



Çok kriterli karar verme ve doğrusal kombinasyon tekniği ile arazilerin tarımsal uygunluk derecelerinin belirlenmesi pilot çalışma; Ankara-Gölbaşı özel çevre koruma alanı ve yakın çevresi

Orhan DENGİZ^{1*}, İsmail Fatih ORMANCI², Barış ÖZKAN³

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

²Samsun İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Tekkeköy İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Tekkeköy, Samsun

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Samsun

Özet

Bu çalışmanın temel amacı, Ankara ili Gölbaşı ilçesi özel çevre koruma alanı ve yakın çevresine ait alanların, yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme yaklaşımlarından birisi olan Bulanık Analitik Hiyerarşik Süreç (B-AHS) ve Doğrusal Kombinasyon Tekniği CBS ile birlikte kullanılarak işlemeli tarım faaliyetlerine uygun potansiyel tarım alanlarının belirlenmesini içermektedir. Toplam 34695.60 ha alana sahip çalışma alanının işlemeli tarıma uygun potansiyel sahaların belirlenmesine yönelik olarak eğim, derinlik, erozyon, drenaj, taşlılık olmak üzere beş adet arazi özelliği ve organik madde, bünye, pH, EC ve kireç olmak üzere beş adet toprak özelliği toplamda 10 adet kriter kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, alanın %47.4'ü işlemeli tarıma S1 ve S2 düzeylerinde yani çok uygun ve uygun olarak belirlenirken, %9.3'ü ise işlemeli tarımsal faaliyetlere uygun olmadığı (N) belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: B-AHS, Doğrusal Kombinasyon, İşlemeli Tarıma Uygunluk, Ankara-Gölbaşı.

Determination of agricultural suitability classes using multi-criteria decision analysis and linear combination technique. A case study; Ankara-Gölbaşı special environmental protection area and its near vicinity

Abstract

The main purpose of this study is to determine the potential agricultural areas located in the Gölbaşı District special environmental protection area and its near vicinity in Ankara Province using in Fuzzy- AHP which is one of the commonly used multi-criteria decision-making analysis approaches and Linear Combination Technique approach integrated with GIS. A total of 10 criteria were used. Five of them are land features including slope, depth, erosion, drainage, stoniness and five soil properties including organic matter, texture, pH, EC and lime in order to determine the potential suitable agriculture. The study area covers about 34695.6 ha. According to the obtained results, 47.4% of the area was determined to be very suitable and suitable for cultivated agriculture at S1 and S2 levels, while 9.3% was determined to be unsuitable (N) for cultivated agricultural activities.

Keywords: F-AHP, Linear Combination, Agricultural Suitability, Gölbaşı-Ankara

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Gelişmiş ve gelişmekte ülkeler nüfus artışı karşısında, doğal kaynaklarını belirli bir plan içerisinde ve özenle kullanmaktadır. Doğal kaynaklar içerisinde yer alan ve sınırlı bir kaynak olan arazilerini iyi kullanamayan ülkeler, sağlıklı bir topluma sahip olamadıkları gibi, diğer ülkelere bağımlı olmaktan kurtulamamaktadırlar. Ayrıca insanların geleceğini önemli ölçüde etkileyen çevresel sorunlarla karşı karşıya kalmaları da diğer bir kaçınılmaz sonuç olarak ortaya çıkmaktadır. Arazilerin yanlış kullanımı nedeniyle ortaya çıkan sorunlar dünyanın birçok yerinde mevcuttur. Bunun sonucunda; toprak, su kaynakları, doğal vejetasyon ve yaban

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (362) 312-1919

E-posta : odengiz@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 5 Mart 2022

Kabul Tarihi : 1 Haziran 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1083452

hayatı gibi birçok doğal kaynak olumsuz bir şekilde etkilenmektedir (Hurni 1997). Türkiye’de doğal kaynakların kullanımında önemli yanlışlıklar yapılmakta ve bunun sonucunda kaynaklarımız geriye dönüşü mümkün olamayacak şekilde kaybedilmektedir (Özbek ve ark. 1979). Kırsal, kentsel ve sanayideki gelişmelerin yeterli planlamalar sonucuna dayandırılmadan yapılması verimli tarım arazilerini tehdit ederek tarım dışı amaçlarla kullanılmasına yol açmaktadır.

Arazi, temel fakat sınırlı bir kaynaktır ve bütünün içerisinde ana bileşendir. Tarımda, toprak arazi kavramı içerisinde diğer bio-fiziksel faktörlerle (iklim, topografya, jeomorfoloji, jeoloji vb.) birlikte üretimi etkileyen önemli bir faktördür. Arazide farklı depozitler üzerinde oluşmuş topraklar kısa mesafeler içerisinde çok farklı özellikler gösterebilmekte ve birbirinden farklı topraklar oluşabilmektedir (Dengiz ve Gülser, 2014). Bu nedenle, arazi kullanımına ilişkin kararların, başta toprak olmak üzere detaylı doğal kaynak verilerine dayalı olarak arazi değerlendirme ve arazi kullanım planlaması çalışmaları sonuçlarına göre alınması ve uygulanması günümüzde zorunlu hale gelmiştir. “Arazi değerlendirilmesi”, tanımlanmış alternatif kullanımlara göre arazinin uygunluğunu tahmin etme çalışmalarıdır (FAO 1976). Arazi kullanım planlaması için gerekli verilerin oluşmasını da amaçlayan arazi değerlendirme çalışmaları özet olarak; arazi kullanım türlerinin, arazi istekleri ile arazinin sahip olduğu özelliklerin karşılaştırılması işlemidir (Dent ve Young 1981). Bu nedenle, karmaşık yapıda ve çok sayıda bulunan bu kriterlerin bir arada kullanılmasına, alansal problemlerin çözülmesine, modellemesine, değerlendirilmesine ve alternatif öncelik kararların verilmesine çeşitli kolaylıklar sağlaması nedeniyle, Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı (CBS) ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri birlikte kullanılmaktadır (Malczewski, 2006). Çok kriterli değerlendirme süreçleri ülkesel planlamalarda alternatif arazi uygunlukları için potansiyel arazilerin tahmini amacıyla kullanılmaktadır (Chen ve ark., 2008). CBS ve çok kriterli karar verme yöntemleri, tarımsal ürünler için arazi uygunluk analizlerinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Pirbalouti, 2009; He ve ark., 2011; Kihoro ve ark., 2013). Maddahi ve ark. (2014) CBS ve ÇKKV yaklaşımlarını birlikte kullanarak İran’ın Amol Bölgesinde, ekonomik öneme sahip olan pirinç tarımı için arazi uygunluk değerlendirmesi yapmışlardır. ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) tekniğini kullanarak, ürün (pirinç) için seçilen biyofiziksel, sosyo ekonomik ve çevresel faktörler uzman görüşlerine dayalı olarak ağırlıklandırılmış ve bölgenin dört sınıftan oluşan arazi uygunluk sınıflamasını oluşturmuşlardır. Yapılan sınıflamada, alanın %6.83 (20.77 km²)’ü çok uygun, %25.80 (78.65 km²)’i uygun, % 36 (109.72 km²)’sı orta uygun ve % 16.91 (51.55 km²)’inin ise uygun olmayan sınıflarda yer aldığını tespit etmişlerdir. Mustafa ve ark. (2011), farklı ürünler için arazi değerlendirme analizlerini değerlendirdikleri çalışmada, CBS ve Uzaktan Algılamayı kullanarak, ÇKKV yaklaşımını yöntem olarak seçmişlerdir. Çalışma Hindistan’ın Agra Bölgesindeki Kheragarah alanında yürütülmüş olup, çalışmada bölgenin yazlık ve kışık ürün desenini temsilen hardal, şeker kamışı, buğday, arpa, inci darısı, mısır, pamuk, pirinç ve sorgum gibi farklı ürünler seçilmiştir. Ürünler için arazi uygunluk sınıflaması yapılırken, alanın fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri olan; toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), organik karbon, yarayışlı azot (N), yarayışlı fosfor (P), yarayışlı potasyum (K), değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), saturasyon, katyon değişim kapasitesi (KDK) ve toprak tekstürü gibi çok sayıda parametreleri kullanmışlardır. Alan için yazlık ve kışık dönem ürün uygunluk haritaları oluşturulmuş ve buna göre alanın %55’i şeker kamışı için çok uygun, sırasıyla inci darısı, hardal ve pirinç için %48, %54 ve %60 oranlarında orta uygun, mısır için ise %50 oranında az uygun alanlar olarak belirlemişlerdir.

Arazi uygunluk değerlendirmeleri çeşitli düzeylerde entegrasyon gerektirir. Uzman karar aşamasında her zaman emin olmayabilir ve belirsizlikler kesin yargıların olmadığı durumlar bulanık mantık kullanılarak daha iyi sonuçlar vermektedir (Prakash, 2003). Zadeh (1965) tarafından tanımlanan bulanık mantık, belirsizliklerin ve kesin olmayan sorunların üstesinden gelmek için önerilen bir yöntemdir (Elaalem ve ark., 2011). Bu bağlamda, bulanık mantık daha doğru bir karar vermek için AHS ile birleştirilir (Huang ve ark., 2008). Dengiz ve ark. (2005), Kahramanmaraş Tarım İşletmesi topraklarının parametrik yöntemle kalite durumlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarında; çalışma alanının %55.1’nin tarımsal uygunluk açısından çok iyi ve iyi (S1, S2), %16.5’nin orta uygun (S3), %27.9’unun ise tarıma uygun olmadığını (N) belirlemişlerdir. Yine Dengiz ve Sarioğlu (2011) Samsun ilinin potansiyel tarım arazilerinin dağılımlarının belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışma sonucuna göre, ilin % 72.4’lük gibi çok büyük kısmının düşük potansiyel tarım alanlarını oluştururken, toplam alanın sadece %14.2’lik gibi küçük bir kısmı tarımsal potansiyeli yüksek alanları oluşturduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, tarımın yoğun olarak gerçekleştirildiği Gölbaşı ilçesi içerisinde yer alan yamaç ve alüviyal araziler üzerinde oluşmuş toprakların daha önce yapılmış olan detaylı temel toprak haritasındaki veriler yardımıyla, tarımsal kullanıma uygunluk sınıflarının doğrusal kombinasyon tekniği (DKT)

kullanılarak belirlenmesidir. Ayrıca bu teknik kapsamında seçilen niceliksel arazi ve toprak parametrelerinin ağırlık değerlerinin belirlenmesine yönelik bulanık analitik hiyerarşi süreci tekniği kullanılmıştır. Böylece, toprakların niceliksel özelliklerine dayalı detaylı toprak çalışması, ilk kez doğrusal kombinasyon tekniği içerisinde kullanılmış, tarımsal kullanımlar yönünden arazi uygunluk haritası oluşturulmuştur.

Materyal ve Yöntem

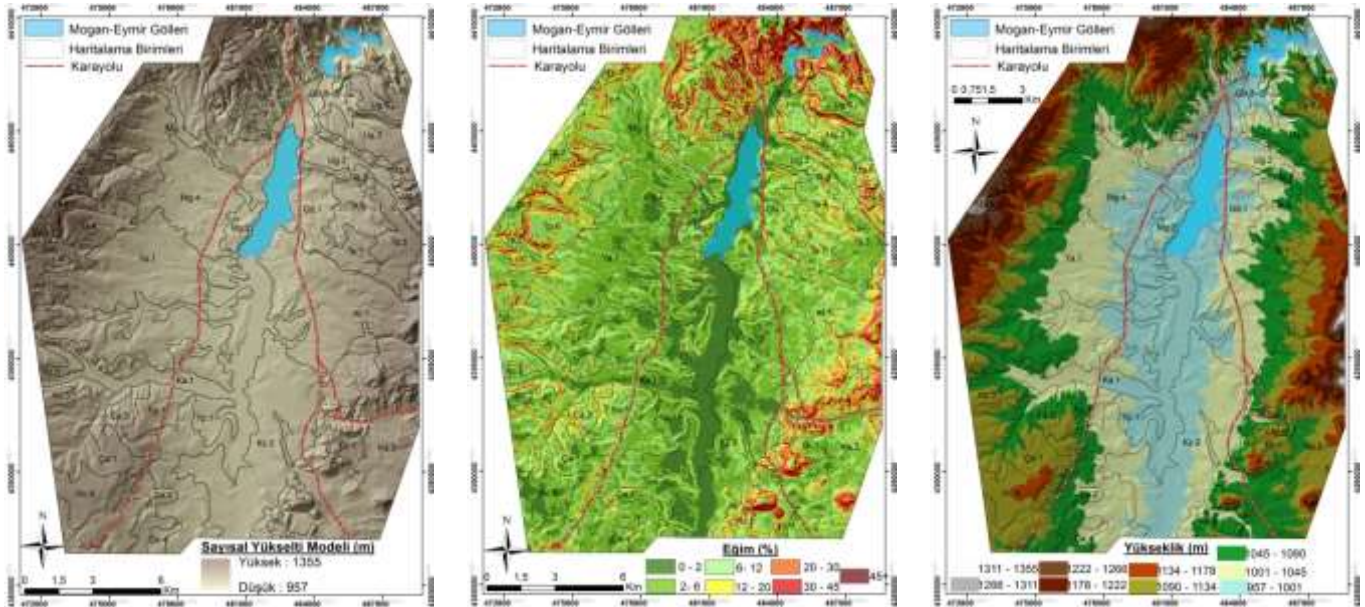
Çalışma Alanı Genel Özellikleri

Çalışma, Ankara ilinin güneyinde bulunan Gölbaşı bölgesi ve çevresinde yapılmış (Şekil 1) ve 4410120N-471156E, 4410120N-488742E, 4386390N-471156E, 4386390N-488742E (WGS84, Zone-36, UTM-m) koordinatlarında yürütülmüştür.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

Çalışma alanı yaklaşık 34695.6 ha alan kapsamakta olup, Mogan ve Emir Göllerini içermektedir. Bu göller toplam alanı 798.6 hektar (%2.3) kaplar. Çalışma alanı çeşitli topoğrafik özelliklerden (düz, tepelik, yuvarlanma vb.) oluşmaktadır. Özellikle çalışma alanında düz ve yuvarlanan fizyografik birimler yaygındır.



Şekil 2. Çalışma alanı Sayısal yükselti, eğim ve yükseklik haritaları

Deniz seviyesinden yüksekliği 900 m ile 1259 m arasında değişmektedir. Yıllık ortalama yağış ve sıcaklık sırasıyla 410.5 mm ve 11.8°C'dir (DMI, 2019). Newhall similasyon modeline göre (Van Wambeke, 2000)

toprak sıcaklık rejimi ve nem rejimi sırasıyla Mesic ve Xeric olarak sınıflandırıldı. Çalışma alanında 19 farklı toprak serisi vardır ve bunlar Mollisol (%33.6), İnceptisol (%32.8), Entisol (%26.8) ve Alfisol (%6.8) olarak sınıflandırılmıştır (Dengiz, 2002). Orman ve mera alanları genellikle çalışma alanının kuzey kısmını kaplarken, sulanan tarım Suksen ırmağının iki yakasında yer alan çok küçük bir kısımda uygulanmakta ve diğer düzensiz akan nehirlerin yakınında bulunan çok küçük bir kısımda sulanan tarım uygulanmaktadır. Çalışma alanının güney kesiminde kuru tarım ve yem alanları yaygındır.

Yöntem

Değerlendirme Kriterleri

Tarımsal arazi uygunluk çözümlerinde belirleyici olabilecek toplam 10 parametre-kriter dikkate alınmıştır. Bu parametreler Dengiz (2002) tarafından yapılan detaylı toprak etüd haritalama çalışmasından elde edilmiştir. Ayrıca ele alınan parametreler fiziksel kriterler (eğim, derinlik, erozyon, bünye, taşlılık ve drenaj) ve kimyasal kriterler (EC, pH, CaCO₃ içeriği, organik madde) olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Ayrıca bu kriterler alt faktörlere ayrılarak 0 ile 4 arasında ağırlık değerleri verilmiştir. Alt faktör arazilerin tarımsal açıdan kullanımlarını imkânsız kılıyorsa 0, kültür bitkilerinin yetiştirilmesine ve tarla içi teknoloji uygulamalarını ve trafiğinin optimum imkân sağlaması durumunda 4 değerini almaktadır. 0-4 arasında kalan değerler ise toprak karakteristiğinin bitki gelişimini veya mekanizasyonu sınırlama derecesine göre değişmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tarımsal arazi uygunluk sınıflama modelinde kullanılan parametreler ve alt faktörlere ait ağırlık puanları

A-Arazi parametreleri									
Eğim (%)		Erozyon		Drenaj		Derinlik (cm)		Taşlılık (%)	
Alt Faktör	Ağırlık Puanı	Alt Faktör	Ağırlık Puanı	Alt Faktör	Ağırlık Puanı	Alt Faktör	Ağırlık Puanı	Alt Faktör	Ağırlık Puanı
Düz: 0-2	4	Yok-Hafif	4	İyi	4	0-20	1	0-5	4
Hafif: 2-6	3	Orta	3	Orta	3	20-50	2	5-15	3
Orta:6-12	2	Şiddetli	2	Yetersiz	2	50-90	3	15-50	2
Dik:12-20	1	Çok Şiddetli	1	Fena	1	90+	4	50-90	1
Çok dik:20+	0			Aşırı	1			>90	0

B-Toprak parametreleri									
Bünye		pH		EC (dS/m)		CaCO ₃ (%)		OM (%)	
Alt Faktör	Ağırlık Puanı	Alt faktör	Ağırlık Puanı	Alt faktör	Ağırlık Puanı	Alt faktör	Ağırlık Puanı	Alt faktör	Ağırlık Puanı
Çok ince: (C->%45)	2	>8.3-<5.5	1	0-2	4	0-5	2	0-1	1
Orta ince: (C-<%45, CL, SiL, SCL)	3	5.5-6.5	2	2-4	3	5-10	4	1-2	2
Orta: (L, Si, SiL, fSL)	4	6.5-7.5	4	4-6	1	10-20	3	2-3	3
Kaba: (S, SL, LS)	0	7.5-8.2	3	8-10	0	20-30	1	> 3	4

Bulanık AHS Yaklaşımı ile Ağırlıklandırma

AHP, Thomas L. Saaty (Saaty 1980) tarafından geliştirilen literatürde sıklıkla kullanılan çok amaçlı karar verme yöntemlerinden birisidir. AHP karar almada, grup veya bireyin önceliklerini de dikkate alan, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendiren matematiksel bir yöntemdir (Saaty, 1980). AHP yöntemi, gerçek hayatta birçok karar verme probleminin çözümünde etkin bir biçimde kullanılmasına rağmen, ikili karşılaştırmalar yaparken kesin sayılar kullanmasından dolayı eleştirilmektedir (Dağdeviren, 2007). Ayrıca belirsizlik ve kararsızlık durumlarını ele almada yetersiz olması (Deng, 1999) ve uzman kişinin bilgilerini ele alsa da, insani düşünme tarzını yansıtamaması (Kahraman vd., 2003) nedenlerinden dolayı da eleştirilmektedir. Yöntemin karar verme konusundaki bu eksikliklerinin önüne geçmek amacıyla yöntem bulanık mantık ile entegre edilerek B-AHP yöntemi ortaya konmuştur. Literatürde çeşitli yazarlar tarafından ortaya konulan farklı B-AHP yöntemleri bulunmaktadır. B-AHP'ye ilişkin ilk çalışma üçgen bulanık sayılar kullanılarak, bulanık oranları kıyaslayan Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından yapılmıştır. Daha sonra Buckley (1985), yamuk bulanık sayıları kullanarak bir model geliştirmiştir. Chang (1996), B-AHS'nin ikili karşılaştırma ölçeği için üçgen bulanık sayıları ve ikili karşılaştırmaların yapay mertebeye değerleri için

mertebe analizi yöntemini kullanarak B-AHS'nin ele alınmasında yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur. Bulanık küme kavramı, ilk kez Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında "Bulanık Kümeler" adlı makalenin yayınlanması ile ortaya atılmıştır. Bulanık küme, devamlı üyelik derecesine sahip nesnelere kümesidir. Bulanık küme, her nesneyi 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonu ile nitelendirmektedir (Zadeh, 1965).

Bu çalışmada potansiyel işlemeli tarım sahalarının uygunluklarının sıralanmasında kullanılacak kriterlerin göreceli önem seviyelerinin belirlenmesinde karşılaşılabilecek sözel belirsizliğin daha iyi ifade edilmesi amacı ile Chang (1996) tarafından ortaya konulan mertebeye analizi yöntemi kullanılmıştır. Chang (1996), yaptığı çalışmada B-AHS'de ikili karşılaştırması alaları için üçgensel bulanık sayıları kullanmıştır. Bir üçgen bulanık sayı $(l | m, m | u)$ veya (l, m, u) şeklinde gösterilir (Kahraman, 2004). Bir bulanık olay için l, m ve u parametreleri, sırasıyla mümkün en küçük değeri, en çok beklenen değeri ve mümkün en büyük değeri temsil eder. Her üçgen bulanık sayının lineer gösterimleri sol ve sağ taraf şeklinde Eşitlik (1)'deki üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilir (Kahraman, 2004):

$$\mu(x|M\sim) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m, \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u. \end{cases} \quad (1)$$

B-AHS hesaplamalarında üçgen bulanık sayılar için temel aritmetik işlemlerine gerek duyulmaktadır. Aşağıda $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ bulanık üçgen sayıları için temel aritmetik işlemler verilmiştir:

Toplama : $(l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$

Çarpma : $(l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$

Bölme : $(l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2)$

Negatif : $(-l_1, -m_1, -u_1)$

Tersi : $(1 / u_1, 1 / m_1, 1 / l_1)$

Bu tanımlama ve bilgilerden sonra B-AHS algoritması aşağıdaki gibi verilebilir.

Bu yöntemde, her bir ölçüt alınır ve her bir amaç için mertebeye analiz yapılır. $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ bir ölçüt kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ bir amaç kümesi olsun. Böylece her bir ölçüt için m tane mertebeye analiz değeri elde edilir. Bunlar $M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m$ $i = 1, 2, \dots, n$ şeklinde gösterilir. Burada belirtilen tüm M_{gi}^1 parametreleri l, m ve u olan üçgensel bulanık sayıları göstermektedir. Chang (1996)'nın mertebeye analizi yaklaşımının aşamaları aşağıda verilmiştir :

Adım 1: Ölçüt i 'ye göre bulanık sentetik mertebeye değeri Eşitlik (2)'de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (3)$$

$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ ifadesini elde etmek için ise M_{gi}^j $j = \{1, 2, \dots, m\}$ değerleri üzerinde bulanık toplama işlemi yapmak ve Eşitlik (4)'de verilen denklemden vektörün tersini hesaplamak gerekir. Ters alınan vektör Eşitlik (5)'de görülmektedir.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i) \quad (4)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (5)$$

Adım 2: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ifadesinin olasılık derecesi

$V = (M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(x)]$ şeklinde tanımlanır. Bu eşitliği açarsak;

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_2 \cap M_1) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1, \\ 0 & l_1 \geq u_2, \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer} \end{cases} \quad (6)$$

elde edilir. Eşitlik (6)' da verilen d , μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktasının ordinatıdır. M_1 ve M_2 ' yi kıyaslayabilmek için $V(M_2 \geq M_1)$ ve $V(M_1 \geq M_2)$ değerlerinin her ikisine de ihtiyaç duyulur.

Adım 3: Konveks bir sayının k tane konveks bulanık sayıdan M_i $i = \{1,2, \dots, k\}$ büyük olmasının olabilirlik derecesi Eşitlik (7)'deki gibi tanımlanabilir.

$$V(M \geq M_1, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1), (M \geq M_2), \dots, (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i) \quad (7)$$

Burada $i = \{1,2, \dots, k\}$; $k \neq i$ için $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ olduğu düşünülürse ağırlık vektörü Eşitlik (8)'deki şekilde elde edilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_1), \dots, d'(A_n))^T \quad i = \{1,2, \dots, n\} \quad (8)$$

Adım 4: Ağırlık vektörleri Eşitlik (9)'daki şekilde normalize edilir.

$$W' = (d(A_1), d(A_1), \dots, d(A_n))^T \quad i = \{1,2, \dots, n\} \quad (9)$$

Burada, W ağırlık vektörü bulanık bir sayı değildir. Elde edilen bu ağırlıklar hiyerarşik olarak sentezlenerek nihai alternatif ağırlıklar bulunmalıdır. Bu çalışmada, B-AHS modelindeki ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için Çizelge 2' de yer alan ölçek kullanılmıştır.

Çizelge 2. Üçgen bulanık dönüşüm ölçeği

Üçgen bulanık dönüşüm ölçeği rakamsal değer	Dilsel ifade	Üçgen bulanık sayı	Karşılık üçgen bulanık sayı
1	Eşit	(1,1,1)	(1,1,1)
2	Zayıf üstünlük	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
3	Fena değil	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
4	Tercih edilir	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
5	İyi	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
6	Oldukça iyi	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
7	Çok iyi	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
8	Mutlak	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
9	Mükemmel	(8,9,10)	(1/10,1/9,1/8)

İşlemeli Tarıma Uygun Alanların Belirlenmesi

Tarımsal arazi değerlendirme, arazilerin kullanım potansiyellerinin tahmin edilmesi işlemidir. Arazi değerlendirme yöntemleri genelde, uzman bilgisine dayalı niteliksel yöntemlerle, simülasyon modellerine dayalı niceliksel modeller şeklinde ayrılır. Tarımsal arazi uygunluk sınıfların çözümlemesi çalışmalarına, birden fazla kriteri içeren bir değerlendirme veya ÇKKV problemi olarak yaklaşmak uygun olacaktır. Buna göre çok kriterli arazi uygunluk değerlendirmeleri matematiksel formüllerle ifade edilmektedir. Parametrik istemlerin tek bir kategorik düzeyleri vardır. Bu sistemle yapılan sınıflamalarda ele alınan her bir parametre matematiksel modeller içerisinde kullanılarak elde edilen indeks değerlerine göre arazi uygunluk sınıfları belirlenmektedir. Yürütülen bu çalışmada izlenen yol, arazilerin tarımsal amaçlı uygunluk yönünden değerlendirilmesi sürecinde yer alan farklı arazi ve toprak parametrelerinin (kriterlerin) tanımlanan her bir haritalama ünitesi için oranlarının hesaplanmasıdır. Buna yönelik birçok teknikler olmasına karşın bu çalışmada çok kriterli arazi uygunluk değerlendirmesi tekniği olarak B-AHS yaklaşımı ve doğrusal kombinasyon tekniği kullanılmıştır (Patrono 1998; Çakır ve Dengiz; 2021). Doğrusal Kombinasyon tekniğinde, tarımsal açıdan arazi kullanım şeklini etkileyen kriterlerin her birine bir ağırlık değeri atanmaktadır. Bu ağırlık değerleri, kriterlerin göreceli önemine göre belirlenmektedir. Sonrasında bu kriterler alt kriterlere ayrılmakta ve bu alt kriterler kendi içinde ayrı bir sayısal değerlendirmeye tabi tutularak alt kriter puanları saptanmaktadır. Daha sonra bu alt kriter puanları, ait olduğu kriterin ağırlık değeri ile çarpılmaktadır. Böylece kriterler aynı ölçeğe konularak birlikte toplanabilir yani kombine edilebilir hale getirilmektedir. Bu teknikteki tarımsal amaçlı arazilerin uygunluk değerlendirmesi yaklaşımına ait matematiksel eşitlik (10) aşağıdaki şekildedir.

$$S = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i) \quad (10)$$

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 Çizelge 3'e göre sınıflandırılarak alanın arazi uygunluk haritası oluşturulmuştur.

Çizelge 3. Arazi uygunluk sınıfları ve sınıflara ait değerler

Tanımlama	Sınıf	Değer
Çok uygun	S1	3.501 - 4.000
Uygun	S2	3.001 - 3.501
Az uygun	S3	2.001 - 3.000
Uygun değil	N	0.000 - 2.000

Bulgular ve Tartışma

B-AHS ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Araştırma alanına ait [Dengiz \(2002\)](#) detaylı temel toprak haritası kullanılarak, 42 tane haritalama birimi (HB) belirlenmiştir. Arazilerin tarımsal yönden uygunluklarının belirlenmesine yönelik olarak seçilen fiziksel kriterler (eğim, derinlik, erozyon, taşlılık, bünye ve drenaj) ve kimyasal kriterler (EC, pH, CaCO₃ içeriği, OM) için yapılan ikili karşılaştırmalar Çizelge 4' de sunulmuştur.

Çizelge 4. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Eğim	Derinlik	Erozyon	Drenaj	Taşlılık	Bünye	OM	pH	EC	Kireç
Eğim	1,1,1	1,2,3	1,2,3	1,2,3	3,4,5	1,2,3	1,2,3	2,3,4	3,4,5	3,4,5
Derinlik	1/3,1/2,1	1,1,1	1,1,1	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Erozyon	1/3,1/2,1	1,1,1	1,1,1	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Drenaj	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,1,1	1,2,3	1,1,1	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Taşlılık	1/5,1/4,1/3	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,1,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,2,3	1,2,3	3,4,5
Bünye	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,1,1	1,2,3	1,1,1	1/3,1/2,1	1,2,3	1,2,3	3,4,5
OM	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1/2	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,2,3	1,2,3	1,1,1	3,4,5	1,2,3	3,4,5
pH	1/4,1/3,1/2	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/5,1/4,1/3	1,1,1	1/3,1/2,1	1,1,1
EC	1/5,1/4,1/3	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,2,3	1,1,1	1,2,3
Kireç	1/5,1/4,1/3	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/5,1/4,1/3	1/5,1/4,1/3	1/5,1/4,1/3	1,1,1	1/3,1/2,1	1,1,1

OM: Organik madde, EC: Elektriksel iletkenlik

İkili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra B-AHS işlem adımları (Eşitlik 1-9) izlenerek Çizelge 4'de yer alan kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Çizelge 5'de görüldüğü gibi 0.1755 ağırlık değeri ile eğim kriteri en yüksek ağırlığa sahip iken, bunu toprak derinliği ve erozyon kriterleri izlemektedir. En düşük ağırlık değeri ise 0.0201 ile kireç kriteri olmuştur. [Dengiz ve ark. \(2019\)](#) Erzurum ili temel coğrafi özellikleri ve potansiyel işlemeli tarım alanı varlığı üzerine B-AHS yaklaşımı kullanarak yaptıkları çalışmada, eğim, derinlik, erozyon, ana materyal olmak üzere dört adet arazi özelliği ve organik madde, hacim ağırlığı, bünye, pH ve kireç olmak üzere beş adet toprak özelliği toplamda 9 adet kriter kullanılmışlar ve en yüksek ağırlık değerini eğim parametresi aldığını belirlemişlerdir. Ayrıca, [Kilic ve ark., \(2021\)](#) yaygın tarla tarımı olarak üretilen buğday bitkisinin topoğrafik ve toprak özelliklerinin ağırlıklarını belirlemek için B-AHS uygunluk değerlendirme modeli uyarlanmıştır. Toprak derinliği (0.232) en yüksek fakat, arazi yüksekliği (0.218) ve bakı (0.042) kriterinin ise en düşük ağırlığa sahip olduğu hesaplanmıştır.

Bu çalışmada buğday ekimi için yüksek, orta ve marjinal olarak uygun araziler, çalışma alanının sırasıyla %2.63, %9.85 ve %32.59'unu kapladığını belirlemişlerdir. Buna ek olarak, sonuçlar toplam alanın

%54.92'sinin buğday ekimi için uygun olmadığını belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, B-AHS algoritması ve CBS tekniklerinin birleşiminin belirli bir bitkisel üretimi için planlamada, arazi uygunluğunun doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve tarım uygulamalarının olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması için yararlı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Gerek mevcut çalışmadan, gerekse de yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, işlemeli tarım arazilerinin belirlenmesinde arazilerin eğim ve toprak derinlik parametrelerinin yüksek ağırlık değerleri almaktadır. Bunun nedenini [Dengiz ve Sarıoğlu \(2013\)](#), eğim gerek tarla içi mekanizasyon veya tarla trafiği gibi faaliyetlerinin doğrudan yapılması gerekse de toprak erozyonu açısından önemli rol oynamakta olduğu şeklinde açıklamıştır. Ayrıca, [Sönmez \(1994\)](#) ve [Dengiz \(2007\)](#) işlemeli tarım uygulamalarının gerçekleştirilmesinde arazi eğiminin %10-12'nin üzerinde olması istenmediğini belirterek, toprak muhafaza tedbirleri alınmadan yapılan işlemler sonucu erozyonun artmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Toprak derinlik kriteri bitki kök gelişimini doğrudan etkilemenin yanı sıra su ve besin elementlerinin depolandığı yer olması ve diğer canlılar içinde yaşam ortamı olması açısından da oldukça önemlidir. Bu nedenle, arazi uygunluk, arazi değerlendirme veya arazi kalite çalışmalarının yanı sıra arazi çölleşmesi ve degradasyon modelleri gibi birçok çalışmada araştırmacılar derinliği bir kriter olarak ele almışlardır ([Dengiz ve ark. 2014](#); [Dedeoğlu ve Dengiz, 2019](#); [Demirağ Turan ve ark., 2019](#); [Özkan ve ark, 2020](#)).

Çizelge 5. Potansiyel işlemeli tarım alanlarının değerlendirmesinde kullanılan kriterlerin ağırlıkları

Faktörler	Ağırlık Değerleri
Eğim	0.1755
Derinlik	0.1326
Erozyon	0.1286
Drenaj	0.1133
Taşlılık	0.0948
Bünye	0.1086
Organik Madde	0.1315
pH	0.0311
Elektriksel iletkenlik	0.0639
Kireç	0.0201

B-AHS yaklaşımı ile yapılan analiz sonucu, araştırma alanının potansiyel işlemeli tarıma uygunluk sınıflarının alansal ve oransal dağılımları Çizelge 6 ve Şekil 3 de verilmiştir. Toplam alanın %57.4'ü (19914.9 ha) işlemeli tarıma S1 ve S2 düzeylerinde yani çok uygun ve uygun olarak belirlenirken, %9.3'i ise işlemeli tarımsal faaliyetlere uygun olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca alanın üçte biri ise (%31) özellikle eğim ve sığ toprak derinliği nedeniyle az uygun sınıfta yer almaktadır.

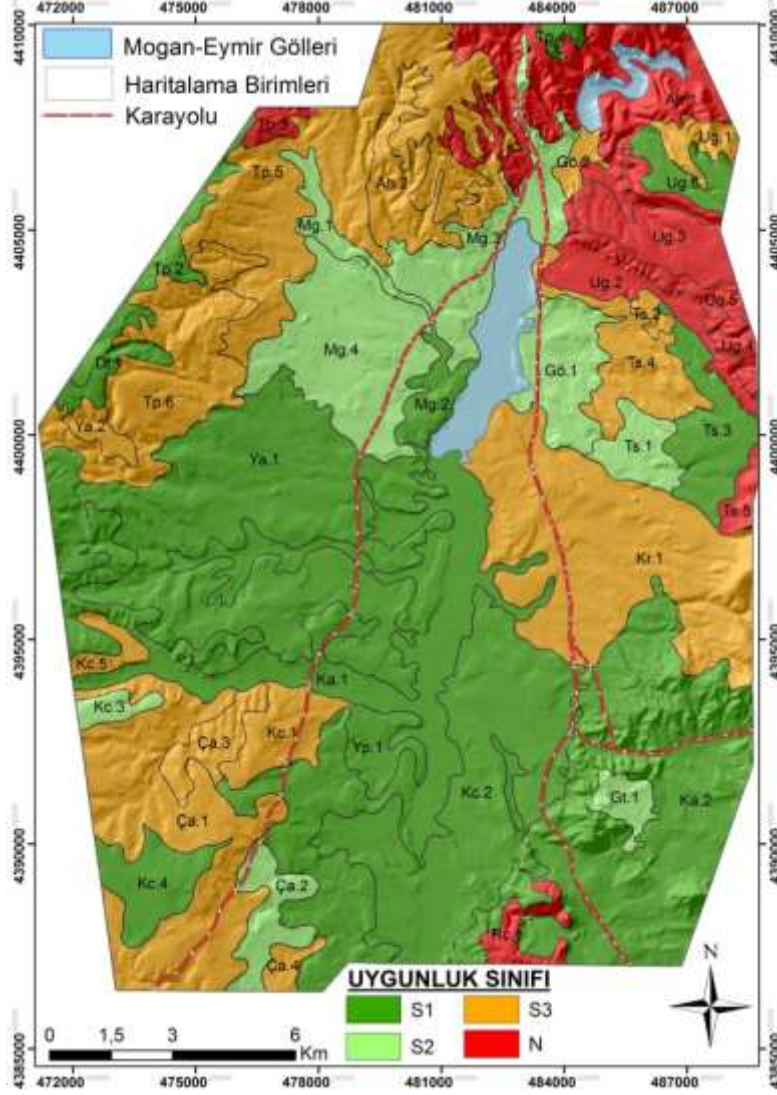
Çizelge 6. İşlemeli tarıma uygun arazi sınıfları

Tanımlama	Sınıf	Alan	
		ha	%
Çok Uygun	S1	15868.6	45.7
Uygun	S2	4046.3	11.7
Az Uygun	S3	10739.6	31.0
Uygun Değil	N	3242.5	9.3
Göl Alanları	-	798.6	2.3
Toplam	-	34695.6	100

Uygunluk sınıflarının seri düzeyinde ve her bir haritalama birimine göre alansal ve oransal dağılım Çizelge 7' de verilmiştir. Gerek Çizelge 7 ve Şekil 3 incelendiğinde, çalışma alanının özellikle kuzey ve kuzey-doğusunda dağılım gösteren Ahlatlıbel ve Ulugüney serilerine ait bazı haritalama birimlerinin (Ah.1, Ug.2, Ug.3, Ug.4 ve Ug.5) eğimin çok dik ve sığ toprak derinliği olması nedeniyle işlemeli tarımsal faaliyetlere uygun olmayan alanları oluşturduğu görülmektedir. Buna karşın, Mogan gölünün güney kesimlerinde dağılım gösteren çoğu haritalama birimleri S1 ve S2 düzeylerde uygun olduğu görülmektedir.

Çizelge 7. Uygunluk sınıflarının seri düzeyinde ve her bir haritalama birimine göre dağılım

Seri	Haritalama Birimi	Uygunluk Değeri	Uygunluk Sınıfı	Alan ha	%
Ahlatlıbel	Ah.2	2.828	S3	583.9	1.7
	Ah.1	1.484	N	1457.1	4.2
	Ça.2	3.49	S2	360.1	1.0
Çalıtepe	Ça.1	2.922	S3	1918.0	5.5
	Ça.4	2.478	S3	106.0	0.3
	Ça.3	2.085	S3	282.1	0.8
Doğutepe	Dt.1	3.601	S1	154.6	0.4
Gölcükbatıklığı	Gö.2	2.829	S3	100.6	0.3
	Gö.1	3.369	S2	626.3	1.8
Gölet	Gt.1	3.465	S2	175.2	0.5
Kaleboğazı	Ka.1	3,929	S1	3853.1	11.1
	Ka.2	3.715	S1	3368.1	9.7
Karaoğlan	Kr.1	2.559	S3	2682.5	7.7
	Kc.2	3.754	S1	2443.1	7.0
	Kc.4	3.686	S1	444.4	1.3
Kocadüz	Kc.1	2.886	S3	407.4	1.2
	Kc.3	3,685	S2	120.1	0.3
	Kc.5	3.584	S3	137.8	0.4
Mogan	Mg.2	3.837	S1	247.1	0.7
	Mg.1	3.229	S2	209.5	0.6
	Mg.3	3.232	S2	905.2	2.6
	Mg.4	3,101	S2	1354.4	3.9
Recepli	Rc.1	1.764	N	198.7	0.6
	Ts.3	3.737	S1	571.2	1.6
Taşlıktepe	Ts.1	3.335	S2	295.5	0.9
	Ts.2	2.384	S3	68.5	0.2
	Ts.4	2.707	S3	603.4	1.7
	Ts.5	1.118	N	117.3	0.3
	Tp.2	3.686	S1	309.4	0.9
Taspınar	Tp.4	3.697	S1	64.9	0.2
	Tp.5	2.073	S3	2225.0	6.4
	Tp.6	2.802	S3	1312.5	3.8
	Tp.3	1.722	N	103.7	0.3
	Ug.6	3.737	S1	247.6	0.7
	Ug.1	2.026	S3	182.6	0.5
Ulugüney	Ug.2	1.69	N	440.3	1.3
	Ug.3	1.663	N	479.5	1.4
	Ug.4	1.335	N	102.0	0.3
	Ug.5	1.335	N	343.8	1.0
Yağlıpınar	Yp.1	3.577	S1	278.8	0.8
Yavrucak	Ya.1	3,537	S1	3886.2	11.2
	Ya.2	2.818	S3	129.5	0.4



Şekil 3. Çalışma alanı potansiyel işlemeli tarım alanlarının uygunluk sınıflarına ait dağılım haritası

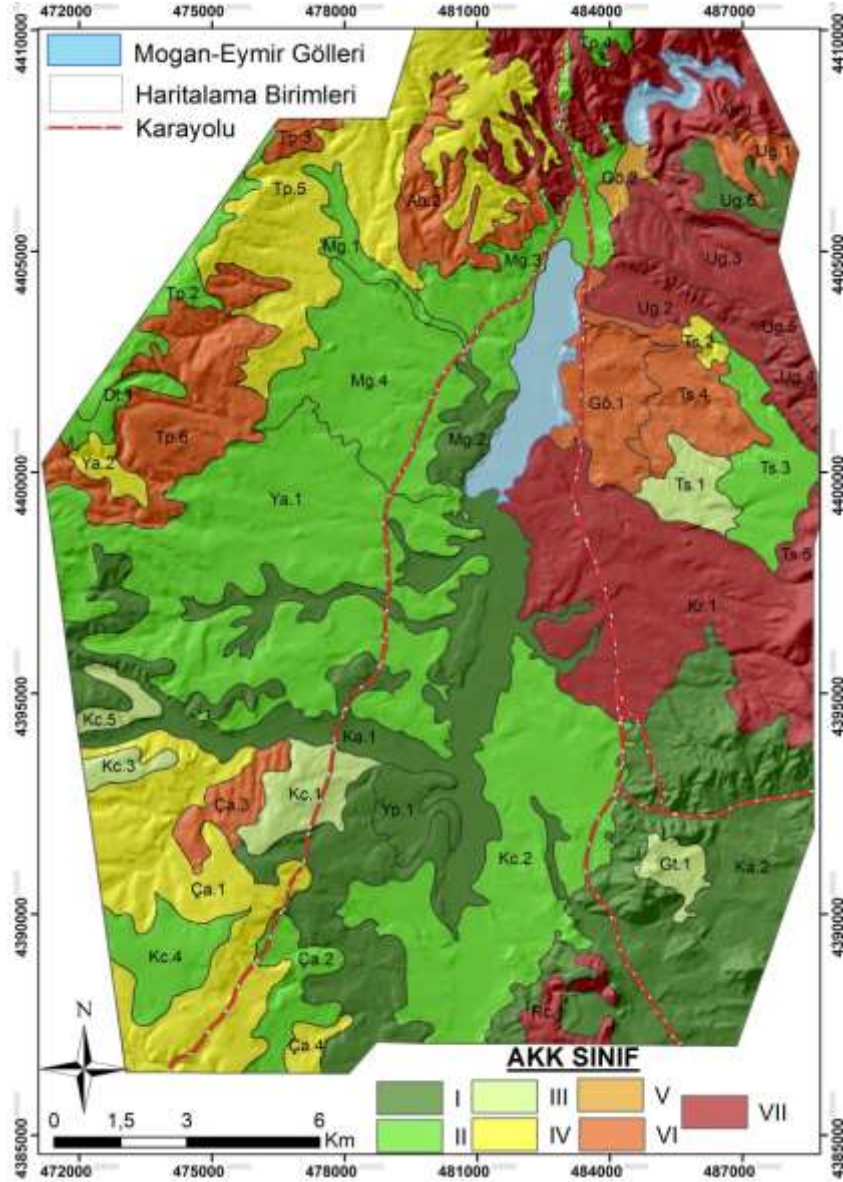
Arazi uygunluk analizi kesin bir arazi uygunluk haritası geliştirmek için en önemli yöntemlerden biridir. Bappa ve ark., (2021) Hindistanın Batı Bengal'in Koch Bihar bölgesinde uygun çeltik yetiştirme bölgelerini belirlemeyi amaçlamışlar, çalışma için 18 kriter seçilmiş ve uzman görüşüne dayalı olarak ağırlıkları atanmış ve CBS tabanlı B-AHS yöntemi benimsenmiştir. Araştırmacıların elde ettikleri sonuçlara göre, çeltik ekimi için arazi uygunluk analizi geliştirmek için en önemli faktörlerin yağış, toprak bünyesi, eğim, yükseklik, toprak su tutma kapasitesi, sıcaklık ve pH olduğunu belirlemişler ve çeltik tarımı için çok uygun alanların toplam alan içerisinde %14.54'nü kapladığı, orta uygun ve marjinal uygun alanların ise sırasıyla %46.07 ve %24.2 si oluşturduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, uygun olmayan alanların ise toplam alanın %15.19 olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, arazi doğrulama çalışmaları sonrası, arazi uygunluk analizinde B-AHS yaklaşımının olduğunu güvenilir olduğunu da belirtmişlerdir.

Potansiyel İşlemeli Tarım Alanları ve AKK ile Karşılaştırılması

Seksenli yıllarda oluşturulmuş Ankara ili il arazi varlıkları raporuna (KHGM, 1980) göre, çalışma alanının Arazi Kullanım Kabiliyet (AKK) sınıflarının alansal ve oransal dağılımları ile haritası Çizelge 8 ve Şekil 4 de verilmiştir. Alanın AKK sınıfına göre dağılımları ise alanın işlemeli tarıma uygun sınıfları oluşturan ilk dört sınıfın 24280.7 ha toplamı ile toplam alanın %69.9'ini oluşturmaktadır. Aslında işlemeli tarım alanları için uygun olarak gösteriler IV. sınıf araziler, ancak arazilerde toprakların zarar görmemeleri açısından özel tedbirler alınması sonrasında kullanılabilir. Bu durumda ilk üç sınıf işlemeli tarım alanları için çok daha fazla önem arz etmektedir ki bu da toplam alanın yaklaşık %57.1'sine denk gelmektedir. Buna karşın işlemeli tarıma uygun olmayan V, VI., ve VII. sınıf araziler toplam alanın yaklaşık %21.5'ni oluşturmaktadır..

Çizelge 8. Arazi yetenek sınıfları

AKK Sınıfları	Alan	
	ha	%
I	7994.7	23.0
II	10703.0	30.8
III	1136.0	3.3
IV	4447.0	12.8
V	100.6	0.3
VI	3694.5	10.6
VII	5821.2	10.6
Göl Alanları	798.6	2.3
Toplam	34695.6	100



Şekil 4. Çalışma alanı AKK sınıflarının dağılım haritası

Çizelge 8’ de görüldüğü gibi, Çalışma alanı İşlemeli tarıma uygun sınıfta yer alan AKK sınıflarından il üç sınıf %57.1 iken B-AHS ve doğrusal kombinasyon tekniği ile elde edile uygunluk sınıflarından S1 ve S2 düzeyinde alanın %57.4’ü işlemeli tarıma uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki işlemeli tarıma uygun olan alanların gerek AKK ile gerekse de B-AHS sonuçları oldukça bir birine yakın değerler olduğu görülürken, marjinal ve uygun olmayan alanlarda değişkenlik gösterebilmektedir.

Çizelge 9. AKK ve uygunluk sınıflarının karşılaştırılması

AKK Sınıfları	%	Uygunluk Sınıfları	%
İşlemeli tarıma uygun			
I	23.0	S1 ve S2	57.4
II	30.8		
III	3.3		
İşlemeli tarıma marjinal uygun			
IV	12.8	S3	31.0
İşlemeli tarıma uygun değil			
V	0.3	N	9,3
VI	10.6		
VII	10.6		
Göl Alanları	2.3	Göl Alanları	2,3
Toplam	100	Toplam	100

Sonuç

Yarı kurak iklim özelliğine sahip Ankara ilinin güneyinde yer alan Gölbaşı ilçesi özel çevre koruma alanı ve yakın çevresini kapsayan alanda, B-AHS ve doğrusal kombinasyon tekniği yöntemlerinin birlikte kullanımı ile işlemeli tarıma uygun potansiyel sahalara belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, elde edilen sonuçlar 1980'li yıllarda Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğüne oluşturulmuş Ankara İli arazi varlığı haritasında yer alan AKK verileri ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu kapsamda, çalışmanın çıkış noktasını; günümüzde kullanılan güncel teknolojiler ile (uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemi) yeni metodolojilerin (CBS, B-AHS) yanı sıra güncel sayısal veriler kullanılması ile çalışma alanının potansiyel işlemeli tarıma uygun alanların dağılımlarının ortaya konulması oluşturulmaktadır. Elde edilen sonuca göre, çalışma alanının %57.4'i potansiyel işlemeli tarıma uygun alanlarını oluşturmaktadır. Bu oran AKK da ise %57.1 olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, CBS ve uzaktan algılama teknikleri, yeni yöntem ve modellerle gün geçtikçe artan bir öneme sahip olmuş, mekânsal çalışmaların vazgeçilmez araçları haline gelmiştir. Toprak ve arazi gibi vazgeçilmez doğal kaynaklara ait parametrelerin çoğunda CBS ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması, analizlerin yapılmasında ve haritaların oluşturulmasında kolaylıklar sağlamıştır. Bu tekniğin kullanılması verilere daha kısa sürede ulaşılmasına, analiz ve sorgulama işlemi ile haritaların üretilmesine olanak tanımıştır.

Kaynaklar

- Bappa S, Prasanta D, Nazrul I, Amiya B, Manoj D, Ranjan R, 2021. Land suitability analysis for paddy crop using GIS-based Fuzzy-AHP (F-AHP) method in Koch Bihar district, West Bengal. Geocarto International, DOI: 10.1080/10106049.2021.2007299.
- Buckley JJ, 1985. Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy Sets And Syst., 17 (3): 233-247.
- Chang DY, 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European J. of Operational Research, 95 (3): 649-655.
- Chen Y, Khan K, Padar Z, 2008. Irrigation Torunlar ve Nazlıcan / Anadolu Tarım Bilim. Derg. / Anadolu J Agr Sci 33 (2018) 270-281 281 intensification or extensification assessment: a GISbasedspatial fuzzy multi-criteria evaluation. In: Proceedings of the 8th international symposium on spatial accuracy assessment in natural resources and environmental sciences, 25-27 June, Shanghai, P.R. China, 309-318.
- Çakır M, Dengiz O. 2021. Doğrusal kombinasyon tekniği kullanılarak arazi değerlendirme çalışması; Çarşamba Sefalı Köyü Örneği. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 9(1); 43-56.
- Dağdeviren M, 2007. Bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile personel seçimi ve bir uygulama. Gazi Üniv. Müh.-Mim. Fak. Derg., 22 (4): 791-799.
- Dedeoğlu M, Dengiz O, 2019. Generating of land suitability index for wheat with hybrid system approach using AHP and GIS. Computers and Electronics in Agriculture. 167: 105062. doi.org:10.1016/j.compag.2019.105062.
- Demirağ Turan İ, Dengiz O, Özkan B. 2019. Spatial assessment and mapping of soil quality index for desertification in the semi-arid terrestrial ecosystem using MCDM in interval type-2 fuzzy environment. Computers and Electronics in Agriculture. 164; 104933. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104933.

- Deng H, 1999. Multi criteria analysis with fuzzy pair wise comparison. In Fuzzy Systems Conference Proceedings, 1999 IEEE International, 2: 726-731.
- Dengiz O, 2002. Ankara Gölbaşı Özel Çevre Koruma Alanı ve Yakın Çevresinin Arazi Değerlendirmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 249.
- Dengiz O, Bayramın İ, Usul M, 2005. Kahramanmaraş Tarım İşletmesi Topraklarının Parametrik Yöntemle Kalite Durumlarının Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt: 11, Sayı: 1, sayfa: 45-50.
- Dengiz O, 2007. Assessment of Soil Productivity and Erosion Status for the Ankara-Sogulca Catchment Using GIS. International Journal of Soil Science 2 (1); 15-28.
- Dengiz O, Sarıoğlu, F.E., 2011. Samsun İlinin Potansiyel Tarım Alanlarının Genel Dağılımları ve Toprak Etüd ve Haritalama Çalışmalarının Önemi. Anadolu Tarım Bilimleri Derg., 26 (3): 241-253.
- Dengiz O, Sarıoğlu FE. 2011. Samsun İli Bazı Arazi Özellikleri ve Arazi Kullanım Durumlarının Topoğrafik Özellikleri ile Birlikte CBS Analizleri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48(1): 55-60.
- Dengiz O, Sarıoğlu FE. 2013. Parametric Approach with Linear Combination Technique in Land Evaluation Studies. Journal of Agricultural Sciences, 19 (2), 101-112.
- Dengiz O, Gülser C. 2014. Farklı fluvial depozitler üzerinde oluşmuş toprakların dağılım alanlarının belirlenmesi ve sınıflaması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 31;1(1):9-17.
- Dengiz O, Şişman AZ, Gülser C, Şişman YA. 2014. Arazi Toplulaştırmasında Kullanılan Arazi Kalite Derecelendirme Yöntemine Alternatif Yaklaşım. Toprak Su Dergisi. 3(1):59-69.
- Dent D, Young A. 1981. Soil survey and land evaluation. George Allen & Unwin. London, England.
- DMI. 2019. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Elaalem M, Comber A, Fisher P. 2011. A Comparison of Fuzzy AHP and Ideal Point Methods for Evaluating Land Suitability. Trans. GIS 15 (3), 329-346.
- FAO. 1976. A Framework for land evaluation. Soils Bulletin:32, Soils resources, management and conservation service, FAO Land and Water Development Division, Rome.
- Huang CC, Chu PY, Chiang YH. 2008. A fuzzy AHP application in government- sponsored R&D project selection. Omega 36 (6), 1038-1052
- Hurni, H. 1997. Concepts of sustainable land management. ITC J. 3/4, 210-215.
- Kahraman C, Cebeci U, Ruan D. 2004. Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. International Journal of Production Economics, 87 (2): 171-184.
- Kihoro J, Bosco NJ, Murage H. 2013. Suitability analysis for rice growing sites using a multicriteria evaluation and GIS approach in great Mwea region, Kenya. SpringerPlus, 2:265.
- Kilic OM, Ersayin K, Gunal H, Khalofah A, Alsubeie MS. 2021. Combination of fuzzy-AHP and GIS techniques in land suitability assessment for wheat (*Triticum aestivum*) cultivation. Saudi Journal of Biological Sciences.
- Maddahi Z, Jalalian A, Zarkesh MMK, Honarjo N. 2014. Land suitability analysis for rice cultivation using multi criteria evaluation approach and GIS. European Journal of Experimental Biology, 4 (3): 639-648.
- Malczewski J. 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. Int. J of Geog In Sci 20:703-726.
- Mustafa AA, Singh M, Sahoo RN, Ahmed N, Khanna M, Sarangi A, Mishra AK. 2011. Land Suitability Analysis for Different Crops: A Multi Criteria Decision Making Approach using Remote Sensing and GIS," Researcher, 3(2): 61-84.
- Özbek H, Dinç U, Berkman A, Şenol S, Kapur S. 1979. Tarım toprakları ve endüstri ilişkileri I. Çukurova da endüstrinin kapladığı tarım toprakları ve sorunları üzerine bir araştırma. Toprak İlmi Derneği 7. ve 8. Bilimsel Toplantı Tebliğleri. Yayın no :3 , Ankara.
- Özkan B, Dengiz O, Turan İD. 2020. Site suitability analysis for potential agricultural land with spatial fuzzy multi-criteria decision analysis in regional scale under semi-arid terrestrial ecosystem. Scientific Reports, 10: 22074. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79105-4>.
- 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 Beinart and Peter Nijkamp, Kluwer Academic Publishers, Environment and Management-Volume: 9, pp: 271-292, AA Dordrecht, The Netherlands.
- Pirbalouti AG. 2009. GIS-based land suitability evaluation for rapeseed oil crop. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7(3&4) : 837 - 840. Helsinki, Finland.

- Prakash TN, 2003. Land suitability analysis for agricultural crops: A fuzzy Multicriteria Decision Making Approach. http://itc.eu/library/Papers_2003/msc/gfm/prakash.pdf%5Cnhttp://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00298259/.
- Saaty TL. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Sönmez K. 1994. Toprak Koruma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 169, Erzurum
- Van Laarhoven PJM, Pedrycz W. 1983. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Fuzzy set and Systems, 11 (1-3): 229-241.
- Van Wambeke AR, 2000. The Newhall Simulation Model for Estimating Soil Moisture & Temperature Regimes. Department of Crop and Soil Sciences, U.S. Department of Agriculture, Ithaca, N.Y. Washington, DC.
- Zadeh LA. 1965. Fuzzy Sets. Information and Control, 8: 338-353.