide süreklilik gösterir ve yoktur. Topraklarla ilgili çalışmalarda, özelliklerinin her noktada ölçülme olanağı incelenecek toprak özellikleri için örnekler

*Yüksek Lisans Tezi

alınmakta ve söz konusu toprak özelliği temsilen değerlendirilmektedir. Ancak, araziler heterojen bir yapıya sahiptir ve incelenen özellikler arasında önemli derecede varyasyon görülebilmektedir. Bu durumda, incelenen özelliğe ait klasik istatistiksel parametrelerin güven sınırları daralmaktadır. Klasik istatistikte seçilen temsili noktaların birbirlerinden bağımsız olduğu ve örnek ortalamasının popülasyon ortalamasını en iyi bir şekilde temsil ettiği varsayılır. Oysa birbirlerine yakın olarak örneklenen noktaların kendi aralarında daha çok benzer olması olağandır. Yani ölçülen değerler örnekleme noktaları arasındaki mesafenin bir fonksiyonudur ve mesafeden bağımsız olarak düşünülemezler. Bu nedenle, incelenen özelliklerin değerleri arasında doğal olarak bulunan yersel değişimin derecesinin (uzaysal bağımlılığın) belirlenmesi gerekir. Söz konusu yersel bağımlılığın belirlenmesinde jeostatistiksel metotlar başarıyla uygulanmaktadır (Öztaş, 1995).

Jeoistatistik, ilk olarak yerbilimlerinde karşılaşılan kestirim problemlerinin çözümüne yönelik olarak ortaya çıkmıştır. Jeostatistiksel teoreminin temelleri ilk olarak Fransız maden mühendisi G. Matheron tarafından ortaya atılmış ve yöntem daha sonra çok benimsenerek, geniş bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde jeostatistik uygulamaları sadece yerbilimleri ile sınırlı olmayıp, pek çok alanda yaygın olarak görülmektedir (Tercan ve Saraç, 1998).

Jeoistatistiksel metotlar, toprak özelliklerinin yersel değişkenliğinin sayısallaştırılmasında, toprak özelliklerinin yersel değişkenliğinin zamana ve uzaya bağlı olarak tanımlanmasında (Warrick et al., 1986; Kutilek and Nielsen, 1994; Reese and Moorhead, 1996; Bourgault et al., 1997; Goovaerts, 1999) ve örnekleminin sınırlı olduğu alanlarda toprak özelliklerinin tahmin edilmesinde karşılaşılan problemlerin çözümünde incelenen toprak özelliğinin fonksiyonunu tanımlamak için yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Bocchi et al., 2000; Webster and Oliver, 2001). Toprak biliminde son dönemlerde jeostatistiksel metotların uygulamaları farklı kriging metotları kullanılarak, toprak

özelliklerinin tahmin edilen yersel değişkenliğine odaklanmıştır (Yost et al., 1982; Trangmar et al., 1987; Miller et al., 1988; Lark, 2002).

Jeoistatistikte işlemler metotlar iki aşamalıdır. İlk aşamada, incelemeye konu olan toprak özelliğinin ölçülen noktaları arasındaki otokorelasyonun, yani doğal olarak bulunan yersel bağımlılığın derecesi belirlenmekte, ikinci aşamada ise ileri bir interpolasyon tekniği yardımıyla incelenen özelliğin örnekleme noktası ve alanlardaki değerleri tahmin edilerek dağılım deseni belirlenmeye çalışılmaktadır. Semivariogramlar yersel bağımlılık derecesinin belirlenmesi ve Kriging analizi ise interpolasyon aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlardır (Öztaş, 1995).

Öztaş ve Ardahanlıoğlu (1998), Fırat Nehrinin taşıyıp biriktirdiği sedimentlerle oluşan Erzincan-Ada arazisi alüvial topraklarının tekstürel değişimlerini incelemek ve farklı zamanlarda biriktirilen materyalin profildeki katmanlaşma üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Toprağın kil, silt ve kum içeriğinin arazideki dağılımının küresel semivariogram modele uygunluk gösterdiği ve değişim aralıklarının sırasıyla 27, 16 ve 18 m olduğunu belirlemişlerdir.

Mahinakbarzadeh et al. (1991), bir toprak harita ünitesi üzerine yerleştirilmiş ara doğrultular boyunca organik maddenin uzaysal değişkenliğini incelemişler ve organik madde içeriğinin diğer toprak özelliklerine nazaran daha az bir değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Ancak bunun yanında yapılan diğer bir çalışmada toprak toplam karbon miktarının örnek alınan ara doğrultular boyunca, arazinin kullanım şekline göre ziyade, topoğrafik durumuna bağlı olarak periyodik bir davranış gösterdiği saptanmıştır (Huang et al., 2001).

Pan and Wang (2009), 4500 m²'lik bir alanda yüzey toprak neminin yersel değişkenliğini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, 0-6 cm'lik yüzey toprak tabakasında 6 ay süre ile yağmurlardan önce ve sonra 21 defa hacimsel olarak toprak nemini ölçmüşlerdir. Çalışmada yersel değişkenlik modellerini kontrol eden ana faktörler ve toprak nemindeki sezonsal değişimlerde bu

faktörlerin etkileri de incelenmiştir. Araştırmacılar arazideki kot farklılıklarının, bitki örtüsünün ve toprak tekstürünün yüzey toprak nemindeki değişkenliği etkileyen ana faktörler olduğunu belirlemiştir. Ayrıca çalışmada yüzey toprak nemi yersel değişkenliğinin yapısal olduğu ve yüzey toprak nemindeki artışa bağlı olarak bu değişkenliğin azaldığı da tespit edilmiştir.

Toprak mikrorölyef değişiminin analizinde jeoistatistiksel yöntemlerin kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada farklı aletler kullanılarak işlenen topraklardan örnekler alınmış ve ölçümler toprak işleme uygulamalarından ve yoğun yağışlardan hemen sonra yapılmıştır. Çalışma sonunda jeoistatistiksel analizlerin toprak yüzey mikrorölyef özelliklerinin tanımlanmasında kullanılabileceği ve bu analizlerin yaygın olarak kullanılan pürüzlülük belirleme gözlemlerine ilave bir görüş kazandıracığı vurgulanmıştır (Vazquez et al., 2009).

Pasinler deneme istasyonunun üzerinde bulunduğu alan alüviyal bir arazidir. Alüviyal araziler; dünyada ve ülkemizde büyük üretim potansiyeline sahip olan, farklı zamanlarda nehirlerin getirdikleri malzemelerin depolanması ile oluşmuş, toprak özelliklerinin çok kısa mesafelerde değiştiği alanlardır. Alüviyal arazilerin düz ve düze yakın olmaları nedeniyle arazi yapısı- toprak ilişkilerinden, farklı toprakların ayırt edilmesi zordur (Di et al., 1989).

Bu çalışmanın amacı, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Pasinler Deneme İstasyonu alüviyal topraklarının tekstür, organik madde, kireç, pH, ve yarayışlı fosfor gibi özelliklerine ait yersel değişkenlik parametrelerini ve değişim desenlerini belirlemek ve değişim haritalarını çıkarmak, bu değişkenliğin arazideki ekim deseni ile ilişkisini tartışmak ve değerlendirmektir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı

Erzurum ili Doğu Anadolu Bölgesinin kuzey doğusunda yer almaktadır. Kuzeyde Artvin ve Rize, kuzey-batıda Bayburt, batıda Erzincan, güneyde Bingöl ve Muş, doğuda

Kars, Ağrı ve Ardahan illeri ile sınırları bulunmaktadır. Bu çalışmanın yürütüldüğü Pasinler Deneme İstasyonu, Erzurum'un batısında Pasinler İlçesi sınırlarındadır. Pasinler ovası, Türkiye'nin kuzey doğusunda 39° 58' 723" kuzey enlem ve 41° 37' 500" doğu boylamları arasında yer almaktadır. İlçenin deniz seviyesinden yüksekliği 1680 m'dir.

Toprak örneklerinin alındığı Pasinler Deneme İstasyonu toprakları alüviyal depozitler üzerinde oluşmuştur (Anonim, 1998). Topraklar hafif alkalin karakterde, organik madde bakımından "az", fosfor bakımından ise "orta" sınıfına dâhildir. Arazi genelinde killi ve killi tınlı toprak tipi hâkimdir. Arazinin eğimi %1'in altındadır. Çalışma alanı toprakları ABD toprak sınıflama sistemine göre İnseptisol ordusu, Ustept alt ordusu ve Haplusept büyük toprak grubuna girmektedir (Özgül, 2003).

Bu çalışmada DATAE Pasinler Deneme İstasyonu arazisi kuzey-güney ve doğu-batı doğrultularında 100 m aralıklarla gridlere bölünmüş ve bu gridlerin köşelerinden toplam 68 noktadan 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 1). Arazide çayır-mera yem bitkileri, hububat, mısır ve patates gibi çapa bitkileri yetiştirilmektedir (Şekil 2).

Toprak analizleri

Toprakların tekstürü Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Gee and Bauder 1986), organik madde içerikleri Smith-Weldon yöntemiyle (Nelson and Sommers 1982), yarayışlı fosfor miktarları suda çözünebilir fosfor tayini ile (Kacar, 1972) ve kireç içerikleri ise Scheibler kalsimetresi ile volümetrik olarak belirlenmiştir (Nelson and Sommers 1982). Toprakların pH'ları da 2:1 oranında sulandırılmış çözeltilerde cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (McLean, 1982).

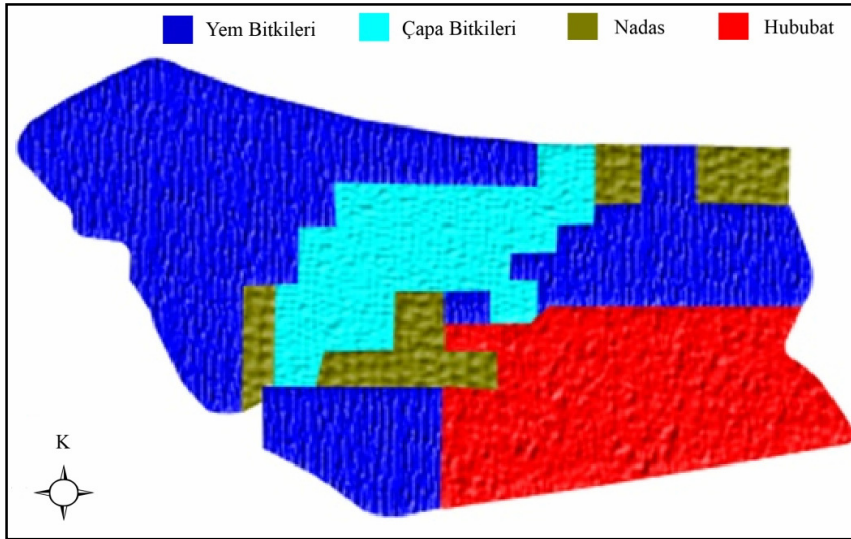
İstatistiksel analizler

Veri setinde yer alan tüm toprak örneklerine tanımlayıcı istatistiksel analizler uygulanmıştır. Bu amaçla her bir değişken için ortalama, standart sapma, minimum, maksimum, % varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca verilerin normal dağılıma uyup uyumadığı da

Shapiro Wilk W testi kullanılarak belirlenmiştir (JMP, 2005).



Şekil 1. Örneklem noktalarının çalışma alanındaki dağılımı
Figure 1. Sample design of the experimental field



Şekil 2. Çalışma alanındaki ürün deseni
Figure 2. Plant patterns of the experimental field

İncelenen toprak özellikleri içerisinde pH, kil içeriği, silt içeriği ve kum içeriği değerleri içerisinde normal dağılımı bozan uç değerler çıkarılmış ve analizler bu doğrultuda yapılmıştır. Ancak normal dağılım göstermeyen fosfor içeriği için jeostatistiksel analizler uygulanmamıştır.

Her bir toprak özelliğinin uzaysal bağımlılığı semivariogram analizi ile

belirlenmiştir. Semivariogramlar belli bir x mesafesi ile birbirlerinden ayrılan örnek çiftleri arasındaki varyansın mesafeyle olan ilişkisini gösterir. Diğer bir ifade ile örneklem çiftleri arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak uzaysal bağımlılığı tanımlar ve matematiksel olarak aşağıdaki eşitlikle ifade edilirler (Journel and Huijbregts 1978).

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

Burada, $\gamma(h)$ semivaryans; $N(h)$ h mesafesi ile ayrılan örnek çiftlerinin sayısı; $Z(x_i)$, incelenen özelliğin i noktadaki ölçüm değeri ve $Z(x_i+h)$ incelenen özelliğin $(i+h)$ noktadaki ölçüm değeridir. Mesafenin bir fonksiyonu olan ve uzaysal olarak ayrılmış veri noktaları arasındaki semivaryansı grafikize eden bir semivariogram, toprak özelliklerinin uzaysal ilişkilerini iyi bir şekilde tanımlamaktadır (Warrick *et al.* 1986, Buchter *et al.* 1991).

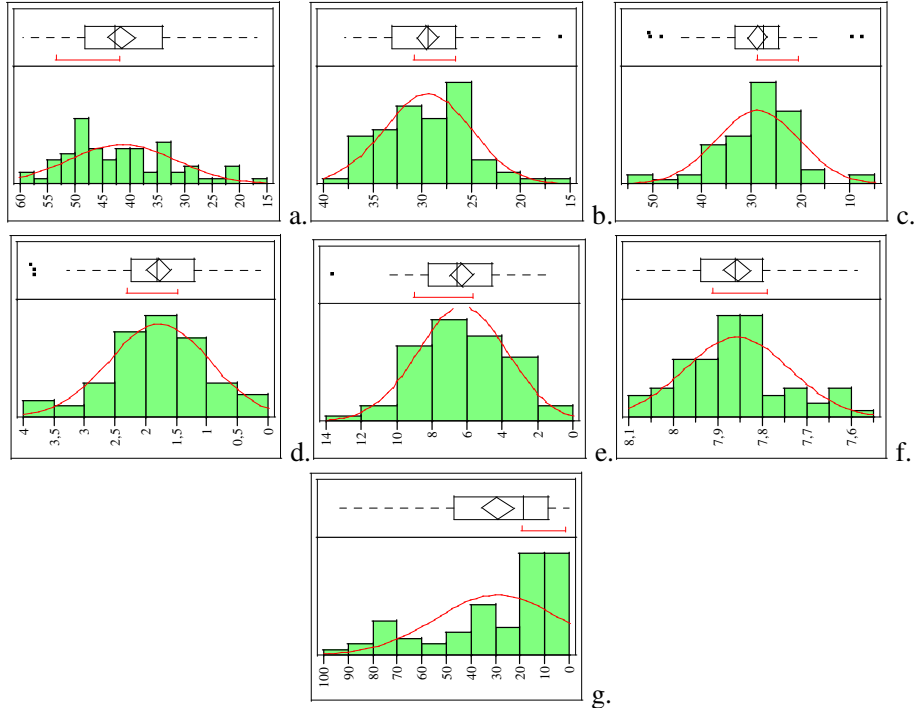
Çalışmada incelenen toprak özellikleri için uygun izotropik modelin seçiminde, kullanılan 5 ayrı model içerisinde en yüksek R^2 ve/veya en düşük kareler toplamını veren model en uygun model olarak seçilmiştir. Belirlenen semivariogram modelleri “Kriging” yöntemi kullanılarak inceleme alanı içerisinde her 10 m için bir

tahmin yapılmıştır. Bu tahminlerin yapılmasında kullanılan komşu noktaların sayısı ilgili özelliğin semivariogram değişim aralığı esasına göre belirlenmiştir (Akgül ve ark., 1995; GS+, 2004).

Bulgular ve Tartışma

İncelenen toprak özellikleri için tanımlayıcı istatistiksel değerlendirmeler

İncelenen toprak özellikleri içerisinde kil, silt ve kum içeriği, organik madde miktarı, kireç içeriği ve pH değerleri normal dağılım göstermiştir. Değişebilir fosfor ise normal dağılım göstermemiştir (Şekil 3). Fosfor miktarının gösterdiği değişkenlik, çalışma alanındaki bitki desenine göre yapılan fosforlu gübre uygulamalarından kaynaklanmaktadır. Uygulanan farklı transformasyon işlemlerine rağmen normal dağılım göstermeyen değişebilir fosfor için jeostatistiksel değerlendirme yapılamamıştır.



Şekil 3. Kil (a), silt (b), kum (c), organik madde (d), kireç (e), pH (f) ve değişebilir fosfor (g) değerlerinin frekans dağılımları

Figure 3. Frequency distributions of clay (a), silt (b), sand (c), organic matter (d), lime (e), pH (f) and available phosphorus (g)

Varyasyon katsayısı bir toprak özelliğinin değişkenliğinin tanımlanmasındaki en önemli faktördür (Zhou et al., 2010). Varyasyon katsayısı değerinin %10'un altında olması incelenen özelliğin yersel değişkenliğinin çok düşük olduğu, bu değer %100 olması durumunda ise yersel değişkenliğin çok yüksek olduğu söylenebilir (Wang et al., 2008). İncelenen toprak özellikleri içerisinde en yüksek varyasyon katsayısı değişebilir fosfor değerlerinde (%87,60) ve en düşük varyasyon katsayısı ise pH değerlerinde (%0,41) hesaplanmıştır. Diğer bir anlatımla

çalışma alanı içerisinde yersel değişkenliği en yüksek olan özellik değişebilir fosfor ve en düşük olan özellik ise pH olarak belirlenmiştir. varyasyon katsayısı (VK) değerlerine Varyasyon katsayısının yüksek olması, incelenen özelliklerin klasik istatistikler kullanılarak yorumlanmasında hata payını yükseltmektedir (Akgül ve ark., 1995). Elde edilen sonuçlara benzer şekilde Sun et al. (2003) ve Barbizzi et al. (2004)'da inceledikleri toprak özellikleri içerisinde en yüksek varyasyon katsayısını değişebilir fosforda ve en düşük varyasyon katsayısını da pH değerlerinde hesaplamışlardır.

Çizelge 1. İncelenen toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Table 1. Descriptive statistics of soil properties studied

	Ortalama Mean	Standart sapma Standard deviation	En düşük Minimum	En yüksek Maximum	Çarpıklık Skewness	Basıklık Kurtosis	Varyasyon katsayısı % Variation coefficient(%)
Kil (%) Clay (%)	41,49	9,84	17,08	59,32	-0,51	-0,37	23,72
Silt (%) Silt (%)	29,50	4,44	16,14	37,73	-0,42	0,49	15,06
Kum (%) Sand (%)	28,76	8,38	7,78	51,00	0,48	1,06	29,13
Org.Mad.(%) Org. Mat. (%)	1,79	0,82	0,14	3,91	0,37	0,51	45,80
Kireç (%) Lime (%)	6,30	2,54	1,57	13,76	0,08	-0,10	40,28
pH (1:2.5) pH (1:2.5)	7,86	0,12	7,59	8,08	-0,4	-0,06	0,41
Değişebilir P (ppm) Available P (ppm)	29,09	25,48	0,69	93,07	0,90	-0,37	87,60

Toprak özelliklerinin semivaryans analizleri

İncelenen toprak özelliklerinin araştırma sahası içerisindeki değişiminin isotropik (sadece örnek çiftleri arasındaki mesafeye bağımlı) veya anisotropik (örnek çiftleri arasındaki mesafenin yanı sıra örnekleme yönüne de bağımlı) olup olmadığını belirlemek amacıyla 4 ayrı doğrultu için (kuzey-güney, kuzeydoğu-güneybatı, doğu-batı, güneydoğu-kuzeybatı) yöne bağımlı semivariogramlar hesaplanmıştır. İncelenen özelliklerin tümü isotropik bir değişim göstermiştir. İncelenen örnekler için belirlenen semivariogram modelleri ve model parametreleri Çizelge 2'de verilmiştir.

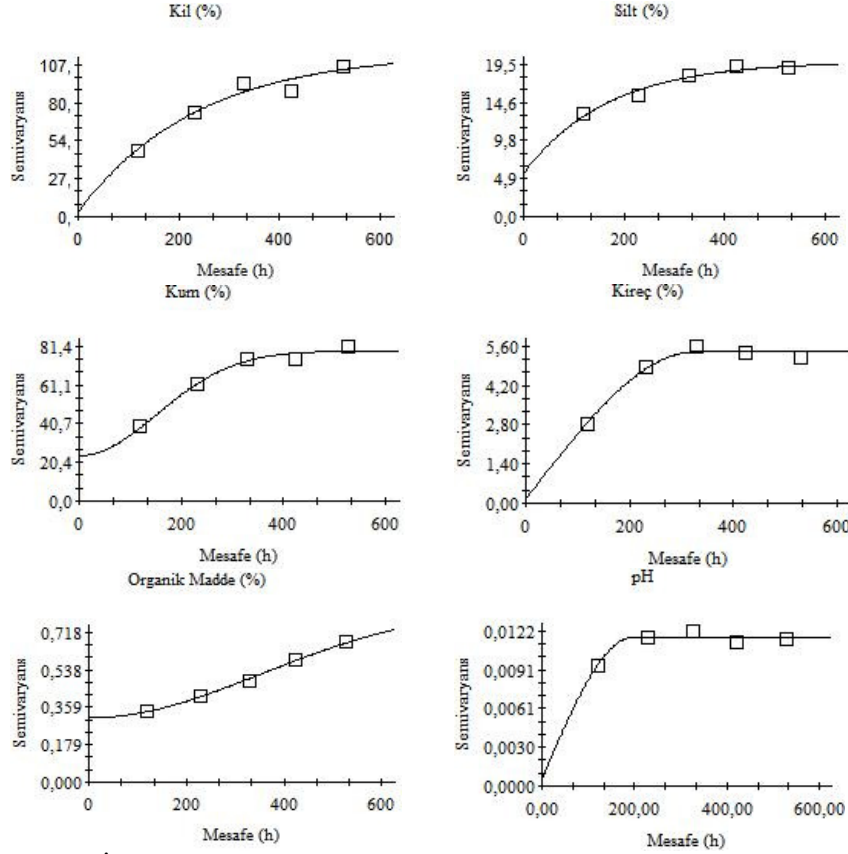
Toprakların kil ve silt içerikleri için seçilen en uygun teorik model üssel, kum ve

organik madde içeriği için Gaussian, kireç içeriği ve pH değerleri için ise küresel model olmuştur (Şekil 4). İncelenen özellikleri için regresyon katsayıları ise sırasıyla 0,94, 0,97, 0,99, 0,99, 0,98 ve 0,91 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2). Bu değerler incelenen toprak özellikleri için tanımlanan teorik modellerin yersel yapısal özellikleri etkili bir şekilde yansıttığını göstermektedir.

Nugget (Co)/Sill (Co+C) oranı yersel otokorelasyon değerini vermektedir (Li and Reynolds, 1995), bu değer %25'in altında olması durumunda yüksek, %25-75 arasında olması durumunda orta ve %75'in üzerinde olması durumunda ise zayıf yersel otokorelasyonun var olduğu söylenebilmektedir (Chien et al., 1997).

Çizelge 2 incelendiğinde kil, silt, kireç içeriği ve pH için nugget/sill oranı değeri %25'in altında değerler olarak yüksek yersel otokorelasyon göstermiştir, bunun yanında

organik madde (%36,90) ve kum içeriği değerleri (%30,23) orta yersel otokorelasyon göstermiştir.



Şekil 4. İncelenen toprak özellikleri için tanımlanan teorik modeller

Figure 5. The best fitted experimental semivariogram models for soil properties studied

Çizelge 2. İncelenen toprak özellikleri için tanımlanan semivariogram model ve model parametreleri

Table 3. The best fitted semivariogram models and parameters for soil properties studied

İncelenen özellik Soil property	Model	Co	Co+C	Co/ Co+C	A	r ²
Kil (%) Clay (%)	İsotropik Üstsel Isotropic Exponential	3,30	116	2,80	708	0,94
Silt (%) Silt (%)	İsotropik Üstsel Isotropic Exponential	5,56	19,90	27,93	501	0,97
Kum (%) Sand (%)	İsotropik Gaussien Isotropic Gaussian	23,90	79,07	30,23	371	0,99
Organik madde (%) Organic matter (%)	İsotropik Gaussien Isotropic Gaussian	0,31	0,84	36,90	864	0,99
Kireç (%) Lime (%)	İsotropik Küresel Isotropic Spherical	0,15	5,40	2,78	326	0,98
pH (1:2,5) pH (1:2,5)	İsotropik Küresel Isotropic Spherical	0,00	0,01	1,00	196	0,91

Co: nugget varyansı, Co+C: tepe varyansı, A: etki aralığı

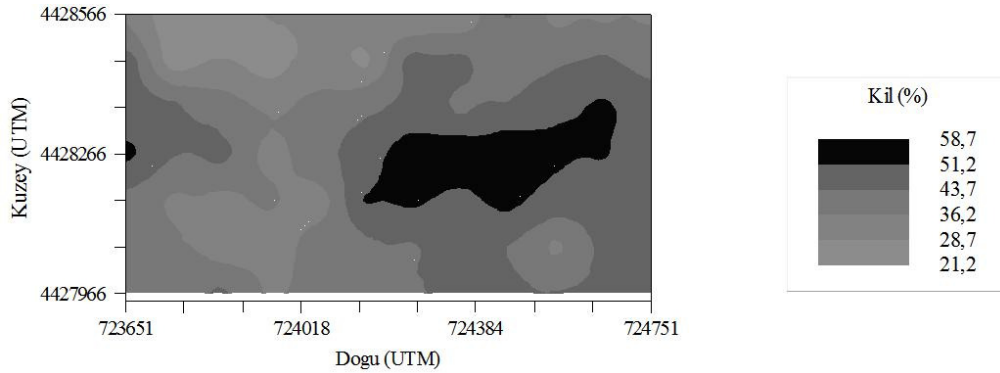
Co: nugget variance, Co + C: the peak variance, A: The effective range

İncelenen özelliklerin yersel bağımlılığı esas yapısal faktör olarak ele alınmaktadır (Zhou et al., 2010). Değişim aralığı (range:A) söz konusu özelliğin ölçülen iki noktada birbirleri ile ilişkili olabileceği maksimum mesafeyi göstermektedir, hesaplanan değişim aralığı içindeki noktaların yersel otokorelasyon gösterdiği, bu aralığın dışındaki noktaların ise yersel olarak birbirlerinden bağımsız olduğu anlamına gelmektedir (Wang, 1999). İncelenen toprak özelliklerinin yersel otokorelasyon gösterdiği mesafeler kil, silt, kum içerikleri, organik madde miktarı, kireç içeriği ve pH için sırasıyla 708, 501, 371, 864, 326 ve 196 m olarak hesaplanmıştır. bu konuda yapılmış çalışmalarda incelenen toprak özelliklerinin değişim aralıkları benzer olarak 100 m'nin üzerinde hesap edilmiştir (Bechini et al., 2003; Kılıç et al., 2004). Lag mesafesinin değişim aralığından büyük olması durumunda örnek çiftleri arasındaki yersel korelasyonun varlığından söz edilemez (Barbizzi et al., 2004). İncelenen toprak özelliklerinin tümü için lag mesafesi (100 m) değişim aralığından daha düşük değerler almıştır.

Toprak özelliklerinin yersel dağılımının haritalandırılması

Bu çalışmada her bir özellik için belirlenen en uygun semivariogram modeli dikkate alınarak ve "Alan Kriging" yöntemi kullanılarak her 100 m² (10m x 10m) lik bloklar için tahminler yapılmıştır.

Arazinin genel yapısı dikkate alındığında, arazinin kuzey kısmında dere yatağına yakın olan yerlerde kil içeriğinin en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Akarsular aktıkları yatağın kenarlarındaki tüm parçaları kopararak taşırlar, suyun taşıma gücü ve hızı azaldıkça sediment birikimi başlar (Scott, 2000). Arazide batıdan doğuya doğru akmakta olan dere ilkbahar aylarında taşkınlar oluşturmakta ve bunun sonucu olarak taşınan materyal suyun taşıma gücüne bağlı olarak arazinin belirli noktalarında birikmektedir. Sedimentin arazideki dağılımı yatay derecelenme göstermektedir, diğer bir anlatımla dere yatağından uzaklaştıkça kil içeriği artmakta ve dere yatağına doğru ise kum içeriği artmaktadır (Şekil 5).

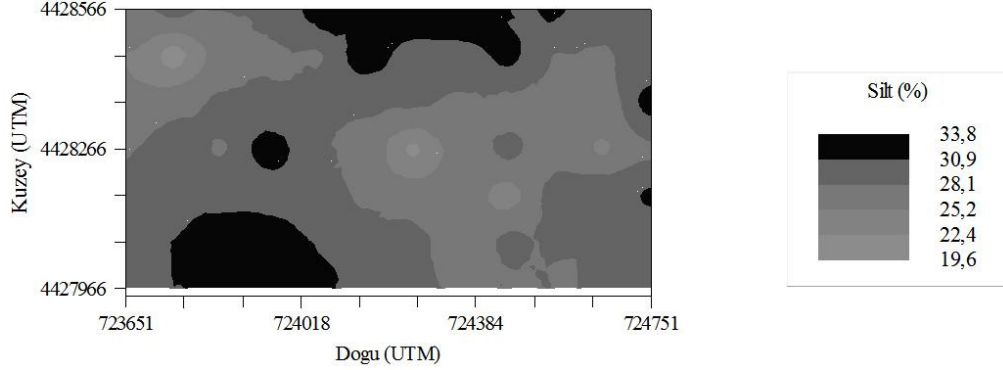


Şekil 6. Kil içeriğinin inceleme alanındaki dağılımı

Figure 7. Spatial distribution pattern of clay within the study area

İnceleme alanında silt içeriğinin değişiminde bir düzensizlik görülmektedir bunun sebebi ise farklı zamanlarda taşınan

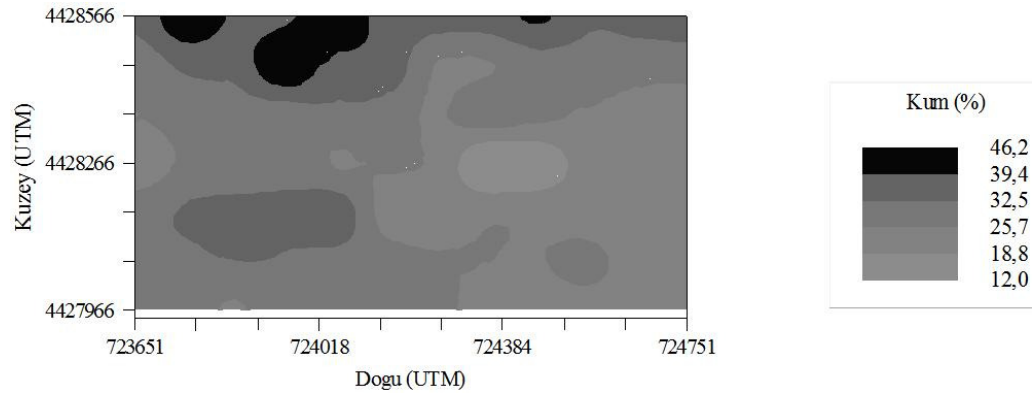
alüvyal materyalin silt içeriğinin ve taşınmayı sağlayan akıntının bir fonksiyonu olabileceği sanılmaktadır (Şekil 6).



Şekil 8. Silt içeriğinin inceleme alanındaki değişimi
Figure 7. Spatial distribution pattern of silt within the study area

Toprağın kum içeriğine ait değişim haritası incelendiğinde arazinin kuzey bölümünde kum içeriğinin en yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Bu alanın dere yatağı olduğu göz önünde bulundurulduğunda taşınma ve birikmeye bağlı olarak kum içeriğinin yüksek olması

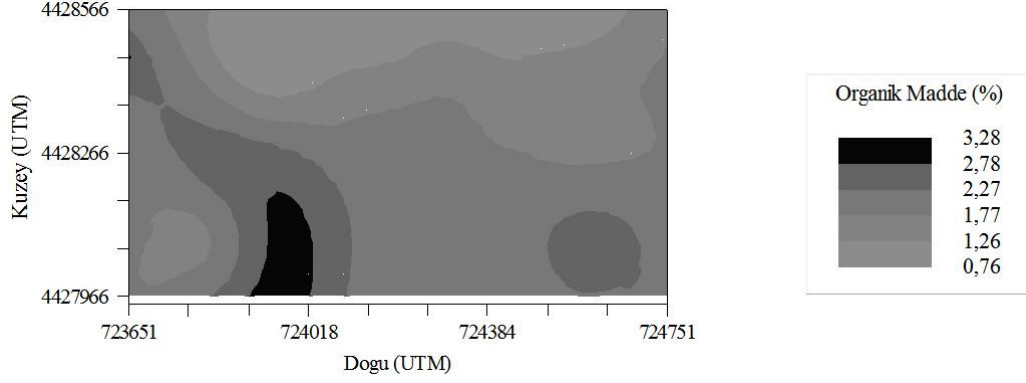
kaçınılmazdır. Arazide kil içeriğinin düşük olduğu yerlerde kum içeriğinin yüksek olduğu ve kil içeriğinin yüksek olduğu yerlerde ise kum içeriğinin düşük olduğu dağılım deseni haritalarında görülebilmektedir. (Şekil 7).



Şekil 9. Kum içeriğinin inceleme alanındaki değişimi
Figure 10. Spatial distribution pattern of sand within the study area

Organik madde miktarına ait değişimi incelendiğinde alanın güney kısmında hububat ekili alanlarda organik madde miktarının yüksek olduğu görülürken çapa bitkilerinin ekili olduğu alanlarda ve dere yatağında düşük olduğu görülmüştür. Çapa bitkilerinin ekili olduğu alanlarda toprak diğer alanlardan daha fazla işlendiğinden toprağın sürekli havalanması sonucu organik maddenin mineralizasyonu da hızlı olmaktadır. Avcı vd (1999), uzun süreli ekim nöbetlerinin verimlere ve toprak özelliklerine etkilerini inceledikleri çalışmada nadas-buğday ekim nöbeti uygulanan toprakların 10-20 cm ve 20-30

cm'lik kısımlarındaki organik madde miktarlarının (%1,90; %1,60), ayçiçeği-buğday ekim nöbeti uygulanan topraklardan (1,83; 1,40) daha yüksek olduğunu ve bu farklılığın istatistiki anlamda 0,05 seviyesinde önemli olduğunu bulmuşlardır. Yonca ve yüksek çayır yumağı ekili alanlarda ise organik madde içeriği nispeten daha yüksektir. Fakat yapay mera alanına doğru gidildikçe bu oranın yine düşük olduğu saptanmıştır, bunun sebebi ise yapay mera çalışması yapılan arazide daha önceki yıllarda çapa bitkilerinin ekili olduğu gösterilebilir (Şekil 8).

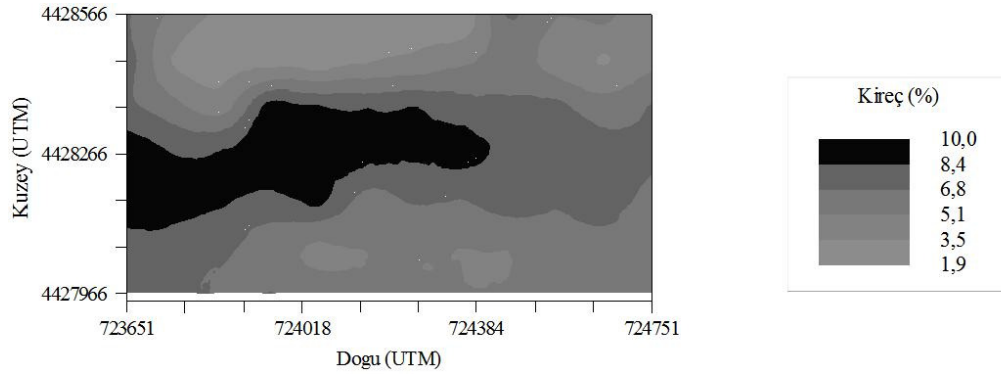


Şekil 11. Organik madde içeriğinin inceleme alanındaki değişimi

Figure 12. Spatial distribution pattern of organic matter within the study area

İnceleme alanının orta kısmında yani her iki dere yatağına da uzak olan bölgedeki kireç içeriğinin diğer bölgelerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında daha önce de belirtildiği gibi oluşan

taşkınlar sonucunda uzun süre su altında kalan arazinin kuzey-doğu bölgesindeki ve sululu buğday tarımının yapıldığı alanlardaki kireç içeriğinin ise en düşük değerler aldığı tespit edilmiştir (Şekil 9).

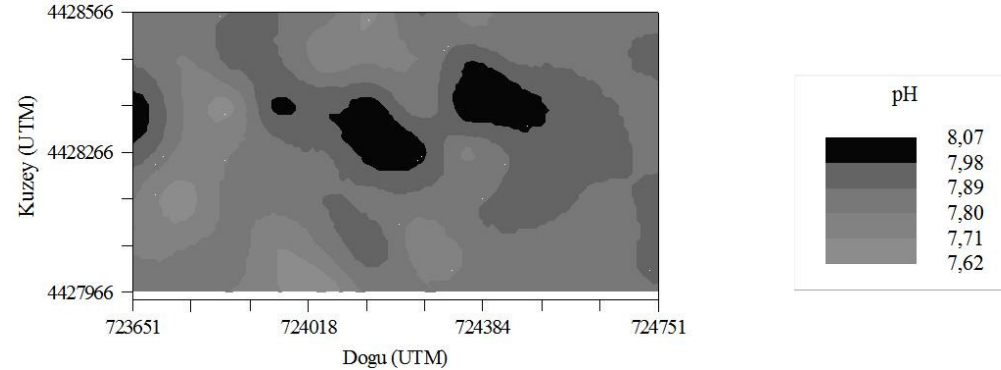


Şekil 13. Topraktaki kireç oranının inceleme alanındaki değişim paterni

Figure 14. Spatial distribution pattern of lime within the study area

pH'nın inceleme alanındaki değişimi incelendiğinde genel olarak kireç içeriğinin yüksek olduğu alanlarda pH değerlerinin

yüksek olduğu, organik maddenin yüksek olduğu alanlarda ise pH değerinin düşük olduğu görülmektedir (Şekil 10).



Şekil 15. Toprak pH'nın inceleme alanındaki değişimi

Figure 16. Spatial distribution pattern of pH within the study area

Sonuç

Toprak özelliklerinin belirlenmesinde en önemli gereksinim çalışma alanının homojen olmasıdır. Uygulamada bu duruma rastlamak neredeyse imkânsızdır. Toprak özellikleri yatay ve dikey doğrultuda mesafeye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir bu nedenle sınırlı sayıda örneklem ile toprak özellikleri bakımından alan hakkında kesin hüküm vermek yanıltıcı olabilmektedir.

Jeoistatistiksel uygulamalarda doğal alanların heterojen yapısından kaynaklanan sorunları aşmak için referans toprak özelliklerinin belirlenmesinde alternatif bir örneklem stratejisi oluşturulmaktadır. Varigram ile ilgili bilgilerin, sonraki çalışmalarda örneklem deseni ve örneklem mesafelerinin belirlenmesinde oldukça faydalı olacağı düşünülmektedir ve bu şekilde belirli bir tolerans ya da hassasiyet gerektiren örneklem planlarının oluşturulmasına imkân verilecektir. Bu çalışmada toprakların kum, kil, silt, organik madde ve kireç içerikleri ile pH için örneklem noktaları arasındaki mesafenin (100 m) yeterli olduğu fakat değişebilir fosfor için bu aralığın daha düşük tutulması gerektiği belirlenmiştir.

Çalışma alanından alınan örnekler içerisinde varyasyon katsayısı değerlerinden yola çıkarak en homojen özelliğin pH ve en heterojen özelliğin ise değişebilir fosfor olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada incelenen toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenlikleri isotropik semivariogram modelleri ile tanımlanmıştır. Toprakların kil ve silt içerikleri üstsel, kum ve organik madde içerikleri Gaussian, kireç içeriği ve pH ise küresel model ile tanımlanmışlardır. Toprak özelliklerine ait değişim haritaları incelendiğinde söz konusu toprak özelliklerinin arazinin fiziki durumuyla yakın ilişki gösterdiği belirlenmiştir. Toprakların kil ve kireç içerikleri araziden geçen dere yatağına olan uzaklıkla artmış kum içeriği ise azalış göstermiştir. Toprakların kil içeriği ile kum içeriği arasındaki ters orantı ve kireç içeriği ile pH arasındaki doğrusal orantı oluşturulan değişim haritalarında rahatlıkla

görülebilmektedir. Toprakların organik madde içerikleri özellikle çapa bitkisi ekili alanlarda nispeten daha az olurken hububat ekili alanlarda daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu veriler ışığında incelenen toprak özelliklerinin hem kendi aralarında hem de arazinin fiziki durumuyla yakın ilişkiler gösterdiği anlaşılmıştır.

Kaynaklar

- Akgül, M., Öztaş, T. ve Canbolat, M.Y. 1995. Atatürk Üniversitesi Topraklarında Tekstürel Değişimin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. İ. Akalın Toprak ve Çevre Semp. I: 82-91, Ankara.
- Anonim, 1998. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Pasinler Projesi Söylemez Barajı Sulama Alanı Planlama Drenaj Raporu, cilt 1.
- Avcı, M., Meyveci, K., Eyüpoğlu, H., Avcın, A. ve Karaca, M. 1999. Orta Anadolu'da Uzun Süreli Ekim Nöbetlerinin Verimlere ve Toprak Özelliklerine Etkisi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu s:178-188. Konya
- Barbizzi, S., Zorzi, P.D., Belli, M. and Pati, A. 2004. Characterization of a Reference Site for Quantifying Uncertainties Related to Soil Sampling Environ. Pollut., 127:131-135.
- Bechini, L., Bocchi, S. and Maggiore, T. 2003. Spatial Interpolation of Soil Physical Properties for Irrigation Planning. A Simulation Study in Northern Italy. European Journal of Agronomy 19:1-14.
- Bocchi, S., Castrignano, A., Fornaro, F. and Maggiore, T. 2000. Application of Factorial Kriging for Mapping Soil Variation at Field Scale. European Journal of Agronomy 13: 295-308.
- Bourgault, G., Journel, A.G., Rhoaders, L.D., Corwin, D.L. and Lesch, S.M. 1997. Geostatistical Analysis of a

- Salinity Data Set. *Adv. Agron.* 58: 254-291.
- Buchter, B., P.O. Aina, A.S. Azari and D.R. Nielsen. 1991. Soil Spatial Variability Along Transects. *Soil Technology* 4: 297-314.
- Chen, Y.J., Chen, Y.N., Li, W.H., Liu, J.Z. and Huang, H. 2007. Influence of Intermittent Water Deliveries on the Hydrochemistry of Soil in the Tarim River *Acta Geogr. Sin.*, 62 (9):970-980
- Di, H.J., Trangmar, B.B. and Kemp, R.A. 1989. Use of Geostatistics in Designing Sampling Strategies for Soil Survey. *Soil Sci. Am. J.* 53: 1163-1167.
- Gee, G.W. and Bauder, J.V. 1986. Particle Size Analysis, *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods.* 2nd edition. *Agronomy no:9.* 383-411, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.
- Goovaerts, P. 1999. Geostatistics in Soil Science: State of the Art and Perspectives. *Geoderma*, 89 (12): 1-45
- GS+, 2004. Gamma Design Software. GS+ Geostatistics for Agronomic and Biological Sciences. Version 5.3 a, MI, USA.
- Huang, X., Skidmore, E.I. and Tibke, G. 2001. Spatial Variability of Soil Properties Along a Transect of CRP and Continuously Cropped Land. 10th International Soil Conservation Organization Meeting p:641-647.
- JMP, 2005. SAS Institute Inc. Carry NC
- Journel, A.G. and C.H. Huijbregts. 1978. *Mining Geostatistics*, Academic Press, New York.
- Kaçar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları 453. Uygulama kılavuzu 15:55-390. Ankara
- Kılıç, K., Özgöz, E. ve Akbaş, F. 2004. Assessment of Spatial Variability in Penetration Resistance as related to Some Soil Physical Properties of Two Fluvents in Turkey. *Soil & Tillage Research* 76:1-11.
- Kutilek, M. and Nielsen, D.R. 1994. *Soil Hydrology: GeoEcology Textbook.* Catena Verlag. Cremlingger- Destedt, Germany.
- Lark, R.M. 2002. Optimized Spatial Sampling of soil for Estimation of the Variogram by Maximum Likelihood. *Geoderma* 105: 49-80.
- Li, H.B. and Reynolds, J.F. 1995. On Definition and Quantification of Heterogeneity. *Oikos*, 73:280-284
- Mahinakarzadeh, M., Simkins, S. and Veneman, P.L.M. 1991. Spatial Variability of Organic Matter Content in Selected Massachusetts map units. P. 231-242.
- McLean, E.O. 1982. Soil pH and Requirement. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties.* 2nd Edition. *Agronomy no:9.* 199-224, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Miller, M.P., Singer, M.J. and Nielsen, D.R. 1988. Spatial variability of Wheat Yield and Soil Properties on Complex Hills. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:1133-1141.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties.* 2nd edition. *Agronomy no:9.* 539-579, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Özgül, M. 2003 Erzurum Yöresinde Yaygın Olarak Bulunan Büyük Toprak Gruplarının Sınıflandırılması ve Haritalanması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi
- Öztaş, T. 1995. Jeostatistiğin Toprak Bilimindeki Önemi ve Uygulanışı. İ. Akalın Toprak ve Çevre Semp. I:271-280, Ankara.
- Öztaş, T. ve Ardahanlıoğlu, O. 1998. Alüvial Depozitlerde Tekstürel Değişim. Doğu Anadolu Tarım Kongresi. Cilt II. S: 1256-1264, Erzurum.
- Pan, Y.X. and Wang, X.P. 2009. Factors Controlling the Spatial Variability of Surface Soil Moisture within Revegetated-Stabilized Desert Ecosystems of the Tengger Desert, Northern China. *Hydrol. Process.* 23, 1591-1601.

- Reese, R.E. and Moorhead, K.K. 1996. Spatial Characteristics of Soil Properties Along an Elevational Gradient in a Carolina Bay Wetland. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:1273-1277.
- Scott, H.D. 2000. *Soil Physics Agricultural and Environmental Applications*, pp:58-59 Iowa State University Press, Ames.
- Sun, B., Zhou, S. and Zhao, Q. 2003. Evaluation of Spatial and Temporal Changes of Soil Quality Based on Geostatistical Analysis in the Hill Region of Subtropical China. *Geoderma*, 115:85-99.
- Tercan, A.E. ve Saraç, C. 1998. Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler. *Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları no:48*. s: 137. Ankara.
- Trangmar, B.B., Yost, R.S., Wade, M.K., Uehara, G. and Sudjadi, M. 1987. Spatial Variation of Soil Properties and Rice Yield on Recently Cleared Land. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:668-774.
- Vázquez, E.V., Vieira, S.R., De Maria, I.C. and González, A.P. 2009. Geostatistical Analysis of Microrelief of an Oxisol as a Function of Tillage and Cumulative Rainfall. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 66: n.2.,225-232.
- Wang, Y.G., Li, Y. and Xiao, D.N. 2008. Catchment Scale Spatial Variability of Soil Salt Content in Agricultural Oasis, Northwest China. *Environ. Geol.*, 56 (2) (2008), pp. 439-446
- Warrick, A.W., Myers, D.E. and Nielsen, D.E. 1986. *Geostatistical Methods Applied to Soil Science*. P. 53-57. In A. Klute (ed) *Methods of Soil Analyses Part I: Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Webster, R. and Oliver, M. 2001. *Geostatistics for Environmental Scientist*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Yost, R.S., Uehara, G. and Fox, R.L. 1982. Geostatistical Analysis of Soil Chemical Properties of Large Land Areas. II Kriging. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 1033-1037.
- Zhou, H.H., Chen, Y.N. and Li, W.H. 2010. Soil Properties and Their Spatial Pattern in an Oasis on the Lower Reaches of the Tarim River, Northwest China. *Agricultural Water Management*, vol 97(11):1915-1922.