



SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ YÖNETİMİNDE OPTİMAL TARIM ARAZİLERİNİN BELİRLENEBİLMESİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN KULLANIMI: BEYŞEHİR-KAŞAKLI ALT HAVZASI ÖRNEĞİ

Münevver Gizem GÜMÜŞ^{1,*} , Süleyman Savaş DURDURAN² 

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde Türkiye

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42060, Konya Türkiye

ÖZET

Sürdürülebilir arazi yönetiminde, mevcut arazilerin potansiyellerine uygun olarak verimli kullanımı ve planlanması oldukça önemlidir ve arazi kullanım politikalarının temel atılığını oluşturmaktadır. Bu planlama işlemi için karar vericilerin tüm kriterleri göz önüne alarak birçok alternatifi bir arada değerlendirmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerini bütünleşmiş bir şekilde kullanarak Beyşehir-Kaşaklı alt havzasına ait arazi kaynaklarının optimum kullanım yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yer seçiminde literatür taraması yapılarak 6 ana 22 alt kriter belirlenmiştir. Uygulamada Arazi Kullanımı/Örtüsü, Topografik Özellikleri, İklim Faktörü, Toprak Özellikleri, Erişilebilirlik ve Sulama ana kriter olarak kullanılmıştır. Parametrelerin birbirine göre önem derecelerinin belirlenmesinde uzman görüşlerine başvurulmuştur. Yapılan tüm analizler sonucunda 7329 km² lik çalışma alanının % 14.84'nün tarımsal üretim için yüksek derecede uygun, % 14.98'nün orta derecede uygun ve % 15.54 'nün ise düşük derecede uygun olduğu, % 35.62'lik alanın tarımsal üretim için uygun olmadığı, % 19.00 'lük alanın ise tamamen uygun olmayan alan olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: AHP, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uygunluk analizi, Sürdürülebilir arazi yönetimi, Tarım.

USING MULTIPLE CRITERIA DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR DETERMINATION OF OPTIMAL AGRICULTURAL LANDS IN SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT: BEYŞEHİR-KAŞAKLI SUB-BASIN EXAMPLE

ABSTRACT

The efficient usage and planning, which is suitable for the potential of existing land, is very important and constitutes the basis of land use policies in sustainable land management. The decision-makers should evaluate many the alternative together considering all the criteria for this planning process. In this study, it is aimed to determine the optimum usage areas of agricultural land of Beyşehir-Kaşaklı sub-basin using the integrated form of Analytical Hierarchy Process (AHP) method and Geographic Information Systems (GIS) technologies. The six major and twenty-two sub-criteria were determined by searching literature in the choice of location. Land Use / Cover, Topographic Properties, Climate Factor, Soil Properties, Accessibility, and Irrigation were used as the major criterion in Application. The expert opinions have been used in determining the importance of parameters according to each other. As a result of all analyses, it was determined that 14.84% of the 7329 km² study area is highly suitable for agricultural production, 14.98% is moderately suitable and 15.54% is low-suitable, 35.62% is not suitable for agricultural production and 19.00% is completely unsuitable.

Keywords: Agriculture, AHP, Geographic Information Systems, Suitability analysis, Sustainable land management.

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: gizemkisaaga@ohu.edu.tr

Geliş / Received: 13.04.2020 Kabul / Accepted: 03.07.2020 doi: 10.28948/ngmuh.719391

1. GİRİŞ

Yeryüzündeki sınırlı doğal kaynaklarımıza karşı sınırsız büyüme hedefleri ile doğal ilerleyişe ters düşen sınırlı gelişimler ve politikalar yüzünden arazi örtüsü ciddi deformasyonlara maruz kalmaktadır. 19. Yüzyıl ve sonrasında gelişen teknolojiyle birlikte sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı, vahşi tarımsal sulama faaliyetleri, su varlığı ve arazilerde meydana gelen kirlilikler, tarımda kullanılan bilinçsiz ve aşırı ilaçlama faaliyetleri, aşırı otlatmalar ve ormanlarda meydana gelen yangınlar gibi sınırlı doğal kaynaklar üzerindeki baskılar artmıştır. Özellikle bu baskıların doğanın kendini yenileme dengesini aşması durumunda tüm canlı ve cansız doğa, geri dönüşü olmayan ekolojik bozulma sürecini beraberinde getirmektedir. 21. yüzyılda yani günümüzde toprak ve arazi kullanımı küresel boyutta tüm insanlığı ilgilendiren önemli bir konu olmaya devam etmektedir. Son yıllarda meydana gelen artan tarımsal sulama faaliyetleri ve bilinçsiz su kullanımı başta olmak üzere yağış ve sıcaklıklardaki ani değişimler ve bunun bir getirisi olarak kuraklık dalgalarının artması, taşkınlar, artan evsel ve sanayi atıklarının göle deşarjı sonucu oluşan kirlilik, gölde bulunan biyolojik çeşitliliğin azalması, artan kıyı erozyonları gibi doğal çevrede yaşanan tahribatlar plansız kentleşme ve yanlış alınan arazi kullanım politikalarının bir ürünüdür [1].

Sürdürülebilir arazi yönetiminde, mevcut arazilerin potansiyellerine uygun olarak verimli kullanımı için farklı kriterlerinde sürece dahil ederek arazi kullanım planlamaları gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Karar vericilerin, tüm kriterleri göz önüne alarak en uygun yeri belirlemek için birçok alternatifi değerlendirmesi gerekmektedir. Günümüzde arazinin belli bir kullanım türü için uygunluğunu ve uygunluk düzeyini belirleme işlemi yapılırken CBS ve mekânsal Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri etkin bir şekilde kullanılmaktadır [2]-[6]. Tarıma uygun alanların optimal kullanım yerlerinin belirlenmesine yönelik yapılan literatür çalışmalarında birbirinden farklı ana ve alt kriterlerin kullanıldığı görülmektedir. Bunun sebebi çalışılan arazinin spesifik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Ek olarak, ilgili verilere erişimde yaşanan engeller de kriter seçiminde etken olduğu düşünülmektedir. Akıncı ve ark. [7] tarafından yapılan bir çalışmada büyük toprak grubu (BTG), diğer toprak özellikleri (DTO), arazi kullanım kabiliyeti (AKK), arazi kullanım kabiliyeti alt sınıfı, toprak derinliği, erozyon derecesi, eğim, bakı ve yükseklik parametrelerini kullanmıştır. Bandyopadhyay ve ark. [8], çalışmasında toprak dokusu, organik madde içeriği, toprak derinliği, eğim ve arazi kullanım/arazi örtüsü parametrelerini kullanmıştır. Bozdağ ve ark. [9], çalışmasında ana kriter olarak: toprak özellikleri, topografik özellikler, iklim ve yeraltı suyu parametrelerini, alt kriter olarak ise toprağın uygunluğu, arazi kullanımı, yağış, bakı, eğim, yükseklik, tuzluluk tehlikesi (ECw), sodyum tehlikesi (SAR), klorür (Cl), su tablasının derinliği (DTW) parametrelerini kullanmıştır. Akten [10], yaptığı doktora çalışmasında tarım sektörü için arazi kullanımını etkileyen parametre seti olarak: arazi kullanım yetenek sınıfları, toprak derinliği, sınırlayıcı toprak özelliği, drenaj, erozyon, eğim, bakı, su varlığı, yağış ve sıcaklık kriterlerini kullanmıştır. Demir ve ark. [11], çalışmasında arazi kullanım yetenek sınıfları, sınırlayıcı toprak özellikleri, toprak derinliği, bitki örtüsü, eğim, erozyon, sıcaklık, yağış, yükseklik ve bakı parametrelerini kullanmıştır.

Bu çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP ve CBS tekniklerini kullanarak Beyşehir-Kaşaklı alt havzasına ait ekolojik yapının korunması adına arazi kaynaklarının optimum kullanım yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Arazi uygunluk analizi ile gerçekleştirilecek yer seçim analizi için literatür kaynakları ve arazinin spesifik özellikleri temel alınarak 6 ana 22 alt kriter belirlenmiştir [7]-[15]. Uygulamada Arazi Kullanımı/Örtüsü, Topografik Özellikleri, İklim Faktörü, Toprak Özellikleri, Erişilebilirlik ve Sulama ana kriterleri kullanılmıştır. Parametrelerin birbirine göre önem derecelerinin belirlenmesinde anket uygulaması yapılarak uzman görüşlerine başvurulmuş ve Expert Choice (EC) yazılımı ile nispi önem derecelerine göre ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ağırlıklandırılmış kriterler ArcGIS yazılımında işlenerek yer seçimine yönelik mekânsal analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygunluk analizleri ve değerlendirmeler sonucunda Beyşehir-Kaşaklı alt havzasına ait arazi kaynaklarının optimum kullanım yerleri Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nın arazi uygunluk sınıflandırmasına göre kategorize edilmiştir [16]. Bu çalışma ile birlikte tarımsal üretim bakımından Türkiye'nin büyük bir bölümünü içine alan Konya Kapalı havzasına (KKH) ait çalışma alanının gelişmiş teknolojik yöntemlerin kullanılmasıyla yanlış yer seçim kararlarından doğan olası zararların önlenmesi hedeflenmektedir.

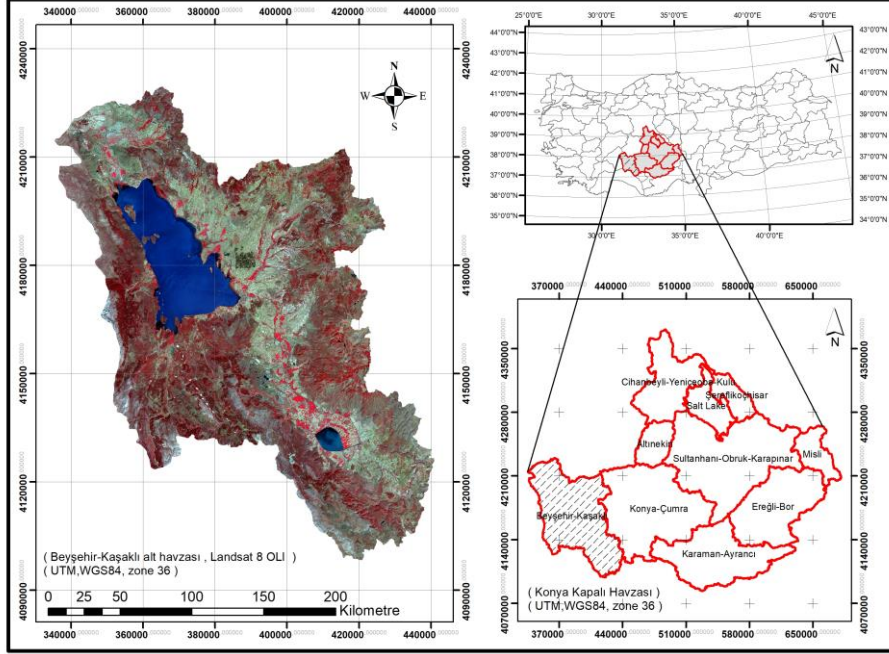
2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma, Türkiye'nin en büyük kapalı havzası olan KKH'nda gerçekleştirilmiştir. KKH, en büyük kapalı havza olmasının yanı sıra tarımsal üretim bakımından ülkemizin arazi potansiyelinin %14 ünü oluşturmaktadır. Tarımsal açıdan oldukça verimli olan bu havza Devlet Su İşleri (DSİ) Konya IV. Bölge Müdürlüğüne yeraltı suyu beslenme alanı, jeolojik, hidrojeolojik ve akifer yapıları gibi çeşitli özellikler dikkate alınarak 9 alt havzaya ayrılmıştır [17]. Bunlar Beyşehir-Kaşaklı, Konya-Çumra, Karaman-Ayrancı, Ereğli-Bor, Aksaray-Karapınar, Altınekin, Cihanbeyli-Kulu, Şereflikoçhisar, Niğde Misli alt havzalarıdır. Bu çalışmada arazi uygunluk analizlerinin gerçekleştirilmesinde KKH'nın batısında konumlanan Beyşehir-Kaşaklı alt havzası seçilmiştir. Havza, Konya, Isparta illeri ve Antalya ilinin yerleşik olmayan bölgelerini içine alan yaklaşık 7329 km² lik geniş bir alana yayılmaktadır. Havza 37° 26'- 38° 03' kuzey enlemleri ile 31° 15' - 31° 46' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).

SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ YÖNETİMİNDE OPTİMAL TARIM ARAZİLERİNİN BELİRLENEBİLMESİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN KULLANIMI: BEYŞEHİR-KAŞAKLI ALT HAVZASI ÖRNEĞİ

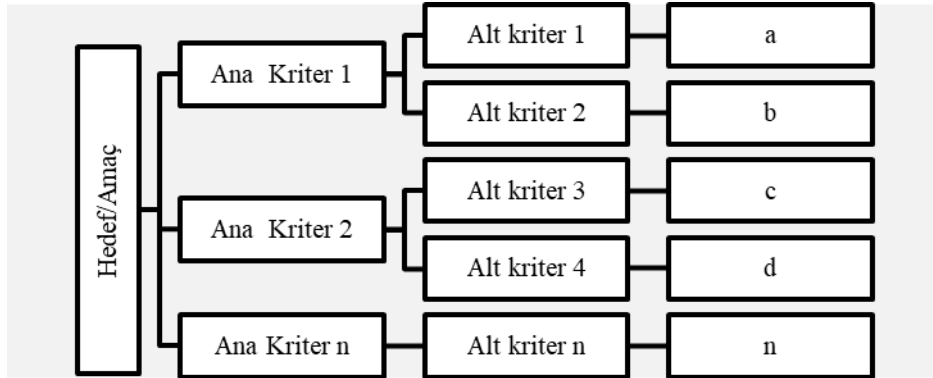
Havzanın batısında Anamas, Kartız ve Dedegül dağları, güneyinde güney doğu kuzey batı doğrultusunda uzanan Seyran ve Seydişehir Dağları, doğusunda Sultan, Alaca ve Erenkilit Dağı, kuzeyinde ise Sultan ve Anamas Dağları arasında kalan Şarkikaraağaç Ovası bulunmaktadır [18]. Alt havza alanı olan bu bölge, güney ve batısında Antalya Havzası, Kuzeyinde Akarçay Havzası, Doğusunda Çumra alt havzası, Kuzey doğusunda ise Sakarya havzası ile çevrilidir.



Şekil 1. Çalışma alanı (Beyşehir-Kaşaklı alt havzası)

2.2. Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) Yöntemi

AHP yöntemi, 1970'lerde Saaty tarafından geliştirilen karmaşık karar problemlerini çözmek için tasarlanmış, çoklu senaryo ve kriterleri basitleştiren öznel ve nesnel ölçüleri birlikte değerlendirmeye olanak tanıyan matematiksel tabanlı ÇKKV yöntemidir [19]. Yöntem ikili karşılaştırmalar yaparak, karar vericinin probleme geniş açıdan bakmasını sağlar [20]. Saaty'nin [19], AHP yöntemi için hazırladığı ilk metodoloji; modelleme, değerlendirme, önceliklendirme ve sentez aşamalarından oluşan bir formülasyondur. Çalışmada bu metodolojiyi kullanarak 4 temel aşamada (ana kriterler, alt kriterler, nitelikler ve karar alternatifleri) temsil edildiği bir hiyerarşi oluşturulmuştur (Şekil 2). Burada hedeflenen ve amaçlanan karar verme problemi, oluşturulan hiyerarşinin en üstünde bulunur. Problemin çözümüne götürecek diğer ana ve alt kriterler ise kalan seviyelere yerleştirilerek sistem oluşturulur [21].



Şekil 2. AHP yöntemi hiyerarşik yapısı

AHP yöntemi hiyerarşik yapının oluşturulması, ikili karşılaştırmaların yapılması ve ağırlıkların hesaplanması olarak özetlenebilir [22], [23]. Hiyerarşik olarak sıralanan öznel ölçütler (ana ve alt kriter çiftleri) arasında ikili karşılaştırılma işlemi yapılır. İkili karşılaştırmalar yapılırken “bir kriter diğer bir kritere göre ne kadar önemlidir?” sorusunun cevabının aranması yöntemin temelini oluşturmaktadır. Bu karşılaştırmada Tablo 1 den anlaşılacağı gibi 1’den 9’a kadar giden bir değerlendirme ölçeği kullanılır [19].

Tablo 1. AHP yöntemi değerlendirme ölçeği [24].

Önem Derecesi	Açıklama
1	Öğeler eşit önemde veya aralarında kayıtsız kalınıyor
3	Öğe 2.’ye göre biraz daha önemli veya biraz daha tercih ediliyor
5	Öğe 2.’ye göre fazla önemli veya tercih ediliyor
7	Öğe 2.’ye göre çok fazla önemli veya çok fazla tercih ediliyor
9	Öğe 2.’ye göre aşırı derecede önemli veya aşırı derecede tercih ediliyor
2,4,6,8	Ara değerler (uzlaşma gerek durumlarda kullanılır).

İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulduktan sonra göstergelerin ağırlıklandırılması bu ölçeğe göre yapılır ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Bu matris $n*(n-1)/2$ adet karşılaştırmadan oluşur ve oluşan matris $A = [E_{ij}]_{n \times n}$ şeklindedir [25], [26].

$$A = \begin{bmatrix} E_{11} & E_{12} & \dots & E_{1n} \\ E_{21} & E_{22} & \dots & E_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ E_{n1} & E_{n2} & \dots & E_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Burada oluşturulan matris için ‘i’ satır ‘j’ sütun sayısı olduğu düşünülürse $a_{ji}=1/a_{ij}$, $a_{ij} \neq 0$ olur. Eğer $i=j$ ise $a_{ij}=1$ ’dir [27]. Tüm ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra, Saaty’nin öz vektör metoduna göre ağırlıklar, $w = [w_1, w_2, w_3 \dots w_n]$ hesaplanır ve alternatiflere göre derecelendirilir [28], [29]. Ağırlıklandırma işleminde ikili karşılaştırma matrisinde bulunan her eleman sütun toplamına bölünerek normalleştirilmiş değerler bulunur ve bu matriste satır ortalamaları alınarak işlem gerçekleştirilir. Kullanılan ağırlıklar 0’dan 1 değerine kadar ölçeklendirilir ve tüm ağırlıkların toplamı 1’e eşittir [20], [21]. Uzman görüşleri sonucunda belirlenen kriterler arasında kıyaslama yaparken anketlerin tutarlı olup olmadığını değerlendirmek için tutarlılık oranı hesaplanır. Karar vericilerin verdikleri kararların tutarlı çıkmaması durumunda ilgili anketlerin ve ağırlıklandırma işleminin yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bu hesaplamada kriter sayısına bağlı olarak rastgele indeks sayıları kullanılır (Tablo 2) [30]. Tutarlılık indeksinin karşılaştırılan kriterlerin sayısına bağlı olarak değişen rastgele indeks göstergesine bölünmesiyle tutarlılık oranı elde edilmektedir [31].

Tablo 2. Rastgele indeks göstergesi, RI: Rastgele indeks [24]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	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

Burada tutarlılık Katsayısının kabul edilebilir düzeyde olması için maksimum 0,10 olmalıdır. Hesaplamalar sonucunda bulunan değer 0,10’un altında ise oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu; 0,10’un üzerinde ise karar matrisinin tutarsız olduğu ve bu sonucun yeniden düzenlenmesi gerekmektedir [32], [33].

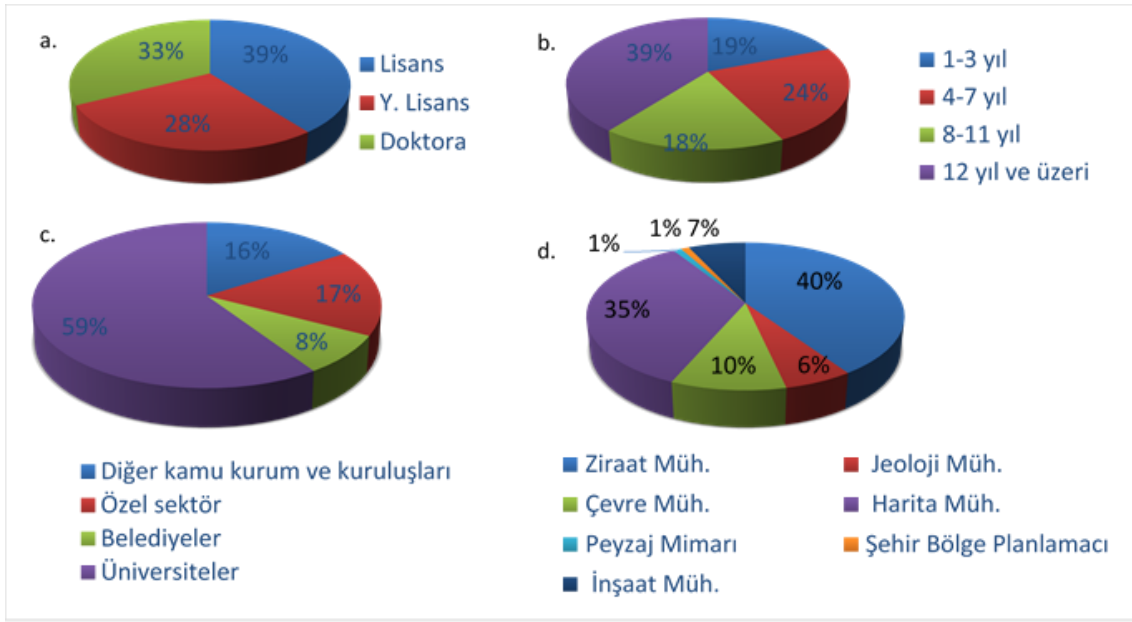
2.3. Uzman Görüşlerinin İrdelenmesi ile Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Sürdürülebilir arazi yönetiminde optimal tarım arazilerinin belirlenebilmesi için öncelikle konu ile ilgili geçmişte yapılan literatür çalışmaları incelenmiştir. Literatürde tarıma uygun alanların optimal kullanım yerlerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda birbirinden farklı ana ve alt kriterlerin kullanıldığı görülmektedir. Bunun sebebi çalışılan arazinin spesifik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Ek olarak, ilgili verilere erişimde yaşanan engeller de kriter seçiminde etken olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada literatür araştırmaları sonucu potansiyel tarım alanları için olması gerektiği düşünülen 6 temel

SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ YÖNETİMİNDE OPTİMAL TARIM ARAZİLERİNİN BELİRLENEBİLMESİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN KULLANIMI: BEYŞEHİR-KAŞAKLI ALT HAVZASI ÖRNEĞİ

gösterge oluşturulmuştur. Bunlar; Arazi Kullanımı/Örtüsü, Topografik Özellikleri, İklim Faktörü, Toprak Özellikleri, Erişilebilirlik, Sulama parametreleridir.

İlgili kriterler belirlendikten sonra anket uygulaması yapılarak kriterlerin birbirine göre önem dereceleri belirlenmiştir. Anket uygulaması, toplam 100 uzman görüşü alınarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada katılımcıların profillerini belirlemeye yönelik ve optimal tarım arazileri yer seçimleri için hazırlanan kriterlerin ikili karşılaştırmalarını yapan çeşitli sorular sorulmuştur. Anket bulgularına göre uzmanlar; Ziraat Mühendisliği (41), Jeolog(6), Çevre Mühendisliği (10), Harita Mühendisliği (35), Peyzaj Mimarı (1), Şehir Bölge Planlamacı (1) ve İnşaat Mühendisliği (7) meslek gruplarından oluşmaktadır. Katılımcıların meslek dağılımlarını üniversiteler (60), belediyeler (8) ve özel sektör çalışanları (17) ve diğer kamu kurum kuruluşları çalışanları (16) oluşturmaktadır. Katılımcıların % 39 u lisans mezunu, %28 i yüksek lisans mezunu ve %33 ü ise doktora mezunudur. Çalışanların meslekteki deneyimlerinin %19'u 1-3 yıl, %24'ü 4-7 yıl, %18'i 8-11 yıl ve kalan %39 u ise 12 yıl ve üzerini oluşturmaktadır (şekil 3).



Şekil 3. Yapılan anket sonuçları; a. Eğitim düzeyleri, b. Meslekteki deneyimleri, c. Çalışılan kurum, d. Meslek dağılımları.

Anketin ikinci aşamasında hiyerarşik olarak sıralanan öznel ölçütler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Anket uygulaması ile toplanan veriler EC programında işlenerek her bir sütun değerinin ayrı ayrı ilgili sütun toplamına bölünmesi ile matrisin normalleştirilme işlemi gerçekleştirilmiştir. Değerlerin toplamı 1'e eşitlenip her bir satırın ortalaması alınarak elde edilen bu değerler, her bir ölçüt için yüzde nispi önem ağırlıkları hesaplanmıştır (Tablo 3).

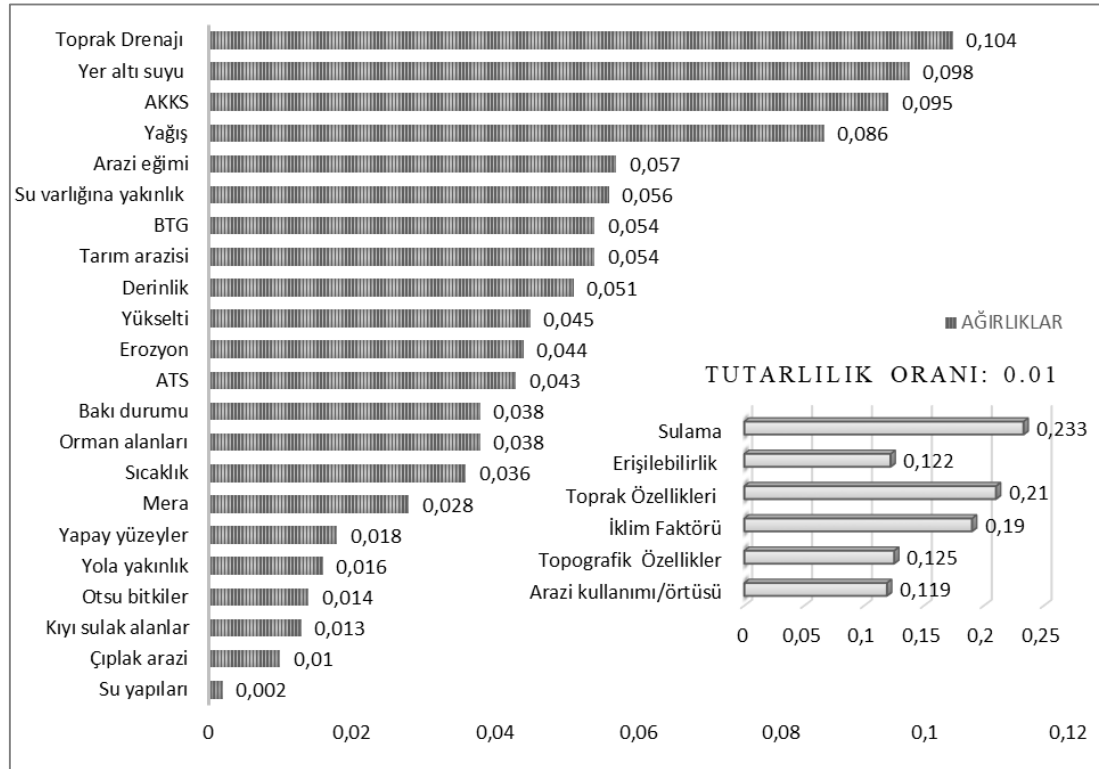
Tablo 3. Uygunluk analizi kriterleri ve nispi önem derecelerinin gösterimi

TEMEL KRİTERLER	AĞIRLIK	KRİTERLER	AĞIRLIK	ALT KRİTERLER	AĞIRLIK
Arazi kullanımı/ örtüsü	0.119	Tarım arazisi	0,281	Yüksek uygun	0.575
		Otsu bitkiler	0,070	Uygun	0.394
		Mera	0,143		
		Çıplak arazi	0,047	Uygun değil	0.031
		Yapay yüzeyler	0,092		
		Orman alanları	0,195		
		Kıyı sulak alanlar	0,061		
Su yapıları	0,111				
Topografik Özellikler	0.125	Bakı durumu	0,266	G,GB, GD, Zemin	0.389
				B, D	0.277
				KB, KD	0.195
				K	0.139

SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ YÖNETİMİNDE OPTİMAL TARIM ARAZİLERİNİN BELİRLENEBİLMESİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN KULLANIMI: BEYŞEHİR-KAŞAKLI ALT HAVZASI ÖRNEĞİ

		VII	0.124		
		VIII	0.01		
Erişilebilirlik	0.122	Yola yakınlık	0,220	0-300	0.515
				300-1000	0.249
				1000-2000	0.192
				2000-5000	0.023
				>5000	0.021
				0-300	0.535
Su varlığına yakınlık	0,780	Su varlığına yakınlık	0,780	300-1000	0.273
				1000-2000	0.187
				2000-5000	0.005
				>5000	0.000
				Var	1.000
				Yok	0.000
Sulama	0.234	Toprak Drenajı	0,518	0-300	0.537
				300-1000	0.283
				1000-2000	0.154
				2000-5000	0.019
				>5000	0.007

Çalışma sonucunda oluşturulan grafikler incelendiğinde 6 ana kriter karşılaştırmasında önem derecesi en yüksek kriterin Sulama parametresi (0.234) olduğu görülmektedir. Sonraki sıralama Toprak özellikleri (0.210), İklim faktörü (0.190), Topografik özellikler (0.125), Erişilebilirlik (0.122) ve Arazi kullanımı/örtüsü (0.119) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca Öznel yargıların tutarlılığının kontrol edilmesi aşamasında ise hesaplanan tutarlılık oranı 0.01 olarak çıkmıştır. Böylelikle, yapılan tüm işlem adımları için matrisin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Nispi önem derecelerinin belirlenmesi ve tutarlılık oranına ait tüm veriler Expert Choice programından elde edilerek şekil 4 de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

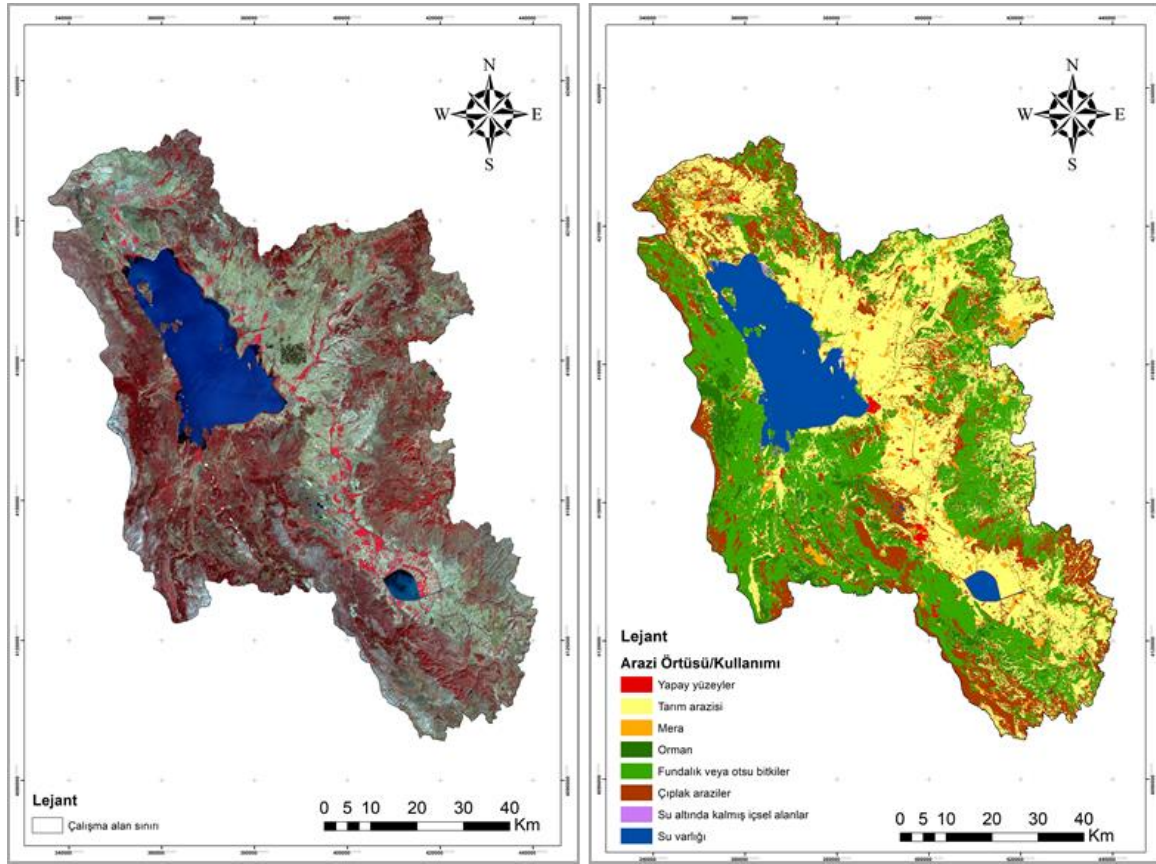


Şekil 4. Ağırlıklandırma tablosu (ideal mod) ve tutarlılık oranının gösterilmesi (Expert Choice program çıktıları)

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Arazi kullanımına etki eden tüm elemanların ana-alt kriter bağlamında ayrıntılı olarak ele alınması gerekmektedir. Çalışmada uygunluk analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için gereken 6 ana ve 22 alt kriterler belirlenmiştir. Elde edilen tüm kriterler somutlaştırılarak görselleştirilmesi amacıyla haritalandırılmıştır (Şekil 5:10). Çalışmadaki tüm görselleştirme ve uygun yer seçim analizlerinin gerçekleştirilmesi için ArcGIS 10.5 yazılımından faydalanılmıştır.

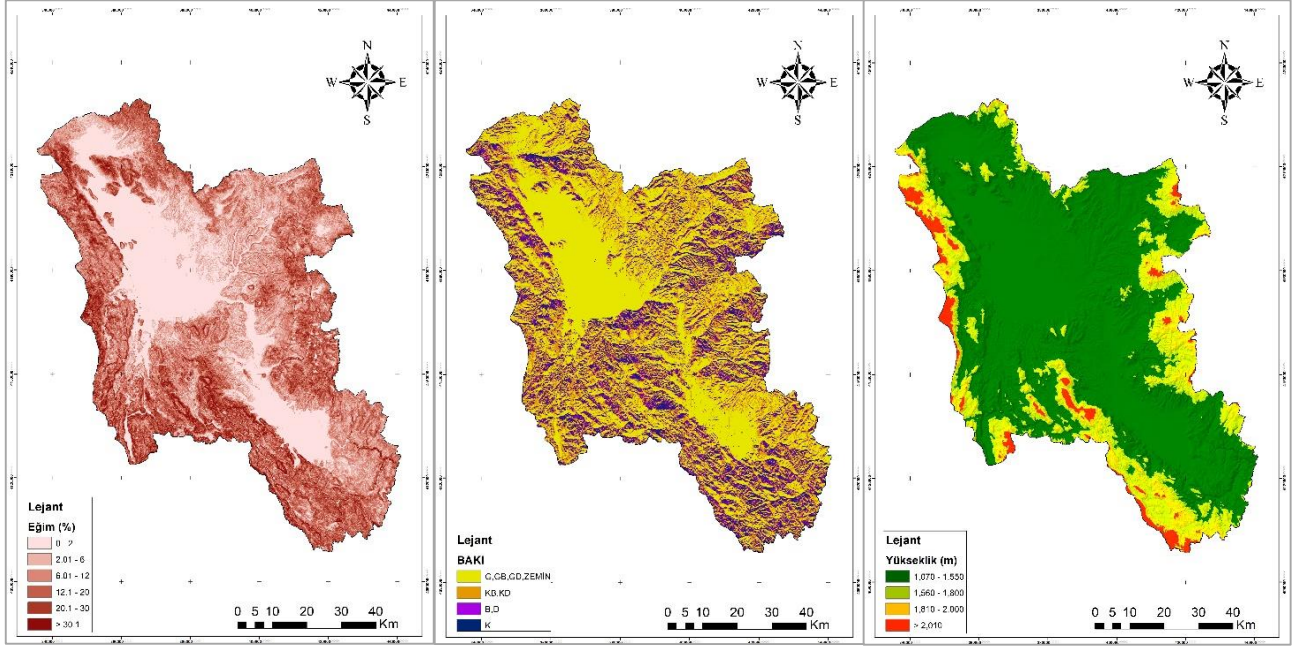
Çalışmada belirlenen ilk ana kriter olan Arazi kullanımı/ örtüsü kriterine ilişkin veri seti (Tarım arazisi, Yerleşim alanı/Yapay yüzeyler, Orman alanları, Otsu bitkiler/Fundalıklar, Çıplak arazi/Kayalık, Mera, Kıyı sulak alanlar/Bataklıklar, Su yapıları) Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) sitesinden ücretsiz olarak temin edilen Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) multispektral uydu görüntülerinin [34] geometrik ve radyometrik düzeltilmesi ile ön işlenerek kontrollü sınıflandırılması sonucu üretilmiştir (Şekil 5). İlgili ana kriter uzman görüşleri sonucu 0.119 ağırlık oranı ile en düşük ana kriter olarak belirlenmiştir. Alt kriterler incelendiğinde ise Tarım arazisi kriterinin 0.281 ağırlık oranı ile en önemli alt kriter olduğu bölgede bulunan Su yapıları kriterinin ise en düşük önem derecesine sahip alanlar olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5. a) Landsat 8 OLI uydu görüntüsü, b) Arazi örtüsü/kullanımı haritası

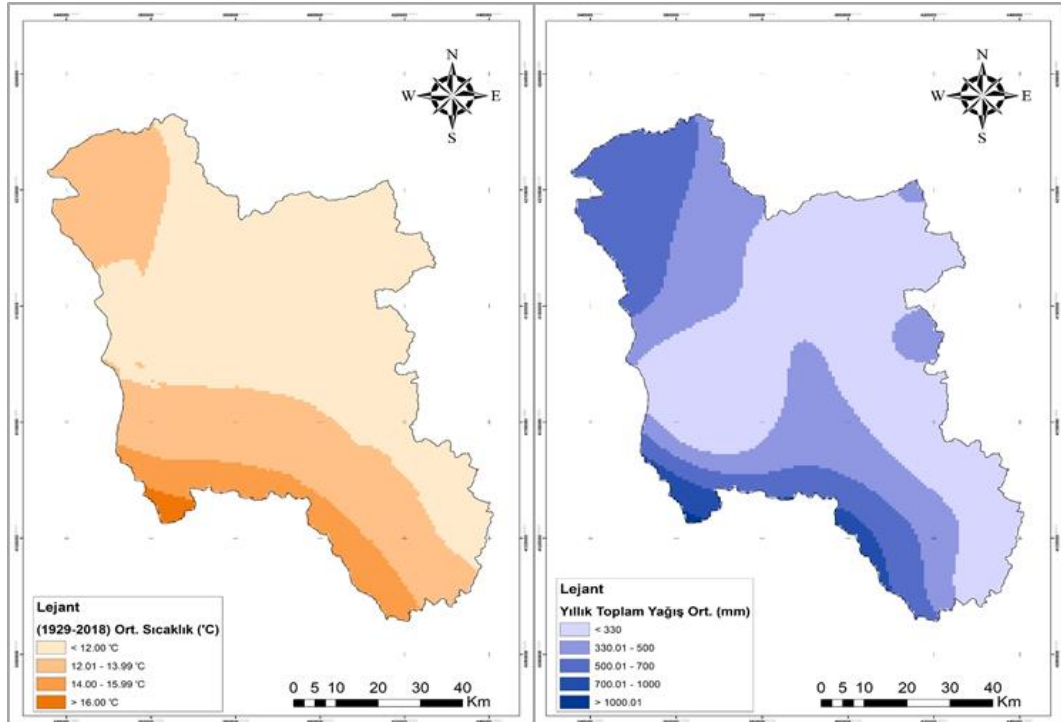
İkinci kriter olan Topografik parametreler (Arazi eğimi, Bakı durumu, Yükselti) ise Harita Genel Müdürlüğü (HGM)'nce temin edilen 2nci Düzey DTED (DTED-2) Sayısal Arazi Modeli (SAM) verisi üzerinden üretilmiştir (Şekil 6). HGM tarafından üretilmiş ülke genelini kapsayan DTED-2 verileri, 1:25.000 ölçekli haritalar üzerindeki (10 m aralıklı) eş yükseklik eğrilerinden üretilmiştir. Veri 1" x 1" (yaklaşık 30 m x 30 m) grid aralıklıdır. İlgili ana kriter uzman görüşleri sonucu 0.125 ağırlık oranı ile üçüncü derecede önemli kriter olduğu belirlenmiştir. Alt kriterler incelendiğinde ise Arazi eğimi kriterinin 0.409 ağırlık oranı ile en önemli alt kriter olduğu, bu kriteri yükselti (0.325) ve bakı durumunun (0.266) takip ettiği belirlenmiştir.

SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ YÖNETİMİNDE OPTİMAL TARIM ARAZİLERİNİN BELİRLENEBİLMESİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN KULLANIMI: BEYŞEHİR-KAŞAKLI ALT HAVZASI ÖRNEĞİ



Şekil 6. Topografik özellikler kriter analizleri; a) eğim, b) bakı ve c) yükseklik haritası

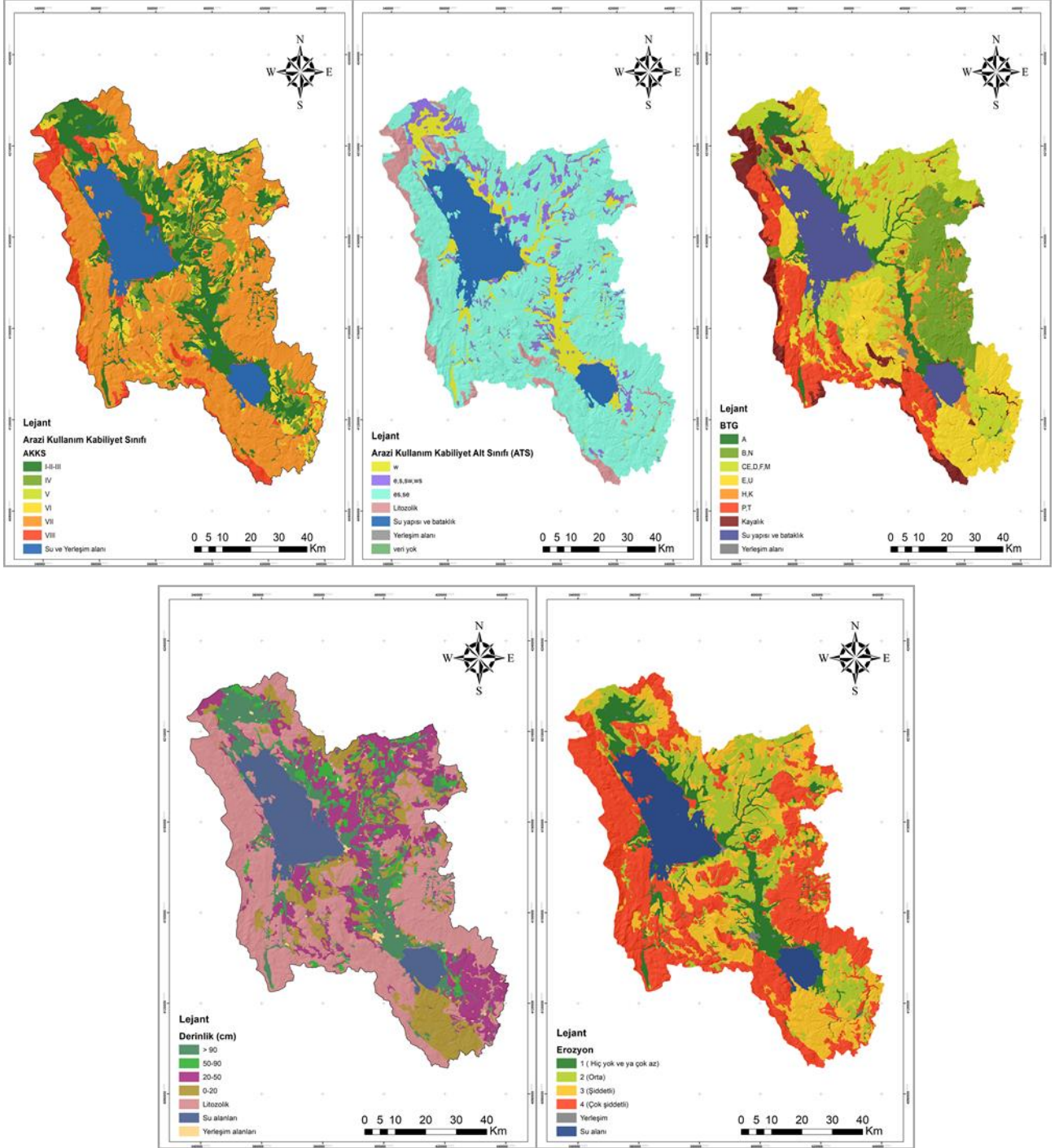
İklim Faktörü parametre seti (Yağış, Sıcaklık) ise 4. Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü ve 8. Konya Meteoroloji Bölge Müdürlüğüne temin edilen Beyşehir (1742), Seydişehir (17898), Hadim (17928), Hüyük (18497), Derebucak (18492), Doğanhisar (18493) ve Şakirkaraağaç (17863) meteoroloji istasyonuna ait ortalama sıcaklık ve yağış değerlerinden enterpolasyon yöntemi ile üretilmiştir (Şekil 7). İlgili ana kriter uzman görüşleri sonucu 0.190 ağırlık oranı ile üçüncü en önemli kriterdir. Burada yağış parametresi (0.710) sıcaklık parametresine (0.290) daha öncelikli bir kriter olduğu belirlenmiştir.



Şekil 7. İklim faktörü kriter analizleri; a) Sıcaklık ve b) yağış haritaları

M. G. Gümüş, S. S. Durduran

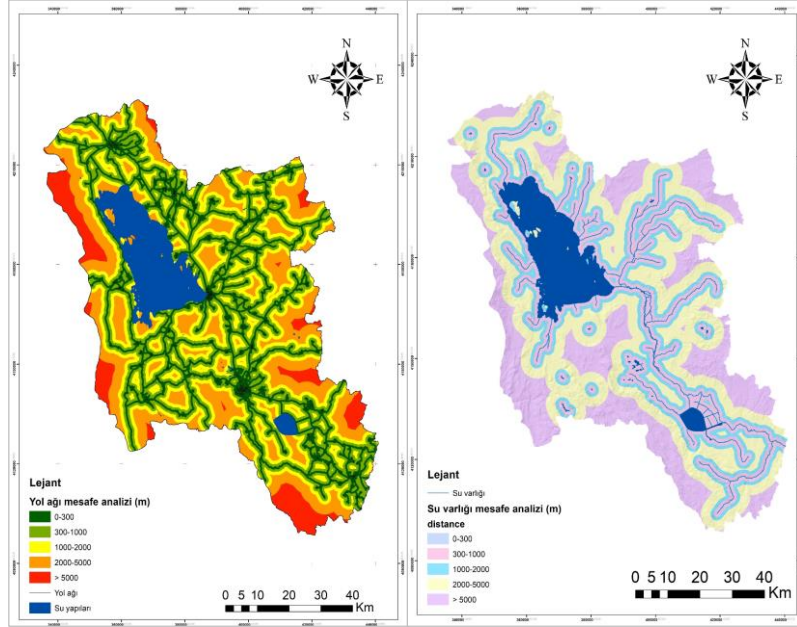
Çalışmada kullanılan bir diğer parametre seti olan toprak verileri (Derinlik, Büyük Toprak Grubu (BTG), Arazi kullanım kabiliyet sınıfı (AKKS), Erozyon, Arazi Kullanım Kabiliyeti Alt Sınıfı (ATS)) ise Tarım Reformu Genel Müdürlüğü (TRGM)'den elde edilen “.shp” formatlı sayısal altlıklardan yararlanılarak üretilmiştir (Şekil 8). İlgili ana kriter uzman görüşleri sonucu 0.210 ağırlık oranı ile ikinci en önemli kriter olduğu belirlenmiştir. Alt kriterler arasında ise AKKS parametresinin (0.333) en önemli alt kriter olduğu ve devamında BTG (0.189), Derinlik (0.179), Erozyon(0.151) ve ATS (0.148) parametreleri geldiği belirlenmiştir.



Şekil 8. Toprak özellikleri kriter analizleri; a)AKKS, b) ATS, c)BTG, d) Derinlik, e) erozyon haritaları

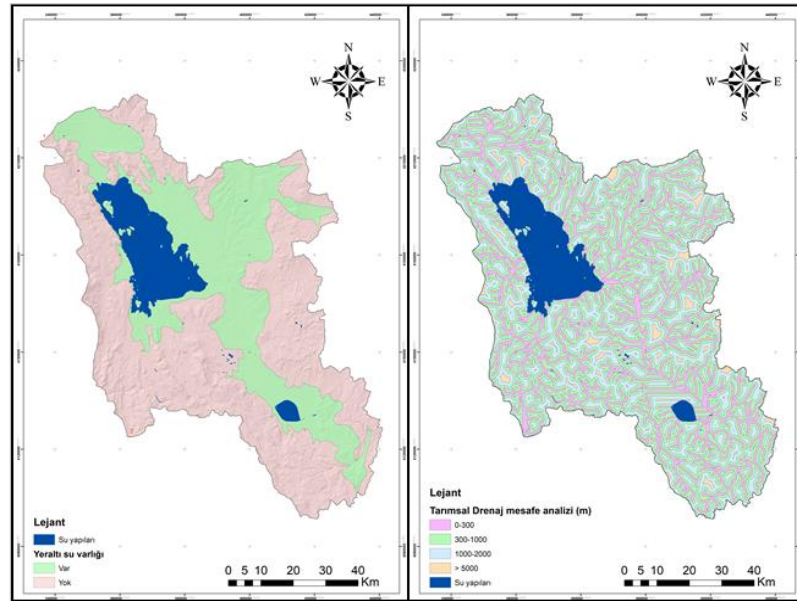
SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ YÖNETİMİNDE OPTİMAL TARIM ARAZİLERİNİN BELİRLENEBİLMESİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN KULLANIMI: BEYŞEHİR-KAŞAKLI ALT HAVZASI ÖRNEĞİ

Son iki kriter olan Erişilebilirlik, Sulama parametrelerine ait haritalar mesafe analizi (Buffer) gerçekleştirilerek üretilmiştir. Yola yakınlık, Su varlığına yakınlık, Toprak Drenajı alt kriterlerine ait göstergeler 0-300, 300-1000, 1000-2000, 2000-5000 ve 5000 metreden daha büyük mesafeler olmak üzere 5 farklı göstergede kategorize edilmiştir (Şekil 9-10). İlgili ana kriter uzman görüşleri sonucu 0.122 ağırlık oranı ile beşinci derecede önemli kriter olduğu ve alt kriterler incelendiğinde ise Su varlığına yakınlık parametresinin (0.780) yol ağına mesafe parametresine (0.220) göre daha öncelikli bir kriter olduğu belirlenmiştir.



Şekil 9. Erişilebilirlik kriteri mesafe analizleri; a) yol ağı mesafe analizi b) su varlığı mesafe analizi

Toprak drenajı belirlemek için HGM'den elde edilen DTED-2 SAM verisi kullanılmıştır. Tarımsal drenaj hatları, ArcGIS yazılımı üzerinden Hidroloji modülü kullanılarak üretilmiştir. İlgili ana kriter uzman görüşleri sonucu 0.233 ağırlık oranı ile önem derecesi en yüksek kriter olduğu ve alt kriterler incelendiğinde ise toprak drenajı parametresinin (0.518) yer altı su varlığı parametresine (0.482) göre daha öncelikli bir kriter olduğu belirlenmiştir.

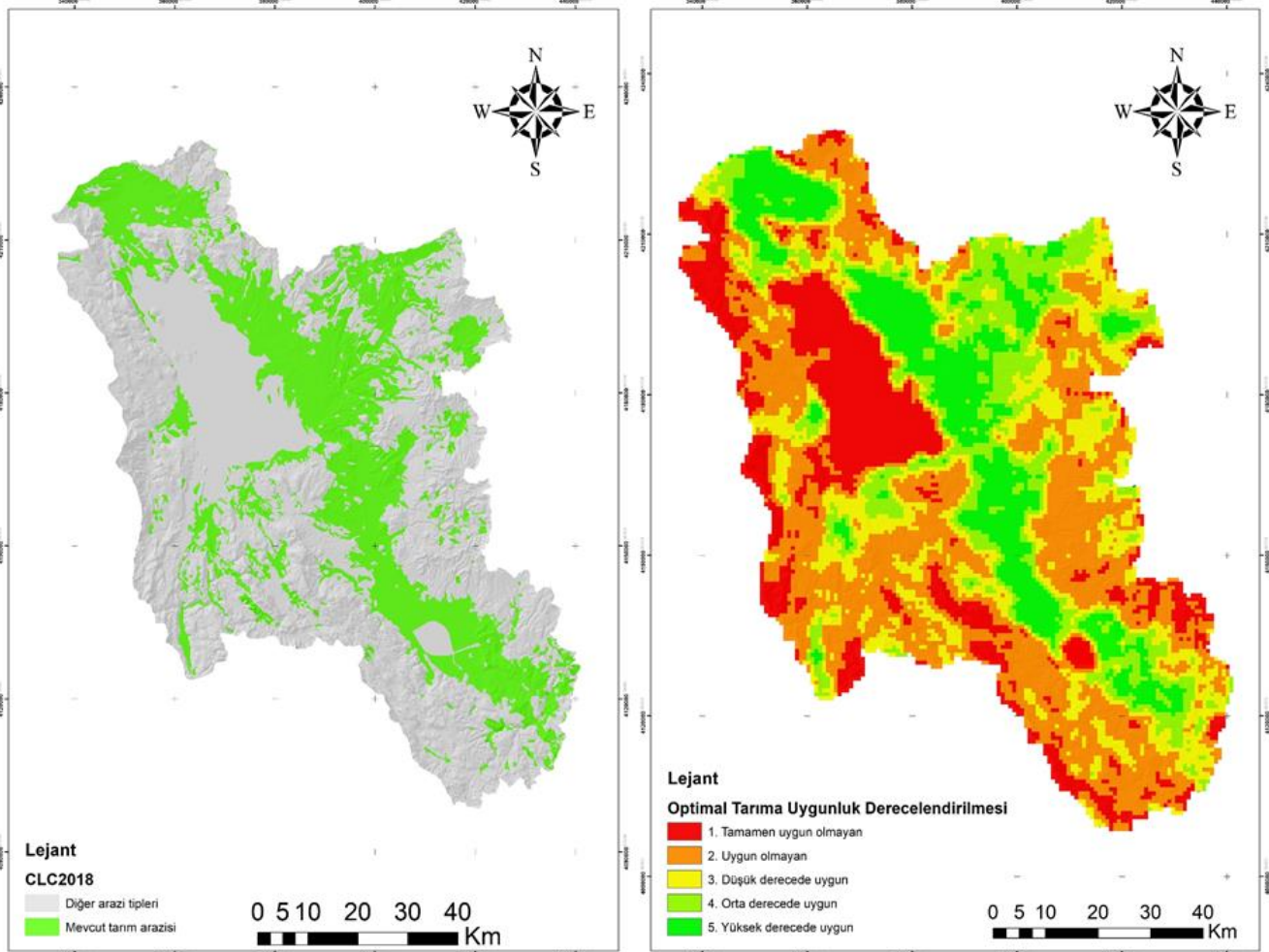


Şekil 10. Sulama kriteri analizleri; a) yer altı suyu varlığı ve b) Tarımsal drenaj mesafe analizi haritaları

Hazırlanan sonuç haritalar CBS ortamında raster formata çevrilerek yeniden sınıflandırma (Reclassify) işlemine tabii tutulmuştur. Bu işlem ile ilgili tüm kriterler uzman görüşleri sonucu belirlenen ağırlık derecelerine göre ağırlıklandırılmış ve “Raster calculator” modülü ile ağırlıklı olarak çakıştırılarak nisbi önem derecelerine göre arazi uygunluk haritası oluşturulmuştur.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi ve CBS teknolojilerini entegre bir şekilde kullanarak Beyşehir-Kaşaklı alt havzasına ait ekolojik yapının korunması adına arazi kaynaklarının optimum kullanım yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada literatür taraması yapılarak mevcut kriterler belirlenmiştir. İlgili kriterler belirlendikten sonra uzman görüşleri alınarak kriterlerin birbirine göre nisbi önem dereceleri belirlenerek kriterler ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen ağırlıklandırılmış tüm veriler somutlaştırılarak görselleştirilmesi amacıyla haritalandırılmıştır. Hazırlanan sonuç haritalar CBS ortamında raster formata çevrilerek yeniden sınıflandırma (Reclassify) işlemine tabii tutulmuştur. Elde edilen raster haritalar CBS ortamından ağırlıklı olarak çakıştırılarak tarım arazileri için uygunluk haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan sonuç harita, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)’nün arazi uygunluk sınıflandırmasına göre 5 kategoriye ayrılmıştır. Sınıflandırma; Yüksek Derecede Uygun, Orta Derecede Uygun, Düşük Derecede Uygun alanlar ile Uygun Olmayan ve Tamamen Uygun Olmayan alanlar şeklindedir (Şekil 11).



Şekil 11. a) CORINE 2018 mevcut tarım arazisi kullanım haritası ve b) optimum tarım arazisi kullanım haritası

Çalışmada üretilen arazi kullanımı uygunluk haritasına göre, 7329 km² havza alanının 1097 km² (% 14.84) lik alanının tarımsal üretim için yüksek derecede uygun, 1107 km² (% 14.98) lik alanının orta derecede uygun, 1149 km² (% 15.54) lik alanın

SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ YÖNETİMİNDE OPTİMAL TARIM ARAZİLERİNİN BELİRLENEBİLMESİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN KULLANIMI: BEYŞEHİR-KAŞAKLI ALT HAVZASI ÖRNEĞİ

ise düşük derecede uygun olduğu, 2633 km² (% 35.62) lik alanın tarımsal üretim için uygun olmadığı, 1405 km² (% 19.00) lik alanın ise tamamen uygun olmayan alan olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Yer seçim kriterleri ve ağırlıkları

Uygunluk sınıflandırması	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Yüksek Derecede Uygun	1097	14.842
Orta Derecede Uygun	1107	14.977
Düşük Derecede Uygun	1149	15.546
Uygun Olmayan	2633	35.624
Tamamen Uygun Olmayan	1405	19.009
Toplam alan	7391	100.00

Şekil 11’ de gösterilen havza alanına ait CORINE 2018 arazi örtüsü/kullanımı verileri incelendiğinde 7391 km²’lik havzanın 2807 km²’lik alanının tarım arazisi olarak kullanıldığı belirlenmiştir. Yapılan uygunluk analizi sonuçları ve CORINE 2018 arazi örtüsü/kullanımı verileri ile karşılaştırıldığında;

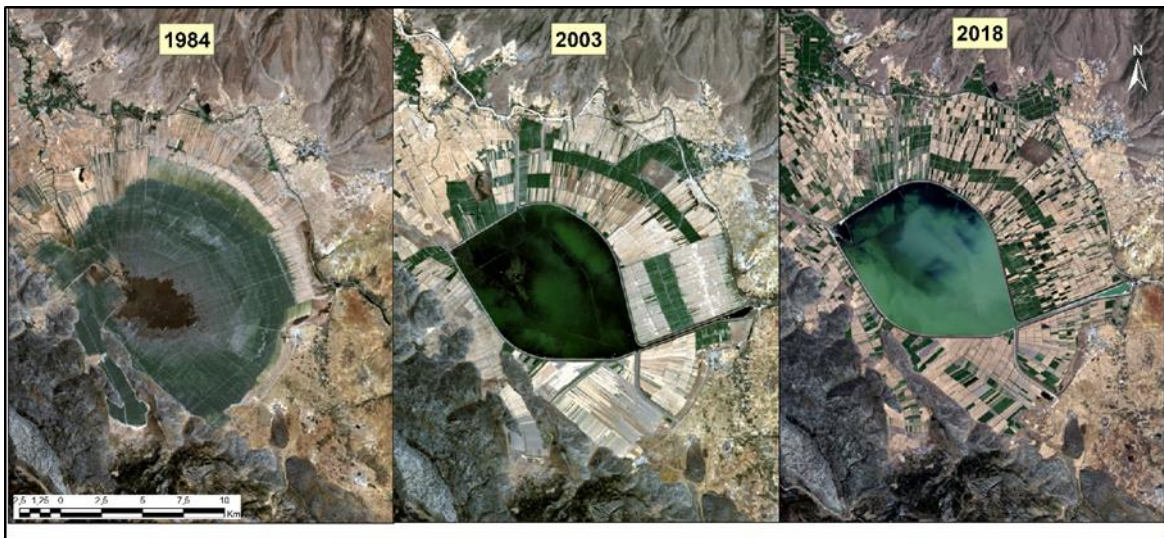
1097 km²’lik yüksek derecede uygun alanların %94.35 (1035km²)’lik kısmının tarım amaçlı kullanıldığı belirlenmiştir. Tarım dışı kullanılan 62 km²’lik alanda ise orman ve otsu bitkiler sınıfı (%2.91) ve şehirleşme sebebiyle oluşan yapay yüzeylerin (%2.09) bulunduğu tespit edilmiştir.

1107 km²’lik orta derecede uygun alanların %69.11 (765km²)’lik kısmının tarım amaçlı kullanıldığı belirlenmiştir. Tarım dışı kullanılan 342 km²’lik alanda ise yapay yüzeyler (%2.53), Orman ve otsu bitkiler (%24.83), çıplak alan/kayalık (%3.52) alan sınıfının bulunduğu belirlenmiştir.

1149 km²’lik düşük derecede uygun alanların %27.29 (313 km²)’lik kısmının tarım amaçlı kullanıldığı belirlenmiştir. Tarım dışı kullanılan 835 km²’lik alanda ise yapay yüzeyler (%1.81), Orman ve otsu bitkiler (48.56), çıplak alan/kayalık (%9.07), kıyı ve su yapıları (%3.26) alan sınıfının bulunduğu belirlenmiştir.

Tarım için uygun olmayan 2633 km²’lik alan üzerinde %7.27 (191.39 km²) ‘lik kısmının tarım amaçlı kullanıldığı belirlenmiştir. Tarım için tamamen uygun olmayan 1405 km²’lik alan üzerinde ise sadece %0.73 (10.26 km²) ‘lik küçük bir alanda tarımsal üretim yapıldığı tespit edilmiştir.

Genel olarak tüm analiz sonuçlarına bakıldığında mevcut arazi kullanımında %90 oranında doğru ve nitelikli tarım yapıldığı belirlenmiştir. Burada %90 oranında arazinin etkin ve verimli kullanılmasında, 1999 yılında yapımına karar verilen Beyşehir ve Apa Barajlarından su salımına destek vermek ve Konya-Çumra projelerine su sağlamak için DSİ tarafından 2003 yılında projesi tamamlanan Suğla depolama gölünün oluşturulması son derece etkili olmuştur. (Şekil 12).



Şekil 12. Suğla gölü zamansal değişimi (1984/2003/2018 Landsat uydu görüntüleri) [29]

M. G. Gümüş, S. S. Durduran

Gölün en büyük avantajı, tarımsal arazilere su sağlamak amacıyla oluşturulmasıdır. Havzanın güneybatı kesiminde yer alan (Seydişehir ilçesinde bulunan) gölün kuruyan alüvyonlu göl tabanı ve çevresi düzenlenerek iyi ve nitelikli bir tarım alanı oluşturulmuştur. Gölün tek dezavantajı bol yağış aldığı mevsimlerde göl arazinden tarım arazisine çevrilen tarım alanlarında taşkınlar yaşanması sebebiyle tarım arazisine zarar vermesidir.

Ülkemizde alan kullanımına yönelik karşılaşılan en büyük problemin planlama aşamasında yaşandığı görülmektedir. Alan kullanımında yapılan planlamalarda bilimsel ve teknik kriterler dikkate alınarak uzman görüşlerine başvurulmalıdır. Bu görüşler temel alınarak uygun alan kullanım planlamaları ve politikalar hazırlanmalıdır. Eğimli, sığ toprakları tarım alanı kullanarak ya da birinci sınıf arazi kullanım sınıfına sahip tarım toprakları üzerine yapılan sıfır rant sağlamak amaçlı imar planlarının oluşturulması sınırlı doğal kaynaklarımızda geri dönüşü olmayan ekolojik bozulma sürecini de beraberinde getirmektedir. Bu sebeple uygun alan planlamaları yapılırken yerel yönetimler ve paydaşlar arasında koordinasyon oluşturularak etkili bir mekanizma geliştirilmelidir. Ayrıca yanlış alan kullanımlarına yönelik halkın daha da bilinçlenmesi sağlanmalıdır. Ayrıca bu kapsamda havzaya yönelik daha detaylı araştırmaların yapılması gerektiği ortadadır. Böyle bir çalışma aynı zamanda yerel yönetimlerce alınacak karar ve politikalar adına ve bölgede yapılacak diğer çalışmalarda dikkate alınacak altlık bir envanter olduğu düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma devam etmekte olan “Sürdürülebilir Arazi Yönetiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Beyşehir-Kaşaklı Alt Havzasında İncelenmesi” isimli doktora tezinden türetilmiştir ve 191419002 Proje Kodu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Çalışmada kullanılan Landsat uydu görüntülerinin ücretsiz temini için Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumuna (USGS) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] A. A. Babalık, “İsparta yöresinde arazi kullanımına ilişkin sorunlar,” *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, seri.A, sayı.1, s.63-81, 2002.
- [2] N.B. Chang, G. Parvathinathan, and J. B. Breeden, “Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region,” *Journal of Environmental Management*, vol. 87(1), pp. 139-153, 2008.
- [3] M. G. Gümüş, M. Ö. Balta, ve S.S. Durduran, “Coğrafi Bilgi Sistemlerine dayalı Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile alışveriş merkezi kuruluş yeri seçimi: Niğde örneği,” *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, sayı. 8(1), ss.134-146, 2019.
- [4] G. Rybarczyk, and C. Wu, “Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis,” *Applied Geography*, vol. 30(2), pp. 282-293, 2010.
- [5] M. Ö. Balta and H. Ü. Yenil, “Multi criteria decision making methods for urban greenway: The case of Aksaray, Turkey,” *Land Use Policy*, vol. 89, p. 104224, 2019.
- [6] J. M. Sánchez-Lozano, J. Teruel-Solano, P. L. Soto-Elvira, and M. S. García-Cascales, “Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 24, pp. 544-556, 2013.
- [7] H. Akıncı, A. Y. Özalp, and B. Turgut, “Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique,” *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 71-82,2013.
- [8] S. Bandyopadhyay, R. K. Jaiswal, V. S. Hegde, and V. Jayaraman, “Assessment of land suitability potentials for agriculture using a remote sensing and GIS based approach,” *International Journal of Remote Sensing*, vol. 30(4), pp. 879-895, 2009.
- [9] A. Bozdağ, F. Yavuz, and A. S. Günay “AHP and GIS based land suitability analysis for Cihanbeyli (Turkey) County,” *Environmental Earth Sciences*, vol. 75(9), p. 813, 2016.
- [10] M. Akten, “İsparta ovasının optimal alan kullanım planlaması üzerine bir araştırma,” Dötora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [11] M. Demir, N. D. Yıldız, Y. Bulut, S. Yılmaz, and S. Özer, “Alan kullanım planlamasında potansiyel tarım alanlarının ölçütlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemi ile belirlenmesi (İspir Örneği),” *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, sayı 1(3), ss.77-86, 2011.
- [12] D. Dağlı ve A. Çağlayan, “Analitik hiyerarşi süreci ile optimal arazi kullanımının belirlenmesi: Melendiz Çayı havzası örneği,” *Türk Coğrafya Dergisi*,sayı (66), ss.83-92, 2016.

SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ YÖNETİMİNDE OPTİMAL TARIM ARAZİLERİNİN BELİRLENEBİLMESİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN KULLANIMI: BEYŞEHİR-KAŞAKLI ALT HAVZASI ÖRNEĞİ

- [13] S. G. Yalew, A. van Griensven, M. L. Mul, and P. van der Zaag, “Land suitability analysis for agriculture in the Abbay basin using remote sensing, GIS and AHP techniques,” *Modeling Earth Systems and Environment*, vol. 2(2), p. 101, 2016, doi 10.1007/s40808-016-0167-x.
- [14] R. B. Zolekar and V. S. Bhagat, “Multi-criteria land suitability analysis for agriculture in hilly zone: Remote sensing and GIS approach,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 118, pp. 300-321, 2015.
- [15] B., Feizizadeh and T. Blaschke, “Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS,” *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 56(1), pp. 1-23, 2013.
- [16] FAO, *A Framework for Land Evaluation, Soils Bulletin 32*, FAO and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1976.
- [17] İ. K. Tunçok and O. Ç. Bozkurt, “Bütüncül havza yönetimi: Konya kapalı havzası uygulaması,” *Su Yapıları Sempozyumu*, 19-20, 2015.
- [18] K. Özkan, “Relationships between physiographic site factors and distribution of Crimean pine (*Pinus nigra* Arnold) in Beyşehir watershed,” *Suleyman Demirel University, J. Fac. Forest. Vol. 2*, pp. 30-47 (in Turkish), 2004.
- [19] T. L. Saaty, “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process,” *Interface*, vol. November-December, pp.19-43, 1994b.
- [20] L.G. Vargas, “An overview of the analytic hierarchy process and its applications,” *European Journal of Operational Research*, vol. 48: pp. 2-8, 1990.
- [21] V. D. Patil, R. N. Sankhua and R. K. Jain, “Analytic hierarchy process for evaluation of environmental factors for residential land use suitability,” *Int J Comput Eng Res* vol. 2(7), pp. 182-189, 2012.
- [22] E. G. Kadak, “Türkiye’de ahp tekniğinin performans değerlendirmedeki yeri ve ilaç dağıtım sektöründe uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 1-90, Adana, 2006.
- [23] E. Forman, S. I. GASS, “The Analytic Hierarchy Process-An Exposition”, *Operations Research*, vol. 49(4), pp. 469-486, 2001.
- [24] T. L. Saaty, *Analytical Planning*, RSW Publications, 1985.
- [25] J. Malczewski, *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley and Sons, New York, 1999.
- [26] D. Öztürk ve F. Batuk, “Konumsal karar problemlerinde analitik hiyerarşi yönteminin kullanılması,” *Yıldız Teknik Üniversitesi Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, sayı 28, ss.124-137, 2010.
- [27] A. de Montis, P. de Toro, B. Droste-Franke, I. Omann, and S. Stagl, “Assessing the Quality of Different MCDA Methods”, *In Alternatives for Environmental Valuation*, vol. 4, pp.99-133, 2004.
- [28] N. Bhushan, K. Rai, *Strategic Decision Making: Applying The Analytic Hierarchy Process*. Springer-Verlag, New York, 2004.
- [29] J. A. Carrion, A.E. Estrella, F. A. Dols, M. Z. Torob, M. Rodriguez, and A. R. Ridao AR, “Environmental decision-support systems for evaluating the carrying capacity of land areas: optimal siteselection for grid-connected photovoltaic power plants,” *Renew. Sustain. Energy Rev.* vol. 12(9), pp. 2358-2380, 2008.
- [30] T. L. Saaty, How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, *Interface*, November-December, s.19-43, 1994a.
- [31] M. Gül, E. Çelik, A. F. Güneri, ve A. T. Gümüş, “Simülasyon ile bütünlük çok kriterli karar verme: bir hastane acil departmanı için senaryo seçimi uygulaması,” *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, sayı 11(22), ss.1-18, 2012.
- [32] E. Söylemez, “GIS-Based Search Theory Application for Search and Rescue Planning,” Doctoral dissertation, Middle East Technical University (METU), The Graduate School of Natural and Applied Sciences, 2007.
- [33] S. Chakraborty and D. Banik, “Design of a material handling equipment selection model using analytic hierarchy process,” *Int J Adv Manuf Technol* vol. 28, pp. 1237-1245, 2006.
- [34] United States Geological Research Institute (USGS). [Online]. Available: <https://Earthexplorer.usgs.gov/>. [Accessed: January. 10, 2020].

