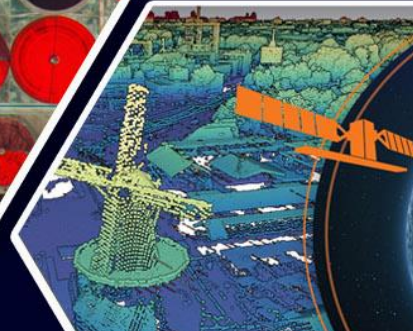
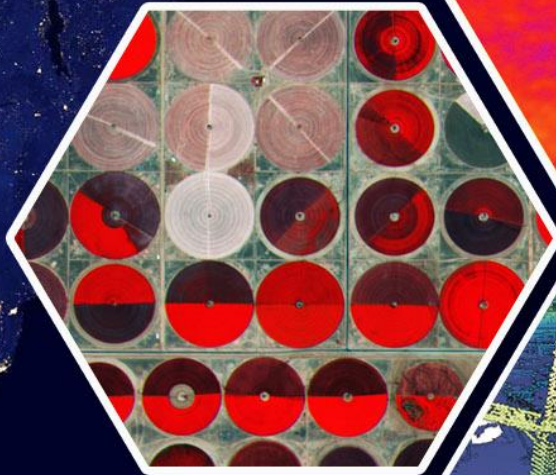
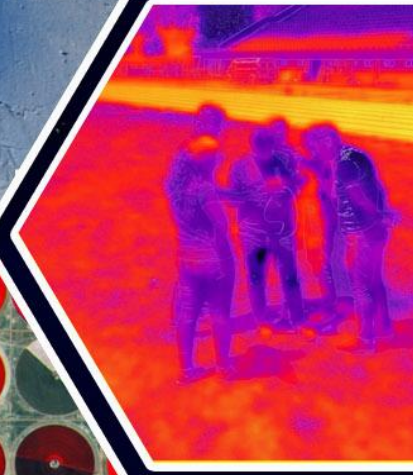
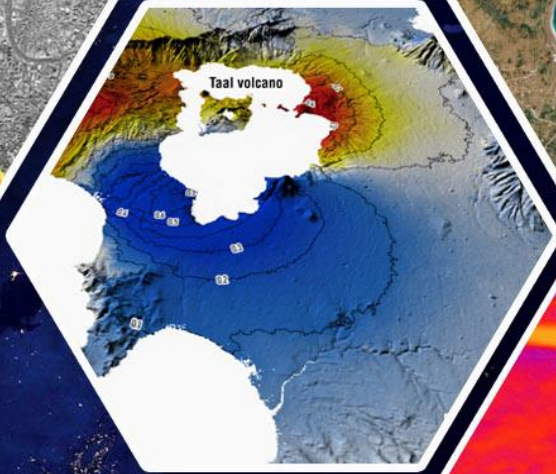
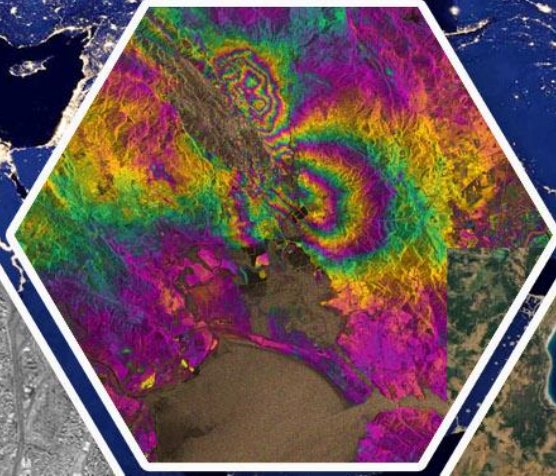
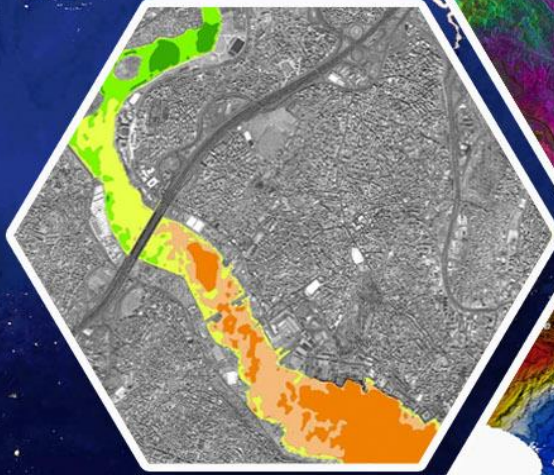
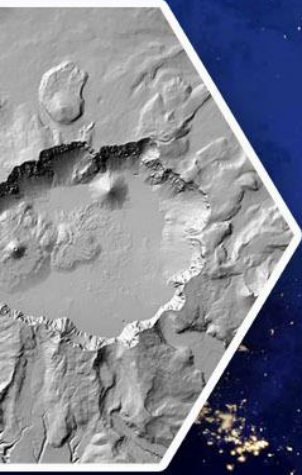


Turkish Journal of REMOTE SENSING

Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi



Vol/Cilt:2
Issue/Sayı:2
December/Aralık, 2020

e-ISSN: 2687-4997



Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi



Dergi Hakkında

Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi (TUZAL) bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak Uzaktan Algılama alanındaki yeniliklerle ilgili yapılan çalışmaları yayınlayan ve Uluslararası İndeks ve Veri tabanlarında taranan bir dergidir.

Amaç & Kapsam

TUZAL Dergisi,

- ✦ Uzaktan Algılama alanında ulusal ve uluslararası gelişmeleri Harita, jeoloji, Çevre, Elektrik ve Elektronik, Bilgisayar vb. mühendislik alanı ile ilgilenen bilim insanlarının bilgisine sunmak,
- ✦ Konu ile doğrudan veya dolaylı etkinliklerde bulunan bilim insanları, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasındaki bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirecek ve hızlandıracak, kolay erişilebilen, geniş katılımlı bir tartışma ortamı sağlamak ve bunları yayma olanağı yaratmak,
- ✦ Türkiye'nin teknolojik ve ekonomik kalkınmasında rol oynayabilecek Uzaktan Algılama teknolojilerine ilişkin sorunların daha etkin bir şekilde çözüme kavuşturulması açısından büyük önem taşıyan kurumlar arası işbirliğinin başlatılmasına ve geliştirilmesine katkıda bulunmak,
- ✦ Türkçe'nin Uzaktan Algılama alanında bilim dili olarak geliştirilmesini ve yabancı sözcüklerden arındırılmasını özendirmek amaçlarına sahiptir.

Dergisinin kapsamı;

- ✓ Temel Uzaktan Algılama Uygulamaları,
- ✓ RADAR/SAR/LIDAR,
- ✓ Hiperspektral uzaktan algılama,
- ✓ Görüntü sınıflandırma ve analiz yöntemleri,
- ✓ Radyometrik düzeltme için atmosferik modellemenin geliştirilmesi,
- ✓ Küresel modelleme, izleme ve sürdürülebilir kalkınma için küresel veri tabanı ve değişim göstergelerinin belirlenmesi,
- ✓ Laboratuvar ve yerinde test yöntemleri kullanarak veri ve bilginin kontrolü,
- ✓ Uzaktan algılama ve CBS yöntemlerinin entegrasyonu,
- ✓ Afet ve risk etkilerinin azaltılması için bilgi desteği: erken uyarı sistemleri, etki değerlendirmesi, izleme, esneklik ve risk azaltma çalışmaları,
- ✓ Çevre kirliliği: değerlendirme ve etki çalışmaları,
- ✓ Jeoloji, Joemorfoloji ve Pedolojide Yeryüzü Bilimi Uygulamaların ile uzaktan algılanmış girdilerin entegrasyonu,
- ✓ Sürdürülebilir tarımsal üretim ve tarımın korunması için tarım ürünlerinin büyümesinin çok boyutlu izlenmesi,
- ✓ İklim değişikliği çalışmaları,
- ✓ Arazi kullanımı/örtüsünün küresel ve bölgesel dinamikleri, biyo-çeşitlilik, bozulma,
- ✓ Çölleşme ve kuraklık çalışmaları,
- ✓ Topraklar, bitki örtüsü ve iç, kıyı ve okyanus sularında karbon akıları,
- ✓ Su kalitesi çalışmaları vb.

Yayınlanma Sıklığı

Yılda 2 sayı(Haziran-Aralık)

ISSN

2687-4997

WEB

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

İletişim

osmanorhan44@gmail.com / osmanorhan@mersin.edu.tr / tuzaldergisi@gmail.com



Turkish Journal of Remote Sensing



About Journal

Turkish Journal of Remote Sensing publishes studies related to innovation in the field of Remote Sensing parallel to the developments in science and technology and indexed in the International Index and database.

Aim & Scope

The Journal,

- ✚ To present to the knowledge of National and international developments in the field of Remote Sensing to scientists related with Geomatics, Geology, Environment, Electric and Electronic, Computer etc. engineering fields.
- ✚ To provide an easily accessible, broadly attended discussion environment that will strengthen and accelerate the sharing of knowledge and experience between scientists, researchers, engineers and other practitioners who engage in direct or indirect activities with the subject, and create an opportunity to disseminate them,
- ✚ Turkey's technological and economic development in the problems related to remote sensing technology that can more effectively play a role of great importance in terms of inter-agency cooperation to be initiated and resolved to contribute to the development,
- ✚ It has the aim of encouraging the development of Turkish as a scientific language in the field of Remote Sensing and to be free from foreign words.

Scope of The Journal;

- ✓ Basic remote sensing applications,
- ✓ RADAR/SAR/LIDAR,
- ✓ Hyperspectral remote sensing,
- ✓ Image classification and analysis methods,
- ✓ Development of atmospheric modelling for radiometric correction,
- ✓ Determine global database and alteration indicator for global modelling, monitoring and sustainable development,
- ✓ Data and information control using laboratory and in-situ tests,
- ✓ Integration of remote sensing and CBS methods,
- ✓ Information utility for rescuing disaster and risk effects: Early warning systems, impact evaluation, monitoring, flexibly and risk reducing studies,
- ✓ Environment pollution: Evaluation and effect studies,
- ✓ Integration of Earth science applications in Geology, Geomorphology and Pedology with remote sensing data
- ✓ Multidimensional monitoring of growth of agricultural goods for sustainable agricultural production and protection of agriculture
- ✓ Climate change studies,
- ✓ Land use/ Dynamics of global and regional land, biodiversity, deterioration,
- ✓ Carbon amount in Earth, plant cover and in shore, ocean waters,
- ✓ Water quality studies etc.

Publication frequency

Biannual (June-December)

ISSN

2687-4997

WEB

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

Contact

osmanorhan44@gmail.com / osmanorhan@mersin.edu.tr / tuzaldergisi@gmail.com



Turkish Journal of Remote Sensing



EDİTÖR / EDITOR

Assist. Prof. Dr. Osman ORHAN

Mersin University, FBE / Remote Sensing and Geographic Information Systems
Mersin

EDİTÖR YARDIMCILARI / CO-EDITOR

Assist. Prof. Dr. Resul ÇÖMERT

Gümüşhane University, Faculty of Engineering and Natural Sciences/ Geomatics Engineering
Gümüşhane

EDİTÖR KURULU / EDITORIAL BOARD

- Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER, İstanbul Technical University
- Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU, İstanbul Technical University
- Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU, Gebze Technical University
- Prof. Dr. Semih EKERCİN, Aksaray University
- Prof. Dr. Ömer MUTLUOĞLU, Konya Technical University
- Prof. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK, Aksaray University
- Assoc. Prof. Dr. Uğur AVDAN, Eskişehir Technical University
- Assoc. Prof. Dr. Saygın ABDİKAN, Bülent Ecevit University
- Assoc. Prof. Dr. Enes YİĞİT, Karamanoğlu Mehmet Bey University
- Assoc. Prof. Dr. Murat UYSAL, Afyon Kocatepe University
- Assist. Prof. Dr. Akif DURDU, Konya Technical University
- Assist. Prof. Dr. Mustafa YALÇIN, Afyon Kocatepe University
- Assist. Prof. Dr. Lütfiye KARASAKA, Konya Technical University
- Assist. Prof. Dr. Süleyman Sefa BİLGİLİOĞLU, Aksaray University
- Assist. Prof. Dr. Nizar POLAT, Harran University
- Assist. Prof. Dr. Mehmet Ali DERELİ, Giresun University
- Dr. Ali İhsan ŞEKERTEKİN, Çukurova University
- Dr. Mustafa ÜSTÜNER, Artvin Çoruh University

DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

- Prof. Dr. Murat YAKAR, Mersin University
- Prof. Dr. Ferruh YILDIZ, Konya Technical University
- Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ, Aksaray University
- Prof. Dr. Caner ÖZDEMİR, Mersin University
- Prof. Dr. İbrahim YILMAZ, Afyon Kocatepe University

TUZAL Dergisi Dil Editörleri / TUZAL Journal Language Editors

Assist. Prof. Dr. Pınar KARAKUŞ

Osmaniye Korkut Ata University, Geomatics Engineering /Osmaniye

Res. Ast. Merve Kolikpınar

Ardahan University, Department of Turkish Language and Literature / Ardahan

Mizanpaj-Technical Staff

Res. Asst. Ahmet Tarık TORUN

Aksaray University, Geomatics Engineering /Aksaray

Res. Asst. Hasan Bilgehan MAKİNECİ

Konya Technical University, Geomatics Engineering /Konya

Res. Asst. Aydın ALPTEKİN

Mersin University, Geological Engineering /Mersin

İçindekiler

Contents

Araştırma Makaleleri;

Research Articles;

S. No

-
- 42- *Yer Yüzey Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Araştırılması: Muş İli Örneği*
(*Investigation of Land Surface Temperature with Thermal Remote Sensing Images: A Case Study Muş Province*)
Çağrı Mercan
- 50- *Crop Cover Fraction Estimation Based On Digital Images From 2014-2016: A Case Study Of Kadirli In Osmaniye Province*
(*2014-2016 Dijital Görüntülerinden Bitki Örtü Kesitinin Tahmini: Osmaniye İli Kadirli Örneği*)
Pınar Karakuş & Hakan Karabörk
- 58- *Comparison of DEM based on Geodetic Methods and Photogrammetric Usage of UAV*
(*Jeodezik Tekniklerle ve İHA'nın Fotogrametrik Kullanımı ile Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Karşılaştırılması*)
Hasan Bilgehan Makineci, Hakan Karabörk, Akif Durdu
- 70- *Uzaktan Algılama Teknikler ile Akşehir Gölü'ndeki Alansal Değişiminin İzlenmesi*
(*Monitoring Akşehir Lake's Area Changes Using Remote Sensing Techniques*)
Elif Büşra Çağlayan, Furkan Erel, Emre Batuhan Samur, Metin Deniz, Mohammad Asef Mobariz, Gordana Kaplan
- 77- *Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Mogan Gölü'nün su yüzeyi ve arazi örtü değişiminin belirlenmesi*
(*Determination of the water surface and land cover change of lake Mogan using landsat satellite imagery*)
Hilal Özçalık, Ahmet Tarık Torun, Süleyman Sefa Bilgilioğlu



Yer Yüzey Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Araştırılması: Muş İli Örneği

Çağrı Mercan*¹ 

¹Mardin Artuklu Üniversitesi, Savur Meslek Yüksekokulu, Harita ve Kadastro Programı, Mardin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Uzaktan Algılama
Muş
Termal Band
Yer Yüzey Sıcaklığı
Landsat

ÖZ

Fosil yakıtların kullanımı, ormansızlaşma ve çeşitli sanayi süreçleri atmosferdeki sera gazlarının birikmesine ve küresel bir sıcaklık artışına neden olmaktadır. Bu durum gerek biyolojik çeşitliliği ve gerekse de insanların yaşam konforunu olumsuz etkilemektedir. Küresel ölçekteki bu ısı artışı dünyamızın dış kabuğunun sıcaklığında da değişiklikler meydana getirmektedir. Yer Yüzeyi Sıcaklığı (YYS) olarak bilinen yerkürenin en dış yüzeyinin sıcaklık değerleri birçok farklı yöntem ile ölçülebilse de uzaktan algılama çalışmaları bu yöntemler arasında en ekonomik ve hızlı sonuçlar üretmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma Muş ilinin uzun yıllar (29 yıllık) YYS değişimini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak 1990-2000-2005-2011-2019 yıllarına ait YYS haritaları üretilmiştir. Haritalarda bitki örtüsünün yoğun olduğu yerlerde YYS değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Muş ilinin YYS değerlerinde yıllara göre artış ve azalışlar görülse de genel olarak artan bir sıcaklık trendinin var olduğu söylenebilir. Muş ilinde ortalama sıcaklığın her yıl yaklaşık olarak 0.3 °C artış gösterdiği belirlenmiştir.

Investigation of Land Surface Temperature with Thermal Remote Sensing Images: A Case Study Muş Province

Keywords

Remote Sensing
Muş
Thermal Band
Land Surface Temperature
Landsat

ABSTRACT

The use of fossil fuels, deforestation and various industrial processes cause the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere and a global temperature increase. This negatively affects both biodiversity and people's comfort of life. This global heat increase also changes the temperature of our world's outer crust. The temperature values of the outermost surface of the earth known as Land Surface Temperature (LYS) can be measured by many different methods. Remote sensing studies are widely used because of the most economical and rapid results among these methods. This study aims to reveal the long-term (29-year) YYS change of Mus province. YYS maps from 1990-2000-2005-2011-2019 were produced using Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI satellite images. In the maps, LYS values were found to be lower in places where vegetation is dense. Although the YYS values of Mus province have increased and decreased compared to years, it can be said that there is an increasing temperature trend in general. In Mus province, the average temperature increased by approximately 0.3 °C each year.

1. GİRİŞ

Son yıllarda yoğun bir şekilde sonuçlarını görmeye başladığımız küresel ısınma ve iklim değişimi dünyayı tehdit eden önemli çevre sorunlarından. Bu problem deniz seviyelerinde yükselmelere sebep olurken, tarım, orman, ulaşılabilir temiz su kaynakları ve biyolojik çeşitliliği de tehdit etmektedir (Doğan ve Tüzer, 2011; Kaya ve ark., 2016; Mercan ve Arpağ 2020; URL-1). 1880 yılından itibaren yıllık 1 °C'ye ulaşabilen bir sıcaklık artışının olduğunu belirten araştırmacılar bu artışın önümüzdeki yıllarda da katlanarak devam edeceğini belirtmektedirler (Eryılmaz ve Demirarslan, 2018).

Yapılaşmalar sırasında çoğunlukla yeşil alanlar, doğal mera/çayır alanları tahrip edilmiş, su kaynakları kontrolsüz bir şekilde kullanılarak yeşilin az betonun fazla olduğu çarpık kentleşmeler oluşturulmuştur. Normal şartlar altında güneşten gelen ışığın bir kısmı geri yansırken artan betonlaşma ile birlikte bu oran gittikçe azalmaktadır. Beton, asfalt, kaldırım gibi doğal olmayan malzemeler güneşten gelen ısıyı yeşil alanlara göre daha fazla emer ve bu enerji de sıcaklık olarak çevreye yansır (Gerçek ve Türkmenoğlu Bayraktar, 2014). Bu yayılan sıcaklık değerleri kentlerin çevrelerine göre daha sıcak olmasına neden olur ve bu olaya "Kentsel Isı Adası" adı verilir (Oke, 1982; Gerçek ve Türkmenoğlu Bayraktar, 2014). Yeşil alanların tahrip edilmesi de bu kentsel ısı adalarının daha da fazla ısınmasına sebep olmaktadır (Yılmaz, 2013; Alkan ve ark., 2017; Orhan, 2021; Şekertekin ve Marangoz, 2019; Gerçek ve Türkmenoğlu Bayraktar, 2014). Artan bu ısı insanların sağlığını ve yaşam konforunu tehdit ederken biyolojik çeşitliliği de olumsuz olarak etkilemektedir. Bundan ötürü bu değişimlerin tespit edilmesi, takip edilebilmesi, giderilmesi ve iyileştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması gerekir (Gerçek ve Türkmenoğlu Bayraktar, 2014). Sıcaklık değişimlerinin tespit edilmesinde son yıllarda uzaktan algılama çalışmalarının gelişmesi ile birlikte büyük ilerlemeler meydana gelmiştir.

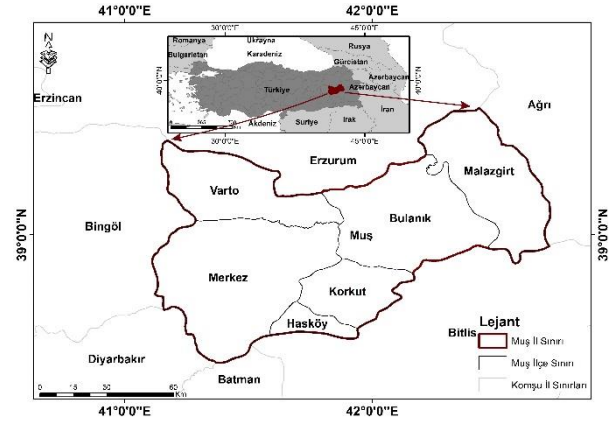
Termal uzaktan algılama çalışmaları ile istenilen bölgenin çok zamanlı Yer Yüze Sıcaklığı (YYS) haritaları oluşturularak o bölgedeki mevcut durum ve zamansal değişimler hızlı ve ekonomik bir şekilde tespit edilebilmektedir. YYS çalışmaları neticesinde ele edilen veriler bitki değişim analizleri, iklimsel çalışmalar, meteorolojik çalışmalar, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) çalışmaları, arazi örtüsü değişimi analizleri, su yüzey sıcaklıklarının tespiti gibi birçok farklı alanda doğrudan ve dolaylı olarak kullanılabilir (Parker ve Warner, 1973; Balcık, 2014; Orhan ve ark., 2014; Şener, 2016; Zhang ve ark., 2016; Oğuz, 2017; Polat ve ark., 2018; Tonyaloğlu, 2019; Şekertekin ve Marangoz, 2019; Akyürek, 2020; Polat, 2020). YYS'nin ortaya konulması kent planlamaları açısından da oldukça önemlidir. Zamansal olarak YYS değişiminin ortaya konulması, olası mevcut kötü durumlar için tedbirlerin alınmasını sağlarken, tarımsal

çalışmaların mevcut durumu ve geleceği hakkında ise önemli ipuçları sunabilmektedir. Arazi çalışmaları ile bir bölgenin yer yüzey sıcaklığının ortaya konulması oldukça zahmetli ve maliyetli olabilirken, uzaktan algılama çalışmaları ile bu hesaplamaların yapılması oldukça pratik ve ekonomik olmaktadır. İnceleme alanını oluşturan ve Muş Ovası gibi önemli tarımsal üretimin yapıldığı bir alanda böyle verilerin olmayışı bu çalışmanın yapılmasını zorunlu kılmıştır.

Bu çalışma ile Muş ilinde uzun yıllar (1990-2019) boyunca YYS'nin hesaplanıp mekansal ve zamansal olarak değişiminin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bunun neticesinde bölgenin YYS geçmişten günümüze doğru nasıl değiştiği, hangi bölgelerde bu değişimin olduğu görülerek gelecekte yapılacak olan arazi, toprak vb. kaynaklara yönelik hazırlanacak proje ve çalışmalara analitik veri sağlayarak önemli bir yol gösterici olacaktır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı, Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Murat-Van bölümünde yer alan Muş ilidir. Muş ili Merkez, Varto, Korkut, Hasköy, Bulanık ve Malazgirt ilçeleri olmak üzere başlıca altı ilçeden oluşmaktadır. (Şekil 1). Muş ili kuzeyinde Erzurum, doğusunda Ağrı, güneyinde Batman ve Bitlis, güneybatısında Diyarbakır, batısında ise Bingöl şehri ile komşudur. Sert karasal bir iklime sahip olan Muş şehri çoğunlukla ova özelliği gösterse de yer yer yüksekliği 2950 metreye ulaşan dağların olduğu bir coğrafyaya sahiptir (Şengün ve Kıranşan, 2016; Atabay ve Toprak, 2018; URL-3).

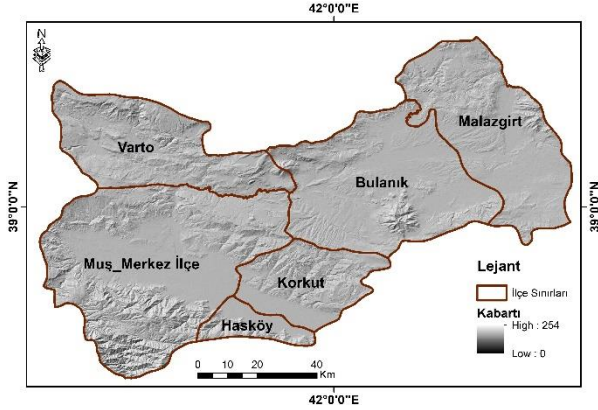


Şekil 1. Çalışma alanı

İlin bulunduğu coğrafya Alp-Himalaya orojenez kuşağının etkisiyle yükselmiştir. Özellikle şehrin güney bölgelerinde kendini daha belirgin olarak gösteren engebeli, yüksek araziler Bitlis-Zagros dağ kuşağının yüksek alanlarıdır. Çalışma alanında Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fay sistemlerine bağlı olarak gelişmiş ünlü Muş Ovası da bulunmaktadır.

İnceleme alanının topoğrafik özelliklerini üç boyutlu olarak görerek yukarıda belirtilen unsurların daha iyi anlaşılabilmesi ve YYS'nin

sonuçlarının daha etkin yorumlanabilmesi için inceleme alanının kabartı haritası oluşturulmuştur (Şekil 2). Oluşturulan bu haritada ilin Merkez ve Hasköy ilçelerinin güney kısımları ve Varto ilçesinin kuzey bölgelerinin oldukça engebeli ve yüksek olduğu görülmektedir. Muş ilinin Merkez ve Korkut ilçelerinde görülen oldukça düz alanlar ise Muş Ovası topraklarıdır. Bu düzlük alanlar tarımsal üretim açısından oldukça önemlidir.



Şekil 2. Muş iline ait kabartı haritası

3. YÖNTEM

Çalışma Arcmap yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. YYS'nin hesaplanması için gerekli temel veri setini Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS) tarafından sağlanan 1990-2019 yılları arasında Temmuz ve Ağustos ayları için indirilebilir olan Landsat-5 TM ve Landsat 8 Oli uydu görüntüleri oluşturmaktadır (Tablo 1). Uydu görüntüleri beşer yıl ara ile ve sıcaklığın yüksek, bulut oranının düşük olduğu temmuz ayından seçilmeye çalışılmıştır ancak 2019 yılında uydu görüntülerindeki bulutluluk faktöründen ötürü ağustos ayından seçilmiştir.

Tablo 1. Çalışma alanında kullanılan uydu verileri

Görüntü Tarihi	Uydu	Path/Row
16.07.1990	Landsat-5 TM	171/033
30.07.1995	Landsat-5 TM	171/033
11.07.2000	Landsat-5 TM	171/033
25.07.2005	Landsat-5 TM	171/033
26.07.2011	Landsat-5 TM	171/033
21.07.2015	Landsat-8 OLI	171/033
01.08.2019	Landsat-8 OLI	171/033

3.1. Yer Sıcaklık Haritalarının Üretilmesi

YYS'yi belirlemek için öncelikle termal görüntü bandı değerlerinin spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Landsat-5 TM (termal bant) verisinden itibaren piksel değerinden radyans değerine dönüşüm için denklem 1 kullanılmaktadır (Chander ve Markham, 2003; Yuan ve Bouer 2006; Chander ve Groeneveld, 2009; Şener,

2016; Anandababu ve ark., 2018; Polat, 2020; Roy ve ark., 2020).

$$L\lambda = \frac{L_{max} - L_{min}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \times (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min} \quad (1)$$

Formüldeki, $L\lambda$: Hesaplanan radyans değerini $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$, Q_{cal} : Uydu görüntüsünün piksel değerini, Q_{calmax} : Maksimum piksel değerini, Q_{calmin} : Minimum dijital piksel değerini, $L_{max} - L_{min}$: Q_{calmax} ve Q_{calmin} 'e göre ölçeklendirilen spektral yansıtım değerini göstermektedir (Q_{calmax} , Q_{calmin} , L_{max} , L_{min} değerleri uydu meta verisinden temin edilmiştir).

Landsat-8 OLI (termal bant) için sensor piksel değerlerini spektral radyans değerlerine dönüşümünün sağlanması için denklem 2'deki dönüşüm uygulanır (Yuan ve Bauer 2006; Zhang ve ark., 2006; Barsi ve ark., 2014; Yılmaz, 2015; Şener, 2016; Akyürek, 2020; Roy ve ark., 2020).

$$L\lambda = Ml \times Q_{cal} + AL \quad (2)$$

Formüldeki, $L\lambda$: Hesaplanan radyans değerini ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$), ML : Radyans çarpımsal ölçeklendirme faktörünü, Q_{cal} : Uydu görüntüsünün piksel değerini, AL : Radyans ilave ölçeklendirme faktörünü temsil etmektedir (ML ve AL değerleri uydu meta verisinden temin edilmiştir).

Bu aşamadan sonra elde edilen spektral radyans değerinin denklem 3 kullanılarak parlaklık sıcaklığı değerine dönüştürülmesi gerekmektedir (Chander ve Markham, 2003; Yuan ve Bauer, 2006; Coll ve ark., 2010; Orhan ve ark., 2014; Giannini ve ark., 2015; Yılmaz, 2015; Avdan ve Jovanovska Kaplan, 2016; Şener, 2016; Akyürek, 2020; Polat, 2020; Roy ve ark., 2020).

$$Tb = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} - 273.15 \quad (3)$$

Formüldeki, Tb : Sensör parlaklık sıcaklık değerini ($^{\circ}C$), $L\lambda$: Denklem 2 de hesaplanan spektral radyans değerini, $K1-K2$: Landsat-5 ve Landsat-8 ait uydu meta verisinden elde edilen spesifik termal dönüşüm sabitlerini ifade etmektedir.

Denklem 3'de elde edilen veri sıcaklık belirtmiş olsa da arazideki gerçek sıcaklık değerini ifade etmemektedir. Denklem 4 kullanılarak, sensör parlaklık sıcaklık değerine yer yüzey yayınlığı (emissivity) düzeltmesi yapılarak gerçek yüzey sıcaklığını temsil eden YYS üretilmiş olur (Zhang ve ark., 2006; Polat, 2020).

$$Ts = \frac{Tb}{1 + (\lambda \times \frac{Tb}{h \times c}) \times \ln \epsilon \lambda} \quad (4)$$

Formüldeki, Tb : Sensör parlaklık sıcaklık değerini ($^{\circ}C$), λ : Gelen termal bant dalga boyunu (Landsat 5 için $11.45 \mu m$ / Landsat-8 için $10.895 \mu m$), h : Planck sabitini ($6.626 \times 10^{-34} Js$), b : Boltzmann

sabitini ($1.38 \cdot 10^{-23} \text{J/K}^{-1}$), c : Işık hızını ($2.998 \cdot 10^8 \text{m/s}$) ve $\epsilon\lambda$: Piksele karşılık gelen yayınlılık değerini ifade etmektedir.

Cisme gelen toplam ışın enerjisinin emilen ışın enerjisine oranına yayınlılık adı verilir. Denklem 4'te piksele karşılık gelen yayınlılık değeri ($\epsilon\lambda$) aşağıda verilen 5 nolu denklem kullanılarak hesaplanabilmektedir (Sobrino ve ark., 2004).

$$\epsilon\lambda = \epsilon v \lambda P v + \epsilon s \lambda (1 - P v) + C \lambda \quad (5)$$

Formüldeki; ϵv ve ϵs : Bitki ve toprak yayılım değerlerini, Pv : Bitki örüntüsü oranını, $C\lambda$: Ortalama arazi pürüzlülüğünü ifade etmektedir (düz araziler için $C = 0$) (Sobrino ve ark., 1990).

Yapılan bu çalışmada yer yüzey yayınlılığının belirlenmesi için Normalize edilmiş fark bitki indeksi (NDVI) değerleri hesaplanmıştır. Yer yüzey yayınlılığı için NDVI kullanılarak üç farklı arazi tipi için (kayaç ve toprak / bitki örtüsü / kayaç ve bitki örtüsü karışımı) elde edilmiştir (Sobrino ve Raissouni 2000; Sobrino ve ark., 2004). YYS'nin belirlenmesinde, NDVI değerinin, piksel değerinden değil yansıtım değerinden elde edilmesi gerekir (Giannini ve ark., 2015; Akyürek, 2020; Polat, 2020). NDVI değeri denklem 6 kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$NDVI = \frac{\text{Yakın Kıızıl Ötesi} - \text{Kırmızı}}{\text{Yakın Kıızıl Ötesi} + \text{Kırmızı}} \quad (6)$$

Formüldeki, Yakın kızıl ötesi bant: Landsat 8 için 5. band, Landsat 5 için 4. Bandı temsil etmektedir. Kırmızı band: Landsat 8 için 4. Band, Landsat 5 için 3. bandı temsil etmektedir.

Denklem 6 yapıldıktan sonra, NDVI'nin bitki ve toprak değerleri kullanılarak bitki örtüsü oranının (Pv) hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama yeryüzü yayınlılık (ışınım) değerinin (ϵ) hesaplanmasında kullanılır (Sobrino ve ark., 2004; 2008; Giannini ve ark., 2015; Akürek, 2020). Pv , bitki örtüsü oranının hesaplanması için denklem 7'de verilen eşitlik kullanılmaktadır.

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (7)$$

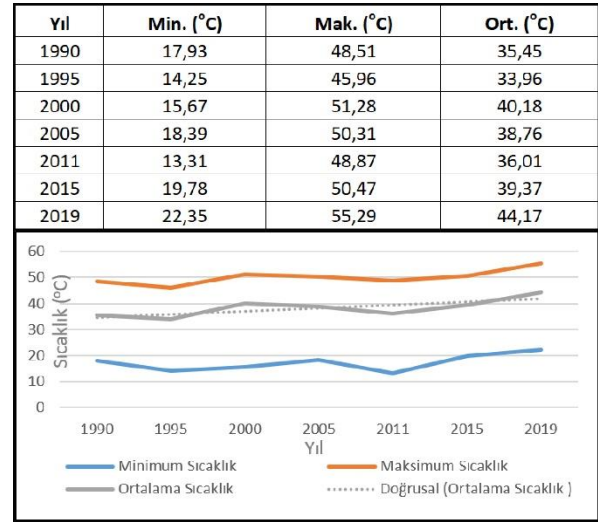
Yayınlılık (ışınım) (ϵ) değeri yer yüzeyi sıcaklıklarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bu değer hesaplanması için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu çalışmada NDVI değerlerine dayalı yöntem kullanılmıştır. Landsat 5 Tm için yer yüzey yayınlılığı; NDVI değerleri eğer 0.2'nin altında ise yüzeyin kayaç ve toprağı temsil ettiği ve bu durumda yayınlılık değerinin 0,97 alınması, NDVI değeri eğer 0.2 ile 0.5 arasında ise yüzeyin bitki örtüsü ve kayaçlardan oluşan bir karışımı temsil ettiği ve bu durumda yayınlılık değerinin bulunması

için denklem 8'in kullanılması gerektiğini, NDVI değeri eğer 0.5'in üstünde ise yüzeyin bitki örtüsü ile kaplı olduğu ve yayınlılık değerinin 0.97 kullanılması çeşitli araştırmacılar tarafından önerilmiştir (Sobrino ve ark., 2004; Sobrino ve ark., 2008; Giannini ve ark., 2015). Landsat-8 TM için ise yer yüzey yayınlılığı için su:0.991, bina:0.962, toprak:0.966, bitki:0.973 değerlerinin kullanılması önerilmiştir ve bu çalışmada da bu öneriler dikkate alınmıştır (Wang ve ark., 2015).

$$\epsilon TM6 = 0.986 + 0.004 P v \quad (8)$$

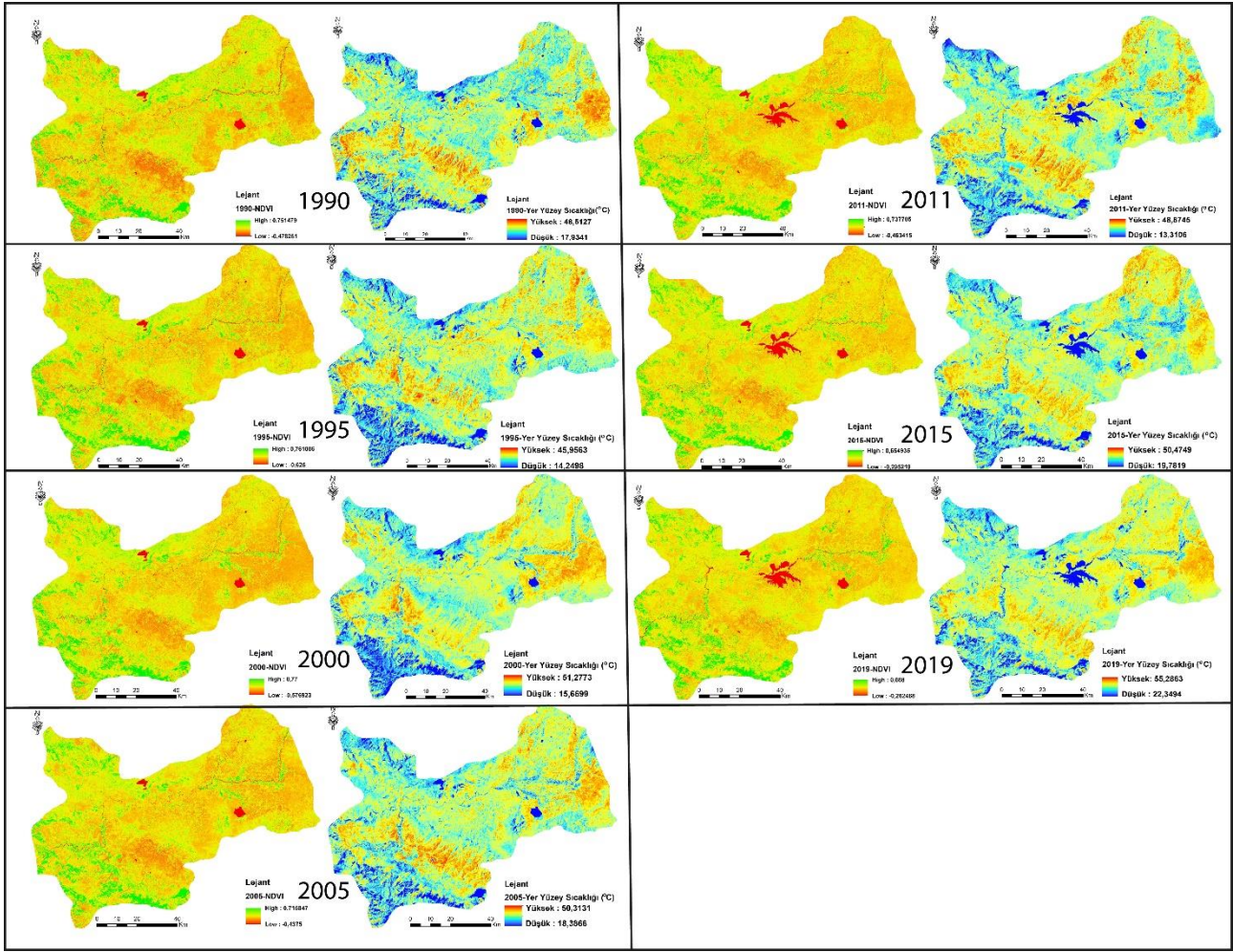
4. BULGULAR

Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak 1990-1995-2000-2005-2011-2015-2019 yıllarını kapsayan YYS haritaları ve temel istatistik hesaplamaları oluşturulmuştur (Şekil 3 ve Şekil 4).



Şekil 3. İnceleme alanında yıllara göre YYS değerleri ve grafiği.

Şekil 3'de verilen YYS verileri incelendiği zaman minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerinin 1990 yılından 2019 yılına doğru genel olarak bir artış trendinde olduğu gözlenmektedir. Bu artışlarda 2000 ve 2019 yıllarında belirgin oranda artış, 1995 ve 2011 yıllarında ise bariz düşüşler gözlenmektedir. 1990 yılında ortalama sıcaklık 35.45 °C iken, 2019 yılında bu sıcaklık 44.17 °C sıcaklığa ulaşmıştır. Yani 29 yıllık süreçte ortalama sıcaklıkta yıllık olarak yaklaşık 0.3 °C artış gözlenmektedir. Atabey ve Toprak (2018)'in Muş ve Bitlis illerinin uzun yıllar (1982-2011) meteorolojik sıcaklık değişimi ile ilgili olarak yapmış oldukları çalışmada da sıcaklığın artış hızının şekil 3 ve Şekil 4 de elde edilen sonuçlar ile paralel olduğu görülmüştür. Muş ili için oluşturulan Yer yüzey sıcaklık haritaları şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Yıllara göre NDVI ve YYS haritaları

YYS haritalarının yanına ise her yıl için oluşturulan NDVI haritaları da eklenmiştir. Böylelikle yıllara göre sıcaklık artış-azalışlarının NDVI değerleri ile olan ilişkisi daha net anlaşılacaktır. NDVI değerleri -1 ile +1 arasında değişmektedir ve pozitif değerler sağlıklı yeşil bitki örtüsünü belirtmektedir. Haritalarda NDVI değerlerinin pozitif olduğu, bitkilerin yoğun olduğu alanlarda YYS değerlerinin daha düşük olduğu göze çarpmaktadır. Bu durum özellikle ilin güneybatı kısmında bariz bir şekilde gözlenmektedir. Akarsu ve göletlerin olduğu kısımlarda ise YYS değerlerinin en düşük olduğu görülmektedir. 2011 yılından itibaren ayrıca Alparsalan-1 barajının varlığı ile birlikte oluşan gölet haritalarda düşük sıcaklık ile göze çarpmaktadır. Korkut ilçesinin engebeli arazilerinde ve Malazgirt ilçesinin güneydoğu bölümlerinde ise sıcaklığın yıllar boyunca hep yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Muş il merkezinde ise yıllar içerisinde önemli sıcaklık farklılıklarının oluşmadığı gözlenmiştir. Bu durum Muş ilinin düşük nüfus artışı ve dolayısıyla şehirde düşük oranda artış gösteren yapı stoğu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Muş ilinin 1990 yılındaki nüfusu 376435 kişi iken 2019 yılında bu sayı 408809'a yükselmiştir (URL-4).

Muş ili için Şekil 2'de oluşturulan kabartı haritası ve Şekil 4'de oluşturulan NDVI ve YYS

haritaları incelendiği zaman şehrin topoğrafik açıdan yüksek olan kesimlerinin düşük sıcaklık değerlerine sahip olduğu da görülmektedir. Bu durum topoğrafik olarak yüksekliğin 150 metrede 1 °C azalması (Yalçın ve ark., 2018) ile yakından ilişkilidir. Ayrıca bu yüksek alanlarda yer yer gelişmiş olan bitki örtüsünün varlığı da sıcaklığın düşük kalmasında oldukça etkin olmuştur. Haritaların güneybatı kesiminde bulunan Bitlis-Zagros dağ kuşağının olduğu alanlar, Varto ilçesinin kuzey bölgelerinde yer alan yüksek kesimler, Bulanık ilçesinde bulunan yüksek alanlar (Bilican Dağları) topoğrafik olarak yüksek olmalarından ötürü daha alçakta kalan yerlere göre daha düşük sıcaklık değerlerine sahiptir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan bu çalışma ile Muş ilinin 1990 yılından 2019 yılına kadarki 29 yıllık dönemini kapsayan Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak YYS değerleri incelenmiştir. Muş ilin YYS verilerine bakıldığında genel olarak sıcaklığın artış trendinde olduğu görülmektedir. 29 yıllık süreçteki ortalama sıcaklık değişimi incelendiğinde yıllık ortalama 0.3 °C sıcaklık artışının olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık artış oranlarının 2000 ve 2019 yıllarında oldukça belirgin bir şekilde arttığı

görülmektedir. 1995 ve 2011 yıllarında ise YYS değerlerinde belirgin düşüşlerin olduğu saptanmıştır. Şehirdeki sıcaklığın genel olarak artışı özellikle kentin kuzeydoğu bölgelerinde kendini göstermektedir. Buda YYS'daki artış trendinin küresel ısınmadan kaynaklanmış olabileceğini göstermektedir.

YYS hesaplamaları birçok araştırmacı tarafından farklı bölgelerde uygulanmaktadır (Balcık, 2014; Orhan ve ark., 2014; Şener, 2016; Zhang ve ark., 2016; Alkan ve ark., 2017; Polat ve ark., 2018; Tonyaloğlu, 2019; Şekertin ve Marangoz, 2019; Akyürek, 2020; Polat, 2020; Orhan, 2021). Bu çalışmalardan Muş iline coğrafi olarak yakın çalışmalar incelendiğinde Batman ve Mardin illerinde benzer çalışmalar olduğu görülmüştür. Alkan vd. (2017) Batman için oluşturmuş oldukları YYS hesaplamalarında 1985 yılı temmuz ayı için YYS değerlerinin 26-56 °C arasında değiştiğini ve 2015 yılı temmuz ayında ise bu sıcaklığın 28-59 °C arasında değiştiğini bildirmiştir. Polat (2020) Mardin ili için yapmış olduğu çalışmada 1990 yılı eylül ayı için YYS değerlerinin 10.17-38.57 °C arasında değiştiğini ve 2018 eylül ayında ise bu sıcaklıkların 24.82-49.91 °C arasında değiştiğini ayrıca yıllık ortalama 0.5 °C'lik bir sıcaklık artışının var olduğunu belirtmektedir. Eylül ayı YYS değerlerini içeren bu çalışmanın temmuz-ağustos dönemlerinde olması halinde elde edilen YYS değerlerinin daha da yüksek olması beklenmektedir. Muş ili için yapılan bu çalışmada elde edilen YYS değerleri bölgeye komşu alanlarda olduğu gibi artış trendi içerisinde. Batman ve Mardin ilinin Muş'a göre daha güneyde olması daha yüksek oranlarda sıcaklık değerlerini oluşturmuştur.

Atabey (2018) Muş ilinin uzun dönem meteorolojik özellikleri (1982-2010 yılları arası) üzerine yapmış olduğu çalışmada şehrin yaz döneminde bulutlu gün sayısının geçmişten günümüze doğru gittikçe azaldığını ve güneşlenme süresinin ise giderek arttığını, buna bağlı olarak da sıcaklık artış trendinin yaz aylarında yükselmekte olduğunu belirtmektedir. Bu durum YYS hesaplamalarında gözlenen sıcaklığın artışının iklimsel verilerde de kendini belli ettiğini göstermektedir.

Sıcaklığın mekansal olarak yayılımının daha iyi anlaşılabilmesi için arazi kullanımı ve bitki örtüsü koşullarının daha iyi irdelenmesi ve daha yüksek mekansal ve spektral çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin kullanılması bundan sonraki çalışmalarda daha verimli sonuçlar üretebilecektir. Ayrıca güncel tarihli uydu görüntülerinin çekildiği tarih ile eş zamanlı olarak arazide yüzey sıcaklığının da ölçülüp test edilmesi yapılan çalışmaları daha da güvenli kılacaktır. Uzun yılları kapsayan meteorolojik ölçüm sonuçlarının YYS değerleri ile korele edilmesi elde edilen sonuçları çok daha anlamlı yapacaktır. Bölgede var olan jeotermal kaynakların bu YYS değerlerindeki etkisinin ortaya konulması sonraki dönemlerde yapılacak olan

jeotermal kaynak araştırmaları için oldukça faydalı veriler üretebilecektir.

KAYNAKÇA

- Akyürek, Ö., (2020). Termal uzaktan algılama görüntüleri ile yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi: Kocaeli örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 377-390.
- Alkan, A., Adıgüzel, F., Kaya, E. (2017). Batman Kentinde Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. *Coğrafya Dergisi*, (34), 62-76.
- Anandababu D., Puruhothaman B. M., Babu S.S. (2018). Estimation of land surface temperature using landsat 8 data. *International Journal of Advance Research, Ideas And innovations in Technology*, 4(2), 177- 186.
- Atabey S. (2018). Bitlis ve Muş illerinde iklim değişkenlerinin trend analizleri ve karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır,113s.
- Atabey, S., Toprak, Z. F. (2018). Bitlis ve Muş illerinin iklim değişikliği çerçevesinde uzun dönem sıcaklık değişimi karşılaştırması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 9(1), 419-428.
- Avdan, U., Jovanovska, G. (2016). Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data. *Journal of Sensors*, 2016, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>
- Balcık, F. (2014). Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(2), 859-872.
- Barsi, J., Schott, J., Hook, S., Raqueno, N., Markham, B., Radocinski, R. (2014). Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing*, 6(11), 11607-11626.
- Chander, G., Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674-2677.
- Chander, G., Groeneveld, D. P. (2009). Intra-annual NDVI validation of the Landsat 5 TM radiometric calibration. *International Journal of Remote Sensing*, 30(6), 1621-1628.
- Coll, C., Galve, J. M., Sánchez, J. M., Caselles, V. (2010). Validation of Landsat-7/ETM+ thermal-band calibration and atmospheric correction with ground-based measurements. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 48(1), 547-555.
- Doğan, S., Tüzer, M. (2011). Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1), 21-34.
- Eryılmaz, H., Demirarslan, K. Ö. (2018). Artan küresel ısınma ve duyarsızlaşan küresel politikalar.

- Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, 4(2): 52-69.
- Gerçek, D., Türkmenoğlu Bayraktar, N., (2014). Kentsel Isı Adası Etkisinin Uzaktan Algılama İle Tespiti ve Değerlendirilmesi: İzmit Kenti Örneği. 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İzmit.
- Giannini, M.B., Belfiore, O.R., Parenta, C., Santamaria, R. (2015). Land surface temperature from landsat 5 tm images: comparison of different methods using airborne thermal data. Journal of Engineering Science and Technology Review, 8(3), 83-90.
- Kaya, S., Basar, U. G., Karaca, M., Seker, D. Z. (2012). Assessment of Urban Heat Islands Using Remotely Sensed Data. Ekoloji, 21(84), 107-113.
- Mercan, Ç, Arpağ, S. (2020). Coğrafi Bilgi Sistem Analizleri Kullanılarak Toprak ve Arazi Özelliklerinin Değerlendirilmesi: Türkiye, Mardin İli Arazisi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 7 (1), 23-33. DOI: 10.19159/tutad.644210
- Oguz, H. (2017). Automated land surface temperature retrieval from Landsat 8 satellite imagery: A case study of Diyarbakır-Turkey. Turkish Journal of Forest Science, 1 (1), 33-43. DOI: 10.32328/turkjforsci.296845
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108(455), 1-24.
- Orhan, O. (2021). Mersin İlindeki Kentsel Büyümenin Yer Yüzey Sıcaklığı Üzerine Etkisinin Araştırılması. Geomatik, 6 (1), 69-76. DOI: 10.29128/geomatik.679858
- Orhan, O., Ekercin, S., Dadaser-Celik, F. (2014). Use of landsat land surface temperature and vegetation indices for monitoring drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey. The Scientific World Journal, 2014. DOI: 10.1155/2014/142939
- Polat, N., Dereli, M.A., Uğur, M.A., Yalçın, M. (2018) Termal uydu görüntülerinin jeotermal kaynak araştırmasında kullanılabilirliğinin araştırılması: Afyonkarahisar örneği. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 03(2018), 1-7.
- Polat, N. (2020). Mardin ilinde uzun yıllar yer yüzey sıcaklığı değişiminin incelenmesi. Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 2 (1), 10-15.
- Roy, S., Pandit, S., Eva, E. E., Bagmar, M. S. H., Papia, M., Banik, L., Dube, T., Rahman, F., Razi, M.A. (2020), Examining the nexus between land surface temperature and urban growth in chattogram metropolitan area of Bangladesh using long term landsat series data. Urban Climate, 2(2020), 1-22.
- Sobrino, J. A., Caselles, V., Becker, F. (1990). Significance of the remotely sensed thermal infrared measurements obtained over a citrus orchard. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 44: 343-54.
- Sobrino, J. A., Raissouni, N. (2000). Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Morocco. International Journal of Remote Sensing, 21: 353-66
- Sobrino, J. A., Jimenez-Munoz, J. C., Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. Remote Sensing of Environment, 90(4), 434-440.
- Sobrino, J. A, Jiménez-Muñoz, J. C., Guillem, Sòria, M., Luis Guanter, R., Moreno J., Plaza, A., Martínez., P. (2008). Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 46: 316-27
- Şener, E. (2016). Burdur Gölü Yüzey Sıcaklığı Mevsimsel Değişiminin Landsat 8 Uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 4(2), 67-73.
- Şekertekin, A., Marangoz, A. M. (2019). Zonguldak Metropolitan Alanındaki Arazi Kullanımı Arazi Örtüsünün Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisi. Geomatik, 4(2), 101-111.
- Şengün, M, Kıranşan, K. (2016). Bulanık-Malazgirt (Muş) Havzası'nın İklim Özellikleri. Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6 (12), 21-50.
- Tonyaloğlu, E. E. (2019). Kentleşmenin Kentsel Termal Çevre Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi, Efeler ve İncirliova (Aydın) Örneği. Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi, 2(1), 1-13.
- Uysal, M., Polat, N. (2015). An Investigation of the relationship between land surface temperatures and biophysical indices retrieved from Landsat TM in Afyonkarahisar (Turkey). Tehnički vjesnik, 22(1), 177-181.
- Yalçın, M., Polat, N., Uğur, M.A., Dereli, M.A., Çapadıç, A (2018). Jeotermal araştırmalar için landsat ile üretilen yer yüzey sıcaklığı anomalilerine etkileyen yükseklik etkisinin azaltılması. IV. Jeotermal kaynaklar ve doğal mineralli sular sempozyumu, Afyonkarahisar, 185-188.
- Yılmaz, E. (2013). Ankara Şehrinde Isı Adası Oluşumu. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara (Yayımlanmış)
- Yılmaz, E. (2015). Landsat görüntüleri ile Adana yüzey ısı adası. Coğrafi Bilimler Dergisi, 13(2), 115-138.
- Yuan, F., Bauer, M. E. (2006). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. Remote Sensing of Environment. 106(3), 375-386.
- Zhang, J. Q., Wang, Y. P., Li, Y. (2006). A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band6. Computers & Geosciences, 32(10), 1796-1805.

Zhang, Z. He, G. Wang, M. Long, T. Wang, G. Zhang, X. (2016). Validation of the generalized single-channel algorithm using Landsat 8 imagery and SURFRAD ground measurements. *Remote Sens. Lett.* 7, 810–816.

Wang, F., Qin, Z., Song, C., Tu, L., Karnieli, A., Zhao, S. (2015). An improved mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat 8 thermal infrared sensor data. *Remote Sensing*, 7(4), 4268-4289.

URL-1;

<http://lib.riskreductionafrica.org/bitstream/handle/123456789/1171/impacts%20and%20adapt>

[ation%20to%20climate%20change.pdf?sequence=1](#) Erişim Tarihi: 26.08. 2020.

URL-2;

<http://unfccc.int/resource/iuckit/cckit2001en.pdf>, Erişim Tarihi: 26.08.2020.

URL-3;

<http://mus.meb.gov.tr/www/cografiyapi/icerik/16> Erişim Tarihi 26/08/2020

URL-4;

<http://www.tuik.gov.tr/PreTabloArama.do?metod=search&araType=vt> Erişim Tarihi: 26/08/2020



© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Turkish Journal of Remote Sensing

<https://dergipark.org.tr/en/pub/tuzal>

e-ISSN 2687-4997



Crop Cover Fraction Estimation Based On Digital Images from 2014-2016: A Case Study of Kadirli in Osmaniye Province

Pınar Karakuş^{*1}, Hakan Karabörk²

¹Osmaniye Korkut Ata University, Engineering Faculty, Geomatic Engineering, Osmaniye, Turkey

²Konya Teknik University, Engineering Faculty, Geomatic Engineering, Konya, Turkey

Keywords

Crop Cover Fraction
Green Crop Tracker
RGB to HSI
Digital Camera
Object-Based
Classification

ABSTRACT

Crop cover fraction is commonly used to define ecosystem change and vegetation quality. In 2014, 2015 and 2016, color images were taken in approximately 90 sample fields at intervals of one to two weeks. Images were gathered in April, May, June and July. These 4 months means the growth period from planting until the harvesting. In this way, plant phenology was studied closely. Two approaches were used to estimate crop cover fraction in two crop types in this study. In first method, the images were transformed from the RGB color space to the HSI color space. Object-based classification was used to separate the images as the green vegetation and the non-green part. In the second method, The Green Crop Tracker software is used. The Green Crop Tracker is an applicable alternative to ground-based methods. In this approach, both the loss of time and the loss of labor is less than object-based classification. Results from the green Crop Tracker software and object based classification were compared during the growing seasons in 2014, 2015 and 2016 high correlation was obtained between these two methods (for 2014 $R^2=0.89$, for 2015 $R^2=0.87$, for 2016 $R^2=0.90$).

2014-2016 Dijital Görüntülerinden Bitki Örtü Kesitinin Tahmini: Osmaniye İli Kadirli Örneği

Anahtar Kelimeler

Bitki Örtü Kesiti
Green Crop Tracker
RGB'den HSI'ya
Sayısal Kamera
Nesne Tabanlı
Sınıflandırma

ÖZ

Bitki örtü kesiti, genellikle ekosistem değişikliği ve bitki örtüsü kalitesini tanımlamak için kullanılır. 2014, 2015 ve 2016 yıllarında bir ila iki hafta aralıklarla sahada yaklaşık 90 renkli görüntü alınmıştır. Görüntüler Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında elde edilmiştir. Bu 4 ay, ekimden hasada kadar olan büyüme dönemini içermektedir. Bu şekilde bitki fenolojisi yakından incelenmiştir. Bu çalışmada iki ürün türünde bitki örtü kesitini tahmin etmek için iki yaklaşım kullanılmıştır. İlk yöntemde, görüntüler RGB renk uzayından HSI renk uzayına dönüştürülmüştür. Nesne tabanlı sınıflandırma, görüntüleri yeşil bitki örtüsü ve yeşil olmayan kısım olarak ayırmak için kullanılmıştır. İkinci yöntemde Green Crop Tracker yazılımı kullanılmıştır. Green Crop Tracker, arazi tabanlı yöntemlere uygulanabilir bir alternatiftir. Bu yaklaşımda hem zaman kaybı hem de iş gücü kaybı, nesne tabanlı sınıflandırmaya göre daha azdır. Green Crop Tracker yazılımından ve nesne tabanlı sınıflandırmadan elde edilen sonuçlar, 2014, 2015 ve 2016 yıllarındaki büyüme sezonlarında karşılaştırılmış, bu iki yöntem arasında yüksek korelasyon elde edilmiştir (2014 için $R^2 = 0.89$, 2015 için $R^2 = 0.87$, 2016 için $R^2 = 0.90$).

* Corresponding Author

^{*}(pinarkarakuş@osmaniye.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-3727-7233
(hkarabork@ktun.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-7387-7004

Cite this article

Karakuş P & Karabörk H (2020). Crop Cover Fraction Estimation Based On Digital Images From 2014-2016: A Case Study Of Kadirli In Osmaniye Province. Turkish Journal of Remote Sensing, 2(2), 50-57.

1. INTRODUCTION

Fractional vegetation cover (FVC) is the ratio of vertically projected area of vegetation to the total ground surface (Song et al., 2017). This green vegetation has including leaves, stems, and branches (Purevdorj et al., 1998; Gitelson et al., 2002; Godinez-Alvarez et al., 2009; Xiao et al., 2017).

Crop cover fraction is a controlling factor terrestrial processes and climate models. Photosynthesis, transpiration, global climate changes are these terrestrial processes (Gutman and Ignatov, 1998; Barlage and Zeng, 2004; Jiapaer et al., 2011; Ameth, 2015; Song et al., 2017). In addition to this, crop cover fraction can be used as direct input to crop models. Also crop cover fraction is as a predictor of crop yield, above-ground biomass and plant nutritional status (Coy et al., 2016).

Ground based methods are a common tool for estimating crop cover fraction but are time consuming and labor intensive (Richardson et al., 2001). Due to the development of computer technology and digital image analysis, the use of digital images in the estimating FVC has gradually increased (Zhang et al., 2018).

Digital color images are analyses of changes in the spatial pattern of vegetation and an appropriate for vegetation classification (Bestelmeyer et al., 2006). Digital color imaging is also an active tool for detecting many soil and ecological processes, including wind erosion (Okin et al., 2006).

The green pixel percentage of the total number of pixels with the image processing software can be taken to obtain the information of crop cover fraction. The methods of threshold method (Lukina et al., 1999; Liu and Pattey, 2010), green to red band (Adamsen et al., 1999), spectral-contextual classifier (Zhou and Robson, 2001), Green Crop Tracker (Liu and Pattey, 2010), spectral mixture analysis method (Elmore et al., 2000), by counting the green pixels in the image (Purevdorj et al., 1998) have been used to estimating crop cover fraction from digital color images.

Digital color image analysis traditionally was performed using pixel based classification. In this method, each pixel's digital number is used individually. Another commonly used method is object-based classification. In this method, pixels are combined in a first step into objects that are homogeneous with consider to spatial or spectral characteristics (Ryher and Woodcock, 1996). Homogeneity in this case refers to smaller within-object than between-object variance. In a second step, those objects rather than single pixels are classified. HSI transformation can be applied to digital color images and then has been used to estimating crop cover fraction from these images (Ewing and Horton, 1999; Tang et al., 2000; Hemming and Rath, 2001; Laliberte et al., 2007).

In recent years, research into object-based classification of digital image photography has increased. Most studies using object-based

classification only estimate total vegetation cover of the plot (Fiala et al., 2006; Laliberte et al., 2007; Lee and Lee, 2011), estimation LAI (Liu and Pattey, 2010), vegetation monitoring (Sakamoto et al., 2012), crop identification (Meyer et al., 1999), weed detection (Perez et al., 2000; Sui et al., 2008). Crop cover fraction can be obtained faster, easier and more accurately with the help of digital cameras.

Some authors such as Hemming and Rath, 2001; Ewing and Horton, 1999; Karcher and Richardson, 2003 have reported increased accuracy in vegetation analysis using digital color images with HSI transformations rather than the original RGB bands. Green and other plant materials are intermixed constantly. In particular, it is difficult to distinguish between digital images that lack a near infrared band and consist of only red, green, blue bands.

Band inter-correlation is high in the RGB space rather than HSI space. Band inter-correlation is reduced, when images are transformed to the intensity-hue-saturation (HSI) space. RGB color representation of a cube, HSI is also based on the color sphere (Jensen, 2005). Intensity associates with brightness. Intensity is represented as the vertical axis of the sphere. Hue is the dominant wavelength of the color. Hue is represented as the circumference on the sphere. Saturation is expressed as the relative purity of the color. Saturation is represented as the sphere's radius. The HSI model splits up the intensity part from the color information. Hue and saturation parts relate to how humans perceive color (Jensen, 2005).

The Green Crop Tracker automatically takes estimates of crop cover fraction from digital color images of growing sunflower and corn crops. The software uses a histogram-based threshold technique applied to the RGB values of the images. This is done to estimates crop cover fraction by segmenting green canopy from soil and the other materials (Coy et al., 2016).

The aim of this study was to estimate crop cover fraction with digital camera images from approximately 1 to 1.5 m from the ground. Other aim is to compare the two methods used in the determination of crop cover.

2. METHOD

2.1. Study area and in situ data measurements

Content should be written in 2 columns with Cam The study area is located in Eastern Mediterranean region, Kadirli, Osmaniye, Turkey. It is located in between 36° and 37° north latitude and 35° and 36° east longitudes. The elevation from sea level of Kadirli is 95m. Area of Kadirli is 1071.3-kilometer squares.

The mean annual temperature is 18°C. The average minimum temperature is 6°C, the average maximum temperature is 42.8°C. The precipitation is higher in winter and autumn than in the other months. The mean annual precipitation is 827.5 mm.

The highest average temperature is 36°C in August and the coldest temperature is 3°C in January. The annual average amount of rain is 890/m².

This area was chosen as a study area because it has very fertile soil. The flora of the area are very rich in species. Lowlands are used for agriculture. Also, there are a lot of forest lands. The town has %39 green area and the forests, which is much more than world's average and Turkey's average standards.

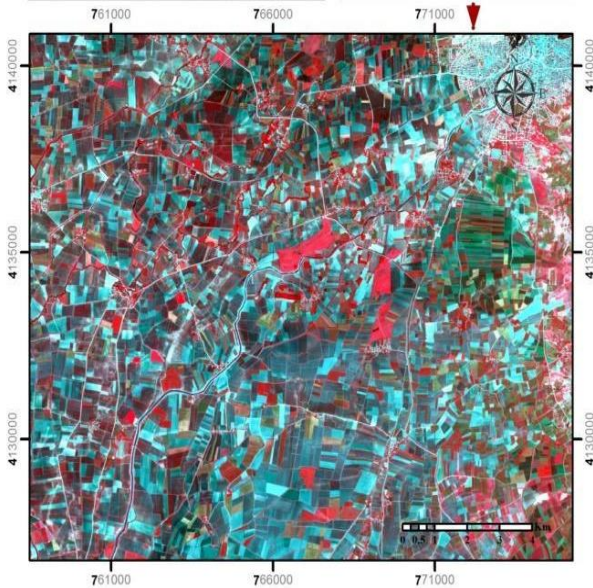


Figure 1. Study area

The experimental site, Kadirli, is located at the northeast of Çukurova and in the south of Orta Toros mountains. Çukurova region in the south of Turkey is one of the most agriculturally fertile lands in the world.

Kadirli, the biggest town of Osmaniye, is surrounded by Feke and Saimbeyli in the north, Adırın and Düziçi in the east, Osmaniye and Ceyhan in the south, Sumbas and Kozan in the west, as is shown in Figure 1 (Karakus ve ark.,2017). 2/3 of Kadirli land consists of lowlands and 1/3 consists of mountains.

Subtropical Mediterranean climate prevails in Kadirli. In summers it is hot and arid; in winter it is warm and rainy.

2.2. Vegetation cover measurement

The Sony DSC-s930, a digital camera, was used to determine the crop fraction. Vertical digital color images were taken over each of the 30 sample fields every year (total 90 sample fields) at 1-2-week intervals, as is shown in Figure 2. Digital images were taken from about 1-1.5 m height.

Digital color images were taken to determine the crop cover fraction estimates of crop cover fraction were made by classification of digital color photos with object-based classification and were used by Green Crop Tracker software. Digital color images for corn and sunflowers were collected

during 3 years, including the 2014-2016 crop cycle, in several sample fields in the Kadirli of Osmaniye. The images were imported into Ecognition Developer and converted from RGB to HSI space.



Figure 2. Sony DSC-S930 digital camera (URL-1)

2.3. RGB to HSI

From RGB to HIS image transformation was an useful phase for image classification. Each pixel of a digital color photo consists of three digital numbers. These are light intensity quantized in the red, green and blue bands (Liu and Pattey, 2010). RGB values can be converted directly to hue-saturation-intensity (HSI) values for ease of interpretation. The RGB color presentation is based on a cube, although HSI color presentation is based on a color sphere (Jensen, 2005). Hue of a color refers to which spectral wavelength it most closely matches and is expressed as an angle in HSI color space. Arbitrarily, 240° is blue, 120° is green and a hue of 0° is red. And Purple colors between 240 ° and 360 ° (Pan et al., 2007).

Converting from RGB to HSI format can be done as follows (Castleman, 1996):

$$H = \left[\frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right]$$

$$S = 1 - \frac{3 * \min(R, G, B)}{R + G + B}$$

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (1)$$

where R= Red
G=Green
B=Blue

represent the intensity levels recorded by the red, green and blue channels of the digital camera.

2.4. Image segmentation and analysis

eCognition Developer Software was used in the processing of digital images. Firstly, there was conversion from RGB to HSI for digital color images. An image is divided into homogeneous areas according to three parameters: scale, shape, and color in this method. Color and shape parameters can be weighted from zero to one. The scale parameter is

unitless. These parameter controls the relative size of image objects, with a larger scale parameter resulting in larger image objects (Definiens, 2016). We classified green canopy and the other materials. The number of green pixels in each image is divided into the total number of pixels in the image to determine the vegetation cover in the image. The k-nearest neighbors classifier is one of the most widely used methods of classification, because of it is simple and easy to implement. The k-nearest neighbors algorithm is a non-parametric method used for classification. Analysis in eCognition can be conducted using either a nearest-neighbor classification based on selected samples or with membership functions, representing a rule-based classification. Nearest neighbor classification is more appropriate when classes are more difficult to separate from each other. Because this approach is more appropriate to evaluate the relationship between object properties and to define a multidimensional feature space (Definiens, 2003). Suitable samples have to be selected for each class for a nearest neighbor classification.

2.5. Green crop tracker software

Green crop Tracker (GCT) is a histogram-based threshold method. Green crop Tracker is used to process digital color photographs taken on agricultural products. The Green Crop Tracker software can be used to process digital color images at a 57.5 ° tilting angle or portrait orientation, up and down (Liu and Pattey, 2010; Liu and Pattey, 2013).

3. RESULTS

3.1. Comparison of green crop tracker and object-based classification

Crop cover fraction values were obtained by using two methods. In the first method, the color images were converted from RGB to HSI with the eCognition software, as is shown in Figure 3-4.

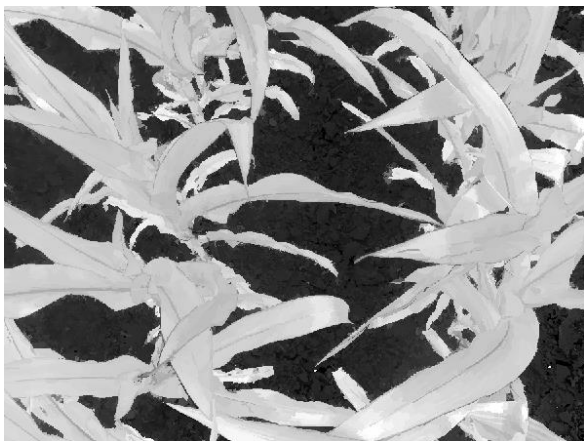


Figure 3. An example for digital camera images of 2014-4, corn plant images transformed RGB to HIS on 05.05.2014.



Figure 4. An example for digital camera images of 2014-3, sunflower plant images transformed RGB to HIS on 05.05.2014.

In the second part of the first method, samples are selected. An image is segmented into homogeneous areas based on three parameters: scale, shape, and color with multi resolution segmentation (Figure 5). Scale and shape parameters were selected as 0.1 and 60 in the phenological period of the crops, as is shown in Figure 6.

Then images classified green pixel and other materials, as is shown in Figure 7-8. Unclassified objects and wrongly assign objects are assigned to the correct classes. This period should be repeated if needed to correct classification results. Then to determine the vegetation cover in the image, the green crop pixels in each image were divided by the total pixel number of images.

In the second method, the crop cover fraction was determined by Green crop tracker software. Focal length, camera looking direction, camera looking angle, sensor horizontal size /mm, range of angle parameters are needed for estimation of crop cover fraction. From these parameters, the camera looking direction is selected down, looking angle is selected vertical, sensor horizontal size is taken 6,17 mm, range of angle is taken 3,4375 and focal length is taken 6,3 mm, as is shown in Figure 9.

Crop cover fraction values were determined by using Green Crop Tracker software by changing the required parameters, as is shown in Figure 9.

R^2 was used to establish the relationship between the two methods used in determining the crop cover fraction.

There is a high correlation between these two methods, as is shown in Figure 10-Figure 15.

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In this study, a reliable, fast and cost-effective method was used to determine the crop cover fraction from digital color images. As others have found, HSI transformation can be very useful for estimating crop cover fraction.

The object-based classification was also useful because it eliminated the 'salt and pepper effect'

common in pixel based classification. The ' salt and pepper effect ' originates from high local spatial heterogeneity, among neighboring pixels. The object-based classification can decrease many of these problems.

Object based classification from low altitude digital color image was an effective technique for estimating crop cover fraction and soil and for separating green and senescent vegetation. An additional advantage is the installation of permanent digital color images that can be used to detect vegetation changes over time.

According to the object-based classification with the Green Crop Tracker (GCT) software. Moreover, from fig10 to fig 15 it is always used as GCT, fractional crop cover was obtained in a shorter time. When R^2 values were examined, it was observed that the two methods estimated very close results.

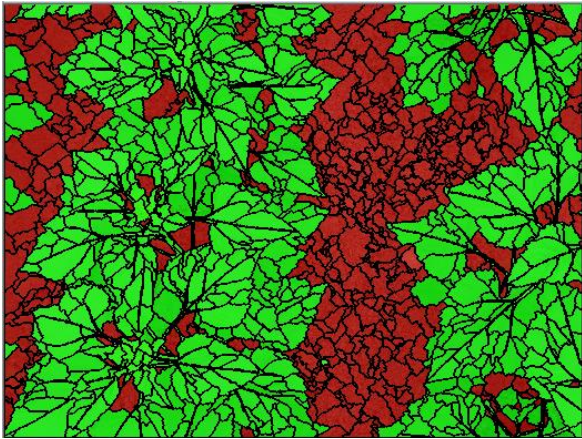


Figure 5. An example for digital camera images of 2014-3, sunflower plant images were segmented on 05.05.2014

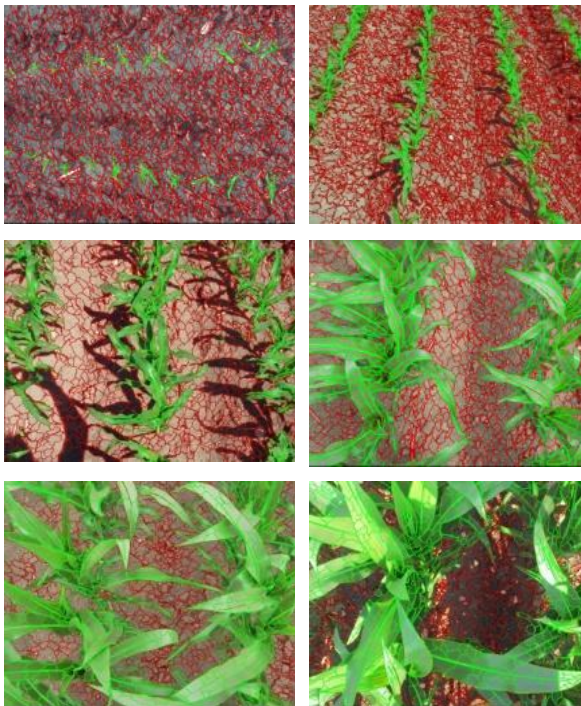


Figure 6. An example for digital camera images of 2014-3, corn plant images were segmented on 05.05.2014

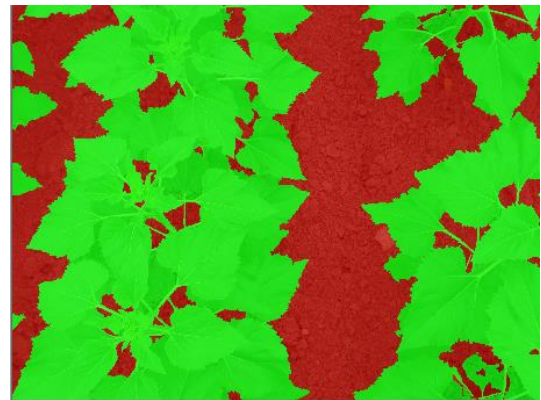


Figure 7. A digital camera image of 2014-3, sunflower plant image was classified sunflower and the other materials on 05.05.2014

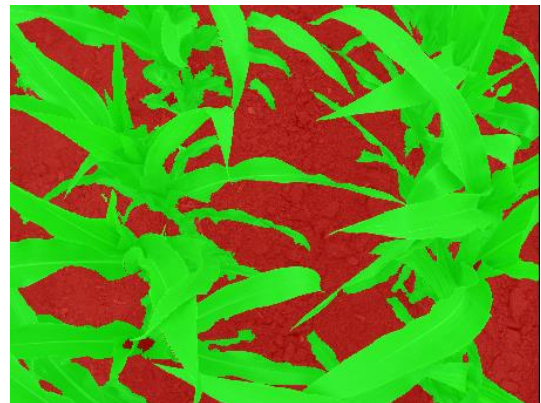


Figure 8. A digital camera image of 2014-4, sunflower plant image was classified sunflower and the other materials on 05.05.2014

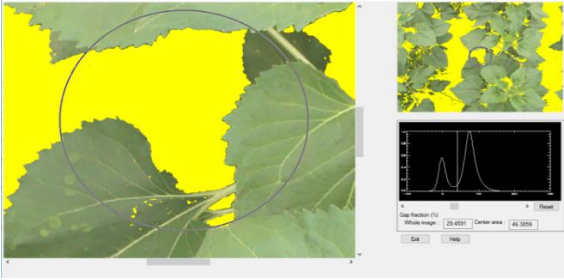


Figure 9. Digital camera images of 2014-23, sunflower plant image is classified by Green Crop Tracker software

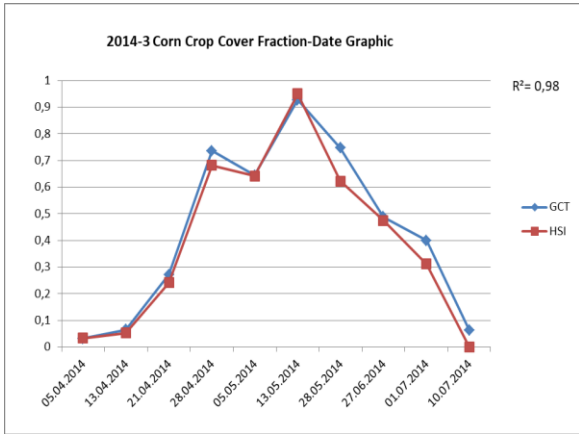


Figure 10. The relationship between two methods for 2014-3 corn field

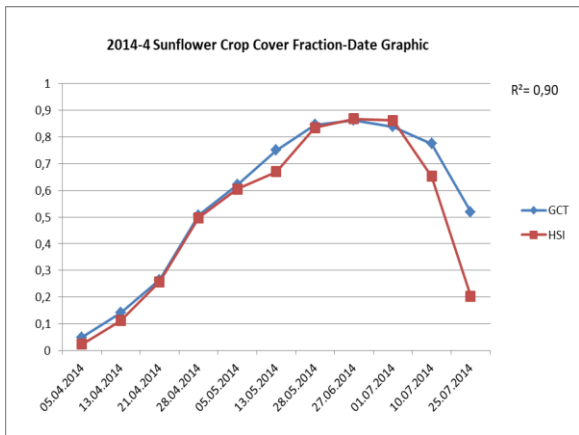


Figure 11. The relationship between two methods for 2014-4 sunflower field

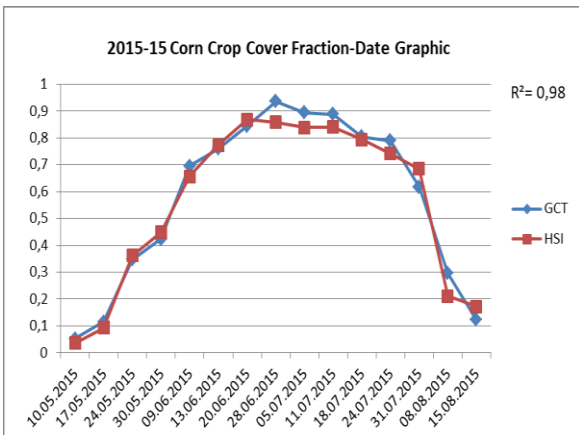


Figure 12. The relationship between two methods for 2015-15 corn field

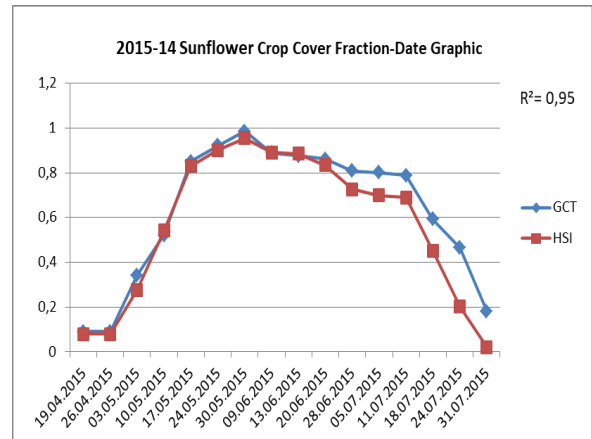


Figure 13. The relationship between two methods for 2015-14 sunflower field

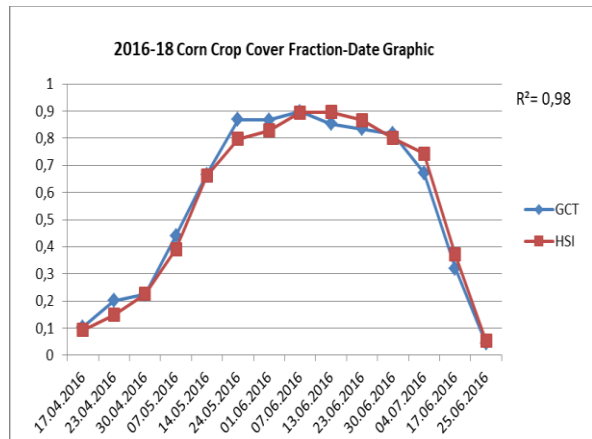


Figure 14. The relationship between two methods for 2016-18 corn field

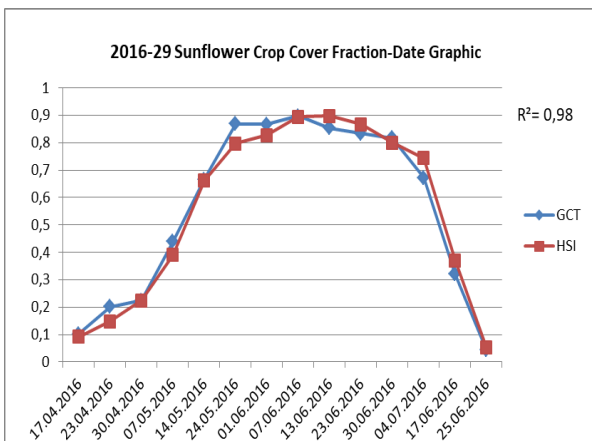


Figure 15. The relationship between two methods for 2016-29 sunflower field

ACKNOWLEDMENT

Acknowledgements of support for the Selcuk University Scientific Research Project (grant numbers 13101032, 2017 Konya, Turkey) are welcome. This article is extracted from my doctorate dissertation entitled “Çok Zamanlı Uydu Görüntü Verileri İle Tarımsal Ürünlerin Belirlenmesi Ve Verim Tahmini”, (Ph.D. Dissertation, Selcuk University, Konya/Turkey, 2017).

REFERENCES

- Definiens, ecognition Developer. (2016). User Guide.
- Ewing, R. P. & Horton, R. (1999). Quantitative color image analysis of agronomic images, *Agronomy Journal*, 91 (1), 148-153.
- Fiala, A.C.S., Garman, S.L., Gray, A.N. (2006). Comparison of five canopy cover estimation techniques in the western Oregon Cascades. *Forest Ecology and Management*, 232, 188-197.
- Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Stark, R. & Rundquist, D. (2002). Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction, *Remote Sensing of Environment*, 80 (1), 76-87.
- Godinez-Alvarez, H., Herrick, J. E., Mattocks, M., Toledo, D. ve Van Zee, J. (2009). Comparison of three vegetation monitoring methods: Their relative utility for ecological assessment and monitoring, *Ecological Indicators*, 9 (5), 1001-1008.
- Gutman, G., Ignalov, A. (1998). The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. *Int. J. Remote Sens.* 19 (8), 1533-1543.
- Hemming, J. & Rath, T. (2001). Computer-vision-based weed identification under field conditions using controlled lighting, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78, 233-243.
- Hirano, Y., Yasuoka, Y., Ichinose, T. (2004). Urban climate simulation by incorporating satellite—derived vegetation cover distribution into a mesoscale meteorological model. *Theor. Appl. Climatol.* 2004, 175-184.
- Jensen, J.R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective* (third ed), Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, pp. 164-167.
- Jiang, Z., Huete, A.R., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G., Zhang, X. (2006). Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction, *Remote Sens. Environ.*, 101, 366-378.
- Jiapaer, G., Chen, X., Bao A. (2011). A comparison of methods for estimating fractional vegetation cover in arid regions, *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(12), 1698-1710.
- Karakus, P., Karabork, H., Kaya, S., (2017), A Comparison Of The Classification Accuracies In Determining The Land Cover Of Kadirli Region Of Turkey By Using The Pixel Based And Object Based Classification Algorithms, *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2(2), 52-60.
- Karcher, D.E., & M.D. Richardson. (2003). Quantifying turfgrass color using digital image analysis. *Crop Science*, 43(3), 943-951.
- Laliberte, A.S., Rango, A., Herrick, J.E., Fredrickson, E.L., Burkett, L. (2007). An object-based image analysis approach for determining fractional cover of senescent and green vegetation with digital plot photography. *Journal of Arid Environment*, 69, 1-14.
- Lee, K.-J, Lee, B.-W. (2011). Estimating canopy cover from color digital camera image of rice field, *J. Crop Sci. Biotechnol.*, 14, 151-155.
- Liu, J. G. & Pattey, E. (2010). Retrieval of Leaf Area Index from Top-Of-Canopy Digital Photography over Agricultural Crops, *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, 1485-1490.
- Liu, J., Pattey, E., & Admiral, S. (2013). Assessment of in situ crop LAI measurement using unidirectional view digital photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 169, 25-34.
- Meyer, G. E., Hindman, T. W., Laksmi, K. (1999). *Machine Vision Detection Parameters for Plant Species Identification*, SPIE, Boston, MA, USA, 327-335.
- Moons, T. (1997). *3D Reconstruction and Modelling of Topographic Objects*. ISPRS Workshop, Stuttgart, Germany.
- Mu, X., Hu, M., Song, W., Ruan, G., Ge, Y., Wang, J., Huang, S. & Yan G. (2015) Evaluation of Sampling Methods for Validation of Remotely Sensed Fractional Vegetation Cover, *Remote Sensing*, 7, 16164-16182.
- Pan, G., Li, F., Sun, G. (2007). Digital camera based measurement of crop cover for wheat yield prediction. *Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Barcelona, Spain, 797-800.
- Perez, A.J., Lopez, F., Benlloch, J.V., Christensen, S. (2000). Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields, *Computers and Electronics in Agriculture*, 25 (3), 197-212.
- Purevdorj, T., Tateishi, R., Ishiyama, T. & Honda, Y. (1998). Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, 19 (18), 3519-3535.
- Ryherd, S, Woodcock C. (1996). Combining spectral and texture data in the segmentation of remotely sensed images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62, 181-194.
- Sakamoto, T., Gitelson, A.A., Nguy-Robertson, A.L., Arkebauer, T.J., Wardlow, B.D., Suyker, A.E., Verma, S.B., Shibayama, M. (2012). An alternative method using digital cameras for continuous monitoring of crop status. *Agric. For. Meteorol.* 154-155, 113-126.
- Smith, J. (1987a). Close range photogrammetry for analyzing distressed trees. *Photogrammetria*, 42(1), 47-56.
- Smith, J. (1987b). *Economic printing of color orthophotos*. Report KRL-01234. Kennedy Research Laboratories. Arlington, VA, USA.
- Smith, J. (1989). *Space Data from Earth Sciences*. (pp. 321-332). Amsterdam: Elsevier.
- Smith, J. (2000). Remote sensing to predict volcano outbursts. The International Archives of the Photogrammetry. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Kyoto, Japan, Vol. XXVII, 456-469.

URL-1:

<https://www.sony.com.tr/electronics/support/compact-cameras-dsc-s-series/dsc-s930>
[access date: 18.01.2017]

Zhang D., Mansaray L. R., Jin H., Sun H., Kuang Zh., Huang Jing-feng, (2018), A universal estimation model of fractional vegetation cover for different crops based on time series digital photographs, *Computers and Electronics in Agriculture*, 151,93-103.

Song W., Mu X., Ruan G., Gao Z., Li L., Yan G., (2017), Estimating fractional vegetation cover and the vegetation index of bare soil and highly dense vegetation with a physically based method, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 58, June 2017, 168-176.



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Turkish Journal of Remote Sensing

<https://dergipark.org.tr/en/pub/tuzal>

e-ISSN 2687-4997



Comparison of DEM based on Geodetic Methods and Photogrammetric Usage of UAV

Hasan Bilgehan Makineci*¹, Hakan Karabörk¹, Akif Durdu²

¹Konya Technical University, Engineering and Nature Sciences Faculty, Department of Geomatics Engineering, Konya, TURKIYE

²Konya Technical University, Engineering and Nature Sciences Faculty, Department of Electrical and Electronical Engineering, Konya, TURKIYE

Keywords

Accuracy Assesment
DEM
SfM
UAV

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) use in the production of the map for photogrammetric purposes. Unlike aerial photogrammetry, UAV cameras are non-metric amateur cameras. Therefore, they need some operations to use in photogrammetry. Structure from Motion (SfM) algorithms prefers for processing images because of the usage of the non-metric cameras. These algorithms generally identify key-points (via feature extraction) on the photos and match tie-points (via feature point matching) in overlap images. SfM is a photogrammetric technique that produces keypoint to match by identifying key points, such as edge-to-corner points, through high-resolution RGB photos. The scope of this study was to compare the results obtained by UAVs and the results acquired by ground truth data. In this comparison, SfM algorithm performance, the effects of flight height, overlap rate, and UAV-type on the model investigated, and significant results achieved. Additionally, the models obtained from the UAV photographs with different flight heights and overlaps in the areas with varying characteristics of the slope compared. Consequently, it determined the difference between around 20 cm (Z value), comparing the flight height of 80 m and the flight height of 120 m. Since it is observed that the flight height does not have a significant effect.

Jeodezik Tekniklerle ve İHA'nın Fotogrametrik Kullanımı ile Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Karşılaştırılması

Anahtar Kelimeler

Doğruluk Araştırması
İHA
SfM
SYM

Öz

Son yıllarda fotogrametrik amaçlı harita üretiminde İnsansız Hava Araçları (İHA) sıklıkla kullanılmaktadır. Hava fotogrametrisinde kullanılan kameraların aksine, İHA kameraları metrik olmayan kameralardır. Bu nedenle fotogrametride kullanmak için bazı işlemlere ihtiyaç duyarlar. 3 Boyutlu model üretiminde kameranın farklı pozisyonlardan bindirmeli fotoğraf çekimi esasına dayalı Structure from Motion (SfM) algoritmaları, metrik olmayan kameraların kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu algoritmalar genellikle fotoğraflardaki anahtar noktaları (öznitelik çıkarma yoluyla) tanımlar ve bindirmeli görüntülerde bağlantı noktalarını (öznitelik noktası eşleştirmesi yoluyla) eşleştirir. SfM, yüksek çözünürlüklü fotoğraflar aracılığıyla kenar noktaları köşe noktaları gibi kilit noktaları (keypoint) tanımlayarak eşleştirecek anahtar nokta (tie point) üreten bir fotogrametrik tekniktir. Bu çalışmanın amacı, İHA'lar ile çekilmiş fotoğraflardan 3B model üreterek, arazi verilerinden elde edilen 3B modelin karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırmada SfM algoritma performansı, uçuş yüksekliği, bindirme oranı ve İHA türünün model üzerindeki etkileri incelenmiş ve önemli sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca farklı uçuş yüksekliklerine sahip İHA fotoğraflarından elde edilen modeller ve farklı eğim özelliklerine sahip arazilerde de karşılaştırmalar gerçekleştirildi. Sonuç olarak 80 m uçuş yüksekliği ile 120 m uçuş yüksekliği arasındaki farkın (en büyük fark olarak) 20 cm olduğu (Z değerinde) tespit edilmiştir.

* Corresponding Author

*hbmakineci@ktun.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-3627-5826
(hkarabork@ktun.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-7387-7004
(adurdu@ktun.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-5611-2322

Cite this article

Makineci H B, Karabörk H & Durdu A (2020). Comparison of DEM based on Geodetic Methods and Photogrammetric Usage of UAV. Turkish Journal of Remote Sensing, 2(2), 58-69

1. INTRODUCTION

Photogrammetry is defined as the method of measurement and evaluation through various images without contacting objects. Due to the high accuracy and faster mapping of large areas, the photogrammetry method preferred for many years. Metric cameras used in aerial photogrammetry have a significant effect on this accuracy (Martínez-Carricondo et al., 2018).

Unlike metric cameras used in aerial photogrammetry, UAV cameras (generally) are amateur cameras (non-metric). For this reason, they must pass through some stages to use in photogrammetry — UAVs commonly used in remote sensing in the last quarter-century. Compared to satellite and aircraft-based systems, repetitive measurement capacity offers significant advantages for users in terms of data production with low cost and very high resolution (Comert. et al., 2019). One of the crucial reasons for the increase of the photogrammetric usage of UAVs is the increase in the use of highly self - executing software. This software offers high model accuracy and easy-to-use user-friendly methods. In particular, the evaluation of the final products of end-user software is an essential issue for researchers (Cryderman et. al., 2014, Draeyer and Christoph 2014, Strecha, 2014).

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is called a plane that does not carry any pilot or people and command remotely. UAV provides outstanding contributions to fast and up-to-date data collection. It is necessary to determine the accuracy of these products obtained in these low-cost systems (Uysal, M., et al., 2018). Scientific researches carried out through UAVs can be considered very new. In contrast to military studies, the use of UAV for civil purposes has increased remarkably over the last decade (Mesas-Carrascosa, et. al. 2014, Colomina and Pere 2014). UAVs including photogrammetric digital elevation model (DEM) production, agricultural research, and applications (Berni, J., AJ., et al., 2009), transportation (Martínez-Carricondo, P., et al., 2018, Amukele, T. K., et al., 2015), architectural studies, environmental factors, monitoring, emergency and disaster situations, technological research, entertainment, and education sector and more others nowadays, it is used in almost every different branches.

Considering that the production costs are low, the model accuracy produced by UAVs is higher than expected (Cryderman, C., et. Al., 2014). The latest research shows that the accuracy of the position of the products produced by UAVs with the new technology is well above the expectations. According to RTK-GNSS based measurement results, DEM with a point density of 35 points/ha and UAV DEM, whose point density calculated as 235 points/ha, were compared, when UAV-based DEM used as the reference plane, the volumes of excavations found to be very close to each other (Akgul, M., et al., 2018).

Despite the negativities such as short flight distances, low battery life, and insufficient camera resolutions in general, UAVs are found successful and sufficient by the researchers. The recent development and research activities are so intensive on this issue and that it is expected to perform a much more critical role in the future (Cryderman, C., et. Al., 2014, Mesas-Carrascosa, F. J., et al., 2014, Berni, J. AJ., et al., 2014, Martínez-Carricondo, P., et al., 2018, Amukele, T. K., et al., 2015).

UAVs are mainly composed of 3 components (Colomina, I., and Pere M., 2014, Arik, S., et. Al., 2018). The first and most crucial component is the main body. In this section, the engine, battery, wing are inside (vital mechanical equipment for flight). The second component includes the whole the electronic sensors that calculate the aircraft's positional status, angular velocity and linear acceleration (such as a gyroscope). The latest component is the sensors that are preferred by the users. For public use as a payload, RGB cameras are the most preferred sensors. Sensors that can obtain images in different bands (Near Infrared, Infrared, Radar, Sonar, Thermal Sensors, Multispectral Sensors, Hyperspectral Sensors, etc.) (Sabins, F., 2007) can be used for different goals if preferred by the users.

Model-generating software from UAV photographs generally produces results via a mathematical algorithm that base on the structure (known as "Structure from Motion"-SfM) (Carr, B. B., et al., 2019, Strecha, C., 2014). This algorithm focus on the combination of photographs taken from points with different bases with common matching points. In general, point matching algorithms in the literature such as FAST, SURF, ORB most commonly used methods (Govender, N., 2009). Also, In order to evaluate the reproducibility of a 3D model based on a UAV platform and structure-from-Motion algorithms, research frequently examined areas described by gentle slopes, with sets of ground control points. The mean absolute error tested by SfM is only 0.06 m (Clapuyt, F., et. al., 2016).

The cartographic representation of elevation data, which represents a specific part of a land, is divided into a grid, is called the Digital Elevation Model (DEM). DEM can proceed in many different ways. From stereo satellite images, interferometric SAR (InSAR) technique, stereo aerial photographs, and more other. It is possible to create DEM with many different techniques (Makineci, H. B., and Karabörk, H., 2016).

There are some struggles with the UAV flight plan examination. A study accompanied to review the effects of several altitudes and UAV types on the UAV-SfM based model correctness. It is illustrated to use UAVs for creating model aim relevant requirements (Yurtseven, H., 2019). Our study aimed to compare the results produced with the UAVs and the results produced by ground measurements and to determine the height differences between them. For this purpose, models of different types of terrain

(high slope area, sloping area, and flat field), different types of UAVs (fixed-wing and rotary vanes), and different flight parameters (flight height and overlap rates) produced. DEM has also been produced in the field by measurements (Real Time Kinematic RTK Method). By comparing the data of these two methods, accuracy analysis performed on the height differences of the points from sea level. To interpret the differences statistically and to be evaluated more quickly, a normal distribution was applied, three sigma rules applied, and the points outside the 95% confidence interval were determined — the effects of a normal distribution on accuracy investigated by subtracting the points outside the confidence interval. Also, points classified according to different field types and the effect of the slope on accuracy found. All results were interpreted, and the correlation between the models investigated.

2. METHOD

2.1. Used Unmanned Aerial Vehicles and Cameras

UAVs used to produce models are of two different types (Fig. 1). SenseFly eBee Plus model was used as fixed-wing UAV. The camera has a S.O.D.A (RGB) camera with the plugged camera. The fixed-wing UAV with a wingspan of 96 cm weighs about 700 gr. and can remain in the air for 50 minutes according to the factory data. For the fixed-wing UAV with integrated GNSS IMU systems, the wind resistance is specified as a maximum of 12 m / s. For the camera plugged on it, for S.O.D.A, the manufacturer is given 20-megapixel RGB sensor and 2.9 cm/pixel Ground Sample Distance (GSD) (for AGL 122 m flight height).



Figure 1. DJI Phantom 4 Pro Rotary Wing UAV and Integrated RGB Camera and SenseFly Ebee Fixed Wing UAV and RGB Camera S.O.D.A

DJI Phantom 4 Pro was used as the rotating winged UAV. An integrated RGB camera is used as a camera. This UAV has a wingspan of 35 cm (diagonal size) and weighs 1380 gr. In addition, according to the manufacturer's data, the wind resistance of the

UAV which can remain in the air for 30 minutes is stated as 10 m/s. Features of the integrated camera are given as 20-megapixel RGB sensor and 3.33 cm/pixel Ground Sample Distance (GSD) (for AGL 122 m flight height). The rotary wing UAV with GNSS IMU systems is one of the most well-known industrially known brands worldwide. Table 1 shows the characteristics of the UAVs and cameras.

Table 1. Specs of the UAVs and cameras

UAV Name and Model	UAV Type	Camera Resolution	Wind Resis.	Max. Flight Time	Flight Speed Range
SenseFly Ebee	Fixed Wing	20 Megapixel	12 (m/s)	~50 min.	11-25 m/s
DJI Phantom 4 Pro	Rotary Wing	20 Megapixel	10 (m/s)	~30 min.	3-16 m/s

2.2. Study Area

In order to carry out the field work, coordinates between 542000.00m E - 4179760.00m N (UTM Zone 36s), region near the Karapınar district of Konya was preferred. This region is a rural area and is usually an uninhabited land with no vegetation near the agricultural areas. It is an area where the gradients of the field are gradually occurring and have different slopes suitable for the study. As can be seen in Fig. 2, which shows slope transitions, sharp transitions are not seen much in the region.

Located to the Karapınar district, the area is given in Fig. 2 (green-hatched region) is approximately 40 hectares and the area around 2.55 km. The field measurements and the environmental account are shown in Fig. 2 with Google earth pro software.

2.3. Structure from Motion (SfM)

This recent photogrammetric technique produces points to match by identifying keypoints such as edge-to-corner points through high-resolution RGB photographs. It also determines the routes of the same points by producing these points in the following photos. In this way, it calculates the base size (detects movement). By combining this information, it produces a model in matched points. If images captured by a camera can be scaled, it is sufficient to detect motion to obtain a fixed object model (Micheletti, Natan, et. Al., 2015, Govender, N., 2009).

SfM requires point correlation between images. Marked points (keypoints) are selected from each image. For this, an algorithm such as the Kanade-Lucas-Tomasi (KLT) algorithm can be used (14). If the photo-acquisition centers are close to each other, this algorithm provides a high success. Unfortunately, when the photographing centers' distance increases there will be the possibility for problems. In this case, feature matching algorithms (SIFT, SURF, ORB, etc.) are used (Makineci, H. B., et

al., 2020). The basic principle of these algorithms is that they solve the epipolar geometry of the photographic axes where the camera is located. Any point in a photograph is associated with an epipolar line in the other camera and the scale (base distance)

is determined. In all related photographs, conjugate points are identified and combined and a sequence is formed between the images. In this way, the motion of the images is determined.

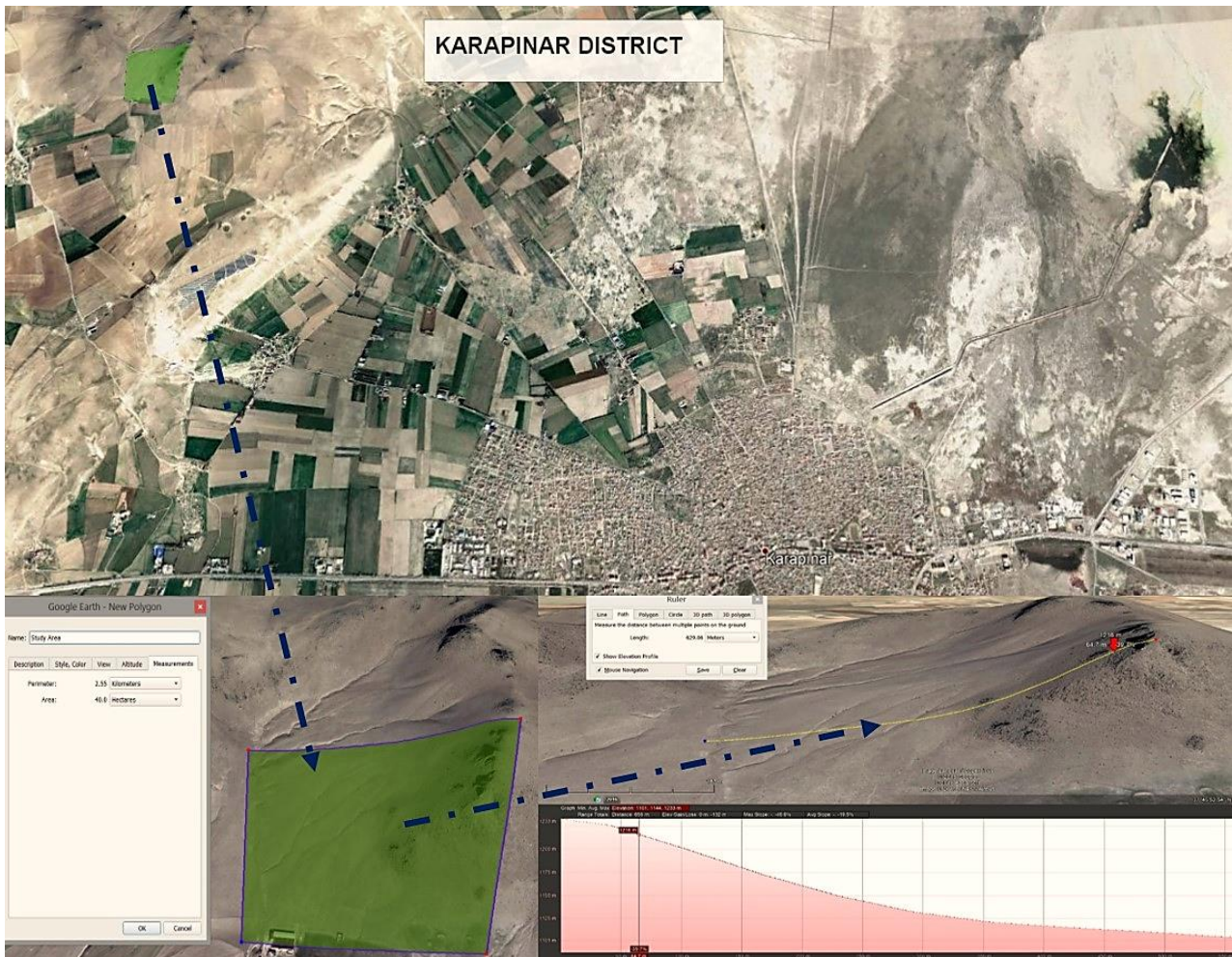


Figure 2. Working Area (Karapınar District and Study Area “green-hatched region”) and Slope of Study Area

2.4. 3D Model Creation

Firstly, photos acquired based on photogrammetric basics (include with frontal overlap and side overlap) are import to the software (Pix4D). The following operations are done step by step automatically with the software.

- Photos merged, Key Points generated from each photo during this process (as described in SfM), Key Points produced in each photo matched with the related photos (tie point), and as a result, Sparse Cloud created.
- The points are densified and created "Dense Cloud" (the software performs the interpolation automatically).
- The surface is producing from Dense Cloud with triangulation (Mesh Model).
- Color values can be assigned and details to be clarified. The pictures are texturing to the surface model obtained from the dense cloud.
- In order to obtain a detailed texture, to obtain more accurate visualization, the surfaces are divided into pieces named tiled model (grid-grid network).

- Producing a regular grid piece (containing elevation data) representing a terrain (known as DEM).
- To determine transversal sections and longitudinal sections, to calculate volume-area calculations, contour lines produced.
- Orthomosaic produced that combines the entire photos.
- In addition to all these, if there are also Ground Control Points (GCP), it can be added to increase the accuracy of the model and to determine the accurate scale and coordinate transformations.

After the 3D model produced, the export can provide in different data formats. Intensive Point Data is exported as a point cloud and prepared for comparison with the points generated from the land. It can also export in DEM and Orthomosaic raster format. Users proceed to the accuracy analysis section through different alternatives. It is also possible to produce models with different operations based on these steps.

Three-sigma Rule

In the statistics, rule 68 - 95 - 99.7 (also called the empirical rule) is an estimation method used to determine the percentage of the values of the standard deviation widths between one and three that are within the normal distribution. According to the ranges, 68%, 95%, and 99% are one, two, and three standard deviations of the mean, sequentially (Gaikwad, L. M., et al., 2016). Notably, the normal distribution is shown in Fig 3 with the mean of the μ distribution and the standard deviation σ .

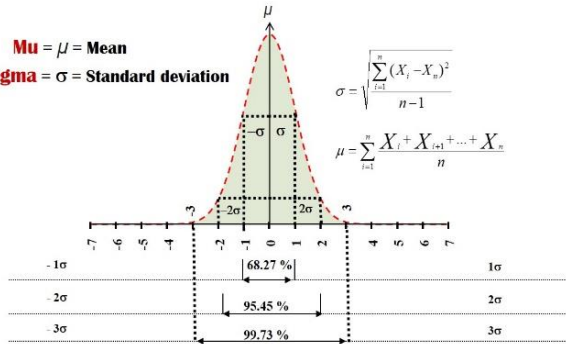


Figure 3. Three-sigma Rule

The Normal Distribution Analysis used to determine the coherence of the values and to eliminate the unpredictable measures called rough error. In general, an evaluation is made according to the number of data collected in scientific studies. If there are a large number of data, the values in the 99.7% confidence interval are analyzed by deducting the mean of 1 sigma (standard deviation) from the mean before evaluating. However, in the case of relatively few data, a 95% confidence interval (2 sigmas from the mean) is generally preferred in scientific research.

The standard deviation is a type of measure used to determine the variation, distribution, or trend of the group of values (Ahn., S., and J., A. F., 2003), as can be seen from Eq. (1); Standard Deviation is expressed by StD. ZR shows the elevation of the point from the reference data, and ZDEM shows the elevation of the point from the model.

$$\text{Std} = \sqrt{(\sum_{i=1}^n ((Z_{Ri} - Z_{DEM_i}))^2 / (n-1))} \quad (1)$$

The standard deviation and mean are the two most important values to determine the confidence interval. When performing the normal distribution analysis, a calculation is made for the 95% confidence interval, as in the Eq. (2). X stands for one value; μ means the mean value, and σ is the standard deviation.

- a) $\mu - \sigma \leq X_i \leq \mu + \sigma \cong 0.683$
- b) $\mu - 2\sigma \leq X_i \leq \mu + 2\sigma \cong 0.955$
- c) $\mu - 3\sigma \leq X_i \leq \mu + 3\sigma \cong 0.997$ (2)

2.5. Collecting Ground Truth Data

Photographs taken by UAVs were combined in software to produce DEM. A reference surface must use to investigate the accuracy of the produced model. Several field studies conducted to determine the surface of the ground (reference surface). The geoid roles as the fitting reference surface for height systems in the world-affirming orthometric heights. The production conditions of GCPs determined by following the " Photogrammetric Ground Works "section of the large scale map and map information production in Turkey. These GCPs fixed in square or circle format with a diameter of 3xGSD or an edge on the photo. Different colors of outer circles can create, and three or four arms of appropriate length can be marked to make the signs better visible. GCPs can be white or in contrasting colors with their surroundings. The sample GCP marked in the ground is shown in Fig. 4.



Figure 4. Sample of GCPs

Ground truth measurements (to produce a reference ground surface) were made by connecting the GNSS receiver to the Real Time Kinematic (RTK) method. A network of points of approximately 10 m intervals formed in the ground. More than thousand points measured, and the reference surface obtained — all points used for accuracy analysis for DEMs produced by UAV photographs. Thinking the atmospheric conditions, terrain types, and natural living conditions, making a positive effect on the flight plan. Timepieces, where atmospheric conditions were most appropriate, were determined as the flight hours when the sun rays did not fall perpendicular. Besides, many parameters such as wind, pressure, temperature, humidity, the location of GNSS satellites determined. A survey conducted on the hawk bird species in which habitat found in the region. All parameters were determined to be the most important day, time, and region determined by planning the flight.

Similar preferences were made for flight planning with fixed-wing UAV and with rotary-wing UAV to examine similar features of points. The

following chart (table 2) shows the average duration of the flights, the number of photographs taken, the Ground Sample Distance (GSD), and the total

distance at which the UAV flies. In the same chart, flight planning features included.

Table 2. Flight plans and flight properties

Rotary Wing UAV										
Type	Date	Flight Time	Area m ² (m x m)	Frontal Overlap (%)	Side Overlap (%)	Camera Look Angle (°)	Flight Height (m)	Photo Count (Adet)	Perimeter (m)	Flight Duration (min)
DJI Phantom 4 Pro	6.8.2018	12:22:29	515 x 560	70	63	90	100	337	5142	13:10
DJI Phantom 4 Pro	6.8.2018	12:49:23	515 x 560	80	72	90	100	604	6263	22:39
DJI Phantom 4 Pro	7.8.2018	10:02:57	515 x 560	80	72	90	120	416	5151	16:09
DJI Phantom 4 Pro	6.8.2018	14:28:40	515 x 560	70	63	90	80	568	6254	20:53
DJI Phantom 4 Pro	6.8.2018	17:21:48	515 x 560	70	63	90	90	268	6900	16:12
Fixed Wing UAV										
Type	Date	Flight Time	Area m ² (m x m)	Frontal Overlap (%)	Side Overlap (%)	Camera Look Angle (°)	Flight Height (m)	Photo Count (Adet)	Perimeter (m)	Flight Duration (min)
Sense Fly Ebee RTK+	7.8.2018	11:52:00	510 x 560	80	65	90	120	176	15200	18:00
Sense Fly Ebee RTK+	8.8.2018	11:32:00	510 x 560	80	65	90	170	134	16500	18:00

2.6. Findings of Accuracy Assessment Analysis

As a result of the studies, a total of seven models DEM produced. In Fig. 5, all the models are shown together. Besides, the slope map produced to classify the points shown in Fig. 5. The points that acquired in the area found on

DEMs and the coordinates matched. Accuracy analyses performed by comparing the Z values of the points whose coordinates match in the area with the Z values determined from the DEM.

Figure 7 shows all of the ground truth points. In Fig. 6, ground truth points classified by slope classes. Each slope class has been evaluated separately for the evaluation of ground truth points by the slope.

All control-points obtained from the terrain matched with the elevation value corresponding to their horizontal coordinates (X - Y) and the differences calculated. The ground truth points on the generated models shown in Fig. 6. Also, ground points are classified according to the slope where they match (on the slope map), and these classes are shown in Fig. 6.

Accuracy assessments made for all points in the models (except for some points). The results of the

accuracy assessment give in Table 3. The accuracy estimation for the models was determined by obtaining standard deviations from all points (including sharp points). The minimum and the maximum difference of each model are shown in the table. The average of the differences also infers in Table 3.

The evaluations included in Table 3 also contain the points that are analyzed to have rough errors. The accuracy analysis obtained by discarding the rough errored points from the accuracy assessment is given in Table 4.

In addition, Root Mean Square Error (RMSE) analysis was added to the study to make it more statistically significant. Since it is a frequently preferred method in DEM studies in the literature, RMSE_z was calculated and interpreted in the results. In order to recognize the relationship between the points, the slope of the points is shown in Fig. 5. The accuracy analysis of the points classified according to the slopes produced from this figure also has to be performed. Table 5 shows the number of points, standard deviations, mean values, minimum and maximum values.

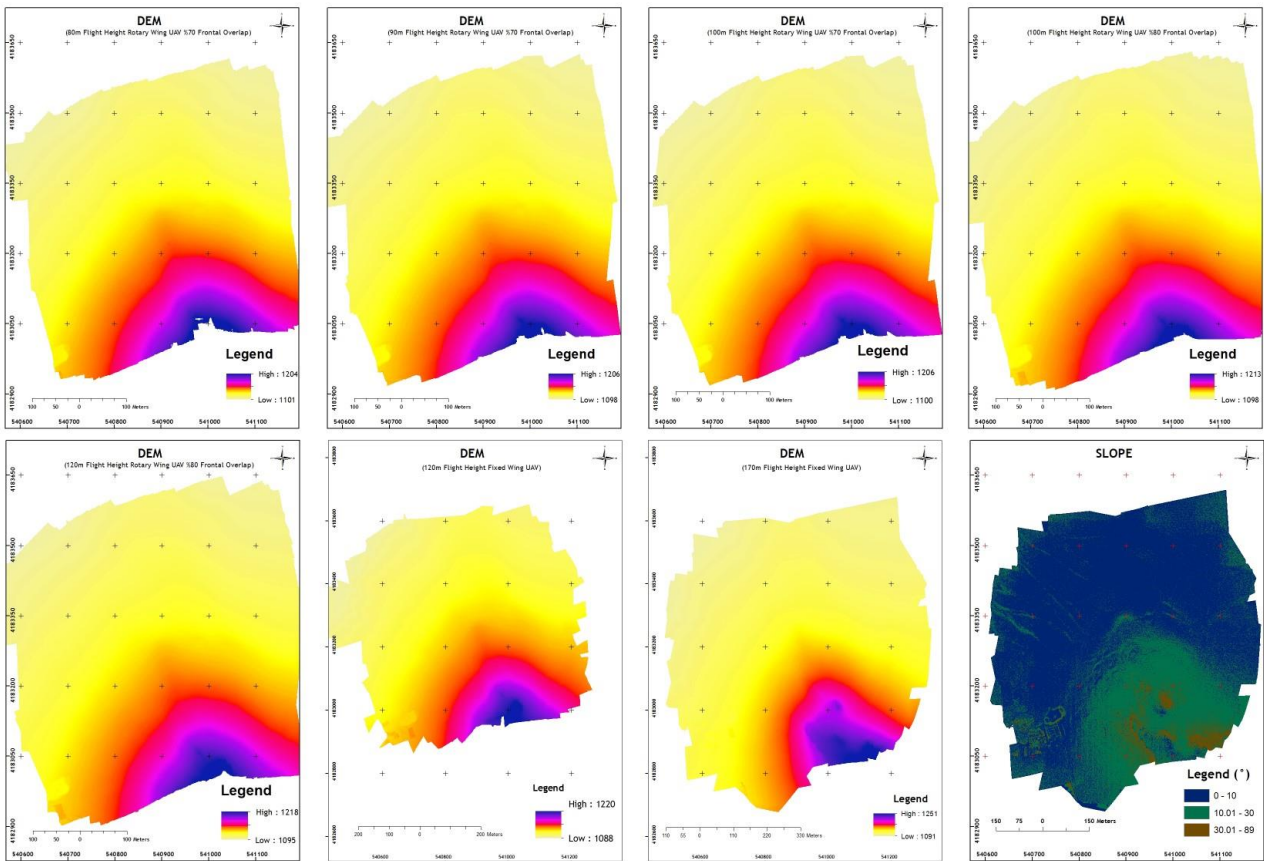


Figure 5. All DEMs Produced from Different Flight Plans and Slope Map Generated from DEMs

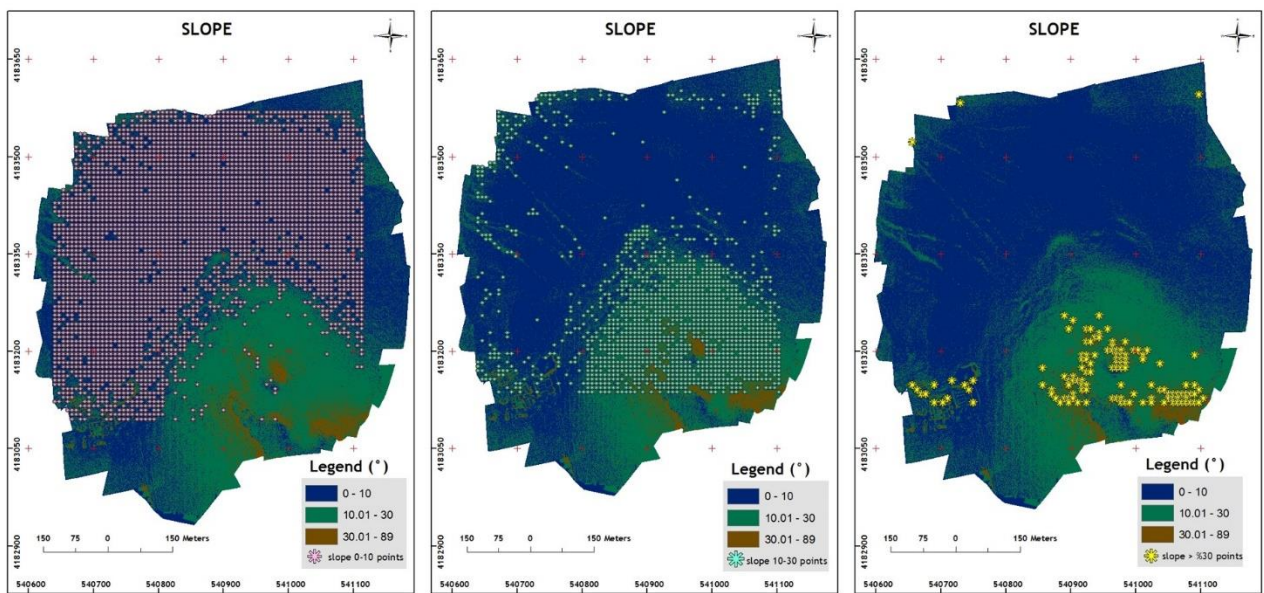


Figure 6. Classification and Illustration of Ground Truth Points on Various Slopes

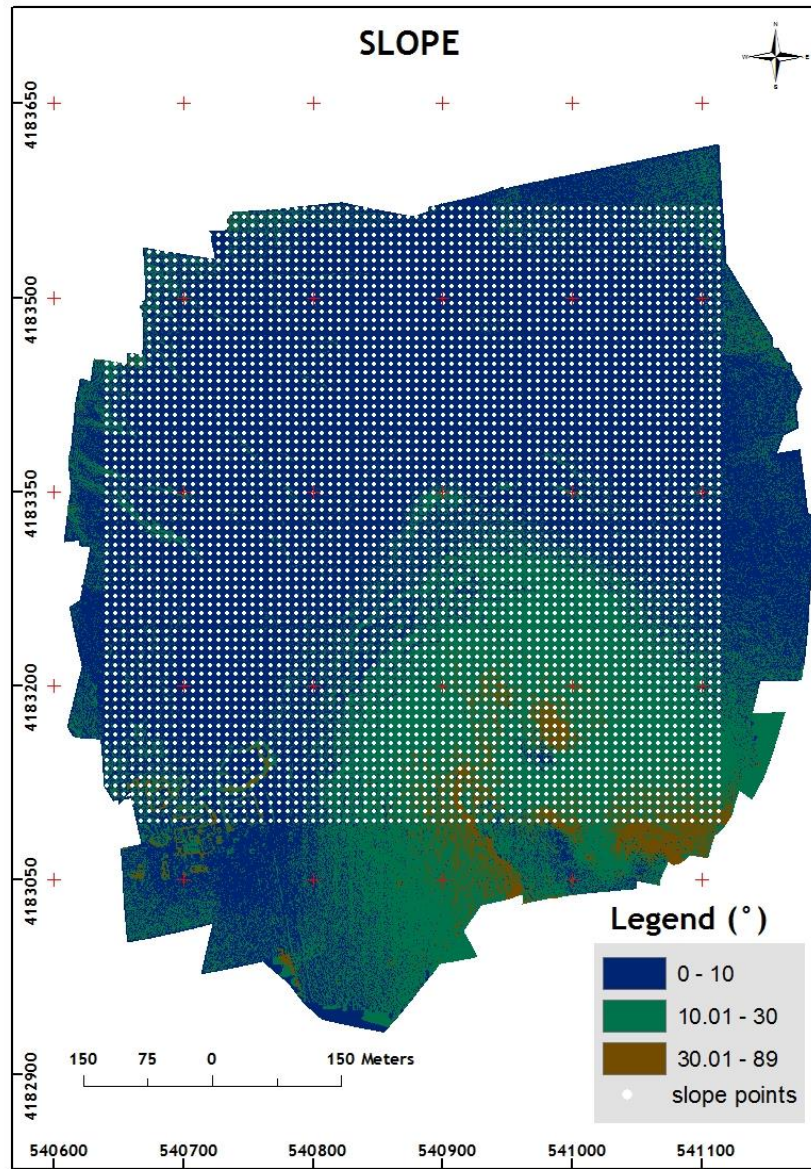


Figure 7. Distribution of Ground Truth Points on Slope Map

Table 3. Accuracy Assessment for All Points in The DEMs (including rough errored points)

<i>Flight Type</i>	<i>Standart Deviation (m)</i>	<i>Mean (m)</i>	<i>Max. (m)</i>	<i>Min. (m)</i>	<i>Points (Piece)</i>	<i>RMSE_z (m)</i>
80 m Flight Height (AGL) Rotary Wing UAV (%70 frontal overlap)	1.18	1.2	11.3	-4.9	1188	1.57
90 m Flight Height (AGL) Rotary Wing UAV (%70 frontal overlap)	1.25	1.2	12.1	-5.0	1360	1.69
100 m Flight Height (AGL) Rotary Wing UAV (%70 frontal overlap)	1.19	1.2	12.3	-5.2	1319	1.66
100 m Flight Height (AGL) Rotary Wing UAV (%80 frontal overlap)	1.2	1.3	12.1	-5.0	1595	1.49
120 m Flight Height (AGL) Rotary Wing UAV (%80 frontal overlap)	1.21	1.4	12.0	-7.5	1801	1.60
120 m Flight Height (AGL) Fixed Wing UAV (%80 frontal overlap)	1.32	1.3	13.1	-7.6	1677	1.76
170 m Flight Height (AGL) Fixed Wing UAV (%80 frontal overlap)	1.67	1.6	12.0	-13.4	1025	2.01

Table 4. Accuracy Assessment for All Points in The DEMs (contains 95% Confidence Intervals)

<i>Flight Type</i>	<i>Standart Deviation (m)</i>	<i>Mean (m)</i>	<i>Max. (m)</i>	<i>Min. (m)</i>	<i>Points (Piece)</i>	<i>RMSE_z (m)</i>
80 m Flight Height (AGL) Rotary Wing UAV (%70 frontal overlap)	0.78	1.2	6.5	-1.9	1052	1.04
90 m Flight Height (AGL) Rotary Wing UAV (%70 frontal overlap)	1.02	1.2	6.6	-2.0	1212	1.16
100 m Flight Height (AGL) Rotary Wing UAV (%70 frontal overlap)	0.96	1.2	6.5	-2.0	1177	1.11
100 m Flight Height (AGL) Rotary Wing UAV (%80 frontal overlap)	0.98	1.3	6.7	-2.1	1431	1.11
120 m Flight Height (AGL) Rotary Wing UAV (%80 frontal overlap)	1.0	1.4	6.1	-2.1	1561	1.12
120 m Flight Height (AGL) Fixed Wing UAV (%80 frontal overlap)	1.11	1.3	6.9	-2.6	1434	1.29
170 m Flight Height (AGL) Fixed Wing UAV (%80 frontal overlap)	1.23	1.6	7.5	-3.2	1741	1.52

Table 5. Accuracy Assessment of Classified Points in Slope Map

<i>Slope Type (°)</i>	<i>Standart Deviation (m)</i>	<i>Mean (m)</i>	<i>Max. (m)</i>	<i>Min. (m)</i>	<i>Points (Piece)</i>	<i>RMSE_z (m)</i>
0 - 10	0.81	1.18	10.1	-2.1	1319	1.05
10.01 - 30	1.79	1.86	10.9	-7.6	1449	2.24
> 30	2.8	3.05	10.1	-2.1	322	4.72

3. RESULTS

To explain what has been done in practice of research section and make it remarkable, results-oriented explanations made in this section. It was written as a necessary part to relate results and objectives in the study and to reveal the findings. The results generally divided by terrain slope classes and confidence intervals. All classes illuminated step by step, and all explained separately.

A model that is 70% overlapping with a rotary-wing UAV from a height of 80 m (above ground) was produced. When the ground control points acquired from the land assessed with this DEM, the standard deviation determined as 1.18 m and RMSE_z determined as 1.57 m. After the incoherent points eliminated from the model, which did not match the normal distribution curve (95% confidence interval). The standard deviation found 0.78 m and RMSE_z determined as 1.04 m after the elimination of rough error points.

Second model that is 70% overlapping with a rotary-wing UAV from a height of 90 m (above ground) was produced. When the ground control points acquired from the land assessed with this DEM, the standard deviation determined as 1.18 m and RMSE_z determined as 1.69m. After the incoherent points eliminated from the model, which did not match the normal distribution curve (95% confidence interval). The standard deviation found

1.02 m and RMSE_z determined as 1.69 m after the elimination of rough error points.

The model produced from a flight height of 100 m (70% overlapped), with a rotary-winged UAV and 337 photos. The standard deviation determined as 1.19 m and RMSE_z determined as 1.66 m. The rough errors identified and incoherent measurements eliminated from the model. The standard deviation found to be 0.96 m and RMSE_z determined as 1.11 m in the accuracy assessment.

Another model produced from a flight height of 100m, with a rotary-winged UAV and an 80% overlapped 337 photos. The standard deviation was determined as 1.20 m when compared to DEM and the ground truth data. The so-called coarse error was determined, and incoherent points removed from the model. Then, the standard deviation found 0.98 m and RMSE_z determined as 1.11 m.

From the height of 120m with an 80% overlap, another model produced with 416 photographs, with the rotary-winged UAV. The standard deviation determined as 1.21 m and RMSE_z determined as 1.60 m. The rough errored points were determined and removed from the analysis. The standard deviation found 1.0 m and RMSE_z determined as 1.12 m after the removal of rough errors. At the same flight height, another model produced with 604 photos (an 80% overlapped) obtained from the fixed-winged UAV. The standard deviation determined as 1.32 m and RMSE_z determined as 1.76 m. The rough errors

identified and the incoherent points eliminated from the model. The standard deviation determined as 1.11 m and RMSE_z determined as 1.29 m in this accuracy assessment.

Lastly, 170 m height (from the ground), a DEM produced with fixed-wing UAV, 80% overlapped 134 photos. The standard deviation determined as 1.67 m and RMSE_z determined as 1.76 m. Incoherent points excluded from the system, which did not match the 95% confidence interval. The standard deviation found to be 1.23 m and RMSE_z determined as 1.52 m.

According to slopes, the study area divided into three classes. One thousand three hundred nineteen points detected in the flat areas (0 - 10° slope) — the standard deviation value determined as 0.81 m and RMSE_z determined as 1.05 m in flat areas. One thousand four hundred forty-nine points evaluated in the middle slope zone (10.01 - 30° slope), and as a result, 1.79 m standard deviation detected, and RMSE_z determined as 2.24 m. Finally, three hundred twenty-two points determined in high slope areas (slope higher 30°). The standard deviation of 322 points found 2.8 m and RMSE_z determined as 4.72 m.

4. DISCUSSION

As recognized from the charts, the coherence of the models with each other is powerful. The GCPs used in the creation steps of the models measured with GNSS (RTK) with tremendous accuracy. GCPs arranged for each DEM and coordinate transformations fitted with the corresponding points. Therefore, it is achievable to have confidential results for all models.

Thus, it achieved the difference between around 20 cm (for elevation line), analyzing the flight height of 80 m (with rotary-wing UAV), and the flight height of 120 m (with rotary-wing UAV). Since it is observed that the flight height does not have a significant effect, it is commented that it is not undesirable to fly high in projects that do not require very high result accuracy. As a general idea, it was determined that the photos taken with a high overlap rate and the flights made from low altitudes do not have a high impact on model accuracy.

The accuracy mentioned for UAVs in general literature is higher. However, the final product accuracy may have been affected because the research was carried out in an area where the terrain structure is not very proper for producing 3D models. Also, because UAVs are the mechanisms that are densely affected by wind, high-intensity wind may cause the expected accuracy to be not achieved.

In this study, the effect of flight height, overlap rate, and UAV type on the model investigated, and significant results gained. It has presented to the literature as an essential reference for future studies. Results and findings were discussed and concluded as an article for researchers.

ACKNOWLEDMENT

This Project supported by Selçuk University Scientific Research Projects with 18401080 project ID.

This study was made from Hasan Bilgehan Makineci's doctoral thesis titled "*Photogrammetric Based Image Acquisition and Flight Optimization by Unmanned Aerial Vehicle*".

REFERENCES

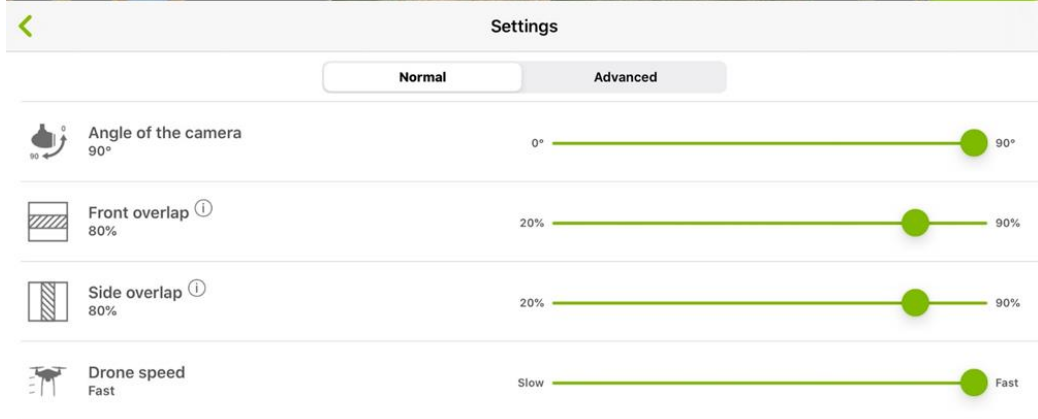
- Akgul, M, Yurtseven H, Gulci S, Akay A E (2018). "Evaluation of UAV-and GNSS-based DEMs for earthwork volume." *Arabian Journal for Science and Engineering* 43.4: 1893-1909.
- Ahn, S, and Jeffrey A. F. (2003). "Standard errors of mean, variance, and standard deviation estimators." EECS Department, The University of Michigan, 1-2.
- Amukele, T. K., Sokoll, L. J., Pepper, D., Howard, D. P., & Street, J. (2015). Can unmanned aerial systems (drones) be used for the routine transport of chemistry, hematology, and coagulation laboratory specimens?. *PLoS one*, 10(7), e0134020.
- Arik, S, Turkmen I, and Oktay T. (2018). "Redesign of morphing UAV for simultaneous improvement of directional stability and maximum lift/drag ratio." *Advances in Electrical and Computer Engineering* 18.4: 57-63.
- Berni, J. A., Zarco-Tejada, P. J., Suárez, L., & Fereres, E. (2009). Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle. *IEEE Transactions on geoscience and Remote Sensing*, 47(3), 722-738.
- Carr, B. B., Clarke, A. B., Arrowsmith, J. R., Vanderkluysen, L., & Dhanu, B. E. (2019). The emplacement of the active lava flow at Sinabung Volcano, Sumatra, Indonesia, documented by structure-from-motion photogrammetry. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 382, 164-172.
- Clapuyt, F., Vanacker, V., & Van Oost, K. (2016). Reproducibility of UAV-based earth topography reconstructions based on Structure-from-Motion algorithms. *Geomorphology*, 260, 4-15.
- Comert, R., Avdan, U., Gorum, T., & Nefeslioglu, H. A. (2019). Mapping of shallow landslides with object-based image analysis from unmanned aerial vehicle data. *Engineering Geology*, 260, 105264.
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 92, 79-97.
- Cryderman, C., Mah, S. B., & Shufletoski, A. (2014). Evaluation of UAV photogrammetric accuracy for mapping and earthworks computations. *Geomatica*, 68(4), 309-317.

- Draeyer, B., & Strecha, C. (2014). White paper: How accurate are UAV surveying methods. *Pix4D White Paper*.
- Gaikwad, L. M., Teli, S. N., Majali, V. S., & Bhushi, U. M. (2016). An application of Six Sigma to reduce supplier quality cost. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 97(1), 93-107.
- Govender, N. (2009). "Evaluation of feature detection algorithms for structure from motion."
- Makineci, H. B., and Karabörk H. (2016). "Evaluation Digital Elevation Model Generated by Synthetic Aperture Radar Data." *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences* 41.
- Makineci, H. B., Karabörk, H., & Durdu, A. (2020). "The Performance Evaluation of Image Matching Techniques within UAV Images", *Turkish Journal of Geosciences*, 1(1), 8-14.
- Martínez-Carricondo, P., Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., Mesas-Carrascosa, F. J., García-Ferrer, A., & Pérez-Porras, F. J. (2018). Assessment of UAV-photogrammetric mapping accuracy based on variation of ground control points. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 72, 1-10.
- Mesas-Carrascosa, F. J., Notario-García, M. D., de Larriva, J. E. M., de la Orden, M. S., & Porras, A. G. F. (2014). Validation of measurements of land plot area using UAV imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 33, 270-279.
- Micheletti, N, Jim H. C, and Stuart N. L. (2015). "Structure from motion (SfM) photogrammetry."
- Sabins, F F. (2007). "Remote sensing: principles and applications." Waveland Press.
- Strecha, C. (2014). "The rayCloud—a vision beyond the point cloud." FIG Congress.
- Uysal, M, Yılmaz, M, Tiryakioğlu, İ, Polat, N. (2018). İnsansız hava araçlarının afet yönetiminde kullanımı. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B - Teorik Bilimler*, 6, 219-224.
- Thiels, C. A., Aho, J. M., Zietlow, S. P., & Jenkins, D. H. (2015). Use of unmanned aerial vehicles for medical product transport. *Air medical journal*, 34(2), 104-108.
- Yurtseven, H. (2019). "Comparison of GNSS-, TLS-and different altitude UAV-generated datasets on the basis of spatial differences." *ISPRS International Journal of Geo-Information* 8.4: 175.

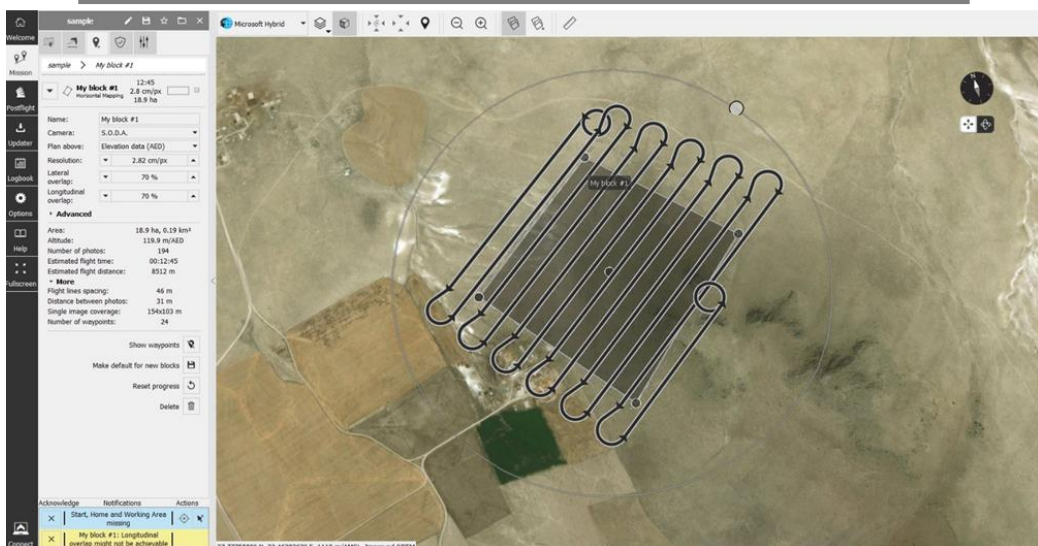
Appendix

GCP Point List

POINT ID	X (M)	Y (M)	ELEVATION -Z- (M)
GCP100	540854,542	4183107,795	1143,539
GCP101	540853,665	4183221,507	1131,689
GCP102	541014,765	4183191,321	1144,026
GCP103	541038,158	4183080,744	1175,361
GCP104	540991,314	4183076,072	1181,547
GCP105	541033,735	4183346,319	1120,467
GCP106	540856,488	4183389,589	1117,526
GCP107	540690,984	4183028,012	1126,198
GCP108	540680,933	4183190,195	1117,285



Sample Flight Plan of 120 m Height Fixed-winged UAV



© Author(s) 2021.
 This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Uzaktan Algılama Teknikler ile Akşehir Gölü'ndeki Alansal Değişiminin İzlenmesi

Elif Büşra ÇAĞLAYAN¹, Furkan EREL¹, Emre Batuhan SAMUR¹, Metin DENİZ¹, Mohammad Asef MOBARİZ¹, Gordana KAPLAN²

¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ABD Eskişehir, Türkiye

² Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Uzaktan Algılama
Derin Öğrenme
Kuraklık
NDWI

ÖZ

Su alanlarının haritalanması ve izlenmesi için son yıllarda, uzaktan algılama ve derin öğrenme yöntemleri ve teknikleri, başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada Akşehir Gölü'nün uzun yıllık dönemde seviyesinde ve alanında meydana gelen değişimler coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama verileri ve teknikleri ile incelenmiştir. Bu çalışmada Landsat görüntüleri kullanılmıştır. Göl yarı kurak iklimin etkileri altında bulunmaktadır. Gölün su miktarının artışı yağışlar, dereler, kar erimeleri ve yer altı suları sağlar, azalışını ise yeraltı suyu çekimleri, derelerin sulamada ve içme suyu olarak değerlendirilmesi, buharlaşma ve sulamada yararlanma oluşturur. Analiz aşamasında, Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) indeksleri ve derin öğrenme yöntemleri kullanarak kuraklık tespit edilmiştir. 1985'ten, 2020'ye kadar, elde edilen sonuçlar, Akşehir Gölü'nün su sınırının ve su kütesinin önemli bir derecede azaldığını göstermiştir. NDWI kullanılarak yapılan analizler sonucunda; 1985 yılında gölün sınırı 366.6 km² iken, 2020 yılında gölün sınırı 36.9 km² olarak tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, derin öğrenme bant oranlama tekniklerine başarılı bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Bu çalışma su alanlarındaki alansal değişimleri uzaktan algılama verileri ve teknikleriyle yüksek doğrulukla belirlenebileceğinin önemli bir örneğidir.

Monitoring Akşehir Lake's Area Changes Using Remote Sensing Techniques

Keywords:

Remote sensing
Deep Learning
Drought monitoring
NDWI

ABSTRACT

In recent years, remote sensing and deep learning methods and techniques have been successfully used for mapping and monitoring water area changes. In this study, the changes occurring in the level and area of the Akşehir Lake in the long-term period were examined by geographic information systems and remote sensing techniques. In this study, we used Landsat imagery. The lake is under the effects of a semi-arid climate. The increase in the amount of water of the lake is provided by precipitation, streams, snow melting and groundwater, and its decrease is groundwater draft, utilization of streams as irrigation and drinking water, and utilization in evaporation and irrigation. During the analysis phase, drought was determined using indices such as Normalized Difference Water Index (NDWI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and deep learning techniques. The results obtained from 1985 to 2020 showed that the water limit and water body of Akşehir Lake decreased significantly. As a result of the analyzes made using the NDWI; While the border of the lake was 366.6 km² in 1985, the border of the lake was determined as 36.9 km² in 2020. This study is an important example that monitoring changes in water areas can be determined with high accuracy using remote sensing data and techniques.

Sorumlu Yazar

(elifbusrac@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-4781-8374
(furkanerel.1@hotmail.com) ORCID ID 0000-0002-6239-782X
(emrebatuhansamur@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-4378-3944
(metindeniz@hotmail.com) ORCID ID 0000-0001-9026-6176
(m.asefmobariz@gmail.com) ORCID ID 0000-0001-8002-1327
(kaplangorde@gmail.com) ORCID ID 0000-0001-7522-9924

Kaynak Göster(APA);

Çağlayan E B, Erel F, Samur E B, Deniz M, Mobariz M A & Kaplan G (2020). Uzaktan Algılama Teknikler ile Akşehir Gölü'ndeki Alansal Değişiminin İzlenmesi. Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 2(2); 70-76

1. GİRİŞ

Su, ekolojik ve toplumsal aktivitelerin ayrılmaz bir parçası ve yaşamın kaynağıdır. Yeryüzündeki değerli doğal kaynakların başında gelen su dünyada ve Türkiye’de yoğun biçimde kullanılmaktadır. Özellikle yarı-kurak iklime sahip, yıllık yağışın belirli mevsimlerde gerçekleştiği Türkiye gibi ülkelerde sürdürülebilir su kaynakları yönetimi gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır. Su, yeryüzünün en zengin ve en üretken ekosistemlerinden biridir (Kaplan vd., 2020).

Çağımızın hızla gelişen uydu teknolojisi, artan yersel ve tayfsal ayırım gücü ile yeryüzü doğal kaynakları hakkında yerbilimcilerine, arazi kullanım planlamacılarına doğruluğu çok yüksek, gerçekçi ve güncel veriler sunmaktadır. Uydu teknolojisinin, 1970’li yıllardan itibaren yeryüzünün her bölgesini belirli zaman aralıklarında gözlemleyebilme özelliği, yeryüzünde olan değişiklikleri bir biçimde ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda, uzaktan algılama teknikleri ile yeryüzü doğal kaynaklarında olan zamansal değişimler en kısa zaman diliminde ve gerçeğe yakın bir şekilde belirlenebilmektedir. Bu nedenle kıyı alanlarının periyodik olarak izlenmesi ve değişimlerin analiz edilmesi gerekmektedir (Çatal ve Dengiz, 2015).

Su kaynaklarını izleme; planlama, sürdürülebilir kalkınma ve değişim analizleri açısından büyük önem taşımaktadır. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) açısından doğru ve güncel veri elde edinmek için çok önemli bir parametredir. Uzaktan algılama ile çalışan bilim insanlarına veri kaynağı olarak en önemli katkı Landsat programıdır. Landsat programı, uzaktan algılamanın bir bilim dalı olarak büyüme ve kabul edilmesi için önemli bir katkı olmuştur (Sabins Jr, 1987). Landsat uydu görüntüleri; tarım, haritacılık, jeoloji, ormancılık, bölgesel planlama, eğitim ve daha birçok küresel değişim araştırma ve uygulama için önemli bir kaynaktır. Landsat verileri “EarthExplorer” web sitesinden ücretsiz olarak indirilebilmektedir. Uzaktan algılamada kullanılan matematiksel birçok spektral endeksler (McFeeters, 1996; Pettorelli vd., 2005) Landsat uydu görüntüleri kullanarak elde edilmiş ve farklı alanlarda kullanılmaktadır. Su alanlarının değişim analizinde kullanılan Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI) kuraklık izlenmesi için kullanılabilir bir endekstir. Su kuraklık izleme için kullanılan diğer endekslerin yanı sıra (Omute vd., 2012) NDWI kayıp su alanlarının hesaplanması için de kullanılabilir. Ayrıca son yıllarda uzaktan algılama çalışmalarında derin öğrenme de önemli yer almaktadır. Birçok çalışmada derin öğrenme teknikleri ile kıyı çizgisi, su kenarı ve su alanları çıkarmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır (Acharya vd., 2019; Erdem vd., 2018).

Meydana gelen iklim değişikliklerinin neden olduğu kuraklık sorunu, su kaynaklarının etkin yönetiminin sağlanmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu etkin kullanımın gerçekleşmesi için, bilgilerin

klasik yöntemlerden ziyade hızlı, ekonomik ve yüksek doğrulukta su yönetim planlama ve politikalarına aktarılması gerekmektedir. Farklı kullanımların etkisine ve ani değişimlere açık olan su kaynaklarının da, değişim izleme çalışmalarında kullanılması, hızlı ve doğru plan kararlarının alınmasında önemli rol oynamaktadır (Efe ve Demir, 2007; Emanuel, 2018; Kaplan ve Avdan, 2017; Wang vd., 2019).

Bu çalışmada Akşehir Gölü’ndeki zamana bağlı değişiklikler incelenmiştir. Bu amaçla, NDWI ve Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü Endeksi (NDVI) endeksleri kullanılmıştır. Ek olarak derin öğrenme teknikleri de değerlendirilmiştir. Kıyı çıkarımı ve su alanı tespiti uzaktan algılamanın temel uğraş alanları arasında yer almaktadır. Kural bazlı algoritmalar ile birçok çözüm mevcuttur. Bunlar belirli kombinasyonların hesaplanması ile ve sabit eşik değerlerine göre sınıflama yapmaktadırlar. Bazı durumlarda istenmeyen sonuçlar üretebilmektedirler. Örneğin NDWI hesaplamasında bazen bulutlu alanların gölgeleri de sulu alan olarak değer vermektedir. Güncel çalışmalar derin öğrenme algoritmalarının sınıflama, nesne çıkarımı yapma konusunda kural bazlı algoritmalara uygun bir alternatif çözüm olduklarını göstermektedir.

Bu bağlamda Akşehir Gölü üzerinde NDWI ve Derin öğrenme sonuçlarını karşılaştırılacak bir çalışma amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında farklı bant kombinasyonları ile su yüzey alanı tespiti yapılması hedeflenmiştir. Bu çalışma; Akşehir Gölü’ndeki su seviyesinin ekonomik ve hızlı tespit edilmesi, su kaynaklarının etkin yönetimine katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada; Türkiye’nin Orta Anadolu bölgesinde yer alan Akşehir Gölü’nü izlemek için 1994 – 2020 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri analiz edilmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. Çalışma alanı

Bu çalışmada Akşehir Gölü ve çevresi incelenmiştir. Akşehir Gölü, ülkemizde Sultan Dağları ile Emir Dağı arasındaki çöküntü alanında yer alan, Akşehir İlçe’sine 10,2 km uzaklıkta bulunan ve yaz aylarında sıcak ve kurak, kış aylarında ise soğuk ve yağışlı iklimin görüldüğü karasal iklimin egemen olduğu, Konya ve Afyonkarahisar il sınırları içerisinde yer alan ve küresel ısınmanın etkilerine bağlı olarak kuraklık derecesinin de etkili olduğu Türkiye’nin beşinci büyük gölü konumundadır. İdari olarak Konya ve Afyonkarahisar illeri sınırları içerisinde yer almaktadır. Kapalı bir havzada bulunduğundan dışarıya akıntısı yoktur. Akşehir gölünün özellikleri Tablo-1’de verilmiştir (Elmacı ve Obalı, 1998).

Tablo 1. Akşehir Gölü Özellikleri

AKŞEHİR GÖLÜ	
KONUM	İç Anadolu Bölgesi, Türkiye
KOORDİNAT	37°47'0"K, 31°33'0"D
UZUNLUK	39 km
GENİŞLİK	20 km
YÜZÖLÇÜMÜ	353 km ²
ORTALAMA DERİNLİK	171m
EN DERİN NOKTASI	8 m
YÜZEY RAKIMI	954

2.2. Veri

Akşehir gölününün 1984 yılından günümüze kadar olan fiziksel değişiminin incelenmesi için tamamen Landsat uydu görüntülerinden yararlanılmış olup gerekli veriler Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) sitesinden Level-2 olarak temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan görüntüler, mevsimsel değişimlerden etkilenmemek için bulutsuz ve açık bir ay olan Ağustos ayından seçilmiştir. Çalışma alanı 1681.5 km² olarak belirlenmiştir. Ek olarak mevsimsel değişim analizi için 1987 ve 2019 yılları için bahar ve sonbahar görüntüleri de incelenmiştir. Kullanılan görüntüler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri

Sensör	Tarih	Bulutluluk Oranı	Path/Row
Landsat 5	13.05.1984	10.00	178/33
Landsat 5	04.10.1984	2.00	178/33
Landsat 5	07.12.1984	0.00	178/33
Landsat 5	20.08.1985	0.00	178/33
Landsat 5	02.08.1990	0.00	178/33
Landsat 5	13.08.2000	1.00	178/33
Landsat 5	23.07.2004	0.00	178/33
Landsat 5	22.08.2009	0.00	178/33
Landsat 8	20.08.2014	5.74	178/33
Landsat 8	14.05.2019	8.04	178/33
Landsat 8	02.08.2019	0.64	178/33
Landsat 8	06.11.2019	0.09	178/33

2.3. Yöntem

Bu çalışmanın ana amacı Akşehir Gölü'ndeki zamansal değişimi tespit etmektir. Su alanı hesaplamak için literatürde sık kullanılan spektral indeks olan, NDWI kullanılmıştır. NDWI indeksini hesaplamak için Landsat'ın yeşil bant ve yakın kızılötesi band kullanılmıştır. Formülü aşağıda verilmiştir. NDWI değerlerine üç sınır verilmiştir; sıfırdan küçük değerler su olmayan alanlar olarak sınıflandırılmış, 0 - 0,2 arasındaki değerler sığ su alanlar olarak belirlenmiş, 0,2'den büyük değerler ise su alanlar olarak sınıflandırılmıştır (Kaplan vd., 2019).

$$NDWI = \frac{Yeşil - YKÖ}{Yeşil + YKÖ}$$

Ayrıca, gölün etrafındaki alansal değişimler için NDVI kullanılmıştır. NDVI formülü aşağıda verilmiştir.

$$NDVI = \frac{YKÖ - Kırmızı}{YKÖ + Kırmızı}$$

NDVI değerleri dört farklı sınırlarla sınıflandırılmıştır. Sıfırdan küçük değerler çıplak arazi, 0 - 0,2 çıplak tarım alan, 0,2 - 0,5 yeşil alanlar ve 0,5'ten büyük yoğun yeşil alanlar (Avdan ve Jovanovska, 2016).

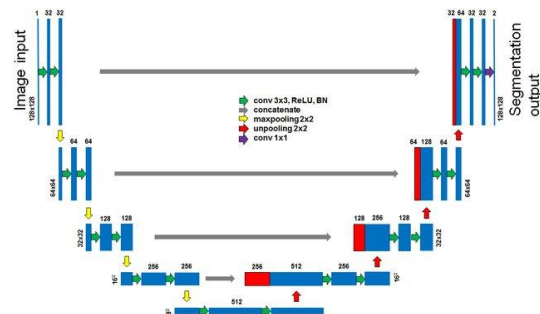
2.4. Derin Öğrenme

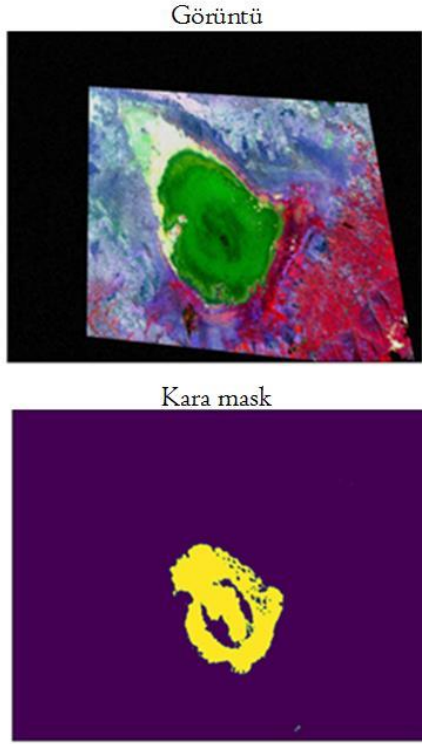
Derin öğrenme, makine öğrenmesi sınıflarından bir tanesidir. Temel olarak, verinin temsilinden öğrenmeye dayanmaktadır. Üst düzeydeki özellikler, alt düzeydekilerden türetilerek hiyerarşik bir temsil oluşturulmakta ve bu temsil; soyutlamanın farklı düzeylerine karşılık olan birden çok temsil seviyesini öğrenmektedir (Song ve Lee, 2013).

CNN (Convolutional Neural Network) ise nesne çıkarımı için özelleşmiş olan derin öğrenme algoritmasıdır. Görüntüleri daha küçük parçaları bölüp bu parçalar üzerinde özel filtreler uygulayarak nesnelerin hatlarını belirginleştirmeyi amaçlamaktadır. U-net bir CNN algoritmasıdır. Genel CNN yapısına ilaveten görüntüleri küçültüp filtreledikten sonra büyük resmi tekrar bir araya getirir (Şekil 2) (Krizhevsky ve Hinton, 2012).

Veri hazırlama aşamasında eos.com download api kullanılarak veri temini sağlanmıştır. Toplamda 2013-2020 tarihleri arasında 86 adet uydu görüntüsü indirilmiştir. Rastgele seçilen 76 tane görüntü ağı eğitmek için, kalan 10 tanesi de test için kullanılmıştır.

NDWI hesaplaması sonucunda 3 sınıf için anlamlı değerler üretilmektedir. -1 ile 0 arası kara, 0.01 ile 0.2 arası sığ su ve 0.21 ile 1 arası da derin suyu temsil eder. Sonraki adımda veri çoğaltma işlemi yapılmıştır. 86 görüntünün yetersiz olmasından dolayı eğitim sırasında orijinal görüntü üzerinde bozma işlemi uygulanarak her seferinde farklı görüntüler elde edilmiştir. Şekil 3'te görüntü bozma örneği gösterilmiştir.

**Şekil 2.** U-net model yapısı (Nguyen vd., 2017).

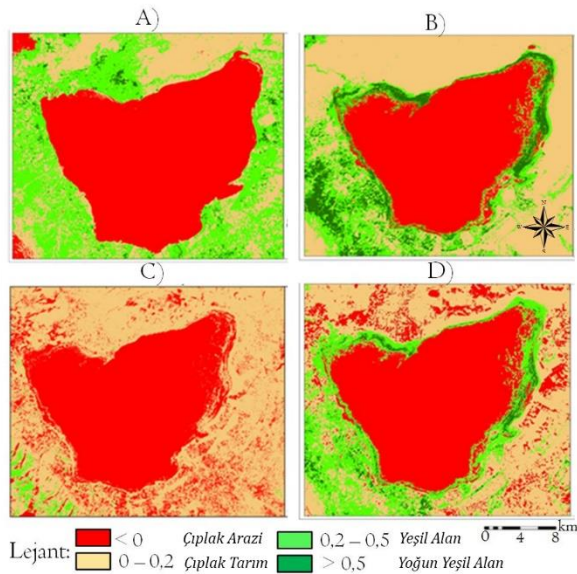


Şekil 3. Veri Çoğaltma Örneği

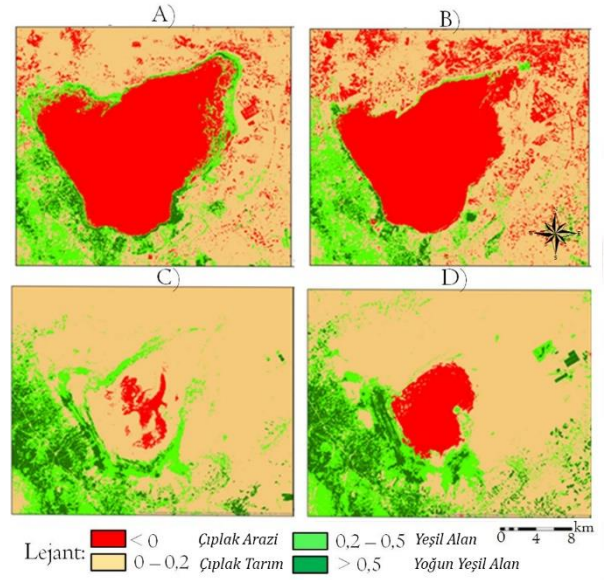
3. SONUÇLAR

3.1. NDVI Analizleri

Şekil 4'te 1984 yılına ait mevsimsel NDVI değişimleri gösterilmiştir. NDVI değerleri dört farklı sınırlarla sınıflandırılmıştır. Sıfırdan küçük değerler çıplak arazi, 0 – 0,2 çıplak tarım alan, 0,2 – 0,5 yeşil alanlar ve 0,5'ten büyük yoğun yeşil alanlar. Aynı sınıflar yıllara bağlı değişim için de kullanılmıştır. Sonuçlar Şekil 5'te gösterilmiştir.



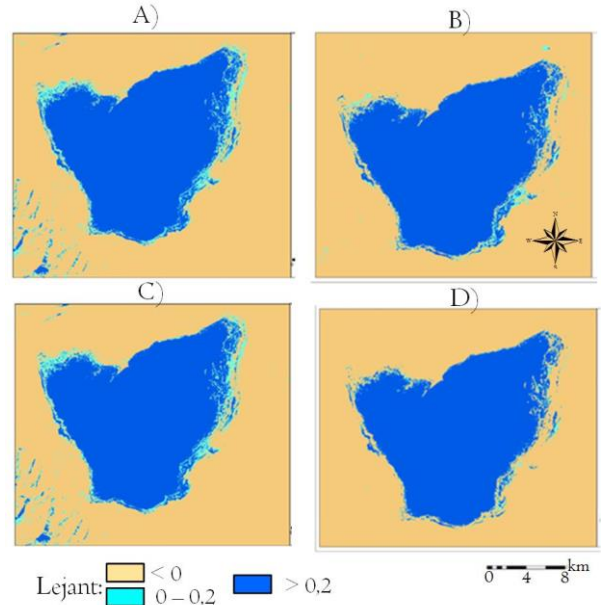
Şekil 4. 1984 mevsimsel NDVI analizleri: A) Mayıs; B) Ekim; C) Aralık; D) Ağustos



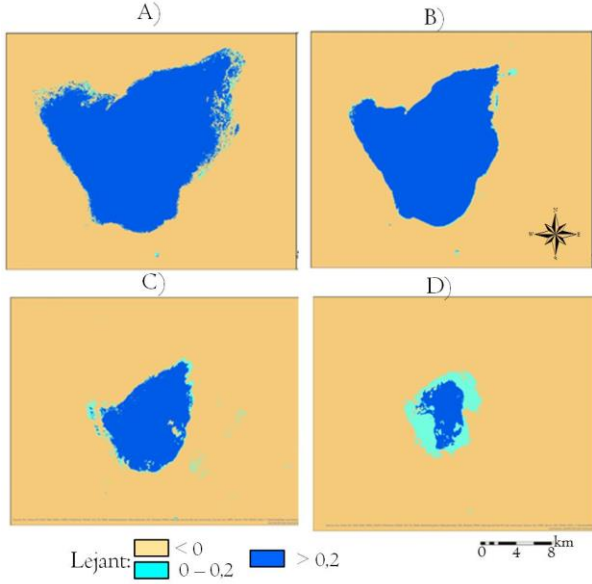
Şekil 5. Yıllara bağlı NDVI analizleri: A) Ağustos 1990; B) Ağustos 2000; C) Ağustos 2009; D) Ağustos 2019.

3.2. NDWI Analizleri

Şekil 6'da 1984 yılına ait mevsimsel NDWI değişimleri gösterilmiştir. NDWI değerleri üç farklı sınırlarla sınıflandırılmıştır. Sıfırdan küçük değerler su olmayan alanlar olarak sınıflandırılmış, 0 – 0,2 arasındaki değerler sığ su alanlar olarak belirlenmiş, 0,2'den büyük değerle ise su alanlar olarak sınıflandırılmıştır. Aynı sınıflar yıllara bağlı değişimi için de kullanılmıştır. Sonuçlar Şekil 7'de gösterilmiştir.



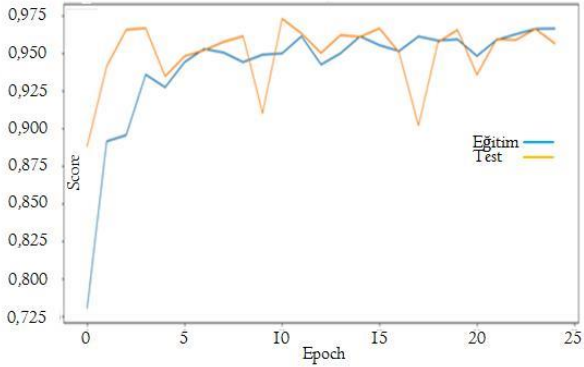
Şekil 6. 1984 mevsimsel NDWI analizleri: A) Mayıs; B) Ekim; C) Aralık; D) Ağustos



Şekil 7. Yıllara bağlı NDWI analizleri: A) Ağustos 1990; B) Ağustos 2000; C) Ağustos 2009; D) Ağustos 2019.

3.3. Derin Öğrenme Sonuçları

Eğitim sonucunda beklenen kara sınıfı %96 oranında doğru tespit edilmiştir. 25 döngü yapılmasına rağmen 5. döngü sonunda zirveye yakın sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 8).

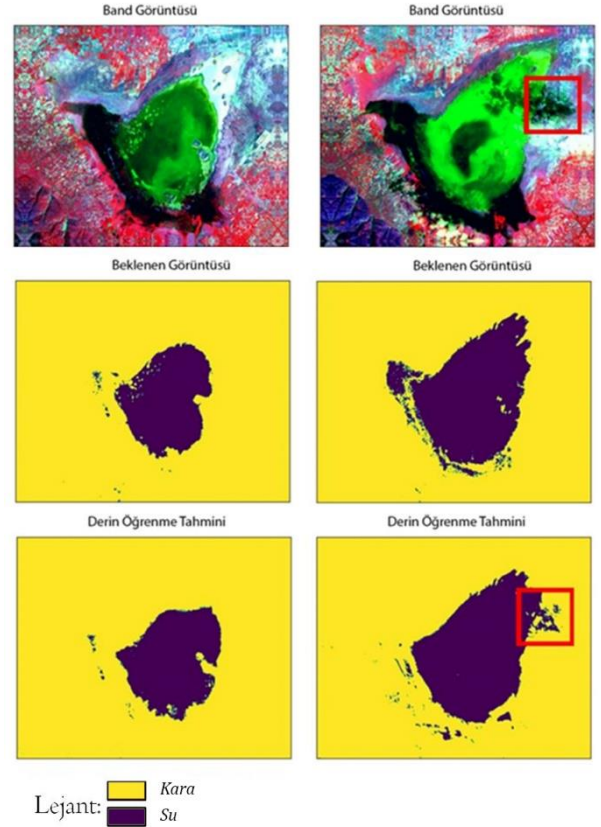


Şekil 8. Derin Öğrenme Sonuç Grafiği

Kara ya da su olmayan yerleri sınıflandırma %96,03 göstermiştir. Buna karşılık algoritmanın sığ ve derin su sınıflarının ayrımında zorlandığı görülmüştür. Sığ ve derin su sınıflarının ayrımındaki elde edilen sonuçlarda %60 başarı oranı geçilememiştir.

Kıyı çizgisi çıkarımı yapmak için NDWI hesabı yerine derin öğrenme başarılı bir alternatif olarak değerlendirilebilir. U-Net algoritması sınırlı veri (86 adet görüntü) ve donanım (i5 8400 ve 16GB ram) ile başarılı sonuçlar üretmiştir.

Farklı bantlar kombine edilerek ve güçlü donanımlı bilgisayarlarda daha yüksek oranlı sonuçlar elde edilebilir.



Şekil 9. Yukarıdan aşağı bant görüntüsü, beklenen görüntü ve derin öğrenme tahmini

4. Tartışma

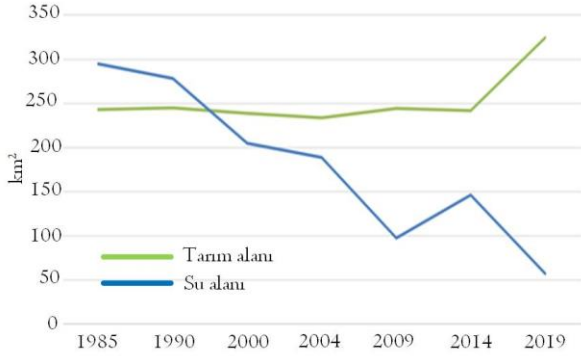
Akşehir Gölü ülkemizin göller yöresi olarak bilinen Sultandağları'nın kuzeyinde yer alan tektonik oluşumlu bir göldür. Gölün bir gideğeni olmadığı için suları tuzludur. Gölün en önemli besleyenleri konumundaki akarsuların debilerinde uzun yıllık dönemde azalma dikkati çekmiştir. Bununla birlikte sulamalı tarım alanlarının genişlemesi ile artan su kullanımı gölün bütçesini olumsuz yönde etkilemiştir.

Çalışmada 1984, 1990, 2000, 2004, 2009, 2014, 2019, 2020 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılarak, Akşehir Gölü'nün su ve tarım alanında meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

NDVI analizi 1984 ve 2020 yılları arasında kapsamakta olup 1985 yılından 2014 yılına kadar tarım alanının çalışma alanı içinde %14 civarında yer kapladığı tespit edilmiş, 2019 yılında tarım alanının %19,3 seviyesine geldiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada göl alanının en geniş olduğu dönem 1985 yılı 295 km² olduğu görülürken en dar olduğu dönemin 2019 yılı 57 km² alana sahip olduğu tespit edilmiştir. NDWI sonucunda su alanının 1985'ten itibaren her beş senede %3 azaldığı tespit edilmiştir. 2009 yılına kadar göl alanının %3 oranında düşüş görülürken 2009 yılında 97,4 km² olan göl alanı 2014 yılı itibarı ile 146 km² ye yükselerek 48,6 km² artış göstermiştir. 2014'e kadar küresel ısınmaya, yağış azlığına ve buharlaşmaya bağlı su kaybı daha az miktarda görülürken 2014

yılına Ağustos ayında %8,7 olan su alanının 2019 yılı Ağustos ayında %3,4'e düştüğü tespit edilmiştir. 2014, 2019 yılları arasındaki göldeki su alanının azalmasındaki diğer bir etkenin tarım alanlarındaki %5 oranındaki artış miktarı olduğu tespit edilmiştir. Tarımda sulama çalışmaları için kullanılan kaçak kuyuların açılması bu yıllar arasında etkisini daha çok göstermiştir. Yaklaşık 35 yıl içerisinde Akşehir gölü çevresindeki yerleşim merkezlerindeki nüfus artışı ve sanayi, fabrika bölgelerinin kurulması göldeki su miktarının azalmasında önemli bir etken olarak gösterilebilir. NDVI ve NDWI'dan elde edilen sonuçlar Şekil 10'da karşılaştırılmıştır.



Şekil 10. Tarım ve su alanı tarihsel değişimi

Akşehir Gölü'ndeki bu hızlı alan kaybının önlenmesi mümkün olmamakla birlikte yavaşlaması anlamında bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Çünkü yağışın azalması, buharlaşmanın ve sıcaklığın artması doğal beslenme dengesinin bozulmasında önemli rol oynamaktadır. Sadece iklim elemanlarındaki bu değişiklikler gölün seviye ve alan kayıplarını açıklamak için yeterli değildir. Bu nedenle beşeri müdahalelerin önemi daha da artmaktadır.

Bölgede salma yapılmakta ve yüzeye bırakılan suyun bir kısmı toprağa sızmakta önemli bir kısmı ise buharlaşmaktadır. Bu nedenle tarımda damlama sulama yöntemine geçiş yapılması önerilmektedir.

1992 yılından itibaren kontrol altına alınan ve o günden bu yana çeşitli çalışmalar ve ilgili bakanlıklar tarafından desteklenen Akşehir gölü 1 Kasım 2018 tarihli Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile kesin korunacak hassas alan olarak ilan edilerek ilçede faaliyete başlayan Atık Su Arıtma Tesisinden arıtılan suyun verilmesiyle beslenmeye başlandı. Bu kararnameye destek ile gelecek yıllar adına Akşehir gölünün eski günlerine ulaşabilmesi için Atık Su Arıtma tesislerinin sayısının artırılması, kurulan tesislerin gelişen teknolojiler ile birlikte yenilenmesini ve kaçak su kuyularının açılmasının engellenmesini önemli olduğunu düşünmekteyiz.

BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu çalışma Eskişehir Teknik Üniversitesi Studio-I ders kapsamında yapılmıştır. Tüm hocalara değerli yorumlar ve katkılar için teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Acharya, T.D., Subedi, A. ve Lee, D.H., (2019). Evaluation of Machine Learning Algorithms for Surface Water Extraction in a Landsat 8 Scene of Nepal. *Sensors*, 19(12): 2769.
- Avdan, U. ve Jovanovska, G., (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2016.
- Çatal, A, and Orhan D. (2015) "From Being Akşehir Lake to Being Akşehir Desert: The Process and the Influential Factors." *Toprak Su Dergisi* 4.1: 18-26.
- Efe, R. ve Demir, S., (2007). Tuz Gölü (Karataş) çevresinde arazi kullanımı değişiminin kumullara etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*(48): 59-72.
- Elmacı, A. ve Obalı, O., (1998). Akşehir Gölü Kıyı Bölgesi Alp Florası. *Journal Of Biology*, 22: 81-98.
- Emanuel, R.E., (2018). Climate change in the Lumbee River watershed and potential impacts on the Lumbee tribe of North Carolina. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 163(1): 79-93.
- Erdem, F., Derinpinar, M.A., Nasirzadehdizaji, R., Selen, O., Şeker, D.Z. ve Bayram, B., (2018). Rastgele Orman Yöntemi Kullanılarak Kıyı Çizgisi Çıkarımı İstanbul Örneği. *Geomatik*, 3(2): 100-107.
- Kaplan, G. ve Avdan, U., (2017). Water extraction technique in mountainous areas from satellite images. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(4): 046002.
- Kaplan, G., Avdan, Z., Avdan, U. ve Jovanovska, T., (2020). Monitoring Shared International Waters with Remote Sensing Data. *Resilience*, 4(1): 77-88.
- Kaplan, G., Avdan, Z.Y. ve Avdan, U., (2019). Mapping and monitoring wetland dynamics using thermal, optical, and SAR remote sensing data. *Wetlands Management: Assessing Risk and Sustainable Solutions*, 87.
- Krizhevsky, A, Ilya S, and Geoffrey E. H (2012). "Imagenet classification with deep convolutional neural networks." *Advances in neural information processing systems*.
- McFeeters, S.K., (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7): 1425-1432.
- Nguyen, T., Bui, V., Lam, V., Raub, C.B., Chang, L.-C. ve Nehmetallah, G., (2017). Automatic phase aberration compensation for digital holographic microscopy based on deep learning background detection. *Optics express*, 25(13): 15043-15057.
- Omute, P., Corner, R. ve Awange, J.L., (2012). The use of NDVI and its derivatives for monitoring Lake Victoria's water level and drought conditions.

Water resources management, 26(6): 1591-1613.
Pettorelli, N., Vik, J.O., Mysterud, A., Gaillard, J.-M., Tucker, C.J. ve Stenseth, N.C., (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in ecology & evolution*, 20(9): 503-510.
Sabins Jr, F.F., (1987). *Remote sensing--principles and interpretation*. WH Freeman and company.

Song H. A. ve Lee, S. Y., (2013). Hierarchical representation using NMF. *International conference on neural information processing*, 466-473.
Wang, Y., Ma, J., Xiao, X., Wang, X., Dai, S. ve Zhao, B., (2019). Long-Term Dynamic of Poyang Lake Surface Water: A Mapping Work Based on the Google Earth Engine Cloud Platform. *Remote Sensing*, 11(3): 313.



© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Mogan Gölü'nün su yüzeyi ve arazi örtü değişiminin belirlenmesi

Hilal Özçalık*¹, Ahmet Tarık Torun¹, Süleyman Sefa Bilgilioğlu¹

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Aksaray, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Uzaktan Algılama
Mogan Gölü
Su Yüzey Alanı Değişimi
Arazi Örtü Değişimi

ÖZ

Uydu teknolojilerinin gelişmesi ile Uzaktan Algılama (UA) kullanıcısı her geçen gün artmaktadır. UA arazi örtüsü ve kullanımının tespit edilmesi, su kaynakları yönetimi, değişim analizi vb. olmak üzere birçok kullanım alanına sahiptir. UA teknikleriyle elde edilen veriler, özellikle arazi örtüsü kullanımının zamansal değişiminin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Arazi örtü değişiminin kullanımında, o alanın zamanla başka arazi kullanımı ve bitki örtüsü sınıflarına dönüşüp dönüşmediği gözlemlenmektedir. Su kaynaklarının izlenmesi, korunması ve optimum kullanım koşullarının değerlendirilmesi çalışmalarında uzaktan algılama teknolojilerinden de yararlanılmaktadır. Bu teknolojiler, su kaynakları ile ilgili araştırmalarda karar verme ve yönetim konularında önemli altlık oluşturmaktadır. Ayrıca, su kaynaklarındaki zamansal değişimlerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması aşamasında da uzaktan algılama çok önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu çalışmada da Ankara'ya 20 km uzaklıkta bulunan Gölbaşı ilçesinde yer alan Mogan Gölü ve çevresinin Landsat uydu görüntüleri kullanılarak su yüzeyi ve arazi örtüsünün değişim analizi belirlenmiştir. Çalışma alanına ait 1998-2010 yılları arası üç periyot olacak şekilde Landsat TM5 uydu görüntüleri ve 2019 yılına ait Landsat 8 OLI_TIRS uydu görüntüsü kullanılmıştır. Metot olarak kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma (en çok benzerlik) yöntemleri kullanılarak su yüzey alanları, yapay yüzeyler, tarım alanları, ormanlık ve doğal alanlar olmak üzere 4 adet sınıf belirlenmiştir. Bölgeye ait alansal değişim incelenmiş ve yıllara göre değişimler birbiriyle karşılaştırılmıştır.

Determination of the water surface and land cover change of lake Mogan using landsat satellite imagery

Keywords

Remote Sensing
Mogan Lake
Water Surface Area Change
Land Cover Change

ABSTRACT

With the development of satellite technologies, the number of Remote Sensing (RS) users is increasing every day. RS has many uses area such as land cover/use detection, water resources management, change analysis, etc. The data obtained with UA techniques are widely used especially in determining the temporal change of land cover/use. In the use of land cover change, it is observed whether that area has been transformed into other land use and vegetation classes over time. Remote sensing technologies are also used in the monitoring, protection and evaluation of optimum usage conditions of water resources. These technologies form an important basis for decision making and management in research related to water resources. In addition, remote sensing provides very important advantages in determining time changes in water resources and taking necessary measures. In this study, to determine the water surface and land change analysis by using Landsat satellite images of Mogan Lake and its surroundings in Gölbaşı district, which is 20 km away from Ankara. Landsat TM5 satellite images and Landsat 8 OLI_TIRS satellite images for 2019 were used in three periods between 1998 and 2010. By using unsupervised and supervised classification (maximum likelihood) methods, four classes, wetlands, artificial surfaces, agricultural areas, forestry and natural areas, were determined. The spatial change of the region is examined and the changes are compared with each other.

*Sorumlu Yazar

(ozcalikhilal98@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-0944-9221
(ahmettarik.torun@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-7927-4703
(sefa.bilgilioğlu@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-0881-0396

Kaynak Göster(APA);

Özçalık H, Torun A T & Bilgilioğlu S S (2020). Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Mogan Gölü'nün su yüzeyi ve arazi örtü değişiminin belirlenmesi. Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 2(2), 77-84

1. GİRİŞ

Sulak alanlar, yeryüzünün en zengin ve en üretken ekosistemlerini oluşturmaktadır. Bu alanlar yöre insanlarına ve ülkenin geneline geniş yelpazede hizmet veren oldukça karmaşık doğal sistemlerdir ve yeryüzündeki başka hiçbir ekosistemle karşılaştırılmayacak ölçüde işlev ve değerlere sahiptir. Birçok sulak alan sistemi insan topluluklarının hayatta kalmaları ve gelişmeleri için kritik öneme sahip olmuşlardır (Ridd and Liu, 1998). Sulak alanlar aynı zamanda yeraltı sularını besleyerek veya boşaltarak, taban suyunu dengeleyerek, sel sularını depolayarak, taşkınları kontrol ederek, kıyılarda deniz suyunun girişini önleyerek buldukları bölgenin su rejimini düzenler. Buldukları yörede nem oranını yükselterek, başta yağış ve sıcaklık olmak üzere yerel iklim elemanları üzerinde de olumlu etki yaparlar (Yağmur, 2018).

Ramsar Sözleşmesi kriterlerine göre Türkiye’de 200’e yakın alan, uluslararası öneme sahip sulak alan olarak tespit edilmiştir. Ancak Sözleşme kapsamında sadece 14 adet sulak alan bulunmaktadır. Bunlar; Manyas Kuş Gölü, Akyatan Lagünü, Gediz Deltası, Göksu Deltası, Kızılırmak Deltası, Kızören Obruğu, Burdur Gölü, Kuyucuk Gölü, Seyfe Gölü, Nemrut Kalderası, Uluabat Gölü, Meke Gölü, Sultan Sazlığı ve Yumurtalık Lagünüdür (URL-1). Ülkemizdeki sulak alanların uluslararası düzeyde önem taşımasının asıl nedeni; Batı Palearktık Bölgedeki kuş göç yollarından en önemli ikisinin Türkiye üzerinden geçmesidir.

Mogan-Eymir Gölleri ve sulak alanları kuşlar tarafından barınma, üreme, konaklama amaçlı kullanılan ve ülkemizde Ramsar’a aday gösterilen önemli kuş alanlarından biridir. Bölgede 83 farklı kuş türü tespit edilmiştir. Ayrıca; 3 tane iki yaşamlı türü, 25 tane memeli, 12 tane sürüngen, 13 tane balık ve 493 tane bitki türü bölgede yaşamakta olup bitki türlerinden 47 tanesi endemiktir. Türkiye'nin taraf olduğu Bern Sözleşmesi Annex II’de (Kesinlikle Korunması Gerekli Türler Listesi) yer alan alacabalıkçıl (*Ardeola ralloides*) ve küçük balaban (*Ixobrychus minutus*), dikkuyruk (*Oxyura leucocephala*) ve küçük kerkenez (*Falco naumanni*) bu alanda korunması gereken mutlak türlerdir. Alanda üreyen ve nesli tehlike altında olan kuş türleri arasında alacabalıkçıl (*Ardeola ralloides*), balaban (*Botaurus stellaris*), küçük balaban (*Ixobrychus minutus*), macar ördeği (*Netta rufina*), elmabaş patka (*Aythya ferina*), pasbaş patka (*Aythya nyroca*) ve dikkuyruk (*Oxyura leucocephala*) yer alır. Alandaki nesli tehlike altında olan diğer bir tür ise küçük kerkenezdir (*Falco naumanni*). Bölgeyi karakterize eden bitki türleri olarak, *Crataegus dikmensis* (Dikmen alıcı), *Rannunculus isthmicus* (Düğün çiçeği), *Papaver rhoeas* (Gelincik) *Amygdalus orientalis* (Badem), *Xeranthemum annuum* (Ölmez otu) ve *Centaurea tchitatcheffii* (Yanardöner veya peygamber çiçeği) sayılabilir. Bunlardan *Centaurea tchitatcheffii* (Yanardöner

veya peygamber çiçeği) sınırlı bir alanda yayılış göstermekte olup bu alanların mutlak koruma zonu olarak korunması gereği ortaya çıkmaktadır.

Ankara metropolünün ortalama 20 km. güneyinde, Gölbaşı ilçesi sınırlarında yer alan ve bu nedenle yoğun bir kentsel-endüstriyel kirlilik baskısı altında bulunan Mogan-Eymir Gölleri ile yakın çevresinde bulunan sulak alanlar, ekolojik ve rekreasyonel önemleri nedeniyle, Çevre Kanununun 9. maddesine dayanılarak 22.10.1990 tarih ve 90/1117 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile “Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi (ÖKÇB)” olarak tespit ve ilan edilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı [ÇŞB], 1990). Ülkemiz açısından oldukça öneme sahip olan Mogan gölü ve çevresindeki alanların tabiki korunması açısından oldukça önemlidir.

Ülkemizde ve dünyada sulak alanların izlenmesi, değişimlerinin belirlenmesi ve bu alanlardaki arazi kullanım durumlarının gösterilmesinde uzaktan algılama teknolojisi etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Sun vd. 2012; Rokni vd. 2014; Musaoğlu vd., 2018; Mutlu vd., 2020; Torun ve Gündüz, 2020).

Uzaktan algılama, cisimlerle direkt olarak temas etmeksizin, cisimlerin fiziksel özellikleri hakkında bilgi elde etme bilimi olarak tanımlanmaktadır (Çölkesen, 2009). Uzaktan algılama, yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerjinin, elektromanyetik spektrumun belirli bölgelerinde algılama yapan sensörler aracılığı ile kaydedilmesi esasına dayanmaktadır (Torun, 2015). Uzaktan algılama biliminde en önemli görüntü işleme tekniklerinden biri sınıflandırma işlemidir. Çok bantlı görüntü sınıflandırması, uzaktan algılama görüntülerinden tematik bilgi elde etmek için en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Görüntü sınıflandırması, arazi örtüsü türleri (örneğin; su, tarım, orman, bitki örtüsü vb.) spektral yansıma değerlerinin, bir spektral desen tanımlama teorisi ile analiz edilerek görüntünün benzer spektral sınıflara ayrılmasıdır. Diğer bir deyişle, sınıflandırma işlemi; bir görüntüyü oluşturan piksellerin niteliklerini belirlemektedir (Türker, 1999). Sınıflandırmada amaç, uydu görüntülerindeki her pikseli spektral özelliklerine göre farklı gruplara ayırmak ve pikseli yansıma değerlerine göre yeryüzünde karşılık geldiği kümeye atamaktır. Kısaca; alanı kapsayan sınıflar ve konulara göre bütün pikselleri ayırtılmaktadır (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010).

Bu çalışmada, Landsat 5 ve Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılarak 1998-2019 yılları arasında Mogan Gölünde meydana gelen su yüzeyi ve arazi örtüsü değişimleri izlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda elde edilen görüntüler sınıflandırma işlemlerine tabii tutularak arazi örtüsü haritaları elde edilmiştir. Farklı yıllardan elde edilen bu veriler değişim analizleri ile değerlendirilerek, belirtilen yıllar arasında meydana gelen değişim gün yüzüne çıkarılmıştır.

2.ÇALIŞMA ALANI

Mogan- Eymir Gölleri ve sulak alanları kuşlar tarafından barınma, üreme, konaklama amaçlı kullanılan ve ülkemizde Ramsar'a aday gösterilen önemli kuş alanlarından birisidir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 1990). Gölbaşı, Ankara sınırları içinde yaklaşık 20 km. güneyde Ankara - Konya karayolu ve Ankara çevre yolu ile bağlanmış, erişilebilirliği kolay bir yerleşim birimidir. Mogan Gölü Havzası su kaynakları, yüzey şekilleri, yer ve toprak yapısı, iklim özellikleri, biyolojik zenginlikleri ile sucul ve karasal ekosistemlerin kompleks bir bütün oluşturduğu hassas bir ekolojik sistemdir. Havzada temel ekonomik faaliyet tarım olmakla birlikte Mogan Gölü ve çevresi rekreasyon ve turizm alanı olarak kullanılmaktadır. Mogan Gölü civarında yerleşim yoğunluğu giderek artmaktadır. Endüstriyel faaliyetler de Gölbaşı ilçe merkezi civarında yoğunlaşmıştır.

Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi 274 km² alana sahiptir. Bölge içerisinde 10 adet köy bulunmaktadır. Bu köylerin doğrudan veya dolaylı olarak göl ile sosyal ve ekonomik ilişkileri vardır. Gölün bulunduğu vadi, İmrahor Vadisi ve Elmadağ Vadiler Sistemi, su ortamı ile birlikte, hava koridoru olma özellikleri nedeni ile iklim stabilizasyonu açısından Ankara kenti için büyük önem taşımaktadır (Aydoğuş, 1998; Uğur, 2009).

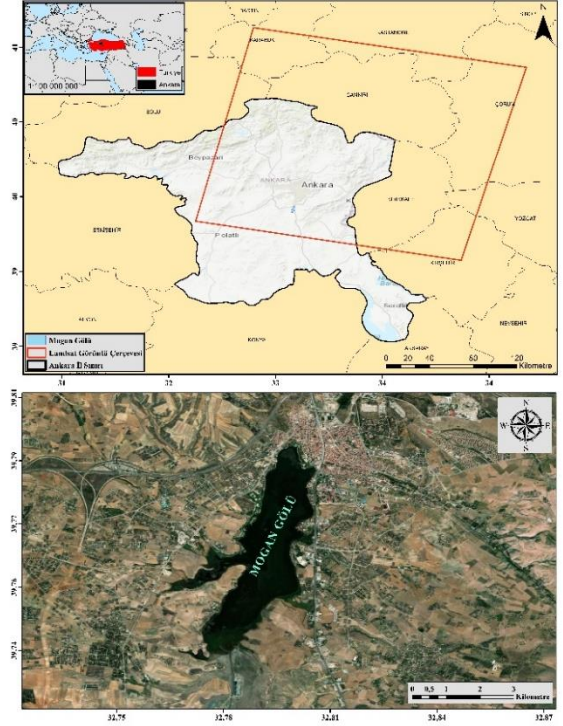
Mogan gölü, sığ yüksekliği olan doğal bir alüvyon baraj gölüdür ve en derin noktasında 969 m ve 972.5 ila 973.5 m arasında değişen bir su yüzeyi yüksekliğine sahiptir ve maksimum su derinliği 4,5 m dir. Toplam su yüzeyi yaklaşık 6 km²'lik bir alanı kaplamakla birlikte ekosistem, çevre sulak alanlar dâhil, yaklaşık 20 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Yatay havza ekosistem alanı 925.4 km²'dir. Kuzeyden göle akan ana akarsuyun yanında, doğu-batı yönlerinden de göle uzanan akarsular bulunmaktadır. Bölgede yıllık ortalama yağış miktarı 375 mm ve yıllık ortalama buharlaşma 1.476 mm'dir. Yağışların çoğu kış aylarında yağmur ve kar şeklinde yağar. Yıllık ortalama sıcaklık 11.7 °C'dir (Özemesi, 1996).

Açık gölalanı ve bunu çevreleyen sazlık, ıslak çayır, kuru tarımsal alan, koruluk ve yapay ağaçlık alanlardan oluşur. Köklü su bitkilerinin bulunduğu göl besin açısından oldukça zengindir. Göl kıyıları taş ve kum zeminlidir. Genişliği 100 metreyi bulan sazlık alanlarda küçük göl aynaları bulunur (URL-2). Su kalitesini koruyan sualtı bitkileri ve hayvansal planktonlar bakımından çok zengindir (Beklioğlu, 2000). Şekil 1'de çalışma alanının konumu harita üzerinde gösterilmiştir.

3.KULLANILAN VERİLER

Çalışmada uydu görüntüleri kullanılarak Mogan Gölü su yüzeyi alanı ve çevresinde bulunan arazi örtüsü kullanımı değişimi gözlemlenmiştir. Bu bağlamda Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS sensörlerinden elde edilen uydu görüntüleri

kullanılmıştır. 1972 yılından beri aktif olarak farklı algılayıcılar ile uydu görüntüleri üreten Landsat sistemi, uzun dönemli arazi değişimlerinin izlenmesinde önemli avantajlara sahiptir (Gülci vd., 2019).



Şekil 1. Mogan Gölü'nün konumu

1998-2010 yıllarına ait Landsat 5 TM ve 2019 yılına ait Landsat 8 OLI-TIRS verileri çalışmanın ana görüntü verileri olarak kullanılmıştır. Uydu görüntüleri USGS (United States Geological Survey) tarafından ücretsiz olarak temin edilebilmektedir.

Görüntüler seçilirken farklı yıllardaki görüntülerin mümkün olduğunca aynı aylarda seçilmesine dikkat edilmiştir. Bunun nedeni ise aynı ayda hava koşullarının yaklaşık aynı olmasıdır. Çoğunlukla bulutluluk oranının az olduğu yaz ayları tercih edilmiştir. Çünkü bulut ve atmosferdeki nemlilik oranı görüntü kalitesini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, görüntü işleme adımları ERDAS Imagine yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de, kullanılan uydu görüntüleri ve teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan uydu görüntüleri ve teknik özellikleri

Sensör	Görüntü Çekim Tarihi	Yörünge/satır (Path/row)	Konumsal Çözünürlük (m)
Landsat 5 TM	16.07.1998	177/32	30
	24.07.2001	177/32	30
	30.06.2004	177/32	30
	25.07.2007	177/32	30
	17.07.2010	177/32	30
Landsat 8 OLI-TIRS	10.07.2019	177/32	30

Çalışmada sınıflandırma doğruluklarının belirlenmesi adına Google Earth görüntülerinden faydalanılmıştır. Dünya üzerindeki uydulardan sürekli ve düzenli olarak yüksek çözünürlüklü veri temin edebilen bu sistem, arazi örtüsü değişimindeki farklılıkların ortaya çıkarılmasında kullanıcılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

4. YÖNTEM

4.1. Görüntü Ön İşleme Adımları

USGS'in internet adresi (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) üzerinden elde edilen görüntüler kullanıcılara ham veri halinde sunulmaktadır. Bu çalışmada geometrik olarak düzeltilmiş seviyede görüntüler kullanılmıştır. Elde edilen veriler, sensörün algıladığı her bir bant için ayrı ayrı depolanmaktadır. Çok renkli görüntü oluşturmak amacıyla indirilen görüntünün bant birleştirme işlemleri yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı doğrultusunda Kırmızı-Yeşil-Mavi ve Yakın Kızılötesi bantlar (Landsat 5 için TM1-TM2-TM3-TM4, Landsat 8 için Bant 2-Band 3- Band 4-Bant 5) birleştirilerek çok renkli bir görüntü oluşması sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri tarama genişliği bakımından oldukça büyük bir çerçeveye sahiptir. Uzaktan algılanmış bu tür verilerde tüm görüntü üzerinde çalışmak zaman, performans ve iş gücü bakımından kayıplara neden olabilmektedir. Çalışmada istenilen bölgenin görüntü verisinden kesilip çıkarılmak sureti ile çalışılması, hem yazılım performansını daha verimli kullanmayı sağlayacak hem de görüntü işleme esnasında harcanan zaman kaybının önüne geçecektir. Uydu görüntüleri üzerinden Mogan Gölü ve çevresini kapsayacak yaklaşık 50 km²'lik bir alan kesilerek, sonraki çalışmalar kesilmiş görüntü üzerinden yapılmıştır.

4.2. Görüntü Sınıflandırma

Görüntü sınıflandırma, görüntüyü oluşturan her bir pikselin spektral değerlerinin görüntüdeki diğer piksellerle karşılaştırılarak benzer piksellerin belirlenen sınıflara veya belirtilen sınıf sayısına ayrılması işlemi olarak tanımlanabilir (Campbell, 1996). Sınıflandırma işleminde asıl amaç, yeryüzünde benzer spektral özelliğe sahip verilerin aynı grup altında toplanması ve ayırt edilebilirliğin artırılmasıdır (Torun vd., 2017).

Görüntü üzerinde ortaya çıkarılacak arazi sınıfları kullanıcı tarafından belirlenebileceği gibi, rastgele, sadece sınıf sayısı belirlenerek de yapılabilir (Lillesand vd. 2007). Sınıflandırma işlemlerinde, sınıf sınırlarına kullanıcı müdahalesi olmadan gerçekleştirilen sınıflandırmalar kontrolsüz sınıflandırma olarak adlandırılırken, sınıf sınırlarının bir eğitim seti ile belirlenerek yapıldığı sınıflandırmalar ise kontrollü sınıflandırma olarak adlandırılmaktadır.

Kontrolsüz sınıflandırma işleminde kullanıcı, küme ve iterasyon sayısı belirler. Küme merkezleri

geçici olarak hesaplanır ve pikseller uygun sınıflara yerleştirilir. Bu tür sınıflandırma işlemlerinde piksellerin atanacağı sınıflar belirli algoritmalar aracılığı ile (ISODATA, K-Means vb.) sınıf sayısına göre belirlendikten sonra, görüntü üzerindeki tüm pikseller sınıflandırılana kadar bir döngü içerisinde devam eder.

Kontrollü sınıflandırmada, kullanıcı tarafından belirlenen eğitim verileri aracılığı ile belirli sınıf sayısında bir sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. (Lillesand vd., 2007). Belirlenen spektral sınıf aralıklarında olan tüm nesnel aynı grupta toplanır. Bu sınıflandırma tekniğinde önemli olan nokta, kullanıcının kendi tecrübeleri veya arazi gözlemlerine dayalı bilgilerinin eğitim verisi olarak kullanılması ve diğer tüm piksellerin bu bilgilere dayalı olarak sınıflandırılmasıdır. Kontrollü sınıflandırma işleminde birçok sınıflandırma algoritması (En çok benzerlik, en kısa mesafe, mahalobis uzaklığı, paralelkenar yöntemi, yapay sinir ağları vb.) kullanılmaktadır. En çok benzerlik yöntemi literatürde en sık kullanılan kontrollü sınıflandırma algoritmasıdır (Strahler, 1980, Ayhan vd., 2003; Torun, 2015). Bu yöntem, sınıflar için eş olasılık eğrilerinin tanımlanmasına ve sınıflandırılacak piksellerin üyelik olasılığı en yüksek olan sınıfa atanması ilkesine dayanır. En çok benzerlik sınıflandırma yönteminin etkinliği, her spektral sınıf için ortalama vektör ile kovaryans matrisin doğru biçimde tahmin edilmesine bağlı olmaktadır (Oruç vd., 2007).

4.3 Doğruluk Analizi

Doğruluk analizi, eğitim verisi olarak kullanılan veriler haricinde, üretilen verinin istatistiksel olarak doğruluğunun kontrol edilmesi amacı ile, arazi örtüsü hakkında kesin bilgiler veren veya arazi gözlemlerine dayalı test verilerinin karşılaştırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır (Foody, 2002).

Doğruluk analizlerinde temel olarak eğitim verileri ile sınıflandırılmış bir görüntüdeki test verilerinin doğru sınıflandırılıp sınıflandırılmadığı kontrol edilir ve bu karşılaştırmaya göre bir hata matrisi oluşturulur. Bu matris her bir sınıfın ne kadar doğru sınıflandırıldığı hakkında bilgi verirken aynı zamanda birbirlerine karışan pikseller hakkında da sonuçlar verir.

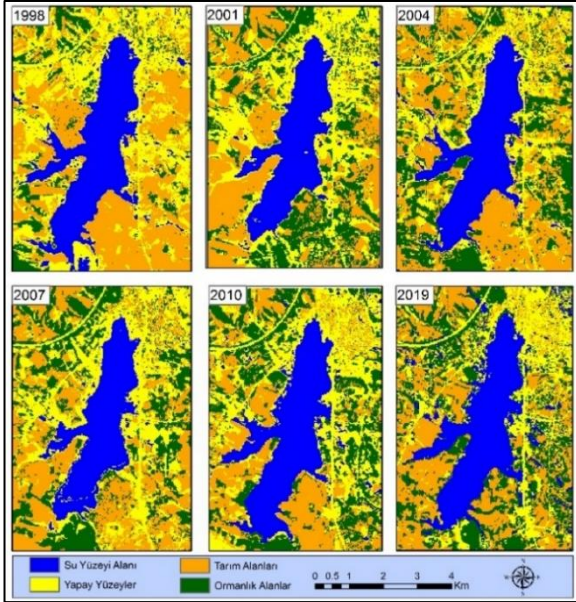
4.3. Değişim Belirleme

Uzaktan algılamada çok zamanlı uydu verilerinin kullanılmasındaki ana amaçlardan biri değişim belirleme çalışmalarıdır. Farklı zamanlarda algılanan görüntüler aracılığı ile değişim belirleme çalışmaları yapılabilmektedir. Bu, çalışılan alan ile ilgili geçmişten günümüze bilgi vermenin yanında gelecek planlamalarında da etkili bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda görüntü işleme adımlarından geçirilip, bilgi çıkarımı yapılan görüntüler birbirleri ile zamansal olarak karşılaştırılarak zaman içerisinde alanda meydana

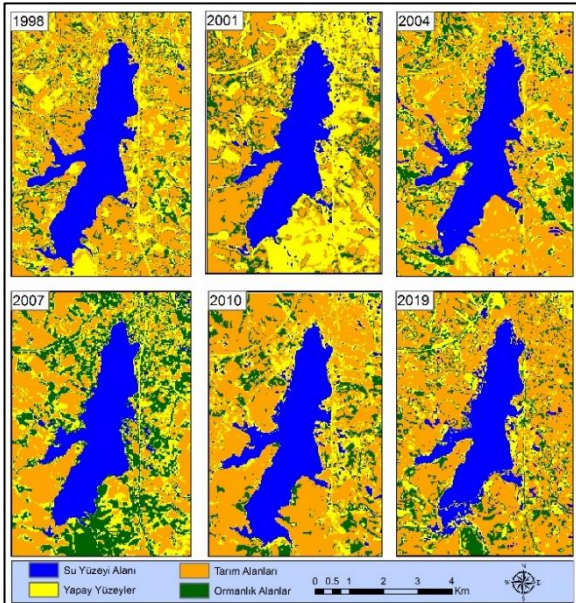
gelen değişimler gözlemlenebilmektedir. Uzaktan algılanmış görüntülerde bu işlem, sınıflandırılan piksellerden elde edilen alan hesaplamalarının karşılaştırılması ve bu değerlerin yorumlanması ile yapılmaktadır.

5. BULGULAR

Çalışmada belirlenen alan için kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemleri için kontrolsüz sınıflandırma işlemlerinden elde edilen 4 adet sınıf kontrollü sınıflandırma işlemlerinde de eğitim verisi olarak kullanılmıştır. Kullanılan arazi örtüsü sınıfları; su yüzey alanı, yapay yüzeyler, tarım alanları ve ormanlık ve doğal alanlardır. Şekil 2 ve Şekil 3'te kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma işlemleri sonucunda ortaya çıkan tematik haritalar verilmiştir.



Şekil 2. Kontrollü sınıflandırma sonuç haritası



Şekil 3. Kontrolsüz sınıflandırma sonuç haritası

Sınıflandırılma işleminin ardından görüntülerin doğruluğu test edilmiştir. Yapılan doğruluk analizi ile elde edilen genel doğruluk değerleri ve kappa kat sayıları Tablo 2'de gösterilmiştir. Doğruluk analizlerinin yapılmasında referans veri olarak yüksek çözünürlüklü Google Earth uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Elde edilen değerlerin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu belirlenmiş ve uygulamaya devam edilmesine karar verilmiştir.

Tablo 2. Doğruluk analizi sonuçları

Yıllar	Genel Doğruluk (%)	Kappa Katsayısı
1998	85.00	0.6591
2001	75.00	0.6454
2004	80.00	0.7315
2007	85.00	0.7880
2010	85.00	0.7710
2019	83.00	0.7806

Doğruluk analizi işleminin ardından, havzada yıllar içerisinde meydana gelen değişimin belirlenmesi amacıyla sınıflandırılmış görüntüler karşılaştırılmıştır. Tablo 3 ve Tablo 4'te kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma sonucunda elde edilen arazi örtüsü değişimleri gösterilmiştir.

Doğruluk analizi sonuçları incelendiğinde genel sınıflandırma doğruluğu en düşük %80 ile 2001 yılında, en yüksek %90 doğrulukla 2007 yılında gözlemlenmiştir. Mogan Gölü'nde en yüksek su yüzey alanı 989.01 ha ile 1998 yılında tespit edilmiştir. En düşük su yüzey alanı ise 692.28 ha ile 2007 yılında tespit edilmiştir. Yapay yüzeyler arazi örtüsü sınıfında ise en yüksek 2009.43 ha ile 1998 yılına, en az 685.8 ha ile 2010 yılına ait olduğu tespit edilmiştir. Tarım alanlarına ait arazi örtüsü sınıfında en yüksek 2761.92 ile 1998 yılında, en az 1216.98 ha ile 2001 yılında tespit edilmiştir. Ormanlık ve doğal alanlara ait arazi örtüsü sınıfı incelendiğinde ise 2004 yılında 575.37 ha gözlenen alan, 2019 yılında 1126.44 ha olarak gözlemlenmiştir. Şekil 4 ve Şekil 5'te arazi örtüsü sınıflarının yıllar arasındaki değişiminin ha cinsinden grafikleri gösterilmiştir.

Kontrollü sınıflandırma işlemine ait Şekil 4'teki grafik incelendiğinde su yüzey alanının 2007 yılında en düşük seviyede olduğu görülebilmektedir. Buna karşılık 1998 ve 2019 yılları arasında yüksek ve birbirine yakın bir seviyede olduğu anlaşılmaktadır.

Kontrolsüz sınıflandırma işlemine ait Şekil 5 incelendiğinde 2010 yılında su yüzey alanı seviyesi en yüksek oranda iken 2007 yılında en az oranda olduğu görülmektedir.

1998-2007 su yılları arasında yapılan gözlemlere göre Mogan Gölü'ne yüzeysel olarak giren (akım, yağış) suların yaklaşık %70'i Mart, Nisan ve Mayıs aylarında sağlanmaktadır. Haziran ayı başında göl seviyesi maksimuma ulaşmakta ve göle giren suların %90'nı bu ay itibarıyla sağlanmaktadır. 1998-2007 yılları arasında yapılan gözlemlere göre ortalama en yüksek su kotları Haziran ayı başlarında 973.30 m. civarında gerçekleşmiştir. Haziran ayı biyolojik aktivitenin en

yoğun olduğu dönemdir. Haziran sonlarına doğru sıcaklık artışına bağlı buharlaşma ile birlikte göle giren sular azalmakta seviye Eylül-Ekim-Kasım aylarında en alt kotlara inmektedir (972.00 m.).

Mogan ve Eymir gölleri havzasında son yıllardaki kuraklıklardan dolayı beslenmeler

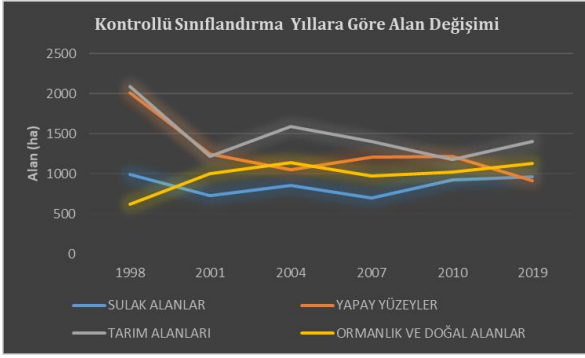
kayıpları karşılayamadığından su seviyeleri düşmektedir. 1997 su yılından itibaren yapılan gözlemlere göre gölün seviyesi en kurak yıl olan 2001 su yılı seviyesinin altına düşmüş durumdadır.

Tablo 3.Kontrollü sınıflandırma sonuçlarına ait alan ve % değişimi

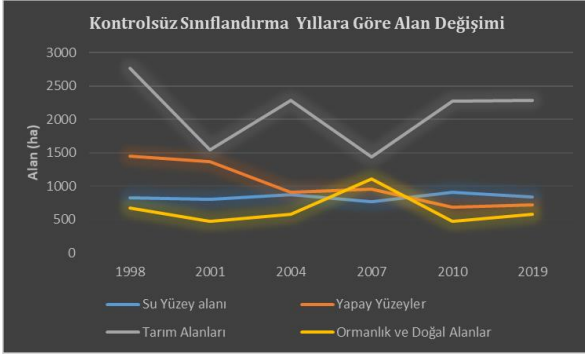
Yıllar	Sulak Alanlar	Yapay Yüzeyleyler	Tarım Alanları	Ormanlık ve Doğal Alanlar
1998	829,08	1145.67	2761.92	671.13
1998-2001 Alan Değişimi	-25,11	-75.6	-1221.84	-199.17
1998-2001 % Değişim	-3,03%	-5.23%	-44.24%	-29.68%
2001	803,97	1370.07	1540.08	471.96
2001-2004 Alan Değişimi	65,07	-461.7	743.94	103.41
2001-2004 % Değişim	8,09%	-33.70%	48.31%	21.91%
2004	869,04	908.37	2284.02	575.37
2004-2007 Alan Değişimi	-98,55	48.26	-847.8	530.64
2004-2007 % Değişim	-11,34%	5.29%	-37.12%	92.23%
2007	770,49	956.43	1436.22	1106.01
2007-2010 Alan Değişimi	141,48	-270.63	839.97	-641.25
2007-2010 % Değişim	18,36%	-28.30%	58.48%	-57.98%
2010	911,97	685.8	2276.19	464.76
2010-2019 Alan Değişimi	-78,57	28.35	6.66	114.3
2010-2019 % Değişim	-8,62%	4.13%	0.29%	24.59%
2019	833,4	714.15	2282.85	579.06
1998-2019 Alan Değişimi	4,32	-332.55	-479.07	-92.07
1998-2019 % Değişim	0,52%	-50.22%	-17.35%	-13.72%
1998	829,08	1145.67	2761.92	671.13

Tablo 4.Kontrolsüz sınıflandırma sonuçlarına ait alan ve % değişimi

Yıllar	Sulak Alanlar	Yapay Yüzeyleyler	Tarım Alanları	Ormanlık ve Doğal Alanlar
1998	989.01	2009.43	2087.37	621.99
1998-2001 Alan Değişimi	-264.96	-765.63	-870.39	379.26
1998-2001 % Değişim	-26.79%	-38.10%	-41.70%	60.98%
2001	724.05	1243.8	1216.98	1001.25
2001-2004 Alan Değişimi	131.13	-189.9	369.72	139.77
2001-2004 % Değişim	18.11%	-15.27%	30.38%	13.96%
2004	855.18	1053.9	1586.7	1141.02
2004-2007 Alan Değişimi	-162.9	150.66	-182.7	-172.71
2004-2007 % Değişim	-19.05%	14.30%	-11.51%	-15.14%
2007	692.28	1204.56	1404	968.01
2007-2010 Alan Değişimi	231.75	16.65	-231.12	52.29
2007-2010 % Değişim	33.48%	1.38%	-16.46%	5.40%
2010	924.03	1221.21	1172.88	1020.6
2010-2019 Alan Değişimi	39.78	-306.54	231.66	105.84
2010-2019 % Değişim	4.31%	-25.10%	19.75%	10.37%
2019	963.81	914.67	1404.54	1126.44
1998-2019 Alan Değişimi	-25.2	-1094.76	-682.83	504.45
1998-2019 % Değişim	-2.55%	-54.48%	-32.71%	81.10%
1998	989.01	2009.43	2087.37	621.99



Şekil 4. Kontrollü sınıflandırma sonucunda arazi örtüsü sınıflarının alansal dağılımı



Şekil 5. Kontrollü sınıflandırma sonucunda arazi örtüsü sınıflarının alansal dağılımı

Mogan Gölü 2001 su yılında da beslenme azlığından (kuraklıktan) dolayı önceki yıllardaki su yönetimine bağlı olarak 2002 su yılının Ekim ve Kasım aylarında 972,00 m seviyesinin altına inmiştir. 2001 Kasım ayına 972,94 m. seviyeye başlayan göl yağışların başlamasıyla birlikte seviye artışına başlamıştır. Bu artış ile birlikte Mogan gölü için kritik seviye olan 972,50 m seviyesini Şubat ayının ortalarında aşmıştır.

2002-2003-2004 su yılları gölün su seviyesinin kritik seviye üzerinde kalması için yeterli beslenmeyi sağlayabilmiştir. 2005 su yılının kurak geçmesi 2006 su yılındaki beslenmeyle belli ölçüde dengelenmişti. Ancak 2007 su yılının da kurak geçmesi ve 2008 su yılında kurak olarak devam etmesi gölün seviyesinin 972,00 m seviyesinin altına doğru inmekte olduğu gerçeğini ortaya koymuştur. Göl 2001 su yılı sonunda düştüğü 972,00 m seviyesinin altına 2007 su yılında tekrar düşmüştür. 2008 su yılında göl yağışlarla birlikte ancak 20 cm'lik bir artı beslenme sağlayabilmiştir. Yaz mevsimiyle birlikte buharlaşma kayıpları sonucu göl seviyesi tekrardan düşmeye devam etmiştir (Uğur, 2009).

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada Ankara'nın havza sistemi ve kentin ekolojik sürdürülebilirliğini destekleyen önemli doğal alanlardan biri olan Mogan Gölü'nün zamana göre değişimleri incelenmiştir. 1998, 2001, 2004, 2007, 2010 tarihli Landsat 5 TM ve 2019 tarihli Landsat 8 OLI-TIRS görüntülerine kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma işlemleri yapılmış ve

bölgeye ait meydana gelen değişimin büyüklüğü belirlenmiştir. Kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma işleminde farklı sonuçların elde edilmesinin sebebi ise kontrolsüz sınıflandırmada piksellerin kullanıcı müdahalesi olmadan algoritmalar yardımı ile otomatik olarak kümelendirilmesi temelinde dayanırken kontrollü sınıflandırmada kullanıcı müdahalesi olması nedeniyle sonuçların farklı çıkmasına sebep olmaktadır.

Kontrollü sınıflandırmada her bir görüntü elemanı (piksel), hesaplanan olasılık değerlerine göre en çok benzer olduğu sınıfa atanmaktadır (Özkan, 2001). Burada da Maksimum benzerlik algoritması ile kullanılarak oluşturulan kontrollü sınıflandırılmış alanlarda sınıflandırma sonucunda tarım alanları ile kentsel yeşil alanların benzer spektral özelliklere sahip olması nedeniyle karışmış olduğu görülmektedir. Aynı durum, yol ile açık alanlar sınıfı için de geçerlidir.

Mogan Gölü'nün kapladığı alan her yıl için farklılık göstermiştir. Mogan Gölü'nde en yüksek sulak alanlar 911.97 ha ile 2010 yılında tespit edilmiştir. En düşük sulak alanlar ise 770.49 ha ile 2007 yılında tespit edilmiştir. 1998 yılından 2001 yılına kadar olan süreçte göl alanında yaklaşık %3,03 oranında azalma görülmüştür. 2001 yılından 2004 yılına kadar göl alanında %8,09 oranında bir artış, 2004 yılından 2007 yılına kadar %11,34 oranında azalma, 2007 yılından 2010 yılına kadar %18,36 oranında artış, 2010 dan 2019 yılına kadar ise %8,62 oranında bir azalma görülmektedir. 1998 yılından 2019 yılına kadar olan 21 yıllık süreçte ise göl alanında %0,52 oranında bir artış görülmektedir.

Sonuç olarak göl ve yakın çevresinin bulunduğu alanlarda bölgenin ekolojisi üzerindeki etkileri, iklimine etkisi, bitki örtüsüne etkisi, rekreasyon faaliyetlerin ve planlanması gibi etkilerinin ortaya konulmasında uzaktan algılama faydalı veriler sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- Aydoğuş, S. (1995) Gölbaşı Bölgesinde Ekolojik Planlama Yaklaşımı, Mogan ve Eymir Gölleri 1.Çevre Kurultay, Ankara
- Ayhan, E., Karlı, F., Tunç E., (2003). Uzaktan Algılanmış Görüntülerde Sınıflandırma ve Analiz, Harita Dergisi.
- Beklioğlu, M. (2000). Göllerin Ekolojik Özelliklerinin ve Su Kalitesinin Bozulması İyileştirilmesi: Eymir ve Mogan Gölleri. Türkiye Mühendislik Haberleri, 409,200/5.
- Bozduman, Ş. (2019). Sınıflandırma yöntemiyle sulak alanların değişimi analizi: Dipsiz Lagün örneği. Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 1(1), 16-20.
- Campbell, J.B., (1996). Introduction to Remote Sensing, Guilford Press, New York, 621 s.
- Çölkesen, İ., (2009). Uzaktan Algılamada İleri Sınıflandırma Tekniklerinin Karşılaştırılması ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri

- teknoloji Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote sensing of environment*, 80(1), 185-201.
- Gölbasi -Tabiat Varlıklarını Koruma-Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (1990, 10 22). Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü: <https://tvk.csb.gov.tr/golbasi-i-394>
- Gülci, S., Gülci, N., & Yüksel, K. (2019). Aslantaş Baraj Gölü ve Çevresinin Su Yüzey Alanı ve Arazi Örtüsü Değişiminin Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak İzlenmesi. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 100-110.
- Gülçin, D. (2018). Arazi Kullanımlarının Sınıflandırılmasında Piksel ve Obje Tabanlı Sınıflandırmanın Karşılaştırılması. *Adnan Menderes Üniversitesi Dergisi*, 42-49.
- Kavzoğlu, T., & Çölkesen, İ. (2010). Karar ağaçları ile uydu görüntülerinin sınıflandırılması: Kocaeli örneği. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(1), 36-45.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W., (2007). *Remote Sensing and Image Interpretation 6th Edition*, John Wiley & Sons Pres. New York.
- Musaoglu, N., Tanik, A., Gumusay, M. U., Dervisoglu, A., Bilgilioglu, B. B., Yagmur, N., Bakırman, T., Baran, D. and Gokdag, M. F. (2018). Long-term Monitoring of Wetlands via Remote Sensing and GIS: A case study from Turkey. In *Proceedings of The International Conference on Climate Change (Vol. 2, No. 1, 11-21)*.
- Mutlu, A., Kazancı, B., Özçetin, A., Sarıyılmaz, F. (2020). Akşehir gölü zamansal değişiminin bant oranlama yöntemleri ile belirlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi 2 (1)*, 22-28.
- Oruç, M., Marangoz, A. M., & Karakış, S. (2007). Pan-Sharp Landsat 7 Etm+ Görüntüsü Kullanılarak Piksel-Tabanlı Ve Nesne-Tabanlı Sınıflandırma Yaklaşımlarının Karşılaştırılması, 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, ODTÜ, Ankara, 02-06.
- Özesmi, U. (1996). *Ecology And Politics Of Rehabilitation: Mogan Lake Wetland Ecosystem*, Ankara, Turkey. An International Perspective On Wetland Rehabilitation, 181-187.
- Özkan, C. (2001). *Uydu görüntü verisinin yapay sinir ağları ile sınıflandırılması (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul)*.
- Ridd, M. K., & Liu, J. (1998). A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. *Remote sensing of environment*, 63(2), 95-100.
- Rokni, K., Ahmad, A., Selamat, A., & Hazini, S. (2014). *Water Feature Extraction And Change Detection Using Multitemporal Landsat Imagery. Remote Sensing*, 6(5), 4173-4189.
- Strahler, A. H., (1980). The use of prior probabilities in maximum likelihood classification of remotely sensed data, *Remote Sens. Environ.*, vol. 10, no. 2, 135-163.
- Sun, F., Sun, W., Chen, J., And Gong, P. (2012). Comparison And Improvement Of Methods For Identifying Water Bodies In Remotely Sensed Imagery. *International Journal Of Remote Sensing*, 33(21), 6854-6875.
- Torun A.T., (2015). Yapay arı koloni algoritmasının tarım alanlarının sınıflandırılmasında kullanılabilirliğinin irdelenmesi. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray Üniversitesi.
- Torun, A. T., & Gündüz, H. İ. (2020). Comparison Of Different Classification Algorithms For The Detection Of Changes On Water Bodies; Karakaya Dam Lake. *Turkish Journal Of Geosciences*, 1(1), 26-33.
- Torun, A. T., Ekercin, S., Gezgin, C., (2017). Ysa ile optimize edilmiş yapay arı koloni algoritmasının landsat uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kullanılabilirliğinin araştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(4), 86-93.
- Türker, M. (1999). Uzaktan Algılama Görüntülerinin Sınıflandırılması İşleminde Yardımcı Verilerin Kullanılması Teknikleri. *Harita Dergisi*, 1-10.
- Uğur, S. (2009). Doğal Su Yüzeyleri Çevresinde Oluşturulan Büyük Ölçekli Parkların Ekolojik Kriterler Açısından İrdelenmesi: Mogan Parkı Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi.
- URL-1: Türkiye'nin Sulak Alanları. (2013). [https://www.suhakki.org/2013/01/turkiyenin-sulak- Alanlari/#:~:text=Ancak%20S%C3%B6zle%C5%9Fme%20kapsam%C4%B1nda%20sadece%202013,var%20\(Bkz%20harita%201\)](https://www.suhakki.org/2013/01/turkiyenin-sulak- Alanlari/#:~:text=Ancak%20S%C3%B6zle%C5%9Fme%20kapsam%C4%B1nda%20sadece%202013,var%20(Bkz%20harita%201)).
- URL-2: Türkiye Sulak Alanları. <http://www.turkiyesulakalanlari.com/mogan-golu-ankara/>
- USGS (United States Geological Survey. EarthExplorer-Home: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Uysal, M. M. (2012). Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Afyonkarahisar İli Şehir Gelişiminin Belirlenmesi. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012) Zonguldak.
- Yağmur, N., (2018). Ramsar alanlarının uzaktan algılama yöntemleri ile zamansal analizi - Meke Maarı örneği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.

