

GSI JOURNALS



SERIE C
ADVANCEMENTS IN
INFORMATION SCIENCES
AND TECHNOLOGIES
(AIST)

VOLUME 4 ISSUE 2 YEAR 2021 ●



GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES
AND TECHNOLOGIES

Volume: 4 Issue: 2

JOURNAL INFO (COPYRIGHT)

Journal Name	GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies
E-Mail	GSIJournalsC@gsico.org
Web	https://gsico.info/publications
Adress	Adress: Josipa Broza Tita 23A sprat II, PD97.KO Podgorica III - MONTENEGRO
Publisher	Hilmi Rafet Yüncü

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES
AND TECHNOLOGIES

Volume: 4 Issue: 2

Chef in Editor

Alper Çabuk

(Prof. – Eskisehir Technical University)

Co-Editor

Gökhan Erşen

(Res.Ass. - Anadolu University)

Editorial Board

<i>Alper Çabuk</i> (Prof. – Eskisehir Technical University)	<i>Avinash Pawar</i> (Assoc. Prof. - University of Pune)
<i>Dileep Kumar</i> (Assoc. Prof. - BERJAYA University College)	<i>Francesco Greco</i> (Prof. - University of Niccolò Cusano)
<i>Dimitrios Diamantis</i> (Prof. - Les Roches Global Hospitality Education)	<i>Detlev Remy</i> (Assoc. Prof. - Singaporian Institute of Technology)
<i>Dragan Cisić</i> (Prof. - University of Rijeka)	<i>M. Adel Atia-</i> (Assoc. Prof. Minia University)
<i>Hakan Alphan</i> (Prof. – Çukurova University)	<i>Bülent Yılmaz</i> (Prof. – İnönü University)
<i>Halim Perçin</i> (Prof. – Ankara University)	<i>Bülent Cengiz</i> (Prof. – Bartın University)
<i>Haywantee Ramkissoon</i> (Assoc. Prof. - Curtin University)	<i>Jagbir Singh Kadyan</i> (Assoc. Prof. - University of Delhi)
<i>Jean-Pierre van der Rest</i> (Prof. - Leiden University)	<i>Mukhles Al-Ababneh</i> (Assoc. Prof. - Al-Hussein Bin Talal University)
<i>Jelena Janjusevic</i> (Assist. Prof. - Heriot-Watt University)	<i>Sunil Kumar Tiwari-</i> (Prof - A.P.S.University)
<i>Judy Hou</i> (Manager - The Emirates Academy of Hospitality Management)	<i>Gamal S. A. Khalifa</i> (Assoc. Prof. - Lincoln University College)
<i>Mahdi Nasrollahi</i> (Assist. Prof. – Imam Khomeini Int. University)	<i>Hilmi Rafet Yüncü</i> (Assoc. Prof. – Anadolu University)
<i>Mir Abdul Sofique</i> (Assoc. Prof. - University of Burdwan)	<i>Athula Gnanapala</i> (Assoc. Prof. - Sabaragamuwa University)
<i>Mehmet Topay</i> (Prof. - Süleyman Demirel University)	<i>Taki Can METİN</i> (Assist. Prof.-Kırklareli University)
<i>Piyush Sharma</i> (Assoc. Prof. Amity University)	<i>Onur Çakır</i> (Assist. Prof. – Kırklareli University)
<i>Sonia Mileva</i> (Prof. - Sofia University)	<i>Cem Sayın</i> (Assist. Prof. – Anadolu University)
<i>Zöhre Polat</i> (Prof. – Adnan Menderes University)	<i>Amitabh Upadhya</i> (Prof. - Skyline University College)
<i>Stephanie Morris</i> (Assoc. Prof. - The Emirates Academy of Hospitality Management)	<i>Sunil Kumar</i> (Assoc. Prof. - Alliance University)
<i>Verda Canbey Özgüler</i> (Prof. - Anadolu University)	<i>Dejan S. Šabić</i> (Prof. - University of Belgrade)
	<i>Melike Uluçay</i> (Assist. Prof. – Yaşar University)

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION
SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 4 Issue: 2

CONTENT

Mehtap Özenen KAVLAK – Saye Nihan ÇABUK	Enerji Bitkisi Yetiştiriciliğinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı: Fil Otu İçin Uygun Alanların Belirlenmesi	1-27
Hakan Oktay AYDINLI -Mahdi Hassan PASHAEI -Hatice Selin AYDEMİR- Ümit GÜLER- Müge Demir ÇAKIR- Serhat AYDEMİR- Mehtap Özenen KAVLAK	Hidrokarbon Mikro Sızıntılarının UA Yöntemleri İle Tespit Edilmesi Ve UA'nın Hidrokarbon Keşiflerinde Yeni Bir Teknik Olarak Kullanılması	28-37
Nergiz BELEN- Şükran ŞAHİN	Bellek Taşıyıcıları Olarak Tarihi Peyzaj Karakter Alanları: Priene Antik Kenti Örneği	38-57
Şelale BALAMBAR, Zahra Khoda KARIMI, Fatma ÖZTÜRK, Şeyma Berk ACET, Özge Işık PEKKAN	Uzaktan Algılama Tekniklerinden Yararlanarak Tarımsal Faaliyetlerin İzlenmesi	58-79
Ebru Ecem ÖZSOY, Talha AKSOY	Risk Altındaki Arkeolojik Alanların Belgelenmesinde Fotogrametri İle Uzaktan Algılama Entegrasyonu: İstanbul Kara Surları Örnekleme	80-100

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 4, Issue: 2, p. 1-27, 2021

ENERJİ BİTKİSİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANIMI: FİL OTU İÇİN UYGUN ALANLARIN BELİRLENMESİ UTILIZATION OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM CAPABILITIES FOR ENERGY CROP CULTIVATION ACTIVITIES: DETERMINATION OF SUITABLE AREAS FOR MISCANTHUS

Mehtap Özenen KAVLAK¹
Saye Nihan ÇABUK²

(Received 28.01.2021 Accepted 25.06.2021) – Research Article

Özet

Biyokütle enerjisi tarımsal, hayvansal vb. organik atıklardan veya ürünlerden temin edilen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerji gurubu içerisinde yer alan enerji bitkilerinin araştırılması ve bu bitkilerden biyodizel, biyoetanol gibi biyoyakıtların üretilmesi konusunda yapılan çalışmalar tüm dünyada araştırmacılar tarafından ilgi görmektedir. Ülkemizde ise 2010 yılından itibaren biyokütle enerjisine yönelik yatırımlar ve araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Enerji bitkileri yetiştiriciliğinde çoğunlukla sulama ve bakım gereksinimleri düşük olan bitkiler tercih edilmektedir. Enerji bitkilerinin marjinal alanlara uyum sağlayarak ekosisteme büyük ölçüde katkı sağlayabilmesi de ayrıca önem taşımaktadır. Dolayısıyla tarımsal faaliyetler açısından kabul edilen alanlarda enerji bitkilerinin üretilmesi ve bu bitkilerin işlenerek biyoenerji ham maddelerinin üretilmesi önem taşımaktadır. Switchgrass (dallı darı), miscanthus (fil otu) ve sorgum (sorgum) ülkemizde deneme tarımı ve saha çalışmaları yapılan başlıca enerji bitkisi türleri arasındadır. Bu çalışmada, Eskişehir ilinde fil otu bitkisinin yetiştirilebileceği en uygun alanların saptanması için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli yer seçimi analizi gerçekleştirilmiştir. Uygunluk sınıfları 1 en düşük ve 5 en yüksek olmak üzere 5 sınıfta değerlendirilmiştir.

¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir. mehtapozenen@eskisehir.edu.tr

² Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, sncabuk@eskisehir.edu.tr

Bu çalışma Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonu tarafından 20DRP006 No'lu Bilimsel Araştırma Projesi ile desteklenmektedir.

Öncelikle 1.404.055 ha olan çalışma alanından, kısıt alanlar ile fil otu ekimi uygun olmayan alanlar çıkarıldıktan sonra geriye kalan ve alanın %20,62'sini oluşturan 289.550 ha'lık alanda farklı kriterler açısından analizler ve ağırlıklı karşılaştırma işlemleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre 224.956 hektarlık alanın orta uygun (3) ve 64.594 hektarlık alanın ise yüksek uygun (4) uygunluktaki arazilerden meydana geldiği saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: CBS, Enerji Bitkisi, Fil Otu, Yenilenebilir Enerji, Yer Seçimi Analizi.

Abstract

Biomass energy is a renewable energy source obtained from agricultural or animal organic waste or products. Studies on the research of energy crops and the production of biofuels such as biodiesel and bioethanol from these plants get attention from researchers all over the world. Investments and researches in the field of biomass energy have also been conducted in Turkey since 2010. Mostly, species with low irrigation and maintenance needs are preferred for energy crop cultivation activities. The ability of energy crops to adapt to marginal areas and contribute to the ecosystem is also important. Therefore, it is significant to grow the energy crops in the idle lands unpreferable for agricultural purposes and to produce bioenergy raw materials by processing these crops. Switchgrass, miscanthus, and sorghum species are among the main energy crops that have been tested via cultivate and field trials in Turkey. In this study, a Geographical Information Systems (GIS) aided site selection analysis was made to determine the suitable lands for the cultivation of miscanthus plant in Eskişehir province. A 5-scale suitability classification, where 5 referred to the most suitable lands while 1 showed the least suitable ones, was adopted. In the first place, restricted and unsuitable lands were extracted from the study area covering 1.404.055 hectares, and then a number of multi-criteria based analysis and weighted overlay processes were performed within the remaining lands corresponding to an area of 289.550 ha (20,62% of the total study area). According to the results, a total land of 224.956 hectares fell in the moderate suitability (3) class, while the amount of high suitability (4) lands were found to cover 64.594 hectares.

Keywords: Energy Crop, GIS, Miscanthus, Renewable Energy, Site Selection Analysis.

1. GİRİŞ

Biyoenjeri, biyolojik kökenli olup katı, sıvı veya gaz formunda olabilmektedir (Li ve Khanal, 2015). Hem hayvansal hem de bitkisel kaynaklardan biyokütle olarak yararlanmak mümkündür (Topal ve Arslan, 2008). İçeriklerinde oksijen, hidrojen ve karbon barındırmaları sayesinde enerji temininde kullanılabilirler (Açıklan, 2010; Öztürk Tophanecioğlu, 2009). Biyokütle enerjisi, güneş enerjisinden oluşması sebebiyle yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Aktaş, Dalmış, Tuğ, Dalmış ve Kayışoğlu, 2016). Yıldız enerjisi neredeyse sonsuz bir enerji kaynağı olup, ışığı yaşama dönüştürebilmektedir. Bu sayede enerjiyi bitkinin bünyesinde adeta bir pil gibi glikoz olarak depolamak mümkün olmaktadır. Biyokütlenin marjinal alanda düşük bakım ve su gereksinimi ile yetiştirilebilmesi özellikle kırsal alanlarda sosyo-ekonomik açıdan önem arz etmektedir (Kumaravel ve Ashok, 2012). Modern biyokütle enerjisi sayesinde biyodizel, biyoetanol gibi biyoyakıtlar elde edilmektedir (Demirbas, 2008; Karaca, Başçetinçelik ve Öztürk, 2004).

Biyokütle enerjisi günümüzde yenilenebilir enerji açısından en büyük küresel katkıya sahip olmakla birlikte ısı, elektrik ve yakıt üretiminde için de önemli bir potansiyele sahiptir (Resch vd., 2008). Sürdürülebilir enerji arzı, özellikle iklim değişikliğini ele alma ihtiyacı nedeniyle insanlığın önümüzdeki on yıllarda karşılaşacağı temel zorluklardan birisidir. Biyokütlenin gelecekte enerji talebinin sürdürülebilir bir şekilde karşılanmasına ciddi bir katkı sağlayabileceği düşünülmektedir (Berndes, Hoogwijk ve Van den Broek, 2003). Günümüzde Brezilya ve Amerika Birleşik Devletleri biyoyakıt üretimi konusunda lider iki ülkedir (REN21 Community, 2018). Bu ülkeleri Çin, Kanada ve Fransa takip etmektedir (EIA, 2015). Türkiye’de 2019 yılı biyoyakıt teslim miktarları incelendiğinde 195.816,256 ton üretim yapıldığı görülmektedir (EPDK, 2020). Türkiye’de 28346 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan tebliğ uyarınca, “benzin türlerine 1/1/2014 tarihinden itibaren en az %3 (V/V), oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanol içermesi zorunludur” (28346 No’lu Resmi Gazete, 2012). Ancak COVID-19 salgını nedeniyle dezenfektan ve kolonya benzeri sağlık hijyen ürünü üreticilerinin etanol ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla EPDK, 13 Mart 2020 ve 13 Haziran 2020 tarihleri arasında benzin türlerine etanol harmanlama zorunluluğunu askıya alınmış, 1 Temmuz 2020’den itibaren ise % 2 olarak uygulanmasını kararlaştırmıştır (Nuran Erkul, 2020). Bu durum Türkiye’de halihazırda üretilen biyoetanol miktarının yeterli olmadığını göstermektedir.

Dünyada enerji tarımı 1930’lu yıllardan itibaren mısır, şeker kamışı gibi bitkiler ile gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Ancak bu bitkilerin gıda maddesi olması ve dünyada yaşanan kıtlıklar nedeni ile büyük tartışmaları da beraberinde getirmiştir (Ar, 2008; Duygu ve Cısdık, 2011; FAO, 2008; Wang, 2012). Günümüze gelindiğinde biyoyakıtlar son yıllarda gıda fiyatlarında meydana gelen çarpıcı artışların nedeni olarak görülmektedir (Dornburg vd., 2010; Golden, 2008). Türkiye’de halihazırda biyoetanol üreten tesislerde kullanılan hammaddeler buğday, şeker pancarı melası ve mısırdır. Bu bitkilerin enerji üretiminde kullanılmayarak, enerji bitkilerine yönelim sağlanması ile

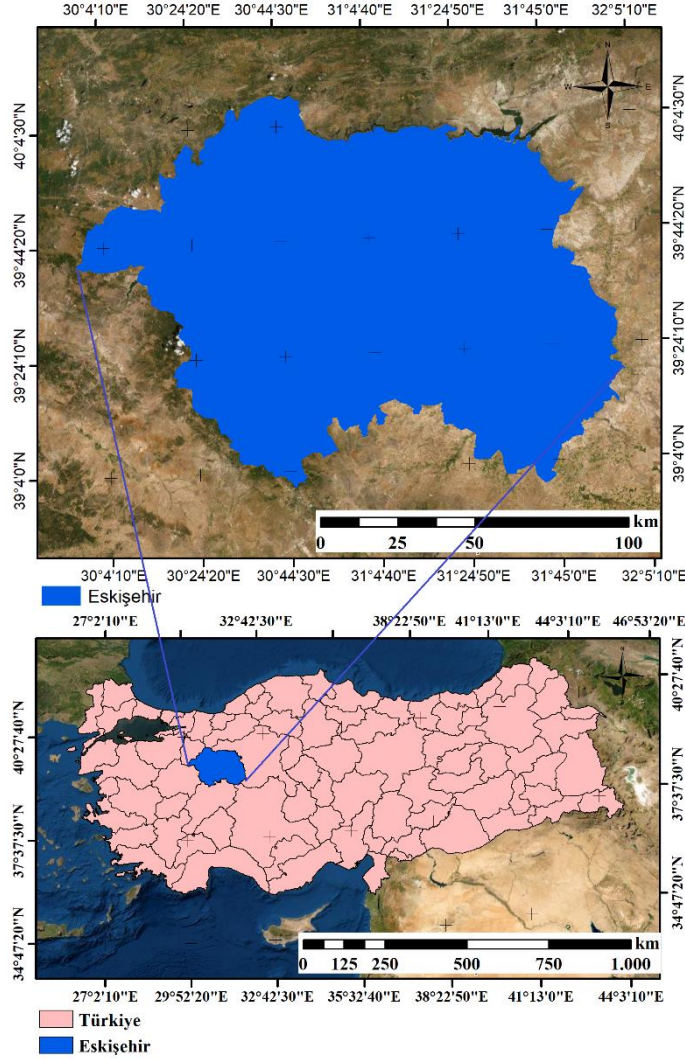
hem gıda maddelerinin beslenme amaçlı kullanılması hem de dış borçlanma kaynağına sebebiyet veren mısır ve buğday ithalatının azaltılması mümkün olabilecektir (Koçar vd., 2012; Toprak Mahsulleri Ofisi, 2017). Ayrıca biyoyakıtların yaygın kullanımı ile bir ulus; yabancı yağa olan kritik bağımlılığını ve karbondioksit emisyonlarını azaltma olanağına da sahip olacaktır (Lunnan, 1997; Sanderson vd., 1996).

Türkiye ekilebilir toprakları açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Ayrıca biyokütle hammaddesi üretiminde de önemli bir avantaja sahiptir (Koçar vd., 2012). Gıda temininde kullanılmayan, iyi toprak drenajına sahip olmayan, iklimsel kısıtlılıklar barındıran, tuzlu veya killi topraklarda enerji bitkisi tarımı yapılarak bu alanların biyoetanol üretiminde kullanılabilmesi mümkün olmaktadır. Eskişehir ili için de fil otu bitkisi yetiştiriciliği ile atıl alanların değerlendirilebilmesi, sosyal, çevresel ve ekonomik katkı sağlanabilmesi için farkındalık oluşturulabilmesi amacıyla bu çalışmada fil otu bitkisi yetiştiriciliği için en uygun alan yer seçimi, CBS ortamında gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikle literatür verileri incelenerek, tarım alanı seçiminde uygulanan CBS yöntemleri araştırılmıştır (Aydın, 2015; Balezentiene, Streimikiene ve Balezentis, 2013; Fiorese ve Guariso, 2010; Graham, English ve Noon, 2000; Lovett vd., 2009). Yapılan incelemelerde bitkisel üretim için CBS destekli pek çok araştırmanın yapılmış olduğu tespit edilmiştir. Örneğin Fiorese ve Guariso (2010) Kuzey İtalya'da bulunan Emilia - Romagna bölgesinde bazı kavak, söğüt, yalancı akasya ağaçları ile sorgum bitkisi türlerini yetiştirebilmek için en uygun alanları CBS ortamında belirlemiştir. Graham vd. (2000) biyoenerji bitkilerinden potansiyel biyokütle tedariklerini tahmin etmek için CBS tabanlı bir modelleme sistemi sunmuştur. Bu sistem bir eyaletteki enerji bitkisel hammadde tedarikinin maliyetlerini ve çevresel etkilerini tahmin etmektedir. Ayrıca enerji bitkilerinin nerelerde yetiştirilebileceğini, verimlerindeki mekânsal değişkenliği ve bir enerji tesisi için ham madde alımıyla ilişkili taşıma maliyetlerini göz önüne almaktadır. Lovett vd. (2009) CBS tabanlı bir yöntem ile biyokütle bitkilerinin ekili olduğu alanları belirlemiştir. Böylelikle bir verim haritası oluşturmuş ve tahmini bölgesel enerji üretimi potansiyellerini tespit etmiştir. Balezentiene vd. (2013) MULTIMOORA (bulanık çok kriterli karar verme yöntemi) yöntemine dayalı olarak enerji bitkilerinin önceliklendirilmesi için çok kriterli bir karar verme yöntemi uygulamıştır. Çalışmada, Litvanya iklimi için uygun enerji ürünlerine yönelik alternatifler ortaya konmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı ve Çalışma Materyali

Çalışma alanı Eskişehir ili olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Şehir, İç Anadolu Bölgesi'nde yer almakta olup karasal iklim hakimiyetindedir. Eskişehir'in yüzölçümü 13.960 km², 2019 TÜİK verilerine göre nüfusu 887.475 kişidir (TÜİK, 2020). Çalışma alanının 14 ilçesi ve 539 mahallesi bulunmaktadır. Ayrıca, Eskişehir, önemli sanayi kuruluşlarını bünyesinde barındırmakta, aynı zamanda öğrenci kenti olarak anılmaktadır.



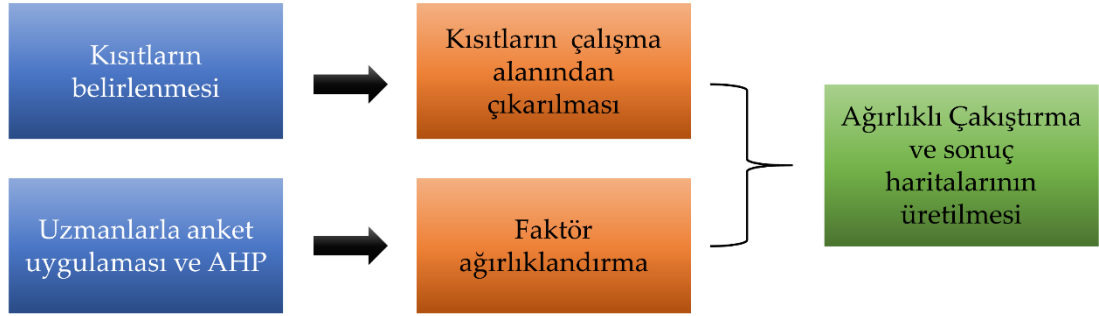
Şekil 1. Çalışma alanının gösterimi

Yer seçiminin gerçekleştirilmesi için yapılması gereken analizlerde ArcGIS 10.7.1 programı kullanılmıştır. Bitki özellikleri verisi EcoCrop Database veritabanından raster veri formatında, karayolları – demiryolları, ırmaklar-göller ve arazi kullanımı verileri ESTÜ Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü’nden vektör veri formatında, toprak kriterleri; pH, kuru madde yoğunluğu, organik karbon içeriği Soilgrids veritabanından raster veri formatında, sıcaklık ve yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden (MGM) excel tablo veri formatında ve DEM verisi U.S. Geological Survey (USGS) ve NASA Aster GDEM veritabanlarından raster veri formatında elde edilmiştir.

2.2. Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışmada ana yöntem olarak ağırlıklı çakıştırma kullanılmıştır. Ağırlıklı çakıştırmada kullanılacak ağırlık puanlarının atanabilmesi için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır. AHP yöntemine kaynak olarak kullanılmak üzere anket hazırlanmış ve alanında uzman kişilerce doldurulan bu anketin sonuçlarına göre AHP

uygulanmıştır. Böylelikle çalışmada kullanılacak olan her katman için ağırlık puanlarına ulaşılmıştır. Kriterlerin puanlaması gerçekleştirilirken 1 ile 5 arasında değişen bir skala kullanılmıştır. 1 puan çok düşük uygunluğu temsil ederken 5 puan çok yüksek uygunluğu temsil etmektedir. Hiçbir şekilde uygun olmayan alanlar ise 0 puan almaktadır. Sırasıyla çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük uygunluk sınıflandırılması yapılmıştır. Şekil 2’de gösterilen yöntem akış şeması kullanılarak fil otu bitkisinin yetiştirilmesi için en uygun alanların saptanması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Yöntem akış şeması

2.2.1. CBS modelinin oluşturulması

Kısıtların Elenmesi

Gerçekleştirilmesi planlanan yer seçimi çalışmasında tarım alanı olarak kullanılmayan atıl arazilerin değerlendirilecek olması ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle gıda yetiştiriciliği yapılan 1., 2. ve 3. sınıf tarım alanları kısıtlar kapsamında çalışmadan çıkarılmıştır. Buna ek olarak fil otu bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılması uygun olmayan ve uygun alan tespitine dahil edilmeyecek alanlar da Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan kısıtlar

KISITLAR
Avlaklar
Maden alanları
Orman alanları
Tarım alanları (AKK)
Sit alanları- Ulusal koruma alanları
Su yüzeyleri
Yollar
Kamu arazileri ve hava alanları - Askeri alanlar - Endüstriyel bölgeler - Yerleşim alanları

2.2.2. Enerji Bitkisi Yetiştirilecek Alanların Belirlenmesine Yönelik Kriterler

Enerji bitkisi yetiştirebilmek için en uygun alanlar belirlenirken Tablo 2’de yer alan kriterler ve alt kriterler göz önüne alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Bu kriterlerin enerji bitkisi yetiştiriciliğinde ele alınmasına ve uygunluk sınıflarının belirlenmesine yönelik temel özellikler ise aşağıda açıklanmıştır.

Tablo 2. Analizde kullanılan katmanlar

Jeomorfolojik Kriterler	Eğim
	Yükseklik
İklimsel Kriterler	Sıcaklık
	Yağış
Toprak kriterleri	pH
	Toprak Kuru Madde Yoğunluğu (TKM-BD)
	Toprak Organik Karbon Değeri (TOK-SOC)
	Toprak Derinliği
Diğer kriterler	Su yüzeylerine olan mesafe
	Yerleşim alanlarına olan mesafe
	Yollara olan mesafe

Jeomorfolojik Kriterler

➤ *Eğim*

Enerji bitkilerinin yetiştirilmesinde makineli tarım uygulanmaktadır. Bu bitkilerin hem ekimi hem de hasadı evrelerinde eğim oldukça önemli bir kriterdir. Ayrıca suyun süzülümü ve akışını da eğim faktörü kontrol etmektedir. Yüksek eğimler suyun tutunumu konusunda toprağı olumsuz etkilemektedir (Maxson, 2008; Yanmaz ve Usul, 2006).

➤ *Yükseklik*

Deniz seviyesinden yükseklik bir bölge için önemli bir faktördür. Yüksekliğin çok düşük olduğu alanlarda sel riski gözlemlenebilmektedir (Pareta, 2013). Enerji bitkileri söz konusu olduğunda bu bitkilerin marjinal alanlarda yetiştirilmeye uygunluğu dikkat çekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada uzman görüşleri dikkate alınarak yükseltisi fazla olan alanlar da analizlere dahil edilmiştir.

İklimsel Kriterler

➤ *Sıcaklık*

Enerji bitkisi yetiştiriciliğinde bitki türleri itibarı ile bölgenin sıcaklık ihtiyacı farklılık göstermektedir (Soylu, 2012; Thapa, 2012). Sıcaklık açısından ayırt edici olan

husus ise “minimum kış sıcaklığı” faktörüdür. Bitkinin kış şartlarında hayatta kalabilmesini sağlayan minimum kış sıcaklığı değeri önemli bir parametredir.

➤ **Yağış**

Enerji bitkileri fazla sulamaya ihtiyaç duymayan türlerdir. Ancak bölgenin yıllık olarak aldığı yağış miktarının bitkinin biyokütle verimliliğini düşürmeyecek seviyede olması beklenmektedir (Thapa, 2012).

Toprak Kriterleri

➤ **pH**

pH değeri, toprağı fiziksel, kimyasal ve biyolojik açılardan etkilemekte olup bitkilerin yetiştirilmesi için gerekli olan P, N, S, K, Mo Cu, gibi elementlerin miktarını temsil etmektedir. pH değerinin düşük veya yüksek olması bitkilerin gelişimini olumsuz olarak etkilemekle birlikte bitki gelişimine de engel olabilmektedir (Maxson, 2008). Dolayısıyla uygun pH değeri bitki sağlığı açısından oldukça önemli bir kriterdir.

➤ **Toprak Organik Karbon değeri (TOK-SOC)**

Bitkilerin kök gelişimi için önemli bir diğer kriter TOK değeridir. Toprakta bulunan organik karbonun artması toprak erozyonunu da en aza indir ve toprak desenini geliştirir (McLaughlin ve Walsh, 1998). Bu değer in ortalamadan yüksek olduğu bölgelerde ise gübre kullanma ihtiyacı görülmez. Gübreleme yapılırsa da verim oldukça artar (Bouton vd., 1998).

➤ **Toprak Kuru Madde yoğunluğu (TKM)**

Kuru madde yoğunluğu bitkilerin kök gelişimini etkilemektedir. Bitkilerin kök gelişimi bu oran arttıkça azalmaktadır (Arias, 2008). Bu nedenle TKM oranının fazla olduğu bölgeler bitki ekimi için daha az tercih edilmektedir. Eskişehir ilinde TKM oranları fazla yüksek değildir.

➤ **Toprak derinliği**

Enerji bitkilerinde kök verimleri incelendiğinde yoğun köklenmenin bütün çeşitlerde özellikle 0-20 cm toprak derinliğinde oluştuğı, bu derinlikteki kök veriminin toplam kök veriminin % 70'ine yaklaştığı görülmüştür (Şeflek, 2010). Son çalışmalar, enerji bitkilerinin toprak organik maddesini artırarak toprak kalitesini yükselttiğini göstermektedir. Bu artışın en büyük nedeninin yüksek toprak altı biyokütle olduğu belirtilmektedir.

Diğer Kriterler

➤ **Su yüzeylerine olan mesafe**

Akarsular ve göllere yakın mesafelerde yer alan ekim-dikim bölgelerinde, bitkilerin kökleri ile yüzey sularını yüksek oranlarda çekmelerini önlemek amacı ile tampon bölge uygulanması önerilmektedir. Bu nedenle akarsuların ve göllerin etrafında 50 m'lik bir tampon bölge oluşturulmuştur.

➤ *Yerleşim alanlarına olan mesafe*

Yerleşim alanları etrafında sürekli bir büyüme ve gelişme söz konusu olmaktadır. Enerji bitkisi tarımında ise 20 yıl gibi sürelerde uzun süreli ve sürekli bir ekim önerilmektedir (Caslin, Finnan ve Easson, 2010). Bu süreç içerisinde bu alanlarda görülecek gelişimin iki taraf açısından da olumsuz sonuçlar oluşturmaması amacı ile literatürde yer alan örnekler de değerlendirilerek bu bölgeler etrafında uygun bir tampon bölge oluşturulmuştur (Asakereh, Omid, Alimardani ve Sarmadian, 2014; Koikai, 2008; Wang, 2012).

➤ *Yola olan mesafe*

Enerji bitkisi yetiştiriciliğinde bitkiler genellikle yüksek boyutlara ulaşım yol civarını kapatma riski oluşturabileceği için yol etrafında belirli bir alan için tampon bölge oluşturularak (50 m) mesafe verilmesi önerilmektedir (Aydın, 2015). Ayrıca biyokütlenin tarladan biyokütle bazlı etanol tesislerine olan taşınma mesafesinin kısılması ulaşım maliyetini büyük ölçüde azaltacaktır. Bu nedenle oluşturulan tampon bölgeden itibaren enerji bitkilerinin yetiştirileceği yerler seçilirken yola mesafenin mümkün olduğunca kısa olması tercih sebebidir.

2.2.3. Ağırlıklı Çakıştırma Katmanlarının Üretilmesi

Pek çok katmanın aynı anda farklı ağırlık puanları ile analiz edilmesi gerekliliği CBS içerisinde yer alan ağırlıklı çakıştırma aracı sayesinde mümkün olabilmektedir. Burada sadece değerleri belli olan raster veriler kullanılabilir. Ağırlıklı çakıştırmadaki puanlama sistemi sayesinde en düşük puanın verildiği alanlarda en az uygunluk, en yüksek puanların verildiği alanlarda ise en yüksek uygunluk kriterlerinin sağlandığı anlaşılabilir (ESRI, 2016).

Bu çalışmada toplamda 12 katman uzman görüşlerine dayalı gerçekleştirilen AHP sonuçlarına göre elde edilen ağırlık puanları kullanılarak analiz edilmiştir. Kriterlerin puanlaması gerçekleştirilirken 1 ile 5 arasında değişen bir skala kullanılmıştır. 1 puan çok düşük uygunluğu temsil ederken 5 puan çok yüksek uygunluğu temsil etmektedir. Hiçbir şekilde uygun olmayan alanlar ise 0 puan almaktadır. Sırasıyla çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük uygunluk sınıflandırılması yapılmıştır. Ağırlık puanlarının ondalıklı değer alması nedeniyle ağırlıklı çakıştırma raster calculator aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ölçeği 1/500.000'dir ve kullanılan raster verilerin piksel boyutu 250 m x 250 m'dir.

2.2.4. AHP Uygulaması

Fil otu bitkisi için çalışmada kullanılan ağırlık puanlarının hesaplanması amacıyla bir AHP anketi hazırlanmıştır. Bu anketin değerlendirilmesinde konu üzerinde mevcut çalışmaları bulunan, yüksek orman mühendisi bir akademisyenden görüş alınmıştır (Bilgili, 2017). Verilen puanlar çerçevesinde oluşturulan ağırlıklı çakıştırma bilgileri Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3. Ağırlıklı çakıştırma için kullanılan ağırlık puanları

İKLİMSEL KRİTERLER %46,04	MİNİMUM SICAKLIK	%23,02
	(-5) - (-10) °C	2
	(-10) - (-14) °C	1
	< (-14) °C - Toprak altında kalan bitki kökünü öldürücü min. hava sıcaklığı	0
	YAĞIŞ	%23,02
	300 - 350 mm	3
	350 - 500 mm	3
	500 - 750 mm	4
	750 - 900 mm	5
	TOPRAK KRİTERLERİ %28,54	pH
< 5,5		2
5,5 – 6,3		3
6,3 – 7,5		4
7,5 - 8		5
> 8		4
TOK (Toprak organik karbon değerleri) kg/m3		%10,97
0-25		2
25-50		3
50-75		4
75-100		4
100-125		5
> 125		4
TKM-BD (Toprak kuru madde yoğunluğu) kg/m3		%8,29
950-1050		1
1050-1150		3
1150-1250		4
1250-1350		5
1350-1487		4
TOPRAK DERİNLİĞİ		%6,51
A +120 cm	4	
B 90-120 cm	4	
C 60-90 cm	4	
D 30-60 cm	3	
E diğer 0-30 cm	2	

Tablo 3'ün devamı Ağırlıklı çakıştırmada kullanılan ağırlık puanları

JEOMORFOLOJİK KRİTERLER %15,21	EĞİM	%6,77
	Düz (%3)	5
	Hafif eğimli (%3-6)	5
	Orta eğimli (%6-10)	4
	Dik (%10-20)	3
	Çok dik (%20-30)	3
	Sarp (%30-45)	1
	> % 45	1
	YÜKSEKLİK	%8,44
	174-200 m	5
	200-400 m	5
	400-600 m	4
	600-800 m	4
	800-1000 m	3
1000-1200 m	2	
1200-1400 m	2	
1400-1600 m	1	
>1600 m	1	
DİĞER KRİTERLER %10,21	YOLA UZAKLIK (0-50 m kısıt)	%1,91
	50 m – 1 km	4
	1 – 2 km	4
	2 – 3 km	5
	3 – 4 km	5
	> 4 km	3
	SU YÜZEYLERİNE OLAN MESAFE (0-50 m kısıt)	%6,69
	50 – 250 m	5
	250 – 500 m	5
	500 – 750 m	4
	750 – 1000 m	4
	> 1000 m	3
	YERLEŞİME UZAKLIK (0-1000 m kısıt)	%1,61
1 – 2 km	3	
2 - 3 km	4	
3 - 4 km	4	
4 - 5 km	4	
>5 km	5	

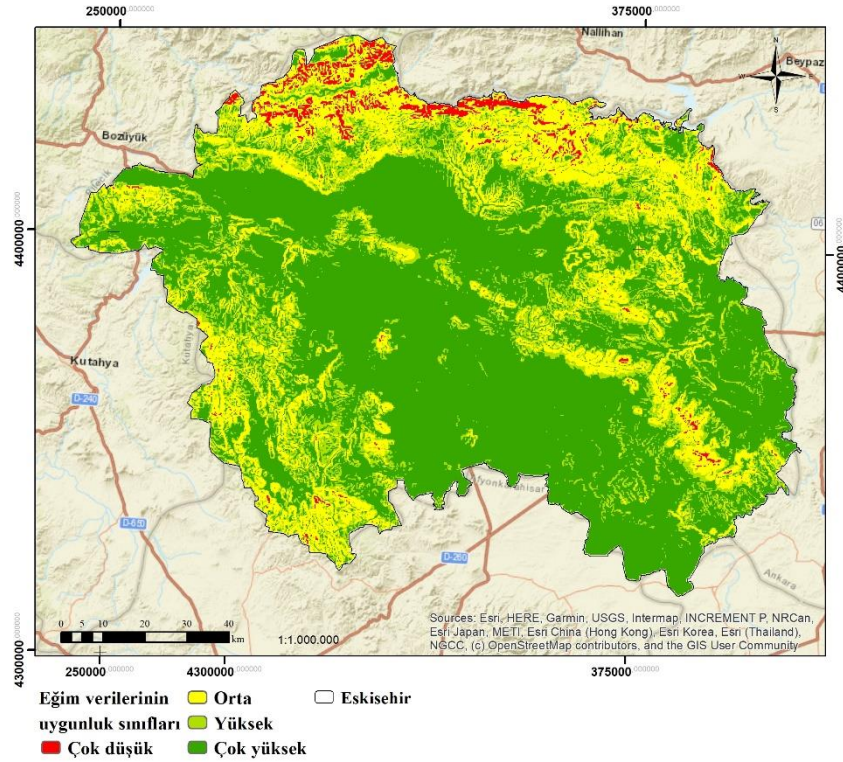
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Yeniden Sınıflandırma İşlemi ile Tematik Haritaların Üretimi

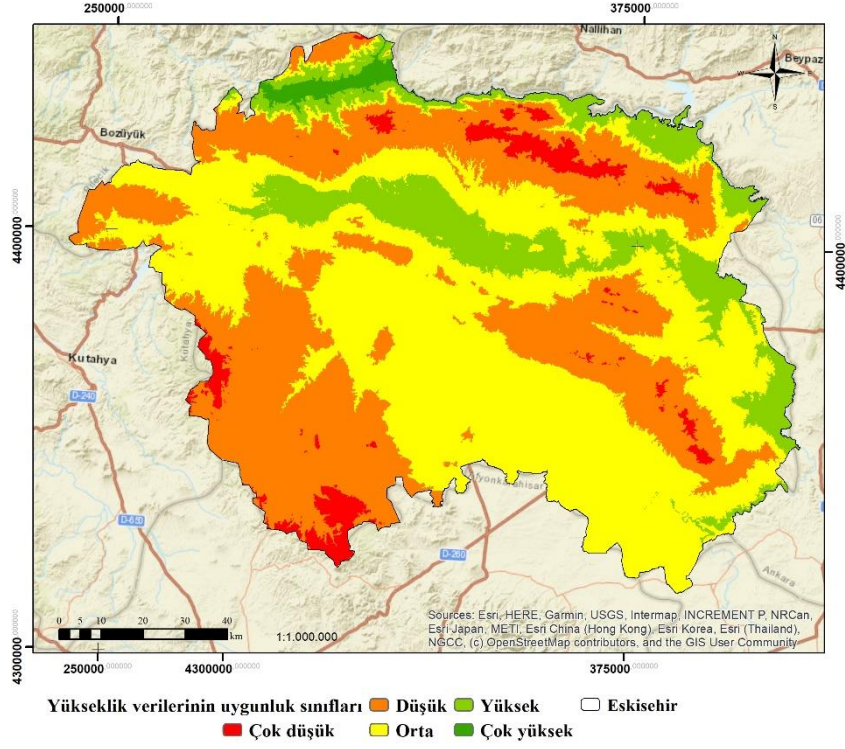
Çalışma alanına ait, analizlerde kullanılacak katmanlarla (Tablo 2), ağırlıklı çakıştırmada analizi yapılabilmesi için bu katmanlar ile çeşitli analizler yapıldıktan sonra (buffer-tampon bölge analizi, inverse distance weighted (IDW) gibi), Tablo 3’de belirtilen ağırlık puanları ile yeniden sınıflandırılması gerekmektedir. Buradan yola çıkılarak hazırlanan, ağırlık puanları ile yeniden sınıflandırılmış tematik haritalar Şekil 5 - Şekil 14’de gösterilmektedir.

3.1.1 Jeomorfolojik Kriterler

Jeomorfolojik kriterler içerisinde yer alan araziye ait eğim ve sayısal yükseklik haritaları DEM verisi kullanılarak üretilmiştir. Ağırlık puanları ile yeniden sınıflandırılmış eğim ve yükseklik haritaları ise Şekil 3 ve Şekil 4’de gösterilmektedir.



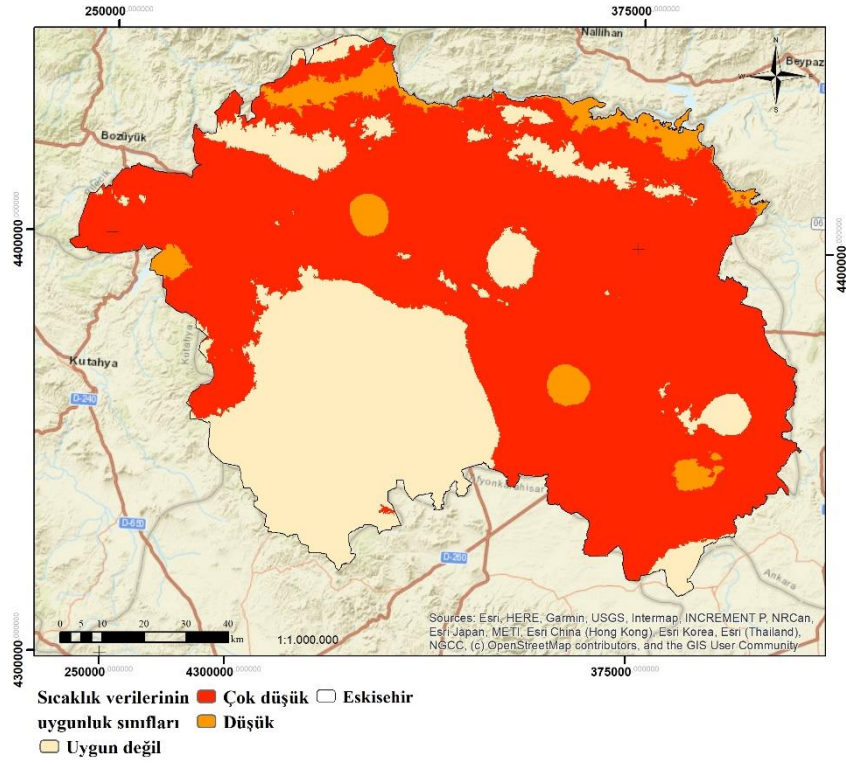
Şekil 3. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış eğim haritası



Şekil 4. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış sayısal yükseklik haritası

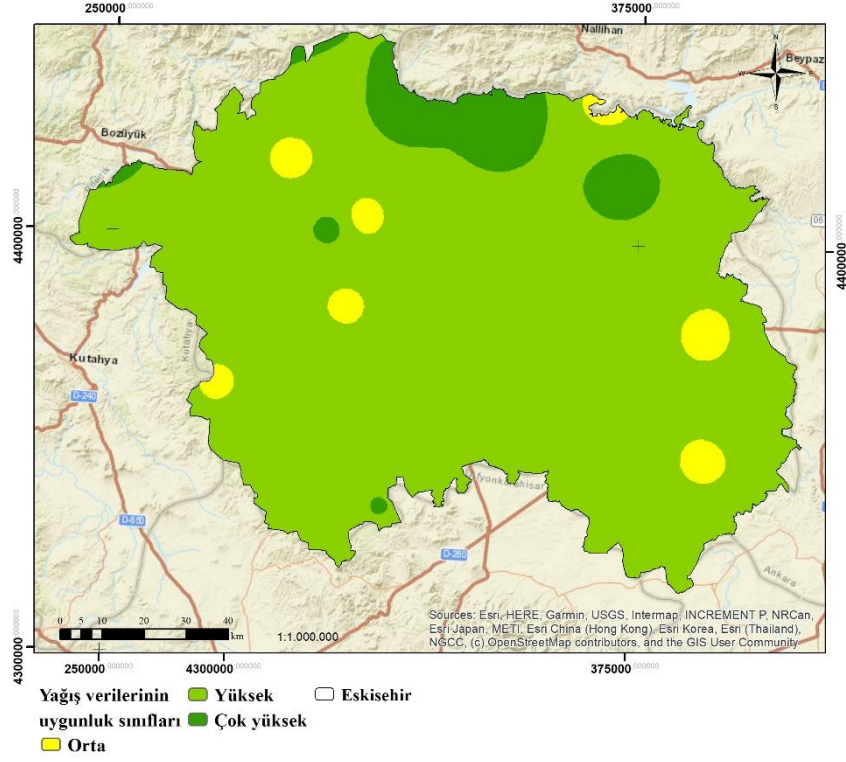
3.1.2 İklimsel Kriterler

Eskişehir ili ile Eskişehir ili civarında oluşturulan 20 km'lik tampon bölge içerisinde yer alan 52 adet meteorolojik gözlem istasyonunun 5 yıllık (2014-2018 yılları arası) en düşük ve 5 yıllık ortalama en düşük sıcaklık serileri kullanılarak IDW analizi ile oluşturulan en düşük sıcaklık haritasının yeniden sınıflandırılması ile oluşturulan harita Şekil 5'de gösterilmektedir.



Şekil 5. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış ortalama en düşük sıcaklık haritası

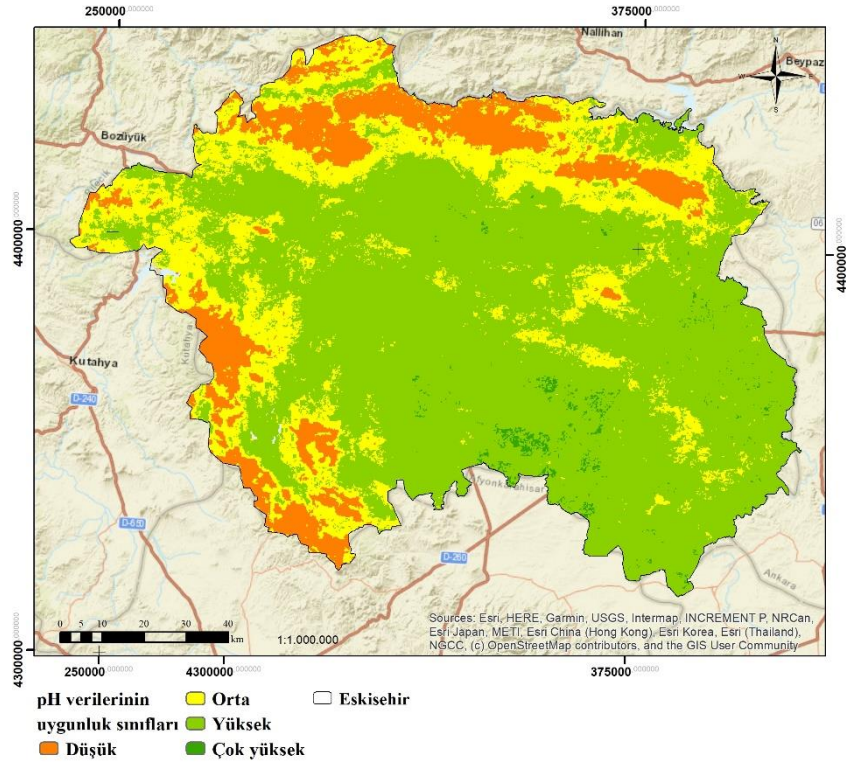
Eskişehir ili ile Eskişehir ili civarında oluşturulan 20 km'lik tampon bölge içerisinde yer alan 50 adet meteorolojik gözlem istasyonunun aylık yağış gözlem serileri kullanılarak IDW analizi ile oluşturulan ortalama yağış haritasının yeniden sınıflandırılması ile oluşturulan harita Şekil 6'da gösterilmektedir.



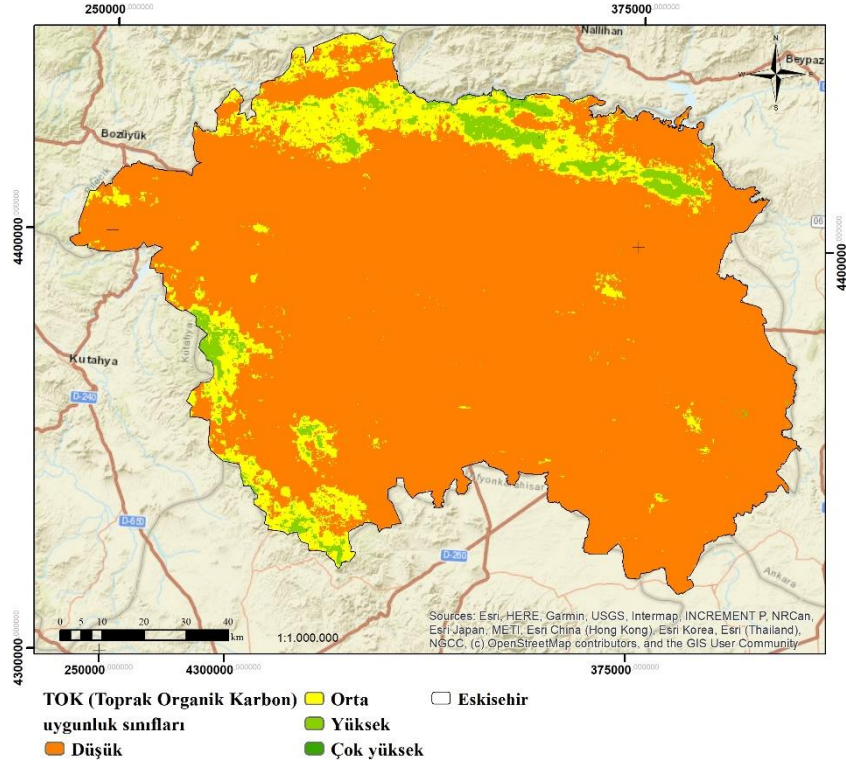
Şekil 6. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış ortalama yağış haritası

3.1.3 Toprak Kriterleri

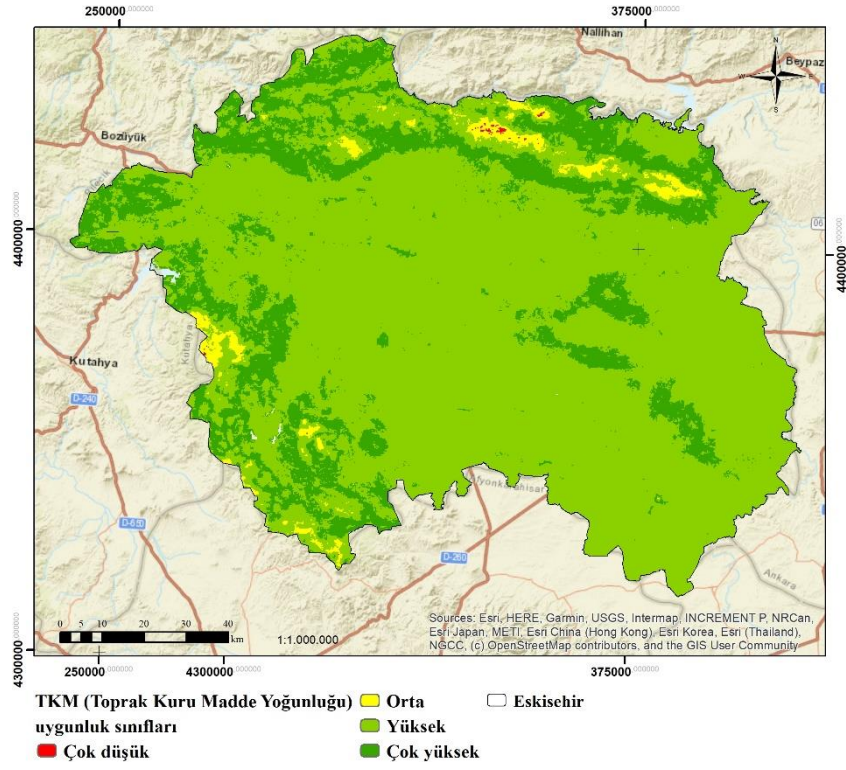
Toprak kriterleri içerisinde yer alan pH, TOK, TKM ve toprak derinliği katmanlarının, ağırlık puanları ile yeniden sınıflandırılması ile oluşturulan tematik haritalar Şekil 7-Şekil 10'da gösterilmektedir.



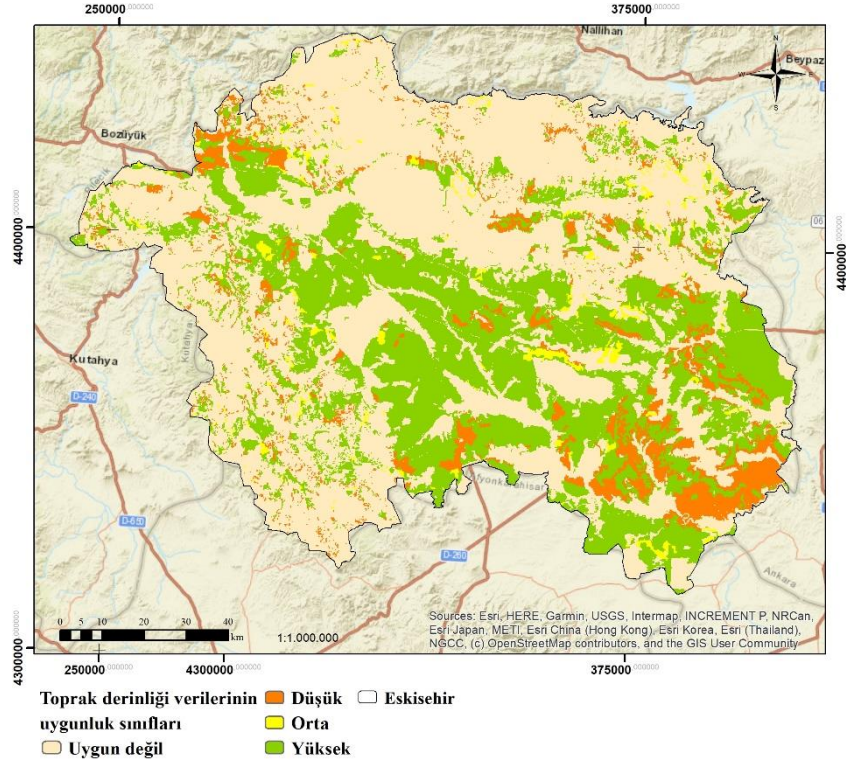
Şekil 7. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış pH haritası



Şekil 8. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış TOK haritası



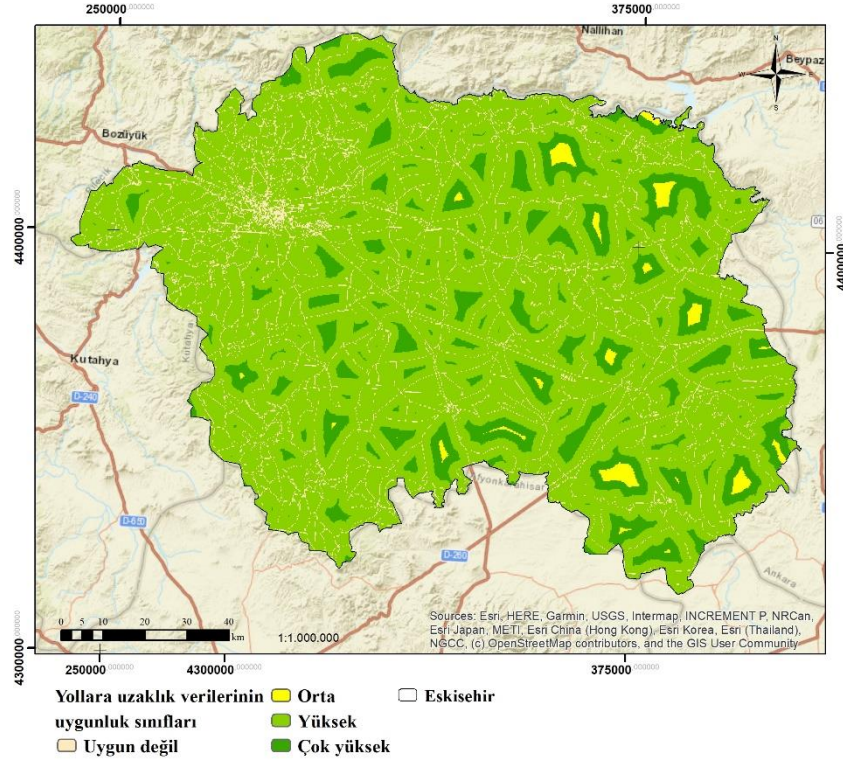
Şekil 9. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış TKM haritası



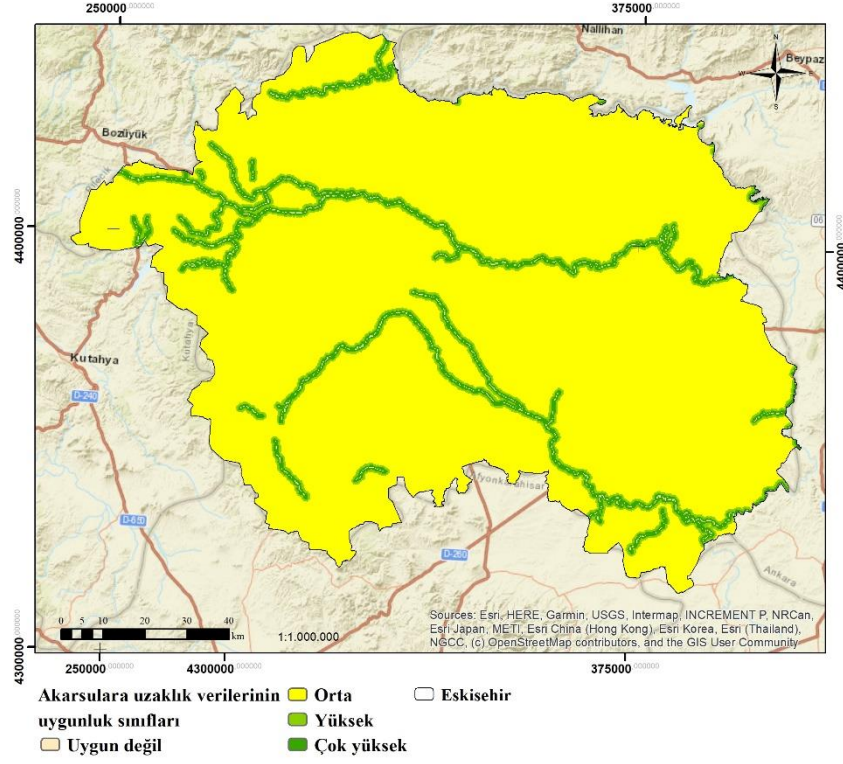
Şekil 10. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış toprak derinliği haritası

3.1.4 Diğer Kriterler

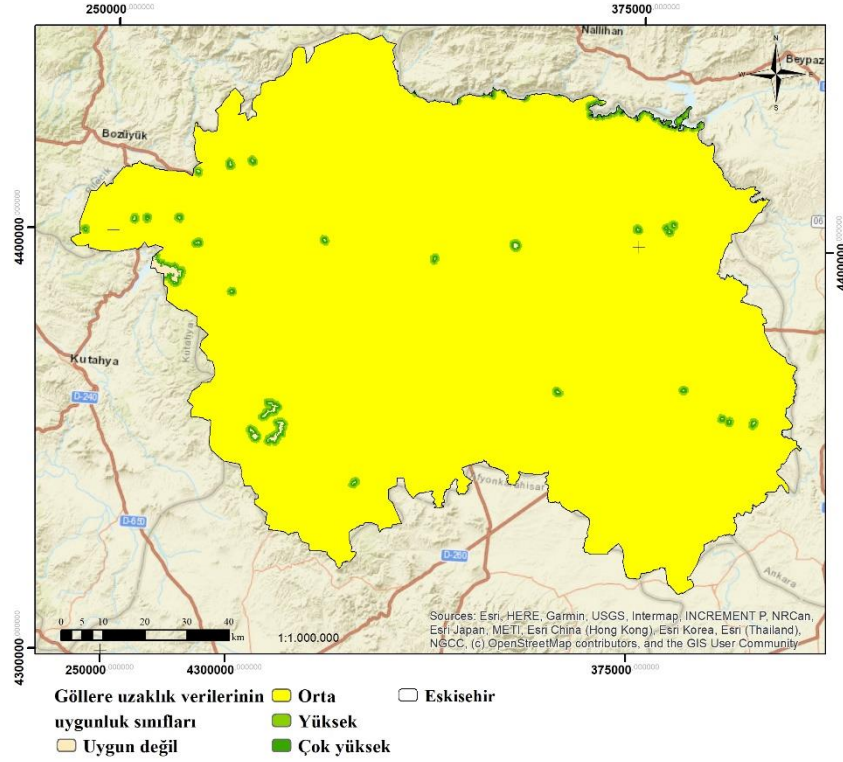
Diğer kriterler içerisinde yer alan su yüzeylerine, yerleşim alanlarına ve yerleşim alanlarına olan mesafe katmanları tampon bölge analizine tabi tutulmuştur. Sonrasında raster formata çevrilerek yeniden sınıflandırma işlemi yapılmıştır (Şekil 11-Şekil 14).



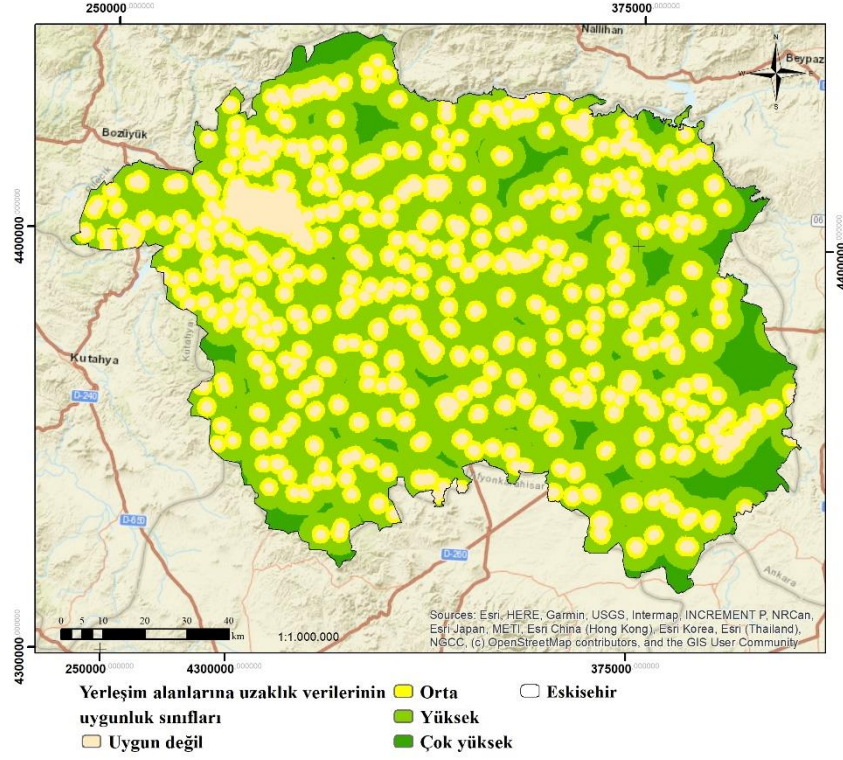
Şekil 11. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış yola mesafe haritası



Şekil 12. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış akarsulara mesafe haritası



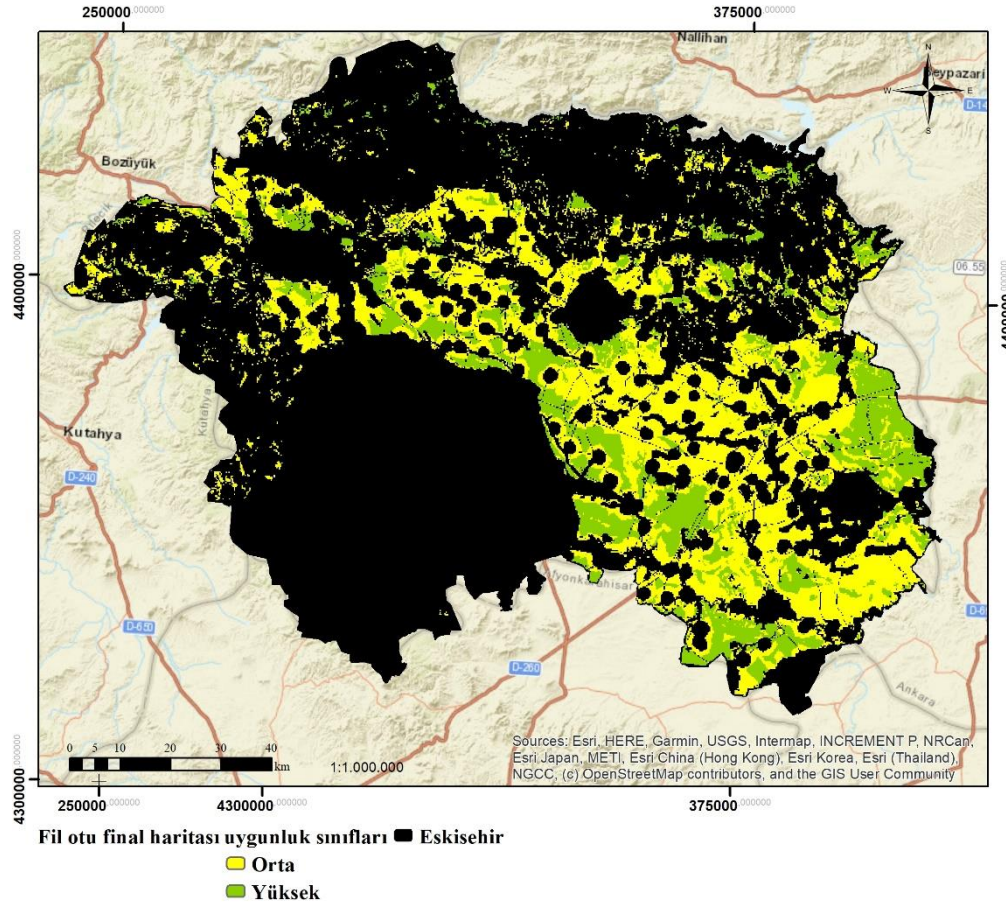
Şekil 13. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış göllere mesafe haritası



Şekil 14. Ağırlık puanlarıyla yeniden sınıflandırılmış yerleşim alanlarına mesafe haritası

3.2 Ağırlıklı Çakıştırma Sonuç Haritası

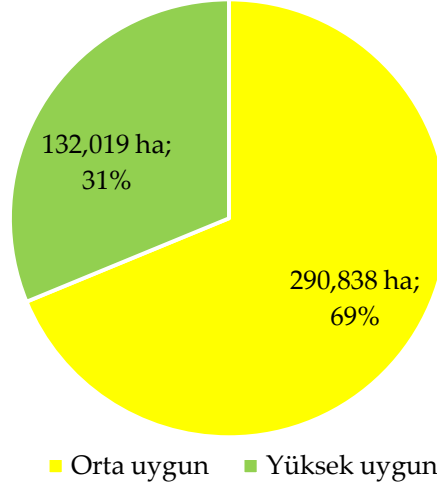
Toplamda 1.404.055 ha olan çalışma alanından, kısıt alanlar ile fil otu ekimi uygun olmayan alanlar çıkarıldıktan sonra geriye kalan 422.856 ha'lık alan analize tabi tutulmuştur. Bu alan, toplam çalışma alanının, yaklaşık %30,11'ini oluşturmaktadır. Elde edilen sonuç haritası; manuel sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Bu sınıflandırmaya ait harita (Şekil 15) ile saha bilgilerini içeren tablo (Tablo 4) ve grafik gösterim (Şekil 16) aşağıda verilmiştir.



Şekil 15. Fil otu bitkisi için oluşturulan ağırlıklı çakıştırma sonuç haritası

Tablo 4. Ağırlıklı çakıştırma sonuç haritası saha bilgileri

Uygunluk	Değeri	Fil otu		
		Piksel adedi	Piksel alanı (ha)	Yüzde değeri (%)
Çok düşük uygun	1	0	0	0,0
Düşük uygun	2	0	0	0,0
Orta uygun	3	46.534	290.838	68,8
Yüksek uygun	4	21.123	132.019	31,2
Çok yüksek uygun	5	0	0	0,0
Toplam		67.657	422.856	100



Şekil 16. Fil otu bitkisi için oluşturulan saha bilgileri

4. SONUÇ

Türkiye’de 2023 hedefleri doğrultusunda temiz ve güvenli enerji kaynaklarına ulaşılması konusunda iddialı hedefler belirlenmiştir. Biyoenerjiden etkin bir şekilde yararlanılabilmesi ile küresel birincil enerji arzına daha da büyük katkı sağlanabilir. Buna ek olarak sera gazı emisyonlarında düşüş sağlanması ve diğer çevresel faydaların elde edilmesi mümkün olabilir. Ayrıca ithal fosil yakıtlar yerli biyokütle ile ikame edilerek enerji güvenliği ve ticaret dengelerinde iyileştirmeler, yöre halkları için, kırsal topluluklarda ekonomik ve sosyal gelişme fırsatları elde edilebilir.

Tarımsal uygulamalarda, yetiştirilecek her bitkinin gereksinimleri farklılık göstermektedir. Bunu dikkate alarak arazideki tüm kriterler ile bitkinin ekolojik ihtiyaçlarını gözetenek gerçekleştirilecek bir analiz sayesinde hem bitki verimliliği artırılabilir hem de ekonomik faydalar sağlanır. CBS, gelişmiş analiz teknikleri ve çok kriterli karar verme kolaylığı sağlaması açısından eşsiz bir araçtır.

Bu çalışmada, Eskişehir ilinde fil otu bitkisinin yetiştirilebileceği en uygun alanların yer seçimi çalışması gerçekleştirilmiştir. Uygunluk sınıfları 1-çok az, 2-az, 3-orta, 4-yüksek ve 5- çok yüksek olmak üzere 5 sınıfta değerlendirilmiştir. Buna göre toplamda 1.404.055 ha olan çalışma alanından, kısıt alanlar ile fil otu ekimi uygun olmayan alanlar çıkarıldıktan sonra geriye kalan 289.550 ha’lık alan analize tabi tutulmuştur. Bu alan, toplam çalışma alanının, yaklaşık %20,62’sini oluşturmaktadır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre; 224.956 ha alanın 3-orta uygun, 64.594 ha alanın ise 4-yüksek uygun sınıflarda yer aldığı saptanmıştır.

EPDK (2020); 2019 yılında Eskişehir ilinde 28.803,721 ton benzin türleri, 309.893,27 ton motorin türleri, 6.992,37 ton fuel oil türleri, 336,745 ton havacılık yakıtları tüketiminin gerçekleştiğini bildirmektedir. Toplamda yakıt olarak kullanılan

346.026,102 ton akaryakıt tüketimi mevcuttur. Literatürde fil otu bitkisinden teorik olarak elde edilecek biyoetanol miktarı ha başına 7,29 ton ile 12,05 ton arasında farklılık göstermektedir (Nigam, 2002; Somerville, Youngs, Taylor, Davis ve Long, 2010). Ortalama ha başına 10 ton biyoyakıt elde edileceği var sayıma dayanarak, 4 yüksek uygun alanların en az yarısında gerçekleştirilecek fil otu bitkisi üretimi ile toplamda 322.970 ton biyoetanol elde edilmesi mümkün olmaktadır. Bu da Eskişehir ili için yıllık kullanılan akaryakıtın %93,34'ü gibi yüksek bir oranı ifade etmektedir. Ancak burada kullanılan hesaplama tamamen teorik olup bir sonraki aşamada bu çalışmanın geliştirilerek uygulamaya geçirilebilmesi ve yatırımcılara yol gösterici olabilmesi amacıyla maliyet analizlerinin yapılması önerilmektedir.

5. TEŞEKKÜR

Yazarlar, AHP anketinin hazırlanmasında katkısı bulunan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi - Orman Fakültesi - Orman Mühendisliği bölümü mezunu, yüksek orman mühendisi, Oğuzhan Bilgili'ye teşekkür eder.

KAYNAKÇA

- 28346 No'lu Resmi Gazete. (2012). *Benzin türlerine etanol harmanlanması hakkında Tebliğ*. Ankara: Resmi Gazete.
- Açıkalın, K. (2010). *Çeşitli biyokütle atık maddelerin pirolizi ve elde edilen ürünlerin analizi*. (Doktora Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aktaş, T., Dalmış, S. İ., Tuğ, S., Dalmış, F., ve Kayışoğlu, B. (2016). Çeltik Saplarının Gazlaştırılması Amacıyla laboratuvar Tipi Bir Gazlaştırıcının Geliştirilmesi ve Denenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 119-128.
- Ar, F. F. (2008). Biyoyakıtlar Tehdit mi-Fırsat mı. *Mühendis ve Makine*, 49(581), 3-9.
- Arias, E. F. (2008). *Categorization of soil suitability to crop Switchgrass at Mississippi, US using Geographic Information System, Multicriteria analysis and Sensitivity analysis*: Mississippi State University.
- Asakereh, A., Omid, M., Alimardani, R., ve Sarmadian, F. (2014). Developing a GIS-based fuzzy AHP model for selecting solar energy sites in Shodirwan region in Iran. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 68, 37-48.
- Aydın, F. (2015). *Enerji Bitkisi Yetiştirilebilecek Alanların Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama ve Analitik Hiyerarşi Prosesi Desteği ile Tespiti*. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye.
- Balezentiene, L., Streimikiene, D., ve Balezentis, T. (2013). Fuzzy decision support methodology for sustainable energy crop selection. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 17, 83-93.

- Berndes, G., Hoogwijk, M., ve Van den Broek, R. (2003). The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass and Bioenergy*, 25(1), 1-28.
- Bilgili, O. (2017). *Miscanthus x Giganteus Bitkisinin Marjinal Alanda Denenmesi ve Adaptabilite, Biyokütle Üretimi ile Biyoyakıt Potansiyelinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Kahramanmaraş.
- Bouton, J., Bransby, D., Conger, B., McLaughlin, S., Ocumpaugh, W., Parrish, D., Taliaferro, C., Vogel, K., ve Wullschleger, S. (1998). *Developing switchgrass as a bioenergy crop*. Erişim adresi:
- Caslin, B., Finnan, J., ve Easson, L. (2010). *Miscanthus best practice guidelines. Agriculture and Food Development Authority, Teagasc, and Agri-Food and Bioscience Institute*.
- Demirbas, A. (2008). Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. *Energy conversion and management*, 49(8), 2106-2116.
- Dornburg, V., van Vuuren, D., van de Ven, G., Langeveld, H., Meeusen, M., Banse, M., van Oorschot, M., Ros, J., van den Born, G. J., ve Aiking, H. (2010). Bioenergy revisited: key factors in global potentials of bioenergy. *Energy & Environmental Science*, 3(3), 258-267.
- Duygu, E., ve Cısdık, İ. (2011). Biyokütle Enerjisi İçin Yetiştiriciliğin Etkileri Konusunda Araştırmalar I. Bilgi Birikimi Işığında Türkiye'deki Eko-Ekolojik Etki Potansiyeli. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 93-109.
- EIA. (2015). International Energy Statistics https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=000001000004&c=ruvvvvfvvtvvvv1vvvvvvfvvvvvvvfvvsu20evvvvvvvvvvvfvvg&ct=0&tl_id=79-A&vs=INTL.80-1-AFG-TBPD.A&cy=2015&vo=0&v=B&start=2009&end=2016 adresinden edinilmiştir.).
- EPDK. (2020). *Petrol piyasası 2019 yılı sektör raporu* Erişim adresi: Ankara:
- ESRI. (2016). How Weighted Overlay works. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-weighted-overlay-works.htm> adresinden edinilmiştir.).
- FAO. (2008). The State of Food and Agriculture. Biofuels: Prospects, Risks and Opportunities. *FAO Report*.
- Fiorese, G., ve Guariso, G. (2010). A GIS-based approach to evaluate biomass potential from energy crops at regional scale. *Environmental Modelling & Software*, 25(6), 702-711.

- Golden, N. (2008). Promotion And Protection Of All Human Rights, Civil, Political, Economic, Social And Cultural Rights, Including The Right To Development: Report of the Special Rapporteur on the right to food. In: UN.
- Graham, R. L., English, B. C., ve Noon, C. E. (2000). A geographic information system-based modeling system for evaluating the cost of delivered energy crop feedstock. *Biomass and Bioenergy*, 18(4), 309-329.
- Karaca, Başçetinçelik, A., ve Öztürk, H. (2004). Bazı Avrupa Birliği Ülkelerinde Biyokütle Politikaları, V. *Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 1.
- Koçar, G., Eryaşar A., Bayrakçı, A. G., Çelebi, B. H., Neptün E.A., Salmanoğlu, F., Seven G., Elibol H.A., Çelikleş M.S., Çubukçu, M., Güneş, M., Çetin, N. S., Perinçek, O., Ersöz Ö., Ünalın S., ve Arıcı, Ş. (2012). İzmir İli Yenilenebilir Enerji Sektör Analizi. *Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü*, 175.
- Koikai, J. S. (2008). Utilizing GIS-Based Suitability Modeling to Assess the Physical Potential of Bioethanol Processing Plants in Western Kenya." *Saint Mary's University of Minnesota University Central Services Press, Winona, MN*. [OpenURL](#).
- Kumaravel, S., ve Ashok, S. (2012). An optimal stand-alone biomass/solar-PV/pico-hydel hybrid energy system for remote rural area electrification of isolated village in Western-Ghats region of India. *International journal of green energy*, 9(5), 398-408.
- Li, Y., ve Khanal, S. (2015). *Bioenergy: Principles and Applications*. USA: John Wiley and Sons, Incorporated.
- Lovett, A. A., Sünnenberg, G. M., Richter, G. M., Dailey, A. G., Riche, A. B., ve Karp, A. (2009). Land use implications of increased biomass production identified by GIS-based suitability and yield mapping for Miscanthus in England. *Bioenergy Research*, 2(1-2), 17-28.
- Lunnan, A. (1997). Agriculture-based biomass energy supply—a survey of economic issues. *Energy policy*, 25(6), 573-582.
- Maxson, M. L. (2008). *Fuzzy logic techniques applied to a switchgrass ecological site suitability model for the state of Mississippi*: Mississippi State University.
- McLaughlin, S. B., ve Walsh, M. (1998). Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy. *Biomass and Bioenergy*, 14(4), 317-324.
- Nigam, J. (2002). Bioconversion of water-hyacinth (*Eichhornia crassipes*) hemicellulose acid hydrolysate to motor fuel ethanol by xylose-fermenting yeast. *Journal of Biotechnology*, 97(2), 107-116.
- Nuran Erkul, K. (2020). Benzin türlerine etanol harmanlama zorunluluğuna 'kademeli geçiş'. <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/benzin-turlerine-etanol-harmanlama-zorunluluguna-kademeli-gecis/1871650> adresinden edinilmiştir.).

- Öztürk Tophanecioğlu, S. (2009). *Tarımsal atıklardan hızlı piroliz yöntemiyle sentetik sıvı yakıt eldesinde piroliz parametrelerinin etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- REN21 Community. (2018). *Renewables 2018 Global Status Report*. Erişim adresi:
- Resch, G., Held, A., Faber, T., Panzer, C., Toro, F., ve Haas, R. (2008). Potentials and prospects for renewable energies at global scale. *Energy policy*, 36(11), 4048-4056.
- Sanderson, M., Reed, R., McLaughlin, S., Wullschleger, S., Conger, B., Parrish, D., Wolf, D., Taliaferro, C., Hopkins, A., ve Ocumpaugh, W. (1996). Switchgrass as a sustainable bioenergy crop. *Bioresource Technology*, 56(1), 83-93.
- Somerville, C., Youngs, H., Taylor, C., Davis, S. C., ve Long, S. P. (2010). Feedstocks for lignocellulosic biofuels. *science*, 329(5993), 790-792.
- Soylu, S. (2012). Alternatif Bir Biyoyakıt Bitkisi Olarak Dallı Darının (Panicum virgatum L.) Türkiye’de Yetiştirme Teknikleri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(3).
- Thapa, N. (2012). *Agro-climatic and land suitability mapping for switchgrass grown as a bioenergy crop in North Dakota*.
- Topal, M., ve Arslan, E. I. (2008). Biyokütle enerjisi ve Türkiye. *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, 17-19.
- Toprak Mahsulleri Ofisi. (2017). *2017 Hububat Raporu*. Ankara: TMO. Erişim adresi: <http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/hububat/HububatRaporu2017.pdf>.
- TÜİK. (2020). *Yıllara göre il nüfusları, 2000-2019*. Ankara.
- Wang, W. W. (2012). *Three essays on climate change impacts, adaptation and mitigation in agriculture*: Texas A&M University.
- Yanmaz, A. M., ve Usul, N. (2006). *Kavramsal su mühendisliği*: ODTÜ Yayıncılık.

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES (AIST)

Volume: 4, Issue: 2, p. 28-37, 2021

HİDROKARBON MİKRO SIZINTILARININ UA YÖNTEMLERİ İLE TESPİT EDİLMESİ VE UA'NIN HİDROKARBON KEŞİFLERİNDE YENİ BİR TEKNİK OLARAK KULLANILMASI

DETECTION OF HYDROCARBON MICROLEAKAGE BY USING REMOTE SENSING AND USING REMOTE SENSING AS A NEW TECHNIQUE FOR HYDROCARBON EXPLORATION

Hakan Oktay AYDINLI¹
Mahdi Hassan PASHAEI²
Hatice Selin AYDEMİR²
Ümit GÜLER³
Müge Demir ÇAKIR⁴
Serhat AYDEMİR⁵
Mehtap Özenen KAVLAK²

(Received 04.06.2021 Published 01.07.2021) - Review Article

Özet

Petrol ve doğal gaz dünyadaki başlıca enerji kaynaklarından. Dünya üzerindeki enerji ihtiyacının yüzde 63'ü petrol ve doğal gaz kaynakları tarafından karşılanmaktadır. Bu kaynakların tespit edilerek yüzeye taşınması ve üretilmesi esnasında farklı disiplinler bir araya gelerek çeşitli metodolojileri kullanmaktadır. Petrol ve doğal gaz arama faaliyetlerinde jeofizik, jeokimya ve jeoloji çalışmaları hidrokarbon bulunan rezervuarların tespiti için gerekli konvansiyonel çalışmalar olarak tanımlanmaktadır. Son dönemdeki teknolojik gelişmelere bağlı olarak konvansiyonel yöntemlere ek olarak uzaktan algılama faaliyetleri sayesinde uydu verileri kullanılmış ve bu verilerin yapılan diğer çalışmalardaki veriler ile uyum gösterdiği ve hidrokarbon arama uygulamalarında yeni bir teknik olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır. Uzaktan algılama verileri ile hidrokarbonların mikro sızıntı olarak yükseldiği bölgelerde mineralojik değişimler tespit edilerek elde edilen sonuçlar rezervlerin varlığını doğrulama amacıyla kullanılması mümkün görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Hidrokarbon, Uzaktan Algılama, Mikro-sızıntı, Petrol ve Doğal Gaz

¹BeSafe danışmanlık, oktay.aydinli@be4safe.com

²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir. mhpashaei@eskisehir.edu.tr hsaydemir@eskisehir.edu.tr mehtapozenen@eskisehir.edu.tr

³Türksat Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme A.Ş. uguler@turksat.com.tr

⁴Müge Çakır Demir Mimarlık Hizmetleri, Eskişehir. muggedemircakir@gmail.com

⁵Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş., Eskişehir. Serhat.aydemir@oedas.com.tr

Abstract

Oil and gas are one of the major energy sources in the world. 63% of all energy needs of the world is provided by oil and gas. Various methods are being used during the exploration and production phases of oil and gas. Geophysical, geochemical and geological studies are defined as conventional techniques which are used to explore hydrocarbon reserves under the surface. In accordance with the latest technology, remote sensing is admitted as a new technique due to its compatible results with the conventional techniques. Remote sensing data can be used to detect mineralogical changes in areas where hydrocarbon micro-seepage occurs, allowing hydrocarbon reserves to be verified.

Keywords: Hydrocarbon, Remote Sensing, Micro-seepage, Oil and Gas

1. GİRİŞ

Hidrokarbon gaz sızıntıları ilk olarak milattan önce 6000-2000 yılları arasında İran'da keşfedilmiştir (Noomen ve ark. 2003) Tarihsel olarak bakıldığında, hidrokarbon gaz sızıntılarının yüzeyde görülmesi, petrol ve gaz sahalarının toplanma alanlarının varlığıyla yakından ilgili olmuştur (Jianming ve ark. 2019). Son birkaç yüzyıldır dünyada gözlemlenen hidrokarbon sızıntıları petrol ve doğal gaz sahalarının yerlerini belirlemek üzere kullanılmaktadır (Tedesco, 1995). Bu yüzden, dünya üzerinde yapılan petrol ve doğal gaz sondajlarının birçoğu hidrokarbon sızıntılarının olduğu alanlarda yapılmaktadır (Jianming ve ark. 2019).

Petrol ve doğal gaz kaynaklarının keşif sürecinde jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal yöntemler, modern jeolojik petrol teorisinin rehberliğinde rezervuarları keşfetmek için kullanılan bütünleşik yöntemler olarak tanımlanmaktadır (Yi ve ark., 2016). Buna rağmen, bu arama yöntemlerinin ilk keşif kuyularında başarı oranı %30'dur (Horig, 2001; Ellis, 2001). Petrovic ve ark. (2008) ile Saunders ve ark. (1999), hidrokarbon aramalarında konvansiyonel yöntemler dışında uygulanan uzaktan algılama (UA) yöntemleri sayesinde ilk keşif kuyularında başarı oranının artacağını ve bu sebeple keşif maliyetlerinin düşeceğini belirtmiş olmalarına rağmen UA verilerinin tek başına rezervuarın derinliği, büyüklüğü ve akışkan kalitesi hakkında bir bilgi ortaya koyamayacağını değerlendirmişlerdir.

Hidrokarbon sızıntıları, makro sızıntılar ve mikro sızıntılar olarak ikiye ayrılır. Makro sızıntılar, yüzeye sızan hidrokarbonların (petrol ve doğal gaz) gözle görülebilen varlıklarıdır ve daha önce dünya üzerinde çeşitli lokasyonlarda kayıt altına alınmışlardır (Tedesco, 1995). Mikro sızıntılar ise rezervuardan yüzeye dik veya dike yakın olarak gerçekleşen hidrokarbon sızıntılarıdır. Bu sızıntıların tespitindeki en iyi gösterge jeokimyasal analizler sırasında toprak ve toprak üzerinde tespit edilen düzenli olmayan hafif hidrokarbon sızıntılarıdır. Toprak üzeri gazı olarak toplanan hidrokarbon izotoplarının karakteristik özellikleri rezervuarın karakteristiği ile benzerlik göstermekte olup rezervuardan göç eden hidrokarbonların varlığını doğrulamaya yardımcı olmaktadır (Saunders ve ark., 1991).

UA yöntemleri mikro sızıntıları tespit etmek için geçmişte de kullanılan yöntemlerdendir (Lang ve ark. 1985; de Oliveria and Crosta 1996). Kullanılan materyaller ise alan/saha spektrometreleri ve geniş bantlı hava/uydu sensörleridir. Sahadaki spektral çalışmalar hidrokarbon sızıntıları kaynaklı yüzey değişimlerini tanımlamak için kullanılmaktadır (Bammel ve Birnie, 1994). Ayrıca sahada alınan ölçümler de hidrokarbon mikro sızıntılarının varlığı ile ilgili olası bir ilişki göstermektedir (Abrams ve ark., 1984; Richers ve ark., 1986).

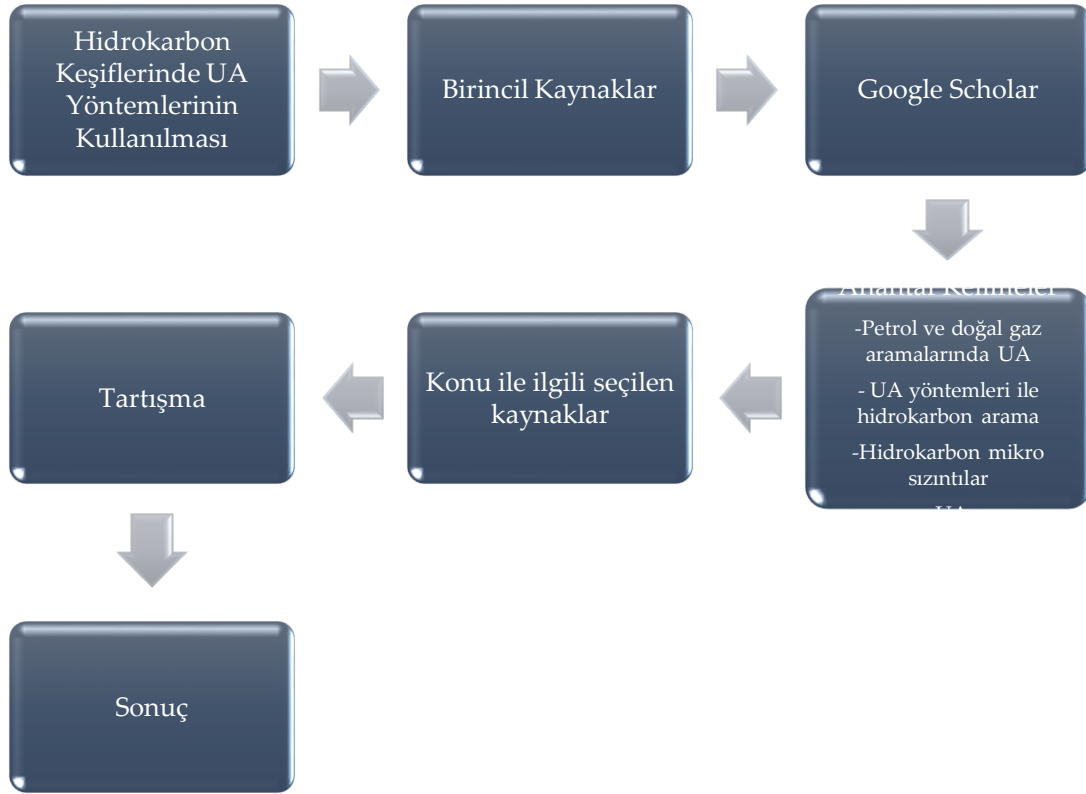
Petrol ve gaz rezervuarları yerin derinliklerinde olmasına rağmen, dünya yüzeyinde tespit edilebilen bazı göstergeleri vardır. Landsat MSS görüntüleri üzerindeki bulanık yamalar (hazy patches) Collins tarafından 1973 yılında mevcut petrol ve gaz sahalarıyla olan yüksek korelasyonları nedeniyle petrol arama faaliyetleri için ipucu

olarak değerlendirilmiştir (Rencz, 1999). Yer altında var olan rezervuarlardan kaynaklı oluşan mikro sızıntıların yüzeyde oluşturduğu anomalileri karakterize etmek için spektral görüntüleme uygulamalarının ilki, hava araçlarından elde edilen multi-spektral verilerle tespit edilen anomalilerin 1970'lerin sonunda Patrick Draw, Wyoming sahasında bulunması ile kanıtlanmıştır (Arp, 1992).

Uzun süreli hidrokarbon sızıntıları yüzeyde lokal olarak indirgenmiş alanlar oluşturmaktadır. Bu alanlarda çeşitli kimyasal ve mineralojik değişimler gözlemlenmektedir (Saunders ve ark., 1999). Hafif hidrokarbonların doğrudan veya dolaylı olarak bakteriyel oksidasyonu sonucu ortamın pH ve Eh'sinde önemli değişiklikler görülmektedir. Baca şeklinde yükselen hidrokarbon sızıntıları mineralojik stabiliteyi ve kimyasal reaktiviteyi etkileyerek çeşitli minerallerin çözünmesine ve çökmesine neden olurken bu yüzeylerin etrafındaki eşdeğer diğer yüzeylerden farklılıklar taşımaya sebep olmaktadır (Schumacher, 1996). Hidrokarbon kaynaklı değişikliğin uzaktan algılanması ile toprak yüzeylerinde, kayalarda ve ortamdaki bitkilerde anormal diyajenezin (fiziksel ve kimyasal değişimler) hızlı ve düşük maliyetli bir şekilde tespit edilebilmesinde imkan sağlamaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar, genel olarak ferrik demirin indirgenmesi (kırmızı yatak ağartma), karışık katmanlı killerin ve feldispatların kaolinite dönüşümü, karbonat içeriğinin artması ve bitki örtüsünün anormal spektral yansıması ile ilgilidir (Van Der Meer, 2012) Bu çalışmada petrol ve doğal gaz aramalarında kullanılan geleneksel yöntemlerin UA verileri ile doğrulandığı çalışmalardan oluşturulmuş bulgular derlenerek bundan sonra alanda yapılmak istenen çalışmalara ışık tutması amaçlanmıştır.

2. METODOLOJİ

Bu çalışmada öncelikle hidrokarbon keşifleri için yapılan çalışmalarda UA verilerinin elde edilmesi ve çeşitli coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulamaları kullanarak verilerin işlenip haritalar oluşturulması esası ile ilgili çalışmalar belirlenmiştir. Belirlenen bu çalışmaların tamamı Google Scholar üzerinden yapılan araştırmalar sonucu elde edilmiştir. Çalışmaların elde edilmesi sırasında belirli bir zaman aralığı gözetmeksizin alanda yapılan bütün çalışmalar değerlendirilmiştir. Alandaki çalışmaları bulabilmek adına belirlenen anahtar kelimeler: "petrol ve doğal gaz aramalarında UA", "UA yöntemleri ile hidrokarbon arama", "hidrokarbon mikro sızıntılar", "UA"dır. Gerçekleştirilen literatür araştırması sonucunda yirmi sekiz çalışma belirlenmiştir. Belirlenen çalışmalar konu ile uygunluğu açısından dikkatle incelenmiştir. Bu aşamadan sonra, her bir makalenin ana bulguları, araştırma ölçeği, benimsenen yöntemler, kavramların gösterimi ve kısıtlamalar değerlendirilmiştir. Bu konu üzerinde yapılmış yirmi sekiz çalışmadan sekizi konu uygunluğu, farklı bölgeleri kapsamı, literatüre kazandırdıkları ve kullanılan yöntemler bakımından değerlendirilerek ilerleyen bölümlerde özetlenmiştir. Çalışmaların tespit edilmesi ile ilgili olarak izlenen yöntem ise Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Hidrokarbon aramalarında UA kaynak incelemesi akış şeması

3. ALAN ÇALIŞMALARI

Literatür incelendiğinde UA araçları kullanılarak hidrokarbon mikro sızıntılarının tespiti için yapılan çalışmaların genel olarak mineralojik yapıyı incelemek üzere gerçekleştirildiği görülmektedir. Uzun süreli hidrokarbon ile temas eden toprak ve kayaların yüzey yapılarında demir ve kil içerikleri açısından farklılıklar oluştuğu tespit edilmiş ve bu yüzeyler hidrokarbon sızıntıları ile temas etmeyen diğer yüzeylere göre yansımaya ve parlaklık değerleri açısından fark göstermiştir. Çalışmalar genel olarak Landsat 8, Landsat 7, Landsat 4-5 TM ve Aster uydularından elde edilen veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dünya üzerinde petrol ve doğal gaz üretiminin olduğu alanlardan bazıları hem üretilen akışkan çeşidinin farklı olması hem de farklı yöntemler kullanılması sebebiyle seçilmiş ve elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde sunulmuştur. Literatürde gerçekleştirilen çalışmalar dikkate alındığında, genel olarak uydu verilerinin jeokimyasal analizler ile ortak olarak yorumlanması ve direkt olarak uydu verilerinin kullanılması şeklinde iki bölümde incelendiği dikkat çekmektedir.

Uydu verilerinin jeokimyasal analizler ile beraber ortak doğrulama amacıyla kullanıldığı çalışmalara örnek olarak, Kahn ve Jacobson (2008)'ın, kayalar ve topraklardaki kimyasal ve mineralojik değişikliklerin, bazı büyük petrol sahalarının üzerindeki hidrokarbon mikro sızıntıları ile ilişkili olduğu hipotezini test ettikleri çalışmaları verilebilir. Kayaçlardan elde edilen mineralojik, jeokimyasal ve karbon

izotopunu destekleyen alan verileri, Wyoming'in Patrick Draw bölgesindeki hidrokarbon mikro sızıntıları ile ilişkili görünen değişikliklerin olduğu Hyperion görüntü sensörleri tarafından haritalandırılmıştır.

Staskowski (2004) mineral değişimleri ile hidrokarbon tespitinde ASTER kullanımını test etmek için bir çalışma yapmıştır. ASTER uydu görüntülerinin hidrokarbon sızıntısı ile ilgili jeokimyasal anormallikleri haritalamak için ucuz ve verimli bir araç olduğunu bu çalışması ile doğrulamıştır. Maulana ve ark. (2020)'nin çalışmaları da Staskowski (2004)'nin çalışması ile benzerlik taşımakta olup petrol ve doğal gaz aramalarında kullanılan UA verilerine ek olarak jeokimyasal analizler de içeriğe dahil edilerek çeşitli bulgular elde edilmiştir. Buna göre Landsat 8 görüntü analizine, XRD ve XRF'ye dayanarak, Semarang Regency'deki Bancak, Boto, Wonokerto ve Nyemoh bölgelerinde biriken bir hidrokarbon sızıntı dağıtım alanı doğrulanmıştır. Örneklerden alınan XRF testi sonuçları, çalışma alanının güneyinde ve güneybatısında %9.21'de Fe₂O₃ elementi ve %7.42'de CaO varlığını göstermiştir. Bu, hidrokarbonlar ve kayalar arasında, çevrelerindeki asitlik koşullarını etkileyen bir reaksiyonu göstermektedirler ve bu nedenle kil mineralleri, demir oksitler ve demir sülfütlü oluşturmaktadırlar (Maulana ve ark., 2020).

Uydu verilerinin tek başına değerlendirildiği ve mikro sızıntıların tespit edildiği çalışmalara örnek olarak, Yang ve ark. (2000)'nin karadaki hidrokarbon mikro sızıntılarının UA teknikleriyle doğrudan tespiti üzerinde gerçekleştirdiği çalışmaları verilebilir. Bu çalışmada UA görüntülerinden tespit edilebilen hidrokarbon kaynaklı toprak ve tortu yüzey değişikliklerinde ferrik demirin azaldığı (kırmızı yatakların bozlaşması), karışık katmanlı killerin ve feldispatların kaolinite dönüştüğü, karbonat içeriğinin arttığı ve buna bağlı olarak bitki örtüsünün anormal spektral yansıma gösterdiği belirtilmiştir.

Çin ve deniz aşırı ülkelerde UA teknolojisinin petrol ve gaz uygulamalarının genel gelişimi, hiper spektral UA'nın yeni petrol ve gaz yataklarını keşfetmek için uygun bir yöntem olabileceğini göstermektedir (Goetz, 2009). Araştırmalar, petrol arama için büyük öneme sahip olan yansıma spektrometrisi ve petrol süzülme teorisine dayalı olarak ek petrol rezervuarlarını belirlemenin birçok güvenilir yolunu göstermiştir (Wang ve ark, 2011).

Malhotra ve ark. (1990) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Bighorn Basin, Wyoming'de yer alan Sheep Mountain antiklinalinde, Landsat TM verileri ile Chugwater Formasyonu içinde, bilinen hidrokarbon rezervuarlarının olduğu alanlarda kırmızı yatak bozlaşmasının varlığı gözlemlenmiştir. Bozlaşmış alanlar spektral olarak değerlendirildiğinde 3/1 bant oranlaması uygulanarak yansıma değerleri ile ilgili olarak parlaklık artışı gözlemlenmiştir. Uygulanan bu teknik, seyrek bitki örtüsü tespiti, kil ve kırmızı yataklarda varlığının tespitinde kullanılan güvenilir bir yöntem olarak belirtilmiştir (Malhotra ve ark., 1990). Hosseinpour (2020) tarafından İran-Batı Zagros Dağları'ndaki mineral yapısındaki değişim gözlemlenmiştir. ASTER uyduları kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, B5/B4 ve B2/B1 bant oranlarının sırasıyla ferrus

demir ve ferrik demirin belirlenmesi için uygun olduğu ve ayrıca (B5 + B7) / B6 band oranlamasının, kaolinit ve illit gibi kil minerallerinin tespiti için kullanılabileceği tespit edilmiştir. Uygulanan band oranlamalarının sonucu olarak kil minerallerinin Kuh-e Namak, Darang ve Kangan antiklinali, Darang ile Dashti diyapiri ile daha az miktarlarda olsa da Pazan, Zireh ve Khartang antiklinalleri üzerinde varlığı tespit edilmiştir. Bunun yanında ferrus demirinin yoğunluğu ve dağılımı kil minerallerine göre daha az olsa da Dashti doğrultu adımlı fayı ve tuz diyapirleri üzerinde tespit edilmiştir. Ayrıca Kangan ve Kuh-e-Namak antiklinallerinin arayüzünde akarsuların ve tortuların varlığından dolayı yüksek ferrus demiri konsantrasyonu gözlenmiştir.

Lammoglia ve ark. (2008)'nın çalışmasında Landsat 7+ETM ve ASTER/Terra uyduları kullanılarak, hidrokarbon bulunan alanlar karakterize edilmiştir. Landsat7+ETM verileri kullanılarak sahte renk (false color) görüntüler elde edilmiş ve temel bileşenler analizi yapılmıştır. ASTER verilerinin işlenmesi için de Spectral Angle Mapper (SAM) ve Mixture Tuned Matched Filtering (MTMF) teknikleri kullanılmış ve multispektral data seti örneklendirilmiştir. Sonrasında, ASTER verileri nöral ağ (network) kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda mikro sızıntı olan bölgelerde seyrek bitki örtüsü ve az miktarda ferrik demirinin görüldüğü ayrıca ferrus demiri, kil ve karbonat yoğunluğunun varlığı tespit edilmiştir.

4. SONUÇ

İncelenen kaynaklar ve elde edilen bulgular sonucunda, hidrokarbon keşiflerinde geleneksel yöntemlerin dışında kullanılan uzaktan algılama yöntemleri sayesinde çalışma yapılan alanlarda, ileri de yapılacak olan çalışmalara ışık tutacak ortak ve özgün sonuçlara ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

Geleneksel hidrokarbon arama yöntemleri olarak kabul edilen jeolojik, jeofiziksel ve jeokimyasal çalışmalar dışında kullanılan UA yöntemleri hem zaman hem de maliyetten tasarruf sağlamak adına önemli bir karar destek sistemi olarak ortaya çıkmıştır. Buna ek olarak jeolojik ve sismik araştırmaların zor olduğu engebeli yüzeylerde, kullanışlı bir yardımcı kaynak olarak kullanılabilir. Yüzey verileri ve jeolojik yapılar ile korelasyon sağlayan UA veri setleri arama faaliyetleri sırasında hidrokarbon tespit oranı ihtimalinin yükselmesine ve yatırımcının keşif riskinin azalmasına yardımcı olduğu için önemli bir metottur. Yeni sondaj lokasyonların belirlenmesi ve rezervuarın yöneliminin tanımlanması açısından yatırımcılara fikir sunmaktadır.

Hidrokarbon mikro sızıntılarının yüzeyde görüldüğü alanlar ile ilgili olarak çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, sızıntıların bulunduğu alanlarda çeşitli mineralojik değişimler gözlemlenmiştir. Bu değişimlere bakıldığında, çalışma bölgelerinde ferrus demiri, kil ve karbonat yoğunluğu artışı gözlemlenirken, aynı alanda ferrik demiri azlığı ve seyrek bitki örtüsü ile karşılaşmaktadır. Bu değişimler hidrokarbon sızıntısı görülen alanların, çalışma alanları yakınında hidrokarbon sızıntısı gözlemlenmeyen alanlardan karakteristik olarak farklı özellikler gösterdiğinin kanıtı

olarak sunulmaktadır. Belirtilen mineralojik değişimlerin var olduğu yüzeyler petrol ve doğal gaz bulunma potansiyeli yüksek alanlar olarak değerlendirilmiş olmasına rağmen UA verileri rezervuar karakteristiği ve potansiyelin büyüklüğü hakkında bilgi sunamamaktadır. Hidrokarbon mikro sızıntılarının karakteristiğinin daha iyi anlaşılması için daha yüksek spektral çözünürlüğe sahip uydu verileri temin edilerek rezervuarlar ile ilgili elde edilen bilgilerin artırılması yoluyla çalışma alanlarındaki yüzey anormalliklerini tanımlanma ihtimali güçlenecektir.

Bu bilgiler sonucunda elde edilen bulgulara göre, UA verileri kullanılarak yapılan çalışmaların geleneksel çalışmalara ek kaynak olarak sunulması yüzeyde yapılan jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal çalışmaların güvenilirliğinin artırılması için önemli bir seçenek olması hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

Arp, G. (1992). An integrated interpretation for the origin of the Patrick Draw oil field sage anomaly. *AAPG bulletin*, 76(3), 301-306.

Bammel, B., & Birnle, R. (1994). Spectral Reflectance Response of BiS Sagebrush to Hydrocarbon-Induced Stress. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 60(1), 87-96.

De Oliveira, W., & Crosta, A. (1996). Detection of hydrocarbon seepage in the Sao Francisco basin, Brazil, through Landsat TM, soil geochemistry and airborne/field spectrometry data integration. *Environmental Research Institute of Michigan*, 1-155.

Ellis, J., Davis, H., & Zamudio, J. (2001). Exploring for onshore oil seeps with hyperspectral imaging. *Oil and Gas Journal*, 99(37), 49-58.

Goetz, A. (2009). Three decades of hyperspectral remote sensing of the Earth: A personal view. *Remote Sensing of Environment*, 113,5-16.

Hosseinpour, M. (2020). Relationship between hydrocarbon micro-seepages and structures by detection of altered minerals using ASTER remote sensing data in the West of Coastal Fars, Zagros, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(13),1-10.

Höring, B., Kühn, F., Oschütz, F., & Lehmann, F. (2001). HyMap hyperspectral remote sensing to detect hydrocarbons. *International Journal of Remote Sensing*, 22(8), 1413-1422.

Jianming, G., Hailong, F., Xiangzeng, W., Lixia, Z., Laiyi, R., Yonghong, H., & Jintao, Y. (2019). Integrating Geochemical Anomaly and Remote Sensing Methods to Predict Oil-and Gas-Bearing Areas in the Yanchang Oil Field, Ordos Basin, China. *Earth Sciences Research Journal*, 23(1), 79-86.

- Khan, S., & Jacobson, S. (2008). Remote sensing and geochemistry for detecting hydrocarbon microseepages. *Geological Society of America Bulletin*, 120(1-2),96-105.
- Lammogliaa, T., Filhoa, C., & Filhob, R. (2008). Characterization Of Hydrocarbon Microseepages In The Tucano Basin,(Brazil) Through Hyperspectral Classification And Neural Network Analysis Of Advanced Spaceborne Thermal Emission And Reflection Radiometer (Aster) Data. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38.
- Lang , H., & Nadeau, P. (1984). Petroleum commodity report. Joint NASA/Geosat test case project final report: Tulsa, Oklahoma. *AAPG*, (pt 2), 10-1.
- Lang, H., Aldeman, W., & Sabins Jr, F. (1985). Patrick Draw, Wyoming–petroleum test case report. The Joint NASA/Geosat Test Case Project: Final report. *AAPG Special Publication*, 2,11-1.
- Li, Y., & Zhen, L. (2016). Joint control over reservoirs by faults and uplifts: formation of large-scale gas. *China Petroleum Exploration*, 21(1), 44.
- Maulana, F., Yogiswara, G., Fairuz, S., Maudysha, A., & Nugroho, U. (2020). Remote Sensing Aplication and Geochemical Studies for Hydrocarbon-Induced Alterations Discoveries in Western Kendeng Zone. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Digital Technical Conference*.
- Noomen, M., Skidmore, A., & Van der Meer, F. (2003). Detecting the influence of gas seepage on vegetation, using hyperspectral remote sensing. *ITC,Enschede*.
- Petrovic, A., Khan, S., & Chafetz, H. (2008). Remote detection and geochemical studies for finding hydrocarbon-induced alterations in Lisbon Valley, Utah. *Marine and Petroleum Geology*, 25(8),696-705.
- Rencz, A., & Ryerson, R. (1999). Manual of remote sensing, remote sensing for the earth sciences (Vol. 3). *John Wiley & Sons*.
- Richers, D., Jones, V., Matthews, M., Maciolek, J., Pirkle, R., & Sidle, W. (1986). The 1983 Landsat soil-gas geochemical survey of Patrick Draw area, Sweetwater county. *Wyoming AAPG bulletin*, 70(7), 869-887.
- Saunders , D., Ray Burson, K., & Keith Thompson, C. (1991). Observed relation of soil magnetic susceptibility and soil gas hydrocarbon analyses to subsurface hydrocarbon accumulations. *AAPG bulletin*, 75(3), 389-408.
- Saunders, D., Burson, K., & Thompson , C. (1999). Model for hydrocarbon microseepage and related near-surface alterations. *AAPG bulliten*, 83(1), 170-185.

Aydınlı, O., H. & Pashaei, H., M. & Aydemir, S., H. & Güler, Ü. & Çakır, D., M. & Aydemir, S. & Kavlak, Ö., M. (2021). Hidrokarbon Mikro Sızıntılarının UA Yöntemleri İle Tespit Edilmesi ve UA'nın Hidrokarbon Keşiflerinde Yeni Bir Teknik Olarak Kullanılması. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST)*, 4 (2): 28-37.

Shumacher, D., & Abrams, M. (1996). Hydrocarbon Migration and Its Near-surface Expression: Outgrowth of the AAPG Hedberg Research Conference, Vancouver, British Columbia. AAPG.

Staskowski, R. (2004). Utility of Aster For Detecting Hydrocarbon. *AAPG Annual Convention*, 1-2.

Tedesco, S. (2012). Surface geochemistry in petroleum exploration. *Springer Science & Business Media* .

Van der Meer, F., Van der Werff, H., Van Ruintenbeek, F., Hecker, C., Bakker, W., Noomen , M., & Woldai, T. (2012). Multi-and hyperspectral geologic remote sensing: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformaiton*, 14(1), 112-128.

Veena Malhotra, R., Birnie, R., & Johnson, G. (1990). Detection of surficial changes associated with hydrocarbon seepage Sheep Mountain anticline, Bighorn basin, Wyoming. *In Thematic conference on remote sensing for exploraiton geology*, 1097-1110.

Wang , J., Liu, S., Li, J., Zhang, Y., & Gao, L. (2011). Characteristics and causes of Mesozoic reservoirs with extra-low permeability and high water cut in northern Shaanxi. *Petroleum Exploration and Development*, 38(5), 583-588.

Yang , H., Meer, F., Zhang , J., & Kroonenberg, S. (2000). Direct detection of onshore hydrocarbon microseepages by remote sensing techniques. *Remote Sensing Reviews*, 18(1), 1-18.

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES (AIST)

Volume: 4, Issue: 2, p. 38-57, 2021

BELLEK TAŞIYICILARI OLARAK TARİHİ PEYZAJ KARAKTER ALANLARI: PRIENE ANTİK KENTİ ÖRNEĞİ

HISTORICAL LANDSCAPE CHARACTER AREAS AS MEMORY CARRIERS: PRIENE ANCIENT CITY CASE

Nergiz BELEN¹
Şükran ŞAHİN²

(Received 24.06.2021 Published 03.07.2021) - Research Article

Özet

Bu çalışmada, Priene antik kenti ve yakın çevresi örneğinde, Tarihi Peyzaj Karakter Alanları (TPKA) haritalama yöntemi önerilmiş ve peyzaj-kentsel yerleşim-bellek etkileşimi kapsamındaki önemi vurgulanmıştır. Tarihi Peyzaj Karakter Analizi (TPKAn) ile üretilen bir TPKA haritası, unutulmaya yüz tutmuş antik kent-peyzaj ilişkisini ve kaybolan belleği arama çalışmaları için bir araçtır. Literatürdeki TPKAn çalışmalarında, çoğunlukla 15. yüzyıl sonrası peyzajlara odaklanılmıştır. Bu çalışma ile önerilen çok katmanlı TPKA haritaları hem arkeolojik dönemleri hem de Peyzaj Deseni Geçiş Alanlarını (PDGA) kapsamaktadır. Priene antik kenti yakın çevresindeki PDGA'lar, bölgedeki yerleşim sahalarının gelişimini etkilemiş, hatta tarih sahnesinden silinmelerine neden olmuşlardır. MÖ 700'lerde kurulan Priene, döneminin önemli liman kentlerinden biriyken, kıyısına konumlandığı denizel peyzaj Büyük Menderes Nehri Havzasından taşınan sedimanlarla dolduğundan kent kıyıda yamaçlara taşınmıştır. Bugün, (Ege) Denizi'nden yaklaşık 15 km içerde olan bu ikinci kentin de yer seçimi, planı ve sokak düzeninde antik peyzajın etkin rol aldığı belirtilebilir. Bu bağlamda, bir HLCA haritalama yöntemi, sahaya özgü doğa-insan etkileşiminin kanıtı dayalı tüm zamansal katmanlarını kapsamalıdır.

¹Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara. nergiz.belen@tarimorman.gov.tr

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ankara. sukran.sahin@ankara.edu.tr

Böyle bir yöntemin uygulanabilmesi ve yeni tarihsel veriler ortaya çıktıkça güncellenebilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) altyapısına ve sunduğu olanaklara ihtiyaç vardır. Antik kentlerin, tarihsel oluşum ve dönüşümlerinin sahnelendiği çok katmanlı arkeolojik (palimpsest) peyzaj özellikleri ile birlikte kayıt altına alınması, bu kentlerin kültürel miras değerlerinin ve buldukları yerle etkileşimlerinin hem daha tutarlı olarak anlaşılmasına hem de güncel peyzaja ilişkin koruma-kullanım stratejilerinin daha etkin geliştirilmesine olanak sağlayabilir.

Anahtar Sözcükler: Bellek, Priene, Tarihi Peyzaj Karakteri, Peyzaj Arkeolojisi, Çok Katmanlı Peyzaj

Bu çalışmada önerilen TPKA haritalama yöntemi Nergiz Belen'in, hali hazırda devam etmekte olan "Tarihi Peyzaj Karakter Analizi ve Turizm Açısından Değerlendirilmesi: Aydın Söke Eski ve Yeni Doğanbey Mahalleleri Örneği" başlıklı Doktora Tezi'nden uyarlanarak geliştirilmiştir.

Abstract

As a case-based study, this paper aims to propose a method for mapping the Historical Landscape Character Areas (HLCA) and to emphasize its importance in the context of landscape-urban settlement-memory interaction. An HLCA maps as a result of Historical Landscape Character Analysis (HLCAn) is a tool for the search for the ancient city-landscape relationship that has sunk into oblivion and the lost memory. Existing HLCAn studies in literature focused on landscapes, mainly after the 15th century. The palimpsest HLCA mapping method proposed by this paper in the case of Priene ancient city and close surroundings covers both archaeological periods and Landscape Pattern Transition Areas (LPTZ). PDGAs of the study area affected the development of the settlements in the region and even caused them to disappear from the scene of history. Established in 700 BC, Priene was one of the important port cities of its time, but the city moved from the coastal area to the slopes when the maritime landscape that played a role in the site selection of the first Priene settlement was filled with sediments carried from the Büyük Menderes River Basin. Ancient landscape again played an active role in the site selection, plan and street layout of this second city that is today approximately 15 km inland from the (Aegean) Sea. In this context, a TPKA mapping method should cover all evidence-based temporal layers of site-specific nature-human interaction. In order for such a method to be implemented and updated as new historical data emerge, a Geographical Information Systems (GIS) infrastructure and the opportunities it offers are needed. Recording the ancient cities together with their multi-layered archaeological (palimpsest) landscape characteristics in which their historical formation and transformations are staged may enable both the understanding of the cultural heritage values of these cities and their interactions with the nature more consistently and the development of protection-use strategies more effectively.

Key words: Memory, Priene, Historical Landscape Character, Landscape Archeology, Palimpsest Landscape

1. GİRİŞ: TARİHİ PEYZAJ KARAKTER ANALİZİ VE BELLEK

Mekân, insanı çevreleyen ve kendini güvende hissettiği ve yaşamsal eylemlerini gerçekleştirebildiği bir alan olarak tanımlanmaktadır (Kaya vd, 2014). İnsan-doğa etkileşiminin sonuç ürünü olarak kültürel peyzaj, yüzyıllar boyu süren bir tarihi birikimin mekânsal anlatımıdır. Bu nedenle, güncel peyzajları anlayabilmenin yolu, tarihi süreçler boyunca, ele alınan peyzajlarda oluşan gelişim ve değişimlere ilişkin bilgi ile mümkündür (Şengür ve Nurlu, 2021). Tarihi Peyzaj Karakter Analizi (TPKAN) tam da bu gereksinime yanıt olarak, bir alanın ilk yerleşim gördüğü zamandan bugüne geçirdiği değişim ve dönüşümlerin mekânsal anlatımıdır (Demir ve Demirel, 2018). TPKAN çalışmaları, geçmişi daha iyi anlamaya yönelik olarak mekânsal yöneticiler ve planlar için yararlı bir kaynaktır. Ayrıca peyzaj ve tarih üzerine farkındalık oluşturma, eğitim vb. amaçlar için güçlü bir araçtır (Antrop, 2005). Özman'a (2018) göre TPKAN bir alanın tarihi, kültürel ve doğal özelliklerinin hepsini kapsadığı için kültürel miras alanlarının korunmasında etkin bir kaynak oluşturmaktadır. TPKAN, bir yerleşimin özgün değerinin belirlenmesinde öncelikli olarak arkeolojik ve tarihsel boyutların birleştirilmesi ile gündeme gelmiş, ardından alanın bütün tarihsel süreçlerinin haritalaması biçiminde geliştirilmiştir (Turner, 2006). Bu analiz süreci ile Tarihi Peyzaj Karakter Alanları (TPKA) ortaya konulmaktadır.

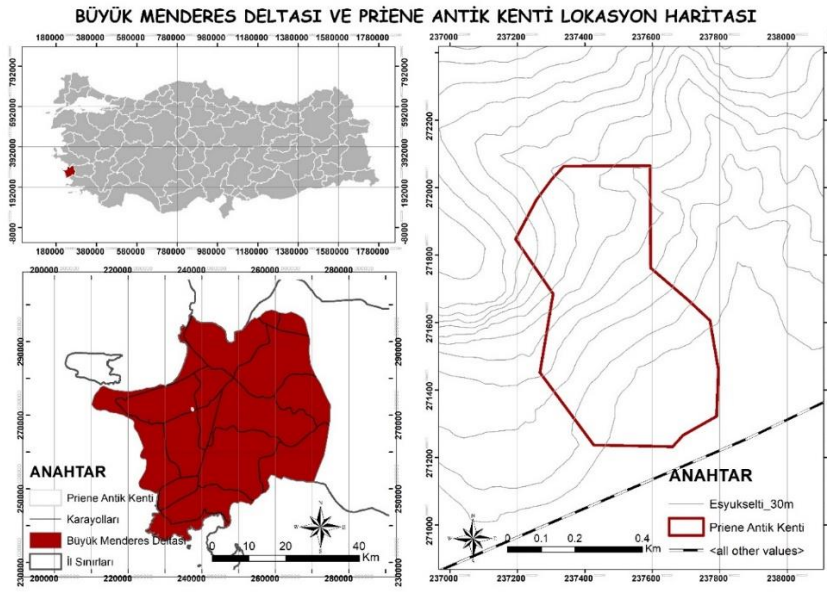
Peyzaj belirli bir yerde insan ve çevresi arasındaki etkileşimin gerçekleştiği bir sahne olarak düşünüldüğünde; bu sahne yalnızca olayların cereyan ettiği yer değil, aynı zamanda olayları etkin olarak biçimlendiren bir zemindir. Bu bağlamda, söz konusu sahne artık bir çerçeve değil olayın kendisidir. Bir peyzajda tekrarlayan doğal ve kültürel olaylar, zamanla peyzaj karakterinin bir bileşeni olarak mekânsal bir desen ya da peyzaj karakter alanı olarak tanımlanabilmektedir. Tarihsel süreç içerisinde ise bu alan, artık bir TKPA olarak, bireylerin ve toplumların davranışını ve yaşam biçimlerini etkileyen, mekânın kimliği olarak bilinen ve geçmişin izleriyle dolu kolektif bellek alanını oluşturmaktadır. Diğer bir anlatımla TKPA, tarihi derinlikte var olan ancak bugün var olmayan doğa-insan etkileşiminin sahnelendiği peyzajları tanımlamalarından dolayı birer bellek taşıyıcıları olarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında Priene Antik Kenti özelinde, arkeolojik dönemleri de içerecek biçimde palimpsest/çok-katmanlı TKPA haritalanması gerçekleştirilmiş ve antik kentin içinde yer aldığı, bugün artık antik denilebilecek peyzajın özellikleri saptanmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın materyali; Türkiye'nin güneybatısında, Samsun Dağı güney yamacına yerleşmiş ve Aydın'ın Söke ilçesinden 15 km uzaklıkta olan Priene Antik kenti ve yakın çevresidir (Şekil 1). Yerleşim günümüzde Büyük Menderes Nehrinin 500 m kuzeyinde, Ege denizinden ise yaklaşık 15 km kara yönünde içeridedir.

İyon Birliğinin bir üyesi olduğu belirtilen Priene Kenti ile ilgili ilk bilgi antik kaynaklara göre MÖ 7. yüzyılın ortalarında (Aydın İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, t.y.). Kent İyonlar tarafından ele geçirilmeden önce bir Karya yerleşimidir (UNESCO, t.y.). Priene

bir liman kenti olarak deniz kıyısında kurulmuşken, zaman içerisinde deniz alanının dolması dolayısıyla günümüzde kalıntılarının bulunduğu 2. Yerleşim alanına taşınmıştır (İbçi, 2017). Koenigs'e göre (1999) Kentin bu ikinci konumunun deniz seviyesinden yaklaşık 370 m yükseklikte olmasının bir nedeni de saldırılara karşı korunmaktır. Bu nispeten yüksek alandan geniş peyzajlar izlenebilmektedir. Ancak deniz seviyesindeki kotlardan izlendiğinde kentin sadece Akropolü görünebilmektedir. Yer seçiminde diğer nedenler de kentin su ihtiyacını karşılayacak kaynak varlığı ve sivrisinek yaşam alanlarına uzak oluşudur (Tanaç, 2000).



Şekil 1. Priene Antik kentin konumu (Orijinal 2021)

Çalışma üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama bellek (Bilgin, 2013; Olick, 2014; Doğu ve Deligöz, 2017; Avcıoğlu ve Akın, 2017; Halbwachs, 2018), kentlerin gelişimi (Tekeli, 1991; Tanaç, 2000; Butina Watson and Bentley, 2007; Kottak, 2014; Sevin, 2016; Yıldız vd., 2017; Arlı, 2018) ve tarihi peyzaj karakter analizi (Wang, 2012; Koç, 2014; Antrop, 2005; Kaya vd., 2014; Şahin vd., 2014; Demir ve Demirel, 2016; Demir ve Demirel, 2018; Özman, 2018; Şengür ve Nurlu, 2021) konularında literatür taraması yapılmıştır. Bunun yanı sıra antik kentlerin toplum belleği üzerindeki izleri, kentlerin unutulma nedenleri, bu unutulmanın insanlar üzerinde oluşturduğu izler açısından gerçekleştirilen bir anket çalışması (SARAT Projesi, 2019), Priene antik kenti bağlamında değerlendirilmiştir. İkinci aşamada alanın yerinde incelenmesi ile çalışma alanının kolektif bellek, tarih ve peyzaj bağlamında irdelenmiştir. Üçüncü aşama ise; TPKA haritalamıştır. Bu haritalama için tarihin farklı katmanlarının tek haritada gösterilmesi için yeni bir teknik geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde bir CBS yazılı olan ArcMap'in sunduğu olanaklardan yararlanılmıştır. Haritalamada CORINE Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı 2018 verisi kullanılmış; yol, akarsu, yerleşim vb. baz veriler OpenStreetMap (OSM) (<https://www.openstreetmap.org>) ve Copernicus (<https://land.copernicus.eu>) açık veri

sağlayıcılarından elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer veriler, literatürden sayısallaştırılarak elde edilmiştir.

3. BULGULAR

Araştırma bulguları bölümünde Priene antik kentinin Anadolu arkeolojisindeki yeri ve önemine değinilmiş, ardından antik kent, peyzaj ve kolektif bellek arasındaki ilişki araştırılmış ve haritalanmaya çalışılmıştır.

3.1. Priene Antik Kenti

Kent, tarihi dönemlerde fiziksel, sosyal ve kültürel olguları içinde barındıran ve sürekliliği olan bir oluşum olarak tanımlanmaktadır (Yaldız vd., 2017). Bir kentin yerleşim olarak seçilmesi ve kentteki yaşamın devam etmesi için doğal kaynaklara yakın olması (su kaynakları, anayollar, deniz kenarı, göl ve akarsu kenarı vb.) ya da o kaynağa dayalı olması, ticaret için elverişli bir yer olması (liman, ticaret yolu vb.) ve/veya tarımsal refah sağlayan bir yer olması tercih edilmektedir. Bunun yanında askeri anlamda savunulması kolay bir konum veya ideolojik nedenler, önemli dini olayların geçtiği yerler olması şehirlerin gelişmesi için önemli etmenlerdir (Gates, 2012). Adalar (Ege) Denizi kıyılarındaki yerleşimlerin antik dönemlerden itibaren fazla olması ise bu kıyıların görel olarak korunaklı limanlarının ticarete uygun koşullara sahip olmasıdır (Mansel, 1947). Bu yerleşimlerden bir olan Priene antik kentinin günyüzüne çıkarılması çalışmaları 20. yüzyılın başlarında Weigand and Schrader tarafından başlatılmıştır (Demand, 1986). Antik kaynaklar (Herodotos; Sophokles; Strabon), Priene'nin ilk yerleşimini MÖ 700 olarak vermektedir. Fakat o dönemdeki bu ilk yerleşimin nerede olduğu henüz tespit edilememiştir. Menderes nehrinin alüvyonlarla dolması ve önceden deniz kıyısında konumlanan kentin kıyıdan uzak kalması nedeniyle terk edildiği bilinmektedir (Demand, 1986; İbçi, 2017). Kaynaklarda MÖ 5. yüzyılın ortalarında şimdiki konumunda yeniden kurulduğu belirtilmektedir. Aynı antik kaynaklara göre MÖ 6. yüzyılda yedi bilgeden biri olan Bias'ın yaşadığı yerdir (UNESCO, t.y.). Herodotos'un "Historia" adlı eserinde, Prieneli Bias olarak geçen kişinin Priene'de yaşadığı, MÖ 500-494 yıllarında İonia İsyanı olarak geçen eyleme katıldığı ve 12 gemi ile tarihte bilinen Lade Savaşında Perslere karşı savaştığı anlatılmaktadır. Bu dönemki süreçlerle ilgili yazılı kaynakların haricinde MÖ 500'lü yıllara tarihlenen elektron bir sikke de bulunmaktadır (İbçi, 2017).

Antik kentin en önemli yapıları; Athena, Demeter, Zeus ve Mısır tapınakları, tiyatro, agora, yukarı gymnasium, aşağı gymnasium, Büyük İskender'in evi, konut alanları, Bizans kilisesi ve nekropoldür. Kentin tiyatrosunun 5000 kişilik kapasiteye sahip olduğu ve MÖ 350 yılında yapıldığı bilinmektedir (Aydın İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, t.y.).

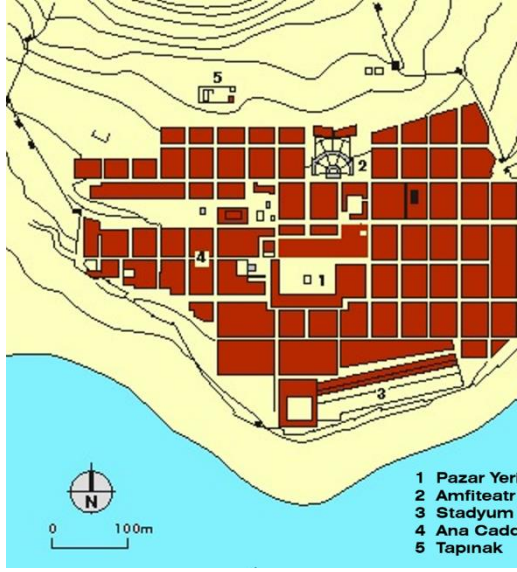
Yaklaşık 5500 yıl önce ilk kentler Aşağı Mezopotamya'da oluşmaya başlamıştır (Childe, 1950). Kadim Uruk şehrinde gözlemlenebilen ızgara plan izleri, Anadolu'da ise MÖ 9 ve 7. yüzyıllarda Zernaki Tepe ile Symrna yerleşkelerinde, MÖ 5. yüzyılda da Miletos ve Priene kentlerine uyarlanmış (Arlı, 2018; Tanaç, 2000). Priene antik kentin

Milet’li Hippodamos (MÖ 6 yüzyıl) tarafından 4. yüzyılda planlandığı bilinmektedir (Wycherley, 1945). Sokakların birbirlerini dik açı ile kestiği ve ızgara sistem olarak bilinen Hippodamos Planı’nın eğimli araziye uygulandığı ilk kentlerdendir (Arlı, 2018; Tanaç, 2000). Kentte anayollar doğu-batı yönünde yan yollar ise kuzey-güney yönünde uzanmaktadır ve birçoğu merdivenlerden oluşan sokak şeklindedir. Fakat kenti çevreleyen yaklaşık 2,5 km uzunluğundaki sur duvarları bu plana uyum göstermez, daha çok topografik yapıya bağlıdır (İbçi, 2017). Şekil 2’de Priene kent planı ve bir kentiçi canlandırma resmi yer almaktadır. Şekil 3’de ise İÖ 3. yüzyılda Priene yerleşimi deniz bağlantısı ve kent yerleşimi canlandırması verilmiştir.

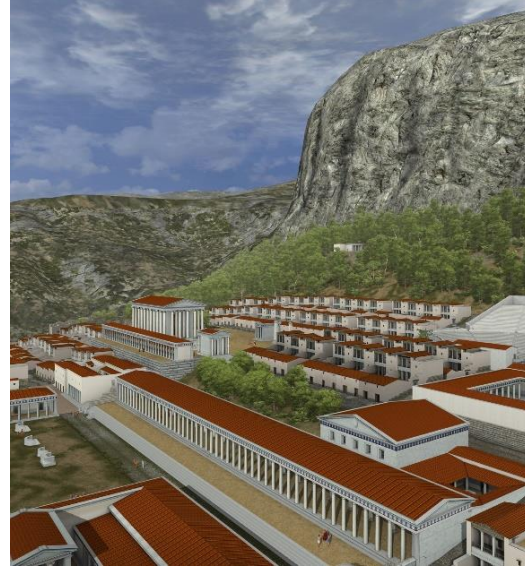
Priene kentindeki son inşaatın MS 13. yüzyılda olduğu bilinmektedir. O dönem içinde yapılan kalenin Türklere karşı yapıldığı ve sonraki dönemde kentin Türklerin eline geçtiği bilinmektedir. Sonraki dönemde yaşanan su sistemleri sıkıntısı nedeniyle kentin terkedildiği tahmin edilmektedir. Kentin günümüze kalan kısımlarının ortaya çıkması 1673’de İzmir’e gelen tüccarlar sayesinde olmuştur. Antik kentteki ilk araştırmalar 1765 yılı ve 1868-1869 yılları arasında İngilizler tarafından yapılmıştır. 1895 ve 1899 yılları arasında da arkeolojik kazılar yapılmıştır (Bekdemir ve Sezer 2008).

3.2. Bellek, Tarih ve Mekân İlişkisi

Yaşanan mekânla ilişkili olarak bellek, somut mekânsal unsurlarla birlikte değerlendirildiğinde anlam kazanabilir. Avcioğlu ve Akın’a göre (2017) belleğin zaman ve mekân bütünlüğü kentlerin tarihsel gelişiminde çok önemli bir yer tutmaktadır. Kent içinde geçmişle bağların somut tarihsel mekânsal unsurlarla kurulması kültürel kimliği güçlendirmekte ve yere ait olma duygusunu arttırmaktadır. Böylece geçmişle kurulan bağ geleceğin sürekliliğini de destekleyebilir (Butina Watson and Bentley, 2007; Güneş, 2017).

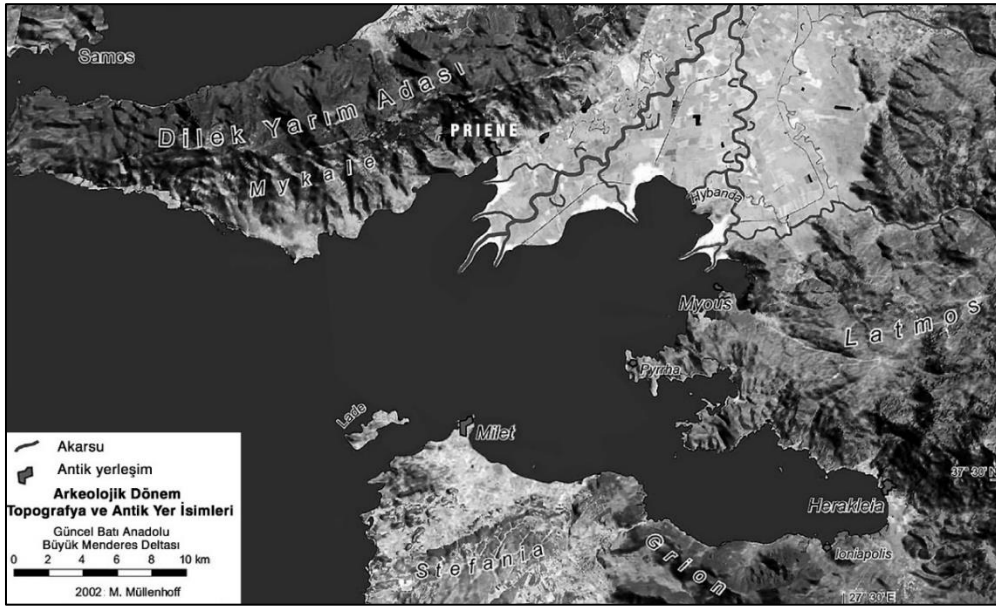


Priene antik kent planı (Solaripedia, 2004)



Priene kenti (Αρχαιολογία και Τέχνες, 2012)

Şekil 2. Priene antik kent planı ve kent içi canlandırması



MÖ 3. yüzyılda Priene deniz bağlantısı (Müllenhoff, 2005; Aktaran:Mert, 2016)



Antik Priene yerleşimi (ikinci yerleşim alanı): A. Zipelius tarafından 1895-1898 yılları arasında yapılan rekonstrüksiyondan sonra, suluboya ile E. Wolfsfeld tarafından aktarılmıştır (Wiegand, 1910).

Şekil 3. MÖ 3. yüzyılda Priene yerleşimi deniz bağlantısı (üst) ve kent yerleşimi canlandırması (alt)

Ortak geçmişi paylaşmak, bir anlamda, bir topluma ait kültür, kimlik, gelenekler ve inanışları kabul etmektir. Zaten kültürleri oluşturan da bu kavramlardır (Doğu ve Vardal Deligöz, 2017). Kültür kavramı, toplumun bireylerinin yaşadıkları mekânla etkileşimleri ile birlikte ifade edildiğinde, artık sözü edilen kültürel peyzajdır. Bu bağlamda, mekân ile bütünleşmiş kolektif bellek, kültürel peyzajın bir bileşenini oluştururken mekânın karakteristik öğeleri devam ettiği müddetçe belleğin güçlü kalma eğiliminde olacağı belirtilebilir. Dolayısıyla antik kentler, güncel kültürel peyzajın bir parçası olduklarında aynı zamanda güncel kolektif belleğin de bir parçası olabilirler. Butina Watson and Bentley'e (2007) göre Kentsel yaşam içinde geçmişle bağların kurulması kültürel kimliği güçlendirmekte ve yere ait olma duygusunu arttırmaktadır. Geçmiş hatırlamak biraz da geleceği düşündürmektir.

3.3. Priene Antik Kenti ve Yakın Çevresi Tarihi Peyzaj Karakter Alanları

Antik kentin TPKA'sını tespit için literatür taraması yapılmış, eski haritalar uydu görüntüleri, CORINE Alan Örtüsü/Alan Kullanımı verileri ve alanda yerinde incelemelerde bulunulmuştur. Ardından TPKA Menderes Deltası'nın arkeolojik ve tarihi dönemlerini içerecek biçimde sınıflandırılmış ve haritalanmıştır.

Bu çalışma ile bir TPKA'nın aşağıdaki çalışmaları içermesi önerilmektedir.

1. Tarihi Dönemlerin Belirlenmesi: Öncelikle çalışma alanı ana tarihi çağlara bölünmelidir. Avrupa bazlı klasik sınıflandırma evrensel denilebilecek bir zamansal dilimleme olarak temel alınabilir olmakla birlikte, tarihi peyzajın karakterizasyonu kapsamında yetersizdir. Diğer bir anlatımla insan-doğa etkileşiminin yerle ilişkilendirilmesinde klasik çağlar farklı peyzajlarda farklı zaman dilimlerine karşılık gelebilir. Ek olarak farklı yerlere özgü tarihsel olaylar, yere özgün bellek unsurları olarak tarihi peyzaj karakterizasyonunda önemlidir. Bu nedenlerle, her çalışılan alan için tarihi- arkeolojik temel zamansal periyodları özel olarak belirlenmelidir.

Priene antik yerleşimi ve yakın çevresinin TPKA'nın haritalanmasında, Alkan'ın (2009; 2011) bildirimleri ile birlikte alanda tarihi derinlikte ceryan eden doğal ve kültürel olaylar esas alınarak belirlenen ana dönemler ve alt dönemler esas alınmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Priene antik yerleşimi ve etkileşimli yakın çevresi için TPKA haritalamasında dikkate alınan tarihsel dönemler

DÖNEM	ALT DÖNEM
Eski Çağ	MÖ 700-MÖ 300 (İlk Priene yerleşiminin kuruluşu-2. Priene yerleşimine taşınma ve Priene denizinin bataklıkla dönüşmesi başlangıcı)
	MÖ 300-MÖ 27 (2. Priene yerleşimine taşınma ve Priene denizinin bataklıkla dönüşmesi başlangıcı-Roma İmparatorluğunun Kuruluşu)
Orta Çağ	MÖ 27-1176 Roma-Bizans Dönemi
	1176-13. Yüzyıl Selçuklu Dönemi
	13. yüzyıl-1425 Menteşeoğulları Dönemi
Yeni Çağ	1425- 1800 Osmanlı dönemi

2. TKPA Haritalama ve Terminoloji: Priene Antik Kentinin liman kenti olması nedeniyle TPKA haritalanabilmesi için arkeolojik dönemdeki denizel alan sınırları araştırılmıştır ve PDGA'lar tanımlanmıştır. Bu amaçla Menderes Deltası'nın alüvyon malzeme ile dolma sürelerinin jeolojik veriler ışığında tespit edildiği, Müllenhoff et al. (2004) ve Brückner et al. (2017) tarafından yapılan çalışmadan yararlanılmıştır. Akarsu yatağı değişikliği için ise Kazancı vd.'nin (2011) çalışmaları esas alınmıştır. Böylece elde edilen kıyı sınır değişiklikleri ArcMap ortamına aktarılmıştır. Antik kaynaklardaki (Herodotos, Sophokles ve Strabon) verilerden yola çıkılarak da antik dönem peyzajları kesinleştirilmiştir. Sonuç olarak, üretilen ve Şekil 4'de verilen TPKA Haritası hem güncel peyzaj desenini hem de dönemsel olarak PDGA'ları kapsamaktadır.

Tablo 2, çalışma kapsamında TPKA haritalamasında kullanılan isimlendirme ve kodlama sisteminin yapısını göstermektedir. Şekil 4'de verilen haritadaki TPKA'ların açık isimlendirme yapısından anlaşılacağı gibi temel harita bileşenlerini peyzaj deseni, literatürden elde edilen denizel jeomorfoloji bilgisi ve tarihi dönemler oluşturmaktadır. Genel olarak bir peyzaj deseni envanteri; (1) Zamansal ve mekânsal açıdan alan kullanımı ve biyo-fiziksel koşulların ortaya koyduğu yapıyı, (2) Alansal, noktasal ve çizgisel peyzaj öğeleri ile (3) Algısal ve estetik özelliklerini yansıtmaktadır (Şahin vd, 2014). Bu çalışmada peyzaj deseni haritalamasında, Şahin vd. (2014)

tarafından geliştirilen ve Avrupa Peyzaj Sözleşmesine dayanılarak hazırlanan, “Bölge-Alt Bölge Ölçeğinde Peyzaj Karakter Analizi ve Değerlendirmesi Ulusal Teknik Kılavuzundan” yararlanılmıştır. Peyzaj deseninin kodlanmasında, sözü edilen Kılavuzda verilen Peyzaj Karakter Tipleri Düzey 1 ve Peyzaj Birimi Düzey 2 sınıflandırmasında yer alan Peyzaj Deseni sınıfları temel alınmıştır.

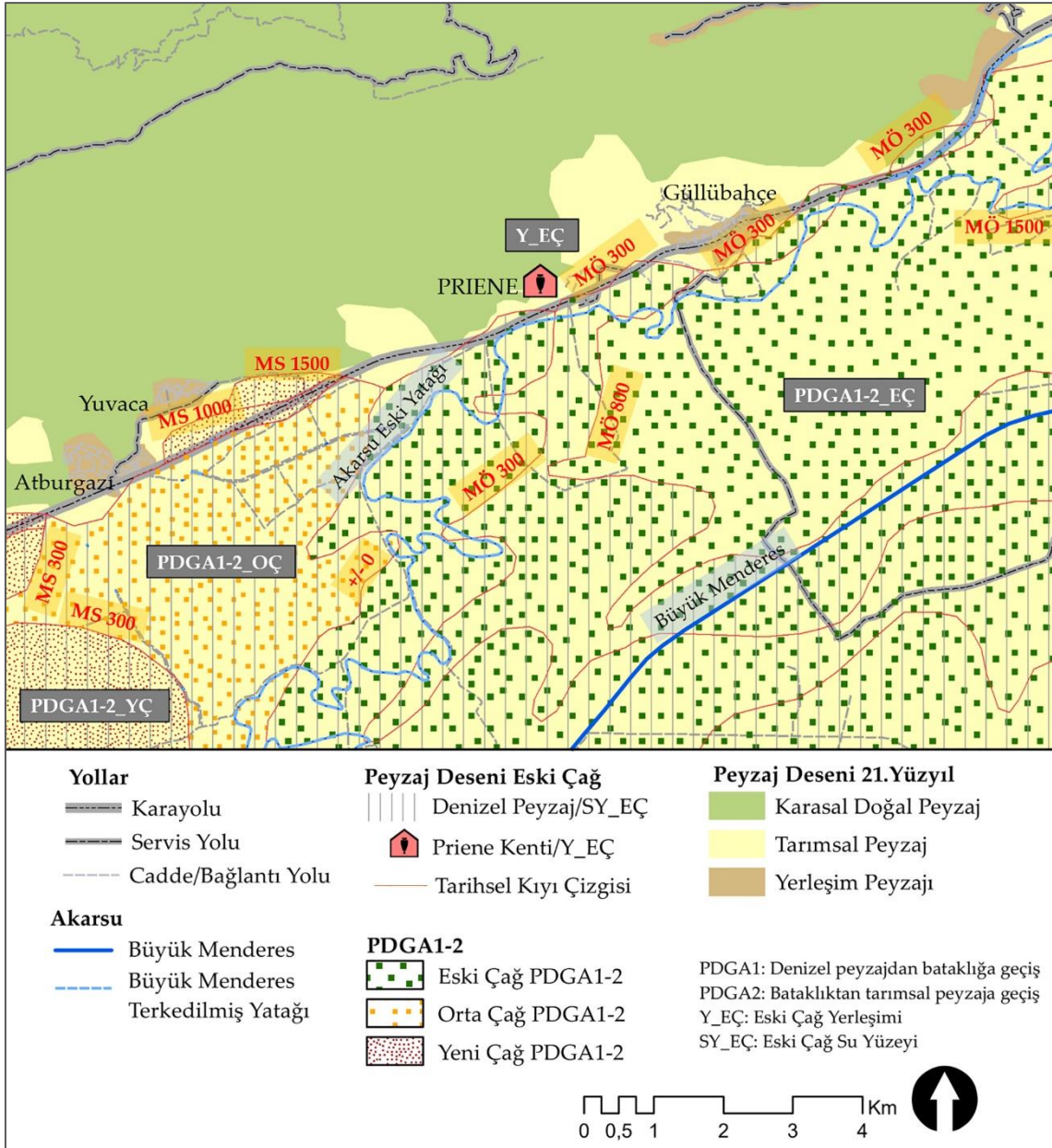
Priene antik kenti ve yakın çevresi için hazırlanan TPKA haritası; kentin ilk kurulduğu dönemleri (MÖ 7. yüzyıl ve kentin yine Eski Çağ’da deniz kıyısını terk edip güney bakarlı yamaçlarda yeniden konumlandığı zamandan (MÖ 3. yüzyıl) sonrası dönemleri içermektedir. Priene ilk ve yerleşiminin limanının yer aldığı düşünülen ancak hala bulunamamış alan, MÖ 3. Yüzyıldan itibaren, Büyük Menderes Nehri’nin taşıdığı alüvyon malzemelerle denizel alanın bataklıkla dönüşmesi nedeniyle terk edilmiştir.

Deltalar, göller ve akarsu taşkın yatakları bir peyzajın jeolojik belleğidir. Bu alanlarda, akarsular tarafından taşınan ve erozyon süreçleri ile üretilen sedimanlar depolanmaktadır. Deltalar, hem doğal peyzajlar üzerinde farklı yerleşim aşamalarının etkilerini saptamak hem de yıkıcı sellerin, deniz seviyesindeki dalgalanmaların, depremlerin ve diğer doğal olayların sonuçlarını belirleyebilmek için mükemmel jeo-arşivler olarak hizmet edebilirler. Hemen bütün Akdeniz deltalarında olduğu gibi Priene antik kenti de Türkiye’nin Ege sahillerinde böyle bir peyzajda bulunan liman yerleşimlerinden biridir (Brückner et al., 2017). Zamanla sedimanların Deltayı oluşturmasıyla eski liman yerleşimi terk edilerek, günümüzdeki antik yerleşim alanına geçilmiştir. Şekil 5’deki fotoğraflarda antik kentinin amfiteatrından, güneye, günümüzdeki Büyük Menderes Ovasına (arkeolojik dönemlerdeki deniz alanına) olan görünüm verilmiştir.

Tablo 2: TPKA haritalamasında kullanılan kodlama sisteminin yapısı

Kural	Kodlama/Açıklama
1	<p>TPKA Peyzaj Deseni Kodları</p> <p><i>D: Karasal Doğal Peyzaj</i> <i>SY: Su Yüzeyleri</i> <i>S: Sulak Alanlar</i> <i>T: Tarımsal Peyzaj</i> <i>Y: Yerleşim Peyzajı</i></p> <p>Şahin vd,(2014) Peyzaj Karakter Tipleri Düzey 1 ve Peyzaj Birimi Düzey 2 sınıfları önerilmektedir. Böylece Ulusal Peyzaj Karakter Analizi ve Değerlendirmesi Teknik Kılavuzu ile eşleşme de sağlanmış olacaktır.</p>
2	<p>TPKA Kodlaması</p> <p>[GÜNCEL PEYZAJ DESENİ] [GÜNCEL PEYZAJ DESENİ OLUŞMA DÖNEMİ]</p> <p>Örnek Kod: Y_EC</p> <p>Kod Açık Adı: Eski Çağ Yerleşimi (örn.Priene Eski Çağ Yerleşimi)</p>

Tablo 2 devamı		
3	TPKA Peyzaj Deseni Geçiş Alanları [PDGA] Kodlaması	<p>[PDGA#]_[GEÇİŞ DÖNEMİ]</p> <p>Örnek Kod: PDGA1-2_EÇ</p> <p>Kod Açık Adı: Güncel Tarım Alanlarında İlk Çağ Denizden Bataklığa-Bataklıktan Tarımsal Peyzaja Geçiş</p> <p>Denizel peyzajın karasal peyzaj dönüştüğü alanlar için:</p> <p>PDGA1: PDGA denizel peyzajdan bataklığa geçiş</p> <p>PDGA 2: PDGA bataklıktan tarımsal peyzaja geçiş</p> <p>PDGA 3: PDGA tarımsal peyzajdan yerleşime geçiş</p> <p>Bu alanlar özellikle uzun jeolojik dönemlerde ya da kısa dönemde çeşitli afetlerle oluşabilecek peyzaj deseni dönüşümünün tanımlandığı alanlardır.</p> <p>EÇ: Eski Çağ OÇ: Orta Çağ YÇ: Yeni Çağ</p> <p>Bu dönemler her çalışma alanı için irdelenmeli, özellikle alt dönemler doğa-insan etkileşimini kanıtlayan konumsal öğeler, desenler ve/veya olaylar çerçevesinde belirlenmelidir.</p>
4	TPKA Karakteristik Doğal, Kültürel, Tarihi ya da Arkeolojik Peyzaj Deseni	<p>[GÜNCEL ALT PEYZAJ DESENİ#]_[GÜNCEL ALT PEYZAJ DESENİ OLUŞMA DÖNEMİ]</p> <p>Örnek Kod: T1_İÇ</p> <p>Kod Açık Adı: Eski Çağ Zeytinlik Peyzajı</p> <p>T: Tarımsal Peyzaj, T1: Tarımsal peyzaj içinde karakteristik zeytinlik alanlar</p> <p>Priene çalışma alanı kapsamında, bu yöndeki tarihsel mekânsal veriler, PDGA dışında, henüz bulunmamaktadır.</p>
5	TPKA PKT Düzey 1 ve Düzey 2 Kodları	<p>Peyzaj Karakter Tiplerinin belirlenebilmesi için, tarihsel zaman dilimlerinde, özellikle jeomorfografya (ya da fizyografya) ve iklim bilgisine gereksinim bulunmaktadır. Bu çalışma bu analizleri kapsamadığından ve/veya bu tip veriler henüz bulunmadığından, TPKA haritası Peyzaj Desenine ve literatürden elde edilen denizel jeomorfoloji bilgilerine dayalı yürütülmüştür.</p>



Şekil 4. Priene antik kenti ve yakın çevresi TPKA Haritası (Orijinal 2021)



Priene antik yerleşimi 4. yüzyıl peyzajı (Balogh, t.y.)



Priene antik yerleşimi günümüz peyzajı (Uzun, 2019)



Foto: Haşim Sis, 2011



Foto kaynak: World History Encyclopedia (t.y.)

Şekil 5. Priene antik yerleşimi 4. Yüzyıl ve günümüz peyzajı (üst) peyzajı, Priene amfiteatrından ve giriş yolundan Menderes Ovasına görünüm (alt)

Priene antik kenti, eğimli arazide Menderes Ovasına kademe kademe inen dört set üzerinde ızgara düzeninde kurulmuştur. Eğimli arazide anıtsal kamu yapılarının alanın en yüksek noktasında konumlandırılmasıyla kentsel peyzaja anıtsal bir nitelik kazandırılmış, düz c Samsun Dağı, yerleşimi Kentin konumu kışın kuzey rüzgârlarından korumaktadır. Su kaynakları erişilebilirdir (Mofidi, 2005). Böyle bir tarihi yerleşim karakteri kent-insan ilişkisinin somut bellek taşıyıcısıdır. Aynı zamanda, toplumun doğayla kurduğu organik ilişki açısından da kolektif toplumsal belleğin mekânsal organizasyona yansımış somut kanıtı olarak değerlendirilebilir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, önerilen yenilikçi ve özgün TPKA yöntemi aracılığıyla Priene antik kenti ve yakın çevresi Peyzaj Karakter Alanları (TPKA) Haritası ortaya konulmuştur. Bu haritada, alanın zaman (tarihi dönemler) ve mekân boyutunda peyzaj deseni ve PDGA'ları yeni bir isimlendirme ve kodlama sistemi ile gösterilmektedir. Diğer bir anlatımla, önerilen TPKA haritalama tekniği ile farklı tarihi dönemler kapsamında peyzaj desenini ve PDGA'ları zamansal ve mekânsal olarak çok katmanlı (palimpsest)

biçimde ortaya konulmaktadır. Önerilen TPKA haritalama yaklaşımı ve tekniği, ele alınan mekânın tarihi ve arkeolojik özellikleri keşfedildikçe güncellenmesi gereklidir.

TPKA çalışmaları için CBS alt yapısı kaçınılmazdır. Bu çalışmalara iklim, uzun tarihsel dönemleri içerecek arazi örtüsü değişimi vb. büyük veriler dahil edildiğinde kuşkusuz yapay zekâ ile bütünleşik CBS ortamlarına gereksinim olacaktır. Avrupa Peyzaj Sözleşmesi kapsamında, Avrupa ülkelerinde yerel, bölgesel ve ulusal düzeylerde oluşturulan Peyzaj Gözlemevleri aracılığı ile TPKA dahil ülkelerin peyzajları internet tabanlı CBS ortamlarında yayımlanmaktadır (Şahin, 2019a; 2019b).

Tekeli (1991), kent kimliğini tarihsel bir olgu olarak görmekte ve zaman içinde farklı katmanların uyumlu ve anlamlı bir bütün oluşturmasıyla meydana geldiğini belirtmektedir (Koç, 2014). Dolayısıyla, geçmişin tarihsel katmanlarında bellek kaybı, geçmişe ait kimlik kaybının da bir ifadesi olabilir. Öte yandan, arkeolojik ve tarihi peyzajlar, diğer bir anlatımla tarihi peyzaj karakter alanları (TPKA), geçmişteki ortak yaşamın biçimlendiği bir mekâna ilişkin bilgileri bugüne taşımaktadır. Aynı zamanda bu mekânlar geçmişe ait peyzaj karakteri ya da peyzaj değişiminin kültürel peyzajları nasıl biçimlendirdiğine ışık tutmaktadır. Bu nedenle gerçekte bir bellek kaybı olsa da tarihi peyzaj karakter alanlarının haritalanmasıyla antik kentler ve peyzajlarında cereyan eden bellek-mekân ilişkisi kayıt altına alınmış olacaktır. TKPA güncel mekânsal politikalar ve planlar ile bütünleştirildiğinde (örneğin turizm politikalarının oluşturulmasında TPKA'nın dikkate alınması) hem mekânsal öğeleri ile birlikte kaybolan (kolektif) belleğin, bugün yaşayan bir desen olmasa dahi korunmasına hem de güncel sosyo-ekonomik hedeflerin oluşturulmasına katkı sağlayabilecektir. Bu şekilde güncel ve hatta günlük yaşam ile bütünleştirilebilen TPKA, belleğin sürekli olarak yenilenmesine, hatta mekân ile ilişkili kültürel kimlik ve imgelerin oluşmasına katkı sağlama potansiyelindedir. Nitekim "Ankara İngiliz Arkeoloji Enstitüsü Başkanlığında yürütülen kısa adı SARAT (Türkiye'nin Arkeolojik Varlıklarının Korunması) Projesi kapsamında Türkiye'de toplum ve arkeoloji ilişkisi hakkında ülke çapılan yapılan araştırma sonucunda "geçmiş uygarlıklardan kalan kalıntıları kendi kültürümün bir parçası olarak görüyorum" diyenlerin oranı %82'dir. (SARAT Projesi, 2019).

Cengiz vd'nin (2018) belirttiği gibi, bir toplumun sosyo-kültürel yapısı ve doğayla kurduğu ilişkinin yansıması olarak tarihi ve arkeolojik kent mekânlarının nasıl yeniden okunabileceğine ve buna ek olarak güncel kültürel peyzajın bir parçası haline nasıl getirilebileceğine yönelik sorgulamalar önemli tartışma konularıdır. Günümüzde giderek daha fazla bilimsel bilginin üretildiği peyzaj arkeolojisi bilimi ve bu bilime dayalı gerçekleştirilen tarihi peyzaj karakterizasyonu çalışmaları bu sorgulamalara yanıt bulmada katkı sağlayabilir. Priene kentinde olduğu gibi, doğal peyzajın sunduğu olanaklara, diğer bir anlatımla zamanın peyzaj karakterine göre biçimlendirilen ve böylece yaşamsal fiziki konforun sağlandığı ve aynı zamanda toplumsal dayanışma ya da sosyalleşmeyi kolaylaştıran kentleşme modeline sahip antik kentler, kalıntı olmaktan öte birer kolektif bellek taşıyıcıları olarak bugüne ışık tutmaktadır. Halbwachs'ın (2018) belirttiği gibi bellek yalnız geçmiş ile ilgili değil şimdi ve gelecekle de alakalıdır.

KAYNAKÇA

- Alkan, N. (2009). Tarihin çağlara ayrılmasında “Üç’lü Sistem ve “Avrupa Merkezci” tarih kurgusu”. *Sosyal Araştırmalar Dergisi/The Journal of International Social Research*, (2/9), 23-42. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuhed/article/185606> (23.06.2021).
- Alkan, N. (2011). Tarihin çağlara ayrılmasında “Üçlü” Sistemin “Hıristiyan Batı Avrupa” kökleri. Vahdettin Engin ve Ahmet Şimşek (Ed.), *Türkiye’de Tarih Yazımı* içinde, (s.285-299). İstanbul: Yedi Tepe Yayınevi.
- Antrop, M. (2005). Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70: 21-34. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920460300207X> (23.06.2021).
- Arlı, Y. (2018). Klasik Dünya’da Anadolu’nun kentleşme serüveni. *Kesit Akademi Dergisi*, (16), 368-374. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kesitakademi/issue/59824/863901> (23.06.2021).
- Αρχαιολογία και Τέχνες (2012). Ταξιδέψτε στην Αρχαία Πριήνη [Antik Priene'ye Seyahat]. *Αρχαιολογία και Τέχνες [Arkeoloji ve Sanat] e-dergisi*, 135. Erişim adresi: <https://www.archaiologia.gr> ve <http://priene.tholos254.gr>
- Avcioğlu, S.S. ve Akın, O. (2017). Kolektif bellek ve kentsel mekân algısı bağlamında İstanbul Tuzla Köyiçi Koruma Bölgesi’nin mekânsal değişiminin irdelenmesi. *Kent Araştırmaları Dergisi (Journal Of Urban Studies)*, 22 (8), 2017-2, 423-450. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/idealkent/issue/36612/416687> (23.06.2021).
- Aydın İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü (t.y.). Priene Antik Kenti. Erişim adresi: <http://www.aydinkulturturizm.gov.tr>
- Balogh, B. (t.y.). Priene. Ancient Greek City in western Turkey. *Archeology Illustrated*. Erişim adresi: <https://archaeologyillustrated.com>
- Bekdemir, Ü. ve Sezer, R.İ. (2008). Dilek Yarımadası-Büyük Menderes Deltası Milli Parkı ve yöre ekonomik faaliyetleri ilişkisi. *Doğu Coğrafya Dergisi* Sayı 19, 325-346. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunidcd/issue/2429/30883> (23.06.2021)
- Bilgin, N. (2013). *Tarih ve kolektif bellek*. İstanbul: Bağlam Yayıncılık.
- Brückner, H., Herda, A., Kerschner, A., Müllenhoff, M., Stock, F. (2017). Life cycle of estuarine islands from the formation to the landlocking of former islands in the environs of Miletos and Ephesos in western Asia Minor (Turkey). *Journal of Archaeological Science: Reports* 12 (2017) 876–894. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352409X16307416> (23.06.2021).
- Brückner, H. (2003). Delta evolution and culture -aspects of geoarchaeological research in Miletos and Priene. *Troia and the Troad*, Springer-Verlag, 121-142, Berlin Heidelberg. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-05308-9_9 (23.06.2021).
- Butina Watson, G. and Bentley, I. (2007). *Identity by design*. 298 sayfa, Oxford: Architectural Press.

- Cengiz B., Tekdamar D ve Seçkin, G. (2018). Amasra Kalesi ve Surlu yerleşim dokusunda kentsel kültürel ve arkeolojik mirasın sürdürülebilir gelişimi. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences* 1(1), 29-42.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/jonas/issue/38560/376323> (23.06.2021).
- Childe, V. G. (1950). The urban revolution. *Town Planning Review*, 21, 3-17.
https://www.jstor.org/stable/40102108?seq=4#metadata_info_tab_contents (23.06.2021)
- Demand, N. (1986). The relocation of Priene reconsidered. *Phoenix*. Vol. 40, No. 1 (Spring, 1986), 35-44, Published by: Classical Association of Canada.
https://www.jstor.org/stable/1088963?seq=3#metadata_info_tab_contents (23.06.2021)
- Demir, S. ve Demirel, Ö. (2016). Korunan havzalarda peyzaj değişimi ve peyzaj karakter analizi ile peyzaj planlama yaklaşımı: Meryemana Vadisi örneği, Trabzon. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 6(13), 155-174.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/iujad/issue/45229/566472> (23.06.2021).
- Demir, S. ve Demirel Ö. (2018). Avrupa Peyzaj Sözleşmesi gereği tarihi ve arkeolojik yeni bir yaklaşım. *IBAD Journal*, 3 (2), 546-562.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ibadjournal/issue/36797/419513> (23.06.2021).
- Doğu, T. ve Varkal, Deligöz M. (2017). Hafıza kutusu: bir kentsel kolektif bellek deneyi (mi). *Megaron Dergisi*. 12(4), 545-552.
<https://jag.journalagent.com/megaron/pdfs/MEGARON-09226-RESEARH BRIEF-DOGU.pdf> (23.06.2021).
- Gates, C. (2012). *Antik kentler: Antik Yakınoğu, Mısır, Yunan ve Roma'da kentsel yaşamın arkeolojisi*. Çeviren: Barış Cezar, 608 sayfa, İstanbul: Koç Üniversitesi Yayınları.
- Güneş, M. (2017). *Yeşil altyapı kapsamında yeşil ağ planı ve kent kimliği etkileşiminin irdelenmesi: Ankara Cumhuriyet Dönemi sınırı örneği* (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi, Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Gür, S. (2010). *İlk insandan Selçuklu'ya anadolu uygarlıkları ve antik şehirler*. 376 sayfa, İstanbul: Alfa Yayınları.
- Halbwachs M. (2018). *Kollektif bellek*. Çeviren: Zuhale Karagöz, 232sayfa, İstanbul: Pinhan Yayıncılık.
- İbici, O. (2017). *Priene antik kenti*. Erişim adresi: <http://Arkeopolis.Com/Priene-Antik-Kenti>
- Kaya, A.T., Demir, Z., Ayengin, N. (2014). Konuralp beldesinin mekânsal kimlik değişimi. *Ormanlık Dergisi* 10(1), 72-83.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod/issue/27445/288657> (23.06.2021).
- Kazancı, N., DüNDAR, S., Alçiçek, M.C. ve Gürbüz, A. (2009). Quaternary deposits of the Büyük Menderes Graben in western Anatolia, Turkey; implications on a river capture and the longest Holocene estuary of the Aegean Sea. *Marine Geology* 264, 165-176.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2020.1764874> (23.06.2021).

- Koç, Ö. (2014). *Tarihi ve arkeolojik özelliklerin kültürel peyzaj ve kent kimliği kapsamında değerlendirilmesi: Malatya- Battalgazi yerleşimi* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Koenigs, W. (1999). 'The temple of Athena Polias at Priene: Doric Architecture in The Guise of Ionic?'. L. Haselberger (Ed.), In: *Appearance and Essence. Refinements of Classical Architecture: Curvature*, 139-153, Philadelphia: University Museum, University of Pennsylvania.
- Koru, G. (2010). *Landscape archaeology and its approach to cultural heritage management: the troad as a case study* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Kottak, C. P. (2008). *Antropoloji: insan çeşitliliğine bir bakış*. 646 sayfa, Ankara: Ütopya Yayınevi.
- Mansel, A.M. (1947). *Ege ve Yunan tarihi*. 772 sayfa, Ankara: Türk Tarih Kurumu.
- Marine Solutions Turkey (t.y.). *The Bay of Miletus and the Latmicus Sinus*. Erişim adresi: <https://marinesol.org/sea-culture-2>
- Mert, İ.H. (2016). *Priene'deki gıda pazarı*. OLBA XXIV, Mersin: Kaam Yayınları.
- Mofidi, S.M. (2005). Responsive and sustainable architectural strategies for temperate regions. M. SANTAMOURIS (Ed), *Proceedings of the International Conference on Passive and Low Energy Cooling For The Built Environment*, 1091-96, Santorini: Heliotopos Conferences, Retrieved from: https://www.aivc.org/sites/default/files/members_area/medias/pdf/Inive/palenc/2005/Mofidi.pdf
- Müllenhoff, M., Handl, M., Knipping, M., Brückner, Hç (2004). The evolution of Lake Bafa (Western Turkey)-sedimentological, microfaunal and palynological results. (In: G. Schernewski und T. Dolch (Eds) *Geographie der Meere und Küsten*), *Coastline Reports* 1:55-66. [https://www.semanticscholar.org/paper/The-evolution-of-Lake-Bafa-\(Western-Turkey\)-%E2%80%93-%2C-M%C3%BCllenhoff-Handl/acd4ec332812dc1aa4e35d44d0aa9ec37bc95614](https://www.semanticscholar.org/paper/The-evolution-of-Lake-Bafa-(Western-Turkey)-%E2%80%93-%2C-M%C3%BCllenhoff-Handl/acd4ec332812dc1aa4e35d44d0aa9ec37bc95614) (23.06.2021).
- Olick, J.K. (2014). Kolektif bellek: iki farklı kültür. *Moment Dergi*, Hacettepe Üniversitesi İletişim Fakültesi Kültürel Çalışmalar Dergisi 2014, 1(2): 175-211. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/moment/issue/35660/398569> (23.06.2021).
- Özman, K.O. (2018). Amasra kenti örneğinde tarihi peyzaj karakteri değerlendirmesi (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Bartın Üniversitesi, Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- SARAT Projesi (2019). Türkiye'de arkeoloji ve toplum ilişkisi kamuoyu araştırması sonuç raporu. Erişim adresi: <https://www.saratprojesi.com>
- Şengür, Ş. ve Nurlu, E. (2021). Historic landscape characterization in protected areas; a case study kazdağı national park. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1): 106-113. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ankutbd/issue/59752/592920> (23.06.2021).

- Sevin, V. (2016). *Anadolu'nun tarihi coğrafyası*. 4. Baskı (İlk Baskı 1944), 386 sayfa, Ankara: Türk Tarih Kurumu
- Solaripedia (2004). Priene Ancient Greek City (Turkey). Solaripedia. Erişim adresi: <https://www.solaripedia.com>
- Şahin, Ş., Perçin, H., Kurum, E., Uzun, O. ve Bilgili, C. (2014). *Bölge-alt bölge (il) ölçeğinde peyzaj karakter analizi ve değerlendirmesi ulusal teknik kılavuzu*. Müşteri Kurumların T.C. İçişleri Bakanlığı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı olduğu, T.C. Ankara Üniversitesinin Yürütücü Kuruluş olduğu ve TÜBİTAK KAMAG 1007 Programı 109G074 No'lu PEYZAJ-44 Projesi çıktısı kitap, 148 Sayfa, Ankara.
- Şahin, Ş. (2019a). Ulusal Peyzaj Gözlemevi Neden Gereklidir? Kapsamı Ne Olmalıdır? *PEMAT (Peyzaj Mimarları Akademik Topluluğu) 2019*, Davetli Konuşmacı, Basılmamış Bildiri, Kuşadası, Aydın. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/332797734_Ulusal_Peyzaj_Gozlemevi_Neden_Gereklidir_Kapsami_Ne_Olmalidir
- Şahin, Ş. (2019b). Kültürel ve doğal peyzajların korunmasında peyzaj gözlemevi. *Bellek-Mekân-Koruma-Peyzaj Paneli*. TMMOB Peyzaj Mimarları Odası (PMO) 7. Kongresi Etkinliği, PMO Bursa Şubesi, Bursa Büyükşehir belediyesi ve UNESCO Bursa Alan Başkanlığı İş birliği, Bursa.
- Tanaç, Z.M. (2000). Batı Anadolu antik yerleşimlerinde kentsel mekân kurgusu araştırması (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Tekeli, İ. (1991). *Bir kentin kimliği üzerine düşünceler*. Kent Planlaması Konuşmaları, 79-88, Ankara: TMMOB Mimarlar Odası yayını.
- Turner, S. (2006). Historic landscape characterisation: a landscape archaeology for research, management and planning. *Landscape Research*, 31(4), 385-398. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01426390601004376> (23.06.2021).
- UNESCO (t.y.). Archaeological Site of Priene. Erişim adresi: <https://whc.unesco.org>
- Uzun, F. (2019). Anadolu'nun Pompeisi'nde Zeus Tapınağı'nın izleri araştırılıyor. Erişim adresi: <https://www.aa.com.tr/tr/kultur-sanat>
- Wang, J. (2012). Problems and solutions in the protection of historical urban areas. *Frontiers of Architectural Research*, 1(1), 40-43. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209526351200009X> (21.03.2021)
- Wiegand, T. (1910). *Priene, ein begleit wort zur rekonstruktion von A.Zippelius*. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner.
- Wilkinson, T. J. (2003). *Archaeological Landscapes of the Near East*. Tucson: University of Arizona Press.
- World History Encyclopedia (t.y.). Reconstruction of Ancient Priene. Erişim adresi: <https://www.worldhistory.org>

Wycherley, R. E. (1945). Priene and modern planning. *Greece & Rome*, Vol. 14, No. 40, 12-16, Published by Cambridge University Press.

https://www.jstor.org/stable/641957?seq=1#metadata_info_tab_contents (23.06.2021)

Yaldız, E., Büyükşahin, Sıramkaya S. ve Aydın, D. (2017) Station streets in formation of Anatolian city identity: Konya. A. Beşgen ve N. Kuloğlu (Eds.), *Proceedings of the Livenarch 5th International Congress: Rejecting/Reversing Architecture* (248-263). Karadeniz Teknik Üniversitesi Trabzon. Retrieved from:

https://www.researchgate.net/publication/332072362_Station_Streets_In_Formation_Of_Anatolian_City_Identity_Konya

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 4, Issue: 2, p. 58-79, 2021

UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİNDEN YARARLANARAK TARIMSAL FAALİYETLERİN İZLENMESİ

MONITORING AGRICULTURAL ACTIVITIES BY USING REMOTE SENSING TECHNIQUES

¹ Şelale Balambar

² Zahra Khoda Karimi

² Fatma Öztürk

² Şeyma Berk Acet

² Özge Işık Pekkan

(Received 13.07.2021 Accepted 04.11.2021) – Review Article

Özet

İçinde bulunduğumuz bilgi çağında, bilgiye doğrudan ulaşmanın yanı sıra bilgiyi hızlı, güvenilir ve daha az maliyetle temin etmek hedeflenmektedir. Gelişmiş uzay teknolojileri sayesinde uydular aracılığıyla yeryüzü belirli aralıklarla gözlemlenerek geçmişe dönük veri elde etmek ve yeryüzüne ilişkin değişimleri izlemek mümkün hale gelmiştir. Uydu verileri çeşitli analiz süreçlerine dahil edilmekte ve birçok alanda kullanılmaktadır. Yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin analizi ile bitki örtüsündeki periyodik değişimlerin takibi hızlı, güvenilir ve daha az maliyetle yapılabilmektedir. Bu analizler tarım arazilerinin izlenmesi, ürün deseni belirleme çalışmaları, zamana bağlı ürün veya bitki örtüsü değişiminin saptanması, rekolte tahminleri ve bitki sağlığının izlenmesi gibi çalışmalarda aktif şekilde kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkeler ürün tahmini çalışmalarında ileri düzey teknolojiler kullanarak, uydu verileri sayesinde rekolte tahmini yapabilmektedir.

¹ Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara, Türkiye. e253589@metu.edu.tr

² Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye. zk_karimi@eskisehir.edu.tr fatmaozturk@eskisehir.edu.tr seymaberk@eskisehir.edu.tr ozgeisikpekkkan@eskisehir.edu.

Tarım ürünlerinin rekoltesinin önceden çıkarılması, tarımsal üretim planlaması, ürün taban fiyatı ve spekülasyonların azaltılması bakımından oldukça önemlidir. Ayrıca geniş alanlar üzerinde bu yöntemlerle yapılan analizler kısa sürede yüksek doğruluklu sonuçlara ulaşmamızı sağlamaktadır. Söz konusu çalışmalar, kamunun yanı sıra üreticiyi ve özel sektörü de yakından ilgilendirmektedir. Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri ile uygulanabilir hale gelen rekolte tahmini ve bitki sağlığının izlenmesi çalışmaları, son 30 yıldır yoğun olarak araştırılan, yaygın üretilen ve hala güncelliğini koruyan bir alandır. Bu çalışmada, ülkemizde ve dünyada UA teknolojileriyle tarım alanında bitki sağlığının izlenmesi ve ürün rekolte tahmini konusunda yapılmış çalışmalar yöntem açısından değerlendirilmiştir. Literatür taraması neticesinde konu, içerik, kullanılan yöntem açısından önemli bulunan makalelere bu çalışmada yer verilmesine karar verilerek, bu makaleler makina öğrenmesi ve bant oranlama modelleri olmak üzere iki ana başlığa ayrılarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Uzaktan Algılama, Tarımsal Alan, Rekolte Tahmini, Bitki Örtüsü, İndeksi, Spektral İmza

Abstract

We live in the information age which aims to reach the information directly as well quickly, reliably and at a lower cost. Thanks to advanced space technologies, the earth is observed periodically through satellites which makes it possible to obtain historical data and monitor changes on the earth's surface. Data obtained from satellites can be used in many fields by conducting various analyses. With the analysis of the images obtained thanks to satellites with high spatial resolution, the monitoring of periodic changes in vegetation can be done quickly, reliably and at a lower cost. These analyzes are actively used in studies such as monitoring agricultural lands, determining crop patterns, detecting time-dependent crop or vegetation change, yield forecasts and monitoring plant health. In developed countries, thanks to improved technologies, crop yield forecasts are assessed by using satellite data. Obtaining the information of crop yield forecasts in advance is very important in terms of planning agricultural production, deciding minimum purchase price and reducing speculation. In addition, the analyses carried out with crop yield forecasting methods on large areas give results in a short time in a reliable way. These studies are closely related to the producer and private sector as well as the public sector. Crop yield forecasting and plant health monitoring studies, which have become applicable with Remote Sensing (RS) technologies, are an area that has been intensively researched for the last 30 years, produced publications. Due to these, crop yield forecasting and plant health monitoring studies continue to be relevant. In this study, studies in our country and around the world on monitoring plant health and crop yield estimation with RS technologies were evaluated in terms of method. As a result of the literature review, it was decided to cover articles that were important in terms of subject, content and method used in this study. Additionally, these articles were evaluated by separating them into two main topics: machine learning and band ratio models.

Keywords: Remote Sensing, Agricultural Area, Yield Forecast, Vegetation Index, Spectral Signature

1.GİRİŞ

Dünya nüfusu eğitim, ekonomi, kültür ve sağlık alanlarında yaşanan teknolojik gelişmeler sebebiyle son 2 asırda 7 kat artmıştır. Artan nüfusun temel problemi haline gelen temiz gıdaya erişim sorunu, ülkelerin tekrar tarımsal üretime ağırlık verilmesiyle çözülmeye çalışılmıştır. Günümüzde tarım alanların sürdürülebilir kullanımına yönelik politikalar üretilmekte, geliştirilen modeller tarım alanlarında izleme-değerlendirme süreçlerinin en etkili şekilde yürütülmesini hedeflemektedir. Dünyadaki bu eğilime paralel olarak, verimli topraklara sahip olması ve iklim özelliklerinin tarıma elverişli olması nedeniyle, Türkiye’de de tarım halen önemli bir yere sahiptir (Akkartal, vd., 2005).

UA genel olarak “cisimlerle direk temas etmeksizin cisimler hakkında veri toplama yöntemi” olarak tanımlanabilir. UA, yeryüzünün ve yer kaynaklarının incelenmesi amacıyla birçok alanda kullanılabilir. Tarım uygulamalarında da yoğunluklu olarak kullanılan UA teknolojileri; rekolte tahmini, ekili alan tahmini, ürün bilgi sistemi oluşturma süreçleri, sulama alanlarının tespiti, ürün veriminin artırılması ve hastalıkla mücadele uygulamaları gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Süslü, A. 2007). Ülkemizde de UA teknolojilerinin ilk kullanım alanı tarımsal uygulamalardır ve bu alanda yapılmış yeni çalışmalara hala ihtiyaç duyulmaktadır.

Tarımsal üretimde, iç ve dış pazar koşullarının yönlendirilmesinde üretimi yapılan bitkilerin hasat zamanı öncesi verim tahminleri çıkarılması oldukça önemlidir. Bilinen yersel ölçme teknikleriyle yapılan rekolte çalışmalarından çoğunlukla güvenilir sonuçlar elde edilememekte ve analizler uzun zamanın yanı sıra yüksek maliyet gerektirmektedir. Son yıllarda geliştirilen teknolojiler tarım alanındaki bu işlemlerin daha hızlı, güvenilir ve ucuz maliyetle yapılmasına olanak sağlamıştır. Tarımda yeni teknolojiler arasında UA ilk sırada yer almaktadır (Kayahan,2013).

Tarımsal uygulama temelli UA çalışmaları 1950’li yılların başında tarım ürünlerinin mikrodalga bölgesinde davranışlarının incelenmesiyle başlamıştır. Ardından 1972 yılında Landsat-1 uydusunun yeryüzüne dair bilgilerin ve kaynakların toplanması amacıyla uzaya fırlatılmasıyla birlikte UA teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Landsat uydusunun faaliyete geçmesiyle birlikte çok sayıda bitki örtüsü indeksi bulunmuştur (Cihlar vd., 1986). Tarım arazilerinin kullanılabilmesi ve gerekli verimin alınabilmesi için bu alanların belli aralıklarla kontrol edilmesi ve incelenmesi gerekmektedir.

Uydu sistemlerindeki özel algılayıcılar ile üretilen bitki indeksleri, bitkinin fenolojik evrelerinin incelenmesi ve verim tahmin modellerinin oluşturulması için önemli katkılarda bulunmaktadır. Önceki senelere ait uydu görüntüleri, geçmiş dönemlere ilişkin doğruluk tahmini çalışmalarının yapılmasını sağlamakta ve gelecek senelere yönelik tarım modelleri oluşturulmasına olanak vermektedir (Kaya ve Polat,2021).

Tarımsal ürünlerin ekili alan bilgilerinin belirlenmesi UA tekniğinin temel kullanım alanlarından birisi olmuştur. Bu amaca yönelik olarak kullanılan piksel ya da obje tabanlı sınıflandırma yöntemleri bölgesel çalışma alanları için ihtiyaca cevap verebilmektedir. Ancak ülkesel ürün deseninin haritalanması için sınıflandırma tekniklerinin kullanımı pek çok açıdan yetersiz kalmaktadır (Yılmaz, 2011). Bu nedenle ürünlerin spektral imzalarının toplanması ve bu spektral imzaların veri tabanına girilmesi; ürünlerin sınıflandırılması ve kayıt altına alınması açısından önemli düzeyde katkı sağlayacaktır (Yılmaz, 2011). Bu amaçla, parsel özelinde analizler gerçekleştirmek, parsel temelli modeller üretmek; gelecekte daha büyük alanları kapsayan projelerin üretilmesinde ve tarımsal veri tabanı oluşturulmasında çekirdek modellerin oluşturulmasını sağlayacaktır.

UA teknolojileri yardımıyla yapılan tarımsal ürün analizleri sayesinde tarım ürünlerinin tanımlanması, parsellere ilişkin bilgi elde edilmesi, ürün gelişme durumunun izlenmesi, ürüne ilişkin rekolte tahmin çalışmalarının yürütülmesi mümkündür. Ayrıca tarımsal ürünlerin verim düzeyi ile bitkinin fizyolojik özellikleri arasında bir ilişki söz konusudur. Bitkinin azot içeriği, vejetatif gelişimine bağlı olarak toprağı örtme oranı, yaprak alanı, klorofil miktarı, su miktarı, kuru madde yoğunluğu üzerinden yapılan analizlerle bitkilerin fenolojik evreleri ve sağlık durumları tespit edilebilmektedir.

Çalışmanın temel amacı UA teknolojileri ile uygulanabilir hale gelen bitki örtüsünün belirlenmesi, rekolte tahmini, bitkinin fenolojik evrelerinin takip edilmesi gibi çalışmalara örnek teşkil eden birçok araştırma çalışmasını bir arada sunmaktır.

2.YÖNTEM

Bu çalışmada, UA teknolojileri aracılığıyla bitki sağlığı izleme ve rekolte tahmini konusu özelinde üretilmiş makaleler arasından yapılan literatür taraması sonucunda çeşitli makalelere yer verilmiştir. Birçok veri tabanı kullanılarak yüksek sayıda kaynağa erişilmiş fakat araştırma konusuyla uygunluğu açısından ele alındığında yayınlar arasında seçim yapılmış ve çalışmada yer verilecek yayın sayısı düşürülmüştür. Makine öğrenmesi ve spektral indekslerin kullanımına dair üretilen makaleler tek tek incelenerek, makaleler bazı kriterler (yöntem, çalışılan alan, analizi gerçekleştirilen bitki türü, kullanılan spektral indeks, kullanılan algoritma, model, veri seti, uydu görüntüsü) üzerinden değerlendirilmiş, bunlar arasından benzer araştırma desenine sahip makaleler çıkarılmıştır. Bu çalışmada, bu alanda yapılmış özgün ve yaratıcı çalışmalar sunulmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada yer verilen makaleler çalışma alanı, analiz edilen tarım ürünü, kullanılan uydu, kullanılan yöntem, yöntemin avantajları ile dezavantajları başlıkları altında incelenerek değerlendirilmiştir. Ayrıca yayınlar makina öğrenmesi ve spektral indekslerin kullanılması yöntemleri olmak üzere iki ana başlık altında özetlenmiştir.

3. LİTERATÜR TARAMASI

3.1. Makine Öğrenmesi ile Bitki Sağlığının İzlenmesi ve Rekolte Tahmini

Marino ve Alvino (2021) tarafından yürütülen “Vegetation Indices Data Clustering for Dynamic Monitoring and Classification of Wheat Yield Crop Traits” adlı çalışmada, ürün veriminin zamansal ve mekânsal parametrelere göre değişiminin izlenerek değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Spektral bitki indeksleri kısa sürede, düşük bütçeyle agronomi alanına katkılar sunmaktadır. Söz konusu bitki indekslerinin kullanımında karşılaşılan temel sorun analiz sonuçlarının çevresel ve ürün temelli değişkenlere bağlı olarak değişmesidir. Bu problemde yola çıkarak, 2000 yılı itibariyle çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. “Clustering Algorithms” metodu, UA teknolojilerinin çevresel değişkenlere bağlı kalmadan tahmin çalışmaları yapabilme şansını artırmıştır. Clustering Algorithms metodlarından biri olan K-Means Clustering aracılığıyla, 3 spektral indeks olan Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI), Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI) ve Optimize Edilmiş Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (OSAVI) ile buğday bitki dokusu üzerine çalışılmıştır. Bu çalışmanın amacı, yüksek çözünürlüklü spektral indekslerle çalışan Clustering Algorithms üzerinden verim dinamiklerinin analiz edilmesidir. Algoritma, buğdayın fenolojik evrelerini ayrı ayrı değerlendirmiştir. Fenolojik evrelerden biri olan buğdayın çiçeklenme fazında, algoritma verileri ile en yüksek doğrulukla verim tahmini yapılmıştır. Bu çalışmayla da Cluster Method ile çevresel değişkenlere bağlı kalmadan analizler yapılabileceği önerilmektedir.

K.C., Ninsawat ve Som-ard (2021) ‘Integration Of RGB-Based Vegetation Index, Crop Surface Model and Object-Based Image Analysis Approach for Sugarcane Yield Estimation Using Unmanned Aerial Vehicle’ adlı makalesinde şeker kamışı bitkisinin verim tahmini için insansız hava aracına (İHA) monte edilmiş tüketici sınıfı kırmızı-yeşil-mavi (RGB) kameranın minimum alan veri setiyle potansiyeli değerlendirmiştir. Araştırmada kullanılan şeker kamışı çiftliği, Tayland’ın kuzey doğusunda, Udon Thani bölgesinin Pakho alt bölgesinde yer almaktadır. 4m x 4m’lik parsellerdeki bitki yüksekliği ve sap yoğunluğunun uzamsal değişkenliği haritalandırılmıştır. Verim, 4m x 4m’lik grid düzeyinde tahmin edilen İşlenebilir Sap Yüksekliği (MSH) ve sap yoğunluğu ve ağırlık modeli birleştirilerek grid düzeyinde tahmin edilmiştir. Nesne Tabanlı Görüntü Analizi (OBIA); Bitki Yüksekliği Modeli (PHM) aracılığıyla şeker kamışı alanını elde etmek için kullanılmıştır. Ekin Yüzey Modelinden (CSM) Sayısal Yükseklik Modelinin (DEM) çıkarılmasıyla elde edilen PHM, sınıflandırmanın doğruluğunu %61,98’den %87,45’e çıkarmıştır. Tahmin edilen verim (200.66 ton), gerçek hasat verimine (192.1 ton) yakın bulunmuştur. Bu çalışmada İHA ve OBIA yaklaşımından elde edilen çok yüksek çözünürlüklü RGB tabanlı görüntülerin bitki yüksekliği ve sap yoğunluğunun uzamsal değişkenliğini haritalamak ve şeker kamışı verimini tahmin etmek için önemli bir potansiyel oluşturduğunu açıklanmıştır.

Novelli ve arkadaşları (2019) “Assimilation of Sentinel-2 Leaf Area Index Data into a Physically-Based Crop Growth Model for Yield Estimation” makalesinde; rekolte

tahmininde Yaprak Yüzey Alanı (LAI) indeksi ile Entegre Çevre İklim Simülasyon Modeli (EPIC) modelini birlikte kullanarak rekolte tahmini doğruluk oranı sorgulanmıştır. Uydu verilerinde Bitki Büyüme Modelleri (CGMs) kullanılması verim tahmini süreçlerinde çeşitli olanaklar sunmuştur. LAI indeksiyle 2016-2017 yıllarına ait veriler üzerinden yapılan verim analizinde sağlıklı sonuçlar elde edilememiştir. Bunun sebebi ise LAI'nın çevresel değişkenleri dahil ederek sorgulama gerçekleştirememesidir. Bu sebeple, bu değişkenlere yönelik sorgulama yapabilen EPIC modeli LAI indeksi ile birlikte kullanılmıştır. 2016 yılı verileri LAI ve EPIC modeliyle çalıştırılmış, topraktaki nitrojen yoğunluğundaki değişim bağlı sorgulama gerçekleştirildiğinde başarılı verim tahminleri elde edilmiştir. Diğer taraftan, 2017 yılı verileri aynı sistem içerisinde analiz edildiğinde, su kıtlığı (water stress) değişkeni hem LAI hem de EPIC modeli verim tahminini olumsuz yönde etkilemiştir. Buradan yola çıkarak, LAI ve EPIC modeli birlikteliğinin, farklı parametrelerle farklı alanlarda tekrar test edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Hatami ve Fatih (2016) "Kayısı İçin Otomatik Rekolte Tahmin Sistemi" adlı makalesinde Malatya'da bulunan kayısı bahçelerindeki yıllık kayısı miktarının otomatik belirlenebilmesi için yeni bir rekolte tahmin sistemi önermektedir. Önerilen yöntemde ise kayısı ağacı alanının doğru bir şekilde hesaplanıp, şekil analizi yaparak karakteristik özellikleri çıkarılmıştır. Çalışmada ağaç bölütleme, karakteristik özellikler çıkarma ve hasat tahmini işlemleri gerçekleştirilmiştir. 108 adet kayısı ağacına ait görüntüler kopter yardımıyla elde edilmiştir. Ardından Gaussian mixture modeli ile ağaç pikselleri modellenmiştir. Elde edilen ağaç görüntüsünden seçilen noktalar alan genişletme algoritmasına girdi oluşturmuştur. Bu sayede ağaçların alanları net olarak belirlenmiştir. Son olarak rekolte tahmini ağaçtan çıkarılan karakteristik özellikleri Yapay Sinir Ağı'na (YSA) giriş olarak verilmiştir. Önerilen yöntem ile $R^2=0,77$ oranında başarı elde ağaç bölütleme tekniğinin diğer segmentasyon (kenar tabanlı) tekniklerine göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Ancak yine de ağaç mahsulü tahmini için belirlenen ağaç karakteristiklerinin doğrudan ağaç mahsulü ile doğrudan ilişkisi olmadığı tespit edilmiştir.

Doraiswamy ve arkadaşları (2003) "Crop Yield Assessment from Remote Sensing" adlı çalışmasıyla uydu görüntülerinden elde edilen verileri değişkenler üzerinden analiz ederek buğday rekolte tahmini gerçekleştirmeyi hedeflemiştir. Bu araştırma, ürün modeli Erozyon Verimlilik Etki Hesaplayıcı (EPIC) bölgesel ölçekte simülasyon uygulamaları için geliştirilmiştir. Uydu görüntüleri üzerinden elde edilen veriler, mahsulü etkileyen parametrelerinin büyüklüğünün ve değişiminin değerlendirmesini sağlamıştır. Ayrıca bu çalışma, bu parametrelerin mahsul büyüme modeline girdi olarak kullanımını araştırılmıştır. Model, Amerika'nın Kuzey Dokata bölgesinde uygulanmış ve Landsat uydusundan elde edilen görüntüler üzerinden çalıştırılmıştır. Görüntüler UTM projeksiyonuyla Land Analyzes System yazılımı kullanılarak işlenmiştir. Dijital sayımlar, yüzey yansımaları elde etmek için parlaklıklara kalibre edilmiştir. Bir diğer yöntem olarak 79 istasyondan günlük maksimum ve minimum sıcaklıklar ve yağışlar elde edilmiştir. Bu çalışmanın ilk aşamasında, Kuzey Dokata'daki

üç şehrin (Sargent, Ransom ve Richland) toplam beş iklim istasyonundan günlük hava durumu verileri elde edilmiştir. UA verilerinin model simülasyonlarını ayarlama en etkili olduğu üç optimum dönem, erken vejetatif faz, çiçeklenme ve yaşlanma olarak belirlenmiştir. Düşük çözünürlük nedeniyle yerel düzeyde bitki hastalıkları ve diğer verim azaltıcı faktörler tespit edilememektedir. Landsat üzerinden yapılan tahminler neticesinde parametrelerin modele eklenmesinin, verim tahmini çalışmasını iyileştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Payne ve ark. (2013), mango meyvesi üzerine yaptıklarını “Estimation of Mango Crop Yield Using Image Analysis - Segmentation Method” adlı çalışmada bölütleme yöntemi kullanarak meyvenin görüntülerini analiz ederek verim tahmini çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın amacı olan RGB görüntüsünden bir (mango) ağacının meyve sayısını tespit etmektir. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri, mango bitkisinin hasat edilmeden 3 hafta öncesi tarihli görüntüleridir. Ele alınan ilk 15 mango ağacı dört yönden görüntülenmiş olup meyveler ise görüntüler üzerinden sayılarak elde edilmiştir. Meyvelerin manuel sayımı ile hesaplanan sayıları arasında güçlü bir R^2 korelasyon katsayısı olduğu belirlenmiştir. Doğrusal korelasyonda tek bir ağacın R^2 değeri 0.81 ile 0.93 arasındadır (iki taraf için $R^2 = 0,91$ ve dört taraf için $R^2 = 0,93$). Devamında ele alınan 555 mango ağacı yalnızca bir yönden görüntülenmiştir. Meyve ve arka plan piksellerini bölütlemek için görüntüler üzerinden, YCbCr ve RGB renk uzayları üzerinde renkli bölütleme kullanmışlardır. RGB görüntüsünden renk ve yoğunluk görünümünü oluşturmak için fotoğrafları, RGB renk uzayının R ve G katmanları kullanılarak YCbCr renk uzayına dönüştürmüşlerdir. Bu renk uzayının da Cb katmanı (Cb; mavi renk bileşeninin farklılığı) ve Cr katmanı (kırmızı renk bileşeninin farklılığı) üzerinde analizler gerçekleştirmişlerdir. Doğrusal regresyon ile yapılan 555 meyve ağacının olduğu görüntü kümesinde korelasyon katsayısını $R^2 = 0,74$ olarak tespit etmişlerdir. Gündüz ve gece alınan uydu görüntülerinde, gün ışığı faktörünün hesaplanan meyve sayısı doğruluk tahminini de farklılaştığı sonucuna ulaşılmıştır.

Şimşek vd. (2007), “Agrometshell Modeli Kullanılarak Türkiye’de Buğdayın Verim Tahmini” adlı çalışmalarında FAO ile Teknik İşbirliği Projesi çerçevesinde AgroMetShell kullanarak verim tahmini çalışması yapmışlardır. Uygulama kapsamında model için meteorolojik veriler, bitki katsayıları, fenolojik gözlemler, toprak özellikleri ve NDVI indeksi ile elde edilmiş görüntüler kullanmışlardır. Toplamda 265 istasyon için AgroMetShell modeli çalıştırılmış ve sulamanın yapılamadığını kabul ederek çalışmayı yürütmüşlerdir. Her istasyon bazında Su Gereksinim İndeksi (WSI) değerlerini ve grafiklerini elde etmişlerdir. NDVI indeksiyle işlenmiş görüntüler sayesinde; WSI değerlerini araziye yayıp, il bazında ortalama değerlere ulaşmışlardır. Elde edilen indeks değerleri ile TÜİK’e ait, illerin ortalama verim değerleri arasında istatistiksel analizler gerçekleştirmişlerdir. TÜİK’ten alınan istatistik verim değerleri ve AgroMetShell modelin 2005, 2006 verim tahmini değerleri kullanılarak çıktı haritalar oluşturmuşlardır. Model sayesinde tahmin edilen verim değerleri ile gerçekleşen değerler arasında $R^2 = 0.9067$ seviyesinde bir korelasyon tespit etmişlerdir. Sonuç olarak 2005 ve 2006 yıllarında il bazında verim tahminleri yapmışlardır.

Mandal ve ark. (2018) "Sen4Rice: A Processing Chain for Differentiating Early and Late Transplanted Rice Using Time-Series Sentinel-1 SAR Data with Google Earth Engine" makalede, yoğun zaman serisi Sentinel-1 sentetik açıklıklı radar (SAR) görüntüleri kullanılarak pirincin izlenmesi ve haritalanması için birleşik bir çerçeve önerilmektedir. Sentinel uydu görüntüsüyle bu tür yoğun zaman serisiyle elde edilmiş görüntüleri işlemek için, Google Earth Engine'in bulut bilişim platformu geliştirilmiştir. Daha sonra, erken ve geç dönemlerde dikilen pirinç, belirlenen platform içinde bir kümelenme algoritması kullanılarak sınıflandırılmıştır. Önerdikleri yaklaşım, Hindistan'ın başlıca pirinç yetiştirme bölgelerinden biri olan Batı Bengal eyaletindeki üç bölgedeki (Bardhaman, Hooghly, and Nadia) farklı pirinç çeşitlerini izlemek için kullanılmıştır. Sınıflandırma doğruluğu, 2017 muson sezonu için birden fazla bloğu kapsayan 150 doğrulama noktasında değerlendirilmiştir. Bu çalışmada sınıflandırma, GEE platformunda erken vejetatif aşamaya (23 Mayıs - 15 Ağustos arası) kadar Sentinel-1 zaman serisi görüntüleri ile gerçekleştirilmiş ve sınıflandırma doğruluğu, dokuz kadran için yerinde ölçümlere dayalı olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak yoğun zaman serisi Sentinel-1 SAR verilerinin su stresini gözleme, tarım ürünü envanterinin oluşturulması ve pirincin büyüme evrelerinin izlenmesine yardımcı olduğu belirtilmiştir. Sınıflandırma doğruluğu, dokuz kadran için durum ölçümlerine dayalı olarak değerlendirilmiştir, tüm kadransların genel doğruluğu $> \%85$ ve $\kappa > 0.82$ olarak elde edilmiş. C-bandındaki pirincin geri saçılma yoğunluklarının dalgalanma frekansında gözlemlenirken hassasiyeti ve dinamik aralığı, pirinç nakli senaryolarının haritalanmasını sağlayan ana faktör olarak bulunmuştur. Ve son olarak bilimsel uygulamalardan operasyonel izlemeye geçiş için, GEE platformunu kullanarak bitki örtüsü büyüme aşaması belirleme yönteminin mevcut metodolojisinin, daha geniş bir ürün yelpazesine uygulanabilmesi için çeşitli mahsul türleri için araştırılması gerektiği vurgulanmıştır.

Tavus, Karataş ve Türker (2018) "Tarımsal Alanlarda Yüksek Çözünürlüklü IKONOS Uydu Görüntüsünden Nesne Tabanlı Ürün Deseni Tespiti" adlı makalesinde, IKONOS uydu görüntülerinden tarımsal ürün desenini, nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle ölçmeye çalışmıştır. Yardımcı veri seti olarak ise NDVI ve gri seviye eş-oluşum matrisi kullanılmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırma geleneksel piksel ve alt-piksel sınıflandırmalarında kullanılan tekil piksellerin tersine benzer özellikteki piksel gruplarının oluşturulması işlemidir. Sınıflandırma yöntemleri arasında sıklıkla kullanılan nesne tabanlı sınıflandırma ile segmentasyon aşamasında benzer yansıtım özelliklerine sahip pikseller gruplanır ve segmentlerin arasındaki heterojenlik en düşük seviyeye indirilir (Kalkan & Maktav, 2010). Bu çalışmada, Bursa ilinde, domates, mısır, biber, buğday, pirinç ve şeker pancarı ekili 4128 adet parsel üzerinde çalışma yürütülmüştür. Tarım ürünlerinin sınıflandırılabilmesi için kırmızı (K) ve yakın kızılötesi (YKÖ) bantlardan NDVI verisi oluşturulmuştur. Sınıflandırma çalışması neticesinde $\%87,48$ doğruluk oranında sonuçlar elde edilmiştir. Bu da söz konusu değerlendirme süreçlerinin görüntü sınıflandırma çalışmalarında kullanılabileceğini göstermektedir.

Brinkhoff ve Ronson (2021) 'Block-Level Macadamia Yield Forecasting Using Spatio-Temporal Datasets' adlı çalışmasında UA, hava durumu ve yükseklik gibi uzamsal-zamansal veri kümelerinden türetilen girdi değişkenleri ile ayrı bahçe bloğu seviyesinde makademya fındığı veriminin erken tahminini ele almıştır. 10 bahçeye ait 101 blok için 2012–2019 yılları arası verim verileri elde edilmiştir. Test yılından önceki yıllara ait verilerle eğitilmiş modelleri kullanarak 2014–2019 arasındaki her test yılı için verim tahmin edilmiştir. Mart ve eylül ayları arasında yapılacak hasat için ocak ayında tahminler oluşturulmuştur. Ridge regresyon modeli, destek vektörü regresyonu ve karar ağacı regresyonu gibi diğer makine öğrenimi algoritmalarıyla karşılaştırıldığında daha iyi tahminler üretmiştir. Oluşturulan modele meteorolojik değişkenlerin eklenmesi, yalnızca UA değişkenlerinin kullanılmasına göre çok az gelişme sağlamıştır. 2019 tahmini blok düzeyinde ortalama karekök hatası 0,8 t/ha ve ortalama mutlak yüzde hatası %20,9 olmuştur. Bölge başına birden fazla meyve bahçesinde blok düzeyinde tahminler oluşturulduğunda, üretim tahmini hataları 2016-2019 arasında %0-15 arasında bulunmuştur. Ridge regresyon modelinin, blok düzeyinde verim tahmin haritaları sunmak için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) platformlarında kolayca uygulanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

3.2. Spektral İndekslerin Kullanımıyla Bitki Sağlığının İzlenmesi ve Rekolte Tahmini

Ghosh ve ark. (2018) yayınladıkları "Assesing Crop Monitoring Potential of Sentinel-2 in Aspatio-Temporal Scale" adlı makalede, Sentinel-2'nin potansiyeli, Hindistan'ın West Bengal eyaletindeki Bardhaman bölgesinde patatesin fenolojik aşamalarını izlemek için değerlendirilmiştir. Mahsul gelişimi izleme süreçleri için; NDVI, Yeşil Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (GNDVI) ve Normalize Edilmiş Fark İndeksi 45 (NDI45) kullanılmıştır. Aralık 2017-Mart 2018 tarihleri arasında yerinde yapılan ölçümler ile veriler toplanmıştır. Her alanın nominal boyutu 60 m × 60 m olarak belirlenmiş. Bu çalışma sırasında, ekin biyofiziksel parametrelerinin yerinde ölçümleri, yani patatesin farklı fenolojik aşamalarında biyokütle, bitki boyu ve toprak nemine dair veriler toplanmıştır. Bitki örtüsü indekslerinin zaman serisi analizinde değerler; mahsul olgunluğa yaklaşılmaya başladığında ve yumru gelişimi aşamasında maksimum seviyeye ulaşmıştır. Bu noktadan sonra ise değerlerde düşüş yaşanmıştır. Bitki örtüsü indeksleri arasında; GNDVI ($r = 0.636$), NDVI ($r = 0.620$) sırasıyla biyokütle ve Bitki Alanı İndeksi (PAI) ile en yüksek korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. PAI, CANEYE yazılımında dijital yarım küre fotoğrafları işlenerek ölçülmüştür. Ayrıca NDI45, PAI ve biyokütle ile karşılaştırıldığında; aralarında düşük bir korelasyon (sırasıyla PAI ve biyokütle için $r = 0.572$ ve 0.585) olduğu görülmüştür.

Kimura ve arkadaşları (2004) "Relationships Among the Leaf Area Index, Moisture Availability, and Spectral Reflectance in an Upland Rice Field" adlı araştırmalarındaki temel amaç LAI ile spektral veriler arasındaki ilişkiyi ve gerçek bitki su tüketimi ile potansiyel bitki su tüketimi (ET_a / ET_p) arasındaki oranı belirlemektir. Çalışma amacına yönelik çeltik bitkisinde YAI için vejetasyon indeksini (VILAI) ve klorofil için vejetasyon indeksini (VICC) hesaplamak için 550nm, 680nm, 800nm ve 980nm dalga boylarındaki

spektral yansımaya değerlerinden faydalanmışlardır. Bu indekslerin yanında ise NDVI, GNDVI, NIR/red, NIR/Green, Değiştirilmiş Yansımaya Değerinde Klorofil Absorpsiyonu indeksi (MCARI), Modifiye Edilmiş Yansımaya Değerinde Klorofil Absorpsiyonu İndeksi (TCARI), SAVI, Optimize Edilmiş Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (OSAVI), Yeniden Düzenlenmiş Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (MSAVI) ve bu çalışmada geliştirilen VILAI gibi spektral yansımaya indekslerinin YAI tahmininde oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda gerçek bitki su tüketimi / potansiyel bitki su tüketimi ile VICC ilişkisinin belirtme katsayısı diğer indekslere göre daha yüksek değerdedir. İki ya da üç dalga boyu ile hesaplanan indekslere nazaran dört adet görünür yakın kızıl ötesi dalga boyları ile elde edilen indekslerin gerçek bitki su tüketimi ile potansiyel bitki su tüketimi arasındaki oranı yüksek doğrulukta analiz ettiği sonucuna varılmıştır.

Zhao ve arkadaşları (2005) "Prediction Grain Protein Content of Winter Wheat Using Remote Sensing Data Based on Nitrogen Status and Water Stress" adlı araştırmalarında, azot ve su stresi altındaki buğday bitkisi için Landsat TM'den elde edilen UA verilerini kullanarak buğday bitkisindeki tane protein içeriğini tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu amaç için de dört farklı azot ve dört farklı su seviyesi verisi kullanılmıştır. Tane protein içeriği ve çiçeklenme dönemindeki azot içeriği arasında önemli derecede ilişki saptanmıştır ($R^2 = 0.36$). Yaprak azot içeriği ile önemli ilişkilere sahip olan spektral indeksler, çiçeklenme döneminde tane protein içeriğinin belirlenmesinde iyi bir gösterge niteliği oluşturmuştur. Kırmızı ve yeşil bantlardaki bitki örtüsü yansımaya değerlerinden elde edilen vejetasyon indeksi ($VI_{yeşil}$) ile çiçeklenme dönemindeki yaprak azot içeriği ve buğdayın tane protein içeriği arasındaki önemli olduğu düşünülen ilişkiler bulunmuştur. Tane oluşumu dönemindeki su stresi, tanedeki protein içeriğini arttırabilmektedir. Bu da yapraktaki su içeriği ile tanedeki protein miktarı arasında bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Buğday bitkisinin tane oluşum döneminde tarla spektral verileri ve Landsat TM uydu görüntülerinden su stresi izlenerek tane protein içeriğini tahmin etmek mümkün olmuştur. Bu çalışma farklı bitkiler içinde yapıldığında benzer sonuçlara ulaşılabilirliği düşünülmüştür.

Feng ve arkadaşları (2020) 'Yield Estimation in Cotton Using UAV-Based Multi-Sensor Imagery' adlı makalesinde insansız hava aracı (İHA) aracılığıyla UA teknolojisiyle pamuk verimi tahmin çalışması yapılması amaçlanmıştır. Çalışma, ABD'de, Missouri Üniversitesi Fisher Delta Araştırma Merkezi'nde bir pamuk araştırma alanında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada multi-spektral kamera ve kızılötesi kamera ile donatılmış üç ayrı İHA, iki büyüme aşamasında (çiçeklenme ve hasattan kısa bir süre önce) pamuk tarlasını görüntülemek için kullanılmıştır. Üç ayrı İHA kamerasından gelen sıralı görüntüler, ortomozaik görüntüler ve biçerdöver üzerine monte edilmiş bir verim monitörü tarafından elde edilen veriler ile Dijital Yüzey Modeli (DSM) oluşturulmuştur. NDVI, GNDVI, Üçgen Yeşillik İndeksi (TGI), CIE-LAB uzayında renk kanalı, kanopi örtüsü, Bitki Yüksekliği (PH), kanopi sıcaklığı ve Pamuk Lifi İndeksi (CFI) kullanılarak 8 görüntü özelliği çıkarılmıştır. Yüksek doğrusal korelasyona sahip özellik çiftlerini belirlemek için tüm görüntüler arasında Pearson korelasyon analizi yapılmıştır.

Modellemeden önce, UAV sensörlerinden ve verim monitöründen kaynaklanan dalgalanmaları ve ölçüm hatasını azaltmak için yapılandırılmış ham veri setini düzeltmek için yumuşatma tekniği (Phyton) kullanılmıştır. Sonuç olarak, pamuk verimi tahminini en iyi ölçen PH ve CFI ($R^2= 0.90$) olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, çiçeklenme büyüme aşamasında ve/veya hasattan kısa bir süre önce alınan İHA tabanlı görüntüler ile pamuk verimini yüksek doğrulukla tahmin edebildiği bulunmuştur.

Khiabani ve Takeuchi (2020) 'Assessment of Oil Palm Yield and Biophysical Suitability in Indonesia and Malaysia' adlı makalesinde Endonezya ve Malezya'daki palm yağı verim tahminini yapmışlardır. Gelişmiş Kara Gözlem Uydusu (ALOS), Aşamalı donanımlı L – band tipindeki sentetik açıklıklı radar (PALSAR), L-band geri saçılımının ALOS-2 mozaikleri, Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi (MODIS) yansımaları (MOD13Q1), MODIS Bitki Örtüsü Sürekli Alanı kanopi örtüsü ürününün (MOD44B) yıllık verileri birleştirilerek palmiye ekim alanı haritalanmıştır. Bu verilerin kombinasyonu; 2017 yılına ait Endonezya'da 10.3 milyon ha (Mha) ve Malezya'da 6.68 milyon ha (Mha) palmiye ağacı ekim alanı haritası elde edilmiştir. Tespit edilen tarlalarda 0.68 korelasyon katsayısı ve yıllık 4.7 Kök Ortalama Kare Hata (RMSE) ile MODIS kanopi örtüsünün zaman serileri kullanılarak dikimden sonraki yaş tahmini yapılmıştır. Potansiyel verim MODIS'in uzamsal çözünürlüğü olan 250 m uzamsal çözünürlükle tahmin edilmiştir. Gerçek verim ALOS, PALSAR ve ALOS-2 mozaiklerinin HH-HV özelliği ile ölçülmüştür. Malezya'da yapılan ölçümlerde gerçek hasat miktarı, tahmini potansiyel rekoltelerin seviyesinde ve bu seviyenin üzerindeyken, Endonezya'da yapılan ölçümlerde gerçek hasat miktarı potansiyel rekoltenin oldukça altında çıkmıştır.

Meng ve arkadaşları (2019) 'Assessment of the Effectiveness of Spatiotemporal Fusion of Multi-Source Satellite Images for Cotton Yield Estimation' adlı makalesinde UA görüntülerinin uzamsal-zamansal çözünürlüğündeki eksikliklerinin MODIS ve Landsat gibi yüksek uzamsal ve zamansal çözünürlüklü görüntülerin birleştirilmesiyle giderilebileceğini belirtmiştir. Çalışma Kaliforniya San Joaquin Vadisi'ndeki pamuk yetiştirme mevsimi boyunca bir çiftlik tarlasında yapılmıştır. Çalışmada NDVI değerini her pikselde karşılık gelen belirli bir tarih bilgisiyle bütünleştiren Extreme Model kullanılarak yeni bir günlük MODIS NDVI ürünü (yeniden yapılandırılmış MODIS) oluşturulmuştur. Esnek mekansal zamana bağlı veri birleştirme (FSDAF) modeli, alan ölçekli uygulamalar için uydu görüntülerinin uzamsal ve zamansal etkinliğini artırmak amacıyla birleşik, yüksek çözünürlüklü zaman serisi ürünleri (birleştirilmiş MODIS ve birleştirilmiş yeniden yapılandırılmış MODIS) oluşturmak için kullanılmıştır. Daha sonra Landsat ile üretilmiş NDVI zaman serisi verileri, birleştirilmiş MODIS'ten tahmin edilen NDVI verileri ve birleştirilmiş yeniden yapılandırılmış MODIS'ten tahmin edilen NDVI verileri kullanılarak üç verim tahmin modeli oluşturulmuştur. Sonuçlara göre; birleştirilmiş yeniden yapılandırılmış MODIS için büyüme mevsimi boyunca NDVI'nın zaman eğilimi; MODIS ve birleştirilmiş MODIS'e göre Landsat üzerinden elde edilen verilerden daha benzerdir. Birleştirilmiş yeniden yapılandırılmış MODIS'ten gelen NDVI, Landsat NDVI ile en iyi korelasyonu sağlamıştır. Pamuk verimi ve piksel

düzeyinde üç veri kümesinin tümü arasındaki korelasyon, tüm görüntü tarihleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Birleştirilmiş yeniden yapılandırılmış MODIS'ten tahmin edilen NDVI kullanılarak pamuk verimi tahmin modelinin doğruluğu, birleştirilmiş MODIS'ten elde edilen modele göre daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada, birleştirme görüntüleri kullanılarak MODIS tabanlı verim tahmininin doğruluğu araştırılmıştır. Tarla ölçeğinde MODIS görüntülerinde NDVI kullanılarak bitki örtüsü gelişiminin izlenebileceği ve nicel modelleme geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Gumma, Nelson ve Yamano (2019) 'Mapping Drought-Induced Changes in Rice Area in India' adlı çalışmasında Hindistan'ın temel gıda ürünü olan pirincin üretimini etkileyen kuraklığın oluşturduğu hasarı araştırmayı amaçlamışlardır. Hiper-zamansal, orta çözünürlüklü, optik UA görüntülerinden türetilen bitki örtüsü indeksi zaman serileri, geniş alanlardaki bitki örtüsündeki su stresini tespit etmek için kullanılabilir. 10 yılın yağışlı geçen (haziran-ekim) aylarından alınan görüntülerden elde edilen NDVI değerleri ile kurak geçen (2002-2003) yılların NDVI değerleri karşılaştırılmıştır. Kuraklık stresinden etkilenen pirinç alanlarını tarla örnekleme yoluyla değerlendirerek; hasarın yoğunluğuna göre şiddetli, orta ve hafif olmak üzere üç sınıfa ayırmak için spektral eşleştirme teknikleri kullanılmıştır. 2002 yılında MODIS' ten türetilen kuraklık stresinden etkilenen alan ile hasat edilen alandaki azalma ile; 2000-2001 yılları arasındaki kuraklık stresinden etkilenen alandaki azalma ve 2002-2003 yılları kuraklık stresinden etkilenen alandaki azalma arasında %84,7'lik bir korelasyon bulunmuştur. Kuraklık stresinden etkilenen pirinç alanları ile farklı pirinç ekolojilerinde pirinç hasadı yapılan alanların kuraklık stresinden dolayı azalması arasında uzamsal korelasyon bulunmuştur. Bu da kuraklık ve bunun sonuçları gibi abiyotik stresin değerlendirildiği çalışmalarda, bu tür jeo-uzamsal veri setlerinin yararlı olduğunu göstermektedir.

Liao ve arkadaşları (2018) "Using Spatio-Temporal Fusion of Landsat-8 and MODIS Data to Derive Phenology, Biomass and Yield Estimates For Corn and Soybean" adlı makalesinde, girdileri ürün öz kütlesi ve verimi olan "Basit Rekolte Algoritması" (SAFY) modelini, Landsat-8 ve MODIS görüntülerinin füzyonu ile çalışmıştır. Spatio-Temporal Fusion olarak adlandırılan bu sentez sürecinde, mekânsal ve zamansal olarak iyi durumda olan iki ayrı datanın birleştirilerek, mekânsal ve zamansal açıdan daha nitelikli görüntülerin oluşturulmasını sağlamaktadır (Zhu, Cai, Tian, Kay, & Williams, 2018). Kanada'nın Ontario kentinde soya fasulyesi ve mısır ekili parsellerden elde edilen verilerle yürütülen bu çalışma neticesinde sıcaklık değişkenleri, kuraklık, fenoloji temelli değişkenler, yaprak genişliği gibi birçok parametreleri içeren SAFY modeli ile soya fasulyesi ve mısırın verim tahmininin yapılabileceği gösterilmiştir. Bu çalışmada, analizlerin yeni parametrelerle sürekli güncellenmesinin, dinamik bir çalışma yürütülebilmesine olanak vereceği savunulmuştur. Bu özelliğiyle de SAFY modelinin, geleneksel rekolte tahmin uygulamalarına göre daha uygulanabilir bir model olduğu belirtilmiştir.

Kaya ve Polat (2021) “Bitki İndeksleri Kullanarak Buğday Bitkisinin Rekolte Tahmini” adlı makalesinde; buğday bitkisi rekolte tahmini çalışmasında, Şanlıurfa’nın Ceylanpınar ilçesinde sulu tarım yapılan buğday arazisinden 5 parsel, kuru tarım yapılan buğday arazisinden 2 parsel üzerinde analizler gerçekleştirmiştir. 2017-2018 sezonuna ait uydu görüntü verileri ve o yıllara ait verim değerleri karşılaştırılarak bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen verim tahmin modelinde söz konusu dönemlerde buğdayın çiçeklenme öncesi, çiçeklenme evresi ve çiçeklenme sonrası yansıma verilerini kullanarak, modelin doğruluğu sorgulanmıştır. 2 adet Landsat-8 ve 14 adet Sentinel-2 uydu verisi kullanılmıştır. Buğday bitkisine ait yansımaları tespit edebilmek için NDVI, MSAVI ve GNDVI bant oranları kullanılmıştır. 2017-2018 yıllarında geliştirilen sorgulama modeli ile 2018-2019 sezonunda 8 parsel üzerinde verim tahmin çalışmaları yapılmıştır. Buna göre en yüksek başarı oranı %82 ile buğdayın çiçeklenme evresinde test edilen NDVI indeksi ile elde edilmiştir.

Dedeoğlu (2020) ‘Vejetasyon İndis Değerleri ile Şeker Pancarı Yaprak Azot İçeriğinin İzlenmesi’ adlı çalışmasında Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilen Red Edge-NDVI değerleri ile üç farklı vejetasyon dönemi için şeker pancarında yaprak azotu içeriklerinin parsel bazlı olarak ilişkilendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma Konya ilinin Çumra ilçesinde yapılmıştır. 2019 yılının mayıs ile haziran aylarında örnekler alınmış ve bu tarihlerdeki uydu görüntüleri kullanılmıştır. Araştırma sonucunda şeker pancarının vejetatif gelişim ve kök oluşumu evresinde yaprak azot içerikleri ve Red Edge NDVI değerleri arasında yakın ilişki elde edilmiş, ancak şeker pancarının kök büyüme döneminde yapılan çalışmalarda bu ilişkinin azaldığı belirlenmiştir. Şeker pancarının vejetatif gelişim ve kök oluşumu döneminde Sentinel-2A uydu görüntüsü ve Red Edge spektral bandının kullanımında başarılı olunacağı belirtilmiştir.

Caf (2020) “Tarımsal Ürünlerin Uzaktan Algılama ile Tespiti” adlı makalesinde Trabzon-Sürmene’de belirlenen bir alanda, WorldView-2 uydu görüntüsü kullanılarak kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada; kontrolsüz sınıflandırma tekniği görüntü üzerindeki bina, deniz, yol, çay, orman ve fındık alanlarını tam olarak ayıramadığından tercih edilememiştir. Bu sebeple söz konusu çalışma için kontrolsüz sınıflandırma tekniğinin doğru bir yöntem olmadığı sonucuna varılmıştır. Kontrollü sınıflandırma çalışmalarında ise aynı sınıfa ait değerlerin farklı sınıflara atanması veya farklı sınıftaki değerlerin aynı sınıfta bulunması gibi hatalar ortaya çıkabilmektedir. Bu hataların oranının belirlenmesi için sınıf sayısı ve iterasyon sayısının yakınsama eşiği değerlerine etkileri incelenmiştir. Bu inceleme sonucu; sınıf sayısının yakınsama eşiği değeri üzerinde en etkili faktör olduğu tespit edilmiştir. Sınıf sayısını azaltmanın sınıflandırmadaki karışıklığı biraz daha artırdığı gözlemlenmiştir. Kontrolsüz sınıflandırmada yapılan analizlere göre; sınıf ve iterasyon sayısının artması doğruluğu olumlu etkilemiştir. Bu sınıflandırma, yeterli veri olmadığı durumlarda, arazi hakkında bilgi edinme amaçlı kullanılmaktadır. Kontrollü sınıflandırmada yapılan analizlere göre; sınıflara ait imza vektörlerinin (örnekleme noktalarının) sayısının artması doğruluğu olumlu etkilemiştir. Kontrollü

sınıflandırmada örnekleme noktalarının görüntü üzerinde homojen dağılması ve hassas seçilmesi doğruluğu olumlu olarak etkilemektedir.

Villi (2019) 'İnsansız Hava Araçlarında Çok Bantlı Kamera Entegrasyonu ve Tarımsal Uygulamaları' adlı yüksek lisans tezi kapsamında Çukurova Üniversitesi içinde bulunan tarımsal uygulama arazisinde çalışmıştır. Alanda portakal ve mısır bulunmaktadır. Bu çalışmada insansız hava aracına 5 farklı dalga boyu aralığında algılama yapan multispektral bir kamera entegre edilerek görüntüler toplanmıştır. Bitki sağlığı ve su stresi analizi için sıklıkla tercih edilen Red Edge bantlar kullanılarak NDVI analizi yapılmış görüntüler elde edilmiştir. Tarımsal alanların izlenmesinde, multispektral kayıt yapan UA uydularının mekânsal, zamansal, radyometrik ve spektral çözünürlüklerinin çoğu zaman yetersiz kaldığı ve maliyetlerinin fazla olduğu belirtilmiştir. İHA ve entegre edilen algılayıcı sensörler ile bu problemlerin önüne geçildiği belirtilmiştir. Zamansal çözünürlüğünün uydulara göre daha iyi olduğu için, İHA görüntüleri ile UA yöntemlerinin tercih edilmesi; tarım ürünlerinin anlık olarak izlenmesi ve gelişmelerinin takip edilmesi açısından önemli olduğu belirtilmiştir.

Orta Anadolu Bölgesi'nde tarımı yapılan patates ve şeker pancarı bitkilerinin fenolojik evreleri üzerine çalışan Çiçek ve Kurucu (2018) bu ürünlerin çok bantlı spektral yansıma karakteristiklerini tespit etmeyi amaçlamıştır. Çiçek ve Kurucu (2018) tarafından yürütülen çalışmada; Kayseri ve Ankara'da yer alan 210 parsel izlenmiş, bitkilerin fenolojik evrelerinin izlenmesi ile elde edilecek spektral imzaların; bitki sağlığı, rekolte tahmini gibi verilere ulaşmada önemli bir araç olduğu belirtilmiştir. Bu kapsamda, Landsat-8 ve Sentinel-2 uydularından faydalanılmıştır. Yansıma düzeyleri incelenen Red Edge, NIR ve SWIR bantların, spektral imzaların oluşturulmasında, ürün deseninin tanımlanmasında ve ürünün hangi evrede olduğunun anlaşılmasında önemli bilgiler sağladığı belirtilmektedir. Patates ve şeker pancarı bitki örtüsünün fenolojik evreleri süresince çok bantlı spektral yansıma karakteristikleri çıkarılmıştır. Buna göre iki bitkinin de dikimini takip eden günlerde tüm bantların birbirine yakın değerde olduğu, fakat yeşil dokunun arttığı ikinci ve üçüncü fenolojik dönemlerde yeşil dokuya hassas bantlarda (Red Edge 2,3,4) artış olurken, görünür bölgeye duyarlı olan bantların (SWIR) düştüğü görülmüştür.

Mustafa ve ark. (2016) "Akıllı Tarım Fizibilite Projesi: Hassas Tarım Uygulamaları için Havadan ve Yerden Veri Toplanması, İşlenmesi ve Analizi" çalışma kapsamında akıllı tarım uygulamaları için sulama ve gübreleme için modeller geliştirilmiştir. Çalışmada; buğday, arpa, çavdar, yulaf, mısır, şeker pancarı, ayçiçeği, aspir, nohut, yeşil mercimek, fasulye, yonca, erik, elma, vişne ve kiraz ürünler analiz edilmektedir. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde gerçekleştirilen çalışmada, hiper-spektral kameralı bir drone sistemi ile görüntüler alınmıştır. Yerden veri toplama çalışmaları kapsamında; toprak nemi, spektral imza (1 m mesafeden ve ürünün yaprağına indirilerek), yaprak alan indeksi (YAI/LAI) ve meteorolojik veriler toplanmıştır. Çalışmada Landsat-8, Sentinel-1, Sentinel-2 uyduları ve SAR uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Sonuç olarak yapılan analizler

neticesinde, kışlık bitki ekimleri için ekim ve kasım ayları, yazlık bitki ekimleri için nisan aylarının uygun olduğu belirtilmiştir.

Esetlili ve arkadaşları (2014) “Uzaktan Algılama Tekniği ile Pamuk Tarla Verimi Tahmin Doğruluğunun Arttırılmasında Kırmızı Kenar (Red Edge) Band Kullanımının Katkısı” makalesinde, Ege Bölgesi’nde (Manisa, İzmir, Muğla ve Aydın illeri) pamuk bitkisinin tarla verim bilgileri ile RapidEye uydu görüntülerinde özellikle kırmızı kenar ve yakın kızılötesi spektral bantlarındaki yansıma özellikleri aralarındaki ilişki istatistiksel olarak araştırılmıştır. Araştırmada, son 5 yılda (2010–2014) alınan RapidEye uydu görüntüleri ile bunların görüntüleme zamanında yerinde yapılan ölçümler ile tarla düzeyinde elde edilmiş verim bilgileri kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, yakın kızılötesi yansıma verileri ile tarla verimi arasında pozitif yönde bir ilişkisi olduğu ($R^2=0.64-0.73$) saptanırken, KK (Kırmızı Kenar) bandı yansıma değerleri ile verim arasında yüksek korelasyon ($R^2=0.62-0.85$) olduğu görülmüştür. Bu sonuç, uydu görüntülerinden ürün rekoltesi tahminlerine yönelik bant kompoziti içerisinde yakın kızılötesi bantın yanında KK bandında kullanılması halinde verimin daha doğru tahmin edilebileceğini göstermektedir.

Do (2019) ‘Application of Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS) Technology to Determine Yield Prediction in Maize’ adlı tez çalışmasında, mısır verimi ile yüksek bir korelasyona sahip olan UA verilerinden türetilen çeşitli bitki örtüsü indeksleri gözden geçirilmiştir. Landsat-8 ve Sentinel-2 görüntülerinden NDVI, EVI, SAVI, WDRVI ve GNDVI indeksli görüntüler elde edilmiştir. Ardından Bayes Model Ortalama Alma (BMA) yöntemine dayalı olarak çalışma alanı için mısır verimi tahmin modelleri oluşturulmuştur. QGIS ve R yazılımı, mekânsal analiz ve istatistiksel veri analizi süreci boyunca kullanılmıştır. Seçilen bitki indeksleri değerlerinin analiz sonuçları, GNDVI’nin gerçek mısır verimi ile en yüksek korelasyona sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, çalışma sonucu Landsat-8 verileri için maksimum analiz değerinin gerçek mısır verimi ile büyük bir ilişkisi olduğunu da göstermiştir. Sentinel-2 görüntüsünden elde edilen analizler ortalama değerdir. Çalışmada, Landsat-8 görüntüsünden oluşturulan tahmin modelinin, Sentinel-2’den oluşturulan analizlerden daha yüksek bir doğruluğa sahip olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmayla, açık kaynaklı yazılımların mekânsal analiz, veri analizi, istatistiksel modeller oluşturma ve görsel olarak etkileşimli web uygulamaları oluşturmadaki etkinliği ve kapasitesi kanıtlanmıştır.

Duveiller ve Defourny (2010) “A Conceptual Framework to Define The Spatial Resolution Requirements for Agricultural Monitoring Using Remote Sensing” isimli çalışmalarının temel amacı; örtülü tarım arazisinin değişen mekânsal parametrelere bağlı olarak gösterdiği yansıma karakteristiklerinin modellenmesidir. Çalışmada 6 test alanı için 10 m mekânsal çözünürlüklü olan SPOT 5 uydu görüntüleri kullanılarak bu görüntülerden de kümeleme ile türetilen düşük mekânsal çözünürlükteki sentetik veriler kullanılmıştır. 6 alan için elde edilen görüntüler ile kontrollü sınıflandırma ve segmentasyon işlemleri için ürün deseni tanımlanıp ardından ekili olan alanlar için maskeleme işlemiyle sınır tanımlamaları yapılmıştır. Çalışma alanlarından Belçika

Hesbaye, Fransa Picardie ve Hollanda Flevoland'da buğday, arpa ve şeker pancarı ele alınmıştır. Dördüncü alan Nijer Fakara'da darı, beş ve altıncı alan olan Çin Hengshui'da kış buğdayı ve mısır analiz edilmiştir. Sonraki basamakta ürün tipleri için oluşturulan sınır maskelerinin altında kalan alanlar için farklı mekânsal çözünürlüklü veriler kullanılarak piksel saflık değerleri hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlarda; yüksek doğruluk derecesine sahip tahminler gerçekleştirebilmek için, mekânsal çözünürlükteki düşüşe karşılık piksel saflık derecesinde artışın gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Hedefteki ürün tipleri için kırmızı ve yakın kızılötesi kanalların kullanımı sayesinde; Hesabaye, Picardie, Flevoland, Fakara ve Chinese kesimlerinde kabul edilebilir özellikte olan en düşük mekânsal çözünürlük sırasıyla 30 m, 78 m, 90 m, 117 m ve 148 m olarak tespit edilmiştir.

Akkartal ve ark. (2005) yaptıkları "Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Bitki Örtüsü Değişim Analizi" çalışmalarında, Trakya bölgesindeki Kırklareli Lüleburgaz ilçesinin ve çevresinin 1987 ve 2003 yılları arasındaki bitki örtüsü üzerindeki değişimi, üç zamanlı Landsat ve SPOT görüntüsü ile analiz etmişlerdir. Çalışmada çok zamanlı veri seti ile ele alınan beş farklı bitki örtüsü indeksi hesaplanarak elde edilen görüntüler farklı bant kombinasyonlarıyla analiz edilmiştir. Bitki örtüsündeki yıllara bağlı değişim farklı renk tonlarıyla renkli kompozit görüntülerde kolaylıkla analiz edilebilmiştir. Bitki örtüsündeki 1987 ve 2003 seneleri arasındaki değişimler irdelenerek, çok spektrumlu uydu verilerin bitki örtüsünü analiz etmede başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

Ünal ve Aydoğdu (2012) "Biyokütle ve Vejetasyon İndeks İlişkisi" adlı çalışmalarında Çankırı mera alanlarında biyokütle ve vejetasyon indeksi ilişkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada mera alanlarının gelişme ve büyüme dönemlerindeki vejetasyon indeksi değerlerinin toplamı kullanılarak oluşturulan Tümüleşik NDVI değerinin (TNDVI), uydu görüntüleri ve arazi çalışmasından elde edilen verilerle hesaplanan biyokütle değeri arasındaki ilişkisi irdelenmiştir. Regresyon analizi kullanılarak ulaşılan sonuçlar, TNDVI ve arazide ölçülen biyokütle arasındaki ilişkinin orta düzeyde olduğu sonucuna ulaşılırken; TNDVI değişkenleri ile Işık Kullanım Etkinliği (LUE) modeli kullanılarak hesaplanan biyokütle arasındaki ilişkinin yüksek düzeyde olduğu görülmüştür.

Narin (2019) tarafından hazırlanan "Sentinel-2 Uydu Görüntüleri Kullanılarak Ayçiçeği Bitkisi Fenolojik Evresinin İzlenmesi ve Verim Tahmin Çalışması" adlı çalışmada 48 adet ayçiçek parseli için NDVI, Normalize Edilmiş Bitki İndeksi- Red Edge 1 (NDVIre1) ve Basit Oran Red Edge 1 (SRre1) indeksleri ile evre takibi ve parsel bazlı verim hesabı yapılmıştır. Çalışmada 23 adet Sentinel-2 görüntüsü kullanılmış ve her görüntüde parsellerin yansıtım değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca bitki indeksleri ile verim arasındaki korelasyona bakılmış ve güvenilirlik ölçütü olarak Karesel Ortalama Hata (KOH) dikkate alınmıştır. Çalışma sonucunda korelasyonun en yüksek olduğu evre, çiçek tablası oluşumu evresi olduğu görülmüştür. Verim değerlerinden NDVI analizi için haziran ayı ve SRre1 için temmuz ayı gerçek verim değerlerine en yakın değerlerin elde edildiği aylar olmuştur.

Yousif (2019) “Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Yüzey Sıcaklığı ve Vejetasyon İndeksleri ile Tarımsal Kuraklığın İzlenmesi: Menemen Sağ Sahil Sulama Alanı Örneği” adlı yüksek lisans tezinde 2015-2016 yıllarına ait 11'er Landsat-8 uydu görüntüsü üzerinden Menemen Sağ Sahili'nde tarımsal kuraklık analizi tespit çalışması yapmıştır. Yüzey Sıcaklık Analizi (LST), NDVI ve SAVI indeksleri yardımıyla indeks analiz çalışmaları gerçekleştirilmiş ve LST ile SAVI-NDVI arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda LST ile SAVI arasında doğru orantı çıkmış ve korelasyon katsayısı her iki yıl için 0,93 olarak bulunmuştur. NDVI ve SAVI değerleri arasında ise negatif korelasyon çıkmış ve korelasyon katsayısı 2015 yılında-0.88; 2016 yılında -0.87 olduğu tespit edilmiştir.

4. SONUÇ

UA teknolojileri ile tarım uygulamalarında sorun alanları tespit edilerek, bu sorunlara yönelik doğru ve güvenilir yöntemler geliştirilebilmektedir. Uydu görüntüleri ve bunların analizleri ile elde edilen sonuçlar makine öğrenmesiyle birleştirildiğinde hem zamandan hem de iş gücünden tasarruf edilerek istenilen bilgiler elde edilebilmektedir. Tarımda rekolte tahmininin spektral indeksler ve makine öğrenmesi desteğiyle yapılması, hem devletin tarımsal strateji ve politikalar geliştirmesine hem de üreticinin tarım üretimi süreçlerine destek olacaktır.

Tarımsal alanların izlenmesinde, multispektral kayıt yapan uyduların mekânsal, zamansal, radyometrik ve spektral çözünürlüklerinin çoğu zaman yetersiz kaldığı ve maliyetlerinin fazla olduğu belirtilerek birçok araştırmada zamansal çözünürlüğü uydulara göre daha iyi sonuçlar veren İHA'lar tercih edilmektedir. Bitki sağlığı izleme ve rekolte tahmini çalışmalarında genel olarak NDVI, GNDVI, SAVI, OSAVI, SR vb. gibi vejetatif indekslerin kullanıldığı görülmektedir. Landsat ve Sentinel uydu görüntülerinin ücretsiz olarak sunulması, bilimsel çalışmalarda en çok bu uydu görüntülerinin kullanılmasının sebeplerinden biridir. Sentinel uydu görüntülerinin sundukları kırmızı kenar bantları klorofil yorgunluğuna karşı daha hassas olması sebebiyle bitki sağlığı izlemede yüksek doğruluklu sonuçlar vermektedir.

İncelenen tüm makaleler yöntem açısından değerlendirildiğinde; bitki sağlığı izleme ve rekolte tahmin çalışmalarında yoğunluklu olarak makine öğrenmesi ve bant oranlama yöntemleriyle analiz çalışmalarının yürütüldüğü görülmüştür. Makine öğrenmesi ile UA teknolojilerinde çevresel değişimlere bağlı kalmadan tahmin çalışmaları yapma şansı artmıştır. Çeşitli veri tabanları, modeller, algoritmalar ile yapılan makine öğrenmesi sorgulamaları; alan özelinde parametreler belirleyerek bu parametrelerle sorgulamalar yapılabilmesine ve isteğe bağlı olarak yeni değişkenlerin algoritmaya eklenip-çıkarılabilmesine olanak vermektedir. Bu sayede çalışmalar sadece bir alana özgü kalmayıp, farklı alanlara göre de modifiye edilerek çalıştırılabilmektedir. Diğer taraftan ise makine öğrenmesi ile analiz süreçlerinin denetimi tamamen yetkin insan becerilerine bağlıdır. Bu durum da makina öğrenmesi çalışmasını sınırlandırmaktadır.

Dikkat çekici bir diğer unsur ise UA teknolojileri ile yapılan analizlerde istatikselsel modellerin de yoğunluklu kullanımınıdır. Yapılan analiz çalışmalarını neticesinde sahaya ilişkin veriler ile elde edilen analiz bulguları arasındaki ilişkinin tespit edilmesinde regresyon ve korelasyon gibi istatistiksel doğrulayıcılar tercih edilmektedir. Bir çalışmanın istatistiksel modele konu olabilmesi için belirli sayıda bağımsız/bağımlı değişkene sahip olması gerekir. UA teknolojileriyle gerçekleştirilen verim tahmini çalışmalarının birçoğunda, istatikselsel analizlerin yapılması sürecinde kullanılacak verinin nitel ve nicel özelliklerine değinilmediği görülmektedir. Bu alanda kullanılan istatikselsel modellerin sınırlılıklarının da paylaşılması, yeni araştırmaların en doğru şekilde yürütülmesinde önem teşkil etmektedir.

Analiz edilen çalışmalar arasında yer alan Türkiye örneklerinde yerli uydu görüntüleri kullanılarak yapılan uygulamalara rastlanmamıştır. Ülkemizin uydu ve yer gözlem alanında milli uydularından elde edilen görüntüleri kullanması, ülkemizin UA teknolojileri alanında yetkinliğinin artmasını sağlayacaktır. Bilimsel çalışmalarda yerli uydu görüntülerinin kullanımını teşvik edilmesi ve bunun için bu verilerin temini konusunda kolaylık sağlanması gibi destekleyici politikalar uzmanlara ve faydalanıcılara önemli kolaylık sağlayacaktır.

Sonuç olarak; ülke kaynaklarını optimum kullanımını sağlanabilmesi için UA teknolojilerinin sağladığı yararlar göz önünde bulundurularak tarım uygulamaları yeniden düşünülmelidir. Kamu ve özel sektör ortaklıklarıyla, tarım politikaları UA teknolojileriyle entegre edilerek geliştirilmelidir.

KAYNAKÇA

- Akkartal, A., Türüdü, O. ve Erbek, F.S. (2005). Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Bitki Örtüsü Değişim Analizi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Brinkhoff, J. ve Robson, A. (2021). Block-Level Macadamia Yield Forecasting Using Spatio-Temporal Datasets. *Agricultural And Forest Meteorology*, Volume 303, 108369.
- Caf, D. (2019). Bir Durum Çalışması: Tarımsal Ürünlerin Uzaktan Algılama ile Tespiti. *Journal of Agriculture*, 80-91.
- Cihlar J., Brown R.J. ve Gindon B. (1986). Microwave Remote Sensing of Agricultural Crops in Canada, *Journal of Remote Sensing*, Vol.7, No.2.
- Çiçek, G., & Kurucu, Y. (2018). Orta Anadolu Koşullarında Yetiştirilen Patates ve Pancar Bitkilerinin Fenolojik Evrelerine Ait Çok Bantlı Spektral İmzaların Belirlenmesi. *VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, Eskişehir.
- Dedeoğlu, M. (2020). Vejetasyon İndis Değerleri ile Şeker Pancarı Yaprak Azot İçeriğinin İzlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8, 69 – 76.

- Do, N. T. (2019). Application Of Remote Sensing (RS) And Geographic Information System (GIS) Technology To Determine Yield Prediction in Maize. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 88 syf.
- Doraiswamy, P. C., Moulin, S., Cook, P. W., & Stern, A. (2003). Crop Yield Assessment from Remote Sensing. *Photogrammetric engineering & remote sensing*, 69(6), 665-674.
- Duveiller, G. ve Defourny, P. (2010). A Conceptual Framework To Define The Spatial Resolution Requirements For Agricultural Monitoring Using Remote Sensing. *Remote Sensing Of Environment*, 114.
- Esetlili, M.T., Özen, F., Kandemir, B.N., Kurucu, Y. Ve Bolca, M. (2015). Uzaktan Algılama Tekniği İle Pamuk Tarla Verimi Tahmin Doğruluğunun Arttırılmasında Kırmızı Kenar (RedEdge) Band Kullanımının Katkısı. Ege Üniversitesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52.
- Feng, A., Zhou, J., Vories, E.D., Sudduth, K.A. ve Zhang, M. (2020). Yield Estimation İn Cotton Using Uav-Based Multi-Sensor İmagery. *Biosystems Engineering*, 193, 101-114, DOI: Doi.Org/10.1016/J.Biosystemseng.2020.02.014.
- Ghosh, P., Mandal, D., Bhattacharya, A., Nanda, M. K., & Bera, S. (2018). Assessing Crop Monitoring Potential of Sentinel-2 in a Spatio-Temporal Scale. *Int. Arch. Photogram. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.-ISPRS Arch*, 42(5), 5.
- Gumma, M.K., Nelson, A. Ve Yamano, T. (2019). Mapping Drought-İnduced Changes in Rice Area in India. *International Journal Of Remote Sensing*, 40:21, 8146-8173, DOI: Doi.Org/10.1080/01431161.2018.1547456.
- Hatami, M., Fatih, M. (2016). Kayısı için Otomatik Rekolte Tahmin Sistemi. *International Artificial Intelligence Data Processing Symposium*, Malatya.
- K.C., S., Ninsawat, S. ve Som-Ard, J. (2021). Integration Of Rgb-Based Vegetation İndex, Crop Surface Model And Object-Based İmage Analysis Approach For Sugarcane Yield Estimation Using Unmanned Aerial Vehicle. *Computers And Electronics in Agriculture*, 180, 105903, DOI: Doi.Org/10.1016/J.Compag.2020.105903.
- Kalkan, K. ve Maktav, D. (2010) Nesne Tabanlı ve Piksel Tabanlı Sınıflandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması (IKONOS Örneği). III. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Kocaeli.
- Kaya, Y. ve Polat, N. (2021). Bitki İndeksleri Kullanarak Buğday Bitkisinin Rekolte Tahmini. *Dicle University Journal Of Engineering*, 12.
- Kayahan, N. (2013). *Uzaktan Algılama Kullanılarak Silajlık Mısır Veriminin Tahminlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Konya: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı.
- Khiabani, P.H. ve Takeuchi, W. (2020). Assessment of Oil Palm Yield and Biophysical Suitability in Indonesia and Malaysia. *International Journal Of Remote Sensing*, Vol 41, No:22, 8520-8546, DOI: Doi.Org/10.1080/01431161.2020.1782503.

- Kimura, R., Okada, S., Miura, S. ve Kamichika, M. (2004). Relationships Among the Leaf Area Index, Moisture Availability, and Spectral Reflectance in an Upland Rice Field. *Agricultural Water Management*, Volume 69, Issue 2, Pages 83-100
- Kouadio, L., Byrareddy, V. M., Sawadogo, A. ve Newlands, N. K. (2021). Probabilistic Yield Forecasting Of Robusta Coffee At The Farm Scale Using Agroclimatic And Remote Sensing Derived Indices. *Agricultural And Forest Meteorology*, Volume 360, 108449.
- Liao, C., Wang, J., Dong, T., Shang, J., Liu, J., & Song, Y. (2019). Using Spatio-Temporal Fusion of Landsat-8 and MODIS Data to Derive Phenology, Biomass and Yield Estimates For Corn and Soybean. *Science of the Total Environment*, Volume 650, Part 2,1707-1721.
- Mandal, D., Kumar, V., Bhattacharya, A., Rao, Y. S., Siqueira, P., & Bera, S. (2018). Sen4Rice: A Processing Chain for Differentiating Early and Late Transplanted Rice Using Time-Series Sentinel-1 SAR Data with Google Earth Engine. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 15(12), 1947-1951.
- Marino, S., ve Alvino, A. (2021). Vegetation Indices Data Clustering For Dynamic Monitoring and Classification Of Wheat Yield Crop Traits. Department of Agricultural. *Environmental and Food Sciences (DAEFS)*, University of Molise, Italy
- Meng, L., Liu, H., Zhang, X., Ren, C., Ustin, S., Qiu Z., Xu, M. Ve Guo, D. (2019). Assessment of the Effectiveness of Spatiotemporal Fusion of Multi-Source Satellite Images For Cotton Yield Estimation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 44-52. DOI: Doi.Org/10.1016/J.Compag.2019.04.001.
- Mustafa, T., Devenci, S., Öztoprak, F., Efendioğlu, M., (2016). Akıllı Tarım Fizibilite Projesi: Hassas Tarım Uygulamaları için Havadan ve Yerden Veri Toplanması, İşlenmesi ve Analizi. 6. *Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu*, Adana.
- Narin, Ö. G. (2019). *Sentinel-2 Uydu Görüntüleri Kullanılarak Ayçiçeği Bitkisi Fenolojik Evresinin İzlenmesi Ve Verim Tahmin Çalışması*. Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak: Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı
- Novelli, F., Spiegel, H., Sandén, T., & Vuolo, F. (2019). Assimilation Of Sentinel-2 Leaf Area Index Data Into A Physically-Based Crop Growth Model For Yield Estimation. *Agronomy Journal*.
- Payne A.B., Walsh K.B., Subedi P.P. ve Jarvis D. (2013). Estimation of Mango Crop Yield Using Image Analysis - Segmentation Method. *Computers And Electronics in Agriculture*, Volume 91.
- Ramadanningrum, D.P., Kamal, M. ve Murti, S.H. (2020). Image-Based Tea Yield Estimation Using Landsat-8 OLI And Sentinel-2B Images. *Remote Sensing Applications: Society And Environment*, 20, 100424, DOI: Doi.Org/10.1016/J.Rsase.2020.100424.

- Süslü, A. (2007). *Şereflikoçhisar İlçesindeki Tarım Arazilerinde Uzaktan Algılama Yöntemiyle Ekili Alanların Tespiti ve Rekolte Tahmini*. Yüksek Lisans Tezi, Gebze: İleri Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Şimşek, O., Mermer, A., Yıldız, H., Özaydın, K.A. ve Çakmak, B. (2007). Agrometshell Modeli Kullanılarak Türkiye’de Buğdayın Verim Tahmini. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13.
- Tavus, B., Karataş, K., & Türker, M. (2018). Tarımsal Alanlarda Yüksek Çözünürlüklü İkonos Uydu Görüntüsünden Nesne Tabanlı Ürün Deseni Tespiti. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*.
- Teke, M., Deveci, H.S., Öztoprak, F., Efendioğlu, M., Küpçü, R., Demirkesen, C., Şimşek, F.F., Bağcı, B., Uysal, E., Türker, U., Yıldırım, E., Bayramın, İ., Kalkan, K., Demirpolat, C. (2016). "Akıllı Tarım Fizibilite Projesi: Hassas Tarım Uygulamaları İçin Havadan Ve Yerden Veri Toplanması, İşlenmesi Ve Analizi". *TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Ünal, E. ve Aydoğdu, M., (2012). Biyokütle ve Vejetasyon İndeks İlişkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5.
- Villi, O. (2019). *İnsansız Hava Araçlarında Çok Bantlı Kamera Entegrasyonu ve Tarımsal Uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, Adana: Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, S. (2011). *Çok Bantlı Uydu Görüntülerinden Parsel Bazında Coğrafi Bilgi Sistemi Özellikli Ürün Deseni Katmanı Oluşturulabilirliği Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Ege Üniversitesi, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı
- Yousif, K. M. (2019). *Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Yüzey Sıcaklığı Ve Vejetasyon İndeksleri İle Tarımsal Kuraklığın İzlenmesi: Menemen Sağ Sahil Sulama Alanı Örneği*. Yüksek Lisans Tezi İzmir: Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
- Zhao, C., Liu, L., Wang, J., Huang, W., Song, X. ve Li, C. (2005). Predicting Grain Protein Content of Winter Wheat Using Remote Sensing Data Based on Nitrogen Status and Water Stress. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 7, Issue 1, Pages 1-9
- Zhu, X., Cai, F., Tian, J., Kay, T., & Williams, A. (2018). Spatiotemporal Fusion of Multisource Remote Sensing Data: Literature Survey, Taxonomy, Principles, Applications, and Future Directions. *Remote Sensing*, 10(4), 527

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Number: 4, Issue: 2, p. 80-100, 2021

RİSK ALTINDAKİ ARKEOLOJİK ALANLARIN BELGELENMESİNDE FOTOGRAMETRİ İLE UZAKTAN ALGILAMA ENTEGRASYONU: İSTANBUL KARA SURLARI ÖRNEKLEMİ

REMOTE SENSING INTEGRATION WITH PHOTOGRAMMETRY IN DOCUMENTATION OF ARCHAEOLOGICAL SITES AT RISK: SAMPLE OF LAND WALLS OF ISTANBUL

Ebru Ecem ÖZSOY¹

Talha Aksoy²

(Received 08.11.2021 Published 09.12.2021) - Research Article

Özet

Türkiye, tarihte birçok uygarlığa ev sahipliği yapmıştır. Uygarlıkların geride bıraktıkları eserler ve tüm tarihi değerlerimiz kültürel miras olarak gelecek nesillere aktarılmalıdır. Bu bağlamda koruma anlayışı ortaya çıkmaktadır. Koruma anlayışındaki esas önemli nokta ise tüm eserlerin orijinal haliyle aktarılabilmesidir. Bu sebeple risk altında olan tüm arkeolojik alanların korunması, gerekli ise restore edilmesi ve belgelenmesi gerekmektedir. Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle beraber belgeme çalışmaları geleneksel yöntemlerden ziyade ileri belgeleme teknikleriyle yapılmaktadır. Arkeolojik birçok eserin dijital ortamlara aktarılarak 3 boyutlu (3B) modellerinin çıkarılması ve bu sayede risk altında olan kültürel miras değerlerimizin düzenli dokümantasyon çalışmalarının yapılması amaçlanmalıdır. Kültürel mirasların belgelenmesinde fotogrametri, uzaktan algılama yöntemleri ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) uygulamaları kullanılmaktadır. Her yöntemin kendine ait avantaj ve dezavantajları olduğu gibi, birlikte kullanımları söz konusu olduğunda ise dezavantajların en aza indirildiği günümüzde gerçekleşen belgeme çalışmalarıyla gözlemlenebilmektedir. Bu makale çalışmasında örneklem alan olarak belirlenen İstanbul Tarihi Yarımada içerisinde yer alan Kara Surları'nda belgeleme amaçlı yersel fotogrametri ve uzaktan algılama entegrasyon çalışması denenmiştir. Hava fotoğraflarının yersel fotogrametri verileriyle aynı tarihte çekilmiş olmaması sebebiyle, Agisoft Photoscan Pro yazılımında uygulanan 3B modelleme çalışması olumsuz sonuçlanmıştır. Fakat bu çalışmanın bundan sonraki akademik çalışmalara altlık oluşturması sonuç amaçlardan biridir.

Anahtar Sözcükler: Yersel Fotogrametri, Uzaktan Algılama, Arkeolojik Alan, Belgeleme

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Enstitüsü, Kültür Varlıklarının Belgelenmesi, Eskişehir, Türkiye, ecemozsoy@gmail.com

²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, Eskişehir, Türkiye, tlhksy@gmail.com

Abstract

Turkey has hosted many civilizations in history. The artifacts left behind by civilizations and all our historical values should be transferred to future generations as cultural heritage. In this context, the concept of protection emerges. The main point in the understanding of conservation is that all works can be transferred in their original form. For this reason, all archaeological sites at risk must be protected, restored and documented if necessary. Today, with the development of technology, documentation studies are carried out with advanced documentation techniques rather than traditional methods. It should be aimed to transfer 3D (3D) models of many archaeological artifacts to digital media, and thus to carry out regular documentation studies of our cultural heritage values at risk. Photogrammetry, remote sensing methods and geographic information system (GIS) applications are used in the documentation of cultural heritage. While each method has its own advantages and disadvantages, it can be observed with the documentation studies carried out today that the disadvantages are minimized when used together. In this article, terrestrial photogrammetry and remote sensing integration study were tried for documentation purposes in the Land Walls located in the Istanbul Historic Peninsula, which was determined as the sample area. Due to the fact that the aerial photographs were not taken on the same date as the terrestrial photogrammetry data, the 3D modeling study applied in the Agisoft Photoscan Pro software resulted in a negative result. However, it is one of the final aims of this study to form a basis for future academic studies.

Keywords: Terrestrial Photogrammetry, Remote Sensing, Archaeological Site, Documentation

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte kültür varlıkları belgeleme çalışmalarında geleneksel yöntemlere alternatif olacak yöntemler geliştirilmiştir ve araştırma sonuçlarında daha güvenli ve doğru sonuçların üretildiği görülmüştür. Bu bağlamda düzenli yapılacak dokümantasyon çalışmaları ve uygulamaları ile kültürel mirasın sürekliliği sağlanmalı ve gelecek nesillere aktarılmalıdır. Gelişen teknoloji sayesinde ileri belgeleme yöntemlerinin araştırmalarda kullanımı hız kazanmış olsa da araştırmaların güvenilirliği açısından envanter çalışmalarının da düzenli aralıklarla gerçekleştirilmesi önemlidir. Bilindiği üzere tarihi ve kültürel mirasların korunması sürecinde en önemli adım tespit ve belgeleme çalışmalarıdır. Belgeleme genel anlamda fiziksel tanımın yapılması anlamına gelmektedir (Korumaz, Dülgerler, Yakar, 2011). Bir kültür varlığının tarihte kalıcı olması ve arşivlenmesi gerekmektedir.

Belgeleme, kültür varlıklarının içerdiği mesajları gelecek nesillere aktarmak için en önemli araçtır. Belgeleme çalışmaları geçmiş ile ilgili bilgileri açığa çıkartır. Mevcut ve güncel durumun tespit edilmesi yapılarıdaki mevcut hasar ve problemlerin tespitine olanak sağlar (Kuban, 2000). Son yıllarda kültürel mirasın belgelenmesi önem kazanmıştır ve bu konudaki farkındalık artmıştır. Mevcut teknolojiler kullanılarak yapılan belgeleme çalışmaları özellikle risk altındaki bölgeler üzerinde yoğunlaşmıştır. Belgeleme çalışmalarında arkeolojik mirasların bulunduğu çevreye dair kapsamlı araştırmalar yürütülmeli ve ulaşılan her türlü verinin sistematik olarak güncellenebilir olması gerekmektedir.

Bu çalışmada risk altında olan bölgelerin hızlı belgelenmesine yönelik örneklem alan İstanbul Kara Surları olarak belirlenmiştir. Belgeleme çalışması, uzaktan algılama ile fotogrametri yöntemlerinin entegrasyonunu içermektedir. Modelleme aşamasında yakın tarihte çekilmiş hava fotoğraflarının yersel fotogrametri çalışması yapılmıştır. Agisoft Photoscan Pro yazılı kullanılarak elde edilen veriler yüksek çözünürlüklü uydu verisi ile ilişkilendirilerek daha detaylı bir model elde edilmesi amaçlanmıştır. Makale çalışması, uzaktan algılama desteği ile Agisoft Photoscan Pro yazılım programından elde edilmesi amaçlanan model çalışmasının entegrasyonunu içermektedir ve İstanbul Kara Surları örnekleme üzerinden bir örnek çalışmanın denenmesi, risk altındaki bölgelerde hızlı belgelemeye yönelik ileri teknolojik belgeleme tekniklerinin öneminin vurgulaması ve bundan sonraki yapılacak belgeleme çalışmaları için destekleyici ve örnek bir çalışma olması açısından önemlidir.

2. TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde fotogrametri, uzaktan algılama ve CBS ile arkeoloji disiplini arasındaki ilişki araştırılmış ve konuyla alakalı detaylı bir literatür taraması yapılmıştır. Üç ana başlık altında incelenen literatür, konuyla alakalı tez ve araştırma makalelerini içermektedir. Araştırma verileri çalışmaya önemli bir alt yapı oluşturmuş ve çalışmayı desteklemiştir.

2.1. Arkeolojide Fotogrametri Tekniklerinden Yararlanılması

Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ile birlikte arkeoloji biliminin disiplinler arası çalışmalara ihtiyaç duyduğu ve bu çalışmalarla desteklendiği bir gerçektir. Yapılan kazı çalışmaları sonucunda elde edilen tüm kültürel miras değerleri doğru şekilde belgelenmeli ve tarihsel süreçte literatüre fayda sağlamalıdır. Makale çalışması kapsamında ele alınan literatür özetinin bu kısmında araştırmalar göstermiştir ki; fotogrametri teknikleri arkeolojik belgeleme çalışmalarında sıklıkla kullanılmıştır ve kullanılmaya fayda sağlamaya devam etmektedir. Sıklıkla üç boyutlu modelleme çalışmalarında kullanılmış olan fotogrametri tekniklerinin tarihçesi 1492 yılında Leonardo Da Vinci'nin optik izdüşüm ilkeleri alanında yaptığı çalışmalar ile başlamıştır. Kültürel mirasın korunması ve belgelenmesi çalışmalarında fotogrametri uygulamalarının gelişen teknolojiyle birlikte daha hızlı ve güvenilir olması, belgeleme çalışmalarına kolaylık sağlaması ve bu sayede tarihin sürdürülebilir olmasına katkısı konusunda mevcut çalışmalar bulunmaktadır (Almagro, 1999; Kadobayashi, Kochi, Otani, Furukawa 2004; Kork, Şeker, Diler 2006; Duran ve Toz, 2010; Karasaka, 2012; McCarthy, 2014; Hanan, Suwardhi, Nurhasanah, Santa Bukit 2015; Hepyörük, 2015; Beg, 2018; Jo ve Hong, 2019).

Arkeolojik eserlerin dokümantasyonu için kullanılan fotogrametrik yöntemler tarihimize ışık tutmaktadır ve olası tehditlerin belgelenmesi kapsamında dijital ortamda güvenilir veriler sağlamaktadır. Kork, Şeker ve Diler (2006) tarafından yapılan "Arkeolojik Araştırmalarda, Kültürel Mirasın Belgelenmesi ve İzlenmesi Sürecinde Fotogrametrinin Uygulama Alanları" isimli çalışma, içerdiği uygulama örnekleriyle fotogrametrik yöntemlerin son yıllarda kültürel miraslar üzerinde kullanımının arttığını vurgulayan bir çalışma örneğidir. Çalışmada arkeolojik miras kayıtlarının ve dokümantasyonunun pratik gereksinimlerini karşılamak için, arkeolojik kazı alanlarında teknolojik yeniliklerden yararlanması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca kültür varlıklarının belgelenmesinin önemi belirtilmiş ve belgeleme yöntemleri detaylı olarak işlenmiştir. Yakın mesafe, uzaktan algılama, hava, sualtı gibi farklı uygulama alanlarında kullanılan fotogrametrinin arkeolojideki yeri ele alınmıştır. Çalışmada en küçük ölçekli nesneden geniş topografik alanlara kadar son derece geniş kullanıma sahip fotogrametrik yöntemler, örneklerle sunulmuş ve fotogrametrik yöntemlerin arkeoloji için yardımcı bir disiplin olduğu sonucuna varılmıştır.

Uslu (2016), "Kültürel Mirasın Üç Boyutlu Modellenmesi ve Web Ortamında Sunulması" isimli çalışmada Aizanoi Antik Kenti ve Kütahya Arkeoloji Müzesi'nin sanal müze modelini oluşturmuştur. PhotoModeler yazılımı kullanılarak arkeolojik eserlerin 3B modelleri çıkartılmıştır. Çalışmada 3B modeller sayesinde günümüzde müzelerde bulunan tüm eserlerin yakından incelenmesi veya ören yerlerinin detaylı modellerinin çıkartılması konusundaki avantajlar örneklerle vurgulanmıştır. Çalışmanın amacı, toplumun bilinçlenmesini sağlamak için fotogrametrik yöntemlerin müze ve ören yerlerinin 3B modellerinin oluşturulmasında kullanımının önemini vurgulamaktır.

Ulvi ve Yiğit (2019) tarafından çalışılan “Kültürel Mirasın Dijital Dokümantasyonu: Taşkent Sultan Çeşmesinin Fotogrametrik Teknikler Kullanarak 3B Modelinin Yapılması” isimli çalışmada, geleneksel yöntemlere göre fotogrametrik yöntemlerin kullanılmasının ölçüm zorluklarına kolaylık sağladığından bahsedilmiştir. Fotogrametrik teknikler sayesinde yapı üzerinde bulunan tüm detay noktalarının birlikte görüntülenmesindeki kolaylık vurgulanmıştır ve kültürel mirasın nesiller boyu aktarımında fotogrametrik yöntemlerin kullanılması gerekliliği sonucuna varılmıştır.

Fotogrametrik belgeleme teknikleri, yersel, havadan ve LİDAR (Light Detection and Ranging) destekli teknolojiyle birlikte arkeolojik belgeleme ve onarım çalışmalarında oldukça sık kullanılmaktadır. Bu bağlamda literatürde örnek çalışmalar mevcuttur. Beg (2018), çalışmasında belgeleme çalışmalarında yersel lazer tarayıcılar ile insansız hava araçları kullanımlarının entegre şekilde kullanılması konusuna vurgu yaparak kullanılan bu yöntemlerin geleneksel ölçme yöntemlerine göre daha sağlıklı ve hızlı sonuçlar ürettiğinden bahsetmiştir. Örnek alan olarak ise Antik Kilistra Kent bölgesindeki Haç Kilisesi ve Seramik Atölyesi’ni insansız hava aracı ve yersel lazer tarama yöntemlerini entegre şekilde kullanarak modellemiştir. Çalışmanın sonuç amacı topografik olarak ulaşılması zor ve engebeli yerlerin modellenmesi aşamasında belgeleme yöntemlerinin entegre şekilde kullanılmasının gerekliliğidir.

Vilbig, Sagan ve Bodine (2020), “Archaeological surveying with airborne LiDAR and UAV photogrammetry: A comparative analysis at Cahokia Mounds” adlı araştırmasında, Cahokia’da halka açık bir alanda LİDAR verileri ile insansız hava aracı (İHA) görüntülerinden elde edilen dijital veri modellerini karşılaştırmıştır. LİDAR tekniğinin hala maliyetli olduğu ve tekniğin birçok arkeoloğun ulaşamayacağı teknik beceriler ve kaynaklar gerektirdiğini vurgulamıştır. Fotogrametri tekniğinin ise, sınırlı alanlarda LİDAR’a uygun alternatif bir yöntem olduğunun ve daha düşük maliyetlerle veri ürünlerine anında erişim sağladığının önemi vurgulanarak İHA ile fotogrametri entegrasyonunu içeren örnek bir çalışma olmuştur.

Alshawabkeh vd., (2020) tarafından yapılan “Heritage documentation using laser scanner and photogrammetry. The case study of Qasr Al-Abidit, Jordan” isimli çalışma, 3B modelleme için fotogrametri ve lazer taramayı birleştiren hibrit bir yaklaşımı açıklamaktadır. Çalışmada örneklem olarak Qasr Al-Abidit sarayı (Ürdün'deki nadir bir Helenistik mimari örneği) kullanılmıştır. Veri toplama sırasında kenarlar ve doğrusal yüzey özellikleri, fotogrametri tekniğine dayanırken, yüzey geometrisine ilişkin bilgiler ise lazer verilerinden sağlanmıştır. Bu çalışma, miras alanları için 3B modelleme verileri elde etmek için geometrik doğruluğu ve görsel kaliteyi optimize eden fotogrametri tabanlı ölçümler ile lazer tarayıcı tekniklerini entegre etme gerekliliğinin altını çizmektedir. Fotogrametri, kenarlar ve doğrusal yüzey özellikleri hakkında bilgi edinmek için bir adım olarak kullanılırken, lazer tarayıcı verilerinden model ölçeği ve geometrik koordinat sağlanmıştır. Bu çalışmada sunulan hibrit yaklaşım Qasr Al-Abidit sarayının dokümantasyonu için kullanılmıştır.

İçel’e (2018) göre modern zamanda total station ve GPS (küresel konum belirleme) yöntemi gibi yeni teknoloji ürünleriyle milimetrik hassasiyette ölçümler yapılmaya

başlanmıştır. Fakat bu ölçüm teknikleri yüksek doğrulukta 3 boyutlu ölçüme direkt izin vermemektedir. Bu sebeple 2000'li yılların başında ortaya çıkan yersel lazer tarama metodu geliştirilmiştir. İcel, "Yersel Lazer Tarama Teknolojisi İle Arkeolojik Harita Üretimi: Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri" isimli çalışmasında çok sayıda kültürel eseri bünyesinde bulunduran ülkemizde, arkeolojik çalışmaların korunup belgelenmesi için hızlı davranılması gerektiğini vurgulamıştır. Çeşitli sebeplerle yapıların zarar gördüğü ve görmeye de devam ettiği kanısına ulaşılmış ve bu şartlar altında belirtilen işlemlerin, bünyesinde barındırdığı pek çok avantajından dolayı yersel lazer tarama tekniği ile yapılabilmenin mümkün olduğunu savunmuştur.

Andreu ve Serrano (2019) "Contributions of the digital photogrammetry and 3D modelling of Roman inscriptions to the reading of damaged *tituli*: An example from the Hispania Tarraconensis (Castiliscar, Saragossa)" isimli çalışmada, Castiliscar'dan (Saragossa, İspanya) bir Roma mezar stelinin 3B modellemesini yapmıştır. Agisoft Photoscan uygulaması kullanılarak yapılan belgeleme çalışması mümkün olan maksimum hassasiyet ve çözünürlükle, gelecekteki herhangi bir araştırma, çalışma veya analiz için doğru bir kıyaslama görevi gören bir model oluşturmayı amaçlamıştır. Bu modeller, epigrafik materyalin önem kazanmasına ve daha fazla ortak çalışmaya hizmet etmenin yanı sıra, hasarlı yazıtların okunmasını iyileştirmek içinde olanaklar sağlamıştır. Hasar görmüş yazıtların okunması için uygulanan yeni fotogrametrik belgeleme tekniklerinin kullanımına ilişkin olarak, bu nitelikteki bir anıtın ve metnin ortaya koyduğu epigrafik verilere ek olarak, başka bir yazıtle doğrudan ilişkili olduğu içinde özellikle çekici kılınmıştır. Sonuç olarak fotogrametri teknikleri, epigrafik belgelerden ve özellikle Roma belgelerinden 3B veri elde etme aracı olarak kullanılmıştır.

2.2. Arkeolojide Uzaktan Algılama Tekniklerinden Yararlanılması

Kültürel miraslar incelendiğinde geçmiş ve gelecek anlaşılabilirlerdir. Yeğingil (2000), uzaktan algılamayı, "objelerle fiziksel değinimde bulunmaksızın herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle nesnelere hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı" şeklinde tanımlanmaktadır. Uzaktan algılamanın bileşenlerini hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve hava tarayıcıları oluşturur. Fiziksel temasın olmaması, uzaktan algılama tekniklerinin arkeoloji alanında kullanılmasındaki en önemli faktörlerden biridir.

İderman (2006), "Salamis Antik Kenti ve Çevresinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Tarihsel ve Güncel Arazi Kullanımları Yönünden İncelenmesi" adlı çalışmasında, Salamis Antik Kent bölgesinde yer alan Salamis Mezarlık Alanı, St. Barnabas Manastırı ve Enkomi (Alasia) şehri, uzaktan algılama yöntemleri ile kültürel dokuya zarar vermeden incelemiştir. Bölgenin geçmiş dönemdeki kullanımını ile güncel hali karşılaştırılmıştır. Bölgedeki arazinin verimli kullanılabilmesi amacıyla bölgedeki tarımsal alanların tespiti yapılmıştır. Çalışmanın sonuç amacı, tarımsal alanların uzaktan algılama yöntemleri ile belgelenmesinin, beraberinde ülkeye ekonomik anlamda katkı sağladığı düşüncesidir.

Ozulu (2005), "Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemlerinin Arkeolojiye Uygulanması" adlı çalışmasında Çorum ilindeki arkeolojik alanlar üzerinde

uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri tekniklerini kullanarak incelemeler yapmıştır. İncelemeler sonucunda arkeolojik alan sınırları içerisinde seramik parçaları bulunmuştur. Alacahöyük arkeolojik sit alanında gerçekleştirilen belgeleme çalışmaları entegre şekilde uygulanmıştır. Uydu fotoğraflarıyla alan hakkında yüzeysel bilgiler elde edilirken, hava fotoğrafları ile modelleme desteklenmiş ve yüzey ayrıntıları tespit edilmiştir. Elde edilen modeller sayesinde zamanla yüzeylerde meydana gelen değişimler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, dokunulmamış bölgelerin entegre yöntemler kullanılarak tespitinin sağlanmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Uzaktan algılama sistemlerinde kullanılan İHA'lar, hızlı ve ekonomik olması nedeniyle hava fotogrametrisi çalışmalarına destek olarak sektöre girmiş, böylelikle de akademik birçok araştırmaya fayda sağlamıştır. Uslu Koçyiğit (2020), "Arkeolojik Alanlarda İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İçin Veri Tabanı Oluşturma: Anemurium Antik Kent Örneği " adlı çalışmasında Anemurium Antik Kent alanında İHA kullanarak sayısal yükseklik modeli, ortofoto, ve 3B model üretmiştir. Çalışma sonucunda, İHA'ların hassas koordinat bilgisinden dolayı taş yapıların modellerinin çıkarılmasında kullanılabilir araçlar olduğu ve maddesel kültür varlıklarının belgelenmesi konusunda gerekli altlık verilerin üretilmesi için uygun yöntem oldukları sonucuna ulaşılmıştır. İHA ile yapılan envanter ve veri tabanı tasarımı çalışmasında, 60 m yükseklikten uçuş yapılarak X, Y, Z konum hassasiyetlerinin değer olarak 10 cm altında ortomozaik görüntü elde edilmiş ve birçok çalışma için dijital altlık oluşturulmuştur. Gelecekte tüm arkeolojik alanlar üzerinde benzer haritalama çalışmaları yapılmasının faydalı olacağı belirtilmiştir.

Erbay (2018) tarafından yapılan "Uzaktan Algılama Teknolojilerinin Arkeoloji Alanında Kullanımı ve Müze Bilim Alanına Yaptığı Katkılar" isimli çalışma, Erythrai, Keykenes, Sagalassos gibi antik sit alanları örneği üzerinden uzaktan algılama sistemlerinin arkeolojik alanların tespitinde kullanılabileceğini kanıtlamayı hedeflemiştir. Yüzey araştırması sonucunda, ileri teknolojik belgeleme yöntemlerinin arkeoloji disiplini için önem arz ettiğinin altı çizilerek müzecilik faaliyetlerinde kullanılması gerekliliği vurgulanmıştır.

Arkeoloji bilimi içerisinde, zamanla yeryüzünde oluşan tüm değişimler hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri ile incelenebilmektedir. Ozulu ve Altan'ın (2007) "Hava Fotoğrafları Kullanılarak Arkeolojik Alanların Değişim Analizi: Hattuşa Örneği" isimli çalışmasında Hattuşa 'da uzaktan algılama ile farklı tarihlerde çekilmiş görüntüler ile bölgedeki fiziksel değişim süreci incelenmiştir. Uzaktan algılama yöntemleriyle çekilmiş hava fotoğrafları sayısal ortamda incelenerek fiziksel değişimler yorumlanmıştır.

2.3. Arkeolojide Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanılması

CBS, disiplinler arası kullanımı oldukça yaygınlaşan uzaysal bir veri tabanıdır. Bu veri tabanı sayesinde dokümantasyon işlemlerinin arkeoloji alanında kullanıldığına dair yapılan literatür incelemesinde birçok akademik çalışmanın olduğu gözlemlenmiştir (Öztürk, 2010; Güleç vd., 2015; Kardeş, 2010; Pişkin, 2011; Atalay, 2016; Levent, 2009; Kısaaga ve Durduran, 2016; Uysal, 2008; Gerrits, 2018).

CBS, geniş bir veri tabanına sahiptir ve toplanan her türlü verinin zamanla değişen teknolojilere uyarlanabilirliği açısından oldukça önemli bir dokümantasyon yöntemidir. Geçmiş dönemlerde antik şehirlerde yaşamış toplumların tarihlerine ışık tutmak amacıyla gerçekleştirilen kazı çalışmaları, coğrafi bilgi sistemleri ile desteklenerek geçmiş dönem yaşam biçimlerini, yerleşim ilkelerini ve birçok sosyolojik kaynağın sebep-sonuç ilişkisini de araştırmaktadır. Karakulak (2016), "Antik Kentlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Yerleşim İlkelerinin Araştırılması: Pergamum Ve Ephesus" isimli çalışmasında CBS gibi üç boyutlu modelleme tekniklerinin antik kentlerin yerleşim ve planlama ilkelerinin araştırılmasına katkısını irdelemiş ve örnek olarak Pergamum ve Ephesus antik kentlerini çalışmıştır. Sonuç olarak, Pergamum ve Ephesus antik kent yapıları üzerinde uygulanan analiz çalışmalarından hareketle, antik dönem kentlerinin dokusu ve mekânsal fonksiyonlarıyla ilgili çıkarımlar da bulunulmuştur.

Kırçın (2019), "Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinden Yararlanarak Tarihi Kaya Mekânlarında Peyzaj Envanteri Oluşturulması: Afyonkarahisar Kusura Köyü Kaya Mekânları" isimli çalışmasında, çalışma alanı olarak Afyonkarahisar ili Kusura köyü kaya mekânlarındaki 7 adet kaya mekânı ve çevresinin mekânsal envanterinin CBS desteği ile çıkarılmasını amaçlamıştır. Bu amaçla, önceki araştırmalar ışığında, saha ziyaretlerinde bulunmuş ve farklı kaynak ve formatlarda mekâna ait verileri temin etmiştir. Elde edilen envanter ile bu mekânda ileriye yönelik oluşturulacak tüm arkeolojik araştırma, kazı, sondaj, restorasyon, peyzaj planlama, yönetim ve tasarım çalışmalarına mekânsal veritabanı oluşturulması ve multidisipliner çalışma paydaşlarına katkı sağlanması beklenmiştir.

İnsanlığın ortak değeri olan kültürel miras, tarih boyunca çeşitli sebeplerle sürekli olarak tahriplere uğramıştır. Savaşlar, afetler, insan tahribatları günümüzde de devam etmektedir. Kültürel mirasa yönelik bu saldırıların asıl amacı tarihi yok etmektir. Bu tür risk altında olan bölgelerdeki her türlü tarihi ve arkeolojik yapının korunarak gelecek nesillere sağlam şekilde aktarılması konusu son derece önemlidir. Bu noktada gerçekleştirilecek düzenli dokümantasyon işlemleri, kültürel mirasın korunması konusunda büyük önem taşımaktadır. Risk altında olan bölgelerde belgeleme çalışmaları yapılırken en hassas yöntemler kullanılmalıdır. Makale çalışması kapsamında ele alınan literatür araştırmasında görüldüğü üzere, ileri teknolojik yöntemlerin kullanımı son yıllarda artmaktadır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak gerçekleştirilen belgeleme çalışmalarında asıl amaç hassas veri oluştururken aynı şekilde yapı ve çevresine de zarar verilmemesidir. Özellikle riskli bölgelerde gerçekleştirilecek belgeleme çalışmalarında kültürel mirasa temasın en aza indirgenmesi konusunun altı çizilmelidir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, uzaktan algılama ve yersel fotogrametri entegrasyonu ile İstanbul Kara Surları örneklem alanında uygulanacak 3B modelleme çalışmasında kullanılacak materyal ve bu materyalin kullanılmasında uygulanan yöntem açıklanmıştır.

3.1. Materyal

Makale çalışmasının materyali, uygulama alanı olarak seçilen ve riskli bölge tanımlamasına uygun, İstanbul Kara Surları örnekleme hakkında her türlü yazılı ve görsel verilerdir. Makale konusu ile ilgili örneklem alanda uygulanacak 3B modelleme çalışmasında kullanılan veriler, kullanılan teknik donanım ve yazılımlar çalışmanın materyallerini oluşturur. Materyallerden ilki makalenin “kaynakça” kısmında belirtilmiş olan yazılı kaynaklardı. Yazılı kaynaklar, taranan literatürdür. Konuyla alakalı daha önceki araştırmaların incelenmesi, literatür taraması ile gerçekleştirilmiş ve tarama sayesinde konu ile ilgili fikir sahibi olunmuştur.

Bu çalışmada, İstanbul Kara Surları'nın ön sur yapısındaki 1. burç (T1) ile 2. burç (T2) arası modellenirken, arazi çalışması sırasında yerden çekilmiş fotoğraflar, uzaktan algılama yöntemi ile çekilmiş hava fotoğraflarıyla entegre edilmek istenmiştir. Kullanılacak hava fotoğrafları İhlas Haber Ajansı'nın 6 Şubat 2017 tarihli “İstanbul'un Can Çekişen Surları Havadan Görüntüldü” başlıklı haberinin orijinal görüntülerinden elde edilmiştir. İhlas Haber Ajansı tarafından sağlanan drone ile çekilmiş video, hava fotoğrafı haline getirilmiştir. Sur ve duvar yüzeylerindeki ulaşılamayan noktalar modelleme aşamasında hava fotoğrafları kullanılarak tamamlanmak istenmiştir. Çalışma alanına ait yersel fotogrametri verileri 1. burç ve 2. burç için toplamda 100 adet fotoğraftan oluşmaktadır. Arazi çalışmasında çekilen fotoğraflar, modelleme çalışmasının ana verilerini oluşturmaktadır.

Surların cephe ve duvarlarının yersel fotogrametri çalışmasında Nikon D3300 marka fotoğraf makinesi ve tripod kullanılmıştır. Çalışma yersel fotogrametri ve uzaktan algılama yöntemlerinin entegrasyonunu içerdiğinden İhlas Haber Ajansı tarafından sağlanan drone görüntülerini hava fotoğrafı formatına dönüştürmek için Adobe Premiere Pro 2021 yazılımı kullanılmıştır. Elde edilen hava fotoğrafları ile yersel fotogrametri verilerini 3 boyutlu modelleme aşamasında ise Agisoft Photoscan Pro yazılımı kullanılmıştır. Örneklem alanda arazi çalışması yapılmış ve yüzey alanlar üzerinde, 5 m x 19 mm ölçülerinde bir çelik şerit metre kullanılarak ölçüm yapılmıştır.

3.2. Çalışma Alanı

Çalışmanın ana konusu olan risk altında olan bölgelerdeki belgeleme çalışmalarında uzaktan algılama ile fotogrametri yöntemlerinin entegrasyonu kapsamında, örneklem alanı Dünya Miras Alanı olan İstanbul Kara Surları bölgesi olarak belirlenmiştir. İstanbul Kara Surları Koruma Alanı, Tarihi Yarımada'nın batı sınırında, kuzey - güney doğrultusunda Haliç'ten Marmara Denizi'ne kadar olan bölgeyi kapsamaktadır. Kara Surları bölgesinin toplam uzunluğu yaklaşık 7 kilometredir. Bu sebeple çalışma kapsamında tüm bölge değerlendirilmeye alınmamıştır. Nisan 2021 tarihli arazi çalışmasında, İstanbul Kara Surları'nın Marmara yönü başlangıç noktası olan Mermer Kule'nin kuzeybatı yönü itibarıyla başlayan sur ön

duvarındaki toplam 96 adet burçtan 1. burç (T1) ve 2. burç (T2) dâhil olmak üzere burçlar arası ön sur duvarı örneklem alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. İstanbul Kara Surları T1 (sol) ve T2 (sağ) burçları

Örneklem alanı, İstanbul'un Tarihi Yarımada'sını dış tehditlerden korumak için inşa edilmiş bir sur sistemidir. Bizans Dönemi'nin en başarılı mimarlık örneklerindedir. Askeri savunma hattı olarak kullanılan sur duvarları yaklaşık 7 kilometre uzunluğundadır ve II. Theodosius ile Manuel Komnenos surlarını kapsamaktadır. Sur duvar yapısı üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar ; hendek, ön sur ve ana sur savunma sistemleridir. (Ahunbay, 2007).

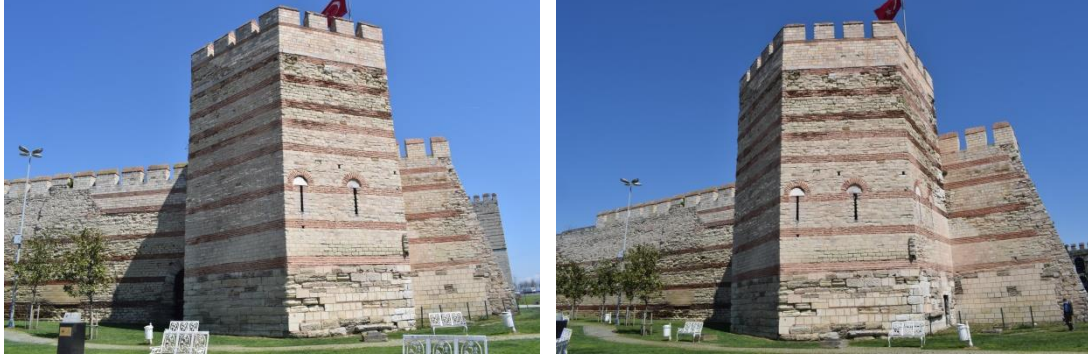
3.3. Yöntem

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın yöntemi açıklanmaktadır. Makale çalışması yöntem olarak iki aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın temel yöntemi, risk altındaki bölgelerde dokümantasyon ve belgeleme çalışmaları yapılırken ileri teknolojik belgeleme yöntemlerinin kullanılması olup, esas olarak yersel fotogrametri ve uzaktan algılama entegrasyon uygulamasıdır. Uygulamada çeşitli yazılımlar kullanılarak 3B modellerin üretilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmalar ilk aşama arazi ve ikinci aşama ofis çalışması olarak iki işlem basamağında gerçekleştirilmiştir. İstanbul Kara Surları örneklem alanında uygulanacak 3B modelleme çalışması, çalışma alanı hakkında elde edilebilen veriler doğrultusunda belirlenmiştir.

3.3.1. Arazi Çalışması

İstanbul Kara Surlar'ı T1 ve T2 burçları arasının üç boyutlu modellenmesi için arazi çalışmasında; çalışma sahasındaki tüm detaylar ve özellikler incelenerek fotoğraf çekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Nikon D3300 marka fotoğraf makinesi kullanılarak yersel fotogrametri çalışması gerçekleştirilmiştir. İlk olarak surlar, yerden enine ve boyuna olacak şekilde yüksek oranda bindirme tekniğiyle çekilmiştir. Fotoğraf çekimi sırasında açılara dikkat edilmiştir ve çekim renkli yapılmıştır. Alanda düzlemsel olarak kesitlerin

fazla olmasından kaynaklı, yakın ve uzak çekim yapılmıştır ve farklı açılardan bindirmeli olarak çekim yapılmasına özen gösterilmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3).

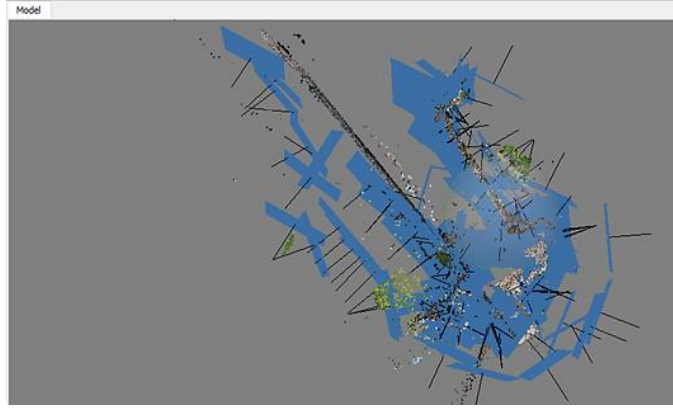


Şekil 2. T1 burcu farklı açılardan çekilmiş fotoğraflar



Şekil 3. T2 burcu farklı açılardan çekilmiş fotoğraflar

Nisan 2021 tarihli arazi çalışmasında yapının etrafı, belirlenmiş noktalar üzerinden taranarak çekilmiştir ve her fotoğraf çekimi sırasında yer değiştirilmiştir. Yakın ve uzak çekim sırasında yapıya olan mesafenin her noktada eşit şekilde olmasına dikkat edilmiştir (Şekil 4). Yersel fotoğrafların çekiminde çözünürlüğü 24,2 MP olan Nikon D3300 dijital fotoğraf makinası kullanılmıştır (Şekil 5). Çekilen fotoğraflar mümkün olduğunca geniş açıyla, bir defada en fazla alanı kapsayacak şekilde çekilmişlerdir.



Şekil 4. Agisoft Photoscan Pro yazılımı üzerinde fotoğraf çekim noktaları gösterimi



Şekil 5. Nikon D3300 dijital fotoğraf makinası (Anonim-1,2021)

Fotoğraf çekimi sırasında güneşin yüzeyi tam olarak aydınlattığı vakit beklenmiş olmasına rağmen, çekim esnasında ışık-gölge oluşturmuş bazı fotoğraflar modelleme aşamasında elenmiştir. Eleme yapılan fotoğraflar, modelleme aşamasında eksiklik yaratmayacak ve açılabilir boşluk oluşturmayacak fotoğraflardır (Şekil 6). Surların alan boyutunun fazla olmasından dolayı daha sağlıklı sonuçlar alabilmek adına, sur boyut ve genişlik ölçüleri çelik şerit metre yardımıyla ölçülmüştür.



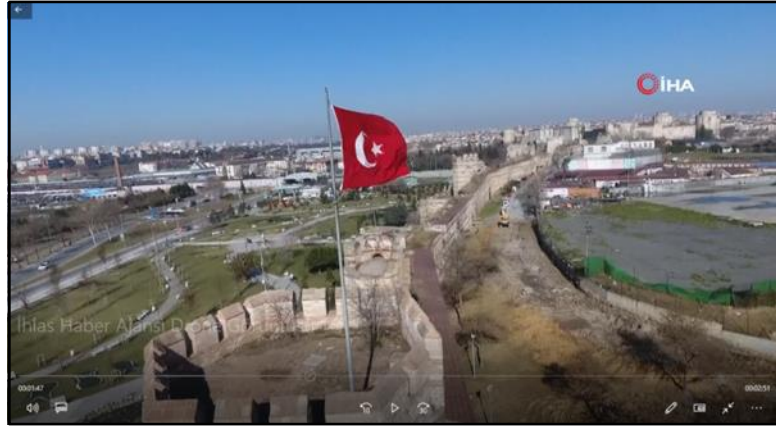
Şekil 6. Eleme yapılan fotoğraf örnekleri

3.3.2. Ofis Çalışması

Çalışmasının ilk aşaması genel olarak arkeolojide fotogrametri, uzaktan algılama ve CBS sistemlerinden yararlanılması konularının araştırılması sürecini kapsamaktadır. Bu aşamada izlenen yöntem, konuyla ilgili temel kavramlarda araştırılan çalışmaların taranması ve konuyla ilgili bilgi ve belge aktarımının sağlanmasıdır. Literatür taraması aşamasında Ulusal Tez Merkezi (Anonim-2, 2021), Google Scholar (Anonim-3, 2021), ScienceDirect (Anonim-4, 2021), Researchgate (Anonim-5, 2021) ve DergiPark (Anonim-6,2021) yayın tarama platformları kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, öncelikli olarak risk altındaki arkeolojik alanların belgelenmesi süreçlerinde kullanılan ileri teknolojilerin imkân ve avantajlarını vurgulamakla birlikte, bu belgeleme tekniklerinin entegre edilmesi gerekliliğinin de altını çizmektir. Bu amaç doğrultusunda risk altındaki arkeolojik bölgelerin zaman içindeki değişim ve tahribat süreçlerinin düzenli olarak dokümantasyon işlemlerine tabi tutulması çalışmanın uygulanma amacıdır. Devamında çalışmanın amacı, önemi, kapsamı ve sınırlılıkları belirlendikten sonra çalışmada kullanılacak teorik bilgiler araştırılmış ve “temel kavramlar” kısmında açıklanmıştır.

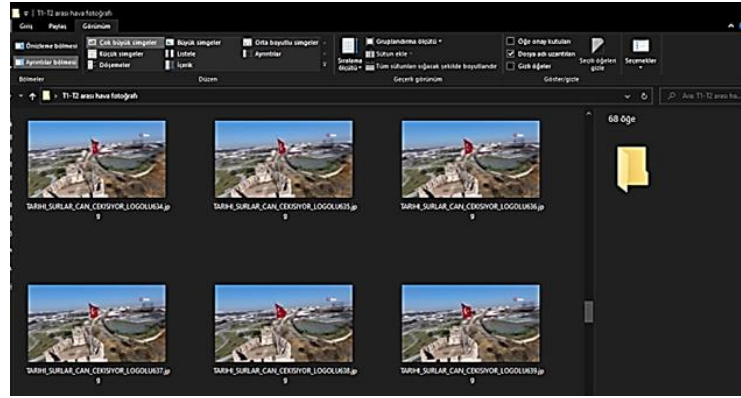
Makale çalışması kapsamında araştırma alanı olarak İstanbul Kara Surları seçilmiştir. Örneklem alan olarak seçilen İstanbul Kara Surları'nın nitelikleri “Çalışma Alanı” kısmında yer almaktadır. İstanbul Kara Surları'nın örneklem alan olarak seçilmesinin nedeni, makale çalışması kapsamında ele alınacak olan “risk altındaki arkeolojik alanlar” tanımına uymasındadır. Çalışmanın amacının ve çalışma alanının belirlenmesinin ardından 3B modelleme aşamasında kullanılacak gerekli donanım ve yazılım verileri, akademisyenlerin görüşlerine dayanarak ve temel kavramlar bölümünde elde edilen araştırma bulgularına uygun olarak belirlenmiştir.

İstanbul Kara Surları üzerinde uygulanacak modelleme çalışması bazı sınırlılıklar içermektedir. Söz konusu sınırlılıklardan biri, uzaktan algılama yöntemi ile elde edilen hava fotoğraflarının yetersizliğidir. Bu bağlamda, geniş çaplı bir veri araştırması sürecine girilmiş ve en uygun hava fotoğrafları elde edilmeye çalışılmıştır. Modelleme aşamasına geçilmeden önceki bu süreçte, yersel fotogrametri ve uzaktan algılama entegrasyonu konusunda sağlıklı verilerin elde edilmesi, çalışmanın kritik noktası olmuştur. Öyle ki, uygulamaya geçilmeden önce 3B modellemede kullanılacak verilerin sağlanmış olması gerekmektedir. Bu sebeple, konuyla alakalı araştırmalar sonucunda İhlas Haber Ajansı ile iletişime geçilmiş ve 6 Şubat 2017 tarihli “İstanbul'un Can Çekişen Surları Havadan Görüntülendi” (Anonim-7, 2021) başlıklı haberin orijinal drone görüntüleri tarafıma ulaştırılmıştır. Elde edilen İHA ile çekilmiş drone görüntüsü İstanbul Kara Surları'nın tümünü kapsamaktadır. Bu nedenle video, örneklem alanı olan T1 ve T2 burçları arasını çektiği dakikaya göre kırılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Haberin T1 ve T2 burçlarını gösterdiği 01:47. dakikası

Ofis çalışmasının devamında, drone görüntüleri JPEG formatına dönüştürülmüştür. Fotoğraf haline dönüştürme aşamasında fotoğrafların kalite ve renk ayarlarının net çıkması için Adobe Premiere Pro 2021 yazılımı kullanılmıştır. Modellenecek olan T1 ve T2 burçları için toplam 68 adet hava fotoğrafı elde edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. T1 ve T2 burçları için dönüştürülmüş hava fotoğrafları dosyası

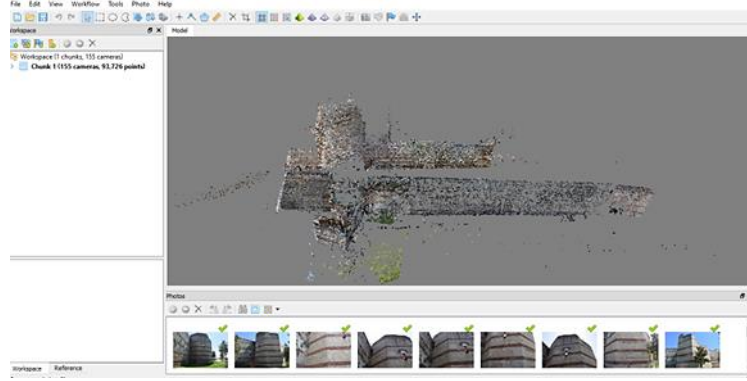
Çalışma kapsamında uygulanacak modelleme çalışması için incelenen kavramsal temelerde, arkeolojik alanlardaki ileri belgeleme yöntemlerinin birlikte kullanımına sıkça rastlanmıştır. Fakat incelenen fotogrametri ve uzaktan algılama yöntemlerinin entegrasyonu konusundaki belgeleme çalışmalarında, eski tarihlerde çekilmiş hava fotoğraflarının kullanılması yerine, arazi çalışması yapıldığı ve gerekli ekipman ve yazılımlarla hava fotoğraflarının güncel tarihlerde İHA'lar ile sağlandığı görülmüştür. Söz konusu örnek uygulamalar makalenin "Temel Kavramlar" kısmında detaylı olarak açıklanmıştır. Bu sebeple, risk altında olan arkeolojik alanlardaki belgeleme yöntemlerinin entegrasyonu konusunu destekleyecek olan bu çalışmada, 3B modelleme için kullanılacak hava fotoğraflarının güncel tarihte çekilmiş olmaması ve 2017 yılı İHA drone görüntülerinden elde edilmesi literatürde yer alan uygulama örneklerinin yanı

sıra çalışma alanının nitelikleri ve çalışmanın uygulama stratejisi bakımından farklılık göstermektedir. Günümüzde akademik ve bilimsel araştırmalar birbirlerine destek veren bir sürecin içinde olduğundan bu proje çalışmasının bundan sonraki belgeleme çalışmalarında kullanılacak yazılım ve uygulamalar için yararlı olması ve kullanılan yöntem ve materyallerin 3B modelleme aşamasında uygulanabilirliği konusunda kılavuz oluşturması beklenmektedir.

Uzaktan algılama yöntemlerinin avantajları arasında olan en önemli unsurlardan biri de, arazi çalışması yapılırken ulaşılması güç olan duvar yüzeylerine hava fotoğrafları sayesinde ulaşabilmektir. Bu avantaj, bu çalışma için modelleme aşamasında uzaktan algılama yöntem araç ve gereç sınırlılığı söz konusu olduğundan başka kaynaktan sağlanabilmiştir. İstanbul Kara Surları örnekleminde 3B modelleme için kullanılacak asıl fotoğraflar yersel fotogrametri çalışması sürecinde sağlanmıştır ve çalışmanın “Arazi Çalışması” kısmında süreç detaylı olarak anlatılmıştır.

Arazi çalışmasından elde ettiğimiz fotoğraflar ve haber ajansından sağlanan drone görüntüleri özenle seçilerek Agisoft yazılımına aktarılması için bilgisayara kaydedilmiştir. Agisoft PhotoScan Pro yazılımı, yöntem olarak Hareket ile Nesne Oluşturma / Structure From Motion (SFM) yöntemini kullanmaktadır. SFM, özellikle son yıllarda kullanımı artan, yüksek çözünürlüklü veri kümeleri üzerinde çalışmaya olanak sağlayan ve dijital görüntülerden topografik bilgi elde etmeye yarayan düşük maliyetli bir fotogrametri tekniğidir (Morgan ve Brogan, 2016). Bu teknoloji 1979 yılından itibaren çeşitli biçimlerde var olmuştur (Ullman, 1979). SFM tekniği, üç boyutlu bir alanda farklı açılardan çekilmiş çok sayıda görüntüyü kullanarak, nesneyi sayısal ortamda üç boyutlu hale getirebilen bir yöntemdir (Ulvi ve Yiğit, 2019). Agisoft Photoscan Pro. yüksek çözünürlüklü ortofoto ile son derece detaylı DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) oluşturmasına olanak sağlayan bir yazılımdır. Yazılım JPEG, TIFF, PNG gibi giriş formatlarını destekler. Bu çalışmada ise JPEG formatı üzerinden çalışılmıştır. Yazılımda kamera kalibrasyon verileri program tarafından hesaplanır. Uygulama esnasında uygulanacak adımlar şu şekilde sıralanmıştır;

İlk olarak Agisoft Photoscan programını çalıştırdıktan sonra “Workflow” sekmesi altındaki “Add Photos” yazan sekmeye tıklanır ve kullanacağımız fotoğraflar dosya konumundan seçilir ve programa eklenir. Toplamda 68 adet hava fotoğrafı ve 155 adet yersel fotoğraf eklenmiştir. Uygulamanın devamında programın eklenen fotoğrafları algılaması için hizalama işlemi (Align Photos) yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda Workflow menüsü altındaki “Align Photos” seçeneği seçilmiştir. Hizalama işleminde program, fotoğrafların modellenecek olan surlara uzaklıklarını ve çekim konum noktalarının hesaplanmasına yardımcı olacak olan bağ noktaları kümesini (Tie Points) oluşturur. Fotoğrafların eşleştirilme işlemi 16 saat 49 dakika sürmüştür. Bu eşleme işlemi sonucunda 93,726 adet nokta bulutu üretilmiştir (Şekil 9). Fakat hava fotoğraflarının hizalama işlemi sırasında program tarafından hizalamaya alınmadığı ve nokta bulutu oluşturmadığı görülmüştür. Bu sebeple Agisoft Photoscan Pro’da modellemenin diğer aşamalarına geçilememiştir.



Şekil 9. Aligned Photos işlemi sonucunda elde edilen nokta bulutu görüntüsü

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Kültürel mirasın belgelenmesi konusunda ilerleyen teknoloji ile birlikte günümüzde oldukça başarılı dokümantasyon çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu noktada geçmişten günümüze kadar tarihe ışık tutacak her türlü tarihi ve kültürel değerlere sahip miras öğelerinin korunması konusundaki ihtiyacın öneminin vurgulanması gerekmektedir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak geleneksel belgeleme çalışmaları yerini fotogrametrik yaklaşımlara ve lazer tarama yöntemlerine bırakmıştır. Ülkemizin sahip olduğu kültürel miras göz önünde bulundurulursa eserlerin belgelenmesi konusunda bu yöntemlerin sağladığı zaman ve maliyet konusundaki her türlü avantaj belgeleme çalışmalarının gelişmesine de olanak sağlamaktadır.

Makale çalışması kapsamında İstanbul ilinde bulunan Kara Surları'nın (Theodosius Surları) 3 boyutlu modeli, yersel fotogrametri ve uzaktan algılama sistemlerinden biri olan İHA'nın entegre şekilde uygulanmasıyla elde edilmeye çalışılmıştır. Risk altında olan kültürel miras öğelerinin belgeleme çalışmalarında ileri teknoloji yöntemlerinin kullanılması ve bu yöntemlerin entegre şekilde uygulanması dokümantasyon oluşturma süreçlerinde önemli gelişmeler göstermiştir. Arkeolojik araştırmalarda kültürel mirasın belgelenmesinin ana amacı, tüm arkeolojik buluntuların buldukları şekilde korunması, gerekli ise restore edilmesi ve gelecek nesillere aktarılmasıdır. Türkiye, günümüze kadar pek çok medeniyete ev sahipliği yapmıştır ve bu kültür mirasları belgelemek son derece önemlidir (Kork, Şeker ve Diler, 2006). Bu anlayıştan yola çıkarak bu çalışmada, arkeolojik araştırmalarda kültürel mirasın izlenmesi ve doğru bir şekilde belgelenmesi sürecinde, özellikle risk altında kalmış ve gelecek nesillere aktarılması konusunda endişe duyulan arkeolojik alanlardaki ileri teknolojik belgeleme tekniklerinin entegrasyonu konusunun altı çizilmiştir.

Agisoft Photoscan Pro yazılımında örneklem alan için uygulanan modelleme aşaması arazi ve ofis çalışması olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmasında yersel fotogrametri tekniği kullanılarak fotoğraflama gerçekleştirilirken surların erişilemeyen noktaları İHA verileri ile entegre edilerek modelleme aşamasında sağlıklı bir model elde edilmeye çalışılmıştır. Uzaktan algılama sistemlerinin yersel çalışmalara büyük katkısı vardır. Bu çalışma için güncel olmayan İHA verileri (drone görüntüleri) kullanılmıştır. Bunun sebebi uzaktan algılamada kullanmak için yeterli materyalin

olmamasıdır. Drone eksikliği sebebiyle İhlas Haber Ajansı'nın 2017 tarihli haber görüntüleri kullanılmıştır. Drone görüntüleri hava fotoğrafı haline dönüştürülmüştür. Kullanılan hava fotoğrafları yersel fotoğraflarla birleştirilerek Agisoft Photoscan Pro yazılımına aktarılmıştır. Fakat Agisoft 3B modelleme yazılımı farklı tarihlerde çekilmiş fotoğrafları program içerisinde birleştirememiştir. Süreç içerisinde fotoğrafların birleşmemelerinin ana sebebi çekim zamanlarındaki farklılık sebebiyle ışık değerlerinin farklı olması ana etmendir. Deneme yanılma yoluyla gerçekleşen bu örnek çalışmanın ileri dönemlerde yapılacak olan ileri belgeleme tekniklerinin entegre halinde olduğu belgeleme çalışmalarına örnek olması beklenmektedir. Bu bağlamda daha önce literatürde rastlanılmayan bir modelleme çeşidi denenmiştir. Yapılan incelemeler ve araştırmalar sonucunda bundan sonraki belgeleme çalışmalarında Agisoft yazılımında İHA verileri ile yersel fotogrametrik verilerin entegrasyonu konusunda yapılacak çalışmalara altlık oluşturması için de bazı yapılması ve yapılmaması gereken önemli noktalara ulaşılmıştır. Tüm bu noktalar çalışmanın "Öneriler" kısmında açıklanmıştır.

İstanbul Kara Surları bölgesinde yapılacak 3B modelleme aşamasında kullanılacak hava fotoğraflarının yetersizliği sınırlılık oluşturmuştur. Ülkedeki COVID-19 küresel salgını sürecinden kaynaklı sokak kısıtlamaları sebebiyle drone ile çekim yapılamamış ve hava fotoğrafları tek bir kaynaktan elde edilmiştir. Bu sebeple drone ile çekilmiş haber görüntülerinde en net çıkmış olan görüntüler kullanılmaya çalışılmıştır. Video görüntülerinin yüksek çözünürlüklü olmaması ve fotoğraf formatına dönüştürme sırasında fotoğraf kalitesinin azalması da modelleme aşamasındaki bir diğer sınırlılıktır. Arazi çalışmasında surlara erişiminin halka açık olmasından kaynaklı ağaçlandırma faaliyetleri, sokak mobilyaları (bank, çöp kutusu), ışık- gölge yansımaları gibi durumlar da modelleme çalışmasında sınırlılık getirmiştir. Son olarak, Agisoft Photoscan Pro yazılımının, yersel fotoğrafları yakın tarihte oluşturulmuş uydu verileriyle (hava fotoğrafları) birleştirmemesi (entegre etmemesi) sebebiyle de 3B modelleme aşaması başarısızlıkla sonuçlanmıştır.

4.1. Tartışma

Yersel fotogrametri kültürel mirasın korunması ve üç boyutlu modellenmesi için çok uzun zamandır kullanılmaktadır. Dış mekanlarda tek başına geniş alanlarda çalışılması zordur. Bu sebeple daha sağlıklı modelleme sonuçları elde etmek için diğer ileri belgeleme teknikleri olan uzaktan algılama sistemleri, CBS ile entegre edilmesi gerekmektedir. Yersel fotogrametrinin tek başına yeterliliği yoktur denemez fakat daha gerçeğe yakın modeller elde edebilmek adına entegrasyonun sağlanması gerekmektedir. Maliyet açısından daha avantajlı bir yöntemdir bu sebeple günümüzde de oldukça sık kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak uzaktan algılama yöntemlerinin yersel fotogrametriye destek vermesi ve yersel fotogrametrinin eksikliklerini gidermesi gerekmektedir.

Bu çalışmada İstanbul Kara Surları yersel fotogrametri ve uzaktan algılama yöntemiyle elde edilmiş İHA verilerinin entegrasyonu aşamasında sorun yaşanmasının sebebi hava fotoğraflarının yersel fotoğraflarla güncel tarihlerde çekilememesidir. Fakat makaledeki belirtilen öneri maddelerinin dikkate alınması halinde, yersel fotogrametrik

çalışmalar ile uzaktan algılama verilerinin entegrasyonu konusundaki 3B modelleme çalışmalarında başarılı olunacağı konusunda hiçbir şüphe yoktur.

Örnekleme alanı olan İstanbul Kara Surları, geçmişte yangın ve deprem gibi afetler nedeniyle zarar görmüştür. Günümüzde ilgisizlik sebebiyle kaderine terk edilmiş durumdadır. Kara surları insanlığın ortak mirasıdır ve sahip olduğu değerlerin korunabilmesi için vakit kaybetmeden harekete geçilmesi gerekmektedir. Düzenli dokümantasyon çalışmalarının yapılması ve risk altında olması sebebiyle de restorasyon ve düzenleme çalışmalarına hız verilmesi gerekmektedir.

4.2. Öneriler

Agisoft yazılımında İHA verileri ile yersel fotogrametrik verilerin entegrasyonu konusunda yapılacak çalışmalara altlık oluşturması için de bazı yapılması ve yapılmaması gereken önemli noktalara ulaşılmıştır. Bu sonuçlar şu şekilde sıralanabilir;

- Arazi çalışması sırasında yersel fotogrametrik verilerin konum doğruluklarının sağlanabilmesi için poligon noktaları oluşturulması ve reflektörsüz totalstation cihazı kullanılması önerilmektedir.
- Fotoğraflar bindirmeli şekilde tüm alanı kapsayacak şekilde çekilmelidir.
- Hava koşulları dikkate alınarak en uygun zaman belirlenmelidir.
- İHA verilerinden sağlanan hava fotoğraflarının yersel çalışmayla entegre edilebilmesi için aynı tarihlerde çekilmiş olması gerekmektedir. Aynı tarihte çekilememiş ise benzer ışık yoğunluğu ve gün içindeki saat aralığı benzer olmasına özen gösterilmelidir.

KAYNAKÇA

Anonim-1 (2021). Son Erişim Tarihi: 29 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<http://www.digitalcamerareview.com/picture/?f=56566>

Anonim-2(2021). Son Erişim Tarihi: 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>

Anonim-3 (2021). Son Erişim Tarihi : 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://scholar.google.com/>

Anonim-4 (2021). Son Erişim Tarihi: 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://www.sciencedirect.com/>

Anonim-5 (2021). Son Erişim Tarihi: 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://www.researchgate.net/>

Anonim-6 (2021). Son Erişim Tarihi: 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://dergipark.org.tr/tr/>

Anonim-7 (2021). Son Erişim Tarihi: 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://www.youtube.com/watch?v=bqAyLu1hSjU>

Ahunbay, Z. (2007). "Kuram ve Uygulama", Uluslararası Karasurlarının Korunması İçin Uygun Yaklaşım ve Yöntemler Sempozyumu: İstanbul, 20-22 Ocak 2007, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yayınları, s. 68.

- Alatepeli, S. (2009). *Antik kaynaklar ve kalıntılar ışığında coğrafi bilgi sistemine dayalı Smyrna kenti arkeolojik haritasının hazırlanması* (Doctoral dissertation, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü).
- Almagro, A. (1999). Photogrammetry for everybody.
- Alshawabkeh, Y., El-Khalili, M., Almasri, E., Bala'awi, F., & Al-Massarweh, A. (2020). Heritage documentation using laser scanner and photogrammetry. The case study of Qasr Al- Abidit, Jordan. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 16, e00133.
- Andreu, J., & Serrano, P. (2019). Contributions of the digital photogrammetry and 3D modelling of Roman inscriptions to the reading of damaged tituli: an example from the Hispania Tarraconensis (Castiliscar, Saragossa). *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 12, e00091.
- Atalay, B., (2016). CBS Ortamında Kentsel Sit Alanlarındaki Arkeolojik Değerlerin Algılanabilirliği; Side Antik Kenti Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Beg, A. A. (2018). 3 Boyutlu Modellemede Yersel Lazer Tarama ve İnsansız Hava Araçları Verilerinin Entegrasyonu ve Kilistra Antik Kenti Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bozdağ, İ., & Selvi, H. Z. (2018). *Arkeolojide CBS analizlerinin uygulanması: Eflatunpınar ve Fasillar örneği* (Master's thesis, Necmettin Erbakan Üniversitesi).
- Duran, Z., & Toz, G. (2010). Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Olarak Belgelemede ve Coğrafi Bilgi Sistemine Aktarılması. *İTÜ Dergisi*, 2(6).
- Erbay, M. (2018). Uzaktan algılama teknolojilerinin arkeoloji alanında kullanımı ve müze bilim alanına yaptığı katkılar.
- Gerrits, P. J. (2018). *Application of Gis and Multiproxy Analysis in Neolithic Anatolia: An Intra-settlement Spatial Anaysis at Barcın Höyük* (Doctoral dissertation, Koç University).
- Güleç, Ö., Tokat, S., Akyol, E., Söğüt, B., & Alkan, M. (2015). Tarihi Yerleşim ve Arkeolojik Yapı Bilgi Sistemi: Denizli İli Örneği. *Afyon Kocatepe University Journal of Science & Engineering*, 15(3).
- Hepyörük, G. (2015). Tarihi ve kültürel varlıkların belgelendirilmesi ve üç boyutlu modelinin oluşturulmasında yersel lazer tarayıcıların kullanım olanaklarının araştırılması ve Karacabey Türbesi (Ankara) örneği. Selçuk Üniversitesi, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Hanan, H., Suwardhi, D., Nurhasanah, T., & Santa Bukit, E. (2015). Batak Toba cultural heritage and close-range photogrammetry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 184, 187-195
- Iderman, E. (2006). Salamis antik kenti ve çevresinin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak tarihsel ve güncel arazi kullanımları yönünden

incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Adana.

- İçel, A. (2018). Yersel lazer tarama teknolojisi ile arkeolojik harita üretimi: Karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri (Archeological map production by terrestrial laser Scanning technology: Problems and solution)
- Jo, Y. H., & Hong, S. (2019). Three-dimensional digital documentation of cultural heritage site based on the convergence of terrestrial laser scanning and unmanned aerial vehicle photogrammetry. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(2), 53.
- Karasaka, L. (2012). Mobil yersel lazer tarama sistemlerinin fotogrametrik röle projelerinde kullanılabilirliği üzerine bir çalışma (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kardeş, H. (2010). Development of An Information System For Archeological Important Areas and Monuments Using GIS in Kahta District. Master Thesis in Institute of Natural and Applied Sciences, Çukurova University, Adana, Turkey
- Karakulak, S.Y. (2016) Antik Kentlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Yerleşim İlkelerinin Araştırılması: Pergamum Ve Ephesus. Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ, İstanbul.
- Kadobayashi, R., Kochi, N., Otani, H., & Furukawa, R. (2004). Comparison and evaluation of laser scanning and photogrammetry and their combined use for digital recording of cultural heritage. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 35(5), 401-406
- Kısaaga, M. G., & Durduran, S. S. (2016). Arkeolojik Uygulamalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Yoluyla Mekâna Yönelik Analizler: Knidos Arkeolojik Alan Çalışması.
- Kırçın, P.N. (2019), "Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinden Yararlanarak Tarihi Kaya Mekânlarında Peyzaj Envanteri Oluşturulması: Afyonkarahisar Kusura Köyü Kaya Mekânları. Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü.
- Kork, E. S., Şeker, Z. D., & Diler, A. (2006). Arkeolojik araştırmalarda kültürel mirasın belgelenmesi ve izlenmesi sürecinde "fotogrametri"nin uygulama alanları. Muğla Üniversitesi.
- Korumaz, A. G., Dülgerler, O. N., & Yakar, M. (2011). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Dijital Yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 26(3), 67-83.
- Kuban, D. (2000). Tarihi çevre Koruma ve Onarımın Mimarlık Boyut Kuram ve Uygulama, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- Levent, M. A. (2009). *Arkeolojik Araştırmalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Veri Tabanı Tasarımı* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Mahmod, A. A. (2017). *İnsansız hava aracı verilerinden üç boyutlu model oluşturma: Aksaray Üniversitesi Kampüs Camii* (Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- McCarthy, J. (2014). Multi-image photogrammetry as a practical tool for cultural heritage survey and community engagement. *Journal of Archaeological Science*, 43, 175-185.
- Morgan, J. A. and Brogan, D. J. (2016). *How to VisualSFM*, Department of Civil & Environmental Engineering Colorado State University Fort Collins, Colorado.
- Ozulu, İ. M. (2005). *Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yöntemlerinin arkeolojiye uygulanması* (Master's thesis, Anadolu Üniversitesi).
- Ozulu, İ. M., & Altan, M. (2007). Hava Fotoğrafları Kullanılarak Arkeolojik Alanların Değişim Analizi: Hattusa Örneği. *Anadolu University Journal of Sciences & Technology*, 8(2).
- Öztürk, B. (2010). *A web based gis mashup for archaeology* (Master's thesis).
- Pişkin, G. (2011). *Aliağa ve çevresindeki arkeolojik yerleşimlerin CBS ile mekânsal analizi. Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir.*
- Sucu, M. S. (2019). *İnsansız hava aracı (İHA) verilerinin kültürel mirasların belgelemesinde kullanılabilirliği: Binbir Kilise örneği* (Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ullman, S. (1979). The interpretation of structure from motion. Sydney Brenner The interpretation of structure from motion203Proc. R. Soc. Lond. Bhttp://doi.org/10.1098/rspb.1979.0006
- Ulvi, A., & Yiğit, A. Y. (2019). *Kültürel Mirasın Dijital Dokümantasyonu: Taşkent Sultan Çeşmesinin Fotogrametrik Teknikler Kullanarak 3b Modelinin Yapılması. Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1), 1-6.
- Uslu, A. (2016). *Kültürel mirasın üç boyutlu modellenmesi ve web ortamında sunulması* (Master's thesis).
- Uslu Koçyiğit, F. (2020). *Arkeolojik Alanlarda İnsansız Hava Aracı (İha) Kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemi (Cbs) İçin Veri Tabanı Oluşturma: Anemurium Antik Kent Örneği. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Uysal, C. (2008). *Integration of remote sensing and geographic information systems in archaeological applications* (Doctoral dissertation).
- Vilbig, J. M., Sagan, V., & Bodine, C. (2020). Archaeological surveying with airborne LiDAR and UAV photogrammetry: A comparative analysis at Cahokia Mounds. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 33, 102509.
- Yeğingil, İ., Dinç, U., Pestemalci, V., (1994). *Uzaktan Algılama*, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 133 s.