



**UZAKTAN ALGILAMA TEKNOLOJİSİ İLE BUĞDAY EKİM BAŞARISININ  
TESPİTİ VE BAŞARISIZ ALANLARIN YENİDEN EKİM KARAR DESTEK  
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**ALİ HAKAN DOĞANUZ**

**Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Danışman: Prof. Dr. Erkan GÖNÜLOL**

**2022**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**UZAKTAN ALGILAMA TEKNOLOJİSİ İLE BUĞDAY EKİM BAŞARISININ  
TESPİTİ VE BAŞARISIZ ALANLARIN YENİDEN EKİM KARAR DESTEK  
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**ALİ HAKAN DOĞANUZ**

**ORCID: 0000-0002-8437-6288**

**BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Danışman: Prof. Dr. Erkan GÖNÜLÖL**

**ARALIK-2022**

**Her hakkı saklıdır.**

## ÖZET

# UZAKTAN ALGILAMA TEKNOLOJİSİ İLE BUĞDAY EKİM BAŞARISININ TESPİTİ VE BAŞARISIZ ALANLARIN YENİDEN EKİM KARAR DESTEK SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Ali Hakan DOĞANUZ

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Erkan GÖNÜLÖL

Bu tez çalışmasında, buğday ekili alanların ekim başarısının tespiti ve ekimi başarısız olan alanların yeniden ekimi amaçlanmıştır. Buğday ekimi yapılmış deneme alanları Landsat 5 TM ve Sentinel-2 uydu görüntüleri ile takip edilmiştir. Ekimi yapılmamış, filiz çıkışı hiç olmamış veya çok az çıkış olmuş bölgeler yeniden ekilmesi gereken alanlar olarak tespit edilmiştir. Yeniden ekilecek alanların tespiti için karar destek sistemi geliştirilmiştir. Yeniden ekim karar destek sistemi için uzaktan algılama tekniği kullanılmıştır. Yeniden ekilecek alt referans alanlarının tespit edildikten sonra bu alanlardaki iklim verileri ve toprak koşulları takip edilerek yeniden ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Araştırmada ayrıca, ilk ekilen alanlar ve sonradan ekilen alanlarda verim parametreleri; verim (kg/da), başaktaki tane sayısı (adet) ve bin tane ağırlığı (g) olarak tespit edilmiştir. Araştırma, Denemeler Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesine bağlı Yağcı mahallesinde yürütülmüştür. Araştırma sonucuna göre ekonomik olarak yeniden ekim yapılabilecek minimum alan büyüklüğü 200 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Deneme alanlarına ait uydu görüntüleri işlenerek NDVI değerleri saptanmıştır. Yeşil bitki örtüsünün ölçülebilir düzeyde olduğu Ekim, Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat NDVI değerleri değerlendirilmiştir. Ekim işlemi 15 Ekim 2021 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Ekimi başarısız alanlar ise 30 Kasım 2021 tarihinde yeniden ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonradan ekilen alanlarda ana parsellere kıyasla %14 oranın daha az verim elde edilmiştir. Her iki alanda da tarla filiz çıkış derecelerinin eşit olmasından dolayı başak sayılarında bir değişiklik oluşmamıştır. Başak sayısında bir değişim izlenmemesine rağmen başaktaki tane sayısı sonradan ekilen alanlarda %6 daha az tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda ekimi başarısız alanların yeniden ekim işlemi ile önemli kazanımlar elde edilebildiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan Algılama, Karar Destek Sistemi, Buğday Üretimi, Yeniden Ekim, Ekim Başarısı

## ABSTRACT

# DETERMINATION OF WHEAT SEEDING SUCCESS WITH REMOTE SENSING TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT OF RE-SEEDING DECISION SUPPORT SYSTEM

Ali Hakan DOĞANUZ

Department of Biosystem Engennering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Erkan GÖNÜLÖL

In this thesis, it was aimed to observing wheat fields planting uniformity and re-plant of the areas where were unsuccess planting. Landsat 5 TM and Sentinel-2 satellite data were used for observing wheat planting uniformities. The area of no plant, no germinated or very low germinated were determined as a unsuccessful areas. A decision support system was developed to determine the areas to be re-planted. Remote sensing technique was used for the decision support system. After lower reference areas to be re-planted were determined, re-planting was carried out by following the climate data and soil conditions in these areas. Yield parameters in re-planted areas and successful planted areas were also found out in the trials. These were yield (kg/da), number of grains per spike (piece) and weight of thousand grains (g). The research was carried out in the Yagci Village of the Suleymanpasa, Tekirdag. According to the results of the research, the minimum area that can be re-planted economically was determined as 200 m<sup>2</sup>. NDVI values were determined by processing the satellite data of the experimental areas. The NDVI values of October, November, December, January and February, when green vegetation can be observed, were evaluated. The planting was carried out on October 15, 2021. And re-plant was on 30 November 2021. Re-planted areas yielded 14% less yield than the previous planted areas. Since emergence of seed rate were equal in both areas, there was no change in the number of spikes. Although no change was observed in the number of spikes, the number of grains per spike was determined to be 6% less in the re-planted areas. As a result of the research, it has been determined that significant profit can be obtained by re-planting the areas that unsuccessful planting.

**Keywords:** Remote Sensing, Decision Support System, Wheat Production, Re-planting, Planting Success

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
TEŞEKKÜR .....	x
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Literatür Özeti .....	6
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	10
<b>2. MATERYAL VE METOD.....</b>	<b>11</b>
2.1 Materyal .....	11
2.1.1 Çalışma Alanı.....	11
2.1.2 İklim Özellikleri.....	13
2.1.3 Buğday Bitkisi ve Gelişim Evreleri .....	14
2.1.4 Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri .....	16
2.2 Yöntem.....	18
2.2.1 Karar Destek Sistemi .....	18
2.2.1.1 NDVI görüntülerinin yorumlanması.....	20
2.2.2 Verim Parametreleri.....	21
2.2.2.1 Verim (kg/da).....	21
2.2.2.2 Başak sayısı (adet/m <sup>2</sup> ).....	21
2.2.2.3 Başaktaki tane sayısı (adet) .....	22
2.2.2.4 Bin tane ağırlığı (g) .....	22
2.2.3 Çalışmada Kullanılan Yazılım.....	22
2.2.4 İstatistiksel Analizler .....	22
<b>3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>23</b>
3.1 Karar Destek Sistemi .....	23
3.1.1 Alt Referans Alan .....	23
3.1.2 Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) Bulguları .....	25
3.2 Verim Parametre Sonuçları.....	30
3.2.1 Verim .....	30
3.2.2 Başak Sayısı .....	31

3.2.3 Başaktaki Tane Sayısı .....	33
3.2.4 Bin Tane Ağırlığı .....	34
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>37</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>39</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Çalışma alanının coğrafi koordinatları .....	12
Çizelge 2.2. Araştırma alanına ilişkin bazı iklim verilerinin uzun yıllık (1991-2020) ortalamaları (Anonim, 2022a) .....	13
Çizelge 2.3. Araştırma alanı 2021-2022 buğday yetiştirme dönemine ait bazı iklim verileri..	13
Çizelge 2.4. Landsat 5 TM uydusu teknik özellikleri.....	17
Çizelge 2.5. Sentinel-2 uydusunun teknik özellikleri.....	17
Çizelge 2.5. Sentinel-2 uydusunun teknik özellikleri (Devamı) .....	18
Çizelge 2.6. Çalışmada kullanılan NDVI değerlerinin yorumlanması .....	20
Çizelge 3.1. Alt referans alan hesaplaması.....	23
Çizelge 3.2. Deneme alanlarına ilişkin buğday verim değerleri.....	30
Çizelge 3.3. Verim (kg/da) değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	31
Çizelge 3.4. Deneme alanlarına ilişkin başak sayısı.....	32
Çizelge 3.5. Başak sayısı (m <sup>2</sup> /adet) değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	33
Çizelge 3.6. Deneme alanlarına ilişkin başaktaki tane sayısı .....	33
Çizelge 3.7. Başakta tane sayısı (adet) değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	34
Çizelge 3.8. Deneme alanlarına ilişkin 1000 tane ağırlığı.....	35
Çizelge 3.9. Bin tane ağırlığına (g) ilişkin varyans analizi sonuçları.....	36

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Elektromanyetik spektrum .....	2
Şekil 1.2. Farklı materyallerin değişik dalga boylarındaki yansıma eğrisi (Intechopen, 2015) .3	
Şekil 2.1. Çalışma alanlarının konumu.....	11
Şekil 2.2. Çalışma alanlarına ait uydu görüntüleri .....	12
Şekil 2.3. Türkiye buğday üretim alanları ve üretilen miktara göre yüzdesel dağılımları (Anonim, 2022c).....	14
Şekil 2.4. Buğdayın gelişim evreleri .....	15
Şekil 2.5. Deneme alanı buğday ekim işlemi .....	15
Şekil 2.6. Başak harman makinası.....	16
Şekil 2.8. Deneme işlem basamakları.....	19
Şekil 2.7. Uydu görüntülerinde kullanılan renk kodları .....	20
Şekil 2.9. Bitkisel parametrelerin hesaplanmasına için çember ile örneklerin alınması .....	21
Şekil 3.1. Ekim işlemi başarısız olan alanlarda yeniden ekim işlemi öncesi ve sonrasına ait örnek görüntüler .....	24
Şekil 3.2. NDVI değerleri (1 nolu alan) .....	25
Şekil 3.3. NDVI değerleri (2 nolu alan) .....	26
Şekil 3.4. NDVI değerleri (3 nolu alan) .....	26
Şekil 3.5. Ekim işleminin gerçekleştirildiği tarihte uydu görüntüsü (1 nolu alan).....	27
Şekil 3.6. Yeniden ekim alanlarının belirlenmesi (1 nolu alan) .....	27
Şekil 3.7. Tüm ekim işlemleri tamamlandıktan sonra arazi görünümü (1 nolu alan) .....	27
Şekil 3.8. Ekim işleminin gerçekleştirildiği tarihte uydu görüntüsü (2 nolu alan).....	28
Şekil 3.9. Yeniden ekim alanlarının belirlenmesi (1 nolu alan) .....	28
Şekil 3.10. Tüm ekim işlemleri tamamlandıktan sonra arazi görünümü (2 nolu alan) .....	28
Şekil 3.11. Ekim işleminin gerçekleştirildiği tarihte uydu görüntüsü (3 nolu alan).....	29
Şekil 3.12. Yeniden ekim alanlarının belirlenmesi (3 nolu alan) .....	29
Şekil 3.13. Tüm ekim işlemleri tamamlandıktan sonra arazi görünümü (3 nolu alan) .....	29
Şekil 3.14. Ortalama verim değerleri.....	31



Şekil 3.15. Ortalama başak sayısı.....	32
Şekil 3.16. Ortalama başakta tane sayısı .....	34
Şekil 3.17. Ortalama bin tane ağırlığı.....	35



## SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
cm	Santimetre
da	Dekar
h	Saat
ha	Hektar
HP	Beygir Gücü
kg	Kilogram
km	Kilometre
m	Metre
m <sup>2</sup>	Metrekare
mm	Milimetre
µm	Mikrometre

## KISALTMALAR DİZİNİ

ÇKS	Çiftçi Kayıt Sistemi
EMS	Elektromanyetik Spektrum
İHA	İnsansız Hava Aracı
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)
NIR	Near Infrared (Yakın Kızıl Ötesi)
ZD	Zadoks Skalası



## TEŐEKKÖR

Bu çalışmanın gerçekleŐtirilmesinde, değerli bilgilerini bizlerle paylaŐan, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım saygıdeğer danışman hocam; Prof. Dr. Erkan GÖNÖLÖL'a, arazilerinde çalışma yapmama müsaade eden değerli üreticimiz Harun MİRAN ve Őeref MİRAN'a, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen arkadaŐım Seray KUYUMCU ve çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli eŐim Gülcan GÖLER DOğANUZ ve aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Ali Hakan DOğANUZ

Ziraat Mühendisi

## 1. GİRİŞ

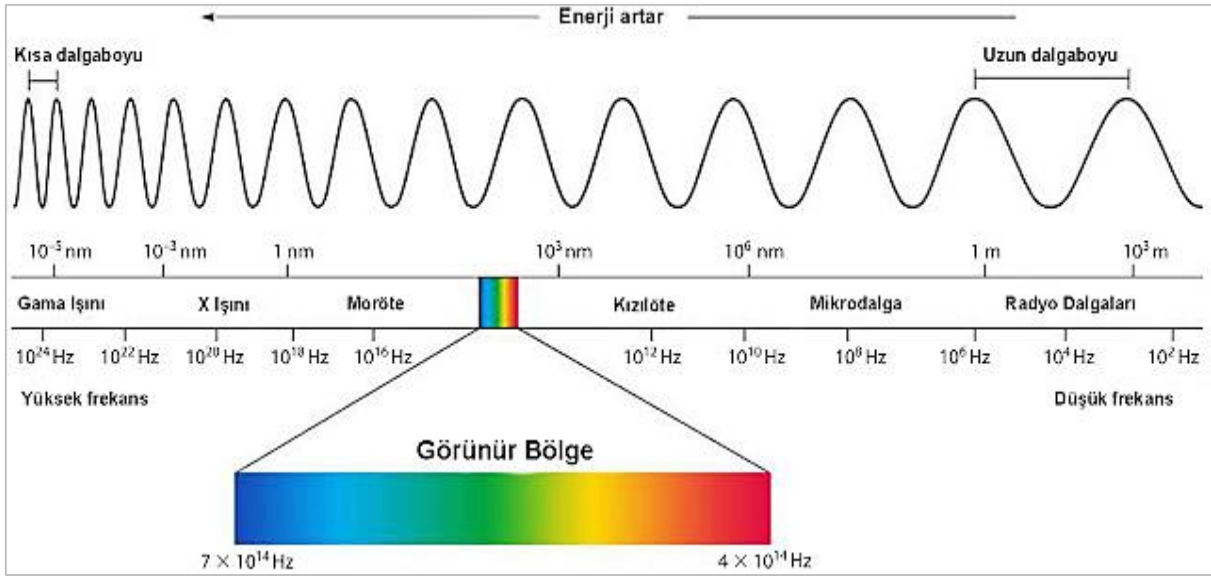
Ülkemizde bulunan tarım alanlarının gün geçtikçe azalması, miras yoluyla bölünmesi, aşırı sulama sonucu oluşan tuzluluk ve çoraklaşma, erozyon ve tarım için ayrılan alanların tarım dışı faaliyetlere açılması birim alandan maksimum verim alınması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Tarımsal üretimdeki artışın sağlanması; tarım için kullanılabilir yeni arazilere sahip olamayacağımız gerçeği göz önüne alındığında, mevcut toprak kaynaklarının en yararlı ve akılcı şekilde kullanımı ile mümkün olacaktır.

Topraklardan yeterli düzeyde ve sürdürülebilir bir biçimde yararlanabilmek için; toprağın doğal yapısına ve yeteneklerine uygun kullanılması, özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla uygulamaya başvurulabilecek en önemli yöntemlerden biri olan uzaktan algılama teknikleri, tarımda kaliteli veri üretimi sağlamak ve büyük kolaylıklar sunmaktadır. Büyük maliyetlerle uzun bir zaman dilimine yayılarak yapılan çalışmalar, yeterli altyapıyla yüksek doğrulukta daha kısa zaman ve maliyetle yapılabilmektedir (Kaya, 2019).

Uzaktan algılama fiziksel temas olmaksızın yerel ve zamansal değişimler hakkında değerlendirmeler yapmak için herhangi bir platformdan ve uzaklıktan yapılan ölçümlerle nesnelere hakkında bilgi edinme bilim dalı olarak tanımlanır (Curran, 1985; Vatandaş, Güner ve Türker, 2005). Uzaktan algılama temelde, yeryüzündeki nesnelere tespit edilmesi amacıyla bu nesnelere farklı dalga boylarındaki elektromanyetik radyasyonu yansıtma veya yaymadaki farklılıklarından yararlanmaktadır. Dünya üzerindeki her nesne farklı elektromanyetik enerji dalga boylarına karşı değişik yanıt vermektedir. Böylelikle nesnelere spektral olarak ayırt edilerek çeşitli özelliklerin belirlenebilmesine imkan tanımaktadır (Kayahan, 2013).

Uzaktan algılama tekniği, algılanan enerjinin kaynağına göre aktif ve pasif olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir. Pasif uzaktan algılama sistemlerinde, enerji kaynağı çoğunlukla güneştir. Cisimlerin kendi bünyelerinden yaydıkları enerjinin algılanması ve görüntülenmesi işlemi de pasif uzaktan algılama sistemi içerisinde değerlendirilir. Pasif uzaktan algılama sistemi içerisinde yer alan LANDSAT, SPOT, IKONOS vb. uydular ve hava araçlarına takılı kamera düzenekleri ile üretilen görüntüler “Optik Görüntü” olarak tanımlanır. Aktif uzaktan algılama da ise sistem, algılayacağı enerjiyi kendi kaynaklarında yaratır, yeryüzüne gönderir ve yansımalarını kaydeder. Radar olarak da bilinen bu sistemlerde mikrodalga enerji kullanılır ve yansıyan enerjinin algılanmaları antenler aracılığı ile gerçekleşir (Kurucu, 2009).

Elektromanyetik radyasyonun karakteristik bir özelliği olan dalga boyu; ardı ardına gelen dalga tepeleri arasındaki uzaklık şeklinde ölçülebilen bir dalga devrinin uzunluğudur. Dalga boyları dizisinin tamamı, elektromanyetik spektrum (EMS) olarak bilinir. Şekil 1.1’de de görüleceği gibi elektromanyetik spektrum, gamma ve x ışınlarını içine alan kısa dalga boylarından başlayarak, mikrodalga ve radyo dalgalarının bulunduğu uzun dalga boylarına kadar uzanır (Duran, 2007). Elektromanyetik spektrumun insan gözü tarafından algılanabilen bölgesine (0,4-0,7  $\mu\text{m}$  dalga boyu) “Görünür Bölge” denilmektedir ve spektrumda küçük bir paya sahiptir.



Şekil 1.1. Elektromanyetik spektrum

Elektromanyetik spektrumun değişik dalga boylarını kullanan bitkiler, fotosentez için mavi (0.4–0.5  $\mu\text{m}$ ) ve kırmızı (0.5–0.6  $\mu\text{m}$ ) dalga boyundaki enerjiyi emerler. Hemen hemen hiç kullanmadıkları yeşil (0.6–0.7  $\mu\text{m}$ ) ve yakın kızılötesi (0.7–0.9  $\mu\text{m}$ ) dalga boylarını ise direkt yansıtırlar. Bu durum insan gözünün görebildiği dalga boyları arasındaki yeşil renge denk gelir ve insan gözü bitkileri yeşil olarak görür. Uzaktan algılama sensörleri ise elektromanyetik spektrumun görünür ve kızıl ötesi bölgelerindeki enerjiyi algılayarak, bitkilerin dünya üzerindeki diğer nesnelere ayırt edilmesine olanak tanır (Kurucu, Altınbaş ve Bolca, 2000; Esetlili, 2001).

Uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen ve elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarına hassas bantlar içeren görüntüler, arazi yüzeyinde bulunan materyallerin biyofiziksel özelliklerinin belirlenmesinde uzun yıllardır kullanılmakta ve hızlı, güvenilir ve geniş alanlar için ekonomik sonuçlar sağlamaktadır. Yeryüzü üzerinde bulunan materyallerin

farklı özelliklere sahip olması nedeniyle çeşitli dalga boylarında görülen yansıma değerlerinde değişimler meydana gelmektedir (Şekil 1.2). Bu değişimler sayesinde farklı arazi kullanımları bitki örtüsü tipleri, spektral yansımalarından olan doğrusal ilişki veya bantlardan ve katsayılardan yararlanılarak hesaplanan indeksler aracılığıyla kolaylıkla belirlenebilmektedir (Nuarsa ve Nishio, 2007).



Şekil 1.2. Farklı materyallerin değişik dalga boylarındaki yansıma eğrisi (Intechopen, 2015)

Elektromanyetik spektrumun görünür ve kızılötesi bölgesindeki güçlü kontrast çeşitli indekslerin üretilmesine ve sınıflandırma işleminde kullanılmasına olanak tanır. Bu matematiksel nicel kombinasyonlar bitki örtüsü indeksleri olarak bilinir. Uzaktan algılama teknolojisi ile bitki örtüsünün izlenmesinde en önemli ve en çok kullanılan indeks Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)'dir. Bu indeks, bitkilerin yakın kızılötesi dalga boyundaki enerji biçimi için verdiği yüksek yansıma ve görünür bölgedeki kırmızı dalga boyundaki enerji için verdiği yüksek absorpsiyon özelliğinden yararlanılarak geliştirilmiştir (Sönmez ve Sarı, 2005). NDVI değerleri, bitki örtüsüyle ilgili bilgi vermenin yanı sıra bitkinin zayıf olduğu ve bitkiden yoksun çıplak topraklarında belirlenmesini sağlamaktadır. Bitki indeks değeri +1'e yaklaştıkça bitki örtüsünün arttığını, 0'a yaklaştıkça bitki örtüsünün azaldığını ve negatif olduğunda ise alanların çok seyrek bitki ile kaplı veya bitkisiz (göl, nehir gibi su yüzeyleri, yerleşim alanları, yollar vb.) olduğunu göstermektedir (Duran, 2007). NDVI bant aritmetiği, elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi ve kırmızı dalga boyundaki ışık değerlerinin birbirinden çıkarılıp daha sonra iki bantın toplamına bölünmesiyle elde edilir

(Çelik ve Karabulut, 2017). Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi Eşitlik 1.1 ile hesaplanmaktadır.

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (1.1)$$

Eşitlikte;

NDVI: Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi

NIR: Yakın Kızılötesi dalga boylarında (750-2500 nm) algılanmış yansıtım değerleri

Red: Kırmızı dalga boylarında (600-700 nm) algılanmış yansıtım değerlerini ifade etmektedir.

Doğanın, toprağın ve tarımın doğru yönetilmesi ve planlaması için gerekli bilgilerin bilgisayarda veri tabanı haline getirilmesi ve ihtiyaç duyulduğunda kullanılması sürdürülebilir bir gelecek adına birçok avantaj sağlamaktadır (Perişan ve Şenol, 2021). Uzaktan algılama ile karar destek çalışmaları, sürdürülebilir tarım ve çevre, doğal kaynakların korunması, geleceğe dönük planlamalar ve konumsal analizler kolaylıkla yapılabilmektedir (Gündoğdu ve Bantchina, 2018). Bugün birçok gelişmiş ülkede tarım alanlarındaki bitki tür ve dağılımların tespiti, alansal büyüklüklerin saptanması, arazi örtüsünün belirlenmesi ve verim modelleme çalışmaları için çeşitli uzaktan algılama teknikleri kullanılmaktadır. Bununla birlikte özellikle verim tahmini çalışmalarında uydu verileri ile birlikte çeşitli agrometeorolojik veriler ve ileri istatistiksel yöntemlerden de büyük ölçüde yararlanılmaktadır (Sönmez ve Sarı, 2005). Uzaktan algılama yaklaşımlarının tarımda kullanılması ile tarımsal uygulamalar takip edilerek kontrol altına alınabileceği gibi sorunların çözümüne de hızla fikir yürütülerek, altyapısı bilime dayanan faaliyetlerle tarımsal üretim yapılmaktadır. Ayrıca tarımsal işletmelerdeki işgücü, zaman ve maliyet giderleri olan uygulamalar için uzaktan algılama yaklaşımları ile büyük kazanımlar elde edilmektedir (Vanlı, 2019).

Tarımsal açıdan uzaktan algılama tekniğinin başlangıçta kullanımı tarla bitkileri dikkate alınarak yapılmıştır. Günümüz şartlarında ise aktif ve pasif uzaktan algılama teknikleriyle algılama yapan uydu görüntüleri çok sayıda bitkinin izlenmesinde kullanılmaktadır. Özellikle ülkemizde ve dünyada stratejik bir öneme sahip olan buğday bitkisinin ürün gelişimi ve ekili alanları gözlemlenmektedir (Kurucu, Esetlili, Balık Şanlı ve Şanlı, 2017). İnsan beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olan buğdayın üretimi nüfus artışına paralel olarak artmaktadır.



Buğday üretimindeki olası azalma, başta unlu mamullerin miktarını azaltacak ve fiyatların yükselmesine sebep olarak herkesi etkileyecektir. Bu nedenle buğday üretiminin izlenmesi, tarımsal istatistikler açısından önemli bir eksikliği kapatacaktır.

Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA)'nın 2020/21 üretim sezonu Haziran ayı öngörülerine göre 2,7 milyar ton olan dünya toplam tahıl üretiminin %28'ini buğday oluşturmaktadır. Dünya buğday üretimi 2020/21 üretim sezonunda 773 milyon tona ulaşmış ve buğday ekim alanı 2019/20 üretim sezonunda 217 milyon ha alandan 2020/21 üretim sezonunda %2,0 artarak 221 milyon ha yükselmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre Türkiye buğday ekim alanı 2019/20 üretim sezonu dikkate alındığında dünya buğday ekim alanının %3,1'ini oluşturmaktadır. Bu alan aynı zamanda Türkiye'de toplam ekilen tarım alanının %44'ünü (68,5 milyon ha) kapsamaktadır.

Türkiye'de buğday çoğunlukla kuru tarım tekniği ile yetiştirilmekte olup, son yıllarda verim açısından bakıldığında istikrarlı bir artış gözlenmesine karşın, yıllık ortalama üretimi 21 milyon ton olan gerçek üretim ile 54 milyon ton olan potansiyel üretim arasında yıllık yaklaşık olarak 33 milyon ton bir fark bulunmaktadır (Atar, 2018). Son yıllarda uzaktan algılama tekniği ile gözlemlenen ve tarımsal üretimde verim düşüşüne neden olduğu düşünülen iki etken üzerinde durulmaktadır. Bunlardan ilki tarla içindeki traktör trafiğinin bir sonucu olan tekerlek izinden meydana gelen kayıplar, diğeri ise özellikle büyük arazilerde gözden kaçan veya ihmal edilen başarısız ekim bölgeleridir.

Buğdaydan daha yüksek verim alabilmek amacıyla, ekim işlemlerinin ardından gübreleme, ilaçlama gibi bakım işlemleri yapılmaktadır. Buğday ekili alanlara bu işlemleri gerçekleştirmek amacıyla yetiştirme periyodu süresince traktör ve iş makinası ile yaklaşık 3-4 kez girilmektedir. Bu nedenle, ekili alanlarda teker izinden kaynaklı olarak bitkide yatışlar meydana gelmektedir (Kaya, 2019). Ayrıca ekim sırasında üretici uygulanan alan takibini yapamayarak boş alanlar bırakmaktadır. Tüm bunların sonucunda mevcut alandan alınabilecek potansiyel verim miktarı düşmektedir. Bahsi geçen bu alanlar uzaktan algılama teknikleri ile takip edilerek, karar destek sistemi aracılığı ile üreticinin boş alanlarda tekrar ekim yapması sağlanabilir ve böylelikle daha yüksek verim değerlerine ulaşılabilir.

## 1.1 Literatür Özeti

Günümüz dünyasında, veriye doğrudan ulaşmaktan öte veriyi hızlı, güvenilir ve daha az maliyetle temin etmek için gün geçtikçe daha fazla çaba sarf edilmektedir. Son yıllarda yüksek çözünürlükte spektral ve mekansal veri üreten uyduların gelişmesi, elde edilen bu verilerin bedava ya da ucuz olarak sunulması, yapılan çalışmalara hızlilik ve çok büyük kolaylık sağlamaktadır (Perişan ve Şenol, 2021). Gelişmiş uydular, yeryüzünün belirli aralıklarla gözlemlenmesine, geçmişe dönük verilerin alınmasına ve yeryüzüne ilişkin değişimlerin izlenmesine olanak tanımıştır. Elde edilen uydu verileri çeşitli analizlerden geçirildikten sonra bitki örtüsündeki periyodik değişimler hızla ve güvenilir bir şekilde takip edilebilmektedir. Bu analizler tarım arazilerinin ve bitki sağlığının izlenmesi, ürün deseni belirleme çalışmaları, zamana bağlı bitki örtüsü veya ürün değişiminin saptanması ve rekolte tahminleri gibi çalışmalarda kullanılmış ve aktif şekilde kullanılmaya devam edilmektedir (Balambar, Karimi, Öztürk, Acet ve Pekkan, 2021). Anılan konularla ilgili ülkemizde ve yurt dışında yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Li (1990), uzaktan algılama teknikleri ile NOAA uydu verileri ve ayrıca Landsat MSS ve TM görüntülerini kullanarak Çin'deki buğday üretimini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Araştırma kapsamında 140 ilçedeki 400 gözlemlenilen yer uygulaması aracılığıyla bazı spektrometrik ölçümler ve agronomik bilgiler elde etmiştir. Sonuçta ulaştığı tahmini buğday verim değerlerindeki hata oranının %2,3 ila %4,5 arasında olduğunu saptamıştır.

Evsahibioğlu ve Kodal (1992), Ankara ve Çankırı illerinde buğday üretimini belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmada, buğday ekili alanları uzaktan algılama tekniklerini kullanarak belirlemiş, verim değerlerini ise tarımsal meteorolojik yaklaşımlarla tahmin etmişlerdir. Elde ettikleri bulgulara göre buğday ekim alanlarının belirlenmesinde uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması istatistiksel açıdan yüksek doğrulukta sonuçlar vermiştir. Benzer şekilde Lobell, Asner, Ortiz-Monasterio ve Benning (2003) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise uzaktan algılama teknikleri kullanılarak buğday verimi ve ekim tarihlerinin tahmin edilebilirliği araştırılmış ve başarı ile sonuçlanmıştır.

Bolca, Kurucu ve Altıntaş (2003), Batı Anadolu Bölgesi'nde yer alan pamuk bitkisinin ekildiği alanlarda, Mayıs ve Ağustos aylarına ait Landsat 7 TM uydu görüntülerini kullanarak pamuğun rekolte değerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında, ilçelere göre pamuk ekili olan alanların dağılımlarını ve yüz ölçümlerini saptamışlardır. Pamuk bitkisinin

verim değerleri ile spektral yansımaya değerleri karşılaştırılarak 3 seviyeli verim grupları oluşturulmuştur. Elde edilen uydu görüntüleri, verim gruplarının sayısal görülme aralıklarına göre eğitimi yöntem ile sınıflandırılmıştır. Yörelere göre her grup için dekara verim miktarı saptanmış ve ekili alan ile çarpılarak ürün rekoltesi hesaplanmıştır.

Akkartal, Türüdü ve Erbek (2005) Kırklareli ilinin Lüleburgaz ilçesine ve çevresine ait 1987 ve 2003 yılları arasındaki Landsat ve SPOT görüntülerini bitki örtüsü üzerindeki değişimleri incelemek amacıyla analiz etmişlerdir. Çok zamanlı veri seti ile ele alınan beş farklı bitki örtüsü indeksi hesaplanmış ve elde ettikleri görüntüleri farklı bant kombinasyonlarıyla incelemişlerdir. Bitki örtüsündeki yıllara bağlı değişimlerin saptanmasında çok spektrumlu uydu verilerinin başarı ile kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Sefer ve şenol (2006) Yregir Ovası'nda, Ağustos ayına ait Landsat-5 TM uydu görüntülerini kullanarak, bölgede yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan pamuk, soya fasulyesi ve mısırın ekili olduğu alanları tespit etmişlerdir. Araştırma konusu olan bitkilerin spektral özellikleri altı band olarak saptanmış ve bu veriler dikkate alındığında pamuk, soya fasulyesi ve mısır ekili alanların en iyi Landsat 5 TM uydusu 3, 5, 7 band kombinasyonu ile belirlenebileceğini tespit etmişlerdir. Uydu görüntülerini pamuk, soya fasulyesi ve mısır bitkilerinin ekili alanlarını belirlemek amacıyla kullanmaları sonucunda % 96,3 oranında doğruluğa sahip veriler elde etmişlerdir.

Gontia ve Tiwari (2011) Hindistan'da sulu tarım ile yetiştirilen buğdayın ürün verimi ve su etkinliğini tahmin etmek amacıyla uzaktan algılama tekniklerini kullanmışlardır. Buğdayın ekiminden sonra zamansal ve mekansal olarak dağılmış spektral görüntüler ile gerçek verim değerleri arasında tutarlı bir korelasyon olduğu ortaya çıkmıştır.

zcan, Musaoğlu, stndağ, Kurucu ve rmeci (2011), şanlıurfa ilinin Hilvan ve Akçakale ilçelerinde, farklı bölgelerde yetişen buğday bitkisinin gelişim düzeylerini incelemek için SPOT 5 uydusundan elde edilen görüntüleri kullanmıştır. Her iki ilçeye ilişkin beş farklı tarihte uydu görüntüsü alınmış, uydu görüntüsü üzerinden sınıflandırma işlemi ve NDVI analizi yapılmıştır. Çalışma aynı il içerisinde yer alan ilçelerde yapılmasına rağmen, farklı ekolojik koşullarda yetişen ve farklı zamanda ekilen iki ayrı çeşit buğdayın gelişiminin birbirinden farklı olduğu ve buna bağlı olarak yansıtım değerlerinde de değişimler olduğu saptanmıştır.

Kayahan (2013) Konya ilinde 1000 m<sup>2</sup>'lik bir alanda, uzaktan algılama tekniklerini kullanarak silajlık mısır verim tahmini yapmıştır. Bu amaçla, deneme alanı 5 ayrı parsele

bölünmüş ve verim değerlerinde farklılık oluşması için her parsele farklı miktarda azot uygulanmıştır. Mısır bitkisinin çiçeklenme döneminde, öncesinde ve sonrasında görüntüler alınmış ve elde edilen bu görüntülerden NDVI değerleri hesaplanmıştır. Hasat zamanı verim ölçümü yapılarak, uzaktan algılama teknikleri ile hesaplanan NDVI değerleri ile karşılaştırılmış ve verim tahmininde kullanılabilirliği incelenmiştir. Sonuç olarak, en yüksek ilişki çiçeklenme döneminde elde edilen görüntüler ile verim arasında  $R^2 = 0.945$  olarak bulunmuş ve bu dönemde alınan görüntülerin verim tahmininde kullanılabileceği saptanmıştır.

Immitzer (2016) Sentinel-2 uydu görüntülerini kullanarak, Avusturya ve Almanya'da mısır, ayçiçeği, havuç, soğan, şekerpancarı ve 7 farklı ağaç türünü sınıflandırmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre ürünlerin piksel sayısal değeri referans alınarak yapılan Random Forest (RF) sınıflandırma metodu %80'nin üzerinde doğrulukla sonuçlanmıştır.

Bargiel (2017) Güney Almanya'da ekili alanların sınıflandırılması amacıyla yürüttüğü bir çalışmada, bitkilerin fenolojik evreleri boyunca sürekli değişim göstermelerinden dolayı sık görüntü alınması gerekliliğini vurgulamıştır. Araştırmasını 2 üretim sezonunca sürdürerek, Sentinel-1 uydusundan aldığı veriler için yaklaşık 200 test noktası belirlemiştir. Sonuç olarak, mısır, patates, kanola, mera, şekerpancarı ekili alanlarda Standart Yöntem (Random Forest and Maximum Likelihood) ve Phenological Sequence Patterns (PSP) methodlarının, tahıl ürünlerinde ise PSP metodunun sınıflandırma için daha yüksek doğrulukta sonuçlar verdiğini bildirmiştir.

Çiçek ve Kurucu (2018) Kayseri ve Ankara'da yürüttükleri bir çalışmada, 210 parseli izlemek için Landsat-8 ve Sentinel-2 uydularını kullanmışlardır. Patates ve şeker pancarının büyüme periyodu boyunca çok bantlı spektral yansıma karakteristiklerini çıkarmışlardır. Yansıtma düzeylerini inceledikleri NIR, Red Edge ve SWIR bantlarının, spektral imzaların oluşturulmasında, ürün deseninin belirlenmesinde ve bitkinin hangi evrede olduğunun anlaşılmasında önemli bir rol oynadığını belirlemişlerdir. Araştırma sonunda, her iki bitkinin de dikimini takip eden günlerde tüm bantların birbirine yakın değerde olduğunu, fakat yeşil dokunun arttığı ikinci ve üçüncü fenolojik dönemlerde yeşil dokuya hassas bantlarda (Red Edge 2,3,4) artış olurken, görünür bölgeye duyarlı olan bantların (SWIR) düştüğünü bildirmişlerdir.

Gündoğdu ve Bantchina (2018) Bursa'da 2013-2017 yılları arasında Landsat uydusundan aldığı 29 görüntüden yararlanarak, bitki örtüsü indeksi NDVI değerlerinin dağılımını parsel bazlı değerlendirmiştir. Ayrıca deneme alanında ekili olan mısır, buğday,

ayçiçeği ve yonca ürünlerinin verimleri ile NDVI değerleri arasında istatistiksel açıdan bir ilişki olup olmadığını araştırmışlardır. Sonuçta, deneme alanındaki parsellerin nispeten küçük olmasından dolayı, parsel sınırından uzaklaştıkça NDVI değerlerinin değiştiği görülmüştür. Buna ek olarak, parsellerde elde edilen NDVI değerleri normal dağılımla uyumlu olmasına rağmen, minimum ve maksimum değerler arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir.

Kaya ve Polat (2019) uydu görüntülerini kullanarak, Şanlıurfa'ya bağlı Ceylanpınar ilçesinde buğdayın büyüme periyodunu incelemişlerdir. Araştırmada, 2016-2017 ve 2017-2018 dönemleri için Landsat 8 ve Sentinel 2A uydularından alınan görüntüler ile bitki örtüsü indeksi belirlenmiş ve farklı evrelerde bitkilerin yansıtım değerleri irdelenmiştir. İki farklı döneme ait uydu görüntüleri kullanılarak NDVI ve SAVI değerleri saptanmış ve buğdayın gelişim evreleri grafikleştirilmiştir. Araştırmacılar arazi çalışmalarının uzun zaman aldığını ve uydu görüntülerinin bu açıdan kolaylık sağladığını ve hızlı çözümler sunduğunu belirtmişlerdir.

Narin (2019) yaptığı bir çalışmada Tokat ili Zile ilçesinde üretimi yapılan ayçiçeği parsellerinin uzaktan algılama teknikleri ile takibini yapmıştır. Uydudan takibi için Sentinel-2 uyduları kullanılarak 23 adet uydu görüntüsü alınmış, her bir görüntü parsellerin yansıtım değerleri saptanmıştır. Ayçiçeği bitkisinin evreleri takip edilerek NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) ve parsel bazlı verim değerleri hesaplanmıştır. Bitki indeks değerleri ile verim karşılaştırılarak, uydu görüntülerinin ayçiçeği bitkisinde yüksek güvenilirlik oranıyla verim tahmini yapılabileceği belirlenmiştir.

Kaya (2020), buğday ekiminde traktör teker izi boyutunun insansız hava aracı (İHA) görüntüleri ile belirlenmek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Elde edilen görüntüler ile NDVI, NIR indeksleri saptanmış, belirlenen indeksler yardımıyla buğday ekilişlerindeki traktör teker izlerinden kaynaklanan yatışların bitki sağlığına etkisi araştırılmıştır. Denemeler öncesinde belirlenen teorik teker iz boyutu, İHA'larla elde edilen görüntülerdeki traktör teker iz boyutu ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 1 da'lık birim alanda, iş genişliği 10 m ve 15 m olan iş makineleriyle tarımsal faaliyetler yapılması durumunda yaklaşık 83,95 m<sup>2</sup> ve 55,97 m<sup>2</sup>'lik traktör teker izi oluştuğu saptanmıştır. Ölçülen değerler ile görüntülerden elde edilen sonuçlar arasında %6'luk bir sapma olduğu görülmüştür. Yapılan araştırma İHA'lardan elde edilen görüntülerin buğday ekimi sırasında meydana gelen traktör teker izi boyutlarının belirlenmesinde kullanılabileceği göstermektedir.

## 1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında, dünyada ve ülkemizde üretimi stratejik öneme sahip olan buğday bitkisinin ekim başarısının tespitiyle ekimi başarısız olan alanların yeniden ekimi amaçlanmıştır. Yeniden ekim karar destek sistemi için uzaktan algılama tekniği kullanılmıştır. Araştırma, Denemeler Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesine bağlı Yağcı mahallesinde yürütülmüştür. Buğday ekimi yapılmış deneme alanları Landsat 5 TM ve Sentinel-2 uydu görüntüleri ile takip edilerek, ekimi başarısız (ekimi yapılmamış, filiz çıkışı hiç olmamış veya çok az çıkış olmuş) bölgeler tespit edilmiştir. Karar destek sistemi için alt referans alan, iklim ve toprak koşulları kullanılmıştır. Ardından yeniden ekim yapılmasına karar verilen alanlara ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, yeniden ekim yapılan ve başarılı ekim gerçekleştirilmiş alanlardaki verim parametreleri karşılaştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1 Materyal

#### 2.1.1 Çalışma Alanı

Araştırma kapsamında, Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesine bağlı Yağcı mahallesinde buğday ekimi yapılan araziler çalışmanın amacı doğrultusunda incelenerek, çalışma alanını temsil edecek 3 örnek parsel belirlenmiştir (Şekil 2.1). Araştırmanın yürütüldüğü 1 nolu çalışma alanı  $40^{\circ} 59'$  Kuzey enlemi ve  $27^{\circ} 26'$  Doğu boylamında, 2 nolu çalışma alanı  $41^{\circ} 00'$  Kuzey enlemi ve  $27^{\circ} 25'$  Doğu boylamında, 3 nolu çalışma alanı  $40^{\circ} 58'$  Kuzey enlemi ve  $27^{\circ} 25'$  Doğu boylamı arasında kesişen koordinatlarda yer almaktadır. Deneme alanlarının deniz seviyesinden ortalama yükseklikleri sırasıyla 224 m 222 m ve 238 m'dir (Çizelge 2.1).



Şekil 2.1. Çalışma alanlarının konumu

Çizelge 2.1. Çalışma alanının coğrafi koordinatları

Çalışma Alanı	Alan (ha)	Rakım (m)	Enlem	Boylam
1	4,47	224	40° 59' K	27° 26' D
2	5,29	222	41° 00' K	27° 25' D
3	2,03	238	40° 58' K	27° 25' D

Denemeler, 4,47 ha (1 nolu alan), 5,29 ha (2 nolu alan) ve 2,03 ha (3 nolu alan) olmak üzere toplam 11,79 ha alanda yürütülmüştür. Topraklar genellikle killi tın bünyeye sahip ve ortalama eğimleri %1-4 oranındadır. Alanlara ait detaylı uydu görüntüleri Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Çalışma alanlarına ait uydu görüntüleri



## 2.1.2 İklim Özellikleri

Deneme alanının bulunduğu Tekirdağ iline ait Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 1991-2020 yılları arasındaki uzun yıllar ortalamalarına göre; yıllık ortalama sıcaklık değeri 14,5 °C 'dir (Anonim, 2022a). En sıcak ay 24,8 °C ile Ağustos, en soğuk ay ise 5,2 °C ile Ocak ayıdır. Yıllık bazda kaydedilen ortalama en yüksek sıcaklık 29,1 °C, en düşük sıcaklık ise 2,4 °C'dir. Yılın ortalama 109 günü yağışlı geçmekte ve yıllık ortalama yağış miktarı 601,1 mm'dir (Çizelge 2.2). Denemenin yürütüldüğü Kasım 2021 ve Haziran 2022 tarihleri arasında ortalama sıcaklık değerleri uzun yıllar ortalamasına yakın değerler olarak kaydedilmiş olup 5,2-22,5 °C arasında değişmiştir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.2. Araştırma alanına ilişkin bazı iklim verilerinin uzun yıllık (1991-2020) ortalamaları (Anonim, 2022a)

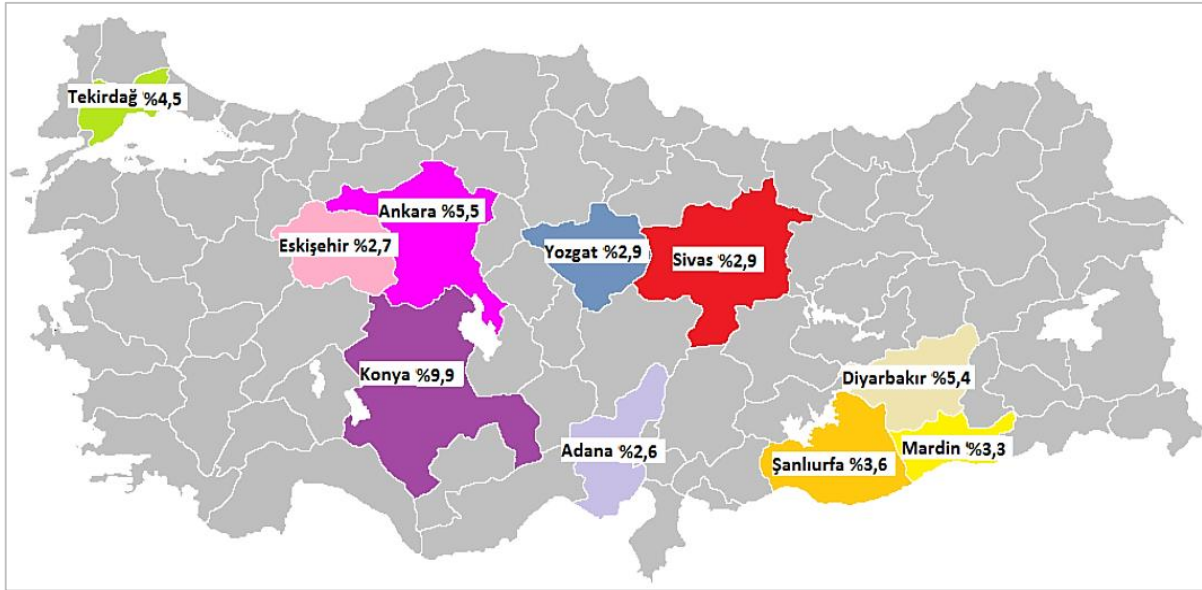
Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Güneşlenme Süresi (h)	Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	Aylık Toplam Yağış Miktarı (mm)
1	5,2	8,6	2,4	2,7	12,3	58,2
2	5,8	9,4	2,8	3,5	11,3	62,7
3	8,1	12,0	4,8	4,4	12,3	53,7
4	12,0	16,1	8,4	6,0	10,7	40,8
5	17,1	21,2	13,1	7,5	9,8	37,8
6	21,8	26,0	17,4	8,8	7,7	37,9
7	24,4	28,7	19,8	9,6	3,9	28,5
8	24,8	29,1	20,5	8,7	3,0	16,4
9	20,7	25,1	16,7	6,9	6,2	45,7
10	16,1	20,0	12,7	4,7	9,2	81,6
11	11,4	15,1	8,2	3,3	9,7	61,2
12	7,1	10,4	4,2	2,5	13,0	76,6
Yıllık	14,5	18,5	10,9	5,7	109,0	601,1

Çizelge 2.3. Araştırma alanı 2021-2022 buğday yetiştirme dönemine ait bazı iklim verileri

Aylar	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	Aylık Max. Sıcaklık (°C)	Aylık Min. Sıcaklık (°C)	Aylık Toplam Yağış (kg/m <sup>2</sup> )
Kasım 2021	12,6	23	5,5	52,2
Aralık 2021	9	19,1	-1,7	65,2
Ocak 2022	5,4	20	-4,8	23,8
Şubat 2022	6,5	16,2	-0,5	88,7
Mart 2022	5,2	21,1	-4,1	9,3
Nisan 2022	12,7	25,8	2,9	70,7
Mayıs 2022	16,9	29,7	8	15,7
Haziran 2022	22,5	33,8	16,2	31,4

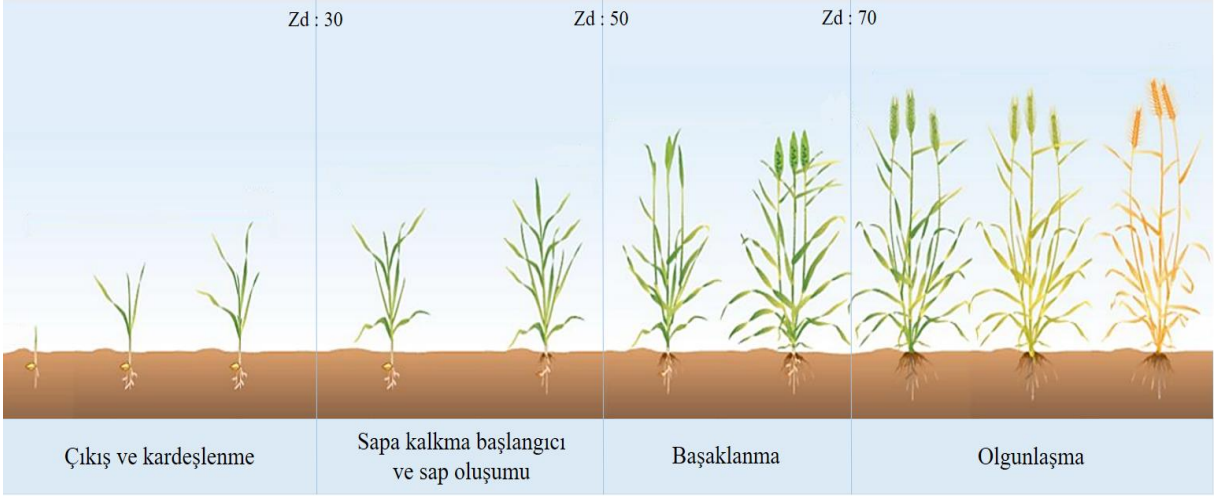
### 2.1.3 Buğday Bitkisi ve Gelişim Evreleri

Buğday (*Triticum aestivum* L.), dünya nüfusundaki artış sonucu ortaya çıkan beslenme sorunlarının giderilmesi adına en çok yetiştiriciliği yapılan bitki türüdür. İklim ve toprak istekleri açısından çok seçici olmayan buğdayın, Dünya'nın birçok yerinde üretimi yapılmaktadır. Araştırma alanının bulunduğu Tekirdağ ili yüz ölçümü dikkate alındığında ekili-dikili alanları yüksek, tarıma elverişli alan oranı %80'dir. Bahsi geçen bu alanın yaklaşık %57'sinde buğday üretimi yapılmaktadır. Bu oran Türkiye'de üretimi yapılan buğdayın yaklaşık %5'ini (Şekil 2.3) karşılamaktadır (Anonim, 2022b).



Şekil 2.3. Türkiye buğday üretim alanları ve üretilen miktara göre yüzdesel dağılımları (Anonim, 2022c)

Buğday tek yıllık bir bitkidir ve genel olarak serin ve ılık iklim şartları gelişimi için idealdir. Çimlenme ve kardeşlenme aşamasında yüksek sıcaklık istemez, 5-10 °C sıcaklık ve %60 nem olduğu koşullarda normal gelişimini sürdürür. Gelişmesinin ikinci devresi olan sapa kalkmada ise 10-15 °C sıcaklık ve %65 oranında nem isteği olmaktadır. Yıllık yağış miktarı 350-1150 mm arasında olan bölgelerde buğday yetiştirilebilir. Buğday bitkisine ait gelişim dönemleri Zadoks Skalası (ZD) (Zadoks, Chang ve Konzak, 1974) dikkate alınarak Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Buğdayın gelişim evreleri

Buğday ekimi, sıra arası 12,5 cm, iş genişliği 300 cm ve üç nokta askı sistemi ile traktöre bağlanan üniversal ekim makinesi ile yapılmıştır. Makinenin ekici ünitesi dişli tip olup gömücü ayakları balta tipidir. Deneme alanının ekim işlemi Şekil 2.5'te görülmektedir.



Şekil 2.5. Deneme alanı buğday ekim işlemi

El ile hasadı yapılan ürünün, Wintersteiger LD 350 marka taşınabilir başak harman makinesinde taneden ayırımı yapılmıştır (Şekil 2.6). Harman makinası 2.9 kW gücünde benzinli motora sahiptir. Buğday harmanı için 4,3 x 13,5 mm elek (konturbatör) delik çapı kullanılmıştır.



Şekil 2.6. Başak harman makinası

#### 2.1.4 Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri

Araştırmada Landsat 5 TM ve Sentinel-2 uydu verilerine ait yazılım programları kullanılmıştır. Landsat programı, 1972 yılında ilk adı ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellites) olan Landsat 1 uydusu yörüngeye fırlatılması ile başlamış olup, günümüze kadar geçen sürede söz konusu program çerçevesinde yedi Landsat uydusu daha fırlatılmıştır. Landsat uyduları aracılığıyla elde edilen görüntüler geniş bir disiplin yelpazesinde yapılan çalışmalar için değerli bir veri kaynağı teşkil etmektedir (Campell, 1996). Landsat 5 uydusu 1984 yılında NASA tarafından fırlatılmıştır. Yerden 705 kilometre yükseklikteki yörüngede dönen uydu bir turunu 16 günde tamamlamaktadır. Algılayıcının tarama genişliği 185 km'dir ve 16 günde 133 dairesel yörüngede çalışmaktadır. Araştırmada kullanılan Landsat 5 TM uydusuna ait teknik özellikler bilgiler Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Landsat 5 TM uydusu teknik özellikleri

<b>Spektral Bantlar</b>	<b>Dalga Boyu (µm)</b>	<b>Mekansal Çözünürlük (m)</b>
<b>Band 1 - Mavi</b>	0,45 - 0,52	30
<b>Band 2 - Yeşil</b>	0,52 - 0,60	30
<b>Band 3 - Kırmızı</b>	0,63 - 0,69	30
<b>Band 4 - Yakın kızıl ötesi</b>	0,76 - 0,90	30
<b>Band 5 - Kısa dalga kızıl ötesi</b>	1,55 - 1,75	30
<b>Band 6 - Termal kızıl ötesi</b>	10,4 - 12,5	120
<b>Band 7 - Kısa dalga kızıl ötesi</b>	2,08 - 2,35	30

Sentinel-2 optik görüntüleme uyduları European Space Agency (ESA) tarafından Copernicus programı kapsamında görüntülere veri zenginliği kazandırmak için geliştirilmiştir. Sentinel-2 uyduları, yer gözlemleri (bitki ve yer yüzeyi) için 13 adet spektral bant ile yeni bir bakış açısı kazandırmaktadır. Sentinel-2 uydu görüntüleri 10-60 m arası geometrik çözünürlük, 290 km görüntü genişliği. 4 band red-edge (kırmızı-kenar) ve 2 band SWIR (kısa dalga kızılötesi) ve 5 günlük zamansal çözünürlüğe sahiptir. Sentinel-2 uyduları temel olarak tarım ve ormancılık uygulamalarında ve bu uygulamaların ileriye dönük yönetilmesine yardımcı olmaktadır. NIR bantları (8,8a) Red-Edge (5,6,7) bantları sayesinde bitkinin klorofil ve su içerikleri belirlemede farklı indeksleri kullanma fırsatı sunmaktadır (Anonim, 2022d). Araştırmada kullanılan Sentinel-2A uydusuna ait teknik bilgiler Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5. Sentinel-2 uydusunun teknik özellikleri

<b>Sentinel-2A Bantları</b>	<b>Ortalama Dalga Boyu (µm)</b>	<b>Yersel Çözünürlük (m)</b>
<b>Band 1 – Coastal aerosol</b>	0,443	60
<b>Band 2 – Blue</b>	0,490	10
<b>Band 3 – Green</b>	0,560	10
<b>Band 4 – Red</b>	0,665	10
<b>Band 5 – Vegetation Red Egde</b>	0,705	20
<b>Band 6 - Vegetation Red Egde</b>	0,740	20
<b>Band 7 - Vegetation Red Egde</b>	0,783	20
<b>Band 8 - NIR</b>	0,842	10
<b>Band 8A - Vegetation Red Egde</b>	0,865	20
<b>Band 9 – Water vapour</b>	0,945	60
<b>Band 10 – SWIR – Cirrus</b>	1,375	60
<b>Band 11 – SWIR</b>	1,610	20
<b>Band 12 – SWIR</b>	2,190	20

Çizelge 2.6. Sentinel-2 uydusunun teknik özellikleri (Devamı)

<b>Radyometrik çözünürlük (bit)</b>	12
<b>Zamansal çözünürlük (gün)</b>	5 (Bulutsuzluk durumunda ekvatorda)
<b>Tarama genişliği (km)</b>	290
<b>Yörünge yüksekliği (km)</b>	786

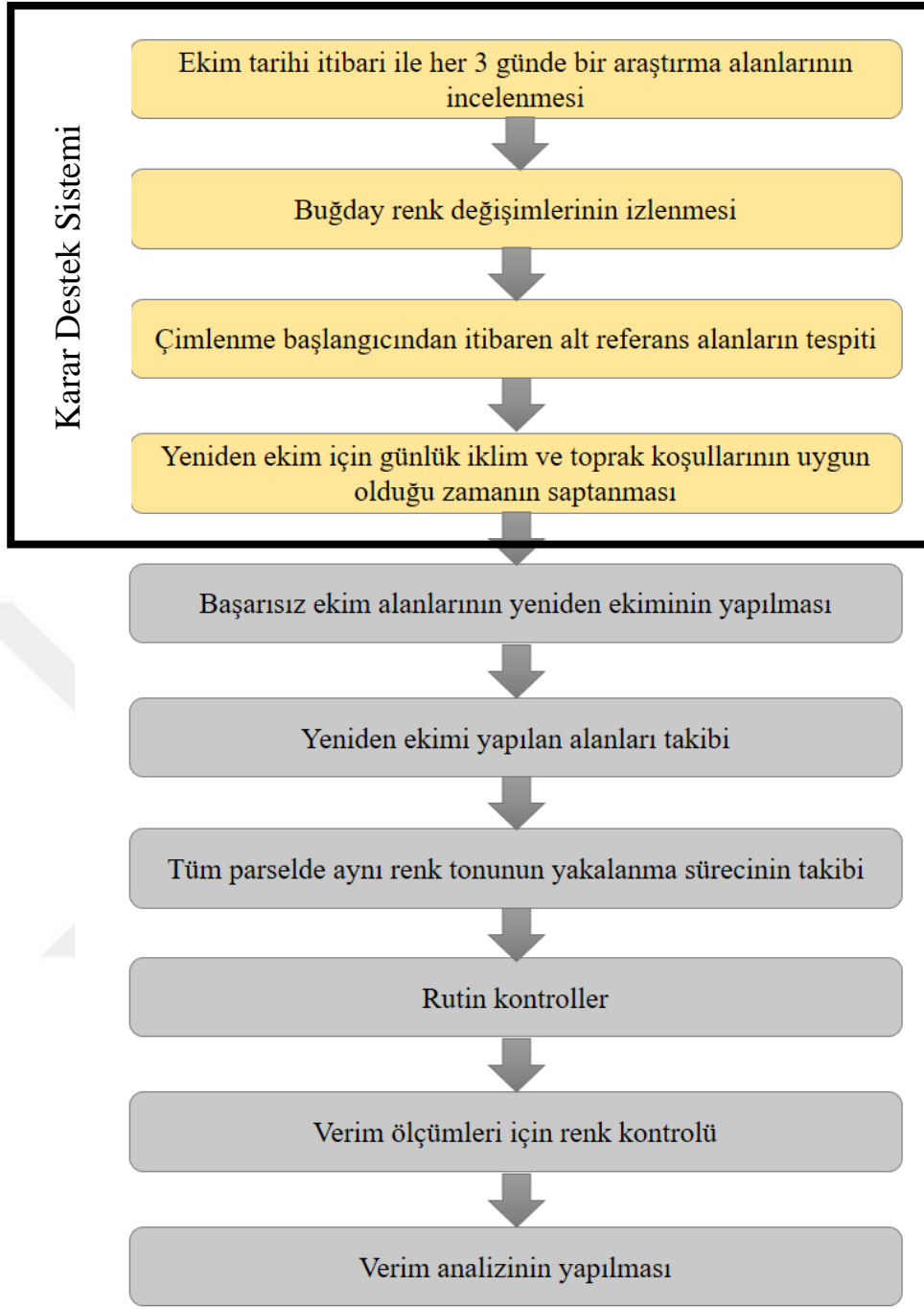
Araştırmada, Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) ve Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) iş birliğiyle ücretsiz olarak internet üzerinden sağlanabilen Landsat 5 TM ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından geliştirilen Sentinel-2A uydu verileri kullanılmıştır. İki uydu verisinin birlikte kullanılarak; daha sık aralıklı uydu verileri ile buğdayın fenolojik evreleri ve bitki gelişim süreçleri daha hassas bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca, çalışmada iki ayrı uydu görüntüsünün kullanılmasındaki bir başka amaç; bulutlu havalarda fazla olduğu aylarda bulutsuz görüntülerin elde edilme ihtimalini artırmaktır. Çalışma kapsamında 15 Ekim 2021 - 15 Mart 2022 tarihleri arasında elde edilen ve çalışma alanını kapsayan tüm Landsat 5 TM ve Sentinel-2A uydu görüntüleri dikkate alınmıştır.

## 2.2 Yöntem

Denemeler buğday ekim işlemi ile başlamıştır. Trakya Bölgesi'nde buğday ekimi genellikle Ekim - Kasım aylarında toprağın uygun olduğu zamanda yapılır. Deneme alanlarında ekim işlemi 15 Ekim'de gerçekleştirilmiştir. Bu tarih itibari ile ekimi yapılan parsellerin düzenli olarak her üç günde bir uydu görüntüleri alınarak işlenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Çıkış sonrası ekimi başarısız olan alanlar uydu görüntüleri ile tespit edilmiş ve yeniden ekim karar destek sistemi oluşturulmuştur. Ardından yeniden ekim kararı verilen alanların ekimi gerçekleştirilmiştir, ardından hasat döneminde parsellerin verim parametreleri tespit edilmiştir.

### 2.2.1 Karar Destek Sistemi

Karar destek sistemi yeniden ekim yapılacak alanların seçimine için hesaba katılan parametrelerden oluşmaktadır. Çalışmada oluşturulan karar destek sistemi; ekim tarihi itibari ile her 3 günde bir araştırma alanlarının incelenmesi, buğday renk değişimlerinin izlenmesi, çimlenme başlangıcından itibaren alt referans alanların tespiti, yeniden ekim için günlük iklim ve toprak koşullarının uygun olduğu zamanın saptanması basamaklarını içermektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.7. Deneme işlem basamakları

Yeniden ekilmesi gereken alanlar için bir alt referans alan hesaplanmıştır. Hesaplamalarda ekimi başarısız alanlar tespit edilmiş ve tohum ihtiyacı (20 kg/da), yakıt masrafı (2 litre/operasyon) ve işçilik maliyeti dikkate alındığında ekonomik olarak yeniden ekim yapılabilecek minimum alan büyüklüğü 200 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Bu değere eşit ve daha üstü alanlarda iklimin ve toprağın uygun olduğu koşullarda yeniden ekim gerçekleştirilmiştir.

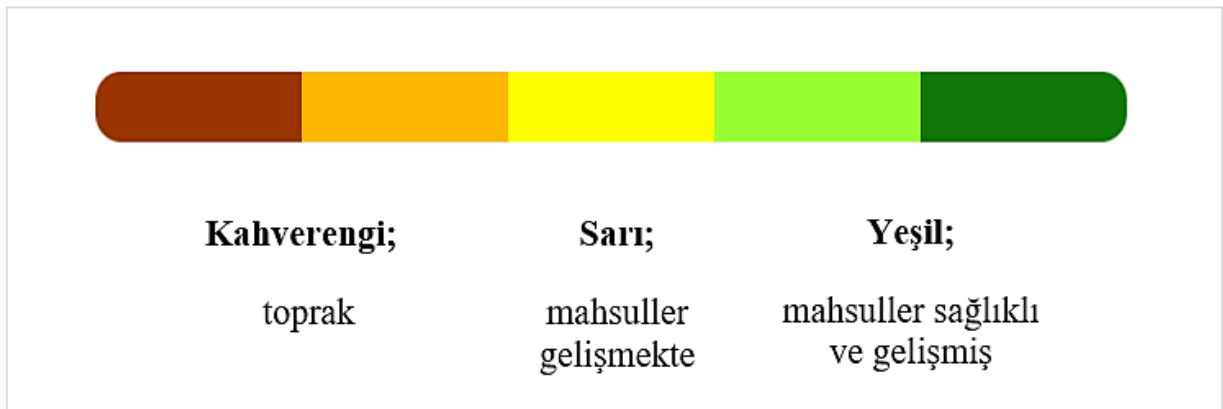
### 2.2.1.1 NDVI görüntülerinin yorumlanması

NDVI değerleri teorik olarak (-1) ile (+1) arasında değişir. Yeşil bitki örtüsünün fazla olduğu alanlarda indeks değeri +1'e doğru yaklaşırken, bulutlar, su ve kar düşük (eksi) NDVI indeks değerlerine sahiptir (Çizelge 2.6). Çıplak toprak ve kaya ise sifıra yakın NDVI değeri gösterir. Fotosentez kapasitesi arttıkça NDVI indeks değerleri artmakta bu da bitki örtüsündeki gelişmenin arttığına karşılık gelmektedir (Süslü, 2007).

Çizelge 2.7. Çalışmada kullanılan NDVI değerlerinin yorumlanması

NDVI Değeri	İfade Ettiği Unsur
0'a yakın ve negatif değer	Göl, deniz veya nehir suyu
Negatif veya 0,1 arasında	Kar veya bulut
0,1 ile 0,2 arasında	Toprak parçası
0,3 ile 0,8 arasında	Bitki örtüsü
0 ile 0,3 arasında	Sağlıksız veya stresli bitki
0,33 ile 0,66 arasında	Orta derecede sağlıklı
0,66 ile 1 arasında	Bitki çok sağlıklı

Doğal seyrinde büyüme gösteren bir tarla için mahsuller büyüyüp toprağı kapattıkça tarlanın rengi zaman içerisinde sırayla kahverengi, sarı ve yeşil olmaktadır (Şekil 2.7). İlgili tarihte elde edilen uydu görüntüsünde görünen ve bitkinin bu beklenen fenolojik davranışı ile uyumlu olmayan renkler, bu bölgelerde zirai sorunlar olabileceğini göstermektedir. Mahsullerin büyüdüğü ve tarlanın haritada yeşil görüldüğü dönemde belirli bölgelerde ortaya çıkan sarı ve kahverengi renk değişimleri, bu bölgelere dikkat edilmesi gerektiği anlamına gelmektedir.



Şekil 2.8. Uydu görüntülerinde kullanılan renk kodları



## 2.2.2 Verim Parametreleri

### 2.2.2.1 Verim (kg/da)

Verim hesaplaması, ekimi yapılan ve yeniden ekim işlemi gerçekleştirilmiş alanlarda, buğday hasat olgunluğuna geldiği zaman alanı temsil edecek şekilde 4 tekerrürlü olarak 1m x 1m çember atılarak yapılmıştır (Şekil 2.9). Hasat edilen başakların Wintersteiger LD 350 başak harman makinesinde taneden ayırımı yapılmış, tartımı yapılarak m<sup>2</sup>'de elde edilen verimin kg/da cinsine çevrilmesiyle verim sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 2.9. Bitkisel parametrelerin hesaplanmasına için çember ile örneklerin alınması

### 2.2.2.2 Başak sayısı (adet/m<sup>2</sup>)

Başak sayısı, alanı temsil edecek 4 farklı noktaya atılan 1 m<sup>2</sup>'lik çember içindeki başaklar sayılarak hesaplanmıştır. Elde edilen dört farklı değerin aritmetik ortalaması alınarak birim alandaki fertil başak sayıları belirlenmiştir.

### 2.2.2.3 Başaktaki tane sayısı (adet)

Başaktaki tane sayısı, her iki alanda da alanı temsil edecek 4 farklı noktaya atılan 1 m<sup>2</sup>'lik çember içinden rastgele toplanan 10 adet başağın toplam tane sayısının aritmetik ortalamasıyla belirlenmiştir.

### 2.2.2.4 Bin tane ağırlığı (g)

Bin tane ağırlığı, her alanda 4 tekerrürlü olarak 1 m<sup>2</sup>'den elde edilen taneler 4x100 adet sayılarak, hassas terazi ile tartılmış ve ortalaması alındıktan sonra 10'la çarpılarak bulunmuştur (Uluöz 1965).

## 2.2.3 Çalışmada Kullanılan Yazılım

Çalışmada, Lansat 5 TM ve Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanarak, veri kaynaklarından aldığı bilgiler ile karar destek sistemi oluşturan Tarla IO firmasının Tarla.in bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Görüntünün kesilmesi (subsetting), geometrik düzeltilmesi ve görüntünün gözle daha iyi yorumlanması için yapılan belirginleştirme işlemlerinin (görüntü zenginleştirme) tamamı Tarla.in bilgisayar yazılımı ile yürütülmüştür.

## 2.2.4 İstatistiksel Analizler

Denemede elde edilen değerlerin varyans analizi, ortalamalar arasındaki farklılıkların önemlilik kontrolü, incelenen karakterler arasındaki korelasyonlar, Yurtsever (1984), ile Düzgüneş, Kesici, Kavuncu ve Gürbüz (1987)'ün belirttiği esaslara göre değerlendirilmiştir. Deneme konularından elde edilen verim, başak sayısı, başakta tane sayısı ve bin tane ağırlığı değerleri arasındaki farklılıklar varyans analiziyle tespit edilmiştir (Düzgüneş vd., 1987; Yurtsever, 1984). Bu amaçla SBSS PASW Statistics 18 isimli bilgisayar programından yararlanılmıştır.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1 Karar Destek Sistemi

##### 3.1.1 Alt Referans Alan

Çalışma yılı içerisinde Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesi Yağcı Mahallesi'nde buğday ekimi yapılmış 20 parsel dikkate alınarak, parsel boyutları Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) aracılığıyla incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda, araştırmaya en uygun olan 3 farklı lokasyondaki tarlada karar kılınmış, çiftçi görüşmeleri ile ekim ve hasat tarihleri belirlenmiştir. Ekimi yapılan araştırma alanları uydu görüntüleri ile takip edilerek, ekimi başarısız (ekimi yapılmamış, filiz çıkışı hiç olmamış veya çok az çıkış olmuş) bölgeler tespit edilmiştir. Ekim işlemi başarı ile gerçekleşmeyen bölgelerde yeniden ekim karar destek sistemi oluşturulmuş ve bunun için alt referans alan büyüklüğü 200 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Detaylı hesaplama Çizelge 3.1'de verilmiştir. Ardından bu değere eşit veya bu değerden daha büyük alanlara yeniden ekim yapılmıştır (Şekil 3.1).

Çizelge 3.1. Alt referans alan hesaplaması

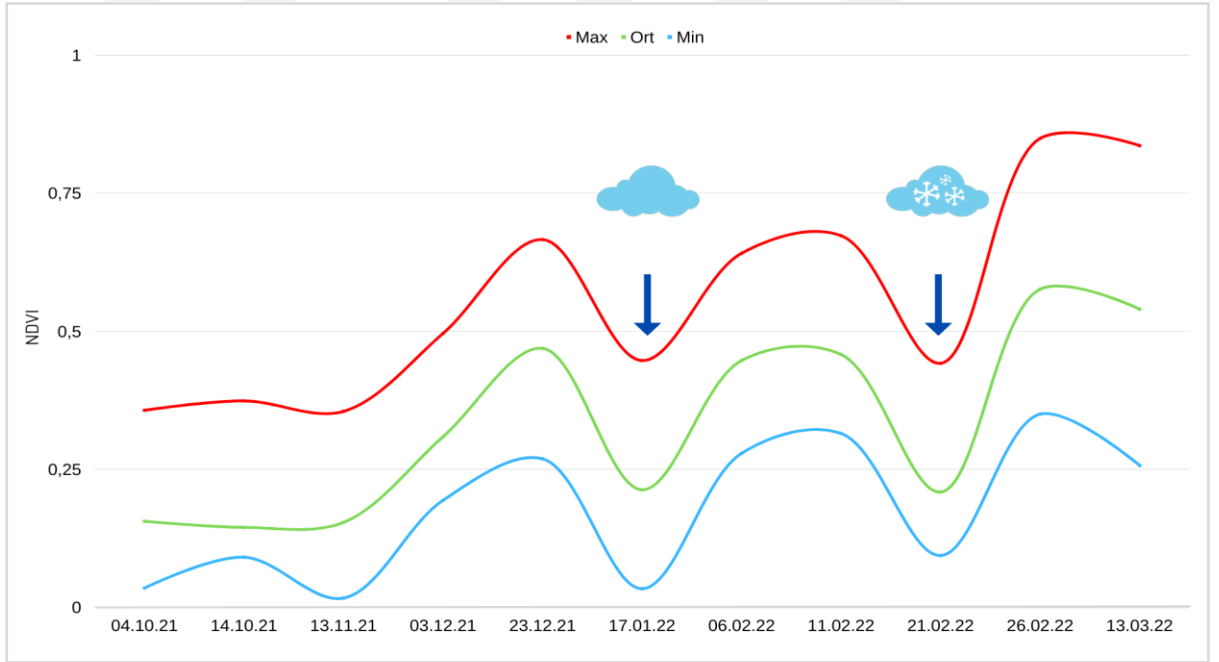
GİRDİ	FİYAT	GELİR	FİYAT
Tohum : 20 kg\da	300 TL \da		
Yakıt : 2 litre (1 litre ekim +1 litre yol)	42 TL\da	Buğday (600 kg\da)	6,2 TL\kg
İşçilik : 1 kişi	400 TL\gün\kişi		
<b>TOPLAM</b>	<b>742</b>	<b>TOPLAM</b>	<b>3.720 TL</b>
$3.720 \text{ TL} \div 742 \text{ TL} = 5 = 200 \text{ m}^2$ $1000\text{m}^2 \div 5 = 200 \text{ m}^2$			



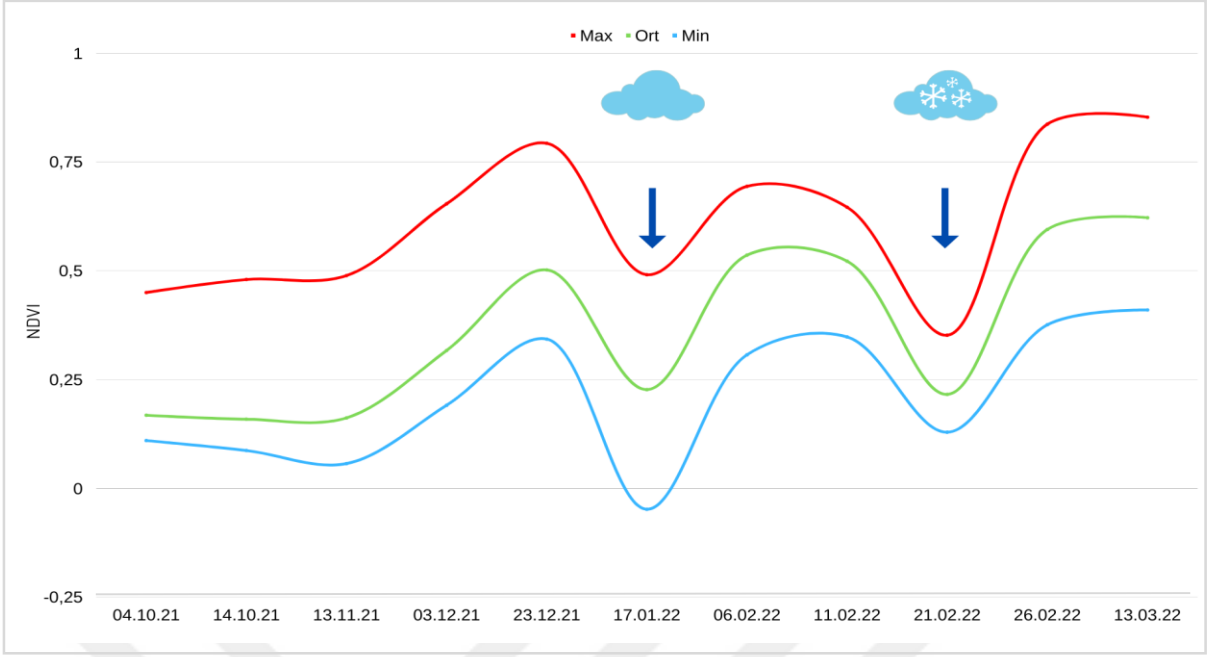
Şekil 3.1. Ekim işlemi başarısız olan alanlarda yeniden ekim işlemi öncesi ve sonrasına ait örnek görüntüler

### 3.1.2 Normalized Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) Bulguları

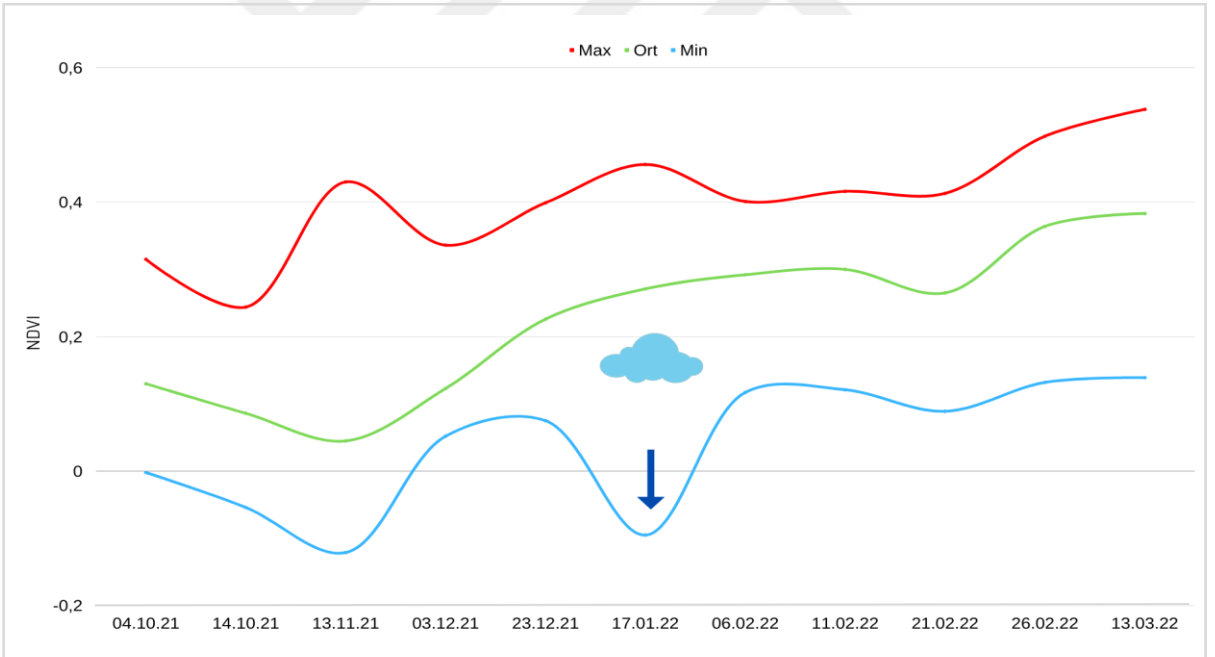
Proje çalışma alanlarına ait uydu görüntüleri bir dizi işleminden geçirildikten sonra NDVI değerleri saptanmıştır. Buğday bitkisinin çimlenme ve çıkışının yüksek oranda gerçekleştiği ve yeşil bitki örtüsünün ölçülebilir düzeyde olduğu Ekim, Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat NDVI değerleri değerlendirilmiştir (Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4). Ekim işlemi 15 Ekim 2021 tarihinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5; Şekil 3.8; Şekil 3.11), NDVI değerindeki değişimlerle bitki çıkışının takibi 13 Kasım 2021 tarihinden itibaren yapılmaya başlanmıştır. Elde edilen uydu görüntüleri aracılığıyla ekimi başarısız alanlar tespit edilerek 30 Kasım 2021 tarihinde yeniden ekim işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6; Şekil 3.9; Şekil 3.12). Ortalama NDVI değerleri ekim işlemi gerçekleştirildikten sonra 23 Aralık 2021 tarihinde üst değere ulaşmış, böylelikle tüm ekim işlemleri başarı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7; Şekil 3.10; Şekil 3.13).



Şekil 3.2. NDVI değerleri (1 nolu alan)



Şekil 3.3. NDVI değerleri (2 nolu alan)



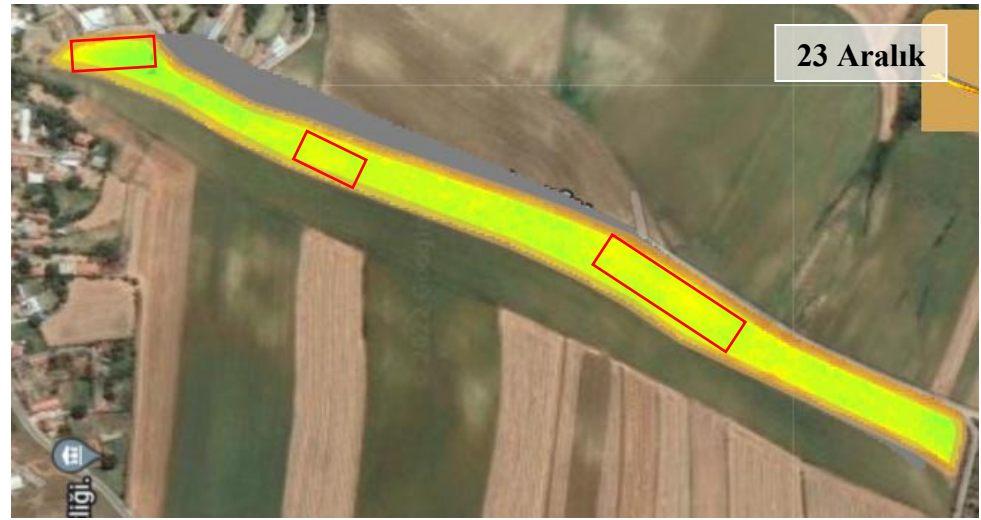
Şekil 3.4. NDVI değerleri (3 nolu alan)



Şekil 3.5. Ekim işleminin gerçekleştirildiği tarihte uydu görüntüsü (1 nolu alan)



Şekil 3.6. Yeniden ekim alanlarının belirlenmesi (1 nolu alan)



Şekil 3.7. Tüm ekim işlemleri tamamlandıktan sonra arazi görünümü (1 nolu alan)



Şekil 3.8. Ekim işleminin gerçekleştirildiği tarihte uydu görüntüsü (2 nolu alan)



Şekil 3.9. Yeniden ekim alanlarının belirlenmesi (1 nolu alan)



Şekil 3.10. Tüm ekim işlemleri tamamlandıktan sonra arazi görünümü (2 nolu alan)

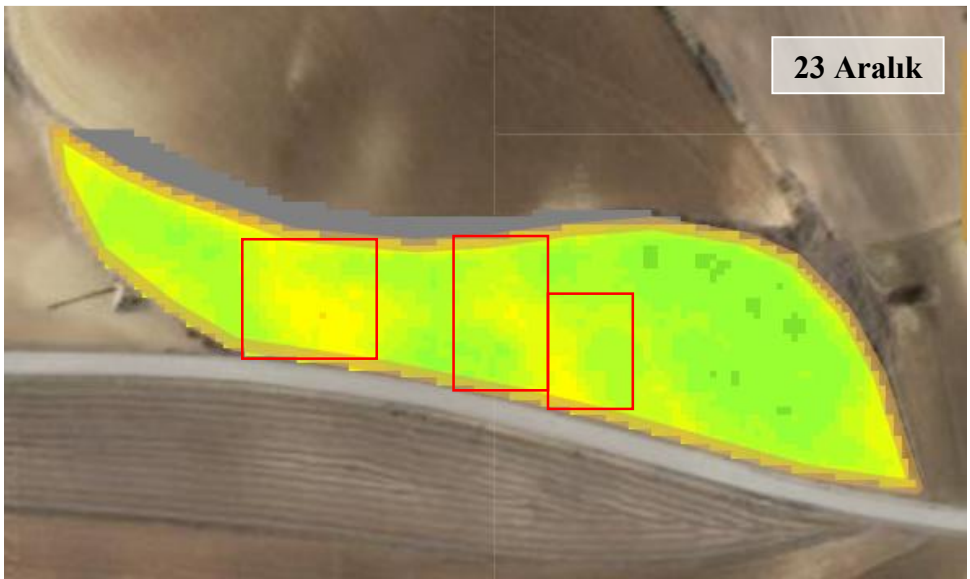




Şekil 3.11. Ekim işleminin gerçekleştirildiği tarihte uydu görüntüsü (3 nolu alan)



Şekil 3.12. Yeniden ekim alanlarının belirlenmesi (3 nolu alan)



Şekil 3.13. Tüm ekim işlemleri tamamlandıktan sonra arazi görünümü (3 nolu alan)

## 3.2 Verim Parametre Sonuçları

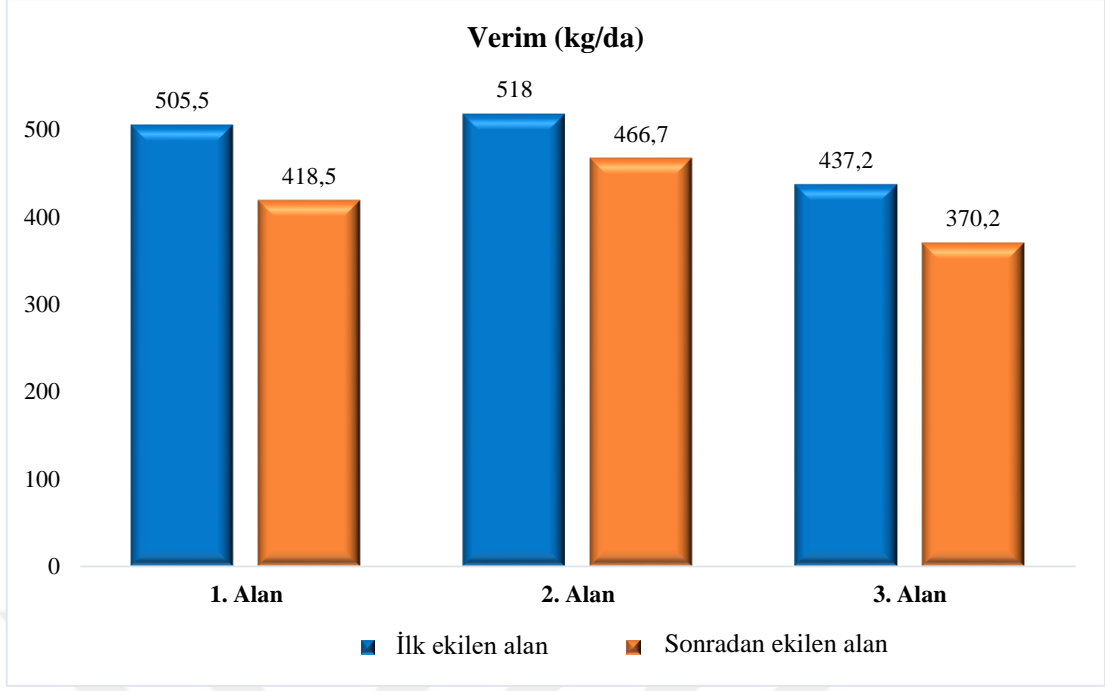
Buğday bitkisi hasat olgunluğuna geldiğinde verim, başak sayısı, başaktaki tane sayısı ve bin tane ağırlığı verim parametreleri olarak tespit edilmiştir. Bulunan değerler ve bu değerlere ait istatistik analizleri aşağıda verilmiştir.

### 3.2.1 Verim

Deneme alanlarından elde edilen buğday verim değerler Çizelge 3.2’de, bu değerlere ilişkin grafik Şekil 3.14’te verilmiştir. Tüm alanlarda yapılan ölçümlerde tekerrürler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ( $F=0,307$ ) (Çizelge 3.3). Ortalama verim değeri 1. alanda; ilk ekilen alanlar ortalama 505,5 kg/da, sonradan ekim yapılan alanlarda ise ortalama 418,5 kg/da tespit edilmiştir. Bu değerler 2. alanda sırasıyla 518 kg/da ve 466,7 kg/da; 3. alanda; 437,2 kg/da ve 370,2 kg/da olarak bulunmuştur. Verim değerleri bakımından ilk ekilen alanlar ve sonradan ekilen alanlar kıyaslandığında  $P<0,01$  düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur ( $F= 9,238$ ). Elde edilen sonuçlara göre sonradan ekim yapılan alanlarda ilk ekimde başarılı olan alanlara nazaran daha düşük verim değerine ulaşılması, bu alanlarda ekim işleminin gecikmeli olarak yapılmasından kaynaklanmaktadır. Ülkemizde ve bölgede daha önce yapılan çalışmalar bu sonucu desteklemektedir (Arabacı, Konak ve Yılmaz, 2002; Çekiç, Savaşlı, Dayioğlu, Önder, Karaduman ve Avcıoğlu, 2008). İlk ekilen alanlara kıyasla %14 oranın daha az verim elde edilen bu alanların boş bırakılarak alınması gereken verimden önemli derecede düşüş olabileceği açıktır. Bu nedenle yeniden ekim işlemi ile önemli kazanımlar elde edilebileceği görülmektedir.

Çizelge 3.2. Deneme alanlarına ilişkin buğday verim değerleri

	Tekerrür	Verim (kg/da)		
		1. Alan	2. Alan	3. Alan
İlk ekilen alan	1	518,1	521,4	446,6
	2	475,1	485,2	426,0
	3	566,3	579,6	416,8
	4	462,5	485,6	459,3
	<b>Ortalama</b>	505,5	518,0	437,2
Sonradan ekilen alan	1	425,8	514,5	365,4
	2	414,5	411,0	406,0
	3	423,5	451,23	327,4
	4	410,3	490,2	382,2
	<b>Ortalama</b>	418,5	466,7	370,2



Şekil 3.14. Ortalama verim değerleri

Çizelge 3.3. Verim (kg/da) değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekerrür	3	2856,611	952,204	0,307
Parsel	1	28669,594	28669,594	9,238**
Tekerrür x Parsel	3	5566,715	1855,572	0,598
Hata	16	49652,627	3103,289	
Genel	24	4996823,890		

\*\* : 0.01 düzeyinde önemli

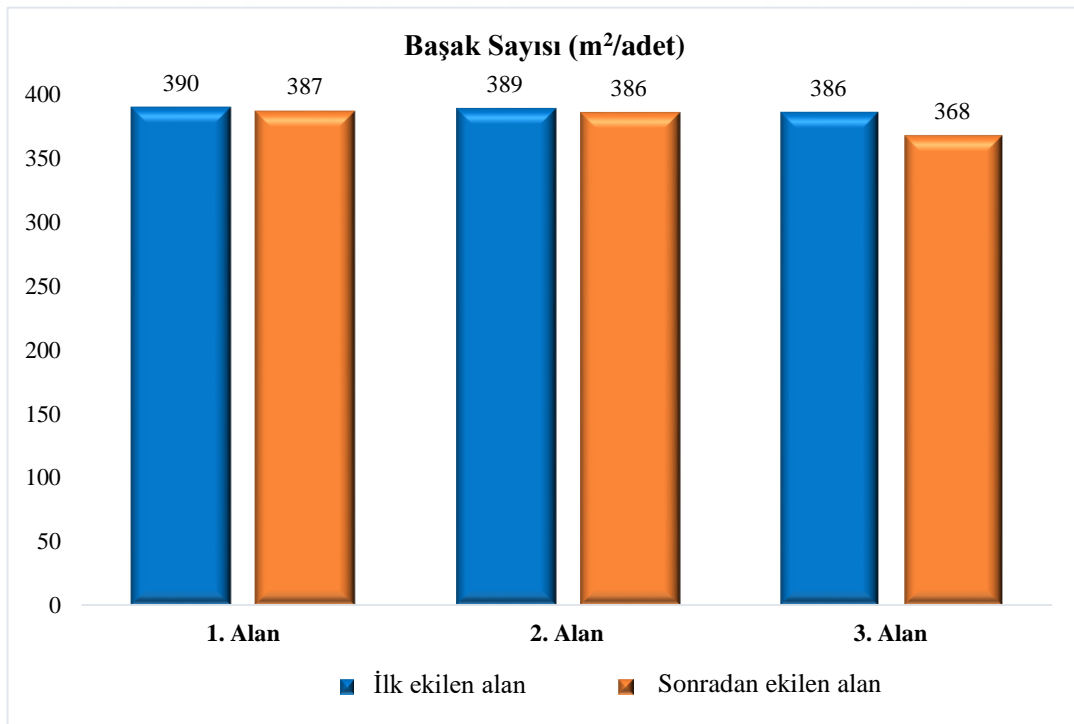
### 3.2.2 Başak Sayısı

İlk ekilen alanlar ve sonradan ekim yapılan alanlardaki başak sayısına ilişkin değerler Çizelge 3.4'te, bu değerlere ait grafik Şekil 3.15'de verilmiştir. Tüm alanlarda yapılan ölçümlerde tekerrürler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ( $F=0,333$ ) (Çizelge 3.5). Ortalama başak sayısı 1. alanda; ilk ekilen alanlarda  $390 \text{ adet/m}^2$ , sonradan ekim yapılan alanda  $387 \text{ adet/m}^2$  tespit edilmiştir. Bu değerler 2. alanda; sırasıyla  $389 \text{ adet/m}^2$  ve  $386 \text{ adet/m}^2$ , 3. alanda; sırasıyla  $386 \text{ adet/m}^2$  ve  $368 \text{ adet/m}^2$  olarak bulunmuştur. Başak sayıları kıyaslandığında ilk ekilen alanlar ve sonradan ekilen tüm alanlar arasında da önemli bir fark

bulunmamıştır (F= 3,262). Parseller ve tekerrürler arasında önemli bir fark bulunmamasının ana sebebi dekara atılan tohum miktarının ilk ekilen alanlar ve sonradan ekimi yapılan alanlarda aynı tutulması ve her iki alanda da tarla filiz çıkış derecesinin eşit olmasında kaynaklanmaktadır. Bu sebeple başak sayılarında bir değişiklik oluşmamıştır.

Çizelge 3.4. Deneme alanlarına ilişkin başak sayısı

	Tekerrür	Başak Sayısı (m <sup>2</sup> /adet)		
		1. Alan	2. Alan	3. Alan
İlk ekilen alan	1	396	393	384
	2	381	378	386
	3	397	411	380
	4	387	375	392
	<b>Ortalama</b>	390	389	386
Sonradan ekilen alan	1	387	386	367
	2	388	376	377
	3	384	390	360
	4	388	392	368
	<b>Ortalama</b>	387	386	368



Şekil 3.15. Ortalama başak sayısı

Çizelge 3.5. Başak sayısı (m<sup>2</sup>/adet) değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

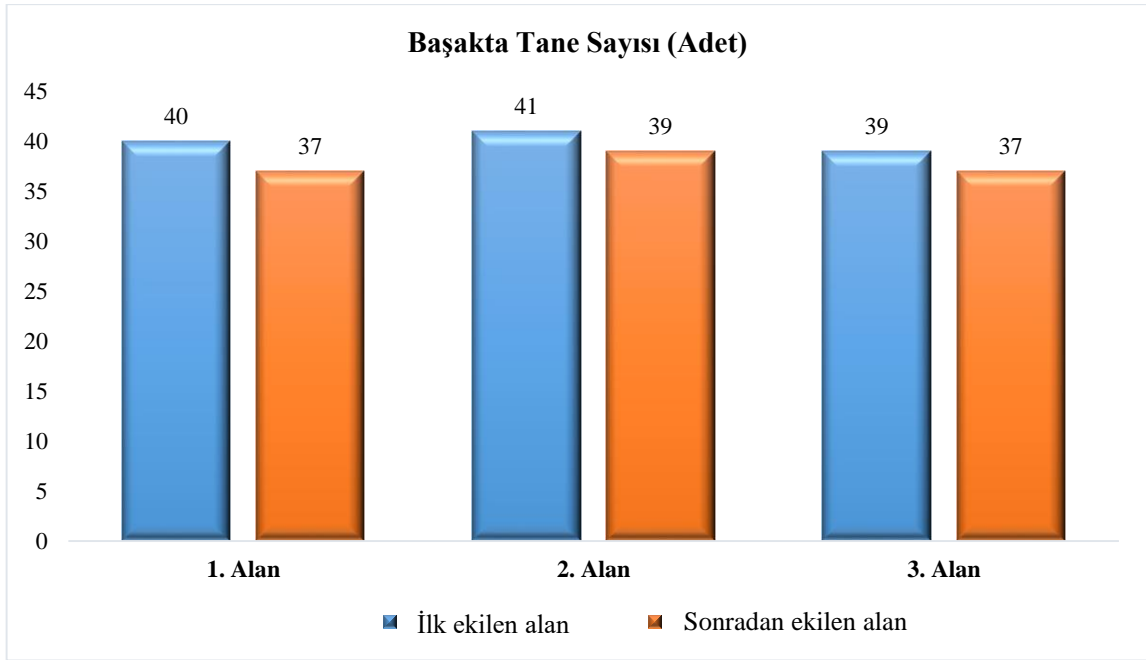
Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekerrür	3	120,125	40,042	0,333
Parsel	1	392,042	392,042	3,262
Tekerrür x Parsel	3	284,125	94,708	0.788
Hata	16	1922,667	120,167	
Genel	24	3547041,00		

### 3.2.3 Başaktaki Tane Sayısı

Deneme alanlarında hesaplanan başaktaki tane sayısı Çizelge 3.6’da bu değerlere ilişkin grafik Şekil 3.16’da verilmiştir. Tüm alanlarda yapılan ölçümlerde tekerrürler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (F=0,379) (Çizelge 3.7). Ortalama başaktaki tane sayısı 1. alanda; ilk ekilen alanda 40 adet, sonradan ekim yapılan alanda 37 adet olarak tespit edilmiştir. Bu değerler 2. alanda; sırasıyla 41 adet ve 39 adet, 3. alanda; sırasıyla 39 adet ve 37 adet olarak bulunmuştur. Başaktaki tane sayıları ilk ekilen alanlar ve sonradan ekilen alanlar için kıyaslandığında  $P < 0,05$  düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur (F= 7,755). İlk ekilen alanlar ve sonradan ekimi yapılan alanlar arasında başaktaki tane sayısı açısından farklılık çıkması, sonradan ekilen alanlarda ekim işleminin ilk ekilen alanlara oranla daha geç ekilmesinden kaynaklanmaktadır. Daha geç ekilen alanlarda başak sayısında bir değişim olmamasına rağmen başaktaki tane sayısı %6 oranında farklılık göstermiştir. Başak sayısında değişim olmamasına rağmen tane sayısındaki değişim verim sonuçlarıyla paralellik göstermiştir.

Çizelge 3.6. Deneme alanlarına ilişkin başaktaki tane sayısı

	Tekerrür	Başaktaki Tane Sayısı (Adet)		
		1. Alan	2. Alan	3. Alan
İlk ekilen alan	1	39	39	40
	2	39	39	38
	3	42	43	37
	4	39	41	40
	<b>Ortalama</b>	40	41	39
Sonradan ekilen alan	1	38	37	37
	2	37	38	37
	3	38	39	33
	4	35	40	40
	<b>Ortalama</b>	37	39	37



Şekil 3.16. Ortalama başakta tane sayısı

Çizelge 3.7. Başakta tane sayısı (adet) değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekerrür	3	4,458	1,486	0,379
Parsel	1	30,375	30,375	7,755*
Tekerrür x Parsel	3	6,458	2,153	0.550
Hata	16	62,667	3,917	
Genel	24	35755,000		

\*:0.05 düzeyinde önemli

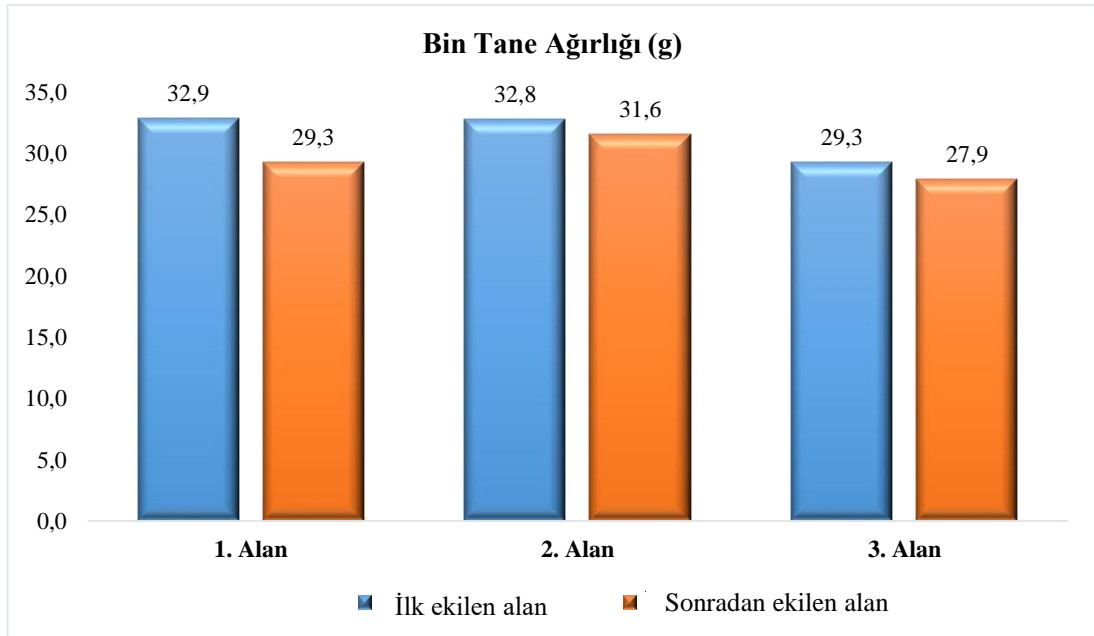
### 3.2.4 Bin Tane Ağırlığı

Deneme alanlarında hesaplanan bin tane ağırlığı Çizelge 3.8’de, bu değerlere ilişkin grafik Şekil 3.17’de verilmiştir. Tüm alanlarda yapılan ölçümlerde tekerrürler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ( $F=0,324$ ) (Çizelge 3.9). Ortalama bin tane ağırlığı 1. alanda; ilk ekilen alan 32,9 g, sonradan ekim yapılan alanda 29,3 g olarak tespit edilmiştir. Bu değerler 2. alanda; sırasıyla 32,8 g ve 31,6 g, 3. alanda; sırasıyla 29,3 g ve 27,9 g olarak bulunmuştur. Bin tane ağırlığı ilk ekilen alanlar ve sonradan ekilen alanlar için kıyaslandığında  $P<0,01$  düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur ( $F= 4,512$ ). İlk ekilen alanlar ve sonradan ekimi yapılan alanlar arasında bin tane ağırlığı açısından farklılık çıkması, sonradan ekilen

alanlarda ekim işleminin ilk ekilen alanlara oranla daha geç ekilmesinden kaynaklanmıştır. İlk ekilen alanlardaki daneler sonradan ekilen alanlara göre daha dolgundur. Nitekim bu sonuçlar verim sonuçlarına da yansımıştır.

Çizelge 3.8. Deneme alanlarına ilişkin 1000 tane ağırlığı

	Tekerrür	1000 Tane Ağırlığı (g)		
		1. Alan	2. Alan	3. Alan
İlk ekilen alan	1	33,6	34,0	29,1
	2	32,0	32,9	29,0
	3	34,0	32,8	29,6
	4	32,0	31,6	29,3
	<b>Ortalama</b>	32,9	32,8	29,3
Sonradan ekilen alan	1	28,9	36	26,9
	2	28,9	28,8	29,1
	3	29,0	29,7	27,6
	4	30,2	31,7	28,1
	<b>Ortalama</b>	29,3	31,6	27,9



Şekil 3.17. Ortalama bin tane ağırlığı

Çizelge 3.9. Bin tane ağırlığına (g) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekerrür	3	5,613	1,871	0,324
Parsel	1	26,042	26,042	4,512*
Tekerrür x Parsel	3	4,765	1,588	0,275
Hata	16	92,353	5,722	
Genel	24	22625,9		

\*:0.05 düzeyinde önemli



#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal üretimdeki artışın sağlanması; tarım için kullanılabilir yeni arazilere sahip olamayacağımız gerçeği göz önüne alındığında, mevcut toprak kaynaklarının en yararlı ve akılcı şekilde kullanımı ile mümkün olacaktır. Bu amaçla uygulamaya başvurulabilecek en önemli yöntemlerden biri olan uzaktan algılama teknikleri, tarımda kaliteli veri üretimi sağlamakta ve büyük kolaylıklar sunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, buğday bitkisinin uzaktan algılama yöntemi kullanılarak ekim başarısının tespiti ve ardından yeniden ekim karar destek sistemi geliştirilerek ekimi başarısız olan alanların yeniden ekimi amaçlanmıştır. Denemeler Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesine bağlı Yağcı mahallesinde yürütülmüştür. Buğday ekimi yapılmış deneme alanları ekimi başarısız (ekimi yapılmamış, filiz çıkışı hiç olmamış veya çok az çıkış olmuş) bölgeler tespit edilmiştir. Karar destek sistemi için alt referans alan tespitinin ardından iklim ve toprak koşulları uygun olduğunda yeniden ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, aşağıda sıralan sonuçlar elde edilmiştir;

- Ekim işlemi başarı ile gerçekleşmeyen bölgelerde yeniden ekim karar destek sistemi oluşturulmuş ve bunun için alt referans alan büyüklüğü 200 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.
- Deneme alanlarına ait uydu görüntüleri bir dizi işlemde geçirildikten sonra NDVI değerleri saptanmıştır. Bu değerler kullanılarak çimlenme, çıkışının yüksek oranda gerçekleştiği ve yeşil bitki örtüsünün ölçülebilir düzeyde olduğu dönemlere ait farklılıklar bariz bir şekilde saptanmıştır.
- Buğday verimi tüm alanlarda yapılan ölçümlerde tekerrürler arasında fark bulunmamıştır (F=0,820). Verim değerleri bakımından ilk ekilen alanlar ve sonradan ekilen alanlar kıyaslandığında P<0,01 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur (F= 0,626). Önceden ekilen alanlara kıyasla sonradan ekilen alanlarda verim değerinde % 14 oranında düşüş tespit edilmiştir.
- Başak sayısına ilişkin yapılan ölçümlerde tekerrürler arasında fark bulunmamıştır (F=0,333). İlk ekilen alanlar ve sonradan ekilen tüm alanlar arasında da önemli bir fark bulunmamıştır (F= 3,262).

- Başaktaki tane sayısı ölçümlerinde de tekerrürler arasında fark bulunmamıştır ( $F=0,550$ ). İlk ekilen alanlar ve sonradan ekilen alanlar için kıyaslandığında  $P<0,05$  düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur ( $F= 7,755$ ).

Günümüzde özellikle geniş alanlarda yapılan üretimlerde sezon boyunca uydular aracılığıyla (uzaktan algılama) yapılan takiplerde elde edilen NDVI görüntüleri incelenerek ekimi başarısız alanların tespitinin de yapılabileceği bu tez çalışmasında ortaya konulmuştur. Yeniden ekim karar destek sisteminin geliştirdiği bu çalışmada sonradan ekilen alanlarda elde edilen verimle beraber toplam alan verimlerinde önemli artışlar sağlanmıştır. Bu tezde oluşturulan karar destek sisteminin ileride bir algoritmaya dönüştürölüp tarla takip uygulamalarına eklenmesiyle geniş kullanım alanı bulacağı açıktır. Bu yönüyle çalışma ileride bu konuda yapılacak araştırmalara öncü niteliğinde olacaktır. Ülkemizde tüm buğday alanlarında bu tezde çıkan sonuçlar kullanılarak değerlendirme ve gözlem yapıldığında ciddi bir üretim kaybının önüne geçilebilecektir.

Uydular kullanılarak uzaktan algılama ile yapılan takiplerde özellikle geniş ve dağınık araziye sahip üreticiler kısa süre içerisinde bu tezde çıkan veriler sayesinde yeniden ekim kararı verebilir. Bu tezde çıkan sonuçlar ışığında sadece buğday üretim alanlarında değil aynı zamanda özellikle sıraya ekilen ve eksik bitki çıkışının, verime etkisinin yüksek olduğu mısır, ayçiçeği pamuk ve şekerpancarı gibi bitkilerin ekildiği arazilerde de NDVI görüntüleri ile çıkış kayıpları gözlemlenebilecektir. Bu gözlemlerin yapılması ve yeniden ekim karar destek sisteminin kullanılması ile ülkemiz ürün rekoltesinde kayıpları azalmak mümkün olabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Akkartal, A., Türüdü, O. ve Erbek, F. S. (2005). *Çok zamanlı uydu görüntüleri ile bitki örtüsü değişim analizi*. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Anonim (2022a). *Tekirdağ meteoroloji istasyonu uzun yıllar ortalamaları*. Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü, Tekirdağ.
- Anonim (2022b). *Tekirdağ'da tarım*. Erişim adresi: <https://www.tekirdag.bel.tr/tarim>
- Anonim (2022c). *Buğday, Tarım ürünleri piyasa raporu*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Ocak-2022
- Anonim (2022d). *Introducing sentinel-2*. Erişim adresi: [https://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel2/Introducing\\_Sentinel-2](https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel2/Introducing_Sentinel-2).
- Arabacı, O., Konak, C. ve Yılmaz, R. (2002). Ekmeklik (*Triticum Aestivum* L. Em. Thell) ve makarnalık (T. Durum Desf.) buğdayda sulama ve ekim zamanının verim ve verim öğelerine etkisi. *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 12(2).
- Atar, B. (2018). Determination and assessments the yield gap between the wheat yield and potential yield in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 6(10).
- Balambar, Ş., Karimi, Z. K., Öztürk, F., Acet, Ş. B. ve Pekkan, Ö. I. (2021). Uzaktan algılama tekniklerinden yararlanarak tarımsal faaliyetlerin izlenmesi. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 4(2), 58-79.
- Bargiel, D. (2017). A new method for crop classification combining time series of radar images and crop phenology information. *Remote Sensing of Environment* 198, 369-383.
- Bolca, M., Kurucu, Y. ve Altıntaş, Ü. (2003). Batı Anadolu Bölgesi 2002 yılı pamuk ekili alanlarının ve ürün rekoltesinin uzaktan algılama tekniği kullanılarak belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2), 89-96.
- Campell, J. B. (1996). *Introduction to remote sensing*. Second Edition. Virginia Polytechnic Institute and State University. Taylor & Francis Ltd. London, England.
- Curran, P. A. (1985). *Principles of remote sensing*. Longman Group Limited, United Kingdom.
- Çekiç, C., Savaşlı, E., Dayıoğlu, R., Önder, O., Karaduman, Y. ve Avcıoğlu, R. (2008). *Ekmeklik buğdayda (triticum aestivum l.) ekim zamanı ve sıklığı ile kalite kriterleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi*. Ülkesel Tahıl Sempozyumu. 2-5 Haziran, 201-209, Konya.
- Çelik, M. A. ve Karabulut, M. (2017). Uydu tabanlı kuraklık indisi (svi) kullanılarak yarı kurak akdeniz ikliminde (kilis) buğday bitkisinin kurak koşullara verdiği tepkinin incelenmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(1):111-130.

- Çiçek, G. ve Kurucu, Y. (2018). *Orta Anadolu koşullarında yetiştirilen patates ve pancar bitkilerinin fenolojik evrelerine ait çok bantlı spektral imzaların belirlenmesi*. VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, Eskişehir.
- Duran, C. (2007). Uzaktan algılama teknikleri ile bitki örtüsü analizi. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Doa Dergisi (Journal of DOA)*, Sayı: 13 Sayfa:45-67.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve deneme metodları (İstatistik metodları II)*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları 1021, Ankara.
- Esetlili, M.T. (2001). *Uzaktan algılama tekniği ile pamuk ekili alanların belirlenmesinde kontrollü (supervised) sınıflandırma yöntemlerinin irdelenmesi üzerine bir araştırma (Yüksek Lisans Tezi)*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Abd., Bornova/İzmir.
- Evsahibioglu, A. N. ve Kodal, S. (1992). *Uzaktan algılama tekniklerinden yararlanılarak Ankara ve Çankırı illerinde buğday üretim tahminleri*. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum.
- Gontia, N. K. ve Tiwari, K. N. (2011). Yield estimation model and water productivity of wheat crop (*Triticum aestivum*) in an irrigation command using remote sensing and GIS. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 39(1), 27–37.
- Gündeş, S. (2007). *Türkiye'nin bitki örtüsü değişiminin NOAA uydu verileri ile belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi)*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 71 s.
- Gündoğdu, K. S. ve Bantchina, B. B. (2018). Landsat uydu görüntülerinden NDVI değer dağılımının parsel bazlı değerlendirilmesi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi çiftlik arazisi örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 45-53.
- Immitzer, M., Vuolo, F. ve Atzberger, C. (2016). First experience with Sentinel-2 data for crop and tree species classifications in Central Europe. *Remote Sensing*, 8, 166.
- Jackson, R. D., ve Huete A. R. (1991). Interpreting vegetation indices. *Preventive Veterinary Medicine*, 11 (3):185-200.
- Kalkan, K. (2019, December). Uzaktan algılama. *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, Aralık, 77s.
- Kayahan, N. (2013). *Uzaktan algılama kullanılarak silajlık mısır veriminin tahminlenmesi (Yüksek Lisans Tezi)*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Konya.
- Kaya N. S. (2019). *Bitki desenlerinin belirlenmesinde uzaktan algılamanın kullanılması (Yüksek Lisans Tezi)*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ankara.
- Kaya, Y. ve Polat, N. (2019). *Bitki indeksi kullanarak buğday bitkisinin fenolojik evrelerinin incelenmesi*. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu, 25-27.

- Kaya, Ö. (2020). *Buğday ekilişlerinde traktör tekerlek iz boyutlarının insansız hava aracı görüntüleriyle belirlenmesi üzerine bir araştırma* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Kurucu, Y., Altınbaş, Ü. ve Bolca, M. (2000). *Ege'de pamuk alanlarının ve ürün rekoltesinin uzaktan algılama tekniği kullanılarak belirlenmesi*. İzmir Ticaret Borsası, İzmir
- Kurucu, Y. (2009). *Uzaktan algılama tekniği ders notları*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, İzmir.
- Kurucu, Y., Esetlili M. T., Balık Şanlı F. ve Şanlı D. U. (2017). Tarımda uzaktan algılama tekniği, 77-79s.
- Li, Y. Z. (1990). *Estimating production of winter wheat by remote sensing and unifold ground network*. II. Nationwide Estimation of Wheat Yields, Academy of Meteorological Science, Beijing, China.
- Lobell, D. B., Asner, G. P., Ortiz-Monasterio, J. I. I. ve Benning, T.L. (2003). Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: estimates and uncertainties. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 94(2), 205–220.
- Narin, Ö. G. (2019). *Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak ayçiçeği bitkisi fenolojik evresinin izlenmesi ve verim tahmin çalışması* (Yüksek Lisans Tezi), Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Nuarsa, I.W. ve Nishio, F. (2007). Relationships between Rice Growth Parameters and Remote Sensing Data. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 4: 102- 112.
- Özcan, O., Musaoğlu, N., Üstündağ, B., Kurucu, Y. ve Örmeci, C. (2011). *Buğday bitkisinin farklı ekim bölgelerindeki gelişim düzeyinin bilgi teknolojileri ile incelenmesi*. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 31 Ekim-4 Kasım 2011, s. 159.
- Perişan, S. ve Şenol, S. (2021). *Mersin ili Tarsus ilçesindeki bağ alanlarının Sentinel-2 uydu görüntüleri ile uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Sefer, S. ve Şenol, S. (2006). Yüreğir Ovası'nda seçilen bir alanda pamuk, soya fasülyesi ve mısır ekim alanlarının Landsat 5 TM sayısal uydu verileri ile belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2, 65-74.
- Sönmez, N.K. ve Sarı, M. (2005). Verim tahmini çalışmalarında yeni yaklaşımlar, uzaktan algılama ve agrometeorolojik yöntemler, *Derim*, 21(2), 5-18.
- Süslü, A. (2007). *Sereflikoçhisar ilçesindeki tarım arazilerinde uzaktan algılama yöntemiyle ekili alanların tespiti ve rekolte tahmini* (Yüksek Lisans Tezi), Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Tucker, C.J., Townshend, J.R.G., ve Goff, T.E. (1985). African land cover classification using satellite data. *Science*, 9227(4685):369-375.

- Uluöz, M. (1965). *Buğday, un ve ekmek analiz metotları*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, s91.
- Üstüner, M., Şanlı, F. B. ve Abdikan, S. (2016). *bitki örtüsü indekslerinin tarımsal ürün deseni tespitindeki etkisinin araştırılması*. 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu 2016, Adana. s. 271-275.
- Vanlı, Ö. (2019). *DSSAT bitki simülasyon modeli ve uzaktan algılama verilerinden elde edilen indisler kullanılarak buğday verim tahmini: İslahiye ve Nurdağı örneği* (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı, İstanbul.
- Vatandaş, M., Güner, M. ve Türker, U. (2005). *Hassas tarım teknolojileri*. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası 6. Teknik Kongresi, 3–7 Ocak, 347–365, Ankara.
- Yurtsever, N. (1984) *Denyesele istatistik metodlar*. TOKB. Köy Hiz. Genel Müd. Toprak ve Gübre Araştırma Enst. Müd. Yay. (Gn. Yayın No: 121; Tek. Yayın No: 56), Ankara.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. ve Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 14 (6), 415-421.