

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ANKARA-GÖLBAŞI TARIM ALANLARININ ZAMANSAL DEĞİŞİM
ANALİZİ**

İsmail Doğukan MANAVBAŞI

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ANKARA
2022**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

ANKARA-GÖLBAŞI TARIM ALANLARININ ZAMANSAL DEĞİŞİM ANALİZİ

İsmail Doğukan MANAVBAŞI

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Havva Eylem POLAT

Türkiye’de arazi kullanımı ivedi bir şekilde değişmektedir. Bilhassa meraların ve ormanların uğradığı zarar bunun başlıca örneğidir. Verimli zirai alanlarının kontrolsüz, plansız ve amaç dışı bir şekilde kullanılmaları, arazilerin ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Su kaynakları ve çevresindeki arazi örtü durumlarının değerlendirilmesi uzaktan algılama yöntemleri ile modellenmesi yaygın yöntemlerden biridir. Su-orman, su-tarım, su-sağlık etkileşimleri gibi geçmişteki ve gelecekteki durumu ortaya koyma veya tahmin modelleri geliştirmede altlıklar oluşturulması açısından önemli bir çalışmadır.

Yapılan bu çalışmada Ankara ili Gölbaşı ilçesi materyal olarak seçilmiştir. Tarım arazilerinin, su yüzey alanlarının ve orman arazisi büyüklüklerinin değişimleri, 2000-2020 yılları arası uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Tarım alanı varlığı, en fazla Mayıs ayı içerisinde 545558,5 da ile 2013 yılı, en az ise 101038,6 da ile 2004 yılında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Temmuz ayında ise tarım alanı varlığı en çok 39915,9 da ile 2015 yılında, en az ise 1179 da ile 2006 yılındadır. Ağustos ayında ise tarım alanı varlığı en çok 11321,1 da ile 2015 yılı, en az ise 1293,3 da ile 2009 yılı olarak belirlenmiştir. Ayların uzun yıllar ortalaması ise; Mayıs ayı için 322068 da, Temmuz ayı için 13581 da, Ağustos ayı için ise 4764 da olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında 2000 yılındaki orman arazisi varlığı 8442,3 da olarak hesaplanmıştır. Toplam orman arazisi varlığı 5274,3 da’a gerilemiştir. Mayıs ayı içerisinde en büyük su yüzey alanı 2020 yılına ait olup, 9894 da’dır. En az ise 2004 yılında 6747 da olarak hesaplanmıştır. Su yüzey alanlarının yıllık yağış rejimi ile paralellik gösterdiği görülmektedir.

Aralık 2022, 56 sayfa

Anahtar Kelimeler: Uzaktan algılama, arazi kullanımı, su kaynakları, NDVI, NDWI

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

TEMPORAL CHANGE ANALYSIS OF ANKARA-GÖLBAŞI AGRICULTURAL AREAS

İsmail Doğukan MANAVBAŞI

Ankara Üniversitesi
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Doç. Dr. Havva Eylem POLAT

Land use in Turkey is changing rapidly. In particular, the damage to pastures and forests is a prime example of this. Uncontrolled, unplanned and unintended use of productive agricultural lands causes the disappearance of lands. Evaluation of water resources and the surrounding land cover conditions and modeling with remote sensing methods is one of the common methods. It is an important study in terms of revealing the past and future situations such as water-forest, water-agriculture, water-health interactions or creating bases for developing prediction models.

In this study, Ankara province Gölbaşı district was chosen as the material. The changes in agricultural lands, water surface areas and forest land sizes were tried to be determined using satellite images between the years 2000-2020. It was concluded that the existence of agricultural land was at the highest in May with 54558.5 da in 2013, and at least with 101038.6 decares in 2004. In July, the agricultural area is the highest in 2015 with 39915.9 decares, and the least in 2006 with 1179 decares. In August, the amount of agricultural land was determined as 2015 with a maximum of 11321.1 decares, and at least in 2009 with 1293.3 decares. The long-term average of the months; It was calculated as 322068 da for May, 13581 da for July and 4764 da for August. The forest land presence in the study area in 2000 was calculated as 8442.3 decares. Total forest land assets decreased to 5274.3 da. The largest water surface area in May belongs to 2020 and is 9894 da. The minimum was calculated as 6747 da in 2004. It is seen that the water surface areas show parallelism with the annual precipitation regime.

December 2022, 56 page

Key Words: Remote sensing, land use, water resources NDVI, NDWI

TEŞEKKÜR

Yalnızca bu tez çalışmasında değil, birlikte çalışmaya başladığımız ilk andan bu yana bana her türlü desteği veren, yol gösteren ve her zaman arkamda duran Danışman Hocam Sn.Doç. Dr. Havva Eylem POLAT (Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi)'a ve tez çalışmamın yürütülmesinde ve tamamlanmasında çalışmalarına verdikleri destekler ve tez izleme komitesinde yapmış oldukları yönlendirmeler için Sn. Prof. Dr. Belgin ÇAKMAK (Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi) ve Sn. Prof. Dr. Yeşim AHİ (Namık Kemal Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi)'ye teşekkür ederim.

Çalışmam süresince yanımda olan, her türlü sohbet ve desteği benden esirgemeyen kıymetli dostlarım Sn. Dr. Cenk AKŞİT, Sn. Yüksek Ziraat Mühendisi Arman MONSHIZADEH KARIMI, Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı Öğretim Üyeleri Sn. Dr. Sertan AVCI (Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı Öğretim Elemanı), Sn. Dr. M. Sevba ÇOLAK, Sn. Araş. Gör. Ahmet Cengiz YILDIRIM ve Sn. Araş. Gör. Elifnaz TORUN'a teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmam süresince bana güç ve ilham veren, desteklerini esirgemeyen annem Nebahat MANAVBAŞI, babam Nevzat Manavbaşı, ablam Yasemin MANAVBAŞI, abim Yurdakul İlker MANAVBAŞI, kıymetli eşim Özden Deniz MANAVBAŞI ve sevgili kızım Mila MANAVBAŞI'na gönülden teşekkür ederim.

İsmail Doğukan MANAVBAŞI
Ankara, Aralık 2022

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1 Uzaktan Algılama.....	8
2.2 Spektroradyometreler	9
2.3 Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI).....	10
2.4 Landsat.....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1 Çalışma Alanı ve Özellikleri.....	14
3.1.2 Tarım arazi varlığı ve dağılımı	16
3.1.3 Tarım arazilerinin sulanma durumu	21
3.1.4 Kullanılan altlık veriler	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
4.1 Tarım Alanlarındaki Değişimin Tespit Edilmesi	31
4.2 Su Yüzey Alanlarındaki Değişimin Tespit Edilmesi	37
4.3 Orman Alanlarındaki Değişimin Tespit Edilmesi.....	42
5. SONUÇ.....	44
KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ.....	55

KISALTMALAR DİZİNİ

DEM	Sayısal Yükseklik Modeli
3D	Üç Boyut
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ETM	Geliştirilmiş Tematik Haritalama
DGCONA	İspanya Doğal Kaynakları Koruma Müdürlüğü
NIR	Yakın Kızıl Ötesi
NDVI	Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi
NDBI	Normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi
NDISI	Normalize edilmiş geçirimsiz yüzey indeksi
SVI	Toprak ve bitki örtüsü indeksi
BRBA	Yerleşim alanları için bant oranı
BCI	Biyofiziksel karışım indeksi
NDWI	Normalleştirilmiş su indeksi
SWIR	Kısa dalga kızılötesi
RBV	Vidicon Back Beam Kamera Sistemi
MSS	Multispektral Tarayıcı Sistemi
TM	Tematik Haritalama Sistemi
PSS	Planlama destek sistemi
Km ²	Kilometrekare
K	Kuzey
D	Doğu
Km	Kilometre
°	Derece
C	Santigrat
Ha	Hektar
ÖZÇKB	Özel çevre koruma bölgesi
Da	Dekar
USGS	Amerika Yerbilimsel Araştırma Kurumu
m ²	Metrekare

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Spektroradyometrelerin yapısı	9
Şekil 3.1 Çalışma alanı.....	14
Şekil 3.2 Çalışma alanı arazi varlığı	16
Şekil 3.3 Çalışma alanına ait örnek 13.05.2004 tarihli 177/32 paftalı uydu görüntüsü..	23
Şekil 3.4 Çalışma alanına ait örnek 13.05.2004 tarihli 177/33 paftalı uydu görüntüsü..	24
Şekil 3.5 Çalışma alanına ait örnek 04.05.2018 tarihli 177/32 numaralı pafta	26
Şekil 3.6 Çalışma alanına ait örnek 04.05.2018 tarihli 177/33 numaralı pafta	27
Şekil 3.7 Çalışma alanına ait örnek 04.05.2018 tarihli 177/32 ve 177/33 numaralı paftaların birleştirilmiş görüntüsü.....	28
Şekil 3.8 Gölbaşı ilçe sınırı	29
Şekil 3.9 örnek paftaların birleştirilmiş ve ilçe sınırlarına göre kırılmış durumu	30
Şekil 4.1 NDVI hesabı sonucu elde edilen örnek 15.05.2016 tarihli uydu görüntüsü	31
Şekil 4.2 NDVI hesabı sonucu elde edilen örnek 15.05.2016 tarihli uydu görüntüsü	32
Şekil 4.3 Mayıs ayına ait uzun yıllar (2000 – 2020) tarım arazisi büyüklükleri.....	35
Şekil 4.4 Temmuz ayına ait uzun yıllar (2000 – 2020) tarım arazisi büyüklükleri	35
Şekil 4.5 Ağustos ayına ait uzun yıllar (2000 – 2020) tarım arazisi büyüklükleri.....	36
Şekil 4.6 Yıllara göre toplam tarım arazisi büyüklükleri	36
Şekil 4.7 NDWI yöntemi ile hesaplanan örnek 24.08.2018 tarihli su yüzey alanları	37
Şekil 4.8 NDWI ile hesaplanan örnek 24.08.2018 tarihli su yüzey alanları	38
Şekil 4.9 Çalışma alanı yıllara göre (2000 – 2020) mayıs ayı su yüzey alanları	40
Şekil 4.10 Çalışma alanı yıllara göre (2000 – 2020) temmuz ayı su yüzey alanları.....	41
Şekil 4.11 Çalışma alanı yıllara göre (2000 – 2020) ağustos ayı su yüzey alanları.....	41
Şekil 5.1 Çalışma alanı 2020 yılı yapılaşma durumu.....	44
Şekil 5.2 Çalışma alanı 2000 yılı yapılaşma durumu.....	45
Şekil 5.3 Çalışma alanı 2000 yılı yapılaşma ve yol varlığı.....	45
Şekil 5.4 Çalışma alanı 2020 yılı yapılaşma ve yol varlığı.....	46
Şekil 5.5 Çalışma alanına ait uzun yıllar yağış miktarı.....	47
Şekil 5.6 Çalışma alanı Eymir Gölü çevresi 2000 yılı orman arazisi varlığı	48
Şekil 5.7 Çalışma alanı Eymir Gölü çevresi 2010 yılı orman arazisi varlığı	48
Şekil 5.8 Çalışma alanı Eymir Gölü çevresi 2020 yılı orman arazisi varlığı	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Kentsel gelişim analizlerinde kullanılan spektral indeksler.....	11
Çizelge 2.2 Landsat uydu sistemleri ve özellikleri.	12
Çizelge 2.3 LANDSAT MSS Görüntüleme Özellikleri.....	13
Çizelge 2.4 LANDSAT TM görüntüleme özellikleri	13
Çizelge 2.5 LANDSAT spektral bant özellikleri	13
Çizelge 3.1 Gölbaşı ilçesi arazi kullanım büyüklükleri	16
Çizelge 3.2 Tarım alanlarının dağılımı	17
Çizelge 3.3 Tarla Bitkileri Ekiliş Alanları ve Verimleri	17
Çizelge 3.4 Meyve Üretim Alanları ve Verimleri.....	18
Çizelge 3.5 Sebze Üretim Alanları ve Verimleri	19
Çizelge 3.6 Gölbaşı ilçesi tarım alanı (Tarhan, 2020)	20
Çizelge 3.7 Uydu Görüntülerinin Tarih ve Pafta Numaraları	21
Çizelge 4.1 NDVI Sınıf Değerleri ve Yüzey Karakteristikleri	32
Çizelge 4.2 NDVI değerleri 0.30'dan büyük olan piksel sayıları	33
Çizelge 4.3 NDVI piksel sayılarından hesaplanan tarım arazisi alanları	34
Çizelge 4.4 Çalışma alanı su yüzey alanı piksel sayıları	39
Çizelge 4.5 Çalışma Alanı Su Yüzey Alanları.....	40
Çizelge 4.6 2000 Yılı Orman Arazisi Varlığı	42
Çizelge 4.7 2010 Yılı Orman Arazisi Varlığı	43
Çizelge 4.8 2020 Yılı Orman Arazisi Varlığı	43
Çizelge 5.1 Çalışma alanı yıllık toplam yağış miktarları.....	46
Çizelge 5.1 Çalışma alanı yıllık toplam yağış miktarları	47

1. GİRİŞ

Günümüzde tabii kaynaklar, insanların ihtiyaçları ve nüfus baskısı altındadır. Bu kaynaklardan arazi, tarımdan yerleşime yoğun bir kullanımla karşı karşıya kalmaktadır. Bu süreç, toprakların özelliklerinin ve fonksiyonunun değişmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple Türkiye’de arazi kullanım yöntemleri de önemli değişiklikler göstermektedir. Bu değişim planlı olmadığında ve sürdürülebilir olmadığında ekolojide kayda değer zararlara sebep olmaktadır. Hatalı arazi kullanımı olarak isimlendirilen bu tarz uygulamalar tabii ortam tanımına uygun değildir. Sınırlı kaynakların önünde gelen arazilerinden tabii ortam tanımına uygun olarak faydalanılması gerekmektedir (Gülersoy, 2008).

Arazi kullanımı ve arazi örtüsünün hızlı bir biçimde değişmesi önemli problemlerden biridir. Bu değişim en başta meraların ve ormanların zarar görmesi ile oluşmaktadır. Verimli tarım alanları da bu zarardan etkilenmekte ve tarım arazisi vasfından çıkmaktadır. Kentsel alanların yaygınlaşması topoğrafya, bitki örtüsü ve yüzey materyallerini büyük miktarda değiştirmektedir. Bunun neticesinde geçirimsiz yüzeylerde artış görülmektedir. Oluşan bu değişimler kent ikliminin kırsal alanlara kıyasla bölgesel miktarda değişmesine sebep olmaktadır. İklimde meydana gelen değişiklikler şehirleşmenin artması ile büyümekte ve şahıslar bu değişikliklerden olumsuz olarak etkilenmektedir.

Türkiye’de arazi kullanımı ivedi bir şekilde değişmektedir. Bilhassa meraların ve ormanların uğradığı zarar bunun başlıca örneğidir. Verimli zirai alanlarının kontrolsüz, plansız ve amaç dışı bir şekilde kullanılmaları, arazilerin ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Bu durum neticesinde yitirilen arazi varlığımız 573.239 ha ulaşmıştır. (Cangir ve ark., 1998, Dengiz ve ark., 2006). Bu sebeple arazilerden en iyi şekilde faydalanabilmek için zamansal değişimin ortaya koyulup, sonuçları değerlendirilerek planlamaların yapılması ve arazilerin uygun şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

Türkiye’de, kırsal alanlardan kentlere yapılan göçe bağlı olmak kaydıyla hızlı bir şehirleşme yaşanmaktadır. Bilhassa son 20 yıllık zaman diliminde yeni tarım teknolojilerin kullanımının artması, göç üzerinde etkilidir. Makineleşme neticesinde

taşırada azalan iş gücü, miras ile parçalanmış tarım arazileri, işsizliğin artması ve eğitim, sağlık ve diğer sosyal zaruri ihtiyaçların giderilememesi gibi önemli etkenler de önemli neticeler meydana getirmektedir (Karaman, 2003; Zeren ve Savrul, 2012). Bu sebeplerle kentlerde meydana gelen nüfus artışları, kentlerin etrafındaki verimli arazilerin de tarım dışı alanlarda da kullanımını artırmaktadır (Sağlık ve Kelkit, 2012). Sanayi devrimi ile ziraat ile uğraşan nüfusun şehirlere göç etmesinin; tarım, şehirleşme ve nüfus dağılımı üzerinde etkisi olmuştur. Geçtiğimiz yüzyılın başlarından bugüne, bahsi geçen farklılıklar ve sebepleri, pek çok bilim insanının ilgisini çekmiştir (Gee, 1935; Zipper ve ark., 2017).

Çok sayıdaki araştırmacı bu değişimleri ulus ve ülkelerin sosyokültürel özellikleri, gelişmişlik düzeylerini veya teknolojik gelişmelerini göz önünde bulundurarak incelemişlerdir. Zeren ve Savrul (2012), Türkiye’de kentleşmeye etki eden faktörleri ekonomik bir yaklaşım ile incelemişlerdir. Çalışmada, kentleşmenin hızlanmasının, kültürel ve ekonomik değişimlere sebep olduğu belirtilmiştir. Genç (2007) yapmış olduğu çalışmada şehirleşme ve göçleri tabii afetler ile bağlantı kurmuş ve bu durumun şehirleşme üzerindeki olası etkilerini incelemişlerdir.

Ülkemizde zirai alanlar, çarpık şehirleşme ve kirlilik gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Doğal kaynakların insan ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için korunmaları ve planlı kullanılması gereklidir. Tarıma elverişsiz topraklar yerine verimli toprakların üzerinde sanayi, konut gibi inşaat faaliyetlerine gidilmesi, sınırlı büyüklükteki verimli zirai arazilerin azalmasına neden olmaktadır. Dizdar (1984)’e göre Türkiye’deki şehirleşmenin tarımsal özellikli arazilerin üzerinde olmasının, zirai faaliyetleri düşük özellikli arazilere doğru ittiğini ve kentsel bölgelerin artış hızının %5 civarında olduğu belirtilmiştir.

Türkiye’de sanayileşmenin iyi özellikli araziler üzerinde yapıldığı ve bu sanayi işletmelerinin çevresinde şehirleşme arttıkça nitelikli zirai arazilerin azalacağı ve özelliklerinin bozulacağından bahsedilmiştir. Yerleşim planında görünen yapısal farklılaşmaların, sanayileşmenin bir sonucu olarak düşünülmesinin yanı sıra, nüfustaki

artış neticesinde oluşan konut talebi, yoğun arazi kullanımı problemine neden olmaktadır. (Anonim, 1976).

1800’lü yılların başında dünyadaki tüm büyük şehirlerde 50 milyon civarında insan yaşamaktayken günümüzde bu rakam 2 milyara ulaşarak önemli ölçüde artmıştır. Ancak bu artışla kentsel alanlarda nüfus yoğunluğu meydana gelmeye başlamıştır. Ülkemiz nüfusu 1950 sonrasında kentlerde yoğunlaşmaya başlamış ve kentleşme oranı %29 dan, 2000 yılında %47,1 e yükselmiştir (Çelebi, 2018). Bu artışa bağlı olarak yanlış yapılaşma ve hatalı arazi kullanımları, tabii kaynakların hatalı kullanımı gibi şehirler için pek çok soruna sebep olmakta ve bu durum ileri zamandaki kentsel yaşamı tehdit etmektedir (Calda, 2010).

En önemli tabii ekosistem alanlarından biri olan, planlamasının yapılması ve yönetilmesi gereken alanlar olarak nitelendirilen göl havzaları, iklimde meydana gelen değişimlere verdiği tepkiler nedeniyle de pek çok çalışmanın ana konusudur. Göllerden ve havzalardan yararlanma şekilleri çeşitli biçimlerde olup, suyun kimyasal özelliklerine tabii olarak kullanım şekilleri değişmektedir. Tatlı su göllerinde başta sulama, balıkçılık, içme suyu temini ve benzeri faaliyetler söz konusu iken, suyu tuzlu olan göllerden farklı şekillerde yararlanılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı artan nüfusla birlikte her geçen gün göller üzerindeki kullanım baskısı artmaktadır. Tarımda, sulama başta olmak üzere, taban sularının sondajı, içme, enerji üretim tesisleri ve akarsuların üzerine inşa edilen barajlarla su depolanması, iklimde meydana gelen farklılıklar göllerin su seviyelerinde düşüşe ve alansal ve hacimsel olarak küçülmelere sebep olmaktadır. Alansal büyüklüklerin değişiminin görsel olarak ortaya koyulması ve önceki dönemler ile mevcut dönemlerin kıyaslanabilmeleri için uzaktan algılama yöntemleri hatırı sayılır avantajlar sağlamaktadır.

Çevre ve Orman Bakanlığınca başlatılan, ülkemizdeki arazi kullanım değişimlerinin belirlenmesine dair çeşitli proje ve çalışmalar devam etmektedir. Bu sayede ülkemizdeki arazilerden faydalanma biçimi yıllara göre belirlenebilecektir. Uzaktan algılama yöntemleri; arazi kullanımında meydana gelen farklılıklar, iklim değişimleri, su

yüzeylerinde zaman içerisinde meydana gelen yüzey alanı farklılıkları, yağış ve sıcaklık gibi etkenlerdeki farklılıkların hesaplanması gibi konularda kullanım alanına sahip olmaya başlamıştır.

Sulak alanlar, sanayi ve zirai alanlarının günden güne artmasıyla derin hasarlara maruz kalmaktadır. Bu durum ülkemizde de tehdit oluşturmaktadır. Ülkemizde son 40 yılda Marmara Denizi büyüklüğünde sulak alan, kirlenme ve kuruma gibi nedenlerle ekolojik ve ekonomik işlevini yitirmiştir (Çelik ve ark. 2012).

Geçmişte, zirai alanların amacı dışında kullanımında, coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yöntemlerinin tercih edildiği durumlarda yeryüzüne dair konumsal veriler sadece yapılan arazi çalışmalarından elde edilebilmekteydi. Fakat günümüzde teknolojik olanaklar mekansal verilerin uydudan alınmasını, analiz edilmesini ve haritalanmasını basitleştiren yeni sistemlerin oluşturulmasını sağlamıştır (Şahin ve Aksoy 2004).

Son yıllarda uzay teknolojisindeki gelişmeler, şehirleşme ile ilgili nitelikler ve değişimlerin coğrafi bilgi sistemleri ile değerlendirilebilmesini sağlamıştır (Singh ve ark., 2017). Özellikle büyük arazilerin tek seferde kolayca değerlendirilmesine imkân tanıdığı için şehirleşmenin ziraat üzerine olan etkisinin incelenmesinde uzaktan algılama büyük kolaylık sağlamaktadır (Su ve ark., 2014; Pandey ve Seto, 2015; Inalpulat ve Genc, 2016). Uydulardan elde edilen görüntüler, çeşitli yöntemler ile ürün deseni haritalarına arazi kullanımı haritalarına dönüştürülebilmektedir (Chen ve ark., 2017). Bu yöntemler sayesinde elde edilen veriler, farklı veriler ile birleştirilebilir ya da kıyaslanabilir (Uca Avcı ve ark., 2014). Bu sayede zaman içerisinde meydana gelen değişimin nedenleri ve gelecek zaman ile alakalı öngörüler sunulabilir (Karaman ve ark., 2015).

Bu çalışmada, Ankara ili Gölbaşı İlçesi'ndeki tarım arazilerinin, su yüzey alanlarının ve orman arazisi büyüklüklerinin değişimleri, 2000-2020 yılları arası elde edilen uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmiş ve değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Türkiye’de arazi kullanımını inceleyen pek çok araştırma mevcuttur. Şahin (2008) uzaktan algılamaya dair “uzaktan algılama faaliyetleri çoğunlukla uydular ile yapılmaktadır. Elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde büyük alanları uydular, kısa zaman aralıklarıyla görebilmektedir” ifadesinde bulunmuştur.

Özdemir ve Bahadır (2010) yapmış oldukları “Uzaktan algılama ile Acıgöl Havzası’ nda arazi kullanımının zamansal değişim analizi” adlı çalışmada Acıgöl Havzası’nın uzun yıllarda meydana gelen arazi kullanım farklılıklarını irdelemişlerdir.

Çeşitli araştırmacılar uydu görüntüleri ile haritalar yapmışlar ve yüzey sıcaklığı haritaları ile kıyaslayarak çok sayıda çalışmayı ortaya koymuşlardır (Xu vd. 2010, Bektaş Balçık 2014, Bektaş Balçık ve Ergene 2016).

Yoğun kentleşmenin yapıldığı alanlarda, ısı adalarının tanımlanmasında termal bantlar kullanılmaktadır. Aynı şekilde yerleşim yerlerinin ısı çevrelerinin tespit ve değerlendirilmesinde de kullanılmaktadırlar (Kaya vd. 2012).

Atasayan (2000) yaptığı çalışmada uydu görüntüleri ve çeşitli bilgisayar programlarını kullanarak 1992-1998 yılları arasında arazideki değişimleri ortaya koymuştur. Bu çalışmada ayrıca yeşil alanlardaki sınıflandırmaları da belirleyerek geleceğe yönelik tespitlerde bulunmuştur.

Eryılmaz (2000), çalışmasında uzaktan algılama yöntemiyle öncelikle araziye değer bakımından sınıflandırmış, daha sonra da arazi kullanımında meydana gelen değişiklikleri uydu görüntüleri vasıtasıyla yorumlamış ve ortaya koymuştur. Bu çalışmasını Çanakkale İl’ine uygulamış olup ulaşılmış olduğu sonuçları çeşitli yöntemlerle ortaya koymuştur.

Güner ve ark., (2001) gerçekleştirdikleri çalışmalarında, Osmanlı Döneminden kalma potansiyeline ve Cumhuriyet Dönemi'nde zaman zaman hızlanan sanayileşme hareketine rağmen, bu alanda yeterince gelişmemiştir. Trabzon'da sanayinin gelişmeme nedenlerine değinilmiş ve en önemli nedenler arasında doğal kaynakların az oluşu, pazar sorunu, kalifiye eleman sorunu, iç talebin düşük olması (alım gücünün yetersiz olması) basta gelen sorunlar olarak belirtilmiştir. Bu nedenle de özellikle yöreye sermaye akışı olmadığı vurgulanmaktadır. Çalışmada aynı zamanda bu mevcut sorunların nasıl çözülebileceğine dair çözüm önerileri ortaya konulmuştur.

Bilgi, (2002) tez çalışmasında hâlihazır kullanımı ortaya koymuş, araziye topografya ve toprak gibi unsurları dikkate alarak değer bakımından sınıflandırmış ve neler yapılabileceğine dikkat çekmiştir.

Reis ve ark., (2002) çalışmalarında bölgesel planlamaya ait konuma dayalı bilgiler elde ederek dijital ortamda saklanması, işlenmesi ve güncellenmesini hedeflemişlerdir.

Destegül (2002) yaptığı yüksek lisans çalışmasında özellikle inceleme sahasının da bazı fiziki coğrafya özelliklerini açıklamış olup, çok kısa da olsa yerleşme açısından arazi kullanımına değinmiştir. Armutlu Yarımadasının özellikle jeolojik özellikleri ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Aynı zamanda yerleşmeye uygun alanları saptamak için çeşitli yöntemler kullanılmış olup çeşitli haritalar oluşturulmuştur.

Randolph (2003) kaleme aldığı kitabında çevre şartları ile arazi kullanımı arasındaki ilişkilere değinmiştir. Önemli olan kısmı ise arazi kullanımı planlaması aşamalarını ve yönetimi konusunda ortaya koyduğu yöntemlerdir. ABD'de ve Avrupa'da gelişmiş teknolojik imkânlarla hâlihazır kullanımlar tespit edilmiş, bu sayede geleceğe yönelik planlamalar daha kolay yapılabilmektedir. Bu çalışmalar uzaktan algılama teknikleri ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yapılmaktadır. Sadece arazi kullanımına yönelik plan yapmak çözüm olmayacağı için yönetimi ve geliştirilmesi yani gelişen günün koşullarına uyulanması ayrı bir sorun olmaktadır. Araştırmacı bu konulara dikkat çekmiştir.

Çelik ve ark., (2004) çalışmalarında uzaktan algılama yöntemleri ve coğrafi bilgi sistemlerini uygulamalı olarak Urla (İzmir) ilçesine uygulamışlardır. Bu çalışmalarında Erdas Imagine 8.6 yazılımını ve Quick Bird uydusu görüntüleri ile arazi örtüsü kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırmaları yapılmış ve değişim miktarı belirlenmiştir. Arazinin sayısal yükseklik modeli (DEM) ve topografik haritası oluşturulmuş ve son olarak da sahanın 3D modellemesi yapılmıştır.

Özdemir ve Şenkul (2006) yaptıkları çalışmalarında coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama tekniklerini kullanarak konuyu ele almışlardır. Konu ele alınırken özellikle bitki örtüsündeki değişimlere dikkat çekilmiştir. CBS'den özellikle jeolojik ve tomografik haritaların oluşturulmasında yararlanılmıştır. Uzaktan algılama tekniklerinden ise Landsat ETM uydu görüntüsü kullanılarak DGCONA metodolojisine göre değerlendirilmiş ve mevcut kullanım durumu tespit edilmiştir. Daha sonra arazi kullanımı ile ilgili problemler tespit edilmiş ve problemlerin çözümüne yönelik yapılması gerekenler ortaya konulmuştur.

Taş (2006) doktora tezinde arazinin mevcut durum tespitini yapmış, kısmen de olsa planlamaya yönelik öneriler ve tespitlerde bulunmuştur. Farklı bölgelerde farklı doğa koşulları hâkim olduğundan, doğayı kullanma şekilleri de farklı olmaktadır. Türkiye, doğal koşullar bakımından çeşitlilik gösteren bir ülkedir. Bu çeşitlilik arazi kullanımı üzerinde etki yapmaktadır. Konuyu bu akışa göre ele alan araştırmacı, ilçenin sahip olduğu potansiyeli değerlendirip sonraki dönemlere yönelik planlama önerilerinde bulunmaya çalışmıştır.

Kentsel saçaklanma araştırmacıların üzerinde çok sayıda çalışma yaptıkları bir materyaldir. Güler ve ark., (2007), yaptıkları çalışmada Samsun ilinde tarım arazisinin 1980-1999 yılları arasında 1320 ha azaldığını tespit etmişlerdir.

Abujayyab ve ark., (2019) NDVI görüntülerini kullanarak Düzce ili genelinde yapay sınır ağrı modeli oluşturmuş ve mekânsal-zamansal uydu görüntüleri üzerinde geleceğe yönelik dinamik bitki örtüsünü tahmin etme üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Çağlayan, E. B. ve ark., yaptıkları çalışmada Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) indekslerini kullanarak 1985 ve 2020 yılları arasında Akşehir Gölü'nde meydana gelen alansal değişimi tespit etmişlerdir.

Şahin Taysun, K. ve Taysun, A., 2020 yılında yaptıkları çalışmada NDVI verileri kullanılarak Manisa-Akselendi Ovası'nda 1985 – 2017 yılları arasında bitki örtüsündeki zamansal değişimi incelemiş, rüzgâr erozyonunun bölgede meydana getirdiği değişimi ortaya koymuşlardır.

Kaya, Y. ve Nizar, P. (2021) yaptıkları çalışmada bitki indeksleri kullanarak Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü Ceylanpınar Tarım İşletmesi'nde buğday bitkisinde rekolte tahmini gerçekleştirmiş, %63 ile %96 arasında değişen doğruluk oranları tespit etmişlerdir.

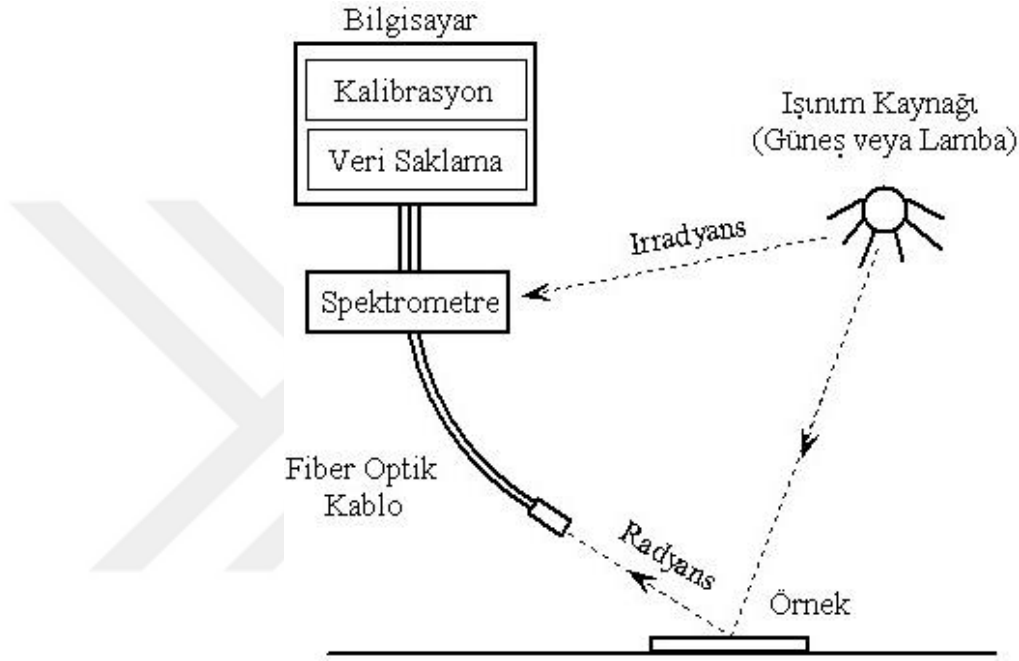
2.1 Uzaktan Algılama

Uzaktan Algılama; nesnelerden yansıyan farklı bantlardaki elektromanyetik radyasyonu inceleyerek nesnelerin durumundaki zamansal ve uzamsal değişimleri görüntüleme ve değerlendirme sürecidir (Avery ve Berlin, 1992). Önceleri askeri nedenlerle düşman kuvvetlerini incelemek amacıyla geliştirilen uzaktan algılama, daha sonra tarım da dahil olmak üzere birçok farklı alanda kullanılmaya başlandı. Günümüzde görüntüyü görmek ve elde etmek kolay olsa da, elde edilen verileri yorumlama ve sonuca varma süreçleri hala karmaşıktır.

Uzaktan algılama farklı alanlarda kullanılmaktadır. Askeri alanda; jeoloji alanında stratejik bölgelerin gözlemlenmesi, mayın tespiti, arazi yapısı ve jeolojik oluşumların incelenmesi, ormancılık alanında, ekoloji alanında; meteorolojide erozyon, kentleşme, çevre kirliliği miktarının belirlenmesi, hava tahminleri yapmak. Uzaktan algılamanın bir diğer kullanım alanı ise tarımdır. Örnek olarak üretim şekli ve miktarlarının belirlenmesi, toprakların sınıflandırılması, verim tahmini, bitki gelişimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi verilebilir.

2.2 Spektroradyometreler

Spektroradyometre, nesneden yansıyan ışınımı elektronik ve optik olarak işlemiden geçirdikten sonra kaydeden bir sistemdir. Nesnenin aydınlatılmasında; arazide güneş, laboratuvarıda ise uygun özelliklere sahip lambalar kullanılır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Spektroradyometrelerin yapısı (Keskin M. 2007)

Örnek nesneden gelen radyasyonu bir fiber optik kablo ile alır ve onu farklı dalga boylarına veya bantlara böler (Swain ve Davis, 1978). İçindeki optik aygıtların yardımı ile gelen sinyali analiz eder ve farklı dalga boylarına veya bantlara ayırır. Daha sonra her dalga boyu veya bant için ayrı olarak çeşitli sensörler vasıtasıyla radyan enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür (Swain ve Davis, 1978).

2.3 Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Tucker (1979) tarafından geliştirilen Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), yeşil bitki örtüsünün yoğunluğu hakkında bilgi sağlar. Kırmızı ve yakın kızılötesi bölgedeki yansıma farklılıklarına dayalı olan NDVI yaklaşımı, bitkinin görünür bölgede klorofil kaynaklı absorpsiyonun bir sonucu olarak daha düşük bir yansımaya sahip olduğu, mezofil dokusu nedeniyle yakın kızılötesi bölgede ise yüksek bir yansıtıcılığa sahip olduğu mantığına dayanmaktadır (Campbell, 1987). Denklemi aşağıda gösterilmiştir. Denklem yakın kızılötesi banttan (NIR) kırmızı bandın çıkarılması ve bulunan sonucun yakın kızılötesi bant (NIR) ile kırmızı bandın toplamına oranlanması şeklindedir.

$$NDVI = \frac{NIR - Kırmızı}{NIR + Kırmızı} \quad (1)$$

Ölçüm skalası -1 ile 1 arasında değişmektedir. Pozitif sayılar bitki yoğunluğunun çok olduğunu, negatif sayılar ise bitki yoğunluğunun az olduğunu belirtmektedir. İncelenen zaman diliminin NDVI değeri ile o zaman diliminin uzun dönem ortalama NDVI değeri arasındaki farkı kullanılarak kuraklık şiddeti belirlenebilmektedir ancak tek başına kurak olmayan veya kurak koşulları göstermez.

Üç tarafı denizlerle çevrili olması ve topoğrafyasının düzensiz olması sebebiyle ülkemizdeki meteorolojik etmenler büyük mekânsal ve zamansal farklılıklar göstermektedir. Toprak, topoğrafya, bitki örtüsü ve güneşlenme gibi diğer çevresel koşulların yanı sıra iklim değişikliğinden de etkilenmektedir. Yağış ve bitki örtüsü arasında pozitif bir ilişki olduğu bilinmektedir. Yeterli yağış alan bir alanda bitki örtüsünün canlılığı, yüksek düzeyde tarımsal üretime işaret eder. Bu ikisi arasındaki pozitif ilişkiyi kullanarak, uzaktan algılama verilerini kullanarak olası tarımsal üretim hacmini tahmin etmek mümkündür (Tuğaç M. G. vd.).

Kentsel gelişim çalışmalarında yaygın olarak kullanılan spektral indeksler Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Kentsel gelişim analizlerinde kullanılan spektral indeksler

Spektral Index	
NDVI	$NDVI = \frac{NIR - Kırmızı}{NIR + Kırmızı}$
NDBI	$NDBI = \frac{MIR - NIR}{MIR + NIR}$
NDISI	$NDISI = \frac{(TIR - (MNDWI + NIR - MIR)/3)}{TIR + MNDWI + NIR - MIR)/3}$
SVI	$SVI = \frac{SWIR - Mavi}{SWIR + Mavi}$
BRBA	$BRBA = \frac{Kırmızı}{MIR}$
Toprak indeksi	$Toprak indeksi = \frac{TIR + MIR}{TIR + MIR}$
BCI	$BCI = \frac{(H + L)/2 - V}{(H + L)/2 + V}$
NDWI	$NDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR}$

Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI): Bitki varlığını incelemek için kullanılmaktadır (Duran, 2007). Normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi (NDBI): Yerleşim alanlarını tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır (Herbei vd., 2012). Normalize edilmiş geçirimsiz yüzey indeksi (NDISI): Geçirimsiz yüzeyleri belirlemek maksadıyla meydana getirilmiştir (Xu, 2010). Toprak ve bitki örtüsü indeksi (SVI): Geçirimsiz yüzeyler ve geçirimsiz olmayan yüzeylerin ayrımını yapmak amacıyla geliştirilmiştir (Villa, 2012). Yerleşim alanları için bant oranı (BRBA): Yerleşim alanlarını belirlemek maksadıyla geliştirilmiştir (Waqar vd, 2012). Toprak indeksi (Soil index): Toprak alanlarını belirlemek maksadıyla geliştirilmiştir (Waqar vd., 2012). Biyofiziksel karışım indeksi (BCI): Üç bileşenin normalize edilmesiyle meydana getirilmiştir (Deng ve Wu, 2012). Normalleştirilmiş su indeksi (NDWI): NDVI hesaplanmasındaki mantığın kullanılması ile Normalleştirilmiş Su İndeksi de, yakın-kızılötesi bandını ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) bandını kullanır (Gao, 1996).

2.4 Landsat

LANDSAT; uzaydan yeryüzü görüntüsü elde etmekte kullanılan projedir. İlk LANDSAT uydusu 1972’de fırlatılmıştır. Kullanımda olan en güncel uydu LANDSAT 8 ise 2013’de fırlatılmıştır. LANDSAT uyduları üzerindeki araçlar ile milyonlarca görüntü elde etmiştir. Bu görüntülerin her biri global değişim araştırmaları, jeoloji, tarım, kartografya, ormancılık, gözetleme, şehir planlama, ulusal güvenlik ve eğitim gibi uygulamalarda kaynak olarak kullanılmaktadır. Landsat uydu sistemleri ve özellikleri Çizelge 2.2’de verilmektedir (Orhan, 2014).

Çizelge 2.2 Landsat uydu sistemleri ve özellikleri.

UYDU	Sensör	Çözünürlük				Tarama Genişliği (km)
		Spektral (um)	Zamansal (gün)	Uzaysal (m)	Radyometrik	
LANDSAT 4-5	TM	VNIR	16	30	8 bit	183
		SWIR		120		
		TIR				
LANDSAT 7	PAN		16	15	8 bit	185
	ETM	VNIR		30		
		SWIR		60		
		TIR				

Tüm LANDSAT uyduları kuzey-güney doğrultusunda tarama yapar ve güneşle senkronize hareket eder. İlk üç uydunun (LANDSAT 1-3) 18 günlük gözlem süresi ve 900 km uçuş irtifası bulunmaktadır. Diğerleri ise 700 m uçuş irtifasına ve 16 günlük gözlem periyoduna sahiptir. LANDSAT serisi uyduların sensörleri başlıca şunlardır: Vidicon Back Beam Kamera Sistemi (RBV), Multispektral Tarayıcı Sistemi (MSS) ve Tematik Haritalama Sistemi (TM). LANDSAT Enhanced Thematic Mapper (ETM), LANDSAT 7 ile tanıtıldı. ETM verileri, elektromanyetik spektrumun termal kızılötesi, görünür, yakın ve orta spektral aralıklarını içerir. Bu sensörlerin her biri, 185 km genişliğinde bir şeritle dünyayı tarar (Çizelge 2.2). PSS, elektromanyetik radyasyonu dört spektral aralıkta kaydeder (Çizelge 2.3). Her bant, yaklaşık 60 x 80 metrelik bir uzaysal çözünürlüğe ve 6 bitlik (veya 64 tonlu) bir radyometrik çözünürlüğe sahiptir (Çizelge 2.4). Algılama, uydu bir yönde hareket ederken salınan bir ayna ile yapılır ve aynı anda

altı tarama yönü kaydedilir. Çizelge 2.5’de ise LANDSAT spektral bant özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.3 LANDSAT MSS Görüntüleme Özellikleri

EM Bölge	Bant genişliği (μm)	Mekansal çözünürlük (m)	Radyometrik çözünürlük
Görünür yeşil	(0.5-0.6)	60	6 bit
Görünür kırmızı	(0.6-0.7)	60	6 bit
Yakın kızılötesi	(0.7-0.8)	60	6 bit
Yakın kızılötesi	(0.8-0.11)	60	6 bit

Çizelge 2.4 LANDSAT TM görüntüleme özellikleri

EM Bölge	Bant genişliği (μm)	Mekansal çözünürlük (m)	Radyometrik çözünürlük
Görünür mavi	0.45-0.52	30	8 bit
Görünür yeşil	0.52-0.60	30	8 bit
Görünür kırmızı	0.63-0.69	30	8 bit
Yakın kızılötesi	0.76-0.90	30	8 bit
Yakın kızılötesi	1.55-1.75	30	8 bit
Isıl kızılötesi	10.4-12.5	120	8 bit
Kısa dalga kızılötesi	2.08-2.35	30	8 bit

Çizelge 2.5 LANDSAT spektral bant özellikleri

Spektral Bantlar		Dalga Boyu (μm)	Mekânsal Çözünürlük (m)
Bant 1	Mavi	0.45 – 0.52	30
Bant 2	Yeşil	0.52 – 0.60	30
Bant 3	Kırmızı	0.63 – 0.69	30
Bant 4	Yakın kızıl ötesi	0.76 – 0.90	30
Bant 5	Kısa dalga kızıl ötesi	1.55 – 1.75	30
Bant 6	Termal kızıl ötesi	10.4 – 12.5	120
Bant 7	Kısa dalga kızıl ötesi	2.08 – 2.35	30

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı ve Özellikleri

Ankara ili 26897 km²'lik bir alana sahiptir ve 38,62° – 40,64° K enlemi ile 30,33° D – 33,88° D boylamları arasındadır. Deniz seviyesinden ortalama 890 m yüksekliğe sahiptir. Çevresinde bulunan iller batıda Eskişehir, doğuda Kırıkkale ve Kırşehir, kuzeyde Çankırı ve güneyde Aksaray ve Konya illeridir (Şekil 3.1).

İç Anadolu platosunda yer alan ve Ankara'ya 20 km uzaklıkta bulunan Gölbaşı ilçesi, batısında Yenimahalle, doğusunda Bala, kuzeyinde Çankaya ve güneyinde Haymana ilçeleri ile çevrilidir. Deniz seviyesinden yüksekliği 970 metre olup yüzölçümü 1650 km² dir. 2015 yılı adrese dayalı genel nüfus sayım sonuçlarına göre toplam nüfusu 123681'dir.



Şekil 3.1 Çalışma alanı

Bölgede Eymir ve Mogan gölleri bulunmaktadır. Mogan Gölü'nün güneyinden itibaren 2 km'lik bir mesafede, sulak-bataklık alan nitelikli bir geçiş zone ile yer altı ve yer üstünden kuzey doğusundaki 1.25 km²'lik alana sahip Eymir Gölü'ne boşalım sağlamaktadır. Yüzölçümü ortalama 6 km² dir (Anonim, 2017).

Karasal ikliminin yaşandığı ilçede kışları soğuk ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak geçer. Yıllık yağış ortalaması yaklaşık olarak 400 mm dir. Yıllık sıcaklık ortalaması ise 11,7 °C dir.

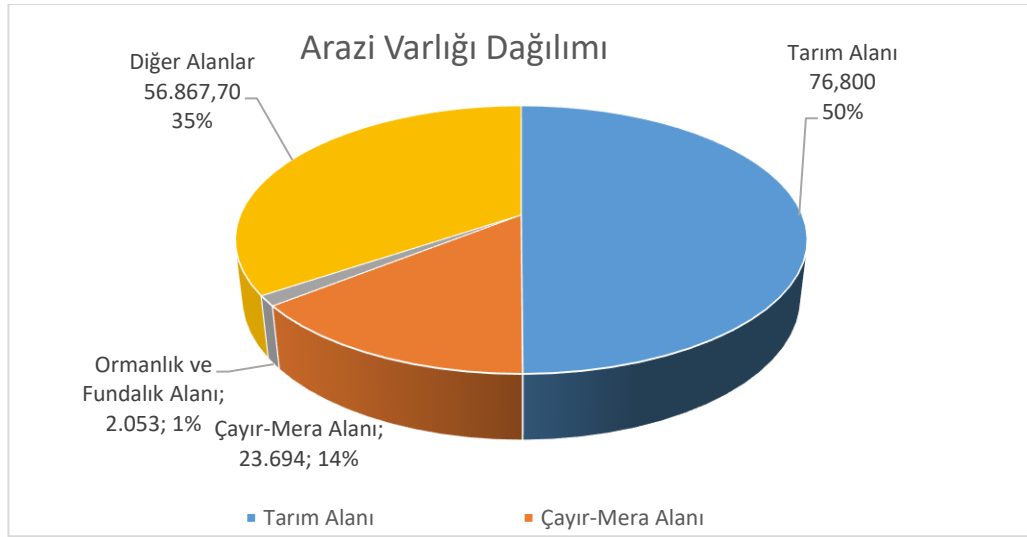
2017 yılı İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık verilerine göre Gölbaşı ilçesinde toplam 29515 hektar alanda tarım yapılmaktadır. Bu alanın 26583 ha'da (%90) tahıl üretimi yapılmaktadır. Buğday 15947 ha, çavdar 833 ha, arpa 9601 ha ve yulaf 202 ha alanı kaplamaktadır. Toplam 1410 ha alanda baklagil ekimi yapılmaktadır. Nohut 1268 ha, fasulye (kuru) 61 ha ve mercimek (yeşil) 81 ha'lık alanda yapılmaktadır. 25 ha'lık alanda şekerpancarı, 1497 ha'lık alanda ise ayçiçeği yetiştirilmektedir. Tarım alanları yapılaşma nedeniyle giderek daralmaktadır. ÖZÇKB (Özel Çevre Koruma Bölgesi) sınırları dahilindeki tarım alanları 75.65 km² 'lik alanı kapsamaktadır. Bölgede oldukça verimli 1. ve 2. sınıf araziler yer almaktadır (Anonim, 2017).

3.1.1 Genel arazi varlığı ve dağılımı

İlçenin toplam alanı 1631831,1 da olup; bunun %48,81'i Tarım alanı, %17,38'i Çayır ve Mera, %1,21' i Orman ve %32,57'si ise diğer alanlardır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Gölbaşı ilçesi arazi kullanım büyüklükleri (Gölbaşı İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2022)

Gölbaşı İlçesi Arazi Varlığı				
Arazi Cinsi	Alan	Toplam Alana Oran (%)	Sulanan Alan (Da)	Sulanan Alan (%)
Tarım Alanı	768038,0	%48,81	33500	(%4,06)
Orman	20530,0	%1,21		
Çayır - Mera	293471,0	%17,38		
Tarım Dışı	549792,1	%32,57		
Toplam	1631831,1	100%	33500	



Şekil 3.2 Çalışma alanı arazi varlığı

3.1.2 Tarım arazi varlığı ve dağılımı

Tarım alanlarından; 561691 dekarında tarla ürünleri, 2323 dekarında sebze, 19741 dekarında meyve üretilmekte olup, 184283 dekarı nadaştır. Çizelge 3.2, 3.3 ve 3.4'te ilgili tarım ürünlerinin ekim-dikim alanları ile verimleri verilmiştir.

Çizelge 3.2 Tarım alanlarının dağılımı (Gölbaşı İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2022)

Cinsi	Tarım Alanı (da)
Tarla Arazisi	561691,0
Sebze Arazisi	2323,0
Meyvelik	19741,0
Nadas	31050,0
Toplam	768038,0

Çizelge 3.3 Tarla Bitkileri Ekiliş Alanları ve Verimleri (Gölbaşı İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2022)

Ekili Ürünün Çeşidi	Ekiliş Alanı (da)	Verimi (kg/da)	Üretim (ton)
Buğday	239000	310	74090,0
Adaçayı	110	180	1980,0
Arpa	207000	385	79695,0
Ayçiçeği	25	245	6,1,0
Yulaf (Dane)	52500	250	13125,0
Aspir	2500	120	300,0
Ayçiçeği (Yağlık)	8430	200	1686,0
Nohut	36000	170	6120,0
Yonca (Yeşil Ot)	4685	3500	163975,0
Korunga	729	650	4739,0
Fiğ (Macar)	1340	900	1206,0
Yulaf (Yeşil Ot)	286	400	1144,0
Arpa (Yeşil Ot)	50	2100	105,0
Mercimek (Yeşil)	1920	115	2208,0
Çavdar	142	200	28,4
Fiğ (Adi)(Yeşil Ot)	260	900	234,0
Mercimek (kırmızı)	610	115	702,0
Mısır dane	350	450	1575,0
Mısır(Silajlık)	302	4200	12684,0
Yem şalgamı	48	6000	288,0
Bezelye (Yemlik)	60	600	36,0
Şeker pancarı	46	4500	207,0
Çayır otu	2.900	750	2175,0
Fiğ (Adi)(Dane)	50	80	4,0
İtalyan çimi	63	3500	2205,0
Fiğ (diğer)	50	80	4,0
Fiğ (diğer)	200	850	170,0
Soğan	400	4000	1600,0
Lavanta	47	140	66,0
Fasulye kuru	15	100	1,5
Patates	1	3000	3,0
Kimyon	970	50	48,5
Anason	238	60	14,3
Çörek otu	364	60	21,8
TOPLAM	561691		

Çizelge 3.4 Meyve Üretim Alanları ve Verimleri (Gölbaşı İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2022)

Çeşidi	Kapladığı alan(da)	Ağaç Sayısı	Ortalama Verim Kg/Ağaç	Üretim (Ton)
Ceviz	11250,0	101500	14	276,08
Elma(Golden)	1725,0	31872	25	421,25
Elma(Starking)	1500,0	26624	26	379,6
Kayısı	1550,0	20520	13	108,55
Armut	580,0	9920	22	229,02
Üzüm(Sofralık-Çekirdekli)	381,0		300	114,30
Kiraz	520,0	10728	15	102,00
Elma(Diğer)	420,0	9216	26	183,30
Erik	190,0	4370	17	74205,00
Vişne	220,0	3020	16	48,32
Ayva	135,0	3680	18	61,03
Elma(Grannysmith)	50,0	1050	25	26,00
Badem	955,0	7520	9	52,50
Şeftali	75,0	1435	19	8645,00
Dut	19,0	280	30	84,00
Muşmula	2,0	37	20	0,74
Hünnap	3,0	10	15	
Nektarin	62,0	1152	20	
Aronya	91,0		150	13,70
Kurtüzümü (gojiberry)	13,5		420	5,70
TOPLAM	19740,5			

Çizelge 3.5 Sebze Üretim Alanları ve Verimleri (Gölbaşı İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2022)

Ekili Ürünün çeşidi	Ekiliş alanı (da)	Verimi (kg/da)	Üretim (ton)
Kavun	2000	1400	2800,0
Domates (Sofralık)	190	2500	475,0
Karpuz	40	1000	40,0
Fasulye (Taze)	10	700	7,0
Hıyar (Sofralık)	15	2500	37,5
Soğan (Taze)	2	2000	4,0
Biber (Sivri)	13	1300	16,9
Sarımsak	14	600	8,4
Biber (Çarliston)	16	1200	19,2
Patlıcan	12	1300	15,6
Marul(kıvırcık)	6	3000	18,0
Kabak(sakız)	2	2000	4,0
Bamya	1	1000	1,0
Ispanak	1	2000	2,0
Maydanoz	1	2000	2,0
TOPLAM	2323		

TÜİK'dan elde edilen veriler ile yapılan bir çalışmada (Tarhan, 2020) 2008-2019 yılları arasında tarım arazilerinin toplam alanları ve değişim oranları Çizelge 3.6'da gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde özellikle buğday ekim alanında 2009 yılında yüksek miktarda artış olduğu görülmektedir. Bu nedenle toplam tarım alanları incelendiğinde de 2009 yılında dikkate çeken bir artış meydana geldiği görülmektedir.

Çizelge 3.6 Gölbaşı ilçesi tarım alanı (Tarhan, 2020)

Yıllar	Gölbaşı İlçesi Ekim Alanı (da)														
	Buğday	Arpa	Ayçiçeği	Yulaf	Aspir	Nohut	Yonca	Korunga	Fiğ	Çavdar	Mercimek	Mısır (Silajlık)	Fasulye	Bezelye (Yemlik)	Toplam
2008	140830	102451	9048	615	—	1500	125	300	1850	3000	1300	300	80	—	261399
2009	265033	126681	17312	998	—	1800	130	400	1900	9000	1500	400	100	—	425254
2010	271432	137050	31177	998	—	1800	1000	200	3800	9126	1300	300	100	—	458283
2011	284012	136800	32556	1000	—	1800	1000	200	2800	9200	1280	285	100	—	471033
2012	267636	141300	33070	1445	150	1880	1207	203	3742	12000	2000	289	150	—	465072
2013	274136	128800	27741	14829	1969	737	2814	502	2450	1747	1770	345	932	—	458772
2014	288325	128838	36814	15535	2300	850	3131	502	2450	1273	1100	320	400	—	481838
2015	297044	128887	30417	18200	2300	850	3200	502	2950	950	900	340	315	—	486855
2016	283141	125320	26220	17800	8070	3850	3000	2750	2450	550	600	350	210	75	474386
2017	291197	112058	26230	17332	11000	3000	3000	2750	2450	550	400	300	210	75	470552
2018	287896	121775	26278	15314	12885	3000	3000	2750	2450	627	401	300	210	75	476961
2019	264468	128378	27972	27518	5920	20688	3121	1375	4992	716	2261	1039	149	250	488847

3.1.3 Tarım arazilerinin sulanma durumu

İlçede tarım arazilerinin (823853 da) 33500 dekarı sulanabilir alandır. Bunun ilçe tarım alanlarına oranı %4,06'dır. Sulanan arazilerin tamamı halk sulaması şeklindedir (Gölbaşı İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2022).

3.1.4 Kullanılan altlık veriler

Çalışmada tarım alanı, su yüzey alanı ve orman alanı büyüklüğü tespitine yönelik NDVI ve NDWI değerlerinin hesaplanmasında USGS web sitesinden (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) ücretsiz olarak indirilen 2000-2020 yıllarına ait Landsat 5 (TM) (2000 – 2011 yılları) ve Landsat 8 (TM) (2013 – 2020 yılları) uydu görüntülerinden yararlanılmıştır.

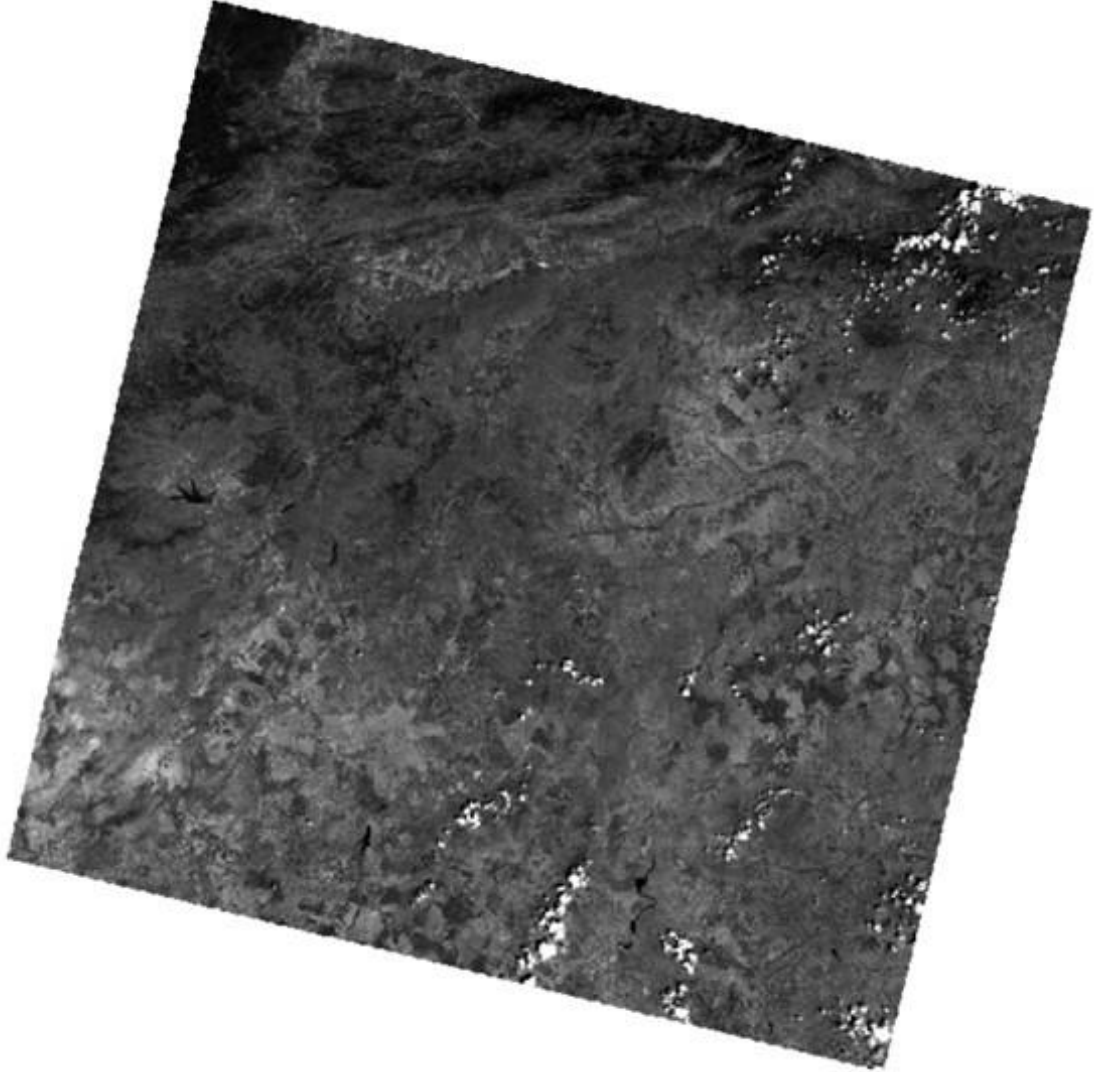
Gölbaşı ilçesi 2 adet paftayı (177-32, 177-33) kapsadığı için her aya ait 2 uydu görüntüsü bulunmaktadır (Şekil 3.3, Şekil 3.4). Çalışma alanına ait 108 adet uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bazı aylara ait uydu görüntüleri bulut örtüsü nedeniyle kullanılamaz haldedir. Ek olarak bazı aylarda uydu, ilgili pafta üzerinden geçmediği için uydu görüntüsü bulunmamaktadır. Bunlara ek olarak 2012 yılında Landsat 5 ve Landsat 8 uydusu aktif olmadığı için, ilgili yıla ait uydu görüntüsü bulunmamaktadır. Bu görüntüler 2003, 2005, 2008, 2012 ve 2017 yılları Mayıs, 2004, 2008 ve 2012 yılları Temmuz, 2000, 2004, 2008 ve 2012 yıllarına ait Ağustos ayına aittir (Çizelge 3.7). İlgili uydu görüntülerinin listesi tarihlerine göre Çizelge 3.7'te sıralanmıştır.

Çizelge 3.7 Uydu Görüntülerinin Tarih ve Pafta Numaraları

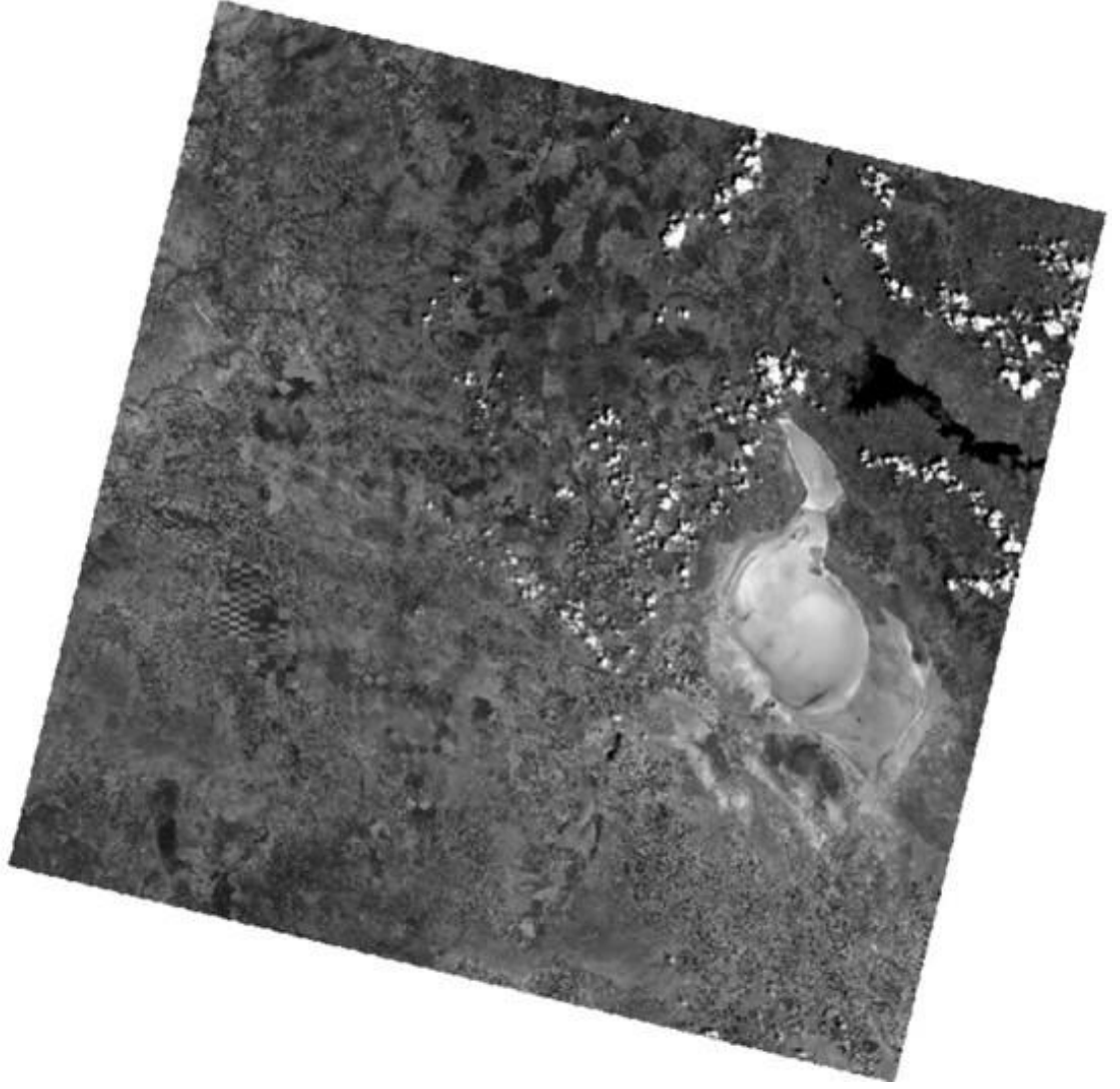
Tarih	Path/Row	Tarih	Path/Row
18.05.2000	177/32	17.05.2011	177/33
18.05.2000	177/33	04.07.2011	177/32
21.07.2000	177/32	04.07.2011	177/33
21.07.2000	177/33	21.08.2011	177/32
21.05.2001	177/32	21.08.2011	177/33
21.05.2001	177/33	22.05.2013	177/32
24.07.2001	177/32	22.05.2013	177/33

Çizelge 3.7 Uydu Görüntülerinin Tarih ve Pafta Numaraları (devam)

Tarih	Path/Row	Tarih	Path/Row
24.07.2001	177/33	09.07.2013	177/32
09.08.2001	177/32	09.07.2013	177/33
09.08.2001	177/33	26.08.2013	177/32
24.05.2002	177/32	26.08.2013	177/33
24.05.2002	177/33	09.05.2014	177/32
11.07.2002	177/32	09.05.2014	177/33
11.07.2002	177/33	12.07.2014	177/32
12.08.2002	177/32	12.07.2014	177/33
12.08.2002	177/33	13.08.2014	177/32
14.07.2003	177/32	13.08.2014	177/33
14.07.2003	177/33	12.05.2015	177/32
31.08.2003	177/32	12.05.2015	177/33
31.08.2003	177/33	15.07.2015	177/32
13.05.2004	177/32	15.07.2015	177/33
13.05.2004	177/33	16.08.2015	177/32
03.07.2005	177/32	16.02.2015	177/33
03.07.2005	177/33	14.05.2016	177/32
20.08.2005	177/32	14.05.2016	177/33
20.08.2005	177/33	17.07.2016	177/32
19.05.2006	177/32	17.07.2016	177/33
19.05.2006	177/33	02.08.2016	177/32
22.07.2006	177/32	02.08.2016	177/33
22.07.2006	177/33	04.07.2017	177/32
23.08.2006	177/32	04.07.2017	177/33
23.08.2006	177/33	21.08.2017	177/32
22.05.2007	177/32	21.08.2017	177/33
22.05.2007	177/33	04.05.2018	177/32
09.07.2007	177/32	04.05.2018	177/33
09.07.2007	177/33	07.07.2018	177/32
10.08.2007	177/32	07.07.2018	177/33
10.08.2007	177/33	24.08.2018	177/32
27.05.2009	177/32	24.08.2018	177/33
27.05.2009	177/33	07.05.2019	177/32
30.07.2009	177/32	07.05.2019	177/33
30.07.2009	177/33	10.07.2019	177/32
31.08.2009	177/32	10.07.2019	177/33
31.08.2009	177/33	27.08.2019	177/32
30.05.2010	177/32	27.08.2019	177/33
30.05.2010	177/33	25.05.2020	177/32
17.07.2010	177/32	25.05.2020	177/33
17.07.2010	177/33	12.07.2020	177/32
18.08.2010	177/32	12.07.2020	177/33
18.08.2010	177/33	29.08.2020	177/32
17.05.2011	177/32	29.08.2020	177/33



Şekil 3.3 Çalışma alanına ait örnek 13.05.2004 tarihli 177/32 paftalı uydu görüntüsü



Şekil 3.4 Çalışma alanına ait örnek 13.05.2004 tarihli 177/33 paftalı uydu görüntüsü

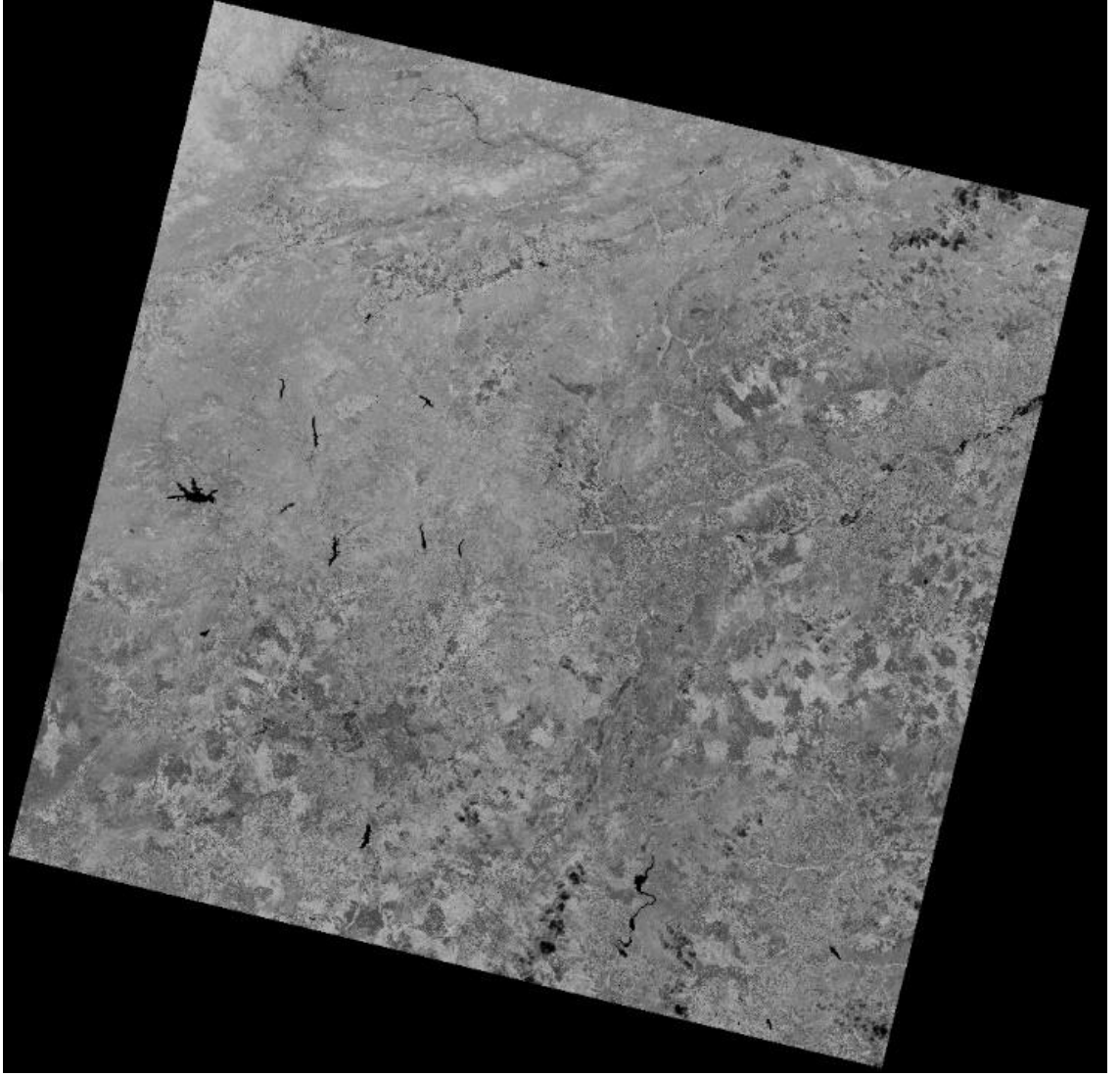
Bitki örtüsünün yoğun olduğu ve sıcaklığın daha yüksek olduğu aylara ait olan görüntüler (Mayıs-Temmuz-Ağustos) NDVI ve NDWI analizinde kullanılmıştır. Çalışma alanı koşullarında ilgili aylarda tarla bitkileri vejetatif gelişme dönemleri sebebiyle hala yeşil aksama sahiplerdir. Bu sayede görüntüleme ve analiz doğruluğu açısından bu aylar seçilmiştir.

Görüntü işleme aşamalarının tamamı QGIS ve piyasada bulunan diğer görüntü işleme yazılımları ile yapılmıştır. Uydu görüntülerine ait bantların dijital değerleri yansıma değerlerine dönüştürülmüştür. Sonrasında ise geometrik düzeltme işlemleri yapılmıştır.

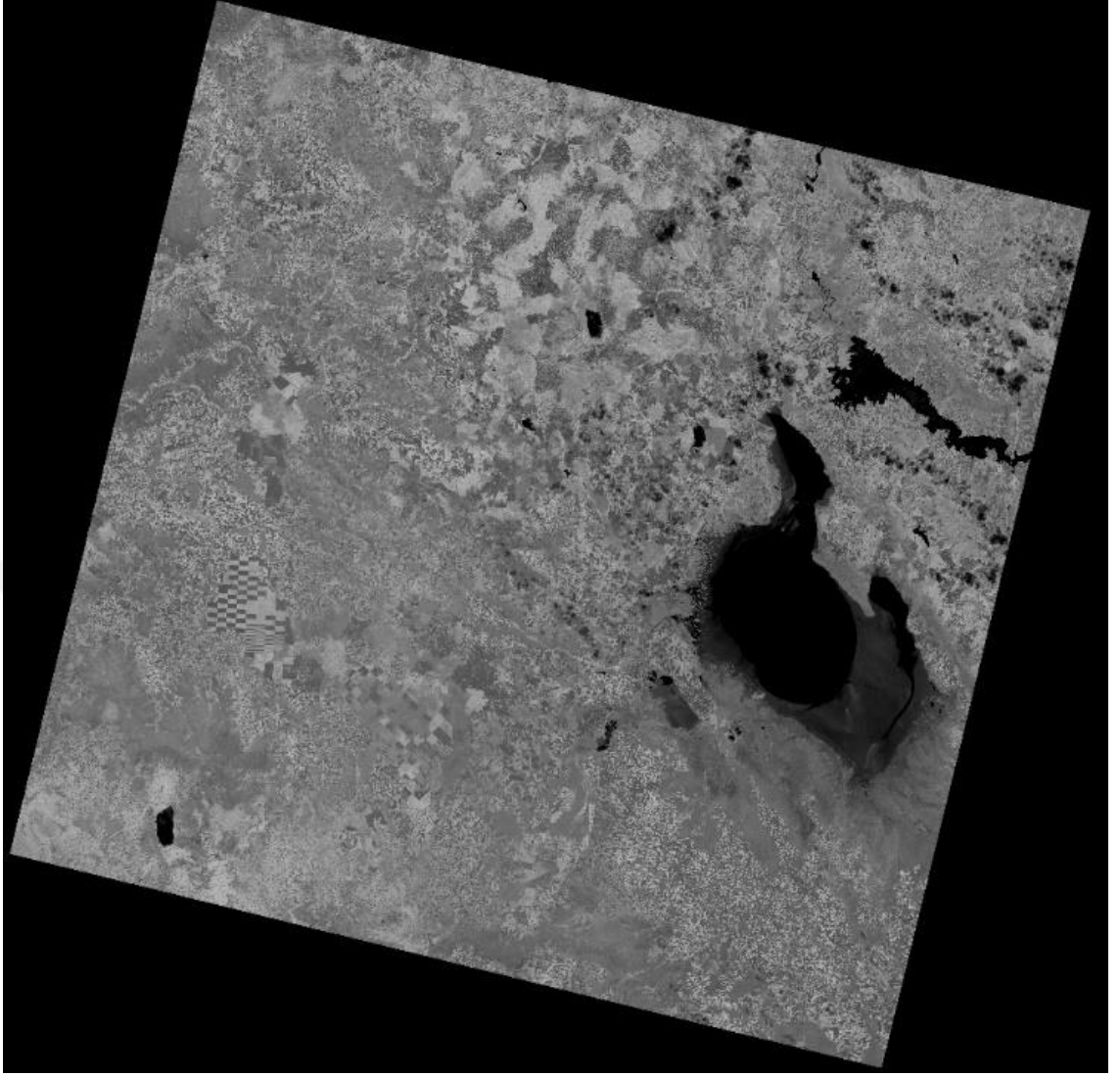
Bu işlemten sonra, indeks hesabında kullanılan formüller ile uzaktan algılama yazılımları yardımıyla NDVI ve NDWI değerleri hesaplanmıştır.

NDVI yansıma değerlerinden üretilen raster veriler yine görüntü işleme yazılımı ile bilgisayar ortamında üretilmiştir. NDVI ve NDWI değerleri -1 ile +1 arasında değer aralıklarındadır. Üretilen bitki dağılım haritası değerleri 5 sınıfa ayrılmıştır. Alan örtüsü eşik değer sınıfları belirlenirken; Esendal Bozkurt ve diğerleri (2018)'ne ait indeks değerleri göz önünde bulundurulmuştur.

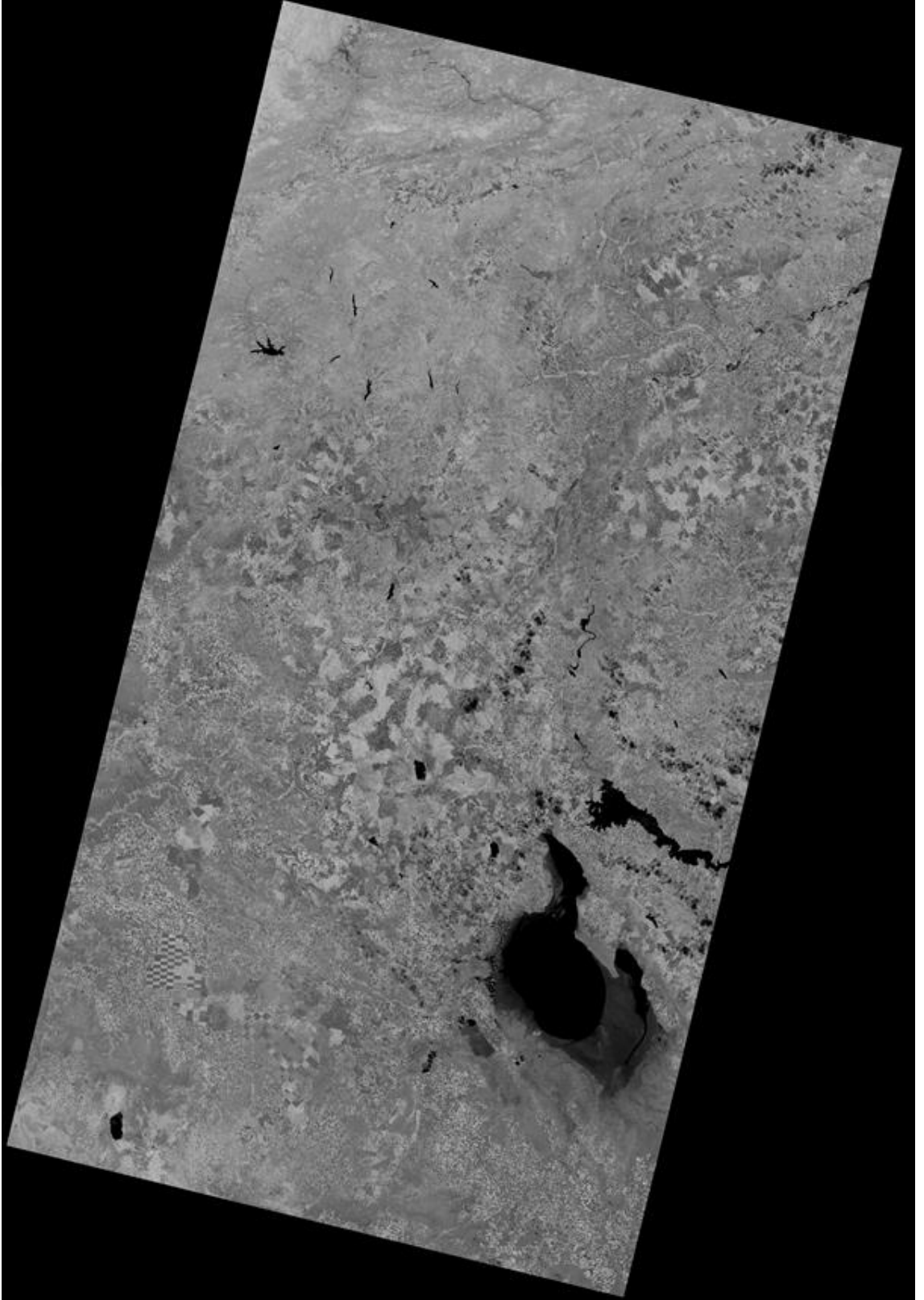
Bu işlemler sonucunda bitki örtüsü indeksi değerlerini (NDVI) içeren yeni tiff dosyaları (uydu görüntüleri) oluşturulmuştur. NDVI değerleri elde edilen 177/32 ve 177/33 no'lu paftalar (Şekil 3.5, Şekil 3.6) birleştirilerek tek pafta haline getirilmiştir (Şekil 3.7). Sonrasında ise gölbaşı ilçe sınırları çerçeve olacak şekilde ilgili paftalar kesilmiştir (Şekil 3.8) ve çalışma alanına son şekli verilmiştir (Şekil 3.9). Bu sayede ilgili tüm uydu görüntüleri NDVI ve NDWI analizlerine hazır hale getirilmiştir.



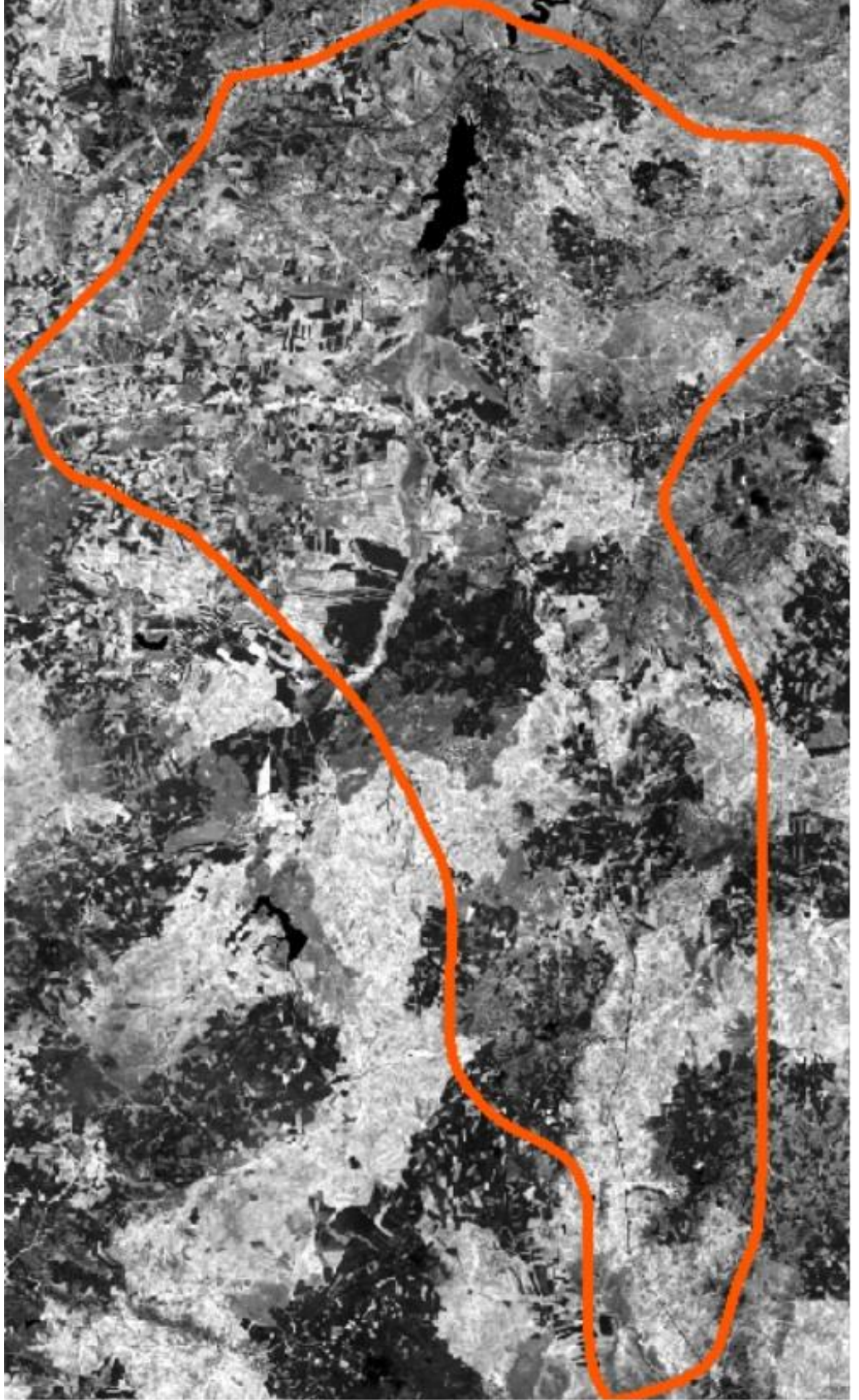
Şekil 3.5 Çalışma alanına ait örnek 04.05.2018 tarihli 177/32 numaralı pafta



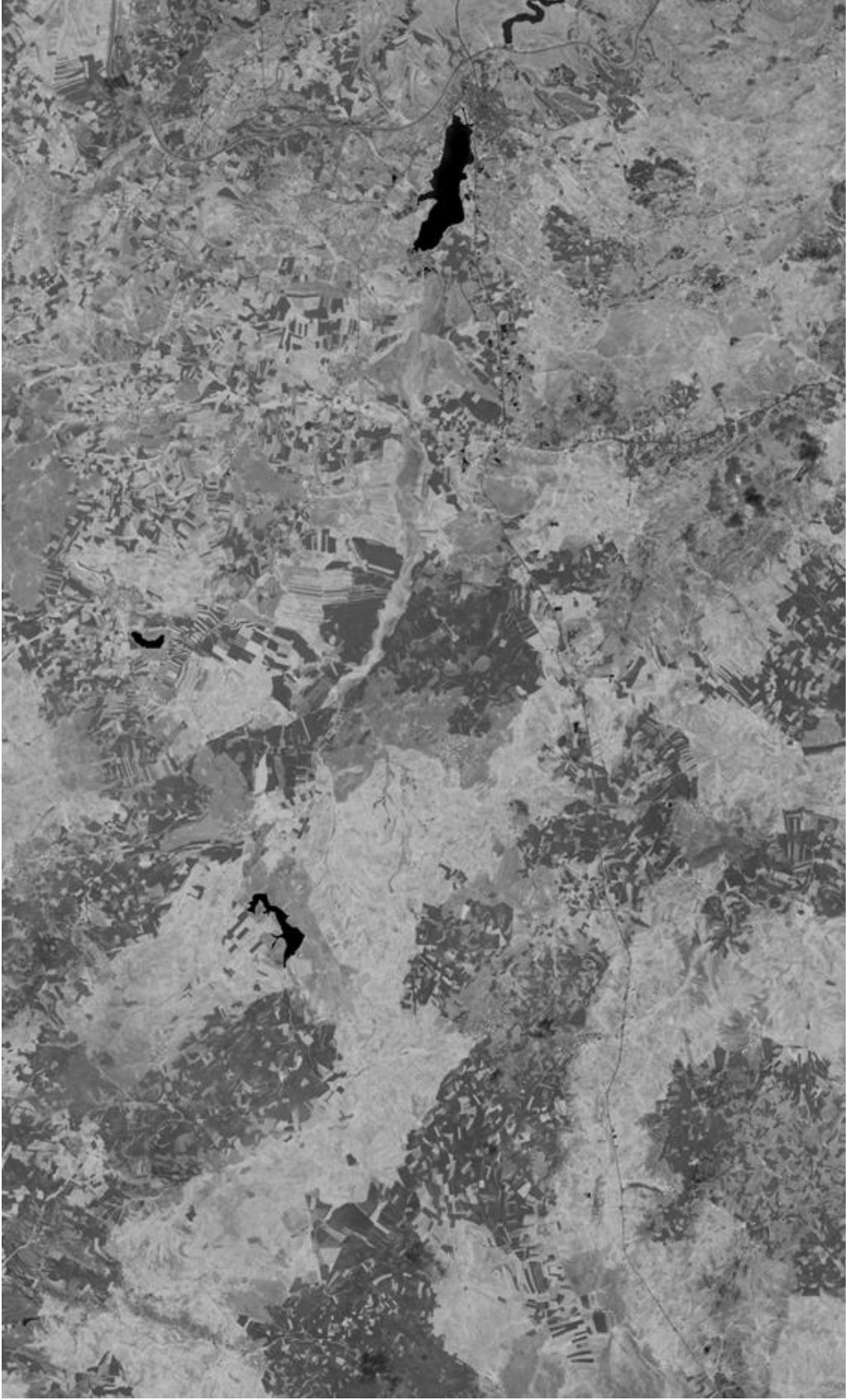
Şekil 3.6 Çalışma alanına ait örnek 04.05.2018 tarihli 177/33 numaralı pafta



Şekil 3.7 Çalışma alanına ait örnek 04.05.2018 tarihli 177/32 ve 177/33 numaralı paftaların birleştirilmiş görüntüsü



Şekil 3.8 Gölbaşı ilçe sınırı

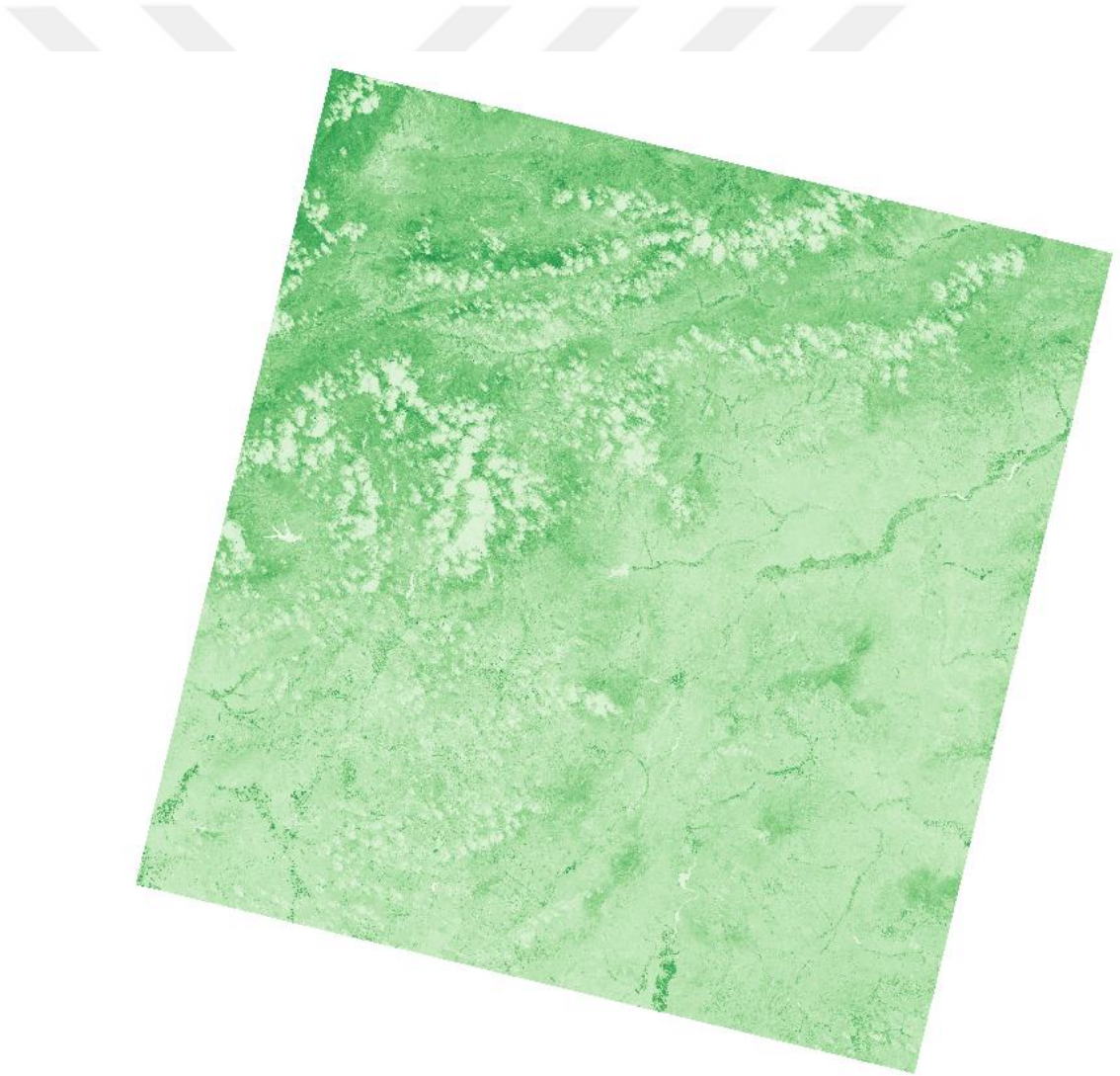


Şekil 3.9 örnek paftaların birleştirilmiş ve ilçe sınırlarına göre kırpılmış durumu

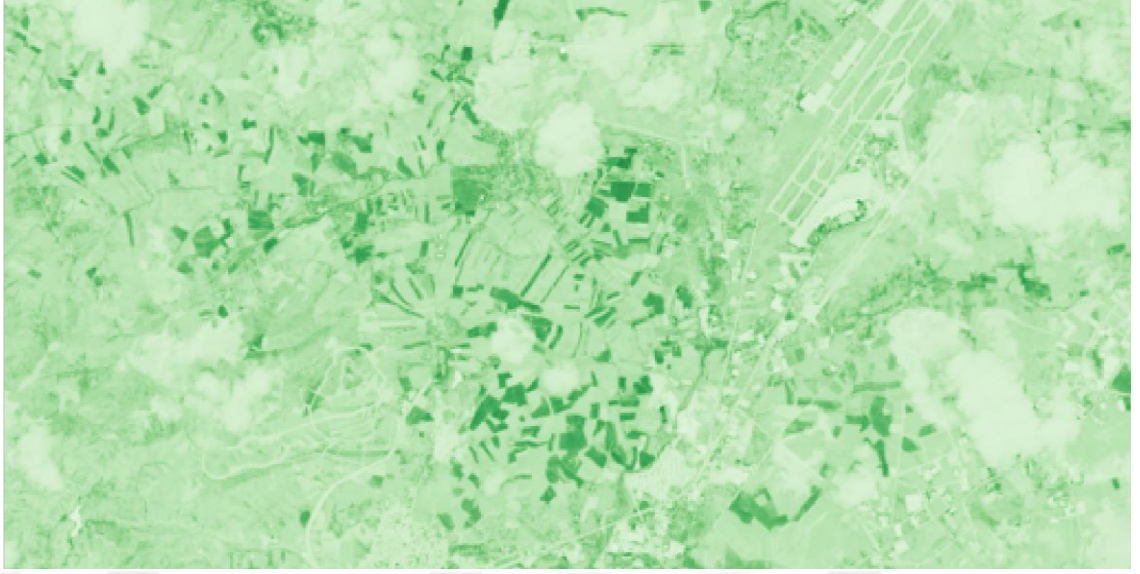
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Tarım Alanlarındaki Değişimin Tespit Edilmesi

Elde edilen uydu görüntülerinde (Şekil 4.1, Şekil 4.2) NDVI ölçüm skalası -1 ile 1 arasında değişmekte ve negatif değerler bitki yoğunluğunun az olduğunu, pozitif değerler ise bitki yoğunluğunun çok olduğunu göstermektedir. NDVI kendi başına kurak veya kurak olmayan koşulları yansıtmaz. Ancak incelenen ayın NDVI ile o ayın uzun dönem ortalama NDVI arasındaki farkı kullanılarak kuraklık şiddeti belirlenebilmektedir.



Şekil 4.1 NDVI hesabı sonucu elde edilen örnek 15.05.2016 tarihli uydu görüntüsü



Şekil 4.2 NDVI hesabı sonucu elde edilen örnek 15.05.2016 tarihli uydu görüntüsü

Kentsel gelişimin incelenmesinde yaygın olarak kullanılan NDVI sınıf değerleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 NDVI Sınıf Değerleri ve Yüzey Karakteristikleri (Esendal Bozkurt ve ark, 2018)

NDVI	Yüzey Karakteristikleri	Sınıf Numarası
0,01-0,05	Kentsel alan, yarı çöl	1
0,05-0,15	Kentleşmiş alan, kuru toprak, kil yüzeyi	2
0,15-0,25	Nemli toprak, geçiş bölgesi, çıplak toprak, daha az bitki örtüsü	3
0,25-0,35	Orman, açık otlak	4
0,35-0,45	Orman, çiftlik arazileri	5
> 0,45	Yağmur alan yoğun bitki örtüsü	6

Çizelge 4.1’e göre NDVI sınıf değeri 0,30 ve yukarısı tarım arazisi olarak değerlendirilmiştir. Buna göre her bir uydu görüntüsünde NDVI değeri 0,30’dan yüksek olan piksel sayıları her bir yılın ilgili ayları için hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 NDVI değerleri 0.30'dan büyük olan piksel sayıları

Yıllar	Piksel Sayısı		
	Mayıs	Temmuz	Ağustos
2000	538097	4403	
2001	121287	3155	2777
2002	295391	5568	3722
2003		4719	2170
2004	112264		
2005		9209	1784
2006	277623	1310	1708
2007	166415	2260	2177
2008	25223		
2009	393267	2717	1437
2010	237992	7083	2091
2011	510795	31189	5532
2012			
2013	606175	12065	5884
2014	281773	9838	8269
2015	528420	44351	12579
2016	319553	11365	7081
2017		27749	1713
2018	577291	26645	8602
2019	238779	39977	11371
2020	520537	28014	11092

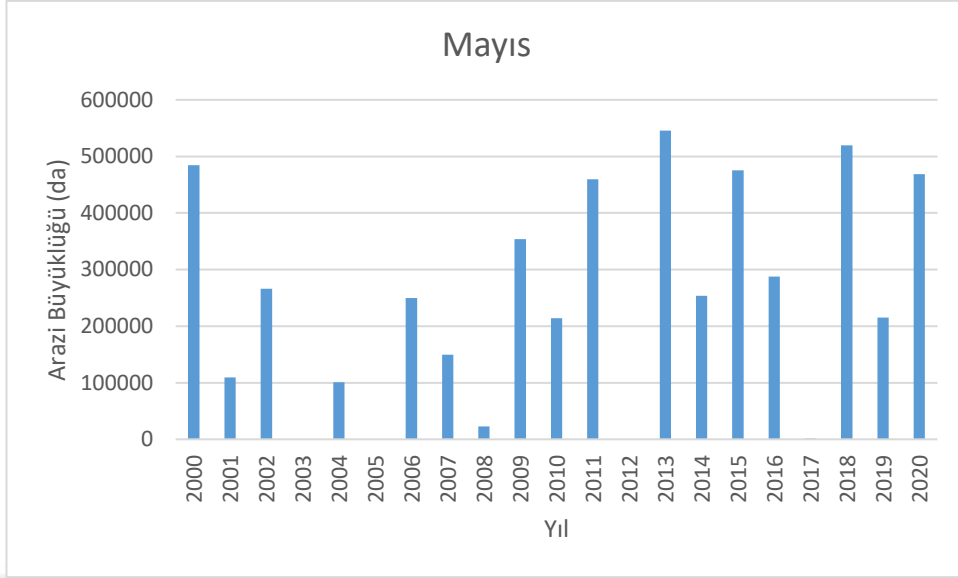
LANDSAT uydu görüntülerinde her bir pikselin alanı 30 m x 30 m (900 m²) dir (ESRI, 2017). Buradan yola çıkarak hesaplanan piksel sayılarının her birini 900 ile çarparak her yılın ilgili ayna ait tarım arazisi büyüklükleri m² cinsinden hesaplanmıştır. Bu değerler 1000'e bölünerek alanlar dekar cinsinden bulunmuştur. Bulunan değerler Çizelge 4.3'te ve Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Çizelgede boş olan hücrelerde ilgili yıl ve aylara ait uydu görüntüsü mevcut değildir ya da bulut örtüsü nedeniyle sağlıklı bir görüntü elde edilememiştir.

Çizelge 4.3'e göre Mayıs ayı içerisinde tarım alanı varlığı en fazla 545558,5 da ile 2013 yılı, en az ise 101038,6 da ile 2004 yılıdır. Temmuz ayında ise tarım alanı varlığı en çok 39915,9 da ile 2015 yılı, en az ise 1179 da ile 2006 yılıdır. Ağustos ayında ise tarım alanı varlığı en çok 11321,1 da ile 2015 yılı, en az ise 1293,3 da ile 2009 yılıdır.

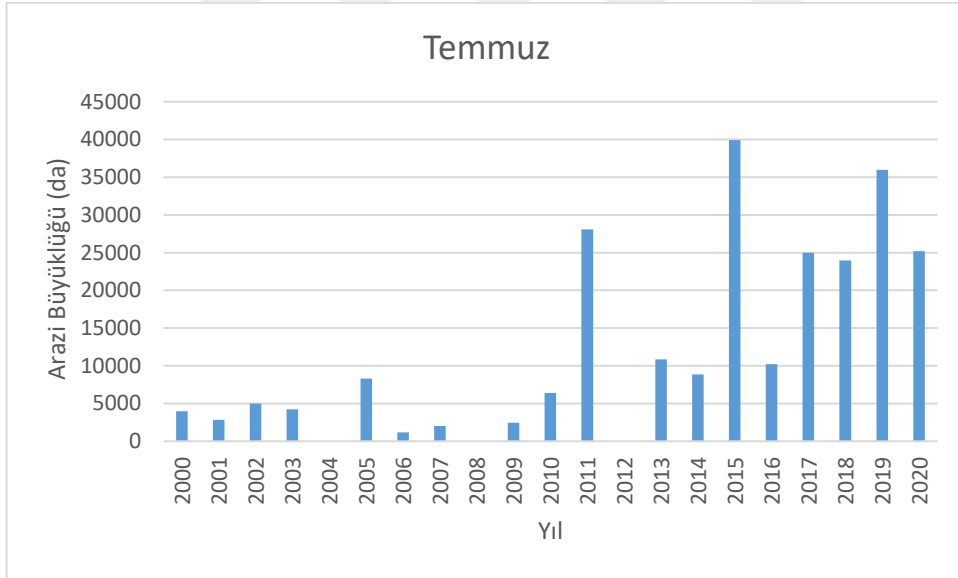
Ayların uzun yıllar ortalaması ise; Mayıs ayı için 322068 da, Temmuz ayı için 13581, Ağustos ayı için ise 4764 da olarak hesaplanmıştır. Toplam tarım arazisi ortalaması ise 323110 da olarak hesaplanmıştır. Ortalamayı etkileyeceğinden dolayı, bu hesaba veri elde edilemeyen ya da eksik veriye sahip ay veya yıllara ait veriler dahil edilmemiştir (bulutluluk ve hizmette olamayan uydu sebebiyle).

Çizelge 4.3 NDVI piksel sayılarından hesaplanan tarım arazisi alanları

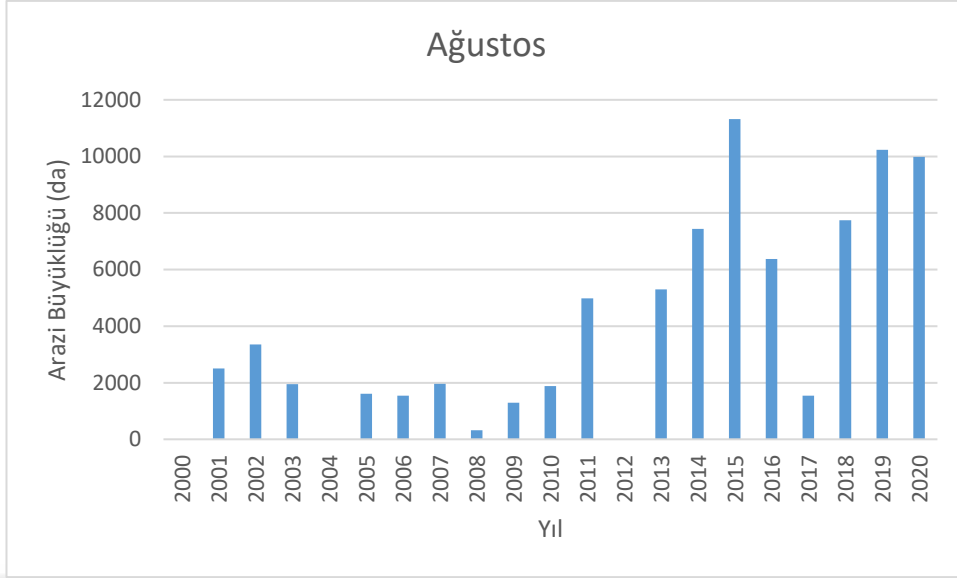
Yıllar	Alan (da)		
	Mayıs	Temmuz	Ağustos
2000	484287,3	3962,7	
2001	109158,3	2839,5	2499,3
2002	265852,9	5011,2	3349,8
2003		4247,1	1953,0
2004	101038,6		
2005		8288,1	1605,6
2006	249861,7	1179,0	1537,2
2007	149774,5	2034,0	1959,3
2008			
2009	353940,3	2445,3	1293,3
2010	214193,8	6374,7	1881,9
2011	459716,5	28070,1	4978,8
2012			
2013	545558,5	10858,5	5295,6
2014	253596,7	8854,2	7442,1
2015	475578,0	39915,9	11321,1
2016	287598,7	10228,5	6372,9
2017		24974,1	1541,7
2018	519562,9	23980,5	7741,8
2019	214901,1	35979,3	10233,9
2020	468483,3	25212,6	9982,8
Ortalama	322068	13581	4764



Şekil 4.3 Mayıs ayına ait uzun yıllar (2000 – 2020) tarım arazisi büyüklükleri

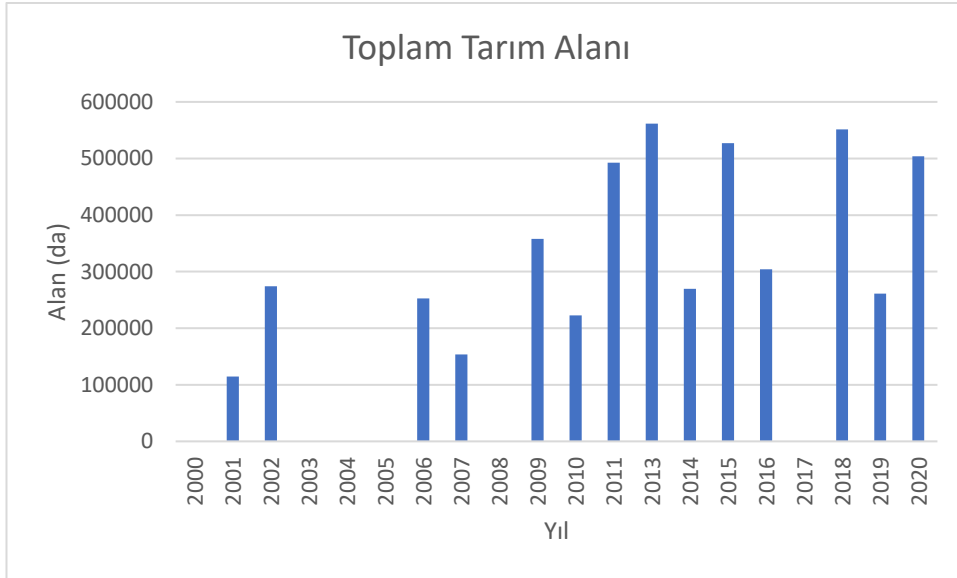


Şekil 4.4 Temmuz ayına ait uzun yıllar (2000 – 2020) tarım arazisi büyüklükleri



Şekil 4.5 Ağustos ayına ait uzun yıllar (2000 – 2020) tarım arazisi büyüklükleri

Çalışma alanına hesaplanan yıllara göre toplam tarım arazisi büyüklükleri Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Arazi değişimleri Tarhan (2020)’ın yaptığı çalışma ile (Çizelge 3.6) uyumluluk göstermektedir.

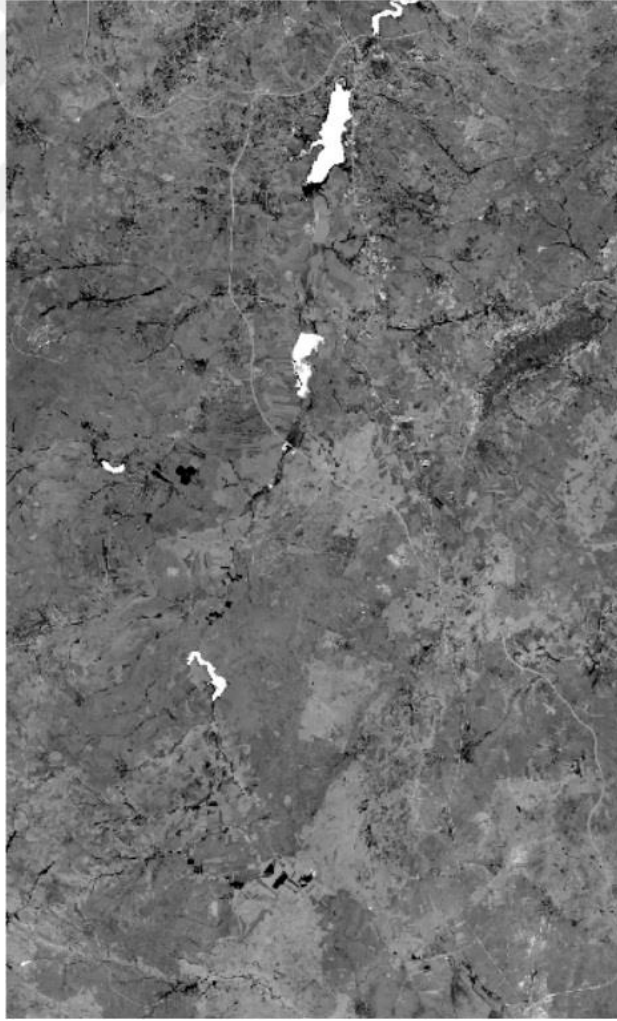


Şekil 4.6 Yıllara göre toplam tarım arazisi büyüklükleri

4.2 Su Yüzey Alanlarındaki Değişimin Tespit Edilmesi

Su kaynakları ve çevresindeki arazi örtü durumlarının değerlendirilmesi uzaktan algılama yöntemleri ile modellenmesi yaygın yöntemlerden biridir. Su-orman, su-tarım, su-sağlık etkileşimleri gibi geçmişteki ve gelecekteki durumu ortaya koyma veya tahmin modelleri geliştirmede altlıklar oluşturulması açısından önemli bir çalışmadır.

Hesaplanan NDWI yansıma değerlerinden üretilen raster veriler su ve diğer alan olarak 2 sınıfa ayrılmıştır. Elde edilen görüntüler Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de sunulmuştur. Buna göre her bir uydu görüntüsünde NDWI değeri 0’dan yüksek olan piksel sayıları her bir yılın ilgili ayları için hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 NDWI yöntemi ile hesaplanan örnek 24.08.2018 tarihli su yüzey alanları



Şekil 4.8 NDWI ile hesaplanan örnek 24.08.2018 tarihli su yüzey alanları

LANDSAT uydu görüntülerinde her bir pikselin alanı 30 m x 30 m (900 m²) dir (ESRI, 2017). Buradan yola çıkarak hesaplanan piksel sayıları Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Hesaplanan piksel sayılarının her birini 900 ile çarparak her yılın ilgili ayına ait su yüzey alanı büyüklükleri m² cinsinden bulunmuştur. Bulunan değerler Çizelge 4.5'te ve aylara göre Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Çizelgede boş olan hücrelerde ilgili yıl ve aylara ait uydu görüntüsü mevcut değildir ya da bulut örtüsü nedeniyle sağlıklı bir görüntü elde edilememiştir.

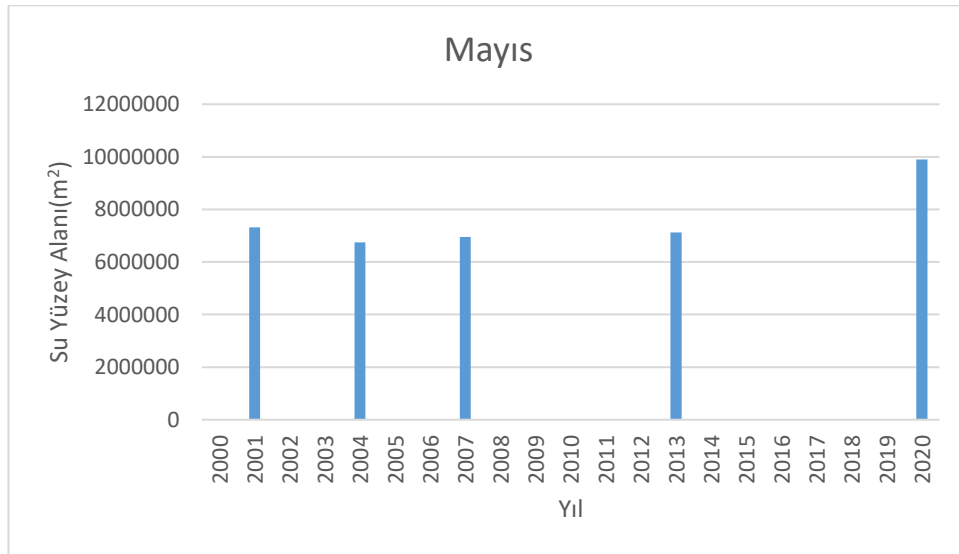
NDWI hesabı yapılabilen görüntüler mayıs ayı için 2001, 2004, 2007, 2013 ve 2020 yılları; temmuz ayı için 2001, 2003, 2007, 2010, 2011, 2013, 2014, 2016 ve 2019 yılları; ağustos ayı içinse 2001, 2002, 2003, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013, 2014, 2016, 2018, 2019 ve 2020 yıllarıdır.

Çizelge 4.4 Çalışma alanı su yüzey alanı piksel sayıları

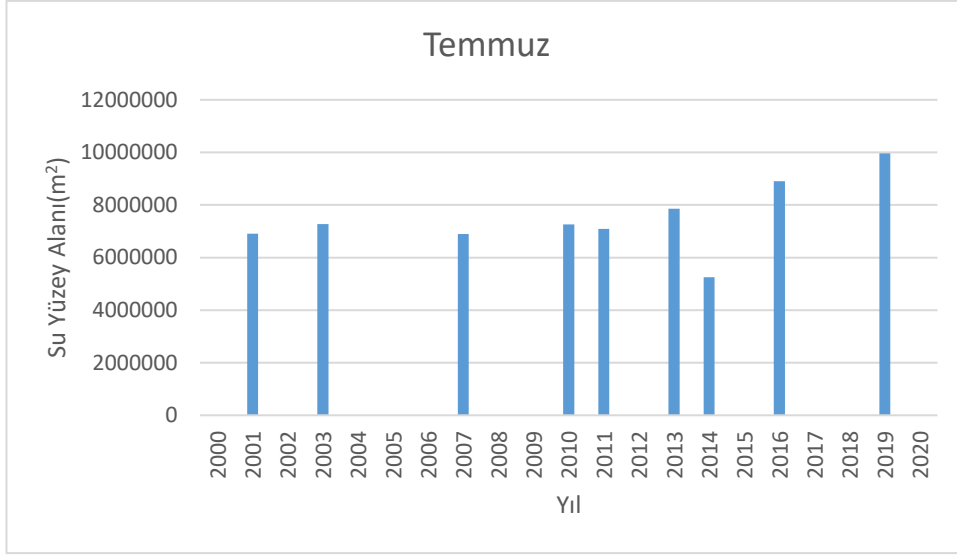
Yıl	Aylar		
	Mayıs	Temmuz	Ağustos
2000			
2001	8134	7677	7453
2002			5484
2003		8085	8094
2004	7497		
2005			
2006			7503
2007	7719	7666	
2008			6180
2009			6810
2010		8070	7208
2011		7873	8246
2012			
2013	7917	8728	8756
2014		5838	6274
2015			
2016		9889	8492
2017			
2018			5546
2019		11077	11021
2020	10993		10228

Çizelge 4.5 Çalışma Alanı Su Yüzey Alanları (m²)

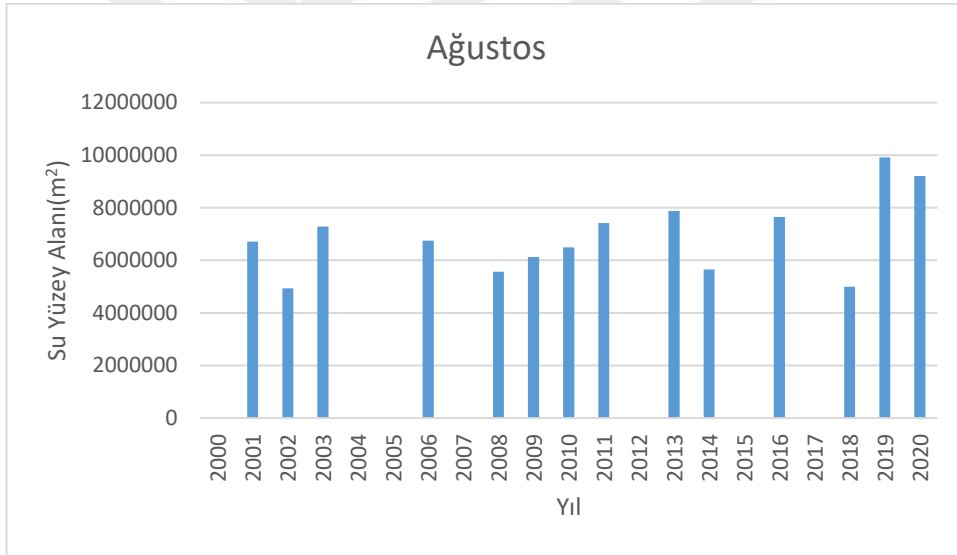
Yıl	Aylar		
	Mayıs	Temmuz	Ağustos
2000			
2001	7321000	6909000	6708000
2002			4936000
2003		7277000	7285000
2004	6747000		
2005			
2006			6753000
2007	6947000	6899000	
2008			5562000
2009			6129000
2010		7263000	6487000
2011		7086000	7421000
2012			
2013	7125000	7855000	7880000
2014		5254000	5647000
2015			
2016		8900000	7643000
2017			
2018			4991000
2019		9969000	9919000
2020	9894000		9205000
Ortalama	7607000	7490000	6898000



Şekil 4.9 Çalışma alanı yıllara göre (2000 – 2020) mayıs ayı su yüzey alanları



Şekil 4.10 Çalışma alanı yıllara göre (2000 – 2020) temmuz ayı su yüzey alanları



Şekil 4.11 Çalışma alanı yıllara göre (2000 – 2020) ağustos ayı su yüzey alanları

Çizelgeye göre mayıs ayı içerisinde en büyük su yüzey alanı 2020 yılına ait olup, 9894000 m²'dir. En az ise 2004 yılında 6747000 da olarak hesaplanmıştır.

Temmuz ayında ise en büyük su yüzey alanı 2019 yılında 9969000 m² olarak hesaplanmıştır. En küçük yüzey alanı ise 2014 yılında 5254000 m² olarak hesaplanmıştır.

Ağustos ayında en küçük su yüzey alanı 2002 yılında 4936000 m², en büyük su yüzey alanı ise 2019 yılında 9919000 m² olarak hesaplanmıştır.

4.3 Orman Alanlarındaki Değişimin Tespit Edilmesi

Çalışma alanında 2000 yılındaki orman arazisi varlığı 8442,3 da olarak hesaplanmıştır. Bu arazi iki temel orman varlığından oluşmaktadır. Beynam ormanı 1100 da alan kaplamakta iken, diğer ana orman arazisi varlığı olan Eymir Gölü çevresinde ise 7342,3 da orman arazisi bulunmaktadır.

2010 yılında çalışma alanına ait toplam orman arazisi varlığı 5720,4 da olarak hesaplanmıştır. Beynam ormanı büyüme göstererek 1180 da alan kaplamaktadır. Eymir gölü çevresinde ise orman arazisi varlığında azalma meydana gelip, 4540,4 da'a gerilemiştir.

2020 yılında ise toplam orman arazisi varlığı 5274,3 da'a gerilemiştir. Beynam ormanı 170 da alan artışı (2000 yılına nazaran %15,5) ile 1270 da alan kaplamakta iken, Yurtbeyi mahallesinde 546 da arazi ağaçlandırılmıştır. Eymir Gölü çevresi orman arazisi varlığı ise 3458,3 da'a gerileyerek kendi içinde 2000 yılına nazaran %52,9 azalmıştır.

Çalışma alanına ait toplam orman arazisi varlığı 2000 yılından 2020 yılına kadar %37,5 azalma göstermiştir.

Çizelge 4.6 2000 Yılı Orman Arazisi Varlığı

Yıl	Bölge	Orman Arazisi Varlığı (da)
2000	Eymir Gölü	7342,3
	Beynam Ormanı	1100,0
	Yurtbeyi Mahallesi	
Toplam		8442,3

Çizelge 4.7 2010 Yılı Orman Arazisi Varlığı

Yıl	Bölge	Orman Arazisi Varlığı (da)
2010	Eymir Gölü	4540,4
	Beynam Ormanı	1180,0
	Yurtbeyi Mahallesi	
Toplam		5720,4

Çizelge 4.8 2020 Yılı Orman Arazisi Varlığı

Yıl	Bölge	Orman Arazisi Varlığı (da)	Değişim (%)
2020	Eymir Gölü	3458,3	52,9
	Beynam Ormanı	1270,0	15,5
	Yurtbeyi Mahallesi	546,0	100
Toplam		5274,3	37,5

5. SONUÇ

Tarım arazilerinin toplam alanı yıllara göre değişkenlik göstermektedir. 2008 yılından sonra ekili alanlar dikkate değer bir şekilde artış göstermektedir. Son yıllarda tarım arazilerinin gelişigüzel parçalanarak amaç dışı kullanımı artmaktadır. Bu durum kırsal alanların tahrip edilmesi ve kentsel alanlara dönüşmesi sonucunu doğurmuştur. şehirleşmenin artması ile doğrusal olarak yol ihtiyacı da artmış, yapılaşmalar nedeniyle yeni yollar ve diğer altyapı sistemleri inşa edilmiştir. Bu nedenle söz konusu alanlarda tarım arazilerinin toplam alanı azalmaktadır. Örnek arazi varlığı değişimleri şekil 5.1, şekil 5.2, şekil 5.3 ve şekil 5.4'te gösterilmiştir.

Yeni gölet inşası ile sulanabilir alanların artması da bu durumun diğer bir sebebidir.



şekil 5.1 Çalışma alanı 2020 yılı yapılaşma durumu



Şekil 5.2 Çalışma alanı 2000 yılı yapılaşma durumu



Şekil 5.3 Çalışma alanı 2000 yılı yapılaşma ve yol varlığı



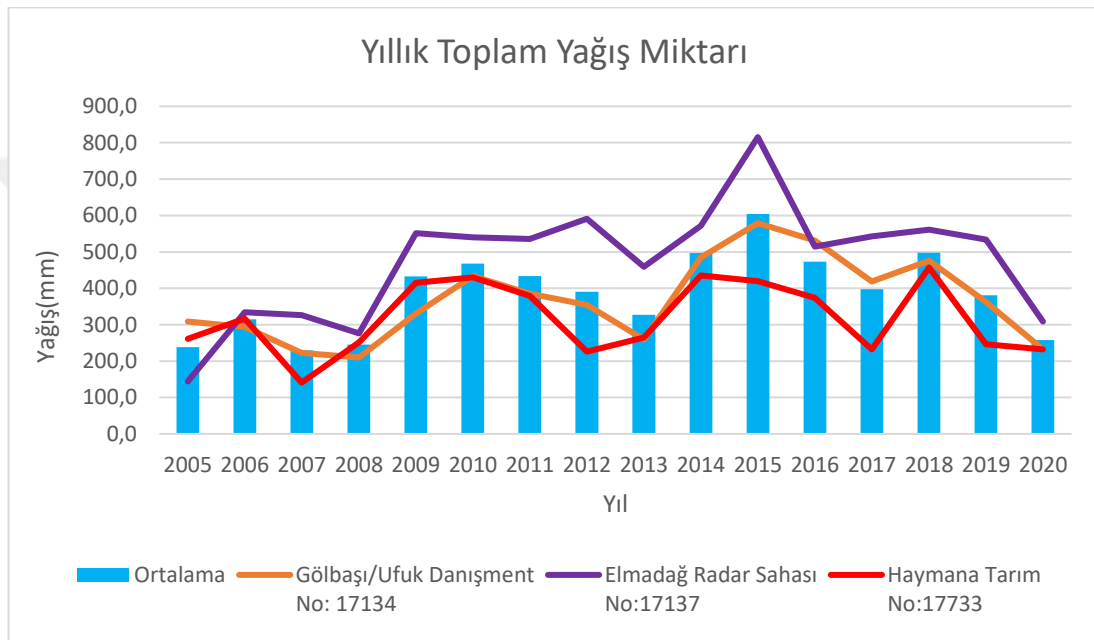
Şekil 5.4 Çalışma alanı 2020 yılı yapılaşma ve yol varlığı

Çizelge 5.1 Çalışma alanı yıllık toplam yağış miktarları (Anonim, 2022)

YIL	İstasyon			
	Gölbaşı/Ufuk Danışment No: 17134	Elmadağ Radar Sahası No:17137	Haymana Tarım No:17733	Ortalama
2005	308,6	144,2	261,6	238,1
2006	293,4	334,6	316,4	314,8
2007	222,4	326,2	141	229,9
2008	210	276,2	251,2	245,8
2009	331	551,2	414,8	432,3
2010	434	540,3	430,2	468,2
2011	385,2	536	379,2	433,5
2012	354,6	591,4	226	390,7
2013	259,2	458,8	265	327,7
2014	484,6	571,5	435,4	497,2
2015	579,2	815,4	419,4	604,7
2016	531,4	514,6	373,9	473,3

Çizelge 5.1 Çalışma alanı yıllık toplam yağış miktarları (Devam)

2017	418,4	542,8	232	397,7
2018	475,8	561,6	457	498,1
2019	362,4	533,6	246,2	380,7
2020	232,2	309,2	232	257,8



Şekil 5.5 Çalışma alanına ait uzun yıllar yağış miktarı

Çalışma alanına ait meteorolojik bilgiler T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışma alanını temsil eden 3 meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Bunlar sırası ile Gölbaşı/Ufuk Danışment, Elmadağ Radar Sahası ve Haymana Tarım İstasyonlarıdır. Yağış verileri yıllık toplam yağış olarak Çizelge 5.1'de; istasyonlar ve yıllara göre toplam yağış değişimi Şekil 5.5'de verilmiştir. İlgili çizelge ve şekil incelendiğinde su yüzey alanlarının yıllık yağış rejimi ile paralellik gösterdiği görülmektedir. Özellikle 2018 yılından sonra su yüzey alanında artış görülmektedir. Bu değişimin başlıca sebeplerinden biri Gölbaşı ilçesi Gökçehöyük Mahallesi içerisinde inşa edilen yeni gölettir.

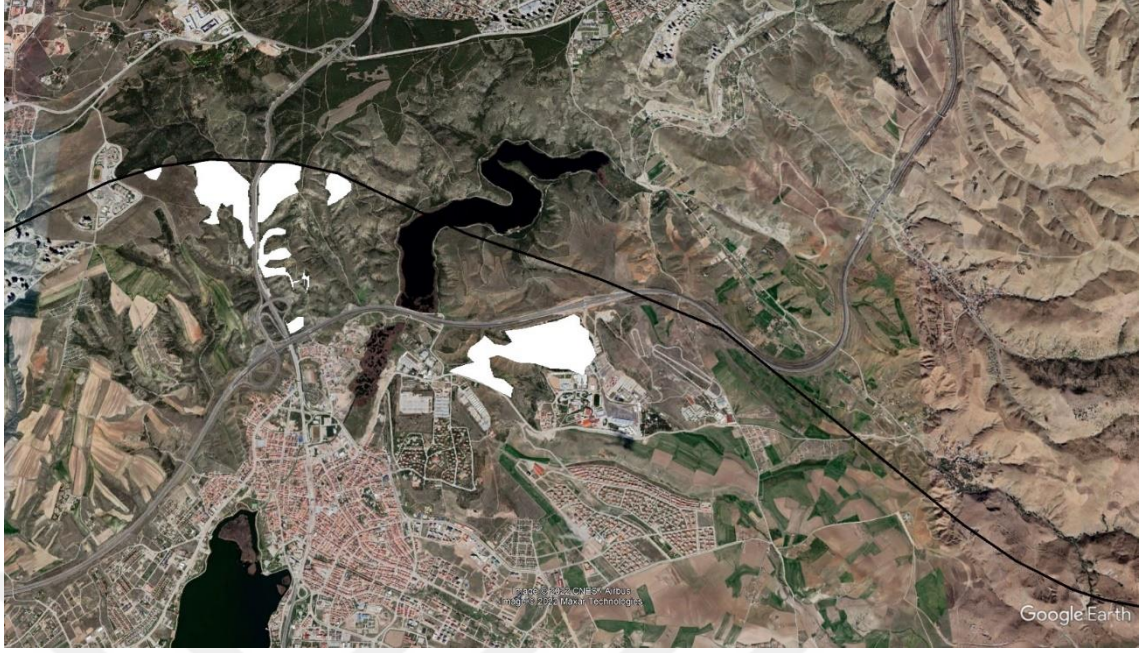
Uydu görüntüleri incelendiğinde orman arazisi varlığındaki gerilemenin temel sebebinin Eymir Gölü çevresindeki yapılaşma olduğu belirlenmiştir. Tespit edilen yapılaşma durumu yıllara göre Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’te görülmektedir. Buna ek olarak, çoraklaşan arazi varlığı da uydu görüntülerinde görülmektedir. İlgili şekillerde beyaza boyalı alanlar orman varlığını göstermektedir.



Şekil 5.6 Çalışma alanı Eymir Gölü çevresi 2000 yılı orman arazisi varlığı



Şekil 5.7 Çalışma alanı Eymir Gölü çevresi 2010 yılı orman arazisi varlığı



Şekil 5.8 Çalışma alanı Eymir Gölü çevresi 2020 yılı orman arazisi varlığı

KAYNAKLAR

- Abujayyab, S. K. M., Karaş, İ. R., Demiral, E., 2019. Dinamik Bitki Örtüsü Tahmini Yapay Sinir Ağı Uygulaması: Düzce İli Örneği Üzerinde Çalışma. International Science and Engineering Applications Symposium on Hazards. September 25-27, 2019 Karabük/Turkey.
- Alatorre LC, Beguería S, 2010. Analysis of spatial and temporal evolution of the NDVI on vegetated and degraded areas in the central Spanish Pyrenees. In: Wagner W. Székely B (eds.): ISPRS TC VII Symposium–100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5–7, 2010, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7A.
- Anonim, 1976. Toprak ve Su Kaynakları IV. 5 Yıllık Kalkınma Planı. Özel İhtisas Komisyonu Raporu. DPT Yayını No: 1517, Ankara.
- Anonim, 2017. T.C. Gölbaşı Kaymakamlığı İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü 2017 yılı Faaliyetleri Brifing Raporu. Aralık, Ankara
- Anonim, 2022. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara
- Atasayan, Ö., 2000, Uzaktan Algılama Metoduyla Arazi Kullanımının Belirlenmesinde Yeşil Alanların Sınıflandırılması ve Yeşil Alanlardaki Değişikliklerin Tespiti-Çanakkale (1992-1998). Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Avery, T.E. ve G.L. Berlin, 1992. Fundamentals of Remote Sensing and Air Photo Interpretation. Fifth Edition. Macmillan Publishing Company.
- Bektaş Balçık F., 2014. Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices. Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 186, No. 2, Eylül 2014, s. 859-872.
- Bektaş Balçık F., Ergene M. 2016. Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS A Case Study of Istanbul EGU, 17 Nisan 2016
- Bilgi, M., 2002, Kutlukent ve Çevresinde Arazi Kullanımı (Samsun). Ondokuzmayıs Üniv. Sos. Bilimler Enstitüsü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Calda, D. 2010. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Yöntemleriyle Arazi Örtüsü/Kullanımı Değişiminin Analizi: Kayseri İli Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul.
- Campbell, J. B., 1987, Introduction to Remote Sensing, The Guilford Press, New York, ISBN: 978-0898627763.
- Cangir, C., Kapur, S., Boyraz, D., Akça, E., 1998. Türkiyede arazi kullanımı, tarım topraklarının sorunları ve optimum arazi kullanım politikaları. M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, Menemen, İzmir, Turkey.

- Chen, G., Özelkan, E., Singh, K.K., Zhou, J., Brown, M.R., Meentemeyer, R.K., 2017. Uncertainties in mapping forest carbon in urban ecosystems. *Journal of Environmental Management*, 187: 229-238, ISSN 0301-4797.
- 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* – 2020; 2(2); 70-76
- Çelebi Zengin, E. 2018. Kent ve Kentlileşme Sarmalında Türkiye. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(1): 85-103.
- Çelik, M. Saygın, Ö. Süer, A. Kınacı, O. Güney, E. Çaçtaş, Erdal, F., (2004), Şehir Planlanmasında CBS ve Uzaktan Algılama Çalışmaları. *İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi*.
- Çelik M. A., Kızılelma Y., Gülersoy A. E., Denizdurduran M., 2012. Farklı Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Aşağı Seyhan Ovası Güneyindeki Sulak Alanlarda Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi (1990-2010). *Turkish Studies - International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic* Volume 8/12 Fall 2013, p. 263-284, Ankara-Turkey
- Deng, C. ve Wu, C. 2012. BCI: A biophysical composition index for remote sensing of urban environments. *Remote Sensing of Environment*, 127, 247-259.
- Dengiz, O., Usul, M., Keçeci, M., 2006. Atatürk orman çiftliği arazilerinin tarımsal kullanım durumlarının değerlendirilmesi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 21(1):55-64.
- Destegül, U., 2002, Armutlu Yarımadasının Potansiyel Yerleşim Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Analizi. *İ.T.Ü. Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*.
- Dizdar M.Y. 1984, Kentleşmenin Çevredeki Tarım Üzerindeki Olumsuz Etkileri. In: *Tarım Topraklarının Amaç Dışı Kullanılması Konferans Bildirileri, Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı, 10 Eylül 1984, Ankara, 25-32*
- Duran, C. 2007. Uzaktan algılama teknikleri ile bitki örtüsü analizi, *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü DOA Dergisi*, Sayı 3, 45-67.
- Eryılmaz, Y., 2000. Uzaktan Algılama Metoduyla Arazi Kullanımının Sınıflandırması ve Arazi Kullanımında Değişikliklerinin Tespiti Çanakkale Örneği. *Gebze Yüksek Teknolojisi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale*.
- Esental Bozkurt, N., Zontul, M., Aslan Z., 2018. Uydu Verilerine Dayalı olarak Bitki Örtüsü Analizi. *Aurum Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi Cilt 2/Sayı 1 Bahar 2018* 75-82
- ESRI (Environmental systems research institute), 2017. Users' help library documents.
- Gao BC, 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote sensing of environment*, 58(3): 257-266.

- Gee, W., 1935. The Effects of Urbanization on Agriculture. Southern Economic Journal. 2 (1): 3-15. DOI: 10.2307/1053520.
- Genç, F.N., 2007. Türkiye’de Kentleşme ve Doğal Afet Riskleri ile İlişkisi. Afet Sempozyumu, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, s.: 349-358, Ankara.
- Gülci S, Akay AE, Oğuz H, Gülci N., 2017. Assessment of the road impacts on coniferous species within the road-effect zone using NDVI analysis approach. Fresinus Environmental Bulletin. 26(2A):1654-1662.
- Güler, M., Yomralıoğlu, T., Reis, S., 2007. Using landsat data to determine land use/land cover changes in Samsun, Turkey. Environ Monit Assess, 127: 155-167.
- Gülersoy, A. E., 2008. Bakırçay Havzası’nda Doğal Ortam Koşulları ile Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkiler, Yayınlanmamış Doktora Tezi, D.E.Ü. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Güner, İ., Yazıcı, H., ve Doğanay, S., 2001. Trabzon İlinin Sanayi Coğrafyası Özellikleri. Doğu Coğrafya Dergisi, 5, 159-191.
- Herbei, M. V., Dragomir, L. O. ve Oncia, S., 2012. Using satellite images LANDSAT TM for calculating normalized difference indexes for the landscape of Parang Mountains, University of Alba Iulia.
- Inalpulat, M., Genc, L., 2016. Land Use Land Cover Changes in Response to Urban Sprawl within North-West Anatolia, Turkey. International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering, 10 (7): 796 - 804. <http://scholar.waset.org/1307-6892/10005129>.
- Karaman, K., 2003. Türkiye’de Şehirleşme Olgusu ve Gecekondu Sorunu, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi, 2(1): 108-117.
- Karaman, M., Budakoglu, M., Uca Avci, Z.D., Özelkan, E., Bulbul, A., Civas, M., Tasdelen, S., 2015. Determination of seasonal changes in wetlands using CHRIS/Proba Hyperspectral satellite images: A case study from Acigöl (Denizli), Turkey. Journal of Environmental Biology, 36: 73-83.
- Kaya, Ş., Başar U. G., Karaca M., Şeker D. Z. 2012. Assessment of Urban Heat Islands Using Remotely Sensed Data. Ekolojİ, cilt.21, sa.84, ss.107-113
- Kaya, Y., Nizar, P., 2021. Bitki İndeksleri Kullanarak Buğday Bitkisinin Rekolte Tahmini. DÜMF Mühendislik Dergisi 12:1 (2021); pp. 99-110
- Keskin, M., 2007. Spektrometreler ve Tarımda Kullanım Alanları. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi, 5-6 Eylül 2007, Kahramanmaraş. S. 326-332.
- Maselli F., 2004. Monitoring forest conditions in a protected Mediterranean coastal area by the analysis of multiyear NDVI data. Remote Sensing of Environment 89:423-433.

- Orhan, O., 2014. Konya Kapalı Havzası'nda Uzaktan Algılama Ve Cbs Teknolojileri İle İklim Değişikliği Ve Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Özdemir, M. A., ve Şenkul, Ç., 2006. İscehisar Havzasında Arazi Kullanımı ve Sorunları. Doğu Coğrafya Dergisi, 17.
- Özdemir, M.A., Bahadır, M., 2010. Uzaktan algılama ile Acıgöl Havzası'nda arazi kullanımının zamansal değişim analizi (1975-2005). Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 3(12): 335-351.
- Pandey, B., Seto, K.C., 2015. Urbanization and agricultural land loss in India: Comparing satellite estimates with census data. Journal of Environmental Management, 148: 53-66.
- Randolph, J., 2003. Environmental Land Use Planning and Management. Island Press, Washington, ISBN 1-55963-948-2.
- Reis, S., Nişancı, R. ve Yomralıoğlu, T., (2002), CBS ve UA Teknikleri ile Doğu Karadeniz Bölgesinin Arazi Modellemesi, Trabzon.
- Sağlık, A. ve Kelkit, A., 2012. Kentleşmenin Tarım Toprakları Üzerindeki Etkileri: Çanakkale Kenti Örneği. Çanakkale Tarımı Sempozyumu, 10-11 Ocak 2012, Çanakkale, Türkiye.
- Singh, P., Kikon, N., Verma, P., 2017. Impact of land use change and urbanization on urban heat island in Lucknow city, Central India - A remote sensing based estimate. Sustainable Cities and Society, 32: 100-114. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.018>.
- Su, S., Ma, X., Xiao, R., 2014. Agricultural landscape pattern changes in response to urbanization at ecoregional scale. Ecological Indicators, 40: 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.12.013>.
- Swain, P.H., Davis S.M., 1978. Remote Sensing: The Quantitative Approach. McGraw-Hill Publications.
- Şahin D., Aksoy E., 2004. Planlama Toprak Etüdlerinde Uzaktan Algılama Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistem Tekniklerini Uygulama Olanakları, Yüksek Lisans Tezi- Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü.
- Şahin, M., 2008. Yer Yüzey Sıcaklığı, Atmosferik Nem Açıklığı ve Yağış Miktarının Uydu Verileri Kullanılarak Belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Enstitüsü, Adana, 153s.
- Şahin Taysun, K., Taysun, A., 2020. Rüzgâr Erozyonu Etkisindeki Manisa-Akselendi Ovası'nda Bitki Örtüsündeki Zamansal Değişimin NDVI Verileri Kullanılarak İrdelenmesi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi ISSN 1304-9984. Cilt 15, Sayı 2, Sayfa 100-105, 2020

- Şekertekin, A.İ., Kutoğlu, Ş.H., Marangoz, A.M., 2015. Uzaktan algılama teknolojisi ve uydu görüntüleri yardımıyla önemli çevresel (su ve kara yüzeyi) etkilerin gözlemlenmesi. *Karaelmas Fen ve Müh. Dergisi*, 5(2): 105-112.
- Tarhan, S. 2020. Kamu buğday alım politikalarının üretici davranışlarına etkisinin araştırılması: Ankara ili Gölbaşı ilçesi örneği. Doktora tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı. Ankara.
- Taş, B., 2006. Tosya İlçesinde (Kastamonu) Araziden Yararlanma ve Planlamaya Yönelik Öneriler. Doktora Tezi (Yayımlanmamış), Ankara.
- Tucker, J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* Volume 8, Issue 2, May 1979, Pages 127-150
- Tuğaç, M. G., Torunlar, H., Karakurt, E. & Aydoğan, S., 2019. Buğday Verimi ve Biyokütlesi ile Uzaktan Algılama Vejetasyon İndisleri Arasındaki İlişkilerin Tarımsal İklim Bölgeleri Bazında Değerlendirilmesi. *Toprak Su Dergisi, Özel Sayı*, 177-186. DOI: 10.21657/topraksu.655617
- Uca Avci, Z.D., Karaman, M., Özelkan, E., Kumral, M., Budakoğlu, M., 2014. OBIA based hierarchical image classification for industrial lake water. *Science of The Total Environment*, 487: 565-573. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.048>.
- Villa, P., 2012. Mapping urban growth using Soil and Vegetation Index and LANDSAT data: The Milan (Italy) city area case study, *Landscape and Urban Planning*, 107, 245-254.
- Waqar, M., Mirza, J. F., Mumtaz, R. ve Hussain, E., 2012. Development of New Indices for Extraction of Built-up Area & Bare Soil from LANDSAT Data, *Open Access Scientific Reports*, Cilt 1.
- Xu, H., 2010. Analysis of impervious surface and its impact on urban heat environment using the normalized difference impervious surface index (NDISI), *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Cilt 76(5), 557-565.
- Zeren F., Savrul B.K., 2012. Türkiye’de Şehirleşmeyi Etkileyen Faktörler: Mekansal Ekonometri Analizi. *Journal of Yasar University* 28(7):4749 – 4765
- Zipper, S.C., Soylu, M.E., Kucharik, C.J., Loheide S.P., 2017. Quantifying indirect groundwater-mediated effects of urbanization on agroecosystem productivity using MODFLOW-AgroIBIS (MAGI), a complete critical zone model. *Ecological Modelling*, 359: 201-219.