

PAPER DETAILS

TITLE: Cografi Bilgi Sistemleri Ile Entegre Edilen Çok Kriterli Karar Destek Analiz Yaklasimi
Kullanilarak Arazi Uygunluk Siniflarinin Belirlenmesi

AUTHORS: Mert DEDEOGLU,Orhan DENGİZ

PAGES: 60-72

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/610257>

Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Entegre Edilen Çok Kriterli Karar Destek Analiz Yaklaşımı Kullanılarak Arazi Uygunluk Sınıflarının Belirlenmesi

*Mert DEDEOĞLU¹ Orhan DENGİZ²

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fak., Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

*Sorumlu yazar: mdedeoglu@selcuk.edu.tr

Geliş tarihi: 22/11/2018 Yayına kabul tarihi: 28/12/2018

Özet: Günümüzde CBS ile entegre bir şekilde yürütülen Çok Kriterli Karar Destek Analiz (ÇKKD) yaklaşımları arazi uygunluk sınıflarının ve haritalarının güvenilir bir şekilde üretilmesine fırsat sunmaktadır. Bu çalışmada yaklaşık 5.140 ha büyüklüğünde Konya - Beşgözlerler K.O.P. arazilerinin Doğrusal Kombinasyon Tekniği (DKT) ile tarımsal potansiyelinin belirlenmesi için CBS ve ÇKKD entegrasyonu kullanılarak arazi değerlendirme yapılmış ve bölge topraklarının tarımsal kullanıma uygunluk haritası üretilmiştir. DKT modelinde tarımsal kullanıma uygunluk sınıflaması için kültür bitkisi yetiştiriciliğini doğrudan etkileyen faktörler fiziksel (Toprak Derinliği, Eğim, Bünye, Drenaj, Taşlık) ve kimyasal (pH, EC, CaCO₃, Organik Madde) toprak özellikleri olarak Hybird Sisteme göre seçilmiş ve yetiştiriciliği kısıtlama derecelerine göre 0 – 4 arasında alt sınıf skorlamaları yapılmıştır. Faktörlerin ikili karşılaştırmalarına göre ağırlık değerlerinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yaklaşımı olan Analitik Hiyerarşik Süreç (AHS) kullanılmıştır. DKT ile uygunluk sınıflamaları sonucu 106.5 ha (% 2.07) arazinin “ tarım dışı”, 1250 ha (% 24.35) arazinin “uygun” ve 3778 ha (% 73.58) arazinin “az uygun” nitelikte sınıflandığı belirlenmiştir. Çalışma sonucu tarımsal kullanıma uygunluk sınıflarının son skor değerlerine derinlik, drenaj ve taşlık faktörlerinin etki derecelerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. CBS-AHS entegrasyonun karmaşık alternatif seçimler gerektiren modeller için güçlü bir araç olduğu ve DKT modeli ile arazi değerlendirme çalışmalarında alternatif bir metot olarak kullanılması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Analitik Hiyerarşik Süreç, Arazi Değerlendirme, CBS, Doğrusal Kombinasyon Tekniği, Konya

Determination of Land Suitability Classes By Using Integrated Geographic Information Systems With Multi-Criteria Decision Making Analysis

Abstract: Today, Multi-Criteria Decision Making (MCDM) approaches integrated with GIS provide the opportunity to reliably produce land suitability classes and maps. In this study, the process of land evaluation was performed by using GIS and MCDM integration to determine the agricultural potential for the area of the Konya Beşgözlerler K.O.P in approximately 5.140 ha by using the Linear Combination Technique (LCT) and the map of land suitability was produced. The factors of LCT model, are directly affect the cultivation of crops, chosen according to Hybird System for the classification of land use as physical (Depth, Slope, Grade, Drainage, Stony) and chemical (pH, EC, CaCO₃, Organic Matter) soil properties and subclass scores of the factors were made values between 0 and 4 according to the degree of restriction in plant cultivation. Analytical Hierarchical Process (AHP), a multi-criteria decision approach, was used to determine the weight values for paired comparisons of selected criteria. LCT was determined that 106.5 hectares (2.07%) of land is classified as "non-agricultural", 1250 ha (24.35%) as "medium" and 3778 ha (73.58%) as "weak". It was determined that the depth, drainage conditions and stony had higher effect on the final score values of the land suitability classes. As a result of the study, it has been concluded that GIS-AHS integration is a powerful tool for modeling requiring complex alternative choices and is used as an alternative method in land evaluation studies with LCT model.

Keywords: Analytical Hierarchical Process, GIS, Konya, Land Evaluation, Linear Combination Technique

Giriş

Ülkemizde ve Dünyada değişen iklim, su kaynaklarının azalması ve hızla artan insan nüfusu gibi küresel düzeyde birçok problem potansiyel tarım alanları üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Ancak üretim ortamı olan topraklarımızın miktarında bir artış olmadığı gibi bilimsel esaslara dayanmadan ve maksat dışı kullanımlarla mevcut tarım arazilerinin miktarı yıllar içinde bozulmakta, yanlış planlama ve yanlış arazi kullanımı sonucu verim ile birlikte sürdürülebilirlik de azalmaktadır (Karlen et al. 2001). Sürdürülebilir toprak verimliliği uygun yönetim sistemleri altında toprakların niteliklerini bozmadan üretim yapma kapasitesidir (Pierce et al. 1983; Mueller et al. 2010). Bu kapasiteyi, ekolojiyi bozmadan optimum seviyeye çıkarmamız için topraklarımızın yakından tanınması ve bu tanımlamaya uygun işletilmesi gerekmektedir (FAO, 1976; Şenol, 1983). Bu amaçla başvurulacak en önemli kaynak toprak etüd ve haritalama çalışmaları sonucu üretilen toprak haritalarıdır (Rogowski and Wolf, 1994; Dengiz ve Sarıoğlu, 2011). Tarımsal açıdan toprak etüd ve haritalama çalışmalarında varılmak istenilen asıl hedef ise uygun arazi kullanım planlamasıdır (FAO, 1976; Dent and Young, 1981). Arazilerin farklı kullanımlara uygunluğunun belirlenmesi için de arazi değerlendirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir (Smyth and Dumanski, 1993; Verheye, 2009). Arazi değerlendirme, arazilerin farklı kullanımlar için potansiyel kabiliyetlerinin belirlenmesine yönelik mutlak gerekli bir süreçtir (FAO, 1976). Bu sürecin en verimli şekilde yürütülmesi için farklı toprak özelliklerinin etki derecelerinin tarımsal kullanım açısından uzman görüşü de kullanılarak modellenmesini gerektiren çok yönlü bir yaklaşım gerekmektedir. Günümüzde farklı birimlere sahip toprak özelliklerinin birbiri ile entegrasyonu gibi karmaşık analiz gerektiren uygulamaların çözümlerinde çok kriterli karar verme yaklaşımı olan Analitik Hiyerarşik Süreç

(AHS) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Malczewski, 2004; Ahmed et al. 2016). AHS, çok kriterli karar verme mekanizmasının matematiksel olarak yürütülmesi için yararlı ve kullanışlı sistematik bir araç (Yang et al. 2008) ve karmaşık bir çok faktörlü problemi hiyerarşik bir yapıya ayıran karar-destekli bir yöntemdir (Pourkhabbaz et al. 2014). Son yıllarda yoğun olarak arazi uygunluğunu değerlendirmek için AHS ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) entegrasyonu araştırmacılar tarafından tercih edilmektedir. (Cengiz ve Akbulak, 2009; Akıncı ve ark., 2013; Demirağ ve Dengiz, 2017; Dengiz ve Usul, 2018).

Bu çalışmada yoğun tarımsal faaliyet altındaki Konya - Beşgözlerler K.O.P. arazilerinin CBS ve Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) entegrasyonu kullanılarak tarımsal potansiyelinin belirlenmesi için Doğrusal Kombinasyon Tekniği (DKT) ile arazi değerlendirmesi yapılmış ve bölge topraklarının tarımsal kullanıma uygunluk haritası üretilmiştir.

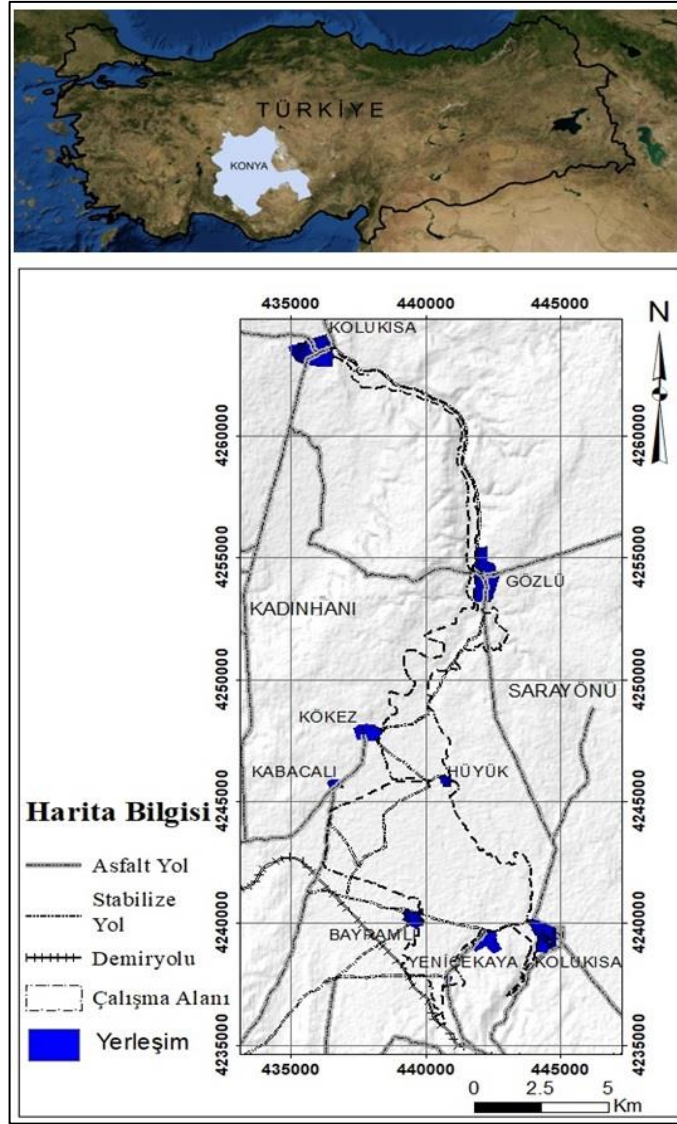
Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma yaklaşık 5.140 ha büyüklüğünde Konya Beşgözlerler K.O.P. proje alanı topraklarında yürütülmüştür. Çalışma alanı, 38°31' - 38°16' Kuzey enlemi ile 32°16' - 32°19' Doğu boylamı arasında yer almaktadır (Şekil 1). Araştırma sahasının deniz seviyesinden yüksekliği 1010 m - 1040 m arasında değişmektedir. Çalışmada, bölgeye ait toprak haritası temel kartografik olarak kullanılmıştır.

İklim ve Jeoloji

Bölgede yıllık ortalama yağış miktarı 322.5 mm, yıllık sıcaklık ortalaması 11.5 °C, yıllık buharlaşma ise 1285 mm'dir (Anonim, 2015). Toprak Taksonomisine göre değerlendirilen iklim verileri ile çalışma alanının toprak nem rejimi *Aridik* ve toprak sıcaklık rejimi *Mesic* olarak belirlenmiştir (USDA, 2014).



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu
Figure 1. Location map of study area

Araştırma sahası içerisinde Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal çökeller ve göl kireçtaşı formasyonları yer almaktadır (Güzel, 1983). Çalışma alanında Pliyosen (10 milyon yıl) döneminde blok faylanmalar ile çökmeye başlamış daha sonra halen kalıntıları görülen (Akgöl ve Hotamış Gölü) büyük bir göl oluşmuştur. Bu göl, karasal ve gölsel sedimanlar ile doldurularak Sarayönü dâhil bugünkü Konya ovasını oluşturmuştur (MTA, 2009). Çalışma alanının güneyini çevreleyen dağlar Fillit (şist) ve yarı kristalize olmuş kalkerden oluşmaktadır. Orman örtüsü bakımından zayıf olan bu

dağlarda meydana gelen erozyon sonucu şistlerin mekanik ayrışması ile oluşan kil erozyon ile birlikte ova tabanına yayılmıştır.

Fizyografya

Araştırma sahası, geçmişte yüksek debi ve genişlikte olan ve kalıntıları günümüzde Beşgöz deresi olarak adlandırılan eski akarsu yatağıdır. Ana fizyolojik ünitelerini yan dere alüvyalleri, eski nehir terasları, taşkın düzlükleri, üst etek araziler ve çamur akıntıları oluşturmaktadır. Genel olarak düz-dalgali topografyada, düz- düze yakın, hafif eğimde olan araştırma alanı içerisinde birçok

düzensiz dere – yan dere kolları barındırmaktadır. Dedeoğlu (2017), tarafından hazırlanan detaylı toprak etüd haritalama raporuna göre, alanda 6 farklı toprak serisi belirlenmiş ve toprakların pedogenetik özellikleri ile tanı horizonlarına göre Aridisol ve Entisol ordolarında sınıflandırmıştır (Şekil 2). Bu ordolar içerisinde alanının % 61'i (3132 ha) Entisol, % 39'u (2003 ha) ise Aridisol topraklardan oluşmaktadır. Belirlenen seriler toprak derinliği, üst toprak tekstürü, eğim, taşlık ve drenaj değişimine göre 79 farklı haritalama birimine ayrılmıştır

Bitki Örtüsü

Çalışma alanında arazilerin büyük bir kısmı işlendiği için doğal bitki örtüsü yok denecek kadar azdır. Geçmişte yüksek kesimlerden kaynağını alan ve ova tabanına ulaşarak bataklık oluşturmuş ancak günümüzde kurutulup doğal mera özelliği kazanmış alanlarda seyrek step bitki örtüsü ve çalı formasyonları gözlemlenmektedir. Ayrıca çalışma sınırları içerisinde derelerin çevresinde ve yer altı suyunun yüzeye çıktığı bölgelerde yer yer söğüt (Salix), kavak (Populus) ve karaağaç (Alnus) ağaçlıkları ve çalılar da yer almaktadır. Çalışma sahasında ağırlıklı olarak buğday, fasulye, mısır ve şeker pancarı yetiştirilmektedir.

Toprak Özellikleri

Dedeoğlu (2017), tarafından yürütülen detaylı toprak etüd ve haritalama çalışması sonucu araştırma alanında az (% 2-5) ve orta derecede (% 5-15), 6-20 cm çaplı taşlık problemi belirlenmiş ve toplam alanın % 12' sinde (631 ha) dağılım gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca bölgede yaklaşık 760 ha (% 15) alanda yetersiz drenaj koşulları tespit edilmiştir.

Bölge topraklarının büyük bölümü ağır bünyeli olup, kil içeriği bazı bölgelerde % 60' lara ulaşmaktadır. EC değeri 338 – 1703 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ aralığında değişmekte olup Jones Jr (2001)'e göre bölgede tuzluluk problemi yoktur. pH değeri, yüzeyde (0-30 cm) 7.61 – 7.80 arasında hafif alkalın sınırında değişim gösterirken, topraklar %18.20 - %59.63 değerleri arasında yüksek CaCO_3 ihtiva etmektedir.

Topraklar değişebilir potasyum (K) (0.325 – 1.271 me/100 g) ve kalsiyum (Ca) + magnezyum (Mg) (17.439-39.163 me/100 g) içerikleri yönünden (FAO, 1990)'a göre yeter – fazla sınıfına girmektedir. Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerleri incelendiğinde özellikle drenaj problemi tespit edilen alanlarda % 9 seviyelerine ulaşıldığı ve bu bölgeler için gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, ileride sodikleşme olabileceği belirtilmiştir. Toprak kalitesinin en önemli göstergelerinden olan organik madde içeriği bölge toprakları için değerlendirildiğinde 0-30 cm toprak derinliğinde % 1.8 - % 2.68 arasında (az - orta) değişmekte olup, derinliğe bağlı olarak alt horizonlarda azalmaktadır. Bölge topraklarının yarayıslı fosfor (P) içeriği alkalın reaksiyonlu topraklar için Ülgen ve Yurtsever (1984)' e göre değerlendirildiğinde 11.46 - 34.86 mg kg^{-1} aralığında yeter – fazla olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde azot (N) içerikleri % 0.21 - % 0.31 arasında değişmekte olup bölge toprakları için fazla durumdadır (Kacar ve Katkat, 2011).

Metot

Doğrusal Kombinasyon Tekniği (DKT)

Çalışma alanı topraklarının potansiyel niteliklerinin sınıflandırılması ve tarımsal uygunluğunun belirlenebilmesi amacıyla parametrik bir yaklaşım olan Doğrusal Kombinasyon Tekniği 79 farklı haritalama birimine uygulanmıştır.

Doğrusal Kombinasyon tekniğinde, tarımsal açıdan arazi kullanımında etkili olan faktörle bir ağırlık değeri atanmaktadır. Bu ağırlık değerleri, faktörlerin göreceli önemine göre belirlenmektedir. Sonrasında bu faktörler alt kriterlere ayrılmakta ve alt kriterler kendi içinde ayrı bir sayısal değerlendirmeye tabi tutularak alt kriter puanları saptanmaktadır. Belirlenen alt kriter puanları, ait olduğu faktörün ağırlık değeri ile çarpılmaktadır. Böylece kriterler aynı ölçeğe konularak birlikte kombine edilebilir hale getirilmektedir (Eastman, 2006; Dengiz ve Sarıoğlu, 2013; Romano et al. 2015).

Tarımsal amaçlı arazilerin uygunluk değerlendirmesi yaklaşımına ait matematiksel eşitlik aşağıdaki şekildedir.

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

Burada S, toplam arazi uygunluk puanı; W_i , i parametrenin ağırlık değeri; X_i , i

parametresine ait alt kriter puanı; n , ele alınan parametrelerin toplam sayısıdır. Her bir haritalama ünitesi için doğrusal kombinasyon tekniği ile hesaplanan değerler sınıflandırılarak alanın arazi uygunluk haritası oluşturulmuştur (Çizelge. 1).

Çizelge 1. Arazi uygunluk sınıfları ve sınıflara ait değerler

Table 1. Land suitability classes and their values

Tanımlama	Sınıf	Değer
Çok uygun	S1	> 4.000
Uygun	S2	3.501 – 4.000
Az uygun	S3	2.501 – 3.500
Uygun değil	N	0.000 – 2.500

Faktör Seçimi ve Ağırlıklandırma

Doğrusal Kombinasyon Tekniği kullanılarak bir arazi uygunluk haritası oluşturmak için, seçilen faktörlerin ikili karşılaştırmaları ile ağırlık puanlarının hesaplanması gerekmektedir (Moeinaddini et al. 2010). Faktörlerin her birine ait ağırlık puanlarının belirlenmesi işleminde, değerlendirmeye alınan kriterlerin birbirlerine göre önemi dikkate alınarak ağırlık puanları (Saaty, 2008) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) tekniği ile CBS entegrasyonu kullanılarak mekansal olarak belirlenmiştir. Bu teknik, ele alınan parametrelerin ikili olarak karşılaştırılmasından elde edilen öncelik değerlerine dayalı bir ölçüm teorisidir ve en iyi karar alternatifinin seçilmesinde, hem kantitatif (objektif, nicel) ve hem de kalitatif (sübjektif, nitel) faktörlerin dikkate alınmasına imkan vermektedir (Romano et al. 2015). Faktörlerin seçiminde, Modern Arazi değerlendirme yaklaşımında iki tür modelin kompoze edilmesini ifade eden Hybrid Sistem kullanılmıştır. Bu modellerden ilki nitel akıl yürütme işlevini simüle ederken diğeri nicel modelleme bölümünü simüle etmektedir (De la Rosa and Diepen, 2002). Çalışmada nitel akıl yürütme işlevi olarak Uzman Görüşü (Expert-System) ile birlikte literatür araştırmaları da kullanılmış ve değerlendirmeye alınan kriterlerin alt faktörlere uygunluk puanlaması yapılmıştır. Çalışmanın nicel modelleme bölümü çok

kriterli karar verme algoritması olan AHS ile yürütülmüş ve değerlendirmeye alınan kriterlerin birbirlerine göre önemi dikkate alınarak ikili karşılaştırmaları ile ağırlık puanları saptanmıştır. Çalışmada arazi değerlendirme çözümlemesine yönelik seçilen faktörler bitki yetiştiriciliğini doğrudan etkileyen fiziksel (Toprak Derinliği, Eğim, Bünye, Drenaj, Taşlık) ve kimyasal (pH, EC, CaCO_3 , Organik Madde) toprak özellikleri olarak uzman görüşü ve literatür bilgisi kullanılarak belirlenmiştir (FAO, 1990; Moran et al. 2000; Arshad and Martin, 2002; Boruvka et al. 2005; Hazelton and Murphy, 2007; Ashraf, 2010; Soil Survey Staff, 2014; Aldababseh et al. 2018). İkili karşılaştırma tekniği, faktör değerlerini derecelendirmek ve standartlaştırmak için kullanılmaktadır. Seçilen faktörleri birbiriyle karşılaştırmak için, tüm skor değerlerinin aynı birim ölçeğine dönüştürülmesi gerekmektedir (Saaty, 1980). Bu çalışmada seçilen parametrelerin birim standardizasyonu için ölçüm aralığı, faktörlerin değişim dereceleri arasındaki sınıf farkları dikkate alınarak 0-4 olarak seçilmiştir. Faktör sınıfları kültür bitkilerinin yetişmesine optimum imkan vermesi durumunda 4, bitki gelişimine imkan vermeyen durumda ise 0 değerini almaktadır. Bu iki değer arası ise sınırlandırıcı faktör ve derecesine göre 1 – 3 arasında skorlama ile değerlendirilmiştir. İkili karşılaştırmalara dayalı derecelendirme ölçeği Çizelge 2' de sunulmuştur.

Çizelge 2. Tarımsal arazi uygunluk sınıflamasına yönelik modelde kullanılan parametreler ve alt faktörlere ait ağırlık puanları

Table 2. Weighted values for parameters and sub factors which are used in model for determination of agricultural land suitability class

Kimyasal parametreler									
pH		EC (dS m ⁻¹)		CaCO ₃ (%)		Verimlilik			
Alt Faktör	Ağırlık	Alt Faktör	Ağırlık	Alt Faktör	Ağırlık	Alt Faktör	Ağırlık	Alt Faktör	Ağırlık
> 8.2 < 5.5	1	0-2	4	0-5	2	Çok düşük			1
5.5 – 6.5	2	2-4	4	5--10	4	Düşük			2
6.5-7.5	4	4-8	1	10--20	3	Orta			3
7.5-8.2	3	8-10	0	20--30	2	Verimli			4
Fiziksel parametreler									
Eğim %		Bünye		Drenaj		Derinlik (cm)		Taşlık	
Alt Faktör	Ağırlık	Alt Faktör	Ağırlık	Alt Faktör	Ağırlık	Alt Faktör	Ağırlık	Alt Faktör	Ağırlık
Düz 0-2	4	Çok ince (C->%45)	2	İyi	4	0-20	1	% 0-1 T0	4
Hafif 2-6	3	Orta ince (C-<%45, CL, SiL, SCL)	3	Orta	3	20-50	2	% 2 – 5 T1	3
Orta 6-12	2	Orta (L, Si, SiL, fSL)	4	Yetersiz	2	50-90	3	% 5 – 15 T2	2
Dik 12-20	1	Kaba (S, SL, LS)	0	Fena	1	90+	4	% 15 – 50 T3	1
								Blok	0

Çalışmada değerlendirmeye alınan kriterlerin (parametrelerin) ağırlık puanları AHS tekniği ile belirlenirken aşağıdaki işlem adımları gerçekleştirilmektedir (Saaty, 2008);

a) İlk adımda kriterlerin etki durumu göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırmaların yapıldığı matrisler oluşturulur,

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{2n} \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Burada A, ikili karşılaştırmalar matrisi; a_{ij} , hiyerarşinin bir üst düzeyindeki elemana göre, i elemanının j elemanına göre önemidir ($i, j = 1, 2, \dots, n$).

Karşılaştırma matrisinin özellikleri,

$$a_{ji} = 1/a_{ij}$$

$$a_{ij} > 0 \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

$$a_{ik} = a_{ji} a_{jk} \quad (i, j, k = 1, 2, \dots, n) \rightarrow \text{Tutarlılık formülasyonu}$$

b) A matrisi oluşturulması sonrasında karşılaştırılan parametrelerin her birinin önceliğinin hesaplanması yapılır ve elde

edilen matrise normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi denir. Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırındaki elemanların aritmetik ortalaması hesap edilir.

c) Yöntemin son aşaması elde edilen özvektörün tutarlılık kontrolü yapılmasıdır. İkili karşılaştırmalar matrisi (A), sonuçta elde edilen öncelik vektörü (W) ile çarpılmak suretiyle yeni bir vektör elde edilir. Bu yeni vektörün her bir elemanını öncelik vektöründe buna karşılık gelen değere bölerek ikinci bir yeni vektöre ulaşılır. Bu son vektörün değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak maksimum özdeğer $\lambda_{\max}$ tahmin edilmiş olur. $\lambda_{\max}$, ikili karşılaştırmalar matrisinin eleman sayısına (n) ne kadar yakın bir değer olur ise, sonuç o kadar tutarlı olacaktır (Kumar and Ganesh, 1996). A ikili karşılaştırmalar matrisinin tam tutarlı olmaması durumunda $\lambda_{\max}$ değeri n'den ve diğer özdeğerler de sıfırdan sapacaklardır. Bu sapmalar aşağıda formülü verilen "Tutarlılık İndeksi (Tİ)" yardımı ile belirlenmektedir.

$$Tİ = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Tutarlılık oranını (TO) hesaplayabilmek için “Rastgele (Tasadüfî) İndeks (Rİ)” değerleri de bilinmelidir. Bu değerler 1-15 boyutlu matrislerin her bir boyutunda 100’er adet matrisin rastgele olarak doldurulması ve

yukarıdaki formüle göre hesaplanan Tutarlılık İndekslerinin ortalamasını almak suretiyle oluşturulmuştur (Çizelge 3).

$$TO = \frac{Tİ}{Rİ}$$

Çizelge 3. Tutarlılık oranının hesaplanmasında kullanılan ve matris boyutlarına göre değişen rastgele indeks değerleri (Saaty, 2008).

Table 3. Random index values used for calculation of consistency ratio which change according to matrix size (Saaty 1980)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rİ	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Çalışma alanına ait kartografik materyallerin işlenmesi, yorumlanması, yeni vektör katmanların oluşturulması, öznetelik verilerinin depolanması, mekânsal analizlerin yürütülmesi ve tematik haritaların üretilmesinin de ArcGIS 9.3 (ESRI, 2004) coğrafi bilgi sistemi (CBS) yazılımı kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanında belirtilen 79 haritalama biriminin tarımsal açıdan uygunluklarının belirlenmesine yönelik olarak seçilen fiziksel kriterler (eğim, derinlik, bünye ve drenaj) ve kimyasal kriterler (EC, pH, CaCO₃ içeriği, Organik madde) için yapılan ikili karşılaştırmalara dayalı ağırlık değerleri Çizelge 4’de sunulmuştur.

İkili karşılaştırmalar sonucu belirlenen ağırlıkların tutarlılık kontrolünün yapılması gerekmektedir. Tutarlılık kontrolü, yargıların mantıksal tutarsızlığını ölçer ve yargılarda olabilecek hataların tanımlanmasına olanak sağlar. Yöntemin geçerli olması için tutarlılık oranı 0.10 (% 10) veya daha küçük olmalıdır. Eğer bu oran 0.10’dan büyük ise ikili karşılaştırma matrislerinin yeniden oluşturulması gerekir (Saaty, 2008). Çalışmada yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu Tutarlılık Oranı; TO = 0.095 olarak hesaplanmış ve yöntemin geçerli olduğu belirlenmiştir. AHS tekniği ile faktörlerin ağırlıklandırılması sonucu bölge topraklarının tarımsal açıdan potansiyelini

belirleyici olarak derinlik (% 2.18), drenaj (% 1.83), taşlık (% 1.75) ve bünye (% 1.08) fiziksel kriterlerinin yüksek oranda fonksiyonlar kurduğu belirlenmiştir. Nitekim DKT modeline göre hesaplanan tarımsal uygunluk sınıflarının son skor değerine arazilerin fiziksel karakteristiklerinin daha etkili olduğu geçmiş çalışmalarda da bildirilmiştir (Patrono, 1998; Dengiz ve Sarioğlu, 2013; Ahmed et al. 2016). Benzer şekilde farklı tarımsal uygunluk değerlendirme 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 et al. 2001; Albaji and Hemadi, 2011; Aldababseh et al. 2018). Bu nedenle potansiyel karakteristiklerin arazi değerlendirme, toprak sınıflama ve toprak kalitesi parametresi olarak birçok tarımsal sınıflama sisteminin en önemli kriteri olduğu belirtilmektedir (FAO, 1977; Mueller et al. 2010; Sharififar, 2012; Elsheikh et al. 2013; Aldababseh et al. 2018). Doğrusal Kombinasyon tekniği kullanılarak yapılan arazi değerlendirme çalışması sonucu oluşturulan tarımsal uygunluk haritası Şekil 2’de ve her bir haritalama birimine ait uygunluk sınıfları ve alansal dağılımları Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 4. Parametrelere ait ağırlık değerlerinin belirlenmesine yönelik AHS tekniği hesaplamaları

Table 4. Calculations of AHS technique to determine weighted values for parameters

İkili Karşılaştırma Matrisi									
	Eğim	Drenaj	Derinlik	pH	Bünye	EC	CaCO ₃	Organik M.	Taşlık
Eğim	1.000	0.333	0.333	3.000	1.000	0.333	3.000	3.000	0.500
Drenaj	3.000	1.000	0.500	2.000	3.000	4.000	3.000	3.000	2.000
Derinlik	3.000	2.000	1.000	3.000	2.000	3.000	5.000	3.000	2.000
pH	0.333	0.500	0.333	1.000	0.333	1.000	2.000	2.000	0.333
Bünye	1.000	0.333	0.500	3.000	1.000	3.000	3.000	3.000	0.200
EC	3.000	0.250	0.333	1.000	0.333	1.000	2.000	3.000	0.333
CaCO ₃	0.333	0.333	0.200	0.500	0.333	0.500	1.000	2.000	0.333
Organik M.	0.333	0.333	0.333	0.500	0.333	0.333	0.500	1.000	0.200
Taşlık	2.000	0.500	0.500	3.000	5.000	3.000	3.000	5.000	1.000
Toplam	14.000	5.583	4.033	17.000	13.333	16.167	22.500	25.000	6.900
Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi									
	Eğim	Drenaj	Derinlik	pH	Bünye	EC	CaCO ₃	Organik M.	Taşlık
Eğim	0.071	0.060	0.083	0.176	0.075	0.021	0.133	0.120	0.072
Drenaj	0.214	0.179	0.124	0.118	0.225	0.247	0.133	0.120	0.290
Derinlik	0.214	0.358	0.248	0.176	0.150	0.186	0.222	0.120	0.290
pH	0.024	0.090	0.083	0.059	0.025	0.062	0.089	0.080	0.048
Bünye	0.071	0.060	0.124	0.176	0.075	0.186	0.133	0.120	0.029
EC	0.214	0.045	0.083	0.059	0.025	0.062	0.089	0.120	0.048
CaCO ₃	0.024	0.060	0.050	0.029	0.025	0.031	0.044	0.080	0.048
Organik M.	0.024	0.060	0.083	0.029	0.025	0.021	0.022	0.040	0.029
Taşlık	0.143	0.090	0.124	0.176	0.375	0.186	0.133	0.200	0.145
Öncelik vektör									
Normalize edilmiş satırlar toplamı			Normalize edilmiş satırlar ortalaması			Öncelik vektörü			
Eğim	0.812		0.812/9			0.090			
Drenaj	1.651		1.651/9			0.183			
Derinlik	1.965		1.965/9			0.218			
pH	0.559		0.559/9			0.062			
Bünye	0.974		0.974/9			0.108			
EC	0.745		0.745/9			0.083			
CaCO ₃	0.391		0.391/9			0.043			
Organik M.	0.332		0.332/9			0.037			
Taşlık	1.572		1.572/9			0.175			
λ _{max} = 10.110; Tİ = 0.138; TO = 0.095									

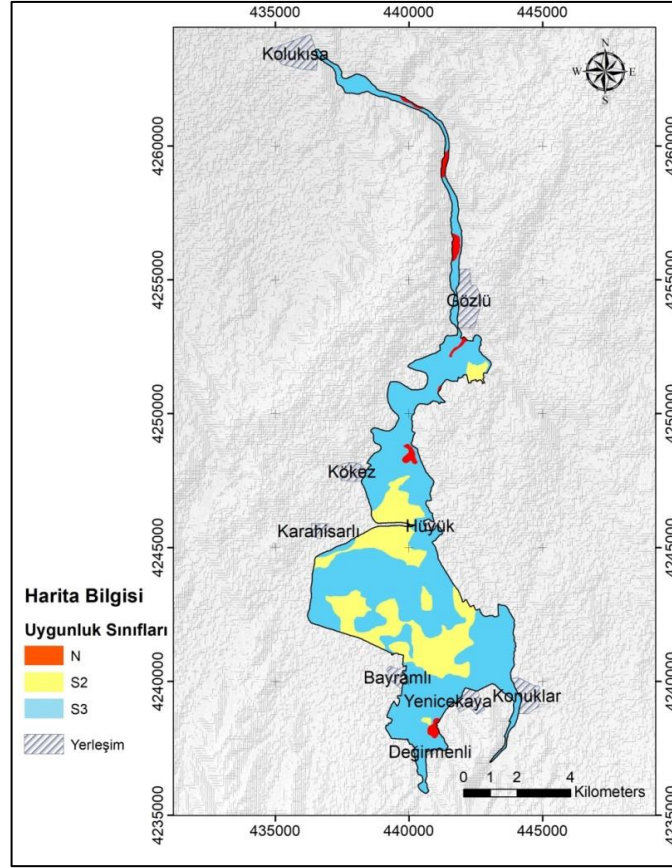
Çizelge 5. Haritalama birimlerinin DKT modeline göre uygunluk değerleri ve alansal dağılımları

Table 5. Distribution of land suitability classes of HB's based on linear combination technique

Kod	Haritalama Birimi	DKT Değeri	Uygunluk Sınıfları	Alan (ha)	Kod	Haritalama Birimi	DKT Değeri	Uygunluk Sınıfları	Alan (ha)
1	By3Ad1	3.718	S2	38.46	41	Hy3Ard4e1T2	3.266	S3	62.58
2	By3Ad2	3.586	S3	228.60	42	Hy3Bd3e1	3.057	S3	12.57
3	By3Ad3e1	3.454	S3	435.15	43	Hy3Bd3e1KT1	2.595	S3	2.06
4	By3Ad3e1T1	3.454	S3	2.93	44	Hy5 Ad2e1T1	3.421	S3	5.84
5	By3Ad3e1v	3.454	S3	131.04	45	Hy5 Ad3e1 K	2.827	S3	390.79
6	By3Bd3e1T1	3.113	S3	5.98	46	Hy5Ad3e1KT1	2.827	S3	60.42
7	By5Ad1	3.609	S2	660.76	47	Hy5Ad3e1KT2	2.827	N	8.75
8	By5Ad2	3.477	S3	170.82	48	Hy5Ad3e1T1	3.289	S3	5.72
9	By5Ad3e1	3.345	S3	104.77	49	Hy5Ad4e1K	2.695	N	49.41
10	By5Ad3e1T1	3.345	S3	4.05	50	Hy5A d4e1KT1	2.695	N	33.33
11	By5Ad3e1v	3.345	S3	39.99	51	Hy5Ad4e1KT2	2.695	N	5.74
12	By5Bd2e1T1	3.136	S3	16.01	52	Hy5 Ar d2e1K	2.959	S3	13.56
13	By5Bd3e1T1	3.004	S3	14.40	53	Hy5 Ar d3e1K	2.827	S3	96.32
14	Eg3Ad3e1T1	3.454	S3	3.28	57	Hy5Ard3e1KT1	2.827	S3	9.86
15	Eg3Ard3e1KT1	2.992	S3	3.33	55	Hy5B d3e1KT1	2.486	N	2.18
16	Eg3 B d3e1T1	3.113	S3	19.11	56	Hy5Bd4e1	2.853	S3	3.06
17	Eg5 A d2	3.586	S3	6.82	57	Kb3Ad3e1	3.435	S3	25.35
18	Eg5 A d2e1T1	3.586	S3	6.05	58	Kb3Ard2	3.567	S3	22.83
19	Eg5 A d3e1T1	3.454	S3	3.63	59	Kb3Ar4e1	3.303	S3	38.00
20	Eg5Ard3e1KT1	2.992	S3	10.63	60	Kb3Bd3e1	3.094	S3	14.37
21	Eg5Bd1	3.377	S2	45.21	61	Kb5 A d1e1T1	3.699	S3	14.20
22	Eg5Bd2e1T1	3.217	S3	9.92	62	Kb5Ad2	3.567	S3	159.31
23	Eg5Bd3e1T1	3.122	S3	32.89	63	Kb5Ad2e1T1	3.567	S3	7.65
24	Gg3Ad1	3.727	S2	29.94	64	Kb5Ad3e1T1	3.435	S3	47.64
25	Gg3Ad2	3.595	S3	105.93	65	Kb5Ard3e1	3.435	S3	13.66
26	Gg3Ad3e1	3.463	S3	95.34	66	Kb5 B d4e1T1	2.99	S3	10.76
27	Gg3Ad3e1T1	3.463	S3	23.07	67	Yk3 A d1e1T1	3.727	S2	7.43
28	Gg3Ad3e1T2	3.463	S3	23.66	68	Yk3Ad2	3.595	S3	94.66
29	Gg3Bd3e1	3.122	S3	74.37	69	Yk3 A d2e1T1	3.595	S3	18.60
30	Gg3Bd3e1T1	3.122	S3	25.32	70	Yk3 A d3e1	3.463	S3	121.47
31	Gg5Ad1	3.618	S2	447.91	71	Yk3 A d3e1T1	3.463	S3	5.79
32	Gg5Ad2	3.486	S3	105.87	72	Yk3 A d3e1 v	3.463	S3	7.69
33	Gg5Ad3e1	3.354	S3	263.62	73	Yk3Ard3e1KT1	3.001	S3	5.11
34	Gg5Ard3e1T1	3.354	S3	37.07	74	Yk5Ad1	3.727	S2	20.40
35	Gg5Bd3e1	2.948	S3	99.50	75	Yk5Ad2	3.595	S3	12.35
36	Hy3Ad2e1K	3.068	S3	10.34	76	Yk5Ad2e1T1	3.595	S3	34.04
37	Hy3Ad3e1	3.398	S3	3.85	77	Yk5Ad3e1	3.463	S3	249.68
38	Hy3Ad3e1KT2	2.936	N	7.06	78	Yk5Ad3e1K	3.001	S3	41.34
39	Hy3Ard3e1K1	2.936	S3	9.70	79	Yk5Ad3e1T1	3.463	S3	38.81
40	Hy3Ard4e1	3.266	S3	4.70					

DKT değerlendirmesi sonucu çalışma alanında 106.5 ha (% 2.07) arazinin “tarım dışı”, 1250 ha (% 24.35) arazinin “uygun” ve 3778 ha (% 73.58) arazinin “az uygun” nitelikte sınıflandığı belirlenmiştir. DKT modeline göre bölge içerisinde “çok uygun” nitelikte arazi tespit edilememiştir. Araştırma alanı içerisinde DKT sınıflaması “tarım dışı” olan alanlar 38, 47, 49, 50, 51 ve 55 kodlu haritalama birimlerinde dağılım göstermektedir. Bu alanlarda tarımsal

ürünlerin yetiştirilmesine yönelik kısıtlayıcı toprak özellikleri çok sığ - sığ toprak derinliği, ağır bünye, farklı seviyelerde profil içi - yüzey taşlık problemi ve yetersiz drenaj koşulları olarak belirlenmiştir. DKT sınıflaması “az uygun” olan alanlar tüm serilerde farklı büyüklüklerde dağılım göstermektedir. Bu alanlarda tarımsal ürünlerin yetiştirilmesine yönelik kısıtlayıcı toprak özellikleri ağır bünye, sığ toprak derinliği ve hafif eğim olarak belirlenmiştir.



Şekil. 2. Doğrusal kombinasyon tekniği modeline göre tarımsal uygunluk haritası
Figure 2. Land suitability map according to linear combination technique

Ayrıca bu sınıfa giren düz – düze yakın eğimli alanlarda yeterli toprak derinliği ve hafif bünyeli araziler olmasına karşın, farklı düzeylerde taşlık problemi ve yetersiz drenaj koşulları tarımsal ürün yetiştiriciliğini kısıtlayıcı faktörler olarak ağırlıklandırılmış ve toprakların tarımsal açıdan “az uygun” sınıfında değerlendirilmelerini gerektirmiştir. Bölge arazilerinde DKT sınıflaması “uygun” olarak tanımlanan alanlar 1, 7, 21, 24, 31, 67 ve 74 kodlu haritalama birimlerinde dağılım göstermektedir.

Bu alanların tamamı derin topraklara sahip olmalarına karşın ağır bünye faktörü “S2” uygunluk sınıfında değerlendirilmelerini gerektirmiştir. Ayrıca bu sınıfa giren alanlarda derin toprak ve hafif bünyeli araziler olmasına karşın taşlık problemi ve düşük organik madde içeriği tarımsal ürün yetiştiriciliğini kısıtlayıcı faktörler olarak değerlendirilmiştir. DKT modeline göre oluşturulan uygunluk sınıfları değerlendirildiğinde, çalışma alanı içerisinde düşük tarımsal niteliğe sahip toprakların daha

çok mera alanı olarak kullanıldıkları ancak eski akarsu tabanı üzerinde oluşmuş verimli fakat drenaj bozukluğu ve taşlık problemi olan alanların ıslah edilmesi ile üst nitelikte sınıflarda değerlendirilebileceği belirlenmiştir. Özellikle “S3” uygunluk sınıfına giren derin topraklara sahip alanlarda kültürel uygulamaları kısıtlayıcı fiziksel faktörlerin giderilmesi, bununla birlikte ağır bünyenin (Kil > % 45) bitki çıkışlarına ve toprak - su hareketliliğine olumsuz etkilerini azaltabilecek organik madde miktarını artırıcı önlem ve uygulamaların yapılması gerekliliği (Riley et al. 2008), ve bu sayede bölge iklimine uygun her türlü tarımsal ürün yetiştiriciliğinin ekonomik bir şekilde yapılabileceği belirlenmiştir. Çalışma alanında yürütülen ve farklı bir parametrik arazi değerlendirme modeli olan FAO toprak verimlilik indeksi (SPI) sınıflaması sonucu 162 ha (% 3.15) arazinin “tarım dışı”, 786 ha (% 15.31) arazinin “zayıf”, 1946 ha (% 37.91) arazinin “orta” ve 2240 ha (% 43.63) arazinin “iyi” nitelikte sınıflandığı

belirlenmiştir (Dedeoğlu, 2017). Modellerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında her iki sınıflama sisteminde de “tarım dışı” olarak belirlenen alanların yakın büyüklükte olduğu, SPI sınıflamasına göre orta ve zayıf tarımsal nitelikte arazilerin, DKT sınıflamasında az uygun olarak belirlenen alanlara karşılık geldiği ve uygun nitelikli alanların ise benzer büyüklükte dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar dikkate alındığında modeller arasında uyumluluk olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuçlar

Günümüz gelişen bilgisayar teknolojileri ve yazılım kabiliyetleri ile arazi değerlendirme çalışmalarında parametrik yaklaşımlar güvenilir sonuçlar vermektedir. Parametrik metotların en önemli avantajı farklı arazi karakteristiklerini matematiksel olarak ifade edebilmeleridir.

Aynı zamanda parametrik metotlar laboratuvar analizleri ile elde edilen analitik değerleri de kullanabilmektedir. Bu çalışmada CBS ile entegre bir şekilde yürütülen AHS yaklaşımının uzman görüşü – literatür bilgisi ışığında seçilen parametreleri etkin bir şekilde ağırlıklandığı tutarlılık oranı ($TO = 0.095$) dikkate alınarak belirlenmiştir.

CBS-AHS entegrasyonunun toprak karakteristikleri arasındaki ikili karşılaştırmaları fonksiyonlayarak karmaşık alternatif seçimler gerektiren arazi değerlendirme çalışmalarında güçlü bir araç olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca çalışma alanı topraklarının tarımsal kullanıma uygunluk sınıflamasında kullanılan Doğrusal Kombinasyon Tekniğinin, detaylı bir şekilde arazi uygunluğunun mekânsal dağılımını gösteren ve haritalanmasını sağlayan bir yaklaşım olduğu belirlenmiştir.

Tüm bu değerlendirmeler ışığında çalışma alanı topraklarının mevcut bitkisel yetiştiricilik potansiyelini ölçmek ile birlikte bazı koruma ve iyileştirme tedbirleri ile arazilerin varabileceği uygunluk sınıflarını öngörmesi açısından arazi değerlendirme çalışmalarında DKT modelinin alternatif bir

metot olarak kullanılması gerektiği önerilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmanın bir bölümü, Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından desteklenen 1440101 no’lu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz

Bu çalışmanın yürütülmesinde 2211-Yurt İçi Doktora Burs Programı kapsamında sağladığı destekten ötürü TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ahmed, G. B., Shariff, A. R. M., Balasundram, S. K., and 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): 012044, IOP Publishing.
- Ahıncı, H., Ozalp, A.Y., Turgut, B., 2013. Agriculture Land Use Suitability Analysis Using GIS and AHP Technique. Comput. Electron. Agric., 2013 (97): 71–82
- Albaji, M. and 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.
- Aldababseh, A., Temimi, M., Maghelal, P., Branch, O., and Wulfmeyer, V. 2018. Multi-Criteria Evaluation of Irrigated Agriculture Suitability to Achieve Food Security in an Arid Environment. Sustainability, 10 (3): 803.
- Anonim, 2015, <http://www.dmi.gov.tr/iklim/iklim.aspx>. (erişim tarihi: 24.08.2015)
- Arshad, M.A. and Martin, S. 2002. Identifying Critical Limits for Soil Quality Indicators in Agro-Ecosystems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 88 (2): 153-160.
- Ashraf, S., Munokyan, R., Normohammad, B., Babaei, A. 2010. Qualitative Land Suitability Evaluation for Growth of

- Wheat in Northeast of Iran. *Res. J. Biol. Sci.*, 2010 (5): 548–552.
- Boruvka, L., Vacek, O. and Jehlička, J. 2005. Principal Component Analysis as a Tool to Indicate the Origin of Potentially Toxic Elements in Soils. *Geoderma*, 128 (3-4): 289-300.
- 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. 10 November 2000–22 June 2001, vol. 21. IAO, Florence, Italy, 28–53.
- Cengiz, T., Akbulak, C. 2009. Application of Analytical Hierarchy Process and Geographic Information Systems in Land-Use Suitability Evaluation: A Case Study of Dumrek Village. *Int. J. Sustain. Develop. World Ecol.*, 16 (4): 286–294.
- De la Rosa, Diepen, V. 2003. Qualitative and Quantitative Land Evaluation. In: Verhey, W. (Ed.), *Land Use and Land Cover, Encyclopedia in Life Support System (EOLESS-UNESCO)*. Eolss, Oxford.
- Dedeoğlu, M. 2017. Sarayönü Beşgözlerler KOP Alanı Detaylı Toprak Etüdü ve Farklı Yöntemlerle Arazi Değerlendirmesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 225 sayfa, Selçuklu-Konya.
- Demirağ Turan, İ., Dengiz, O. 2017. Erosion Risk Prediction Using Multi-Criteria Assessment in Ankara Güvenç Basin. *Journal of Agriculture Science*, 23 (3): 285-297.
- Dengiz, O. ve Sarioğlu, F. 2011. Samsun İlinin Potansiyel Tarım Alanlarının Genel Dağılımları ve Toprak Etüd ve Haritalama Çalışmalarının Önemi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (3): 241-253.
- Dengiz, O. ve Usul, M. 2018. Multi-Criteria Approach with Linear Combination Technique and Analytical Hierarchy Process in Land Evaluation Studies. *Eurasian J Soil Sci*, 7 (1): 20 – 29.
- Dengiz, O. ve Sarioğlu, F.E. 2013. Arazi Değerlendirme Çalışmalarında Parametrik Bir Yaklaşım Olan Doğrusal Kombinasyon Tekniği. *Journal of Agricultural Sciences*, 2013 (19): 101-112.
- Dent, D. and Young, A. 1981. *Soil Survey and Land Evaluation*, George Allen & Unwin., p.
- Eastman, R.J. 2006. IDRISI Andes. In: *Guide to GIS and Image Processing*. Clark Labs, Clark University.
- Elsheikh, R., Shariff, A.R.B.M., Amiri, F., Ahmad, N.B., Balasundram, S.K. and Soom, M.A.M. 2013. Agriculture Land Suitability Evaluator (ALSE): A Decision and Planning Support Tool for Tropical and Subtropical Crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2013 (93): 98-110.
- ESRI. 2004. *ArcGIS Desktop Developer Guid: ArcGIS 9.1*. ESRI, Redlands, CA, 335pp.
- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation, *Soils Bulletin: 32*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO. 1977. A Framework for Land Evaluation, *International Institute for Land Reclamation and Improvement*, 22 (Wageningen, NL), 87.
- FAO. 1990. *Guidelines for Soil Profile Description*, FAO, Rome, Italy.
- Güzel, A. 1983. Sarayönü-Kadınhanı (Konya) Dolayının Hidrojeoloji İncelemesi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Selçuklu-Konya.
- Hazelton, P. A. and Murphy, B. 2007. *Interpreting Soil Test Results, What Do All The Numbers Mean?*, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization Publishing.
- Jones Jr, J. B. 2000. *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. CRC press, p.
- Kacar, B. ve Katkat, A. 2011. *Bitki Besleme*, Nobel Yayınları (5. Baskı), 1-678.
- Karlen, D., Andrews, S. and Doran, J. 2001. *Soil Quality: Current Concepts and Applications*. *Advances in agronomy*, 2001 (74): 1-40.
- Kumar, N.V. and Ganesh, L.S. 1996. A Simulation-Based Evaluation of the Approximate and the Exact Eigenvector Methods Employed in AHP. *European Journal of Operational Research*, 95 (3): 656-662.

- Malczewski J. 2004. GIS-Based Land-Use Suitability Analysis: A Critical Overview. *Progress in Planning* 2004 (62): 3–65.
- Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A. and Darvishsefat, A.A. 2010. Siting MSW Landfill Using Weighted Linear Combination and Analytical Hierarchy Process (AHP) Methodology in GIS Environment (case study: Karaj). *Waste management*, 30 (5): 912-920.
- Moran, E.F., Brondizio, E.S., Tucker, J.M., da Silva-Forsberg, M.C., McCracken, S. and Falesi, I. 2000. Effects of Soil Fertility and Land-Use on Forest Succession in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 139 (1-3): 93-108.
- MTA. 2009. Kadınhanı-Sarayönü-Sülüklü (Konya) Dolayının Jeolojisi. Maden Teknik Arama Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 9030.
- Mueller, L., Schindler, U., Mirschel, W., Shepherd, T.G., Ball, B.C., Helming, K., Rogasik, J., Eulenstein, F. and Wiggering, H. 2010. Assessing the Productivity Function of Soils. A Review, *Agronomy for Sustainable Development*, 30 (3): 601-614.
- Patrono, A. 1998. Multi-Criteria Analysis and Geographic Information Systems: Analysis of Natural Areas and Ecological Distributions. *Multicriteria Analysis for Land-Use Management*, Edited by Euro Beinat and Peter Nijkamp, Kluwer Academic Publishers, Environment and Management-Volume: 9, pp: 271- 292, AA Dordrecht, The Netherlands.
- Pierce, F., Larson, W., Dowdy, R. ve Graham, W. 1983. Productivity of Soils: Assessing Long-Term Changes due to Erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, 38 (1): 39-44.
- Pourkhabbaz, H.R., Javanmardi, S. and Faraji Sabokbar, H.A. 2014. Suitability Analysis for Determining Potential Agricultural Land Use by the Multi-Criteria Decision Making Models SAW and VIKOR-AHP (Case study: Takestan-Qazvin Plain). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16 (5): 1005-1016.
- Riley, H., Pommeresche, R., Eltun, R., Hansen, S. and Korsæth, A. 2008. Soil Structure, Organic Matter and Earthworm Activity in a Comparison of Cropping Systems with Contrasting Tillage, Rotations, Fertilizer Levels and Manure Use. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 124 (3-4): 275-284.
- Rogowski, A. and Wolf, J. 1994. Incorporating Variability into Soil Map Unit Delineations. *Soil Science Society of America Journal*, 58 (1): 163-174.
- Romano, G., Dal Sasso, P., Liuzzi, G. T. and Gentile, F. 2015. Multi-Criteria Decision Analysis for Land Suitability Mapping in a Rural Area of Southern Italy. *Land Use Policy*, 2015 (48): 131-143.
- Saaty, T.L. 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences* 2008 (1): 83–98.
- Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Sharififar, A. 2012. Assessment of Different Methods of Soil Suitability Classification for Wheat Cultivation. *Journal of Agrobiology*, 29 (2): 47-54.
- Smyth, A. and Dumanski, J. 1993. FESLM: An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management, FAO Rome, p.
- Soil Survey Staff. 2014. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*, US Government Printing Office, p.
- Şenol, S. 1983. Arazi Toplulaştırma Çalışmalarında Kullanılabilir Niceliksel Yeni Bir Arazi Derecelendirme Yönteminin Geliştirilmesi Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ülgen, N. ve Yurtsever, N. 1984. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi, Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı. Topraksu Genel Müdürlüğü (47).
- USDA, 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. Agriculture Handbook, 436.
- Verheye, W. H., 2009. *Land Use, land Cover and Soil Sciences*, Citeseer, p.
- Yang, F., Zeng, G., Du, C., Tang, L., Zhou, J. and Li, Z. 2008. Spatial Analyzing System for Urban Land-Use Management based on GIS and Multi-Criteria Assessment Modeling. *Progress in Natural Science*, 18 (10): 1279-1284.