

**KENEVİR BİTKİSİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE MAKİNE ÖĞRENİMİ
KULLANILARAK SPEKTRAL DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ**

Fatih BIÇAKLI

Yüksek Lisans Tezi

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gordana KAPLAN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Nisan 2022

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ęrencisi Fatih BIÇAKLI, KENEVİR BİTKİSİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE MAKİNE ÖĞRENİMİ KULLANILARAK SPEKTRAL DEğERLERİNİN İNCELENMESİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun grlmştir.

Tez Daniřmanı

Doç. Dr. Gordana KAPLAN

ÖZET

KENEVİR BİTKİSİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE MAKİNE ÖĞRENİMİ KULLANILARAK SPEKTRAL DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

Fatih BIÇAKLI

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Nisan 2022

Danışman: Doç. Dr. Gordana KAPLAN

Dünyanın uzaktan algılama teknolojileri ile izlenmesi önemli gelişmeler göstermiş ve bu gelişmeler sayesinde tarımsal amaçlı kullanımı artmıştır. Günümüzde kaçak olarak üretilen birçok narkotik maddenin hammadde kaynağı olan çeşitli bitkilerin tespiti için uydu tabanlı uzaktan algılama yöntemi kullanılmaktadır.

Bu tez, çalışma alanındaki kenevir ve diğer bitkiler arasındaki farkları belirlemek için yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerini kullanır. Bu amaçla Kastamonu ilinde yetiştirilen kenevir bitkisinin spektral imzaları ve NDVI değerleri çıkarılmış ve analiz edilmiştir.

Kapsamlı bir literatür taraması ile gerçekleştirilen bu tezde bitkilerin morfolojik özellikleri ve fenolojik gelişim süreçleri incelenmiştir. Bu kapsamda PlanetScope uydu platformundan Kastamonu ve Eskişehir illerindeki bitki türlerinin konumlarının uydu görüntüleri elde edilmiştir. Çalışma sırasında elde edilen uydu görüntülerinin spektral değer hesaplamaları ve NDVI analizi için ArcGIS yazılımı ve QGIS yazılımı tercih edilmiştir. Ayrıca elde edilen veriler, kenevir sınıflandırması için farklı bir makine öğrenmesi algoritması eğtmek için kullanılmıştır. Böylece WEKA yazılımında yer alan beş farklı makine öğrenmesi algoritması sınıflandırıcı olarak kullanılmıştır. Tez sonuçları, kenevir bitkilerinin fenolojisini anlamak için kullanılabilir. Gelecekteki çalışmalar için örnekleme verilerinin artırılması ve daha yüksek uzamsal çözünürlüklü veriler kullanılarak görüntü sınıflandırmasının yapılması gerekiyor.

Anahtar Sözcükler: Hint keneviri, Uzaktan algılama, Makine öğrenmesi, Spektral değer, NDVI

ABSTRACT

CANNABIS SATIVA L. SPECTRAL DISCRIMINATION USING SATELLITE IMAGERY MACHINE LEARNING

Fatih BIÇAKLI

Department of Remote Sensing and Geographic Information Systems

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, April 2022

Supervisor: Assoc. Prof. Gordana KAPLAN

Monitoring the earth with remote sensing technologies has shown significant improvement, and thanks to these developments, its use for agricultural purposes has increased. Today, satellite remote sensing method is used to detect various plants that are the raw material source of many narcotic substances that are illegally produced.

This thesis uses high-resolution satellite images to determine the differences between cannabis and other plants in the study area. For that purpose, spectral signatures and NDVI values of the cultivated cannabis plant in Kastamonu province have been extracted and analyzed.

In this thesis, which was carried out with a comprehensive literature search, plants' morphological characteristics and phenological development processes were examined. In this context, satellite images of the locations of plant species in Kastamonu and Eskişehir provinces were obtained from the PlanetScope satellite platform. ArcGIS software and QGIS software were preferred for spectral value calculations and NDVI analysis of the satellite images obtained during the study. In addition, the obtained data was used for training a different machine learning algorithms for cannabis classification. Thus, five different machine learning algorithms included in the WEKA software were used as classifiers. The thesis results can be used for understanding the phenology of cannabis plants. The sampling data needs to be increased for future studies, and image classification needs to be performed using higher spatial resolution data.

Keywords: Cannabis sativa, Remote sensing, Machine learning, Spectral value, NDVI

TEŞEKKÜR

Bu araştırma çalışmamda beni yönlendiren karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Sayın Doç.Dr. Gordana KAPLAN'a,

Lisansüstü öğrenimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım hiçbir zaman manevi desteklerini eksik etmeyen Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Bölümü hocalarıma,

Tez çalışmamda araştırmanın yürütülmesinde desteklerini esirgemeyen saygıdeğer meslek büyüklerimize ve değerli mesai arkadaşlarıma,

Tanışma imkânı bulamadığım fakat çalışma alanı konusunda yardımcı olan tüm Kastamonu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü personeline,

Bugünlere gelmemde en büyük desteği gösteren, maddi ve manevi olarak hep yanımda olan kıymetli aileme,

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Fatih BIÇAKLI

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Fatih BIÇAKLI

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
DANIŞMAN ONAYI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
GÖRSELLER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Tanımı.....	1
1.2. Uzaktan Algılama.....	3
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
3. MATERYAL	18
3.1. Çalışma Alanının Konumu.....	18
3.2. Çalışma Alanının İklim Özellikleri.....	19
3.3. Çalışmada Kullanılan Bitkilerin Morfolojik Özellikleri	20
3.3.1. Kenevir	20
3.3.2. Buğday	21
3.3.3. Mısır	21
3.3.4. Yulaf	22
3.3.5. Yonca	22
3.3.6. Kavak ağacı.....	23
3.4. Çalışmada Kullanılan Uydu Platformu	23

3.5. Çalışmada Kullanılan Yazılımlar	24
4. YÖNTEM	26
4.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi	26
4.2. Uydu Görüntüsünün Temini.....	26
4.2.1. Uydu görüntülerinin sipariş edilmesi ve indirilmesi	27
4.3. Spektral İmza Kütüklerinin Oluşturulması	28
4.3.1. Bitkilerin yansıma karakteristikleri	28
4.3.2. Spektral imza	29
4.3.3. QGIS yazılımı ile spektral değerlerin toplanması	30
4.4. NDVI Değerlerin Toplanması	31
4.4.1. Normalized difference vegetation index (Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indexi)	31
4.4.2. NDVI analizlerin uygulanması.....	34
4.5. Makine Öğrenmesi.....	35
4.5.1. Weka yazılımı	37
4.5.2. Spektral ve NDVI test verilerinin toplanması	39
4.5.3. WEKA yazılımı ile makine öğrenmesi uygulaması	42
5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	44
5.1. PlanetScope Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Spektral Değerler	44
5.1.1. Eskişehir Alpu ilçesine ait mahsullerin spektral değerleri	44
5.1.2. Kastamonu Daday ilçesine ait mahsullerin spektral değerleri	48
5.1.3. Kastamonu Hanönü ilçesine ait mahsullerin spektral değerleri.....	52
5.1.4. Kastamonu Taşköprü ilçesine ait mahsullerin spektral değerleri.....	56
5.2. NDVI Analizleri ile Elde Edilen Değerler	60
5.2.1. Eskişehir Alpu ilçesine ait mahsullerin NDVI değerleri.....	60
5.2.2. Kastamonu Daday ilçesine ait mahsullerin NDVI değerleri	61
5.2.3. Kastamonu Hanönü ilçesine ait mahsullerin NDVI değerleri.....	62
5.2.4. Kastamonu Taşköprü ilçesine ait mahsullerin NDVI değerleri.....	63
5.3. Weka Yazılımı Algoritmaları ile Elde Edilen Bulgular.....	64
5.4. Bulguların Değerlendirmesi	66
6. TARTIŞMA.....	70

7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	75
KAYNAKÇA.....	77
ÖZGEÇMİŞ	



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Çalışma alanlarının konum bilgileri	18
Tablo 3.2. PlanetScope Uydularına İlişkin Teknik Özellikler	24
Tablo 5.1. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer tablosu.....	44
Tablo 5.2. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer tablosu.....	45
Tablo 5.3. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer tablosu.....	46
Tablo 5.4. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer tablosu.....	47
Tablo 5.5. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer tablosu	48
Tablo 5.6. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer tablosu	49
Tablo 5.7. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer tablosu	50
Tablo 5.8. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer tablosu	51
Tablo 5.9. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer tablosu.....	52
Tablo 5.10. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer tablosu.....	53
Tablo 5.11. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer tablosu.....	54
Tablo 5.12. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer tablosu.....	55
Tablo 5.13. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer tablosu	56
Tablo 5.14. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer tablosu	57
Tablo 5.15. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer tablosu	58
Tablo 5.16. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer tablosu	59
Tablo 5.17. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer tablosu	60
Tablo 5.18. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer tablosu.....	61
Tablo 5.19. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer tablosu	62
Tablo 5.20. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer tablosu	63
Tablo 5.21. Yüzde Korelasyon Katsayı değer tablosu	64
Tablo 5.22. Yüzde Ortalama Mutlak Hata değer tablosu.....	65
Tablo 5.23. Yüzde Karekök Ortalama Hata değer tablosu	65
Tablo 5.24. Yüzde Bağıl Mutlak Hata değer tablosu.....	65
Tablo 5.25. Yüzde Kök Göreli Kare Hata değer tablosu	65

Tablo 5.26. Kenevir bitkisi için ikili sınıflandırma doğruluk değerlendirme parametreleri	69
--	----



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Avrupa Birliği ülkelerinde uyuşturucu kullanımı tahminleri	1
Şekil 1.2. Türkiye kenevir yetiştirilmesine izin verilen iller	2
Şekil 1.3. Elektromanyetik enerjinin dalga boylarına göre dağılımları.....	3
Şekil 1.4. Uzaktan algılama tekniğinde veri döngüsü).....	4
Şekil 2.1. Narkotik bitkilerin tespitine yönelik gerçekleştirilen çalışmaların literatür araştırması	17
Şekil 3.1. Çalışma alanını gösterir harita.....	19
Şekil 3.2. Türkiye iklim sınıflandırma haritası.....	20
Şekil 4.1. Yöntem akış diyagramı	26
Şekil 4.2. Planet Explorer web sitesinin ara yüzü	27
Şekil 4.3. Planet Explorer web sitesinden veri siparişi ve indirilmesi	28
Şekil 4.4. Bitkilerin elektromanyetik ışımanın farklı dalga boylarındaki yansıma karakteristikleri	29
Şekil 4.5. Bitki örtüsü, toprak ve su için spektral yansıma değerleri	30
Şekil 4.6. QGIS yazılımında spektral değerlerin toplanması	31
Şekil 4.7. QGIS yazılımında spektral imza değerleri ve grafiğinin görünümü	31
Şekil 4.8. Sağlıklı ve sağlıklı bitkinin NDVI analiz ile gösterimi.....	33
Şekil 4.9. NDVI skalası	33
Şekil 4.10. QGIS yazılımında NDVI analizi uygulaması.....	34
Şekil 4.11. Daday ilçesine ait 19 Temmuz 2021 tarihli NDVI görüntü	35
Şekil 4.12. Makine öğrenmesi iş akış şeması	36
Şekil 4.13. Weka yazılımı kullanıcı arayüzü	37
Şekil 4.14. K-en yakın komşu algoritması sınıflandırma örneği	38
Şekil 4.15. Karar tablosu çizelgesi	38
Şekil 4.16. Random Forest sınıflayıcısının işlem aşamaları.....	39
Şekil 4.17. Daday ilçesine ait parsellerde test verisi için üretilen noktalar	40
Şekil 4.18. Daday ilçesine ait parsellerin Spektral ve NDVI test verilerinin elde edilmesi	41
Şekil 4.19. Weka Explorer Preprocess sekmesi kullanıcı ara yüzü.....	42
Şekil 4.20. Weka Explorer Classify sekmesi kullanıcı ara yüzü	43
Şekil 5.1. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer grafiği	45

Şekil 5.2. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer grafiği	46
Şekil 5.3. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer grafiği	47
Şekil 5.4. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer grafiği	48
Şekil 5.5. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer grafiği.....	49
Şekil 5.6. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer grafiği.....	50
Şekil 5.7. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer grafiği.....	51
Şekil 5.8. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer grafiği.....	52
Şekil 5.9. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer grafiği	53
Şekil 5.10. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer grafiği	54
Şekil 5.11. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer grafiği	55
Şekil 5.12. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer grafiği	56
Şekil 5.13. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer grafiği.....	57
Şekil 5.14. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer grafiği.....	58
Şekil 5.15. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer grafiği.....	59
Şekil 5.16. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer grafiği.....	60
Şekil 5.17. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer grafiği	61
Şekil 5.18. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer grafiği	62
Şekil 5.19. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer grafiği.....	63
Şekil 5.20. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer grafiği	64
Şekil 5.21. Araştırılan bitkilerin Mayıs ayı spektral imzaları	67
Şekil 5.22. Araştırılan bitkilerin NDVI değerleri	68
Şekil 5.23. Kenevir sınıflandırması için doğruluk değerlendirme grafiği.....	69
Şekil 6.1. Mısır bitkisinin Alpu ve Taşköprü ilçelerinde, NDVI ve Band-4 spektral değer grafiği	71
Şekil 6.2. Kenevir bitkisinin yakın kızılötesi kanalda ortalama histogramı (Ferreira vd., 2019)	71
Şekil 6.3. Haziran ve Temmuz ayları kenevir NDVI değerleri (Yığıtoğlu, 2019)	72
Şekil 6.4. Kenevir bitkisinin farklı dönemlerde spektral ölçümleri (Bilecik,2019)	72
Şekil 6.5. Kenevir bitkisinin Kastamonu ilçelerinde, NDVI ve Band-4 spektral değer grafiği	73
Şekil 6.6. Weka yazılımı algoritma sonuçları.....	74

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

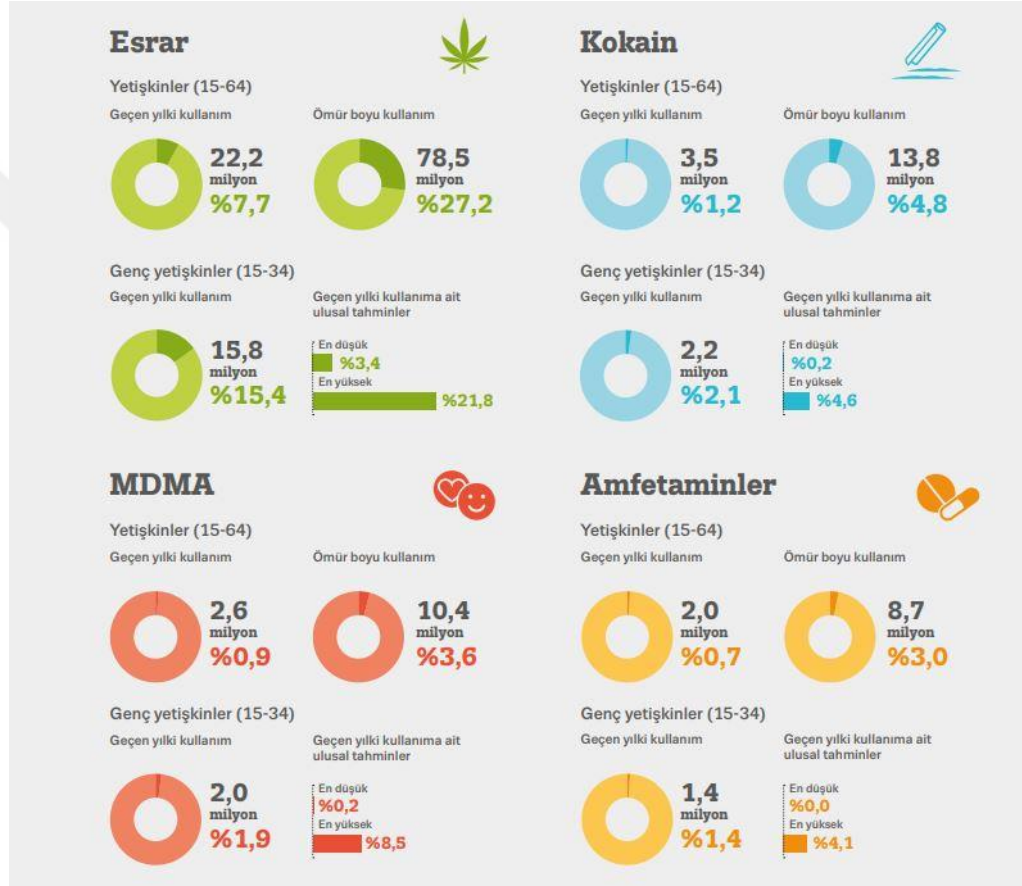
Görsel 3.1. <i>Kenevir bitkisi</i>	20
Görsel 3.2. Buğday bitkisi.....	21
Görsel 3.3. Mısır bitkisi	21
Görsel 3.4. Yulaf bitkisi	22
Görsel 3.5. Yonca bitkisi.....	22
Görsel 3.6. Kavak ağacı	23
Görsel 3.7. PlanetScope uydusu.....	24



1. GİRİŞ

1.1. Problem Tanımı

Başta esrar olmak üzere uyuşturucu kullanımı son yirmi yılda ciddi oranda artış göstermiştir. Şekil 1.1’de gösterilen tahminler dikkate alındığında Avrupa Birliği’ndeki 15-64 yaş arası yetişkinlerin yaklaşık 83 milyonunun veya %28,9’unun yaşamları boyunca en az bir kez yasa dışı uyuşturucu kullandığı tahmin edilmektedir (Avrupa Uyuşturucu Raporu 2021).



Şekil 1.1. Avrupa Birliği ülkelerinde uyuşturucu kullanımı tahminleri

Kenevir bitkisi, haşhaş bitkisi ve koka ağacı gibi mahsuller yasadışı uyuşturucu ve narkotik ilaçların üretilmesinde kullanılmaktadır. Maddi açıdan oldukça kazançlı olan bu mahsuller güvensiz, isyanın yaygın olduğu ve organize suç ağları ile bağlantıların kuvvetli olduğu bölgelerde yetiştirilmektedir. Günümüzde Afganistan, yasadışı mahsullerin kontrolsüz bir şekilde üretildiği önemli bir alan olarak gösterilmektedir.



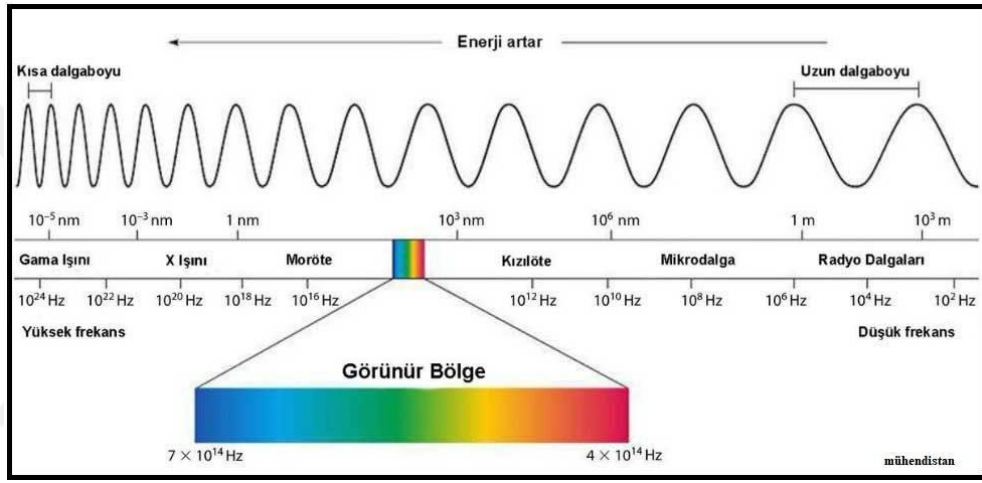
Şekil 1.2. Türkiye kenevir yetiştirilmesine izin verilen iller

Şekil 1.2’de gösterildiği üzere ülkemizde belirtilen izinli illerin dışında özellikle doğu ve güneydoğu illerinde PKK terör örgütüne finansman kaynağı olarak yasadışı üretilmekte olan hint kenevirleri ciddi problem teşkil etmektedir. Uyuşturucu ile mücadele kapsamında uyuşturucu hammaddelerinin üretildiği geniş sahaların takip edilmesi ve izlenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu doğrultuda ülkemizde yasal izne tabi olarak yetiştirilen hint keneviri bitkisinin yasadışı üretimi ile mücadele kapsamında uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak uydu görüntüleri üzerinden izlenmesi ve takip edilmesi amaçlanmaktadır. Sonuç olarak, uyuşturucu hammaddelerinin üretimine ait bilgiler, yasadışı uyuşturucu ile mücadele politikalarının belirlenmesi ve uygulanmasında etkili olacaktır.

Son yıllarda Dünya üzerinde herhangi bir bölgenin fotoğraflanması ve izlenmesi, uydu uzaktan algılama teknolojisi ile büyük gelişim göstermiştir. Bu gelişmeler uzaktan algılamanın tarımsal amaçlı kullanımını artırmış ve ekonomik olarak sağlanan faydaları tüm gelişmiş ülkelerde kabul görmüştür. Günümüzde uydu uzaktan algılama, tarımsal faaliyetlerinde ötesinde uyuşturucu kaçakçılığında da etkin bir mücadele yöntemi olarak kullanılmaktadır. Yasa dışı kenevir ekiminin Dünya genelinde artması, araştırmacıların bu konu üzerinde odaklanmasına sebep olmuştur. Gerçekleştirilen çalışmalar değişken parametreler dikkat alınarak hint keneviri bitkisinin 530-550, 670-680 ve 705-720 nm dalga boylarında ciddi karakteristik yansıma değerleri verdiğini gözlemlemiştir.

1.2. Uzaktan Algılama

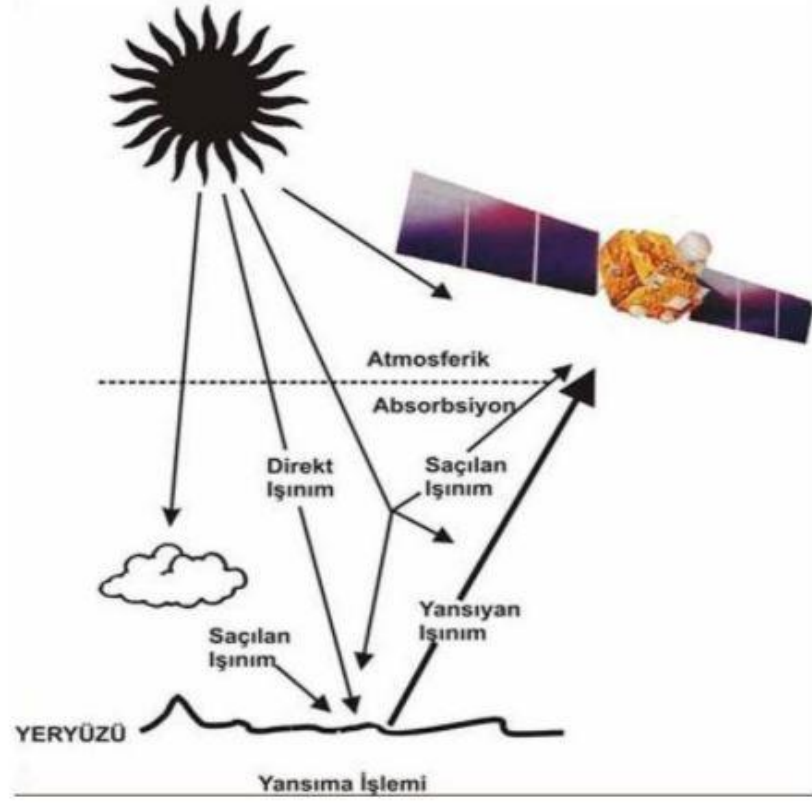
Uzaktan algılama, yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerjinin elektromanyetik spektrumun görüntü bölgesi olarak adlandırılan kısmında sensörler tarafından ölçülerek değerlendirilmesi esasına dayanır (Orhan, 2014). Her nesne yeryüzüne ulaşan elektromanyetik enerjiyi absorbe etmekte, yansıtmakta ya da yaymaktadır. Elektromanyetik enerjinin yansıması, toprağın nem içeriğine su sedimantasyon değerine, bitki hücreleri gibi birçok özelliğe bağlı kızılötesi (infrared) ve görünür (visible) dalga boyunda algılayıcılar aracılığıyla ölçülmektedir (Richards, 1999). Elektromanyetik enerjinin dalga boylarına göre dağılımları Şekil 1.3’de gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Elektromanyetik enerjinin dalga boylarına göre dağılımları

Uzaktan algılama, elektromanyetik enerji, atmosferik geçiş koridoru, elektromanyetik enerjinin yansıtılmasını, algılama düzenekleri ile onları taşıyan platformlardan oluşmaktadır (Şekil 1.4) (Altınbaş vd., 2003).

Uzaktan algılama tekniklerinin tarımsal amaç ile kullanılmasının başlangıç hedefi tarla bitkileri ile olmakla birlikte günümüzde birçok tarla bitki çeşitlerinin izlenilmesi aktif ve pasif uzaktan algılama teknikleriyle algılama yapan uydu görüntüleri bulunmaktadır (Göneci, 2019).



Şekil 1.4. Uzaktan algılama tekniğinde veri döngüsü)

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Mattiuzzi ve diğ. (2014), Afganistan'da yasadışı mahsul ekimleri güvensizliğin yaygın olduğu bölgelerde organize suç ağlarının bağlantılarıyla gerçekleşmektedir. Bu sebeple sonucu çözmeye yönelik politika önlemleri kapsamında uzaktan algılama yöntemleri ile ilgili birtakım çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Bu çalışmalar Afganistan'da başlıca kenevir yetiştirme alanları olarak temsil edilen Hilmand, Kandahar, Nangarhar ve Uruzgan illerinde dört adet test alanlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı Afganistan'ın farklı bölgelerindeki kenevir fenolojisinin uydu görüntüleri ile kenevir bitkisinin en iyi tanımlanması ve büyüme mevsiminin sonunda genel bitki örtüsünden farklı olup olmadığını test ederek görüntü alımı için tahmin aracı elde edebilmektir.

Bu amaç doğrultusunda Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM+ uydularının Eylül 2008 ve Temmuz 2012 arasındaki verileri USGS Earth Explorer sitesinden indirilmiştir. Çalışma bölgeleri ile ilgili referans verisi olarak, esrar alanlarını temsil eden çokgen veriler Birleşmiş Milletler Uyuşturucu ve Suç Ofisi tarafından sağlanmıştır. Uydu verilerinin NDVI değerlerini işlemek ve analizlerini gerçekleştirmek için R Core Team 2012 kullanılmış, filtreleme için Modified Whittaker Smoother seçilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda kenevir bitkisinin aktif yaz bitki örtüsünden sonra maksimum yaşlanma oluşum sayısına ulaştığı gözlemlenmiş ve Birleşmiş Milletler Uyuşturucu ve Suç Ofisi çalışanlarının esrarın diğer mahsullerden sonra hasat edildiğine dair deneyimleri doğrulamıştır. Ancak daha sağlam sonuçlar elde etmek için daha uzun zaman serilerinde çalışmak gerektiği belirtilmiş ve ayrıca kenevir bitkisi dışında bölgede bulunan mahsullerin fenolojik evreleri ile ilgili yersel çalışmalara dair verilerin üretilmeside çalışma doğruluğunu artıracak bir diğer faktördür. Bunlara ek olarak çalışmanın doğruluğunun artırılması gelişen teknoloji ile yüksek uzamsal çözünürlük ve feneolojik fazların daha doğru hesaplanmasında etkili olacak zamansal çözünürlüğü yüksek uydu görüntüleri etkili olacağı değerlendirilmiştir.

Tessitore (2014), İtalya ve Arnavutluk arasında 19 Temmuz 2007'de Tiran'da imzalanan İş birliği Anlaşması ile Arnavutluk topraklarında kenevir tarlalarının tespit etmek ve izlemek için havadan uzaktan algılama yöntemleri ile hiperspektral analizler gerçekleştirilmiş ve kenevir gizli alanlarını yerlerini belirlemeyi amaçlamıştır.

Bu çalışmalar kapsamında Piaggio P180, Piaggio P166 DP1 ve ATR 42MP model uçaklar konfigürasyonları yapılarak Phase One iXA 180 dijital kamera ve CASI 1500 sensörü ile üretilen hiperspektral görüntüler elde edilmiştir. Bunlara ilave MARSEC tarafında yönetilen EROS B uydusunun dijital uydu görüntüleri temin edilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda 59 saat 40 dakikalık uçuş ile Arnavut topraklarının %12,5'i fotoğraflanarak hiperspektral veriler üretilmiş ve bu verilerin işlenmesi Avrupa pazarına sunulmak üzere 32 ton uyuşturucu madde üretebilen 304 kenevir tarlasının bulunmasını sağlamıştır.

Jia ve diğ. (2011), Çin'in kuzeybatısındaki Gansu eyaletinde haşhaş üretiminin uygun olduğu resmi bir çiftlikte haşhaşın afyon verimi, ana bitki ölçümleri ve çevre parametreleri ele alınarak afyon verim tahminlerini uzaktan algılama yöntemleri ile ilişkilendirilmesini sağlayacak göstergeler bulmak amaçlanmıştır.

Bu doğrultuda her yıl çalışma alanları içerisindeki örnek alanlardan afyon haşhaşının farklı büyüme evrelerinde afyon verimi, yaprak alan indeksi ve bitki boyu ile ilgili parametreler toplanmıştır. Afyon verimi için iki aşamalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. İlk olarak haşhaş bitkisinin dikim yoğunluğu belirlenmiştir. İkinci aşamada haşhaş kapsüllerine atılan çiziklerle açığa çıkan lateks maddeleri toplanmıştır. Böylece çalışma sahalarından elde edilen afyon verimi belirlenmiştir. Yaprak alan indeksi tahmin çalışmaları için LAI 2000 bitki kanopi analizörü kullanılmıştır. Her bölge için ölçümler yapılmış olup sonrasında işlenmesi için LICOR(FV2000.exe) tarafından sağlanan LAI-2000 analiz yazılımı kullanılmıştır. Bitki boyu ise yerden bitkinin tepesine kadar çelik bir mezura kullanılarak ölçülmüş ve ortalama uzunluk değerleri alınmıştır.

Bu çalışmalar sonucunda bitki boyunun afyon verimi ile genel bir eğilim göstermemiş ve belirleyici bir faktör olmadığı gözlemlenmiştir. Yaprak alan indeksinin ise afyon verimi ile anlamlı bir ilişkisinin olduğu çiçeklenme ve hasat dönemindeki yaprak alan indekslerinin afyon verim tahmin çalışmalarında kullanılabileceği gözlemlenmiştir. Yaprak alan indeksi, uzaktan algılama verileri ile türetilebilir olması uzaktan algılama tekniğinin araştırma konularından birisidir (Fang ve diğerleri, 2003). Uzaktan algılama yöntemleri ile haşhaş ekim alanlarının tespit edilmesi ve afyon üretim bilgilerinin toplanması, doğal (yüksek dağlar) ve sosyal (silahlı suçlular) açıdan tehlike arz etmesi sebebi ile oldukça önemlidir.

Portugal ve diğ. (2020), yaptıkları çalışmada Kuzeybatı Kaliforniya'nın ormanlık su havzalarındaki özel araziler üzerinde kenevir yetiştiricilerinin yasadışı kenevir ekimi ile mücadelede uyumlulukları ile ilgili incelemelerde bulunarak daha büyük bir çalışmanın ön bulgularına odaklanmıştır.

Demir ve diğ. (2019), yaptıkları çalışmada Türkiye'nin batı Anadolu bölgesinde Isparta'nın kuzeyinde yer alan Gönen ovasında haşhaş bitkisini uzaktan algılama yöntemleri ile tespitini amaçlamışlardır.

Bu amaç doğrultusunda haşhaş tespit çalışmaları için 4km²'lik alan seçilerek Digital Globe'a ait olan ve onun tarafından işletilen QuickBird-2 yüksek çözünürlüklü dünya gözlem uydusu çalışmada tercih edilmiştir. Çalışma alanına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünün analizi ERDAS IMAGINE 2014 yazılımı kullanılarak pixel tabanlı sınıflandırma ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmaların sonucunda nesne tabanlı görüntü analizi yaklaşımının tarımsal arazi örtüsünü sınıflandırmak için etkili olduğu kanıtlanmıştır. Ancak haşhaş bitkisi ve gül bitkisinin bulunduğu çalışma alanın da birçok yanlış sınıflandırmada meydana gelmiştir. Buna rağmen narkotik gibi özel bitkilerin yetiştirilmesinin kontrolü uzaktan algılama teknolojileri ile birlikte takip edilebileceği belirtilmiştir.

Azaria ve diğ. (2012), bu çalışma ile kenevir ekili alanların araştırılması ve haritalanması amacı doğrultusunda zemine dayalı hiperspektral algılamanın kullanımını değerlendirmektedir. Araştırmanın temelinde kenevir bitkilerini, çevresinde bulunan diğer bitkilerden ayırt etmeyi sağlayacak hiperspektral görüntüler üzerinden, bitkilerin spektral özellikleri analiz edilerek yansıma değerlerinin ölçümüne dayanmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda kenevir bitkileri, Tel Aviv Üniversitesi'nin botanik bahçesinde yetiştirilmiştir. Ölçümlerini yapmak için açık havada zemin ölçümlerine dayalı hiperspektral dedektör olan AISA Eagle hiperspektral dedektörü kullanılmış ve 75 m mesafeden ölçümleri yapılmıştır. Hiperspektral görüntüler üzerinden esrar, narenciye ve çimen yansıma spektral imzalarına bakıldığında türler arasındaki farkların üç spektral bölgede belirlendiği görülmüştür. VIS (550-690 nm), NIR (700-720 nm, kırmızı kenar) ve 800-900 nm.

Bu çalışmalar sonuç olarak esrarın spektral özelliklerinin yalnızca 500-750 nm dalga boyu aralığında benzersiz olduğunu ortaya koymuş ve kenevir bitkisi ile narenciye

bitkilerinin arasında sınıflandırma hatalarını tespit etmiştir. Narenciye bitkilerinin %15'i kenevir bitkisi olarak sınıflandırılmıştır.

Lisita ve diğ. (2013), yaptıkları çalışma ile Brezilya'nın kuzeydoğusunda bulunan Pernambuco Eyaleti'nin güney kesiminde gerçekleşmiştir. Çalışmanın amacı bölgedeki kurak alanlarda yer alan yasadışı yetiştirilen hint keneviri bitkisinin alanlarını belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda SPOT-5 yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak nesne tabanlı görüntü analizi uygulanmıştır. Analiz çalışmalarına ek olarak arazi örtü sınıfları, antropojenik alanlar, eğim ve su kaynaklarına olan uzaklıkları da nesne tabanlı görüntü analizinde kullanılmıştır.

Bu çalışma ile sınıflandırma sistemi, bölgedeki hint keneviri ekili alanların %50'sinden fazlasını tespit etmiştir. Bu sonuçlara dayanarak nesne tabanlı sınıflandırmada SPOT-5 uydu görüntülerinin etkin olduğu ayrıca nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile farklı veri katmanlarında ve benzer zorluklara sahip diğer bölgelerde de kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Liu ve diğ. (2018), çalışmada haşhaş ekimi potansiyeli en yüksek olan ülkeler Afganistan, Myanmar, Meksika ve Lao PDR olarak belirtilmiştir. Çalışma Lao PDR'nin en kuzey kesiminde bulunan Phongsali eyaletinde gerçekleştirilmiştir. Bu bölgenin kuzeybatısında Çin'in Yunna eyaletinin bulunduğu ve doğusunda Vietnam ile sınır komşusu olduğu belirtilmiştir. Afganistan'da nehir vadileri boyunca yetiştirilen haşhaş bitkisinin aksine bu bölgede haşhaş bitkilerinin çoğu dik yamaçlara ekilir ve haşhaş parsellerinin şekli ve büyüklüğü tarım parsellerinden farklı olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışma haşhaş bitkilerinin bulunduğu parsellerin konumunu ve mekansal dağılımlarını haritalamak için derin öğrenme metodolojisini önermektedir. Bu önermenin en önemli avantajı bitki özellik çıkarımının manuel çalışma gerektirmeksizin büyük miktarda eğitim verisinden otomatik olarak çıkarımı olduğu belirtilmiştir.

Bu kapsam dahilinde çalışma verisi olarak Çin'in ZiYuan3 uydu verileri ve GaoFen-2 uydu verileri seçilmiştir. Haşhaş bitkilerinin bulunduğu parsellere ait gerçek veriler Çin Ulusal Narkotik Kontrol Komisyonu tarafından temin edilmiştir. Veri ön işleme çalışmalarında ENVI 5.3 yazılımı ve ESRI ArcGIS 10.5 yazılımları kullanılmıştır.

Çalışma modeli iki metre çözünürlüğe sahip ZiYuan3 uydu verileri kullanılarak eğitilmiştir. Dolayısıyla çeşitli uydu görüntüleri kullanılarak model performansını

doğrulamayı değerlendirmek amaçlanmış ve farklı uydu görüntülerinin üzerinde kullanılabilirliği test edilmiştir. Model hem yoğun hemde seyrek alanlar için iyi tahminler ürettiği gözlemlenmiş ve aynı zamanda haşhaş parsel tanımlaması için iyi bir genelleme kabiliyetine sahip olduğu belirtilmiştir.

Gray ve diğ. (2008), Starkville Mississippi’de yaygın olarak yetiştirilen soya fasulyesi ve altı farklı yabancı bitki türünü ayırt etmek için multispektral görüntüler üzerinden deneyler yapmışlardır. Bu deneyler kapsamında karşılaştırma yapabilmek için bitki türleri farklı yoğunluklarda toprağa ekilmiştir. Sonrasında yaklaşık 0.5 uzamsal çözünürlüğe sahip çok bantlı hava görüntüleri CCD dijital kamera ile uçak platformuna montaj edilerek 1,4 km yükseklikten üretimi yapılmış olup GeoVantage yazılımı ile projeksiyonu WGS 84 olarak kaydedilmiştir.

Multispektral görüntüler denetimli sınıflandırma yöntemleri dört farklı spektral bandın tümü kullanılarak analiz edilmiştir. Denetimli sınıflandırma analizleri ERDAS Imagine 2 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma farklı sınıf aralıklarında gerçekleştirilmiştir. 2 sınıflı sistem ile bitki örtüsü ve toprağı ayırt etmek için kullanılmıştır. 3 sınıflı sistem ile toprak, soya fasulyesi ve yabancı otları ayırt etmek için kullanılmıştır. 8 Sınıflı sistem ile toprak, soya fasulyesi ve 6 farklı yabancı ot türleri ayırt edilmek için kullanılmıştır.

Sonuç olarak denetimli sınıflandırma yöntemleri ile toprak ve soya fasulyesinin sınıflandırma doğrulukları pozitif yönde değerlendirilmiştir. Yabancı bitkilerin doğruluk oranı her ne kadar toprak ve soya fasulyesinin gerisinde kalsada arazi çalışmaları ile doğruluğun artırılabilceğini belirtebiliriz. Ayrıca ekim sıklığı arttıkça sınıflandırma doğruluklarının arttığı çalışmada bariz bir şekilde öne çıkmıştır.

Waine ve diğ. (2014), bu çalışma ile Afganistan’da afyon haşhaşlarının ekimi yasadışı olduğu için kontrollü tarla deneyleri İngiltere’nin güneyinde yapılmıştır. 2004 ve 2005 yıllarında Hampshire ‘da bulunan çiftlikte ilaç sektörü için yetiştirilen haşhaşlar üzerinde yapılan deneyler ile ekinlerin NDVI değerleri incelenmiştir.

NDVI analizleri için gerekli olan hava görüntüleri Kodak DCS 420 dijital kameradan hafif bir uçağın gövdesine monte edilerek üretilmiş ve üretilen görüntüler üzerinde düzeltme işlemleri yapılarak koordinat sistemi geometrik olarak düzeltilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmaların sonucunda Afganistan’da bulunan haşhaş bitkileri İngiltere’de yetişen haşhaş bitkileri ile benzer bir şekilde gelişse bile yetiştirme koşullarının ve çeşitlerinin farklı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Afganistan’da mevcut NDVI analizlerini gerçekleştirmek için kullanılan uydu görüntüleri (IKONOS, Worldview-2 ve Quickbird-2) ile Birleşik Krallık saha denemelerinde kullanılan dijital hava fotoğraflarının farklı olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın ilk sonuçları umut verici olsada metodolojiyi doğrulamak için görüntü başına yetersiz gözlem olduğu bu yüzden temsili alanların hedeflenen örnekleme için daha fazla verinin gerekli olduğu belirtilmiştir.

Simms ve diğ. (2014), yaptıkları çalışmada Afganistan tarım ve mahsul üretiminin anlaşılmasını geliştirmek için Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradiometresi (MODIS) verilerinin kullanımını araştırmışlardır. NASA’nın Terra ve Aqua uydularında bulunan MODIS geniş alanlara sahip bitki örtüsü çalışmaları için kullanılmaktadır ve Afganistan bölgesinde tarla verileri, afyon ve tahıl ürünlerini Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ile zaman değişikliklerini izlemek için ideal olduğu değerlendirilmiştir.

UNODC tarafından 2005 yılında toplanan ve haşhaş yetiştirme alanlarının geniş coğrafi çeşitliliğini temsil eden 47 tarla konumundan çok zamanlı mahsul verileri referanslanmıştır. Bu kapsam dahilinde haşhaş üretim alanlarından referans veriler ile belirlenen çok sayıda lokasyon karşılaştırılmıştır. NDVI profilinin birinci döngü zirvesine karşılık gelen en yüksek bitki örtüsü aktivitesi hem haşhaş hem de buğdayın çiçeklenme aşamaları olarak gözlemlenmiştir. Bu gözlemler doğrultusunda çiçeklenme döneminin zamanlanması, narkotikle mücadele kapsamında kritik bir bilgi olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca profiller incelendiğinde Afganistan genelinde bulunan enlem ve rakımın neden olduğu fenolojideki büyük değişkenlikde gözlemlenmektedir. Ayrıca arazide bulunan su mevcudiyeti gibi çevresel faktörlerde yine bu çalışmanın gözlemlerinden bir tanesidir.

Sonuç olarak bu çalışma, MODIS 250 m NDVI profillerinin, Afganistan'daki tarım sistemleri ölçeğinde ürün fenolojisi ve yönetimindeki değişikliklere duyarlı olduğunu göstermiştir. Bu çalışma aynı zamanda farklı alt piksel mahsul karışımlarının farklı NDVI profilleri sergileyebileceğini ve bu yaklaşımın diğer tarımsal sistemlerde kullanılmasını mümkün kıldığını öne sürmektedir. MODIS verileri teslimat noktasında ücretsiz olarak sağlandığından, kapsamı küresel olduğundan ve iyi geliştirilmiş yazılım araçlarına sahip

olduğundan, bu tekniklerin diğer coğrafi bölgelerde uygulanması için büyük bir potansiyel olduğu belirtilmiştir. Özellikle kırılğan tarım sistemlerinde, tarımsal uygulamalardaki ve arazi kullanımındaki değişiklikleri araştırmak için yıllık ve yıllık bitki örtüsü gelişimindeki değişimi izlemek için düşük maliyetli bir yöntem sağladığı belirtilmiştir.

Taylor ve diğ. (2010), dünya üzerinde afyon üretiminin %90'ı Afganistan bölgesinde yapıldığını ve Birleşik Krallık'taki eroin tüketiminin hemen hemen tamamını karşıladığı UNODC raporlarında belirtilmiştir (UNODC 2009). Bu çalışmada narkotikle mücadele kapsamında Afganistan'da güvenlik sorunlarının olması sebebi ile Birleşik Krallık'ta ticari olarak yetiştirilen mahsuller üzerinde tarla deneyleri yapmıştır.

Bu deneyler kapsamında Ultracam D Dijital kamera kullanılarak havadan incelemeler gerçekleştirilmiştir. Afganistan bölgesinde devam eden güvenlik sorunları sebebi ile IKONOS uydu görüntüleri kullanılarak mevcut metodoloji çalışmaları yürütülmüştür. Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) profilleri oluşturmak için NASA arşivinden indirilen MODIS görüntüleri kullanılmıştır. MODIS profillerinden elde edilen zamanlama uzmanların olası ürün türleri ve mevcut büyüme aşamaları hakkında yüksek görüntülü görüntülerin yorumlanmasında yardımcı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca eCognition yazılımı ile nesneye dayalı görüntü analizi ve ERDAS ImagineTM'de çerçeve örnekleme analizleri gerçekleştirilmiştir.

Tunca ve diğ. (2021), yaptıkları çalışmada Rassal Orman (RO), Destek Vektör Makinesi (DVM) ve K-En Yakın Komşu(K-NN) makine öğrenme algoritmaları kullanarak uydu görüntüleri üzerinden bitki türlerinin sınıflandırılmasını amaçlamışlardır. Çalışma 2020 yılı içerisinde Amasya'da bulunan Gökhöyük Tarım İşletmesi Müdürlüğü tarımsal üretim arazileri üzerinde başlıca yetiştirilen buğday, fiğ, kenevir, nohut, yonca ve silajlık mısır bitkileri dahilinde gerçekleştirilmiştir. Bahse konu mahsuller, belirtilen makine öğrenme algoritmaları ile analiz edilebilmesi için 2020 yılına ait Nisan ve Eylül ayları arasında 7 adet Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Raster formatında bulunan uydu görüntülerinin işlenmesi, görselleştirilmesi ve analiz edilmesinde Quantum Geographic Information System (QGIS) 3.16.1 yazılımı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmaların sonucunda RO ile yapılan sınıflandırmanın en başarılı sınıflandırma olduğu %95,3 başarı oranıyla hesaplanmıştır.

UNESCO tarafından dünya mirası olarak kabul edilen kuzeydoğu Tanzanya'daki Kilimanjaro Dağı biyolojik çeşitliliği sebebi ile milli park olarak koruma altındadır. Huskainen ve diğ. (2019), bu çalışmada Tanzanya'da bulunan Kilimanjaro Dağı'nın güney bölgesinde uzaktan algılama yöntemlerini kullanarak arazi sınıflandırmasını amaçlamışlardır.

Bu amaç doğrultusunda farklı görüntü analizlerini gerçekleştirmek için 18 Ocak 2012'den itibaren Formosat-2 ve Landsat uydu görüntüleri temin edilmiştir. Temin edilen uydu görüntüleri GNSS ile sahada toplanan yer kontrol noktaları kullanılarak yerel koordinat sistemine ortorektifiye edilmiştir. Sonrasında çalışma verilerini eğitmek ve doğrulamak için kapsamlı olacak şekilde yer referans veri setleri toplanmıştır. Her sınıf için örneklenen yer referans veri setlerini Google Earth' te bulunan uydu görüntüleri kullanılarak doğrulanmıştır. Uydu görüntülerini sınıflandırmak için eCognition Developer'da Fraktal Net Evrim Yaklaşımına dayalı çok çözünürlüklü segmentasyon algoritması kullanılmıştır. Ayrıca zemin referans noktalarını eCognition'a aktararak 1370 yer referans nesnesini sınıflandırma modellerinin eğitimi ve doğrulanması için kullanılmıştır.

Kilimanjaro için çalışmadan önce ayrıntılı bir bitki örtüsü sınıflandırması zaten mevcut oldu belirtilmiştir. Bu çalışma ile birlikte uydu görüntülerinden spektral ve doku özelliklerini tamamlamak için ücretsiz ve açık erişimli küresel ölçekli yardımcı özelliklerin dahil edilmesinin, heterojen savan manzarasında nesne tabanlı sınıflandırmasını önemli ölçüde iyileştirdiğini doğrulamaktadır. Sonuç olarak mevcut çalışma topografya modellerini, toprak özelliklerini, yerleşim modellerini, su yollarına olan mesafeyi ve bitki örtüsü fenolojisini tanımlayan veri kümelerinin, karmaşık heterojen manzaralar üzerinde sınıflandırmaları geliştirerek, zorlu arazi sınıflarının ayırt edici potansiyelini önemli ölçüde iyileştirebileceğini göstermiştir.

Sicre ve diğ. (2014), Fransa'nın güneybatısında Toulouse yakınlarında bulunan sahada gerçekleştirdikleri çalışmada mahsul üretim tahmini ve toprak erozyonu yönetimini iyileştirmek için mahsul sıralarının oryantasyonunun alınması ile ilgili teknikleri sunmaktadır.

Çalışma kapsamında buğday, arpa, ayçiçeği, mısır ve kenevir bitkilerini içeren beş ürün dikkate alınmıştır. Çalışmada gerçekleştirilecek analizler için Mayıs 2004'de

fırlatılan Tayvan uydusu Formosat-2 tarafından görüntüler temin edilmiştir. 20 Şubat ve 23 Kasım tarihleri arasında Multispektral Crop Monitoring'10 deneyi kapsamında toprak verileri toplanmıştır. Veriler yüzey parametrelerinin değişkenliğinin örneklenmesine izin veren 70 km'lik bir güzergâh boyunca düzenli olarak toplanmıştır. Pankromatik görüntüler üzerinden çizim satırı yönelimlerini çıkarmak için ENVI 4.7 yazılımı kullanılmış ayrıca geometrik özniteliklerin hesaplanması için ESRI'nin ArcGIS yazılımı kullanılmıştır.

Sonuç olarak bitki geometrisi, bitki örtüsü, sıralar arası mesafe, traktör tekerlek izleri, tarım aletlerinin örtüşmesi gibi çeşitli faktörlerin parsel çizgi oryantasyonlarında radyometrik bir değişikliğe yol açabileceği görülmüştür. Sıra yöneliminin belirlenmesi için en uygun dönemin mart ortası ile eylül ortası arasındaki bitki örtüsü dönemi olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışma ile mahsul türü fark etmeksizin mahsul sıra yönetimi tahmini için görüntü elde etme tarihlerinin önemli olduğu ve gelecekte yapılacak analizlerde tarımsal sıra yönelimlerinin izlenmesi için çok yüksek uzamsal çözünürlüğe sahip görüntülerin (Pleiades, Ikonos veya Quickbird tarafından sağlanan) kullanılacağı belirtilmiştir.

Fagua ve diğ. (2019), bu çalışma ile tropikal ormanların biyolojik çeşitliliklerini korumak için bitki örtüsünün haritalandırılması çalışması kapsamında Güney Amerika'da bulunan üç tür tropikal orman bölgesinde LIDAR, SAR ve multispektral veriler kullanılarak kanopi yüksekliği tahminlemeleri yapmışlardır. Çalışma alanı olarak Güney Amerika bölgesinde bulunan yıllık farklı yağış oranlarına sahip bu üç orman seçilmiştir;

1-) Orta Brezilya'nın Mato Grosso ve Para eyaletlerinde bulunan Mato Grosso Ormanı (Kuru Orman)

2-) Brezilya'nın Ortadoğu bölgesinde Amazon Havzası içinde Tapajos ve Xingu nehirleri arasında bulunan Tapajos-Xingu Ormanı (Nemli Orman)

3-) Kolombiya Pasifik kıyısında ve Panama'nın güneydoğusunda yer alan Choco-Darien Ormanı (Yağışlı Orman)

Mato Grosso ve Tapojos-Xingu ormanları için OPTECH ALTM 3100 kullanılarak lidar verileri üretilmiştir. Choco-Darien ormanı için OPTECH ALTM 3033 kullanılarak lidar verisi üretilmiştir. Ayrıca elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerini

gözlemleyen Landsat-8, PALSAR-2 ve Sentinel-1 uydularının verileri kullanılmıştır. Sonrasında Lidar, Sar ve multispektral görüntüler arasındaki ilişkileri modellemek için beş farklı regresyon algoritması kullanılmıştır.

Beş farklı regresyon algoritması kullanılan üç farklı orman türünde kanopi yüksekliği harita modellerinin doğruluğunda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Kuru orman bölgesinde en yüksek doğruluk üretilirken nemli ve yağmurlu ortamda doğruluklar sırasıyla daha da düşük hesaplanmıştır. Düşük uzaysal çözünürlük olan 30m uzaysal çözünürlük ile kanopi yüksekliği ve diğer orman özellikleri tahmini çok bantlı sensör Sentinel-2 gibi daha yüksek uzaysal, spektral ve zamansal çözünürlüğe sahip görüntülerle entegre edilerek iyileştirilebileceği değerlendirilmiştir.

Detsch ve diğ. (2016), Tanzania, Kilimanjaro Dağı bölgesindeki bitki örtüsü dinamikleri üzerinde iklim değişikliğinin etkilerini incelemiştir. Çalışma 30 yıllık bir dönemi kapsamakta ve NDVI analizlerinden mevsimsel bitki örtüsü dinamiklerinin açıklamasını sunmaktadır. Mevcut analizler MODIS sensörünün orta düzeyde uzaysal çözünürlüklü verileri ile elde edilmiştir. NDVI analizleri üretilen sonuç haritalar ile anlamlı monoton eğilimler ve alt orman sınırı boyunca yoğun ve net yeşil alanlar tespit edilmiştir.

Mourad ve diğ. (2020), Lübnan Bekaa Vadisi'nin toplam 118.000 hektar ekili alana sahip bölgede yaprak alan indeksi tahmin çalışmaları yürütülerek mahsul gelişimi ve büyümesini takip etmeyi amaçlamıştır. Kenevir, nane, patates, fasulye, lahana ve havuç incelenen başlıca tarım ürünleridir. Çalışmada NASA tarafından üretilen Landsat-8 ve Sentinel-2 verileri kullanılarak bitki örtüsü indeks analizleri gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle yaprak alanı ölçümleri 2018 ve 2019 yetiştirme sezonlarında SunScan Canopy Analysis System kullanılarak yapılmıştır. Gps koordinatları ile tanımlanmış örnekleme alanları seçilmiş ve bu konumlarda Landsat-8 ve Sentinel-2 üst geçim tarihlerinde yaprak alan indeksleri ölçülmüştür. Sonrasında yaprak alan indekslerinin değerlendirilmesi için, Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI), Normalleştirilmiş Farklılık Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi 2 (EVI2) Sentinel-2 LAI indeksi (SeLI) olmak üzere farklı indeksler kullanılmıştır.

Sonuç olarak Landsat verilerinde zamansal çözünürlüğünden kaynaklı az sayıda görüntü olması büyüme aşamalarında biyofiziksel gözlemleri kaçırmıştır ve bu Sentinel-

2 uydusunun kombinasyonu ile elde edilen gözlemlerin önemini göstermiştir. Tercih edilen bitki indeksleri arasında EVI2 indeksi yaprak alan indeksini tahmin etmede diğer tüm indekslerden daha iyi sonuç vermiştir. Atmosferik düzeltmesinin belirsizliği ve uydu piksellerinin coğrafi konum hataları çalışmanın doğruluğunu her zaman olumsuz etkilediği bu çalışmada belirtilmiştir.

Ferreira ve diğ. (2019), bu çalışmada uzaktan algıma yöntemleri ile uyuşturucu alanlarını tespit etmek için veriye dayalı bir yöntem önermektedir. Yöntem, narkotik mahsullerin spektral karakteristik özelliklerini temsil edebilen Evrişimli Sinir Ağı mimarilerini içermektedir. Bu yöntemi doğrulamak için Brezilya bölgesinde polis operasyonları ile tespit edilen Esrar Çokgeni adı verilen hint keneviri bitkilerini içeren veri kümesini kapsamaktadır. Bu veri kümesi polis operasyon tarihi, enlem, boylam, şehir, alan ve bitki sayısı gibi 2003 ile 2012 tarihleri arasındaki narkotik alanlara ilişkin bilgileri içermektedir. Uzaktan algılama görüntüleri Eylül 2008’de bir IKONOS sensörü tarafından yakalanan 100km²’lik alanı kapsamakla birlikte kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızıl ötesi olmak üzere dört spektral banttan oluşmaktadır.

Bu çalışmada uyuşturucu mahsul alanlarını uzaktan algılama verileri ile sınıflandırmanın; veri kümelerinin edinme zorluğu, veri kümelerinin hata payları ve uyuşturucu mahsullerinin doğal yeşil alanlarla spektral benzerliği gibi sebeplerden zorlu bir iş olduğu vurgulanmıştır. Hint keneviri bitki mahsullerinin tespit edilmesinde hasat döneminde sonra bile belirli yerler için farklı uydular tarafından toplanan görünler analiz edilerek kanıt toplanmasının sağlanabileceği değerlendirilmiştir.

Genç ve diğ. (2021), bu çalışmada mikrodalga uzaktan algılama için kenevir bitkisinin karakteristik özelliklerini belirlemek, doğruluğunu artırmak ve uydu verilerinin yorumlanması için 25°C sıcaklık ve %59 bağıl neme sahip bir laboratuvar da kenevir yaprakları ve gövdelerinin geçirgenlik ölçüm sonuçlarını araştırmıştır. Olumsuz hava koşullarından etkilenen optik sensörlerin etkin bir şekilde çalışmaması durumunda mikrodalga sensörler uzaktan algılamada popüler hale gelmiştir. Mikrodalga uzaktan algılama yöntemleri ile malzemelerin elektromanyetik dalgaları ile etkileşimini belirlemek için malzemelerin dielektrik özelliklerine sahip olmak önem arz etmektedir.

Türkiye’de 2016 yılından itibaren yasal olarak kenevir bitkisinin ekimine izin verilmiştir ve dolayısıyla her geçen gün ekim alanları artmaktadır. Bu çalışma için

ölçümlerde kullanılan kenevir bitkileri 17.07.2020 tarihinde Valiliğin resmi izni dahilinde Burdur ilinin Gölhisar ilçesindeki ekim alanından temin edilmiştir. Sonuç olarak kenevir yapraklarının ve saplarının karmaşık geçirgenliği, mevcut çalışmada 8 ila 12.4 GHz arasında ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları MatlabR’de eğri uydurma Toolbox aracılığı ile dört model oluşturulmuştur ve modellenen sonuçların birbirleriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Vanderbilt ve diğ. (2012), Amerika Birleşik Devletleri Uyuşturucuyla Mücadele İdaresi tarafından güvenli bir tesiste açık havada yetiştirilen hint keneviri bitki yapraklarının optik özelliklerinin 400-2.400 nm dalga boyu bölgesi üzerinde ölçüm araştırmaları yapılmıştır. Sonuç olarak yaprak yüzeyinin gelen ışık polarizasyonunu değiştirdiği gözlemlenmiştir.

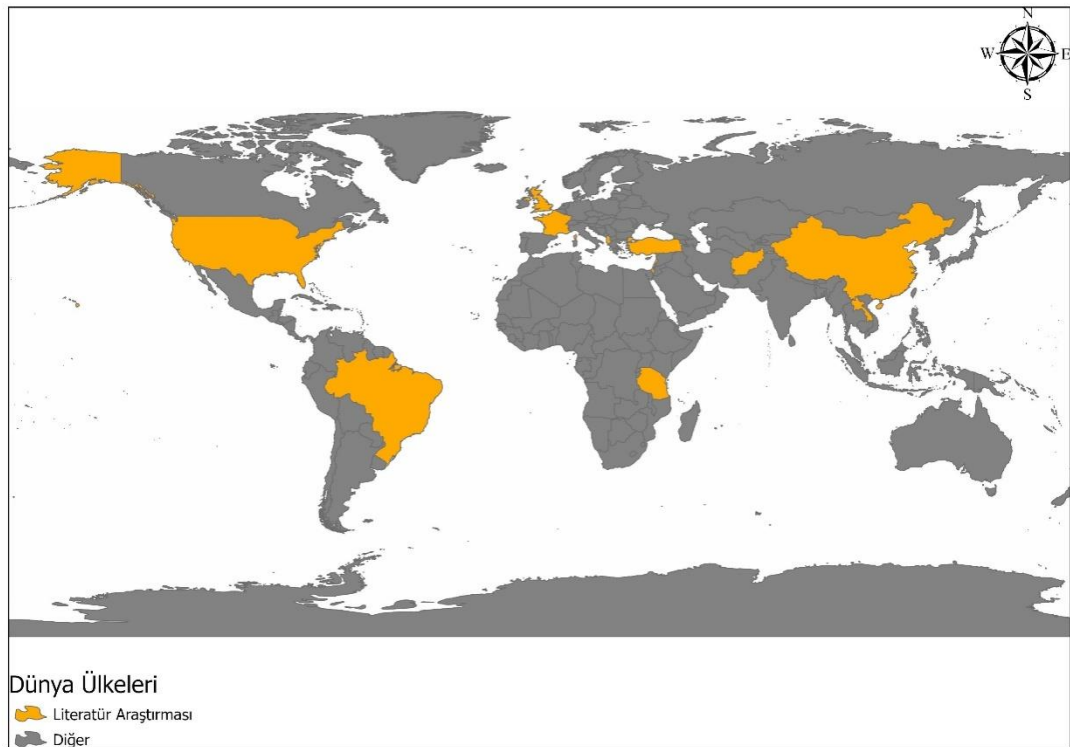
Tian ve diğ. (2015), bu çalışma ile amacı hint keneviri bitkisinin kannabinoid içeriğinin bir spektrometre kullanılarak spektral olarak ölçülmesini araştırmış ve optimal dalga bantlarını belirlemeyi hedeflemiştir. Bu kapsam dahilinde Çin’in Shandong Eyaletindeki Yucheng’de 6 Mayıs 2008 tarihinde uyuşturucu ve lif türü kenevir dahil olmak üzere altı kenevir türü ekilmiştir ve 15 Eylül 2008’de kenevir yaprakları çiçeklenme döneminde toplanmıştır. FieldSpec Pro taşınabilir spektrometre cihazı ile laboratuvar ve alan spektral yansıma ölçümleri yapılmıştır. Laboratuvarda ölçümleri sapılan spektral veriler ile esrardaki THC içeriğini ölçmek için Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır. THC içeriğine en duyarlı dalga bandı laboratuvar çalışmaları sonucu yaklaşık 695 nm’de gözlenmiştir. Bu çalışma ile kenevir bitkisinin THC içeriğinin yaprak ölçeğinde spektral yansıma verileri kullanılarak ölçülebileceğini göstermiştir.

Jia ve diğ. (2011), bu çalışma ile Çin’in kuzeybatısında bulunan resmi bir çiftlikte, zemin spektral ölçüm cihazı olan FieldSpec Pro kullanılarak görünür ve kısa dalga kızılötesi aralığında haşhaş bitkisinin sahada bulunan diğer bitkilerden ayırt edilebilirliği araştırılmıştır. Haşhaş bitkisi üç farklı büyüme döneminde spektral ölçümleri yapılmış ve optimal bantların belirlenebilmesi için üç farklı analiz yöntemi uygulanmıştır. Tüm spektral ölçümler güneşli, bulutsuz ve rüzgârsız hava koşulları altında Pekin saati ile 11:00 ve 14:00 saatleri arasında uygulanmıştır. Bu çalışma ile sahada ölçümleri yapılan haşhaş bitkisinin spektral verileri kullanılarak sahada bulunan diğer bitkilerden ayırt edilebilirliğinin ve haşhaş bitkisinin tanımlanmasının mümkün olduğu belirtilmiştir.

Ayrıca haşhaş bitkisi ile birlikte var olan diğer bitkileri ayırt etmek için en iyi zamanın çiçeklenme zamanı olduğu belirlenmiştir.

Daughtry ve diğ. (1998), yaptıkları çalışmada Doğu Amerika Birleşik Devletleri'ndeki marihuana yapraklarının spektral özelliklerinin yaklaşık 3 nm aralıklarla 400-1000 nm dalga boyu aralığında spektrometre kullanılarak karakterizasyonu ölçülmüştür. Aynı ölçümler Kolombiya, Alaska, Afganistan, Jamaika, Meksika gibi farklı lokasyonlarda yapılmış ve ortalama sonuçlar, çeşitli marihuana seçiminin yansıma spektrumlarındaki en büyük farklılıkların nispeten küçük olduğunu ve en büyük farkın yeşil renkte ve kırmızı kenar bölgesinde olduğunu göstermiştir. Yakın kızılötesi bölgede, fark %3'ten azdı. Sağlıklı marihuana yapraklarının spektral imzası, görünür ve yakın kızılötesi bölgede düşüktü. Fesleğen, sitronella, mısır, soya fasulyesi gibi diğer bitkilerle karşılaştırıldığında, kenevir yapraklarının yansıma farklılıkları görsel ve yakın kızılötesi bölgede önemli ölçüde düşük, 700 – 1000 nm arasında bulunan bölgede biraz daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Gerçekleştirilen literatür araştırmasında yapılan çalışmaların ülkelere göre dağılımı Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Narkotik bitkilerin tespitine yönelik gerçekleştirilen çalışmaların literatür araştırması

3. MATERYAL

3.1. Çalışma Alanının Konumu

Çalışma Kastamonu ilinin Daday, Hanönü ve Taşköprü ilçelerinde gerçekleşmekle birlikte Eskişehir ilinin Alpu ilçesinde yürütülen çalışmalarla desteklenmektedir. Tablo 3.1’de ve Şekil 3.1’de çalışma alanlarının konum bilgileri gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Çalışma alanlarının konum bilgileri

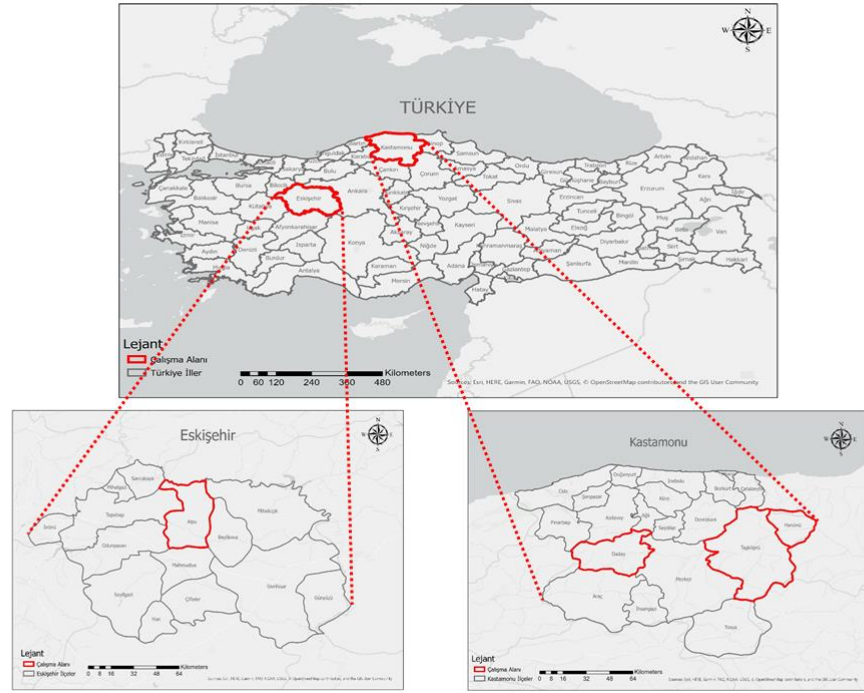
Çalışma Alanı Yerleşim Yerleri	Kuzey Enlemi Koordinatları			Doğu Boylamı Koordinatları		
Alpu	40°3’48’’	/	39°38’27’’	30°49’7’’	/	31°9’47’’
Daday	41°37’11’’	/	41°19’48’’	33°5’52’’	/	33°36’31’’
Hanönü	41°44’32’’	/	41°30’33’’	34°17’59’’	/	34°36’12’’
Taşköprü	41°45’31’’	/	41°10’29’’	33°54’51’’	/	34°28’34’’

Alpu ilçesi, Eskişehir iline bağlı olmakla birlikte batısında il merkezi, kuzeybatısında Sarıcakaya, doğusunda Beylikova, güneyinde Mahmudiye ilçeleri ile kuzeyinde Ankara il sınırının çevrelediği Alpu Ovası üzerinde bulunmaktadır.

Daday ilçesi, Karadeniz Bölgesi’nde yer alan Kastamonu ilinin kuzey batısında bulunan ve Kastamonu il merkezine 34 km uzaklıktaki bir ilçedir. Güney bölgesinde İhsangazi ilçesi, batısında Eflani ilçesi, kuzeyinde Azdavay ilçesi bulunmaktadır.

Hanönü ilçesi, Karadeniz Bölgesi’nde yer alan Kastamonu ilinin bir ilçesidir. Kızılırmak’ın bir kolu olan Gökırmak vadisinde bulunan Hanönü ilçesinin batısında Taşköprü ilçesi, doğusunda ise Sinop ili Boyabat ilçesi bulunmaktadır.

Taşköprü ilçesi, Karadeniz Bölgesi’nde yer alan Kastamonu ilinin bir ilçesidir. Kastamonu il merkezinin kuzeydoğusunda ve il merkezine 42 km. uzaklıkta bulunan ilçe merkezinin rakımı yaklaşık 500 metredir. Kastamonu merkez, Tosya ilçesi, Devrekani ilçesi, Boyabat ilçesi ve Hanönü ilçesi sınır ilçeleridir.

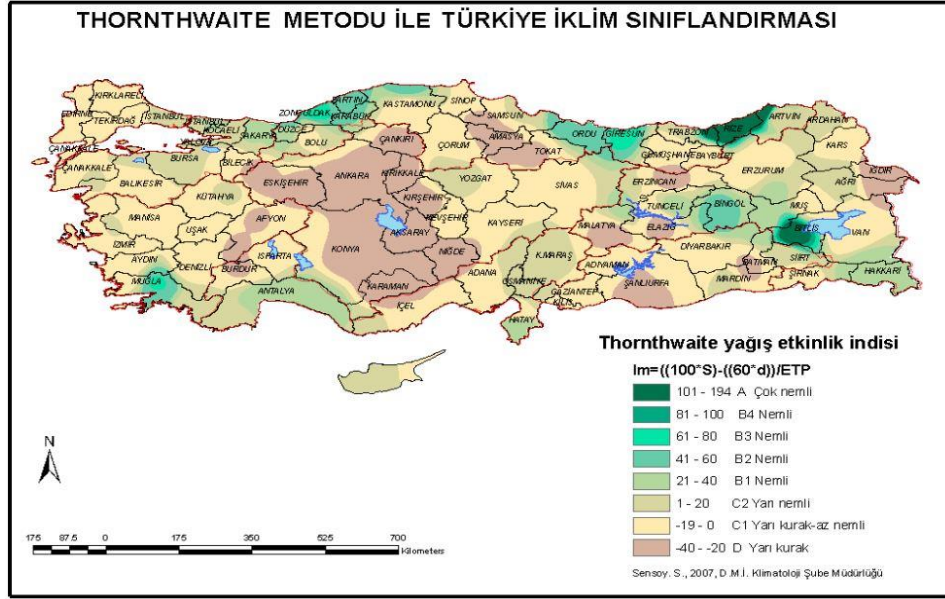


Şekil 3.1. Çalışma alanını gösterir harita

3.2. Çalışma Alanının İklim Özellikleri

Şekil 3.2’de Türkiye iklim sınıflandırması haritasında gösterildiği üzere Kastamonu, yarı nemli, kışları soğuk, yazları ılık, su fazlası olmayan ve deniz tesirine yakın bir iklime sahiptir. İlin kuzey kesimlerinde Karadeniz iklimi gözlenmekte iken, güneyinde karasal iklim hakimdir. Kastamonu’da yağış miktarı aylara göre dağılımı incelendiğinde genel olarak düzenlidir. İl genelinde en az yağış Aralık- Şubat aylarında almaktayken, en çok yağış Nisan-Mayıs ayları arasında yağmaktadır.

Eskişehir ilinde, İç Anadolu Bölgesi’nde bulunan karasal iklim hakimdir. Kış mevsimi soğuk ve kar yağışlı, yaz mevsimi ise sıcak ve yağışsızdır. Az ve kısa süreli gerçekleşen Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları en az yağışlı olan aylardır. Yıl boyunca yaklaşık 90 ila 100 gün arasında yağış almaktadır.



Şekil 3.2. Türkiye iklim sınıflandırma haritası

3.3. Çalışmada Kullanılan Bitkilerin Morfolojik Özellikleri

3.3.1. Kenevir

Kenevir bitkisinin anavatanı Orta Asya ve Hint alt kıtası olarak tahmin edilmekte olup 50 cm'den 3m'ye kadar büyüeyebilen tek yıllık otsu bir bitkidir. Bitkinin gövde kısmı dik ve içi boş olup üzeri dikenli tüylerden dolayı pürüklüdür. Ilıman ve tropik bölgelerin çoğunda yetiştirilmektedir. Bitki cinsi erkek ve dişi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Erkek bitkiler genelde polen üretirken dişi bitki çiçeklenir ve yüksek miktarda esrarın hammaddesi olan tetrahidrokannabinol içermektedir (Görsel 3.1).¹

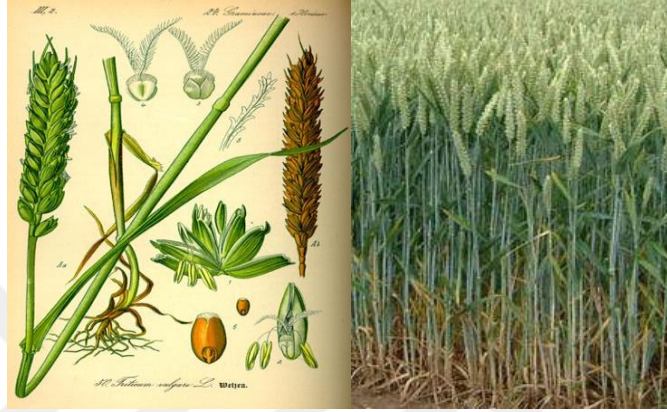


Görsel 3.1. Kenevir bitkisi

¹ <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kenevir>

3.3.2. Buğday

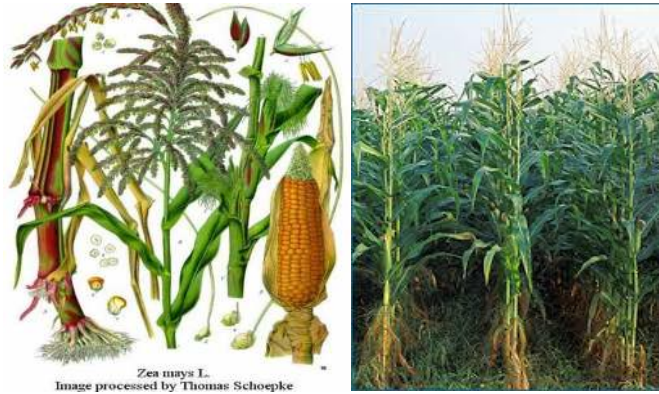
Buğday bitkisi, dünya genelinde ıslahı yapılmış anavatanının Anadolu olduğu tahmin edilen tek yıllık otsu bir bitkidir. Küçük tanecikli meyve yapısı genellikle un haline getirilerek insanlar için en önemli besin kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Gövde kısmı yuvarlak, düğümlü olmakla birlikte yaprak ayası şeritsi bir yapıdadır (Görsel 3.2).²



Görsel 3.2. Buğday bitkisi

3.3.3. Mısır

Mısır bitkisi, sıcak iklimi seven büyüme ve gelişme sürecini sıcak ve güneşli günlerde gerçekleştiren anavatanının Amerika kıtası olduğu tahmin edilen tek yıllık bir bitkidir. Gövde boyu 60-80 cm'den 3 metreye kadar uzayabilmekle birlikte saçak kök sistemine sahiptir. Gövde kısmı boğumlardan oluşan mısırın her boğumunun iki tarafında yaprakları bulunmaktadır (Görsel 3.3).³



Görsel 3.3. Mısır bitkisi

²https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/44075/mod_resource/content/0/3EKONOM%C4%B0K-B%C4%B0TK%C4%B0LER-Besin-Bitkileri-II.pdf

³ <https://ereglitb.org.tr/wp-content/uploads/2019/10/MISIR-RAPORU-2019.pdf>

3.3.4. Yulaf

Yulaf bitkisinin anavatanı Asya'nın batısı ile Avrupa'nın doğusu arasında olduğu kabul edilen tek yıllık bir tarım bitkisidir. Gövde uzunluğu 30 ila 150 cm arasında değişkenlik gösteren yulafın yaprakları şeritsi, sivri uçlu ve tüysüzdür (Görsel 3.4).



Görsel 3.4. Yulaf bitkisi

3.3.5. Yonca

Yonca bitkisi, boyu 50 ila 80 cm arasında olabilen derin bir kök sistemine sahip çok yıllık otsu bir bitki türüdür. Genel olarak hayvan besiciliğinde kullanılan yonca Türkiye coğrafyası kökenli olduğu tahmin edilmektedir. Yoncanın en iyi yetiştiği topraklar, tınlı, kumlu-tınlı ve yeteri derecede kireç içeren topraklar olmakla birlikte genellikle ilkbahar veya sonbahar aylarında hasat edilmektedir (Görsel 3.5).⁴



Görsel 3.5. Yonca bitkisi

⁴ <https://tr.wikipedia.org/wiki/Yonca>

3.3.6. Kavak ağacı

Kavak ağacı, söğütgiller familyasından olan ve bütün çeşitleri ağaç halinde bulunan iki evcikli odunsu bitkilerdir. Tohumla üretilen kavaklar ayrıca çelik yoluyla da çoğalabilmektedirler. Akarsu kenarlarında ve güneş ışığında iyi gelişim gösteren kavak ağaçları genelde sığ bir kök sistemine sahiptir. Çoğunlukla uzun saplı olan yaprakları üçgen, elips, yumurta-yürek biçiminde loplu veya dar şerit halinde olmak üzere değişik formlarda ve boyuttadır. Hızlı gelişim gösteren kavak ağaçlarının boyları 30 m'ye kadar ulaşabilmektedir (Görsel 3.6).⁵



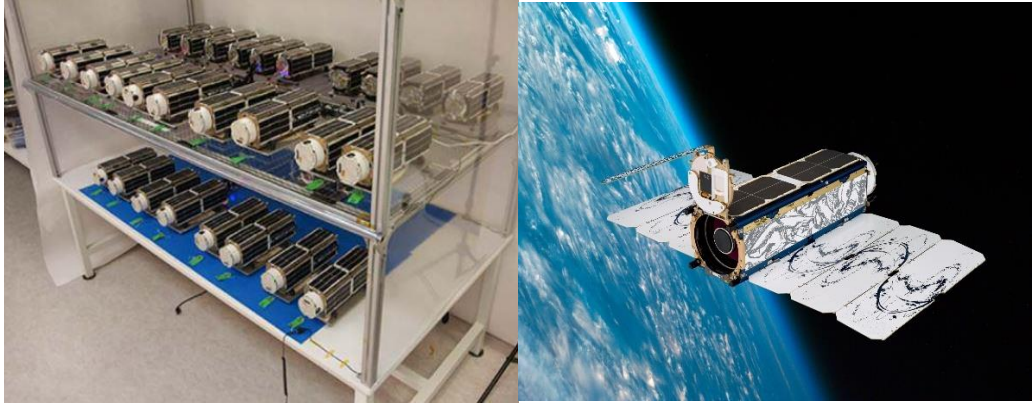
Görsel 3.6. Kavak ağacı

3.4. Çalışmada Kullanılan Uydu Platformu

Mevcut yüksek çözünürlüklü uydu platformları detaylı bir şekilde incelenmiş olup çalışmada PlanetScope uydu görüntüleri kullanılmıştır. Planet Dünya üzerinde hızlı bir şekilde görüntü toplayabilen bir sistem olmakla birlikte yakın zamanda ilgi alanımız hakkında detaylı bilgileri edinebileceğimiz bir sistemdir. Bahse konu uydu platformu 90 dakikada kutuplardan geçerek her gün dünyanın her tarafını görüntüleme kapasitesine sahip olması ile önemli bir avantaj sağlamaktadır. PlanetScope uydu görüntülerinin bu sebeple afet alanlarının tespit edilmesi, tarımsal ürünlerin izlenilmesi, arazi kullanımındaki değişimler, tarımsal hasarların tespit edilmesi ve yapılaşma takibi gibi birçok alanda kullanım imkânı bulunmaktadır. Güvercin takım uyduları olarak isimlendirilen PlanetScope uyduları Dünya yüzeyini görüntülemek için yaklaşık 200 adet

⁵ <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kavak>

minyatür uydudan oluşmaktadır. Uydu teknik özellikleri Tablo 3.2’de ve Uydu görseli Görsel 3.7’de gösterilmiştir.



Görsel 3.7. PlanetScope uydusu

Tablo 3.2. PlanetScope Uydularına İlişkin Teknik Özellikler

Özellikler	PlanetScope(PS)	
Uydu Sayısı	200+	
Yörünge Yüksekliği	475 km	
Ekvator Geçiş Zamanı	9:30-11:30 am	
Spektral Bantlar (nm)	Blue	455-515
	Green	500-590
	Red	590-670
	NIR	780-860
Yersel Örnekleme Mesafesi (nadir)	3,7 m	
Piksel Boyutu (Ortorektifiye Edilmiş)	3,7 m	
Çerçeve Genişliği	24,6 km x 16,4 km	
Yeniden Geçiş Zamanı	Her gün (nadir)	
Dinamik Aralığı	12 bit	

3.5. Çalışmada Kullanılan Yazılımlar

Çalışmada kullanılan uydu verileri Planet’in Planet Explorer web sitesinden indirilmiş olup görüntülerin işlenmesi ve spektral değerlerinin hesaplanması amacıyla QGIS ve ArcGIS yazılımları kullanılmıştır. Ayrıca sınıflandırma çalışmalarında spektral imzaların test verisi olarak kullanılması için makine öğrenme algoritmalarını içeriğinde bulunduran Weka yazılımı kullanılmıştır.

QGIS, veri görselleştirme ve düzenleme çalışmalarına olanak sağlayan açık kaynak kodlu bir coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır. Kolay kullanımı amaçlayan yazılım

başlangıçta basit CBS verilerini görüntülemekte iken günümüzde kapsamlı gelişmiş analizlerin yapıldığı ücretsiz bir platform olarak önemli bir avantaj sağlamaktadır.

ArcGIS, Esri tarafından geliştirilmiş olan 1999 yılında piyasaya sürülen istemci yazılımı, sunucu yazılımı ve çevrimiçi coğrafi bilgi sistemleri yazılımıdır.

Weka, java ile yazılmış makine öğrenmesi ve istatistik ile ilgili birçok kütüphaneyi içeriğinde bulunduran veri ön işleme ve sınıflandırma yapabilen ayrıca bunları görsel olarak sunabilen yazılımdır.



4. YÖNTEM

Tez çalışmasının yöntem akış şeması 5 temel aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar; çalışma alanının belirlenmesi, uydu verilerinin indirilmesi, spektral ve NDVI değerlerin toplanması, makine öğrenmesi ve sonuçların değerlendirilerek karşılaştırılmasından oluşmaktadır. Çalışmanın yöntem akış şeması Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



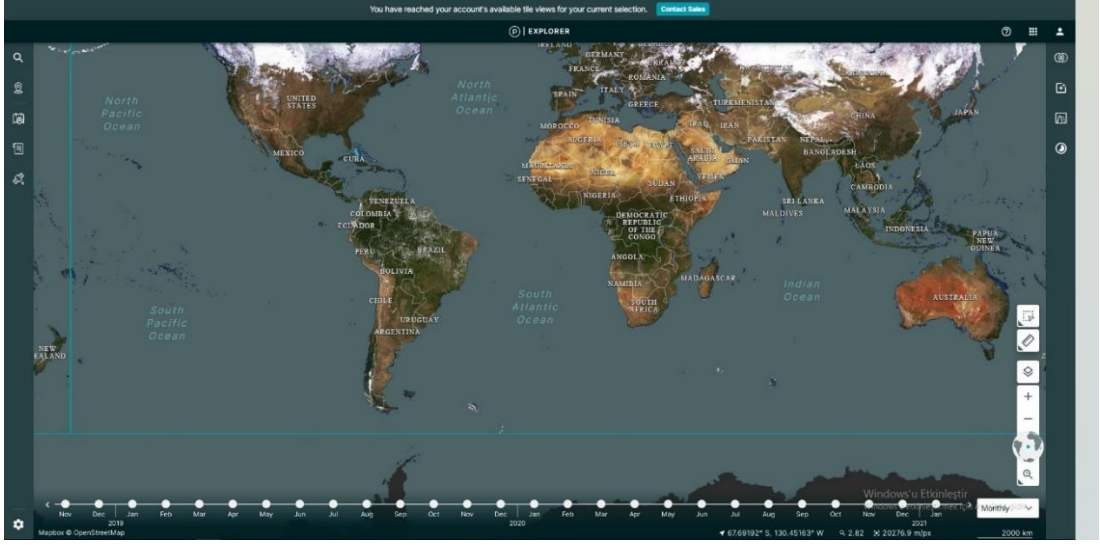
Şekil 4.1. Yöntem akış diyagramı

4.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi

Çalışma alanı Türkiye’de kenevir ekim izninin bulunduğu Kastamonu ilinde yapılmıştır. Ayrıca kenevir harici bitkilerin Eskişehir ilinde hazır konum verisi bulunan hemcinsleri ile karşılaştırılması yapılabilmesi için desteklenmiştir. Mevcut çalışma alanlarının belirlenmesinde bitki örtüsü, iklim, coğrafi lokasyon ve tür çeşitliliklerinin bulunmasına dikkat edilmiştir. Uydu platformundan temin edilecek görüntüleri dikkate alarak Kastamonu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü personellerince yapılan görüşmeler neticesinde kenevir, buğday, mısır, yulaf, yonca, kavak bitki türlerinin parsel bilgileri temin edilmiştir.

4.2. Uydu Görüntüsünün Temini

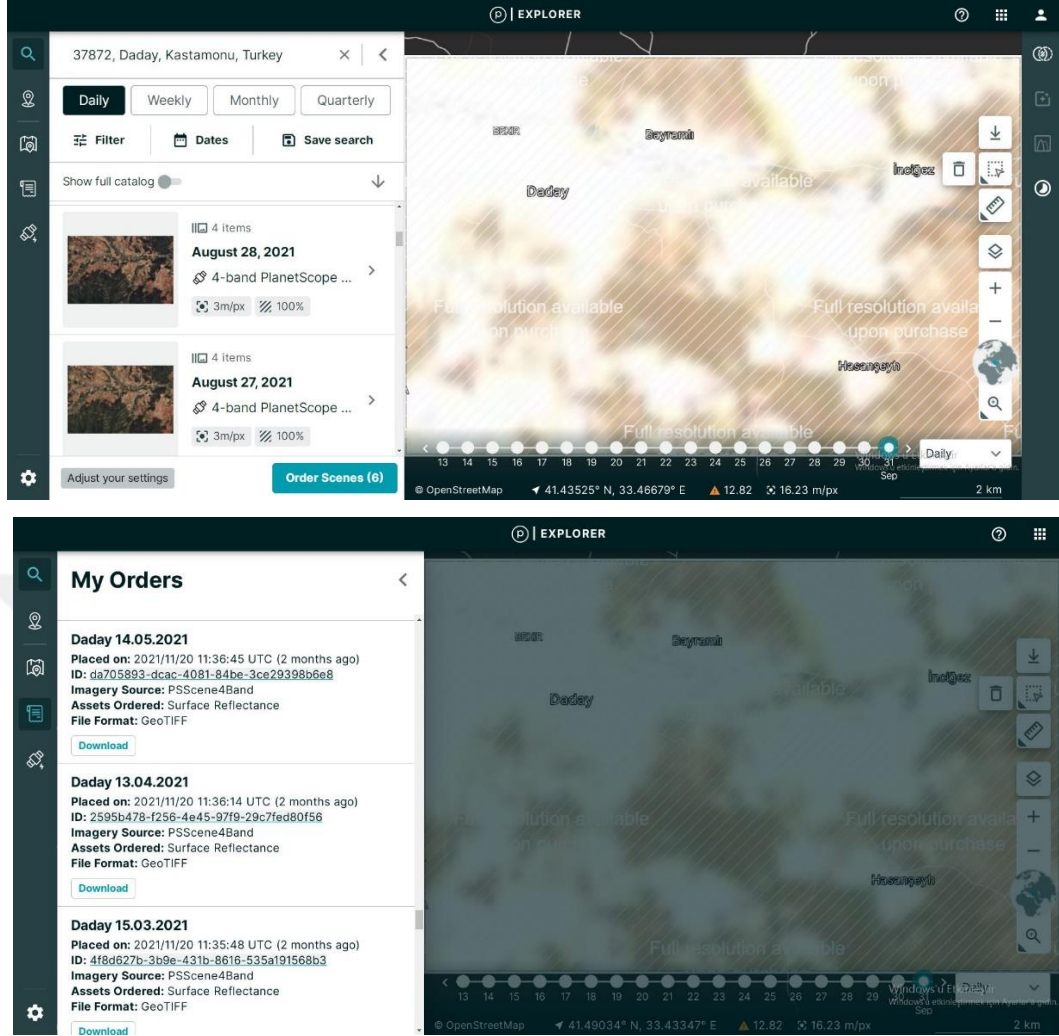
Çalışma bölgelerinde, yapılan literatür araştırması sonucu mevcut bitkilerin fenolojik evrelerinin yıl içerisinde gelişim süreçleri incelenmiştir. Bu araştırma sonucuna göre 2021 yılına ait Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarına ait uydu görüntüleri seçilmiş ve mümkün oldukça bu ayların 10’ncu ve 20’nci gün aralığı dikkate alınmıştır. Planet firmasına ait yeryüzünü her gün görüntüleme imkanına sahip güvercin uydu olarak adlandırılan PlanetScope uydu görüntüleri Şekil 4.2’de gösterildiği üzere Planet Explorer web sitesinden sipariş edilerek indirilmiş ve temin edilmiştir.



Şekil 4.2. Planet Explorer web sitesinin ara yüzü

4.2.1. Uydu görüntülerinin sipariş edilmesi ve indirilmesi

Çalışma bölgelerinde öncelikli olarak yapılan literatür araştırması sonucu bitkilerin gelişim evrelerini kapsayacak aylar seçilmiştir. Sonrasında çalışma parsellerini kapsayacak nitelikte dikdörtgen bir alan web sitesinde bulunan hazır araçlarla çizilerek mevcut alan içerisindeki uydu görüntüleri listelenmiştir. Listelenen sonuçlara göre bulut oranı dikkate alınarak uydu görüntüleri sipariş edilmiştir. Sipariş edilen PlanetScope uydusuna ait uydu görüntüleri onay sürecinden sonra siparişlerim sekmesinin içerisinde listelenerek indirme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bahsedilen veri siparişi ve indirilmesi işlemleri Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Planet Explorer web sitesinden veri siparişi ve indirilmesi

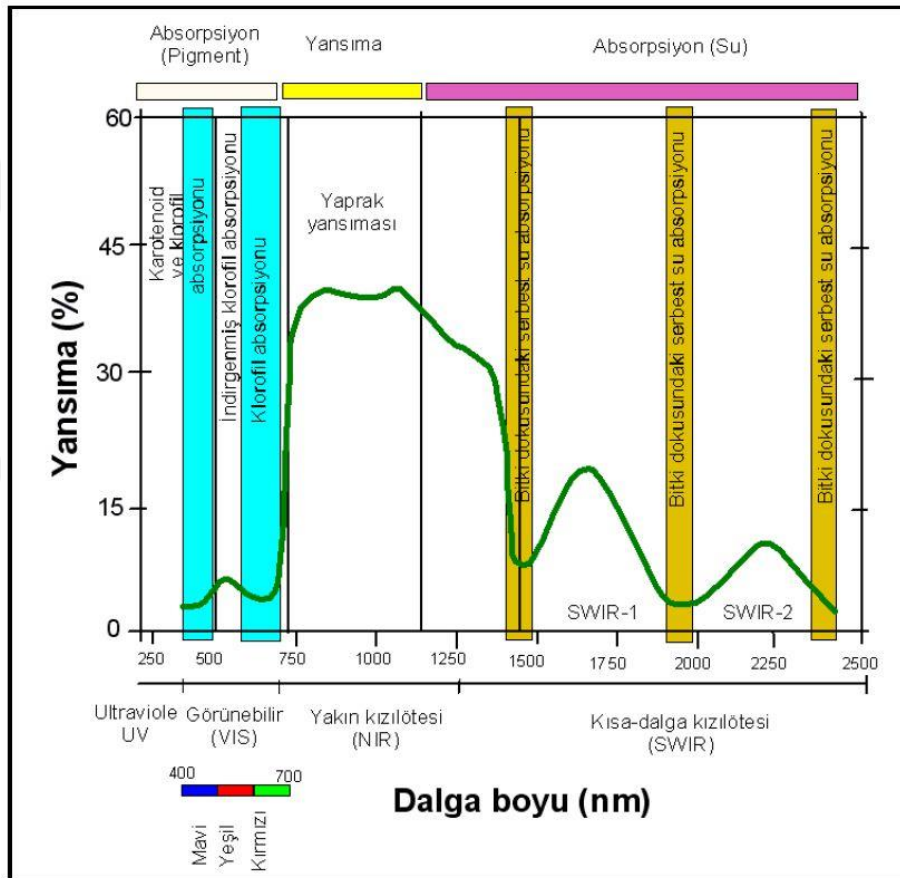
4.3. Spektral İmza Kütüklerinin Oluşturulması

4.3.1. Bitkilerin yansıma karakteristikleri

Bitkiler ışıma teorisine uygun olarak herhangi bir kaynaktan gelen radyasyonu absorbe ederler, yansıtırlar, yayarlar veya dağıtırlar (Dinç vd., 2001). Bu işlemler genellikle bitki yapraklarında gerçekleşir ve hücre duvarından epidermise, hücreler arası boşluktan stomalara her bir yaprak parçası elektromanyetik ışıma farklı tepkiler gösterirler (Chandrasekharan, 2005).

Klorofil 500-700 nm dalga boyları arasında enerjiyi absorbe ederken, su ve hücre duvarı ise 1500-2500 nm dalga boylarında daha fazla enerjiyi absorbe etmektedir. Bitkilerde en büyük yansıma değerleri yakın kızılötesi olarak ifade edilen 700-1300 nm dalga boylarında elde edilmekte ve birçok bitki özelliği bu dalga boylarındaki farklılıklarla ortaya koyulabilmektedir (Başayığıt vd., 2008).

Spektral özelliklerin analizi neticesinde spektrumun hangi bölgesinde bitki türlerinin ayırt edilebilir olduğu belirlenebilmektedir. Bu özellik sayesinde oluşturulan spektral kütüphane önemli bir kaynak durumundadır ve bölgede gerçekleştirilecek sonraki çalışmalar için önemli bir kaynak niteliğindedir. Spektral kütüphane kontrollü sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesinde ön koşul olan ve sınıflandırma başarısını direkt olarak etkileyebilen yeterli sayıda, dağılımda ve doğrulukta örnekleme alanlarının tespitinde büyük rol oynamaktadır (Çölkesen, 2015). Şekil 4.4’de bitkilerin elektromanyetik ışımanın farklı dalga boylarında yansımaları karakteristikleri gösterilmiştir.

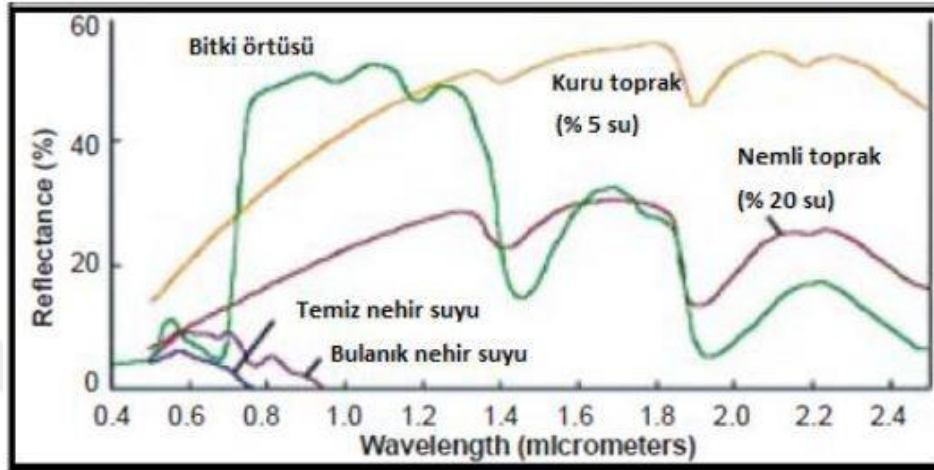


Şekil 4.4. Bitkilerin elektromanyetik ışımanın farklı dalga boylarındaki yansımaları karakteristikleri

4.3.2. Spektral imza

Yeryüzünde bulunan cisimler güneş ışıklarından gelen elektromanyetik enerjiyi absorbe eder, geçirgenlik gösterir ya da yansıtırlar. Belirtilen bu seçenekler sonucunda etkileşime giren her türlü elektromanyetik enerjiyi ölçmek için özel sensörler geliştirilmiştir. Bu sensörler, Dünya’da ki değişiklikleri izlememiz ve takip edebilmemiz için uzaktan algılamayı kullanmamıza olanak sağlamaktadırlar.

Spektral imza, bir cismin belirli bir ışık kaynağı tarafından aydınlatılması sonucu elektromanyetik dalgaların yansıma ve yayılım değerlerinin grafiksel gösterimidir. Spektral imzalar, uzaktan algılama teknikleri ile benzer spektral imza eğrilerine sahip alanların sınıflandırılmasında yardımcı olmak için kullanılmaktadır. Örnek olarak Şekil 4.5’de bitki örtüsü, toprak ve su için spektral yansıma değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Bitki örtüsü, toprak ve su için spektral yansıma değerleri

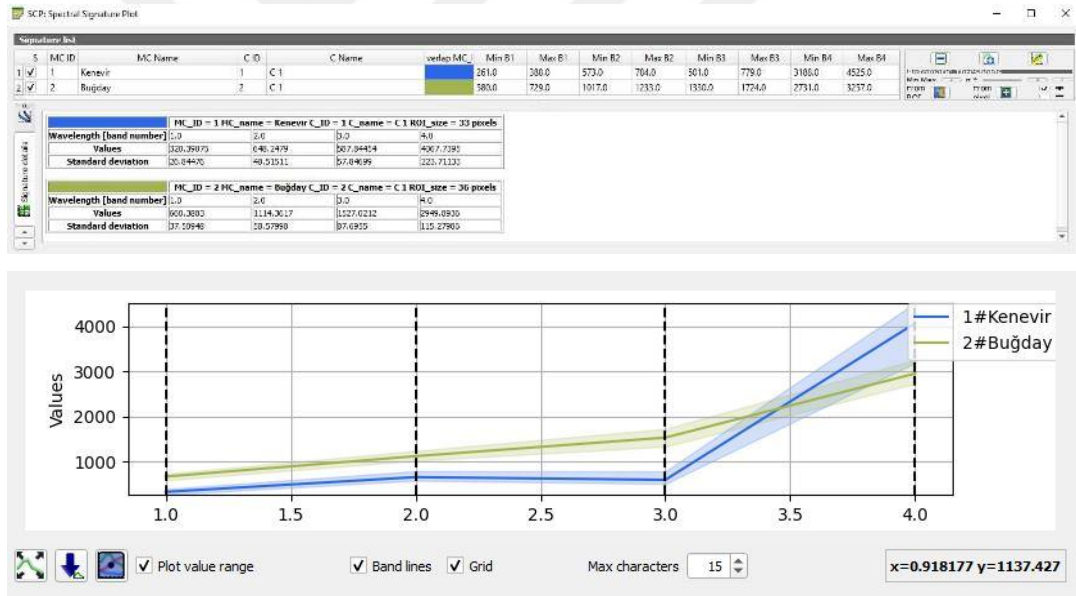
4.3.3. QGIS yazılımı ile spektral değerlerin toplanması

Çalışma, Kastamonu ilinin Daday, Hanönü, Taşköprü ilçeleri ve Eskişehir ilinin Alpu ilçesinde Planet firmasına ait PlanetScope uydu görüntüleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Spektral değerlerin toplanmasında atmosferik hata paylarını en aza indirmek için çalışma görüntülerinin tamamı bulutsuz olacak şekilde ayın 10’ncu ve 20’nci günleri arasında yapılmıştır. Tüm bitkiler için fenolojik gelişim evreleri takip edilerek, çalışma içeriğine dahil bitki türleri için yılın Mart ve Kasım ayları arasında spektral değerleri toplanmıştır.

Spektral değerlerin toplanmasında açık kaynak kodlu coğrafi bilgi sistemleri yazılımı olan QGIS kullanılmıştır. Öncelikli olarak PlanetScope uydusuna ait multispektral uydu görüntüsünde bulunan Red, Green, Yellow ve NIR (Near Infrared) bantlar yazılıma tanıtılmıştır. Sonrasında spektral değerleri toplayacağımız eklentiler modülü içerisinde Semi-Automatic Classification eklentisi yüklenmiştir. Bu eklenti ile birlikte spektral değerleri toplayacağımız çalışma dosyası oluşturulmakta ve Create a ROI (Region of Interest) Polygon hazır aracıyla test alanlarımız belirtilmiştir (Şekil 4.6). Belirtilen bu alanların spektral değerleri hesaplanarak Spectral Signature Plot sekmesinde görselleştirilmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.6. QGIS yazılımında spektral değerlerin toplanması



Şekil 4.7. QGIS yazılımında spektral imza değerleri ve grafiğinin görünümü

4.4. NDVI Değerlerin Toplanması

4.4.1. Normalized difference vegetation index (Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indexi)

Günümüzde gelişen uzay teknolojisi ile birlikte yeryüzünde bulunan kaynakları izleme, arazi kullanımı ile ilgili arazi örtüsü haritalama gibi güvenilir ve yüksek doğrulukta bilgilerin elde edilmesi oldukça önemlidir. Uzaktan algılamada bitki örtüsünün durumunun izlenmesinde en çok tercih edilen yöntemlerden birisidir.

Bitki örtüsünün yoğunluğunun belirlenebilmesi için birden fazla teknik ve yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler içerisinde en çok kullanılan yöntem olarak bilinen NDVI yönteminde elektromanyetik spektrumun görünür ve yakın kızıl ötesi bölgeleri kullanılmıştır. Güneş ışığı nesnelere çarptığında, belirli dalga boylarında emilir ve diğer dalga boylarında yansıtılır. Bitki yapraklarında bulunan pigment klorofil, fotosentezde kullanım için görünür ışığı (kırmızı, 0,4 µm- 0,7 µm) güçlü bir şekilde emer. Öte yandan, yaprakların hücre yapısı kızıl ötesi ışığı kuvvetle yansıtmaktadır (0,7 µm- 1,1 µm). Bir bitkinin yaprakları ne kadar fazlaysa, bu ışık dalga boyları o kadar fazla etkilendir (Weier ve Herring 2000).

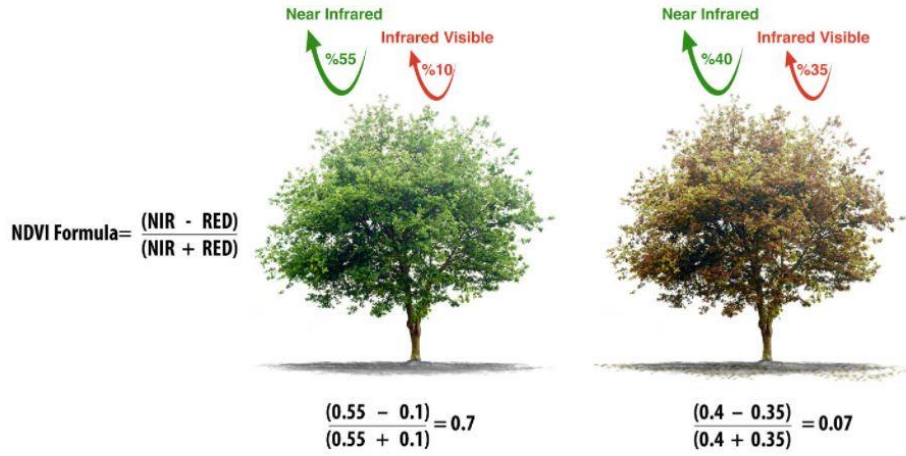
Bir bitkinin ne kadar sağlıklı olduğunu anlamak için RED ve NIR ışınlarının absorbe ve yansımaya değerlerinin karşılaştırılması gerekir. NDVI analizi, uydu görüntülerinin yakın kızılötesi (NIR) ve kırmızı (RED) bandları kullanılarak aşağıda belirtilen formüle göre oluşturulmaktadır.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}^{(1)}$$

Eşitlik 1’de belirtilen NIR yakın kızılötesi bandını Red ise kırmızı(görünür) banda ait yansımaya değerlerini ifade etmektedir.

Normal, sağlıklı bir bitki mavi ve kırmızı ışığı absorbe etmektedir ve yeşil ışığı yansıtmaktadır. Bu nedenle insan gözüne yeşil görünmektedirler. Bitkiler yeşil görünür ışıkla birlikte Yakın Kızılötesi (NIR) ışını da yansıtır ve bitki ne kadar sağlıklı olursa NIR ışını o kadar fazla yansıtılır. Bir bitki susuz kaldığında veya strese girdiğinde bitkinin süngerimsi tabakası çökmektedir ve yaprakları daha az NIR ışığı yansıtmaktadır.⁶

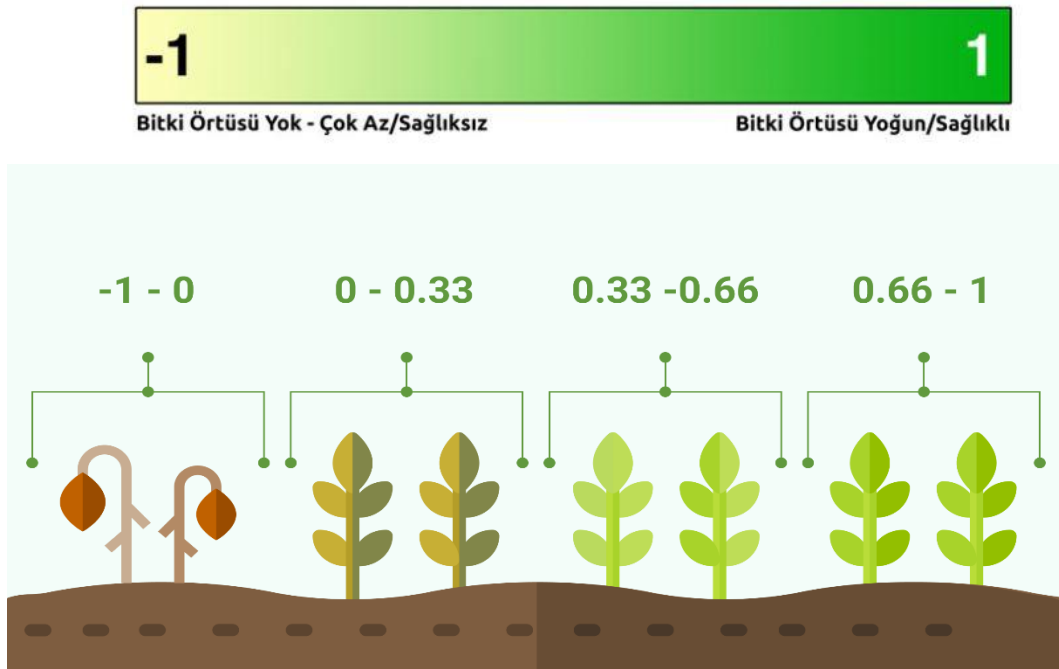
⁶ <https://www.basarssoft.com.tr/ndvi-analizi/>



Şekil 4.8. Sağlıklı ve sağlıklı bitkinin NDVI analiz ile gösterimi

Sağlıklı bir bitki, görünür ışını soğurup yakın kızılötesi ışını büyük bir bölümünü yansıtmaktadır. Bunun yanında sağlıklı bir bitki ise, görünür ışını daha çok yansıtır yakın kızılötesi ışın daha az yansıtmaktadır (Şekil 4.8).

NDVI analizi sonucunda elde edilen değerler -1 ile +1 arasında değişmektedir. Sağlıklı ve yoğun bitki örtüsünün fazla olduğu yerlerde indeks değerleri +1'e doğru yaklaşırken, sağlıklı ve zayıf bitki örtüsünün fazla olduğu yerlerde ise indeks değeri -1'e doğru yaklaşmaktadır (Şekil 4.9).

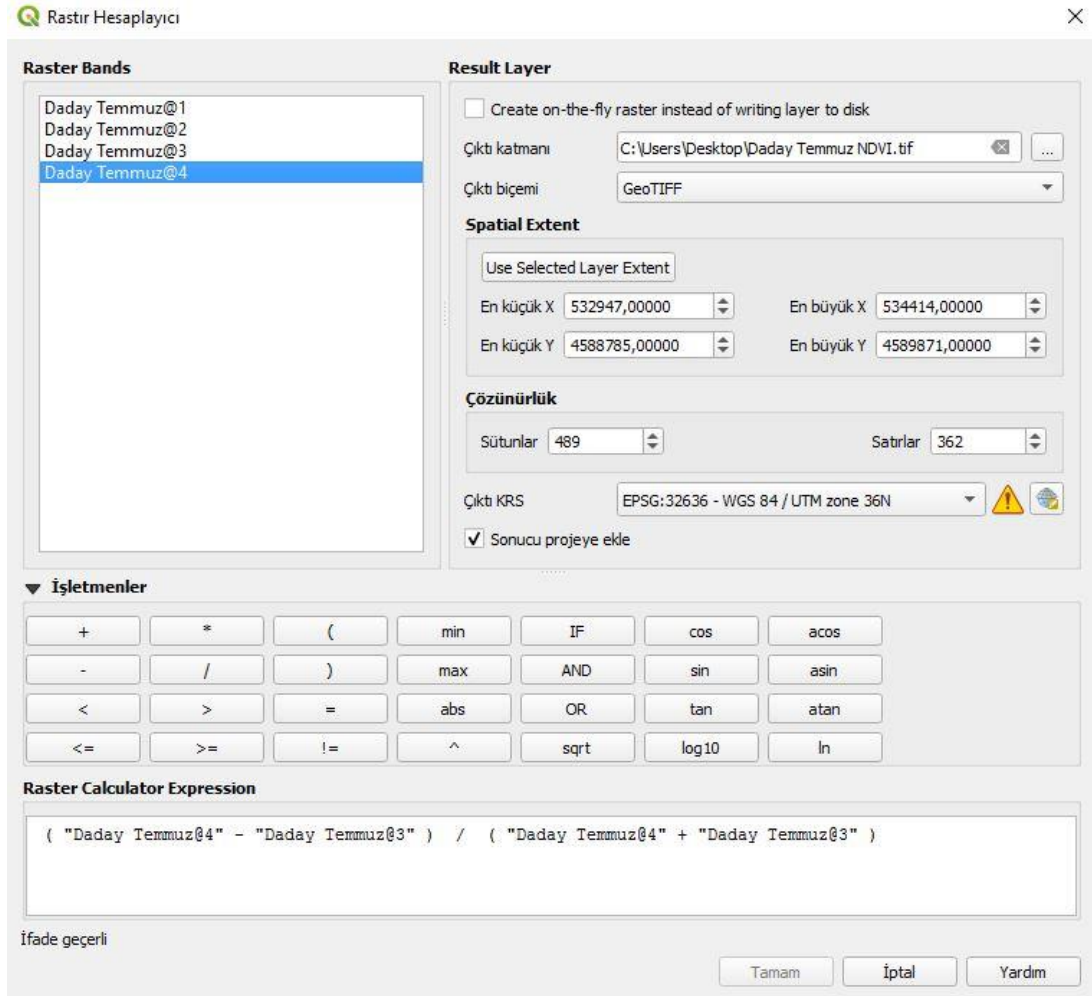


Şekil 4.9. NDVI skalası

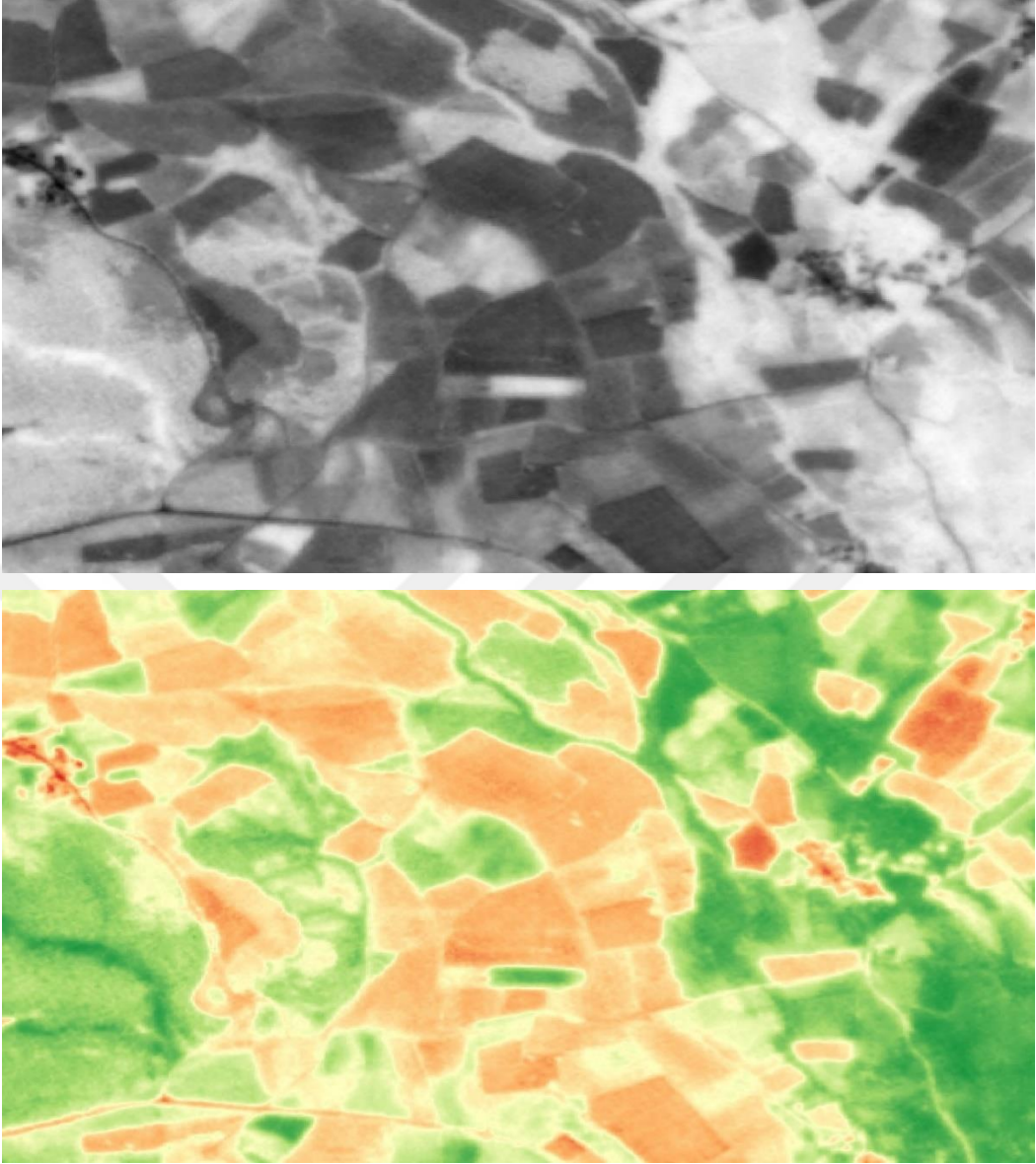
4.4.2. NDVI analizlerin uygulanması

Çalışma, Kastamonu ilinin Daday, Hanönü, Taşköprü ilçeleri ve Eskişehir ilinin Alpu ilçesinde Planet firmasına ait PlanetScope uydu görüntüleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Spektral değerlerin toplanması amacı ile elde edilen PlanetScope uydu görüntüleri, Mart ve Kasım ayları arasında bitki gelişim süreçleri izlenerek NDVI analizleri gerçekleştirilmiştir.

NDVI analizlerinin yapılmasında öncelikli olarak açık kaynak kodlu coğrafi bilgi sistemleri yazılımı olan QGIS kullanılmıştır. QGIS yazılımında Raster modülünün içerisinde Rastır Hesaplayıcı aracı bulunmaktadır. Eşitlik 1’de belirtilen formül bu araç içerisinde Raster Calculator Expression çalışma boşluğunda düzenlenerek NDVI Analizi gerçekleştirilmektedir (Şekil 4.10). NDVI analizi sonucu elde edilen sonuç Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.10. QGIS yazılımında NDVI analizi uygulaması



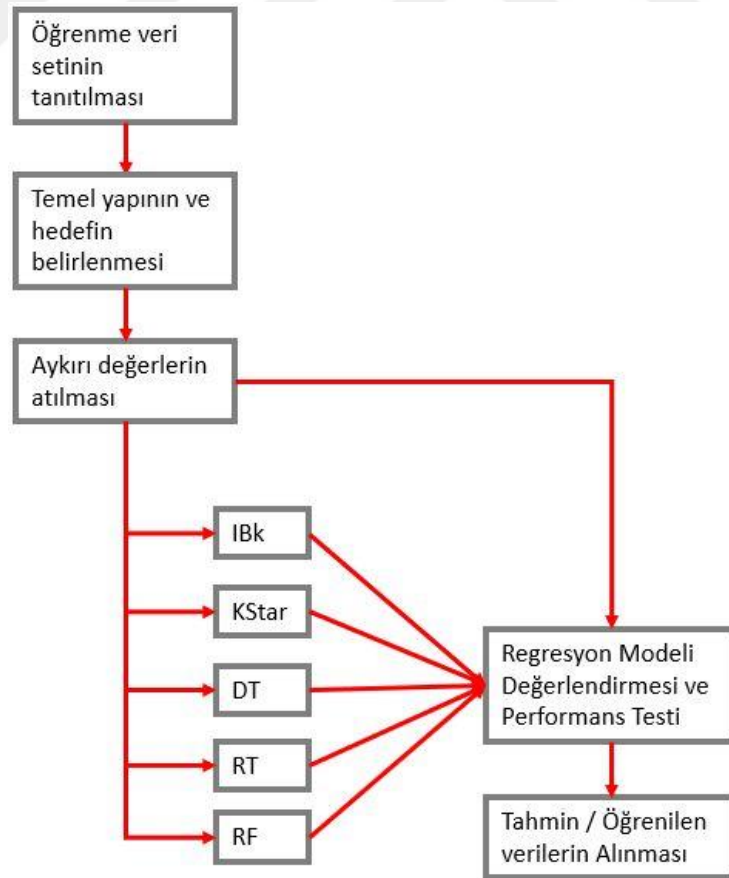
Şekil 4.11. *Daday ilçesine ait 19 Temmuz 2021 tarihli NDVI görüntü*

4.5. Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi, karmaşık ve değişik özelliklerden oluşan verileri insanların öğrenme şekillerini taklit etmek için belirli yaklaşımlar doğrultusunda veri ve algoritmaların kullanımına odaklanan bir yapay zekâ bilimi dalıdır.

Mevcut veri seti ve kullanılan algoritma ile oluşturulan model olabildiğince en yüksek performansı vermek üzere uygulanmaktadır. Makine öğrenmesinde reel problemleri çözmeye yönelik tek bir algoritma yoktur. Bu sebeple birçok makine öğrenmesi yöntemleri geliştirilmiştir (Atalay ve Çelik, 2017). Bu tez çalışmasında Şekil 4.12’de gösterilen metodoloji uygulanmıştır.

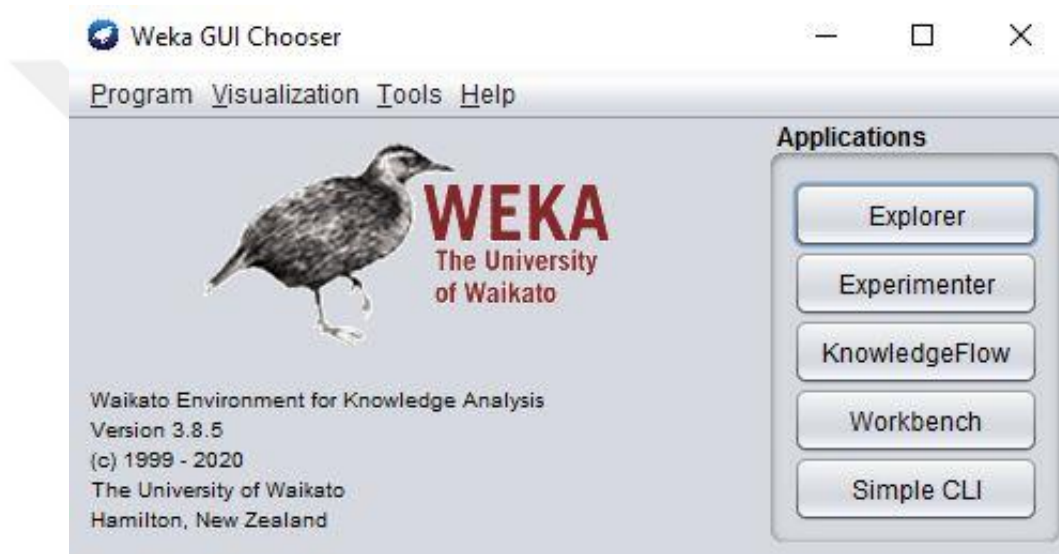
Makine öğrenmesinin temelleri 1950’li yıllara kadar gitmektedir. 2000 yılı sonrası gerçekleşen teknolojik gelişmelerle birlikte uygulanan radikal yenilikler makine öğrenmesi alanındaki çalışmaları hızlandırmıştır. Örneğin, IBM tarafından geliştirilen ‘DeepBlue’ programı dünya satranç şampiyonu Gary Kasparov’u yenmiştir. 2011 yılında Google ses ve görüntü kalıplarını tanıyabilen ‘GoogleBrain’ projesini başlatmıştır. Benzer şekilde, Facebook 2014 yılından itibaren benzer hassasiyete sahip olan insanları tanıyabilen ‘Derin Sinir Ağı’ olan DeepFace’i geliştirmektedir. 2014 yılında Google tarafından satın alınan ‘DeepMind’ 2016 yılında dünyanın en zor tahta oyunlarından olan ‘Go’ oyununda profesyonel bir oyuncuyu (Lee Sedol) yenmiştir. 2015 yılında Elon Musk ‘OpenAI’ isimli insanlığa fayda sağlamak amacıyla güvenli yapay zekâ geliştirme organizasyonunu başlatmıştır (Fidan, 2020). Günümüzde makine öğrenmesi, istatistik, bilgi teorisi, algoritmalar teorisi, olasılık ve fonksiyonel analiz gibi birçok disiplininin bir birleşimidir (Munoz, 2014). Makine öğrenmeye dayalı teknikler, örüntü tanıma, mühendislik, finans, eğlence ve tıbbi uygulamalara kadar çeşitli alanlarda başarıyla uygulanmıştır (El Naqa ve Murphy, 2015).



Şekil 4.12. Makine öğrenmesi iş akış şeması

4.5.1. Weka yazılımı

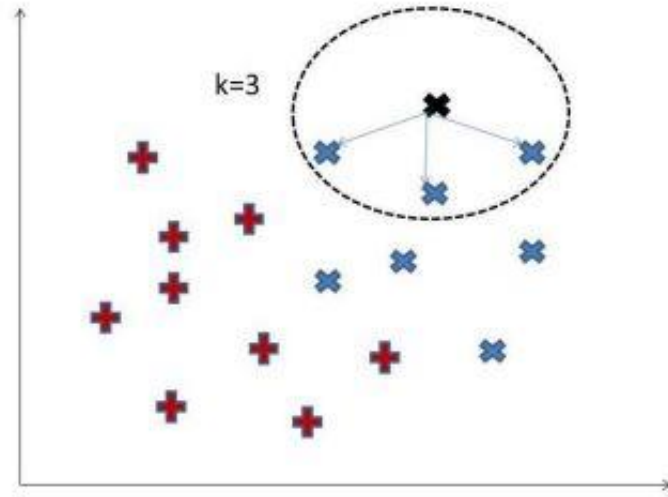
WEKA; Yeni Zellanda'daki Waikato Üniversitesi tarafından geliştirilen, makine öğrenmesi algoritmalarının ve veri ön işleme gereksinimlerinin birlikte sunduğu, açık kaynak kodlu Java tabanlı bir veri madenciliği yazılımıdır (Witten vd., 2011). WEKA'da veri ön işleme, sınıflandırma, gruplandırma, özellik seçimi veya çıkarımı gibi makine öğrenmesi ve istatistikle ilgili birçok kütüphane hazır olarak gelmektedir. WEKA birçok farklı dosya tipini (names, metin tabanlı arff., csv., dat., bsi.) desteklemektedir. Bu program kullanıcılarına farklı uygulama (Explorer, Experimenter, Knowledge Flow ve Simple CLI) seçenekleri sunmaktadır (Uzun vd., 2018) (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Weka yazılımı kullanıcı arayüzü

Yapılan çalışmada Lazy.Ibk, Lazy.KStar, Rules.Decision Table, Trees.Random Tree ve Trees.Random Forest olmak üzere beş algoritma üzerinde çalışılmıştır.

IBk (K-En Yakın Komşu) sınıflayıcı: IBk sınıflayıcısı k en yakın komşu algoritması olarak ifade edilmektedir. IBk çıktı uzayındaki nesnelerin girdi uzayındaki nesnelere benzer olmasını dikkate almaktadır. Test örneğine en yakın olan k adet eğitim örneğini belirlemektedir. Denetimli öğrenme yöntemlerinden biri olan k- en yakın komşu algoritması benzerlik ölçülerine dayanarak örnekler arasındaki uzaklık ölçülerini belirlemektedir. Öklid, Minkowski gibi uzaklık ölçülerinin kullanıldığı k en yakın komşu algoritmasında, örneklerin birbirlerine olan uzaklıkları belirlenmektedir. İdeal bir k sayısı belirlenerek örneklerin sınıflandırılması sağlanmaktadır. Şekil 4.14'de k en yakın komşu algoritmasına ilişkin sınıflandırma örneği belirtilmiştir (Doğaner, 2020).



Şekil 4.14. K-en yakın komşu algoritması sınıflandırma örneği

KStar sınıflayıcısı: KStar (K^*) sınıflayıcısı, uzaklık ölçütü olarak entropiyi dikkate alan örnek tabanlı sınıflayıcıdır. En yakın komşu sınıflayıcısına benzerlik göstermesine rağmen KStar algoritması işlem aşamaları bakımından farklılıklar göstermektedir. Entropi uzaklığını dikkate almanın yanısıra, olasılık toplamalarının da çözüme dahil etmektedir. Hem gerçek özellikler hemde sembolik özelliklerin entegrasyonu sağlanarak eksik veri problemi için çözüm sağlanmaktadır (Doğaner, 2020).

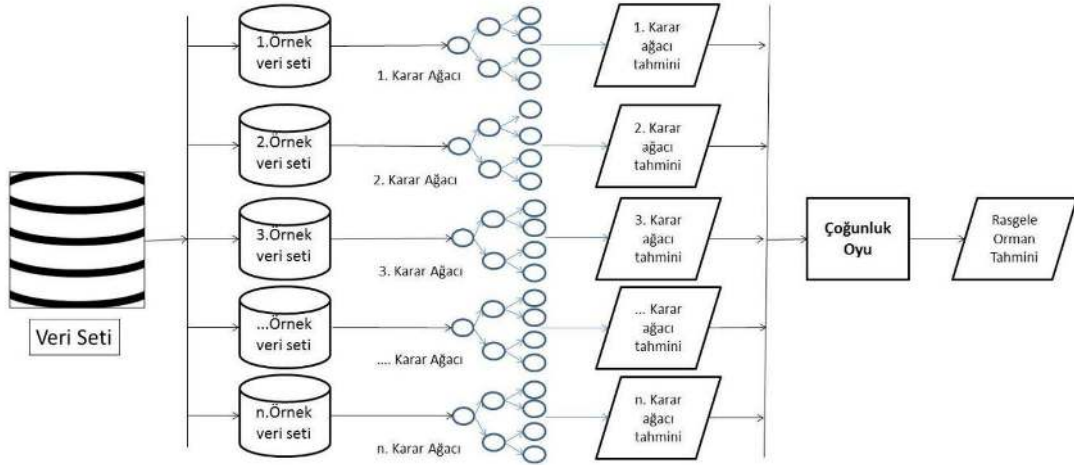
Decision table (Karar tablosu) sınıflayıcı: 1998 yılında Mark Hall ve Eibe Frank tarafından ortaya atılan Karar Tablosu algoritması Koşul, Koşul Kombinasyonları, Eylem ve Sonuçlar olmak üzere 4 bölümden oluşmaktadır. Algoritma problem mantığını modellemek, karar verme aşamalarını netleştirmek ve kararı etkileyecek olan seçenekleri değerlendirmek için kullanılmaktadır (Doğru, 2020). Şekil 4.15’de karar tablosu çizelgesi gösterilmektedir.

KOŞUL	KOŞUL KOMBİNASYONLARI
EYLEM	SONUÇLAR

Şekil 4.15. Karar tablosu çizelgesi

Random tree (Rastgele ağaçlar) sınıflayıcı: Leo Breiman ve Adele Cutler tarafından tanıtılan algoritma hem sınıflandırma hem de regresyon problemleri için kullanılmaktadır. Topluluk öğrenme algoritması olan Rastgele Ağaç sınıflandırması denetlenen bir sınıflandırıcıdır. Bir karar ağacı oluşturmak için rastgele bir veri seti üretmek fikrini kullanılır. Standart ağaçta her düğüm, tüm değişkenler arasında en iyi bölünme kullanılarak bölünür. Sınıflandırma girdi öznelik bilgilerini değerlendirir ve onu ormandaki diğer ağaçlarla gruplandırır. Sonrasında oyların çoğunluğunu alan sınıf etiketinin çıktısını verir (Kalmegh, 2015).

Random forest (Rastgele orman) sınıflayıcı: Breiman tarafından geliştirilen sınıflayıcı, oluşturduğu çok sayıda karar ağacı ile topluluk oluşturmaktadır (Breiman, 2001). Veri setinden farklı alt kümeler oluşturularak karar ağacı topluluğundaki her bir karar ağacı tarafından eğitilmektedir. Her bir düğüm için rastgele olarak belirlenen değişkenler en iyisi dikkate alınacak şekilde dallara ayrılmaktadır. Güçlü bir sınıflayıcı olan Random Forest, sınıflandırma ve regresyon tahminlerinde yüksek performans sunmaktadır. Kayıp verilere karşı dirençli olan Random Forest sınıflayıcısı eksik verilerde de güçlü bir sınıflandırma gerçekleştirebilmektedir (Doğaner, 2020). Şekil 4.16'da Random Forest sınıflayıcısının işlem adımları gösterilmektedir.



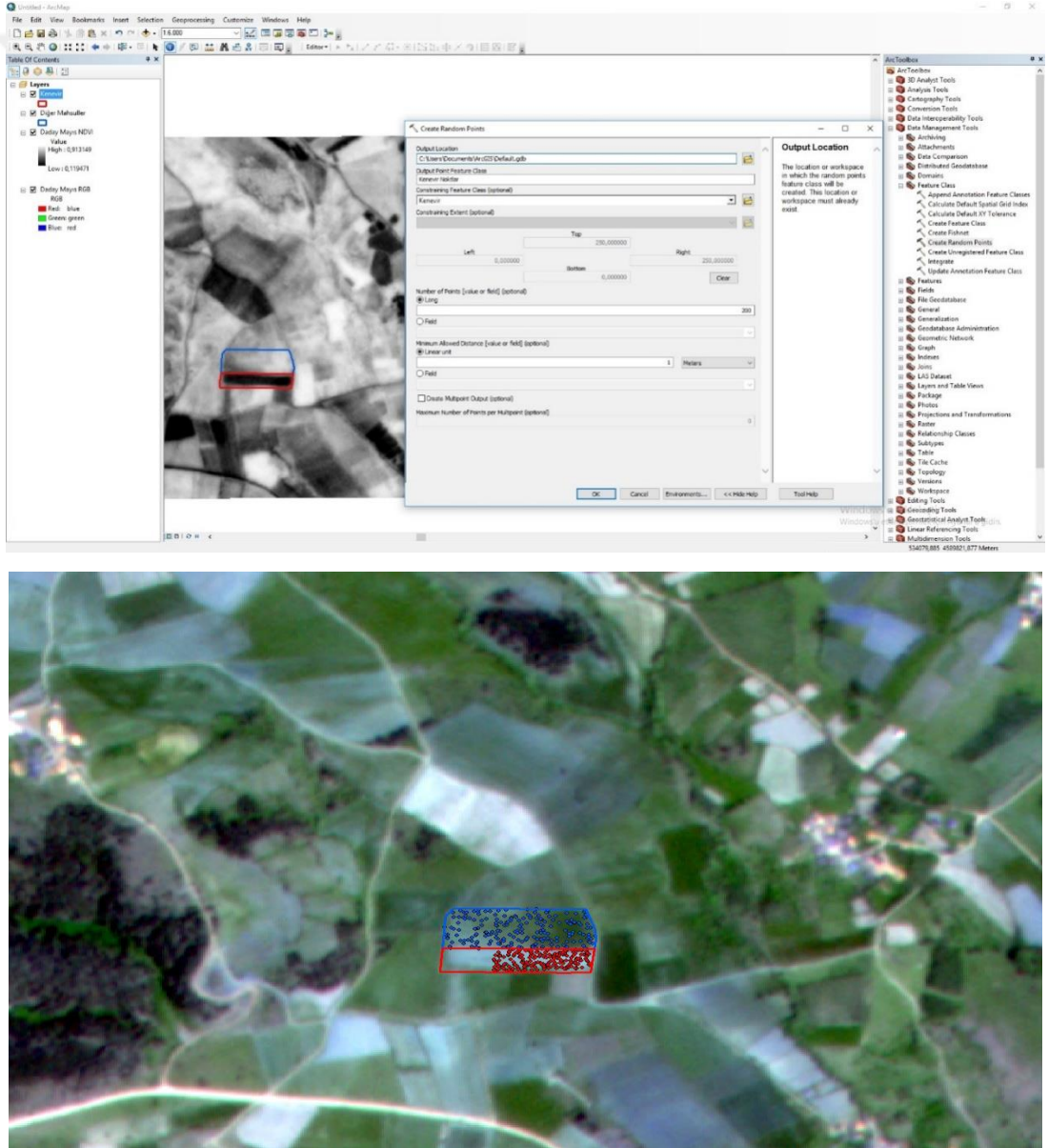
Şekil 4.16. Random Forest sınıflayıcısının işlem aşamaları

4.5.2. Spektral ve NDVI test verilerinin toplanması

Çalışma, Kastamonu ilinin Daday, Hanönü, Taşköprü ilçeleri ve Eskişehir ilinin Alpu ilçesinde Planet firmasına ait PlanetScope uydu görüntüleri ve bu görüntülerden elde edilen NDVI analiz çıktıları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Spektral ve NDVI test

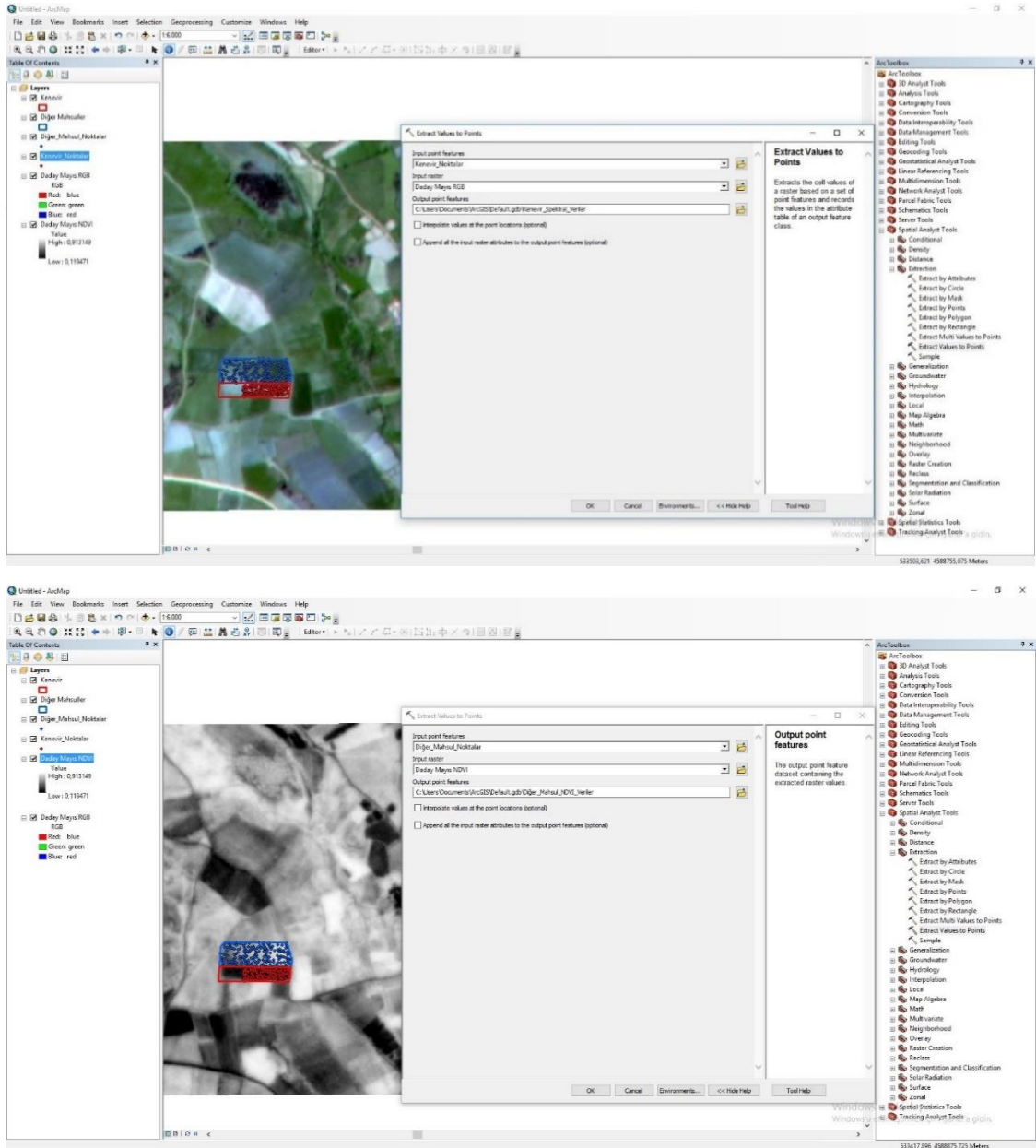
verilerinin toplanması amacı ile elde edilen uydu görüntüleri ve NDVI analiz çıktıları, Spektral değerlerin ve NDVI değerlerin belirgin fark gösterdiği mayıs ayına ait görüntülerden üretilmiştir.

Spektral ve NDVI test verilerinin toplanmasında öncelikli olarak ESRI firmasının ürünü olan ArcGIS coğrafi bilgi sistemleri yazılımı kullanılmıştır. ArcGIS yazılımında ArcToolbox modülünün içerisinde Data Management Tools>Feature Class>Create Random Points aracı bulunmaktadır. Bu araç ile kenevir ve diğer mahsullere ait çalışma parsellerinde 1m arayla her parsel için yaklaşık 200 adet nokta verisi üretilmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Daday ilçesine ait parsellerde test verisi için üretilen noktalar

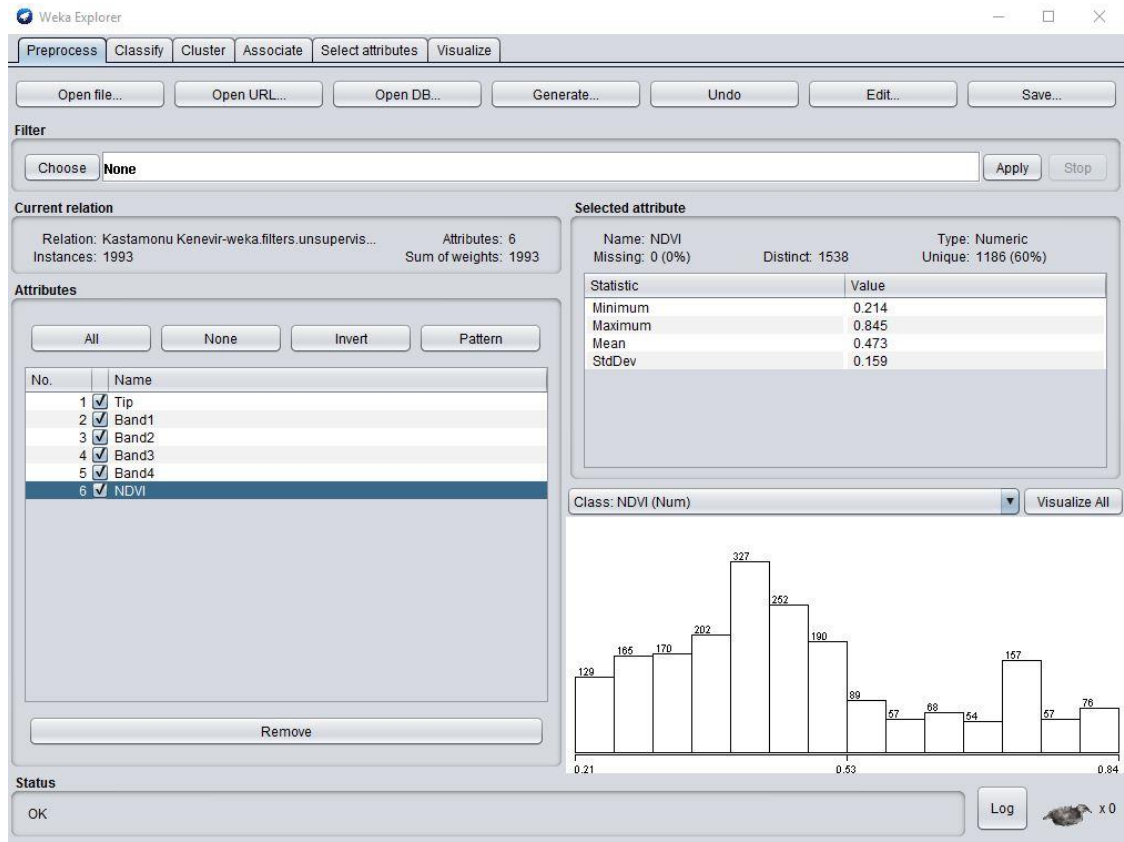
Kenevir tarlalarının ve diğer mahsullerin bulunduğu parsellerde toplam 1993 adet nokta verisi üretilmiştir. Üretilen bu nokta verilerinden test verilerinin toplanabilmesi için Spektral değerlerin bulunduğu uydu görüntüleri ve NDVI analiz çıktı görüntüleri kullanılmıştır. ArcGIS yazılımında ArcToolbox modülünün içerisinde Spatial Analyst Tools>Extraction>Extract Values to Points aracı kullanılarak hem NDVI değerlerinden hem de spektral değerlerden test verileri toplanmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Daday ilçesine ait parsellerin Spektral ve NDVI test verilerinin elde edilmesi

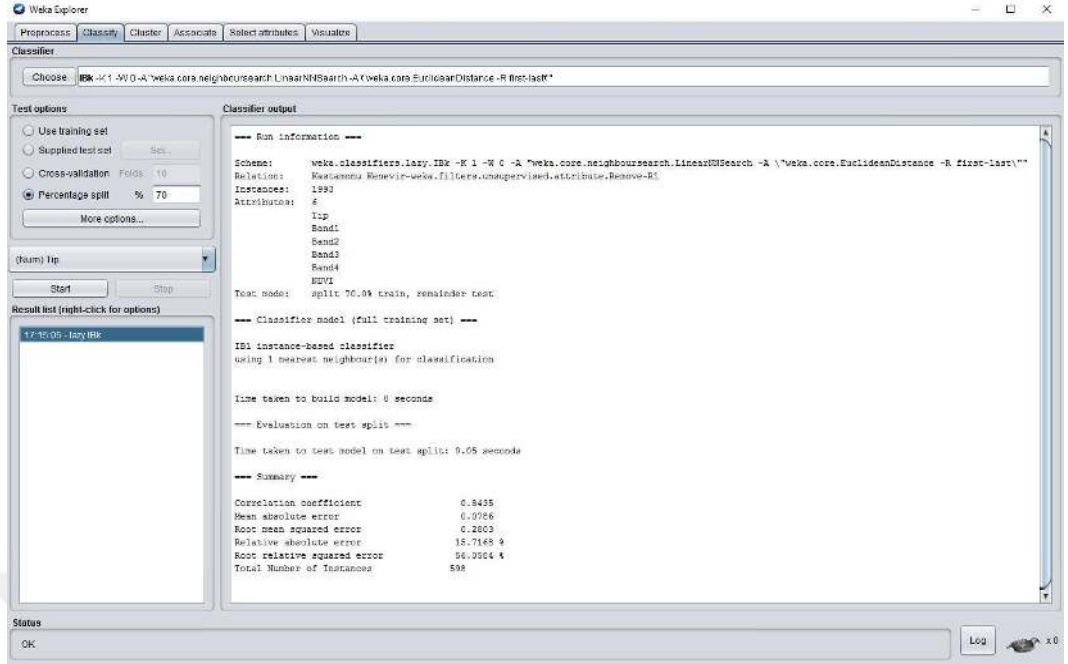
4.5.3. WEKA yazılımı ile makine öğrenmesi uygulaması

ArcGIS yazılımı ile üretilen Spektral ve NDVI test verileri .csv formatında düzenlenerek Weka Explorer ara yüzünde OpenFile butonu ile açılmaktadır. Attributes penceresinde üretmiş olduğumuz veriler listelenmektedir. Tip kolonunda kenevir bitkisine ait noktalar 1, diğer mahsullere ait noktalar 0 olarak belirtilmiştir. PlanetScope uydu görüntüsünden elde edilen spektral veriler Band-1, Band-2, Band-3 ve Band-4 kolonlarında listelenmiştir. NDVI kolonunda ise NDVI analizi sonucu elde edilen değerlerden üretilen veriler listelenmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Weka Explorer Preprocess sekmesi kullanıcı ara yüzü

Şekil 4.20’de gösterilen Classify sekmesinde bulunan Choose butonu ile yazılım içerisinde bulunan sınıflandırma algoritmaları listelenmektedir. Bu çalışmada Lazy.Ibk, Lazy.KStar, Rules.Decision Table, Trees.Random Tree ve Trees.Random Forest olmak üzere beş algoritma üzerinde çalışılmıştır. Test options penceresinde test verileri %70 ve %80 eğitim verisi olmak üzere algoritmalar tip kolonunda belirtilen kenevir bitkisi (1) ve diğer mahsuller (0) parametresi dikkate alınarak çalıştırılmıştır.



Şekil 4.20. Weka Explorer Classify sekmesi kullanıcı ara yüzü

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Tez çalışmasının bu bölümünde çalışma alanlarında uygulaması gerçekleştirilen PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen spektral değerler, NDVI analizlerler, NDVI değerler ve makine öğrenme algoritmalarından elde edilen sonuç bulguları yer almaktadır.

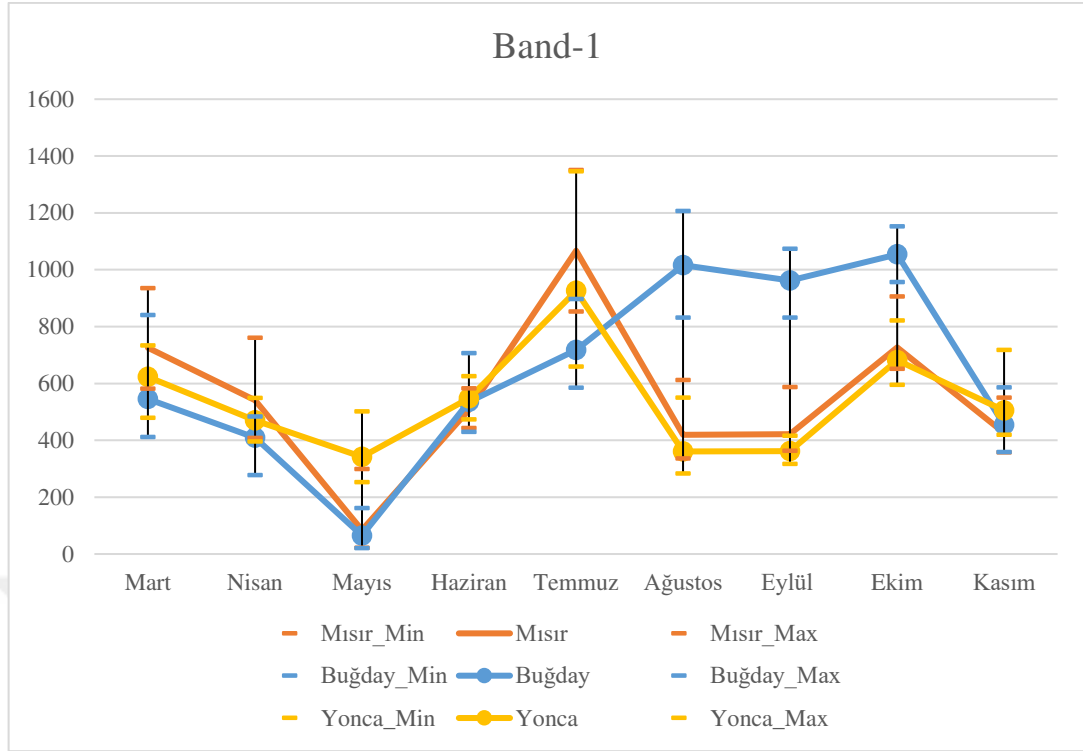
5.1. PlanetScope Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Spektral Değerler

5.1.1. Eskişehir Alpu ilçesine ait mahsullerin spektral değerleri

Tablo 5.1 ve Şekil 5.1’de gösterilen Eskişehir Alpu ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden mısır, buğday ve yonca bitkilerinin aylara göre Band-1 spektral değer bulguları.

Tablo 5.1. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer tablosu

Band-1									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Mısır Min	581	408	22	443	853	336	363	651	357
Mısır	725.9351	540.56384	84.266	507.5786	1067.0817	419.8411	421.48984	726.52954	426.01096
Mısır Max	935	760	299	583	1351	612	587	906	550
Buğday Min	411	277	21	430	585	832	832	957	358
Buğday	545.5636	409.20657	64.98305	535.2963	717.7112	1015.6438	962.0791	1054.0016	453.94757
Buğday Max	840	483	162	707	897	1207	1074	1153	586
Yonca Min	479	396	253	473	659	283	317	595	419
Yonca	623.5323	470.20233	341.60693	548.1672	925.7026	360.88663	361.93832	681.61005	504.59454
Yonca_Max	733	549	502	625	1346	550	416	821	718

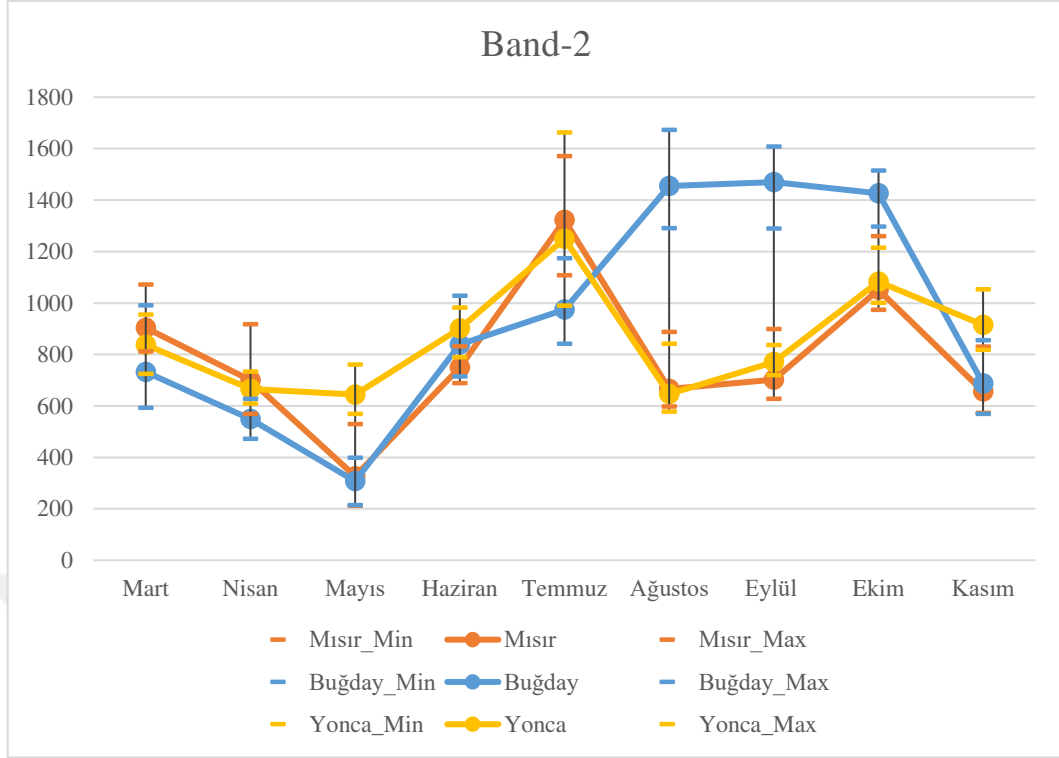


Şekil 5.1. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer grafiği

Tablo 5.2 ve Şekil 5.2’de gösterilen Eskişehir Alpu ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden mısır, buğday ve yonca bitkilerinin aylara göre Band-2 spektral değer bulguları.

Tablo 5.2. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer tablosu

Band-2									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Mısır Min	812	569	212	688	1108	598	627	973	572
Mısır	904.0603	699.02	326.7151	749.1515	1322.379	665.3384	702.5594	1051.65	655.6709
Mısır Max	1072	917	529	831	1570	887	899	1259	830
Buğday Min	592	472	214	715	841	1291	1289	1297	569
Buğday	732.1805	549.3706	307.2394	838.7764	974.6942	1455.266	1469.991	1425.667	687.4232
Buğday Max	991	627	398	1028	1174	1672	1608	1515	855
Yonca Min	725	609	569	789	990	577	720	1001	818
Yonca	837.8742	666.2772	643.9379	900.678	1249.797	646.5927	770.7889	1082.978	914.8317
Yonca Max	955	733	760	982	1663	841	837	1215	1053

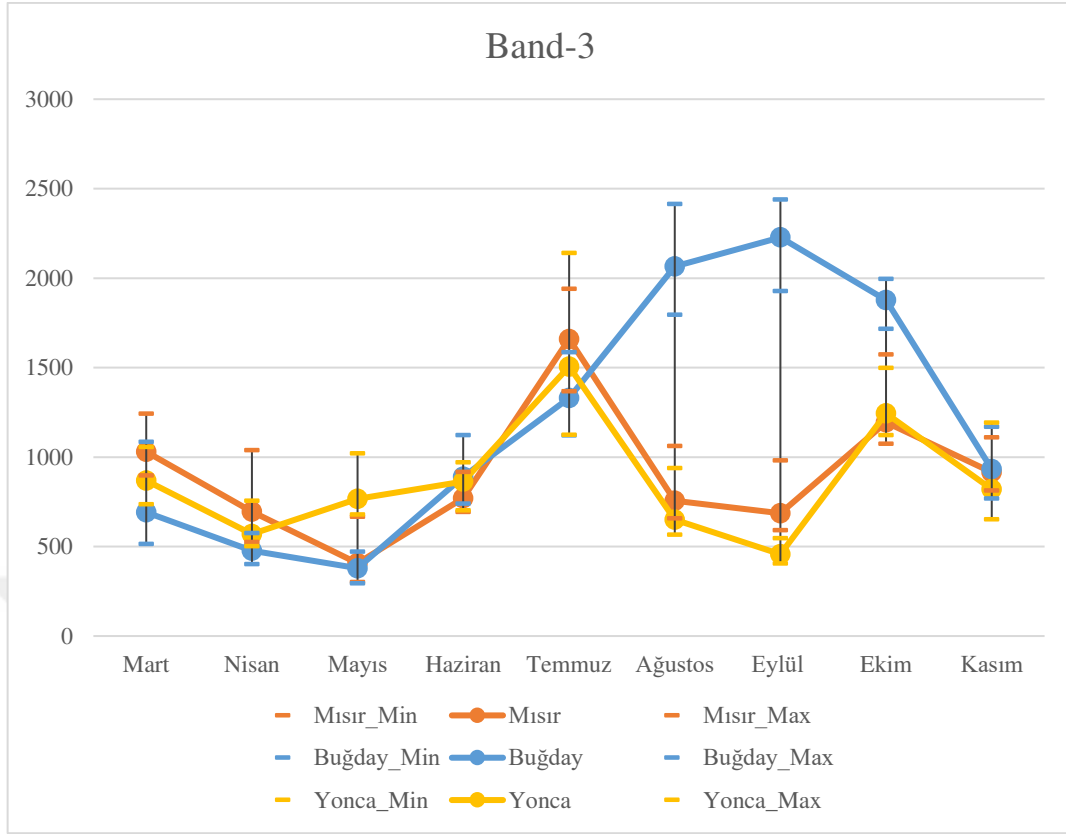


Şekil 5.2. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer grafiği

Tablo 5.3 ve Şekil 5.3’de gösterilen Eskişehir Alpu ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden mısır, buğday ve yonca bitkilerinin aylara göre Band-3 spektral değer bulguları.

Tablo 5.3. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer tablosu

Band-3									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Mısır_Min	897	526	301	693	1368	658	592	1075	814
Mısır	1030.2	695.2514	407.0357	770.9109	1660.091	756.0206	685.9188	1195.029	914.853
Mısır_Max	1242	1038	667	917	1941	1062	982	1574	1110
Buğday_Min	514	401	295	740	1121	1795	1928	1716	769
Buğday	691.2781	476.5073	379.2246	890.6426	1330.797	2065.689	2227.525	1877.983	933.1922
Buğday_Max	1085	575	472	1123	1586	2415	2439	1995	1169
Yonca_Min	737	502	679	703	1125	566	406	1123	652
Yonca	869.0256	570.4835	766.0361	862.4977	1506.346	650.3718	457.1756	1244.818	820.9348
Yonca_Max	1057	756	1020	970	2141	939	547	1499	1193

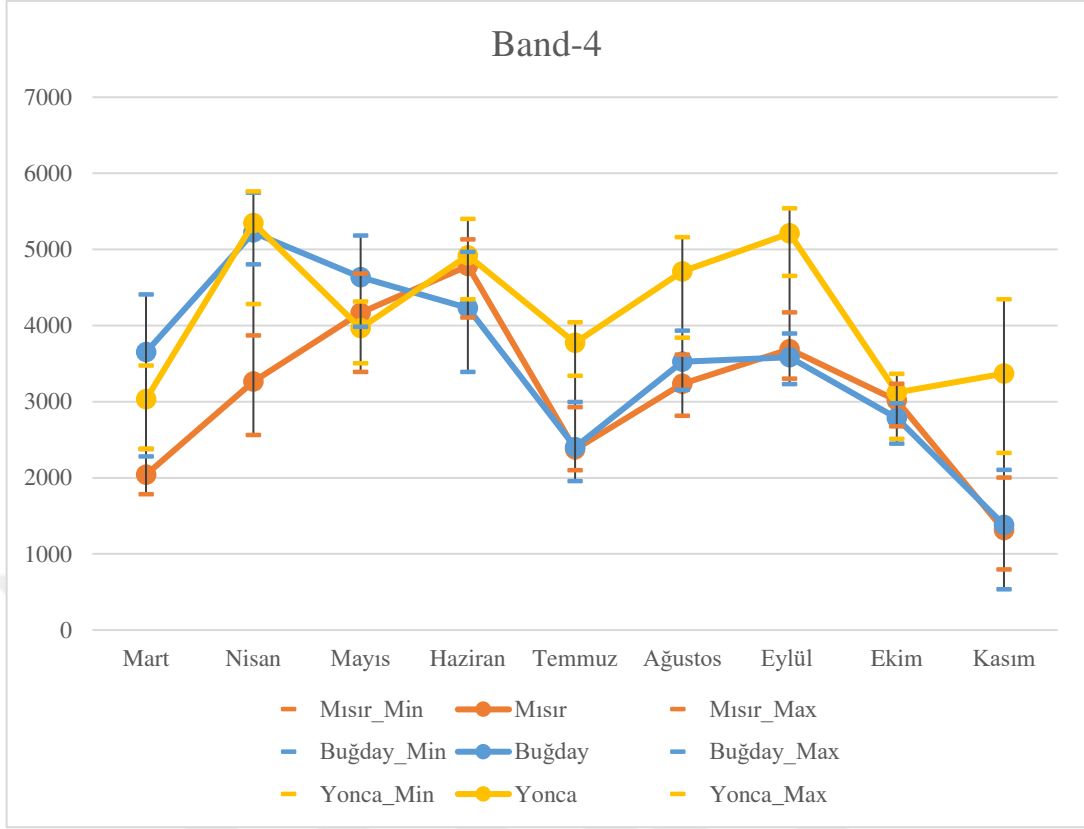


Şekil 5.3. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer grafiği

Tablo 5.4 ve Şekil 5.4’de gösterilen Eskişehir Alpu ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden mısır, buğday ve yonca bitkilerinin aylara göre Band-4 spektral değer bulguları.

Tablo 5.4. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer tablosu

Band-4									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Mısır_Min	1784	2563	3392	4105	2097	2812	3300	2677	794
Mısır	2038.964	3265.314	4168.29	4783.34	2374.331	3233.804	3688.438	3015.388	1311.231
Mısır_Max	2377	3869	4681	5129	2929	3618	4171	3234	2001
Buğday_Min	2278	4802	3981	3388	1956	3155	3229	2449	534
Buğday	3648.687	5221.617	4636.829	4229.134	2403.576	3523.434	3581.729	2783.759	1381.604
Buğday_Max	4406	5747	5180	4968	2993	3933	3894	2976	2104
Yonca_Min	2382	4280	3504	4346	3338	3838	4650	2511	2324
Yonca	3031.317	5344.687	3964.303	4918.772	3773.464	4711.32	5209.67	3122.227	3370.352
Yonca_Max	3474	5760	4316	5402	4041	5161	5539	3366	4345



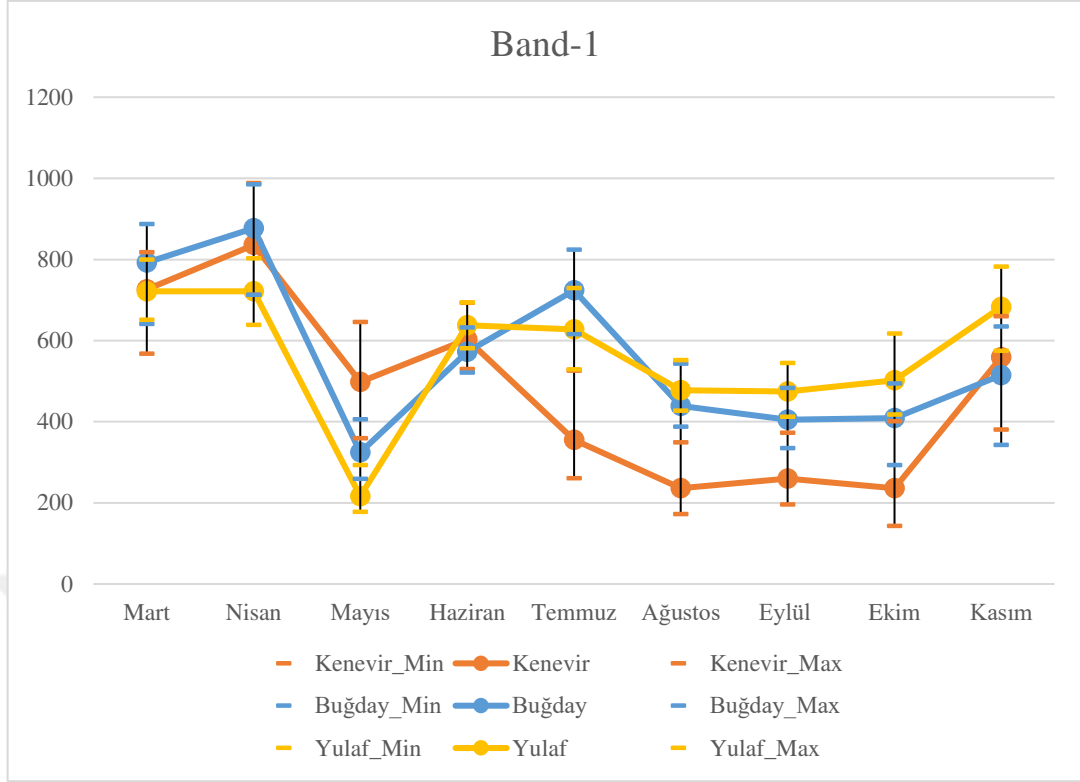
Şekil 5.4. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer grafiği

5.1.2. Kastamonu Daday ilçesine ait mahsullerin spektral değerleri

Tablo 5.4 ve Şekil 5.5’de gösterilen Kastamonu Daday ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden kenevir, buğday ve yulaf bitkilerinin aylara göre Band-1 spektral değer bulguları.

Tablo 5.5. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer tablosu

Band-1									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	568	713	359	530	261	172	196	143	381
Kenevir	725.8727	835.5552	498.2538	603.4547	355.6	236.0535	260.082	235.9923	558.7136
Kenevir_Max	818	988	646	693	526	349	373	401	660
Buğday_Min	641	713	259	521	616	388	335	293	343
Buğday	792.8297	876.9654	324.2645	572.4206	723.6065	438.7469	405.1123	409.0646	514.4298
Buğday_Max	887	985	406	632	824	543	483	494	635
Yulaf_Min	651	639	178	581	529	427	412	418	575
Yulaf	721.2042	721.5274	216.585	637.9008	627.9432	477.3008	474.5068	502.0913	682.4851
Yulaf_Max	800	803	293	694	729	552	545	617	782

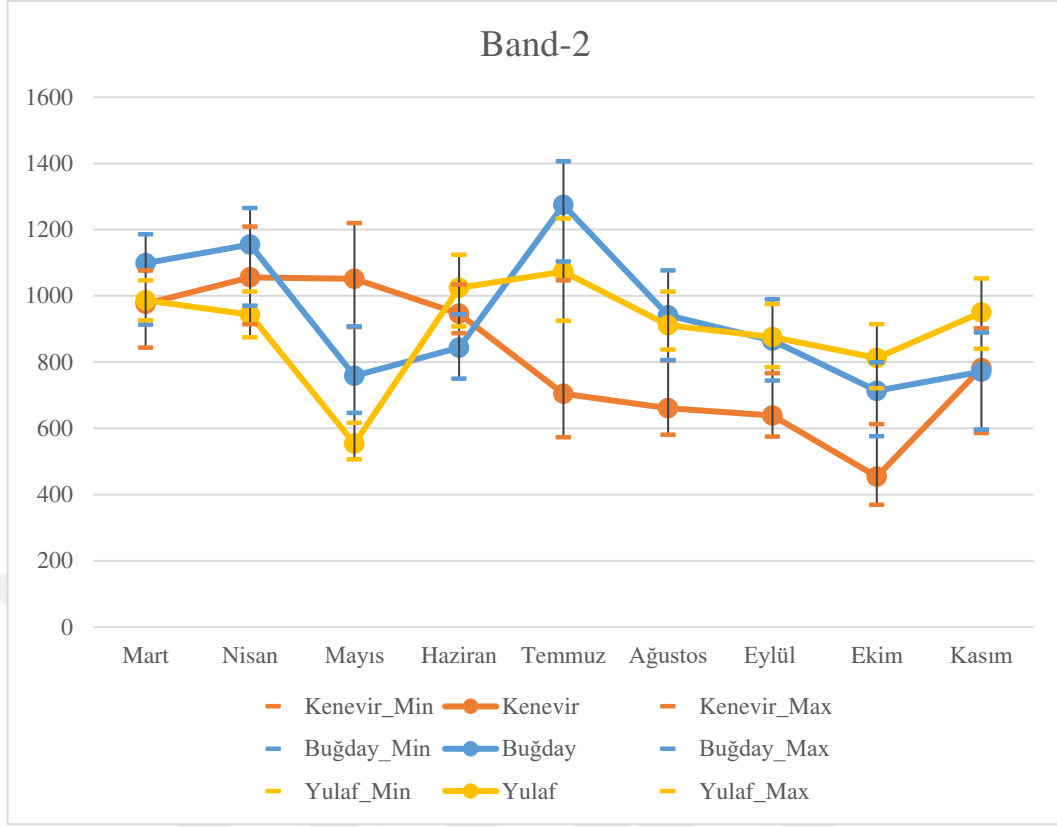


Şekil 5.5. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer grafiği

Tablo 5.6 ve Şekil 5.6’da gösterilen Kastamonu Daday ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden kenevir, buğday ve yulaf bitkilerinin aylara göre Band-2 spektral değer bulguları.

Tablo 5.6. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer tablosu

Band-2									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	844	914	906	887	573	581	575	369	586
Kenevir	976.219	1055.922	1051.449	946.3231	704.6132	660.7767	639.2506	454.2168	782.0807
Kenevir_Max	1077	1209	1220	1034	1047	805	766	613	902
Buğday_Min	913	970	647	750	1104	806	744	576	596
Buğday	1098.706	1155.173	758.6276	843.6206	1274.634	940.9931	865.0243	713.6361	770.8699
Buğday_Max	1186	1265	908	944	1406	1077	990	799	889
Yulaf_Min	926	875	506	908	925	838	785	721	840
Yulaf	986.3586	942.9295	553.7449	1024.262	1073.341	911.6016	875.4486	813.1255	950.4252
Yulaf_Max	1047	1013	617	1124	1233	1013	975	914	1053

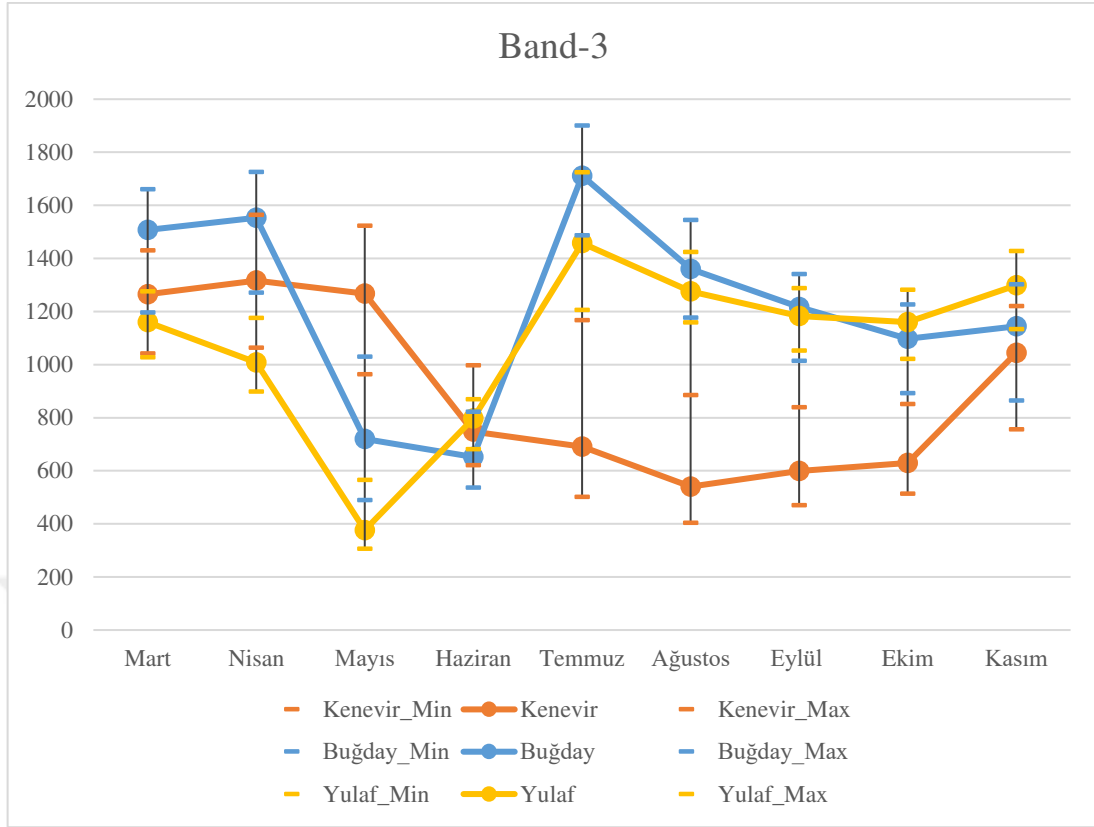


Şekil 5.6. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer grafiği

Tablo 5.7 ve Şekil 5.7’de gösterilen Kastamonu Daday ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden kenevir, buğday ve yulaf bitkilerinin aylara göre Band-3 spektral değer bulguları.

Tablo 5.7. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer tablosu

Band-3									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	1042	1063	964	621	501	404	470	514	756
Kenevir	1264.567	1316.428	1267.697	747.1255	690.3736	540.4256	599.1464	629.8929	1043.744
Kenevir_Max	1430	1564	1523	997	1167	885	839	851	1220
Buğday_Min	1196	1271	489	537	1487	1177	1014	892	864
Buğday	1506.923	1553.133	719.5743	652.1	1711.763	1360.064	1217.206	1096.976	1144.731
Buğday_Max	1660	1726	1030	822	1901	1545	1341	1227	1302
Yulaf_Min	1028	898	306	681	1206	1159	1053	1021	1134
Yulaf	1159.885	1007.697	376.4898	797.3461	1457.576	1275.836	1182.997	1160.297	1299.146
Yulaf_Max	1276	1176	565	870	1724	1424	1288	1282	1428

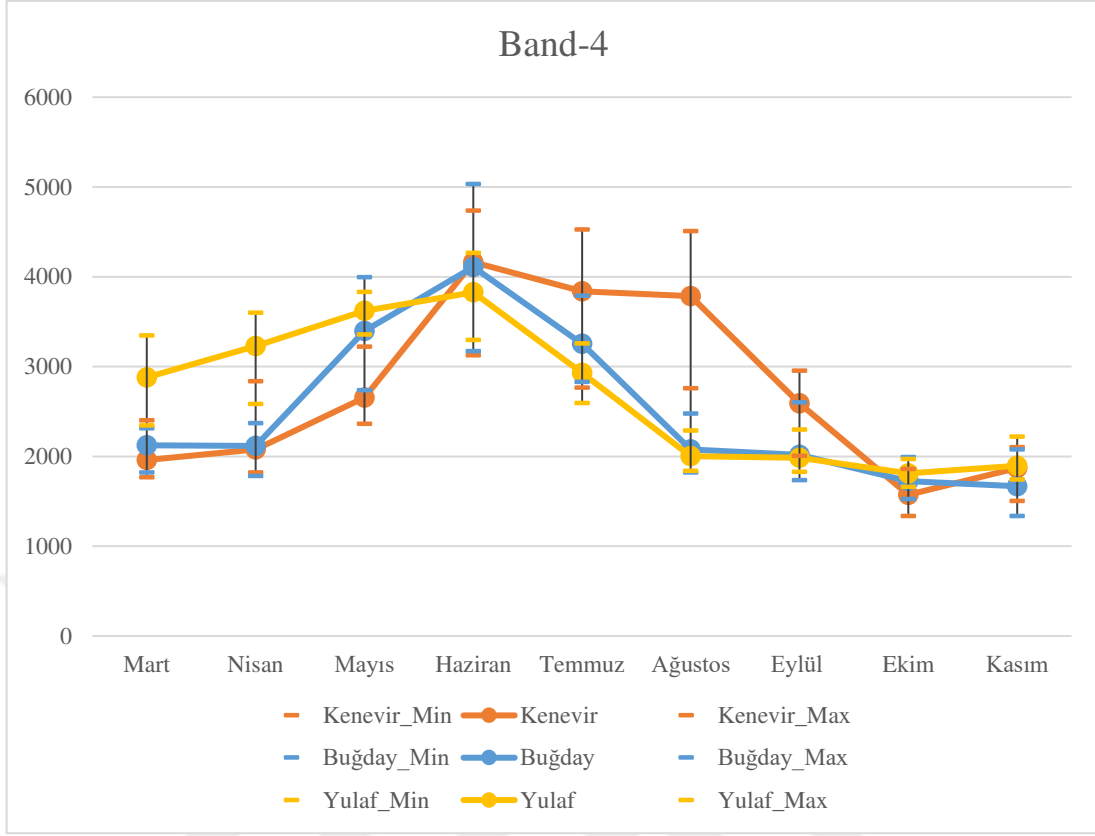


Şekil 5.7. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer grafiği

Tablo 5.8 ve Şekil 5.8’de gösterilen Kastamonu Daday ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden kenevir, buğday ve yulaf bitkilerinin aylara göre Band-4 spektral değer bulguları.

Tablo 5.8. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer tablosu

Band-4									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	1769	1822	2364	3127	2764	2759	2007	1336	1503
Kenevir	1959.54	2076.494	2655.047	4163.004	3839.842	3786.261	2592.277	1572.926	1870.209
Kenevir_Max	2403	2837	3223	4736	4525	4507	2956	1860	2103
Buğday_Min	1821	1781	2737	3172	2831	1820	1736	1526	1336
Buğday	2122.502	2118.055	3396.709	4108.958	3255.43	2079.18	2016.555	1725.083	1668.094
Buğday_Max	2314	2371	3994	5034	3787	2476	2601	1992	2076
Yulaf_Min	2344	2585	3358	3298	2595	1837	1829	1662	1741
Yulaf	2879.267	3230.272	3620.269	3826.944	2930.734	2003.098	1983.76	1811.814	1896.658
Yulaf_Max	3347	3600	3830	4266	3257	2287	2299	1970	2220



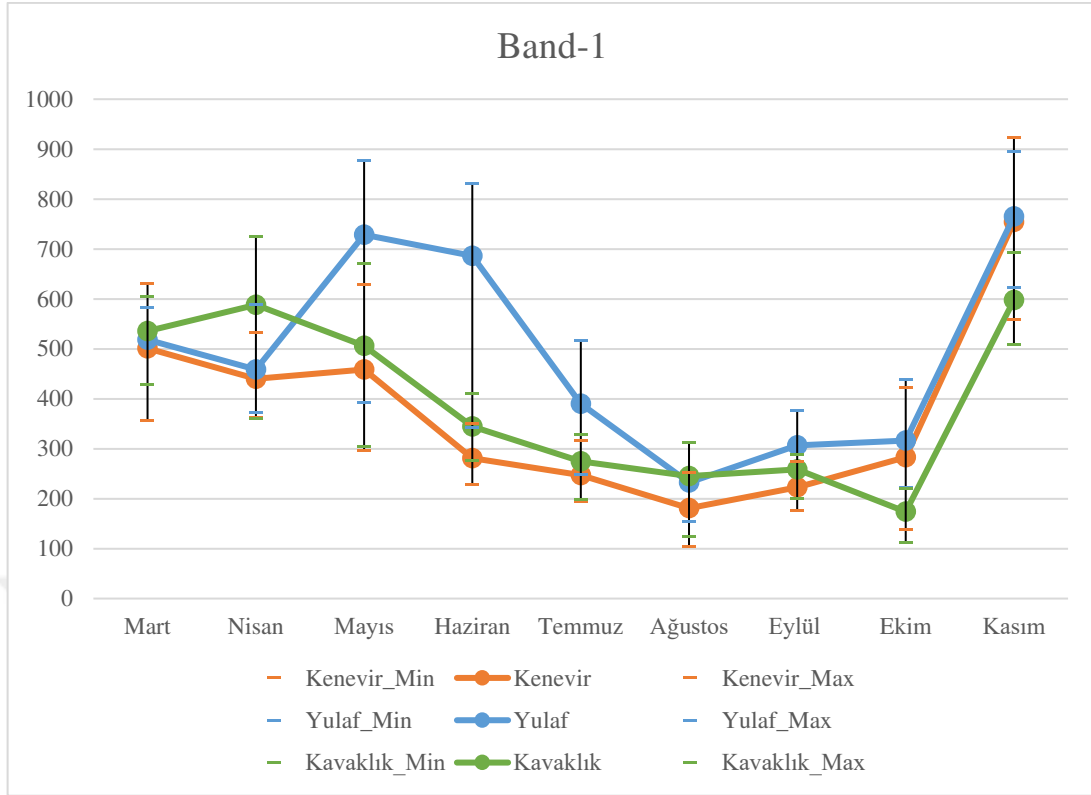
Şekil 5.8. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer grafiği

5.1.3. Kastamonu Hanönü ilçesine ait mahsullerin spektral değerleri

Tablo 5.9 ve Şekil 5.9’da gösterilen Kastamonu Hanönü ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden kenevir, yulaf ve kavak bitkilerinin aylara göre Band-1 spektral değer bulguları.

Tablo 5.9. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer tablosu

Band-1									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	357	362.6667	296.3333	228.6667	193	104.3333	176.3333	137.6667	558.3333
Kenevir	500.9852	439.8235	458.7646	281.4031	247.1947	180.9573	223.0028	283.1853	753.9947
Kenevir_Max	630	532.3333	629	350.6667	316	252.3333	273.3333	423.3333	923.6667
Yulaf_Min	429	372	393	343	248	155	201	222	622
Yulaf	518.1786	458.8095	728.2582	686.2071	390.1602	232.4551	306.4469	316.4693	765.1542
Yulaf_Max	584	588	877	832	517	313	376	438	896
Kavaklık Min	429	360	304	276	198	125	200	111	508
Kavaklık	535.3107	588.4259	506.3037	344.5771	274.8207	245.5215	258.9945	173.7474	597.6722
Kavaklık Max	605	725	670	410	328	312	289	221	693

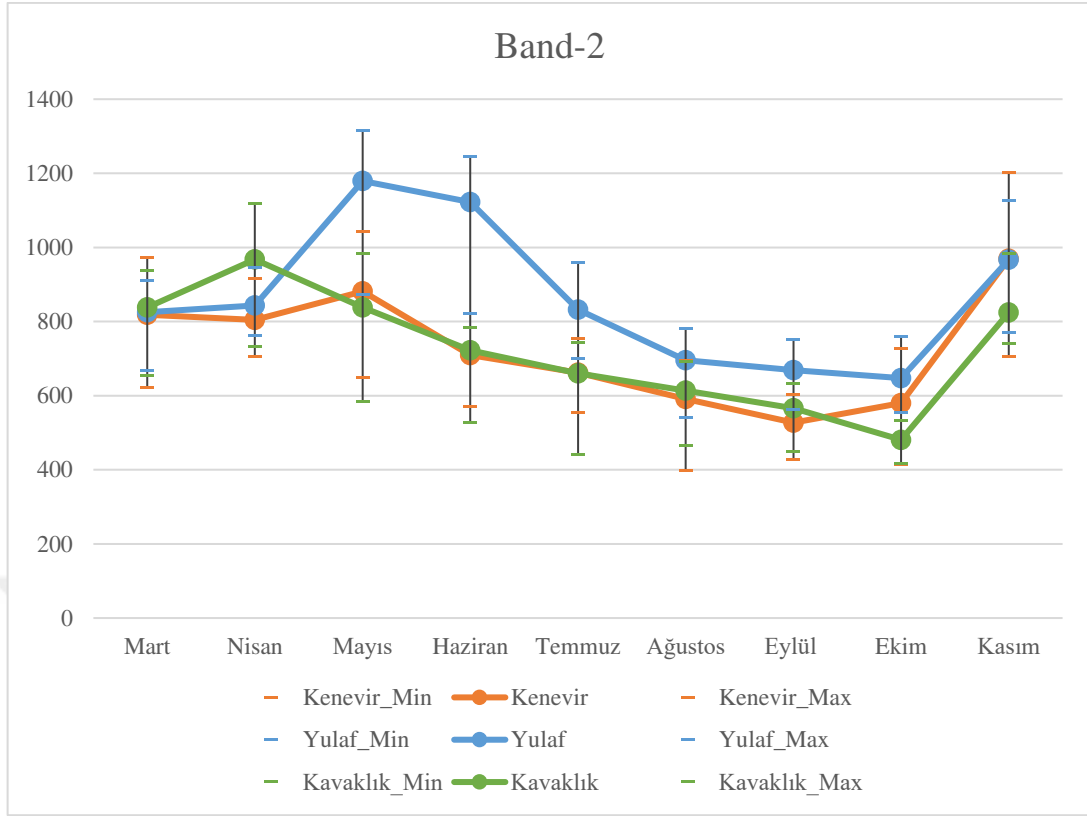


Şekil 5.9. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer grafiği

Tablo 5.10 ve Şekil 5.10’da gösterilen Kastamonu Hanönü ilçesine ait PlanetScope uydru görüntüsünden kenevir, yulaf ve kavak bitkilerinin aylara göre Band-2 spektral değer bulguları.

Tablo 5.10. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer tablosu

Band-2									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	621.6667	704	649	571.3333	553.6667	396.6667	427.3333	414	705
Kenevir	818.3834	804.5499	881.147	709.0706	662.3028	590.7718	527.2615	579.6226	969.2846
Kenevir_Max	973.6667	916.6667	1043.333	822.6667	753.3333	695.3333	603.6667	726.6667	1201
Yulaf_Min	669	763	872	823	701	540	563	553	770
Yulaf	824.8036	843.7566	1179.247	1122.793	832.0166	695.3353	669.2235	647.3184	966.9801
Yulaf_Max	910	946	1314	1245	958	781	752	759	1126
Kavaklık_Min	653	732	585	528	442	464	449	416	741
Kavaklık	837.774	967.6111	838.1823	722.7761	660.5653	613.8712	566.2376	480.9316	823.9667
Kavaklık_Max	938	1117	982	783	744	693	633	534	984

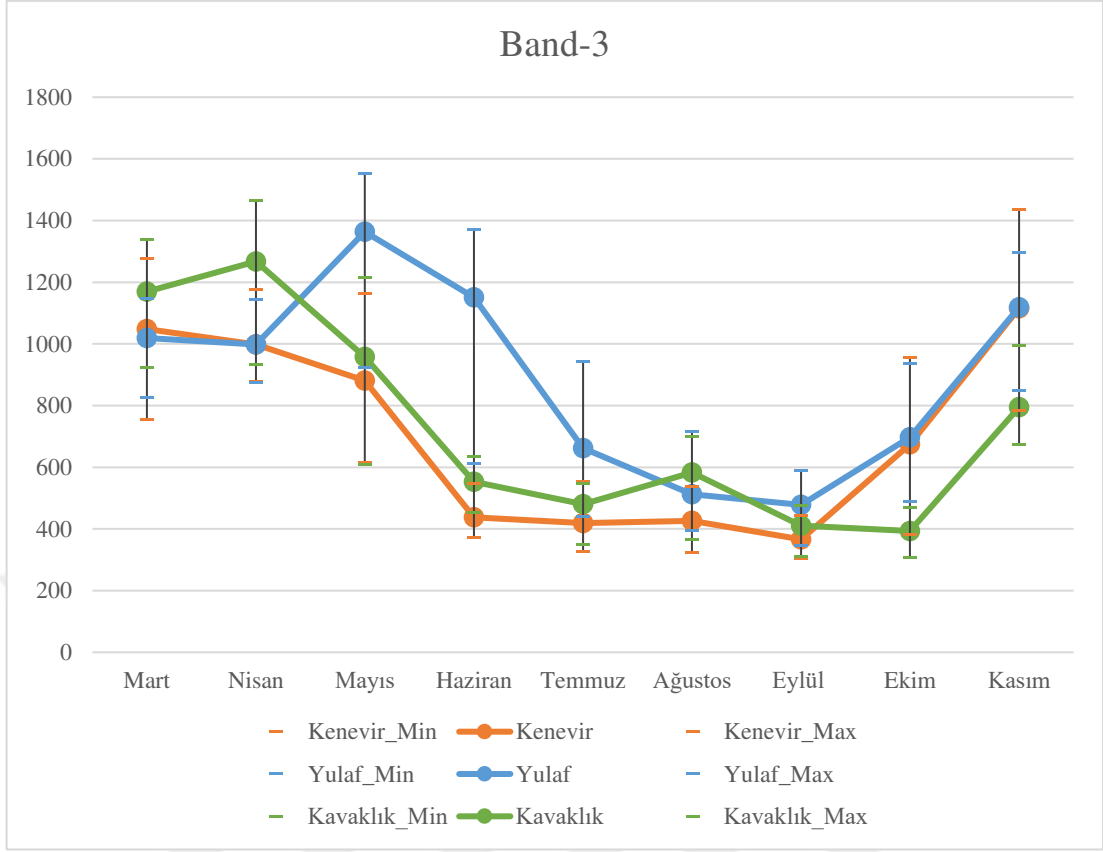


Şekil 5.10. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer grafiği

Tablo 5.11 ve Şekil 5.11’de gösterilen Kastamonu Hanönü ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden kenevir, yulaf ve kavak bitkilerinin aylara göre Band-3 spektral değer bulguları.

Tablo 5.11. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer tablosu

Band-3									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	754.3333	876.3333	614	373	328	325	302.3333	380.3333	783
Kenevir	1048.266	998.2653	881.0818	437.9827	419.5161	426.6712	366.1498	674.7062	1115.748
Kenevir_Max	1276.667	1176	1164	547.3333	553	537.6667	443	955.3333	1434
Yulaf_Min	826	875	922	611	440	394	345	488	848
Yulaf	1019.494	997.9153	1363.495	1151.225	662.431	512.3952	478	696.933	1118.413
Yulaf_Max	1146	1142	1554	1370	942	717	589	937	1297
Kavaklık_Min	923	934	610	453	349	366	311	307	673
Kavaklık	1169.04	1267.38	957.4252	552.7761	479.8424	582.7546	410.7514	393.4526	795.2445
Kavaklık_Max	1338	1463	1215	635	548	700	477	469	993

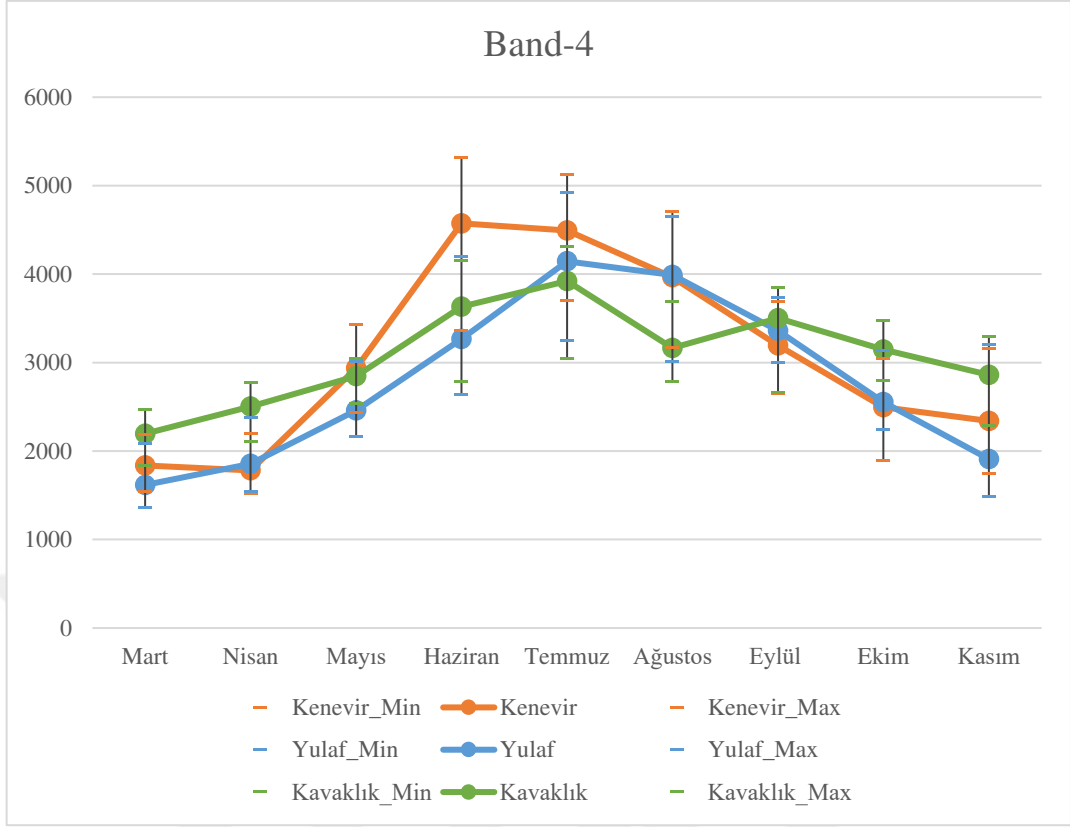


Şekil 5.11. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer grafiği

Tablo 5.12 ve Şekil 5.12’de gösterilen Kastamonu Hanönü ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden kenevir, yulaf ve kavak bitkilerinin aylara göre Band-4 spektral değer bulguları.

Tablo 5.12. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer tablosu

Band-4									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	1536	1520	2439.333	3361.667	3703	3165	2648.667	1889	1749.333
Kenevir	1837.57	1781.63	2937.323	4574.204	4491.718	3965.851	3194.017	2496.833	2340.738
Kenevir_Max	2183.333	2203	3429	5321	5129	4705.333	3690	3042	3162.333
Yulaf_Min	1366	1540	2158	2642	3254	3012	2997	2248	1486
Yulaf	1617.524	1856.032	2458.368	3268.195	4144.343	3990.485	3359.033	2554.436	1908.398
Yulaf_Max	2088	2381	3017	4200	4925	4645	3730	3134	3200
Kavaklık_Min	1837	2111	2533	2786	3048	2790	2667	2794	2288
Kavaklık	2196.531	2503.19	2846.229	3632.249	3921.848	3165.043	3500.492	3146.411	2863.194
Kavaklık_Max	2468	2775	3044	4157	4313	3694	3851	3477	3298



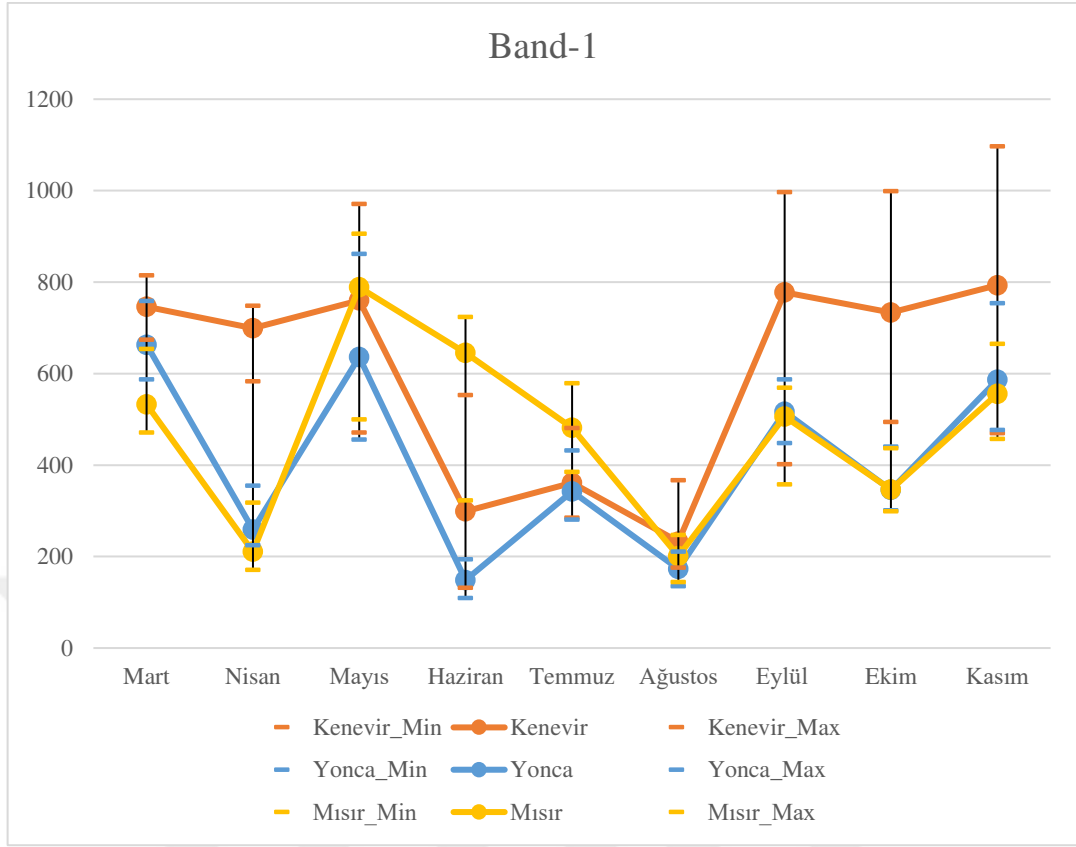
Şekil 5.12. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer grafiği

5.1.4. Kastamonu Taşköprü ilçesine ait mahsullerin spektral değerleri

Tablo 5.13 ve Şekil 5.13’de gösterilen Kastamonu Taşköprü ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden kenevir, yonca ve mısır bitkilerinin aylara göre Band-1 spektral değer bulguları.

Tablo 5.13. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer tablosu

Band-1									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	674	583	471	132	285	176	402	494	470
Kenevir	746	699.3672	760.1871	299.2148	361.1586	232.6395	777.747	733.7692	793.4
Kenevir_Max	815	748	971	553	481	367	997	999	1097
Yonca_Min	587	225	456	109	281	135	448	301	477
Yonca	663.231	259.0692	636.2262	148.4693	342.2827	172.7637	516.6584	345.7253	586.8338
Yonca_Max	759	355	862	194	432	211	587	440	754
Mısır_Min	471	171	500	323	385	144	358	299	457
Mısır	532.458	210.5099	788.7061	645.4587	481.5368	200.9904	506.2153	346.3881	555.8458
Mısır_Max	654	318	906	724	579	247	569	437	665

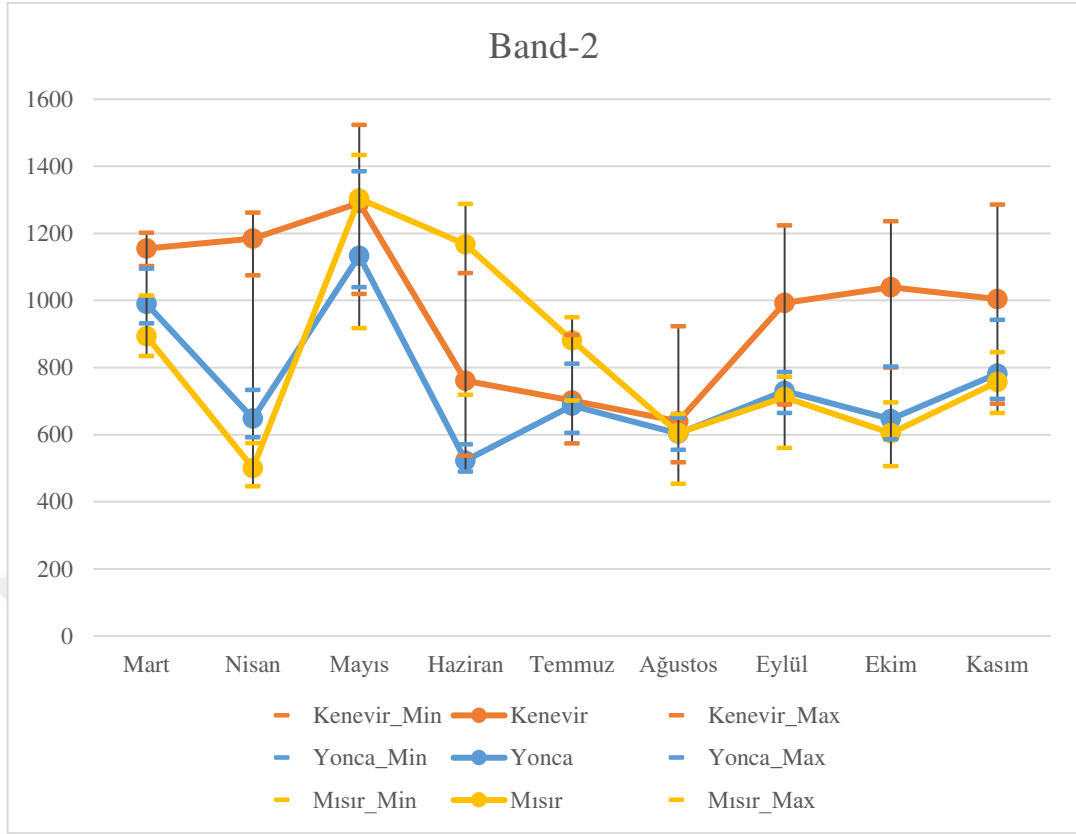


Şekil 5.13. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-1 spektral değer grafiği

Tablo 5.14 ve Şekil 5.14’de gösterilen Kastamonu Taşköprü ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden kenevir, yonca ve mısır bitkilerinin aylara göre Band-2 spektral değer bulguları.

Tablo 5.14. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer tablosu

Band-2									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	1103	1075	1020	538	574	518	690	800	692
Kenevir	1154.725	1184.148	1290.604	761.3185	701.669	640.0748	992.4036	1039.823	1004.319
Kenevir_Max	1202	1262	1523	1082	897	923	1224	1236	1286
Yonca_Min	932	592	1040	490	605	555	665	586	707
Yonca	989.869	648.4193	1133.242	522.8989	686.9169	603.8904	730.2174	646.6127	781.8732
Yonca_Max	1095	733	1385	571	812	650	787	803	942
Mısır_Min	834	446	917	719	702	454	561	506	665
Mısır	893.6262	500.8911	1303.588	1167.43	880.8658	605.6651	711.6412	604.3184	757.4205
Mısır_Max	1015	575	1434	1288	950	662	772	696	846

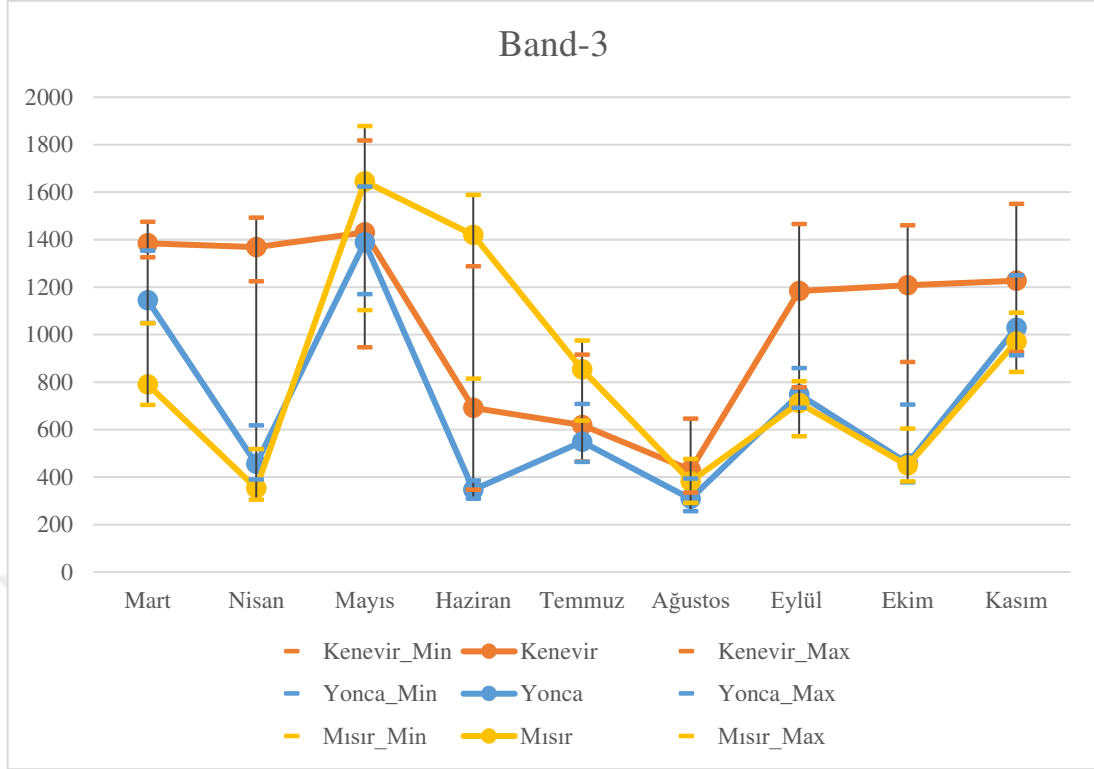


Şekil 5.14. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-2 spektral değer grafiği

Tablo 5.15 ve Şekil 5.15’de gösterilen Kastamonu Taşköprü ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden kenevir, yonca ve mısır bitkilerinin aylara göre Band-3 spektral değer bulguları.

Tablo 5.15. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer tablosu

Band-3									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	1325	1224	947	347	465	334	778	885	926
Kenevir	1384.775	1368.555	1430.108	690.9704	618.1517	430.034	1184.313	1208.2	1227.304
Kenevir_Max	1475	1492	1818	1287	916	645	1465	1460	1550
Yonca_Min	1049	390	1170	309	464	256	691	378	913
Yonca	1145.166	454.9077	1388.587	346.6209	548.5629	308.3664	747.9441	458.2113	1028.868
Yonca_Max	1354	618	1623	385	708	393	859	705	1250
Mısır_Min	703	304	1103	814	637	291	571	382	843
Mısır	789.7711	352.604	1645.162	1419.686	852.9827	381.6172	711.9713	448.6965	970.9112
Mısır_Max	1048	518	1878	1588	975	476	804	604	1092

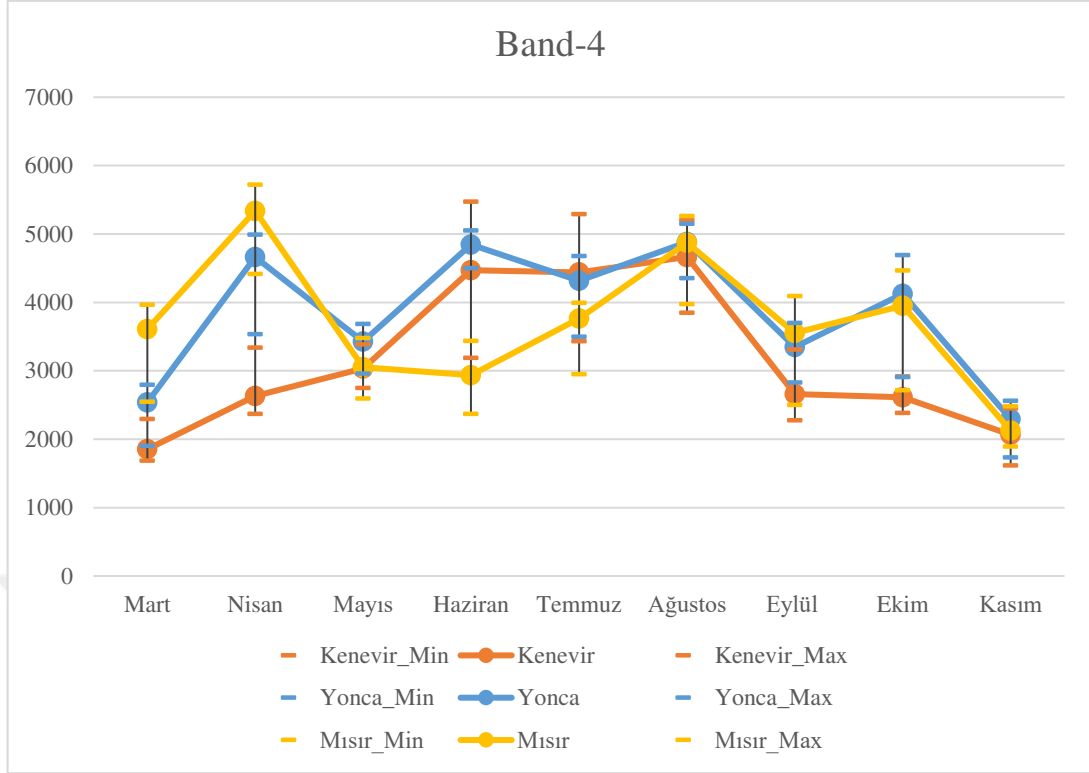


Şekil 5.15. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-3 spektral değer grafiği

Tablo 5.16 ve Şekil 5.16’da gösterilen Kastamonu Taşköprü ilçesine ait PlanetScope uydu görüntüsünden kenevir, yonca ve mısır bitkilerinin aylara göre Band-4 spektral değer bulguları.

Tablo 5.16. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer tablosu

Band-4									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	1688	2368	2749	3187	3432	3848	2275	2386	1618
Kenevir	1853.881	2630.844	3033.367	4472.119	4438.993	4664.993	2658.115	2614.4	2067.03
Kenevir_Max	2297	3337	3383	5471	5292	5201	3309	2918	2447
Yonca_Min	1900	3534	2960	4501	3497	4352	2828	2907	1731
Yonca	2539.883	4664.25	3426.46	4844.433	4315.684	4880.719	3345.845	4124.909	2295.023
Yonca_Max	2796	4991	3686	5049	4678	5151	3699	4690	2560
Mısır_Min	2547	4414	2595	2368	2948	3977	2502	2714	1892
Mısır	3607.729	5338.228	3052.232	2937.781	3763.528	4871.316	3555.976	3950.105	2125.692
Mısır_Max	3966	5720	3477	3438	3992	5263	4093	4464	2484



Şekil 5.16. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin Band-4 spektral değer grafiği

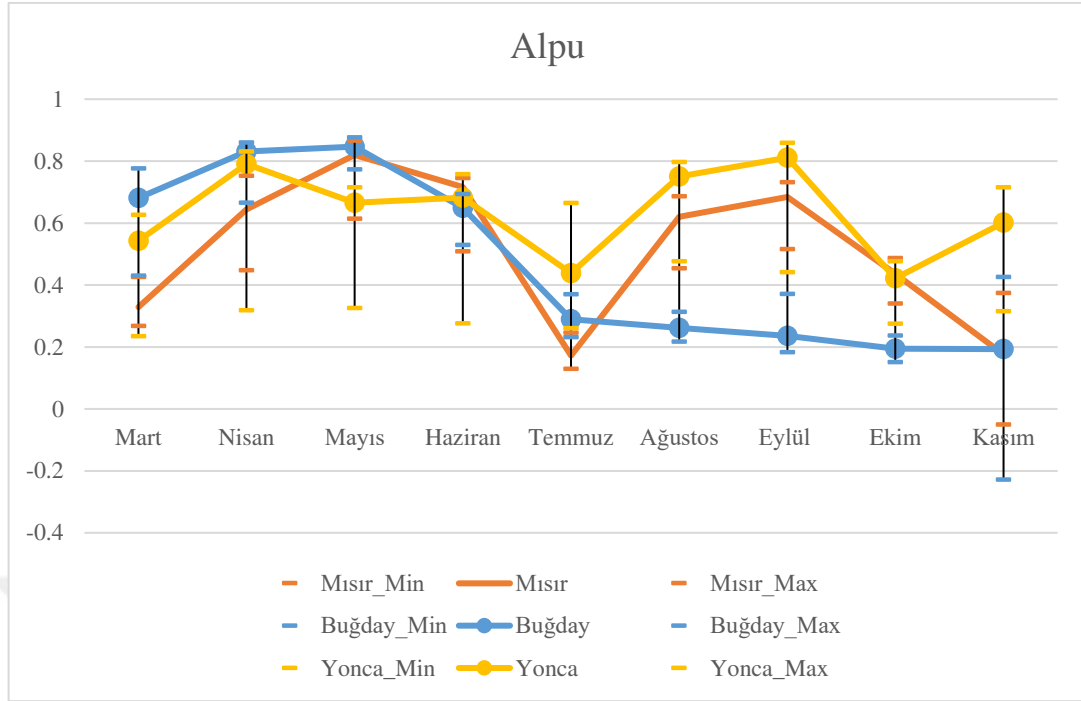
5.2. NDVI Analizleri ile Elde Edilen Değerler

5.2.1. Eskişehir Alpu ilçesine ait mahsullerin NDVI değerleri

Tablo 5.17 ve Şekil 5.17’de gösterilen Eskişehir Alpu ilçesine ait NDVI analizi sonucu elde edilen görüntüden mısır, buğday ve yonca bitkilerinin aylara göre NDVI değer bulguları.

Tablo 5.17. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer tablosu

Alpu									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Mısır_Min	0.267465	0.44742	0.614035	0.50894	0.129489	0.454187	0.516387	0.34006	-0.050239
Mısır	0.328607	0.644201	0.820035	0.716768	0.17221	0.620612	0.684012	0.436418	0.175426
Mısır_Max	0.425657	0.752587	0.866446	0.745493	0.245893	0.685915	0.732143	0.486562	0.374525
Buğday_Min	0.430618	0.665516	0.773593	0.529412	0.231196	0.217455	0.183032	0.151249	-0.227766
Buğday	0.680822	0.830612	0.8469	0.649531	0.289554	0.261517	0.235469	0.194415	0.193014
Buğday_Max	0.776716	0.860489	0.876309	0.69342	0.369995	0.313099	0.371201	0.237096	0.425824
Yonca_Min	0.23499	0.318266	0.32595	0.275814	0.260139	0.47679	0.441425	0.275451	0.315724
Yonca	0.543179	0.791198	0.665856	0.682488	0.438758	0.750985	0.81124	0.421752	0.601378
Yonca_Max	0.626173	0.831214	0.715423	0.757753	0.665223	0.797274	0.858747	0.476201	0.715035



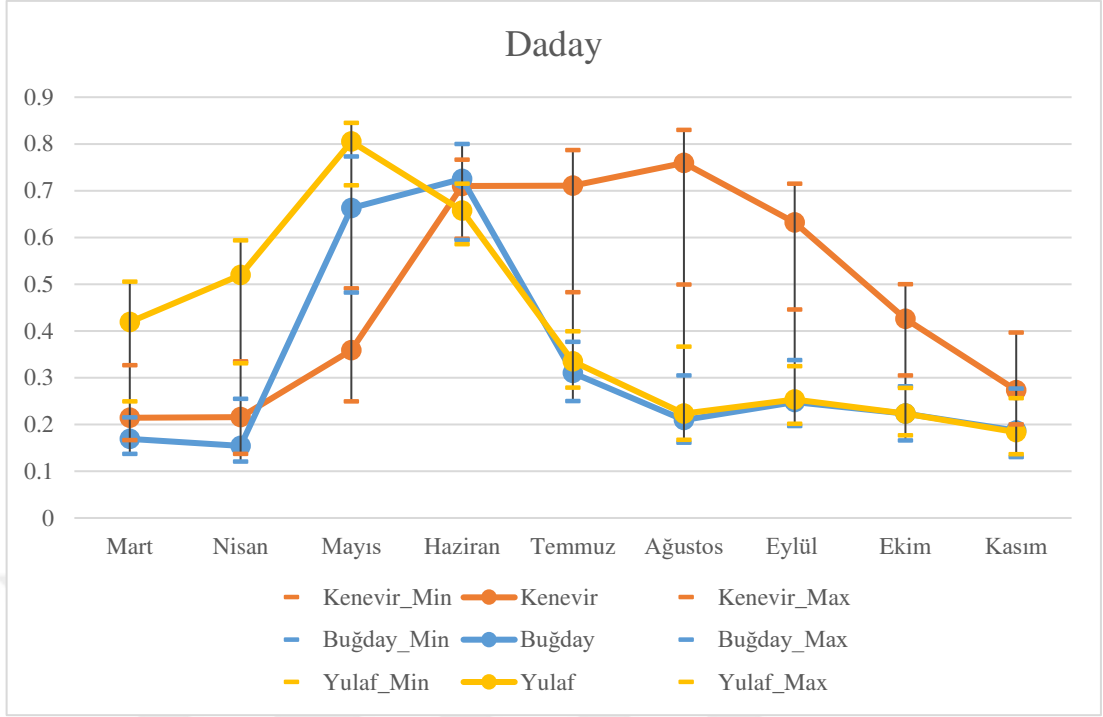
Şekil 5.17. Alpu ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer grafiği

5.2.2. Kastamonu Daday ilçesine ait mahsullerin NDVI değerleri

Tablo 5.18 ve Şekil 5.18’de gösterilen Kastamonu Daday ilçesine ait NDVI analizi sonucu elde edilen görüntüden kenevir, buğday ve yulaf bitkilerinin aylara göre NDVI değer bulguları.

Tablo 5.18. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer tablosu

Daday									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	0.166134	0.137047	0.249565	0.597244	0.482877	0.498894	0.445579	0.30474	0.2
Kenevir	0.214385	0.215962	0.358579	0.709858	0.710899	0.759379	0.631795	0.42595	0.273438
Kenevir_Max	0.326771	0.334736	0.491081	0.766146	0.78708	0.830038	0.714717	0.5	0.396486
Buğday_Min	0.137309	0.120817	0.482152	0.594575	0.250051	0.160689	0.196416	0.165419	0.129822
Buğday	0.169137	0.154243	0.662553	0.725287	0.310393	0.20924	0.248208	0.223202	0.187005
Buğday_Max	0.215027	0.25488	0.772965	0.799785	0.37652	0.305045	0.337619	0.281514	0.27636
Yulaf_Min	0.249571	0.330513	0.711366	0.585132	0.278689	0.167461	0.201028	0.176636	0.136527
Yulaf	0.419116	0.519797	0.804911	0.657447	0.334714	0.223114	0.253132	0.223064	0.183484
Yulaf_Max	0.505284	0.593449	0.84522	0.714742	0.39917	0.366648	0.324306	0.277817	0.255798



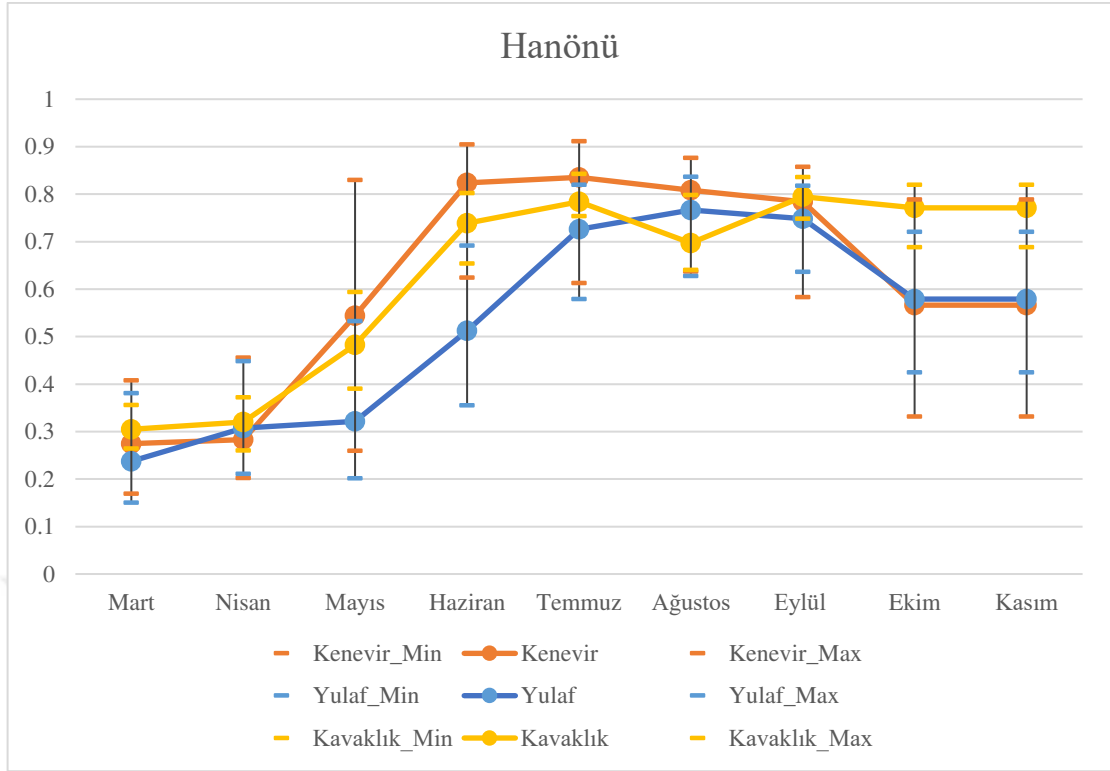
Şekil 5.18. Daday ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer grafiği

5.2.3. Kastamonu Hanönü ilçesine ait mahsullerin NDVI değerleri

Tablo 5.19 ve Şekil 5.19’da gösterilen Kastamonu Hanönü ilçesine ait NDVI analizi sonucu elde edilen görüntüden kenevir, yulaf ve kavak bitkilerinin aylara göre NDVI değer bulguları.

Tablo 5.19. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer tablosu

Hanönü									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	0.169165	0.201889	0.259154	0.624221	0.612407	0.637184	0.583223	0.331586	0.331586
Kenevir	0.274549	0.283078	0.544023	0.824042	0.835427	0.808208	0.784214	0.565927	0.565927
Kenevir_Max	0.407635	0.455533	0.829598	0.904458	0.911191	0.876354	0.857721	0.78882	0.78882
Yulaf_Min	0.150398	0.211257	0.201635	0.355523	0.57904	0.627596	0.636638	0.424447	0.424447
Yulaf	0.237488	0.307369	0.321201	0.512393	0.725688	0.766617	0.748224	0.578804	0.578804
Yulaf_Max	0.380544	0.448276	0.532445	0.69141	0.81994	0.83665	0.817387	0.720868	0.720868
Kavaklık_Min	0.26442	0.259949	0.390377	0.653573	0.753676	0.640599	0.747977	0.688159	0.688159
Kavaklık	0.30488	0.32003	0.482496	0.738514	0.783857	0.696956	0.794676	0.771486	0.771486
Kavaklık_Max	0.356077	0.372303	0.594195	0.80227	0.842322	0.797985	0.836194	0.819677	0.819677



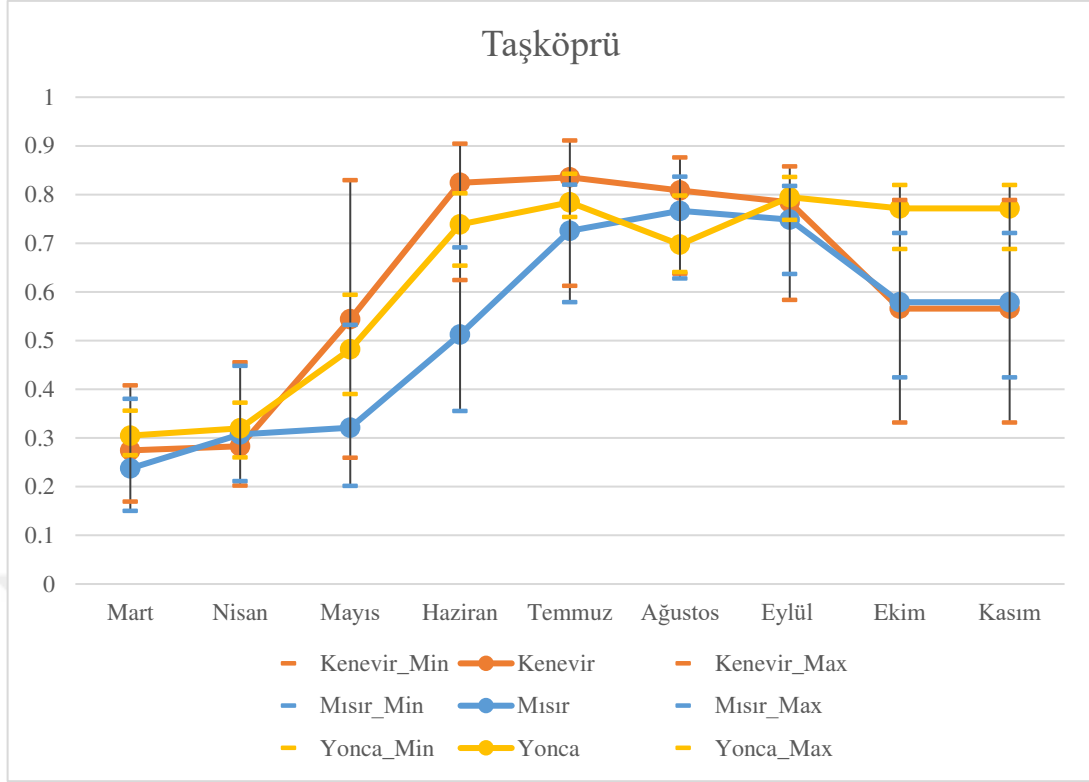
Şekil 5.19. Hanönü ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer grafiği

5.2.4. Kastamonu Taşköprü ilçesine ait mahsullerin NDVI değerleri

Tablo 5.20 ve Şekil 5.20’de gösterilen Kastamonu Taşköprü ilçesine ait NDVI analizi sonucu elde edilen görüntüden kenevir, mısır ve yonca bitkilerinin aylara göre NDVI değer bulguları.

Tablo 5.20. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer tablosu

Taşköprü									
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Kenevir_Min	0.110381	0.217898	0.227571	0.442254	0.598804	0.739531	0.239188	0.301757	0.161482
Kenevir	0.138311	0.304712	0.368049	0.711648	0.757508	0.820953	0.362094	0.370176	0.258686
Kenevir_Max	0.19293	0.441493	0.565943	0.880612	0.832854	0.874507	0.574074	0.456503	0.35408
Mısır_Min	0.516295	0.822503	0.241609	0.289192	0.587985	0.757411	0.610047	0.594991	0.321615
Mısır	0.634905	0.873576	0.310106	0.374226	0.643222	0.844737	0.675914	0.768116	0.377349
Mısır_Max	0.690897	0.898237	0.475187	0.720304	0.74057	0.872955	0.754626	0.836548	0.454045
Yonca_Min	0.206601	0.460396	0.366332	0.716878	0.603147	0.821926	0.478744	0.426867	0.283679
Yonca	0.371586	0.789492	0.461027	0.856659	0.775311	0.876912	0.62841	0.771353	0.388985
Yonca_Max	0.442545	0.851645	0.748947	0.881745	0.815241	0.901254	0.680866	0.840659	0.450687



Şekil 5.20. Taşköprü ilçesinde bulunan mahsullerin NDVI değer grafiği

5.3. Weka Yazılımı Algoritmaları ile Elde Edilen Bulgular

Weka yazılımı ile gerçekleştirilen çalışmada Lazy.Ibk, Lazy.KStar, Rules.Decision Table, Trees.Random Tree ve Trees.Random Forest olmak üzere beş algoritma kullanılmıştır. Çalışma verileri %70 ve %80 eğitim verisi olarak tanımlandığında elde edilen bulgular Tablo 5.21, Tablo 5.22, Tablo 5.23, Tablo 5.24 ve Tablo 5.25’de aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 5.21. Yüzde Korelasyon Katsayı değer tablosu

Kenevir Bitkisi Yüzde Korelasyon Katsayısı, Tahmini Algoritma Sonuçları		
Algoritma	%70 Eğitim - %30 Test Verisine Göre (Girdiler: Kenevir Bitkisi)	%80 Eğitim - %20 Test Verisine Göre (Girdiler: Kenevir Bitkisi)
DecisionTable	75	77
IBk	85	85
KStar	85	87
RandomTree	76	74
RandomForest	85	88

Tablo 5.22. Yüzde Ortalama Mutlak Hata değer tablosu

Kenevir Bitkisi Yüzde Ortalama Mutlak Hata, Tahmini Algoritma Sonuçları		
Algoritma	%70 Eğitim - %30 Test Verisine Göre (Girdiler: Kenevir Bitkisi)	%80 Eğitim - %20 Test Verisine Göre (Girdiler: Kenevir Bitkisi)
DecisionTable	20	19
IBk	8	7
KStar	17	16
RandomTree	12	13
RandomForest	16	15

Tablo 5.23. Yüzde Karekök Ortalama Hata değer tablosu

Kenevir Bitkisi Yüzde Karekök Ortalama Hata, Tahmini Algoritma Sonuçları		
Algoritma	%70 Eğitim - %30 Test Verisine Göre (Girdiler: Kenevir Bitkisi)	%80 Eğitim - %20 Test Verisine Göre (Girdiler: Kenevir Bitkisi)
DecisionTable	33	32
IBk	28	27
KStar	26	25
RandomTree	34	36
RandomForest	26	24

Tablo 5.24. Yüzde Bağlı Mutlak Hata değer tablosu

Kenevir Bitkisi Yüzde Bağlı Mutlak Hata, Tahmini Algoritma Sonuçları		
Algoritma	%70 Eğitim - %30 Test Verisine Göre (Girdiler: Kenevir Bitkisi)	%80 Eğitim - %20 Test Verisine Göre (Girdiler: Kenevir Bitkisi)
DecisionTable	40	38
IBk	16	14
KStar	35	33
RandomTree	24	26
RandomForest	32	29

Tablo 5.25. Yüzde Kök Göreli Kare Hata değer tablosu

Kenevir Bitkisi Yüzde Kök Göreli Kare Hatası, Tahmini Algoritma Sonuçları		
Algoritma	%70 Eğitim - %30 Test Verisine Göre (Girdiler: Kenevir Bitkisi)	%80 Eğitim - %20 Test Verisine Göre (Girdiler: Kenevir Bitkisi)
DecisionTable	66	63
IBk	56	54
KStar	52	50
RandomTree	69	72
RandomForest	52	48

5.4. Bulguların Değerlendirmesi

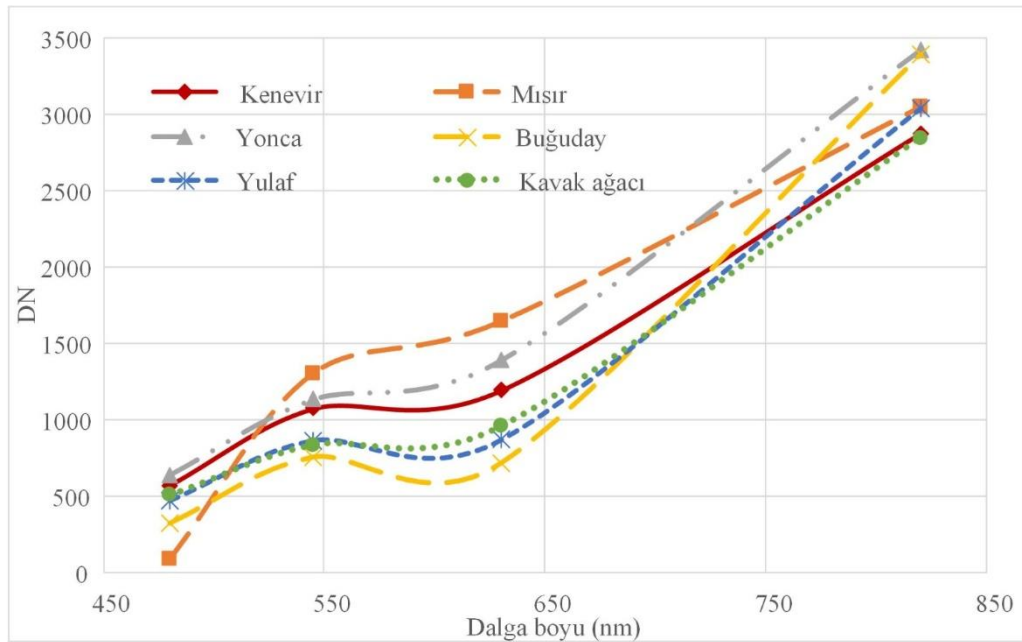
İncelenen ürünlerin spektral imzaları, Mart ayından Kasım ayına kadar dokuz ay boyunca çıkarıldı. Burada dört farklı çalışma alanından elde edilen sonuçları sunuyoruz. İlk çalışma alanı olan Alpu ilçesinde mısır, buğday ve yonca bitkileri bulunmaktadır. Band-1, Band-2 ve Band-3’de mısır ve yonca benzer spektral desen eğrileri izlemektedir. Ağustos ve Kasım ayları aralığında buğday bitkisi önemli ölçüde daha yüksek değerler göstermektedir. NIR bölgede Mart-Mayıs aralığında buğday ve yonca benzer eğrileri oluşturduğu gözlemlenmiş Haziran-Kasım ayları aralığında ise mısır ve buğdayın benzer spektral değer eğrileri gözlemlenmiştir (Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4).

Daday ilçesinde kenevir, buğday ve yulaf bitkileri bulunmaktadır. Spektral imzalar her bant için ayrı ayrı çıkarılmıştır. Band-1 spektral değerlerinden Temmuz ayında kenevir değerlerinin önemli ölçüde düştüğü, buğday ve yulaf değerlerinin ise aynı dönemde önemli derecede yüksek olduğu görülmektedir. Kenevir bitkisinin Nisan ayında mavi bantta maksimum değerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Mayıs ayında yeşil banttaki değerler kenevir için en yüksek, buğday ve yulaf için en düşük değerlerdir. Haziran ayında değerlerin önemli bir örtüşmesi bulunmaktadır. Bunun dışında değerler oldukça farklıdır. Kenevir, buğday ve yulaf arasındaki en belirgin fark, Band-3 değerlerinin Mayıs ayından sonra önemli ölçüde daha düşük olduğu kırmızı bantta fark edilir. Kenevir Band-3 değerleri Haziran ve Ekim ayları arasındaki dönemde düşüktür, buğday ve yulaf için önemli ölçüde yüksektir. Kenevir ve buğday, Mart-Haziran ayları arasında yakın kızılötesi kısımda aynı değerleri takip ederken, sonraki aylarda yakın kızılötesi değerler buğday ve yulaftan önemli ölçüde daha yüksektir. Buğday ve yulaf Ekim ayına kadar aynı değerleri takip eder. Dört bandın hepsinde, spektral değerlerin benzerliğinin Haziran ayında fark edilebileceği gözlemlenmiştir (Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8).

Hanönü’nde kenevir, yulaf ve kavak ağacı araştırılmıştır. Kenevir ve yulaf farklı spektral karakteristik özellik gösterirken, kavak ağacı ise kenevir bitkilerine benzer bir spektral desen izler. Bununla birlikte, NIR bölgesinde, kenevir bitkileri Haziran ve Temmuz aylarında önemli ölçüde daha yüksek değerler göstermektedir (Şekil 5.9, Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12).

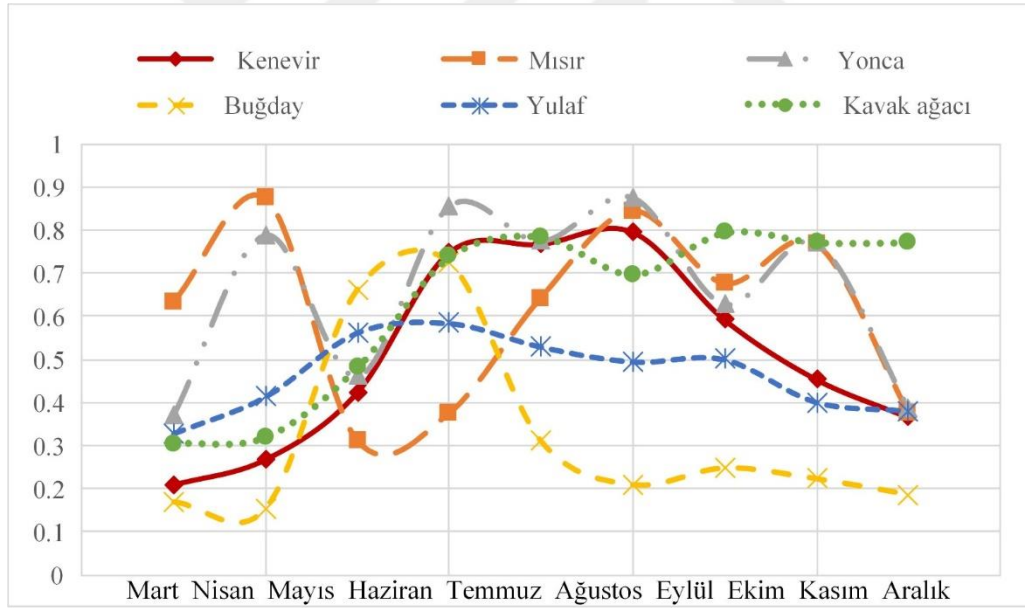
Taşköprü’de kenevir ile birlikte mısır ve yonca bitkileri araştırılarak karşılaştırılmıştır. İncelenen ayların çoğunda önemli farklılıklar olsa da spektral özellikler Mayıs ayında benzerlikler göstermiştir. Band-1 ve Band-2’deki spektral değerler kenevir ve mısır için benzerken, yonca için Band-3 ve Band-4’de benzerlik göstermiştir (Şekil 5.13, Şekil 5.14, Şekil 5.15 ve Şekil 5.16).

Bununla birlikte kenevir bitkisi araştırılan diğer bitkilerle karşılaştırıldığında, Mayıs ayında, özellikle buğday, yulaf ve kavak ağacı için önemli spektral farklılıkları göstermiştir. Bu farklılıklar göz önünde bulundurularak Mayıs ayında araştırılan bitkilerin spektral değerleri incelenmiştir. Şekil 5.21’de gösterildiği gibi, mavi bölgede kenevir bitkileri, araştırılan diğer bitkilerden yonca hariç daha yüksek değerler göstermektedir. Yeşil ve kırmızı bölgede hem yonca hem de mısır bitkileri kenevirden daha yüksek değerlere sahipken, NIR bölgede kenevir, kavak ağacına benzer şekilde en düşük değerlere sahiptir.



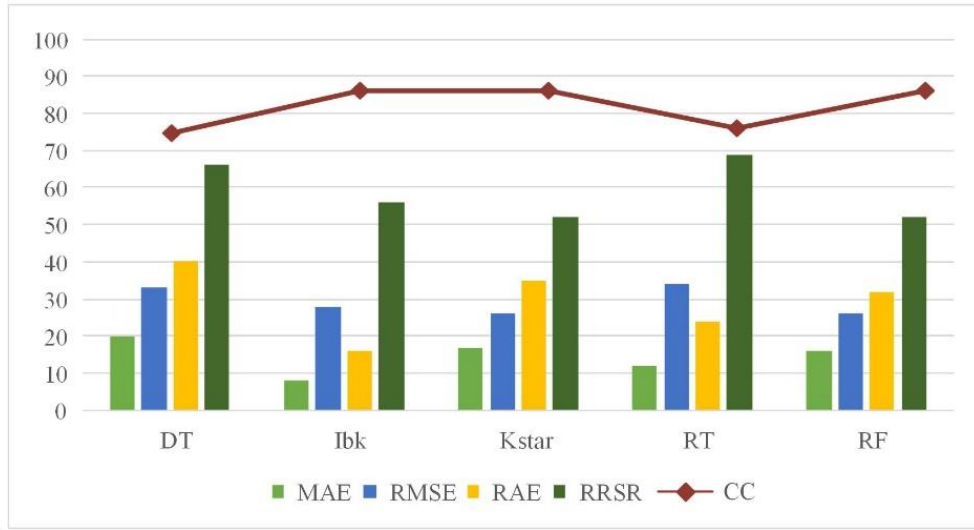
Şekil 5.21. Araştırılan bitkilerin mayıs ayı spektral imzaları

İncelenen bitkilerin NDVI değerleri dikkate alındığında mısır bitkisinin değerleri Mart ve Nisan aylarında önemli ölçüde yüksek olduğu görülmektedir. Kenevir bitkisinin değerleri Mart ayında düşük olmakla birlikte Haziran ayına kadar yükselmektedir. Bu sebeple mısır ve kenevir arasında net bir fark olduğunu söylemek mümkündür. Mısırın en düşük NDVI değerleri Mayıs ve Haziran'da gözükmemektedir. Yonca bitkisinin değerleri kenevir ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde farklıdır. Özellikle Nisan ayında, yoncanın ortalama NDVI değerinin 0.8 ve kenevirin 0.25 olduğu gözükmemektedir. Yulaf bitkisinin değerleri diğer bitkiler kadar değişmez ve bu nedenle Mayıs-Temmuz döneminde maksimum 0.6 değerine sahiptir. Kavak ağacı, Mart ve Ağustos ayları arasındaki dönemde kenevir ile aynı eğilimi izlemektedir. Daha sonra, kenevir bitkisinin değerleri düşmeye başlarken, kavak ağacı değerleri yüksek olmaya devam etmektedir. Buğday, Mayıs ayında kenevirden daha yüksek değerlere sahipken, Haziran ayında benzer değerlere sahiptir. Haziran'dan sonra, buğday bitkisinin değerleri önemli ölçüde düşmeye başlar ve gelecek yıl Nisan'a kadar düşük kalır (Şekil 5.22).



Şekil 5.22. Araştırılan bitkilerin NDVI değerleri

Makine öğrenimi sınıflandırmasının sonuçları, IBk, KStar ve RF algoritmalarının DT ve RT'den önemli ölçüde daha iyi performans gösterdiği yüksek korelasyon (CC) değerleri göstermiştir (Şekil 5.23). DT ve RT algoritmalarında en yüksek kök göreceli kare hatası (RRSR) değerlerinin fark edildiği gözükümüştür. IBk algoritması en düşük ortalama mutlak hata (MAE) ve kök göreceli kare hatası (RRSR) değerleri gözlemlenmiştir. Kök ortalama kare hatası (RMSE), KStar ve RF algoritmalarında benzerlik göstermiştir.



Şekil 5.23. Kenevir sınıflandırması için doğruluk değerlendirme grafiği

Bununla birlikte, ikili sınıflandırma için doğruluk değerlendirme parametreleri Tablo 6.7’de gözüktüğü üzere farklı sonuçlar göstermiştir. Burada, DT algoritması en düşük doğrulukta sınıflandırılmış örneklerle sahiptir ve bunu RT algoritması takip etmiştir. Diğer algoritmalar, RF algoritmasının en iyi performans gösterdiği benzer sonuçları göstermiştir. RF algoritmasının kappa istatistikleri, en düşük sıradaki DT algoritmasından önemli ölçüde daha yüksektir. KStar algoritması ve IBk algoritması tüm parametrelerde benzer sonuçları göstermekteyken, RF algoritması bunlardan biraz daha iyi performans göstermiştir.

Tablo 5.26. Kenevir bitkisi için ikili sınıflandırma doğruluk değerlendirme parametreleri

Makine Öğrenmesi Algoritmaları	Doğru Sınıflandırılmış Örnekler	Kappa	TP	FP	Precision	Recall	F-score
DT	75.2%	0.51	0.75	0.25	0.75	0.75	0.75
RT	87.1%	0.74	0.87	0.13	0.87	0.87	0.87
KStar	91.6%	0.83	0.92	0.08	0.92	0.92	0.92
IBk	92.1%	0.84	0.92	0.08	0.92	0.92	0.92
RF	93.1%	0.86	0.93	0.07	0.93	0.93	0.93

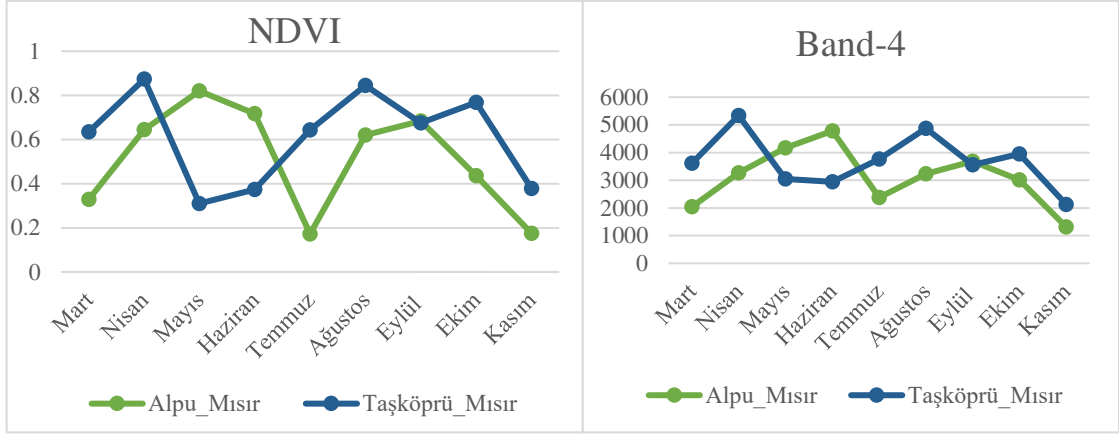
6. TARTIŞMA

Bu çalışmanın temel amacı kenevir bitkisinin farklı bölgelerde gelişim süreçlerinin incelenerek, uydu görüntülerinden elde edilen veriler doğrultusunda diğer bitkilerden ayırt edilebilirliği noktasında anomali tespitleri yapmaktır. Bilindiği üzere kenevir bitkisi gelişim sürecinde dişi ve erkek olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Esrar maddesinin hammaddesi olan tetrahidrokanabinol dişi bitkilerden temin edilmektedir. Bu doğrultuda kenevir bitkisinin diğer bitkilerden ayırt edilmesi ve tespit edilmesinde hasat öncesi dönemi dikkate almak önem arz etmektedir.

Ayrıca bitki gelişimleri üzerinde farklı iklimlerin etkisinin araştırılması ve gözlemlenmesi bu çalışmanın diğer amaçlarından birisidir. Bu kapsamda elde edilen bulgular Eskişehir ve Kastamonu illeri özelinde incelenerek grafiksel olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmaların yanında literatüre katkı sağlayan diğer çalışmalarda incelenerek mevcut bulgularımızla karşılaştırılmış ve çalışmamıza dahil edilmiştir.

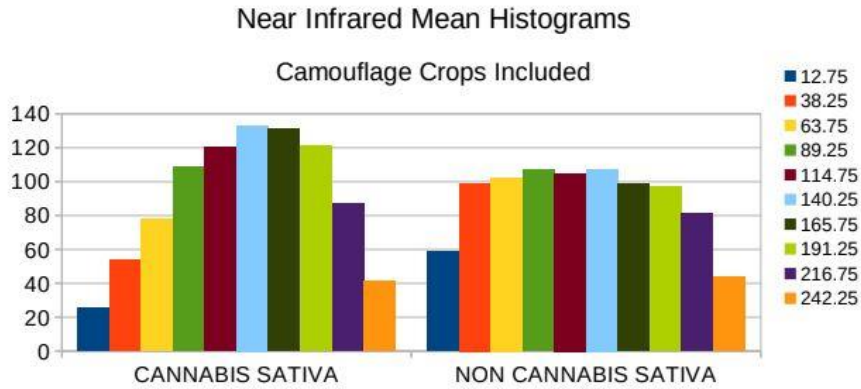
Küresel anlamda problem teşkil eden iklim değişikliği, bitki türlerinin gelişim süreçlerini doğrudan etkilemektedir. Bu husus dikkate alındığında bitkiler üzerindeki gelişim süreçlerine ait bilgilerin yıllar içerisinde arşivlenerek çalışmalarda değerlendirilmesinin faydalı olacağını düşünmekteyiz.

Bu kapsamda 2021 yılına ait veriler üzerinden gerçekleştirilen bu çalışmada Eskişehir ilinde bulunan bitkiler ile Kastamonu ilinde bulunan bitkilerin gelişim süreçlerini grafik üzerinde incelenmiştir. Her iki bölgede de mısır bitkisinin benzer eğrileri oluşturduğu gözlemlenmiş ancak Şekil 6.1. incelendiğinde iklim farklılığından dolayı mısır bitkisinin Eskişehir ilinde daha geç gelişim gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu çalışma özelinde iklim farklılığından oluşan geç gelişim süreçleri diğer bitkiler üzerinde de gözlemlenmiştir.



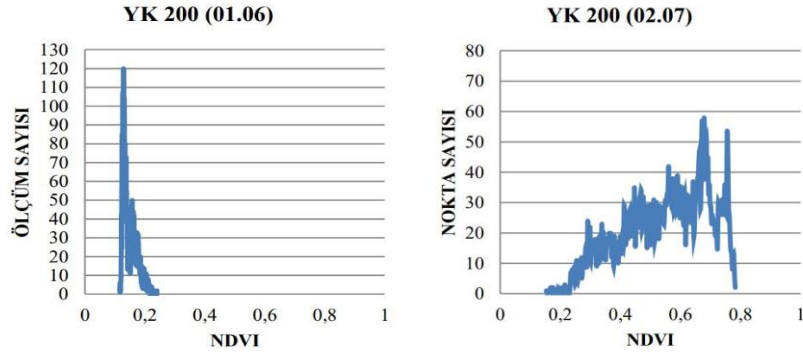
Şekil 6.1. Mısır bitkisinin Alpu ve Taşköprü ilçelerinde, NDVI ve Band-4 spektral değer grafiği

Ferreira ve diğ. (2019), kenevir bitkisinin bulunduğu ve bulunmadığı bölgelerde yakın kızılötesi kanalın ortalama histogramını hesaplamışlardır. Bu çalışma kenevir ve kenevir olmayan ürünler arasında herhangi bir spektral fark olup olmadığını incelememize yardımcı olacaktır. Gerçekleştirilen çalışma kenevir bitkisinin yakın kızılötesi kanalda ayırt edici özelliğinin olduğunu göstermiş ve yakın kızılötesi bantta kenevir mahsullerinin ortalama değerleri diğer mahsullerden yüksek olduğu vurgulanmıştır (Şekil 6.2).



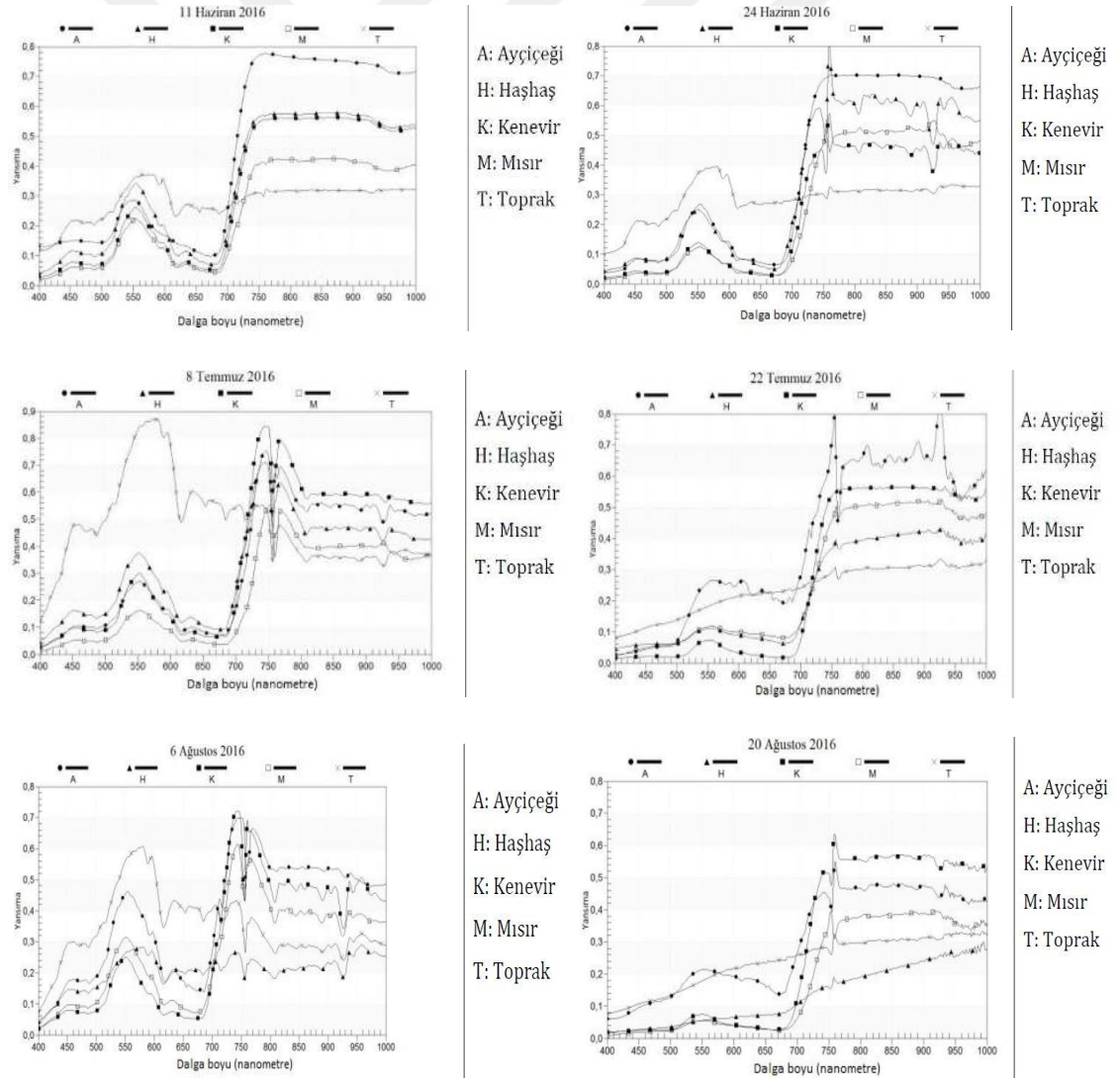
Şekil 6.2. Kenevir bitkisinin yakın kızılötesi kanalda ortalama histogramı (Ferreira vd., 2019)

Yiğitoğlu (2019), gerçekleştirmiş olduğu çalışmada Burdur'a bağlı Bucak ilçesinde kenevir bitkisinin farklı dönemlerde NDVI değerlerini grafiksel olarak sunmuştur. Haziran ayının başında elde ettiği değerler ile temmuz ayının başında elde ettiği değerler incelendiğinde kenevir bitkisindeki morfolojik gelişimin yansımaya olan etkisi tipik olarak gözükmemektedir. Kastamonu ilinde gerçekleştirmiş olduğumuz çalışmada uydu görüntüleri haziran ayının ortasına ait olduğunu dikkate aldığımızda benzer gelişim süreçlerinin izlendiği gözlemlenmiştir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Haziran ve temmuz ayları kenevir NDVI değerleri (Yiğitoğlu, 2019)

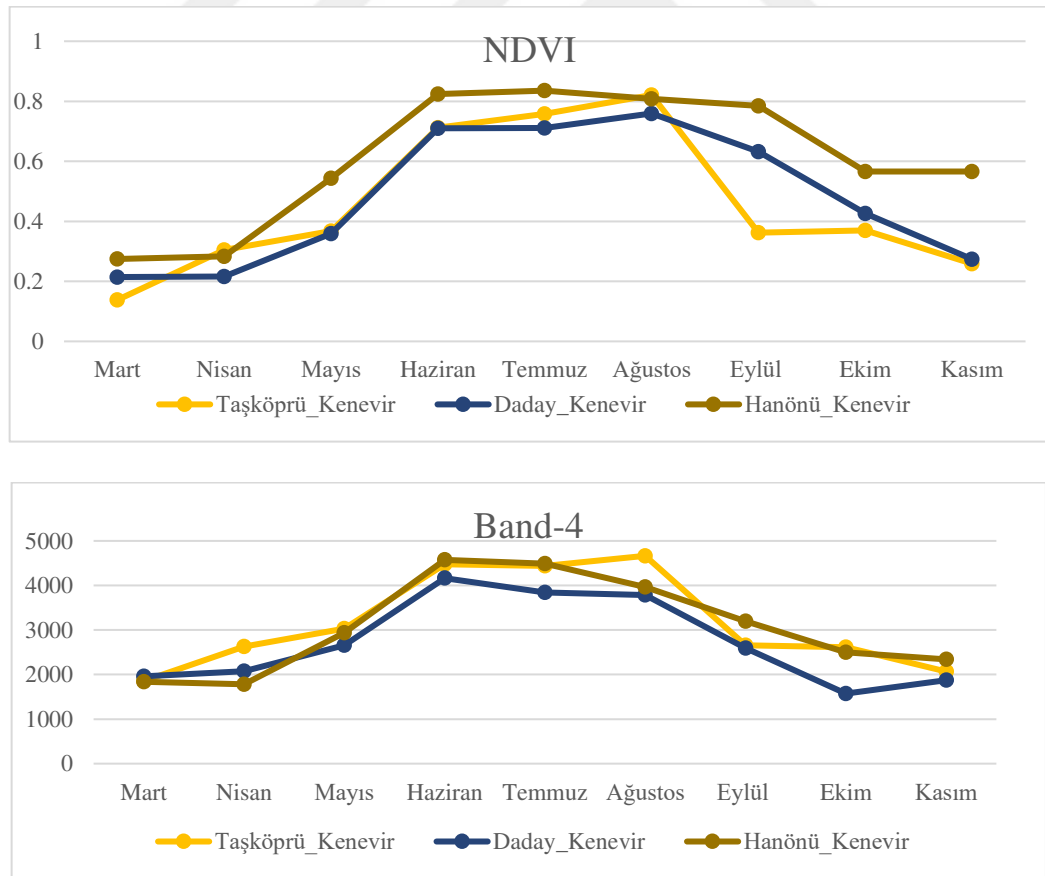
Bilecik (2019), yapmış olduğu tez çalışmasında kenevir bitkisinin gelişim evrelerini yersel taşınabilir ASD FieldSpec HandHeld Spektrometre cihazı ile ölçerek spektral kayıtlarını oluşturmuştur (Şekil 6.4).



Şekil 6.4. Kenevir bitkisinin farklı dönemlerde spektral ölçümleri (Bilecik, 2019)

Şekil 6.4’de yersel ölçümlerle elde edilen erken dönem grafikleri incelendiğinde yakın kıvıltı bölgesinde en yüksek yansıma değeri ayıçığı vermekle birlikte kenevir ve haşhaş bitkileri benzer eğrileri oluşturmuştur. Ayıçığı bitkisinin erken dönemde yansıma değerinin yüksek olmasının nedeni olarak bitkinin erken ve hızlı gelişim göstermesi sahada yapılan gözlemlerle ilişkilendirilmiştir. Grafikler incelendiğinde kenevir bitkisinin gelişim sürecinin diğer bitkilerden daha yavaş olduğunu sahada yapılan çalışmalar doğrulamaktadır. Olgunlaşma dönemi ve sonrasında yüksek yansıma değerleri veren kenevir bitkisinin, deneme alanında gelişme göstermeye devam etmesi ve yapraklarının diğer bitkilere oranla ölçüm zamanında daha fazla olması bu durumu etkilemiştir.

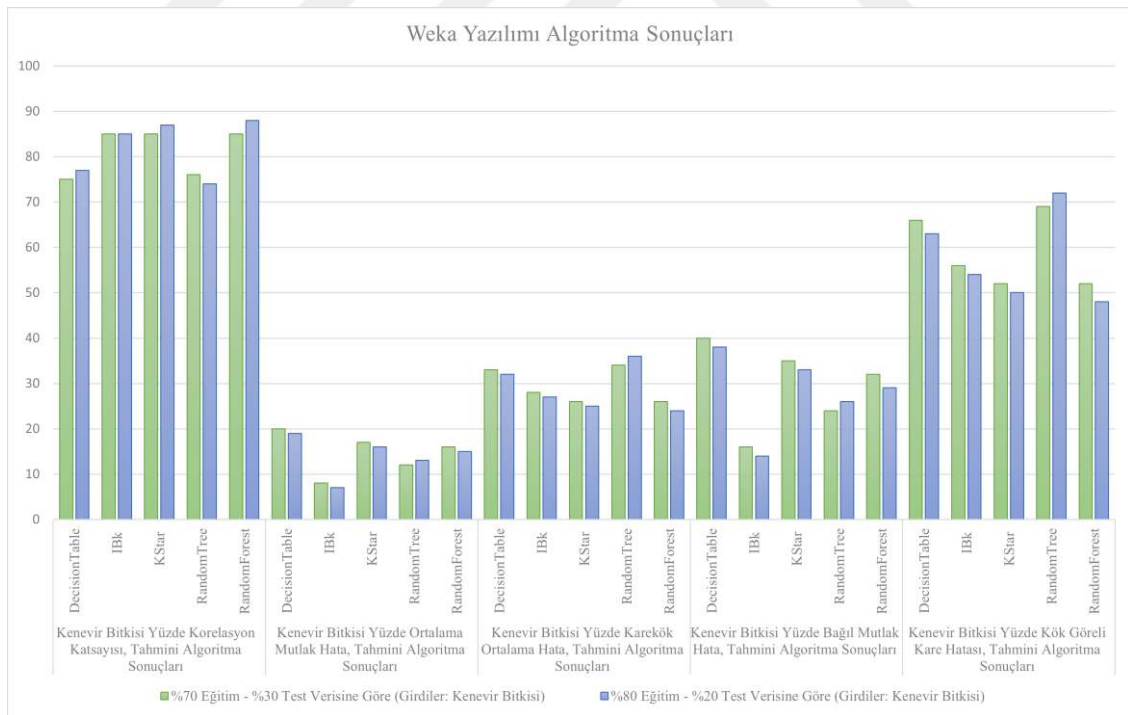
Kastamonu ilinde Daday, Hanönü ve Taşköprü ilçelerinde yetiştirilen kenevir bitkilerinin gerçekleştirilen çalışmalar sonucu elde edilen sonuçları Şekil 6.5’de gösterilen grafikler özelinde incelendiğinde yılın farklı aylarında benzer spektral ve NDVI sayısal değerleri verdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 6.5. Kenevir bitkisinin Kastamonu ilçelerinde, NDVI ve Band-4 spektral değer grafiği

Weka yazılımının açık kaynak kodlu ve ücretsiz olması ayrıca yazılım bilgisine ihtiyaç duymadan hazır algoritmaların kullanımının kolay olması en önemli avantajlarındandır. Fakat Weka yazılımında bulunmayan algoritmaların kullanılması uyum problemlerinden dolayı çok mümkün olmamaktadır. Genel kapsamda incelendiğinde Weka yazılımının kullanım kolaylığı ve çalışmasının hızlı olması oldukça iyi iken diğer yazılımlar ile karşılaştırıldığında görsellik açısından eksik kaldığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmalar sonucu Kastamonu ilinde elde edilen bulgular incelendiğinde kenevir bitkisinin diğer bitkilerden farklı değerleri verdiği dönem mayıs ve haziran ayı olarak gözlemlenmiştir. Burada elde edilen değerlerin makine öğrenmesi ile sınıflandırılması çalışmanın doğruluğu hakkında bilgi vermesi açısından önemli olduğu değerlendirilmiştir. Bu kapsamda elde ettiğimiz değerler Weka yazılımı ile sınıflandırılarak doğruluk oranları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar kenevir bitkisinin mayıs ayında yüksek doğruluk oranlarıyla diğer bitkilerden ayrımının yapılabildiğini farklı algoritmalar ile bizlere sunmaktadır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6. Weka yazılımı algoritma sonuçları

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kenevir uyuşturucu yapımında kullanılan her türlü coğrafyada gelişim gösterebilen en yaygın bitkilerden birisidir. Yasal izne tabi tutularak uluslararası kuruluşların denetiminde üretimleri yapılmaktadır. Bu yüzden kenevir bitkisinin yasadışı ekimi esrar maddesinin maliyetini artırmakta ve bu da birçok illegal yapılanmanın finansman kaynağını oluşturmaktadır.

Ülkemizde yasadışı üretimi yapılan kenevir bitkisinden elde edilen uyuşturucu terör örgütlerinin temel finans kaynaklarından birisi olmaktadır. Bu durum yasadışı kenevir ekim alanlarının takibini önemli hale getirmektedir.

Dünyada ve ülkemizde uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı konusunda araştırmalar devam etmektedir. Yasa dışı kenevir üretim alanlarının belirlenmesinde çalışmaların teknolojik kolaylığı, başarı oranlarının yüksek olması ve ucuz bir yöntem olarak uzaktan algılama teknikleri kullanılması terörün finans kaynaklarından birisi olan uyuşturucu ile mücadelede önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Bu tez çalışmasında, 2021 yılına ait PlanetScope uydu görüntülerinden esrarın hammaddesi olan kenevir bitkisinin spektral değerleri toplanmış ve NDVI analizleri yapılmıştır. Çalışmada kenevir bitkisi bölgede yetişen diğer bitki türleri olan buğday, mısır, yonca, yulaf ve kavak bitkilerinin yansıma değerleri ile karşılaştırılarak anomali farklılıkları değerlendirilmiştir. Literatürde gerçekleştirilen çalışmalar incelenerek mevcut çalışmada kenevir bitkisinin yakın kızılötesi bantta ayırt edici özelliklerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada kenevir bitkisinin Mayıs ve Haziran aylarında elde edilen yansıma değerleri, diğer bölgedeki farklı bitki türlerine ait yansıma değerleri ile karşılaştırılmış ve anomali değişiklikleri dikkate alınmıştır. Bu aylar içerisinde kenevir ve kenevir olmayan parsellere ait test verileri üretilerek Weka yazılımında sınıflandırmaya tabi tutulmuş ve başarı yüzdesi yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

Uzaktan algılama yöntemleri ile gerçekleştirilen çalışmalarda analiz çalışmalarının saha kontrollerinin yapılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada mevcut literatürde gerçekleştirilen saha çalışmaları dikkate alınarak değerlendirmeler ve yorumlamalar yapılmıştır. Bu yöntemle elde edilen bilgiler ışığında araştırma bulguları değerlendirilmiştir.

Çalışma gerçekleştirilirken karşılaşılan en büyük problemlerden birisi kenevir bitkisine ait ekili alanların bilgilerinin temin edilmesi olmuştur. Ülkemizde izne tabi illerde üretimi yapılan kenevir bitkisinin il tarım ve orman müdürlüklerinin izni doğrultusunda sınırlı sayıda parsel bilgisi temin edilebilmiştir. Kenevir bitkisinin üretiminin çok sınırlı olması ve küçük bölgelerde üretilmesi çalışmada uygulanması planlanan kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma metodlarına imkân tanımamıştır.

Ayrıca ekili alanların küçük alanlar olması sebebi ile uydu platformları konusunda çözünürlüğü yüksek uydularla çalışmamızı gerektirdiğinden tercihlerimiz kısıtlı kalmıştır. Uydu görüntüleri ile çalışmamızda diğer bir olumsuzluk ise yeryüzünde gerçekleşen hava durumlarından kaynaklı bulutların çalışma alanlarında sabit tarihlerde çalışmamıza olanak sağlamaması olmuştur. Bu kapsamda Planet firmasına ait PlanetScope uydusunun yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğünün olması çalışmamıza fayda sağlamış ve etkili olmuştur. Gelişen teknolojik imkanlar ile birlikte uydu platformlarının yeryüzünde gerçekleştirilen araştırma faaliyetlerinde kolaylıklar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Yapılan çalışmalar neticesinde, uzaktan algılamanın narkotik üretim bitkilerinin kontrolünde kullanılabileceği ve Türkiye’de yetiştirilen yasadışı mahsullerin takibinde avantaj sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda uzaktan algılama teknikleri ile elde edilen bulguların saha çalışmalarıyla desteklenmesi planlanmaktadır. Bitkilerin morfolojik gelişim süreçlerinin daha detaylı araştırılması ve farklı iklim koşullarında fenolojik evreleri hakkında bulguların toplanması çalışmanın doğruluğunu artıracığı yönünde değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Altınbaş, Ü., Bolca, Y., Esetlili, M., Özden, N., Özen, F., & Türk, T. (2003). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamalı Temel Kursu Ders Notları. İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü.
- Atalay, M., & Çelik, E. (2017). Büyük Veri Analizinde Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi.
- Atalay, M., & Çelik, E. (2017). Büyük Veri Analizinde Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 155-172.
- Azaria, I., Goldschleger, N., & Ben-Dor, E. (2012). Identification of Cannabis plantations using hyperspectral technology. Israel Journal of Plant Sciences, 77-83.
- Başayığit, L., Albayrak, S., Şenol, H., & Akgül, H. N. (2008). Spektrometre Verileri ile Bitki Besin Elementi İçeriğinin Tahmin Edilebilirliği. Konya: 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi.
- Bilecik, S. G. (2019). Haşhaş ve Kenevirin Spektral İmzalarının Belirlenmesive Kayıt Kütüklerinin Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi. Isparta: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.
- Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 5-32.
- Chandrasekharan, M. (2005). Recent Advances and Current Developments in Tissue.
- Çölkesen, İ. (2015). Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri Kullanarak Benzer Spektral Özelliklere Sahip Doğal Nesnelerin Ayırt Edilmesine Yönelik Bir Metodoloji Geliştirme. Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Daughtry, C., & Walthall, C. (1998). Spectral Discrimination of Cannabis sativa L. Leaves and Canopies. Remote Sensing of Environment.
- Demir, S., & Başayığit, L. (2019). Determination of Opium Poppy (Papaver Somniferum) Parcels Using High-Resolution Satellite Imagery. Journal of the Indian Society of Remote Sensing.

- Detsch, F., Otte, I., Appelhans, T., Hemp, A., & Nauss, T. (2016). Seasonal and long-term vegetation dynamics from 1-km GIMMS-based NDVI time series at Mt. Kilimanjaro, Tanzania. *Remote Sensing of Environment*, 70-83.
- Doğaner, A. (2020). Topluluk öğrenme yöntemleri ile renal hücreli karsinom'un tahmin edilmesi. Doktora Tezi. İnönü Üniversitesi.
- Doğru, E. (2020). Makine öğrenmesi teknikleri kullanarak hizmet aksatma saldırıları tespiti. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi.
- El Naqa, I., & Murphy, M. J. (2015). *What Is Machine Learning*. Springer.
- El Naqa, I., Li, R., & Murphy, M. J. (2015). *Machine learning in radiation oncology: theory and applications*. Springer.
- Fagua, J. C., Jantz, P., Rodriguez-Buritica, S., Duncanson, L., & Goetz, S. J. (2019). Integrating LiDAR, multispectral and SAR data to estimate and map canopy height in tropical forests. *Remote Sensing*, 2697.
- Ferreira, A., Felipussi, S. C., Pires, R., Avila, S., Santos, G., Lambert, J., . . . Rocha, A. (2019). Eyes in the Skies: A Data-Driven Fusion Approach to Identifying Drug Crops From Remote Sensing Images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations; Remote Sensing*, 4773-4786.
- Fidan, H. (2020). Random forest (Rastgele orman) algoritması temelli süreç izleme yönteminin ambulator kan basıncı izlemede hipertansiyonun erken tanısı için kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi.
- Genç, A., Başıyigit, I. B., Dođan, H., & Çolak, B. (2021). Measuring and modelling the complex-permittivity of hemp plant (*Cannabis Sativa*) at X band for microwave remote sensing. *Journal of Electromagnetic Waves*, 1-13.
- Göncü, E. (2019). Farklı Ekim Bölgelerindeki Ayçiçeği Ekili Alanlarının Uzaktan Algılama Tekniđi ile Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. İzmir: Ege Üniversitesi.
- Gray, C., Shaw, D., Gerard, P., & Bruce, L. (2008). Utility of multispectral imagery for soybean and weed species differentiation. *Weed Technology*, 713-718.

- Jia, K., Wu, B., Tian, Y., Li, Q., & Du, X. (2011). An effective biophysical indicator for opium yield estimation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 272-277.
- Jia, K., Wu, B., Tian, Y., Li, Q., & Du, X. (2011). Spectral discrimination of opium poppy using field spectrometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.
- Kalmegh, S. (2015). Analysis of WEKA Data Mining Algorithm REPTree, Simple.
- Kılıçaslan, S., Ekinci, R., & Başbağ, S. (2020). RapidEye ve PlanetScope uydu bantları ile pamuk bitkisi yaprak azot içeriğinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 172.
- Kurucu, Y., & Balık, F. (2004). Ege bölgesi koşullarında doğal ve kültür bitki örtülerinin haritalanması amacıyla mikrodalga (RADAR) uydu görüntülerinin kullanılabilirliği üzerine bir araştırma. *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu*.
- Kurucu, Y., & Balık, F. (tarih yok). Ege Bölgesi Koşullarında Doğal ve Kültür Bitki Örtülerinin Haritalanması Amacıyla Mikrodalga (RADAR) Uydu Görüntülerinin Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma. *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu*, Proje No; TOGTAK-2903.
- Lisita, A., Sano, E. E., & Durieux, L. (2013). Identifying potential areas of Cannabis sativa plantations using object-based image analysis of SPOT-5 satellite data. *International journal of remote sensing*, 5409-5428.
- Liu, X., Tian, Y., Yuan, C., Zhang, F., & Yang, G. (2018). Opium poppy detection using deep learning. *Remote Sensing*, 1886.
- Mattiuzzi, M., Bussink, C., & Bauer, T. (2014). Analysing Phenological Characteristics Extracted from Landsat NDVI Time Series to Identify Suitable Image Acquisition Dates for Cannabis Mapping in Afghanistan. *PFG Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation*, 383-392.
- Merkezi, A. U. (2021). Avrupa Uyuşturucu Raporu 2021: Eğilimler ve Gelişmeler. *Lüksemburg: Avrupa Birliği Yayın Ofisi*.

- Mourad, R., Jaafar, H., Anderson, M., & Gao, F. (2020). Assessment of Leaf Area Index Models Using Harmonized Landsat and Sentinel-2 Surface Reflectance Data over a Semi-Arid Irrigated Landscape. *Remote Sensing*.
- Munoz, A. (2014). *Machine Learning and Optimization*. Courant Institute of Mathematical Sciences. New York.
- Munoz, A. (2014). *Machine Learning and Optimization*. Courant Institute of Mathematical Sciences. New York.
- Ngo, T. (2011). *Data mining: practical machine learning tools and technique*, by ian h. witten, eibe frank, mark a. hell. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 51-52.
- Orhan, O. (2014). Konya Kapalı Havzası'nda Uzaktan Algılama ve CBS Teknolojileri ile İklim Değişikliği ve Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Aksaray: Aksaray Üniversitesi.
- Portugal, E., & Hwan, J. (2020). Applied Science to Inform Management Efforts for Cannabis Cultivation, Humboldt, County, California. *CALIFORNIA FISH GAME*, 13-30.
- Richards, J. A. (1999). *Remote sensing digital image analysis*. Springer.
- Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, Y., & Balta, İ. (2008). Türkiye iklimi. *Turkish State Meteorological Service*, Ankara.
- Sicre, C. M., Baup, F., & Fieuzal, R. (2014). Determination of the crop row orientations from Formosat-2 multi-temporal and panchromatic images. *ISPRS journal of photogrammetry remote sensing*, 127-142.
- Simms, D. M., Waive, T. W., Taylor, J. C., & Juniper, G. R. (2014). The application of time-series MODIS NDVI profiles for the acquisition of crop information across Afghanistan. *International journal of remote sensing*, 6234-6254.
- Şentürk, Ü. G. (2020). Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak kayısı bahçelerinin tespiti ve rekolte tahmini; Malatya Battalgazi örneği. Yüksek Lisans Tezi. Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi.

- Taylor, J. C., Waine, T. W., Juniper, G. R., Simms, D. M., & Brewer, T. R. (2010). Survey and monitoring of opium poppy and wheat in Afghanistan: 2003–2009. *Remote Sensing Letters*, 179-185.
- Tessitore, F. (2014). Aerial surveillance and airborne remote sensing techniques in Guardia di Finanza: An operational experience: Guardia di Finanza and CRdC BENECON, police officers and university researchers to protect and safeguard social fairness and legality. 2014 International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST) (s. 1-6). IEEE.
- Tian, Y., Zhang, F., Jia, K., Wen, M., & Yuan, C. (2015). Quantification of Cannabinoid Content in Cannabis. *Journal of Applied Spectroscopy*, 628-633.
- Tunca, E., & Köksal, E. (2021). Sentinel 2 Uydu Görüntülerinden Bitki Türlerinin Makine Öğrenmesi ile Belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 189-200.
- Uzun, R., İşler, Y., & Toksan, M. (2019). WEKA yazılım paketinin siğil tedavi yöntemlerinin başarısının tahmininde kullanımı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 699-708.
- Vanderbilt, V. C., & Daughtry, C. S. (2012). Mueller matrix of a dicot leaf. Polarization: Measurement, Analysis, and Remote Sensing X (s. 83640R). International Society for Optics and Photonics.
- Waine, T. W., Simms, D. M., Taylor, J. C., & Juniper, G. R. (2014). Towards improving the accuracy of opium yield estimates with remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 6292-6309.
- Weier, J., & Herring, D. (2000). Measuring vegetation (ndvi & evi). NASA Earth Observatory.
- Witten, I. H., Frank, E., & Hall, M. A. (2011). Data mining: practical machine learning tools and techniques. London.
- Yiğitoğlu, H. (2019). Kenevir (Cannabis) Ekili Alanlarının Yüksek Çözünürlüklü Uydu Verileri İle Belirlenebilirliği. Isparta: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.

http-1: <https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Kenevir&oldid=26836402> (Eriřim tarihi: 22.11.2021)

http-2: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/44075/mod_resource/content/0/3-EKONOM%C4%B0K-B%C4%B0TK%C4%B0LER-Besin-Bitkileri-II.pdf (Eriřim tarihi: 22.11.2021)

http-3: <https://ereglitb.org.tr/wp-content/uploads/2019/10/MISIR-RAPORU-2019.pdf> (Eriřim tarihi: 22.11.2021)

http-4: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Yonca> adresinden alındı (Eriřim tarihi: 22.11.2021)

http-5: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kavak> adresinden alındı (Eriřim tarihi: 22.11.2021)