



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.287480



Çeltik yetiştiriciliği yapılan arazilerde demir ve mangan içeriklerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile belirlenmesi

Mehmet Taşan^{a*}, Yusuf Demir^b

^aKaradeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun, Turkey

^bOndokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun, Turkey

* Sorumlu yazar/Corresponding author: mehmettasan17@gmail.com

Geliş/Received 23/01/2017

Kabul/Accepted 02/02/2017

ÖZET

Bu çalışmada, Alaçam ilçesinde çeltik yetiştirilen alanlardaki toprakların Fe ve Mn içeriklerinin alansal değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma alanını temsil edecek şekilde 54 farklı noktadan ve dört farklı derinlikten (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90cm, 90-120 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Alansal dağılımda en uygun yöntemi belirlemek için 6 farklı enterpolasyon yöntemi karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW), Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK), Birleştirilmiş Kriging (COK) metodları kullanılmıştır. En uygun enterpolasyon yöntemini belirlemede ise Ortalama Hata Kareleri Karekökü (RMSE) ve Mutlak Ortalama Hata (MAE) değerleri kullanılmıştır. Belirlenen en iyi yönteme göre Fe ve Mn haritaları hazırlanmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre Fe dağılımı farklı derinlikler için sırasıyla RMSE değerleri 8.402, 8.371, 4.500 ve 3.615 hesaplanmış, en uygun olarak RBF, IDW ve SK metodları belirlenmiştir. Mn dağılımı içinse RMSE değerleri üst toprak katmanından alt katmana doğru sırasıyla 10.098, 10.668, 15.434 ve 12.921 olarak hesaplanmıştır. Tüm katmanlar için en iyi yöntemler kullanılarak hazırlanmış olan haritalara göre alanda Fe içeriği bakımından eksik olan alanlar derinlikler bazında 35.325 da ile 17479.329 da arasında değişmiştir. Mn eksikliği olan alanlar ise 222.265 da ile 4229.97 da arasında alansal dağılım göstermiştir. Sonuç olarak noktasal olarak örnekleme yapılan çalışmalardan elde edilen veriler ile alansal dağılım haritaları hazırlanırken en iyi enterpolasyon yöntemin belirlenmesi çalışmanın doğruluğu açısından büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Sözcükler:
Enterpolasyon
metotları
Coğrafi Bilgi
Sistemleri
Demir
Mangan

Determination of spatial distribution of iron and manganese contents with different interpolation methods at rice cultivated areas.

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the spatial variation of Fe and Mn contents of the soil in the paddy fields in Alaçam district. Soil samples were taken from 54 different points and four different depths (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm, 90-120 cm) in order to represent study areas. Six different interpolation methods were compared to determine the optimum method for spatial distribution. Radial Base Function (RBF), Inverse Distance Weight (IDW), Ordinary Kriging (OK), Simple Kriging (SK), Universal Kriging (UK) and Co-Kriging (COK) methods were used in this study. Root Mean Squared Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE) were used to determine the most appropriate interpolation method. Fe and Mn maps were prepared according to the best method determined. The RMSE values for the different depths of Fe distribution were calculated as 8,402, 8,371, 4,500 and 3,615, respectively. RBF, IDW and SK methods were determined as the best for Fe distribution at end of the evaluations. The RMSE values were calculated for the Mn distribution from the top to the bottom soil layers as 10,098, 10,668, 15,434 and 12,921, respectively. According to the Fe maps prepared using the best methods for all layers, the deficiency of Fe contents distribution varied between 35.325-17479.329 da. Similarly the Mn deficiency areas were varied between 222,265-4229,97 da. As a result, while preparing the spatial distribution maps with the data obtained from pointwise sampling studies the determination of the best interpolation method is of great importance from the point of the accuracy of the study.

Keywords:
Interpolation methods,
Geographic
information systems
Iron
Manganese

1. Giriş

Toprak ve su, insanoğlunun gıda, içme, barınma gibi ihtiyaçlarını karşılamada doğal ve yenilenemeyen en önemli iki kaynaktır. Sınırlı kaynaklardan olan suyun ve toprağın bozulmaya uğramadan sürdürülebilir bir şekilde işletilmesi gerekmektedir. Toprakların korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması ülkemizin geleceği açısından bir zorunluluktur. Özellikle çeltik yetiştiriciliği yapılan alanlardaki topraklarda demir ve mangan içeriklerinin takip edilmesi toprak kaynaklarının korunumu açısından önem taşımaktadır (Alam, 1985).

Demir ve mangan bitkilerin büyüme ve gelişmesi için gerekli olan mikro besleyicilerdir (Teryy, 1980 ; Bennet ve ark., 1982; Datin ve Westerman, 1982). Çeltik yetiştirilen ortamların su altında olması nedeniyle toprakta bulunan demir ve mangan konsantrasyonlarının artması topraktaki ve bitkilerdeki diğer mikro besin maddelerinin dengesini bozmaktadır (Ganwer ve Mann, 1972; Chaudhry ve ark., 1977). Yapılan bazı çalışmalarda araştırmacılar bitki beslenmesinde Fe ve Mn'nin birlikte rollerinin bireysel rollerinden daha önemli olduğunu bildirmişlerdir (Karim ve Mohsin, 1964). Büyüme ortamındaki yüksek Fe konsantrasyonları bitkiler tarafından Mn alınımı engelleyebilirken Fe eksiklikleri ise toprakta Mn ve Zn gibi besin maddelerinin artması ile gelişir (Tisdale ve ark., 1975).

Toprak özelliklerinin zamansal ve konumsal değişkenliği hakkında bilgi sahibi olmak toprak yönetimini iyileştirmek ve bitki verimliliğini arttırmak için son derece önem taşımaktadır. Bilinen istatistiksel yöntemler belli bir alan içerisinde örneklenen noktaların uzaysal ilişkisi hakkında bir bilgi vermemektedir. Bu nedenle örneklenmemiş bir nokta, örneklenmiş diğer noktalardan faydalanılarak tahmin edildiğinden ve uzaysal bağımlılığı dikkate alınmadığından çok doğru değildir (Mulla ve McBratney, 2000). Genellikle bir toprak özelliğine ait değerler örnekleme noktaları birbirine yaklaştıkça benzer olmaktadır yani uzaysal korelasyona sahip olmaktadır. Örnekleme noktaları arasındaki uzaklıklar arttıkça, benzerlikler giderek azalmakta ve belirli bir noktadan sonra benzerlik bulunmamaktadır. Belirli hata sınırları içerisinde alınabilecek en uygun örnekleme yoğunluğunun belirlenmesi en az örnek alınarak en fazla bilginin elde edilmesinde büyük ö taşımaktadır.

Yeryüzeyi ile ilgili yapılan çalışmalarda, konumsal dağılım gösteren verilere olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle noktasal verilerin konumsal veriye dönüşümünde birçok enterpolasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bilgisayar ortamına aktarılan ve belirli kriterlere göre sınıflandırılan verilerin CBS de değerlendirilmesinde enterpolasyon yöntemleri uygulanmakta ve ölçülen coğrafik veriler, konumsal enterpolasyon teknikleri ile tüm alana yayılmakta ve alana ait dağılım haritaları elde edilmektedir

(Heuvelink, 2006). Konumsal enterpolasyon yöntemleri tarım, çevre, meteoroloji ve jeodezi gibi birçok disiplinde kullanılmaktadır. Türkiye'de ve Dünya'da çeşitli alanlarda konumsal enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması konusunda yapılmış birçok çalışma mevcuttur. (Wang ve ark., 2014; Akyürek ve ark., 2013; Arslan ve ark., 2012; Doğru ve ark., 2011; Luo ve He 2011; Mair ve Fares, 2011; Temizel, 2016; Temizel ve Koç, 2015).

Nayanaka ve ark. (2010) yılında yapmış oldukları bir çalışmada Sri Lanka'nın Polonnaruwa bölgesinde çeltik yetiştirilen 18 ha'lık bir alanda tarımsal açıdan önemli bazı toprak özelliklerinin mekansal değişkenliğini araştırmışlardır. Bu amaçla 43 farklı noktadan 0-20 cm derinlikten toprak örnekleme yapılmıştır. Toprağın kil içeriği, organik madde, yarayışlı fosfor (P), pH, EC (elektriksel iletkenlik), değişebilir kalsiyum ve yarayışlı çinko (Zn) özellikleri klasik ve jeostatistik yöntemler kullanılarak araştırılmıştır.

Shao-ging ve ark. (2011)'de toprağın fosfat miktarının değişimini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada 110 noktadan toprak örneği almışlar ve Fosfatın konumsal dağılımları belirlemek için IDW, Spline ve ordinary kriging yöntemleri kullanmışlar. En iyi yöntemi belirlemek için her bir yöntemin ortalama hata değerlerini kullanmışlardır. En küçük ortalama hata değerini veren Ordinary Kriging yönteminin en iyi enterpolasyon yöntemi olduğunu belirlemişler ve bu yöntemle göre haritalama yaparak sorunlu alanları belirlemişlerdir.

Xie ve ark., (2011)'de Çin'de Pekin'in Tongzhou bölgesindeki topraklarda ağır metallerin alansal dağılımını belirlemek için 4 farklı enterpolasyon yöntemini (IDW, LP, OK ve RBF) karşılaştırmışlardır. Bu amaçla 137 farklı noktadan 0-20 cm lik toprak derinliğinden örnek almışlar ve toprakların bakır (Cu), kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Enterpolasyon yöntemlerinin performanslarının değerlendirilmesinde çarpaz değerlendirme için Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) değerlerini kullanmışlardır. Kirlenmiş örneklerin yüzdesine dayanan klasik yöntemin, enterpolasyon yöntemleriyle tahmin edilen değerlere göre % 23.54 ile % 41.92 daha büyük bir kirlilik alanı verdiğini tespit etmişlerdir.. Dört yöntem arasındaki kirlilik alanı tahminindeki fark ise % 6.14 bulunmuştur. Sonuçlar tüm enterpolasyon yöntemlerinin toprağın ağır metallerinin ortalama konsantrasyonlarının yüksek bir doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermiştir.

Behera ve Shukla (2014)'de Hindistanın Orissa, Jharkhand, Himachal pradesh ve Kerala eyaletlerinde dört farklı toprak serisini temsil eden ekili arazilerden toplamda 400 farklı noktadan yüzey toprağı (0-15 cm) almış ve analiz etmişlerdir. Toprakların ekstrakte edilebilir Mn ve Fe içeriği, pH, organik karbon içeriği, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi değiştirilebilir

katyonların alansal dağılımları ve sorun olan bölgeleri belirlemelerdir.

Bu çalışma Alaçam ilçesinin çeltik yetiştirilen ve sulamaların sadece yeraltı sularından yapıldığı bir bölgede, toprakların Fe ve Mn içeriklerinin alansal dağılımlarını belirlemek için yürütülmüştür. 54 farklı noktadan 4 farklı derinlikten (0-30, 30-60, 60-90, 90-120 cm) toprak örnekleri alınmış ve alansal dağılımın belirlemek için 6 farklı enterpolasyon yöntemi karşılaştırılmış ve en iyi dağılımı veren yöntem belirlenmiştir. En iyi yöntem kullanılarak Fe ve Mn elementlerinin konumsal dağılım haritaları hazırlanmış ve riskli alanlar tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma alanının konumu, toprak ve iklim özellikleri

Çalışma alanı ülkemizin kuzeyinde Orta Karadeniz Bölgesinde 41° 36' - 41° 40' Kuzey enlemleri ve 35° 03' - 35° 04' Doğu Boylamları arasında yer almaktadır. Alaçam Samsun ilinin 80 km batısında olup; Kuzeyinde Karadeniz, doğusunda Bafra, Batısında Yakakent, güneyinde Vezirköprü ve Güneydoğusunda Durağan ile komşudur. İlçenin yüzölçümü 463 km² Kuzey sınırını Karadeniz çizerken doğu sınırını Bedeş Çayı ile

Karaboğaz gölünün ağız kısmını oluşturur. Batı sınırı Etyemez ve Koz köyleri sınırları oluşturmaktadır. Araştırma sahasının konumu Şekil 1'de verilmiştir.

Alaçam ilçesinin toprakları Kızılırmak başta olmak üzere, Alaçam, Yenice ve Bedeş çayları gibi akarsuların uzun yıllardır taşıdıkları alüvyonlardan oluşmuştur. Bu alüvyonların kalınlığı ilçenin batısında 20 m iken doğusunda 80 m ye kadar çıkmaktadır (Anonim, 2017). Tarım açısından oldukça elverişli verimli toprak yapısı özelliği taşır. Delta ovası üzerinde yer yer sularla kaplı bataklık alanlara rastlanır. Bunun nedeni bu alanlarda Drenajın iyi olmamasıdır. Delta ovası ile 250 m yükseltiye kadar uzanan sahalarda hafif eğimli yamaç arazi yer alır. Makineli tarım yapmaya elverişli olan bu sahalarda sarı renkli fosillerin bulunduğu toprak tabakası yer alır. Bu alanlardaki tabakalar kıvrımlı bir yapı özelliği gösterir. Vadi yamaçlarında ve yol yapımı için yapılan yarmalarda bu tabakalaşma kendini daha iyi gösterir.

Çalışma alanında Karadeniz Bölgesinin ılıman iklim özellikleri görülmektedir. Samsun Meteoroloji Müdürlüğünden alınan uzun yıllar ortalama gözlem sonuçlarına göre Alaçam ilçesi için en yağışlı ay Aralık, en kurak ay ise Temmuzdur. Yıllık yağış toplamı uzun yıllar ortalamasına göre 754.9 mm'dir. En sıcak ay (24,5 °C) Ağustos ayı ve en soğuk ay (6,1 °C) ise Ocak ayıdır (Anonim, 2015).



Şekil 1. Çalışma alanının yeri ve konumu

2.1.2. Su kaynakları, sulama ve drenaj şebekesi

Alaçam ilçesi, Kızıllırmak, Alaçam, Yenice ve Bedeş Çayları, ana su kaynaklarını oluştururken, Alaçam ilçesi sınırlarında 2015 yılı itibarı ile herhangi bir sulama sistemi ve drenaj şebekesi bulunmamaktadır. Yöre çiftçileri su kaynağı olarak yeraltı sularını sulama amaçlı kullanılmaktadırlar.

2.2. Yöntem

2.2.1. Toprak örneklerinin alınması

Çalışma alanında toprakların demir ve mangan içeriklerini belirlemek amacıyla 2015 yılında Nisan ayında 54 farklı noktada 4 derinlikten (0-30cm, 30-60 cm, 60-90 cm ve 90-120 cm) toplam 216 adet toprak örneği alınmıştır. Örnek alınan noktaların koordinatları GPS ile belirlenmiştir. Toprak örnekleri poşetlere doldurulmuş ve arazi özellikleri etiket üzerine işlenerek laboratuvara getirilmiştir. Örnekler oda sıcaklığında kurutulmuş ve 4 mm lik elekten elenmiştir. Toprak örneklerinde demir ve mangan miktarlarının belirlenmesinde atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (AAS) yöntemi kullanılmıştır (Kacar, 1994).

2.2.2. Enterpolasyon yöntemleri

Toprak analizlerinden elde edilen noktasal verilerin alansal dağılımını belirlemek için enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında deterministik yöntemlerden Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemi, stokastik yöntemlerden Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK), Birleştirilmiş Kriging (COK)) metodları karşılaştırılmıştır. Çalışmada IDW metodunda ikinci kuvvet (IDW-2), RBF metodunda düzeltilmiş spline (Completely Regularized Spline (CRS)) modeli, kriging metodlarında ise küresel(Spherical) model kullanılmıştır.

2.2.2.1. Radyal tabanlı fonksiyon (RBF)

RBF metodu çok boyutlu verilerin enterpolasyonunda kullanılan bir metottur. Genel olarak sınırlı sayıda veri ya da tahmin edilmesi zor olan noktaların tahmininde kullanılmaktadır. Bu metodun en büyük avantajı genel kısıtlamaların az olması nedeni ile herhangi bir boyutta rahatlıkla kullanılmasıdır (Wright, 2003). RBF modeli Euclide uzayında çalışmaktadır ve genel eşitliği, eşitlik 1'de verilmiştir. ;

$$S(\underline{x}) = \sum_{j=1}^n \lambda_j \phi \left(\left\| \underline{x} - \underline{x}_j \right\| \right) \quad (1)$$

\underline{x} = serbest değişken

Eşitliğin cevap kümesi $\left\{ f_j \left(\begin{matrix} n \\ j=1 \end{matrix} \right) \right\}$

$S(\underline{x}_j)=f_j, j=1, \dots, n$ koşullarındaki genişleme kümesi

λ_j =genişleme katsayısı,

$[A][\lambda]=[f]$ eşitlikteki , $A_{aj,k} = \phi \left(\left\| \underline{x} - \underline{x}_j \right\| \right)$ radyal fonksiyon türlerini,
 ϕ =tekli değişkeni ifade etmektedir.

2.2.2.2. IDW (Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon)

En yaygın kullanılan enterpolasyon metodlarından biri olan IDW'nin esası değeri bilinen noktadan değeri bilinmeyen nokta değerini tahmin etmeye dayanmaktadır. B değerini hesaplanmasında ise uzaklıkların ters mesafe fonksiyonlarından yararlanmaktadır. Bu varsayım değeri bilinen noktadan hedeflenen noktaya olan uzaklık arttıkça benzerliklerin azaldığı mantığına dayanmaktadır (Li ve Heap,2008; Shepard, 1968).

$$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (2)$$

$$W_i = d_i^{-u} \quad (3)$$

$Z(x)$ = Enterpole edilen noktadaki tahmin edilen değer,
 Z_i =Bilinen noktadaki değer,
 n =değeri bilinen toplam nokta sayısı,
 d_i =i noktası ile değeri tahmin edilecek nokta arası mesafe,
 W_i =i noktasına atanan ağırlık
 u = parametrenin kuvveti

2.2.2.3. Simple (Basit) kriging (SK)

Krigleme genel olarak diğer tahmin modellerine benzer şekilde, bir değişkenin herhangi bir bilinmeyen noktalardaki değerinin tahmin edilmesinde değeri bilinen noktaların değerlerinin kullanarak kestirmeye çalışması mantığına dayanmaktadır. Bütün krigleme yöntemleri aşağıdaki ana eşitliğini kullanarak krigleme yöntemine göre tahminler yapmaktadır (Li ve Heap, 2008).

$$\hat{Z}(x_0) - \mu = \sum_{i=1}^n \lambda_i [Z(x_i) - \mu(x_0)] \quad (4)$$

Eşitlikte;

μ = hareketsiz ortalama,

λ_i =kriging ağırlığı,

n = tahmin etmede kullanılan nokta sayısı,

$\mu(x_0)$ = araştırma alanı örnekleri ortalaması,

$\hat{Z}(x_0)$ =Tahmin edilen noktanın gerçek değeridir.

Simple (Basit) kriging yönteminde esas kovaryans fonksiyonuna dayalı olarak geliş güzel olarak alana dağılım ilkesine dayanmaktadır. Genel eşitliği kriging tahmin eşitliğinin modifikasyonu ile şu şekilde ifade edilir (Li ve Heap,2008);

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) + [1 - \sum_{i=1}^n \lambda_i] \mu \quad (5)$$

Eşitlikte;

μ = hareketsiz ortalama, (tüm alan için hesaplanan ortalaması, sabit)
 λ_i =kriging ağırlığı,
 n = tahmin etmede kullanılan nokta sayısı,
 $\hat{Z}(x_0)$ =Tahmin edilen noktanın gerçek değeridir.
 $[1 - \sum_{i=1}^n \lambda_i]$ değeri sıfıra eşit ya da yakın olmasında önemsiz sayılmaktadır

2.2.2.4. Ordinary kriging (OK)

Ordinary kriging yöntemi simple kriging yöntemine çok benzer hesaplama yapmakla birlikte sadece OK genel eşitliğinde bulunan μ parametresini lokal ortalama kullanırken genel eşitlikte $\mu(x_0)$ olan değeri $[1 - \sum_{i=1}^n \lambda_i] = 0$ yerine $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ olarak değiştirmektedir (Li ve Heap, 2008).

2.2.2.5. Universal kriging (UK)

Çalışma alanında ya da uzayda belirli bir yönde artan mesafeye bağlı olarak değişken değerlerinin de sürekli artması durumunda OK metodu kullanılamamaktadır. Belirli bir mesafede değişken değerlerinin sürekli artış göstermemesi durumunda kalıntı semiyovaryogramlar kullanılarak trendler giderilir ve krigleme sonucunda tahminler yapılır. Bu tür hesaplamalar Universal Krigleme (UK) olarak bilinmektedir (Christensen, 1990; Brus ve Heuvelink, 2007).

$$\hat{Z}(S) = \sum_{i=0}^m \beta_j x_j(S) + \varepsilon(S) \quad (6)$$

Burada;

$\hat{Z}(S)$ =Tahmin edilmesi hedeflenen veriler,

S = İki boyutlu konumsal koordinatlar,

$x_j(S)$ =Kovaryanslar,

β_j =Regresyon katsayısı,

ε =otokorelasyon sonucu kalıntıdır.

2.2.2.6. Co-kriging (COK)

Geleneksel regresyon modelleri sadece hedef noktada ikincil bir verinin olması durumunda çok başarılı tahminler yapamamaktadırlar. Fakat Cokiriging metodu 2 veya daha fazla verinin birbiri ile olan ilişkisini araştırmada verilerinde kalitesine ve sayısına bağlı olarak iyi tahminler yapmaktadır.

$$\hat{Z}_1(x_0) - \mu_1 = \sum_{i=1}^{n_1} \lambda_{i1} [Z_1(x_{i1}) - \mu_1(x_{i1})] + \sum_{j=2}^{n_p} \sum_{ij=1}^{n_j} \lambda_{ij} [Z_j(x_{ij}) - \mu_j(x_{ij})]$$

Burada, μ_1 bilinen noktanın birinci değişkenin ortalaması, $Z_1(x_{i1})$ i_j noktasındaki birincil değişkenin verisi, $\mu_1(x_{i1})$ araştırma alanındaki örneklerin

ortalaması, n_j x_0 noktasında tahminde kullanılan birincil parametre sayısı, λ_{i1} birincil değişkenin tahmin varyansını minimize etmek için seçilmiş ağırlık faktörü, n_p ikincil değişken sayısı, n_j araştırma alanındaki jinci ikincil değişkenin sayısını, λ_{ij} jinci ikincil değişkenin ağırlık faktörü, $Z_j(x_{ij})$ jinci ikincil değişkenin versini, $\mu_j(x_{ij})$ jinci ikincil değişkenin örneklerinin ortalamasını ifade etmektedir (Brus ve Heuvelink, 2007). Bu çalışmada ikincil değişken olarak arazi kotları kullanılmıştır.

2.2.3. Yöntemlerin karşılaştırılması ve değerlendirme

Ölçülen değerler ve enterpolasyonlar sonucu tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi sorgulayabilmek, ölçülen değerlere en yakın sonucu veren başka bir ifade ile yöntemler arasından en uygun olanının seçilmesinde literatürde farklı karşılaştırma yöntemlerinin dikkate alındığı görülmektedir (Emadi ve Bagnernejad, 2014). Genel anlamda en yaygın kullanılan yöntemler; Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE), tahmin edilen ve gözlenen değerler arasındaki korelasyon değerlerinin kullanıldığı yöntemlerdir.

Bu çalışmada yöntemlerin karşılaştırmalarının yapılması ve en uygun yöntemlerin seçilebilmesi için en çok kullanılan Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) yöntemi ile Ortalama Mutlak Hata (MAE) kullanılmıştır. En düşük RMSE değerini veren yöntem en uygun yöntem olarak değerlendirilmiştir. RMSE değerlerinin eşit olması durumunda ise en küçük MAE değeri dikkate alınmıştır. RMSE ve MAE değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Ding ve ark., 2011).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z_{i*} - Z_i)^2}{n}} \quad (\text{Eşitlik 7})$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_i - Z_i^*| \quad (\text{Eşitlik 8})$$

Eşitlikte; Z_i : tahmin edilen değer, Z_{i*} ölçülen değer ve n örnek sayısını ifade etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Demir ve mangan için temel tanımlayıcı istatistikler

Çalışma alanı topraklarındaki demir ve mangan içeriklerine ait temel tanımlayıcı istatistiksel değerler Çizelge 1 de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde alandaki Mn değerlerinin 3.67 ppm ile 87.989 ppm arasında değişim gösterdiği, örneklerin çarpıklık değerlerinin 0.664 ile 1.987 arasında ve basıklık değerlerinin ise 3.335-8.875 arasında değiştiği görülmektedir. Demir içeriklerinin 0 ile 51.388 ppm arasında değiştiği, çarpıklık değerlerinin 0.895-1.714 arasında ve basıklık değerlerinin ise 4.354 ile 6.765

Çizelge 1. Sulama öncesi dönemde araştırma alanı topraklarının özelliklerine ait temel tanımlayıcı istatistikler (Nisan 2015)

Toprak özellikleri	Örnek sayısı	Derinlik (cm)	En küçük	En büyük	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon katsayısı	Çarpıklık	Basıklık	Dağılım
Mn	54	0-30	9.943	70.664	32.074	10.616	33.098	0.942	4.922	log normal
	54	30-60	8.150	60.508	29.657	10.683	36.022	0.664	3.335	log normal
	54	60-90	5.462	87.989	24.229	15.364	63.412	1.825	7.352	log normal
	54	90-120	3.670	81.497	22.393	13.429	59.970	1.987	8.875	log normal
Fe	54	0-30	0.362	51.388	19.030	8.791	46.195	0.895	5.023	log normal
	54	30-60	0.362	44.468	10.938	8.369	76.513	1.714	6.765	log normal
	54	60-90	0.000	18.095	5.051	4.564	90.358	1.397	4.354	log normal
	54	90-120	0.000	16.731	3.741	3.703	98.984	1.561	5.221	log normal

Çizelge 2. Mn ve Fe için enterpolasyon yöntemlerinin çapraz doğrulama sonuçları

Enterpolasyon yöntemi	Derinlik (cm)	Mn		Fe	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE
IDW	0-30	10.098	7.619	8.405	5.956
RBF		10.401	7.621	8.402	5.890
OK		10.705	7.872	10.405	6.602
SK		10.550	7.853	8.439	6.319
UK		10.705	7.872	10.405	6.602
COK		10.442	7.533	10.619	6.628
IDW	30-60	10.668	8.52	8.371	5.811
RBF		10.917	8.418	8.49	5.825
OK		11.291	8.79	8.695	6.169
SK		11.139	8.764	8.561	6.166
UK		11.291	8.79	8.695	6.169
COK		11.167	8.662	8.757	6.187
IDW	60-90	16.488	12.114	4.765	3.481
RBF		16.983	12.492	4.818	3.53
OK		16.260	11.935	4.592	3.528
SK		15.434	11.206	4.500	3.449
UK		16.260	11.935	4.596	3.528
COK		15.951	11.472	4.511	3.446
IDW	90-120	14.124	9.575	3.703	2.573
RBF		14.359	9.754	3.697	2.595
OK		13.531	9.497	3.539	2.605
SK		12.921	8.794	3.615	2.603
UK		13.531	9.497	3.612	2.606
COK		13.729	9.729	3.711	2.583

arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Örnekler üzerinde kolmogorov smirnov testi uygulanmış ve örneklerin normal dağılım içerisinde olmadığı ve her iki parametre ve tüm derinliklerde log normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

3.2 .Enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması

Çalışma kapsamında 6 farklı enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. En iyi yöntemin belirlenmesinde çapraz doğrulamalar yapılarak RMSE ve MAE değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2 incelendiğinde Mn değeri için 0-30 cm ve 30-60 cm toprak derinliklerinde en düşük RMSE ve MAE değerlerinin IDW yönteminden elde edildiği ve bu toprak derinlikleri için en iyi yöntemin IDW olduğu görülmektedir. 60-90 cm ve 90-120 cm derinliklerde ise SK yönteminin en düşük RMSE değeri ile en doğru sonucu veren yöntem olduğu belirlenmiştir.

Demir içeriğinin alansal dağılımlarında 0-30 cm toprak derinliği için en düşük RMSE ve MAE değerinin RBF yönteminden elde edildiği, 30-60 cm toprak derinliği için ise en düşük RMSE ve MAE değerleri IDW yönteminden elde edilmiştir (Çizelge 2). 60-90 cm ve 90-120 cm toprak derinliklerinde ise en doğru sonucu

veren yöntemin SK yöntemi olduğu belirlenmiştir. Her bir özellik ve derinlik için belirlenen en uygun enterpolasyon yöntemine göre Fe ve Mn'in alansal dağılım haritaları hazırlanmıştır (Şekil 2 ve Şekil 3).

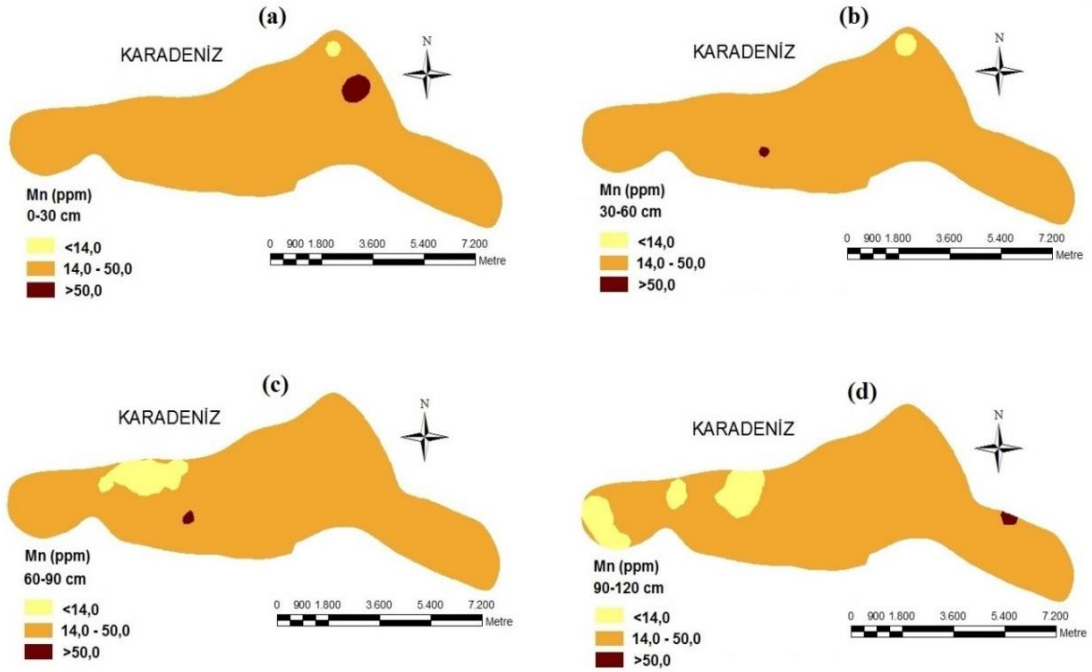
Mn ve Fe içeriklerinin alansal dağılım haritalarında 3 farklı sınıf aralığı belirlenmiştir. Topraklarda Fe içeriğinin 2.5 ppm'den az olduğu bölgeler demir içeriği bakımından az, 2.5 ile 4.5 ppm arasında olduğu bölgeler yeterli ve 4.5 ppm den büyük olduğu bölgeler ise fazla olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 3).

Mn içeriği ise 14 ppm den düşük olduğu bölgelerin az, 14-50 ppm arasında olduğu bölgeler yeterli ve 50

ppm'den büyük olduğu bölgeler ise fazla olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Toprakta bulunan Fe ve Mn içeriklerinin miktarına göre sınıflandırılması (Lindsay ve Norwell,1969;1978)

	Az	Yeterli	Fazla
Fe Sınıf Aralığı (ppm)	<2.5	2.5-4.5	>4.5
Mn Sınıf Aralığı (ppm)	<14	14-50	>50



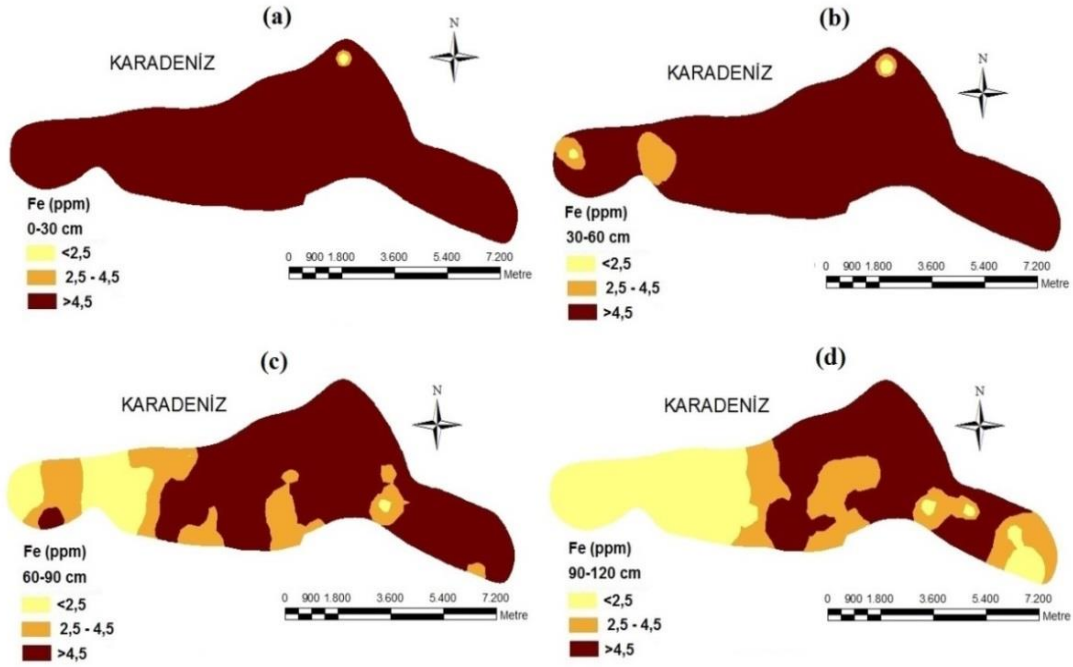
Şekil 2. Mn içeriklerinin farklı derinliklere göre alansal dağılımları a) 0-30 cm b)30-60 cm c)60-90 cm d)90-120 cm

Çizelge 4'de Fe ve Mn'a ait farklı derinlikler için elde edilen konumsal haritalardan hesaplanmış alanlar ve yüzdelik oranları görülmektedir. Demir eksikliğinin üst katmandan alt katmanlara doğru artış gösterdiği, 30 cm'lik katmanda Fe eksikliği tüm alanın % 0.07'sini oluştururken, en alt katman olan 90-120 cm de bu oranın % 34.637 çıktığı belirlenmiştir. Çalışma alanının batı kesimlerinde 60-90 cm ve 90-120 cm toprak derinliklerinde Fe eksikliğinin daha fazla olduğu görülmektedir.

Fe miktarı bakımından yeterli olan sınıfın yüzde dağılımı ise üst katmandan alt katmanlara doğru sırasıyla % 0.11, % 3.144, % 20.346 ve % 22.755 olarak belirlenmiştir. Fe fazlalığı olan sınıfın katmanlara göre yüzde dağılımı ise ilk toprak katmanında % 99.820, 30-60 cm için % 96.365, 60-90 cm için % 67.160 ve son toprak katmanı için % 42.608 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4 Mangan içeriği bakımından değerlendirildiğinde 0-120 cm toprak katmanı

bakımından % 0.44 - % 8.382'sinde eksiklik belirlenmiştir. Mangan miktarları yeterli alanların yüzdelik dağılımı ise % 91.261 - % 98.928 arasında değişmiştir. Çalışma yapılan bölge topraklarının derinliklere göre % 0.186 - % 1.410'unda ise mangan miktarlarının fazlalığı görülmektedir.

Yapılan değerlendirmeler doğrultusunda çalışma alanında Fe ve Mn içeriği bakımından hem yeterli hem de fazla sınıfa giren alanlar bulunmaktadır. Fe ve Mn bakımından zayıf ve yetersiz olan bölgelerde yetiştiricilik için eksik olan miktarı kadar mikro element takviyeli gübrelerle çözüm getirilebilir. Diğer yandan Fe ve Mn içerikleri açısından fazla bulunan bölgelerin ıslahı için toprakların sürülerek havalandırılmasının yanı sıra anılan toprakların pH değerleri göz önünde bulundurularak düşük pH'ya sahip yerlerin kireçleme yapılarak toprak reaksiyonlarının alkali hale getirilmesi sonucunda Fe ve Mn gibi elementlerin toksik etkisi ortadan kaldırılabilir.



Şekil 3. Fe içeriklerinin farklı derinliklere göre alansal dağılımları a) 0-30 cm b)30-60 cm c)60-90 cm d)90-120 cm

Çizelge 4. Fe ve Mn'in konumsal dağılımlarına göre alanları

	Toprak derinliği							
	0-30 cm		30-60 cm		60-90 cm		90-120 cm	
Fe Sınıf								
Aralığı(ppm)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)
<2.5	35.33	0.07	247.500	0.49	6305.12	12.49	17479.33	34.64
2.5-4.5	55.51	0.11	1586.710	3.15	10267.70	20.35	11483.51	22.76
>4.5	50374.16	99.82	48630.790	96.37	33892.18	67.16	21502.16	42.61
Mn Sınıf								
Aralığı(ppm)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)
<14	222.27	0.44	447.010	0.89	2607.26	5.17	4229.97	8.38
14-50	49531.26	98.15	49924.119	98.93	47723.17	94.57	46054.94	91.26
>50	711.47	1.41	93.871	0.18	134.57	0.27	180.094	0.36

4. Sonuç

Bu çalışmada çeltik yetiştiriciliği yapılan alanlarda 54 farklı nokta ve dört farklı derinlikten alınan toprak örneklerinde Fe ve Mn içeriklerinin konumsal dağılımını veren en uygun enterpolasyon yöntemini belirleyerek, hazırlanacak haritaların daha doğru bir şekilde olması amaçlanmıştır. Bu amaçla IDW, RBF, SK, UK, OK ve COK yöntemleri çapraz doğrulamalar yapılarak test edilmiştir. Doğrulamalarda Fe haritalarının dağılımında en düşük RMSE değerleri veren RBF, IDW ve SK yöntemleri en iyi sonuç verirken, Mn dağılımları için ise IDW ve SK yöntemleri en doğru hesaplamaları yapmıştır.

En uygun enterpolasyon yöntemi kullanılarak

hazırlanan haritalar incelendiğinde Fe içeriği bakımından eksik olan alanlar derinlikler bazında 35.325 da ile 17479.329 da arasında değişmiştir. Fe fazlalığı olan alanların ise 21502.16 da ile 50374.164 da arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Mn eksikliği görülen alanlar derinliklerde göz önüne alındığında 222.265 da ile 4229.97 da arasında dağılım göstermiştir. Mn'in fazla olduğu alanların dekar olarak dağılımı ise 93.871-711.473 aralığında değişmiştir.

Çalışmada her bir enterpolasyon yöntemine göre hesaplanan RMSE ve MAE değerleri farklı toprak özelliği ve derinlikler için değişiklikler göstermiştir. Bu nedenle farklı noktalardan ve derinliklerden toplanan verilerin konumsal dağılım özelliklerinin belirlenmesi için öncelikle en uygun enterpolasyon yönteminin

belirlenmesinin ve dağılımların bu yöntemle göre yapılmasının daha doğru sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Fe ve Mn içeriği bakımından eksik olan bölgelerde yetiştirilen bitkiye göre uygun Fe ve Mn şelatlı yaprak gübresi ya da Fe ve Mn mikro element içerikli ticari gübrelerin uygulanması önerilmektedir. Fe ve Mn fazlalığında ise bu elementleri toksik etkilerini azaltmak amacı ile toprak pH'sını artıran kireç uygulaması ile fazla miktarlarda bulunan Fe ve Mn'in alabilirliği düşürülerek bu zararlı etkisi azaltılabilir. Bu çalışmaya benzer yapılacak olan çalışmalarda demir ve mangan içeriğinin yanı sıra toprak reaksiyonu (pH) değerlerinin de birlikte değerlendirilmesi sonuçların daha iyi yorumlanması açısından önem taşımaktadır. Ayrıca yetiştiricilik açısından uygun sulama ve drenaj koşullarının sağlanması, doymuş toprak şartlarının iyileştirilmesi ve kök bölgesinde havadar bir bölge oluşturulması sorunların zararlı etkisini azaltacaktır. Alansal dağılım yapılan çalışmalarında genellikle sulama açısından EC, pH, ESP gibi parametreler çalışılmaktadır, bu çalışma ile bitki yetiştiriciliği açısından gerekli olan Fe ve Mn gibi mikro elementlerin de gelecek çalışmalara eklenmesi önerilmektedir.

Teşekkür

Bu yayında kullanılan verilerin bir kısmı TÜBİTAK tarafından desteklenen 214O706 numaralı projeden alınmıştır. Bu nedenle katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akyürek, Ö., Arslan, O., Karademir, A., 2013. SO₂ ve PM10 hava kirliliği parametrelerinin CBS ile konumsal analizi: Kocaeli örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara.
- Alam, S.M., 1985. Effects of iron and manganese on the growth of rice and on the contents of these elements in rice plants. *Agronomie, EDP Sciences*, 5(6): 487-490.
- Anonim, 2017. <http://alacamposta.com/alacam.asp> [24.02.2017]
- Anonim, 2015. Samsun ili Alaçam ilçesi iklim verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara (Samsun climatic data. State Meteorological Services (DMI): Ankara.
- Arslan, H., Cemek, B., Güler, M., Yıldırım, D., 2012. Değişebilir sodyum yüzdesinin (esp) konumsal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile değerlendirilmesi. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 24-25 Mayıs, İzmir.
- Behera, S.K., Shukla, A.K., 2014. Total and extractable manganese and iron in some cultivated acid soils of India: status, distribution and relationship with some soil properties. *Pedosphere* 24(2): 196-208, ISSN 1002-0160/CN 32-1315/P.
- Bennet, J.H., Edward H. L., Krizek D. T., Olsen R. A., Brown J., 1982. Photochemical reductions of iron. 11. Plant related factors. *J. Plant Nutr.*, 5: 335-344.
- Brus, D.J., Heuvelink, G.B.M., 2007. Optimization of sample patterns for universal kriging of environmental variables. *Geoderma*, 138: 89-95.

- Chaudhry, F.M., Alarn, S.M., Rashid A. Latif, A., 1977. Mechanism of differential susceptibility to two rice varieties to zinc deficiency. *Plant and Soil*, 46: 865-879.
- Christensen, R., 1990. *Linear Models for Multivariate, Time, and Spatial Data*. Springer, New York.
- Datin C. L., Westerman R. L., 1982. Effect of phosphorus and iron on grain sorghum. *J. Plant Nutr.*, 5, 703-714.
- Ding, Y., 2011. Research on the spatial interpolation methods of soil moisture based on GIS, International Conference on Information Science and Technology, 709-711, China.
- Doğru, A. Ö., Keskin, M., Özdoğu, K., İliev, N., Uluğtekin, N.N., Bektaş Balçık, F., Göksel, Ç. ve Sözen, S., 2011. Meteorolojik Verilerin Değerlendirilmesi ve Sunulması için Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi Antalya.
- Emadi, M., Baghernejad, M., 2014. Comparison of spatial interpolation techniques for mapping soil pH and salinity in agricultural coastal areas, northern Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(9): 1315-1327.
- Ganwar, M. S., Mann. S., 1972. Zinc nutrition of rice in relation to iron and manganese uptake under different water regimes. *Indian J. Agric. Sci.* 42: 1052-1035.
- Heuvelink, G.B.M., 2006. Incorporating process knowledge in spatial interpolation of environmental variables. Lisbon, Portugal: 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III, toprak analizleri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara.
- Karim A. Q. M. B, Mohsin M., 1964. Relationship between Fe-Mn in rice nutrition. *Pak. J. Soil Sci.*, 1:49-58.
- Li, J., Heap, A., D., 2008. A Review of spatial interpolation methods for environmental scientists. *Geoscience Australia, Record 2008/23*, 137 pp.
- Lindsay, W.L., Norwell, W.A., 1969. Development of a DTPA micronutrient soil test. *Agronomy Abstracts* 69: 87.
- Lindsay, W.L. and Norwell, W.A. (1978) Development of DTPA of soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Journal of American Soil Science*, 42: 421-428.
- Luo, H., He, X., 2011. An improved inverse distance weighted interpolation method for in SAR tropospheric delay error corrections, International Conference on Information Science and Technology, 480-482.
- Mair, A., Fares, A., 2011. Comparison of Rainfall Interpolation Methods in a Mountainous Region of a Tropical Island, *Journal of Hydrologic Engineering*, 371 - 383.
- Mulla, D.J., McBratney, A. B., 2000. "Soil spatial variability" A321-A352, In: *Handbook of Soil Science*, Malcolm E. Sumner (Ed. In Chief) CRC Press.
- Nayanaka, V. G. D., Vitharana, W. A. U., Mapa, R. B., 2010. Geostatistical analysis of soil properties to support spatial sampling in a paddy growing alfisol. *Tropical Agricultural Research*, 22(1): 34 - 44.
- Shao-ging, W., En-ping, L., Hujian, Z., Wei, Wu., 2011. Comparison of spatial interpolation methods for soil available P in a hilly area, International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring.
- Shepard, D., 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *Proceedings of the 1968 ACM National Conference*. pp. 517-524.

- Temizel, K. E., 2016. Mapping of some soil properties due to precision irrigation in agriculture. *Agronomy Research*, 14(3): 959–966.
- Temizel, K. E., Koç, Y., 2015. Coğrafi bilgi sisteminin hassas tarımda uygulanmasının yararları: Gübreleme örneği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30: 130-135.
- Terry N., 1980. Limiting factors in photosynthesis. 1. Use of iron stress to control photochemical capacity in vivo. *Plant Physiol.*, 65: 114-120.
- Tisdale S. L., Nelson W. L., 1975. *Soil fertility and fertilizers*. Mac-Millan publ. Co. Inc., New York, 95 p.
- Wang, S., Huang, G.H., Lin, Q.G., Li, Z., Zhangand, H.,Fan Y. R., 2014. Comparison of interpolation methods for estimating spatial distribution of precipitation in Ontario, Canada, *Int. J. Climatol.*, 34: 3745–3751.
- Wright, G., 2003. *Radial Basis Function Interpolation: Numerical and Analytical Developments*. Ph. D. thesis, University of Colorado, Boulder.
- Xie,Y., Chen,T., Lei, M., Yang, J., 2011. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis, *Chemosphere* 82: 468-476.