

To Cite This Article: Demirağ Turan, İ. & Dengiz, O. (2019). Determination of agricultural land suitability classes for Samsun province based on parametric and hierarchy approaches. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 40, 490-506.

Submitted: February 25, 2019

Revised: March 12, 2019

Accepted: March 23, 2019

DETERMINATION OF AGRICULTURAL LAND SUITABILITY CLASSES FOR SAMSUN PROVINCE BASED ON PARAMETRIC AND HIERARCHY APPROACHES

Parametrik ve Hiyerarşik Modelsel Yaklaşımla Samsun İli Arazilerinin Tarımsal Arazi Uygunluk Sınıfların Belirlenmesi

İnci DEMİRAĞ TURAN¹

Orhan DENGİZ²

Öz

Arazi kalite indeksi agro-ekosistemlerinin değerlendirilmesinde önemli bir araçtır. Bu çalışmanın amacı, parametrik (AKİg) ve hiyerarşik (AKİa) yaklaşımlı iki farklı arazi kalite indeksi modeli kullanılarak Samsun iline ait arazilerin tarımsal amaçlı arazi uygunluk sınıflamasının belirlenmesi ve haritalanmasıdır. 9579 km² alana sahip olan Samsun ilinden 995 adet yüzey toprak örnekleme yapılmıştır. Arazi özelliklerinden derinlik ve eğim, fizikokimyasal toprak özelliklerinden ise bünnye, pH, EC, kireç, verimlilik özelliklerinden ise fosfor, potasyum ve azot olmak üzere toplam 9 faktör ile toplam veri seti (TVS) oluşturulmuştur. Minimum veri seti (MVS) oluşturulmasında ise temel bileşenler analizi uygulanmıştır. TVS'ne göre AKİa ve AKİg modellerine ait dağılım haritalarının oluşturulmasında Kriging'in basit üssel ve Gaussian modelleri kullanılmıştır. Her iki modele göre çalışma alanının yaklaşık %15'i işlemeli tarıma arazi kalitesi bakımından hiçbir zaman uygun değilken, yaklaşık % 30'u ise çok uygun ve uygun olduğu belirlenmiştir. MVS'ne göre AKİa ve AKİg modellerine ait dağılım haritalarının oluşturulmasında ise Kriging'in basit üssel ve doğal küresel modelleri kullanılmıştır. Buna göre, AKİa için toplam alanın %29,5'si çok uygun ve uygun iken, AKİg yaklaşımı için % 22.1'i uygun ve çok uygun sınıf olarak belirlenmiştir. Ayrıca, TVS ve MVS'ne göre AKİa ve AKİg lineer korelasyon ve kapa istatistik analizleri ile karşılaştırıldığında ise TVS-AKİa modelinin en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi Kalitesi, Minimum Veri Seti, Temel Bileşenler Analizi, Samsun

Abstract

Land quality index is an important tool for evaluating agro-ecosystem. The aim of this study is to determine and agricultural land suitability classes for Samsun province based on two different land quality indexes model (parametric-AKİg and hierarchy-AKİa) approaches and to create maps of them. Total 995 soil samples were taken from soil surface (0-20cm) in Samsun province covers about 9579 km². Total data set (TDS) consists of nine land and physic-chemical soil properties (soil depth, slope, texture, pH, EC, lime content, nitrogen, phosphorus, and potassium). In order to generate MDS, principal component analysis was done. Exponential and Gaussian of simple kriging models were used to generate distribution map of the AKİa and AKİg suitability classes in TDS. According to results, about 15% total study area is not suitable for agricultural activities whereas, about 30% of it is suitable and highly suitable for agricultural usage. In addition, Exponential simple of kriging models were used to generate distribution map of the AKİa and AKİg suitability classes in MDS. According to results, about 29.5% total study area was found as suitable and highly suitable for agricultural activities in AKİa model while, about 22.1% of it is suitable and highly suitable for agricultural usages in AKİg model. Moreover, the results of linear correlation and kappa statistical analysis showed that land quality was better estimated using AKİa, compared to the AKİg in TDS and MDS.

Keywords: Land Quality, Minimum Data Set, Principal Components Analysis, Samsun

¹Correspondence to: Asst. Prof., Giresun University, Faculty of Art and Science, Department of Geography, Giresun, TURKEY., <https://orcid.org/0000-0002-5810-6591>, dmrginci@gmail.com

² Prof., Ondokuz Mayıs University, Agricultural Faculty, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Samsun, TURKEY., <https://orcid.org/0000-0003-1474-7378>, odengiz@omu.edu.tr

GİRİŞ

Tarım arazileri insanın varoluşundan beri temel arazi kaynaklarının en önemlisinden biridir. Onun kalitesi ve miktarı tarımsal gelişim ve gıda güvenliği ile doğrudan ilişkilidir. Hızlı ekonomik gelişme, kentleşme, sanayileşmeyle birlikte sınırlı olan ekili alan sürekli işgal edilmekte ve ekili alanların gelecekteki durumu daha da problem haline gelmektedir. Son yıllarda ekili alanların değişmesi ekolojik çevre ve insan yaşamı üzerinde daha fazla insanı ilgilendiren etkiye sebep olmaktadır. Tarım alanlarını korumak ve kalitesini arttırmak için arazi kalitesini değerlendirmek ve araştırmak önemlidir (Fang ve Song, 2007).

Arazi ve toprak kavramları birbirinden farklıdır. Toprak arazinin bir parçasıdır. Arazi toprak, iklim, jeoloji, rölyef, hidroloji ve bitki örtüsü vb. unsurları içeren çevre koşullarından oluşur (FAO, 1976; Sarıoğlu ve Dengiz, 2011). Arazi değerlendirme veya arazi uygunluk sınıflaması ise arazilerin kullanım potansiyellerinin tahmin işlemidir ve arazi kullanım planlama sürecinde önemli bir adımdır. Arazi uygunluk veya değerlendirme, herhangi bir amaçla arazi kullanımının arazi özellikleri tarafından karşılanıp karşılanmadığının belirlenmesidir (Dengiz ve ark., 2006). Bunun sonucu olarak arazi kalitesi değerlendirilirken arazinin bozulmasına neden olmadan onun sürdürülebilir bir kullanımının sağlanması amacıyla arazinin kapasitesini ve kabiliyetini tahmin etmek önemlidir.

İnsan nüfusundaki artışla birlikte arazi üzerine olan baskı hızla artmaktadır. Tarım faaliyetleri, gübre kullanımı, yanlış arazi kullanımı, yanlış yönetim planları, erozyon vb. birçok sebepler tarım arazilerinin bozulmasına dolayısıyla üretkenlik fonksiyonlarını yerine getirememesine neden olmaktadır. Arazi kalitesi, Dünya Bankası tarafından tarımsal üretim, ormancılık, koruma ve çevre yönetimi dahil olmak üzere arazi kullanımının gerekliliklerine göre arazi durumu olarak tanımlanmıştır (World Bank, 1997). Arazi kalitesi göstergeleri "Arazi kalitesini ve bununla ilgili insan eylemlerini tanımlayan ölçüler" olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, Karlen ve arkadaşları(1997) kalite kavramının açıkça dikkate alınmakta olan arazi kullanım türüne bağlı olduğunu ve çevresel kalite göstergelerinin eşiklerinin de dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Kalite analizi için sürdürülebilir arazi kullanımı ve yönetimi şeklinde tanımlanmaktadır (FAO, 1993). Sürdürülebilir arazi yönetimi çevreyi ilgilendiren sosyo-ekonomik prensipler, politika ve aktivitelerle birleşir. Aynı zamanda üretim ve hizmetleri korumak ve geliştirmek, üretim riski seviyesini azaltmak, doğal kaynakların potansiyelini korumak, toprak ve su kalitesinin bozulmasını önlemektir.

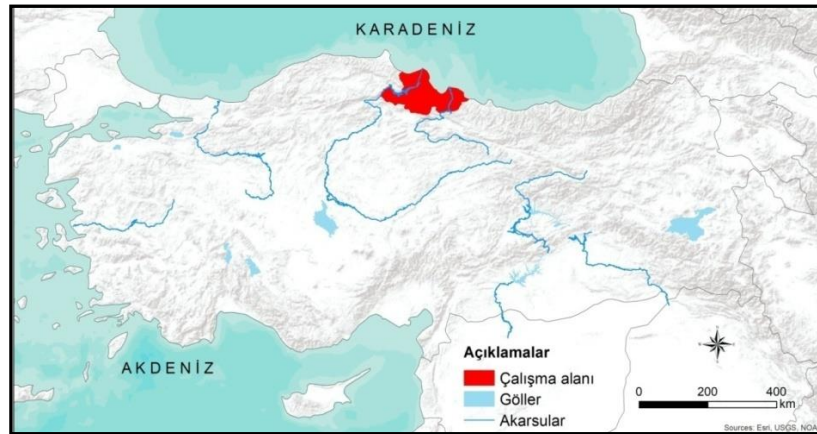
Arazi kalite veya uygunluk çalışmalarında hem parametrik hem hiyerarşik yaklaşımlarda arazi ve toprağa yönelik özellikler çok fazladır. Faktör analizi ve temel bileşenler analizi gerek arazi (drenaj, eğim, derinlik, taşlılık erozyon vb) gerekse de toprak kriterlerinin (fiziksel, kimyasal biyolojik, verimlilik vb) seçmek ve boyutunu azaltmak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Shukla ve ark., 2006; Wander ve Bollero, 1999). Parametreler toprağın durumunu ölçebilen göstergelerle minimum veri seti olarak gruplandırılmıştır. Toplam veri seti ve minimum veri seti toprak kalitesi değerlendirme de yaygın olarak kullanılmaktadır (Yanbing ve ark., 2009; Blecker ve ark., 2012; Cheng ve ark., 2016; Doran ve Parkin, 1994; Larson ve Pierce, 1994; Nakajima ve ark., 2015; Sanchez-Navarro ve ark., 2015; Raiesi ve ark., 2016; Biswas ve ark., 2017; Nabiollahi ve ark., 2017; Wu ve ark., 2019). Bu çalışma ile arazilerin tarımsal arazi uygunluk sınıfları için toplam ve minimum veri seti kullanılmıştır.

Arazi kalite indeksi agro-ekosistemlerinin değerlendirilmesinde önemli bir araçtır. Bu çalışmanın amacı, parametrik (AKİg) ve hiyerarşik (AKİa) yaklaşımli iki farklı arazi kalite indeks modeli kullanılarak, Samsun iline ait arazilerin tarımsal amaçlı arazi uygunluk sınıflamasının belirlenmesi ve haritalanmasıdır. Ayrıca, bu çalışma ile kullanılan farklı arazi kalite indeks modelleri veri içeriklerine yönelik toplam veri seti ve minimum veri seti oluşturmak suretiyle modeller karşılaştırılmış ve hangisinin daha uygun olduğu belirlenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanının Tanımı

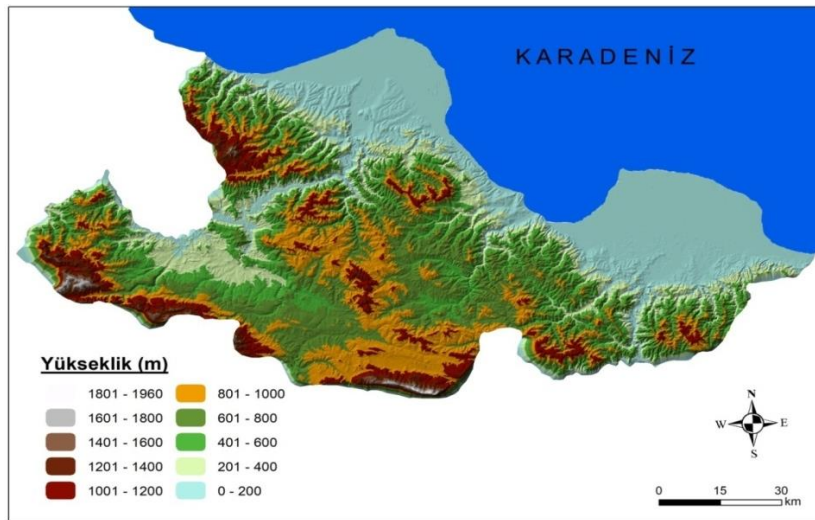
Çalışma alanı Samsun ilini kapsamaktadır. Samsun Orta Karadeniz bölgesinde Yeşilirmak ve Kızılırmak nehirlerinin Karadeniz'e döküldükleri deltalar arasında yer almaktadır (Şekil 1). Yüz ölçümü 957900 ha'dır. Coğrafi koordinatları, 40° 50' - 41° 51' kuzey enlemi ile 37° 08' ve 34° 25' doğu boylamlarıdır. Çalışma alanı yükseltisi deniz seviyesinden 0 ile 1960 m arasında yer almaktadır.



Şekil 1: Çalışma Alanının Lokasyon Haritası

Samsun uzun yıllık ortalamalara göre en soğuk ay Mart (7.2 °C), en sıcak ay ise Ağustos (25.4 °C) ayıdır. Samsun'un uzun yıllık toplam yağış miktarı 717.5 mm sıcaklık ortalaması ise 14.5 °C dir. Sahil şeridinde yazların sıcak kışların ılık ve yağışlı iklimi özellikleri görülürken iç kesimlerde ise kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazları ise serin geçmektedir (Turan ve ark., 2018).

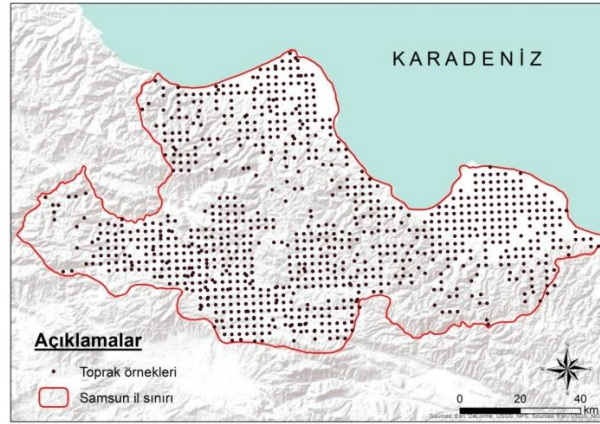
Samsun iklimini belirleyen en önemli etmen orografyadır. İl genelinde kıyı kesimlerini oluşturan ovalar, kıyı kesimler ile iç kesimlerdeki depresyonları birbirinden ayıran yüksek plato görünümündeki dağlık alanlar yer almaktadır. Kıyı ovalarında ortalama yükselti 100 m'yi aşmaz. Yüksek plato alanını ve dağlık alanı oluşturan Canik Dağları'nda yükseklik 1500 m'yi aşmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2: Çalışma Alanının Yükseklik Haritası

Toprak Örnekleri ve Analizleri

Çalışma alanı sınırları içerisinde grid yöntemine göre her 2.5 x 2.5 km aralıklarla çok yüksek dağlık alanlar ile su yüzeyleri ve yerleşim alanları gibi alanlar dışında toplam 995 yüzey (0-20 cm) toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3). Bünye hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951); toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) hazırlanan 1:2.5 toprak su karışımında cam elektrotlu pH metre ile ölçülerek (Soil Survey Staff, 1992); kireç içerikleri, Scheibler kalsimetresi ile (Soil Survey Staff, 1992); Alkalın ve nötr karakterli toprakların alınabilir P içerikleri, Olsen yöntemine göre (Olsen ve ark., 1954), asit karakterli toprakların P içerikleri ise Bray ve Kurtz (1945) yöntemine göre; ekstrakte edilebilir K, toprak örneklerinin 1 N amonyum asetat (pH 7.0) çözeltisi ile ekstrakte edilmesiyle (Soil Survey Staff, 1992) belirlenmiştir. Organik madde: Walkley-Black yönteminin Jackson tarafından modifiye edilmiş şekli ile yapıldı (Jackson, 1958). Çalışma alanına ait yüksek çözünürlükteki sayısal yükseklik modelinden eğim haritası üretilmiştir. Derinlik faktörü ise Samsun İli Arazi Varlığı Raporları verilerine göre belirlenmiştir.



Şekil 3:Çalışma Alanının Toprak Örnekleme Haritası

Toplam ve Minimum Veri Seti

İki farklı tarımsal amaçlı arazi kalite indeks modellerine yönelik hesaplamada kullanılan arazi özelliklerinden derinlik ve eğim, fiziko kimyasal toprak özelliklerinden ise bünye, pH, EC, kireç verimlilik özelliklerinden ise fosfor, potasyum ve azot olmak üzere toplam 9 faktörden oluşan toplam veri seti ele alınmıştır. Minimum veri seti temel bileşenler analizi kullanılarak belirlenmiştir (Doran ve Parkin, 1994; Qi ve ark., 2009; Nabiollahi ve ark., 2017). Faktör analizi sonucunda öz değerleri 1'e eşit veya 1'den büyük olan gruplar faktör olarak kabul edilirken, kritik faktör yükü 0.5 olarak alınmıştır (Andrews ve ark., 2002a; Wander ve Bollero, 1999). Her faktör için, yüksek faktör yüklerine sahip toprak değişkenlerinin, toprak kalitesindeki değişiklikleri en iyi temsil eden göstergeler olduğu ve en yüksek faktör yükünün% 10'unda mutlak değerlere sahip olduğu tanımlanmıştır (Andrews ve ark., 2002b; Govaerts ve ark., 2006; Sharma ve ark., 2005; Nabiollahi ve ark., 2017).

Farklı Arazi Kalite İndeks (AKİ) Modellere Yönelik Değerlendirme

Tarımsal amaçlı arazi kalite indeks modellerin birisi olan ağırlıklandırılmış arazi kalite indeks (AKİa) modelidir. Modelde ele alınan her bir faktör alt faktörlere ayrılarak 1 ile 4 arasında değerlendirilmiştir. Alt faktörde sınıflandırma tarımsal arazi kalitesi yüksek 4, tarımsal arazi kalitesi düşük ise 1 değerini almaktadır. 1 ile 4 arasında kalan değerler ise tarımsal uygulamalara yönelik faktörün sınırlandırıcılık derecesine göre belirlenmektedir (Tablo 1).

Bu yaklaşımda sadece bir faktörün kendi içerisinde sınıflandırılmasıyla kalınmayıp aynı zamanda faktörler arasında etki değerlerinde eşit olarak kabul edilmeyip uzman bilgisine dayalı olarak ağırlıklandırılmaktadır. Buna yönelik, faktörler ve alt faktörlerin önceliklerin belirlenmesinde Analitik Hiyeraşik Süreç (AHS) tekniği kullanılmıştır. Sonuç sınıfları ise doğrusal kombinasyon tekniği ile hesaplanmıştır. Bu tekniğe ait matematiksel eşitlik şu şekildedir:

$$AKİa = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i)$$

AKİa: Toplam arazi değerlendirme puanı, W_i : i faktörün ağırlık değeri, X_i : i faktörüne ait alt faktör puanı, n = ele alınan faktörlerin toplam sayısıdır.

Tablo 1: Arazi Kalite Sınıflamasında Ele Alınan Modellerde Kullanılan Faktörler ve Alt Faktörlere Ait Ağırlık Puanları									
Derinlik (cm)		Eğim %		pH		EC		Kireç (%)	
Sınıf	Alt faktör Ağırlık Puanı	Sınıf	Alt Faktör Ağırlık Puanı	Sınıf	Alt Faktör Ağırlık Puanı	Sınıf	Alt faktör Ağırlık Puanı	Sınıf	Alt Faktör Ağırlık Puanı
0-20	1	Düz 0-2	4	6.5-7.5	4	0-2	4	5-15	4
20-50	2	Hafif 2-6	3	7.5-8.2	3	2-4	3	1-5	3
50-90	3	Orta 6-12	2	5.5-6.5	2	4-6	2	15-25	2
90+	4	Dik 12-20	1	>8.2-<5.5	1	>6	1	<1->25	1
P (mg kg ⁻¹)		K (mg kg ⁻¹)		N (%)		Bünye			
Sınıf	Alt faktör Ağırlık Puanı	Sınıf	Alt Faktör Ağırlık Puanı	Sınıf	Alt Faktör Ağırlık Puanı	Sınıf			Alt Faktör Ağırlık Puanı
>30	4	<0.5	1	>0.17	4	SCL, CL, C<%50			4
20-30	3	0.5-1.0	2	0.17-0.09	3	SİC, L, SİCL, SİL			3
8-20	2	1.0-2.0	3	0.09-0.045	2	C>%50, SC			2
<8	1	2.0-4.0	4	<0.045	1	S, LS, SL			1

Saaty (1980) tarafından geliştirilen AHS tekniği ele alınan parametrelerin ikili olarak karşılaştırılmasından elde edilen öncelik değerlerine dayalı bir ölçüm teorisidir. İkili karşılaştırmalara dayalı göreceli önceliklendirme ölçeği **Tablo2** de verilmiştir.

Tablo 2: AHS Tekniğinde Tercihler İçin Kullanılan İkili Karşılaştırmalar Ölçeği (Saaty, 1980)	
Sayısal değer	Tanım
1	Öğeler eşit derecede öneme sahiptir.
3	1. ölçüt 2.'ye göre biraz daha önemlidir.
5	1. ölçüt 2.'ye göre fazla önemlidir.
7	1. ölçüt 2.'ye göre çok fazla önemlidir.
9	1. ölçüt 2.'ye göre olası en kuvvetli öneme sahiptir.
2, 4, 6, 8	İki yakın ölçek arasındaki ara değerdir. Uzlaşma gereken durumlarda kullanılmaktadır.

Çalışmada ilk adımda her bir arazi değerlendirmesi için parametrelerin etki durumu göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırmaların yapıldığı matrisler oluşturuldu, ikinci adımda her bir tablodaki matrisin en büyük özdeğerinin özvektörü (parametrelerin ağırlık değerleri) hesaplandı, son adımında ise elde edilen özvektörün tutarlılık kontrolü hesaplanmıştır. Burada, tutarlılık kontrolü, yargılarda olabilecek hataların tanımlanmasına olanak sağlar. Ayrıca yargıların mantıksal tutarsızlığını ölçmektedir.

Diğer bir model ise geometrik arazi kalite indeks (AKİg) modelidir. AKİg aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$AKİg = (\text{Derinlik} \times \text{Bünye} \times \text{Eğim} \times \text{Kireç} \times \text{pH} \times \text{EC} \times \text{P} \times \text{K} \times \text{N})^{1/9}$$

AKİg modeli içinde alt faktör sınıfları ve onlara ait ağırlık puanları Tablo 1'e göre yapılmıştır.

İndekslerin Karşılaştırılması

Farklı indeksleri karşılaştırmak Kappa istatistiği kullanılmıştır. Kappa istatistiği beş arazi sınıfını içine alarak hesaplanır. Kappa katsayısı iki gözlemcinin yaptığı değerlendirmeler arasındaki uyumu belirlemek için kullanılır. Sınıflama düzeyinde puanlama yapan iki puanlayıcı arasındaki uyumun derecesini belirlemek için geliştirilmiştir (Cohen, 1960). Kappa istatistiği, -1 ile 1 arasında değerler alır. Değerler arasındaki uyum şu şekildedir; (1) Yoktur: <0, (2) Çok zayıf: 0.0–0.19, (3) Zayıf: 0.20–0.39, (4) orta: 0.40–0.59, (5) Güçlü: 0.60–0.79, (6) Mükemmel: 0.80 -1 (Da Silva ve ark., 2015; INPE, 2001). Ayrıca aynı indeksler arasında korelasyon ve regresyon hesaplamaları yapılmıştır.

Dağılım Haritasının Oluşturulmasında Enterpolasyon Yöntemleri

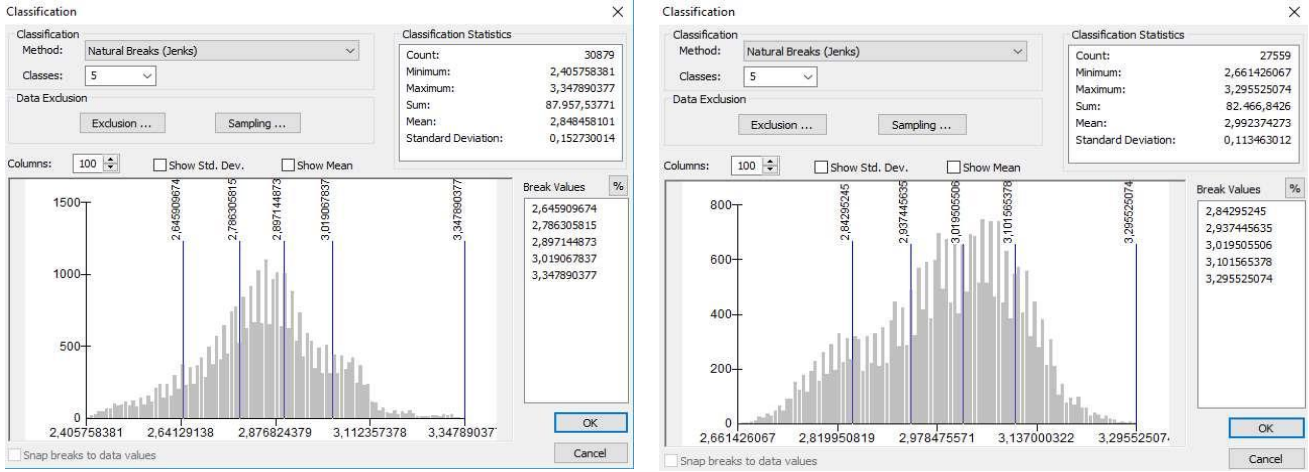
Çalışma alanında dağılım gösteren her bir toprak örnekleri için belirlenen AKİa ve AKİg değerleri belirlendikten sonra enterpolasyon yöntemler kullanılarak alansal dağılımları için haritalar üretilmiştir. Gerek topografik haritaların sayısallaştırılmasında gerekse de dağılım haritalarının oluşturulmasında ArcGIS 10.5.1v coğrafi bilgi sistemi programı kullanılmıştır.

Modellerde hesaplanan değerinin alansal dağılımının belirlenmesinde en çok kullanılan enterpolasyon yöntemlerinden inverse distance weighting(IDW), radial basis functions (RBF) deterministik yöntemler ile stokastik yöntemlerden de kriging/cokkriging yöntemleri kullanılmıştır. Yöntemlerin karşılaştırılmalarında ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi sorgulayabilmek, ölçülen değerlere en yakın sonucu veren başka bir ifade ile yöntemler arasından en uygun olanının seçebilmek için literatürde farklı karşılaştırma yöntemlerinin dikkate alındığı görülmektedir. Genel anlamda en yaygın kullanılan yöntemler; hata karaleri ortalamasının karekökü (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE), yöntemlerdir. Bu çalışma için RMSE seçilmiş ve jeostatistiksel çözümde kullanılan 15 yöntem karşılaştırılmıştır. En düşük RMSE değerini veren yöntem, en uygun yöntem olarak değerlendirilmiştir. RMSE'nin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (z_i^* - z_i)^2}{n}}$$

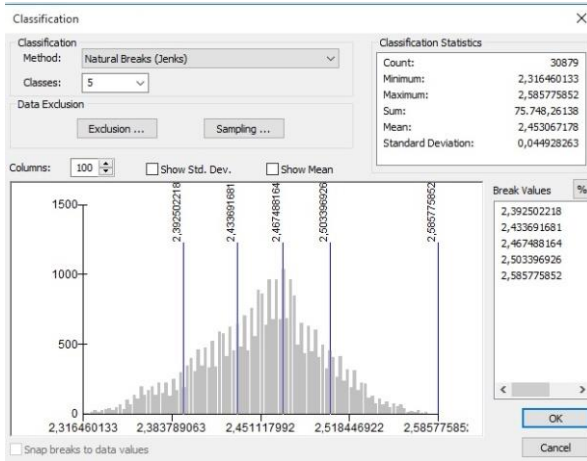
Eşitlikte; Z_i : tahmin edilen değer, Z_i^* ölçülen değer ve n örnek sayısını ifade etmektedir.

Elde edilen sonuçlardan hazırlanan dağılım haritalarının sınıflandırılmasında toplam ve minimum veri seti için AKİa ve AKİg sınıflandırılmasında doğal kırınım (Jenks) yöntemi kullanılmıştır (Şekil 4).

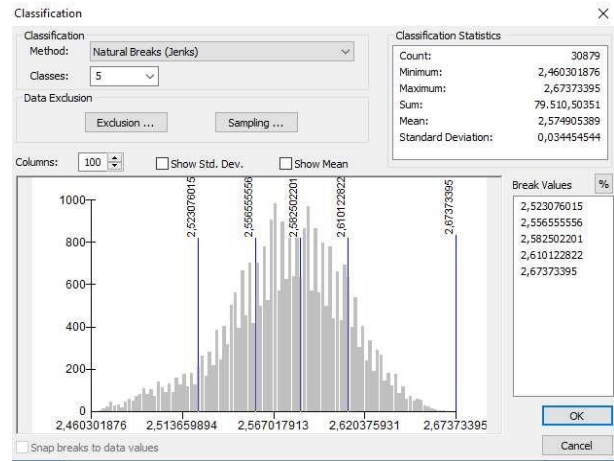


A.

B.



C.



D.

Şekil 4: Toplam Veri Setinde Akia (A) ve Akig (B) Sınıfları ve Minimum Veri Setinde Akia (C) ve Akig (D) Sınıflarına Ait Doğal Kırılım Aralıkları

Analiz Sonuçlarının Tanımsal İstatistikleri

Çalışma alanından alınan 995 toprak örneğinden kum, kil, silt, pH, EC, kireç, N, P, K fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş ve iki farklı model sonuçları da dikkate alınarak tanımlayıcı istatistik analizi yapılmıştır. AKİ modelleri ve toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmasının yanı sıra normal dağılıma uygunlukları Kolmogorov-Smirnov testi SPSS (Karaatlı, 2010) ile kontrol edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Toplam Veri Setine Göre Arazi Kalite İndeksleri

Çalışma alanında her bir toprak örneği için toprak parametrelerinin standart sapma, minimum, maksimum, çarpıklık basıklık gibi temel istatistik özellikleri belirlenmiştir (Tablo 3). Buna göre kum % 1.60-92.00, kil % 2.50-79.20 ve silt miktarı % 2.00-65.80 arasında değişmekte olup, kum, kil ve silt içeriği normal dağılım sergilemektedir (Tablo 4). Topraklar kuvvetli asit ile hafif alkali reaksiyonla (4.00-8.00) arasında değişen toprak pH'sının sola çarpık dağılım gösterdiği görülmektedir. Çalışma alanına ait toprakların EC değerleri 0.00-2.80 dSm⁻¹ arasında değişmekte olup tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Ayrıca değişkenlik katsayısı düşüktür ve sola çarpık özellik göstermektedir. Toprakların kireç içeriği %0.00-43.20 arasında değişkenlik gösterirken, yüksek değişkenlik sayısına sahip ve sağa çarpık özelliğindedir. Değişkenlik katsayısı yüksek olan fosfor sağa çarpık özellik göstermektedir. K 0.10-4.30 cmol/kg⁻¹ ve N % 0.04-0.60

arasında değerlerde değişim gösterip, iki analiz sonucu da sağa çarpık özellikte ve düşük değişkenlik özellik göstermektedir. Derinlik normal dağılım gösterirken eğim ise normal dağılımdan uzak sağa çarpıktır. Hesaplanan model sonuçlarının tamamı (Toplam AKİa, AKİg ve minimum AKİa ve AKİg) normal dağılım göstermekte ve değişkenlik katsayıları düşüktür. Normal dağılımdan uzak dağılımlar sergileyen verilere, faktör analizi öncesinde normal dağılıma yaklaştırmak amacıyla karekök ve logaritma dönüşümleri yapılmıştır.

Tablo 3: Toprakların Fiziksel, Kimyasal Özelliklerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

Parametreler	Ort.	S.S	D.K	V.	E.D.D	E.Y.D	Çar. **	Bas.
Kum	30.23	14.54	90.40	211.55	1.60	92.00	0.77	0.77
Kil	37.72	12.80	76.70	163.94	2.50	79.20	0.05	0.05
Silt	32.04	9.26	63.80	85.92	2.00	65.80	0.32	0.32
pH	7.02	0.73	4.00	0.53	4.00	8.00	-1.21	-1.21
EC	0.43	0.28	2.80	0.07	0.00	2.80	2.62	2.62
Kireç	5.91	8.29	43.20	68.83	0.00	43.20	1.85	1.85
P	15.84	20.02	138.70	400.98	0.00	138.70	2.73	2.73
K	0.57	0.40	4.20	0.16	0.10	4.30	3.08	3.08
N	0.16	0.07	0.60	0.00	0.04	0.60	1.07	1.07
Derinlik	73.17	35.74	100.00	1277.63	20.00	120.00	0.03	-1.38
Eğim	8.46	5.99	18.00	35.95	2.00	20.00	0.69	-0.61
Toplam AKİa	2.84	0.42	2.49	0.17	1.44	3.93	-0.24	-0.06
Minimum AKİa	2.97	0.52	2.84	0.27	1.16	4.00	-0.34	-0.26
Toplam AKİg	2.47	0.39	2.40	0.15	1.47	3.87	0.31	-0.18
Minimum AKİg	2.60	0.44	2.75	0.20	1.25	4.00	0.19	-0.16

Ort.: Ortalama, S.S.: Standart Sapma, V.: Varyans, EDD.: En Düşük Değer, EYD.: En Yüksek Değer, Çar.: Çarpıklık, Bas.: Basıklık.

*Değişkenlik Katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik

**Çarpıklık: < | \neq 0,5 | = Normal Dağılım, 0,5-1,0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır. $\neq > 1,0 \rightarrow$ Logaritma dönüşümü uygulanır.

Tablo 4: Parametrelere Ait Ağırlık Değerlerinin Belirlenmesine Yönelik Toplam Veri Seti AHS Tekniği Hesaplamaları

İkili Karşılaştırmalar Matrisi											
Kriterler	Eğim	Derinlik	Bünye	pH	EC	Kireç	N	P	K		
Eğim	1.000	2.000	3.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	7.000		
Derinlik	0.500	1.000	3.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000		
Bünye	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000	3.000	5.000	3.000	5.000		
pH	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000	3.000	3.000	7.000	3.000		
EC	0.200	0.200	0.200	0.333	1.000	1.000	3.000	3.000	3.000		
Kireç	0.200	0.200	0.333	0.333	1.000	1.000	3.000	5.000	7.000		
N	0.200	0.200	0.200	0.333	0.333	0.333	1.000	3.000	3.000		
P	0.200	0.200	0.333	0.142	0.333	0.200	0.333	1.000	3.000		
K	0.142	0.200	0.200	0.333	0.333	0.142	0.333	0.333	1.000		
Total	3.000	5.000	9.000	15.000	21.000	19.000	26.000	32.000	37.000		
Normalize Edilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi											
Kriterler	Eğim	Derinlik	Bünye	pH	EC	Kireç	N	P	K		
Eğim	0.336	0.441	0.349	0.323	0.238	0.268	0.195	0.155	0.189		
Derinlik	0.168	0.221	0.349	0.323	0.238	0.268	0.195	0.155	0.135		
Bünye	0.112	0.073	0.116	0.194	0.238	0.161	0.195	0.093	0.135		
pH	0.067	0.044	0.039	0.065	0.143	0.161	0.117	0.216	0.081		
EC	0.067	0.044	0.023	0.022	0.048	0.054	0.117	0.093	0.081		
Kireç	0.067	0.044	0.039	0.022	0.048	0.054	0.117	0.155	0.189		
N	0.067	0.044	0.023	0.022	0.016	0.018	0.039	0.093	0.081		
P	0.067	0.044	0.039	0.009	0.016	0.011	0.013	0.031	0.081		
K	0.048	0.044	0.023	0.022	0.016	0.008	0.013	0.010	0.027		
Öncelik Vektör											
Kriterler	Normalize Edilmiş Satırlar Toplamı			Normalize Edilmiş Satırlar Ortalaması				Öncelik Vektörü			
Eğim	2.494			2.494/9				0.277			
Derinlik	2.051			2.051/9				0.228			
Bünye	1.317			1.317/9				0.146			
pH	0.933			0.933/9				0.104			
EC	0.548			0.548/9				0.061			
Kireç	0.733			0.733/9				0.081			
N	0.403			0.403/9				0.045			
P	0.311			0.311/9				0.035			
K	0.210			0.210/9				0.023			
$\lambda_{max} = 10.227$ $Tl = 0.13$ $TO = 0.09$											

Çalışma alanının model yaklaşımlarından AKİa uygulamasında duyarlılık sınıflarının belirlenmesinde seçilen kriterler için yapılan ikili karşılaştırmalara dayalı olarak elde edilen ağırlık değerleri **Tablo 4'** de sunulmuştur. **Tablo 4'**den görüleceği üzere, 0.277 ağırlık değeri ile tarımsal arazi kalite indeks faktörlerinden eğim kriteri, en yüksek ağırlığa sahip kriter olarak ortaya çıkmıştır. Benzer durum Dengiz ve Sarioğlu (2011) arazi değerlendirme yönelik yaptıkları çalışmada ele aldıkları parametrelerde de eğim en yüksek ağırlık değeri aldığını bunun nedenini de toprak-su muhafazası tedbirleri almadan veya çok az tedbirler alınarak işlemeli tarımın yapılabilmesi için eğim % 10-12'yi geçmemesi gerektiği şekilde belirtmişlerdir. Ele alınan kriterlere yönelik hiyerarşik ilişki içerisinde ikinci ve üçüncü sırada ise derinlik (0.228) ve bünye (0.146) gelmektedir. Ayrıca, tarımsal arazi uygunluk sınıflarının son skor değerine arazilerin fiziksel karakteristiklerinin daha etkili olduğu geçmiş çalışmalarda da bildirilmiştir (Patrono, 1998; Ahmed ve ark., 2016; Dedeoğlu ve Dengiz, 2018). Benzer şekilde farklı tarımsal uygunluk değerlendirilme modellerinin arazilerin fiziksel karakteristiklerinden daha yüksek oranda fonksiyonlar kurduğunu, bu durumun toprak derinliği ve üst toprak tekstürü gibi değiştirilmesi ya da düzeltilmesi mümkün olmayan durumlardan ileri geldiği ve bu özelliklerin arazilerin potansiyel karakteristikleri olduğu bildirilmiştir (Briza ve ark., 2001; Albaji ve Hemadi, 2011; Sarioğlu ve Dengiz, 2012). Sıralama içerisinde kimyasal özellikler ise (pH kriteri (0.104), kireç (0.081), EC (0.061)) fiziksellerden sonrasında gelmekte olup, toprakların tarımsal açıdan kullanımına çok fazla olumsuzluklar yaratmayan sınırlar içerisinde yer almaktadırlar. Son sıralarda verimlilik kriteri ise düşük görülen alanlarda gübreleme faaliyetleri gibi unsurlarla giderilebilmesi nedeniyle ağırlık değerleri düşük bulunmuştur. Bu kriterlerin ikili karşılaştırmalarına ait ortalama tutarlılık oranı ise 0,09 olarak belirlenmiştir.

Doğrusal kombinasyon tekniği ile her bir toprak örneği için hesaplama yapılmıştır. Ayrıca, ele alınan toplam veri setinde AKİa ve AKİg ile minimum veri setinde AKİa ve AKİg için dağılım haritalarını oluşturmak amacıyla 15 adet enterplasyon modellerinden hangisinin uygun olduğunu belirlemek için en düşük RMSE değerleri **Tablo 5'**de verilmiştir. Buna göre, AKİa dağılım haritası için Kriging Basit Üssel yöntemi kullanılmıştır. AKİa dağılım haritası Şekil 8 ve her bir sınıflarının alansal ve orasal dağılımları **Tablo 6'**da verilmiştir. Toplam veri seti ile oluşturulmuş AKİg dağılım haritası oluşturulmasında ise Kriging Basit Gaussian yöntemi kullanılmıştır (**Tablo 5**). Şekil 5 incelendiğinde, her iki arazi kalite yaklaşımında çalışma alanının kuzey kesimlerinde yer alan delta alanı işlemeli tarıma yönelik arazi kalitesi bakımından çok uygunken, güneydeki eğimi yüksek tepelik dağlık alanlar alanlarında ise arazi kalitesi düşüktür. Çalışma alanının yaklaşık %15'i her iki yaklaşımla işlemeli tarıma arazi kalitesi bakımından hiçbir zaman uygun değilken, yaklaşık % 30'u çok uygun ve uygun sınıfına dahildir.

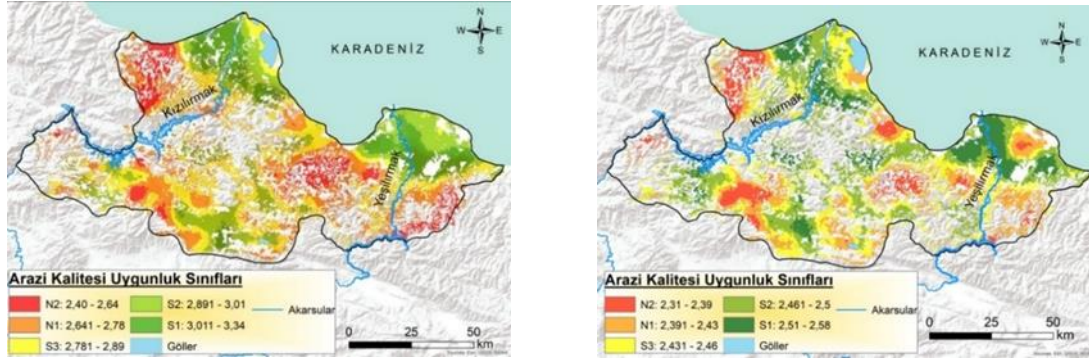
Tablo 5: Modeller Ait Toplam ve Minimum Veri Setlerine Uygulanan Enterplasyon Modelleri ve RMSE Değerleri

Enterpolasyon Modeller	Semivariogram modeller	Toplam Veri Seti RMES		Minimum Veri Seti RMES		
		AKİa	AKİg	AKİa	AKİg	
Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW)	IDW-1	0.402	0.406	0.329	0.458	
	IDW-2	0.406	0.416	0.333	0.469	
	IDW-3	0.417	0.432	0.342	0.485	
Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF)	TPS	3.01	5.203	4.381	5.888	
	CRS	0.401	0.405	0.329	0.456	
	SWT	0.401	0.405	0.329	0.455	
Kriging	Doğal	Gaussian	0.405	0.407	0.330	0.455
		Üssel	0.405	0.407	0.333	0.455
		Küresel	0.400	0.407	0.330	0.454
	Basit	Gaussian	0.400	0.398	0.325	0.446
		Üssel	0.398	0.399	0.324	0.447
		Küresel	0.399	0.399	0.325	0.447
	Evrensel	Gaussian	0.405	0.407	0.330	0.455
		Üssel	0.405	0.407	0.330	0.458
		Küresel	0.405	0.407	0.330	0.456

TPS:Thin Plate Spline, CRS: Completely Regularized Spline, SWT: Spline With Tension

Tablo 6: Samsun İline Ait Toplam Veri Setine Göre Hesaplanmış Arazi Kalite Sınıfları

Sınıf	Tanımlama	AKİa			AKİg		
		İndeks	ha	%	İndeks	ha	%
S1	Çok uygun	3.011-3.34	46142.6	9.3	2.50-2.58	45176.6	9.1
S2	Uygun	2.891-3.01	102347.7	20.6	2.46-2.50	97372.8	19.6
S3	Az uygun	2.781-2.89	151678.1	30.5	2.43-2.46	120540.7	24.2
N1	Şimdilik Uygun değil	2.641-2.78	121152.5	24.4	2.39-2.43	160919.5	32.4
N2	Hiçbir zaman uygun değil	2.40-2.64	75831	15.3	2.31-2.39	73142.3	14.7
Toplam			497151,9	100.0	Toplam	497151.9	100.0



Şekil 5: Çalışma Alanının Toplam Veri Seti Kullanılarak Oluşturulmuş Akia (A) ve Akig (B) Haritaları

Minimum Veri Setine Göre Arazi Kalite İndeksleri

Faktör analizi sonucunda öz değerleri 1'e eşit veya 1'den büyük olan gruplar faktör olarak kabul edilmiştir. Buna göre özdeğerleri 1'den büyük olan 5 faktör belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, toplam değişimin % 78,870'i bu faktörler tarafından açıklanmaktadır (Tablo 7). Varimax dönüştürmesinden sonra 1. Faktör için kum ve kil yüksek yüklerle sahiptir. Bu anlamda aralarındaki korelasyon önemlidir (r: -0.77). Aralarında yüksek korelasyon olduğu için (r > 0.6) en yüksek yükleme değerine sahip kil faktör 1'i yansıtacak özelliği olarak seçilmiştir. pH faktör 2 için en yüksek sahip özellik olmuştur. K ve N faktör 3 için en yüksek özelliكتedir. Aralarında bir korelasyon olmasına rağmen bu yüksek değildir (r < 0.6). Bu nedenle her iki özellikte faktör 3'e dahil edilmiştir. Silt faktör 4 ve eğim özelliği de faktör 5 için en yüksek yüke sahiptir (Tablo 7). Tek bir faktör altında birden fazla gösterge yüksek yükte olduğunda minimum veri seti için korelasyon katsayısına bakılır (Andrews ve ark., 2002a;2002b). Kendi aralarında iyi korelasyon olan değişkenler gereksiz kabul edilir ve minimum veri seti için bir tanesi ele alınır. Ancak aralarında yüksek korelasyon yoksa bu durumda her iki değişkende minimum veri setinde kullanılır (Sanchez-Navarro ve ark., 2015).

Tablo 7: Temel Bileşenlere Ait Sonuç İstatistikleri

Temel bileşenler	Faktör				
	1	2	3	4	5
Özdeğerler	2.251	1.909	1.337	1.284	1.013
Yüzde	20.468	17.357	12.159	11.675	10.300
Kümülatif yüzde	32.468	47.825	59.984	71.659	78.870
Öz vektörler					
Derinlik	0.497	-0.028	0.144	0.378	-0.012
P	-0.083	0.246	0.645	-0.210	0.063
K	0.112	0.193	0.735	0.077	-0.153
N	0.022	-0.218	0.734	0.079	0.088
Eğim	0.009	0.002	0.000	0.015	0.959
kum	-0.911	-0.016	0.023	-0.303	-0.056
pH	-0.127	0.851	0.146	0.016	0.010
EC	0.008	0.394	0.042	-0.604	0.212
Kirec	0.033	0.847	0.004	-0.024	-0.019
Kil	0.930	-0.098	-0.021	-0.267	-0.034
Silt	0.123	0.165	-0.023	0.853	0.146

^a Altı çizili faktör yükleri ağırlıklı olarak kabul edilir. ^b Kalın faktör yükleri minimum veri seti için seçilmiş faktör yükleridir.

Tablo 8: Arazi Özelliklerinin Korelasyon Matrisi

	Derinlik	Eğim	Kil	Silt	Kum	P	K	N	pH	EC	Kireç
Derinlik	1.000										
Eğim	-0.004	1.000									
Kil	0.243**	0.001	1.000								
Silt	0.235**	0.046	-0.152**	1.000							
Kum	-0.399**	-0.039	-0.775**	-0.423**	1.000						
P	-0.012	0.001	-0.072*	-0.056	0.084	1.000					
K	0.106**	-0.026	0.062	0.008**	-0.055	0.277	1.000				
N	0.067*	0.014	0.012	0.032*	-0.038	0.155	0.291	1.000			
pH	-0.039	0.031	-0.172**	0.077	0.096	0.181**	0.185*	-0.071	1.000		
EC	-0.114**	0.079*	-0.065*	-0.138**	0.137*	0.308*	0.117**	0.100**	0.299*	1.000	
Kireç	-0.036	0.036	-0.045	0.535	0.372	0.000	0.000	0.920	0.000	0.000	1.000

*: p<0.05 **: p<0.01

Minimum veri setine göre AKİa ve AKİg modelleri doğrultusunda hesaplama yapılmıştır. AKİa uygulamasında duyarlılık sınıflarının belirlenmesinde seçilen kriterler için yapılan ikili karşılaştırmalara dayalı olarak elde edilen ağırlık değerleri **Tablo 9'** de sunulmuştur. **Tablo 9'** dan görüleceği üzere, 0.399 ağırlık değeri ile tarımsal arazi kalite indeks faktörlerinden eğim kriteri, en yüksek ağırlığa sahip kriter olarak ortaya çıkmıştır. Her bir noktaya ait hesaplanan arazi kalite indeks değerinin alan içerisinde dağılımını yapmak için AKİa için Kirging basit üssel, AKİg için ise Kriging doğal küresel enterpolasyon modeli uygulanmıştır (**Tablo 5**). Buna göre, toplam veri setinde olduğu gibi, çalışma alanının kuzeyindeki delta sahasında kaliteli araziler yer almasına karşılık, özellikle pH değeri ile kil içeriğinin veya kum içeriğinin çok yüksek olduğu kesimlerde arazi kalitesi bakımından düşük değerler çıkmıştır (**Şekil 6**). Arazi kalite sınıflarının alansal ve oransal değerleri **Tablo 10'** da verilmiştir. Çalışma alanının her iki model içinde yaklaşık yarıdan fazlası arazi kalitesi bakımında işlemeli tarıma az uygun veya uygun olmayan yerler olarak belirlenirken, AKİa için toplam alanın % 29.5'si çok uygun ve uygun iken, AKİg yaklaşımı için % 22.1'i uygun ve çok uygun sınıf olarak belirlenmiştir.

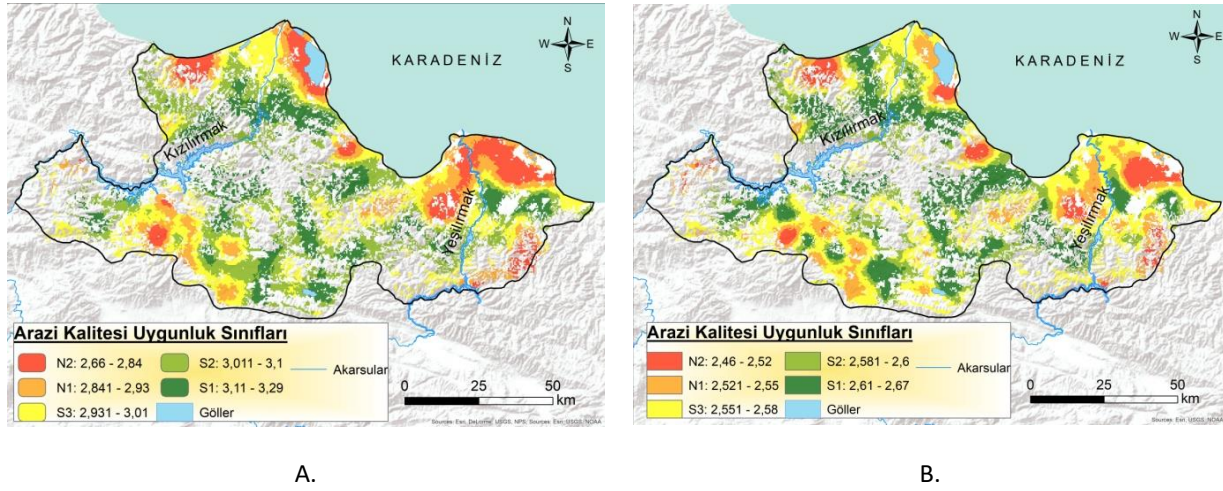
Tablo 9: Parametrelere Ait Ağırlık Değerlerinin Belirlenmesine Yönelik Minimum Veri Seti AHS Tekniği Hesaplamaları

İkili Karşılaştırmalar Matrisi					
Kriterler	Eğim	Bünye	pH	N	K
Eğim	1.000	2.000	3.000	5.000	5.000
Bünye	0.500	1.000	3.000	5.000	5.000
pH	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
N	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
K	0.200	0.200	0.200	0.333	1.000
Toplam	2.233	3.733	7.533	14.333	19.000
Normalize Edilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi					
Kriterler	Eğim	Bünye	pH	N	K
Eğim	0,448	0,536	0,398	0,349	0,263
Bünye	0,224	0,268	0,398	0,349	0,263
pH	0,149	0,089	0,133	0,209	0,263
N	0,090	0,054	0,044	0,070	0,158
K	0,090	0,054	0,027	0,023	0,053
Öncelik Vektör					
Kriterler	Normalize Edilmiş Satırlar Toplamı	Normalize Edilmiş Satırlar Ortalaması	Öncelik Vektörü		
Eğim	1.994	1.994/5	0.399		
Bünye	1.502	1.502/5	0.300		
pH	0.844	0.844/5	0.169		
N	0.415	0.415/5	0.083		
K	0.246	0.246/5	0.049		

$\lambda_{max} = 5.292$ $Ti = 0.24$ $TO = 0.06$

Tablo 10: Samsun İline Ait Minimum Veri Setine Göre Hesaplanmış Arazi Kalite Sınıfları

Sınıf	Tanımlama	İndeks	AKİa		AKİg		
			ha	%	İndeks	ha	%
S1	Çok uygun	3.11-3.29	63036.9	12.7	2.61-2.67	34196.4	6.9
S2	Uygun	3.01-3.10	83492.3	16.8	2.58-2.61	75396.3	15.2
S3	Az uygun	2.91-3.00	125288.2	25.2	2.55-2.58	157860.5	31.8
N1	Şimdilik Uygun değil	2.81-2.90	135028.9	27.2	2.52-2.55	110687.5	22.3
N2	Hiçbir zaman uygun değil	2.60-2.80	90305.6	18.2	2.46-2.52	119011.2	23.9
Toplam			497151.9	100.0		497151.9	100.0



Şekil 6: Çalışma Alanının Minimum Veri Seti Kullanılarak Oluşturulmuş AKİa (A) ve AKİg (B) Haritası

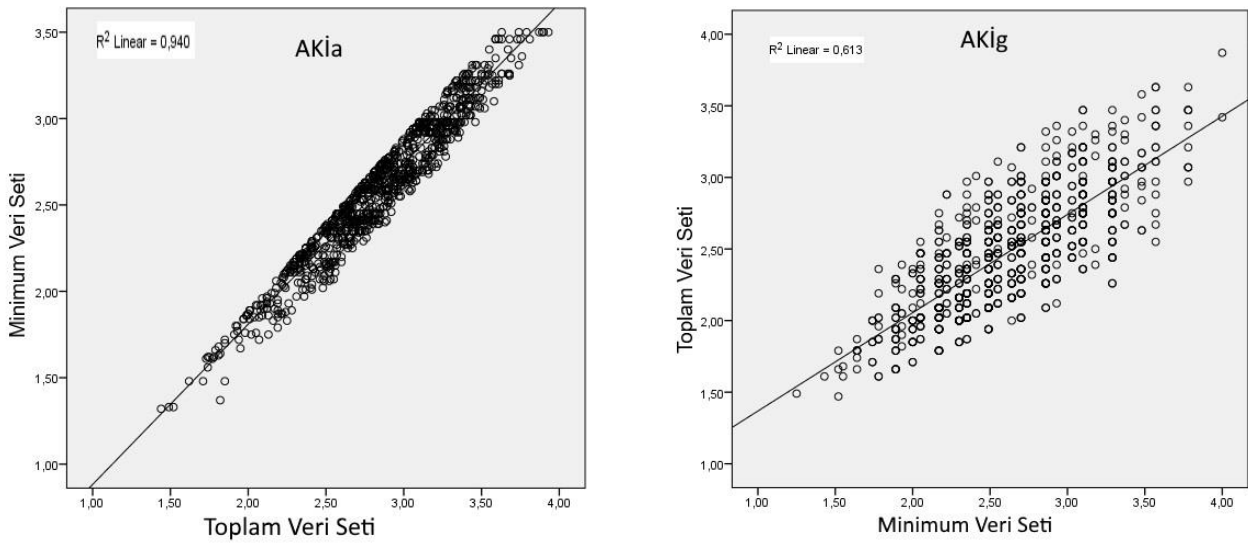
İndekslerin İstatistiksel Karşılaştırılması

Çalışma alanına ait toplam 995 örnek noktadan hesaplanan toplam ve minimum veri setleri ile iki farklı arazi kalite indeksi hesaplamaları yapılmıştır. Kappa istatistik analizi için arazi kalite sınıfları kabul edilebilir seviyededir. Toplam ve minimum veri seti için arazi sınıfları değerlendirilirken AKİa ve AKİg kappa istatistik değeri 0.62, 0.60'dır. İndeksler arasındaki korelasyonlar yüksek olarak belirlenmiştir (Tablo 10). Toplam ve minimum veri setleri ile ayrı ayrı hesaplanmış AKİa ve AKİg için lineer regresyon hesaplaması yapılmıştır. Buna göre R^2 değerleri AKİa için 0.94, AKİg için 0.61'dir (Şekil 7). Arazi kalite indeksleri arasındaki korelasyon bakımından en yüksek AKİa-MVS (minimum veri seti) ile AKİa-TVS (toplam veri seti) arasındadır ve 0.879 olarak belirlenmiştir (Tablo 11).

Tablo 11: AKİa Ve AKİg için Korelasyon Matrisi

	AKİg-TVS	AKİg-MVS	AKİa-TVS	AKİa-MVS
AKİg-TVS	1.000			
AKİg-MVS	0.883**	1.000		
AKİa-TVS	0.832**	0.775**	1.000	
AKİa-MVS	0.718**	0.774**	0.879**	1.000

** : p<0.01



Şekil 7: Arazi Kalite İndeksleri Arasında (AKİa ve AKİg) Minimum Ve Toplam Veri Setleri İle Hesaplanmış Doğrusal İlişki

SONUÇ

İşlemeli tarıma uygun alanların belirlenmesi için çok farklı ekolojik özelliklere sahip geniş alanlara ait konumsal özelliklerin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu analizlerin geleneksel yöntemlerle yapmak zaman kaybına neden olmakta, maliyet artırmakta ve fazla iş gücüne sebep olmaktadır. Günümüzde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojileri gibi güncel tekniklerin kullanılması ve değerlendirmelerin yapılabilmesinde çok kriterli karar verme (MCDA) yaklaşımlarının kullanılması bu olumsuz sonuçları azaltacaktır. MCDA, bir seçenek kümesinden en az bir amaca göre en uygunun seçimi yapmaktır. Buna göre, bir karar verme işleminde karar verici, alternatifler, faktörler, sonuçlar, çevre ve karar vericinin öncelikleri değerlendirilir. Bu amaçla çalışmada parametrik (AKİg) ve hiyerarşik (AKİa) özelliklere sahip iki farklı arazi kalite indeks yaklaşımı kullanılarak coğrafi bilgi sistemi yardımıyla Samsun iline ait arazilerin işlemeli tarıma uygunluk dağılımları belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılan toplam ve minimum veri setleri ile yapılan hesaplamalar sonucunda, modeller arasında karşılaştırma uygulamalarıyla AKİa indeksi en iyi sonuç veren indeks olduğu belirlenmiştir. AKİa ile yapılan modelde alanın yeterli düzeyde yansıtıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, arazi kalite indeksi minimum veri seti kullanılarak hesaplandığında tutarlı sonuçları doğrultusunda işlemeli tarıma yönelik arazi kalitesini değerlendirmek, örnekleme ve analiz işlemlerinde zaman ve maliyeti azaltmak için etkili bir araç olarak uygulanabilir. Bununla birlikte, günümüzün teknolojilerinden birisi olan Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanılması çalışma alanına ait verilerin kısa süre içerisinde elde edilmesini, sorgulanmasını, analiz edilmesini, depolanmasını ve haritalanmasını sağlamıştır. Bu tekniklerle değerlendirilen çalışmalarda hızlı ve doğru sonuçlara ulaşmak doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına olanak sağlayacaktır.

To Cite This Article: Demirağ Turan, İ. & Dengiz, O. (2019). Determination of agricultural land suitability classes for Samsun province based on parametric and hierarchy approaches. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 40, 490-506.

Submitted: February 25, 2019

Revised: March 12, 2019

Accepted: March 23, 2019

EXTENDED ABSTRACT

DETERMINATION OF AGRICULTURAL LAND SUITABILITY CLASSES FOR SAMSUN PROVINCE BASED ON PARAMETRIC AND HIERARCHY APPROACHES

INTRODUCTION

Agricultural land is one of the most important land resources since human existence. It is important to evaluate and investigate the quality of land to protect and improve the quality of agricultural land (Fang and Song, 2007). Land and soil are different. Soil is part of land. Land consists of environmental conditions, including elements soil, climate, geology, relief, hydrology and vegetation etc (FAO, 1976; Sarioğlu and Dengiz, 2011). Land classification or land suitability classification is the process of estimation of land use potential and is an important step in land use planning process.

Land quality or land suitability studies have both parametrical and hierarchical approaches land and soil characteristics. Factor analysis and principal component analysis are widely used to select and reduce land (drainage, slope, depth, stony erosion, etc.) as well as soil criteria (physical, chemical biological, productivity, etc.) (Shukla et al., 2006; Wander and Bollero, 1999). The parameters are grouped as minimum data sets with indicators that can measure the soil condition. Total data set and minimum data set are also widely used in soil quality evaluation (Yanbing et al., 2009; Blecker et al., 2012; Cheng et al., 2016; Doran and Parkin, 1994; Larson and Pierce, 1994; Nakajima et al., 2015; Sanchez-Navarro et al., 2015; Raiesi et al., 2016; Biswas et al., 2017; Nabiollahi et al., 2017; Wu et al., 2019). In this study, total and minimum data set for agricultural land compatibility classes of land were used.

MATERIALS AND METHODS

The sites were divided into 2.5 x 2.5 km grid squares. Total 995 soil samples were collected from surface (0-20 cm) depth of each grid intersection point in cultivated fields of Samsun province (Figure 3). Texture was determined by hydrometer method (Bouyoucos, 1951); Soil reaction (pH) and electrical conductivity (EC) were determined by water solution (1:2.5) (Soil Survey Staff, 1992); lime (CaCO₃) content was determined by using Scheibler calcimeter (Soil Survey Staff, 1992); P contents of alkaline and neutral character soils can be determined according to Olsen method (Olsen et al., 1954); P contents of acid character soils were determined by Bray and Kurtz (1945); available K (K₂O kg/da) content was determined by measuring the amount of K, which can pass to the extract solution prepared by 1 N Ammonium acetate (pH= 7.0), by using flame photometer (Soil Survey Staff, 1992); Organic matter: Walkley-Black method was modified by Jackson (Jackson, 1958). The slope map is produced from the high-resolution digital elevation model of the study area. The depth factor was determined according to the data of the Land Assets Reports of Samsun Province.

The nine measured parameters were used in a Total data set including slope, depth, the texture, pH, EC, lime efficiency properties of phosphorus, potassium and nitrogen. The Minimum data set selection was determined to reduce dimensionality using principal component analysis (Doran and Parkin, 1994; Qi et al., 2009; Nabiollahi et al., 2017). As a result of factor analysis, groups with eigenvalues equal to 1 or greater than 1 were considered as factors and critical factor load was taken as 0.5 (Andrews et al., 2002a; Wander and Bollero, 1999). For each factor, soil variables with high factor loadings were assumed to be the indicators that the best represent changes in soil quality and were defined as having absolute values within 10% of the highest factor loading (Andrews et al., 2002b; Govaerts et al., 2006; Sharma et al., 2005; Nabiollahi et al., 2017).

Weighted land quality index (LQIw) model is one of the agricultural quality index models for agricultural purposes. Each factor in this model was divided into sub-factors and evaluated between 1 and 4. When criteria provide optimal condition, it is given the value 4 and if criteria impossible to land quality it is given the value 1.

Analytical Hierarchical Process (AHP) technique was used to determine the priorities of factors and sub-factors. The result classes were calculated by linear combination technique. The mathematical equation of this technique is as follows:

$$LQIw = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i)$$

LQIw: The total land evaluation score, W_i : weighting of parameter i , X_i : sub-criterion score of parameter i .

The AHP technique which was developed by Saaty (1980) is a measurement theory that is based on using a pair-wise comparison matrix (PWCM). The PWCM was applied by using a scale with values from 9 to 1/9 or 0.111 that was also introduced by Saaty (1980).

In this study, the pair-wise comparisons of various criteria were organized into a square matrix. The principal eigenvalue and the corresponding normalized right eigenvector of the comparison matrix gave the relative importance of the criterion being compared. In the last step, the consistency of control of the eigenvector obtained was calculated.

Another model is the geometric land quality index (LQIg) model. LQIg was calculated according to the following formula:

$$LQIg = (\text{Depth} \times \text{texture} \times \text{slope} \times \text{Lime} \times \text{pH} \times \text{EC} \times \text{P} \times \text{K} \times \text{N})^{1/9}$$

Kappa statistics were used to compare different indices. The Kappa statistic was calculated using the five soil grades to show the level of agreement. The Kappa coefficient is used to determine the compatibility between the two observers. It was developed to determine the degree of coherence between two scores at the classification level (Cohen, 1960). The Kappa statistic takes values from -1 to 1. The following limits of agreement were used: (1) None: <0, (2) Poor: 0–0.19, (3) Weak: 0.20–0.39, (4) moderate: 0.40–0.59, (5) Strong: 0.60–0.79, (6) Excellent: 0.80–1 (Da Silva et al., 2015; INPE, 2001). Correlation and regression calculations were made between indices.

In this study, different interpolation methods (Inverse Distance Weighing-IDW, Radial Basis Function-RBF and Kriging) were applied for predicting the spatial distribution of LPI. Kriging is a geostatistical technique similar to IDW that uses a linear combination of weights at known points to estimate the value at an unknown point. Kriging uses a semivariogram, measure of spatial correlation between two points so that weights change according to the spatial arrangement of the samples. In contrast to other estimation procedures, kriging provides a measurement of the error or uncertainty of the estimated surface. Several forms of kriging interpolation exist, including Ordinary Kriging (OK), Simple Kriging (SK), and Universal Kriging (UK).

In present studies, Root mean square error (RMSE) is used to evaluate the interpolation techniques. The lowest RMSE indicates the most accurate prediction. Estimates are determined by using the following formulae:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (z_i^* - z_i)^2}{n}}$$

Where; Z_i is the predicted value, Z_i^* is the observed value, and n is the number of observations.

Natural refraction (Jenks) method was used in the classification of LQIw and LQIg for the total and minimum data set in the classification of the distribution maps prepared from the results (Figure 4).

RESULTS

In this study, AHP method was used to evaluate the pair-wise comparisons for the various criteria organized into a square matrix. The normalized pair-wise comparison matrix was also calculated (Table 4). The highest value (0.277) was for slope criterion of land quality index factors. Also, slope is the highest weight value by Dengiz and Sarioglu (2011)'s study. The sub-criteria for land quality index in order of priorities were depth (0.228) and texture (0.146). Similarly, it has been reported that different land quality index models and the physical characteristics of the land generate functions at a higher rate than the others (Briza et al., 2001; Albaji and Hemadi, 2011; Sarioglu and Dengiz, 2012). The parameter which was used to check this process is the consistency ratio. For this study, the consistency ratio was 0.09.

The linear combination technique was used to calculate each soil sample. Comparison of interpolation methods for LQlw and LQlg is provided in Table 5. Finally, exponential model of simple kriging function was used to estimate or predict LQlw at unsampled locations and their distribution maps were presented in Figure 5 Gaussian model of simple kriging was used LQlg distribution maps were showed in figure 8. The delta area, which is located in the northern part of the study area, is very suitable in terms of land quality for two models whereas the land quality is low in areas with high slope mountainous areas in the south. Approximately 15% of the study area is never suitable in land quality for two approaches while approximately 30% is included in a very suitable and suitable class.

Land Quality Indices According to the Minimum Data Set

The first five PCs explained 78.810% of the variance of the original data (Table 7). The eigenvectors after its VARIMAX rotation indicated that sand and clay had high loadings with respect to PC1. As they were significantly correlated with each other ($r = 0.77$); clay, which had the highest loading value was selected as the land property to reflect PC1. pH had the highest loading value was selected as the land property to reflect PC2. For PC3 K and N both had the highest loadings but were not markedly correlated, with one another so both were selected as the soil properties to reflect PC3. Silt had the highest for PC4, slope is the highest for PC5. Variables that correlated well amongst themselves were considered redundant ($r > 0.6$) and only one was retained for the MDS. If two highly weighted variables were not correlated ($r < 0.6$), both were considered and were remained in the MDS (Sanchez-Navarro et al., 2015).

According to the minimum data set, the calculation was made to the LQlw and LQlg models. Exponential model of simple kriging function was used to estimate or predict LQlw at unsampled locations and their distribution maps were presented Figure 6 Spherical model of simple kriging was used LQlg distribution maps were presented figure 9. While more than half of the study area was determined to be less suitable or not suitable for land quality, 29.5% of the total area has been identified very suitable and suitable for LQlw, while 22.1% for LQlg approach was suitable and very suitable class.

Statistical Comparison of Indices

Kappa statistical analysis showed an acceptable level of land quality. While evaluating the land classes for the total and minimum data set, the LQlw and LQlg kappa statistics value is 0.62, 0.60. The correlations between the indices were high (Table 10). In terms of the correlation between the land quality indices, the highest LQlw-MDS and LQlw-TDS were found to be 0.879 (Table 11).

CONCLUSION

In this study, it has been tried to determine two different land quality index approaches with parametric (LQlg) and hierarchical (LQlw) by the help of geographic information system using in Samsun. As a result of the calculations made with the total and minimum data sets used in the study, it was determined that LQlw was the best option. Also, using GIS techniques, which is considered as one of the advanced technologies of today, allows obtaining, investigating and/or analyzing, storing a large volume of data and information in a short time, and producing different maps.

Kaynakça /References

- Ahmed, G.B., Shariff, A.R.M., Balasundram, S.K. & bin Abdullah, A.F. (2016). Agriculture land suitability analysis evaluation based multi criteria and gis approach. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 37(1), 1-8.
- Albaji, M. & Hemadi, J. (2011). Investigation of Different Irrigation Systems Based on the Parametric Evaluation Approach on the Dasht Bozorg Plain. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 66 (3), 163-169.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L. & Mitchell, J.P. (2002b). A comparison of soil quality indices methods for vegetable production system in northern California. *Agricultural Ecosystems Environmental*, 90, 25-45.
- Andrews, S.S., Mitchell, J.P., Mancinelli, R., Karlen, K.L., Hartz, T.K., Horwath, W.R., Pettygrove, G.S., Scow, K.M. & Munk, D.S. (2002a). On-farm assessment of soil quality in California's central valley. *Agronomy Journal*, 94, 12-23.
- Biswas, S., Hazra, G.C., Purakayastha, T.J., Saha, N., Mitran, T., Roy, S.S., Basak, N. & Mandal, B. (2017). Establishment of critical limits of indicators and indices of soil quality in rice-rice cropping systems under different soil orders. *Geoderma*, 292, 34-48.
- Blecker, S.W., Stillings, L.L., Amacher, M.C., Ippolito, J.A. & DeCrappeo, N.M. (2012). Development of vegetation based soil quality indices for mineralized terrane in arid and semi-arid regions. *Ecological Indicators*, 20, 65-74.
- Bouyoucos, G.J. (1951). A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43, 434-438.

- Bray, R.H.& Kurtz, L.T. (1945). Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Journal of Soil Science*, 59: 39-45.
- Briza, Y., Dileonardo, F.& Spisni, A. (2001). Land evaluation in the province of Ben Slimane, Morocco. *21st Course Professional Master. Remote Sensing and Natural Resource Evaluation*. Florence, Italy.
- Cheng, J., Ding, C., Li, X., Zhang, T.& Wang, X. (2016). Soil quality evaluation for navel orange production systems in central subtropical China. *Soil & Tillage Research*, 155, 225-232.
- Cohen, J. (1960) A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46.
- Da Silva, A.F., Barbosa, A.P., Zimback, C.R.L., Landim, P.M.B.& Soares, A. (2015). Stimulation of croplands using indicator kriging and fuzzy classification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 111, 1-11.
- Dedeoğlu, M. & Dengiz, O. (2018). Coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilen çok kriterli karar destek analiz yaklaşımı kullanılarak arazi uygunluk sınıflarının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (2), 60-72.
- Dengiz, O.& Sarıoğlu, F.E. (2011). Samsun ilinin potansiyel tarım alanlarının genel dağılımları ve toprak etüd ve haritalama çalışmalarının önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (3), 241-253.
- Dengiz, O., Usul, M.& Keçeci, M. (2006). Atatürk Orman Çiftliği arazilerinin tarımsal kullanım durumlarının değerlendirilmesi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (1), 55-64.
- Doran, J.W.& Parkin, B.T.(1994). Defining and assessing soil quality. In Doran, JW, Coleman, DC, Bezdicek, DF and Stewart, BA (Eds) 'Defining Soil Quality for a Sustainable Environment'. Soil Science Society of America Special Publication No 35, Madison, WI., pp. 3-21.
- Fang, L.N.& Song, J.P. (2008). Cultivated land quality assessment based on SPOT multispectral remote sensing image: A case study in Jimo City of Shandong Province. *Progress In Geography*, 27 (5), 71-78.
- Food and Agricultural Organization (FAO). (1976). *A Framework for land evaluation: Soils Bulletin 32, Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome.
- Food and Agricultural Organization (FAO).(1993). *FESLM:an international framework for evaluating sustainable landmanagement. World Resources Report 73*. Rome: FAO
- Govaerts, B., Sayre, K.D.& Deckers, J. (2006). A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil & Tillage Research*, 87, 163-174.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).(2001). *Sistema de Processamento de Informaces Georeferencias –SPRING 3.5.1– Tutoriais*. Sao Jose dos Campos: INPE.
- Jackson, M.L.(1958). *Soil Chemical Analysis*. NJ: Prentice- Hall. Inc.
- Karaatlı, M. (2010). Verilerin düzenlenmesi ve gösterimi.Ş.Kalaycı (Ed.),*SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri* içinde (s.2-47). Ankara:Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F.& Schuman, G.E.(1997). Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science. Society of America Journal*, 61, 4-10.
- Larson, W.E.& Pierce, F.J.(1994). The Dynamics of Soil Quality as a Measure of Sustainable Management. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. *Soil Science Society of America*, 37-52. Wisconsin.
- Nabiollahi, K., Taghizadeh-Mehrjardi R., Kerry, R.&Moradian, S. (2017). Assessment of soil quality indices for salt-affected agricultural land in Kurdistan Province, Iran. *Ecological Indicators*, 83, 482-494.
- Nakajima, T., Lal, R.& Jiang, S. (2015). Soil quality index of a crosby silt loam in central Ohio. *Soil Tillage & Research*, 146, 323–328.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S.& Dean, L.A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular Nr 939*. Washington, D.C:US Gov. Print. Office.
- Patrono, A. (1998). Multi-criteria analysis and geographic information systems: analysis of natural areas and ecological distributions. *Environment and Management*, 9, 271-292.
- Qi, Y., Darilek, J.L., Huang, B., Zhao, Y., Sun, W.& Gu, Z. (2009). Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. *Geoderma*, 149, 325-334.
- Raiesi, F.& Kabiri, V. (2016). Identification of soil quality indicators for assessing the effect of different tillage practices through a soil quality index in a semi-arid environment. *Ecological Indicators*, 71, 198–207.
- Saaty, T.L.(1980). *The Analytic Hierarchy Process*. (pp.37-85). New York:McGraw-Hill.
- Sanchez-Navarro, A., Gil-Vazquez, J.M., Delgado-Iniesta, M.J., Marin-Sanleandro, P., Blanco-Bernardeau, A.& Ortiz-Silla, R. (2015). Establishing an index and identification of limiting parameters for characterizing soil quality in Mediterranean ecosystems. *Catena*, 131, 35-45.
- Sarıoğlu, F.E. & Dengiz, O. (2012). Arazi değerlendirme çalışmalarında farklı parametrik yaklaşımların değerlendirilmesi. *Toprak Su Dergisi*, 1 (2): 75-79.
- Sharma, K.L., Mandal, U.K., Srnivas, K., Vittal, K.P.R., Mandal, B., Grace, J.K.& Ramesh, V. (2005). Long-term soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol. *Soil & Tillage Research*, 83, 246–259.
- Shukla, M.K., Lal, R.& Ebinger, M. (2006). Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil & Tillage Research*, 87, 194–204.

- Soil Survey Staff. (1992). *Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey*. Soil Survey Invest. Rep. I. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.
- Turan, M., Dengiz, O.& Turan Demirağ, İ. (2018). Samsun İlinin Newhall Modeline göre toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5 (2), 131-142.
- Wander, M.M.& Bollero, G.A. (1999). Soil quality assessment of tillage impacts in Illi-nois *Soil Science Society of America Journal*, 63, 961-971.
- World Bank. (1997). *Rural Development: From Vision to Action*. Environmentally and Socially Sustainable development Studies and Monographs, Series no. 12, Washington, DC: World Bank.
- Wu, C., Liu, G., Huang, C.& Liu, Q. (2019). Soil quality assessment in Yellow River Delta: Establishing a minimum data set and fuzzy logic model. *Geoderma*, 334, 82-89.
- Yanbing Q, Jeremy L. D., Biao H., Yongcun Z., Weixia S.& Zhiquan G.(2009). Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China.*Geoderma*,149, 325-334.