

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**TARIMSAL PEYZAJIN ÜRÜN TABANLI HARİTALANMASI VE VERİM
TABANLI BUĞDAY TARIMI UYGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ;
VAN İLİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öztürk ÇELEBİ
Danışman: Doç. Dr. Onur ŞATIR

VAN –2023

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**TARIMSAL PEYZAJIN ÜRÜN TABANLI HARİTALANMASI VE VERİM
TABANLI BUĞDAY TARIMI UYGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ;
VAN İLİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öztürk ÇELEBİ

VAN- 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Onur ŞATIR danışmanlığında, Öztürk ÇELEBİ tarafından sunulan **“Tarımsal Peyzajın Ürün Tabanlı Haritalanması ve Verim Tabanlı Buğday Tarımı Uygunluğunun Belirlenmesi; Van ili Örneği”** başlıklı bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 23/05/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Onur ŞATIR

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Okan YELER

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Emrah YILDIRIM

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Öztürk ÇELEBİ



ÖZET

TARIMSAL PEYZAJIN ÜRÜN TABANLI HARİTALANMASI VE VERİM TABANLI BUĞDAY TARIMI UYGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ: VAN İLİ ÖRNEĞİ

ÇELEBİ, Öztürk

Yüksek Lisans Tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Onur ŞATIR

Mayıs 2023, 69 sayfa

Günümüzde, tarımsal ürün deseninin ve arazi örtüsünün belirlenmesi, verim tahmininin yapılması, ürün çeşidi ve verimi açısından uygun tarımsal peyzaj alanlarının tespit edilmesi gibi birçok tarımsal amaçlı uygulamada, farklı özellikteki çeşitli uydu sistemlerinden elde edilen çok zamanlı uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Bu açıdan, geniş ve verimli tarım alanlarına sahip olan ülkemizde, tarımsal ürün deseninin ve tarımsal peyzajın ürün tabanlı haritalandırılarak alan kullanımlarının hızlı ve ekonomik bir şekilde belirlenmesinde ve verim tahminlerinin yapılmasında uydu görüntülerinin ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, 2020 ve 2021 yıllarına ait çok zamanlı Sentinel-2B uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak, nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımıyla Van ili sınırları içerisinde tarımsal peyzajın ürün tabanlı haritalanması ve verim tabanlı buğday tarımı uygunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma neticesinde bölgede üretimi en çok yapılan tarım ürünleri tür bazında (buğday, arpa, yonca, korunga ve şeker pancarı) tespit edilerek bölgenin tarımsal ürün deseni belirlenmiş ve haritası üretilmiştir. Ayrıca istatistiksel tabanlı bir verim modeli geliştirilerek 2021 yılı için bölgedeki buğday üretimi ve verimi tahmin edilmiştir. Aynı zamanda oluşturulan buğday verim haritasına göre çalışma alanındaki buğday üretim uygunluğu yerel olarak tespit edilmiştir. Buna göre, 2020 ve 2021 ürün desenleri, %79 ve %83'lük genel doğruluk oranlarıyla Destek Vektör Makineleri algoritması kullanılarak tespit edilmiştir. Van ili 2021 buğday verimi %24 hata payıyla 0.82 ton/ha olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Buğday, Nesne tabanlı sınıflama, Sentinel veri seti, Tarımsal ürün deseni, Van, Verim tahmini,

ABSTRACT

MAPPING THE AGRICULTURAL LANDSCAPE BASED ON CROP TYPES AND DETECTING THE WHEAT CULTIVATION SUITABILITY CONSIDERING CROP PRODUCTIVITY VAN CASE STUDY

ÇELEBİ, Öztürk

M.Sc. Thesis, Department of Landscape Architecture

Supervisor: Assoc. Prof. Onur ŞATIR

May 2023, 69 pages

Nowadays, remote sensing techniques and various multi-temporal satellite images are used for many agricultural applications such as estimating crop yield, mapping crop patterns, and crop suitability detection. In this respect, it is very important to use satellite images and remote sensing techniques in determining land use quickly and economically by object-based mapping of the agricultural crop pattern and agricultural landscape analyze and yield estimations.

In this study, it was aimed to determine the suitability of yield-based wheat farming and object-based classification of the agricultural landscape within the Van province with an object-based classification approach, using multi-temporal Sentinel-2B satellite images and remote sensing techniques for the years of 2020 and 2021. As a result of the study, the most commonly produced agricultural products in the region were determined on the basis of species (wheat, barley, clover, sainfoin and sugar beet), and the agricultural product pattern of the region was determined. In addition, a statistical-based yield model was developed and wheat production and yield in the region were estimated for 2021. At the same time, wheat production suitability in the study area was determined locally according to the wheat yield. Accordingly, the 2020 and 2021 crop patterns were detected using the Support Vector Machines algorithm, with overall accuracy rates of 79% and 83% respectively. Van Province 2021 wheat yield was determined as 0.82 tons/ha with a 24% mean of error.

In this way, with long term studies could be developed and extended a sheep type which high meat yield, big-framed, fast developing, low fat tail proportion and high of adaptation to the conditions of the region.

Keywords: Agricultural crop pattern, Crop prediction, Wheat, Object-based classification, Sentinel dataset, Van



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, ufuk açan yol göstericiliği, engin bilgi ve deneyimleri ile bu çalışmanın ortaya çıkmasında katkısı olan ve mütevazı karakteriyle hiçbir konuda desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr Onur ŞATIR' a teşekkür ederim.

Tez jürimde bulunan saygı değer öğretim üyeleri Dr. Okan YELER' e ve Dr. Emrah YILDIRIM'a yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda bulundukları için teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu süreçte hiçbir konuda desteğini benden esirgemeyen değerli eşim Dilek OKUR ÇELEBİ' ye, tüm eğitim hayatım boyunca her türlü desteğiyle yanımda olan canım anneme ve aileme teşekkür ederim.

2023

Öztürk ÇELEBİ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	viii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1 Materyal.....	21
3.1.1 Çalışma Alanı ve Genel Özellikler	21
3.1.2 Uzaktan Algılama Verileri	22
3.1.2.1 Sentinel-2 Uydu Verisi ve Özellikleri.....	23
3.1.3 Yer Gerçeği Verileri.....	25
3.1.4 Kullanılan Programlar.....	28
3.2 Yöntem	28
3.2.1 Eğitim ve Test Verilerinin Oluşturulması.....	30
3.2.2 Sentinel-2B Verilerinin Ön İşlemleri.....	34
3.2.3 Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi ve Sınıflama	34
3.2.4 Görüntü Segmentasyonu	39
3.2.5 Tarımsal Ürün Verimliliğinin Belirlenmesi	41
3.2.6 Doğruluk Analizleri	43
4. BULGULAR.....	45
4.1 Uydu Verilerinin Ön İşlemlerinin Yapılması.....	45
4.2 Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi ve Arazi Örtüsü/Kullanımlarının Haritalanması.....	46
4.3 2020 Yılı için Ürün Deseninin Belirlenmesi ve Arazi Örtüsünün Haritalanması.....	46
4.4 2021 Yılı için Ürün Deseninin Belirlenmesi ve Arazi Örtüsünün Haritalanması.....	50
4.5 2020 ve 2021 Yılları Arasındaki Tarımsal Ürün Deseni ve Arazi Örtüsü Değişimlerinin Belirlenmesi.....	53
4.6 Tarımsal Ürün Verimliliğinin Tahmin Edilmesi	55
4.6.1 Buğday Verim Modelinin Belirlenmesi ve Verim Tahmini	55
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	59

KAYNAKLAR.....	65
ÖZ GEÇMİŞ.....	71



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1 2020 ve 2021 yılı uydu görüntüleri tarihi.....	23
Çizelge 3.2 Sentinel-2B uydusunun genel özellikleri	24
Çizelge 3.3 Sentinel-2B uydusunun spektral bantları	24
Çizelge 3.4 Çalışma alanında kullanılan eğitim ve test verileri	31
Çizelge 4.1 2020 yılı DVM obje tabanlı sınıflama sonucu doğrulukları.....	47
Çizelge 4.2 2021 yılı DVM obje tabanlı sınıflama sonucu doğrulukları.....	50
Çizelge 4.3 2020-2021 Yıllarına ait tarımsal alan kullanım miktarları ve farkları	54
Çizelge 4.4 Verim tahmin modeli geçerliliği	55
Çizelge 4.5 2021 yılı buğday verimi ve üretimi	56

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Çalışm alanının coğrafi konumu	22
Şekil 3.2 Yer gerçeği verilerinin çalışma alanındaki dağılımı	27
Şekil 3.3 Yöntem genel akış şeması	29
Şekil 3.4 Çalışma alanın bir bölümündeki yer gerçeği verilerinin dağılımını gösteren 2020 yılı NDVI görüntüsü	32
Şekil 3.5 Çalışma alanın bir bölümündeki yer gerçeği verilerinin dağılımını gösteren 2021 yılı NDVI görüntüsü	33
Şekil 3.6 Görüntü sınıflama yöntem akış şeması	35
Şekil 3.7 DVM sınıflandırıcısının yapısı ve en uygun hiper düzlem	37
Şekil 3.8 Obje tabanlı sınıflama sistemi	40
Şekil 4.1 2020 yılı tarımsal ürün deseni alansal grafiği	47
Şekil 4.2 2020 Sınıflama hata matrisi.....	48
Şekil 4.3 2020 yılı tarımsal alan kullanımları ve arazi örtüsü haritası	49
Şekil 4.4 2021 yılı tarımsal ürün deseni alansal grafiği	51
Şekil 4.5 2021 Sınıflama hata matrisi.....	51
Şekil 4.6 2021 yılı tarımsal alan kullanımları ve arazi örtüsü haritası	52
Şekil 4.7 2020 ve 2021 yılı tarımsal ürün deseni değişimi.....	54
Şekil 4.8 Kullanılan vejetasyon indisleri	57
Şekil 4.9 2021 yılı buğday verim haritası.....	58



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

da	Dekar (dönüm)
ha	Hektar
km	Kilometre
km²	Kilometrekare
m	Metre
m²	Metrekare
nm	Nanometre

Kısaltmalar

Açıklama

AR	Adımsal Regresyon
ÇKS	Çiftçi Kayıt Sistemi
DD, DY	D : Düşey, Y : Yatay
DVM	Destek Vektör Makineleri
ESA	Avrupa Uzay Ajansı
EVI2	Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi 2
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GEE	Google Earth Engine
GNVDI	Yeşil Bant Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü Değişim İndeksi
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
GRVI	Yeşil Oran Bitki Örtüsü İndeksi
K	Kırmızı Bant
KELM	Kernel Tabanlı Aşırı Öğrenme Makineleri
K-EYK	K-En Yakın Komşuluk

Kısaltmalar**Açıklama**

M	Mavi Bant
MFNN	Çok Katmanlı İleri Beslemeli Sinir Ağları
MLC	Maksimum Olabilirlik Sınıflandırıcısı
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectrometer
MSAVI	Modifiye Edilmiş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi
MSI	Multispektral Aygıt
NDWI	Normalize Edilmiş Fark Su İndisi
NIR	Yakın Kızıl Ötesi
OSAVI	Optimize Edilmiş Toprak Yansımalarını Dikkate Alan Bitki İndeksi
PCA	Temel Bileşenler Analizi
RO	Rastgele Orman
SAR	Yapay Açıklı Radar
SAVI	Toprak Yansımalarını Dikkate Alan Bitki örtüsü İndeksi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TWDTW	Zaman-Ağırlıklı Dinamik Zaman Bükmesi
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transverse Mercator
WDRVI	Geniş Dinamik Aralık Bitki Örtüsü İndeksi
WGS	World Geodetic System
Y	Yeşil Bant
YKÖ	Yakın Kızılötesi Bant

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nun yaptığı çalışmalar neticesinde, dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9.1 milyara ulaşarak büyük bir oranda artış göstermesi, nüfus artışının genel olarak gelişmekte olan ülkelerde yaşanması ve kentleşmenin artması öngörülmektedir (FAO, 2009). Dünya nüfusunda ön görülen bu hızlı artış, küresel ısınmadan kaynaklı çeşitli etkenler (değişen iklim koşulları, aşırı kuraklık vb.) ile son yıllarda tekrar görülmeye başlanan dünya genelindeki salgın hastalıklar gıdaya olan ihtiyacı, gıda güvenliği ve tedariki konusundaki endişeleri artırmaktadır.

(Arnell, 1999; Parry vd., 1999), tarafından yapılan çalışmalarda küresel ısınma nedeniyle iklim değişikliklerinde artış yaşanacağı, hidrolojik döngünün bozulacağı, bu sebeple dünya gıda arzının azalacağı ve açlık riskinin artacağı belirtilmiştir. Gelecek yıllarda gerçekleşmesi ön görülen bu senaryoların olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi açısından kullanılabilir tarımsal alanların ve kaynakların, belirlenecek en uygun yönetim planlarıyla etkili bir şekilde yönetilmesi ve gözlemlenmesi çok önemlidir. Ayrıca bu kapsamda maksimum ürün verimliliği ve geleceğe yönelik tarımsal planlama stratejilerinin geliştirilmesi de oldukça önemlidir.

İklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, nüfus artışı ve tarım ürünlerine yönelik artan talepler gibi küresel sorunlar bağlamında tarımsal sistemlerin izlenmesi giderek daha önemli hale gelmektedir (Blickensdörfer vd., 2022). Bu açıdan tarımsal ürün veriminin düzenli bir şekilde takip edilmesi ve ürün verimine ilişkin tahminlerin yapılması, hem iyi bir planlama hem de alınacak önlemlerin çok önceden belirlenmesi bakımından oldukça önem arz etmektedir (Şatır, 2013). Bu kapsamda belirlenecek politikalar ışığında, tarım kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması, tarımın gelişmesi için üretime ilişkin istatistiklerin düzenli olarak izlenmesi ve arazi kullanımlarının belirlenmesi çok önemlidir. Tarımsal uygulamalarda arazi kullanımları ve ürün tipinin tespit edilmesi, hem kaynak yönetiminde ve planlama çalışmalarında hem de tematik haritaların üretiminde ve meydana gelen değişikliklerin tespitinde referans verilerin elde edilmesini sağladığı için önemlidir (Aydın ve Ören, 2011).

Uzaktan algılamanın geniş alanlarda tarımsal arazi örtüsü hakkında bilgi üretmek için etkili bir araç olduğu bilinmektedir.

Uzaktan algılama, yeryüzünde bulunan nesnelerle doğrudan temas sağlanmadan bu nesnelerin fiziki nitelikleri ile ilgili bilgi toplamayı sağlayan bir bilimdir (Lillesand ve Kiefer, 1994). Uzaktan algılama yöntemiyle yeryüzü farklı konumsal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlüklerde görüntülenebilmekte ve izlenebilmektedir. Birçok çalışma alanında etkin bir şekilde kullanılan uzaktan algılama teknolojileri tarımsal uygulamalarda da etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Tarımsal ürünlerin rekolte tahminleri, bitkilerin gelişim süreçlerinin takibi, farklı nitelikteki çeşitli bitki türlerinin sınıflandırılması, toprak tipinin ve toprağın nem oranının tespiti gibi birçok tarımsal uygulamanın başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi, uzaktan algılama yöntemi kullanılarak elde edilen görüntülerle sağlanmıştır (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2011). Uzaktan algılama yöntemiyle tarım ürünlerinin verim tahmini ve parsel bazlı ürün deseni tespitleri yapılmaktadır. Böylece, çiftçilerin desteklenmesi amacıyla geliştirilen modeller daha etkin bir şekilde kullanılabilen ve bu amaçla ayrılmış kaynakların kullanımında tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca uzaktan algılama yöntemiyle gerçekleştirilen tespitler ve kontroller neticesinde, üreticiler tarafından beyan edilen gerçek dışı verilerin önüne geçilebilmektedir (Aydın ve Ören, 2011).

Ürün verimi takibinde ve tahmininde uzaktan algılama yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca tarımsal faaliyetlere ilişkin karar alma süreçlerinde de uzaktan algılamadan sıklıkla yararlanılmaktadır.

Tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü uygun arazilerin alan bazlı kullanımlarının tespitinde ve gelecekte meydana gelebilecek olası risklerin kestiriminde uzaktan algılama teknolojileri önemli bir araç olarak kullanılabilir (Şatır, 2013).

Tarımsal alanda uyduların kullanımı, 1973 yılında Bauer vd. tarafından başlatılmıştır ABD'nin ilk Landsat uydusunu fırlatmasıyla, uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilen ilk sınıflandırma işlemi Bauer tarafından yapılmıştır. Daha sonra, 1986 yılında Fransa tarafından SPOT 1 uydusu ve 1988 yılında Hindistan tarafından IRS-1A uydusu fırlatılmıştır. Tarımsal uygulamalarda sınıflandırma işleminin artan şekilde geniş çevrelerce kabul görmesi ve uzaktan algılama teknolojilerinin kullanılabilir yeni bir teknoloji olarak sürece entegre edilmesi, ileri teknoloji ürünü olan bir çok yeni uydu sisteminin geliştirilmesini sağlamıştır (Dizdaroğlu, 2019).

Literatür çalışmaları neticesinde, uzaktan algılama teknolojileri yardımıyla optik ve yapay açıklıklı radar (SAR) uydularından sağlanan görüntülerin, tarımsal uygulama çalışmalarındaki ürün tespitinde yaygın olarak kullanıldığı görülmüştür. Hem optik hem de SAR uyduları tarımsal uygulamalarda kullanılabilir. Yüksek çözünürlüğe sahip SPOT 5, 6, 7, IKONOS ve QuickBird uydularından elde edilen veriler de tarımsal ürün tespitinde kullanılmaktadır. Yüksek çözünürlüklü bu uydulardan elde edilen veri setleriyle yapılan tarımsal ürün sınıflandırmalarında, mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleriyle yapılan değerlendirmelere göre daha doğru ve sağlıklı sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Yüksek çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin ücret karşılığında temin edilmesi, bu kapsamdaki çalışmalarda yoğun bir şekilde kullanılmasını sınırlamaktadır. Tarımsal ürün tespitinde ve sınıflandırmasında, Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'ndan ücretsiz olarak rahatlıkla temin edilebilen Sentinel-1 SAR ve Sentinel-2 optik uydu veri setlerinin giderek daha sık kullanıldığı görülmektedir (Csillik ve M. Belgiu, 2017; Sonobe vd., 2017).

Sentinel-1 ve Sentinel-2 uyduları eş zamanlı çalışan ikiz uydulardır. Bu uydulardan Sentinel-1 uyduları 1A ve 1B ikiz uydulardan meydana gelmektedir. Bu takım uyduların ilki olan Sentinel-1A 3 Nisan 2014'te, ikinci uydu olan Sentinel-1B ise 25 Nisan 2016'da yörüngesine gönderilmiştir. Bu uydular senkronize bir şekilde eş zamanlı olarak hareket etmeleri 6 güne kadar düşen bir zamansal çözünürlüğe sahip olmalarını sağlamıştır. Sentinel-2 uyduları da benzer şekilde 1A ve 1B ikiz uydulardan oluşan uydular olup Haziran 2015'te ilk uydu, Temmuz 2016'da da ikinci uydu yörüngesine gönderilmiştir. Sentinel-2 uyduları da eş zamanlı çalışan ikiz uydular olduklarından zamansal çözünürlükleri 5 güne kadar indirilmiştir. Bu nedenle yüksek çözünürlüğe sahip çok zamanlı bu uydulardan elde edilen görüntülerin, sürekli şekilde değişim içinde olan tarımsal alanlarda yürütülen çalışmalarda ve sınıflandırma işlemlerinde kullanımı oldukça önemli bir hale gelmiştir. Söz konusu verilerin, yürütülen çalışmalarda daha sık kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Csillik ve Belgiu, 2017; Belgiu ve Csillik, 2018).

Optik uydular güneş gibi doğal enerji kaynaklarını kullanan, pasif algılayıcıları olan uydulardır. SAR uyduları ise aktif algılayıcılara sahip olup çalışmak için ihtiyaç duydukları enerjiyi kendi kaynaklarından karşılarlar. Zamansal çözünürlük ve

bulutluluk gibi etkenler, optik uydu görüntüleriyle gerçekleştirilen sınıflandırma işlemlerinde bazen beklenen sonucun elde edilememesine neden olmaktadır. Ancak SAR uyduları aktif algılayıcılara sahip olduklarından bulutluluk, sis gibi olumsuz hava koşullarından etkilenmemektedirler. Bu sebeple günün her saatinde görüntü alımı yapabilecek kabiliyete sahiptirler. Bu açıdan SAR uydularının kullanımı birçok avantaj sağlamaktadır.

Tarımsal ürünlerin tespiti ve bu ürünlerin yetiştirildiği tarım arazilerinin belirlenip sınıflandırılması için değişik görüntü algılayıcıları bulunduran uydular ile çalışmalar yürütülmüştür (Csillik ve Belgiu, 2017; Sonobe vd., 2017). Bu kapsamda çok zamanlı optik uydu görüntüleri kullanılarak tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasına ve ürün tipinin belirlenmesine yönelik birçok başarılı çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar neticesinde bulutluluk ve zamansal çözünürlüğün neden olduğu sorunlardan dolayı istenilen zaman aralığını kapsayan optik uydu görüntülerinin temin edilmesi noktasında zaman zaman sıkıntılar yaşandığı görülmüştür.

Tarım alanlarının sınıflandırmasında tek zamanlı uydulardan elde edilen verilerin kullanılması, ürünlere ait spektral benzerlik sebebiyle uygun olmadığı ispatlanmıştır. Ürünlerin fenolojik gelişimlerini dikkate alan çok zamanlı uydu görüntülerinin kullanıldığı yöntemler ise ürün sınıflandırması açısından daha uygun olduğu görülmüştür (Fuller, 1998).

Bu çalışmada, çok zamanlı Sentinel-2 uydu görüntülerinin değerlendirilmesiyle elde edilen normalize edilmiş bitki indeksi farkı (NDVI) kullanılarak ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımıyla, Van ilinde en çok yetiştirilen (buğday, arpa, yonca, korunga ve şeker pancarı) ürünlerin, ürün deseni haritası belirlenmiştir. Ayrıca çalışma alanına ilişkin verim tabanlı buğday uygunluk modeli geliştirilmiş ve buğday için uygun tarımsal alanlar mekânsal olarak haritalandırılmıştır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Bu çalışma kapsamında, çok zamanlı Sentinel-2 uydu veri seti kullanılarak obje tabanlı sınıflandırma yöntemiyle Van ili özelinde, tüm il sınırlarını kapsayan alanda yetiştirilen buğday, arpa, yonca, korunga ve şeker pancarından oluşan beş temel tarımsal ürünün, ürün deseni haritası belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen verilerle, verime dayalı uygunluk modeli geliştirilmiş ve 2021 yılı için buğday verimliliği tüm il ölçeğinde mekânsal olarak haritalanmıştır. Bu bağlamda teze konu olan çalışma ile ilgili ulusal ve uluslararası literatür taraması yapıldığında, benzer çalışmaların olduğu ancak Van ili özelinde bahse konu yaklaşım ve yöntemlerle ortaya konmuş ulusal ve uluslararası bir çalışmanın olmadığı görülmüştür.

Colwell vd. (1977), bu çalışma ile Landsat uydu veri setleriyle buğday verimini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Buğday verimi tahmininde Landsat verileri, meteorolojik veriler, kültürel etkenler ve yer gerçeği yardımcı verileri ilişkilendirilip kombine edilerek kullanılmıştır. Çalışma sonucuna göre, sadece Landsat veri setlerinin verim tahmininde yeterli performansı gösterdiği ve verim tahminine ilişkin belirli değişkenlerin kestiriminde etkili olduğu görülmüştür. Landsat verilerinin operasyonel bir sistemde maksimum verimlilikle kullanılabilmesi, başta atmosferik özellikler olmak üzere dış etkenlerin ortadan kaldırılmasına bağlı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, Landsat verileri ile meteorolojik ve yardımcı diğer verilerin farklı kombinasyonlarla değerlendirilmeleri halinde verim tahminine ilişkin performansın artacağı ifade edilmiştir.

Ünal vd. (2002), yaptıkları bu çalışma ile Gaziantep ilinin tamamını kapsayan yüksek çözünürlüğe sahip çok bantlı Landsat-7 ve tek bantlı IRS görüntüleri kullanarak kontrollü sınıflandırma yöntemiyle Gaziantep ilinin tarımsal ürün deseni ve tarımsal alanların dağılımını tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda uydu görüntülerinin değerlendirilmesi aşamasında, aynı fenolojik gelişim evrelerine ve yeşil renk skalasına sahip tarım ürünlerinin yansıma özelliklerinin benzer olduğu ve yer yer iç içe geçtiği görülmüştür. Aynı sorunun pamuk, mısır, zeytin, fıstık ve biber gibi diğer ürünlerde ve bağlık alanlarda da tespit edildiği belirtilmiştir. Zeytinin en yeşil olduğu, fıstık ve bağların ise yaprak döküm zamanlarını kapsayan iki farklı döneme ait uydu görüntüleriyle söz konusu problem çözümlenmeye çalışılmıştır. Ancak ilgili ürünlerin,

tarım alanlarında seyrek bir düzende sıralanmış olması ve bu nedenle yer yer açıkta kalan arazinin, üç üründe de yansıma durumunu benzer şekilde etkilemesinden kaynaklı olarak, çalışmada belirlenmiş olan problemin çözümü noktasında istenen sonuç elde edilememiştir. Tarla bitkileriyle meyve ağaçlarının bulunduğu tarım arazilerinin tespiti aşamasında karşılaşılan sorunlar, çalışma sahasında yürütülen arazi çalışmalarından elde edilen verilerle kısmen çözümlenmeye çalışmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veri doğruluğunun, sınıflandırma işleminde yardımcı veri olarak kullanılan arazi verilerinin fazlalığı ile doğru orantılı olduğu belirtilmiştir.

Bolca vd. (2003), tarafından ortaya konulan bu çalışmada Landsat-7 TM uydu görüntüleri kullanılarak eğitilmiş (supervised) sınıflandırma yöntemiyle Batı Anadolu Bölgesindeki pamuk bitkisinin ekili olduğu tarımsal alanların mekânsal dağılımı tespit edilmiştir. Ayrıca bu alanların yüz ölçümleri hesaplanmış ve pamuk bitkisinin rekolte tahmini yapılmıştır.

Sarı vd. (2007), Antalya Aksu ovasında bulunan Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde yapmış oldukları bu çalışmada, Landsat-7 ETM uydu veri setlerini kullanarak ve kontrollü sınıflandırma yöntemiyle pamuk bitkisinin alansal dağılımını yeterli bir doğrulukla tespit etmeyi ve spektral özelliklerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonuçlarından elde edilen verilere göre uydu verilerinin kullanımıyla pamuk bitkisinin alansal dağılımı %92.9 oranında yüksek bir doğrulukla tespit edilebilmiş ve pamuk bitkisinin çevresinde yer alan farklı bitki türlerinden ayırt edilebileceği görülmüştür. Landsat-7 ETM uydu verileri kullanılarak pamuk bitkisini, diğer bitki türlerinden ayırt edilmesini sağlayacak en ideal bant kombinasyonunun 4., 5. ve 2. bantlar olduğu ancak bu ayrımı en net şekilde sağlayacak en uygun bandın 4. bant olduğu belirlenmiştir. Ayrıca mekânsal çözünürlüğü yüksek udu görüntülerinin kullanılmasıyla elde edilecek sonuçların doğruluğunun artacağı, sınıflandırma işleminde kullanılacak bant kombinasyonlarda belli bir standardı yakalamanın olası olmadığı, bu sebeple yapılacak her çalışma için o çalışmaya uygun kriterler esas alınarak bant kombinasyonlarının belirlenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Benzer çalışmalarda, çalışmaya konu olacak bitki türlerinin fenolojik özelliklerinin göz önünde bulundurularak uydu verilerinin elde edilmesi gerektiği, bu bakımdan pamuk bitkisi için uydu görüntülerinin elde edileceği en uygun zaman diliminin koza oluşum sürecinin

sonlandığı fakat kozaların açıldığı ancak pamuk bitkisinin açmaya başlamadığı dönem olduğu belirtilmiştir.

Süslü (2007), bu çalışmasında Ankara ili, Şereflikoçhisar ilçesi çevresinde yetiştirilen arpa ve buğday ürünlerinin rekolte tahminlerini yapmayı ve ekili oldukları alanları alansal değerleriyle tespit etmeyi amaçlamıştır. Çalışmada 2015 yılını kapsayan Landsat-5 TM ve SPOT-2 uydu görüntüleri kullanılmış ve en çok benzerlik yöntemiyle gerçekleştirilen sınıflandırmada %93'lük genel doğruluk değeri elde edilmiştir. Ürün rekolte tahminleri ise NDVI, optimize edilmiş toprak yansımalarını dikkate alan bitki indeksi (OSAVI) ve toprak yansımalarını dikkate alan bitki indeksi (SAVI) ile yapılmıştır. NDVI ve OSAVI ile gerçekleştirilen rekolte tahminlerinde buğday ve arpa için %99, SAVI ile arpada %94, buğdayda ise %98 doğruluk değeri hesaplanmıştır. Rekolte tahmininde doğruluğu en yüksek sonuçlara NDVI ve OSAVI yöntemleri kullanılarak ulaşıldığı belirtilmiştir.

Ormeci vd. (2010), iki farklı tarihli SPOT-5 uydu görüntülerini kullanarak nesne tabanlı ve piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleriyle tarım alanlarını, tarımsal ürünlerin alansal dağılımını ve ürün tiplerini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Ayrıca piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma tekniklerinin doğruluğu ve verimliliği karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı olarak Şanlıurfa'da Akçakale'nin doğusunda yer alan ve Doğu Harran olarak adlandırılan bölge belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, tarımsal ürün alanlarının nesne tabanlı ve piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin ikisiyle de belirlenebildiği gözlemlenmiştir. Ancak elde edilen sınıflandırma sonuçları açısından iki yöntem kıyaslandığında, nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin piksel tabanlı sınıflandırma yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Avcı ve Sunar (2010), tarafından yapılan bu çalışmada çok zamanlı SPOT-4 optik uydu veri setleri kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle, Trakya Bölgesinde Kırklareli il sınırları içerisinde yer alan Türkgeldi Tarım İşletmesi Müdürlüğü'ne ait tarım alanlarında yetişen ürünlerin tematik olarak haritalandırılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin uygulamadaki etkinliği araştırılmıştır. İlgili çalışmanın sonucunda, tarımsal ürünlerin haritalandırılması işleminin, nesne-tabanlı sınıflandırma yaklaşımı ile %80 oranında yüksek bir doğrulukla gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Ayrıca gelecekte gerçekleştirilecek benzeri uygulamalarda, daha yüksek bir doğruluk değerinin elde

edilebilmesi için görüntü çözünürlüğü daha yüksek uydu veri setlerinin kullanılabileceği, ürün çeşitlerine yönelik doku çözümlemesini esas alan dağılım fonksiyonlarının belirli kriterler çerçevesinde belirlenebileceği ifade edilmiştir.

Algancı vd. (2011), gerçekleştirdikleri bu çalışmada tarım alanlarının bulunduğu Şanlıurfa ili, Akçakale ilçesi çalışma alanı olarak belirlenmiş ve çalışma alanını kapsayan Landsat-5 TM, SPOT-5 MS ve SPOT-5 MS+PAN uydularına ait veri setlerini kontrolsüz sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırmışlardır. Sınıflandırma neticesinde, tarım alanlarını ve mekânsal dağılımlarını ürün türü ve alan bazında tespit etmede, uydu görüntülerine ait yersel çözünürlüğün etkisini ve doğruluğunu incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, tarım parsellerinin ayırt edilebilirlik oranının, yersel çözünürlüğün artış oranıyla doğru orantılı olarak ilişkili olduğu görülmüştür. Ancak alansal olarak daha büyük ve çevresinde farklı türde bitki örtüsü olan tarım parsellerinin, orta yersel çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak da ayırt edilebildiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre büyük alanların konu alındığı çalışmalarda Landsat-5 ve SPOT-5 uydu görüntüleriyle çalışılabileceği, bölgesel çaptaki çalışmalarda Landsat-5 uydu görüntüleri kullanımının uygun olacağı, parsel bazlı daha küçük çalışma alanlarında ise yersel çözünürlüğü daha yüksek uydu verilerinin kullanılması gerektiği ifade edilmiştir. Gerçekleştirilecek farklı çalışmalar için kullanılacak farklı yersel çözünürlükteki uydu görüntülerinin; çalışma sahasının kapsadığı alan, tespit edilmesi öngörülen en küçük parsel büyüklüğü, çalışma alanı çevresinde yer alan ürün tipleri ve hedeflenen çalışma ölçeği göz önünde bulundurularak belirlenip kullanılabileceği belirtilmiştir.

Gontia ve Tivari (2011), çalışmalarında Hindistan'a ait IRS-P6 uydu veri setlerinden elde ettikleri NDVI ve SAVI indekslerini kullanarak buğday verimini ve su kullanım verimliliğini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma neticesinde, buğday verim tahmininde R2 değeri 0.9172 olarak hesaplanan SAVI indeksine ait değerler kullanılarak geliştirilen verim tahmin modelinin kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca NDVI için R2 değeri daha düşük hesaplanmış ve 0.799 olarak elde edilmiştir.

González vd. (2014), çalışmalarında yabancı otların yönetimi için çok bantlı QuickBird uydu görüntülerini kullanarak buğday tarlalarındaki yabancı ot desenini haritalamak için piksel ve nesne tabanlı teknikleri karşılaştırmaktadırlar. Çalışma neticesinde, tüm buğday tarlalarında yabancı ot desenlerinin, test edilen tüm sınıflandırma yöntemleriyle %91'den fazla doğrulukla ayırt edilebildiği tespit edilmiştir.

Şatır ve Berberoğlu (2012), bu çalışmada, Landsat TM/ETM ve MODIS uydularına ait veri setlerini kullanarak, yalnızca uzaktan algılama tekniği ve bu teknikle beraber destekleyici veri setlerinin de kullanımıyla ülke ve bölge ölçeğinde buğday bitkisinin verimliliğini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda buğday bitkisinin verim oranı, Landsat uydu görüntüleriyle yapılan değerlendirmede 56.6 kg/da, MODIS uydu görüntüleriyle yapılan değerlendirmede de 63.95 kg/da'lık oransal hata ile tespit edilmiştir. Hasat verisinin bulunmadığı durumlarda bölge bazında yapılan çalışmalarda, Landsat verisinin kullanımıyla istatistiki modellerden elde edilen hata oranlarına göre daha düşük fakat kısmen kabul edilebilirliği söz konusu olan bir sonuca ulaşılmıştır. Ülkesel ölçekte hasada ilişkin bir kestirim yapıldığı durumlarda MODIS uydu veri setlerinin mekanik temelli bir kestirim modeliyle kaba bir şekilde yapılacak tahminsel değerlendirmelerde kullanılabileceği sonucu elde edilmiştir.

Yıldız ve Kavzoğlu (2012), ortaya koydukları bu çalışma ile Trabzon ili sınırları içerisinde yer alan farklı alanlara ait arazi örtüsünün, Quickbird ve Landsat uydu görüntüleri kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle tespit edilmesi hedeflenmiştir. Çalışma neticesinde, daha düşük çözünürlüklü Landsat uydu görüntülerine göre yüksek yersel çözünürlüğe sahip Quickbird uydu görüntülerinin, arazi örtüsüne ait geometrik özellikleri ve detayları daha net bir şekilde yansıttığı tespit edilmiştir. Daha fazla nesne sınıfı ve ayrıntısı içeren detaylı sınıflandırma haritalarının, yüksek yersel çözünürlüğe sahip Quickbird uydu görüntülerinden elde edildiği, genel sınıflandırma haritalarının ise Landsat uydu görüntülerinden elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca özellikle araziye ilişkin detaylı şekilde bilgi elde edinmek istendiğinde, yüksek çözünürlüklü uydu verilerinden ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımından yararlanılması önerilmiştir.

Şatır (2013), doktora tezinde uzaktan algılamadan ve coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanarak Aşağı Seyhan Ovası'nda en çok yetiştirilen buğday, mısır, pamuk ve narenciye ürünlerinin alan kullanım uygunluğunun tespit edilmesi için geniş kapsamlı bir modelin geliştirilmesini amaçlamıştır. Çalışmada, ekonomik kazancı ve her bir ürün için belirlenmiş olan ideal yetiştirme koşullarını göz önünde bulunduran, doğayı esas alan sürdürülebilir senaryolar geliştirilerek, söz konusu ürünlerin tarımsal alan kullanım uygunlukları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen uygunluk değerleri ve verimlilik analizi sonuçları, çalışmanın yürütüldüğü dönemlerde kullanılan arazi

kullanım kabiliyeti sınıflarıyla karşılaştırılmıştır. Ayrıca tarıma uygun alanların belirlenmesinde esas alınan sistemle, çalışmada önerilen sistemlerin birbirleriyle olan uyumları ve farklılık gösteren yönleri tespit edilmiş, bu doğrultuda uygun kullanım modeli geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda tüm senaryolarda tarımsal alan uygunluğu bakımından en geniş tarımsal kullanım alanına narenciye'nin sahip olduğu tespit edilmiş, ekolojik senaryoda pamuk bitkisi ve ekonomik senaryoda ise mısır bitkisi narenciyeden sonra önerilmiştir. Bu çalışmada, toprak tuzluluğuna ilişkin incelemelerde CHRIS PROBA hiperspektral verisi, ürün deseni tespiti ve ürün verimlilik tahminlerinde Landsat TM/ETM verileri, don riskinin olduğu bölgelerin tespitinde MODIS LST (Land Surface Temperature) termal verisi, ürün parsellerinin tespitinde ise mekânsal çözünürlüğü yüksek hava fotoğrafları kullanılmıştır.

Işık vd. (2014), bu çalışmada Konya'nın Yunak İlçesi sınırlarında bulunan Altınova Devlet Üretim Çiftliğinin tarım arazilerine ait çok zamanlı Landsat TM uydu görüntülerinin kontrolsüz sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırılmasından elde edilen verilerin tarımsal ürün deseni haritasının belirlenmesindeki kullanılabilirliğini ve yetiştirilen ürün çeşitlerini tespit etmedeki yeterliliğini araştırmışlardır. Çalışma neticesinde, Landsat TM uydu görüntülerine ait spektral çözünürlüğün, benzer yapıdaki farklı ürün çeşitlerini tespit edip sınıflandırmak için yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu sebeple, ilerleyen süreçlerde aynı paralelde yapılacak benzeri çalışmalarda, ilgili çalışma alanına ait spektral çözünürlüğü daha yüksek olan hiperspektral uydu veri setlerinin tercih edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Çölkesen ve Yomralıoğlu (2014), tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında, yardımcı verilerin etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Worldview-2 uydu verileri ile çalışma alanı olarak belirlenmiş Kocaeli ili Gebze ilçe sınırları içerisinde Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü kampüsünü de içine alan 334 hektarlık alanın arazi örtüsü ve arazi kullanımı belirlenerek tematik haritaları üretilmiştir. Bu çalışmada farklı vejetasyon indeksleri, ana bileşenlerin analizi ile elde edilen özellikler ve gri düzey oluşum matrisi yardımıyla hesaplanan doku özellikleri yardımcı veri seti olarak kullanılmıştır. 8 spektral banda sahip Worldview-2 verileri ile yardımcı verilerin çeşitli kombinasyonlarıyla elde edilen 8 veri seti, Destek Vektör Makineleri (DVM) sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırılarak yardımcı verilerin sınıflandırma doğruluğuna olan etkileri incelenmiştir. Çalışma

sonucunda elde edilen %94.43 değerindeki en yüksek genel sınıflandırma doğruluğuna DVM görüntü sınıflandırıcısıyla ulaşıldığı belirlenmiştir.

Reis ve Bayram (2015), ortaya koydukları bu çalışmada Landsat-7 TM görüntülerini kullanarak kontrolsüz sınıflandırma yöntemiyle Konya İli, Yunak İlçesinde arazi örtüsünün zamansal değişimini incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri 2003 ve 2012 yılları Mayıs ve Haziran aylarını kapsamaktadır. Bitki rts analizinde, NDVI bitki örtüsü indeksinden elde edilen sonuçlar ile ve sınıflandırmada Watershed Bölütleme Algoritmasından elde edilen sonuçlar kıyaslanmış ve çalışma sonucunda ekili alaların tespiti yapılmıştır. rn tespitinde ve ürün çeşitliğinin söz konusu olduğu alanlarda, ürünlere ilişkin hızlı ve kolay bir şekilde bilgi toplamada NDVI bitki örtüsü indeksinin etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir.

Bağdatlı vd. (2016), çalışmalarında Nevşehir ili, Ürgüp ilçesi, Sarıhıdır Köyü tarım arazilerini kapsayan Göktürk-2 uydu veri setlerini kullanarak görüntü sınıflandırması yaklaşımıyla tarımsal ürün desenini belirlemeye çalışmışlardır. Piksel ve parsel temelli, en çok benzerlik ve destek vektör makineleri yaklaşımlarıyla görüntü sınıflandırması yapmışlardır. Genel doğruluk değerleri hata matrisleriyle, ürünlerin üretici ve kullanıcı doğrulukları ise kappa değerleriyle tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yaklaşık %90'lık yüksek bir doğrulukla ürün deseni haritası belirlenmiştir. En çok benzerlik yöntemi ile destek vektör makineleri yöntemi hesaplanan doğruluk değerlerine göre kıyaslandıklarında, her iki yöntemle de elde edilen doğruluk değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Buna ek olarak söz konusu çalışma neticesinde, görüntü sınıflandırma işleminde parsel verisinin kullanımı, sınıflandırma sonucu elde edilen doğruluk oranını arttırdığı tespit edilmiştir. Parsel tabanlı analiz değerlerinin ise piksel tabanlı analiz değerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Jurecka vd. (2016), ortaya koydukları bu çalışma ile Landsat-8 ve Sentinel-2 uydularına ait veri setlerini kullanarak çeşitli uzaktan algılama yöntemleriyle alan bazında arpa bitkisinin verim tahminindeki performansını, NDVI ve geliştirilmiş bitki örtüsü indeksi 2 (EVI2)'nin kullanımını araştırmışlardır. Çalışmada, uzaktan algılama verileriyle doğru tahminlerin yapılabileceği ve verim tahmininde, bilinen geleneksel verim tahmin yöntemlerinin tamamlayıcı yöntemler olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, bitki örtüsü indeksleri ve verim arasındaki korelasyon

ilişkisinde NDVI indeksi korelasyonunun, EVI2 indeksi korelasyonundan daha güçlü olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bitki örtüsü indeksleri ve verim arasındaki korelasyon ilişkisi açısından, Sentinel-2 verilerinden elde edilen NDVI indeksinin en güçlü korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir.

Satir ve Berberoglu (2016), ortaya koydukları bu çalışmada Aşağı Seyhan Ovası çalışma alanında toprak tuzluluğunun etkisi altında yetişen üç ana ürünün (buğday, pamuk, mısır) verimini ve verim kaybını çok zamanlı Landsat uydu görüntülerini kullanarak nesne tabanlı sınıflama yöntemiyle tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Sonuç olarak, ürünlerin en yeşil oldukları zaman periyotlarının dikkate alınmasıyla Landsat veri setinden elde edilen veriler ile buğday, mısır ve pamuk ürünlerinin verim tahmini yapılmıştır.

Topaloğlu vd. (2016), bu çalışmada İstanbul metropol alanında Sentinel-2 ve Landsat-8 optik uydu görüntülerini kullanarak oluşturdukları arazi örtüsü/kullanım haritalarının sınıflandırma doğruluklarını değerlendirmeyi ve karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Çalışmada, bölgenin mevcut arazi örtüsü/kullanım haritasını oluşturmada, etkili ve doğru bir sınıflandırma yapmak için her iki veri setine de En Yakın Benzerlik (MLC) ve DVM kontrollü sınıflandırma yöntemleri uygulanmış ve elde edilen sınıflandırma sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma neticesinde, Landsat-8 uydu görüntüsü için MLC yöntemi ile %70.60 sınıflandırma doğruluğu ve DVM yöntemi ile %81.67 sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir. Sentinel-2 görüntüsü için ise MLC yöntemi ile %76.40 sınıflandırma doğruluğu ve DVM yöntemi ile %84.17 sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir. Her iki veri seti için de DVM yönteminin, MLC yöntemine kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. En iyi genel doğruluk ve kappa değerleri, Sentinel-2 verilerine DVM yöntemi uygulamasından elde edilmiştir. Genel sınıflandırma doğruluklarına göre, hem MLC hem de DVM sınıflandırma yöntemleri için Sentinel-2 veri seti görüntü sınıflandırma doğruluklarının, Landsat-8 veri setinden daha iyi olduğu görülmüştür.

Delen ve Şanlı (2017), bu çalışmada İzmir ili, Menemen ilçesinin kuzeyinde yer alan tarım arazilerinde yetiştirilen tarım ürünlerini tespit ederek tematik haritaların oluşturulmasını amaçlamışlardır. Söz konusu çalışma alanındaki tarım ürünlerinin tespitinde, 2014 yılına ait RapidEye uydu görüntüsü ve en yakın komşuluk algoritması kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yönteminden yararlanılmıştır. Sınıflandırma

işleminde herhangi bir bitki örtüsü indeksi kullanılmamış olup sadece RapidEye uydusuna ait 5 bant kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, doğruluk analizlerinden elde edilen değerlere göre % 93.33'lük genel sınıflandırma doğruluğu ve 0.917'lik kappa doğruluğu hesaplanmıştır. Ayrıca nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin, ürün deseni tespitinde yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği, bu açıdan ürün deseni tespit çalışmalarında bu sınıflandırmanın etkin bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Escolá vd. (2017), yaptıkları bu çalışma ile arpa üretiminin yapıldığı İspanyadaki Huesca (Aragón) ve Lleida (Katalonya) arasındaki sınırda bulunan 100 hektarlık çalışma alanında, tarım arazisinin izlenmesinde kullanılan Sentinel-2 uydu verilerinin performansını ve bu verilerden elde edilen sonuçların başarısını araştırmışlardır. Çalışmada, ürünlerin toplandığı dönemlerde Sentinel-2 verilerinden NDVI, Yeşil Band Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü Değişim İndeksi (GNDVI), Yeşil Oran Bitki Örtüsü İndeksi (GRVI) ve Geniş Dinamik Aralık Bitki Örtüsü İndeksi (WDRVI) bitki indeksleri elde edilmiş ve doğrusal regresyon modeli geliştirilmiştir. Verim verileri, hasat işlemini gerçekleştiren tarım aracına (biçerdöver) entegre edilmiş verim izleme monitörü ile elde edilmiştir. Söz konusu verim verileri ile Sentinel-2 uydularından sağlanan veriler karşılaştırılmıştır. Çalışmada uydu görüntülerinden elde edilen verilerle, verim monitörü kullanılarak araziden toplanmış veriler de karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, diğer bitki örtüsü indekslerine kıyasla yeşili esas alan bitki örtüsü indekslerinin nispetten daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca Sentinel-2 uydu görüntülerinin küçük ölçekte (tarla, çiftlik vb. lokal alanlar) ve bölgesel ölçekte, tarımsal ürünlerin takibini yapmak için hassas tarımda etkin ve önemli bir araç olduğu belirtilmiştir.

Karakuş (2017), doktora tezinde Osmaniye ili Kadirli ilçesinde her yıl sadece tek bir uydu (SPOT 6 &7) görüntüsü kullanarak ve meteorolojik veriler yardımı ile parsel bazlı bir verim modeli geliştirmeyi amaçlamıştır. Ayrıca söz konusu uydu görüntüleriyle tarımsal alanların tespit edilmesi, piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımlarından faydalananarak tarımsal ürün tiplerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda, tek bir uydu görüntüsü kullanılarak ve verim modeline toprak sınıfları dahil edilerek ortalama 0.10 bağıl hata ile mısır ve ayçiçeği bitkilerinin parsel bazında verim tahminleri yapılmıştır.

Noi ve Kappas (2017), tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada arazi kullanımı/örtü haritasını oluşturmak için Sentinel-2 veri setlerinin sınıflandırılmasında kullanılan RO, K-En Yakın Komşuluk (K-EYK) ve DVM sınıflandırıcılarının performansları değerlendirilmiş ve sınıflandırma doğrulukları karşılaştırılmıştır. Çalışma neticesinde tüm sınıflandırma yöntemleriyle %90 ile %95 arasında değişen yüksek bir genel sınıflandırma doğruluğunun elde edildiği görülmüştür. Ancak en yüksek sınıflandırma doğruluğuna DVM sınıflandırma yöntemiyle ulaşıldığı, ardından rastgele orman (RO) ve K-EYK yöntemleriyle en iyi sınıflandırma doğruluklarının elde edildiği belirtilmiştir.

Skakun vd. (2017), Landsat-8 ve Sentinel-2A uydu görüntülerini kullanarak Ukrayna-Kirovohradska oblast olarak belirledikleri çalışma alanında, kışlık ürünleri haritalandırmayı ve kışlık buğdayın verim analizlerini incelemeyi hedeflemişlerdir. En yüksek NDVI değeri 1 Mart ve 6 Nisan arasındaki süre zarfı için Landsat-8 ve Sentinel-2A görüntüleri ile gerçekleştirilen entegrasyonlardan ve her biri ile ayrı ayrı yapılan değerlendirmelerden elde edilmiştir. Landsat ve Sentinel-2A uydu verileri kombine edilerek yapılan ürün alanı kestiriminde $R^2=0.90$, Sentinel-2A ve Landsat-8 uydu verilerinin her biriyle ayrı ayrı yapılan değerlendirmede ise R^2 değeri sırasıyla $R^2=0.88$ ve $R^2=0.64$ olarak hesaplanmıştır. Sentinel-2A ve Landsat-8 görüntü entegrasyonunda en yüksek NDVI yöntemiyle (0.31 t / ha, %7.7) hata oranı elde edilmiştir. Bu hata oranı yalnızca Sentinel-2A ve Landsat-8 uydu görüntülerinin kullanımında (0.57 t / ha, %14.3) ve (0.46 t / ha, %11.5) olarak gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında, Landsat-8 ve Sentinel-2A uydularının birlikte kullanımı ile sadece bir uydu kullanımına göre daha iyi sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir.

Sonobe vd. (2017), çalışma alanı olarak belirledikleri Japonya, Hokkaido'da ürün tipinin sınıflandırılmasında ve ürün deseni haritasının oluşturulmasında kullandıkları Sentinel-1A ve Sentinel-2A verilerinin potansiyelini değerlendirmişlerdir. Çalışmada beş Sentinel-1A ve bir Sentinel-2A görüntüsünün kullanılmasıyla yapılan sınıflandırma neticesinde fasulye, pancar, çimen, mısır, patates ve kışlık buğday olmak üzere 6 ürün belirlenmiştir. Ayrıca sınıflandırmada kullanılan DVM, RO, Çok Katmanlı İleri Beslemeli Sinir Ağları (MFNN) ve Kernel Tabanlı Aşırı Öğrenme Makineleri (KELM) sınıflandırma algoritmaları, sınıflandırma doğrulukları açısından karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda KELM sınıflandırma algoritmasıyla genel

sınıflandırma doğruluğu %96.8 olarak hesaplanmış ve KELM ile en yüksek doğruluk değerinin elde edildiği gözlemlenmiştir. Ayrıca Sentinel-1A VV polarizasyon verisinin ve Sentinel-2A'ya ait bant 4'ün çok önemli bir sınıflandırma potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir.

Yeler vd. (2017), yapmış oldukları çalışmada çok zamanlı Landsat Uydu veri setlerini kullanarak ve nesne tabanlı sınıflama yöntemiyle 2013 yılı içerisinde Aşağı Seyhan Ovası çalışma sahasındaki yazlık ve kışlık ürünlerin, ürün desenlerinin belirlenmesi hedeflenmişlerdir. Çalışma sonucunda, heterojen bir ürün deseni dağılımının söz konusu olduğu, düzgün bir geometriye sahip ve bütünlük teşkil eden düzenli tarım parsellerinin yer aldığı geniş tarım alanlarında, çok zamanlı uydu veri setleri yardımıyla ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımıyla tarımsal ürün deseni haritalarının yüksek doğrulukla belirlenmesinin mümkün olduğu ortaya konulmuştur.

Belgiu ve Csillik (2018), gerçekleştirdikleri bu çalışmada Sentinel-2 zaman serilerini kullanan zaman-ağırlıklı dinamik zaman bükmesi (TWDTW) yönteminin, Romanya, İtalya ve ABD'de belirlenen çalışma alanlarındaki çeşitli ürün tiplerinin piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma işleminde nasıl bir performans gösterdiğini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda üç farklı çalışma alanında da nesne tabanlı TWDTW'nin, piksel tabanlı TWDTW'den daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiş ve genel doğruluk oranlarının %78.05 ile %96.19 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca TWDTW ve Ro kıyaslandığında, Romanya ve İtalya'daki çalışma alanlarında ikisiyle de benzer sonuçların elde edildiği ancak ABD'de alan içi heterojenliğin çok yüksek olduğu yerlerde RO'nun daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir.

İrfanoğlu ve Balçık (2018), yaptıkları bu çalışmada 2017 yılı Sentinel-2 Multispektral Aygıt (MSI) uydu veri setlerini kullanarak ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle arazi örtüsü ve arazi kullanım sınıflarını tespit etmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada görüntü sınıflandırıcı olarak en yakın komşuluk (EYK) algoritması kullanılmıştır. Söz konusu çalışma İstanbul ili Çatalca ilçesinin Muratbey, Çakıl, Elbasan ve İnceğiz mahallelerini kapsayan alanda yürütülmüştür. Çalışma neticesinde belirlenen sınıfların, hata matrisleriyle yapılan doğruluk analizlerinde sırasıyla genel doğruluk oranı ve kappa istatistik değeri %91.30 ve 0,89 olarak belirlenmiştir.

Tavus vd. (2018), ortaya koydukları bu çalışmada Bursa ili, Karacabey ilçesinin Güneybatısında yer alan ve yaklaşık 9x9 km²'lik alanda, IKONOS uydu görüntülerini kullanarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle tarımsal ürün deseninin tespit edilmesini amaçlamışlardır. Çalışma bölgesinde yetiştirilen başlıca tarım ürünlerinin domates, mısır, biber, buğday, pirinç ve şekerpancarı olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda ulaşılan verilere göre, IKONOS uydu verilerinden nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle elde edilen değerlerle, tarımsal ürün deseninin yüksek doğrulukta tespit edildiği görülmüştür. Ayrıca doğruluk değerlendirmeleri ve kappa analizi neticesinde %87.5 genel sınıflandırma doğruluğu ve 0.837 kappa doğruluğu hesaplanmıştır.

Yılmaz (2018), tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada çok zamanlı Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak RO algoritması yardımıyla nesne tabanlı sınıflandırma yapılarak Gediz ovasındaki yazlık ürünlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma neticesinde, tarımsal ürün deseni tespitinde 10 metre çözünürlüklü Sentinel-2 uydu görüntülerinin yeterli olduğu görülmüştür. Sınıflandırma işlemine, Sentinel uydu görüntülerinin yalnız 10m konumsal çözünürlüğe sahip mavi, yeşil, kırmızı ve kızılötesi bantlardan elde edilen NDVI bantlarının dahil edilmesiyle sınıflandırma doğruluğu yüksek değerlerin elde edildiği, yazlık ürün deseni tespitinde en etkili bantların NDVI bantları olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Sentinel-2 uydu görüntüleriyle tarım ürünlerinin rekolte ve verim tahmininin yapılabileceği, yıllık olarak ürünlerin fenolojik evrelerinin takip edilebileceği ifade edilmiştir. Ayrıca ürünlerde meydana gelen değişimlerin gözlemlenerek kuraklık ve iklim değişikliği gibi faktörlerin tarıma olan etki analizlerinin yapılabileceği önerilmiştir.

Hunt vd. (2019), Sentinel-2 verileri ve çevresel veriler (yağış, sıcaklık, toprak su indeksi ve topoğrafik veriler) birlikte kullanılarak RO regrasyon modeli ile buğday verim tahmininin yapılmasını hedeflemişlerdir. Bu çalışma ile Sentinel-2 verileriyle verim tahminin yapılabildiği ancak Sentinel-2 verilerin çevresel verilerle birlikte değerlendirilmesi neticesinde verim tahmini doğruluğu bakımından daha başarılı sonuçların elde edildiği belirtilmiştir.

Karlson vd. (2020), bu çalışmada Burkina Faso'nun merkezindeki tarımsal ormancılık alanında tarla ölçeğinde ürün üretiminin mekansal olarak haritalanmasında Sentinel-2 verilerinin kullanım potansiyelini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda,

Sentinel-2 verilerinin Burkina Faso'daki bu tarımsal ormancılık sisteminde ürün üretimine yönelik gerçekleştirilecek arazi ölçümlerin arttırılmasında önemli bir kaynak olabileceği belirtilmiştir.

Altun ve Türker (2022), tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada 2018 yılına ait çok zamanlı Sentinel -2 uydu görüntüleri ve makine öğrenme algoritması kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle Mardin İli, Artuklu, Kızıltepe ve Derik İlçelerinde yetiştirilen tarımsal yazlık ürünlerin (mısır, buğday, pamuk, nohut, mercimek ve diğerleri (zeytin bahçeleri) tespiti yapılmıştır. Gerçekleştirilen doğruluk analizleri sonucunda % 96.35'lik genel sınıflandırma doğruluğu ve % 93.13'lük kappa doğruluğu elde edilmiştir. Ayrıca çalışma sonucunda, Sentinel-2 uydu verilerinin ve RO makine öğrenme algoritmasının kullanılarak sınıflandırma yapılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan Sentinel-2 uydu görüntülerinin, yazlık ürün tespitinde yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği ve bölgede yapılacak benzer çalışmalarda kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Apaydın ve Abdikan (2021), yapmış oldukları bu çalışmada Trabzon ili Beşikdüzü ilçe merkezi çalışma alanı olarak belirlenmiş ve Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsü 7 farklı sınıfta ele alınıp piksel tabanlı sınıflandırma yöntemiyle fındık bahçelerinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada; RO, K-EYK ve DVM ve olmak üzere bu üç farklı makine öğrenme tabanlı sınıflandırma algoritmalarının sınıflandırma performansları, K-EYK ve DVM genel doğruluk değerleri araştırılmıştır. Çalışma neticesinde, sınıflandırma işlemlerinde genel doğruluk değerlerinin tespit edilmesinde eni iyi performansın sırasıyla DVM (91.0948), K-EYK (87.5398) ve RO (85.3870) makine öğrenme algoritmalarıyla elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilecek bir sınıflandırma işleminde RO, K-EYK ve DVM makine öğrenme algoritmalarının kullanılmasıyla sınıflandırma doğruluğu açısından daha iyi sonuçların elde edileceği belirtilmiştir.

Kaya ve Polat (2021), bu çalışmada Şanlıurfa ilinin güneydoğusunda yer alan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğünün tarım arazileri çalışma alanı olarak belirlenmiş ve 2017-2018 dönemlerini kapsayan Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu veri setlerini kullanmışlardır. Çalışmada söz konusu uydu veri setlerinden elde edilen bitki örtüsü indeksi değerleri ile daha önceki yıllara ait parsel bazlı verim değerleri esas alarak bir

verim tahmin modeli geliştirilmiş, bu modelin verim tahminindeki doğruluğu ve buğday verimi araştırılmıştır. Ayrıca verim tahmininde NDVI, modifiye edilmiş toprak ayarlı bitki örtüsü indeksi (MSAVI) ve GNDVI bitki indekslerinin etkileri ve doğrulukları incelenmiştir. Çalışma neticesinde, çiçeklenme öncesi, çiçeklenme dönemi ve çiçeklenme sonrası dönemlerde üç bitki indeksinden elde edilen değerlerle verim tahminin yapılabildiği görülmüş, %82 ile en yüksek doğruluk değerinin çiçeklenme döneminde NDVI bitki indeksiyle elde edildiği belirtilmiştir.

Torunlar vd. (2021), ortaya koydukları bu çalışma ile çok zamanlı Sentinel-2A uydu görüntülerini kullanarak, nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle Konya ili Karapınar ilçesi çalışma alanında bulunan tarımsal ürünlerin tespit edilmesini amaçlamışlardır. Çalışma neticesinde, tarımsal ürün deseni tespitinde kullanılan nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle, sınıflandırma doğruluğu yüksek değerler elde edilmiştir. Söz konusu sınıflandırma yöntemine yardımcı verilerin dahil edilmesiyle, sınıflandırmaya ilişkin doğruluk değerlerinin iyileştirilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca tarımsal ürünlerin gelişim süreçlerinin gözlemlenmesinde, ürünlerin rekolte tahminlerinde ve tarımsal planlamalarda nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi esas alınarak elde edilen ürün deseni verilerinin çok önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Altun ve Türker (2022), Manisa ili, Ahmetli ve Salihli ilçeleri sınırları içerisinde belirlenen çalışma alanında yetiştirilen yazlık ürünlerin (buğday, domates, mısır, pamuk, üzüm, yonca ve zeytin) belirlenmesi işleminde, RO makine öğrenme algoritması kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırmada tek tarihli Sentinel-1 (SAR), Landsat-8 ve kaynaştırılmış uydu görüntülerinin etkisi incelenmiştir. Çalışma neticesinde, orijinal Sentinel-1 DD veya DY bandı ile gerçekleştirilen sınıflandırmada %35'lik genel sınıflandırma doğruluğu elde edilirken, orijinal Landsat-8 verisi ile yapılan sınıflandırmada ise %71,18'lik genel sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir. Sentinel-1 DY ile birleştirilmiş Landsat 8 veri seti kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma sonucunda genel sınıflandırma doğruluğu %80.44, Sentinel-1 DD+ Landsat 8 veri setleri ile yapılan sınıflandırmada ise genel sınıflandırma doğruluğu %82.16 olarak belirlenmiştir. Landsat-8 ile birleştirilmiş Sentinel-1 DD+DY bantlarına ait veri setlerinin kullanılarak gerçekleştirildiği sınıflandırma sonucunda en yüksek genel doğruluk değerine ulaşıldığı tespit edilmiştir

Blickensdörfer vd. (2022), değişen çevresel koşulları dikkate alarak yıllık bazda ulusal tarımsal arazi örtüsü haritalarını üretmek için bir iş akışı oluşturmayı amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda, meteorolojik koşulların çok farklı olduğu 2017, 2018 ve 2019 yılları için Almanya'daki 24 tarımsal arazi örtüsü sınıfı haritalandırılmıştır. Uygulamada, Sentinel-1 veri dizileri ve çevresel veri kombinasyonunda Sentinel-2 ve Landsat 8'den elde edilen yoğun zaman serisi verileri ile RO sınıflandırıcısı kullanılmıştır. Ayrıca optik, radar ve çevresel verilerin çalışmadaki göreceli önemi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, çok fazla yıllık meteorolojik değişkenliğe, kuraklık ve kuraklık olmayan yıllar olmasına rağmen, farklı yıllarda en baskın ürün türleri için yüksek genel doğruluk ve kabul edilebilir sınıf doğrulukları elde edilmiştir. Üretilen haritalar, arazi parsellerinin yüksek mekansal doğrulukta tespit edildiğini göstermiştir. Optik, SAR ve çevresel verilerin kombinasyonunda optik verilerin SAR' dan daha iyi performans gösterdiği, tek algılayıcının olduğu yaklaşımlara kıyasla genel doğruluğu %6 ila %10 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Genel doğruluğun %78 ile %80 oranları arasında değiştiği, haritalanan alanların bölgesel ve ulusal düzeydeki tarımsal istatistiklerle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Li vd. (2022), Çin'in Henan Eyaletindeki kışlık buğdayın ayırt edilmesinde, ekim alanının belirlenip ve mekânsal dağılım haritasının oluşturulmasında Sentinel-1A (SAR) ve Sentinel-2 (Optik) görüntülerinin kullanım performansını araştırmışlardır. Çalışmada SAR görüntüleri kışlık buğdayın büyüme periyodu dikkate alınarak, optik görüntüler ise orta çözünürlüklü görüntüleme spektrometresi, normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (MODIS-NDVI) eğrisine dayalı olarak toplanmıştır. Beş spektral özellik, iki polarizasyon özelliği ve dört doku özelliği, özellik değişkenleri olarak belirlenmiştir. Google Earth Engine (GEE) bulut platformu kullanılarak ve RO algoritmasıyla kışlık buğday ekim alanları tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, kışlık buğdayın büyüme periyoduna ve sensör özelliklerine göre elde edilen görüntüler haritalama doğruluğunu ve verimliliğini artırdığı belirtilmiştir. Sadece SAR görüntüleri kullanılarak yapılan ayırt etme doğruluğunun ise büyüme periyodunun artmasıyla iyileştiği gözlemlenmiştir. Tam büyüme döneminde SAR görüntüleriyle yapılan ayırt etme doğruluğunun %80.1'e ulaştığı, SAR ve optik

görüntülerin entegrasyonu ile kışlık buğday bitkisinin ayırt edilebilirlik doğruluğunun arttığı tespit edilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma Alanı ve Genel Özellikler

Çalışma alanı 19.069 km²'lik yüzölçümüyle Türkiye' nin 6. büyük ili olan Van ilidir. Van matematiksel konum olarak yerküre üzerinde 42 derece 40 dakika ve 44 derece 30 dakika Doğu meridyenleri ile 37 derece 43 dakika ve 39 derece 26 dakika Kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Türkiye'nin en büyük illerinden biri olan Van ili, Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki Yukarı Murat-Van Bölümü'nde yer alan Van Gölü kapalı havzasında bulunmaktadır. Kuzeyinde Ağrı ili Doğubayazıt, Diyadin ve Hamur ilçeleri; batısında Van Gölü ile Ağrı ilinin Patnos ilçesi, Bitlis' in Adilcevaz, Tatvan ve Hizan ilçeleri, güneyinde Siirt'in Pervari ilçesi, Hakkari ili Beytüşşebap ve Yüksekova ilçeleri yer almaktadır. Doğusunda ise İran Devleti sınırı bulunmaktadır. Yaklaşık olarak 1725 m' lik rakım yüksekliğine sahip Van ili, 3.713 km² 'ye yakın yüzölçümüyle Türkiye'nin en büyük gölü konumundaki Van Gölü'nün doğu kıyısına 5 km uzaklıkta bulunan çok az meyilli bir arazi üzerine kurulmuştur. Van ili topraklarının %17.72'si tarım arazisinden, %64.71'i çayır-meradan, %1.25'i orman ile fundalıktan ve %16.32'si de tarım dışı araziden meydana gelmektedir (DAKA, 2014).

Van ili, 6360 sayılı kanun ile 31.03.2014 tarihinde büyükşehir olmuştur. Van ilinin İpekyolu, Tuşba ve Edremit merkez ilçeleri başta olmak üzere Erciş, Çaldıran, Muradiye, Özalp, Saray, Gevaş, Bahçesaray, Çatak, Gürpınar ve Başkale ilçelerinin de aralarında olduğu toplam 13 ilçesi bulunmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2021 yılı verilerine göre 1.141.015 kişilik nüfusuyla Türkiye'nin en kalabalık 19. Şehri olmuştur.

Van ili karasal iklimin etkisi altında olup kış mevsimi uzun ve soğuk, yaz mevsimi ise az yağışlı ve kurak geçmektedir. İlin daha yüksek kesimlerinde, Van Gölü'nün etkisinden dolayı kışlar çok daha sert geçmemektedir. İlin en fazla yağış aldığı mevsimler sırasıyla %39 ile ilkbahar ve %27.2 ile sonbahar mevsimleridir. En az yağış aldığı mevsim ise %7.1 ile yaz mevsimidir. İlde kasım ayının başlangıcı ile kar yağışları başlamakta olup nisan ayının sonuna kadar devam etmektedir. Van, yılın 120

günü açık, 200 günü bulutlu ve 45 günü ise kapalı geçen günler itibariyle Türkiye'nin en fazla güneş alan illerinin başında gelmektedir (DAKA, 2014).



Şekil 3.1 Çalışma alanının coğrafi konumu

3.1.2 Uzaktan Algılama Verileri

Çalışma alanına ilişkin elde edilen uzaktan algılama veri setleri; tarımsal ürün çeşidinin tespit edilerek ürün deseni haritasının belirlenmesi, ürün verimliliğine ilişkin tahminlerin gerçekleştirilmesi, ürün veriminin mekânsal olarak haritalanması ve tarımsal faaliyet yürütülen parsellerin sayısallaştırılması amacıyla kullanılmıştır. Bu çalışmada uzaktan algılama verileri, çalışmaya konu olan tarımsal bitki (buğday, arpa, yonca, korunga ve şekerpancarı) türlerinin fenolojik gelişim evreleri (en yeşil oldukları dönem ve hasat zamanları) göz önünde bulundurularak 2020 ve 2021 yıllarına ait Van ili sınırlarını kapsayan çok zamanlı Sentinel-2B uydu görüntülerinden elde edilmiştir. Çalışmada, 2020 yılına ait üç farklı tarihli ve 2021 yılına 6 farklı tarihli görüntü olmak üzere toplam 9 farklı tarihe ait Sentinel-2B optik uydu görüntüleri kullanılmıştır. 2020 yılı için elde edilen görüntü sayısı, 2021 yılında elde edilen görüntü sayısına göre daha azdır. Bunun sebebi 2020 yılına ait uydu görüntülerinin bulutluluk nedeniyle istenilen netlikte olmamasıdır. Söz konusu uydu görüntüleri United States Geological Survey

(USGS) isimli merkezin, genel kullanıcı erişimine açık (<https://earthexplorer.usgs.gov>) internet adresi üzerinden ücretsiz bir şekilde temin edilmiştir.

Çizelge 3.1 2020 ve 2021 yılı uydu görüntüleri tarihi

Uydu	Görüntü tarihi
Sentinel-2B	31 Mayıs 2020
Sentinel-2B	25 Haziran 2020
Sentinel-2B	28 Eylül 2020
Sentinel-2B	31 Mayıs 2021
Sentinel-2B	3 Haziran 2021
Sentinel-2B	25 Haziran 2021
Sentinel-2B	5 Temmuz 2021
Sentinel-2B	25 Temmuz 2021
Sentinel-2B	28 Eylül 2021

3.1.2.1 Sentinel-2 Uydu Verisi ve Özellikleri

Sentinel-2, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından Copernicus programı kapsamında geliştirilmiştir. Sentinel uyduları, Airbus Defence and Space öncülüğündeki bir konsorsiyum tarafından işletilmektedir. Kıyı suları ve toprak yüzeylerde 10 metre ile 60 metre konumsal çözünürlükte sistemli bir şekilde optik görüntüler çeken bir Dünya gözlem uyduları birliğidir. Sentinel uyduları, Sentinel-2A ve Sentinel-2B adındaki ikiz gözlem uydu takımından oluşmaktadır. Sentinel-2, 10 m konumsal çözünürlükte dört bandı (görünür ve yakın kızılötesi bantlar), 20 m çözünürlükte altı bandı (kırmızı eşik ve kısa dalga kızılötesi bantlar) ve 60 m konumsal çözünürlükte üç bandı (atmosferik düzeltme bantları) kapsayacak şekilde tasarlanan 13 spektral bantlı optik bir algılayıcıya sahiptir. Bu uydulardan sağlanan optik görüntüler, bitki örtüsünün, tarımsal alanların ve su alanlarının gözlemlenmesi, arazi sınıflandırılması, acil durum yönetimi gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır.

Sentinel-2 uyduları eş zamanlı çalışan ikiz uydular olduklarından, görüntü aldıkları yerlerden 5 günlük periyotlar halinde tekrar geçerek çok zamanlı yüksek çözünürlüklü optik görüntüler sağlamaktadırlar. Bu sayede, uydulardan sağlanan görüntülerin değerlendirilmesiyle yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası kapsamda coğrafi veriler elde edilebilmektedir. Sentinel-2 uydusunun genel özellikleri Çizelge 3.2’de, Sentinel-2B uydusuna ait bantlar ve spektral özellikleri ise Çizelge 3.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Sentinel-2B uydusunun genel özellikleri (Anonim, 2022a)

Sentinel-2	Özellikler
Yörünge	Yaklaşık 786 km yükseklikte güneş eş zamanlı yörüngede bulunmaktadır
Coğrafi Çekim Alanı	Sistemik olarak -54 ile +84 paralelleri arasında çalışmaktadır.
Zamansal Çözünürlük	Eş zamanlı çalışan iki uydu halinde ekvatorda 5 gün
Konumsal Çözünürlük	10m/20m/60m
Spektral Bantlar	13 (VIS-NIR-SWIR)
Kullanım süresi	7 – 12 yıl
Görüntü kaplama alanı	290 km

Çizelge 3.3 Sentinel-2B uydusunun spektral bantları (Anonim, 2022b)

Bant adı	Algılayıcı	Bant numarası	Orta dalga boyu (nm)	Bant genişliği (nm)	Çözünürlük (m)
Aerosol	MSI	1	442.3	20	60
Mavi	MSI	2	492.1	65	10
Yeşil	MSI	3	559	35	10
Kırmızı	MSI	4	665	30	10
Bitki kırmızı eşik	MSI	5	703.8	15	20
Bitki kırmızı eşik	MSI	6	739.1	15	20
Bitki kırmızı eşik	MSI	7	779.7	20	20
Yakın kızılötesi	MSI	8	833	115	10
Dar kızılötesi	MSI	9	864	20	20
Su buharı	MSI	10	943.2	20	60
Orta kızılötesi (Cirrus)	MSI	11	1376.9	30	60
Orta kızılötesi	MSI	12	1610.4	90	20

3.1.3 Yer Gerçeği Verileri

Yer gerçeği verileri kategorize edilerek iki grup şeklinde toplanmıştır. İlk kategoride yer alan veriler, parsel bazlı tarımsal ürün deseni haritasının oluşturulmasında ve doğruluk tespiti amacıyla gerçekleştirilen analizlerde kullanılmıştır. İkinci kategoride yer alan veriler ise gerçekleştirilen çiftçi mülakatları doğrultusunda, buğday bitkisinin hasat verilerinin parsel bazlı toplanmasında, verim tabanlı tahmin modellerinin üretilmesinde ve doğruluk analizlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır.

Van ili sınırları içerisinde en çok yetiştirilen buğday, arpa, yonca, korunga ve şekerpancarı bitkilerinin ürün desenine ilişkin veriler, 2020 ve 2021 yılları için bu bitkilerin en yeşil oldukları dönemleri ve hasat dönemleri göz önünde bulundurularak toplanmıştır.

Yer gerçeği verilerinin bir bölümü arazi çalışmaları kapsamında küresel konumlama sistemi (GPS) cihazıyla noktasal olarak alınmıştır. Diğer bir bölümü ise Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS)'den ve tarımsal ürün teşviklerinin dağıtılması amacıyla kullanılan ürün desenine ilişkin verileri bünyesinde bulunduran Van Tarım İl Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu veriler, gerçekleştirilen arazi çalışmaları neticesinde elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Böylece elde edilen veri setlerinin birbirleriyle olan uyumları ve tutarlılıkları incelenmiştir. Arazi çalışmaları neticesinde elde edilen yer gerçeği verileri esas alınarak tarımsal ürünlere ait spektral yansıma özellikleri belirlenmiştir.

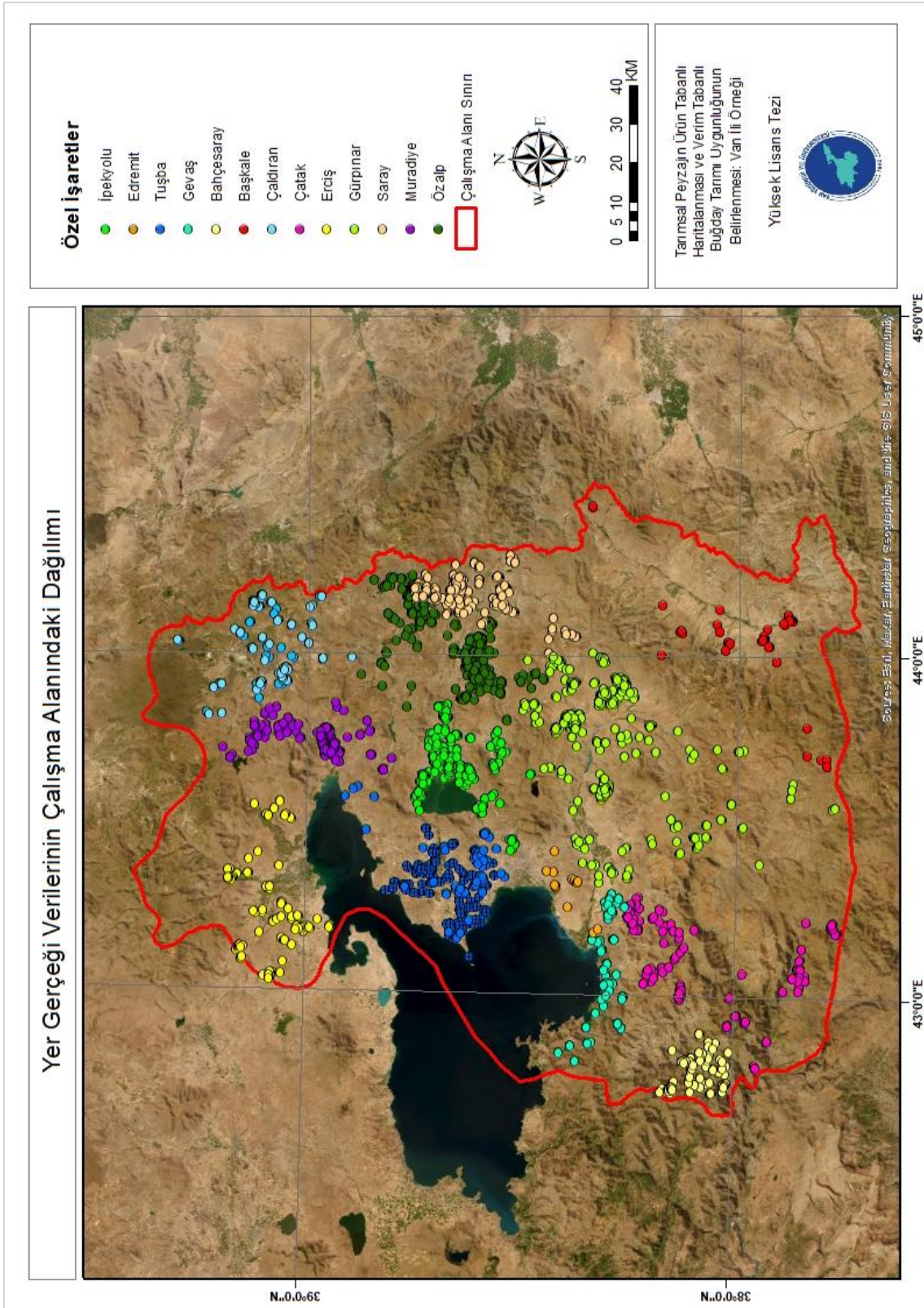
Ayrıca spektral yansıma özellikleri göz önünde bulundurularak Tarım İl Müdürlüğü verilerinin ve ÇKS verilerinin kontrolü yapılmıştır. Bu sayede tarımsal ürünün yer aldığı parseller, eğer spektral özellikler bakımından da arazide ürün varlığının söz konusu olduğu bütün zaman dilimlerinde üzerinde yetişen tarımsal ürünün spektral yansıma değerlerini yansıtmamışsa çalışmaya dahil edilmemiştir.

Çalışma kapsamında, tarımsal ürün deseninin dağılımı ve ürünlerin fenolojik gelişim evreleri dikkate alınarak çalışma alanına dağılmış 2020 yılına ait 840 adet ve 2021 yılına ait 960 adet parsel olmak üzere bir yıl için ortalama 900 adet parselden eğitim verisi ve test verisi toplanmıştır.

Ürün deseninin haritalanmasında ve doğrulanmasında kullanılan yer gerçeği verilerinin çalışma alanındaki dağılımı Şekil 3.2'de detaylı olarak verilmiştir. Ayrıca

verim tabanlı geliştirilen tahmin modelinde kullanarak tarımsal ürün verimliliğini belirlemek üzere parsel bazlı verim verisi de toplanmıştır. Bu amaçla sadece buğday bitkisinin 2021 yılına ait verim verileri toplanmış ve toplamda 41 buğday parselinden kg/da cinsinden verim verisi elde edilmiştir.





Şekil 3.2 Yer gerçeği verilerinin çalışma alanındaki dağılımı

3.1.4 Kullanılan Programlar

Bu çalışmada, verilerin düzenlenmesi, işlenmesi, değerlendirilmesi ve analiz edilmesi gibi işlemlerde birden çok programdan faydalanılmıştır. Bunlar ArcGIS, SNAP, ERDAS IMAGINE, TerrSet ve SPSS programlarıdır. Uydu görüntülerinin geometrik düzeltme işlemlerini kapsayan ön işleme sürecinde SNAP programı kullanılmıştır.

Uygulama ve kontrol verilerinin düzenlenip kullanıma hazır hale getirilmesi, sınıflandırmaya ilişkin sonuçların görsel olarak değerlendirilmesi gibi işlem süreçlerinde ArcGIS programından yararlanılmıştır. Ayrıca uydu görüntülerinden (NDVI), normalize edilmiş fark su indisi (NDWI) ve (SAVI) gibi bitki indislerinin üretilmesi işlemlerinde de ArcGIS programından yararlanılmıştır.

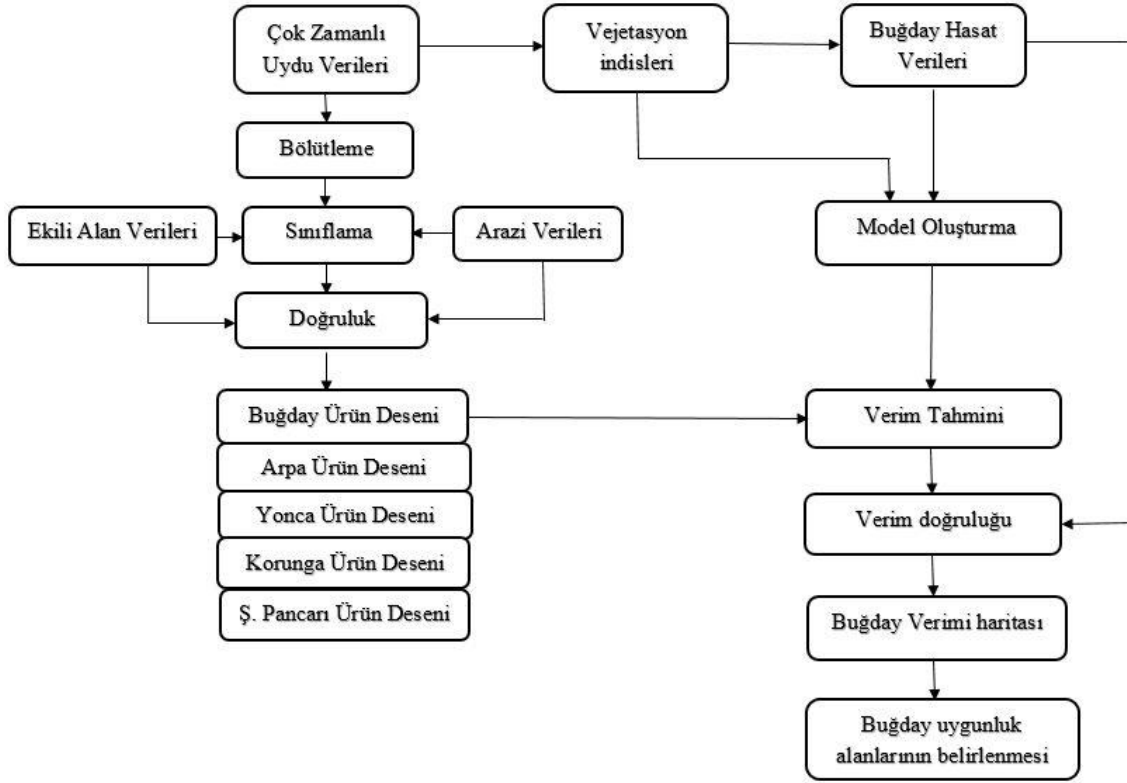
Sınıflamaya ilişkin işlemler ve segmentasyon (bölütleme) işlemleri TerrSet programında gerçekleştirilmiştir. PCA verilerinin elde edilmesi, standart sapma bantlarının oluşturulması ve görüntü kesme işlemleri ise ERDAS IMAGINE programı kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca istatistiksel tabanlı model oluşturma işlemlerinde ve verim analizinde SPSS programından yararlanılmıştır.

3.2 Yöntem

Farklı yöntemlerin ve analizlerin yer aldığı bu çalışma iki ana aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada çok zamanlı uydu verilerinin temin edilmesi ve görüntülerin ön işleme süreci, uydu verilerinden vejetasyon indislerinin üretilmesi, temel bileşenler analizi (PCA), verilerinin ve standart sapma bantlarının oluşturulması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bölütleme, sınıflama işlemleri ve doğruluk analizleri yapılmıştır. Bu aşamada, DVM görüntü sınıflama algoritması kullanılarak obje tabanlı sınıflama yöntemiyle sınıflama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sınıflama sonrası, sınıflama doğruluğunun hesaplanması amacıyla belirlenen ekili alan verileri ve arazi verileri kullanılarak doğruluk analizleri yapılmıştır. Doğruluk analizleri sonrasında buğday, arpa, yonca, korunga ve şekerpancarı bitkilerinin ürün deseni ve alansal ürün miktarları belirlenmiştir. Böylece çalışmanın ilk aşaması tamamlanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise sınıflama sonrası elde edilen veriler kullanılarak buğday bitkisinin verim tahmininin yapılması için bir verim tahmin modeli

geliştirilmiştir. Bu modelle buğday verim tahmini yapılmış, sonrasında verim doğruluğu test edilmiştir. Ayrıca buğday verim haritaları oluşturularak bölgesel Şekilde buğday uygunluk alanları belirlenmiştir.



Şekil 3.3 Yöntem genel akış şeması

Çalışmada sınıflama işlemi aşamasında, vejetasyon indisi olarak literatürde sıkça kullanılan, diğer vejetasyon indislerine göre daha yaygın ve basit bir kullanımı olan NDVI indisi kullanılmıştır.

NDVI yönteminde, yakın ve görünür bölgelerin ölçütü olan yakın kızılötesi bant ile kırmızı bant arasındaki matematiksel farkın, bu iki bantın toplamına oranlanmasıyla normalize edilmiş bitki indisi fark değerleri elde edilmektedir. NDVI değerleri, eşitlik 3.1’de verilen formülle hesaplanmaktadır.

$$NDVI = \frac{NIR - Kırmızı}{NIR + Kırmızı} \quad (3.1)$$

Buradaki eşitlikte, NIR Sentinel-2B yakın kızılötesi bandını ve kırmızı ise Sentinel-2B kırmızı bandını ifade etmektedir.

Bayram vd. (2018), gerçekleştirdiği çalışmalar neticesinde NDVI yöntemiyle elde edilen değerlerin -1,0 ile +1,0 aralığında değişkenlik gösterdiğini, +1,0 ve +1,0 'e yaklaşan indis değerlerinin bitki örtüsündeki artan canlılığı ifade ettiğini, -1,0 ve -1,0'e yaklaşan indis değerlerinin ise ilgili alanda kesinlikle bitki varlığının bulunmadığına işaret ettiğini belirtmiştir. Ayrıca NDVI yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen değerlendirmelerde yerleşim yerleri, sanayi bölgeleri ve yollar gibi insan yapımı doğal olmayan alanlar ile nehir ve göl gibi su yüzeylerinin bitki indekslerine ilişkin değerlerinin çok düşük olduğunu belirtmiştir. Bu açıdan NDVI, tarımsal ürün desenin net bir şekilde belirlenmesinde ve yorumlanmasında oldukça etkili ve kullanışlı bir yöntemdir.

3.2.1 Eğitim ve Test Verilerinin Oluşturulması

Eğitim ve test veri setlerinin belirlenebilmesi amacıyla, öncelikle arazi çalışmalarının gerçekleştirilmesi ve sonrasında tarımsal ürün çeşitliliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Çalışma alanındaki mevcut tarımsal ürün çeşitliliğinin bir kısmı arazi çalışmaları neticesinde, bir kısmı da Tarım İl Müdürlüğü'nün gerçekleştirdiği arazi çalışmaları neticesinde elde etmiş olduğu yer gerçeği verileri kullanılarak tespit edilmiştir. Bu aşama sonrası elde edilmiş veriler kullanılarak eğitim ve test veri setleri oluşturulmuş olup bu verilere ek olarak ÇKS verileri de kullanılarak arazi sınıfları tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalar neticesinde çalışma sahasında, buğday, arpa, yonca, korunga ve şeker pancarı ürünlerinin yoğun olarak bulunduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra çalışma alanındaki bazı tarım parsellerinde birden fazla tarımsal ürünün ekiminin ve hasadının yapıldığı belirlenmiştir. Bu özellikteki parseller, üzerinde bulunan tarımsal ürün deseni sınırları belirlenip vektörel olarak çizimleri gerçekleştirilerek mevcut parsellerden ayrılmıştır. Ürün desenine göre oluşturulan bu parseller sınıflama işlemine dahil edilmiştir.

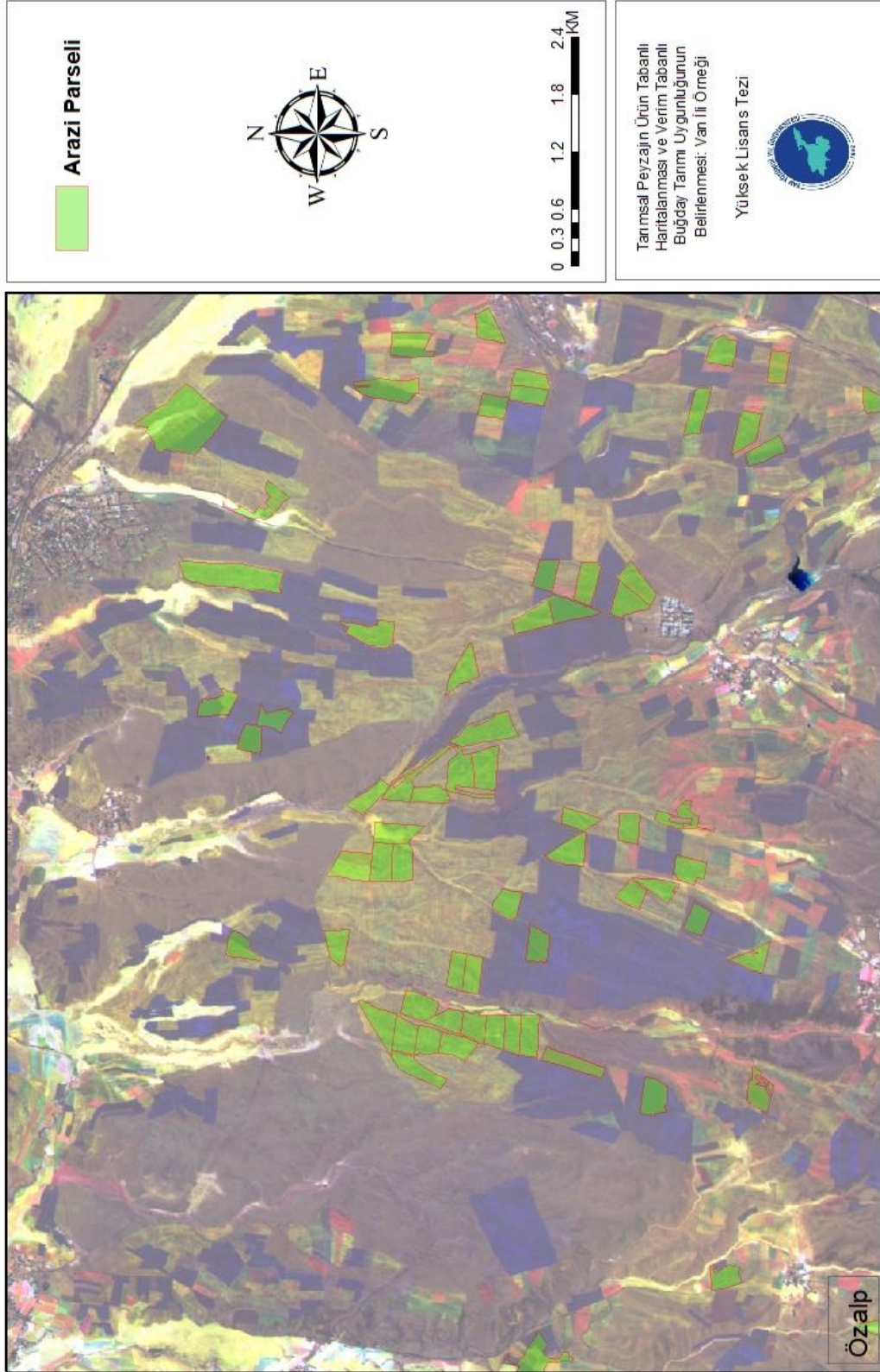
Çalışmadaki, bölütleme işlemi neticesinde elde edilen bölütlere ait özelliklerin eğitim ve test veri setlerine dahil edilebilmesi amacıyla kapalı alan (poligon) veri formatında bulunan tarımsal ürün parselleri noktasal veri şekline dönüştürülmüştür. Bu

amaçla çalışmaya dahil edilen her parselin tam merkezi noktasal olarak işaretlenmiştir. Bölütleme işlemi tamamlandıktan sonra yüz ölçümü bakımından daha büyük olan tarımsal ürün parsellerinin içerisinde birden fazla bölütün oluştuğu görülmüştür. Oluşan bu bölütlerinde eğitim ve test veri setlerine dahil edilebilmesi amacıyla merkezleri noktasal olarak işaretlenmiştir. Çalışmada kullanılan eğitim ve test verilerinin sayısı Çizelge 3.4’de verilmiştir. Çalışma alanın bir bölümündeki yer gerçeği verilerinin dağılımı Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’de gösterilmiştir.

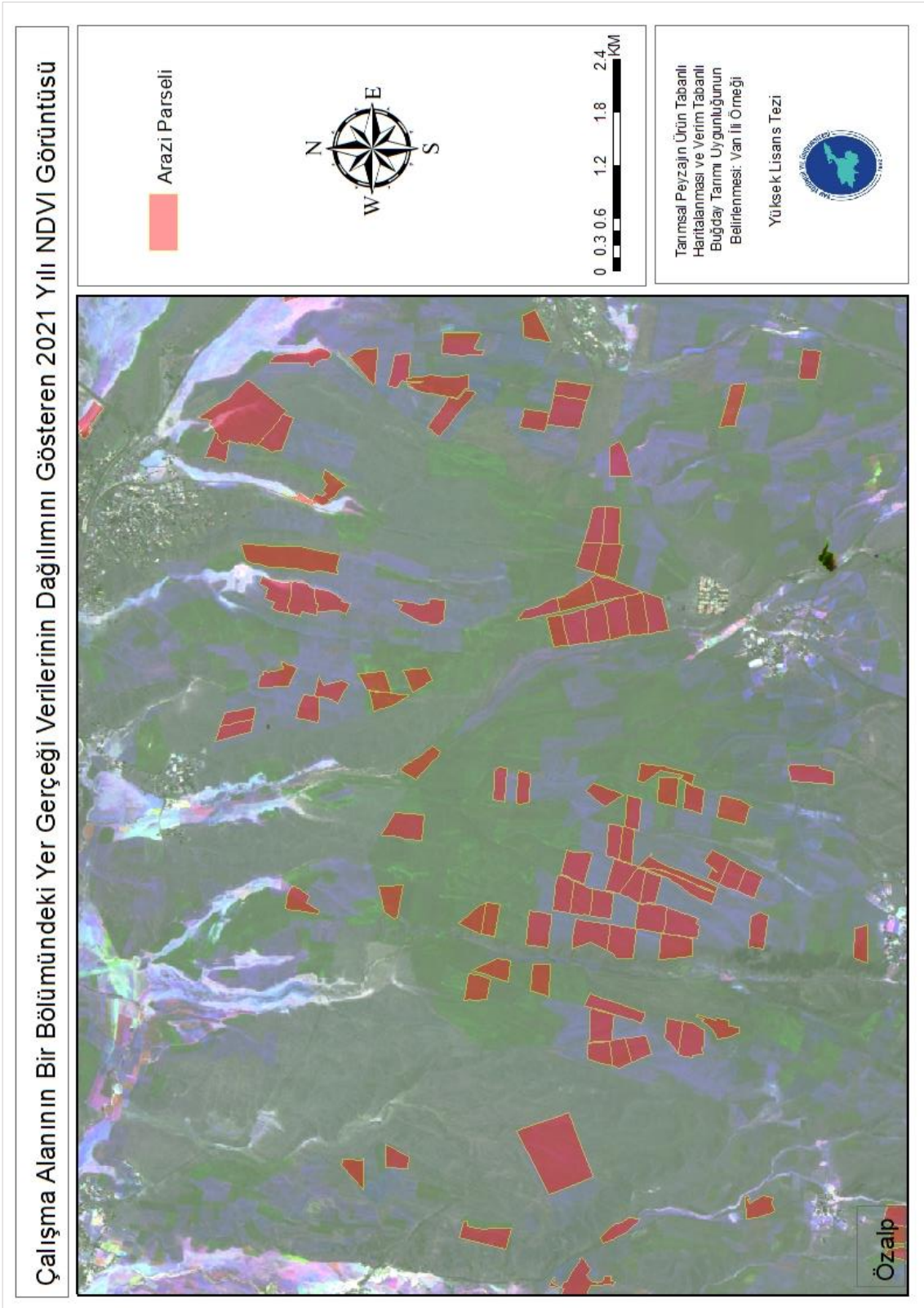
Çizelge 3.4 Çalışma alanında kullanılan eğitim ve test verileri

Sınıflar	Eğitim Verisi	Test verisi	Eğitim Verisi	Test verisi
	sayısı 2020	sayısı 2020	sayısı 2021	sayısı 2021
Buğday	188	45	227	59
Yonca	167	30	194	49
Arpa	119	56	123	41
Şekerpancarı	92	28	98	24
Korunga	100	25	103	22
Toplam	666	184	745	195
Genel Toplam		1800		

Çalışma Alanının Bir Bölümündeki Yer Gerçeği Verilerinin Dağılımını Gösteren 2020 Yılı NDVI Görüntüsü



Şekil 3.4 Çalışma alanının bir bölümündeki yer gerçeği verilerinin dağılımını gösteren 2020 yılı NDVI görüntüsü



Şekil 3.5 Çalışma alanının bir bölümündeki yer gerçeği verilerinin dağılımını gösteren 2021 yılı NDVI görüntüsü

3.2.2 Sentinel-2B Verilerinin Ön İşlemleri

Tez çalışmasında, aynı çalışma alanını ve farklı zaman dilimlerini kapsayan çok zamanlı sentinel-2B uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler, kullanıcıların ücretsiz bir şekilde yararlanabildiği USGS adresinden elde edilmiştir. (Anonim, 2022c)

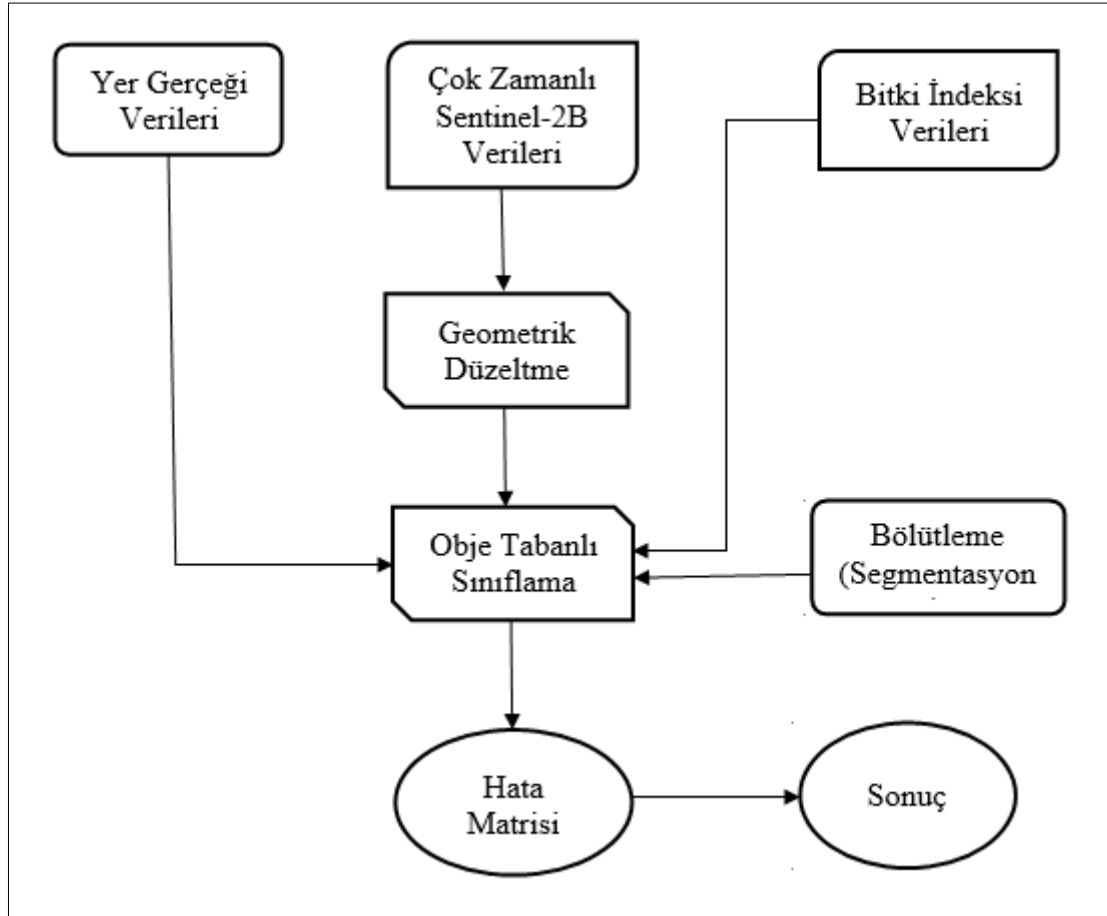
Uydu görüntülerine ait piksellerin, yeryüzündeki yer gerçeği verilerinin mekânsal yansıtımını ve dağılımını doğru bir şekilde ifade etmesi gerekmektedir. Bu sebeple görüntülerin birbirleriyle çakışmasını sağlamak amacıyla uydu verilerine geometrik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Ön işlemlerde, ESA'nın kullanıcı kullanımına ücretsiz bir şekilde sunduğu SNAP programı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm Sentinel-2B uydu veri setlerine uygulanan düzeltme işlemleri UTM, WGS 84 zone 38 projeksiyon sistemi esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3 Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi ve Sınıflama

Tarımsal ürün deseninin belirlenmesi amacıyla ilk aşamada, çalışmada kullanılacak görüntü bantları geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Önceki yıllarda yapılan çalışmalarda, tarımsal ürün deseninin tespitinde 10 m konumsal çözünürlüklü sentinel-2B uydusunun mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızıl ötesi (M, Y, K, YKÖ) görüntü bantlarının, 20m'lik ve 60m'lik konumsal çözünürlüklü diğer görüntü bantlarına göre sınıflandırma doğruluğu açısından daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Csillik ve Belgiu,2017). Bu çalışmada, sentinel-2B'nin M, Y, K, YKÖ (8, 8A) görüntü bantları ve bitki kırmızı eşik (5, 6, 7), Orta kızılötesi-Cirrus(11), Orta kızılötesi (12) görüntü batları birlikte kullanılmıştır. Çalışma alanının çok büyük olmasına bağlı olarak tüm alanı kaplayacak şekilde elde edilmiş olan uydu görüntü sayısı oldukça fazladır. Görüntü sayısının fazlalığı ve konumsal çözünürlüğün yüksek olması verilerin işlenmesini zorlaştırmıştır. Bu sebeple 10m ve 20m konumsal çözünürlüğe sahip bantlar birlikte kullanılmıştır.

Çalışma alanındaki tarımsal ürün deseninin belirlenmesi işleminde kontrollü sınıflandırma teknikleri kullanılmış ve sınıflama piksel tabanlı değil parsel tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Araziden GPS ile toplanan veriler, Tarım İl Müdürlüğü'nden ve ÇKS'den temin edilen yer gerçeği verileri kullanılarak eğitim ve test veri setleri hazırlanmıştır. Bu aşamadan sonra 2020 ve 2021 yıllarını kapsayan çok zamanlı

sentinel-2B veri setleri ile tarımsal ürünlerin en yeşil oldukları dönem ve hasat dönemleri göz önünde bulundurularak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işleminde DVM sınıflama algoritması ve obje tabanlı sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Vejetasyon indisleri ve PCA verileri, yardımcı veriler olarak sınıflandırma işlemine dahil edilmiştir. Böylelikle sınıflandırma işleminin doğruluğu artırılmıştır. Görüntü sınıflama yöntemi akış şeması aşağıda verilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Görüntü sınıflama yöntem akış şeması

Sınıflandırma işleminin ilk aşamasında DVM algoritması kullanılarak obje tabanlı sınıflama yöntemiyle veri setleri sınıflandırılmıştır. Sınıflama işlemi gerçekleştirildikten sonra hata matrisleri yardımıyla doğruluk analizleri yapılmış ve bu böylelikle doğruluk değerleri elde edilmiştir. DVM sınıflandırıcısı, sınıflama ve regresyon temellinde karşılaşılan sorunların çözümlenebilmesi için ilk defa 1995 senesinde Rus bilim insanı Vapnik tarafından ileri sürülmüştür. Uzaktan algılama bilimi

kapsamında gerçekleştirilen ilk uygulama örnekleri 1990'lı senelerin sonlarına doğru görülmektedir (Shao ve Lunetta, 2012)Uzaktan algılamada DVM sınıflandırma yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen ilk bilimsel temelli uygulamada hiperspektral uydu veri setlerinin sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Bu alanda yürütülen çalışmalara, çok bantlı uydu veri setlerinin sınıflandırma işlemlerinin gerçekleştirilmesiyle devam edilmiştir (Gualtieri ve Cromp, 1998; Huang ve Davis, 2002)

DVM, istatistik tabanlı öğrenme yöntemini esas almakta olup yapısal riski en aza indirme kuramına göre çalışan yani sınıflama neticesinde beklenen hata üst sınırını minimize ederek doğru sınıflama ihtimalini maksimum düzeye çıkaracak çözümler geliştirmeyi amaçlayan, parametrik olmayan kontrollü bir sınıflama yöntemidir. DVM iki veri grubunun optimum şekilde birbirinden ayrışmasını sağlayacak hiper düzlemin oluşturulması temeli üzerine inşa edilmiştir. Matematiksel algoritmalarından meydana gelen DVM yöntemi, ilk aşamada, doğrusal yapıdaki iki veri grubunun sınıflandırılması noktasında karşılaşılan sorunların çözümlenebilmesi amacıyla ortaya konmuştur. Ancak çoklu ve doğrusal yapıda olmayan veri gruplarının sınıflandırılması konusunda ortaya çıkan ihtiyaçlar neticesinde bu yöntem geliştirilerek daha genel bir hale getirilmiştir (Vapnik, 1995).

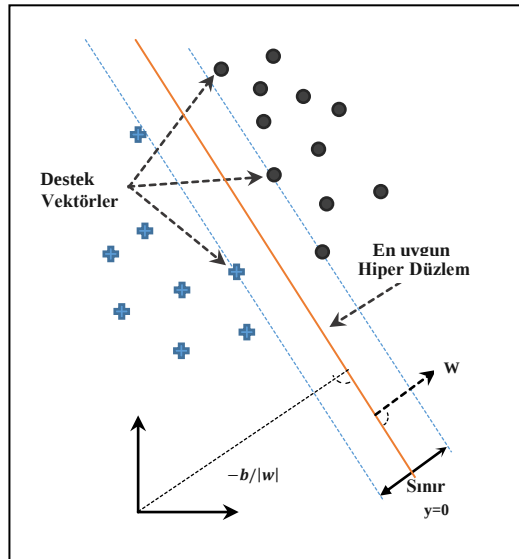
Matematiksel bir algoritmaya sahip olan DVM, sınıflandırma çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. DVM, az sayıdaki veri setleri ile sağlıklı bir şekilde çalışabilmektedir ve aynı zamanda veri setinde yer almayan noksan verilere karşı direnç gösteren bir yapıya sahiptir. DVM'nin sahip olduğu algoritmanın dezavantajlı yönlerinden biri girdi değişkenlerine ihtiyaç duymasıdır. Ancak algoritmanın eğitim verilerine olan bağımlılığının daha az olması bu algoritmanın önemli bir avantajı olarak karşımıza çıkmaktadır(Gomez vd.,2016).

Verilerin bir hiper düzlem ekseninde ayrılabilmesi başka bir deyişle bir hiper düzlemin oluşturulması, ağırlık ve girdi değişkenlerinin vektör olarak tanımlanabilmesine bağlıdır. DVM, iki veri sınıfı arasında maksimum aralığı oluşturarak bu iki veri sınıfını birbirinden ayıran, en uygun düzlemi tespit ederek sınıflandırma işlemi yapmaktadır (Şekil 3.7). Bu veri sınıflarını birbirinden ayıran söz konusu en uygun hiper düzlem yani optimum karar fonksiyonun kestirimi, eşitlik 3.2'de verilen matematik denklemle ifade edilmektedir. En uygun hiper düzlemin oluşturulması, kendisine paralel olan ve sınırların genişliğini belirleyen iki hiper

düzlemin belirlenmesine bağlıdır (Şekil 3.7). Bu düzleme en yakın olan ve sınır aralığını sınırlayan noktalara destek vektörleri denilmektedir. Destek vektörleri Eşitlik 3.3’de verilen denklemlerle ifade edilmektedir. Bir hiper düzlem ise Eşitlik 3.2’de verilen denklemlerle tanımlanır.

$$w \cdot x_i + b = 0 \quad (3.2)$$

$$w \cdot x_i + b = \pm 1 \quad (3.3)$$



Şekil 3.7 DVM sınıflandırıcısının yapısı ve en uygun hiper düzlem

DVM ile gerçekleştirilen sınıflandırma işlemlerinde veri kümelerinin bazıları doğrusal bir yapıya sahip olup bu şekilde ayrılabilirken bazı veri kümeleri de doğrusal olarak ayrılamamaktadır. Doğrusal bir yapıya sahip veri kümeleri rahatlıkla sınıflandırılabilmekte ve optimum karar fonksiyonun tahmini yani veri kümelerini ayıran en uygun hiper düzlemin belirlenmesi son derece kolaydır. Bunun yanı sıra uzaktan algılama yöntemleriyle elde edilen ancak doğrusal bir yapıya sahip olmayan görüntü veri setlerinin ve buna benzer birçok veri setinin sınıflandırılması işleminde bu veri setlerinin doğrusal şekilde ayrımı yapılamamaktadır.

İki veri kümesinin doğrusal bir şekilde birbirinden ayrılabilirdiği ve DVM sınıflandırıcısının kullanıldığı bir sınıflandırma işleminde (k) kadar örneklemin esas alındığı veri kümesi $\{x_i, y_i\}$, $i = 1, \dots, k$ olduğu varsayılırsa, iki sınıflı bir veri kümesini doğrusal olarak ayırabilen en uygun hiper düzlem aşağıda verilen eşitsizliklerle tanımlanır.

$$w \cdot x_i + b \geq +1 \text{ her } y = +1 \text{ için} \quad (3.4)$$

$$w \cdot x_i + b \leq -1 \text{ her } y = -1 \text{ için} \quad (3.5)$$

Bu iki eşitsizlik bir bütün olarak şu şekilde yazılabilir,

$$y_i \cdot (w \cdot x_i + b) - 1 \geq 0, y_i \in \{1, -1\} \quad (3.6)$$

Eşitlik 3.6'da verilen denklem $x \in R^N$ olup N boyutlu bir uzayı, $y \in \{-1, +1\}$ ise sınıf etiketlerini, w hiper düzlemin normali olarak da ifade edilen ağırlık vektörünü, x_i hiperdüzlem üzerindeki noktayı ve b ise en uygun hiper düzlemin orjine olan mesafesini başka bir deyişle eğilim değerini temsil etmektedir. Sonuç olarak, doğrusal bir şekilde ayrılabilen iki veri setinin karar fonksiyonu eşitlik 3.7' de verilen denklemle ifade edilir (Osuna vd., 1997).

$$f(x) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^k \lambda_i y_i (x \cdot x_i) + b \right) \quad (3.7)$$

Bu denklemde yer alan λ_i , $i=1, 2, \dots, k$ Lagrange çarpanlarını ifade etmektedir.

Matematiksel bir algoritmaya sahip olan DVM sınıflandırıcısı, Kernel fonksiyonunu kullanarak doğrusal olmayan dönüşümler gerçekleştirebilmektedir. Böylelikle doğrusal olarak ayrılması mümkün olmayan veri kümelerini yüksek boyutlu bir uzaya aktararak, bu verilerin doğrusal olarak ve daha kolay bir şekilde ayrılmasını sağlamaktadır (Osuna vd., 1997).

Özetle, doğrusal olmayan veri kümelerinin ayrılması problemlerinde karar fonksiyonu, Kernel fonksiyonları (eşitlik 3.8) yardımıyla, eşitlik 3.9'da verilen denklemle belirlenmektedir.

$$K(x_i x_j) = \varphi(x) \cdot \varphi(x_j) \quad (3.8)$$

$$f(x) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^k \alpha_i y_i K(x_i x_j) + b \right) \quad (3.9)$$

İkinci aşamada, hata matrisleri kullanılarak doğruluk oranı yüksek olan sınıflar ile doğruluk oranları düşük olan sınıflar tespit edilmiştir.

Sınıflandırma işleminin son aşamasında ise obje tabanlı sınıflandırma metodu kullanılmıştır. Obje tabanlı sınıflandırma metodu, benzer özellikteki pikselleri bir araya getirip bir bütün oluşturarak meydana gelen görüntü objelerini sınıflandırır. Tarım alanları, yerleşim yerleri ve yol gibi belirgin bir geometrisi ve bütünlüğü olan alanların sınıflandırılmasında, görüntü piksellerinden kaynaklı hataların düzeltilmesinde oldukça başarılı sonuçların elde edildiği bilinen bir sınıflandırma yöntemidir (Şatır ve Berberoğlu, 2012). Obje tabanlı sınıflandırma yöntemi, arazinin yapısını, şekline ilişkin geometrisini, dokusunu ve yansıma karakteristiğini göz önünde bulundurarak komşu piksellerin bir anlam ifade edecek alanlar şeklinde gruplandırılması ve gruplandırma işlemi gerçekleştirilmiş bu alanları sınıflamanın en küçük unsuruna dönüştürme esasına göre çalışan bir sınıflama yaklaşımıdır (Berberoğlu vd., 2000). Bu nedenle bu çalışmada sınıflandırma işlemi parsel tabanlı olarak yapılmıştır.

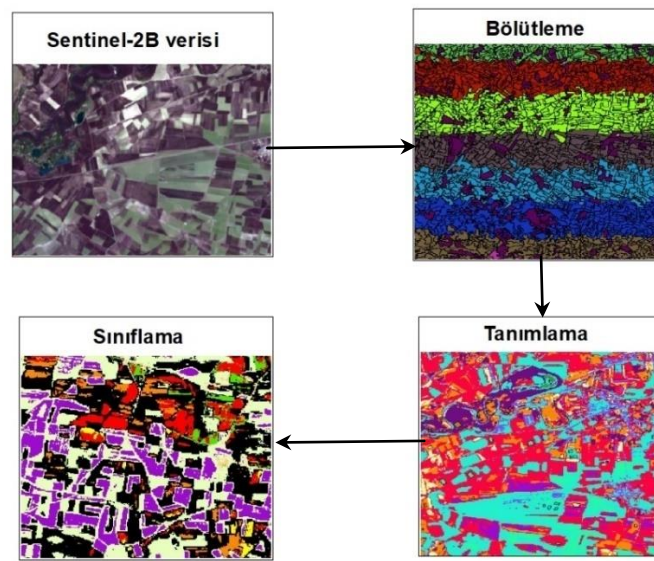
3.2.4 Görüntü Segmentasyonu

Obje tabanlı sınıflandırma yaklaşımı, piksel tabanlı sınıflandırma işlemlerinde görüntüye özgü doku bilgilerinin yer almaması nedeniyle bu anlamda yaşanan gereksinimden kaynaklı olarak ortaya çıkmıştır (Blaschke ve Strobl, 2001). Obje tabanlı sınıflandırma yöntemlerinde, pikseller kullanılmaz. Bunun yerine spektral özelliklerle beraber nesnelerin doku, şekil ve yapılarına ilişkin karakteristik özellikler kullanılarak sınıflama yapılır. En çok tercih edilen yöntemlerden biri olan obje tabanlı sınıflandırma

yönteminin en önemli işlem adımı ve ilk aşaması görüntü segmentasyonu (bölütleme)'dir.

Objeye tabanlı sınıflama yöntemi bölütleme, tanımlama ve sınıflama olmak üzere üç temel işlem adımından oluşur (Şekil 3.8). Bölütleme işleminin, en önemli üç parametresi ölçek, kompaktlık ve şekildir. Bu üç parametre, görüntü objelerinin her birinin niteliğini belirlemektedir. Bir objede bulunan minimum piksel sayısını ölçek parametresi, oluşacak her bir objeye ait görüntüdeki şekil bütünlüğünü şekil parametresi ve her bir objenin belirlenmesi aşamasında yansıma ile ilişkili farklılıkların hassasiyetini kompaktlık parametresi belirler. Bu parametreler, her çalışmaya göre değişkenlik göstermekte olup kompaktlık kullanıcının çalışma alanında belirlemiş olduğu bir bölgeden örneklem yaparak elde ettiği değerlere göre tecrübe edilerek belirlenebilir (Şatır ve Berberoğlu, 2012). Söz konusu parametreler, bölütleme işleminden başarılı sonuçların elde edilebilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu sebeple bölütleme işlemi için optimum parametre değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada bölütleme işlemi, TerrSet programı ve çoklu çözünürlük bölütleme algoritması kullanılarak yapılmıştır. Bu işlemde her bir görüntü pikseli nesne şeklinde belirlendikten sonra birbirini tekrar eden işlem adımlarıyla birleştirilir Söz konusu birleşme işlemi kriteri, boyutsal özelliklerine göre ölçülendirilen objelerin homojenliğini en üst seviyeye çıkarır (Benz vd., 2004).



Şekil 3.8 Objeye tabanlı sınıflama sistemi

3.2.5 Tarımsal Ürün Verimliliğinin Belirlenmesi

Çalışma alanında en çok yetiştirilen tarımsal ürünlerin başında buğday, arpa, yonca, korunga ve şeker pancarı gelmektedir. İklimle ilişkili analizlerde daha kullanılabilir olması, sulama işlemine ihtiyaç duymaması ve geçmiş yıllarda oldukça fazla sayıda akademik çalışmanın yapılmış olması sebebiyle uygun verim tahmin modelinin oluşturulması ve uygunluk derecelerinin belirlenmesi çalışmalarında buğday bitkisi örnek bitki olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada söz konusu tarımsal ürünlerden buğday bitkisinin 2021 yılına ait ürün veriminin ve buğday uygunluk alanlarının belirlenmesi ayrıca uygun verim tahmin modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Tarım İl Müdürlüğü'nden, 2021 yılında buğday bitkisinin yetiştirilmiş olduğu toplam 41 buğday parselinin her birinden kg/da cinsinden parsel bazlı verim verisi toplanmıştır. Bu verilerin, çalışma sahası içerisindeki verimi yüksek bölgeler ile verimi düşük bölgelerden homojen olarak elde edilmiş olunmasına özen gösterilmiştir.

Tarımsal ürün verimliliğinin ve verim tahminlerine ilişkin yöntemin belirlenebilmesi amacıyla parametrik temelli bir yaklaşım esas alınmıştır. Parametrik yaklaşım, istatistik temelli oluşturulmuş tahmin modellerinin kullanılması neticesinde ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda çalışma sahasındaki buğday bitkisinin verim tahmini için parametrik bir verim tahmin modeli geliştirilmiştir.

İstatistiğin temel alındığı, tarımsal ürünlerin verimlilik tespitlerinin yapılmasında kullanılan verim tahminine ilişkin parametrik modeller, regresyona dayalı geliştirilmiş modellerdir. Regresyona dayalı bu modeller, Y ve xi değişkenlerinden oluşmaktadır. Y değişkeni bağıl bir değişken olup xi değişkeni ise tahminde kullanılan bağımsız bir değişkendir (Chatterjee ve Price, 1991).

$$Y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_p \cdot x_p \quad (3.10)$$

Eşitlik 3.10'daki b_0 sabit bir değer, b_1 ise indisleri ve yansıma bandını ifade eden x_1 'in katsayısını belirtmektedir. Doğrusal regresyonun kolay uygulanabilirliği, sahip olduğu en büyük avantajdır. Uygulanabilirlik ve güvenilirlik açısından iyi bir yöntem olan çoklu regresyon metodu, tahmine ilişkin bütün değişkenlerin bir arada işleme dahil

edilmesi sebebiyle elde edilen sonuçlara olumsuz bir şekilde etki edebilmektedir (Berberoğlu ve Akın, 2009)

Çoklu regresyon yönteminin söz konusu dezavantajlı durumu göz önünde bulundurularak uygulamadaki bir takım değişkenler Adımsal Regresyon (AR) metodu kullanılarak elimine edilmiştir

AR yöntemi, hali hazırdaki girdi verileriyle bağıl değişkenler arasındaki korelasyonu dikkate alarak, girdileri oluşturan verilerin ihtiyaç duyulmayanlarını filtreler. Bu sayede verim tahmin modelini fazlalıklarından arındırarak optimum hale getirir. Ayrıca meydana gelen sapmaların azaltılmasını sağlayarak verim tabanlı tahmin modelinin daha yüksek doğrulukla çalışmasını sağlamaktadır (Şatır, 2013).

Uzaktan algılama yöntemiyle ve genellikle optik algılayıcılardan sağlanan verilerin kullanılmasıyla elde edilen vejetasyon indisleri, ürün veriminin ve ürünün fenolojik sürecinin tespitine ilişkin gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılmaktadır. Vejetasyon indislerinin bazıları direkt olarak istatistiksel tabanlı modellerde kullanılırken bazıları da mekanik ya da işleme dayalı modellerde altlık olarak kullanılmıştır (Lobell vd., 2003)

Lobell vd. (2002) yılında yaptıkları çalışmayla uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen verilerin ve arazi ölçümleriyle elde edilen vejetasyon verilerinin kullanılarak, buğday yetiştiriciliğinin yapıldığı sahaların ürün verimliliğinin, ürünlerin ekim ve hasat dönemlerinin belirlenebileceğini ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada AR yöntemi kullanılarak geliştirilen verim tahmin modeline NDVI bitki indisinin yanı sıra SAVI ve NDWI olmak üzere üç bitki indisi de dahil edilmiştir. Çalışmada AR yönteminde kullanılan vejetasyon indeksleri bağımsız değişken olarak, verim verileri ise bağıl değişken olarak kullanılmıştır.

NDVI, bitkinin içerdiği klorofil sayısı ile doğru orantılı olup bitkinin sağlıklı olup olmadığına ilişkin bilgi sağlayan bir göstergedir. SAVI, toprak parlaklık değişimleri göz önünde bulundurularak hesaplanmış bir vejetasyon indisidir. NDVI'ya benzeyen bu indiste sabit bir etki katsayısı kullanılarak toprak parlaklık değişimlerinin başka bir ifadeyle toprak yansımalarının neden olduğu sapmalar minimize edilir. NDWI, ise bitkideki su miktarıyla doğru orantılı ilişkiye sahip bir indistir. Bu indis değeri, bitkinin ihtiva ettiği su miktarına göre artış ve azalış göstermektedir. Bu yönüyle NDVI' dan farklılaşarak, yapılacak hesaplamada toprağın meydana getirdiği yansıma

faktörü de göz önünde bulundurulur (Şatır, 2013). SAVI indisi eşitlik 3.11’de verilen denklemle hesaplanmaktadır (Huete, 1988)

$$SAVI = \frac{(1 + L)(NIR - Kırmızı)}{(NIR + Kırmızı + L)} \quad (3.11)$$

Eşitlik 3.11’de verilen denklemde SAVI toprağa göre ayarlanmış bitki örtüsü indisini, NIR Sentinel-2B yakın kızılötesi bandını, kırmızı Sentinel-2B kırmızı bandını, L sabit etki kat sayısını ifade etmektedir.

NDWI indisi de Eşitlik 3.12’de verilen denklemle hesaplanmaktadır (Gao, 1996)

$$NDWI = \frac{(x_{yeşil} - x_{nir})}{(x_{yeşil} + x_{nir})} \quad (3.12)$$

Eşitlik 3.12’de verilen denklemde NDWI normalize edilmiş fark su indisini, NIR Sentinel-2B yakın kızılötesi bandını, kırmızı Sentinel-2B kırmızı bandın ifade etmektedir.

3.2.6 Doğruluk Analizleri

Bu tez çalışmasında doğruluk analizleri, hata matrisi metodu kullanılarak yapılmış genel doğruluk analizlerinin gerçekleştirilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de hata matrisleri yöntemidir. Hata matrisleriyle yapılan doğruluk analizleri parsel tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Hata matrisindeki satır ve sütun sayıları belirlenen sınıf sayısına göre yapılandırılmaktadır. Bu bağlamda b kadar sınıf sayısına sahip bir hata matrisi $b \times b$ boyutunda bir hata matrisi biçiminde ifade edilir. Böyle bir hata matrisinde doğru sınıflandırılmış sınıf değerleri, matrisin iki köşesi arasında diyagonal olarak sıralanmış değerlerle ifade edilirken yanlış sınıflandırılmış sınıf değerleri ise matrisin iki köşesi arasında diyagonal olarak sıralanmış değerlerin dışındaki diğer değerlerle ifade edilmektedir.

Hata matrisleri kullanılarak yapılan hesaplamalarda üretici doğruluğu, kullanıcı doğruluğu ve sınıflama genel doğruluk değeri elde edilmektedir.

Üretici doğruluğu, sınıflandırma işleminde kullanılmak üzere oluşturulmuş test verilerinin doğruluk değerlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılır. Üretici doğruluğunun hesaplanabilmesi için öncelikle her bir ürünün doğru olarak sınıflandırılmış parsellerinin ve bu ürün sınıfına ait eğitim verilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu aşamadan sonra doğru olarak sınıflandırılmış ürün parsellerinin, eğitim verisinde yer alan toplam ürün parseli sayısına bölünmesiyle üretici doğruluğu hesaplanmaktadır. Doğru olarak sınıflandırılmış her bir sınıfa ait ürün parsellerinin, aynı ürün sınıfı ile ilişkili olan toplam ürün parseli sayısına bölünmesiyle de kullanıcı doğruluğu hesaplanmaktadır.

Sınıflandırmada kullanılan yöntemin başarısının belirlenmesinde hata matrisleri kullanılarak sınıflandırmanın genel doğruluğu belirlenmektedir. Sınıflandırma neticesinde elde edilen değerler, hata matrislerinde satır ve sütunlar halinde gösterilir. Sınıflama işlemi doğru yapılmış parsel değerleri, matrisin köşegenleri arasında diyagonal şekilde yer alan elemanlarla ifade edilirken, sınıflama işlemi doğru yapılmayan test verisi olarak belirlenmiş olan parseller ise matrisin bu diyagonal elemanları dışında kalan diğer elemanlarla ifade edilmektedir. Sınıflandırma işlemi doğru yapılmış parsel sayısı, diğer bir ifade ile matrisin diyagonal şekilde sıralanmış elemanlarının toplamı, eğitim verisindeki toplamdaki parsel sayısına bölünerek sınıflandırmanın genel doğruluğu hesaplanmaktadır.

4. BULGULAR

4.1 Uydu Verilerinin Ön İşlemlerinin Yapılması

Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri, çalışmaya konu olan buğday, arpa, yonca, korunga ve şekerpancarı bitkilerinin en yeşil oldukları Mayıs-Haziran dönemleri ile Haziran-Eylül ayları arasındaki hasat zamanları dikkate alınarak 4-5 parça halinde temin edilmiş, konumsal bilgileri tanımlı olmayan ham uydu görüntüleridir. Bu sebeple sınıflandırma işlemi yapılmadan önce geometrik olarak düzeltilmiştir. Bu kapsamda uydu görüntüleri, SNAP programı kullanılarak Universal Transverse Mercator (UTM) projeksiyonuna göre ve WGS84 datumunda tanımlanarak geometrik olarak düzeltilmiştir.

Geometrik düzeltme işlemi gerçekleştirildikten sonra uydu görüntülerine ait bantları tek bir raster görüntü halinde birleştirmek için layer stack (bant birleştirme) işlemi yapılmıştır. Sonrasında uydu görüntülerini bir bütün olarak tek bir görüntü haline getirmek için her bir uydu görüntüsü histogram eşleştirme işlemi yapılarak bindirmeli olarak birleştirilip mozaikleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bir bütün haline getirilen uydu görüntüleri çalışma alanı olan Van ilinin idari sınırlarına göre kesilmiştir. Bu işlemin ardından yüksek oranda birbiriyle korelasyon içerisinde olan değişkenleri bir veri kümesi çatısı altında toplayarak, verilerde en çok varyasyonu meydana getiren daha az sayıda bir yapay değişken veri setini oluşturmak için PCA görüntüleri üretilmiştir. Bu amaçla buğdayın en yeşil olduğu döneme ait olan NDVI görüntülerinden raster formattaki PCA görüntüleri elde edilmiştir. Ayrıca NDVI verilerinin standart sapmalı da alınarak aradaki değişkenliklere göre ürün sınıflamasında fark yaratabilecek bir veri de sınıflamaya dahil edilmiştir. Buradaki amaç, farklı zamanlarda değişkenlik gösteren ürünlerin birbirlerinden ayrılmasını sağlamak ve sınıflama doğruluğunu arttırmaktır.

Birleştirme ve kesme işlemi tamamlanmış görüntülerin yanı sıra sınıflama işleminden elde edilecek görüntü çözünürlüklerinin daha yüksek kalitede olması ve sınıflandırma işleminin doğruluğunun artırılması amacıyla görüntülerden elde edilen vejetasyon indisleri (NDVI), PCA verileri ve standart sapma bantları yardımcı veriler olarak sınıflama işlemine dahil edilmiştir. Bütün bu işlemler 2020 ve 2021 yılına ait tüm uydu görüntüleri için gerçekleştirilmiştir. Böylece bütün uydu görüntüleri, sınıflama işlemi için uygun hale getirilmiştir.

4.2 Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi ve Arazi Örtüsü/Kullanımlarının Haritalanması

2020 ve 2021 yıllarında çalışma bölgesindeki ürün desenini ve arazi örtüsünü belirlemek amacıyla sınıflama işlemi yapılmıştır. Sınıflama neticesinde elde edilen sınıflama verileri, çalışma alanında üretimi en çok yapılan tarım ürünlerinin ve dağılımlarının tespit edilmesinde, ürün deseninin ve arazi örtüsünün haritalanmasında ayrıca verim tabanlı tahmin modelinin geliştirilmesinde ve bu model yardımıyla verim tahmininin yapılmasında kullanılmıştır.

Çalışma alanında birden fazla tarımsal ürün yetiştirilmekte olup bu ürünler tarımsal ürün deseni açısından bölgesel olarak farklılık göstermektedir. Aynı zamanda ürünlerin en yeşil oldukları dönemler ile hasat dönemleri de farklılık göstermektedir. Bu nedenlerden dolayı tarımsal ürün desenini belirlemek için yapılan sınıflama işleminde çok zamanlı uydu görüntüleri kullanılmıştır. Böylelikle farklı zaman dilimlerine ait uydu görüntülerinin karşılaştırılmasıyla daha sağlıklı bir sınıflama işlemi gerçekleştirilmiş ve daha güvenilir sınıflama sonuçları elde edilmiştir.

Sınıflama işlemi öncesinde bölütleme işlemi yapılmıştır. Bu işlemde, en küçük piksel grubu boyutu 20, karmaşıklık 0.6 ve şekil, 0.5 değerleri kullanılarak, yansıma bantlarının tekstür özellikleri de dahil edilip, arazi uygun segmentlere ayrılmıştır. Bu işlemde, en uygun bölütleme parametreleri küçük bir alan temel alınarak belirlenmiştir. Her bir yıl için ayrı bölütlemeler yapılmıştır. Bütün alanda yaklaşık 200.000 civarında bölüt tanımlanmıştır.

4.3 2020 Yılı için Ürün Deseninin Belirlenmesi ve Arazi Örtüsünün Haritalanması

2020 yılına ait tarımsal ürün desenini belirlemek amacıyla DVM sınıflama algoritması kullanılarak obje tabanlı sınıflama işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflamada 31 Mayıs, 25 Haziran ve 28 Eylül tarihlerine ait sentinel-2B uydu veri setleri kullanılmıştır. Sınıflamada kullanılan uydu görüntülerinin, çalışma alanında yetiştirilen tarım ürünlerinin en yeşil oldukları zaman dilimlerini ve hasat zamanlarını kapsayan çok zamanlı uydu görüntülerden oluşmasına dikkat edilmiştir.

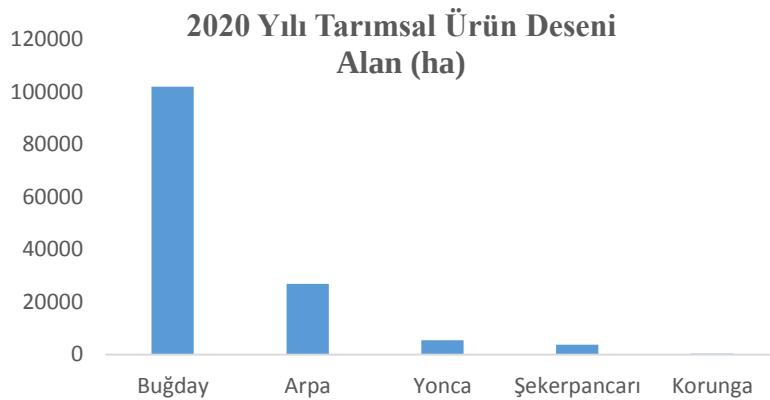
Sınıflama sonucunda, 2020 yılı için üretimi en çok tercih edilen beş tarım bitkisinin alansal olarak yayılma durumuna göre ürün desenini ve arazi örtüsünü gösteren sınıflama haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.3).

Sınıflama doğruluğunu belirlemek amacıyla, her bir tarım ürünü için rastgele şekilde belirlenen en az 25 adet olmak üzere toplamda 184 adet referans noktası ile arazi verisi kıyaslanmıştır (Çizelge 4.1). 2020 yılı için arazi örtüsünü ve arazi kullanımlarını belirlemek için yapılan sınıflamanın genel doğruluğu 0.79 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1 2020 yılı DVM obje tabanlı sınıflama sonucu doğrulukları

Sınıflar	Üretici doğruluğu	Kullanıcı doğruluğu
Buğday	% 73	% 89
Yonca	% 93	% 73
Arpa	% 71	% 80
Şekerpancarı	% 100	% 76
Korunga	% 100	% 68
Genel Doğruluk	% 79	

Sınıflama neticesinde elde edilen ürün desenine göre 2020 yılı için alansal bakımdan yetiştiriciliği en çok yapılan birinci tarım ürününün buğday olduğu, ikinci ürünün arpa olduğu, üçüncü ürünün yonca olduğu ve dördüncü ürünün ise şekerpancarı olduğu tespit edilmiştir. Üretimi en az yapılan tarım ürününün ise korunga olduğu görülmüştür. Çalışma bölgesinde 2020 yılında üretimi en çok tercih edilen beş tarım bitkisinin alansal olarak yayılma durumunu gösteren ürün deseni grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir

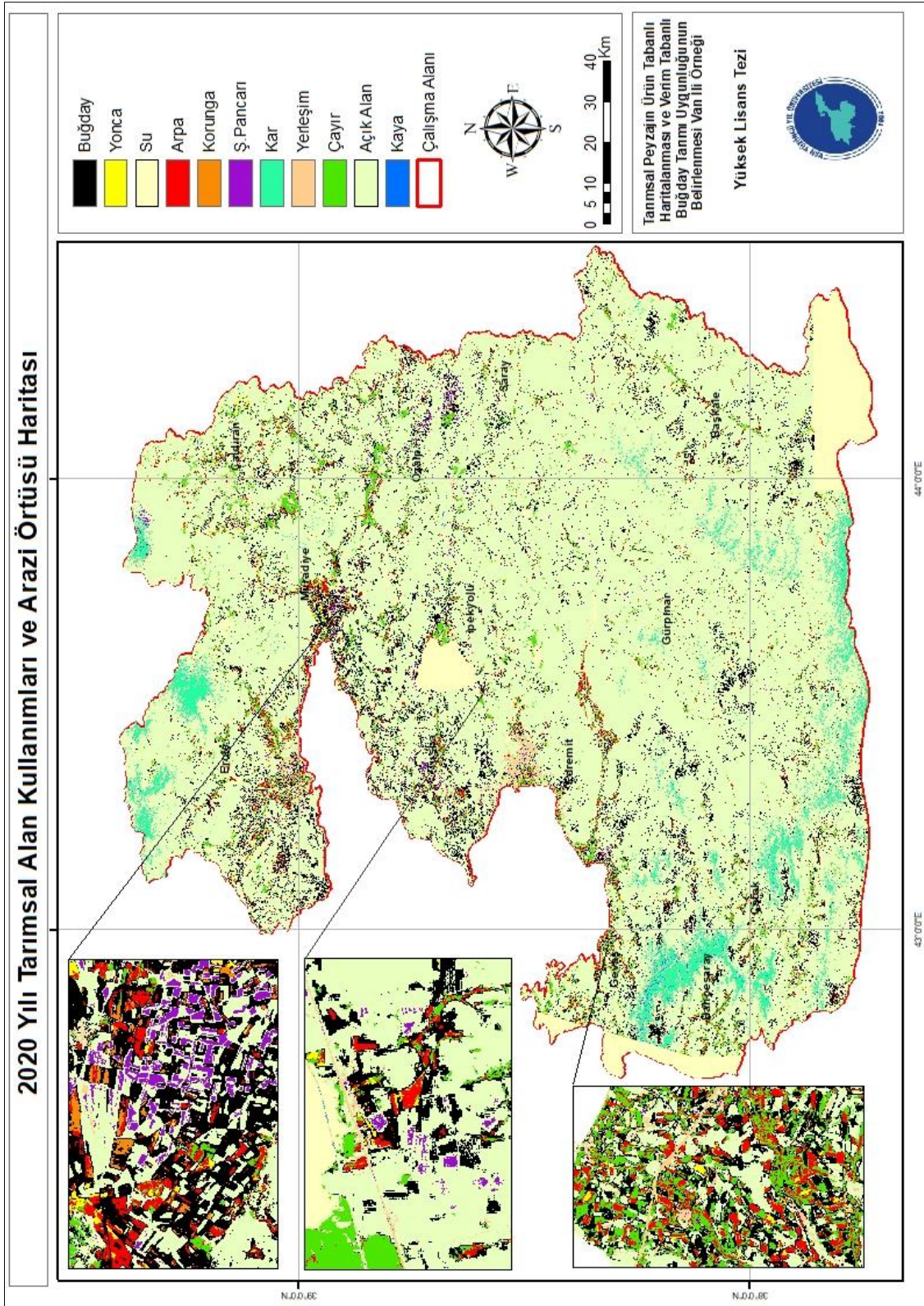


Şekil 4.1 2020 yılı tarımsal ürün deseni alansal grafiği

Gerçekleştirilen sınıflamada buğday bitkisinin en fazla açık alanla, arpa bitkisinin ise en fazla buğday bitkisiyle, kısmen de yonca bitkileriyle ve açık alanla karıştığı görülmüştür. Ayrıca yonca bitkisinin en çok buğday ve arpa bitkileriyle kısmen de açık alan ve çayırda, korunga bitkisinin en fazla buğday ve arpa bitkileriyle, şekerpancarı bitkisinin ise en çok açık alan ile kısmen de yonca ve buğday bitkileriyle, karıştığı görülmüştür (Şekil 4.2).

Sınıflar	Buğday	Arpa	Yonca	Şeker pancarı	Korunga	Açık alan	Çayır	Yerleşim yeri	Üretici doğruluğu	Kullanıcı doğruluğu	Kappa doğruluğu
Buğday	40	-	-	-	-	5	-	-	73%	89%	
Arpa	4	24	1	-	-	-	1	-	71%	80%	
Yonca	6	5	41	-	-	2	2	-	93%	73%	
Korunga	4	5	-	19	-	-	-	-	100%	68%	
Şeker pancarı	1	-	2	-	19	3	-	-	100%	76%	
Genel Doğruluk									79%		

Şekil 4.2 2020 Sınıflama hata matrisi (tarımsal ürünlere odaklı tanımlanmıştır)



Şekil 4.3 2020 yılı tarımsal alan kullanımları ve arazi örtüsü haritası

4.4 2021 Yılı İçin Ürün Deseninin Belirlenmesi ve Arazi Örtüsünün Haritalanması

2020 yılında kullanılan sınıflama yöntemi, 2021 yılındaki tarımsal ürün desenini tespit etmek, tarımsal ürün yetiştiriciliğindeki tercihleri ortaya koymak ve ürün deseni haritası oluşturmak içinde kullanılmıştır. Sınıflamada 31 Mayıs, 3 Haziran, 25 Haziran, 5 Temmuz, 25 Temmuz ve 28 Eylül tarihlerine ait sentinel-2B uydu veri setleri kullanılmıştır. Sınıflamada kullanılan uydu görüntüleri, çalışma alanında yetiştirilen tarım ürünlerinin en yeşil oldukları zaman dilimlerini ve hasat zamanlarını kapsayan çok zamanlı uydu görüntülerden oluşmasına dikkat edilmiştir. Sınıflama sonucunda, 2021 yılı için üretimi en çok tercih edilen beş tarım bitkisinin alansal olarak yayılma durumuna göre ürün desenini ve arazi örtüsünü gösteren sınıflama haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.6).

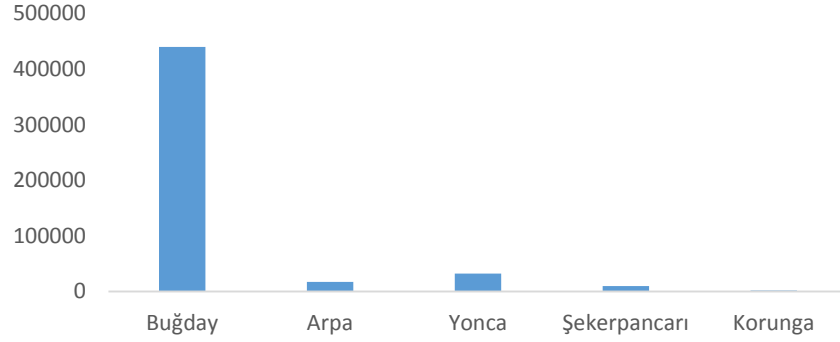
Sınıflama doğruluğunu belirlemek amacıyla, her bir tarım ürünü için rastgele şekilde belirlenen en az 22 adet olmak üzere toplamda 195 adet referans noktası ile arazi verisi kıyaslanmıştır (Çizelge 4.2). 2021 yılı için arazi örtüsünü ve arazi kullanımlarını belirlemek için yapılan sınıflamanın genel doğruluğu 0.83 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2 2021 yılı DVM obje tabanlı sınıflama sonucu doğrulukları

Sınıflar	Üretici doğruluğu	Kullanıcı doğruluğu
Buğday	% 79	% 90
Yonca	% 92	% 80
Arpa	% 97	% 71
Şekerpancarı	% 100	% 86
Korunga	% 100	% 83
Genel Doğruluk	% 83	

Sınıflama neticesinde elde edilen ürün desenine göre 2021 yılı için alansal bakımdan yetiştiriciliği en çok yapılan birinci tarım ürününün buğday olduğu, ikinci ürünün yonca olduğu, üçüncü ürünün arpa olduğu ve dördüncü ürünün ise şekerpancarı olduğu tespit edilmiştir. Üretimi en az yapılan tarım ürününün ise korunga olduğu görülmüştür. Çalışma bölgesinde 2021 yılında üretimi en çok tercih edilen beş tarım bitkisinin alansal olarak yayılma durumunu gösteren ürün deseni grafiği Şekil 4.4’de verilmiştir

2021 Yılı Tarımsal Ürün Deseni Alan (ha)



Şekil 4.4 2021 yılı tarımsal ürün deseni alansal grafiği

Gerçekleştirilen sınıflamada buğday bitkisinin en çok açık alanla ve kısmen arpa bitkisiyle, arpa bitkisinin ise en fazla buğday bitkisiyle ve kesmen açık alanla karıştığı görülmüştür. Ayrıca yonca bitkisinin en çok açık alanla ve kısmen buğday bitkisiyle, korunga bitkisinin en fazla yonca ile kısmen de buğday ve çayır, şekerpancarı bitkisinin ise en fazla yerleşim yeriyle ve kısmen de açık alanla karıştığı belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Sınıflar	Buğday	Arpa	Yonca	Şeker pancarı	Korunga	Açık alan	Çayır	Yerleşim yeri	Üretici doğruluğu	Kullanıcı doğruluğu	Kappa doğruluğu
Buğday	53	1	1	-	-	4	-	-	79%	90%	
Arpa	11	35	-	-	-	3	-	-	97%	71%	
Yonca	2	-	33	-	-	4	2	-	92%	80%	
Korunga	1	-	2	20	-	-	1	-	100%	83%	
Şeker pancarı	-	-	-	-	19	1	-	2	100%	86%	
Genel Doğruluk									83%		

Şekil 4.5 2021 Sınıflama hata matrisi (tarımsal ürünlere odaklı tanımlanmıştır)

4.5 2020 ve 2021 Yılları Arasındaki Tarımsal Ürün Deseni ve Arazi Örtüsü Değişimlerinin Belirlenmesi

Çalışmada, bölgede üretimi en çok yapılan tarımsal ürünlerin en yeşil oldukları dönemleri ve hasat zamanlarını kapsayan 2020 ve 2021 yılına ait çok zamanlı Sentinel-2B uydu görüntüleri kullanılarak sınıflama yapılmış ve güvenilir bir ürün deseni haritası oluşturulmuştur. Bu sebeple elde edilen ürün deseni haritasıyla tarımsal ürün miktarlarındaki ve ürünlerin tarımsal alan değişimleri, ürün üretimi tercihindeki eğilimler ve arazi örtüsü kullanımları alansal olarak kolaylıkla ortaya koyulmuştur. Bu amaçla çalışma alanında yetiştiriciliği en çok tercih edilen tarım ürünü çeşidinin ne olduğunu belirlemek, bu ürünlerin üretim miktarlarındaki artış-azalış oranlarını hesaplamak ve tarımsal alan kullanımı bakımından nasıl bir değişimin olduğunu belirlemek için 2020 ve 2021 yıllarındaki veriler değerlendirilmiştir.

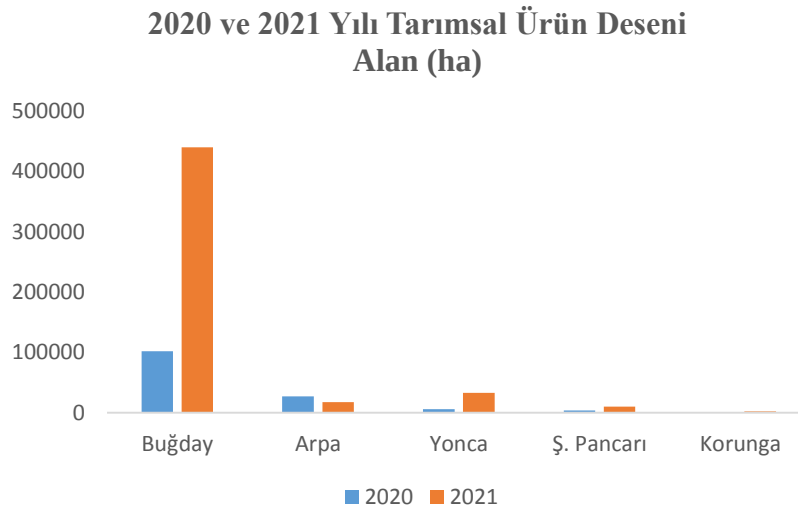
Çalışma alanında 2020 ve 2021 yıllarının her ikisinde de üretimi en çok yapılan tarım ürünlerinin buğday, arpa, yonca, şekerpancarı ve korunga bitkileri olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışma bölgesinde belirlenen tarımsal ürün tiplerinde, her iki yılda da ürün çeşidi üretimi tercihi açısından bir değişimin olmadığı ve her iki yılda da aynı tarımsal ürün tiplerinin yetiştiriciliğinin tercih edildiği tespit edilmiştir. Bu yönlü tercih nedenlerinde, çalışma bölgesinin sahip olduğu iklim koşullarının ve coğrafi konumun etkili olduğu görülmüştür. Aynı zamanda tarımsal ürün üretimini desteklemek ve teşvik etmek amacıyla bölgeye verilen teşviklerin belli başlı tarım ürünlerine yönelik verilmesinin de bu konuda etkili olduğu anlaşılmıştır. Tarımsal ürün üretimi miktarı açısından bir değerlendirme yapıldığında ise çalışma alanındaki tarımsal ürün üretim miktarında alansal olarak artış ve azalış yönünde bazı farklılıkların olduğu görülmüştür. Ayrıca 2020 yılı için belirlenen tarımsal ürün deseni ve 2021 yılı için belirlenen tarımsal ürün deseni alansal olarak karşılaştırıldığında, bölgede baskın şekilde üretimimin yapıldığı tespit edilen tarım ürünlerinden biri olan arpa bitkisinin, 2021 yılında üretim tercihi ve tarımsal alan kullanım miktarı açısından azalmanın görüldüğü tek tarım bitkisi olduğu belirlenmiştir. Ancak arpa bitkisi dışındaki diğer tarımsal ürünlerde (buğday, yonca, şekerpancarı ve korunga) üretim tercihi ve tarımsal alan kullanım miktarı açısından 2020 yılına göre bir artışın olduğu görülmüştür. Buna göre üretim tercihi ve tarımsal alan kullanım miktarı açısından 2021 yılındaki buğday üretiminin yapıldığı alanlar incelendiğinde, buğday üretimi yapılan alanların artan bir ivme göstererek 2020

yılına göre yaklaşık % 332 oranında artışı ve 101901.20 ha alandan 439786.21 ha alana çıktığı görülmüştür. Diğer tarım bitkilerinde ise 2021 yılında yonca bitkisinde % 498 oranında, korunga bitkisinde % 511 ve şekerpancarı bitkisinde ise % 162 oranında bir artışın olduğu belirlenmiştir. Ancak arpa bitkisinde 2021 yılında % 36 oranında bir azalmanın olduğu gözlemlenmiştir. Bu oranlar alansal olarak ha cinsinden ifade edildiğinde, 2021 yılında buğday üretimi 337885.01 ha, yonca üretimi 27116.19 ha, şekerpancarı üretimi 6044.43 ha ve korunga üretimi 1748.19 ha artmışken arpa üretimi ise 9606.75 ha azalmıştır (Çizelge 4.3)

Çizelge 4.3 2020-2021 Yıllarına ait tarımsal alan kullanım miktarları ve farkları

Ürün	2020 Alanı (ha)	2021 Alanı (ha)	Fark (ha)	Yüzdesel fark
Buğday	101901.2	439786.21	337885.01	% 332
Yonca	5449.55	32565.74	27116.19	% 498
Arpa	26934.5	17327.75	- 9606.75	- % 36
Şekerpancarı	3720.93	9765.36	6044.43	% 162
Korunga	342.44	2090.63	1748.19	% 511

Çalışma bölgesinde 2020 ve 2021 yıllarındaki tarımsal ürün deseninin alansal olarak değişimi Şekil 4.7’ de verilen grafikte gösterilmiştir.



Şekil 4.7 2020 ve 2021 yılı tarımsal ürün deseni değişimi

4.6 Tarımsal Ürün Verimliliğinin Tahmin Edilmesi

Çalışmada Sentinel-2B uydu veri setlerinden elde edilen bitki örtüsü indeksi verileri ile parsel bazlı verim değerleri esas alarak verim tahmin modeli geliştirilmiş, bu modelin verim tahminindeki doğruluğu belirlenmiş ve 2021 yılı için buğday verim tahmini yapılmıştır. Ayrıca buğday verim haritaları oluşturularak bölgesel şekilde buğday uygunluk dalanları belirlenmiştir.

4.6.1 Buğday Verim Modelinin Belirlenmesi ve Verim Tahmini

Çalışmada verim tahmin modellenmesinde istatistiksel tabanlı Adımsal Regresyon (AR) tekniğinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda, 31 farklı verimdeki parselden elde edilen veri, model oluşturmada kullanılırken, 11 parselden alınan buğday verim verisi ise test amaçlı kullanılmıştır. Çiftçi kayıt sistemi üzerinden iletişime geçilen çiftçilerden elde edilen verim bilgileri bağımlı değişken olarak kullanılırken, buğdayın en yeşil olduğu zaman ait 31 Mayıs 2021 tarihli Sentinel-2B uydu görüntülerinden üretilen NDVI, SAVI ve NDWI indisleri de bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Böylece daha sağlıklı ve güvenilirliği daha yüksek bir verim tahmin modeli üretilmiştir. Üretilen verim tahmin modelinde NDVI verisine ihtiyaç duyulmadığı, SAVI ve NDWI verilerinin anlamlı ve yüksek doğrulukta bir model üretmede yeterli olduğu belirlenmiştir. Verim tahmin modelinde kullanılan vejetasyon indislerinin görüntüleri Şekil 4.8’de verilmiştir.

Üretilen modelin korelasyon katsayısı 0.86 ve tanımlama değeri $P \leq 0.0001$ olarak elde edilmiştir. Verim tahmininde kullanılan regresyon modeli eşitlik 4.1’te ve modelin geçerliliği Çizelge 4.4’de sunulmuştur.

$$\text{Verim modeli} = -91.616 - 1199.63 * \text{NDWI} - 1876.21 * \text{SAVI} \quad (4.1)$$

Çizelge 4.4. Verim tahmin modeli ve geçerliliği

Yöntem	R	R ²	RMSE	F	P
AR	0.87	0.74	20.8	41.91	0.00001

Model uygulaması sonucunda test verisiyle yapılan karşılaştırmada, 18.21 kg/da oranında ortalama hata ile buğday verimi tahmin edilmiştir. Modelleme sonucunda

alandaki ortalama buğday verimi 75.81 kg/da, maksimum verim 384 kg/da, minimum verim 20 kg/da olarak belirlenmiştir. 2021 yılı için çalışma bölgesinde toplam 435786.21 ha'lık alanda buğday ekimi yapılmıştır ve bu alandan toplam 359314 ton buğday ürünü elde edilmiştir.

Buğday üretilen alanlarının toplamı, toplam üretim miktarı, ortalama verim miktarı ve hektar başına düşen üretim miktarı Çizelge 4.5'de verilmiştir.

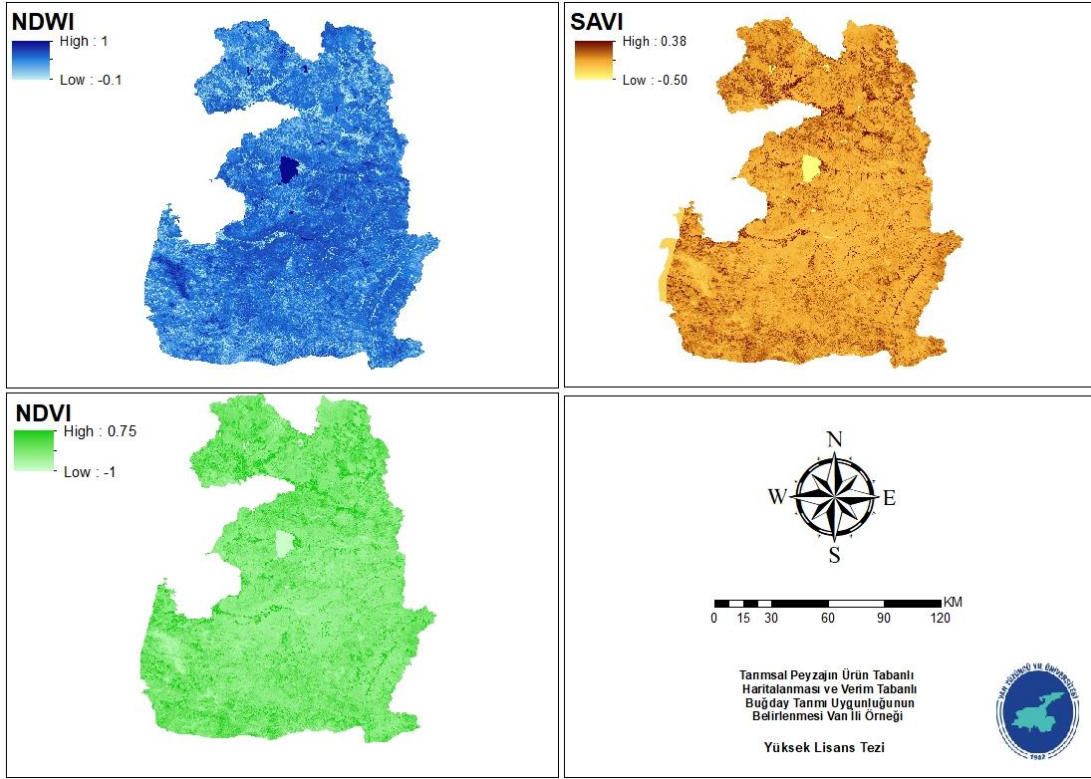
Çizelge 4.5. 2021 yılı buğday verimi ve üretimi

Toplam ekim alanı (ha)	Toplam Üretim (ton)	Ortalama Verim (kg/da)	Üretim (Ton/ha)
435786.21	359314	75.81	0.83

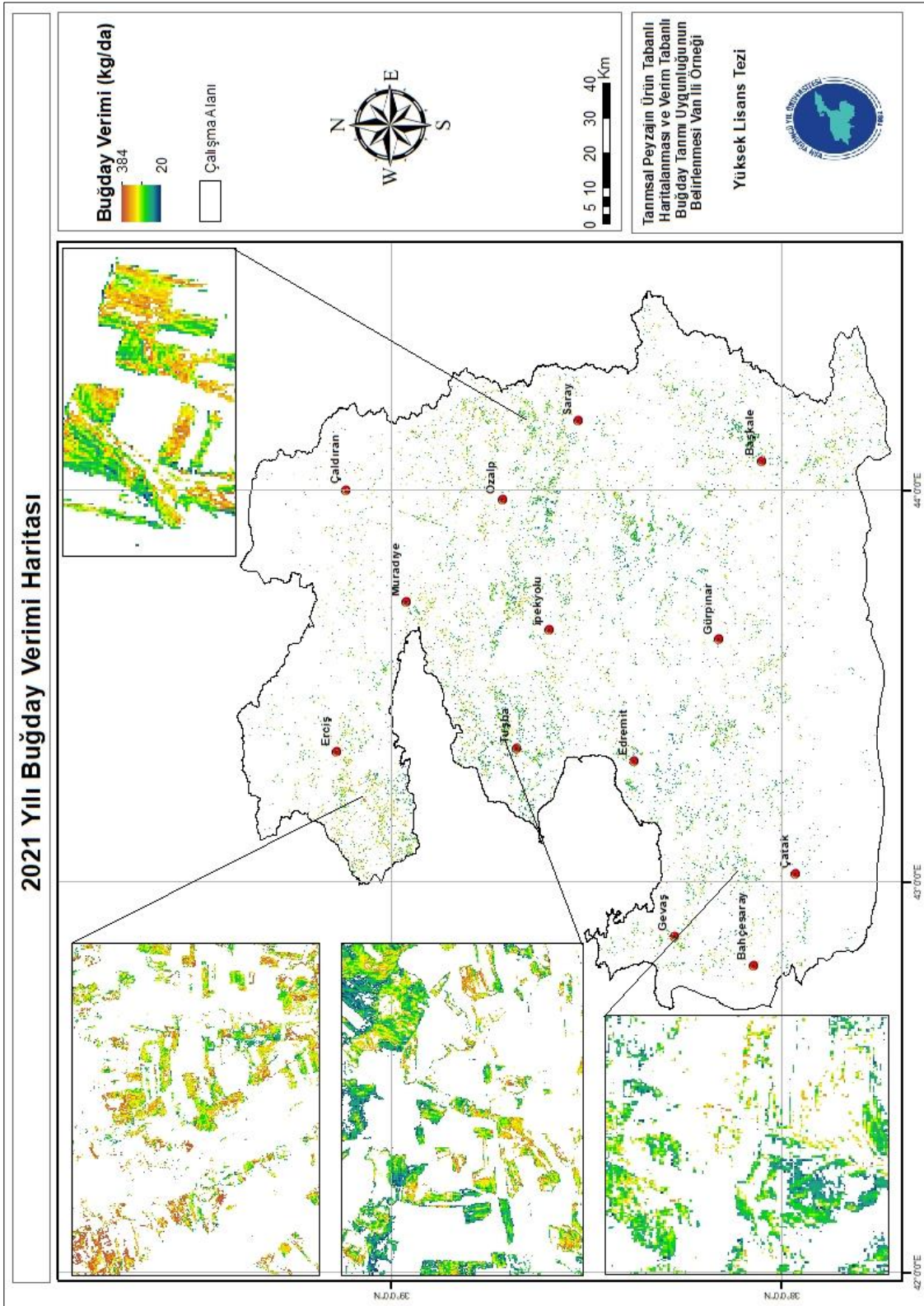
Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'e göre Türkiye'de 2021 yılındaki buğday verimi 262 kg/da ve buğday üretimi 17650000 tondur. Bu duruma göre Çizelge 4.5'deki buğday verim değerleri incelendiğinde, bölgedeki buğday üretiminin ve verimliliğinin Türkiye ortalamasının çok altında olduğu anlaşılmaktadır.

Gerçekleştirilen sınıflama işlemi neticesinde 2021 yılı için buğday verimliliği ve buğday uygunluk alanları tüm çalışma alanında haritalanmıştır (Şekil 4.9). Üretilen verim haritasına göre, Van'ın Erciş ilçesi ve çevresinin özellikle de Erciş'in güneybatısında yer alan Koçköprü barajının sulama havzası buğday üretim uygunluğu ve verimliliği en yüksek bölge olduğu tespit edilmiştir. Tuşba ilçesi ile Muradiye ilçeleri arasındaki Çolpan ve Yeşilsu bölgelerinin ise buğday üretim uygunluğu ve verimliliği en yüksek 2. bölge olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, Muradiye ilçesinin çevresinde de lokal olarak buğday tarımının yapıldığı ve verimi yüksek olan alanlar tespit edilmiştir. Ayrıca Özalp yolu, Özalp ve Saray bölgelerinde de buğday tarımının yapıldığı ancak verimim düşük olduğu görülmüştür.

En düşük buğday veriminin ise Başkale ve çaldıran bölgelerinde olduğu dolayısıyla buğday üretimine uygun tarım alanlarının da en az bu bölgede olduğu tespit edilmiştir. Çatak ve Bahçesaray bölgelerinde ise buğday tarımının çok daha sınırlı ölçülerde yapıldığı belirlenmiştir.



Şekil 4.8 Kullanılan vejetasyon indisleri



Şekil 4.9 2021 yılı buğday verim haritası

5. TARTIşMA VE SONUÇ

Gelişen uydu teknolojileri ve artan uydu çeşitliliği sayesinde uzaktan algılama teknikleri ve teknolojileri de son derece gelişmiştir. Uydu sistemleri ve uzaktan algılama teknolojilerindeki bu gelişme zamansal, konumsal, radyometrik ve spektral çözünürlük açısından çok zamanlı uydu görüntülerinin daha yüksek kalitede, daha hızlı ve daha ekonomik bir şekilde elde edilmesini sağlamıştır. Böylece uzaktan algılama teknolojilerinin ve uydu görüntülerinin kullanımı, uygulama alanları her geçen gün artarak çeşitlenmiştir.

Günümüzde, farklı özellikteki çeşitli uydu sistemlerinden elde edilen çok zamanlı uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri, tarımsal ürün deseninin ve arazi örtüsünün haritalanması, rekolte tahmininin yapılması, zamana bağlı arazi örtüsü değişiminin ortaya konması ve tarımsal peyzaj alanlarının arazi kullanımlarının belirlenmesi gibi bir çok tarımsal amaçlı çalışmada etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun sonucunda sağlıklı ve güvenilir sonuçlar elde edilmektedir.

Dünyadaki insan nüfusunun hızla artmasına bağlı olarak gelişen kontrolsüz şehirleşme, yatay yöndeki ve gelişi güzel bilinçsiz yapılaşma, tarım alanlarının imara açılması, sanayileşme ve endüstriyel faaliyetlerin artması gibi insan kaynaklı nedenlerden ve gerçekleşen bazı doğal afetlerden dolayı tarım alanları olumsuz etkilenmektedir. Bunların sonucunda tarımsal faaliyet yürütölen araziler azalmakta, dünya nüfusunun ihtiyaç duyduğu oranda tarımsal ürün üretimi yapılamamaktadır. Bu sebeple tarımsal peyzaj ile geniş ve verimli tarım alanları için arazi kullanımlarının belirlenmesi, mevcut tarım alanlarının korunması ve tarımsal alanların en ideal şekilde yönetilmesi dünya ve ölkeler tarımının geleceği için dolayısıyla dünya ve ölkeler ekonomisi için oldukça önemlidir.

Türkiye, geniş ve verimli tarım topraklarına sahip, aynı zamanda tarımın ölkeler ekonomisine büyük oranda katkı sağladığı önemli bir tarım ölkesidir. Türkiye gibi büyük tarım ölkelerinde, tarımsal peyzaj alanlarının belirlenmesi, verim tahminlerinin hızlı ve ekonomik bir şekilde yapılması, arazi yapısına uygun ürün çeşidinin belirlenmesi, maksimum ürün verimliliğini esas alan ve mevcut tarım alanlarını koruyan uzun vadeli sürdürülebilir tarım politikalarının planlanması gerekmektedir. Bu durum hem merkezi yönetimler, hem yerel yönetimler hem de üreticiler açısından oldukça

önem arz etmektedir. Bu açıdan tarımsal çalışmalarda ve uygulamalarda hızlı ve ekonomik bir yöntem olan uzaktan algılama tekniklerinin ve uydu görüntülerinin kullanılması son derece önemlidir.

Bu çalışmada 2020 ve 2021 yıllarına ait çok zamanlı uydu görüntüleri kullanılarak obje tabanlı sınıflama yöntemiyle tarımsal peyzaj alanları ürün tabanlı haritalanmış, tarımsal ürün deseni ve arazi örtüsü tespit edilmiştir. Ayrıca buğday bitkisi için verim tabanlı alan kullanım uygunluğu belirlenmiş ve geliştirilen verim tahmin modeliyle 2021 yılı için buğday bitkisinin verim tahmini gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda aşağıdaki sonuçlar ortaya konmuştur.

- Bölgenin tarımsal ürün desenini tespit etmek amacıyla Sentinel-2B uydusuna ait 10 m ve 20 m konumsal çözünürlüklü görüntü bantları birlikte kullanılarak gerçekleştirilen obje tabanlı sınıflama sonucunda, sınıflandırma doğruluğu yüksek değerler elde edilmiştir. Genel sınıflama doğruluk değerleri, 2020 yılı için 0.79 ve 2021 yılı için 0.83 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, obje tabanlı sınıflama yönteminin ürün deseni ve arazi örtüsü tespitinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini, aynı zamanda yüksek doğrulukta ve güvenilir sonuçların elde edilebileceğini göstermiştir.
- Sentinel-2B uydusuna ait 10 m ve 20 m konumsal çözünürlüklü görüntü bantlarının sınıflama doğruluğunu artırdığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla daha yüksek bir sınıflama doğruluk değerinin elde edilebilmesi için konumsal çözünürlüğü daha yüksek uydu veri setlerinin kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, PCA ve Standart sapma gibi verilerle desteklenen sınıflamalarda karışımların daha az olduğu tespit edilmiştir.
- Çalışma alanının geniş bir bölgeyi kapsamaması, çalışmada kullanılan Sentinel-2B uydu görüntüsü sayısını artırmıştır. Görüntü sayısının fazla olması ve ilk etapta sadece 10 m' lik konumsal çözünürlüğe sahip görüntü bantlarının kullanılmak istenmesi sonucunda ortaya çıkan veri büyüklüğü çalışmayı zorlaştırmıştır. Bu sebeple 10 m' lik ve 20 m' lik konumsal çözünürlüğe sahip görüntü bantları birlikte kullanılarak çalışma kolaylığı sağlanmıştır. Bu durumun sınıflama doğruluğunu ve elde edilen verilerin güvenilirliğini önemli ölçüde etkilemediği görülmüştür.
- Bölge için oluşturulan ürün deseni haritasına göre, çalışma alanında 2020 ve 2021 yılları için en çok üretilen tarımsal ürün tipleri buğday, arpa, yonca, şekerpancarı ve

korungadır. Ancak her iki yılda da alansal olarak üretimi en çok yapılan ve üretim tercihi açısından artan bir ivmeye sahip olan baskın ürün çeşidi buğdaydır.

- Çalışma bölgesinde 2021 yılında üretimi azalan tek ürün arpadır. Arpa üretimi yapılan alanlarda 2020 yılına göre azalan bir ivmenin mevcut olduğu görülmüştür. Bu nedenle 2021 yılındaki arpa üretiminde %36 oranında bir azalmanın olduğu belirlenmiştir. Aynı dönemde buğday üretim alanlarının, alansal olarak diğer tüm ürünlerden daha fazla arttığı, dolayısıyla alansal olarak üretimi en fazla tercih edilen ürün olduğu görülmüştür. Bu durum, tüm dünyada temel gıda maddesi olarak görülen buğdayın, bölgedeki üreticiler tarafından daha çok tercih edildiğini, hayvansal tarım ürünü yetiştiriciliğinin ise daha az tercih edildiğini göstermektedir.
- Bölgede 2020 yılında yetiştirilen tarım ürünleri 2021 yılında da yetiştirilmiştir. Bu durum, 2020 ve 2021 yılları arasında tarımsal ürün çeşitliliği açısından üreticilerin, ürün yetiştirme tercihlerinde bir değişimin olmadığını göstermiştir. Bu durumun ortaya çıkmasında, bölgenin iklim koşulları, coğrafi konumu, toprak yapısı, bölgeye düşen yağış miktarı ve benzeri faktörler etkilidir. Bunların yanı sıra tarımsal üretimi desteklemek amacıyla verilen teşviklerin, genel olarak bölgede üretimi baskın olarak yapılan ürün tiplerini desteklemesi de söz konusu durumun ortaya çıkmasında etkilidir.
- Bu sebeple bölgeye verilecek tarımsal teşvikler; bölgenin coğrafi koşullarını, iklim özelliklerini ve mevsimsel koşullarını, toprak yapısını, verim miktarını ve daha birçok faktörü dikkate alarak bölge için geliştirilen tarımsal stratejilere ve tarımsal planlara göre verilmelidir. Bu kapsamda üreticinin, ürün yetiştirme tercihleri yönlendirilmeli, bölgede üretimi yapılabilecek tarımsal ürün yelpazesi genişletilerek verimliliği yüksek farklı ürün tiplerinin de yetiştirilmesi desteklenmelidir.
- Bölgede 2020 yılındaki tarımsal ürün miktarında, 2021 yılına göre alansal olarak bir azalma eğilimi olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin 2020 yılında ülkemizde ve dünyada ortaya çıkan korona virüs pandemisi olduğu tahmin edilmektedir. Pandemi sürecinde dünyanın her yerinde olduğu gibi ülkemizdeki tarımsal faaliyetler de olumsuz etkilenmiştir. Bu süreçte ulaşım imkanlarının ve seyahat özgürlüklerinin kısıtlanmasına yönelik yasaklar getirilmiş, tarımsal ürün, zirai ilaç ve tarım makinelerine erişilebilirlikte ciddi sıkıntılar yaşanmıştır. Dolayısıyla üreticiler, bu süreçte kırsaldaki tarım alanlarına ulaşamamış ve normal bir tarımsal faaliyet

yürütememişlerdir. Bu sebeplerden dolayı üreticiler mevcut tarım alanlarında gerekli miktarda ürün ekimi ve hasadı yapamamıştır. Ancak ulaşımın ve tarımsal araç-gerece erişilebilirliğin nispeten daha kolay olduğu yerleşim alanlarına yakın bölgelerde ürün ekimi ve hasadı istenilen oranlarda olmasa da yapılabilmektedir.

- Bölge için üretilen ürün deseni haritası ve yer gerçeği verileri incelendiğinde, bölgedeki tarım alanlarının küçük ölçekli, çok parçalı, dağınık ve geometrisi bozuk tarım parsellerinden meydana geldiği görülmüştür. Bu durum, çalışma alanındaki tarım alanlarının verimli şekilde kullanımını olumsuz yönde etkilemekte, bu alanlardaki ekilebilir arazi miktarını ve ürün verimini düşürmektedir. Ayrıca bu durum, tarım alanlarındaki parsellere ulaşımı zorlaştırmaktadır. Bu kapsamda, zaman, iş gücü ve ekonomik açıdan tasarrufun sağlandığı, tarımsal faaliyetlerin daha kolay bir şekilde yürütülebildiği daha elverişli tarım parselleri oluşturmak için bölgedeki tarım alanlarının yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Bir başka ifadeyle bölgedeki tarım parselleri devlet tarafından toplulaştırılarak günümüzdeki ileri tarım tekniklerine uygun tarımsal alanlar oluşturmalıdır
- AR yönteminin, anlamlı ve yüksek doğrulukta bir verim modeli üretmede istatistiksel tabanlı etkili bir yöntem olduğu görülmüştür. Ayrıca modelde bağımsız değişken olarak kullanılan NDVI, SAVI ve NDWI indisleri, daha sağlıklı ve güvenilirliği daha yüksek bir verim tahmin modeli üretilmesinde etkili olmuşlardır. Üretilen verim tahmin modelinde NDVI verisine ihtiyaç duyulmadığı, SAVI ve NDWI verilerinin anlamlı ve yüksek doğrulukta bir model üretmek için yeterli olduğu belirlenmiştir.
- Buğday verim haritasına göre çalışma alanındaki buğday üretim uygunluğu yerel olarak tespit edilmiştir. Buna göre, 2020 ve 2021 ürün desenleri, %79 ve %83'lük sınıflama genel doğruluklarıyla belirlenmiştir. Van ili 2021 buğday verimi %24 hata payıyla 0.82 ton/ha olarak tahmin edilmiştir.
- 2021 yılı buğday verim haritasına göre, Van'ın Erciş ilçesi ve çevresinin özellikle de Erciş'in güneybatısında yer alan **Koçköprü barajının sulama havzası** buğday üretim uygunluğu ve verimliliği **en yüksek bölge olduğu** tespit edilmiştir. Tuşba ilçesi ile Muradiye ilçeleri arasındaki **Çolpan ve Yeşilsu** bölgelerinin ise buğday üretim uygunluğu ve verimliliği **en yüksek 2. bölge olduğu** belirlenmiştir. Ayrıca **Muradiye ilçesinin çevresinde** de lokal olarak buğday veriminin yüksek olduğu

alanlar tespit edilmiştir. Ayrıca Özalp yolu çevresinde, Özalp ve Saray bölgelerinde de buğday tarımının yapıldığı ancak verimim düşük olduğu görülmüştür. Buğday üretim uygunluğu ve verimliliği **en düşük bölgelerin ise Başkale ve Çaldıran bölgeleri** olduğu, dolayısıyla buğday üretimine uygun tarım alanlarının da en az bu bölgelerde bulunduğu tespit edilmiştir. Çatak ve Bahçesaray bölgelerinde ise buğday tarımının **çok daha sınırlı ölçülerde** yapıldığı ve bu sebeple veriminin de çok daha düşük olduğu belirlenmiştir.

- Bölge coğrafyasının dağlık ve sarp bir arazi yapısına sahip olması sebebiyle tarıma elverişli arazilerin daha az bulunması, iklimsel ve mevsimsel koşulların bölgenin diğer kesimlerine göre daha sert yaşanması ve buna bağlı olarak kış mevsiminin uzun sürmesi çalışma alanının güney bölgelerinde buğday veriminin ve üretimin düşük olmasının sebepleri olarak gösterilebilir.
- Tarım İl Müdürlüğünden ve ÇKS' den temin edilen yer gerçeği verilerinin yaklaşık olarak yüzde 50'sinde ürün, verim ve konum bilgilerine ilişkin bazı eksikliklerin ve hataların olduğu tespit edilmiştir. Bu hataların üretici beyanlarının yanlış olması veya üretici beyanlarının doğruluğunun yerinde kontrol edilmemesi gibi çeşitli nedenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum verilen teşviklerin doğru ve amacına yönelik şekilde kullanılıp kullanılmadığının takibini zorlaştırdığı gibi zaman, emek ve ekonomik açıdan kamu zararının meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu nedenle kamu kurumlarında geleneksel yöntemler terk edilerek, uzaktan alma teknolojilerinin ve tekniklerinin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Ayrıca uzaktan algılama teknikleriyle çok zamanlı uydu görüntülerini kullanarak tarımsal ürün desenini ve zamana bağlı arazi örtüsü değişimini belirleyebilecek, verim tahmini yapabilecek, bu gibi birçok konuda analiz ve değerlendirme yeteneği gelişmiş teknik personelin yetiştirilmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Algancı, U., Sertel, E., Örmeci, C., Özdoğan, M. (2011). Uydu görüntülerinde mekansal çözünürlüğün tarım alanlarının ve ürün tiplerinin belirlenmesine etkisinin araştırılması: Şanlıurfa örneği. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 104(2), 21-27.
- Altun, M., Türker, M. (2022). Kaynaştırılmış sentinel-1 SAR ve Landsat-8 optik veriden makine öğrenme algoritması ile tarımsal ürün tespiti. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 3(1),1-19.
- Anonim. (2022a). NIK. Erişim tarihi: Ekim 2022. Erişim adresi: http://nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=102
- Anonim. (2022b). Eos data analytics. Erişim tarihi: Kasım 2022. Erişim adresi: <https://eos.com/find-satellite/sentinel-2>
- Anonim. (2022c). USGS. Erişim tarihi: Ekim 2022. Erişim adresi: <https://earthexplorer.usgs.gov>
- Apaydın, C., Abdikan, S. (2021). Fındık bahçelerinin sentinel-2 verileri kullanılarak piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleriyle belirlenmesi. *Geomatik Dergisi*, 6(2), 107-114.
- Arnell, N. W. (1999). Climate change and global water resources. *Global Environmental Change*, 9, 31-49.
- Aydın, H., Ören, N. M. (2011). Tarımda uzaktan algılamanın kullanım olanakları ve çukurova örneğinden hareketle tarımsal desteklemeler açısından genel bir değerlendirme. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 1-11.
- Bağdatlı, M. C., Özdarıcı Ok, A., Ok, A. Ö., Erdoğan, O., Albut, S., Oğuz, H. İ. (2016). Görüntü sınıflandırması yoluyla göktürk-2 görüntüsünden tarımsal ürün deseninin belirlenmesi: Nevşehir -Sarıhıdır Köyü Kızılırmak sağ sahil bandı tarım arazileri pilot uygulaması . **6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu**, Adana, Türkiye.
- Bayram, H., Kopar, İ., Çelik, M. A. (2018). Akdağ kütlesinde (Olur- Erzurum) bitki örtüsünün ortam koşullarına göre değişiminin uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak incelenmesi. **TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu**, Ankara, Türkiye.
- Belgiu, M., Csillik, O. (2018). Sentinel-2 cropland mapping using pixel-based and object-based time weighted dynamic time warping analysis. *Remote Sensing of Environment*, 204, 509-523.
- Benz U.C., Hofmann P., Willhauck G., Lingenfelder I., Heynen M. (2004), Multi-resolution object oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS- ready information, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58(3- 4), 239-258
- Berberoglu, S., Akin, A. (2009). Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(1), 46-53.
- Berberoglu, S., Lloyd, C. D., Atkinson, P. M., Curran, P. J. (2000). The integration of spectral and textural information using neural networks for land cover mapping in the Mediterranean. *Computers Geosciences*, 26(4), 385-396.

- Blaschke, T., Strobl, J. (2001). What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. *Zeitschrift für Geoinformations systeme*, 12-17.
- Blickensdörfer, L., Schwieder, M., Pflugmacher, D., Nendel, C., Erasmi, S., Hostert, P. (2022). Mapping of crop types and crop sequences with combined time series of Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat 8 data for Germany. *Remote Sensing of Environment*, 269, 1128931.
- Bolca, M., Kurucu, Y., Altınbaş, Ü. (2003). Batı anadolu bölgesi 2002 yılı pamuk ekili alanlarının ve ürün rekoltesinin uzaktan algılama tekniği kullanılarak belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 40(2),89-96.
- Castillejo-González, I. L., Pena-Barragán, J. M., Jurado-Expósito, M., Mesas Carrascosa, F. J., López-Granados, F. (2014). Evaluation of pixel- and object-based approaches for mapping wild oat (*Avena sterilis*) weed patches in wheat fields using QuickBird imagery for site-specific management. *European Journal of Agronomy*, 59, 57-66.
- Chatterjee, S., Price, B. (1991). Regression analysis by example. *Biometrical Journal Wiley*, 34(6),734-734.
- Colwell, J. E., Rice, D. P., Nalepka, R. F. (1977). *Wheat Yield Forecast Using Landsat Data*. In Proc. of the 11th Intern. Symp. on Remote Sensing of Environment, Vol. 2.
- Csillik, O., Belgiu, M. (2017). Cropland mapping from Sentinel-2 time series data using object-based image analysis. In **Proceeding of the 20th AGILE International Conference on Georaphic Information Science Societal Geo-Innovation Celebrating**, Wgeningen, The Netherlands.
- Çatal Reis, H., Bayram, B. (2015). Landsat uydu görüntüleri kullanılarak kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile bitki örtüsü değişimi: Konya Yunak örneği. **15.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı**, Ankara, Türkiye.
- Çölkesen , İ., Yomralıoğlu, T. (2014). Arazi örtüsü ve kullanımının haritalanmasında worldview-2 uydu görüntüsü ve yardımcı verilerin kullanımı. *Harita Dergisi*, 152(2), 12-24
- Daka. (2014). Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı (DAKA).
- Delen, A., Balık Şanlı, F. (2017). Nesne-tabanlı sınıflandırma yöntemi ile tarımsal ürün deseninin belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 242-247.
- Dizdaroğlu, T. (2019). *Sentinel 1 ve Sentinel 2 verilerinden tarımsal ürün sınıflandırması için makine öğrenme algoritmalarının karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,Türkiye.
- Escolà, A., Badia, N., Arnó, J., Martínez-Casasnovas, A. (2017). Using Sentinel-2 images to implement precision agriculture techniques in large arable fields: First results of a case study. Spain.
- Fao,(2009).How To Feed the World in 2050. Erişim Tarihi: Mayıs 2022. Erişim Adresi: [https://www.fao.org > wsfs > docs > expert_paper](https://www.fao.org/wsfs/docs/expert_paper)
- Fuller, D. O. (1998). Trends in NDVI time series and their relation to rangeland and crop production in Senegal,1987-1993. *International Journal of Remote Sensing*, 19(10), 2013-2018.
- Gao, B.-c. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257-266.

- Gomez, C., White, J. C., Wulder, M. A. (2016). Optical remotely sensed time series data for land cover classification: a review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 116, 55-72.
- Gontia, N. K., Tivari, 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.
- Gualtieri, J. A., Crompton, R. F. (1998). Support vektor machines for hyperspectral remote sensing classification. *Proceedings SPIE*(3584), 221-232.
- Huang, C., Davis, L. (2002). An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of Remote Sensing*, 23(4), 725-749.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295-309.
- Hunt, M. L., Blackburn, G. A., Carrasco, L., Redhead, J. W. (2019). High resolution wheat yield mapping using Sentinel-2. *Remote Sensing of Environment*, 233, 111410.
- İrfanoğlu, F., Balçık, F. (2018). Arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflarının Sentinel-2 görüntüsü ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle belirlenmesi. **VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu**, Eskişehir, Türkiye.
- İşık, M. S., Şenyıldız, Z., Sunar, F. (2014). Çok zamanlı uydu verilerinin tarımsal haritalamada kullanımı : Altınova devlet üretme çiftliği. **5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu**, İstanbul, Türkiye.
- Jurecka, F., Hlavinka, P., Lukas, V., Trnka, M., Zalud, Z. (2016). Crop yield estimation in the field level using vegetation indices. *Mendelnet*, 90-95.
- Karakuş, P. (2017). Çok zamanlı uydu görüntü verileri ile tarımsal ürünlerin belirlenmesi ve verim tahmini, Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Karlson, M., Ostwald, M., Bayala, J., Bazié, H. R., Ouedraogo, A. S., Soro, B., Reese, H. (2020). The potential of sentinel-2 for crop production estimation in a smallholder agroforestry landscape, burkina faso. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 85.
- Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ. (2011). Uzaktan algılama teknolojileri ve uygulama alanları. **Türkiye'de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı**, Gebze, Kocaeli.
- Kaya, Y., Polat, N. (2021). Bitki indeksleri kullanarak buğday bitkisinin rekolte tahmini. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 12(1), 99-110.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W.(1994). **Remote sensing and image interpretation**, 3rd ed. 750 pp. New York.
- Li, C., Chen, W., Wang, Y., Wang, Y., Ma, C., Li, Y., Zhai, W. (2022). Mapping winter wheat with optical and SAR images based on google earth engine in henan province China. *Remote sensing*, 14(2), 284.
- Lobell, D. B., Asner, G. P., Ortiz-Monasterio, J. I., 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.
- Lobell, D. B., Hicke, J. A., Asner, G. P., Field, C. B., Tucker, C. J., Los, S. O. (2002). Satellite estimates of productivity and light use efficiency in United States agriculture, 1982-98. *Global Change Biology*, 8(8), 722-735.
- Noi, P. T., Kappas, M. (2017). Comparison of random forest, k-nearest neighbor, and support vector machine classifiers for land cover classification using sentinel-2 Imagery. *Sensors MDPI*, 18(1), 18.

- Ormeci, C., Algancı, U., Sertel, E. (2010). Identification of crop areas using SPOT – 5 data. **FIG Congress 2010 Facing the Challenges**, Sydney, Australia.
- Osuna, E. E., Freund, R., Girosi, F. (1997). Support vector machines: training and applications. *Massachusetts Institute of Technology and Artificial Intelligence Laboratory* (s. 144).
- Parry, M., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Fischer, G., Livermore, M. (1999). Climate change and world food security: a new assessment. *Global Environmental Change*, 9, 51-67.
- Sarı, M., Sönmez, N. K., Yıldiran, M. (2007). Pamuk bitkisinin kantitatif yansıma özelliklerinin ve alansal dağılımının uydu verileri ile belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 1-10.
- Satir, O., Berberoglu, S. (2016). Crop yield prediction under soil salinity using satellite derived. *Field Crops Research*, 192, 134-143.
- Shao, Y., Lunetta, R. S. (2012). Comparison of support vector machine neural network and CART algorithms for the land cover classification using limited training data points. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 70, 78-87.
- Skakun, S., Vermote, E., Roger, J. C., Franch, B. (2017). Combined use of Landsat-8 and Sentinel-2A images for winter crop mapping and winter wheat yield assessment at regional scale. *NASA Public Access*, 3(2), 163-186.
- Sonobe, R., Yamaya, Y., Tani, H., Wang, X., Kobayashi, N., Mochizuki, K.-i. (2017). Assessing the suitability of data from Sentinel-1A and 2A for crop classification. *GIScience Remote Sensing*, 54(6), 918-938.
- Süslü, A. (2007). *Şereflikoçhisar ilçesindeki tarım arazilerinde uzaktan algılama yöntemiyle etkili alanların tespiti ve rekolte tahmini*. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, Kocaeli.
- Şatır, O., Berberoğlu, S. (2012). İstatistiksel yöntemler ve mekanik modelleme yaklaşımı uygulanarak Aşağı Seyhan Ovası'nda buğday ürün verimliliğinin modis ve landsat tm/etm verileriyle tahmin edilmesi. **IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu**, Zonguldak, Türkiye.
- Şatır, O. (2013). *Aşağıseyhan Ovasında uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla tarımsal alan uygunluğunun belirlenmesi*, Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.
- Tavus, B., Karataş, K., Türker, M. (2018). Tarımsal alanlarda yüksek çözünürlüklü IKONOS uydu görüntüsünden nesne-tabanlı ürün deseni tespiti. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(5), 603-614.
- Topaloğlu, R. H., Sertel, E., Musaoğlu, N. (2016). Assessment of classification accuracies of sentinel-2 and landsat-8 data for land cover /use mapping. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXIII ISPRS Congress**. Prague.
- Torunlar, H., Tuğaç, M. G., Duyan, K. (2021). Nesne tabanlı sınıflandırma yönteminde sentinel-2a uydu görüntüleri kullanılarak tarımsal ürün desenlerinin belirlenmesi; Konya - Karapınar örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 3(2), 36-46.
- Uça Avcı, Z. D., Sunar, F. (2010). Çok-zamanlı optik veri setinin tarımsal haritalama amaçlı nesne-tabanlı sınıflandırılması; türkeldi örneği.

- Ünal, E., Mermer , A., Doğan, H. M., Urla, Ö., Tugaç, M. G., Arpak, Ş., Aydoğmuş, O. (2002). Uydu görüntüleri kullanarak gaziantep ilindeki tarımsal alanların belirlenmesi projesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 1302-4310.
- Vapnik, V. N. (1995). The nature of statistical learning. *Theory*. New York.
- Yeler, O., Şatır, O., Berberoğlu, S. (2017). Tarım alanlarında çok zamanlı uydu verileri kullanılarak ürün deseninin obje tabanlı sınıflama yöntemiyle belirlenmesi: Aşağı Seyhan Ovası örneği. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1), 1-9.
- Yıldız, M., Kavzaoğlu, T. (2012). Nesne tabanlı sınıflandırma tekniği ile arazi örtüsünün belirlenmesi: quickbird ve landsat örneği. **IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu**, Zonguldak, Türkiye.
- Yılmaz, M. (2018). *Tarımsal yaz ürünlerin sentinel-2 uydu görüntülerinden rastgele orman algoritması ile nesne tabanlı sınıflandırılması*, Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.





ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı :Öztürk ÇELEBİ

Eğitim Bilgileri

Lisans :
Üniversite :Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Fakülte :Mühendislik
Bölüm :Harita
Mezuniyet Yılı :2013

Yüksek Lisans

Üniversite :
Enstitü :
Anabilim Dalı :
Mezuniyet Yılı :



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih...../...../.....

Tez Başlığı: Tarımsal Peyzajın Ürün Tabanlı Haritalanması ve Verim Tabanlı Buğday Tarımı Uygunluğunun Belirlenmesi; Van ili Örneği

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın, kapak sayfası, giriş, ana bölümler ve sonuç bölümlerinden oluşan toplam 69 (Altmış Dokuz) sayfalık kısmına ilişkin, .../...../..... tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre tezimin benzerlik oranı %..... (.....) dır.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Öztürk ÇELEBİ

Öğrenci No: 20910001194

Anabilim Dalı: Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Programı: Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Statüsü: (X) Yüksek lisans () Doktora

DANIŞMAN

ENSTİTÜ ONAYI

UYGUNDUR

UYGUNDUR

