

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :
ORCID : - - -

Trabzon

ÖNSÖZ

"Hava Fotoğrafları ve Sentinel-2 Görüntüleri Yardımıyla Bazı Meşcere Bileşenlerinin Tahmin Edilmesi" isimli bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle, tez konusunun seçiminde ve araştırmamın yürütülmesinde öncülük eden, çalışmamın içerik ve şekil bakımından yönlendirilmesini sağlayan, ayrıca her konuda ilgi, destek ve yardımlarını esirgemeyen saygı değer hocam Doç. Dr. Uzay KARAHALİL'e bana kendisiyle çalışma onuru verdiği için en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmayı içerik ve şekil yönünden ele alarak olgunlaşmasına katkı sağlayan hocalarım Prof. Dr. Mehmet MISIR, Prof. Dr. Fevzi KARSLI, Prof. Dr. Alkan GÜNLÜ ve Doç. Dr. Mehmet YAVUZ'a şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam süresince sorularıyla zamanlarını aldığım, değerli görüş ve önerileriyle büyük ilgi ve desteğini gördüğüm Prof. Dr. Selahattin KÖSE'ye teşekkürlerimi sunmayı bir görev sayarım. Tezin hazırlanması ve çeşitli aşamalarında yardımlarını gördüğüm meslektaş ve arkadaşım Orman Yüksek Mühendisi Süleyman BORUCU ve Orman Mühendisi Ali AVCI'ya teşekkür ederim. Çalışmanın gerçekleştirilmesinde altyapı olanaklarından geniş şekilde yararlandığım Orman Amenajmanı Laboratuvarı'nın kurulmasında emeği geçen tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Envanter verilerinin temini için Orman Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Araştırmamın başlangıcından bitimine kadar verdiği moral ve destek ile yanımda olan kıymetli eşim, meslektaşım Orman Yüksek Mühendisi Gökçe KALANKAN ÇİL ve oğlum Nuri ÇİL'e ye şükranlarımı sunarım. Ayrıca öğrenim hayatım boyunca bana maddi ve manevi destek olan aileme teşekkür eder, bu çalışmanın uygulayıcılara, bilim dünyasına ve tüm ilgilienlere faydalı olmasını dilerim.

Bayram ÇİL
Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Hava Fotoğrafları ve Sentinel-2 Görüntüleri Yardımıyla Bazı Meşcere Bileşenlerinin Tahmin Edilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Uzay KARAHALİL’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 26/10/2023

Bayram ÇİL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Temel Kavramlar.....	25
1.2.1. Orman Envanteri	25
1.2.2. Alan Envanteri.....	27
1.2.3. Hava Fotoğraflarının Kısa Tarihçesi	31
1.2.4. Dijital Kamera ile Çekilen Hava Fotoğrafları	33
1.2.5. Uydu Görüntülerine İlişkin Bazı Temel Bilgiler.....	34
1.2.6. Sentinel Uyduları.....	35
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	38
2.1. Materyal.....	38
2.1.1. Araştırma Alanının Genel Özellikleri	38
2.1.2. Topoğrafik Haritalar ve Amenajman Planı Meşcere Haritaları	40
2.1.3. Uydu Görüntüleri ve Dijital Hava Fotoğrafı	40
2.1.4. Yer Kontrol Nokta Verisi	41
2.1.5. Örnek Alan Verileri.....	42
2.1.6. Çalışmada Kullanılan Yazılımlar	43
2.2. Yaklaşım Tarzı	43
2.2.1. Meşcere Bileşenlerinin Hesaplanması.....	44
2.2.2. Sayısal Yüzey Modelinin Oluşturulması.....	45
2.2.3. Sayısal Arazi Modeli Oluşturulması	47

2.2.4.	Meşcere Boy Modeli Oluşturulması.....	50
2.2.5.	Çalışmada Kullanılan Vejetasyon İndeksleri	51
2.2.6.	Ağaç Sayısının Belirlenmesi	52
2.2.7.	Kapalılığın Belirlenmesi.....	53
2.2.8.	Orta Çap ve Gelişme Çağının Belirlenmesi	54
2.2.9.	Uydu Görüntüsünün Analizi	54
2.2.10.	İstatistiksel Analiz	54
3.	BULGULAR	57
3.1.	Meşcere Bileşenlerine İlişkin Normal Dağılım Kontrolü ve Korelasyon Analizi Sonuçları.....	57
3.2.	Araştırma Alanı İçin Geliştirilen Modeller	59
3.2.1.	Meşcere Orta Boyuna İlişkin Bulgular.....	59
3.2.2.	Meşcere Hacim Modeline İlişkin Bulgular	60
3.2.3.	Ağaç Sayısı Modeline İlişkin Bulgular	60
3.2.4.	Meşcere Orta Çapı Modeline İlişkin Bulgular	62
3.3.	Geliştirilen Modellerin Test Edilmesi	63
3.4.	Kapalılığın Belirlenmesine İlişkin Bulgular.....	63
4.	TARTIŞMA.....	65
5.	SONUÇLAR	68
6.	ÖNERİLER	69
7.	KAYNAKLAR.....	71
8.	EKLER	80
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

HAVA FOTOĞRAFLARI VE SENTİNEL-2 GÖRÜNTÜLERİ YARDIMIYLA BAZI MEŞCERE BİLEŞENLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ

Bayram ÇİL

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Uzay KARAHALİL
2023, 79 Sayfa, 14 Sayfa Ek

Hava fotoğrafları ormancılıkta iki boyutlu ortofoto görüntülerle alan envanterinin yanı sıra üç boyutlu nokta bulutu verisi ile özellikle ağaç boyu tahmininde de kullanılmaktadır. Fakat ülkemizde plan ünitesi bazında kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır. Uzaktan algılama tekniği yardımıyla farklı veri kaynakları kullanılarak envanter çalışmalarının en aza (zaman, emek, para, hata) indirilmesi amaçlanmıştır. HGM tarafından temin edilen hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutu verisi, Sentinel-2 uydu görüntülerine ait yansıma değerleri ve vejetasyon indekleri yardımıyla, envanter çalışmasında elde edilen 170 adet örnek alan (119 adet model, 51 adet test) verisi kullanılarak; meşcere hacmi, ağaç sayısı, kapalılık, ortalama ağaç boyu ve orta çap tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmalar, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü (OBM), Alanya Orman İşletme Müdürlüğü (OİM), Alara Orman İşletme Şefliği (OİŞ)'nde yayılış gösteren saf Kızılçam meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Hava fotoğrafları verilerinden elde edilen nokta bulutu yardımıyla oluşturulan sayısal yüzey modeli (SYM), sayısal arazi modeli (SAM) ve bu iki verinin farkıyla meşcere boy modeli (MBM) elde edilmiştir. MBM ve Sentinel-2 görüntüleri ile meşcere bileşenleri arasında korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre MBM ile örnek alanlarda ölçülen ortalama boylar arasında korelasyon katsayısı (r) 0,76 olarak bulunmuştur. Çoğul regresyon modellerine göre ortalama boy, hacim, ağaç sayısı ve orta çap'a ait düzeltilmiş belirtme katsayısı (R^2) sırasıyla 0,61; 0,45; 0,21; 0,43, hatalar (RMSE) ise 2,4 m; 57,4 m³/ha; 161 adet/ha; 6,1 cm olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Orman Amenajmanı, Uzaktan Algılama, Meşcere Bileşenleri, Dijital Hava Fotoğrafı, Sentinel 2

PhD. Thesis

SUMMARY

ESTIMATION OF SOME STAND PARAMETERS USING AERIAL PHOTOGRAPHS AND SENTINEL-2 IMAGES

Bayram ÇİL

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Uzay KARAHALİL

2023, 79 Pages, 14 Pages Appendix

In forestry, aerial photographs can be used to generate 2D orthophotos for area inventory works and/or to create 3D point clouds, especially for tree height estimations. However, no comprehensive study has been conducted on the basis of planning units in our country. The present study aims to minimize forest field inventory by remotely sensed data sources. Based on the ground measurement from 170 temporary sample plots (119 plots model, 51 plot test), the number of stem, stand volume, crown closure, mean tree height and mean DBH were estimated using the HGM's aerial photographs and Sentinel-2 satellite image reflectance values. The study was conducted in Antalya Regional Directorate of Forestry, Alanya State Forest Enterprise, Alara Planning Unit, which was dominated by Turkish Red Pine (*Pinus brutia*) tree species. The digital surface model (DSM) and digital terrain model (DTM) were produced using point clouds derived from aerial photographs, and then the canopy height model (CHM) was created by extracting DTM from DSM. Afterwards, correlation and regression analyses were performed between the stand parameters and CHM, and Sentinel-2 data. The results showed that the correlation coefficient (Pearson's r) for the mean tree height component was 0,76 based on CHM and ground measurement. According to multi linear regression models, the adjusted coefficients of determination (R^2) of the mean tree height, stand volume, number of stem and mean DBH were found to be 0,61; 0,45; 0,21 and 0,43 with RMSEs of 2,4 m; 57,4 m³/ha; 161 stems/ha and 6,1 cm, respectively.

Key Words: Forest management, Remote sensing, Stand parameters, Digital Aerial Photograph, Sentinel 2

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Planlama Süreci (Mısır, 2023).....	26
Şekil 2. Türkiye 1973-2022 yılları arası orman varlığı değişimi	31
Şekil 3. Harita Genel Müdürlüğü tarafından fotoğraf çekiminde kullanılan dijital kameralar	33
Şekil 4. Elektromanyetik spektrumda dalga boyu ve enerjinin değişimi	34
Şekil 5. Fırlatılan ve gelecekte fırlatılması hedeflenen Sentinel uyduları	37
Şekil 6. a) Antalya OBM ve Alanya OİM b) Alara OİŞ c) Araştırma alanı	38
Şekil 7. Yer kontrol noktalarının konumsal dağılımı	41
Şekil 8. Örnek alanların konumsal dağılımı ve alanın 9'a bölünmüş görünümü	42
Şekil 9. Çalışmanın iş akış şeması.....	44
Şekil 10. Pix4D programında elde edilen nokta bulutu verisi ve aynı konumun 7 farklı fotoğraf gösterimi	46
Şekil 11. Üretilen sayısal yüzey modeli görünümü	46
Şekil 12. CloudCompare noise filter komutu ile ekstrem noktaların giderilmesi	47
Şekil 13. LAsTools programı “lasground” komutu	48
Şekil 14. Yer yüzeyi noktalarının “Colorimetric Segmenter” komutu ile elde edilmesi	48
Şekil 15. Sayısal Arazi Modeli (SAM).....	49
Şekil 16. CloudCompare programı Set SF as coordinates komutu	50
Şekil 17. CloudCompare “Rasterize” komutu	50
Şekil 18. 3 Boyutlu SYM, SAM ve MBM görünümü.....	51
Şekil 19. Meşcere Boy Haritası	51
Şekil 20. QGIS “local maxima” komutunun kullanımı	53
Şekil 21. Kontrollü sınıflandırmada seçilen örnek sınıflar.....	54
Şekil 22. QGIS yazılımı “local maxima” komutu ile elde edilen ağaç konumu nokta verisi	61

Şekil 23.Ham hava fotoğrafının MATLAB programında filtrelendikten sonraki görünümü	61
Şekil 24. eCognition programı “Multiresolution segmentasyonu” sonucu	61
Şekil 25. eCognition programı ağaç konumu çıktısı	62
Şekil 26. Üretilen kapalılık haritası	64



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Meşcere tipi tahminine yönelik literatür	10
Tablo 2. Meşcere bileşenleri tahmini Sentinel-2 haricindeki literatürler	17
Tablo 3. Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak gerçekleştirilmiş bazı çalışmalar.....	21
Tablo 4. Sentinel-2 bant özellikleri	36
Tablo 5. Alara OİŞ’de seçilen araştırma alanının ağaç türlerine dağılımı	39
Tablo 6. Alara OİŞ’de seçilen araştırma alanının kapallık sınıflarına göre dağılımı	39
Tablo 7. Alara OİŞ’de seçilen araştırma alanının gelişme çağlarına dağılımı	39
Tablo 8. Alara OİŞ’de seçilen araştırma alanının meşcere tiplerine göre dağılımı.....	40
Tablo 9. Hava fotoğraflarının özellikleri	41
Tablo 10. Kızılçam dikili kabuklu gövde hacim tablosu (OGM, 2018).....	45
Tablo 11. Çalışmada kullanılan vejetasyon indeksleri	52
Tablo 12. Normal dağılım sonuçları.....	57
Tablo 13. Meşcere bileşenleri arasındaki korelasyon sonuçları	57
Tablo 14. Meşcere bileşenleri ile Sentinel-2 yansıma değerleri arasındaki korelasyon sonuçları	58
Tablo 15. Meşcere bileşenleri ile vejetasyon indeksleri arasındaki korelasyon sonuçları	58
Tablo 16. MBM ile meşcere bileşenleri arasındaki korelasyon sonuçları.....	58
Tablo 17. Araştırma alanı meşcere bileşenlerine ait regresyon model çıktıları	59
Tablo 18. Ortalama boy modeline ilişkin çıktılar	60
Tablo 19. Hacim modeline ilişkin çıktılar	60
Tablo 20. Ağaç Sayısı modeline ilişkin çıktılar	62
Tablo 21 . Orta çap modeline ilişkin çıktılar	62
Tablo 22. Eşlendirilmiş t-testi (paired sample t test) sonuçları	63

Ek Tablo 1. Yersel ölçüm verileri	80
Ek Tablo 2. MBM, topoğrafik veri ve eğim verileri	83
Ek Tablo 3. Sentinel-2 bant yansıma değerleri.....	85
Ek Tablo 4. Vejetasyon indeks değerleri.....	89
Ek Tablo 5. Yer kontrol noktaları.....	93



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ARVI	Atmospherically Resistant Vegetation Index
B	Uydu görüntüsü bandı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
Çz	Kızılçam
DVI	Difference Vegetation Index
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
MBM	Meşcere Boy Modeli
IRECI	Inverted Red Edge Chlorophyll Index
N	Ağaç sayısı (adet/ha)
NDMI	Normalized Difference Moisture Index
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OBM	Orman Bölge Müdürlüğü
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
OİM	Orman İşletme Müdürlüğü
OİŞ	Orman İşletme Şefliği
$R^2_{düz.}$	Düzeltilmiş belirtme katsayısı
RVI	Ratio Vegetation Index
RTK	Real Time Kinematik (Gerçek Zamanlı Kinematik)
SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SYM	Sayısal Yüzey Modeli
UTM	Universal Transforms Mercator
V	Hacim (m ³ /ha)
YKN	Yer Kontrol Noktası

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ormanlar topluma su, temiz hava, toprak, odun, odun dışı orman ürünleri, rekreasyon, gürültü önleme, afet önleme, rüzgar perdesi, savunma, iklim dengesi gibi sayısız faydalar sağlarken, hayvanlara da besin ve barınma imkanı sunan en önemli yenilenebilir doğal kaynaklardan biridir. Birleşmiş Milletler verilerine göre (URL-1, 2022), 15 Kasım 2022 tarihi itibarıyla 8 milyara ulaşan ve her yıl ortalama 65 milyon artan insan nüfusu; kentsel ve sanayi alanlarının genişlemesine neden olmakta ve böylece yakıt, kaliteli su, barınak, gıda, temiz hava, ilaç, gelir kaynağı gibi ihtiyaçlar nedeniyle karasal ekosistemleri etkilemektedir. Çevre kirliliği, iklim değişikliği, son yıllarda artan orman yangınları, çölleşme, ormansızlaşma, su kıtlığı ve gıda kalitesi gibi küresel problemler gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle, dünyanın yaklaşık %30'unu oluşturan orman alanlarının sürdürülebilir ve planlı şekilde kullanımı önem kazanmaktadır. Planlamanın başarısı ise güvenilir ve güncel envanter verilerine bağlıdır. Amenajman planlarının temelini ise orman envanteri çalışmaları oluşturmaktadır.

Ülkemizde doğal orman dinamiği yanında planlı ve plansız insan müdahaleleri, yangınlar, böcek zararları, iklim değişikliği gibi çok sayıda etmen nedeniyle mevcut meşcere haritaları değişikliğe uğramakta ve yeni dönem için güvenilir görülmemektedir. Bunun yanında planlama birimlerinin sahalarının geniş olması, yersel yöntemler ile orman envanterini çok güç ve zaman alıcı hale getirmektedir. Ormanlar geniş alanlarda yayılım göstermesi sebebiyle günümüzde yersel yöntemler tek başına kullanılmamaktadır. Farklı yöntemler kullanılarak örnekleme yapıp, buradan elde edilen verilerden yararlanarak hacim ve artımın gerçeğe yakın olarak tahmin edilmesi yoluna gidilmektedir (Eler, 1992). Bu nedenlerle, envanter bilgilerinin sağlandığı kaynağa göre bir sınıflandırma yapıldığında yersel yöntemler ve uzaktan algılama tekniğini birlikte kullanan “kombine envanter yöntemi” kullanılmaktadır.

Son 3 yılda farklı amaçlarla gerçekleştirilen ulusal orman envanteri hariç tutulduğunda, envanter çalışmaları her planlama birimi için 10-20 yılda bir gerçekleştirilmektedir. Envanterin amacı, ormanların mevcut durumunu (servet, alan vb.) ve

zaman içinde meydana gelen değişimin (büyüme ve artım gibi) saptanmasıdır. Ancak, orman tek düze ya da homojen yapıda değildir. Bu nedenle, örnekleme yapılabilmesi için kabul edilen belirli kriterlere göre benzer olan toplulukların ayrılması yoluna gidilmektedir. Aynı idare süresi ile işletilen, benzer silvikültürel uygulama yapılacak olan ve birim alandaki hacim ve hacim artımı yönünden benzerlik gösteren meşcereler aynı tip altında toplanmaktadır. Yapılan iş ağırlıklı olarak hacim envanterine hizmet etmekle birlikte, salt hacim ya da hacim artımı yönünden benzer olan alanlar bir araya getirilip aynı meşcere tipi olarak işleme sokulmamaktadır. Ormancılıkta uygulanacak silvikültürel işlem, parasal değer, idare süresi gibi bir dizi etmen etkili olmaktadır (Eler, 1992).

Meşcerelerin nasıl ayrılacağı, orman amenajmanında önemli bir sorundur. Çünkü yapıları zamanla değişim göstermektedir ve tarifi kolay değildir (Davis, 1954). Tarihsel gelişim içinde meşcere kavramı ve orman envanteri değişim göstermiştir. Geçmişte, meşcere genel anlamda; farklı özellikleri içeren orman parçaları olarak tanımlanmıştır (Graves, 1914). Sonraki yıllarda, farklılıkta ölçünün ne olması gerekeceği konusunda çalışmalar yapılmıştır. Meşcere tipi ayırımında dikkate alınması gereken özelliklerin sayısı, değişik görüşlerde, farklı olarak ortaya çıkmıştır. Meşcere sıklığının hacim ve hacim artımı üzerinde önemli etkisi olduğu anlaşılarak, ağaç sayısı bir özellik olarak benimsenmiştir (Schlich, 1925). Sıklık değişkenine, ağaç türü ve yaş özellikleri de eklenerek; saf, karışık, aynı yaşlı ve değişik yaşlı meşcereler ayrılmıştır (Wagner, 1931). Amacın eldeki sermayeyi (ağaç servetini) en iyi biçimde işleterek en fazla geliri elde etmenin vurgulandığı o yıllarda, meşcere ayırımında bu ilkenin göz önünde tutulması gerektiği belirtilmiştir (Matthews, 1935). Bu nedenle meşcere ayırımında; bonitet, gelişme çağı, uygulanacak yöntem (Röhr, 1945), kapalılık ve meşcerenin meydana geliş biçimi (Diker, 1946) etkili olarak görülmüştür. Bununla birlikte, etkenlerin sayısı ile orantılı olarak, meşcere tipi adedi de artmaktadır (Bruns, 1954). Bu nedenle, olabildiğince işi kolaylaştırmak, dolayısıyla ekonomik avantajlar gözetilmiştir (Bruce ve Schumacher, 1950). Ormanda hacim envanterinde, meşcere tipi ayırımında en önemli özellikler; yaş sınıfları ve kapalılık yönünden benzerlik olarak önerilmiştir (Grossman, 1961). Diğer bir ölçüt olarak da yaş sınıfları yerine, çap sınıflarının dikkate alınması olmuştur. Bu şekilde bir ayırmada, olgunluk derecesinin, yaşa oranla daha iyi belirlenebildiği ortaya konmuştur (Osmaston, 1968; Eler, 1992).

Ülkemizde meşcere tipi ayrımı ile ilgili doğrudan ilk araştırma İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü Bahçeköy Orman İşletmesi Bentler ve Kurtkemer (plan)serilerinde gerçekleştirilmiştir (Eraslan ve Kalıpsız, 1967). Ayrıntılı bir ayırım sonucunda çok sayıda meşcere tipinin ortaya çıktığı görülmüştür. Kurtkemer serisinde, meşcere tiplerinin ayrılmasında kapalılık ve gelişme çağının önemli fark doğurduğu, buna karşın ağaç türü, meşcere kuruluşu ve bonitetin aynı derecede önemli olmadığı görülmüştür. Toplamda 42 adet tipi meşcere kuruluşu bir tabakalı ve iki tabakalı olarak iki düzeyde alınırsa 35; meşcere kuruluşu hiç dikkate alınmazsa 9 adetle ortaya konabileceği belirtilmiştir. Belirlenen 42 meşcere tipinde alınması gereken örnek alan sayısı 2688 olarak hesaplanmış, bu sayının tiplerin azalmasıyla, yaklaşık olarak 1300 ya da 600'e düşebileceği öngörülmüştür. Birleştirme sonucu aynı sayıda örnek alan ile daha yüksek doğruluk derecesi elde edilebileceği ya da aynı doğruluk derecesi için daha az sayıda örnek alan ölçülmesine gerek duyulacağı ifade edilmiştir (Eler, 1992).

Bu konuda daha geniş kapsamlı bir araştırma Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü için gerçekleştirilmiştir (Eler, 1978). Amenajman planlarının düzenlenmesi amacıyla, Bölge Müdürlüğünde 1967 ve 1969 yıllarında toplam 44374 örnek alan ölçülmüştür (Eler, 1977). Düzenlenen 175 planının dökümü yapıldığında, yalnızca verimli ormanlarda 849 meşcere tipi ayrıldığı, bunlardan bazıları alan içinde yinelendiği için toplamda 3288 meşcere bulunduğu görülmüştür. O tarihte, “b” ve “c” gelişme çağları birleştirilerek, “b”; “d” ve “e” gelişme çağları birleştirilerek “d” çağı olarak ayrılmıştır. Eğer; “b”, “c” ve “d” çağlarının herbirinin ayrı dikkate alınması durumunda bu sayısının çok daha yüksek olacağı görülmüştür (Eler, 1992). Dolayısıyla, daha az sayıda meşcere tipi ayırmak; envanterde, planın düzenlenmesinde, uygulanmasında birçok kolaylık ve ekonomik avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca, tipler birleştirildiğinde alanlar büyümekte, buralara yeterince örnek alan düşmesi mümkün olmakta, örnek alan sayısı da azalmaktadır. Bu alanları haritada gösterebilmek ve arazide bulabilmek kolaylaşmaktadır. Kısacası, uygulamada toplu çalışma alanı elde edilmektedir.

Sonuç olarak; ormanda her biri kendi başına düşünülmesi gereken çok sayıda meşcere koşulları vardır. Canlı toplulukların yapısı gereğince, bunu meydana getiren bireyler arasında farklılıklar görülmektedir (Kalıpsız, 1964). Uygulamada, farklı bireyler ortak yanları yönünden bir arada düşünülerek, tekdüze orman parçaları oluşturulmaktadır. Ortak yan, ayırmda ölçü olarak alınan özellikler olmaktadır (Eler, 1992). Meşcere tipi

ayrılırken, kabul edilecek etkenlerin sayısı arttığı ölçüde, ayrıntıya gidilmektedir. Tanımlarda çoğunlukla rastlanan özellikler; ağaç türü, gelişme çağı, kapalılık, yaş, bonitet, teknik özellik, hacim olarak özetlenebilir. Üzerinde uzlaşılan tanıma göre, meşcere; kapalılık, ağaç türü, gelişme çağı ve ihtiyaç duyulan silvikültürel yöntem bakımından çevresinden ayrılan, belli büyüklükteki orman parçasıdır (Meyer, 1953; Eraslan, 1971; Saatçioğlu, 1971). Tip sayısının azaltılması, envanter çalışmasında ekonomik avantaj sağlaması yanında, planın düzenlenmesi ve özellikle uygulanmasında kolaylıklar getirmektedir (Eler, 1992).

Hava fotoğraflarının önemi anlaşıldıktan sonra, meşcere tipi ayırımında yararlanılması yoluna gidilmiştir (Spurr, 1948; Eubanks, 1950; Francis ve Wood, 1955; Eler, 1992). Arazide gerçekleştirilen klasik envanter yöntemleri yardımı ile silvikültürel anlamda meşcereler, ekonomik ve diğer nedenlerden ötürü ayıramadığı halde, bu yeni yöntemlerle yapılan iş olanaklı hale gelmiştir (Eraslan, 1992). Hava fotoğraflarında tepe tacı görülebildiği için, meşcere gelişme çağının da tepe çaplarından bulunmasına çalışılmıştır (Ilvessolo, 1950; Minor, 1951). Meşcrelerin gruplandırılabilmesi nedeniyle, pazar değerine göre alanın tekdüze parçalara ayrılması ve haritasının yapımında kolaylık sağlaması yönünden yararlı olabileceği benimsenmiştir (Spurr, 1960).

Ormancılıkta kullanılan ilk hava fotoğrafı 1887’de çekilmiş, Prag Yüksek Teknik Okulunda 1890 yılında “ormancılık fotogrametrisi” kursu düzenlenmiştir (Erdin, 2002). Hava fotoğrafları 1892’de Avusturya’da orman envanterinde kullanılmıştır (Erdin, 1984). Ormancılıkta ilk hava fotoğraflarının, özellikle harita yapımı amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Wilbur Wright ve yolcusu L.P. Bonvillain’in 1908’de uçaktan ilk hava fotoğrafını çekmeleri, ormancılıkta alan envanterinin gerçekleştirilmesi noktasında yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur. Fotoğraf çiftlerinden yararlanarak fotoğraf üzerindeki detayların otomatik geliştirilmesi, özellikle 20. yüzyılın ilk yıllarından itibaren uzaktan algılama tekniklerinin ormancılıkta kullanımını beraberinde getirmiştir. Fotogrametrinin orman amenajmanında kullanımı 1892 yılına kadar gitse de, yukarıda bahsedilen teknolojik gelişmelerle birlikte, harita yapımı dışında ilk defa 1922-1926 yılları arasında Alman Debel tarafından, 52,000 hektarlık orman alanı hava fotoğraflarından yararlanarak planlamıştır (Soykan, 1979; Köse, 1995; Köse ve Cömert, 1999). Hava fotoğraflarının dikili ağaç servetinin tahmininde kullanılmaya başlanması için ise yaklaşık 10 yıl daha geçmesi gerekmiştir (Soykan, 1979; Karahalil, 2020).

Ülkemizde orman envanterinde hava fotoğraflarının kullanımı ilk defa 1952 yönetmeliği ile gündeme gelmiştir. Bu yönetmelik sonrasında çıkarılan yönetmeliklerde sürekli yer almıştır. Üç yıllık uygulamanın ardından 1955 yılında “Orman Amenajman Planlarının Tanzimine ve Tatbikine Ait Talimatname” adı ile çıkarılan 149 maddelik yönetmelik ise bu kapsamda mihenk taşı olarak görülebilir. Yönetmeliğin 5. maddesine göre, planlama biriminde alan envanteri, yetiştirme muhiti envanteri ve ağaç serveti envanteri işlerinde, “hava fotoğrafları metotları” ile “matematik-istatistik metotların” kullanılması uygun görülmüştür. Bu yöntemlerin ülke genelinde uygulanana kadar, “yersel metotlar”a devam edileceği ifade edilmiş, ancak kısa zamanda tüm ülke ormanları üzerinde uçuşlar yapılarak yeterli ölçekte ve nitelikte hava fotoğraflarının temin edilememesi nedeniyle silvikültür tanımına uyan meşcereleri ayırmak ve modern envanter yöntemlerini uygulamak mümkün olamamıştır. Bununla birlikte, 1963 yılında başlayan sektörel planlamaya geçiş süreciyle birlikte Türkiye’deki ormanların amenajman planlarının 10 yıllık sürede hava fotoğrafları kullanılarak bitirilmesi gerçekleşmiştir (Eraslan, 1992).

Uygulamada, taslak harita için meşcere tipi ayrımında; aynı yaşlı ve maktalı koru ormanlarında ağaç türü, gelişme çağı, yatay kapalılık ve katlılık; değişik yaşlı koru ormanlarında ağaç türü, ağaç sayılarının çap basamaklarına göre şekillenen aktüel kuruluş tipi; baltalık ormanlarında ise ağaç türü, kapalılık (sıklık veya dip kütük sıklığı) ve sürgün yaşı esas alınmaktadır (OGM, 2008). Meşcere tipi ayrımında temel alınan bu kriterler, silvikültürel meşcere tanımına da uyduğundan, sayılan nitelikler açısından benzerlik gösteren orman parçaları, silvikültürel açıdan da aynı tür işleme tabi orman parçaları olarak kabul edilmektedir.

Uygulamada taslak meşcere haritası, yüksek çözünürlüklü kızıltötesi banda sahip hava fotoğrafı ya da uydu görüntülerinin yorumlanması sonucu bilgisayar ortamında manuel olarak elle çizilerek üretilmektedir. Meşcere taslaklarının 3 boyutlu modeller üzerinden yorumlanması ve rumuzlandırılması aşamasında, çizim yapılabilen sayısal fotogrametrik kıymetlendirme yazılımı kullanılmaktadır. İş yapacak teknik elemanın yorumlama işlemine başlamadan önce, hava fotoğraflarının ait olduğu arazi üzerindeki orman kuruluşları, ağaç türü ve karışımları ve meşcere oluşumlarının sayısal hava fotoğrafları üzerindeki görünüşleri hakkında genel bilgiye sahip olması beklenmektedir. Oluşturulan fotogrametrik modeller yardımıyla hava fotoğraflarının üç boyutlu olarak kıymetlendirilmesi; yani ağaç türü, çağ sınıflarının ve kapalılığın belirlenmesi, “Orman Amenajman Yönetmeliği” ile

“Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı”nın yayınladığı 299 sayılı tebliğe göre “Alan Envanteri, Meşcere Tiplerinin Ayrılması Rumuzlandırılması ve Sıralanması, Orman Dışı ve Ağaçsız Alanların Simgelenmesi ve Kodlandırılması Tablosu” bölümlerinde açıklanan esaslar gözetilerek yapılmaktadır. Üç boyutlu kızılötesi görüntüde, çevresinden farklılık gösteren ancak kendi içinde ağaç türü karışımı, gelişme çağı, kapalılık, tabakalılık vb. unsurlar açısından benzer olan meşcere tipleri ile orman rejimi altındaki OT (Orman Toprağı) gibi diğer alanların ve ziraat, iskan gibi farklı arazi kullanımlarının kapalı poligonlar şeklinde sınırlarının çizilmesiyle ayırt edilmesi ve her bir poligona uygun rumuz tespit edilerek yazılmaktadır (OGM, 2017). Elde edilen meşcere taslak haritası, örnek alan envanter verileri ve örnek alanlara ulaşım esnasında mühendisin arazide meşcerelerle ilgili aldığı notlar da dikkate alınarak başmühendisler tarafından kesinleştirilmiş meşcere haritasına dönüştürülmektedir. Bu süreçte amenajman planı meşcere haritasının 1/25.000 ölçeğe çıktı olarak alınması ve ormancılık faaliyetlerinin büyük alanlarda gerçekleştirilmesi nedeniyle uygulamada haritanın sade olması istendiği için, küçük alanlar ve nadir meşcere tipleri en yakın ve karakter olarak en uygun meşcere tipi alanına katılmakta, yani teknik ifade ile “yedirme” işlemi uygulanmaktadır.

Planlama biriminin 1, 2 ve 3 kapalı ormanlarının tümüne 300 x 300 m’de bir “meşcere tipi belirleme noktaları” şeklinde eklenmektedir. Sistematiik olarak elde edilen noktalara yeni bir sütun açılarak kuzeyden güneye ve batıdan doğuya doğru ardışık numaralar verilmekte, oluşturulan noktalar katman olarak saklanmaktadır. Ekonomik fonksiyona sahip 2 ve 3 kapalı ormanlarda noktaların tamamı, 1 kapalı ormanlar ile ekolojik ve sosyokültürel fonksiyona sahip ormanlarda noktaların %25’i alınmaktadır. Meşcere tipi belirleme noktalarının bazıları elenerek, kullanılacak olanlar “Amenajman Rehberlik ve Denetim Başmühendisi” ile başmühendis tarafından belirlenmektedir. Gençleştirme faaliyetlerinin bitmediği meşcerelerde, meşcere tipi belirleme noktaları; 300×300 m’de bir atılmaktadır. Envanter sırasında meşcere tipi belirleme noktasına gelindiğinde, alanın merkezine kazık çakılmakta, noktaya varış istikameti yönünde üzerine ayna açılıp numarası yazılmaktadır. Merkeze çakılan kazığın çevresindeki en yakın olan kalın çaplı ağacın kabuğu uzaktan görülebilecek şekilde kazınmakta veya boyanıp işaretlenmektedir. Envanter karnesine meşcere tipi belirleme noktası ile etrafındaki meşcere tipi ile ilgili bilgiler not alınmaktadır (OGM, 2017).

Örnek alanlarda d_{1.30} çapları tespit edilen ağaçlara ait hacim ve artım bilgileri; ağacın

tür ve çap kademesine göre düzenlenmiş dikili kabuklu gövde hacim ve artım tablosundan temin edilmektedir. Çap sınıflarındaki ağaç sayısı, hacim ve artım bilgileri hesaplanarak bu değerler hektara dönüştürülmekte ve böylece ağaç türleri temel alınarak ağaç sayısı, hacim ve artım bilgileri elde edilmektedir. Kapalılığı %10'un altında olan koru ve baltalık meşcerelerde hacim ve artım bilgileri, arazide yapılan gözlemlere dayanarak belirlenmektedir.

Her meşcere tipine göre örnek alan karneleri gruplandırılmaktadır. Meşcere tipi içinde farklı özellik gösteren örnek alanlar veya standart dışı örnek alan karnesi o meşcere tipi kapsamında değerlendirilmemektedir. Yapılan bu işlemlerde "Amenajman Rehberlik ve Denetim Başmühendisi"nin onayının olması gerekmektedir. Gruplandırma aşamasında herbir meşcere tipi için en az 5 örnek alan alınmış olması gerekmektedir. Sayıca az olanlar tamamlanmaktadır. Eksik olan meşcere tipi tamamlanamazsa en yakın planlama birimindeki aynı meşcere tipinden örnek alan karneleri temin edilmektedir. Örnek alan envanter karneleri APP programına (son dönemde ORBİS) girilerek yorumlandıktan sonra tekrar değerlendirmeye alınmaktadır. Bu değerlendirme aşamasında hacim dikkate alındığında toplam 1 m³'ten ya da oransal olarak %1'den az orana sahip olan ağaç türü mevcut ise belirtilmemektedir. Örnek alanda tespit edilen dikili kuru ağaçlar, devrik ağaçlar, hastalıklı vb. ağaçlara ait servet miktarı da hesaplanmaktadır. "Meşcere Tipleri Tanıtım Tablosu" (Tablo No:13) nun "Açıklama" kısmında, meşcere tiplerine özgü bilgiler var ise tabloya eklenmekte, bunun dışında genel bilgilerden bahsedilmemektedir. Koruya tahvil işletme sınıflarındaki (a çağı dışındaki) meşcere tiplerinin tamamı için göğüs yüzeyi miktarlarının da olduğu tablo (Tablo No:13) düzenlenmektedir. Son dönemde OGM tarafından uzaktan algılama tekniğinin ağırlıklı kullanıldığı ve "Uzaktan algılama yöntemiyle yapılan amenajman planları" olarak isimlendirilen ve yersel ölçümlerin düşük seviyede gerçekleştirildiği planlarda ise, meşcere tipi belirleme noktaları alınmamaktadır. Meşcere haritası, taslak meşcere haritaları yardımıyla, hava fotoğraflarının ve uydu görüntülerinin altlık olarak kullanılmasıyla yapılmaktadır. Uzaktan algılama ile yapılan planlarda, ormanda ölçüm yapılmadığı için ağaç serveti envanteri değerleri ya bir önceki plan tablolarından temin edilmekte ya da düşük sayıda alınan örnek alan verilerinden hareketle elde edilmektedir. Eğer planda olmayan başka meşcere tipi tespit edilirse ortalama boniteti aynı olan en yakın planlama biriminden yararlanılmaktadır (OGM, 2017).

Alan envanterinde, ağaçla örtülü olan ve olmayan alanların ayrılması, ağaç türlerinin

ve karışım oranlarının belirlenmesi, meşcere gelişme çağlarının ayrılması, kapalılığın ortaya konması, adına “foto yorumlama” tekniği denilen ormancılığa özgü bir teknikle gerçekleştirilmektedir (Eraslan, 1966). Meşcere tiplerinin hava fotoğrafları yardımıyla ayrılması, kullanıldığı ilk günden günümüze kullanılan alet ve ara yazılımlar değişse de, uygulamada esas itibari ile fotoğraflardaki renk tonu, tekstür, ağaç tepe şekli, bulunduğu mevki gibi etmenler yardımıyla görsel olarak belirlenmektedir. Bu sürecin istisnası, yukarıda kısaca değinilen, Doğu ve Güneydoğu Bölgelerimizde güvenlik gerekçeleri nedeniyle arazi çalışmalarının yapılmasında zorluklar yaşanmasından dolayı 2012 yılında OGM tarafından “Uzaktan Algılama Yöntemiyle Amenajman Planları”nın düzenlenmesi sırasında uygulanmıştır (Özkan vd., 2013). Esasen, ülkemizde uzaktan algılama tekniği, orman amenajman planlarının düzenlenmesinde 1963 yılından beri düzenli olarak kullanılmakta ve benimsenen “Kombine Envanter Metodu”nun önemli bir aşamasını oluşturmaktaydı. Ancak, bu proje ile ön plana çıkarılmak istenen, kombine envanter metodunun gerçekleştirilmesinde, alan envanteri ile sınırlı kalan tekniğin uygulamasını çeşitlendirmek ve bazı meşcere bileşenlerinin elde edilmesinde kullanım alanını genişletmek olmuştur. Ağaç türü, gelişme çağı ve kapalılık gibi meşcere bileşenlerinin mümkün olan en yüksek seviyede otomatik olarak elde edilmesi, ağaç serveti envanterinin uzaktan algılama yardımıyla gerçekleştirilmesi ve yersel ölçümlerin azaltılması hedeflenmiştir. Orman Fakülteleri ile işbirliğine gidilerek 4 farklı ekip tarafından yürütülen çalışmalara, KTÜ Orman Fakültesi, 2 farklı ekiple katılmış; Tatvan, Arapgir, Hozat, Kahta, Tercan gibi Orman İşletme Şeflikleri için orman amenajman planları düzenlemiştir. Hazırlanan planların olumlu yansıması olarak; hava fotoğrafı yardımıyla meşcere orta boyu hesaplanması, elde edilen verilerin planlara dahil edilmesi, kamu ve özel sektör vasıtasıyla Doğu ve Güneydoğu’da yaklaşık 20 amenajman planının daha az sayıda örnekleme alanı alınarak yenilenmesi ve meşcere hacminin hesaplanmasına yönelik farklı tekniklerin uygulanmaya çalışılması gösterilebilir (Karahalil, 2020). Benzer yaklaşımla aynı süreçte devlet heyetleri tarafından da planlar hazırlanmıştır.

Özetle geline nokta, uygulamada farklı yazılımlar yardımıyla ağaç türü, gelişme çağı ya da kapalılığın belirlenmesine yönelik bir yaklaşım mevcut değildir. Öncesinde kart baskı hava fotoğrafları aynalı stereoskoplar yardımı ile yorumlanırken, günümüzde dijital ortamdaki sayısal hava fotoğrafları stereo gözlükler yardımıyla bilgisayar ortamında görsel yorumlama gerçekleştirilmektedir. Literatürde hem uluslararası (Martin vd., 1998; Franklin

vd., 2000; Key vd., 2001; Leckie vd., 2003, Wulder vd., 2004; Hay vd., 2005, Plattier vd., 2006; Radoux ve Defourny, 2007; Rego vd., 2007; Wagner vd., 2019) hem de ulusal düzeyde sınırlı sayıda bilimsel araştırma gerçekleştirildiği görülmektedir.

Ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalarda; Musaoğlu (1999) İstanbul'da, Landsat TM, Landsat MSS, Jers.Sar ve Ers.Sar gibi farklı uzaktan algılama veri kaynaklarından elde edilen görüntülerin; meşcere tiplerinin ayrılması, yetiştirme ortamı birimlerinin ortaya konması ve arazi kullanımındaki değişimlerin belirlenmesi amacıyla kullanılması imkanını araştırmıştır. Meşcere tiplerinin ortaya konmasında kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma algoritmaları uygulanmıştır. Buna göre, meşcere tiplerinin ayırt edilmesinde Landsat TM'nin 4. ve 5. bantlarının ayırt edebilme potansiyelinin yüksek olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca, topoğrafik yapı uygun olduğunda, meşrece tipi ve yetiştirme ortamının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilecek çalışmalarda ERS SAR görüntülerinin de kullanılabileceği ifade edilmiştir. Sayısal arazi modellerinin uydu görüntüleri ile entegre edilmesi durumunda, yükseltiye göre yetiştirme ortamı ve meşrece tiplerinin belirlenebileceği ifade edilmiştir. Meşcere tiplerinin belirlenmesi amacıyla Landsat TM'in 4. ve 5. bantları kullanılarak yapılan sınıflandırmada %90; Jers-1, Jers-2 ve Landsat TM'in 4. bandını kapsayan veri seti ile yapılan sınıflandırmada ise %73 doğruluk oranı ile; deniz, kıyı, iskan, Çk, Çm, GnDy, MDy, KBt, KsDy, arazi sınıfları ayrılabilmiştir.

Koç (1997) tarafından İstanbul Belgrad ormanlarında gerçekleştirilen araştırmada; ağaç türü ve karışımları Landsat TM uydu görüntüsü kullanarak belirlenmiş ve %88.69 doğruluk oranı ile Çkb3, Mc2, Mb3, Md3, Kncd3, KnGndc3, GnDycd3, MGnab3, Mgncb3, M1/GnDyc3, KsGnab3, MKndc3, ÇkDicb3 meşcere tiplerinin ayrılabilildiğini ifade edilmiştir.

Özkan (2009), 4 m konumsal çözünürlüğe sahip Ikonos ve 1 m konumsal çözünürlüğe sahip Ikonos Pan-sharpened uydu görüntüleri yardımıyla, e-Cognition programı kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi uygulamış ve en yakın komşu algoritması kullanmıştır. Sınıflandırma doğruluğu dikkate alındığında, Ikonos görüntüsü için toplam doğruluk %55 (Kappa=0,52), Pansharpened görüntüsü için ise %59 (Kappa=0,53) olarak hesaplanmıştır. Meşcere tipleri haritası yeterli doğrulukta üretilememiş fakat bazı meşcere tiplerinin ayırt edilebileceği ortaya konmuştur.

Özkan ve Yeşil (2016), gerçekleştirdikleri çalışmada, IKONOS uydu verisinden

yararlanarak meşcere tipleri haritasını düzenlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla uydu görüntüsüne obje tabanlı sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Öncelikle uydu görüntüsünde görüntü dilimleme işlemi gerçekleştirilmiş, böylece hedef objeleri temsil edecek görüntü dilimleri oluşturulmuştur. Farklı ölçek parametreleri ve homojenlik kriterlerine göre üç farklı seviyede oluşturulan görüntü dilimleri, standart en yakın komşu yaklaşımı dikkate alınarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonuçlarının doğruluk bakımından ortaya konması, çalışma alanına ait meşcere tipleri haritası ve arazi çalışmaları sırasında alınan denetim noktaları yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Meşcere tipleri düzeyinde yapılan sınıflandırma dikkate alındığında, toplam doğruluk değeri %55 (Kappa=0,52) olarak hesaplanmıştır. Buna göre, IKONOS uydu görüntüsü yardımıyla otomatik sınıflandırma ile istenilen doğrulukta meşcere tipleri haritasının üretiminin şu aşamada mümkün olmadığı kanaatine varılmıştır.

Özkan vd. (2020), LiDAR ve WorldView-3 uydu görüntülerini kullandıkları, 9 ve 14 sınıfı ele aldıkları iki aşamalı çalışmada, sadece LiDAR verilerinin kullanıldığı aşamada genel doğruluğu (OA) 0,31 ve 0,43 ve Kappa İndeksi'nin (KIA) 0,26 ve 0,32 olarak hesaplamışlar. Buna karşın, LiDAR/WorldView-3 veri seti için farklı sayıdaki sınıflar için OA değerleri 0,50 ve 0,61, KIA ise sırasıyla 0,46 ve 0,55 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, üretilen meşcere haritalarının stratejik seviyede plan ihtiyaçlarını karşılayabileceğini ancak taktiksel seviyedeki orman amenajman planları için yeterli olmadığını ortaya koymuşlardır.

Yukarıda ayrıntısı verilen çalışmalar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Meşcere tipi tahminine yönelik literatür

Kaynak	Veri	Yöntem	Araştırılan Özellik	Sonuç
Musaoğlu, 1999	Landsat TM, Landsat MSS, Jers.Sar ve Ers.Sar	Kontrollü Sınıflandırma	Meşcere tipi, Arazi sınıflaması	% 90 % 73
Koç, 1997	Landsat TM	Kontrollü Sınıflandırma	Meşcere tipi	% 89
Özkan, 2009	Ikonos	Nesne tabanlı sınıflandırma	Meşcere tipi	% 55
Özkan ve Yeşil, 2016	Ikonos	Obje tabanlı sınıflandırma	Meşcere tipi	% 55
Özkan vd., 2020	LiDAR ve WorldView-3	Regresyon	Meşcere tipi	%50

Ayrıca hacim, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi gibi meşcere bileşenlerinin tahminine yönelik hem yurt dışında hem de yurt içinde gerçekleştirilmiş çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Son yıllarda uydu teknolojilerinin gelişimine bağlı olarak, ülkemizde bilimsel çalışmalarda çeşitli meşcere bileşenlerinin tahmin edilmesine yönelik ERDAS,

ENVI gibi hazır programlar kullanılarak gerçekleştirilmiş çalışmalar çeşitlenmiştir (Özkan, 2003; İnan 2004; Özkan, 2006; Özdemir ve Mert, 2007; Kandemir, 2010; Özdemir ve Karnieli, 2011; Ateşoğlu, 2009; İnce, 2011; Günlü vd., 2011; Mısır, 2013; Şenyurt vd., 2013; Günlü vd., 2013; Özgün, 2014; Kahriman vd., 2014; Uça Avcı vd., 2014; Çil, 2014; Bulut vd., 2016, Göğçerçin ve Günlü, 2017; Günlü vd. 2019). Bu çalışmalardan bazıları detaylıca irdelendiğinde:

Mısır (2013) tarafından yürütülen çalışmada; yersel ölçümlerle 120 örnek alan verisi kullanılarak hesaplanan meşcere hacmi tahmini için Landsat 7 ETM+ verisi kullanılmıştır. Uydu görüntüsü yansıma değerleri ve bitki örtüsü indekslerinin dikkate alındığı çalışmada, hacim için en yüksek regresyon modeli $R^2_{düz.}$: 0,60 olarak elde edilmiştir.

İnan (2004), Landsat TM ve Landsat ETM+ uydu görüntülerine ait veriler yardımıyla; hacim, göğüs yüzeyi, orta çap ve orta boy gibi farklı meşcere bileşenlerini tahmin etmiştir. Yuvacık/İzmit baraj havzasında gerçekleştirilen çalışmada, toplamda 25 farklı vejetasyon indeksi ve 4 farklı tekstür ölçümü, 5 farklı pencere boyutunda test edilmiştir. ETM+ 5. bandın tüm meşcere bileşenleriyle güçlü ilişkilere sahip olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca, farklı çevre koşullarından sınırlı ölçüde etkilenen TK1 (Tasseled Cap algoritmasının parlaklık bileşeni), PC1 (Temel bileşenler analizinin 1. bileşeni), Albedo ve MID57 gibi doğrusal bant kombinasyonlarının meşcere bileşenleriyle çok güçlü $R^2 > 0,8$ ilişkilere sahip olduğu ortaya konmuştur.

Özdemir ve Mert (2007), Düzlerçamı yöresinde aynı yaşlı ve tek katlı meşcerelerden oluşan Kızılçam ormanında, hektardaki meşcere hacmi ile Quickbird (pan-sharpened) uydu görüntüsünden elde edilen ve görüntü segmentasyonu tekniği ile oluşturulan poligonlar temel alınarak çıkartılan spektral ve mekansal özellikler arasındaki ilişkileri ortaya koymuşlardır. Regresyon analizini kullanarak ilişkiler araştırılmış ve hacim ile spektral değerler ilişki incelendiğinde, en yüksek korelasyon katsayısı 0,40 olarak belirlenmiştir. Ayrıca hacim ile gölge uzunluğu arasındaki ilişkiye ait en yüksek korelasyon katsayısı 0,81 olarak hesaplanmıştır. Sonuçta, görüntü üzerinden ölçülen gölge uzunluğu değişkeninin gövde hacmi tahmini için güvenilir olabileceği ortaya konmuştur.

Ateşoğlu (2009), farklı meşcere bileşenleri ile uydu görüntü verileri arasındaki ilişkileri Kayın meşcerelerinin yoğun olarak bulunduğu Bartın-Mugada'da araştırmış ve Landsat 7 ETM+, Aster VNIR ve Spot HR-VIR görüntüleri yardımıyla, bazı meşcere

bileşenlerini ortaya koymayı amaçlamıştır. Çalışmada vejetasyon indeksleri ile hacim, göğüs yüzeyi, boy ve kapalılık gibi meşcere bileşenleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Landsat 7 ETM+ görüntüsünden geliştirilen vejetasyon indeksleri LAI ve TK2 başta olmak üzere FPAR, SAVI, Surface Albedo ve PCAI ile boy, göğüs yüzeyi ve hacim arasında güçlü ve iyi derecede ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Meşcere bileşenleri ile ASTER VNIR ve SPOT HR-VIR görüntülerinden geliştirilen vejetasyon indeksleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde ise, sadece kapalılık ile çeşitli derecelerde ilişki ortaya konmuştur. Meşcere bileşenlerinin tahmin edilmesine yönelik modeller, aşamalı regresyon analizi yöntemi ile geliştirilmiştir. Elde edilen modellerin sırasıyla; hacim, göğüs yüzeyi, boy, ağaç sayısı ve kapalılık bileşenlerine ait R^2 değerleri; 0,52, 0,78, 0,65, 0,33, 0,66; modellerin standart hataları ise sırasıyla; 53,28, 4,86, 2,20, 313,1 ve 5,02 olarak hesaplanmıştır.

Çil (2014), Kelkit ve İğdir OİŞ'lerinde Sarıçam ve Gökmar meşcerelerinde Rasat, Göktürk-2, Landsat 8, WorldView-2 uydu görüntüleri ve yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları piksel değerleri ve bazı vejetasyon indekleri ile meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı bileşenlerini tahmin etmek için modeller geliştirmiştir. Kelkit OİŞ'de meşcere hacmi ve göğüs yüzeyi için sırasıyla $R^2_{düz.}$: 0,50 ve 0,49 ve İğdir OİŞ'de $R^2_{düz.}$: 0,48 ve 0,43 olarak belirlenmiştir.

Özgün (2014) tarafından yapılan çalışmada, Landsat 7 TM uydu görüntüsü yardımıyla; meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı ortaya koymaya çalışılmıştır. Yapraklı Orman işletme Şefliği sınırları içerisinde alınan toplam 317 adet örnek alan verisinden hareketle; ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve meşcere hacmi gibi meşcere bileşenleri ile uydu görüntüsüne ait bantların parlaklık değerleri ve bu değerlerden türetilen vejetasyon indeksleri arasındaki ilişkiler çoğul doğrusal regresyon modelleri ile ortaya konmuştur. Bant parlaklık değerleri dikkate alınarak; ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve meşcere hacmini en iyi tahmin eden modellerin belirtme katsayıları sırasıyla; 0,63, 0,51 ve 0,53 olarak elde edilmiş, vejetasyon indekslerini dikkate alan modellerin en iyi belirtme katsayıları ise sırasıyla 0,78, 0,57, 0,70 olarak bulunmuştur. Meşcere hacmi ve göğüs yüzeyinin; ND32, TM 2, TM 7'nin parlaklık değerleri, ağaç sayısının ise TM3 ve TM 7'nin parlaklık değerleri ve ASVI, NDVI, ND32, ND53, ND57, IPVI, MID57 ve RVI indeksleri ile yüksek ilişki gösterdiği ortaya konmuştur. Vejetasyon indekslerinin, bant parlaklık değerlerine kıyasla meşcere bileşenlerinin belirlenmesinde daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çil vd., (2015), Kütahya, Tetik OİŞ’de Karaçam ağaç türünde Göktürk-2, Rasat ve Landsat 8 uydu görüntüleri ile dijital kamera ile çekilen hava fotoğrafları verileri piksel değerleri ile 160 adet örnekleme alanından temin edilen göğüs yüzeyi, ağaç sayısı ve hacim parametreleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Ağaç sayısında en yüksek belirtme katsayısı 0,54 ile Göktürk 2, hacim ve göğüs yüzeyi tahmini ise sırası ile 0,59 ve 0,67 ile Landsat 8 verileriyle elde edilmiştir.

Günlü vd., (2015) Yenice Orman İşletme Şefliği sınırları içinden alınan toplam 108 örnek alan verisinden hareketle; meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, meşcere orta çapı, meşcere orta boyu, meşcere yaşı, bonitet endeksi ve yaprak alan indeksi ile WorldView-2 ve Aster uydu görüntüleri arasındaki ilişkileri çoğul regresyon analizleri ile tahmin etmişlerdir. Çalışmada WorldView-2 uydu görüntüsünün Bant 1, Bant 2 ve Bant 4 bağımsız değişkenlerini içeren çoğul regresyon denklemi ile YAI arasında 0,41 R^2 ’ye sahip ilişki bulunmuştur. WorldView-2 uydu görüntüsünün bant değerleri ile hesaplanan vejetasyon indislerinden GRVI, SAVI ve SR bağımsız değişkenleri ile YAI arasında en iyi R^2 ise 0,45 olarak hesaplanmıştır. Aster uydu görüntüsünün Bant 11 ve Bant 13 değişkenleri ile YAI arasındaki çoğul regresyon denkleminin en iyi R^2 ise 0,12 olarak bulunmuştur. Aster uydu görüntüsünden elde edilen vejetasyon indislerinden APD311, APD322, AVNIR-1 ve AVNIR-2 bağımsız değişkenleri ile YAI arasında geliştirilen modelin R^2 ’si ise 0,41 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar irdelendiğinde, yüksek çözünürlüğe sahip WorldView-2 uydu görüntüsünün orta çözünürlüğe sahip Aster uydu görüntüsüne kıyasla daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Ayrıca, meşcere bileşenlerinden; göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, bonitet endeksi ve meşcere yaşı bağımsız değişkenlerini içeren çoğul regresyon denklemi ile YAI arasında 0,54 büyüklüğünde R^2 ’ye sahip ilişkiler bulunmuştur.

Bulut vd., (2016), Çankırı OİŞ’de Karaçam ve Sarıçam meşcerelerinde 120 adet örnek alanda yersel ölçümle elde etmiş olduğu meşcere hacmi, meşcere sıklığı ve göğüs yüzeyi bileşenleri ile Göktürk-2 uydu görüntüsü bant değerleri arasındaki ilişkileri belirleme katsayısına dayanarak incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre meşcere sıklığı için $R^2_{düz.}=0,31$, göğüs yüzeyi $R^2_{düz.}=0,50$ ve meşcere hacmi için $R^2_{düz.}= 0,61$ olarak tespit edilmiştir.

Yılmaz (2017), Reşadiye OİŞ’de Kızılçam, Sarıçam, Sedir, Kayın, Meşe, Gürgen meşcerelerinin hakim olduğu alanlarda Landsat TM uydu görüntüsü ve vejetasyon indeksleri

ile meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, göğüs yüzeyi orta ağacı çapı ve ağaç sayısı bileşenleri çoğul regresyon analizi ile tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmada 569 adet örnek alan verisi her bileşen için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Meşcere orta çapı için $R^2=0,52$, göğüs yüzeyi için $R^2=0,47$, ağaç sayısı için $R^2=0,44$, hacim için $R^2=0,58$ değerleri elde edilmiştir.

Karahalil ve Karanlı, (2017) Landsat 8, Göktürk-2, WorldView-2, Rasat ve digital kamera ile çekilen hava fotoğrafları yardımıyla; göğüs yüzeyi, ağaç sayısı ve hacmi gibi meşcere bileşenlerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Kelkit/Gümüşhane ve İğdir/Kastamonu yörelerinden aynı ve değişikyaşlı olarak işletilen saf Sarıçam ve saf Gökmar meşcerelerinden alınan toplam 237 adet örnek alan verisi kullanılmıştır. Göktürk-2, Rasat, Landsat 8, WorldView-2 uydu görüntülerinin tüm bantları için yansıma (reflectance) değerleri, digital kamera ile çekilen hava fotoğrafları için piksel değerleri (DN) kullanılarak toplamda 20 farklı vejetasyon indeksi ortaya konmuştur. Her banda ilişkin DN/yansıma değerleri ve onlara bağlı olarak hesaplanan vejetasyon indeksleri ile çalışılan meşcere bileşenleri arasında ilişkiler “Pearson Korelasyonu” ile ortaya konmuş, sonrasında ise regresyon analizi yardımıyla modeller geliştirilmiştir. Kelkit araştırma alanı için en iyi sonuç Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak geliştirilen modeller yardımıyla elde edilmiştir. Landsat 8 uydusunu sırasıyla, Worldview-2, Rasat ve Göktürk-2 uyduları takip etmiştir. Ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için en iyi belirtme katsayıları sırasıyla 0,44, 0,77 ve 0,77 olarak bulunmuştur. İğdir araştırma alanı için ise en iyi sonuçlar yine Landsat 8 uydu verisi kullanılarak elde edilmiştir. Landsat 8 uydusunu sırasıyla digital hava fotoğrafları, Rasat ve Göktürk-2 uydusu takip etmiştir. Ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için en iyi belirtme katsayıları sırasıyla 0,60, 0,75 ve 0,80 olarak bulunmuştur. Bergama çalışma alanında ise Kızılçam ağaç türünde LiDAR verilerinin entegre edilmesiyle; meşcere üst boyu ve meşcere orta boyunda % 83, ağaç sayısında % 73, ve hacimde % 66 belirtme katsayısına ulaşılmıştır (Kanja vd., 2019).

Göğerçin ve Günlü (2017), “Çankırı Karatekin Üniversitesi Araştırma Ormanı”nda gerçekleştirdikleri çalışmada, Göktürk-2 uydu görüntüsü yardımıyla Karaçam plantasyonlarının meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, meşcere orta çapı ve meşcere orta boyu gibi çeşitli meşcere bileşenlerini ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışmada, yersel ölçümler ile alınan toplam 61 adet örnek alan verisinden hareketle Göktürk 2 uydu görüntüsünün 4 bandı ve bu bantlardan hesaplanan 6 vejetasyon indeksi kullanılmıştır. Bant parlaklık değerleri ile ağaç sayısı, meşcere orta çapı, göğüs yüzeyi, meşcere orta boyu ve meşcere hacmi arasındaki en iyi belirtme katsayıları sırasıyla 0,22,

0,11, 0,35, 0,27, 0,29 olarak bulunmuştur. Vejetasyon indeksleri ile ağaç sayısı, meşcere orta çapı, göğüs yüzeyi, meşcere orta boyu ve meşcere hacmi arasındaki en iyi belirtme katsayıları ise sırasıyla 0,29, 0,266 0,36, 0,28, 0,44 olarak hesaplanmıştır. Ağaç sayısını Bant 3 ve Bant 4 en iyi açıklarken, meşcere orta çapını Bant 4, göğüs yüzeyini Bant 1, meşcere orta boyunu Bant 2 ve Bant 3, meşcere hacmini ise Bant 2 en iyi açıklayan değişkenler olmuştur. Vejetasyon indekslerinden ağaç sayısını en iyi açıklayan indeksler EVI ve DVI olurken, meşcere orta çapı ve meşcere orta boyunu EVI ve DVI, göğüs yüzeyini SR, meşcere hacmini ise SR ve EVI indekslerinin en iyi açıkladığı belirlenmiştir.

Özkan ve Demirel (2018), Adıyaman OİM sınırları içerisinde hava fotoğrafı spektral değerleri (mavi, yeşil, kırmızı, kızılötesi) ve tektür özellikleri ile $d_{1,30}$ çapını, ortalama boy, hacim, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı ve göğüs çapları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Regresyon modeli sonucu elde edilen belirme katsayıları sırasıyla $R^2_{düz.}=0,48, 0,38, 0,41, 0,45$ ve $0,43$ olarak bulunmuştur.

Günlü ve Kadioğulları (2018), Landsat ETM+ ve QuickBird uydu görüntüleri ile meşcere bileşenlerinden hacim, göğüs yüzeyi, sıklık ve orta çap değerleri arasındaki ilişki regresyon modelleri ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Landsat ETM+ ve QuickBird uydu görüntüleri ile elde edilen tahminler bant değerleri ve vejetasyon indeksleri açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Landsat ETM+ uydusu bant değerlerine göre hacim, göğüs yüzeyi, sıklık ve orta çap belirtme katsayıları sırasıyla 0,37, 0,32, 0,44 ve 0,25, vejetasyon indeklerine göre sırasıyla ise 0,36, 0,34, 0,28 ve 0,17 olarak düşük düzeyde tespit edilmiştir. QuickBird uydusu bant değerlerine göre hacim, göğüs yüzeyi, sıklık ve orta çap belirtme katsayıları sırasıyla 0,57, 0,45, 0,29 ve 0,30, vejetasyon indeklerine göre sırasıyla ise 0,54, 0,41, 0,41 ve 0,44 olarak orta düzeyde tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Quickbird ve Landsat ETM+ uyduları karşılaştırılmış ve Quickbird uydusunun daha iyi tahminler elde ettiği ortaya konmuştur.

Sakıcı ve Günlü (2018) Landsat 8 uydu görüntüsü yardımıyla Kastamonu yöresindeki Karaçam meşcerelerinin hacim, göğüs yüzeyi, meşcere orta çapı, ve ağaç sayısını bileşenlerini tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmada yersel ölçümlerle elde edilmiş toplam 184 örnek alan verisinden hareketle, Landsat 8'in 5 bandının (Bant 2-5, 7) reflektans değerleri ve çeşitli tekstür analizi değerleri (kontrast, korelasyon, entropi, ortalama, varyans) arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Meşcere bileşenleri ile elde edilen

spektral değerler arasındaki ilişkiler çoğul regresyon analizi ile ortaya konmuştur. Spektral değerler ile meşcere orta çapı, göğüs yüzeyi, meşcere hacmi, ağaç sayısı arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan modelin belirtme katsayıları sırasıyla; 0,39; 0,33; 0,33 ve 0,18 standart hataları ise 8,1cm, 15,3m²/ha, 172,4 m³/ha ve 425,4 adet/ha olarak hesaplanmıştır.

Günlü vd., (2021) WorldView 2 uydu görüntüsü yardımıyla; meşcere hacmini, göğüs yüzeyini, ağaç sayısını ve toprak üstü biyokütleyi ortaya koymayı amaçlamışlardır. Çalışmada Yenice Orman İşletme şefliği sınırlarındaki saf Karaçam meşcerelerinden yersel ölçümlerle elde edilmiş toplam 86 örnek alan verisinden hareketle WordView 2 uydu görüntüsünün 4 bandının gri değerleri ve çeşitli tekstür analizi (kontrast, korelasyon, entropi, homojenlik, varyans) sonucu elde edilen değerler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. WordView uydu görüntüsünün bant değerleri ve çeşitli tekstür değerleri ile meşcere bileşenleri arasındaki ilişki çoğul regresyon analizi ile ortaya konmuştur. Bant 3 (3×3) hom. ve Bant 2 (19×19) diss. bağımsız değişkenlerinin yer aldığı model 0,32'lik belirtme katsayısı ile meşcere hacmini en iyi açıklarken, Bant 4 (17×17) diss., Bant 2 (19×19) diss. ve Bant 4 (23×23) var. bağımsız değişkenlerinin yer aldığı model 0,35'lik belirtme katsayısı ile göğüs yüzeyini, Bant 4 (3×3) sec.mom. ve Bant 3 (9×9)var. değişkenlerinin yer aldığı model 0,33'lük belirtme katsayısı ile ağaç sayısını, Band 4 (17×17) diss., Bant 2 (19×19) diss. ve Bant 4 (23×23) var. bağımsız değişkenlerinin yer aldığı model 0,34'lük belirtme katsayısı ile toprak üstü biyokütleyi en iyi açıklamıştır.

Bahadır (2023), LiDAR ve fotogrametri ile elde edilen nokta bulutlarından tepe tacı ve ağaç boyunu tahmin etmeye çalışmıştır. Fıstık Çamı (Antalya), Ladin (Trabzon) ve Meşe (Cenevre/İsviçre) ağaç türlerinde yaptığı çalışmada Bézier eğrileri algoritmasını geliştirerek iyileştirilmiş lokal maksimum yaklaşımını kullanmıştır. Fıstık Çamı ağaç türünün olduğu çalışma alanında, 125 adet referans veriden LiDAR verisi ile %85,6'sı, fotogrametrik nokta bulutu verisi ile %92,8'i tespit edilmiştir. Ladin ağaç türünde 2 adet denek test alanında 37 ve 36 adet referans veriden LiDAR verisi ile sırasıyla %86,48 ve %75 ağaç doğru tespit edilmiştir.

Tablo 2. Meşcere bileşenleri tahmini Sentinel-2 haricindeki literatürler

Kaynak	Veri Kaynağı	Yöntem	Meşcere Bileşeni	Sonuç
Mısır, 2013	Landsat 7 ETM+ Vejetasyon indeksi	Regresyon	hacim	R^2 düz.: 0,60
İnan, 2004	Landsat TM Landsat ETM+ Vejetasyon indeksi	Regresyon	hacim göğüs yüzeyi orta çap ve orta boy	$R^2 > 0,8$
Özdemir ve Mert, 2007	Quickbird (pan-shar.)	Segmentasyon Regresyon	hacim	R: 0,40
Ateşoğlu, 2009	Landsat 7 ETM+ Aster VNIR Spot HR-VIR Vejetasyon indekleri	Regresyon	hacim, göğüs yüzeyi boy ağaç sayısı kapalılık	R^2 : 0,52 R^2 : 0,78 R^2 : 0,65 R^2 : 0,33 R^2 : 0,66
Çil, 2014	Rasat Göktürk-2 Landsat 8 WorldView-2	Regresyon	hacim göğüs yüzeyi	R^2 düz.: 0,52 R^2 düz.: 0,49
Özgün, 2014	Landsat 7 TM	Regresyon	ağaç sayısı göğüs yüzeyi hacim	R^2 düz.: 0,63 R^2 düz.: 0,51 R^2 düz.: 0,53
Çil vd., 2015	Göktürk-2 Rasat Landsat 8	Regresyon	ağaç sayısı hacim göğüs yüzeyi	R^2 düz.: 0,54 R^2 düz.: 0,59 R^2 düz.: 0,67
Günlü vd., 2015	WorldView-2 Aster	Regresyon	göğüs yüzeyi ağaç sayısı bonitet indeksi meşcere yaşı	R^2 : 0,54
Bulut vd., 2016	Göktürk-2	Regresyon	meşcere sıklığı göğüs yüzeyi hacim	R^2 düz.: 0,31 R^2 düz.: 0,50 R^2 düz.: 0,61
Yılmaz, 2017	Landsat TM	Regresyon	orta çap göğüs yüzeyi ağaç sayısı hacim	R^2 : 0,52 R^2 : 0,47 R^2 : 0,44 R^2 : 0,58
Karahalil ve Karşı, 2017	Landsat 8 Göktürk-2 WorldView-2 Rasat Hava fotoğrafı LİDAR	Regresyon	ağaç sayısı (Göknar) hacim(Göknar) göğüs yüzeyi(Göknar) ağaç sayısı (Sarıçam) hacim(Sarıçam)) göğüs yüzeyi(Sarıçam) meşcere orta boyu(Çz) ağaç sayısı(Kızılçam) hacim(Kızılçam)	R^2 düz.: 0,44 R^2 düz.: 0,77 R^2 düz.: 0,77 R^2 düz.: 0,60 R^2 düz.: 0,75 R^2 düz.: 0,80 R^2 düz.: 0,83 R^2 düz.: 0,73 R^2 düz.: 0,66
Göğərçin ve Günlü, 2017	Göktürk-2	Regresyon	ağaç sayısı meşcere orta çapı meşcere göğüs yüzeyi meşcere orta boyu meşcere hacmi	R^2 : 0,22 R^2 : 0,11 R^2 : 0,35 R^2 : 0,27 R^2 : 0,29
Özkan ve Demirel, 2018	Hava fotoğrafı	Regresyon	ortalama boy hacim göğüs yüzeyi ağaç sayısı orta çap	R^2 düz.: 0,48 R^2 düz.: 0,38 R^2 düz.: 0,41 R^2 düz.: 0,45 R^2 düz.: 0,43

Tablo 2'nin devamı

Günlü ve Kadioğulları, 2018	Landsat ETM+ QuickBird	Regresyon	hacim göğüs yüzeyi sıklık orta çap	R ² düz.: 0,57 R ² düz.: 0,45 R ² düz.: 0,29 R ² düz.: 0,30
Sakıcı ve Günlü, 2018	Landsat 8	Regresyon	meşcere orta çapı göğüs yüzeyi meşcere hacmi ağaç sayısı	R ² düz.: 0,39 R ² düz.: 0,33 R ² düz.: 0,33 R ² düz.: 0,18
Bahadır, 2023	LiDAR Fotometrik nokta bulutu	Bézier eğr. algrt. Lokal maksimum	ağaç sayısı(Fıstıl çamı) ağaç sayısı (Ladin)	%85-96 %75-86

Son dönemde gittikçe kullanım alanı artan ve güncel çalışmalarda kendine yer bulan Sentinel uydu görüntüleri kullanılarak yapılan çalışmalarda:

Hawrylo ve Wezyk (2018), yalnızca Sentinel-2 görüntülerinden, hava fotoğraflarından türetilen nokta bulutu verilerinden ve her ikisinin kombinasyonundan elde edilen verileri kullanarak Sarıçam için geliştirilen modellerin doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Çoğul doğrusal regresyonun genellikle “Rastgele Orman” yönteminden daha doğru sonuçlar sağladığını bulmuşlardır. Yalnızca Sentinel-2A görüntüleriyle geliştirilen modeller, %35,1'lük daha yüksek standart hata ve 0,24'lük daha düşük bir R²'ye sahipti olmuştur. Sentinel-2 yansıma değerlerine sahip modele nokta bulutu verilerinin eklenmesi, %16,95'lik bir standart hata ve 0,82 R² ile daha iyi sonuçlar vermiştir.

Astola vd. (2019), güney Finlandiya'daki karışık ormanda meşcere özelliklerinin tahmini için Landsat 8 ve Sentinel-2 verilerini kullanmanın karşılaştırmalı analizini gerçekleştirmiş ve Çam, Ladin ve geniş yapraklı meşcerelerden oluşan çap, hacim, ağaç boyu ve göğüs yüzeyini tahmin etmeye çalışmışlardır. Modellerdeki en iyi performans tüm Sentinel-2 bantları kullanıldığında gözlemlenmiş ve ortalama çap için %38,4, göğüs yüzeyi için %42,5, ağaç boyu için %30,4 ve tüm ağaç türlerini içeren hacim için %59,3 standart hata değerleri elde edilmiştir. Kırmızı kenar 1 bandı, en iyi tahmini sağlayan Sentinel-2 görüntü bandı olurken, kısa dalga kızılötesi ve görünür yeşil bant da en iyi tahmin ediciler arasında yer almıştır. Sonuçta Sentinel-2 verilerinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Chrysafis vd. (2017), spektral bant değerleri ve bitki örtüsü indekslerini kullanarak karışık Akdeniz orman ekosisteminde hacmi tahmin etmek için Sentinel-2 görüntülerini kullanma imkanını değerlendirmişlerdir. Tüm Sentinel-2 bantlarının, hacim tahmini üzerindeki etkisini bulmak için ayrı ayrı uygulanmıştır. Spektrumun mavi (Bant 2) ve

kırmızı (Bant 4) dışındaki tüm bantlar, hacim ile negatif fakat anlamlı korelasyon sonuçları sağlamıştır. En yüksek değerler 11.Bant, $R^2 = 0,46$, RMSE = 76,9 m³/ha ve 6.Bant, $R^2 = 0,38$, RMSE = 82,9 m³/ha olarak tahmin edilmiştir. Sentinel-2 bantlarından türetilen vejetasyon indeksleri göz önüne alındığında, DVI, EVI ve Dikey Bitki Örtüsü İndeksi'nin (PVI), hacmi tahmin etmek için en güçlü korelasyona sahip olduğu bulunmuştur.

Astola vd. (2019), indeks formüllerindeki Near Infrared (NIR) bandını red-edge 1 bandıyla değiştirerek hacim ile ilişkiyi önemli ölçüde iyileştirmişlerdir. Sentinel-2 görüntülerinin, Landsat-8 görüntülerine kıyasla biraz daha iyi olduğu kanıtlanmıştır.

Demirel (2022), Sentinel-1 ve Sentinel-2 uydu görüntülerini kullanarak saf Karaçam ve Sarıçam meşcerelerinde ağaç sayısı, orta çap, göğüs yüzeyi, meşcere hacmi ve meşcere sıklığı bileşenleri ile örnek alanlara denk gelen piksellerin ortalama ve toplam değerleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Çalışmada en başarılı Karaçam ve Sarıçamda sırasıyla meşcere sıklığı $R^2_{düz.}$: 0,39 ve 0,43, sarıçamda orta çap $R^2_{düz.}$: 0,31 sonuçları elde edilmiştir.

Wojcik (2022) gerçekleştirdiği çalışmada, Sentinel-2 ve IceSat-2 LiDAR verileri yardımıyla Bursa/Orhaneli Kocayaren planlama biriminde Karaçam meşcerelerinin meşcere hacmi ve ağaç sayısı tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmada toplam 127 adet örnek alan verisinden hareketle, IceSat-2 LiDAR verisi, Sentinel-2 uydu görüntüsünün 12 bandına (B1-8, 8a, 9, 11, 12) ilişkin reflektans değerleri ve band değerlerinden hesaplanan 9 vejetasyon indeksi arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Çalışmada, vejetasyon indeksleri, bant değerleri, bant değerleri+vejetasyon indeksleri, bant değerleri+vejetasyon indeksleri+topografik özellikler ve bant değerleri+vejetasyon indeksleri+topografik özellikler+yersel ölçümler şeklinde 5 grup oluşturularak meşcere hacmi ve ağaç sayısı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çoğul regresyon analizi sonucuna göre; meşcere hacmini en iyi veren modellerin belirtme katsayıları sırasıyla; 0,54; 0,62; 0,66; 0,65; 0,75 ve standart hataları ise; 45,66 m³/ha, 41,67m³/ha, 39,12 m³/ha, 39,79 m³/ha ve 33,97 m³/ha olarak, ağaç sayısını en iyi veren modellerin belirtme katsayıları sırasıyla 0,43; 0,37; 0,48; 0,51; 0,61 ve standart hataları ise; 286 adet/ha, 302 adet/ha, 274 adet/ha, 265 adet/ha, 236 adet/ha olarak bulunmuştur. IceSat-2 LiDAR verisinin ağaç boyunu tahmin etmede etkili olmadığı dolayısıyla meşcere hacmi ve ağaç sayısı ile de anlamlı bir ilişkisinin bulunmadığı ifade edilmiştir.

Çakır (2022), tarafından gerçekleştirilen çalışmada; Vezirköprü Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içindeki saf Karaçam, Kızılçam ve Kayın meşcereleri araştırma objesi

olarak seçilmiştir. Çalışmada uzaktan algılama verisi olarak Landsat 8 ve Sentinel 2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerine, piksel tabanlı sınıflandırma ve bant oran yöntemleri uygulanmıştır. Meşcere hacmi ve görüntülerden elde edilen spektral veriler arasındaki ilişki regresyon analizi ile ortaya konmuş ve modellenmiştir. Kontrollü sınıflandırma sonucunda Landsat 8 uydu görüntüsünde Karaçam, Kızılçam ve Kayın için Kappa istatistiği sırasıyla %71, %77 ve %71, Sentinel-2 uydu görüntüsünde sırasıyla %80, %90 ve %81 olarak belirlenmiştir. Karaçam meşcereleri için en uygun hacim modeli Sentinel 2 uydu görüntüsünün 20 m çözünürlüklü verilerinden elde edilmiş olup, (1/Bant6), (1/Bakı), (1/SR5), (CVI)2, LnEğim, LnBakı ve (1/SR2) değişkenleri tarafından %55 oranında 30,7 m³/ha hata ile tahmin edilmiştir. Kızılçam meşcere hacmi Sentinel-2 uydu görüntüsünün 10 m çözünürlüklü verilerinden elde edilmiş olup, 1/DVI, 1/Bant34, (Bant35)2, (SR2)2 ve (Eğim)2 değişkenleri tarafından %61 oranında 26,7 m³/ha hata ile tahmin edilmiştir. Kayın meşcereleri için en uygun hacim modelini Landsat 8 görüntüsü vermiş olup, LnBakı, (SR3)2, (SR4)2, (1/Bant2) ve (1/GNDVI) değişkenleri tarafından %54 oranında 58,9 m³/ha hata ile tahmin edilmiştir.

Bulut vd., (2023) Landsat 8 ve Sentinel 2 uydu görüntüleriyle Karaçam ağaç türünde meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, orta çap ve üst boyunu tahmin etmeye çalışmıştır. 180 adet örnekleme alanını baz alarak uydu görüntülerinden elde edilen yansıma değerleri, vejetsayon indeksleri ve 8 farklı tekstür değerleri kullanılmıştır. Örnekleme alanlarının %70 (126 adet)'i model geliştirmek için, %30 (56 adet)'u ise modeli test etmek için kullanılmıştır. Meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde doğrusal regresyon modeli, derin öğrenme ve destek vektör makine teknikleri kullanılmıştır. Modellerin test edilmesinde ise eşlendirilmiş t-testi (paired t-test) uygulanmıştır. En yüksek sonuçlar Sentinel-2 uydusu ve derin öğrenme tekniği kullanılarak orta çapta $R^2=0,98$, RMSE%=1,99, üst boyda $R^2=0,98$, RMSE%=15,77, ağaç sayısında $R^2=0,98$, RMSE%=5,97, göğüs yüzeyinde $R^2=0,98$, RMSE%=4,25, meşcere hacmini $R^2=0,98$ RMSE%=3,03 değerleriyle açıklanmıştır. Modeller eşlendirilmiş t-testi ile test edildiğinde 0,05 önem düzeyinde sadece meşcere hacmi anlamsız çıkarken diğer test sonuçları anlamlı çıkmıştır. Meşcere hacminin test sonuçlarına göre anlamsız çıktığı derin öğrenme tekniğinden sonra anlamlı çıkan en yüksek değer ise destek vektör makine tekniği ile $R^2=0,85$ RMSE%=25,94 değeridir.

Aksoy (2023) Sinop yöresi saf sarıçam ağaç türü için Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8 OLI ve dron algılayıcıları ile elde edilen görüntüler ile bazı meşcere bileşenlerini çoğul

regresyon analizi ve yapay sinir ağı teknikleriyle modellenmiş ve modelleri eşlendirilmiş t-testi ile test etmiştir. Toplamda 184 örnekleme alanın 150 âdetini model için, 34 âdetini ise test için kullanılmıştır. Meşcere bileşenlerinden meşcere orta çapı, meşcere üst boyu, meşcere ağaç sayısı, meşcere göğüs yüzeyi ve meşcere hacmini tahmin edilmiştir. En yüksek tahminler ele alınığında meşcere göğüs yüzeyi $R^2=0,84$, meşcere hacmi $R^2=0,83$, meşcere orta çapı $R^2=0,83$, meşcere ağaç sayısı $R^2=0,81$, meşcere üst boyu $R^2=0,71$ olarak hesaplanmıştır. Meşcere hacmi modelinde Landsat 8, diğer meşcere bileşenlerinin modellenmesinde Sentinel-2 verisinin öne çıktığı tespit edilmiştir. Test verileri ile gözlem verileri arasında uygulanan eşlendirilmiş t-testine göre sadece meşcere hacmi ve meşcere üst boy bileşenleri için elde edilen çoklu regresyon modelinin 0,05 önem düzeyinde anlamsız, diğer meşcere bileşenlerinin çoklu regresyon modeli ve yapay sinir ağı ile elde edilmiş modellerinin ise 0,05 önem düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3. Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak gerçekleştirilmiş bazı çalışmalar

Kaynak	Veri	Yöntem	Meşcere Bileşeni	Sonuç
Hawrylo ve Wezyk, 2018	Sentinel-2 Hava fotoğrafı	Regresyon	hacim	$R^2:0,82$
Astola vd., 2019	Sentinel-2	Regresyon	ortalama çap göğüs yüzeyi ağaç boyu hacim	RMSE:%38,4 RMSE:%42,5 RMSE:%30,4 RMSE:%59,3
Chrysafis vd., 2017	Sentinel-2	Regresyon	hacim	$R^2: 0,46$
Demirel, 2022	Sentinel-1 Sentinel-2		meşcere sıklığı orta çap	$R^2_{düz.}: 0,39$ $R^2_{düz.}: 0,43$
Wojcik, 2022	Sentinel-2 IceSat-2 LiDAR	Regresyon	hacim ağaç sayısı	$R^2:0,75$ $R^2:0,61$
Çakır, 2022	Landsat 8 Sentinel 2	Regresyon	hacim	55%
Bulut, 2023	Landsat 8 OLI Sentinel 2	Regresyon Derin öğrenme Destek vektör	ağaç sayısı göğüs yüzeyi meşcere hacmi orta çap ağaç boyu	$R^2:0,98$ $R^2:0,98$ $R^2:0,85$ $R^2:0,98$ $R^2:0,98$
Aksoy, 2023	Sentinel-1 Sentinel-2 Landsat 8 OLI Dron (hava fotoğrafı)	Regresyon Yapay sinir ağı	meşcere orta çapı meşcere üst boyu meşcere ağaç sayısı meşcere göğüs yüzeyi meşcere hacmini	$R^2:0,83$ $R^2:0,71$ $R^2:0,81$ $R^2:0,84$ $R^2:0,83$

Literatür göre; genel başarımın ağaç türlerine göre değişmekle beraber genellikle %50-60 civarında olduğu görülmekte ve iki boyutlu verilerin yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır. Göğüs çapı ile tepe çapı ve ağaç boyu arasındaki ilişki hakkında yapılan çalışmalarda 0,80 den fazla belirtme katsayısı saptanmıştır (Sönmez, 2009; Çatal, 2012;

Elmugheira vd., 2014). Kastamonu OBM, Samatlar OİM, İğdir OİŞ’de Gökmar ağaç türü ve Trabzon OBM, Gümüşhane OİM, Kelkit planlama birimi Sarıçam ağaç türünde göğüs çapı, tepe çapı ve ağaç boyu ölçülmüştür. Geliştirilen modele göre, göğüs çapı bağımlı değişken; tepe çapı ve ağaç boyu bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Modelin belirtme katsayısı Gökmar ağaç türünde $R^2_{düz.}:0,86$ ve hata 5,7 cm (Çil ve Karahalil, 2017), Sarıçam ağaç türünde ise $R^2_{düz.}:0,82$ ve hata 5,3 cm (Karahalil ve Çil, 2017), olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla tepe çapı yardımıyla göğüs çapının belirlenmesi ile daha yüksek hacim tahminlerinin yapılabileceği düşünülmektedir.

Uydu görüntüleri yansıma değerleri ile birlikte, üçüncü boyut olan ağaç boyu verisinin eklenmesinin, meşcere bileşenleri tahmininde kabul edilebilir sonuçlar verdiği görülmektedir. Görüntü işleme ve LiDAR tekniğinin karşılaştırılmasına ait çok sayıda literatür mevcuttur. Üç boyutlu ağaç modeli oluşturulan bir çalışmada, görüntü eşleme kullanılarak elde edilen verininin havasal LiDAR verisine kıyasla alternatif olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir (Baltsavias vd., 2008). LiDAR sensörü ya da drone ile çekilen hava fotoğraflarından elde edilen üç boyutlu nokta bulutu verisi pek çok disiplinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Son 20 yıldaki kapsamlı araştırmalar, havadan lazer taraması ile orman envanterinin operasyonel uygulamasının giderek daha yaygın hale gelmesine yol açmıştır.

Gelişmekte olan cihazlar ve yazılımlar sayesinde veri kalitesi, doğruluğu ve kapasitesi artmaktadır. Çalışma konusuna bağılı olarak nokta bulutu verisi üretimi, işlenmesi aşamasında avantaj ve dezavantajlar öne çıkmaktadır. Örneğin bina boyutları, köşeleri veya yol eğimi, genişliği, gibi büyük ebatlardaki verilerin işlenmesi daha basit ve hızlı olurken ormanları oluşturan ağaçların yaprakları, dalları, bazen ağaçların alt kısmında bulunan diri örtü olarak nitelendirilen çalı tabakasıyla beraber işlenmesi, verinin kullanıma uygun şekilde filtrelenmesi hayli karmaşık ve zaman alan bir iş olarak görülmektedir. Meşcere bileşenleri tahminlerinde uzaktan algılama verisi olarak fotogrametri ile üretilen raster meşcere boy modeli veya LiDAR verisi kullanılmaktadır (Abd Latif vd., 2011; Xu vd., 2015). Bu verilerin elde edilmesinde zaman, emek ve parasal boyut dikkate alındığında ve ormancılık çalışmalarının geniş alanlarda yapıldığı düşünüldüğünde; kamu kurumlarına indirimli çok uygun bedellerle sağlanabilen ve daha geniş alanları kapsayan Harita Genel Müdürlüğü tarafından temin edilen dijital kameralarla çekilen hava fotoğrafları öne çıkmaktadır.

Demirel (2016), tarafından hava fotoğrafı kullanılarak Adıyaman Orman İşletme Müdürlüğünde bulunan doğal Kızılçam meşcerelerinde gerçekleştirilen çalışmada, meşcerelerin yüksek rakım ve üst orman zonunda olması ve bireylerin normal gelişmemesi nedeniyle, uzaktan algılama verileriyle ağaç boyu ve meşcere boyu tahminleri düşük çıkmıştır. Karaçam ve Kızılçam plantasyon alanlarında boy bileşeni ise %88 oranında doğruluk ve 0,68 metre hata ile tahmin edilmiştir. Özkan ve Demirel (2018), Kızılçam plantasyonunda ortalama ağaç boyunu 0,38 düzeltilmiş R^2 ve %23,57 hata ile tahmin etmiştir. Ullah vd. (2020), Almanya, Baden -Wurttemberg çalışma alanında Sarıçam, Kayın, Meşe, Gürgen ağaçlarında stereo görüntüler kullanarak maksimum boyu ibreli, yapraklı, karışık ve genel olarak türlerde sırasıyla $R^2=0,71, 0,50, 0,46, 0,57$ ve ortalama 2-2,5 m arası hata ile tahmin etmiştir. Pourreza vd. (2022) Phantom 4 RTK dron ile 25 m, 50 m ve 100 m yükseklikten yaptığı uçuşlarla elde ettiği verilere göre Arizona Servisi (plantasyon) boylarını sırasıyla %0,9, %4,3 ve %10,2 hata ile tahmin etmiştir. Panagiotidis vd. (2017), Çek Cumhuriyetinde karışık ağaç türlerinin (Larix, Sarıçam, Avrupa Ladini) bulunduğu 25x25 m iki farklı örnekleme alanında toplam 87 ağaç için boy tahmini çalışması yapmıştır. Çalışmada DJI S800 dron ve Sony NEX-5 R dijital kamera kullanılmıştır. Yersel ölçümlerde ise ağaç boylarını TruPulse 360 /B lazer ile örnek alan merkezini ise RTK GPS Trimble Juno ile (RTK= Real-Time Kinematik=Gerçek Zamanlı Kinematik, konum hassasiyetini artırmak için uydu bazlı olarak çalışan bir tekniktir), ağaçların merkeze olan uzaklık ve açıları ise Vertex III, Transponder T3 ile ölçülmüştür. Çalışmada her ağacın diğerinden ayrılması için watershed segmentasyonu ve ayrılan her ağacın tepe noktasını bulmak için ise local maxima algoritması kullanılmış olup, boylar %11,42-12,62 hata ile tahmin edilmiştir.

Hektardaki meşcere hacmi tahminlerine bakıldığında Demirel (2016), Karaçam plantasyon meşceresinde 0,77 belirtme katsayısı ve 8,6 m³/ha standart hata ile Kızılçam plantasyon meşceresinde ise 0,91 belirtme katsayısı ve 3,7 m³/ha standart hata ile tahmin etmiştir. Özkan ve Demirel (2018), Adıyaman Orman İşletme Müdürlüğü Kızılçam plantasyon alanında hava fotoğrafı spektral değerleri ve tekstür özellikleriyle hektardaki meşcere hacmini $R^2_{düz}= 0,41$ ve %20,96 hata ile tahmin etmişlerdir. Hou vd. (2022), Gökmar ağaç türü için yaptıkları çalışmada Pantom 4 RTK model dron ile yaptıkları eğik (oblique) uçuş ile elde ettiği hava fotoğraflarından ürettiği nokta bulutu verileri ile ağaç boyları ile hacim arasında model geliştirmiştir. Korelasyon katsayısının 0,90 ve hatanın 0,123 olduğu tespit edilmiştir.

Demirel (2016), Karaçam plantasyon meşceresinde orta çapı 0,72 belirtme katsayısı, 1,0 cm hata ile ve Kızılçamda ise 0,67 belirtme katsayısı, 1,5 cm hata ile ve kapalılık derecesi de $R^2_{düz} = 0,86$ ile tahmin etmiştir. Özkan ve Demirel (2018), orta çapı $R^2_{düz} = 0,48$ ve %11,91 hata ile tespit etmiştir.

Pouliot vd. (2002), altı yaşındaki plantasyon sahasında %91 doğrulukla ağaç sayısını tahmin etmiştir. Demirel (2016), Kızılçam ve Karaçam plantasyon alanlarında hektardaki ağaç sayısını sırasıyla $R^2_{düz} = 0,52$ ve $0,59$, standart hatayı 189 ve 74 olarak bulmuştur. Özkan ve Demirel (2018), ağaç sayısını $R^2_{düz} = 0,43$ ve %16,20 hata ile tespit etmiştir. Yılmaz vd. (2015), Adıyaman ili Kahta ilçesinde 1 kapalı ormanda Harita Genel Müdürlüğü tarafından temin edilen stereo görüntülere Hough dönüşümü yapılarak 89 ağaçtan 81 adedini tespit etmişlerdir. Yılmaz vd. (2016), Karadeniz Teknik Üniversitesi kampüsü içerisinde bulunan bazı ağaçların konumunu ve sayısını, GateWing X100 marka insansız hava aracı üzerine monte edilen RICOH GR DIGITAL IV ile çekilen yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafı kullanılarak Agisoft yazılımı ile nokta bulutu üretimi ve MATLAB yazılımıyla %70'in üzerinde başarıyla tespit etmiştir. Mohan vd. (2017) yaptığı araştırmada DJI phantom 3 marka drona takılmış powershot s100 marka dijital kamera ile ürettiği nokta bulutu verisine local maximum algoritması uygulayarak Çam, Duglas, Ladin ve Gökmar ağaçlarının karışık bulunduğu alanda 367 ağaçtan 312'sini %85 oranda doğru tahmin etmiştir. Yılmaz ve Güngör (2019), yaptığı benzer çalışmada ağaç tepe çapını 0,69 - 0,96 m aralığında hata ile tahmin etmiştir.

Çalışmaların büyük bölümü, plantasyon ve kapalılığı düşük alanlarda yapılmış olduğu için yüksek ilişkiler elde edilmiştir. Kapalılığın yüksek olduğu doğal yetişen alanlarda tahminler düşük çıkmaktadır. Benzer çalışmaların; doğal, geniş yayılış gösteren farklı ekosistemlerde gerçekleştirilmesi ve sonuçlarının ortaya konması gerekmektedir. Literatürün bu bölümde ifade edilmeye çalışıldığı üzere, hava fotoğrafı ve uydu görüntülerinin kırmızı, yeşil, mavi, kızılötesi bantları yansıma değerleri ve bunların formüle edilmesiyle elde edilen vejetasyon indeksleri ile meşcere bileşenleri arasındaki ilişkiler meşcerenin doğal ya da plantasyon oluşuna, ağaç türüne ve topoğrafyaya bağlı olarak değişimler göstermekte tahminlerin ortalama doğruluk derecesi genellikle %50-60 arasında kalmaktadır.

Çalışmada; ülkemiz ormanlık alanının %25'ini kaplayan, kısa idare süreli, ekonomik

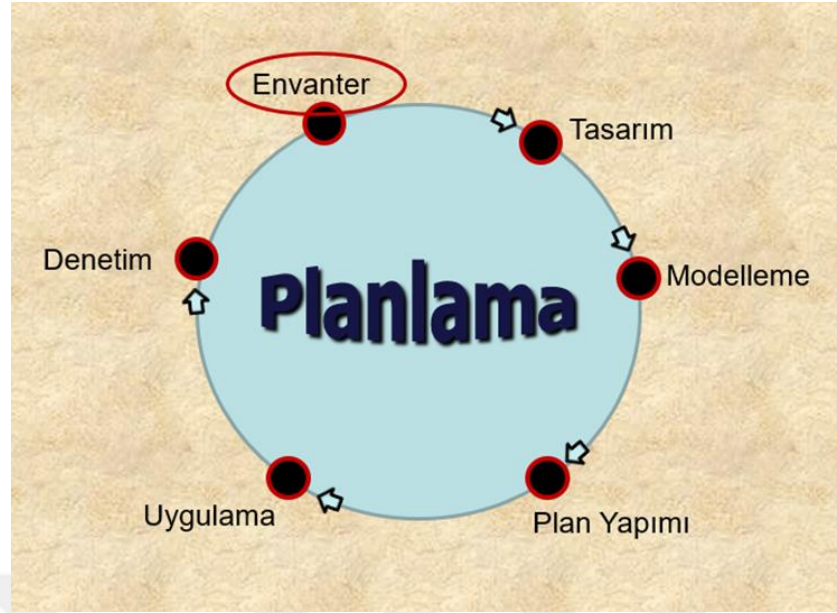
değeri olan, ibreli türler arasında en geniş yayılışa ve hacme sahip Kızılçam türü seçilmiştir. Çalışma alanında doğal yayılış gösteren Kızılçam ağaç türü, yoğunluklu olarak Batı Anadolu ve Akdeniz bölgesinin yanı sıra, Erbaa yakınında olan Kelkit Çayı ile Yeşilirmak'ın kesiştiği yer, Ayancık, Sinop, Boyabat, Amasya, Zonguldak gibi Akdeniz ikliminin olduğu mikroklima bölgelerde küçük alanlarda lokal olarak bulunmaktadır. Türkiye'de en geniş yayılışını Akdeniz kıyı şeridi ile kıyının arka kısmı ve Güneydoğu'da gerçekleştirir. Türkiye'de 1500 m rakıma kadar gelişimini sürdürmektedir. En geniş yayılışa sahip ve en hızlı büyüyen çam türümüzdür. Asli ağaç türlerinde Meşeden sonra ikincidir. Yaklaşık 3 milyon ha'ı normal, 2,4 milyon ha'ı boşluklu kapalı olmak üzere toplamda 5,4 milyon ha alan kaplamaktadır (OGM, 2023).

Mevcut literatür incelendiğinde, hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutu ile sadece Kızılçam plantasyon sahalarında çalışma olduğu, şefflik bazında doğal yayılış gösteren meşcerelerde denenmediği anlaşılmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmanın amacı, dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutu, topoğrafik veriler ve uydu görüntüleri yardımıyla meşcere bileşenlerinin (ağaç sayısı, hacim, meşcere boyu, orta çap ve kapalılık) tahmin edilmesidir. Çalışmada öncelikle üçüncü boyuta ilişkin meşcere orta boyu tahmini hedeflenmiştir. Elde edilen ağaç boylarıyla da meşcere orta çapı ve meşcere hacmi modelleri geliştirilmiştir.

1.2. Temel Kavramlar

1.2.1. Orman Envanteri

Planlama birimi bazında orman amenajman planının düzenlemesi için orman ekosisteminin temelini oluşturan bitkisel, hayvansal tüm bireylerin ve bunların insanlar açısından ihtiyaca konu olan kısımlarında meydana gelen değişikliğin miktarı hakkında veri elde etme ve yorumlanmasıyla orman envanteri gerçekleştirilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Planlama Süreci (Mısır, 2023)

Orman envanterinde uygulanacak örnekleme metodunun ölçülecek olan verinin amacına uygunluk sağlamasının yanında, hedeflenen bilgileri öngörülen güvenilirlik düzeyinde ve en az masrafla temin etmesi gerekmektedir. Uygulanacak örnekleme metodu; envanterden beklenen isteklerin tamamını sağlayacak şekilde olmalıdır. Envanter çalışmasının amacı, kapsamı, güvenilirlik düzeyi, düzeninin sağlanması ve sonuçlarının yorumlanması aşamaları ayrı ayrı ele alınmalıdır (Yavuz, 2020). Ülkemizde orman envanteri; alt kısımda belirtilen başlıklardan oluşmaktadır (OGM, 2008).

- a) Alan envanteri,
- b) Yetiştirme ortamı envanteri,
- c) Biyolojik çeşitlilik envanteri,
- ç) Ağaç serveti ve artım envanteri,
- d) Odun dışı orman ürünleri envanteri,
- e) Sosyo-ekonomik durum envanteri,
- f) Sağlık durumu envanteri.

Ağaç serveti envanteri; ormanda ölçülen dikili ağaç servetinin ağaç türünü, ağaç sayısını, çap sınıfını ve yaş sınıfını, kalitesini ve artım gücünü hacim ve ağırlık olarak tespit etmektir. Ağaç serveti ve artımı envanteri değerleri planlama birimindeki miktarında göre istatistiksel olarak belirli bir güven düzeyinde hesaplanır. Örnek alanların boyutları toprağı

örtme oranında göre daire şeklinde 400, 600 ve 800 m² olarak ölçülmektedir. Ağaç serveti envanteri, sistematik olarak alınan örnek alanlar içerisindeki $d_{1.30}$ çapı 8 cm den büyük olan ağaçların ölçülmesiyle elde edilmektedir. Her ağacın ne kadar hacme sahip olduğu ise çap kademesine göre sınıflandırılmış olan dikili kabuklu gövde hacim tablosundan alınmaktadır. Ağaç sayısı ise örnekleme alanında tespit edilen $d_{1.30}$ çapı 8 cm'den büyük olan ağaçların toplamıdır. Ülkemizde ağaç servetinin uydu görüntüleri yardımıyla saptanmasına yönelik, yukarıda literatür kapsamında da verilmeye çalışıldığı üzere; makale, bildiri ya da tez düzeyinde gerçekleştirilmiş çok sayıda çalışma bulunmakta ve konunun detaylıca ele alındığı görülmektedir.

1.2.2. Alan Envanteri

Ormancılık konuma bağlı bilgi kullandığı ve uygulama gerçekleştirdiği için, plan yapım sürecinde alan envanteri ilk aşama olarak önem arz etmektedir. Orman amenajman planları alana dayalı olarak yapılmakta; servet, ürün miktarları da alan bazında hesaplanmaktadır. Bu nedenle alanlara ait bilgilerin elde edilmesi gerekmektedir. Ormancılık politikalarının oluşturulabilmesi için ormanlık alanlara ilişkin ayrıntıya yer vermeyen genel bilgilere, orman amenajman planlarının düzenlenmesinde ise meşcere tipi gibi küçük alanlarda ayrıntılı bilgiler veren alansal bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır (Yavuz, 2020).

Alan envanteri; planlama biriminde ormanlık ve orman dışı alanların tespiti ile ormanlık kısmın; ağaç türü, karışımı ve oranı, yaş ve çap, kapalılık ve bonitet açısından meşcere tipleri bakımından belirlenmesi, orman dışı kısımların tipinin nitelendirilmesi, orman içi açıklık, ziraat, yerleşim yeri vb. alanların uygun simgelerle haritaya yazılması ve iki boyutlu alanlarının harita üzerinden tespitiyle, elde edilen sonuçların tablolar halinde gösterilmesidir. Bu envanter, plan ünitesindeki ormanlık ve orman dışı alanların çeşitli açıdan oluşturulan sınıflara ve arazi kullanım biçimlerine dağılımlarını belirlemek amacıyla yapılan ölçüm, çizim ve değerlendirme işlerini kapsar.

Ülkemizde 1917 yılında hazırlanmış olan ilk orman amenajman planında, alan envanteri için önce ormanın tahdidi yapılmış, sonra orman içinde ve civarında henüz ülke nirengi şebekesi kurulmamış olduğundan, bu ormana ait nirengi şebekesi meydana getirilmiştir. Ölçümler teodolitle gerçekleştirilmiştir. Bölme ayrımı yapmaya yarayan doğal ve yapay hatlarla gerekli diğer detaylar takeometrik aletler kullanılmak suretiyle ölçülmüş

ve gerekli hesaplama işlemleri sonrasında haritaya geçirilmiştir. Orman 11-200 hektar büyüklüğünde bölmelere ayrılmış ve bu bölmeler içerisinde, ağaç türü, karışım şekli ve derecesi, yaş ve benzeri bakımdan farklılık gösteren alanlar, bölmecik olarak ayrılmış, ancak küçük bölmelerde bölmeciklerin alanları tahmini olarak verilmiştir. Orijinal haritalar 1/10.000 ölçekte düzenlenmiş ve bundan küçültülerek 1/20.000 ölçekte meşcere haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar alan envanterine temel oluşturmuştur. Her bir bölmenin genel sahası ile içerisindeki bölmeciklerin, tarla, çayır, mera ve bahçe gibi ağaçsız alanların yüzölçümleri planimetre ile hesaplanmıştır (Eraslan, 1963).

Sonraki dönemde çıkarılan 1924 tarihli kanun ile bütün ormanların işletme planları ile işletilmesi kabul edilmiş, bütün ormanların planlarının 3 yıl içinde düzenlenmesi, ve bu gerçekleşinceye kadar “muvakkat” yani geçici işletme planları ile iş görüleceği ifade edilmiştir. Aynı yıl çıkarılan ek kanun ile bazı küçük ormanların “keşif raporları” ile işletilmesine imkan tanınmıştır (Eraslan, 1963). Yönetmelik mahiyetinde çıkarılan 2 farklı izahname ile envanterin usul ve esasları ortaya konmuştur. Buna göre; “korular için muvakkat işletme planı” düzenlenirken; işletme planı yapılacak ormanın 1/10.000 ölçekli, eşyükselti eğrilerini içermeyen bir krokisinin “Gözle Tahmin Metodu” ile düzenlenmesi ve ormanın 100 hektar büyüklüğünde bölmelere ayrılması istenmiştir. Hazırlanacak bu kroki envantere esas olmuştur. “Baltalıklara ait işletme planı” hazırlanırken ise; mevcut olması durumunda arazi ölçülmeden, 1/25.000 ölçekli askeri haritaların, bunların bulunmadığı ormanlarda ise, mesafeleri uzunluk ölçen aletler kullanarak veya adımlayarak ölçmek suretiyle kroki mahiyetinde haritalar düzenlenmesi istenmiş, bu haritalar alan envanterine temel oluşturmuştur (Eraslan, 1963).

1937 yılında yürürlüğe giren orman yasası sonrasında 1941 yılında çıkarılan yönetmeliğin 3 yıl uygulanması sonucunda, Türkiye’deki tüm ormanların kısa zamanda amenajman planlarının tamamlanarak işletmeye açılmasının imkansızlığı görülmüş, daha hızlı sonuç alabilmek adına 1944 yılında “Birinci Devre Amenajman İşleri Talimatnamesi” hazırlanmıştır (Eraslan, 1963).

1941 yönetmeliğine göre, nirengi şebekesi nadir hallerde oluşturulmuş ve bunun yerine 5000 hektarlık saha için çevre poligonu ölçmesi kullanılmıştır. Poligon ölçmelerinde teodolitlerden yararlanılmıştır. Böylece, ormanın çevresi ile iç taksimat meydana getirmeye yarayan doğal ve yapay hatlar ve keza işletmece önemli detaylar ölçülmüş, bu ölçmelerin

değerlendirilmesi sonunda ormanın 1/10.000 veya 1/25.000 ölçekli idari ve meşcere haritaları hazırlanmıştır. Yüzölçümler planimetre ile ölçülmüştür. Belirtilen esaslar dahilinde ormanın ölçümü fazla zaman ve emek gerektirdiğinden, 1948 yılından itibaren ormanda ölçme yapılmayarak 1/25.000 ölçeğindeki Harita Genel Müdürlüğü'nün düzenlediği haritalardan yararlanma yoluna gidilmiştir (Eraslan, 1963).

1944 tarihli amenajman yönetmeliğinde ise, 1/200.000 ölçekli memleket haritasından büyütülen 1/100.000 ölçekli haritaların esas alınacağı hükmü getirilmiştir. Bu haritalar üzerinde ormanlık alanların gözle tahmin edilerek veya pusulalı aletler kullanılarak orman haritaları oluşturulması istenmiştir. Koru ormanları, baltalık ormanlar ve bozuk ormanlar olarak isimlendirilen orman formları, ayrı renklerle haritalar üzerinde gösterilmiş, haritalar üzerinde planimetre ile ölçüm gerçekleştirilmiştir (Eraslan, 1963).

Amenajman planı yapılması amacıyla 1944 tarihli amenajman yönetmeliğine göre yapılan envanter çalışmaları, 1946 yılının sonunda tamamlanmış ve buna dayanılarak Türkiye'deki ormanların "Birinci Devre Amenajman Planları" bitirilmiştir. Gerek bu envanter sonuçları ve gerekse bu planlardan alınan bilgiler, ormancılık envanterine ve ormancılık istatistiklerine temel oluşturmuştur (Eraslan, 1963).

1941 tarihli amenajman yönetmeliğinin 11 yıl süren uygulaması ile ortaya çıkan yetersizlikleri gidermek için 1952 yılında yeni amenajman yönetmeliği çıkarılmıştır. Ana hatları 1941 yönetmeliği ile aynı olmuştur. Bu yönetmeliğe göre, Harita Genel Müdürlüğü tarafından düzenlenen 1/25.000 ölçekli haritaları bulunan ormanların ölçülmesinden vaz geçilmiştir. Bu gibi haritaların bulunmadığı yerlerde, her bir 2500 hektarlık orman parçası için bir çevre poligonu teşkil edilerek, bu poligon teodolitler yardımıyla ölçülmüş ve iç ayrıma imkan veren doğal ve yapay hatların bu poligona entegrasyonu sağlanmıştır. Gerekli hallerde, ölçmelerin nirengi şebekesine ve koordineli poligonların kurulmasına müsaade edilmiştir. Bu yönetmelik ölçme noktasında ise, il defa yeni ve ileri bir konuyu içererek hava fotoğraflarının envanter işerinde kullanımını benimsemiştir. Bu yönetmeliğin 3 yıllık uygulaması sonrası 1955 yılında yeni yönetmelik çıkarılmıştır. Bu yönetmeliğe göre; alan envanteri, yetişme muhiti envanteri ve ağaç serveti envanterinde hava fotoğraflarının kullanımı kabul edilmiştir. Ancak, bu metotların tüm yurttan uygulanması sağlanıncaya kadar, yersel metotların kullanılmasına müsaade edilmiştir. Bölmelerin içerisinde ağaç türü, yaş, kapallık, bonitet ve işletme şekli bakımından fark gösteren kısımların 1 hektara kadar

bölmeciklere ayrılması, bu ormanların haritalarının 1/10.000 ölçeğinde hazırlanması öngörülmüştür (Eraslan, 1963). Sonradan çıkarılan 1973, 1991 ve 2008 tarihli amenajman yönetmeliklerinde, uzaktan algılama konusunda 1955 yönetmeliği temel alınmıştır.

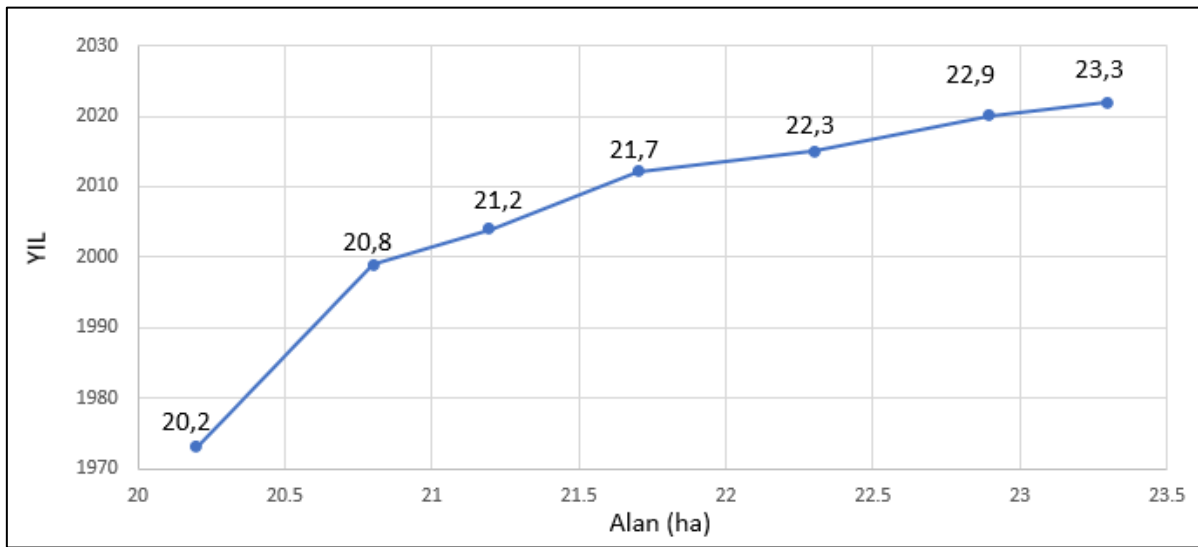
Mevcut 2008 amenajman yönetmeliğine göre orman envanteri, uzaktan algılama ve yersel ölçümlere dayalı “Kombine Envanter Yöntemi” esas alınarak meşcere haritaları üzerinde gerçekleştirilmektedir. Alan envanteri 3 aşamada değerlendirilebilir (Asan, 2017).

- Meşcere tipleri taslak haritasının elde edilmesi,
- Alanların ölçülmesi ve
- Alanların değişik amaç ve özelliklere göre tablolar halinde ortaya konması

Alan envanterinde meşcere tipleri 1/25.000 ölçekli haritalarda az yer kaplaması için simgelerle gösterilmekte olup, bu simgelerin açıklaması olan semboller tabloda gösterilmektedir. Alan envanteri, meşcere haritasının uzaktan algılama ve yersel ölçümlere dayanarak işlenmesi sonucunda yapılmaktadır. Uygun ölçeğe ve kapsama sahip hava fotoğrafları ya da uydu görüntüsü ve memleket haritaları yardımıyla meşcere haritaları düzenlenmektedir. Uygun nitelikli hava fotoğrafı ya da uydu görüntüsü temin edilemezse ise önceki plan periyodunda kullanılan meşcere haritaları revize edilmektedir (OGM, 2008).

Alan envanteri sonucunda ortaya konan Türkiye orman varlığı; 23,3 milyon hektar olup ülke yüzölçümünün yaklaşık %29,6’sını kaplamaktadır (OGM, 2023). Ülke ormanların tamamına yakını Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından amenajman planları yardımıyla sürdürülebilirlik ilkesiyle işletilmektedir. Bu planlar OGM “Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı” bünyesinde 10 ya da 20 yıllık zaman dilimi içerisinde ülkedeki her orman işletme şefliği için hazırlanmaktadır. Amenajman planı, içerisinde ormanın sunduğu ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonların belirlenerek işletme sınıfı bazında orman işletme şefine nereden, ne zaman, ne kadar, üretim ve koruma yapacağını belirten plandır. Ülkemizde ilk amenajman planı 1917 yılında, Türk ve Avusturyalı mühendisler tarafından yapılmış olsa da, I. Dünya Savaşı ve sonrasında Kurtuluş Savaşları nedeniyle uygulamaya geçirilememiştir. Ülkemizde orman varlığı; Osmanlı dönemine ilişkin 1910 yılında 8.8 milyon ha, Cumhuriyet döneminde ise ilk kez 1937 yılında 9.3 milyon ha, 1952 ve 1968 yıllarında 10,5 milyon ha, 1963 yılında 12 milyon ha gözlemler sonucu ve 5 milyon ha’ı ise ölçümler sonucu olmak üzere toplam 17 milyon ha

olarak tespit edilmiştir. Fakat 1963 yılı öncesinde sağlıklı orman envanteri verisi olmadığı için orman varlığı kesin olarak bilinmemektedir (Kutluk, 1948; Fırat, 1952; Karamızrak, 1968; Bingöl, 1990; Soykan, 1969; Köse, 2020). Ülkemiz ormancılığında planlı dönem olarak nitelendirilen 1963 ve 1972 yılları arasındaki 10 yıllık bir çalışma sürecinde ülkenin tamamının amenajman planları bitirilmiştir. Orman Genel Müdürlüğü “2022 Yılı Faaliyet Raporu”na göre orman varlığı, 1973 yılında 20,2 milyon ha, 1999 yılında 20,8 milyon ha, 2004 yılında 21,2 milyon ha, 2012 yılında 21,7 milyon ha, 2015 yılında 22,3 milyon ha, 2020 yılında 22,9 milyon ha ve 2022 yılında ise 23,3 milyon hektar olarak tespit edilmiştir (OGM, 2023; Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye 1973-2022 yılları arası orman varlığı değişimi

1.2.3. Hava Fotoğraflarının Kısa Tarihçesi

Doğrudan arazi üzerinde mesafe ölçümü yapılmadan, havadan çekilmiş merkezi projeksiyonlara dayalı fotoğraflar yardımıyla harita yapma fikri 1726 yılında Capeller tarafından ortaya konmuştur (Soykan, 1979). Hava fotoğrafları, ilk olarak topografik yapıyı çıkarmak ve ormancılık gibi diğer amaçlar için kullanılmıştır. Tarihteki ilk hava fotoğrafı 1858 yılında Gaspard Felix tarafından yerden 80 metre yüksekten sıcak hava balonundan Paris’de çekilmiştir. Ormancılıkta ise 1887’de, ilk hava fotoğrafları bir Alman ormancı tarafından yine balondan çekilmiştir (Shin-ichi, 1961). Fotogrametrinin orman amenajmanı ve orman ölçme bilgisi bilim dallarında 1892 yıllarında uygulanmaya başlandığı ve Avusturya’da dağlık arazilerde yersel metotlarla kombine edilerek uygulandığı görülmektedir. Avusturyalı Scheinflug fotoğraf çiftlerinden yararlanarak, fotoğraf üzerindeki detayların otomatik olarak kağıt üzerine aktarılmasını sağlayan optik-mekanik

alışan bir alet geliştirmiştir. Alman Pulfrick 1901 yılında fotoğraf çiftlerinden detayları kağıt üzerine aktarmayı başardıktan sonra, Avusturyalı Orel 1908 yılında fotoğraf çiftlerine dayalı olarak hatlarla harita yapımını otomatik olarak sağlayan ilk aleti geliştirmiştir (Soykan, 1979). 1909 yılında balonun görevini uçaklar almış ve 1919 yılına kadar hava fotoğraflarından meşcere haritası geliştirilmiştir. O zamandan beri, dünyanın her yerinde hava fotoğraflarından yararlanma girişimleri yapılmıştır (Shin-ichi, 1961). Seely (1929), hava fotoğrafındaki ağaçların gölge boylarından boy ve hacmi tahmin etmeye çalışmıştır. Zamanla yaygınlaşan hava fotoğraflarının yorumlanmasıyla, 1930’lu yıllardan II. Dünya Savaşı dönemine kadar aėaç türü tespiti, aėaç boyu ve meşcere hacmine yönelik tabloların geliştirilmesiyle istatistiksel çalışmalarda hız kazanmıştır. II. Dünya Savaşı’ndan sonra 1950’li yıllarda hava araçlarının ve fotoğraf filmlerinin hızla gelişmesiyle hava fotoğraflarının kullanımı büyük ölçüde artmıştır (Shin-ichi, 1961). Ülkemizde 1937 yılında HGM tarafından çekilen ilk hava fotoğrafları memleket haritaları yapımında, ormancılıkta ise 1953 yılında amenajman planlarının yapımında kullanılmıştır. Hava fotoğrafının kullanımı yasal olarak ilk kez 1955 yönetmeliğinde yersel ölçümlerle kombine envanter şeklinde uygulanmıştır (Eraslan, 1963). Renkli kızıłtesi hava fotoğrafları ilk defa 1991 yılında kullanılmıştır (Köse ve Cömert., 1999). Harita Genel Müdürlüėü’nün 2008 yılında envanterine sayısal konum destekli ve geniş ereve formatlı Microsoft UltracamX sayısal hava kamerasının alınmasıyla ülke genelinde ortofoto harita yapımı hız kazanmıştır. 2008-2014 yılları arasında ülkenin tamamının ortofoto görüntüleri tamamlanmıştır.

Işık kaynağı ile görünür hale gelen cisimlerin dijital ortamdaki piksellere mercek aracılığıyla tanınarak her piksel için tanımlanan renk değerlerinin kodlanarak kaydedilmesi sonucunda oluşan veriye dijital görüntü denir. Dijital görüntünün oluşturulmasının temel aracı kameradır. Kamera, kamera gövdesi, diyafram, mercek, taşıyıcı ve obtratrden meydana gelmektedir (İyicioğlu, 2006). Fotogrametrinin temelini matematiksel ve geometrik eşitlikler oluşturmaktadır. Fotogrametri cisim uzayında varolan noktaların fotoğraf uzayında fotoğraf elemanı olan pikseller kullanılarak iz düşümlerine konumlandırılmasıdır. (Ofloğlu, 2021). Dijital ortofoto haritalar, kamera ile çekilen görüntünün arazi koordinat sistemindeki XY düzlemine dönüştürülmesiyle oluşur.

1.2.4. Dijital Kamera ile Çekilen Hava Fotoğrafları

Hava fotoğrafları, insanlı ya da insansız hava araçlarına yerleştirilen kameralar ile çekilen görüntülerdir. HGM tarafından çekilen görüntüler içerisinde ana görüntüyü oluşturan Kırmızı, Yeşil, Mavi ve ayrıca yeşile duyarlı kızıl ötesi bantlar bulunmaktadır. Dijital kamera içerisinde hava aracının fotoğrafı çektiği esnadaki görüntü koordinatları, açısız dönüklük değerleri, kamera yöneltme parametreleri, kalibrasyon raporu ve distorsiyon hata miktarları her fotoğraf için ayrı ayrı kaydedilmektedir.

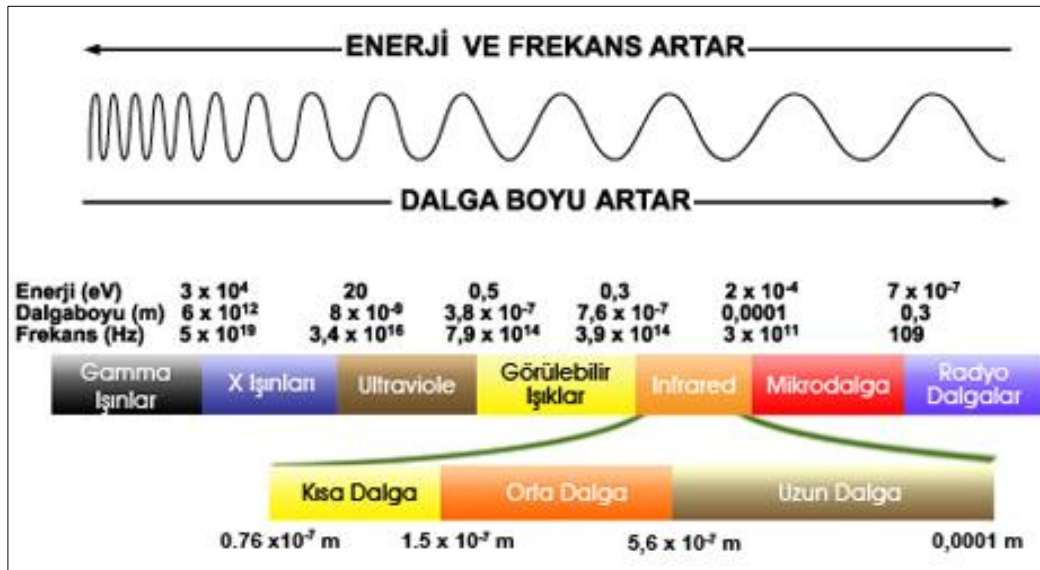
Çalışmada kullanılan hava fotoğraflarında 2016 yılı için UltraCam Eagle, 2020 yılı için ise UltraCam Eagle M3 kamerası kullanılmıştır (Şekil 3). HGM 2023 yılı yaklaşık maliyet tablosuna göre; arşiv görüntüler için 1 adet renkli sayısal hava fotoğrafı KDV hariç 15,74 TL, 30 cm konumsal çözünürlükte SAM ve SYM GeoTIFF formatında ayrı ayrı KDV hariç 11,62 TL/km², las formatında 30 cm yer örnekleme aralığında nokta bulutu KDV hariç 23,94 TL/km², sayısal ortofoto görüntü ise minimum pafta ebatında temin edilmekte ve yaklaşık 141,8 km²’lik alanı kapsamakta olup KDV hariç 1649,86 TL’dir.

			
UltraCam Eagle M3		UltraCam Eagle	
Görüntü Boyutu:	17004x26460 piksel	Görüntü Boyutu:	20010x13080 piksel
Piksel Boyutu:	4 µm	Piksel Boyutu:	5.2 µm
Bant Sayısı:	Pan+ R, G, B, NIR	Bant Sayısı:	Pan+ R, G, B, NIR
Odak Uzaklığı:	100.5 mm	Odak Uzaklığı:	80 mm

Şekil 3. Harita Genel Müdürlüğü tarafından fotoğraf çekiminde kullanılan dijital kameralar

1.2.5. Uyduların Görüntülerine İlişkin Bazı Temel Bilgiler

Uyduların taşıdığı uzaktan algılama cihazlarının elde ettiği görüntüler “uydu görüntüsü” olarak ifade edilmektedir. Güneş ışınının yeryüzünü yansıtması sonucu görüntü elde eden uydulara pasif, kendi enerjisiyle görüntü elde edenlere aktif uydular denmektedir. Görüntüler elektromanyetik enerji ile meydana gelmektedir. Elektromanyetik spektrum, elektromanyetik radyasyonun frekans aralığı (tayf) ve bunların ilgili dalga boyları ve foton enerjileridir. Elektromanyetik tayf, insan gözünün algılayamadığı dalga boylarında içinde olduğu tüm ışık çeşitlerini içine alan bir sınıflandırma biçimidir. İnsan gözünün görebildiği bölgede elektromanyetik tayfın oldukça az bir kısmını oluşturmaktadır. Beynimiz algılayabildiğimiz görünür kısımdaki ışıkları, dalga boylarına göre farklı renklerde algılamaktadır. Kırmızı gözümüzle algılayabileceğimiz en düşük enerjiye sahip ışık olurken, mor algılayacağımız en yüksek enerjiye sahip ışıktır. Bu aralık değerler ötesindeki ışıklar gözümüzle görülememektedir (URL-2). Işık hızı ile yayılan kütesiz tanecikler “foton” olarak ifade edilmektedir. Farklı enerjiye miktarına sahip olan fotonlar, bir cisim ile temas ettiğinde, bir kısmı cisim tarafından absorbe edilmekte, bir kısmı diğer yönlerde dağılmakta ve diğer bir kısmı da atmosfere geri dönmektedir. Fotonların cisimler üzerine gelen yansıma enerjisi miktarı gelme açısına, cismin cinsine ve atmosferik koşullara bağlıdır. Uyduların görüntüleri algılaması aşamasında güneş enerjisinde gelen ve atmosfere geri dönerek algılayıcılarına ulaşan fotonların enerjisini ölçmesiyle gerçekleşmektedir. (Karahalil, 2020).



Şekil 4. Elektromanyetik spektrumda dalga boyu ve enerjinin değişimi

Çalışmada, tamamen pasif algılayıcı kullanılmış ve aktif algılayıcılar kullanılmamıştır. Uydular için 5 farklı çözünürlük tanımı kullanılmaktadır:

- Konumsal çözünürlük: Görüntünün en küçük ögesi olan pikselin dünya yüzeyinde kapladığı alanı ifade etmektedir.
- Radyometrik çözünürlük: Görüntüdeki her bir pikselin içerdiği bilgi miktarıdır. Yansıtılan veya yayılan enerjideki daha küçük farkları algılama hassasiyeti, yüksek radyometrik çözünürlüğü ifade etmektedir. Radyometrik çözünürlük, her biri 2'nin üssünü kaydeden bit cinsinden ölçülür. Örneğin, bir sensör veri kaydetmek için 8 bit kullanıyorsa, $2^8=256$ farklı dijital sahiptir.
- Spektral (bantsal) çözünürlük: Bir sensörün elektromanyetik spektrumda kaydettiği belirli dalga boyu aralığını ve bant sayısını ifade etmektedir. Dedektörün kaydettiği dalga boyu aralığı darsa, daha fazla spektral ayrıntı içerir. Dalga boyu aralığının genişlemesi spektral çözünürlüğü azaltır. Benzer şekilde, bant sayısını azaltmak, spektral çözünürlüğü azaltma etkisine sahiptir.
- Zamansal çözünürlük: Bir uydu sensörünün aynı coğrafi alan için ne sıklıkta veri topladığını ifade etmektedir. Yani, sensör tarafından alınan aynı alanın ardışık gözlemleri arasında geçen süredir. Bu süre ne kadar kısa olursa, sensörün zamansal çözünürlüğü o kadar yüksek olur. Zamansal çözünürlük, sensörün özelliklerine, uydunun yörünge özelliklerine ve tarama genişliğine bağlı olarak değişebilir.
- Parasal çözünürlük: Uydu görüntüsüne birim alan için temin maliyetini ifade etmektedir. Yukarıda belirtilen çözünürlüklerin tamamının etkisine göre değişkenlik gösterir.

1.2.6. Sentinel Uyduları

23 Haziran 2015'te "Avrupa Uzay Ajansı"nın "Copernicus" programının bir parçası olarak başlatılan Sentinel-2 uyduları çok sayıda bantları ile zengin görüntü sunmak için özel olarak tasarlanmıştır. Sentinel-2 uyduları seviye 1C ve 2A olarak iki farklı veri kalitesi mevcuttur. Seviye 1C 2016 yılından itibaren seviye 2A ise 2018 yılından itibaren veri sağlamaktadır. Seviye 1C'de atmosfer etkisi olduğu için radyometrik ve atmosferik düzeltme işlemi yapılması gerekirken, seviye 2A da atmosfer etkisi olmayıp direk yansıma değerlerine ulaşılmaktadır. Uydu, 13 spektral kanal dahil olmak üzere görünür, yakın kızılötesi (VNIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) spektral bölgelerde 10-60 m'lik

Çözünürlüğü ile araştırma yapmak için multispektral sensör ile donatılmıştır (URL-3).

Tablo 4. Sentinel-2 bant özellikleri

Bant	Elektromanyetik Alan	Dalga Boyu (nm)	Konumsal Çözünürlük (m)
1	Kıyı ve Aerosol	0,433–0,453	60
2	Mavi (B)	0,458–0,523	10
3	Yeşil (G)	0,543–0,578	10
4	Kırmızı (R)	0,650–0,680	10
5	Kırmızı kenar 1 (Red Edge 1)	0,698–0,713	20
6	Kırmızı kenar 2 (Red Edge 2)	0,733–0,748	20
7	Yakın kızıl ötesi 1 (NIRNarrow 1)	0,773–0,793	20
8	Yakın kızıl ötesi (NIR)	0,785–0,900	10
8a	Yakın kızıl ötesi 2 (NIRNarrow 2)	0,855–0,875	20
9	Su buharı (Water vapour)	0,935–0,955	60
10	Kısa dalga kızıl ötesi (SWIR-Cirrus)	1,365–1,385	60
11	Kısa dalga kızıl ötesi (SWIR 1)	1,565–1,655	20
12	Kısa dalga kızıl ötesi (SWIR 2)	2,100–2,280	20

Zamansal değışikliklerin saptanması ve atmosferik olumsuzlukların en aza indilmesi için zamansal çözünürlüğü 5-10 gün arasında değışmektedir. Yörünge'nin ortalama yüksekliği 785 km ve görevde iki uydunun bulunması, ekvatorda 5 günde bir ve orta enlemlerde 2-3 günde bir tekrarlanan taramalara izin verir. Sentinel-2 verileri, AT (Avrupa Komisyonu) ve ESA (Avrupa Uzay Ajansı) tarafından ortaklaşa uygulanan GMES (Global Monitoring for Environment and Security) programını, örneğin arazi yönetimi, tarımsal üretim, ormancılık, doğal afetler vb. faaliyetleri ile ilgili hizmetler sağlamaktadır (URL-3).

Sentinel platformlarının günümüzde farklı özelliklere sahip 6 uydu sınıfı mevcuttur (Şekil 5). Bunlardan Sentinel-1 radar sensörlü, Sentinel-2 yüksek çözünürlüklü optik sensörlü, Sentinel-3 orta çözünürlüklü optik ve yükseklik sensörlü okyanus ve hava tahmini izlenmesi için, Sentinel-4 ve Sentinel-5 atmosferdeki hava kalitesi, iklim değışikliği ve ozon miktarı tespiti için, Sentinel-6 ise deniz seviyesindeki yükseklik ve kutupların izlenmesi için tasarlanmıştır (URL-4).



Şekil 5. Fırlatılan ve gelecekte fırlatılması hedeflenen Sentinel uyduları

Alara OİŞ sınırları içerisindeki araştırma alanının denizden yüksekliği 10-780 m arasında değişiklik göstermektedir, ortalama eğim ise yaklaşık %40'dır. Araştırma alanı, 36°42'43.51"K, 31°45'13.33"D ve 36°38'7.02"K, 31°48'33.94"D enlem-boylamları arasında bulunmaktadır. Alara OİŞ'nin alanı 12684,8 ha, ormanlık alan 7344,3 ha ve açıklık alan (İskan, Ziraat, Orman Toprağı) 5340,5 ha olup (OGM, 2018) seçilen araştırma alanı büyüklüğü 4877,4 ha'dır. Alara OİŞ'de yayılış gösteren türler Tablo 5'de verilmiş olup,

çalışma kapsamında ele alınan Kızılçam %80 oranda yayılış göstermektedir.

Tablo 5. Alara OİŞ’de seçilen araştırma alanının ağaç türlerine dağılımı

Ağaç Türü	Alan (ha)	%
Çz	3942,1	80
Çf	4,0	1
Maki	17,7	1
Karışık	43,2	1
Açıklık alan	870,4	17
Toplam	4877,4	100

Tablo 6. Alara OİŞ’de seçilen araştırma alanının kapalılık sınıflarına göre dağılımı

Kapalılık Sınıfı	Alan (ha)	%
Boşluklu kapalı (%0-10)	139,0	2,8
1 (%11-40)	198,5	4,2
2 (%41-70)	892,3	18,3
3 (% >71)	2777,2	56,9
Açıklık alan	870,4	17,8
Toplam	4877,4	100

Tablo 7. Alara OİŞ’de seçilen araştırma alanının gelişme çağına dağılımı

Gelişme Çağı	Alan (ha)	%
Boşluklu kapalı	139	2,8
a	137,3	2,8
b	549,2	13,3
c	2502,7	51,4
d	578,8	11,9
Açıklık alan	870,4	17,8
Toplam	4877,4	100

Ağaç türü açısından alanın yaklaşık tamamı Kızılçam ağaç türü ile kaplıdır. Kapalılık açısından bakıldığında alanın %56,9’u 3 kapalı, %18,3’ü 2 kapalı, %4,2’si ise 1 kapalı ve %2,8’i boşluklu kapalı alanı oluşturmaktadır. Gelişme çağlarında ise c çağı %51,4, b çağı %13,3, d çağı %11,9 ve a çağı ise alanın %2,8’ini oluşturmaktadır. Meşcere tiplerine açısından bakıldığında öne çıkan Çzc3 meşcere tipinin kapladığı alan 1219,2 ha ve Çzcd3 meşcere tipinin kapladığı alan ise 873 ha’dır.

Tablo 8. Alara OİŞ’de seçilen araştırma alanının meşcere tiplerine göre dağılımı

Meşcere Tipi	Alan (ha)	%
BÇz	95,7	2,0
BÇzMak	43,3	0,9
Çfcd3	4,0	0,1
Çza	92,3	1,9
Çza3	1,3	0,0
Çzab2	26,0	0,5
Çzb2	133,8	2,8
Çzb3	113,0	2,4
Çzbc2	74,4	1,6
Çzbc3	228,0	4,8
Çzc1	9,3	0,2
Çzc2	67,7	1,4
Çzc3	1219,2	25,5
Çzcd1	47,2	1,0
Çzcd2	282,3	5,9
Çzcd3	873,0	18,3
Çzd1	34,4	0,7
Çzd2	313,8	6,6
Çzd3	230,6	4,8
Maka3	17,7	0,4
İs	34,0	0,7
OT	229,1	4,8
Z	607,3	12,7
TOPLAM	4777,4	100,0

2.1.2. Topoğrafik Haritalar ve Amenajman Planı Meşcere Haritaları

Çalışmada topoğrafik haritalara (ALANYA-O27b4, O27c1, O27c4, O27d2) ilişkin sayısal eşyükselti eğrileri, SAM’nin boş kalan kısımlarının tamamlanmasında ve bağımsız değişken olarak denizden yükseklik, eğim verisinin elde edilmesinde kullanılmıştır. Alara OİŞ’ne ait 2017 yılında yapılan orman amenajman planına ait meşcere tipleri haritası ile örnekleme alanlarına ait nokta katmanı çalışmada kullanılan diğer altlıklardır.

2.1.3. Uydu Görüntüleri ve Dijital Hava Fotoğrafı

Çalışmada uzaktan algılama verisi olarak; Sentinel-2 uydu görüntüsü ve Harita Genel Müdürlüğü tarafından 2 farklı zamanda yüksek çözünürlüklü dijital kamera ile çekilmiş ham

hava fotoğrafları kullanılmıştır. Bunlar;

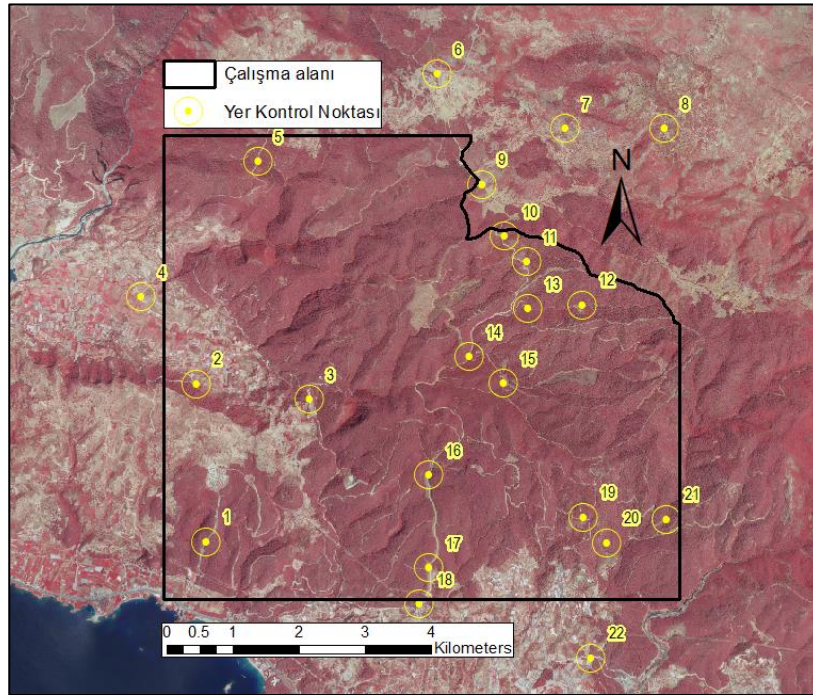
- ❖ 2018 tarihli 2A seviyesi Sentinel-2 uydu görüntüsü,
- ❖ 2016 Temmuz ayı içinde farklı tarihlerde çekilen hava fotoğrafları (29 adet),
- ❖ 2020 Temmuz ayı içinde farklı tarihlerde çekilen hava fotoğraflarıdır (27 adet).

Tablo 9. Hava fotoğraflarının özellikleri

	2016 yılı	2020 yılı
Kamera	UltraCam Eagle	UltraCam Eagle M3
Görüntü boyutu	20010×13080 piksel	17004×26460 piksel
Piksel boyutu	5,2×5,2 µm	4×4 µm
Bant sayısı	Pan+R,G,B,NIR	Pan+R,G,B,NIR

2.1.4. Yer Kontrol Nokta Verisi

Hassasiyeti artırmak için 2021 yılında 22 ayrı noktadan STONEX S3 marka Cors cihazıyla yatayda-düşeyde 2-3 cm hassasiyetle Yer Kontrol Noktası (YKN) alınmasına dikkat edilmiştir. Alınan yer kontrol noktaları kendi konumuna göre etrafından yükseklik farkı az olan, genellikle yolların ortasında, düz zeminlerden alınmıştır. Yer kontrol noktalarının kullanım amacı nokta bulutundaki yükseklik değerinin doğruluğunu artırmaktır.



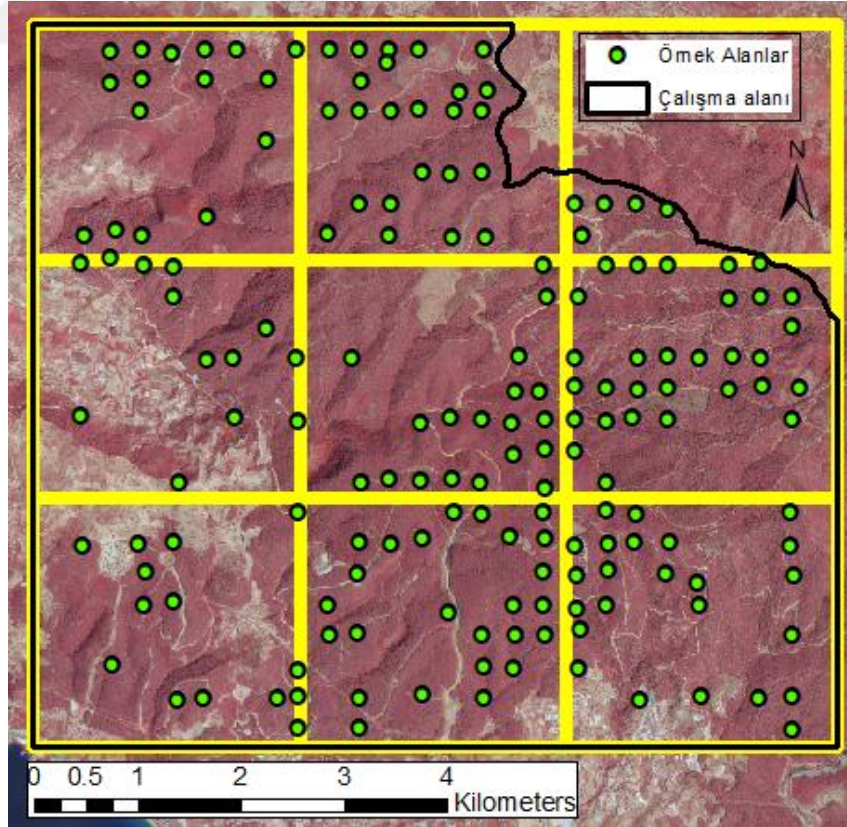
Şekil 7. Yer kontrol noktalarının konumsal dağılımı

2.1.5. Örnek Alan Verileri

Çalışma kapsamında ağaç türü olarak saf Kızılcıam meşcereleri içerisinde alınan örnek alan verileri kullanılmış olup, karışık meşcerelerin oranı ise düşüktür (%1).

Alara araştırma alanında 1 adet Çzab2, 9 adet Çzb2, 3 adet Çzb3, 2 adet Çzbc2, 15 adet Çzbc3, 1 adet Çzc1, 5 adet Çzc2, 43 adet Çzc3, 2 adet Çzcd1, 17 adet Çzcd2, 34 adet Çzcd3, 3 adet Çzd1, 22 adet Çzd2, 13 adet Çzd3 olmak üzere toplamda 170 adet örnekleme alanı verisi kullanılmıştır. Örneğin, Çzc2 meşcere tipi; ince ağaçlık çağında ve kapallığı %41-70 arasında olan saf Kızılcıam ormanını ifade etmektedir. Bu veriler 2017 yılında OGM tarafından yapılan kapsamlı bir envanter çalışmasından temin edilmiştir. Araştırma objesini oluşturan Kızılcıam ağaç türü örnekleme alanları 300×300 m aralıklarla sistematik olarak atılmış ve örnekleme alanları kapallığa bağlı olarak 400 m², 600 m² ve 800 m² büyüklüğünde alınmıştır (Şekil 8).

Her örnekleme alanında 8 cm ve daha büyük tüm ağaçların göğüs çapı ve meşcereyi temsil eden 3-5 ağaçta boy ölçümü yapılmıştır.



Şekil 8. Örnek alanların konumsal dağılımı ve alanın 9'a bölünmüş görünümü

2.1.6. Çalışmada Kullanılan Yazılımlar

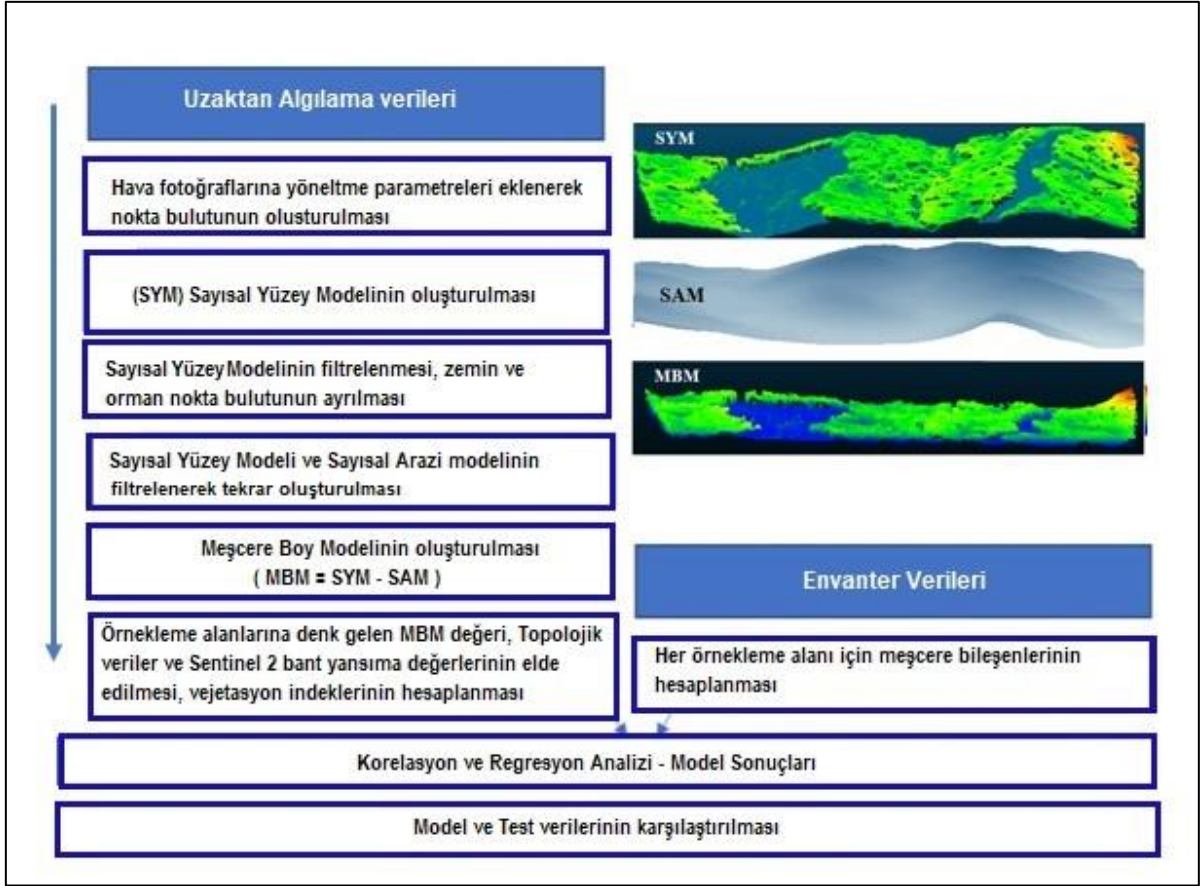
Çalışmada ham görüntülerden nokta bulutu elde etmek için Pix4D ve Agisoft Metashape yazılımı; nokta bulutu verisinin filtrelenmesi, SAM ve SYM oluşturulmasında CloudCompare ve LAStools; ağaç sayısı ve konum tespiti için QGIS3.16.15, MATLAB20 ve eCognition; kapalılığın belirlenmesi, MBM ve örnekleme alanlarına denk gelen piksel değerlerinin elde edilmesi ve geliştirilen model haritalar Arc Map 10,1; meşcere bileşenleri tahmininde korelasyon ve regresyon modellerinin geliştirilmesinde ise IBM SPSS Statistic 20 kullanılmıştır.

2.2. Yaklaşım Tarzı

Sentinel-2 uydu görüntüsü yansıma değerleri, vejetasyon indekleri, topoğrafik veriler ve dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğraflarından görüntü eşleştirme yöntemiyle üretilen üç boyutlu veri (MBM) ile meşcere bileşenleri arasındaki ilişkiler regresyon modeli geliştirilerek ortaya konmuştur. Her bir örnekleme alanında yapılan ölçümler yardımıyla, meşcere hacmi, meşcere ortalama boyu, meşcere orta çapı ve ağaç sayısı olmak üzere 4 farklı meşcere bileşeni hesaplanmıştır. Toplamda 170 adet örnekleme alan verisinin, 119 (%70) adeti model geliştirmek için, geri kalan 51 (%30) adeti ise üretilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Kapalılık bileşeni için referans veri olarak amenajman planı kapalılık haritası kullanılmış olup, Sentinel-2 uydu görüntüsü yardımıyla kontrollü sınıflandırma yapılarak kapalılık belirlenmiştir.

İş akış şeması Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Çalışmanın iş akış şeması

2.2.1. Meşcere Bileşenlerinin Hesaplanması

Meşcere bileşenlerinin hesaplanmasında aşağıda verilen eşitlikler kullanılmıştır.

$$\text{Ağaç Sayısı} = as \times 10000 / \text{ÖAB} \quad (1)$$

$$\text{Ağaç Sayısı} = \text{adet/ha}$$

$$as = \text{Örnekleme alanındaki ağaç sayısı (adet)}$$

$$\text{ÖAB} = \text{Örnekleme alanı büyüklüğü (m}^2\text{)}$$

$$\text{Orta çap} = \sqrt{((\Sigma d_{1.30})^2 / as)} \quad (2)$$

$$dg = \text{Çap (cm)}$$

$$\text{Meşcere hacmi} = \Sigma V \times 10000 / \text{ÖAB} \quad (3)$$

$$\text{Meşcere hacmi} = \text{m}^3/\text{ha}$$

$V = \text{Örnekleme alanındaki her ağaç için dikili kabuklu gövde hacim tablosundan elde edilen kabuklu gövde hacmi (m}^3\text{)}$

$$\text{ÖAB} = \text{Örnekleme alanı büyüklüğü (m}^2\text{)}$$

Meşcere hacmi hesabında, orman amenajman planında verilen dikili kabuklu gövde hacim tablosundan faydalanılmıştır (Tablo 10).

Tablo 10. Kızılcım dikili kabuklu gövde hacim tablosu (OGM, 2018)

Kızılcım			
Çap Kademeleri (cm)	Hacim (m ³)	Çap Kademeleri (cm)	Hacim (m ³)
08 – 11,9	0,025	48 – 51,9	1,971
12 – 15,9	0,064	52 – 55,9	2,375
16 – 19,9	0,130	56 – 59,9	2,814
20 – 23,9	0,226	60 – 63,9	3,283
24 – 27,9	0,357	64 – 67,9	3,777
28 – 31,9	0,526	68 – 71,9	4,289
32 – 35,9	0,734	72 – 75,9	4,814
36 – 39,9	0,982	76 – 79,9	5,344
40 – 43,9	1,272	80 – 83,9	5,869
44 – 47,9	1,601	84 – 87,9	6,381

Ayrıca meşcere hacmi; Kahrıman vd. (2017) tarafından Antalya ve Mersin yöresi Kızılcım meşcereleri için üretilen tek girişli ağaç hacim eşitliğine göre de hesaplanmıştır (Eşitlik 4).

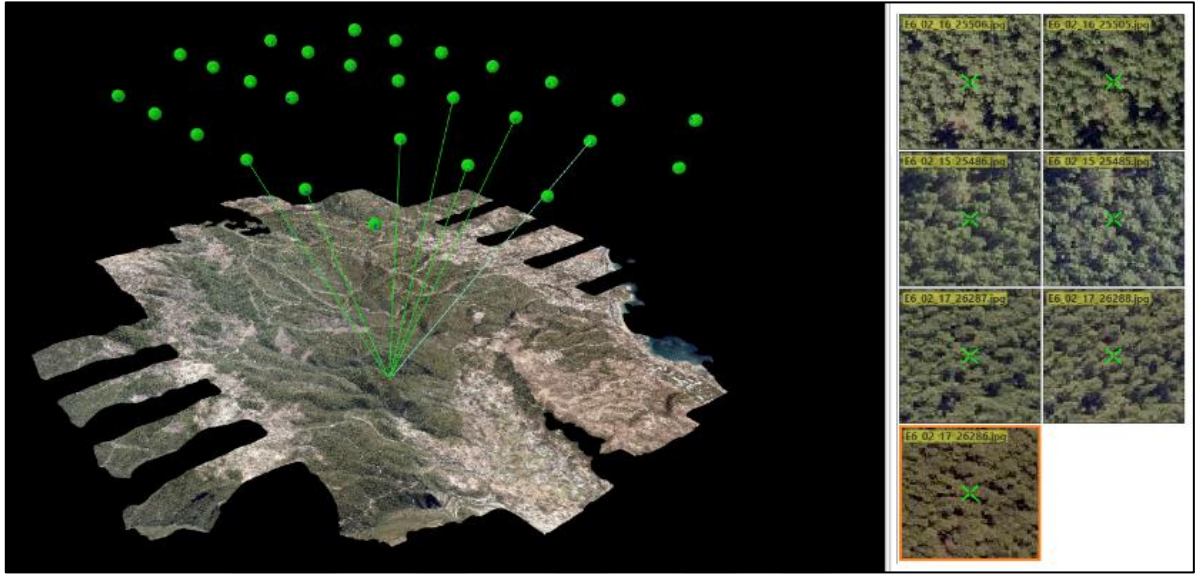
$$\text{Tek Ağaç hacmi } V=0,1654 \times d^{2,3784} \quad (4)$$

d=göğüs çapı

2.2.2. Sayısal Yüzey Modelinin Oluşturulması

Harita Genel Müdürlüğü tarafından temin edilen 2016 tarihli 29 adet ve 2020 tarihli 27 adet yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları kullanılmıştır. Fotoğraflara ait uçuş bilgisi, görüntü merkez koordinatları, açısız dönüklük bilgisi, kamera yöneltme elemanları programa eklenerek 3 boyutlu fotogrametrik nokta bulutu verisi üretilmiştir. Görüntü eşleştirme yöntemi ile bindirmeli alandaki ortak pikseller saptanıp eşleşmeler sağlanmıştır. Oluşan fotogrametrik nokta bulutunda gerçek konumunu temsil etmeyen ekstrem noktaların giderilmesi için filtreleme işlemi yapılmıştır. Filtreleme işleminin ardından nokta bulutu verisinin düşeydeki doğruluğunu artırmak için düz zeminlerden CORS cihazı ile ölçülen 22 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) yükseklik değerleri referans veri olarak kullanılmıştır. İlk olarak yüksek yoğunlukta alanın tamamı için nokta bulutu verisi üretilmiştir. Alanın tamamı için çok yüksek yoğunlukta nokta üretimine bilgisayar kapasitesi yetmediği için ayrıca alan

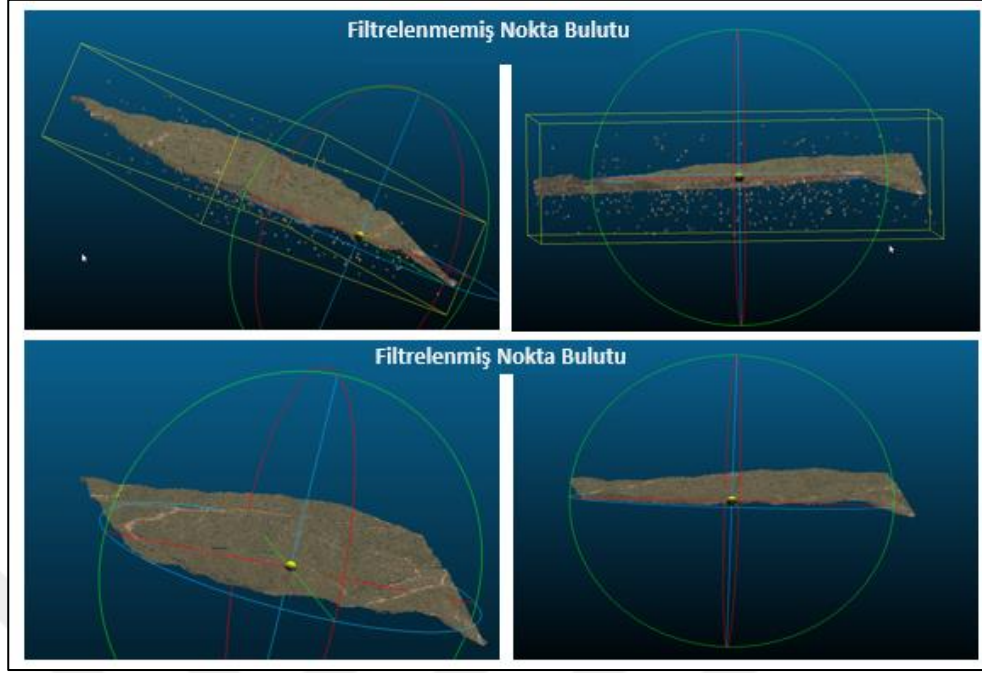
9'a bölünerek çok yüksek yoğunlukta nokta bulutu verisi asıl veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Nokta bulutu üretimi için Pix4D ve Agisoft Metashape programları kullanılmıştır.



Şekil 10. Pix4D programında elde edilen nokta bulutu verisi ve aynı konumun 7 farklı fotoğraf gösterimi



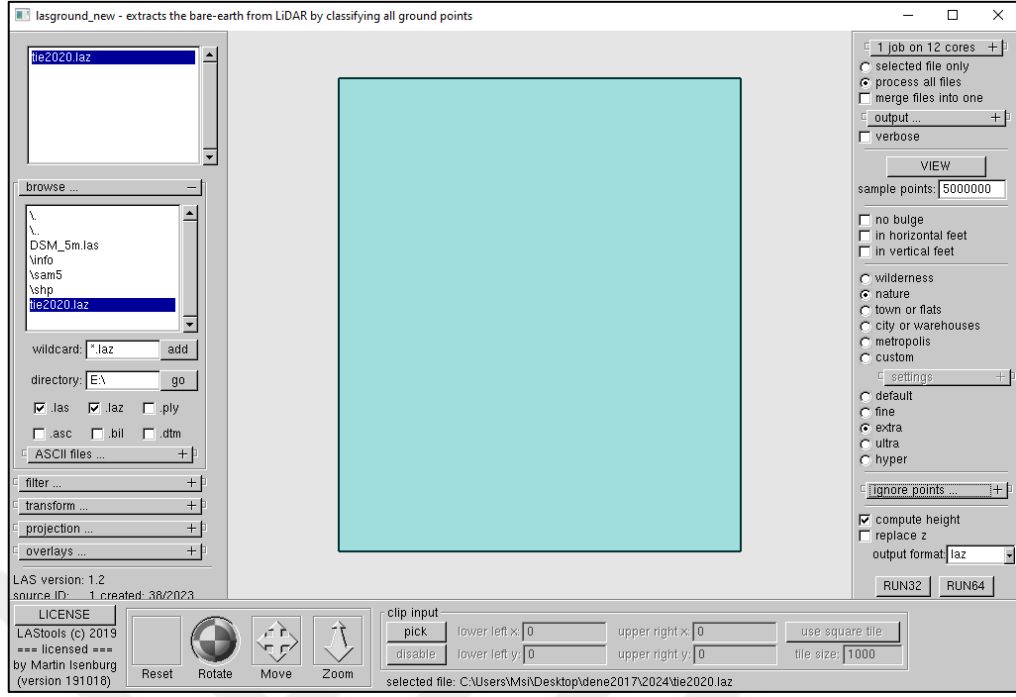
Şekil 11. Üretilen sayısal yüzey modeli görünümü



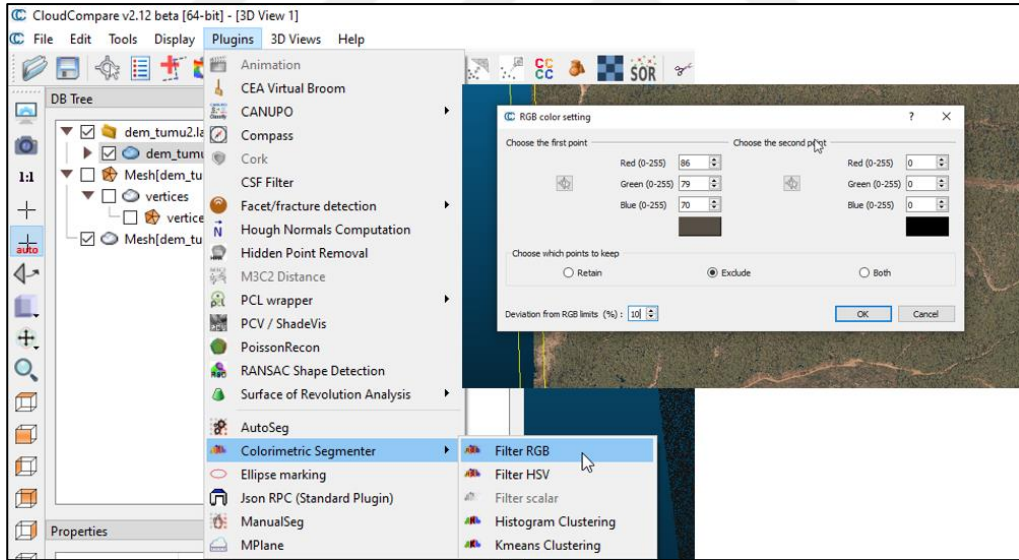
Şekil 12. CloudCompare noise filter komutu ile ekstrem noktaların giderilmesi

2.2.3. Sayısal Arazi Modeli Oluşturulması

Sayısal arazi modeli, SYM’inden ormanlık alanın çıkartılması sonucunda geriye kalan zemine ait yükseklik bilgisinin olduğu nokta bulutu verisini ifade etmektedir. SAM’nin elde edilmesin birkaç farklı yöntem kullanılmıştır. İlki olan CSF (Cloth Simulation Filtering) algoritmasının mantığı arazi yüzeyinin üzerine bir kumaş örtüldüğü ve yerçekimiyle alanın tamamını kapladığı varsayılarak tasarlanmıştır. Bu kumaşın kapattığı yüzey SYM’ni temsil etmektedir. SYM nokta bulutunun ters çevrilmesiyle ve tekrar yüzey kumaşla örtüldüğü varsayılarak oluşan son şekilde SAM oluşturulur. Algoritmada kumaş çözünürlüğü ve oluşan arazideki örtü yüzeyleri arasındaki mesafelere göre eşik değeri seçilmekte olup elde edilmek istenen veriye göre değişiklik göstermektedir (Zhang vd., 2016). Sayısal yüzey modeli nokta bulutu verisi “LAStools” programı ile “yer yüzeyi (lasground)” verisi ve “yer yüzeyi harici (unground)” olarak ikiye ayrılmış fakat istenilen düzeyde başarı elde edilememiştir (Şekil 13). “CloudCompare” yazılımı “Colorimetric segmenter” komutu kullanılarak, orman renk tonu komuta tanıtılmış orman renk tonu haricinde kalan yer yüzeyine ait nokta bulutu elde edilmiştir. CloudCompare “Cloth Simulation Filter” komutu kullanılarak “ground” ve “unground” verisi olarak iki farklı veri üretilmiştir. Bu iki yöntem arasından “Colorimetric segmenter” komutunun daha yüksek doğrulukta yer yüzeyi nokta verisi sağladığı tespit edilmiştir (Şekil 14).



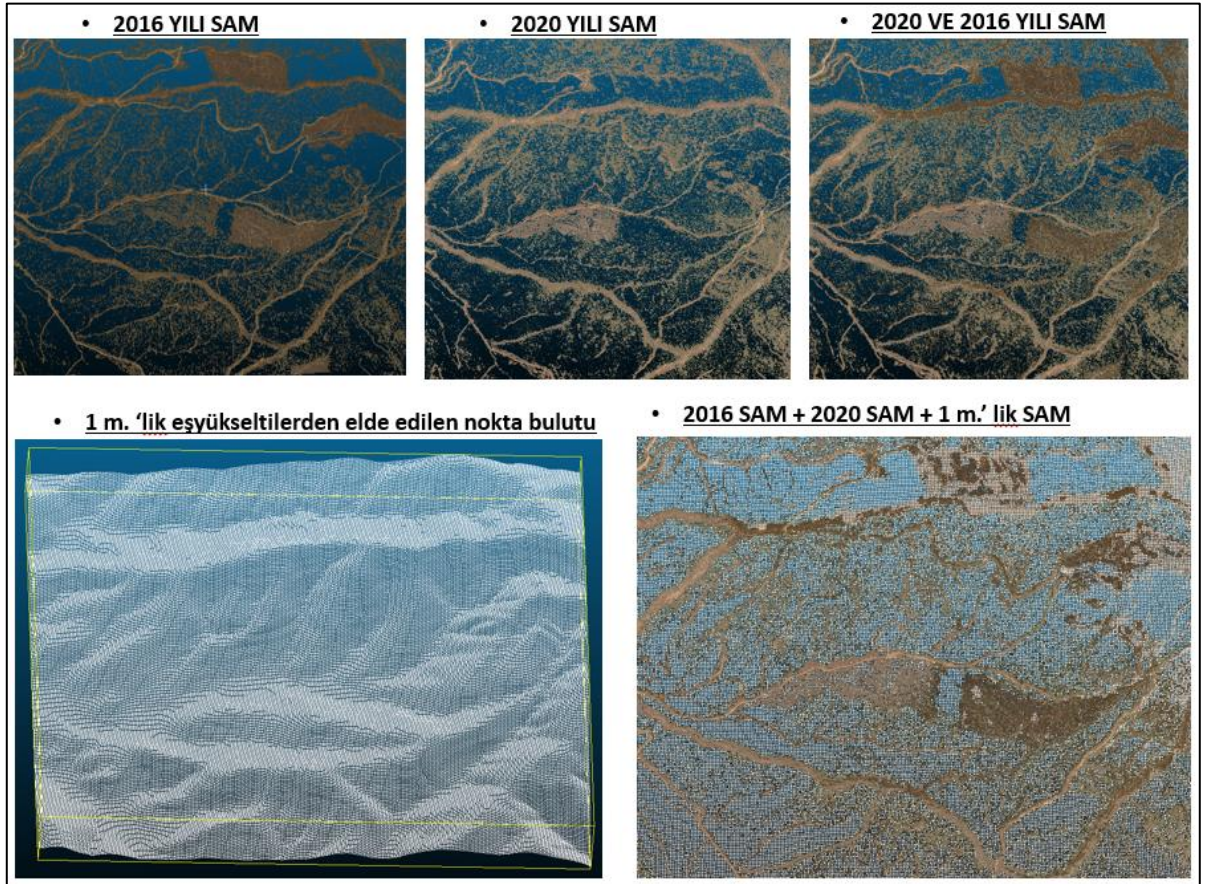
Şekil 13. LAStools programı “lasground” komutu



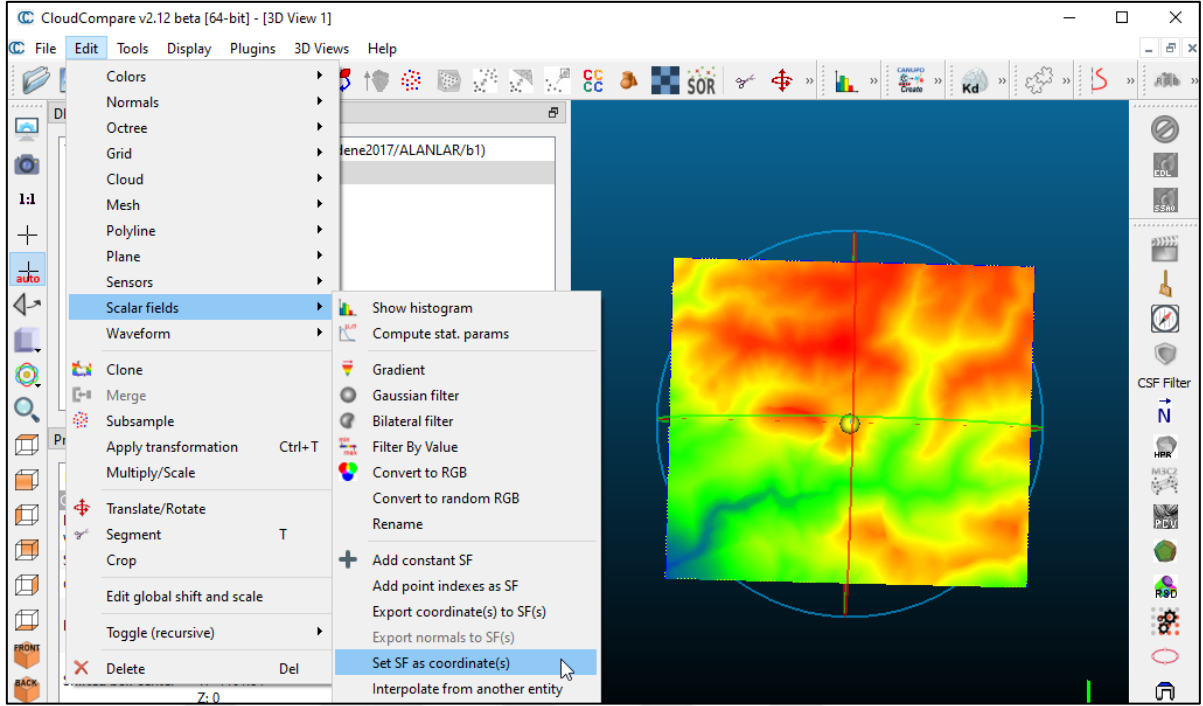
Şekil 14. Yer yüzeyi noktalarının “Colorimetric Segmenter” komutu ile elde edilmesi

SAM nokta bulutu verisi, 2016 ve 2020 yıllarına ait ayrı ayrı elde edilmiş ve filtreleme işleminden sonra birleştirilmiştir. 2020 yılına ait SAM verinin kullanılma amacı, 2016 yılında orman olan ve 2020 yılında gençleştirme, olağanüstü eta vb. nedenlerle orman örtüsünün tamamının kaldırılması veya bakım müdahalesi sonucu alandan bazı ağaçların alınmasıyla yer yüzeyine ait daha fazla veri elde etmektir. Bu iki verinin birleştirilmesiyle elde edilen veride 3 kapalı bazı alanlarda zemine ait nokta bulutu olmadığı tespit edilmiştir.

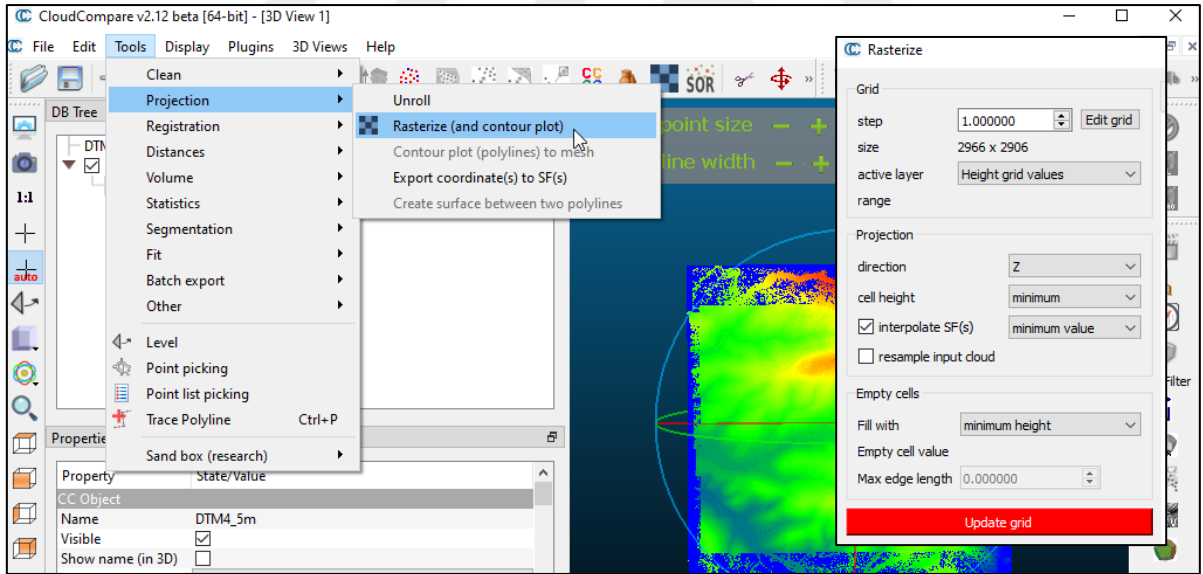
Zemine ait nokta bulutunun olmadığı alanlarda memleket haritası 10 m’lik eşyüksekti eğrilerinin 1 m’ye enterpole edilerek üretilen SAM verisi “CloudCompare” yazılımı “*Edit, Scalar Fields*” içerisinde “*Set SF coordinate*” komutu ile nokta bulutu verisine dönüştürülerek tamamlanmıştır (Şekil 16). Yukarıda belirtilen 3 veri sırasıyla birleştirilerek “Sayısal Arazi Modeli”nin taslak hali oluşturulmuştur. “Sayısal Arazi Modeli”nde kullanılacak veride yer yer hatalı olan noktaların giderilmesi için önce “noise filter” (gürültü filtresi), daha sonra noktaların az düştüğü alanları enterpole etmek için “CloudCompare” yazılımı “*Rasterize*” komutu ile m²’ye düşen minimum değerler alınarak 1m’lik çözünürlükte raster (tiff) formatında “Sayısal Arazi Modeli” oluşturulmuştur (Şekil 17).



Şekil 15. Sayısal Arazi Modeli (SAM)



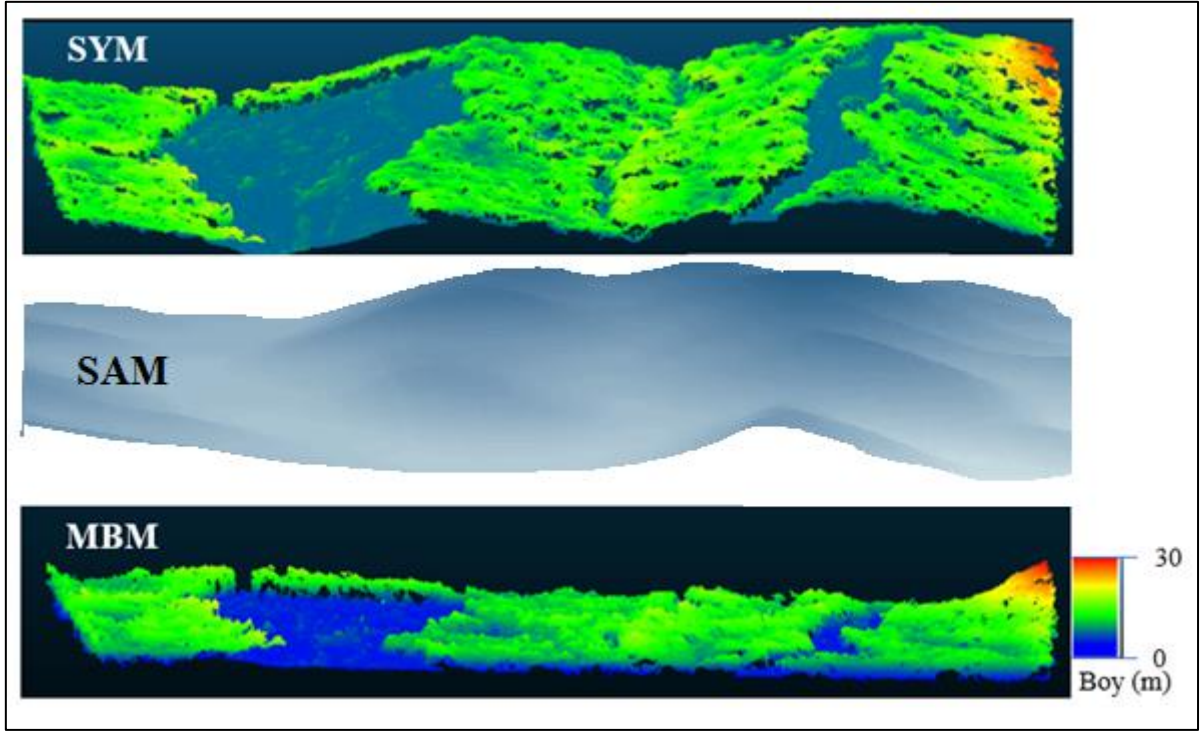
Şekil 16. CloudCompare programı Set SF as coordinates komutu



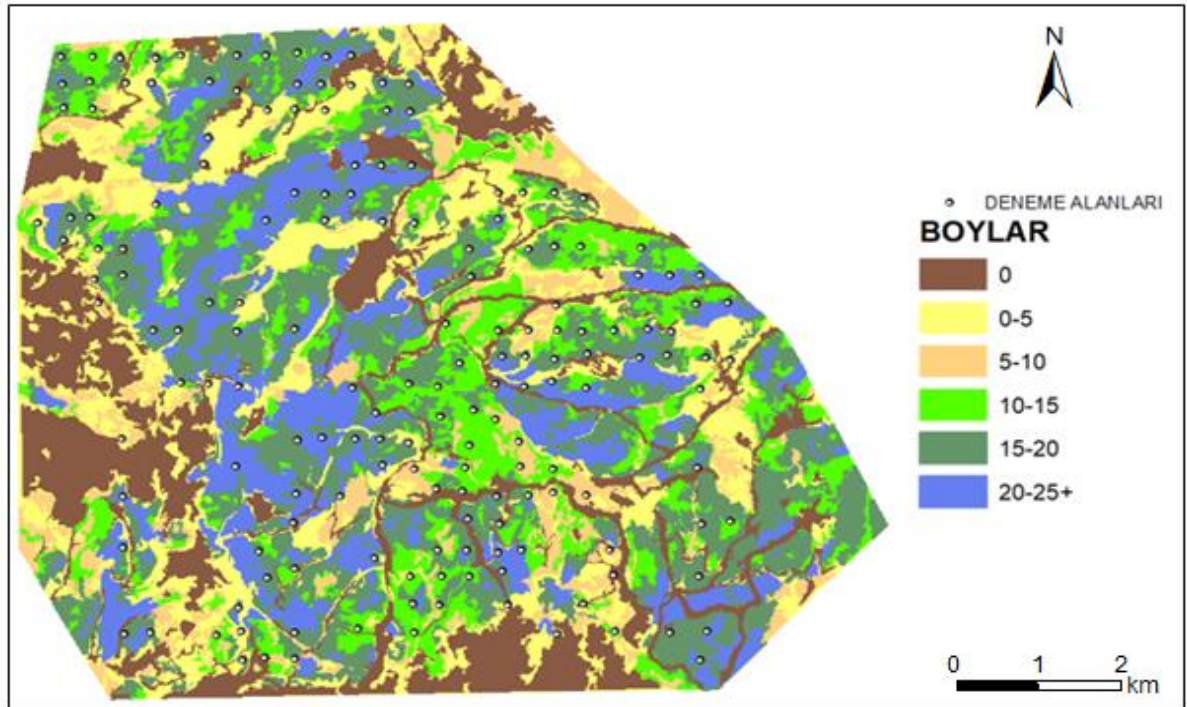
Şekil 17. CloudCompare “Rasterize” komutu

2.2.4. Meşcere Boy Modeli Oluşturulması

Meşcere boy modeli, ağaçların ortalama boyunu tahmin edeceğimiz temel veri kaynağını oluşturmaktadır. Şekil 18’ da görüldüğü üzere 3 boyutlu SYM ‘inden SAM nin çıkartılması sonucu MBM ‘de ağaçlar düz zemine indirgenmiştir.



Şekil 18. 3 Boyutlu SYM, SAM ve MBM görünümü



Şekil 19. Meşcere Boy Haritası

2.2.5. Çalışmada Kullanılan Vejetasyon İndeksleri

Vejetasyon indeksleri bitki örtüsünün belirli bir özelliğini vurgulamak için tasarlanmış iki veya daha fazla bandın dalga boyu özellikleri kullanılarak elde edilirler.

Çeşitli alanlardaki bitki örtüsünün tanımlanması için yaygın olarak vejetasyon indeksi kullanılır. Çalışmada kullanılan basit bant oranları ve vejetasyon indeksleri aşağıda sunulmuştur (Tablo 11).

Tablo 11. Çalışmada kullanılan vejetasyon indeksleri

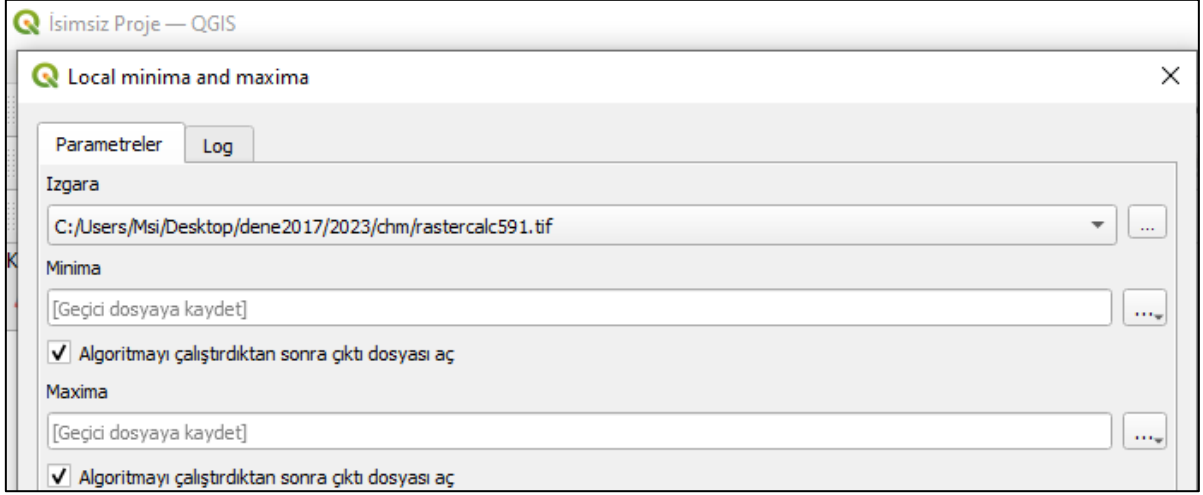
Vejetasyon İndeksi	Eşitlik	Referans
ARVI	$(\text{NIR}-2\text{Red}+\text{Blue}) / (\text{NIR}+2\text{Red}-\text{Blue})$	Kaufman ve Tanre (1992)
SAVI	$(\text{NIR}-\text{RED}) / (\text{NIR}+\text{RED}+L)(1+L)$, $L=0,5$	Huete (1988)
NDVI	$(\text{NIR}-\text{RED}) / (\text{NIR}+\text{RED})$	Kriegler vd. (1969)
IPVI	$(\text{NIR}) / (\text{NIR} + \text{Red})$	Crippen (1990)
DVI	$(\text{NIR})-(\text{RED})$	Clevers (1988)
RVI	$(\text{NIR})/(\text{RED})$	Jordan (1969)
NDMI	$(\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$	Gao (1996)
IRECI	$(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{Red Edge 2} / \text{Red Edge 1})$	Guyot and Baret (1988);
BANT8/2	$(\text{BANT8}/\text{BANT2})$	
BANT8/3	$(\text{BANT8}/\text{BANT3})$	

2.2.6. Ağaç Sayısının Belirlenmesi

Ağaç sayısının belirlenmesinde iki farklı yöntem izlenmiştir. İlkinde ağaçların direkt konumlarını bulmak için algoritmalar kullanılmıştır. İkinci yöntemde ise MBM, topoğrafik veriler ve Sentinel-2 verileri kullanılarak regresyon modeli yardımıyla tahmin edilmeye çalışılmıştır.

İlk yöntemde MBM ve ortofoto verisi kullanılmıştır. MBM verisinde lokal maxima algoritması ile ağaç tepeleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Lokal maksima komutu piksellerin komşuları arasında en yüksek değere sahip olanın seçilmesi mantığına göre çalışmaktadır. MBM verisi ile kullanılan diğer bir yöntem ise watershed (havza) algoritmasıdır. MBM'nin ters çevrilmesi sonucu ağaç tepeleri çukur gibi görülmektedir. Algoritmaya göre çevresine göre minimum değerleri temsil eden piksel havzasını bulmaktadır. İkinci yöntem ise ortofoto verisi ile segmentasyon yaparak ve ağaç şeklini programa tanıtarak ağaç sayısı tahmin edilmeye çalışılmıştır.

QGIS 3.16 yazılımı yardımıyla, nokta bulutundan elde edilen MBM kullanılarak “*local maxima*” komutu ile ağaç sayısı, nokta katmanı olarak tespit edilmiştir. Local maxima algoritması etrafındaki piksellere göre en yüksek değere sahip olanın belirlenmesiyle oluşmaktadır.

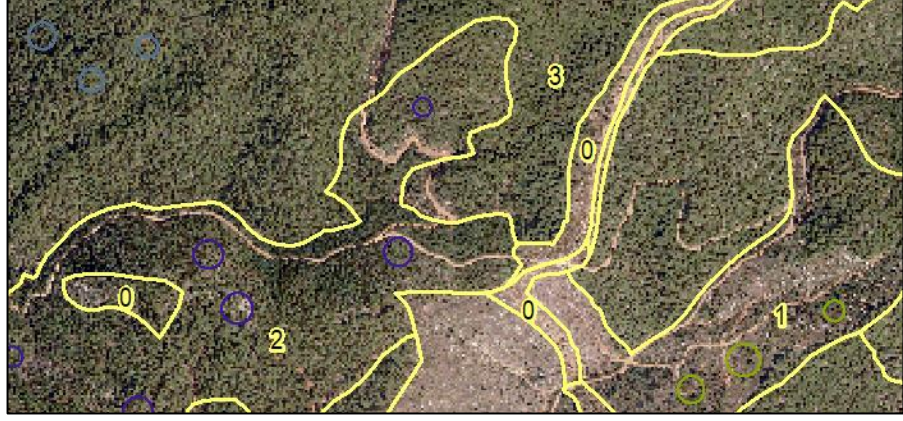


Şekil 20. QGIS “local maxima” komutunun kullanımı

Hava fotoğraflarından elde edilen ortofoto verisi ile de yine ağaç sayısı tespiti için önce “MATLAB” programında sırasıyla “*Sobel, watershed, regional maxima*” filtreleri kullanılarak ağaçlar daha belirgin hale getirildikten sonra, elde edilen görüntü eCognition programı “*template editör*” komutu ile ağaç görünümü ve şekli programa tanıtılmış, “*multiresolution segmentation*” komutu ile her ağaç poligon olarak ayrılıp ayrı ayrı ağaç konumları tespitinde kullanılmıştır.

2.2.7. Kapalılığın Belirlenmesi

Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak ArcMap 10.1 programı “Maximum Likelihood Classification” komutu ile her kapallık sınıfı için ayrı eğitim alanları oluşturularak kapallık haritası elde edilmiştir (Şekil 21). Bu algoritmada, her sınıf için o sınıfı temsil eden örnekler; daire, kare ya da çokgen poligon şekilleriyle seçilerek tanıtılmıştır. Tanıtılan her sınıf için yansıma değerleri ortalaması ve birbirine ne kadar benzerlikte olduğunu hesaplayarak her piksel kendisine en yakın olasılıktaki sınıfa atanmıştır. Sonuç olarak raster bantlar üzerinde sınıflandırılan piksellere dayanarak en yüksek olasılık sınıflandırması gerçekleştirilmiş ve çıktı olarak sınıflandırılmış bir raster veri oluşturulmuştur. Oluşan raster veri ArcGIS “*raster to poligon*” komutu ile vektöre çevrildikten sonra ArcGIS “*eliminate*” komutu ile haritanın daha homojen olması için 1 ha’dan küçük alanlar seçilerek komşu en büyük alana katılmıştır. Referans veri olarak amenajman planı kapallık haritası kullanılmıştır.



Şekil 21. Kontrollü sınıflandırmada seçilen örnek sınıflar

2.2.8. Orta Çap ve Gelişme Çağının Belirlenmesi

Gelişme çağı; ağaçların $d_{1.30}$ cm'deki çaplarının sınıflandırılmış halini temsil etmektedir. Meşcere gelişme çağıları bakımından $d_{1.30}$ cm'deki çapı 0-7,9 cm'ye kadar olanlar “a” çağını, 8-19,9 cm'ye kadar olanlar “b” çağını, 20-35,9 cm'ye kadar olanlar “c” çağını, 36-51,9 cm'ye kadar olanlar “d” çağını, 52 cm ve daha kalın çaplı olanlar “e” çağını tanımlamaktadır. Orta çapın belirlenmesi modelinde, orta çap bağımlı değişken, MBM, topoğrafik veriler, Sentinel 2 bant yansımaları değerleri ve bitki örtüsü indeksleri verileri bağımsız değişken olarak modele dahil edilmiştir. 119 adet örnek alanı için elde edilen model, 51 adet test verisinde eşleştirilmiş t-testi (paired sample t test) ile karşılaştırılmıştır.

2.2.9. Uydu Görüntüsünün Analizi

Çalışmada Sentinel-2 uydu görüntüsünün 10 m konumsal çözünürlüğe sahip 2, 3, 4, 8 ve 20 m konumsal çözünürlüğe sahip 5, 6, 7, 8a, 11 ve 12. bantları kullanılmıştır. Her örnek alan, kapalılığına göre 400 m², 600 m², 800 m² büyüklüğünde daire şeklinde poligon olarak kaydedilmiştir. Bantlara ait örnek alanı yansımaları değerleri *Zonal statistics* komutu ile elde edilmiştir.

2.2.10. İstatistiksel Analiz

Çalışmada, uydu görüntüsü bantları yansımaları değerleri ve Tablo 15'te belirtilen indeksler ile meşcere bileşenleri arasındaki ilişki ve verilerin normal dağılımı tespit edilmiştir. Korelasyon analizi ile iki farklı değişken arasındaki ilişkinin yönü ve şiddeti hakkında bilgi edinilebilmektedir. Değişkenlerin arasında olan ilişkinin miktarını belirten katsayı “korelasyon katsayısı” olarak ifade edilmektedir. Korelasyon analizi neticesinde,

doğrusal ilişki olup olmadığı ve var ise bu ilişkinin derecesi belirlenmektedir. Korelasyon katsayısı “r” ile temsil edilmekte ve -1 ile +1 arasında değerlere sahip olmaktadır. Pozitif bir ilişki; değişkenlerden birinin değerlerinin artması durumunda, diğer değişkenin değerlerinin de artması; negatif ilişki ise, değişkenlerden birine ait değerlerin artması durumunda, diğer değişkene ait değerlerin azalması anlamına gelmektedir. Korelasyon katsayısının “0” olması değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin söz konusu olmadığını ifade etmektedir. Eğer; $r=-1$ ise “Tam negatif doğrusal bir ilişki var”, $r=+1$ ise, “Tam pozitif doğrusal bir ilişki var”, $r=0$ ise, iki değişken arasında “ilişki yok”tur. Pearson Korelasyon Katsayısı; ($r:0,00-0,25$) Çok Zayıf, ($r: 0,26-0,49$) Zayıf, ($r:0,50-0,69$) orta, ($r:0,70-0,89$) yüksek ve ($r:0,90-1,00$) çok yüksek olarak ifade edilmektedir.

Değişkenlerin arasında olan ilişkinin denklemsel olarak ifade edilmesine ise, “regresyon denklemi” denmektedir. Elde edilen verilerde “çoğul regresyon” modeli ve eleme yöntemi olarak da “backward” yöntemi kullanılmıştır.

$y = ax+b$ denkleminde “y”: bağımlı değişkeni, “a”: bağımsız değişken katsayısını, “x”: bağımsız değişken katsayısını, “b”: denklemin sabit değerini ifade etmektedir.

Uydu görüntüsünün bantlarına ait yansıma değerleri, yansıma değerlerinin kendi aralarındaki oranları ve vejetasyon indeksleri ile meşcere bileşenleri arasında, yukarıda belirtildiği gibi ilk olarak “korelasyon”, ardından ise “çoğul regresyon analizi” yapılarak modeller ortaya konmuş, bu modellerin meşcere bileşenlerini tahmin etme derecesi belirlenmiştir. Bu analizde yüksek korelasyona sahip değişkenlerle çoğul regresyon analizi gerçekleştirilerek modeller elde edilmiş, bu modellerin meşcere bileşenlerinin yüzde kaçını açıklayabildiği ortaya konmuştur. Bunun için ilk olarak ortalama meşcere boyu bağımlı değişken, bantlara ilişkin yansıma değerleri, topoğrafik veriler ve MBM verileri bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Sonraki aşamada ise; ağaç sayısı ve orta çap meşcere bileşenleri bağımlı değişken, bantlara ilişkin yansıma değerleri ile vejetasyon indeksleri ve üstte belirtilen regresyon modelinden elde edilen ortalama boy değerleri ise bağımsız değişken olarak kullanılmış, meşcere bileşenleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkiyi kuran çoğul regresyon modelleri formülize edilmiştir. Regresyon modelleri; ağaç sayısı, hacim, ortalama meşcere boyu ve orta çap için ayrı ayrı geliştirilmiştir. Formülize edilen modellerin standart hatası ve $R^2_{düz.}$ ’leri hesaplanmıştır. Örnekleme alanlarının %70’i model için %30’u ise modellerin test edilmesi için kullanılmıştır. Modellerin test verileriyle uyumlu olup

olmadığının kontrol edilmesinde eşlendirilmiş t testi (paired sample t test) kullanılmıştır. Bu test iki bağımlı grubun aritmetik ortalamaları arasındaki farkın anlamlılığını kontrol etmek amacıyla uygulanan bir yöntemdir.



3. BULGULAR

3.1. Meşcere Bileşenlerine İlişkin Normal Dağılım Kontrolü ve Korelasyon Analizi Sonuçları

Meşcere bileşenlerinin kendi içinde ve uzaktan algılama verileriyle ilişkili olup olmadığı saptamak için korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Korelasyon analizinden önce verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığının kontrolü yapılmıştır. Normal dağılım eğrisi veya çan eğrisinin orta noktası ortalamayı göstermekte olup, sağ ve solunda kalan kısımların nerdeyse birbirine yakın değerler alması beklenmektedir. Verilerin bu şekilde dağılım göstermesi, bulunacak sonuçların gerçeğe yakın olacağını varsaymaktadır. Normal dağılım testi olarak Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır. 119 adet örnek alan verisi için elde edilen meşcere bileşenlerinin; normal dağılım analizi sonucunda (4) eşitliği ile elde edilen hacimler “V(4)” haricinde tamamının normal dağılıma uygun olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 12. Normal dağılım sonuçları

		dg	h ort	V (4)	N	V
N		119	119	119	119	119
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	27,774	19,043	277,38	461,454	206,334
	Std. Deviation	8,148	3,934	237,964	181,127	77,188
Most Extreme Differences	Absolute	0,081	0,043	0,186	0,112	0,045
	Positive	0,081	0,043	0,186	0,112	0,045
	Negative	-0,034	-0,038	-0,164	-0,054	-0,04
Kolmogorov-Smirnov Z		0,881	0,467	2,032	1,22	0,493
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,419	0,981	0,001	0,102	0,968

(dg: meşcere orta çapı, h ort: meşcere ortalama boyu, V (4): 4 nolu eşitliğe göre meşcere hacmi, N: Ağaç sayısı, V: ağaç hacim tablosuna göre meşcere hacmi)

Meşcere bileşenlerinden orta çap ile diğer üç bileşen arasında orta düzeyde anlamlı bir ilişki olduğu görülürken, ağaç sayısı ile meşcere boyu ve hacim arasında zayıf düzeyde ilişki bulunmaktadır (Tablo 13). En yüksek ilişki hacim ile orta çap arasında, en düşük ilişki ise hacim ile ağaç sayısı arasındadır.

Tablo 13. Meşcere bileşenleri arasındaki korelasyon sonuçları

	Ortaçap	Meşcere boyu	Hacim	Ağaç Sayısı
Ortaçap	1			
Meşcere boyu	0,589**	1		
Hacim	0,672**	0,502**	1	
Ağaç Sayısı	-0,628**	-0,286**	-0,216	1

Meşcere bileşenleri ile Sentinel-2 bant değerleri, vejetasyon indeksleri, bant oranları arasındaki korelasyonda genel olarak anlamlı ilişkiler olmasına rağmen zayıf düzeyde ilişki çıkmıştır (Tablo 13).

Meşcere bileşenleri ile bant yansıma değerleri arasındaki korelasyonlarda ortalama boy ile Bant3, Bant8 arasında zayıf, Bant4 arasında çok zayıf korelasyon, ağaç sayısı (N) ile Bant3 arasında çok zayıf korelasyon, hacim ile Bant2 arasında da çok zayıf korelasyon katsayısı elde edilmiştir.

Tablo 14. Meşcere bileşenleri ile Sentinel-2 yansıma değerleri arasındaki korelasyon sonuçları

	Bant2	Bant 3	Bant 4	Bant 5	Bant 6	Bant 7	Bant 8	Bant8a	Bant11	Bant12
dg	0,108	-0,010	0,082	0,103	0,007	0,012	-0,071	0,026	0,120	0,075
hort	-0,156	-,294**	-0,188*	-0,156	-0,108	-0,114	-0,293**	-0,103	0,098	0,055
N	0,154	0,222*	0,059	0,154	0,068	0,044	0,143	0,023	-0,078	-0,071
V	0,209*	0,152	0,066	0,117	0,075	0,045	0,080	0,062	0,090	0,057

Meşcere bileşenleri ile vejetasyon indekleri arasındaki korelasyonlara bakıldığında ortalama boy (hort) ile SAVI, DVI arasında çok zayıf, NDMI arasında zayıf korelasyon ve meşcere hacmi ile Bant8/2 arasında çok zayıf korelasyon olduğu görülmektedir.

Tablo 15. Meşcere bileşenleri ile vejetasyon indeksleri arasındaki korelasyon sonuçları

	ARVI	SAVI	NDVI	IPVI	DVI	RVI	NDMI	IRECI	Bant8/2	Bant8/3
dg	-,129	-,136	-,141	-,141	-,109	-,175	-,070	-,023	-,154	-,080
hort	-,006	-,220*	-,005	-,005	-,249**	-,048	-,293**	-,176	-,062	,031
N	,089	,131	,040	,040	,134	,066	,143	,088	-,088	-,141
V	,031	,036	-,029	-,029	,063	-,053	,081	,107	-,195*	-,146

Meşcere boy modeli ile yersel ölçümler sonucu hesaplanan meşcere bileşenleri arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ise tahmini boy değeri ile yersel ölçümlerde ölçülen ortalama boy değeri arasında 0,757 değeri ile yüksek düzeyde ilişki, hacim ve orta çapta ise orta düzeyde ve ağaç sayısında ise zayıf düzeyde ilişki olduğu tespit edilmiştir (Tablo 16). En yüksek korelasyon MBM ile ortalama boy arasında, en düşük korelasyon ise MBM ile ağaç sayısı arasında bulunmuştur.

Tablo 16. MBM ile meşcere bileşenleri arasındaki korelasyon sonuçları

	h_ort	V	N	dg	MBM
MBM	0,757**	0,577**	-0,340**	0,623**	1

Elde edilen korelasyon sonuçlarına dayanarak değişkenler arasındaki ilişkiyi ölçmek

için “regresyon analizi” yapılmıştır. Bağımlı değişkenler olarak belirlenen orta çap, hacim, meşcere boyu ve ağaç sayısının bağımsız değişkenler olarak belirlenen bantlardan elde edilen yansıma değerleri, vejetasyon indeksleri, topoğrafik veriler (denizden yükseklik, eğim) ve bant oranları kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır.

3.2. Araştırma Alanı İçin Geliştirilen Modeller

Sentinel-2 uydu görüntüsü ve MBM’den elde edilen boy verileri ile meşcere bileşenleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma alanında toplam 170 adet örnekleme alan verisinden, 119 adedi model geliştirmek için, geri kalan 51 adedi ise üretilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Elde edilen modeller aşağıda sunulmuştur (Tablo 17).

Tablo 17. Araştırma alanı meşcere bileşenlerine ait regresyon model çıktıları

Bağımsız Değ.	İstatistiki Değer.	Örnek Alan Sayısı	h ort	V	N	dg
Sentinel-2, MBM	$R^2_{düz}$	119	0,61	0,45	0,21	0,43
	Std. Hata		2,4	57,4	161,0	6,1

Regresyon modellerine MBM dahil edilmediğinde hacim için $R^2_{düz}=0,14$, hata 71,2 m³/ha, ağaç sayısı için $R^2_{düz}=0,16$, std. hata 165 adet/ha, orta çap için ise $R^2_{düz}=0,15$, std. hata 7,5 cm, ortalama boy için $R^2_{düz}=0,19$, hata 3,5 m olarak tespit edilmiştir. MBM’nin her ne kadar ağaç sayısı üzerinde fazla etkisi olmasa da; orta çap, meşcere hacmi ve ortalama boy tahminlerini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Meşcere bileşenlerinin tahmininde uydu görüntüsü verisinin yanında boy verisinin kullanılmasıyla daha yüksek tahminler elde edilmiştir.

3.2.1. Meşcere Orta Boyuna İlişkin Bulgular

Meşcere boy verisi için belirtme katsayısı 0,61 hatası ise 2,4 m olarak hesaplanmıştır. Modele dahil olan bağımsız değişkenlere bakıldığında MBM, Bant8/2 bant oranı, Bant3, NDMI vejetasyon indeksidir. Model ile elde edilen test çıktıları ile gözlem verileri arasında hesaplanan eşlendirilmiş t testine göre ($p=0,413$) anlamlı çıkmıştır.

$$h_{ort.} = 19,043 + 0,706 \times MBM - 0,857 \times B82 - 249,366 \times B3 + 27,282 \times NDMI \quad (5)$$

Tablo 18. Ortalama boy modeline ilişkin çıktılar

Bağımlı Değişken	Düzeltilmiş R ²	Bağımsız Değişkenler	Katsayı Değerleri	Standart Hata	Beta	t	sig.
h ort(Ortalama boy)m	0,61	(Constant)	19,043	3,410		5,585	,000
	Hata: 2,4 m	MBM	,706	,058	,715	12,210	,000
		Bant8/2	-,857	,297	-,338	-2,880	,005
		B3	-249,366	73,839	-,604	-3,377	,001
		NDMI	27,282	11,800	,383	2,312	,023

3.2.2. Meşcere Hacim Modeline İlişkin Bulgular

Meşcere hacim modeli için belirtme katsayısı 0,45 hatası ise 57,4 m³/ha olarak hesaplanmıştır. Modele dahil olan bağımsız değişkenlere bakıldığında MBM, Bant8/2 bant oranı, NDVI ve DVI vejetasyon indeksidir. Model ile elde edilen test çıktıları ile gözlem verileri arasında hesaplanan eşlendirilmiş t testine göre (p=0,737) anlamlı çıkmıştır.

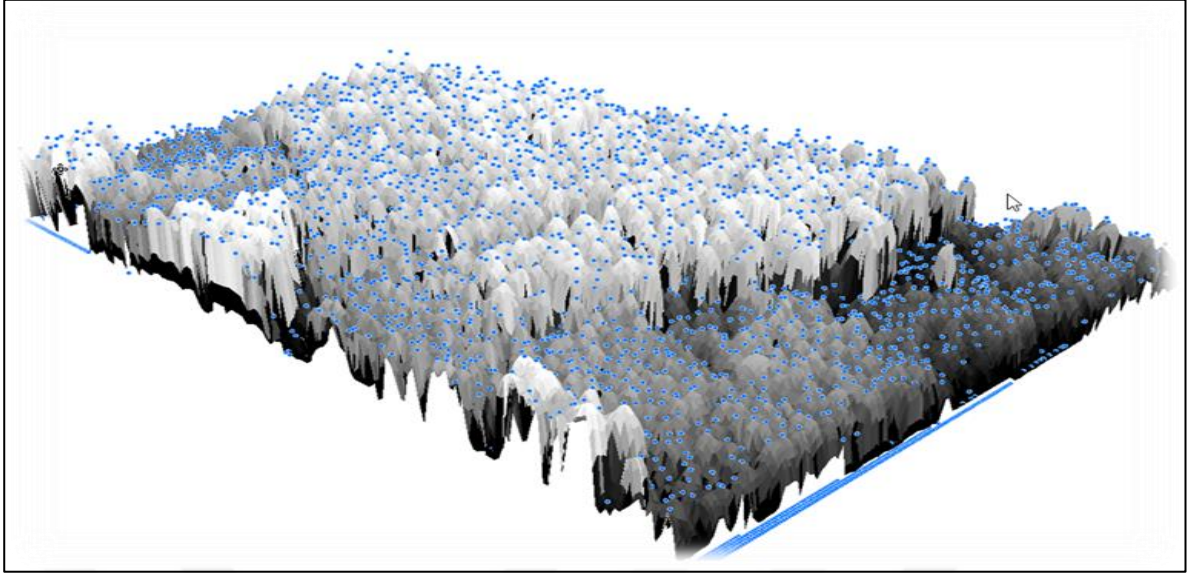
$$V = -174,881 + 11,875 \times \text{MBM} + 452,287 \times \text{NDVI} + 781,788 \times \text{DVI} - 26,622 \times \text{B82} \quad (6)$$

Tablo 19. Hacim modeline ilişkin çıktılar

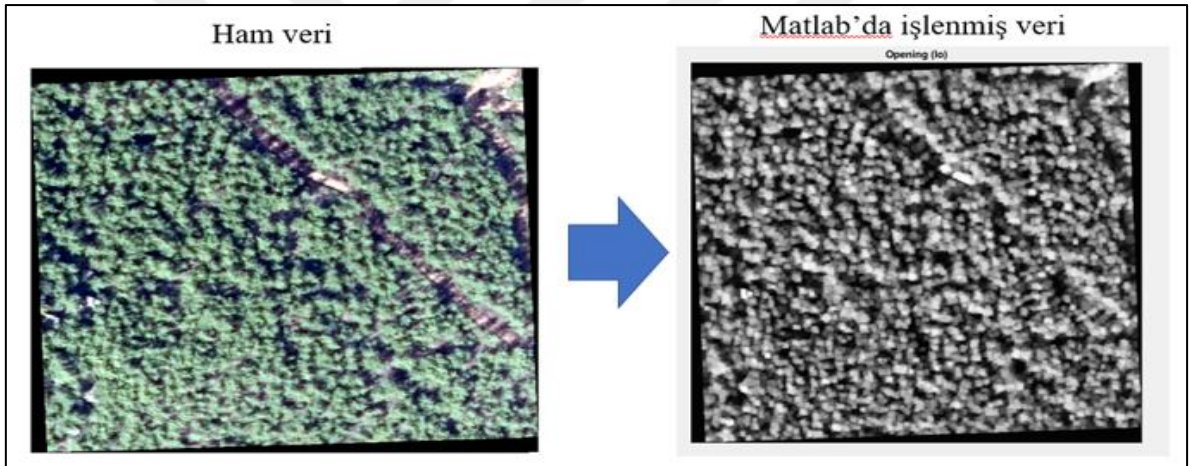
Bağımlı Değişken	Düzeltilmiş R ²	Bağımsız Değişkenler	Katsayı Değerleri	Standart Hata	Beta	t	sig.
V (Hacim) m ³ /ha	0,45	(Constant)	-174,881	78,402		-2,231	,028
	Hata: 57,4 m ³ /ha	MBM	11,875	1,358	,613	8,746	,000
		NDVI	452,287	196,808	,310	2,298	,023
		DVI	781,788	259,031	,255	3,018	,003
		Bant8/2	-26,622	6,248	-,535	-4,261	,000

3.2.3. Ağaç Sayısı Modeline İlişkin Bulgular

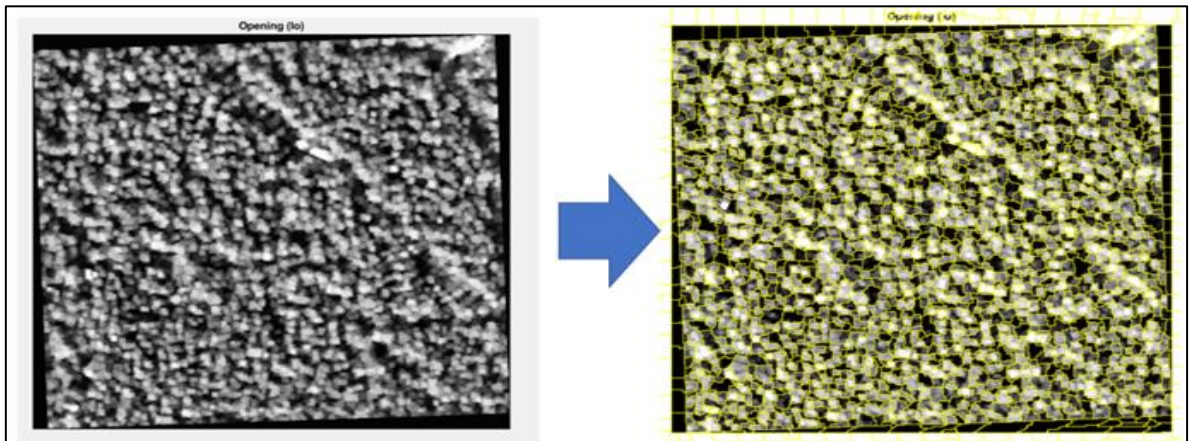
Ağaç sayısı tahmini için veri kaynağı olarak MBM ve ortofoto görüntüler kullanılmıştır. MBM kullanılarak ağaçların tepelerine denk gelen noktalar *local maxima* komutu yardımı ile tespit edilmiştir. Ortofoto verisi ile ağaç konumu tespiti yapılmıştır. Her iki yöntemde de düşük tahmin sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen modele göre belirme katsayısı 0,21 ve hata 161 adet/ha çıkmıştır. Modele dahil olan bağımsız değişkenlere bakıldığında MBM, RVI vejetasyon indeksi ve Bant8/Bant3 oranlarıdır.



Şekil 22. QGIS yazılımı “local maxima” komutu ile elde edilen ağaç konumu nokta verisi



Şekil 23. Ham hava fotoğrafının MATLAB programında filtrelendikten sonraki görünümü



Şekil 24. eCognition programı “Multiresolution segmentasyonu” sonucu



Şekil 25. eCognition programı ağaç konumu çıktısı

$$N = 1291,079 - 14,479 \times \text{MBM} + 139,879 \times \text{RVI} - 368,592 \times \text{B83} \quad (7)$$

Tablo 20. Ağaç Sayısı modeline ilişkin çıktılar

Bağımlı Değişken	Düzeltilmiş R ²	Bağımsız Değişkenler	Katsayı Değerleri	Standart Hata	Beta	t	sig.
N (Ağaç Sayısı) adet/ha	0,21	(Constant)	1291,079	189,156		6,825	,000
	Hata:161adet/ha	MBM	-14,479	3,743	-,318	-3,869	,000
		RVI	139,879	38,389	,538	3,644	,000
		Bant8/3	-368,592	90,305	-,601	-4,082	,000

3.2.4. Meşcere Orta Çapı Modeline İlişkin Bulgular

Elde edilen gelişme orta çap modelinin belirtme katsayısı 0,43 ve hatası 6,1 cm olarak bulunmuştur. Modele MBM, RVI vejetasyon indeksi ve denizden yükseklik (TopoYük) bağımsız değişkenleri dahil olmuştur. Fakat eşlendirilmiş t testi sonuçlarına (p=0,000) göre modelin anlamsız olduğu tespit edilmiştir.

$$\text{dg} = 21,802 + 1,253 \times \text{MBM} - 2,159 \times \text{RVI} - 0,020 \times \text{TopoYük} \quad (8)$$

Tablo 21 . Orta çap modeline ilişkin çıktılar

Bağımlı Değişken	Düzeltilmiş R ²	Bağımsız Değişkenler	Katsayı Değerleri	Standart Hata	Beta	t	sig.
dg (Orta çap)cm	0,43	(Constant)	21,802	5,511		3,956	,000
	Hata:6.1 cm	MBM	1,253	,143	,613	8,766	,000
		RVI	-2,159	,856	-,185	-2,523	,013
		TopoYük	-,020	,007	-,209	-2,862	,005

3.3. Geliştirilen Modellerin Test Edilmesi

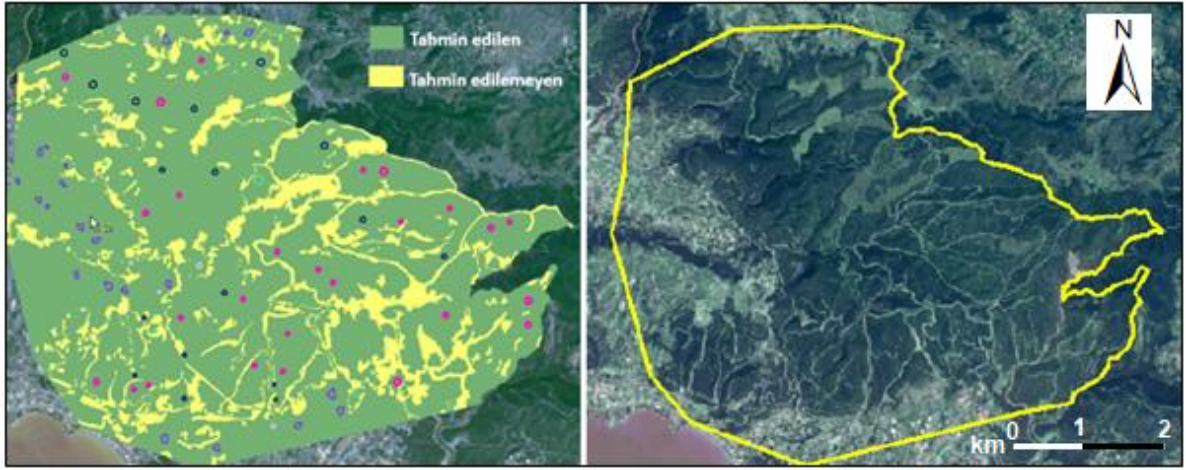
Çalışma kapsamında dikkate alınan 4 farklı meşcere bileşeni (ağaç sayısı, meşcere orta boyu, meşcere orta çapı, meşcere hacmi) için geliştirilen modeller, test edilmiştir. 119 adet örnekleme alanı için elde edilen modeller, 51 adet test verisiyle eşlendirilmiş t-testi (Paired sample t test) ile karşılaştırılmıştır (Tablo 22). Eşlendirilmiş t-testine göre arazide ölçülen bileşen değerleri ve model sonucu oluşturulan tahmin sonuçları 0,05 önem düzeyi ile ortalama boy, hacim ve ağaç sayısı için anlamlı, orta çap için anlamsız olduğu görülmektedir.

Tablo 22. Eşlendirilmiş t-testi (paired sample t test) sonuçları

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed) p
	Mean	Std. Dev.	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
V (hacim)	-4,004	84,780	11,872	-27,849	19,841	-0,337	50	0,737
h _{ort} (ort. boy)	0,424	3,660	0,513	-0,606	1,453	0,826	50	0,413
N (ağaç sayısı)	-27,853	175,196	24,532	-77,128	21,422	-1,135	50	0,262
dg (orta çap)	-4,224	6,007	0,841	-5,913	-2,534	-5,021	50	0,000

3.4. Kapalılığın Belirlenmesine İlişkin Bulgular

Kapalılığın belirlenmesinde ArcGIS programı kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Kapalılık sınıfları (<%10) boşluklu kapalı, (%11-40) 1 kapalı, (%41-70) 2 kapalı, (>70) 3 kapalı olarak oluşturulmuştur. Referans veri olarak amenajman planı kapalılık haritası kullanılmış olup, kullanıcı doğruluğu 0,90, kappa istatistiği 0,87 olarak belirlenmiştir.



Şekil 26. Üretilen kapalılık haritası

4. TARTIŞMA

Çalışma sonuçları her bileşen için diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmada hektardaki ağaç sayısı için, belirtme katsayısı 0,21, std. hata 161 adet/ha olarak bulunmuştur. Pouliot vd. (2002), plantasyon sahasında %91 doğrulukla tahmin etmiştir. Ateşoğlu (2009), Kayın meşcerelerinde, Landsat 7 ETM+, Aster VNIR ve Spot HR-VIR görüntüleri yardımıyla ağaç sayısı modelinin belirtme katsayısını 0,33 olarak tespit etmiştir. Demirel (2016), Kızılçam ve Karaçam plantasyon sahalarında hektardaki ağaç sayısını sırasıyla $R^2_{düz}$: 0,51 ve 0,59 sonucunu bulmuştur. Özkan ve Demirel (2018), ağaç sayısını $R^2_{düz}$: 0,43 olarak, Yılmaz vd. (2015), Adıyaman ili Kahta ilçesinde 1 kapalı ormanda Harita Genel Müdürlüğü tarafından temin hava fotoğrafları ile 89 ağaçtan 81 adedini tespit etmişlerdir. Yılmaz vd. (2016), Karadeniz Teknik Üniversitesi kampüsü içerisinde bulunan bazı ağaçların konumunu ve sayısını, dron ile çekilen yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafı kullanılarak Agisoft ve MATLAB yazılımıyla %70'in üzerinde başarıyla tespit etmiştir. Mohan vd. (2017) DJI phantom 3 marka dron verisi ile ürettiği nokta bulutu ile Çam, Duglas, Ladin ve Gökmar ağaçlarının karışık bulunduğu alanda 367 ağaçtan 312'sini %85 oranda doğru tahmin etmiştir. Wojcik (2022) gerçekleştirdiği çalışmada, Sentinel-2 ve IceSat-2 LiDAR verileri yardımıyla ağaç sayısını 0,61 belirtme katsayısı ile tahmin etmiştir. Bulut vd., 2023 Landsat 8 ve Sentinel 2 uydu görüntüleriyle ağaç sayısını $R^2=0,98$, $RMSE\%=5,97$ değerleri ile tahmin etmiştir. Aksoy (2023), Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8 OLI ve dron algılayıcıları ile meşcere ağaç sayısı $R^2=0,81$ olarak tespit etmiştir. Yapılan çalışmalarda tahmin düzeyi her ne kadar bu çalışmaya göre yüksek olsa da fotogrametrik nokta bulutunun kullanıldığı çoğunlukla plantasyon alanlarında, yol kenarında belirli mesafede dikili olan ağaçlarda ve 1 kapalı lokal yayılış gösteren ağaç sayısının az olduğu göz ile seçilebilen alanların tercih edildiği tespit edilmiştir. Örneklem alanlarındaki ağaç sayılarına bakıldığında c ve d çağındaki alanlarda da b çağındaki bireylerin olduğu ve bunların sayısını elde etmekte hava fotoğrafı ve nokta bulutu verisinin yetersiz olduğu anlaşılmıştır.

Hektardaki meşcere hacmi tahmini dikkate alındığında, çalışmada belirtme katsayısı 0,45, std. hata 57,4 m³/ha olarak bulunmuştur. Demirel (2016), hektardaki meşcere hacmini Karaçam plantasyon meşceresinde 0,77 belirtme katsayısı ve 8,6 m³/ha standart hata ile,

Kızılçam plantasyon meşcerelerini ise 0,91 belirtme katsayısı ve 3,7 m³/ha standart hata ile tahmin etmiştir. Özkan ve Demirel (2018), Adıyaman Orman İşletme Müdürlüğü Kızılçam plantasyon alanında hava fotoğrafı spektral değerleri ve tekstür özellikleriyle hektardaki meşcere hacmini $R^2_{düz} = 0,41$ ve %20,96 std. hata ile tahmin etmişlerdir. Yapılan bu çalışma sonucu elde edilen hacim değeri diğer çalışmalara göre benzer sonuçlar vermiştir. Hou vd. (2022), Gökmar ağaç türü için yaptıkları çalışmada Pantom 4 RTK model dron ile yaptıkları eğik (oblique) uçuş ile elde ettiği hava fotoğraflarından ürettiği nokta bulutu verileri ile ağaç boyları ile hacim arasında model geliştirmiştir. Korelasyon katsayısının 0,90 ve std. hatanın 0,123 olduğunu tespit etmiştir. Chrysafis vd. (2017), Sentinel-2 ve Landsat-8 OLI spektral bant değerleri ve vejetasyon indekslerini kullanarak meşcere hacmini $R^2=0,52$, RMSE=72,6 m³/ha ile tespit etmiştir. Wojcik (2022), çalışmasında Sentinel-2 ve IceSat-2 LiDAR verilerini kullanarak meşcere hacmini 0,54 ile 0,75 arasında belirtme katsayıları ile tespit etmiştir. Bulut vd. (2023) Landsat 8 ve Sentinel 2 uydu görüntüleriyle meşcere hacmini $R^2=0,98$ RMSE%=3,03 değerleriyle açıklanmıştır. Aksoy (2023) Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8 OLI ve dron algılayıcıları yardımıyla meşcere hacmi $R^2=0,83$ olarak tespit etmiştir. Yapılan bu çalışma sonucu elde edilen hacim değeri diğer çalışmalara göre düşük sonuçlar vermiştir.

Meşcere orta çapı bileşenine bakıldığında belirme katsayısı 0,43 ve hata 6,1 cm olarak tespit edilmiştir. ise Demirel (2016), Karaçam plantasyon meşceresinde orta çapı 0,72 belirtme katsayısı, 1,0 cm std. hata ile ve Kızılçamda ise 0,67 belirtme katsayı, 1,5 cm std. hata ile ve kapalılık derecesinde $R^2_{düz} = 0,862$ ile tahmin etmiştir. Özkan ve Demirel (2018), orta çapı $R^2_{düz} = 0,48$ ve %11,91 hata ile tespit etmiştir. Bulut vd. (2023) Landsat 8 ve Sentinel 2 uydu görüntüleriyle meşcere hacmini $R^2=0,98$ RMSE%=1,99 değerleriyle açıklanmıştır. Aksoy (2023) Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8 OLI ve dron algılayıcıları yardımıyla meşcere hacmi $R^2=0,83$ olarak tespit etmiştir. Yapılan bu çalışma sonucu elde edilen orta çap değeri diğer çalışmalara göre düşük sonuçlar vermiş olup eşlendirilmiş t testi sonuçlarına göre de model anlamsız çıkmıştır.

Meşcere ortalama boy bileşenine bakıldığında belirme katsayısı 0,61 ve hata 2,4 m olarak tespit edilmiştir. Demirel (2016), tarafından hava fotoğrafı kullanılarak Kızılçam meşcerelerinde gerçekleştirilen çalışmada, meşcerelerin yüksek yükselti ve üst orman zonunda olması ve bireylerin normal gelişmemesi nedeniyle, uzaktan algılama verileriyle ağaç boyu ve meşcere boyu tahminleri düşük çıkmıştır. Karaçam ve Kızılçam plantasyon

sahalarında boy bileşeni ise %88 oranında doğruluk ve 0,683 metre hata ile tahmin edilmiştir. Özkan ve Demirel (2018), Kızılçam ağaçlandırma alanında ortalama ağaç boyunu 0,38 düzeltilmiş R^2 ve %23,57 hata ile tahmin etmiştir. Ullah vd. (2020), Almanya, Baden - Wurttemberg çalışma alanında Sarıçam, Kayın, Meşe, Gürgen ağaçlarında stereo görüntüler kullanarak maksimum boyu ibreli, yapraklı, karışık ve genel olarak türlerde sırasıyla $R^2=0,71$; 0,50; 0,46; 0,57 ve ortalama 2-2,5 m arası standart hata ile tahmin etmiştir. Yapılan bu çalışmaya göre ortalama boy benzer sonuçlar vermiştir. Pourreza vd. (2022) Phantom 4 RTK dron ile 25 m, 50 m ve 100 m yükseklikten yaptığı uçuşlarla elde ettiği verilere göre Arizona Servisi (ağaçlandırma alanlarında) boylarını sırasıyla %0,9; %4,3 ve %10,2 hata ile tahmin etmiştir. Panagiotidis vd. (2017), Çek Cumhuriyetinde karışık ağaç türlerinin (Larix, Sarıçam, Avrupa Ladini) bulunduğu 25×25 m iki farklı örnekleme alanında toplam 87 ağaç için boy tahmini çalışması yapmıştır. DJI S800 dron ve Sony NEX-5 R dijital kamera kullanmıştır. Yersel ölçümlerde ise ağaç boylarını TruPulse 360 /B lazer ile örnek alan merkezini ise RTK GPS Trimble Juno ile ağaçların merkeze olan uzaklık ve açılarını ise Vertex III, Transponder T3 ile ölçmüştür. Her ağacın diğerinden ayrılması için watershed segmentasyonu ve ayrılan her ağacın tepe noktasını bulmak için ise local maxima algoritması kullanılmış olup verilere göre boylar %11,42-12,62 hata ile tahmin edilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucu elde edilen ortalama boy değeri diğer çalışmalara göre düşük sonuçlar vermiştir.

Genel olarak hava fotoğrafı ve hava fotoğrafından elde edilen nokta bulutu verisi kullanılarak yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar, bu çalışmaya göre daha yüksek sonuçlar vermektedir. Fakat yapılan çalışmaların çoğu plantasyon, 1 kapalı lokal sahalarda ve dron ile çekilmiş daha yüksek çözünürlüklü veriler ile elde edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarının düşük çıkmasının ana etkeni alanın büyük, örnekleme verisinin fazla ve 3 kapalı ormanlarda sayısal arazi modeline ait yeteri kadar nokta bulutu verisi elde edilememesi olmasıdır.

5. SONUÇLAR

Envanter verileri, önceden sadece arazide ölçülen yersel ölçümlerle elde edilirken sonraki süreçte hava fotoğrafları yardımıyla elde edilmiştir. Hava fotoğraflarının çekilmeye başlandığı ilk günden beri, ormancılıkla ilgilenenler fotoğrafları kullanılarak, ağaç türleri ve gruplarını belirlemekle uğraşmışlar, günümüzde meşcere tipinin ve bunun yanında meşcere bileşenlerinin belirlenmesinde hava fotoğrafları yanında, uydu görüntüleri, radar ve LiDAR verileri ve farklı yaklaşım ya da algortimaların kullanımına yönelmişlerdir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada; dijital kamera ile çekilen hava fotoğrafları ile Sentinel-2 uydu verilerinden yararlanılarak; kapalılık, hacim, meşcere boyu ve ağaç sayısı, orta çap olmak üzere farklı meşcere bileşenleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Aynı yaşlı olarak işletilen Kızılçam meşcerelerin yer aldığı Alara Orman İşletme Şefliği içinden toplam 119 örnekleme alanı verisinden (119 adet model, 51 adet test) hareketle hesaplanan meşcere bileşenleri ile meşcere boy modeli, uydu görüntülerinin her bandı için elde edilen piksel değerleri kullanılarak regresyon analizi ile ilişkiye getirilmiş ve çok sayıda model geliştirilmiştir. Belirtme katsayıların bakıldığında ortalama boy için $R^2_{düz}=0,61$, std. hata=2,4 m, meşcere hacmi için $R^2_{düz}=0,45$, std. hata= 57,4 m³/ha, orta çap için $R^2_{düz}=0,43$, std. hata=6,1 cm, ağaç sayısı için $R^2_{düz}=0,21$, std. hata=161 adet/ha olarak hesaplanmıştır.

Literatüre bakıldığında, meşcere bileşenleri arasında en az tahmin ağaç sayısı bileşenidir. Elde edilen nokta bulutuna ve hava fotoğrafına uygulanan algoritmalar ağaçların sadece tepelerini tespit etmekte olup, meşcerenin tepe çatısının altında kalan ağaçları tahmin edememektedir. Örnek alan envanter karnelerine bakıldığında “c” ve “d” çağında da 8- 11,9 cm arasında göğüs çapına sahip bireylerin fazla olması nedeniyle ağaç sayısı tahminleri düşük çıkmaktadır. Özellikle örnek alanların yaklaşık %50’si “c” çağında ve kapalılık açısından da %50’si 3 kapalı meşcerelerden oluştuğu için, tahminler düşük çıkmıştır.

6. ÖNERİLER

Gelecek süreçte teknolojinin envanter çalışmalarında daha fazla kullanılmasıyla ağaç hacimleri sadece çapa göre değil, çap ve boya göre daha hassas olarak hesaplanacaktır. Fakat tüm örnek alanlarda bu yöntemler kullanılmayabilir. Örneğin katlı meşcerelerde, yoğun kapalılığa sahip, yoğun diri örtü barındıran ve müdahale görmemiş alanlarda; hava fotoğrafı, uydu görüntüsü ve LiDAR verileri düşük doğrulukta tahminler verebileceği için, yersel ölçümlere ihtiyaç duyulacaktır. Ormancılıkta kullanılan bilgilerin çoğu alan ve o alan içerisindeki meşcere bileşenleri düzeyindedir. Buna örnek olarak 1 ha'lık alandaki ağaç sayısı, meşcere hacmi, artımı ve göğüs yüzeyi verilebilir. Dolayısıyla, alan envanterinde ve meşcere bileşenlerinin tespit edilmesinde yine yersel ölçümlere gerek duyulacak fakat uzaktan algılama verisi ve metodu eskiye göre daha yoğun şekilde kullanılacaktır.

Bu kapsamda ortaya çıkan önerileri şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Maliyeti yüksek olmasına rağmen son zamanlarda araştırma amaçlı kullanılmaya başlanan havasal LiDAR verilerinin de meşcere bileşenleri tahmininde kullanılmasının yaygınlaştırılması ve bu verilerin kullanıldığı modellerin geliştirilmesinde gerekmektedir. Havasal LiDAR teknolojisini yaygın olarak kullanan gelişmiş ülkelerde ülkenin pek çok yerinin sayısal arazi modeli internet üzerinden indirilebilmektedir. Yakın zamanda da ülkemizde bu aşamaya geçilmesi halinde meşcere bileşenleri tahmini ve meşcere gelişimini izleme açısından sadece sayısal yüzey modelini üretmek yeterli olacaktır.
- Sayısal yüzey modelini elde etme aşamasında da HGM tarafından temin edilen sayısal hava fotoğrafları ya da RTK'lı drone ile çekilen hava fotoğrafları kullanımı doğruluk hassasiyetinde önemli rol oynayacaktır.
- Çalışma alanlarında sayısal arazi modelinin önemli payının olduğu ve doğruluğunun artırılması için farklı zamanlarda çekilen hava fotoğrafından yararlanılabilir.

Orman İşletme Şefliği alanı ile nokta bulutu veri boyutu aynı oranda arttığı için bilgisayar kapasitesi genel olarak tam alan için yetmemektedir. Bu kapsamda bilgisayarın rahat çalışabilmesi için ya nokta bulutu veri boyutu düşürülmeli ya da şefliğin alanı işlenebilir büyüklüklerde ayrılmalıdır.

Literatüre bakıldığında derin öğrenme, yapay sinir ağları ve destek vektör makine teknikleriyle regresyon modellerine göre daha yüksek belirtme katsayıları elde edilmekte olup gelecek süreçte bunların daha yoğun kullanılması önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, uzaktan algılama teknikleri ve verileri kombine şekilde kullanılarak farklı meşcere bileşenlerinin tahmin edilmesinde daha fazla sayıda araştırma yapılmalı ve ilerleme kaydedilmelidir.



7. KAYNAKLAR

- Abd Latif Z., Aman S.N.A. & Ghazali R. (2011). Delineation of tree crown and canopy height using airborne LiDAR and aerial photo. *In: Proceedings of 2011 IEEE 7th International Colloquium on Signal Processing and its Applications (CSPA 2011)* March 4-6; Penang (Malaysia). p. 354– 358.
- Aksoy, H. (2023). *Sinop Orman Bölge Müdürlüğü Saf Sarıçam Meşcerelerinde Farklı Uzaktan Algılama Verileri Kullanılarak Bazı Meşcere Parametrelerinin Modellenmesi*. Doktora Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Asan, Ü. (2017). *Orman amenajmanı (Planlama sistemleri)*, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, No:513, İstanbul, 434 s.
- Astola, H., Hame, T., Sirro, L., Molinier M. & Kilpi J. (2019). Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 imagery for forest variable prediction in boreal region. *Remote Sensing of Environment*. 257-273.
- Ateşoğlu, A. (2009). *Farklı Uydu Görüntü Verileri İle Meşcere Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması. Bartın-Mugada Örneği*, Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Bahadır, M. (2023). *İyileştirilmiş Lokal Maksimum Yöntemi İle Nokta Bulutlarından Ağaç Taç Segmentasyonu ve Metriklerinin Tahmini*. Yüksek Lisans Tezi. KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Baltsavias, E., Gruen, A., Eisenbeiss, H., Zhang L. & Waser L.T., (2008). High-quality image matching and automated generation of 3D tree models, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 29, No.5, 10 March 2008, 1243-1259.
- Bingöl, İ.H. (1990). *Geçmişten Günümüze Ormanlar ve Ormancılığımız*, Ormancılık Eğitim ve Kültür Vakfı Yayın No: 4 , Cilt II , 510 s. İstanbul.
- Bruce, D. & Schumacher, F. (1950). *Forest mensuration*, New York, 425 s.
- Bulut, S., Günlü, A. & Keleş, S. (2016). Estimation of some stand parameters using Göktürk-2 satellite image. *In Proceedings of the 1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies*, 118-124, Bursa.
- Bulut, S., Günlü, A. & Çakır, G. (2023). Modelling some stand parameters using Landsat 8 OLI and Sentinel-2 satellite images by machine learning techniques: a case study in Türkiye. *Geocarto International*, Vol38.no1.2158238.
- Chrysafis, I., Mallinis, G., Siachalou, S. & Patias, P. (2017). Assessing the relationships between growing stock volume and Sentinel-2 imagery in a Mediterranean forest ecosystem. *Remote Sens. Lett.* 8, 508–517.
- Clevers, J.G. P. W., Kooistra, L., & Van den Brande, M. M. M. (2017). Using Sentinel-2 data for retrieving LAI and leaf and canopy chlorophyll content of a potato crop, *Remote Sensing*, 9, 5, 405.
- Crippen, R. E. (1990). Calculating the vegetation index faster, *Remote Sensing of Environment*, 34, 1, 71-73.

- Çakır, C. (2022). *Landsat ve Sentinel Uydu Görüntüleri İle Meşcere Hacminin Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Çatal, Y. (2012). Height-diameter model for black locust. Anatolian black pine and Taurus cedar tree species in Lakes Region. *SDU Faculty of Forestry Journal*, 13: 92-96.
- Çil, B. (2014). *Bazı Meşcere Parametrelerinin Farklı Uydu Görüntüleri Yardımıyla Tahmin Edilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Çil, B., Karahalil, U. & Karşlı, F. (2015). Uzaktan Algılama Verileri Yardımıyla Bazı Meşcere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi:Kütahya/Tetik Planlama Birimi Örneği, *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu*, Konya, Türkiye, 21 - 23 Mayıs 2015, cilt.1, sa.1, ss.170-176.
- Çil, B. & Karahalil, U. (2017). Developing dbh Model for Nordmann Fir (*Abies nordmanniana* subs. *nordmanniana*) Stands for Samatlar/Kastamonu Region, *II. International Conference Forests of Russia: Policy, Industry, Science and Education*, St. Petersburg, Rusya, 24 - 26 Mayıs 2017, cilt.2, ss.33-35.
- Demirel, D. (2022). *Saf Karaçam ve Sarıçam Meşcerelerinde Sentinel-1 ve Sentinel-2 Uydu Görüntüleri Yardımıyla Bazı Meşcere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi (Karadere Orman İşletme Müdürlüğü Örneği)*. Yüksek Lisans Tezi. K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Demirel, T. (2016). *Uzaktan Algılama Yöntemlerine Dayalı Orman Envanterinin Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama Sürecine Entegrasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Diker, M. (1946). *Orman amenajman bilgisi*, Orman fakültesi yayını, Ankara, 271 s.
- Eler, Ü. (1977). *Ağaç serveti envanterinin yapılması amacıyla meşcere tipi ayrımı üzerine araştırmalar*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi. İstanbul.
- Eler, Ü. (1978). Ağaç serveti envanteri yapılması amacıyla meşcere tipi ayrımı üzerine araştırmalar, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri:A, Sayı:1, 293-324 s.
- Eler, Ü. (1992). Ülkemizde orman amenajman planlarının düzenlenmesinde yapılan envanter çalışmalarının kırıltı, *Ormancılığımızda orman amenajmanının dünü, bugünü ve geleceğine ilişkin genel görüşme bildiriler kitabı*, Orman Genel Müdürlüğü, 235-244 s.
- Elmugheira, M. İ. Elmamoun, H. O. & Elzein, A. İ. (2014). Modelling the relationship between crown width and diameter at breast height for naturally grown terminalia tree species. *Journal of Nat. Resour. & Environ. Stu.*2. 2. 42-49.
- Eraslan, İ. (1971). *Orman amenajmanı*. İÜ Orman Fakültesi Yayın No: 169, 488 s.
- Eraslan, İ. (1992). *Türkiye’de Orman Amenajmanı’nın Dünü, Bugün ve Yarını,Ormancılığımızda Orman Amenajmanının Dünü, Bugünü ve Geleceğine İlişkin Genel Görüşme*, Orman Genel Müdürlüğü, 1-15 s.
- Eraslan, İ. (1963). Türkiyede Orman Envanterinin Geçmişi ve Bugünü, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri:B, Cilt: 13, Sayı:2, Ayrı Baskı, 17-45.
- Eraslan, İ. (1966). Fotogrametri Alanında Yeni Gelişmeler, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: B, Cilt: 16, Sayı:1 (Ayrı Basım), 1-17.

- Eraslan, İ. & Kalıpsız, A., (1967). *Belgrad ormanlarının amenajmanında uygulanan envanter metotları*, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, No:112, 106 s.
- Erdin, K. (1984). Ortofoto Haritalar, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt 34, Sayı 1, 138-149 s.
- Erdin, K. (2002). Ormancılıkta Uzaktan Algılama (Remote Sensing), *Orman Amenajmanında Kavramsal Açışılar ve Yeni Hedefler Sempozyumu*, 18-19 Nisan, İstanbul, 144-147 s.
- Eubanks, W.B. (1950). *Photogrammetry and forest texation*. Photogrammetry engineering.
- Francis, E.C. & Wood, G.H.S., (1955). *The classification of vegetation in North Borneo from aerial photographs*, Malaya Foresters.
- Franklin, S.E., Hall, R.J., Moskal, L.M., Maudie, A.J. & Lavigne, M.B., (2000). Incorporating texture into classification of forest species composition from airborne multispectral images. *Int. J. Remote Sens.* 21, 61-79.
- Gao, B. (1996). NDWI–A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space, *Remote Sensing of Environment*, 58, 3, 257-266.
- Göğçerçin, R. & Günlü A., (2017). Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Ormanında Göktürk-2 Uydu Görüntüsü Kullanılarak Bazı Meşcere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi, *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 1-13.
- Graves, H.S. (1914). *The principles of handling woodland*, New York.
- Grossman, H. (1961). *Die höhe der variabilitatskoeffizienten der massenhaltigkeit in abhangigkeit von verschiedenen faktoren und ihre bedeutung für holzerratsinventuren*. Archiv für forstwesen(Forestry Archives).
- Guyot, G. & Baret, F. (1988). Utilisation de la Haute Resolution Spectrale pour Suivre L'etat des Couverts Vegetaux. In *4th International Colloquium "Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing"*, Aussois, January, Paris, 287, 279-286.
- Günlü, A., Keleş, S., Kadioğulları, S. & Başkent, E. Z. (2011). Landsat 7 ETM+ Uydu Görüntüsü Yardımıyla Arazi Kullanımı, Meşcere Gelişim Çağı ve Meşcere Kapalılığın Tahmin Edilmesi; Kastamonu-Kızılcaasu İşletme Şefliği Örneği, *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, Kahramanmaraş.
- Günlü, A., Ercanlı, İ., Başkent, E. Z. & Şenyurt, M. (2013). Quickbird ve Landsat 7 ETM+ Uydu Görüntüleri Kullanılarak Ayancık-Göldağ Kayın (Fagus Orientalis Lipsky) Meşcerelerinde Hacim Tahmini, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 14, 24-30.
- Günlü, A., Keleş, S., Ercanlı, İ. & Şenyurt, M. (2015). Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü-Yenice Orman İşletme Şefliği Sınırları İçerisinde Yayılış Gösteren Saf Karaçam (Pinus nigra Arnold. Subsp. Pallasiana (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinde Yersel Ölçümler ve Uzaktan Algılama Teknolojileri İle Yaprak Alan İndeksinin Tahmin Edilmesi. *Tübitak Projesi, Proje No:213O026*, Ankara.
- Günlü, A. & Kadioğulları, A. İ. (2018). Modeling forest stand attributes using Landsat

- ETM+ and QuickBird satellite images in western Turkey. *Bosque*, 39(1), 49-60.
- Günlü, A., Ercanlı, İ., Şenyurt, M. & Keleş, S. (2019). Estimation of Some Stand Parameters from Textural Features from Worldview-2 Satellite Image Using the Artificial Neural Network and Multiple Regression Methods: A Case Study From Turkey, *Geocarto International*, vol.36.1-8.
- Günlü, A., Ercanlı, İ., Şenyurt, M. & Keleş, S. (2021). Estimation of Some stand Parameters from textural Features from WorldView-2 Satellite Image Using the Artificial Neural Network and Multiple Regression Methods: A Case Study from Turkey. *Geocarto International*. 36, (8,) 918-935.
- Fırat, F. (1952). Türkiye Ormanlarının Ekonomik Şartları, Orman Umum Müdürlüğü, Sıra No: 148, Seri No: 16, *Atina Üniversitesi Konferans Metni*, 11 s., Atina.
- Hawrylo, P. & Wezyk P. (2018). Predicting Growing Stock Volume of Scots Pine Stands Using Sentinel-2 Satellite Imagery and Airborne Image-Derived Point Clouds. *Forests*. .vol.9,274,1-15.
- Hay, G.J., Castilla, G., Wulder, M.A. & Ruiz, J.R. (2005). An automated object-based approach for the multiscale image segmentation of forest scenes. *Int. J. Appl. Earth Obs.* 7, 339–359.
- Hou, J., Wang, J., Ma, X. & Liang, D. (2022). Estimation of Volume of Felled Chinese Fir Trees. *Sensors and Materials*, Vol. 34, No. 11.3989–4000.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI), *Remote Sensing of Environment*, 25, 3, 295-309.
- Ilvessolo, Y. (1950). On the correlation between the crown diameter and the stem of trees. Comm. Inst for Penn. 38. Using Unmanned Aerial Vehicle Oblique Photography. *Sensors and Materials*, Vol. 34, No. 11.p. 3989-4000.
- İnan, M. (2004). *Orman Varlığının Saptanmasında Uzaktan Algılama Verileri*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- İnce, K. (2011). *Uzaktan Algılama Yöntemiyle Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi (Artvin Örneği)*, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- İyicioğlu, A. L. (2006). *Isık Algılama ve Görüntü Oluşturma Yöntemlerine Göre Dijital Fotograf Makinelerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Jordan, C. F. (1969). Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor, *Ecology*, 50, 663-666.
- Kahrıman, A., Günlü, A. & Karahalil, U. (2014). Estimation of Crown Closure and Tree Density Using Landsat TM Satellite Images in Mixed Forest Stands. *J Indian Soc Remote Sensing*, 42(3):559–567.
- Kahrıman, A., Turan, S. & Şahin, A. (2017). Antalya ve Mersin Yöresi Kızılçam Meşcereleri için Ağaç Hacim Tabloları. *K.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 2017,17 (1): 9-22.
- Kalıpsız A. (1964). Devlet orman işletmelerimizde saha büyüklüğü ve iç organizasyon problemleri. *J. FAC. FOR ISTANBUL U.* 0(0): 91-106.

- Kandemir, E. (2010). *Uzaktan Algılama Tekniğinde NDVI Değerleri ile Doğal Bitki Örtüsü Tür Dağılımı Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi Üzerine Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kanja K., Karahalil U. & Çil B. (2019). Modeling stand parameters for *Pinus brutia* (Ten.) using airborne LiDAR data: a case study in Bergama. *Journal Of Applied Remote Sensing* , cilt.14, sa.2.
- Karahalil, U. & Çil, B. (2017). Modelling Tree Diameter in Relation to Crown Width and Tree Height for Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.): A Case Study in Kelkit Region (Turkey). *II International Conference Forests of Russia: Policy, Industry, Science and Education*, St. Petersburg, Rusya, 24 - 26 Mayıs, Cilt:2, s. 66-68.
- Karahalil, U. & Karşlı, F. (2017). Meşcere Parametrelerinin Yerel Uydu ve Dijital Kamera Görüntüleriyle Tahmini ve Farklı Uydu Görüntü Verileri ile Karşılaştırılması, *Tübitak Projesi, Proje No: 115O013*. Ankara.
- Karahalil, U. (2020). *Orman Amenajmanında Uzaktan Algılamanın Dünü, Bugünü ve Geleceği, Türkiye'de Orman Amenajmanının 100 Yıllık Gelişimi*. Ed: Nuray MISIR, Mehmet MISIR. Gece Kitaplığı, 18-86.
- Karamızrak, H.S. (1968). *Orman Mühendisliği II. Teknik Kongresi Açılış Konuşması (Orman Genel Müdürü)*, s. 11-14, Ankara.
- Kaufman, Y. J. & Tanré, D. (1992). Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30, 261-270.
- Key, T., Warner, T.A., McGraw, J.B. & Fajvan, M.A. (2001). A comparison of multispectral and multitemporal information in high spatial resolution imagery for classification of individual tree species in a temperate hardwood forest. *Remote Sens. Environ.* 75, 100–112.
- Koç, A. (1997). Belgrad Ormanlarındaki Ağaç türü ve Karışımlarının Uydu Verileri ve Görüntü İşleme Teknikleri ile Belirlenmesi, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 47, Sayı 1, S, 89-108, İstanbul.
- Köse, S. (1995). *Uzaktan Algılama ve Ormancılıktaki Önemi*, KTÜ Orman Fakültesi Bahar Yarıyılı Seminerleri, No:49, Trabzon, 62-71 s.
- Köse, S. (2020). *Türkiye'de Orman Amenajmanının 100 Yıllık Gelişimi*. Ed: Nuray MISIR, Mehmet MISIR. Gece Kitaplığı.18-86.
- Köse, S. & Cömert Ç. (1999). *Ormancılıkta Foto Yorumlama*, Kafkas Üniv. Artvin Orman Fak, Ders Notları Yayın No: 1, 93.
- Kriegler, F.J., Malila, W.A., Nalepka, R.F., & Richardson, W. (1969). Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment*, p. 97-131.
- Kutluk, H. (1948). *Türkiye Ormancılığı İle İlgili Tarihi Vesikalar*. 893 – 1339 (1487 – 1923), Osmanbey Matbaası, İstanbul.
- Leckie, D., Gougeon, F., Walsworth, N. & Paradine, D. (2003). Stand delineation and composition estimation using semi-automated individual tree crown analysis. *Remote Sens. Environ.* 85, 355-369.
- Martin, M.E., Newman, S.D., Aber, J.D. & Congalton, R.G. (1998). Determining forest

- species composition using high spectral resolution remote sensing data. *Remote Sens. Environ.* 65, 249–254.
- Matthews, D.M. (1935). *Management of American forests*. McGraw Hill Company, New York-London, 495 s.
- Meyer, H.A. (1953). *Forest mensuration*. Pennsylvania Penns Valley Publishers, 357 s.
- Mısıır, M. (2013). Landsat 7 ETM+ Uydu Görüntüleri Kullanılarak Meşçere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi, *Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 26-28 Kasım, Antalya, s. 530-538.
- Mısıır, M. (2023). *Orman Amenajmanı Ders Notları Sunusu*, KTU, Orman Fakültesi.
- Minor, C.O. (1951). Stem-crown diameter relation in South pine, *Journal of Forestry*.1.1.
- Mohan, M., Silva, C. A., Klauberg, C., Jat, P., Catts, G., Cardil, A., Hudak, A. T. & Dia, M. (2017). Individual tree detection from unmanned aerial vehicle (UAV) derived canopy height model in an open canopy mixed conifer forest. *Forests*, 8(9), 340.
- Musaoğlu, N. (1999). *Elektro-Optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılardan Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşçere Tiplerinin ve Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- OGM, (2008). *Orman Amenajman Yönetmeliği*, 26778, 05.02.2008, 9
- OGM, (2017). *Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar*. Orman Genel Müdürlüğü, Tebliğ No: 299. 2449066, 01.06.2017, 176.
- OGM, (2018). *Alara Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı*, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- OGM, (2023). *Orman Genel Müdürlüğü 2022 Yılı Faaliyet Raporu*, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ofluoğlu, Y. (2021). *Dijital Görüntü Eşleştirme Yöntemi İle Üretilen Arazi Modelinin Vektör Haritada Kullanılabilirliğinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Osmaston, F.C. (1968). *The management of forests*, George Allen and Unwin Ltd. London, 384 s.
- Özdemir, İ. & Mert A. (2007). Düzlerçamı Kızılçam Ormanında Quickbird Uydu Verileri Kullanılarak Gövde Hacminin Tahmini, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri:A., Sayı:2, 107-118.
- Özdemir, İ. & Karnieli, A. (2011). Predicting forest structural parameters using the image texture derived from WorldView-2 multispectral imagery in a dryland forest, Israel. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(5), 701-710.
- Özgün, M. (2014). *Landsat TM uydu görüntüsü yardımıyla bazı meşçere parametrelerinin tahmin edilmesi*. Yüksek lisans tezi. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Özkan, U.Y. (2003). *Uydu Görüntüleri Yardımıyla Meşçere Parametrelerinin Kestirilmesi Ve Orman Amenajmanında Kullanılması Olanakları*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Özkan, U.Y. (2006). Uydu Görüntüleri Yardımıyla Meşcere Parametrelerinin Kestirilmesi ve Orman Amenajmanında Kullanılması Olanakları, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A Serisi, 56(2), 191-217.
- Özkan, U.Y. (2009). *Çok Kaynaklı Orman Envanterinin Bölgesel Bazda Uygulanması*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özkan, U.Y., Asan, Ü., Musaoğlu, N. & Sağlam, S. (2013). Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama (Etfop) Sürecinde Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Orman Envanteri: Adıyaman Örneği, *Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 26-28 Kasım, Antalya, s. 538-547.
- Özkan, U.Y. & Yeşil, A. (2016). Forest stand delineation using Ikonos image and object based image analysis. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(2): 600-612.
- Özkan, U.Y. & Demirel, T. (2018). Estimation of Forest Stand Parameters by Using the Spectral and Textural Features Derived from Digital Aerial Images. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16, 3, 3043-3060.
- Özkan, U.Y., Demirel, T., Özdemir, İ., Sağlam, S. & Mert, A. (2020). Examining LiDAR – WorldView-3 data synergy to generate a detailed stand map in a mixed forest in the north-west of Turkey, *Advances in Space Research*, 65, 2608-2621.
- Panagiotidis, D., Abdollahnejad, A., Surovy, P. & Chiteculo, V. (2016). Determining Tree Height and Crown Diameter from High-Resolution UAV Imagery. *International Journal Of Remote Sensing*, VOL. 38, NOS. 8–10, 2392–2410.
- Plattier, T., Loureiro, M., Marques, P. & Caetano, M. (2006). Spectral analyses and classification of IKONOS images for forest cover characterisation. In: Proceedings of the 2nd Workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover, *Center for Remote Sensing of Land Surfaces*, pp. 260-268.
- Pouliot, D. A., King, D.J., Bell, D. J. & Pitt, D. G. (2002). Automated tree crown detection and delineation in high-resolution digital camera imagery of coniferous forest regeneration. *Remote Sensing of Environment* . 322–334.
- Pourreza, M., Moradi, F., Khosravi, M., Deljouei, A. & Vanderhoof, M. K. (2022). GCPs-Free Photogrammetry for Estimating Tree Height and Crown Diameter in Arizona Cypress Plantation Using UAV-Mounted GNSS RTK. *Forests*. 13, 1905.
- Radoux, J. & Defourny, P. (2007). A quantitative assessment of boundaries in automated forest stand delineation using very high resolution imagery. *Remote Sens. Environ.* 110, 468-475.
- Rego, L.F.G., Ueffing, C. & Vianna, S.B. (2007). Automatic land-cover classification derived from high-resolution IKONOS satellite imagery in the urban atlantic forests of Rio de Janeiro, Brazil, by means of an Object-Oriented Approach. In: Netzbant, M., Stefanov, W.L., Redman, C. (Eds.), *Applied Remote Sensing for Urban planning. Governance and Sustainability*, Springer, Berlin Heidelberg, pp. 25-36.
- Röhl, A.M. (1945). *Orman amenajmanı*, Orman Genel Müdürlüğü, (Çeviren: Kemal Savaş), Hüsnü tabiat basımevi, 114 s.
- Saatçioğlu, F. (1971). *Silvikültürün tekniği*, İÜ Orman Fakültesi Yayın No: 172, 562 s.

- Sakıcı, O. & Günlü, A. (2018). Artificial Intelligence Applications for Predicting Some Stand Attributes Using Landsat 8 OLI Satellite Data: A Case Study From Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 5269-5285.
- Schlich, W.M. (1925). *Forest management*, London, 382 s.
- Soykan, B. (1969). *1963 Yılında Geçerli Amenajman Planlarına Göre Orman Varlığımız*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi, No: 19, 310 s. Ankara.
- Soykan, B. (1979). *Foto Enterpretasyon*, Ders notu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, 117 s.
- Sönmez, T. (2009). Diameter at breast height-crown diameter prediction models for *Picea orientalis*. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 4 (3). pp. 215-219.
- Shin-ichi, T. (1961). Forest Inventory By Aerial Photographs. Insitute of forest Management, *College of Agriculture*, Hokkaido University.p.3-4.
- Seely, H.E. (1929). Computing tree heights from shadow in aerial photographs. *Forestry Chronicle*, 5: 24-27.
- Spurr, S.H. (1948). *Aerial photographs in forestry*. The Ronalds Press Co., New York, 340 s.
- Spurr, S.H. (1960). *Photogrammetry and photo-interpretation*, New York.
- Şenyurt M., Günlü, A., Ercanlı, İ., & Yılmaz, C. (2013). Landsat 8 Uydu Görüntüsü Kullanılarak Karşıkent Orman İşletme Şefliği Meşcere Özelliklerinin Tahmin Edilmesi, *Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 26-28 Kasım, Antalya, s. 497-503.
- Uça Avcı Z. D., Kuşak B. & Kuşak L. (2014). Meşcere Tiplerinin Uydu Verileri ile Belirlenmesinde Farklı Doku Ölçütlerinin Değerlendirilmesi, *Akademik Bilişim '14 - XVI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*. Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye.
- Ullah, S., Dees, M., Datta, P., Adler, P., Saeed, T., Khan, M. S. & Koch, B. (2020). Comparing the potential of stereo aerial photographs, stereo very high-resolution satellite images, and TanDEM-X for estimating forest height. *International Journal of Remote Sensing*, 41:18, 6976-6992.
- URL-1, (20 Kasım 2022).<https://www.worldometers.info/world-population/>.
- URL-2, (15 Kasım 2022). <https://tua.gov.tr/tr/blog/havacilik-ve-teknoloji/dalgalar-ve-elektromanyetik-tayf-spektrum>.
- URL-3, (11 Kasım 2022).<https://scihub.copernicus.eu>
- URL-4, (12 Kasım 2022).<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-6/mission-objectives>.
- Xu, C., Morgenroth, J. & Manley, B. (2015). Integrating data from discrete return airborne LiDAR and optical sensors to enhance the accuracy of forest description: a review. *Current Forestry Reports*. 1:206–219.
- Wagner, C. (1931). *Nazari orman amenajmanı*, Çeviren: Mashar Müderris Diker, Hilal Matbaası, İstanbul, 586 s.

- Wojcik, M.A. (2022). *Estimating stand volume and stand density using Sentinel-2 satellite imagery and ICESat-2 LiDAR Data: A Case Study in Kocayaren planning unit*. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Wulder, M.A., Hall, R.J., Coops, N.C. & Franklin, S.E. (2004). High spatial resolution remotely sensed data for ecosystem characterization. *BioScience*. 54 (6), 511–521.
- Yavuz, H. (2020). *Türkiye'de Orman Amenajmanının 100 Yıllık Gelişimi*. Ed: Nuray MISIR, Mehmet MISIR. Gece Kitaplığı, 4-73.
- Yılmaz, C., (2017). *Landsat TM Uydu Görüntüsü Yardımıyla Bazı Meşcere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi (Reşadiye Orman İşletme Şefliği Örneği)*. Yüksek Lisans Tezi, ÇAKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.Çankırı.
- Yılmaz, V., Güngör, O. & Kadioğulları A. İ. (2015)."Görüntü İşleme Teknikleri ile Ağaçların Boy, Tepe Çapı ve Tepe Hacimlerinin Belirlenmesi, *TUFUAB 2015 Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VIII. Teknik Sempozyumu*. Konya, Turkey, pp.320-323.
- Yılmaz, V., Şerifoğlu, C. & Güngör, O. (2016). Determining Stand Parameters From Uas-Based Point Clouds. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLI-B1, 2016 XXIII ISPRS Congress, Prague, Czech Republic.
- Yılmaz, V. & GÜNGÖR O. (2019). Estimating crown diameters in urban forests with Unmanned Aerial System-based photogrammetric point clouds, *International Journal Of Remote Sensing* , vol.40, no.2, pp.468-505.
- Zhang, W., Qi, J., Wan, P., Wang, H., Xie, D., Wang, X. & Yan, G. (2016). An Easy-toUse Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation, *Remote Sensing*, 8,501.

8. EKLER

Ek Tablo 1. Yersel ölçüm verileri

Ö.A. NO	Orta Çap (cm)	Ortalama Boy (m)	Meşcere Hacmi (m3/ha)	Ağaç sayısı (adet/ha)	Ö.A. NO	Orta Çap (cm)	Ortalama Boy (m)	Meşcere Hacmi (m3/ha)	Ağaç sayısı (adet/ha)
156	26,2	20,9	404,24	350	249	15	14,9	177,26	783
157	18,7	16,2	205,23	363	250	37,8	21,2	536,78	367
158	30,7	24,5	417,63	325	251	16,5	16,8	219,54	767
159	33,3	23,3	248,33	200	257	22,1	17,6	211,87	417
160	22,6	14,3	108,81	225	259	31,1	17,5	421,03	400
161	32,8	20,8	297,99	200	261	32,6	19,3	429,06	317
162	33,9	21,6	403,75	317	262	26,2	17,9	249,37	417
163	27,1	21,3	123,99	317	265	19,4	15,3	203,45	483
164	36,2	23,4	266,01	283	266	21	15,6	246,86	550
165	35,4	18,9	316,81	333	267	46,1	14,5	179,25	133
167	18,3	15,2	97,64	350	268	35,1	18,6	250,46	283
172	16,3	17,3	91,17	383	269	42,7	16,4	333,25	250
173	20,4	16,9	158,06	367	281	25,5	18,2	232,29	517
175	34,6	21,9	237,66	267	282	23,5	17,4	193,75	550
177	25,3	19,9	112,54	233	283	29,7	18,9	381,47	600
180	45,7	24,8	424,11	250	284	16	17,8	119,68	700
181	36,9	26,1	125,5	167	286	26,6	15,8	266,38	450
183	25,4	22,3	336,04	417	287	30,4	23,1	755,84	825
184	40,5	23,3	308,63	250	289	34,3	16,8	191,33	250
190	27,9	21,6	273,75	367	290	39,5	20,2	355,66	325
196	12,9	7,1	39,99	483	301	31,2	20,5	254,71	375
197	29,7	17,3	257,84	333	302	32,1	21,6	265,76	375
198	11,8	10,3	62,13	633	303	13,7	14,3	84,48	800
199	20,3	20,1	256,17	583	304	36,9	20,4	230,68	350
200	20,6	20,2	208,89	417	305	35	17,8	303,97	525
201	29	22,2	405,39	383	310	37,2	18,3	443,19	400
208	24,9	18,8	361,9	517	326	27,1	23,5	209,25	600
227	42,6	16,2	505,32	250	329	32,3	19,8	422,93	625
228	23,7	17,8	346,78	450	330	25,4	16,1	283,33	625
229	23	12,9	253,55	333	332	29,4	18,2	220,82	350
238	32,6	21	368,04	267	339	22,2	20,3	237,44	800
239	28	19,1	336,53	317	340	24,2	23	220,65	600
244	22,9	17,5	284,56	583	341	20,7	15,4	164,84	600
245	25,8	18,4	330,46	483	343	26,2	15	153,69	525
246	22,6	15,8	304,7	600	344	30,4	23,5	213,75	275
247	24,9	17,9	448,54	683	345	20	15,5	223,87	775

Ek Tablo 1'in devamı

Ö.A. NO	Orta Çap (cm)	Ortalama Boy (m)	Meşcere Hacmi (m3/ha)	Ağaç sayısı (adet/ha)	Ö.A. NO	Orta Çap (cm)	Ortalama Boy (m)	Meşcere Hacmi (m3/ha)	Ağaç sayısı (adet/ha)
346	19	21,8	128,23	550	481	37,2	25,5	278,25	300
347	22,6	18,1	345,27	900	482	17,1	12,5	44,95	425
371	19,7	21,6	246,0	975	484	23,5	14,3	143,01	400
372	27,5	20,5	220,96	450	486	15,8	10,8	111,88	750
373	33,8	26,8	238,82	300	487	41,4	20	674,23	525
374	40,6	24,2	386,22	325	492	18	16,5	136,4	675
375	20,5	16,2	234,46	575	502	21,9	12,3	82,35	475
376	31,8	21,2	186,91	400	503	24,8	15,5	125,78	350
377	36,8	16,6	366,9	400	504	50	29,8	410,02	300
378	19,9	17,1	194,3	775	508	36,4	23,1	335,58	350
379	21,9	13,7	201,64	625	509	39,1	27,4	470,51	400
392	25,9	17,5	213,99	400	510	13,9	16,2	75,58	775
394	26,9	16,5	228,98	500	513	13,4	10,6	123,51	1150
396	41,7	22,7	279,43	225	514	21,5	17,4	165,04	650
400	25,7	24,4	473,27	750	515	31,3	19	417,93	675
401	20,2	24,2	133,22	475	516	30,2	18,8	263,11	425
402	20,7	21	208,27	725	517	24,6	13	82,37	350
403	25,8	23,2	248,02	500	518	23,3	15,3	216,55	600
404	24,1	20,8	191,86	500	522	31,1	22,5	369,94	575
405	32,4	19	350,77	450	532	26,1	17,6	194,57	475
406	30,6	23,7	113,05	250	539	37,8	20,7	334,42	325
407	31,3	24,2	265,67	400	545	43,3	25,2	567,3	400
408	22,8	19,3	166,49	525	546	29,8	20,4	343,79	575
412	24,3	19,8	148,32	500	547	23,4	17,4	151,02	425
432	26,8	17,8	320,68	700	549	25,4	17	263,46	625
433	22,5	19,3	259,49	750	550	43,8	24,2	324,73	325
434	14,7	14,8	57,58	725	553	30,1	18,5	180,87	325
451	27,7	11,3	42,67	175	564	24,3	13,5	179,6	500
454	39,7	22	288,12	325	565	52,1	24,9	376,62	250
455	37,9	24,8	425,78	425	569	25,9	18,6	276,84	575
456	35,1	22,4	228,18	350	573	28,7	20,6	230,19	425
457	29,6	19,7	395,98	600	575	22,8	19,3	343,19	950
458	21,7	14,3	96,4	475	576	39,9	20,1	374,26	450
460	15,9	11,6	119,82	900	577	33,8	16	274,57	350
462	18,5	17,6	112,66	550	578	29,4	18,8	133,26	250
476	44,7	24,6	246,26	250	581	21,6	17,6	125,1	425

Ek Tablo 1'in devamı

Ö.A. NO	Orta Çap (cm)	Ortalama Boy (m)	Meşcere Hacmi (m ³ /ha)	Ağaç sayısı (adet/ha)
581	21,6	17,6	125,1	425
597	27,6	18,8	257,93	475
598	30,7	20,4	238,48	350
602	24,3	18	135,3	375
603	25,8	16,4	167,51	400
604	28,6	14,8	225,87	425
605	33,3	23,1	265,67	375
612	40,1	24,8	194,5	175
620	38,5	23,5	378,29	300
625	24,2	20,5	84,86	325
631	30,8	15,3	285,42	475
632	25,5	17,2	201,79	500
634	24,1	16,7	274,86	500
650	34,4	22,7	442,36	525
651	40,6	21,7	660,42	550
654	37,6	21,7	275,62	350
655	25,2	18,8	158,83	625
656	35,8	20	215,2	350
657	21,3	14,4	155,81	600
659	19,1	13,3	245,33	1100
662	39,3	22	139,84	175
664	19	15,7	118,29	600
666	31,3	16,3	184,39	300
667	39,8	24,5	243,08	225
675	45,4	20,5	250,43	250
677	45,1	19,2	300,04	300
684	30,4	18,3	149,82	250

(Ö.A. NO: 156-509 arası model geliştirmek için, Ö.A. NO: 510-584 arası test için kullanılmıştır.)

Ek Tablo 2. MBM, topoğrafik veri ve eğim verileri

Ö.A. NO	MBM (m)	Denizden Yükseklik (m)	Eğim (%)	Ö.A. NO	MBM (m)	Denizden Yükseklik (m)	Eğim (%)	Ö.A. NO	MBM (m)	Denizden Yükseklik (m)	Eğim (%)
156	17,4	391	19	268	16,2	205	25	407	19,8	258	15
157	13,5	418	26	269	13,25	244	36	408	16,3	288	24
158	18,5	420	13	281	18,15	331	48	412	15,15	364	49
159	19,8	369	53	282	16,5	340	39	432	15,5	263	26
160	18,9	400	10	283	19,2	377	15	433	17	234	31
161	20,8	379	46	284	13,5	391	43	434	10,9	227	25
162	20,3	439	26	286	12,95	466	44	451	14	226	77
163	16,5	373	23	287	21	498	32	454	19,3	315	14
164	19,8	382	22	289	15,2	190	12	455	21,55	324	7
165	20,2	429	30	290	20,7	270	50	456	19,65	303	32
167	10,3	378	14	301	16,6	315	53	457	17,25	310	9
172	19,5	415	40	302	16,5	296	38	458	14,5	285	5
173	20,15	431	34	303	17,3	425	30	460	11,1	300	5
175	23,25	322	27	304	21,4	434	30	462	12,15	231	20
177	14,3	331	15	305	18,35	476	30	476	22,3	102	27
180	28	359	41	310	19,1	309	36	481	20,65	239	9
181	18,7	409	14	326	19	421	37	482	8,9	269	17
183	17,7	413	36	329	16,8	157	34	484	11,95	330	5
184	17,5	411	34	330	13	208	24	486	9,4	272	30
190	15,6	374	36	332	17,6	277	27	487	22,3	258	29
196	7,8	331	35	339	14,2	245	42	492	13,75	332	23
197	15,5	348	59	340	23,3	251	21	502	8,55	221	12
198	6,7	374	36	341	13,1	293	19	503	14,8	220	11
199	14,8	416	40	343	10,25	332	29	504	26,1	200	6
200	15,8	365	42	344	18,3	334	53	508	21,85	198	20
201	20,2	353	55	345	13	318	28	509	20,05	235	30
208	19	283	34	346	17,65	323	41	510	11,3	277	27
227	20,2	367	38	347	19,45	349	54	513	11,85	361	46
228	15,85	383	39	371	15,85	233	24	514	15,25	342	15
229	15,6	440	14	372	15,2	247	32	515	21	329	14
238	22,65	336	49	373	23,3	250	16	516	18,2	293	39
239	21,45	370	10	374	22,75	281	33	517	8,5	285	32
244	14,85	374	23	375	17,4	269	19	518	14,05	265	41
245	16,6	397	33	376	16,3	270	10	522	18,05	276	38
246	12,9	433	52	377	16,2	286	14	532	15,2	195	14
247	13,95	464	44	378	14,65	333	29	539	21,35	215	19
249	11,25	204	34	379	18,9	408	21	545	21,85	322	5
250	18,5	240	11	392	19,1	123	47	546	18,9	270	5
251	14,45	267	26	394	11,7	113	40	547	15,4	251	18
257	17,25	301	53	396	22,25	181	32	549	12,75	304	19
259	21,1	300	57	400	26,8	206	26	550	20,6	297	18
261	20,9	337	30	401	19,8	213	37	553	20,45	208	40
262	16,7	341	55	402	17,8	210	10	564	15,5	180	5
265	13,8	357	40	403	17,6	215	10	565	24,95	190	33
266	12,35	140	29	404	15,25	226	23	569	13,7	172	26
267	12,7	204	43	405	17	248	21	573	15,55	222	19

Ek Tablo 2'nin devamı

Ö.A. NO	MBM (m)	Denizden Yükseklik (m)	Eğim (%)
575	15,9	242	45
576	20	270	23
577	20,3	220	3
578	14,15	235	11
581	11,5	280	5
597	15,2	117	34
598	14,3	169	25
602	12,5	223	11
603	13,6	198	28
604	15,9	218	20
605	24,2	226	33
612	24,3	126	20
620	17,7	133	14
625	24,95	58	40
631	17,95	174	30
632	18,3	172	23
634	11,5	203	45
650	20,85	107	17
651	18,5	142	16
654	18,45	69	15
655	11,65	71	8
656	19,25	110	11
657	10,35	179	14
659	15,15	172	38
662	24,3	113	21
664	20,55	116	60
666	16,55	121	33
667	19,8	140	20
675	19,65	39	31
677	18,3	110	5
684	20,6	80	5

Ek Tablo 3. Sentinel-2 bant yansıma değerleri

Ö.A. NO	Bant2	Bant3	Bant4	Bant5	Bant6	Bant7	Bant8	Bant 8a	Bant 11	Bant 12
156	0.0266	0.0656	0.0480	0.1036	0.1731	0.1857	0.2045	0.2084	0.1189	0.0637
157	0.0239	0.0593	0.0452	0.1034	0.1623	0.1812	0.1904	0.2039	0.1191	0.0637
158	0.0191	0.0569	0.0396	0.0902	0.1504	0.1668	0.1804	0.1841	0.1130	0.0636
159	0.0219	0.0562	0.0414	0.1009	0.1673	0.1908	0.1969	0.2125	0.1179	0.0632
160	0.0204	0.0557	0.0404	0.0989	0.1541	0.1795	0.1886	0.1985	0.1070	0.0609
161	0.0257	0.0704	0.0517	0.1107	0.1900	0.2012	0.2257	0.2155	0.1272	0.0701
162	0.0244	0.0646	0.0475	0.1108	0.1847	0.2032	0.2128	0.2265	0.1231	0.0639
163	0.0180	0.0505	0.0393	0.0898	0.1483	0.1624	0.1699	0.1757	0.1266	0.0732
164	0.0185	0.0537	0.0407	0.0903	0.1490	0.1673	0.1821	0.1888	0.1227	0.0658
165	0.0229	0.0607	0.0453	0.0947	0.1636	0.1788	0.1979	0.2014	0.1128	0.0629
167	0.0186	0.0564	0.0394	0.0996	0.1898	0.2130	0.2215	0.2290	0.1338	0.0701
172	0.0185	0.0579	0.0400	0.1042	0.1808	0.1892	0.1942	0.2041	0.1018	0.0525
173	0.0154	0.0477	0.0351	0.0872	0.1666	0.1947	0.1772	0.2087	0.1034	0.0564
175	0.0209	0.0555	0.0418	0.0856	0.1511	0.1686	0.1874	0.1857	0.1126	0.0622
177	0.0283	0.0672	0.0572	0.1189	0.1950	0.2152	0.2218	0.2398	0.1588	0.0895
180	0.0186	0.0576	0.0450	0.0921	0.1458	0.1643	0.1790	0.1778	0.1132	0.0666
181	0.0225	0.0574	0.0484	0.0953	0.1489	0.1672	0.1801	0.1876	0.1273	0.0716
183	0.0258	0.0601	0.0463	0.1067	0.1708	0.1875	0.1911	0.2052	0.1188	0.0679
184	0.0241	0.0583	0.0480	0.1031	0.1696	0.1813	0.1891	0.1999	0.1283	0.0748
190	0.0216	0.0597	0.0432	0.1074	0.1723	0.1867	0.1956	0.2059	0.1120	0.0591
196	0.0165	0.0531	0.0384	0.0922	0.1507	0.1729	0.1817	0.1888	0.1269	0.0746
197	0.0268	0.0636	0.0512	0.1053	0.1707	0.1850	0.1949	0.2098	0.1321	0.0727
198	0.0235	0.0689	0.0489	0.1137	0.1925	0.2156	0.2376	0.2400	0.1281	0.0706
199	0.0264	0.0720	0.0502	0.1249	0.1929	0.2083	0.2183	0.2265	0.1432	0.0875
200	0.0212	0.0542	0.0411	0.0934	0.1520	0.1733	0.1810	0.1897	0.1147	0.0643
201	0.0231	0.0558	0.0454	0.1007	0.1623	0.1762	0.1836	0.1961	0.1251	0.0689
208	0.0229	0.0608	0.0432	0.0965	0.1649	0.1772	0.1977	0.2001	0.1126	0.0592
227	0.0356	0.0836	0.0655	0.1317	0.2026	0.2203	0.2348	0.2436	0.1670	0.0949
228	0.0280	0.0702	0.0511	0.1234	0.2109	0.2197	0.2251	0.2441	0.1504	0.0822
229	0.0267	0.0643	0.0475	0.1069	0.1741	0.1841	0.2007	0.2038	0.1326	0.0784
238	0.0210	0.0568	0.0432	0.1122	0.1802	0.1965	0.1807	0.2137	0.1245	0.0692
239	0.0413	0.0800	0.0873	0.1370	0.1913	0.2119	0.2257	0.2413	0.1795	0.1098
244	0.0262	0.0669	0.0463	0.1162	0.1817	0.1999	0.2090	0.2074	0.1239	0.0709
245	0.0219	0.0573	0.0439	0.0995	0.1574	0.1717	0.1832	0.1938	0.1119	0.0631
246	0.0282	0.0714	0.0505	0.1123	0.1850	0.1988	0.2113	0.2178	0.1197	0.0654
247	0.0318	0.0798	0.0567	0.1250	0.1976	0.2238	0.2463	0.2482	0.1479	0.0864
249	0.0287	0.0827	0.0513	0.1366	0.2388	0.2546	0.2811	0.2731	0.1289	0.0665
250	0.0238	0.0678	0.0440	0.1168	0.1977	0.2257	0.2264	0.2390	0.1169	0.0620
251	0.0234	0.0692	0.0411	0.1171	0.2209	0.2382	0.2427	0.2559	0.1098	0.0574
257	0.0267	0.0644	0.0466	0.0943	0.1636	0.1746	0.1923	0.1940	0.1102	0.0587
259	0.0198	0.0524	0.0392	0.0832	0.1355	0.1546	0.1619	0.1723	0.1090	0.0570
261	0.0232	0.0653	0.0492	0.1113	0.1853	0.2017	0.2109	0.2237	0.1303	0.0703
262	0.0218	0.0532	0.0519	0.0978	0.1362	0.1526	0.1529	0.1725	0.1314	0.0770
265	0.0263	0.0630	0.0545	0.1147	0.1727	0.1913	0.1886	0.2119	0.1328	0.0762
266	0.0214	0.0702	0.0425	0.1153	0.2179	0.2378	0.2519	0.2580	0.1147	0.0640
267	0.0272	0.0626	0.0528	0.1189	0.1807	0.1935	0.1981	0.2166	0.1339	0.0730
268	0.0230	0.0638	0.0459	0.1128	0.1926	0.2078	0.2215	0.2285	0.1163	0.0594

Ek Tablo 3'ün devamı

Ö.A. NO	Bant2	Bant3	Bant4	Bant5	Bant6	Bant7	Bant8	Bant 8a	Bant 11	Bant 12
269	0.0334	0.0762	0.0639	0.1330	0.2100	0.2194	0.2280	0.2394	0.1494	0.0856
281	0.0287	0.0670	0.0532	0.1132	0.1830	0.2042	0.2157	0.2245	0.1333	0.0727
282	0.0271	0.0632	0.0523	0.1116	0.1716	0.1892	0.1839	0.2060	0.1310	0.0754
283	0.0259	0.0652	0.0470	0.1074	0.1684	0.1862	0.1953	0.2041	0.1111	0.0612
284	0.0289	0.0705	0.0540	0.1189	0.1880	0.2024	0.2188	0.2162	0.1328	0.0759
286	0.0306	0.0719	0.0533	0.1164	0.1835	0.2030	0.2055	0.2238	0.1177	0.0638
287	0.0316	0.0703	0.0526	0.1166	0.1890	0.2046	0.2117	0.2216	0.1201	0.0664
289	0.0230	0.0603	0.0432	0.1114	0.1723	0.1869	0.2004	0.2101	0.1257	0.0697
290	0.0327	0.0848	0.0613	0.1116	0.1669	0.1848	0.3423	0.2015	0.1393	0.0799
301	0.0303	0.0676	0.0526	0.1206	0.1992	0.2161	0.1998	0.2307	0.1330	0.0736
302	0.0320	0.0716	0.0585	0.1067	0.1679	0.1835	0.2036	0.2012	0.1277	0.0740
303	0.0313	0.0717	0.0558	0.1253	0.1815	0.1984	0.2182	0.2257	0.1366	0.0784
304	0.0289	0.0671	0.0555	0.1126	0.1998	0.2194	0.1916	0.2398	0.1077	0.0560
305	0.0341	0.0780	0.0624	0.1022	0.1620	0.1750	0.2098	0.1966	0.1143	0.0625
310	0.0271	0.0684	0.0435	0.1403	0.2318	0.2595	0.2207	0.2818	0.1419	0.0767
326	0.0255	0.0586	0.0475	0.1190	0.1865	0.2078	0.1812	0.2263	0.1247	0.0664
329	0.0299	0.0708	0.0561	0.0790	0.1377	0.1507	0.2373	0.1730	0.1097	0.0604
330	0.0311	0.0675	0.0551	0.1092	0.1721	0.1921	0.2158	0.2138	0.1289	0.0686
332	0.0281	0.0699	0.0552	0.1096	0.1991	0.2117	0.2094	0.2287	0.1222	0.0662
339	0.0228	0.0529	0.0395	0.1120	0.1728	0.1863	0.1670	0.2037	0.1277	0.0729
340	0.0275	0.0679	0.0476	0.1312	0.1939	0.2133	0.2057	0.2283	0.1450	0.0842
341	0.0269	0.0736	0.0499	0.0984	0.1478	0.1596	0.2267	0.1757	0.1137	0.0665
343	0.0297	0.0687	0.0574	0.1110	0.1833	0.1946	0.1877	0.2180	0.1200	0.0658
344	0.0309	0.0692	0.0693	0.1024	0.1589	0.1771	0.1977	0.2014	0.1020	0.0545
345	0.0264	0.0605	0.0544	0.0915	0.1863	0.2088	0.1675	0.2332	0.1182	0.0660
346	0.0252	0.0647	0.0465	0.0962	0.1649	0.1873	0.2029	0.2074	0.1262	0.0706
347	0.0237	0.0607	0.0438	0.1029	0.1720	0.1798	0.1883	0.2031	0.1315	0.0697
371	0.0216	0.0581	0.0389	0.1083	0.1727	0.1877	0.2041	0.2001	0.1170	0.0652
372	0.0198	0.0560	0.0415	0.1079	0.1576	0.1754	0.1878	0.1965	0.1427	0.0830
373	0.0284	0.0644	0.0547	0.1390	0.1964	0.2230	0.2018	0.2559	0.1925	0.1072
374	0.0250	0.0651	0.0504	0.1336	0.1881	0.2152	0.1893	0.2440	0.1636	0.0905
375	0.0241	0.0581	0.0550	0.1357	0.2104	0.2270	0.1722	0.2530	0.1457	0.0802
376	0.0346	0.0730	0.0771	0.1214	0.1918	0.1993	0.2300	0.2211	0.1268	0.0698
377	0.0398	0.0813	0.0767	0.1360	0.2507	0.2941	0.2266	0.3371	0.1522	0.0847
378	0.0242	0.0700	0.0555	0.1061	0.1768	0.2011	0.2126	0.2151	0.1361	0.0739
379	0.0327	0.0790	0.0644	0.1241	0.1955	0.2143	0.2178	0.2384	0.1486	0.0833
392	0.0237	0.0865	0.0512	0.0867	0.1560	0.1762	0.3267	0.1934	0.1098	0.0593
394	0.0218	0.0648	0.0482	0.0941	0.1566	0.1899	0.2023	0.2030	0.1149	0.0619
396	0.0271	0.0699	0.0572	0.0853	0.1628	0.1796	0.2220	0.1966	0.1158	0.0610
400	0.0195	0.0588	0.0406	0.0883	0.1649	0.1848	0.1892	0.1955	0.1176	0.0634
401	0.0220	0.0551	0.0431	0.0949	0.1653	0.1796	0.1928	0.2002	0.1197	0.0642
402	0.0222	0.0550	0.0405	0.1085	0.1763	0.1856	0.1989	0.2069	0.1321	0.0750
403	0.0195	0.0505	0.0375	0.0975	0.1733	0.1827	0.1888	0.2143	0.1295	0.0713
404	0.0227	0.0553	0.0417	0.1144	0.1800	0.2000	0.1869	0.2246	0.1449	0.0801
405	0.0293	0.0691	0.0563	0.1176	0.1749	0.1908	0.2058	0.2067	0.1207	0.0667
406	0.0220	0.0578	0.0431	0.1317	0.2210	0.2415	0.1856	0.2633	0.1353	0.0709
407	0.0249	0.0673	0.0525	0.1060	0.1723	0.1922	0.2068	0.2125	0.1335	0.0727

Ek Tablo 3'ün devamı

Ö.A. NO	Bant2	Bant3	Bant4	Bant5	Bant6	Bant7	Bant8	Bant 8a	Bant 11	Bant 12
408	0.0269	0.0679	0.0519	0.1014	0.1803	0.1962	0.1859	0.2180	0.1375	0.0730
412	0.0290	0.0707	0.0521	0.1153	0.2153	0.2438	0.1914	0.2766	0.1502	0.0865
432	0.0254	0.0745	0.0485	0.0939	0.1550	0.1720	0.2409	0.1892	0.1067	0.0545
433	0.0256	0.0668	0.0488	0.1104	0.1823	0.1953	0.2125	0.2139	0.1226	0.0630
434	0.0174	0.0524	0.0381	0.0982	0.1527	0.1745	0.2025	0.1917	0.1205	0.0655
451	0.0170	0.0528	0.0425	0.1046	0.1668	0.1862	0.2137	0.1992	0.1086	0.0604
454	0.0222	0.0556	0.0406	0.1058	0.1821	0.1952	0.1825	0.2173	0.1161	0.0621
455	0.0244	0.0667	0.0470	0.1291	0.2000	0.2173	0.2093	0.2342	0.1347	0.0733
456	0.0251	0.0578	0.0482	0.0849	0.1638	0.1875	0.1767	0.2061	0.1244	0.0678
457	0.0248	0.0651	0.0457	0.1019	0.1748	0.1937	0.2008	0.2170	0.1316	0.0696
458	0.0193	0.0564	0.0373	0.0752	0.1424	0.1576	0.1954	0.1778	0.1112	0.0604
460	0.0398	0.0888	0.0789	0.1188	0.2021	0.2204	0.2332	0.2438	0.1365	0.0750
462	0.0193	0.0554	0.0356	0.1081	0.1913	0.1951	0.2061	0.2223	0.1208	0.0702
476	0.0187	0.0495	0.0387	0.1185	0.1977	0.2117	0.1983	0.2320	0.1298	0.0670
481	0.0165	0.0412	0.0337	0.1334	0.1888	0.2080	0.1493	0.2286	0.1517	0.0821
482	0.0294	0.0761	0.0572	0.1300	0.2080	0.2306	0.2360	0.2555	0.1349	0.0753
484	0.0301	0.0759	0.0551	0.1123	0.1897	0.2151	0.2168	0.2320	0.1348	0.0781
486	0.0247	0.0680	0.0454	0.0842	0.1564	0.1713	0.2323	0.1847	0.1114	0.0633
487	0.0565	0.0987	0.0718	0.1226	0.1967	0.2134	0.2486	0.2331	0.1240	0.0663
492	0.0343	0.0798	0.0780	0.1074	0.1789	0.1963	0.2199	0.2172	0.1124	0.0586
502	0.0291	0.0765	0.0543	0.1092	0.1943	0.2145	0.2375	0.2290	0.1091	0.0567
503	0.0276	0.0693	0.0524	0.1501	0.2492	0.2809	0.2313	0.3090	0.1417	0.0762
504	0.0173	0.0541	0.0373	0.1124	0.1855	0.2075	0.1767	0.2281	0.1222	0.0670
508	0.0320	0.0741	0.0538	0.1142	0.1758	0.1925	0.2145	0.2114	0.1249	0.0695
509	0.0245	0.0611	0.0452	0.1099	0.1735	0.1876	0.1965	0.2071	0.1319	0.0704
510	0.0233	0.0670	0.0389	0.1287	0.1862	0.2000	0.2193	0.2215	0.1465	0.0833
513	0.0323	0.0938	0.0604	0.1057	0.1952	0.2099	0.2746	0.2336	0.1304	0.0693
514	0.0333	0.0792	0.0601	0.1086	0.1565	0.1643	0.2319	0.1733	0.1138	0.0693
515	0.0283	0.0696	0.0589	0.0985	0.1619	0.1782	0.2090	0.1980	0.1216	0.0668
516	0.0284	0.0656	0.0540	0.1067	0.1731	0.1910	0.1966	0.2062	0.1142	0.0623
517	0.0464	0.0823	0.0644	0.1074	0.1664	0.1795	0.2073	0.1986	0.1203	0.0651
518	0.0275	0.0694	0.0473	0.0969	0.1559	0.1662	0.2216	0.1895	0.1119	0.0637
522	0.0226	0.0607	0.0473	0.1128	0.1863	0.2029	0.1714	0.2196	0.1278	0.0724
532	0.0239	0.0581	0.0427	0.1229	0.1782	0.2048	0.1837	0.2215	0.1333	0.0760
539	0.0252	0.0624	0.0463	0.1166	0.1743	0.1933	0.1943	0.2112	0.1289	0.0722
545	0.0247	0.0606	0.0513	0.1132	0.1750	0.1919	0.1884	0.2060	0.1109	0.0627
546	0.0245	0.0585	0.0481	0.1103	0.1795	0.1964	0.1763	0.2190	0.1263	0.0687
547	0.0233	0.0608	0.0466	0.1177	0.1888	0.2073	0.1898	0.2299	0.1295	0.0711
549	0.0285	0.0692	0.0527	0.0974	0.1695	0.1910	0.2037	0.2077	0.0968	0.0497
550	0.0294	0.0705	0.0558	0.0910	0.1552	0.1716	0.1969	0.1867	0.1104	0.0620
553	0.0287	0.0717	0.0542	0.0978	0.1625	0.1784	0.2018	0.1977	0.1079	0.0572
564	0.0227	0.0628	0.0436	0.1039	0.1663	0.1741	0.2007	0.1981	0.1181	0.0664
565	0.0237	0.0689	0.0522	0.0886	0.1412	0.1565	0.2223	0.1770	0.1093	0.0612
569	0.0212	0.0593	0.0383	0.0999	0.1557	0.1741	0.2068	0.1857	0.1191	0.0696
573	0.0213	0.0555	0.0406	0.1139	0.1874	0.2105	0.1753	0.2278	0.1189	0.0622
575	0.0223	0.0589	0.0405	0.1183	0.2003	0.2204	0.1814	0.2342	0.1278	0.0679
576	0.0285	0.0643	0.0530	0.1040	0.1769	0.1921	0.1902	0.2058	0.1062	0.0572

Ek Tablo 3'ün devamı

Ö.A. NO	Bant2	Bant3	Bant4	Bant5	Bant6	Bant7	Bant8	Bant 8a	Bant 11	Bant 12
577	0.0225	0.0505	0.0425	0.0917	0.1735	0.1816	0.1648	0.1926	0.1089	0.0643
578	0.0219	0.0633	0.0478	0.1160	0.1944	0.2111	0.1920	0.2281	0.1257	0.0684
581	0.0235	0.0596	0.0429	0.1066	0.1602	0.1757	0.1820	0.1890	0.1091	0.0619
597	0.0250	0.0652	0.0496	0.1186	0.1885	0.2078	0.2216	0.2313	0.1131	0.0585
598	0.0286	0.0675	0.0551	0.0950	0.1621	0.1679	0.2240	0.1995	0.1166	0.0623
602	0.0225	0.0623	0.0410	0.1007	0.1859	0.1987	0.1929	0.2167	0.1149	0.0601
603	0.0226	0.0574	0.0417	0.1036	0.1732	0.1891	0.1854	0.2102	0.1291	0.0777
604	0.0273	0.0677	0.0465	0.0346	0.0577	0.0674	0.2047	0.0705	0.0465	0.0295
605	0.0279	0.0679	0.0504	0.3164	0.3457	0.3545	0.2162	0.3630	0.2985	0.2133
612	0.0234	0.0579	0.0497	0.1100	0.1786	0.1930	0.1679	0.2175	0.1074	0.0580
620	0.0236	0.0643	0.0460	0.0967	0.1764	0.1986	0.2156	0.2042	0.1168	0.0647
625	0.0209	0.0572	0.0464	0.1258	0.1859	0.2058	0.1938	0.2331	0.1453	0.0791
631	0.0217	0.0586	0.0407	0.0341	0.0572	0.0600	0.1928	0.0698	0.0436	0.0267
632	0.0224	0.0613	0.0407	0.1073	0.1750	0.1882	0.1960	0.2105	0.1191	0.0634
634	0.0092	0.0284	0.0226	0.1039	0.1965	0.2159	0.0727	0.2334	0.1099	0.0568
650	0.2239	0.2593	0.2540	0.1048	0.1768	0.1891	0.3442	0.2069	0.1429	0.0819
651	0.0222	0.0631	0.0433	0.1048	0.1770	0.1873	0.2036	0.1976	0.1087	0.0607
654	0.0225	0.0643	0.0502	0.1134	0.1635	0.1786	0.2045	0.1812	0.1121	0.0700
655	0.0185	0.0573	0.0442	0.1159	0.1712	0.1894	0.1912	0.2060	0.1102	0.0601
656	0.0023	0.0200	0.0150	0.1112	0.1849	0.2078	0.0602	0.2254	0.1301	0.0720
657	0.0237	0.0602	0.0459	0.0307	0.0458	0.0507	0.1967	0.0589	0.0453	0.0305
659	0.0242	0.0676	0.0397	0.1293	0.1870	0.2146	0.2308	0.2193	0.1263	0.0688
662	0.0257	0.0623	0.0515	0.1048	0.1768	0.1891	0.1962	0.2069	0.1429	0.0819
664	0.0227	0.0726	0.0463	0.1107	0.1855	0.1965	0.2147	0.2067	0.1117	0.0623
666	0.0308	0.0723	0.0561	0.1134	0.1635	0.1786	0.1815	0.1812	0.1121	0.0700
667	0.0283	0.0702	0.0517	0.1169	0.1732	0.1900	0.1947	0.2051	0.1151	0.0644
675	0.0193	0.0630	0.0446	0.1141	0.1914	0.2115	0.2186	0.2342	0.1370	0.0758
677	0.0016	0.0185	0.0167	0.0312	0.0457	0.0514	0.0549	0.0589	0.0470	0.0312
684	0.0298	0.0781	0.0570	0.1224	0.1816	0.2021	0.2157	0.2137	0.1226	0.0681

Ek Tablo 4. Vejetasyon indeks değerleri

Ö.A. NO	ARVI	SAVI	NDVI	IPVI	DVI	RVI	NDMI	IRECI	B8/2	B8/3
156	0.4930	0.1386	0.6197	0.8099	0.1565	4.2595	0.4089	0.0936	7.6946	3.1160
157	0.4830	0.1316	0.6166	0.8083	0.1453	4.2171	0.3808	0.0925	7.9582	3.2135
158	0.5004	0.1304	0.6401	0.8201	0.1408	4.5578	0.3608	0.0844	9.4499	3.1714
159	0.5277	0.1404	0.6526	0.8263	0.1555	4.7575	0.3938	0.0938	8.9909	3.5028
160	0.5147	0.1355	0.6471	0.8235	0.1482	4.6667	0.3772	0.0951	9.2451	3.3869
161	0.4884	0.1493	0.6275	0.8138	0.1741	4.3698	0.4514	0.1014	8.7736	3.2060
162	0.5019	0.1449	0.6351	0.8176	0.1653	4.4813	0.4255	0.0991	8.7193	3.2921
163	0.4750	0.1228	0.6247	0.8123	0.1307	4.3287	0.3398	0.0791	9.4258	3.3660
164	0.4862	0.1304	0.6346	0.8173	0.1414	4.4728	0.3642	0.0857	9.8632	3.3911
165	0.4905	0.1369	0.6277	0.8139	0.1526	4.3724	0.3957	0.0883	8.6492	3.2608
167	0.5726	0.1595	0.6980	0.8490	0.1821	5.6218	0.4430	0.0956	11.9086	3.9290
172	0.5185	0.1400	0.6582	0.8291	0.1542	4.8520	0.3884	0.0889	10.5115	3.3555
173	0.5285	0.1331	0.6697	0.8349	0.1422	5.0553	0.3545	0.0744	11.4793	3.7142
175	0.4987	0.1331	0.6353	0.8177	0.1456	4.4840	0.3748	0.0825	8.9653	3.3754
177	0.4410	0.1409	0.5903	0.7951	0.1647	3.8815	0.4437	0.1004	7.8522	3.3028
180	0.4299	0.1234	0.5985	0.7993	0.1340	3.9816	0.3580	0.0846	9.6482	3.1059
181	0.4162	0.1205	0.5766	0.7883	0.1317	3.7234	0.3602	0.0843	8.0078	3.1358
183	0.4816	0.1308	0.6097	0.8048	0.1447	4.1240	0.3821	0.0904	7.4053	3.1782
184	0.4489	0.1276	0.5950	0.7975	0.1411	3.9386	0.3782	0.0858	7.8465	3.2443
190	0.5028	0.1375	0.6384	0.8192	0.1524	4.5304	0.3912	0.0950	9.0399	3.2757
196	0.5010	0.1326	0.6507	0.8254	0.1432	4.7263	0.3634	0.0876	11.0243	3.4189
197	0.4409	0.1284	0.5837	0.7919	0.1437	3.8043	0.3898	0.0886	7.2647	3.0635
198	0.5239	0.1599	0.6587	0.8294	0.1887	4.8604	0.4751	0.1114	10.0978	3.4465
199	0.4932	0.1458	0.6259	0.8130	0.1681	4.3464	0.4366	0.1088	8.2846	3.0319
200	0.4963	0.1292	0.6301	0.8150	0.1399	4.4066	0.3620	0.0860	8.5277	3.3379
201	0.4615	0.1264	0.6036	0.8018	0.1382	4.0457	0.3673	0.0858	7.9448	3.2900
208	0.5145	0.1391	0.6416	0.8208	0.1546	4.5811	0.3954	0.0904	8.6190	3.2520
227	0.4221	0.1410	0.5638	0.7819	0.1693	3.5851	0.4697	0.1100	6.6008	2.8098
228	0.5047	0.1495	0.6302	0.8151	0.1741	4.4086	0.4503	0.1018	8.0309	3.2055
229	0.4922	0.1365	0.6173	0.8087	0.1532	4.2264	0.4013	0.0941	7.5220	3.1230
238	0.4680	0.1266	0.6139	0.8070	0.1375	4.1805	0.3614	0.0856	8.6202	3.1813
239	0.2574	0.1135	0.4422	0.7211	0.1384	2.5858	0.4514	0.0991	5.4696	2.8218
244	0.5173	0.1436	0.6372	0.8186	0.1627	4.5124	0.4180	0.1040	7.9924	3.1241
245	0.4716	0.1277	0.6136	0.8068	0.1393	4.1765	0.3663	0.0881	8.3476	3.1943
246	0.4874	0.1407	0.6140	0.8070	0.1608	4.1815	0.4227	0.0976	7.4838	2.9613
247	0.5020	0.1574	0.6255	0.8128	0.1896	4.3410	0.4926	0.1199	7.7422	3.0860
249	0.5837	0.1840	0.6913	0.8457	0.2298	5.4795	0.5622	0.1314	9.7944	3.3980
250	0.5580	0.1578	0.6744	0.8372	0.1824	5.1431	0.4529	0.1078	9.5087	3.3402
251	0.6104	0.1715	0.7107	0.8553	0.2017	5.9123	0.4854	0.1069	10.3829	3.5098
257	0.4858	0.1314	0.6096	0.8048	0.1456	4.1233	0.3845	0.0839	7.1936	2.9852
259	0.4686	0.1167	0.6103	0.8051	0.1227	4.1319	0.3238	0.0753	8.1837	3.0897
261	0.4749	0.1418	0.6219	0.8110	0.1617	4.2899	0.4217	0.0971	9.0786	3.2289
262	0.3017	0.0955	0.4930	0.7465	0.1010	2.9451	0.3057	0.0725	7.0115	2.8751
265	0.3905	0.1203	0.5519	0.7759	0.1341	3.4629	0.3772	0.0891	7.1848	2.9937
266	0.5966	0.1757	0.7111	0.8556	0.2094	5.9236	0.5038	0.1108	11.7710	3.5909
267	0.4331	0.1290	0.5792	0.7896	0.1453	3.7533	0.3963	0.0956	7.2843	3.1662
268	0.5260	0.1526	0.6568	0.8284	0.1756	4.8275	0.4430	0.1028	9.6444	3.4718

Ek Tablo 4'ün devamı

Ö.A. NO	ARVI	SAVI	NDVI	IPVI	DVI	RVI	NDMI	IRECI	B8/2	B8/3
269	0.4145	0.1382	0.5623	0.7811	0.1641	3.5692	0.4559	0.1039	6.8313	2.9912
281	0.4701	0.1409	0.6042	0.8021	0.1625	4.0526	0.4314	0.1005	7.5157	3.2212
282	0.4067	0.1191	0.5571	0.7785	0.1316	3.5154	0.3677	0.0856	6.7951	2.9111
283	0.4831	0.1332	0.6120	0.8060	0.1483	4.1549	0.3906	0.0946	7.5281	2.9942
284	0.4690	0.1422	0.6042	0.8021	0.1648	4.0528	0.4375	0.1042	7.5758	3.1039
286	0.4599	0.1337	0.5879	0.7940	0.1522	3.8537	0.4110	0.0965	6.7102	2.8571
287	0.4840	0.1388	0.6019	0.8010	0.1591	4.0241	0.4234	0.0981	6.6974	3.0101
289	0.5195	0.1410	0.6456	0.8228	0.1572	4.6431	0.4007	0.1017	8.7298	3.3226
290	0.5840	0.2073	0.6963	0.8482	0.2810	5.5855	0.6845	0.1878	10.4744	4.0360
301	0.4548	0.1304	0.5834	0.7917	0.1472	3.8003	0.3995	0.0891	6.6002	2.9537
302	0.4109	0.1269	0.5535	0.7767	0.1451	3.4789	0.4073	0.0922	6.3569	2.8447
303	0.4618	0.1398	0.5925	0.7962	0.1623	3.9077	0.4363	0.1121	6.9641	3.0425
304	0.4001	0.1214	0.5508	0.7754	0.1361	3.4523	0.3832	0.0767	6.6298	2.8576
305	0.3966	0.1273	0.5416	0.7708	0.1474	3.3626	0.4197	0.0930	6.1465	2.6914
310	0.5725	0.1546	0.6705	0.8353	0.1772	5.0704	0.4415	0.1073	8.1552	3.2295
326	0.4455	0.1223	0.5845	0.7922	0.1337	3.8132	0.3624	0.0853	7.0979	3.0911
329	0.4852	0.1523	0.6177	0.8089	0.1812	4.2318	0.4746	0.1040	7.9365	3.3541
330	0.4640	0.1390	0.5935	0.7968	0.1608	3.9201	0.4316	0.1020	6.9389	3.1994
332	0.4359	0.1344	0.5828	0.7914	0.1542	3.7943	0.4187	0.0849	7.4502	2.9961
339	0.4963	0.1203	0.6174	0.8087	0.1275	4.2269	0.3341	0.0826	7.3260	3.1605
340	0.5048	0.1399	0.6243	0.8122	0.1581	4.3237	0.4114	0.1070	7.4936	3.0317
341	0.5129	0.1518	0.6390	0.8195	0.1768	4.5407	0.4535	0.1177	8.4392	3.0806
343	0.3765	0.1166	0.5317	0.7659	0.1303	3.2709	0.3753	0.0789	6.3093	2.7332
344	0.2951	0.1117	0.4811	0.7406	0.1285	2.8547	0.3955	0.0828	6.3991	2.8574
345	0.3407	0.1044	0.5097	0.7548	0.1131	3.0790	0.3350	0.0555	6.3367	2.7678
346	0.4986	0.1391	0.6269	0.8134	0.1563	4.3600	0.4057	0.0912	8.0576	3.1377
347	0.4927	0.1316	0.6224	0.8112	0.1445	4.2966	0.3767	0.0864	7.9577	3.1027
371	0.5681	0.1482	0.6798	0.8399	0.1652	5.2457	0.4081	0.1036	9.4471	3.5148
372	0.4972	0.1338	0.6384	0.8192	0.1464	4.5316	0.3757	0.1002	9.4785	3.3572
373	0.4271	0.1296	0.5734	0.7867	0.1471	3.6883	0.4035	0.1041	7.1039	3.1352
374	0.4277	0.1252	0.5794	0.7897	0.1389	3.7547	0.3787	0.0987	7.5867	2.9104
375	0.3344	0.1075	0.5160	0.7580	0.1172	3.1319	0.3444	0.0756	7.1551	2.9656
376	0.3153	0.1262	0.4976	0.7488	0.1528	2.9811	0.4599	0.0967	6.6501	3.1501
377	0.3318	0.1244	0.4940	0.7470	0.1499	2.9527	0.4532	0.0813	5.6935	2.7882
378	0.4202	0.1364	0.5861	0.7931	0.1571	3.8321	0.4253	0.0943	8.7967	3.0388
379	0.3875	0.1307	0.5434	0.7717	0.1533	3.3799	0.4355	0.0973	6.6539	2.7572
392	0.6117	0.2092	0.7291	0.8646	0.2755	6.3840	0.6534	0.1530	13.8140	3.7769
394	0.4615	0.1369	0.6155	0.8077	0.1542	4.2011	0.4046	0.0926	9.2926	3.1214
396	0.4354	0.1410	0.5903	0.7952	0.1648	3.8819	0.4439	0.0863	8.2052	3.1753
400	0.5075	0.1357	0.6464	0.8232	0.1485	4.6561	0.3783	0.0795	9.7225	3.2156
401	0.5007	0.1356	0.6349	0.8174	0.1497	4.4774	0.3855	0.0859	8.7713	3.4982
402	0.5436	0.1428	0.6618	0.8309	0.1584	4.9129	0.3977	0.0975	8.9774	3.6155
403	0.5455	0.1388	0.6685	0.8343	0.1513	5.0333	0.3775	0.0851	9.6795	3.7413
404	0.5105	0.1329	0.6355	0.8178	0.1453	4.4874	0.3738	0.0923	8.2244	3.3828
405	0.4242	0.1308	0.5706	0.7853	0.1496	3.6578	0.4117	0.1006	7.0180	2.9806
406	0.4864	0.1304	0.6234	0.8117	0.1426	4.3104	0.3713	0.0849	8.4443	3.2126
407	0.4418	0.1355	0.5951	0.7975	0.1543	3.9390	0.4136	0.0949	8.2909	3.0735

Ek Tablo 4'ün devamı

Ö.A. NO	ARVI	SAVI	NDVI	IPVI	DVI	RVI	NDMI	IRECI	B8/2	B8/3
408	0.4141	0.1210	0.5632	0.7816	0.1339	3.5792	0.3717	0.0753	6.9218	2.7391
412	0.4360	0.1249	0.5722	0.7861	0.1393	3.6755	0.3828	0.0746	6.6057	2.7091
432	0.5418	0.1625	0.6648	0.8324	0.1924	4.9658	0.4818	0.1166	9.4741	3.2356
433	0.4942	0.1434	0.6267	0.8134	0.1638	4.3579	0.4251	0.0992	8.3025	3.1797
434	0.5500	0.1480	0.6834	0.8417	0.1644	5.3171	0.4049	0.1057	11.6518	3.8654
451	0.5170	0.1510	0.6683	0.8341	0.1712	5.0290	0.4275	0.1074	12.6096	4.0493
454	0.5121	0.1309	0.6364	0.8182	0.1419	4.5000	0.3650	0.0825	8.2103	3.2819
455	0.5011	0.1431	0.6334	0.8167	0.1623	4.4548	0.4186	0.1048	8.5784	3.1375
456	0.4256	0.1182	0.5716	0.7858	0.1285	3.6685	0.3534	0.0666	7.0305	3.0553
457	0.5018	0.1385	0.6292	0.8146	0.1551	4.3939	0.4016	0.0904	8.1022	3.0869
458	0.5590	0.1438	0.6795	0.8397	0.1581	5.2401	0.3907	0.0835	10.1226	3.4629
460	0.3281	0.1267	0.4944	0.7472	0.1543	2.9556	0.4664	0.0907	5.8556	2.6254
462	0.5976	0.1532	0.7054	0.8527	0.1705	5.7879	0.4121	0.0963	10.6762	3.7210
476	0.5435	0.1444	0.6736	0.8368	0.1596	5.1267	0.3965	0.0957	10.6020	4.0075
481	0.4916	0.1128	0.6318	0.8159	0.1156	4.4321	0.2985	0.0817	9.0592	3.6204
482	0.4702	0.1502	0.6098	0.8049	0.1788	4.1250	0.4719	0.1117	8.0323	3.1005
484	0.4605	0.1396	0.5946	0.7973	0.1617	3.9338	0.4335	0.0957	7.1950	2.8557
486	0.5564	0.1602	0.6728	0.8364	0.1868	5.1128	0.4645	0.1006	9.4219	3.4142
487	0.4812	0.1437	0.5520	0.7760	0.1768	3.4641	0.4971	0.1102	4.4028	2.5192
492	0.2874	0.1185	0.4762	0.7381	0.1419	2.8186	0.4397	0.0852	6.4096	2.7567
502	0.4985	0.1543	0.6279	0.8139	0.1832	4.3742	0.4750	0.1030	8.1622	3.1040
503	0.5000	0.1522	0.6309	0.8154	0.1790	4.4183	0.4626	0.1078	8.3804	3.3365
504	0.5106	0.1302	0.6518	0.8259	0.1395	4.7436	0.3534	0.0845	10.2435	3.2654
508	0.4789	0.1395	0.5989	0.7995	0.1607	3.9867	0.4291	0.1044	6.6985	2.8964
509	0.4980	0.1360	0.6262	0.8131	0.1514	4.3502	0.3931	0.0959	8.0254	3.2183
510	0.6015	0.1586	0.6986	0.8493	0.1804	5.6362	0.4385	0.1247	9.4301	3.2724
513	0.5127	0.1711	0.6396	0.8198	0.2143	4.5501	0.5492	0.1160	8.5147	2.9283
514	0.4547	0.1446	0.5883	0.7942	0.1718	3.8582	0.4638	0.1192	6.9675	2.9278
515	0.4009	0.1304	0.5606	0.7803	0.1502	3.5515	0.4181	0.0914	7.3787	3.0014
516	0.4243	0.1267	0.5693	0.7847	0.1427	3.6441	0.3932	0.0879	6.9164	2.9958
517	0.4310	0.1234	0.5258	0.7629	0.1429	3.2178	0.4147	0.0922	4.4668	2.5187
518	0.5357	0.1512	0.6485	0.8242	0.1743	4.6892	0.4431	0.1083	8.0521	3.1911
522	0.4085	0.1151	0.5675	0.7838	0.1241	3.6245	0.3427	0.0751	7.5819	2.8241
532	0.4980	0.1294	0.6228	0.8114	0.1410	4.3017	0.3675	0.0973	7.7018	3.1641
539	0.4847	0.1332	0.6149	0.8075	0.1480	4.1936	0.3887	0.0990	7.7033	3.1152
545	0.4148	0.1235	0.5719	0.7860	0.1371	3.6720	0.3768	0.0887	7.6342	3.1091
546	0.4212	0.1179	0.5711	0.7855	0.1282	3.6627	0.3526	0.0788	7.2057	3.0154
547	0.4616	0.1296	0.6057	0.8028	0.1432	4.0719	0.3795	0.0892	8.1438	3.1235
549	0.4521	0.1331	0.5891	0.7945	0.1510	3.8671	0.4074	0.0868	7.1474	2.9431
550	0.4111	0.1250	0.5584	0.7792	0.1411	3.5286	0.3939	0.0827	6.6883	2.7929
553	0.4344	0.1302	0.5769	0.7884	0.1477	3.7267	0.4036	0.0889	7.0252	2.8135
564	0.5139	0.1407	0.6432	0.8216	0.1571	4.6049	0.4014	0.0981	8.8327	3.1945
565	0.4674	0.1464	0.6198	0.8099	0.1701	4.2607	0.4445	0.1067	9.3975	3.2245
569	0.5769	0.1507	0.6871	0.8436	0.1684	5.3928	0.4135	0.1081	9.7528	3.4843
573	0.4907	0.1254	0.6240	0.8120	0.1347	4.3192	0.3505	0.0818	8.2374	3.1591
575	0.5107	0.1301	0.6348	0.8174	0.1409	4.4766	0.3629	0.0832	8.1358	3.0803
576	0.4209	0.1230	0.5640	0.7820	0.1372	3.5870	0.3804	0.0806	6.6649	2.9580

Ek Tablo 4'ün devamı

Ö.A. NO	ARVI	SAVI	NDVI	IPVI	DVI	RVI	NDMI	IRECI	B8/2	B8/3
577	0.4497	0.1153	0.5898	0.7949	0.1223	3.8754	0.3297	0.0646	7.3259	3.2673
578	0.4452	0.1299	0.6013	0.8007	0.1442	4.0167	0.3840	0.0860	8.7671	3.0356
581	0.4894	0.1279	0.6181	0.8091	0.1390	4.2375	0.3639	0.0925	7.7430	3.0540
597	0.4982	0.1486	0.6340	0.8170	0.1719	4.4646	0.4431	0.1082	8.8477	3.3976
598	0.4662	0.1446	0.6053	0.8027	0.1689	4.0674	0.4480	0.0990	7.8322	3.3164
602	0.5287	0.1380	0.6496	0.8248	0.1519	4.7077	0.3858	0.0823	8.5829	3.0963
603	0.5065	0.1318	0.6330	0.8165	0.1437	4.4502	0.3707	0.0859	8.2104	3.2319
604	0.5144	0.1404	0.6299	0.8149	0.1582	4.4034	0.4093	0.0949	7.4895	3.0229
605	0.4955	0.1442	0.6218	0.8109	0.1658	4.2887	0.4323	0.1517	7.7543	3.1834
612	0.3771	0.1098	0.5433	0.7716	0.1182	3.3790	0.3357	0.0728	7.1654	2.9002
620	0.5182	0.1484	0.6481	0.8240	0.1695	4.6834	0.4311	0.0929	9.1178	3.3503
625	0.4588	0.1328	0.6137	0.8068	0.1474	4.1767	0.3876	0.0997	9.2727	3.3911
631	0.5265	0.1382	0.6512	0.8256	0.1521	4.7332	0.3856	0.0907	8.8984	3.2929
632	0.5365	0.1405	0.6558	0.8279	0.1552	4.8110	0.3919	0.0952	8.7681	3.1986
634	0.3382	0.0561	0.5259	0.7629	0.0501	3.2183	0.1455	0.0265	7.8773	2.5640
650	0.0957	0.0548	0.1508	0.5754	0.0902	1.3552	0.6885	0.0535	1.5373	1.3275
651	0.5198	0.1431	0.6493	0.8247	0.1603	4.7036	0.4071	0.0949	9.1535	3.2239
654	0.4477	0.1363	0.6056	0.8028	0.1543	4.0710	0.4090	0.1070	9.1091	3.1829
655	0.4650	0.1333	0.6246	0.8123	0.1470	4.3282	0.3824	0.0995	10.3212	3.3397
656	0.3708	0.0524	0.6017	0.8008	0.0452	4.0209	0.1203	0.0272	26.0162	3.0100
657	0.4857	0.1353	0.6215	0.8108	0.1508	4.2843	0.3933	0.1012	8.2887	3.2693
659	0.6135	0.1653	0.7063	0.8531	0.1910	5.8087	0.4615	0.1321	9.5450	3.4147
662	0.4352	0.1290	0.5843	0.7922	0.1447	3.8115	0.3923	0.0857	7.6212	3.1478
664	0.5088	0.1475	0.6451	0.8226	0.1684	4.6361	0.4293	0.1004	9.4455	2.9576
666	0.3805	0.1133	0.5277	0.7638	0.1254	3.2344	0.3629	0.0869	5.8960	2.5088
667	0.4434	0.1277	0.5804	0.7902	0.1430	3.7665	0.3893	0.0965	6.8787	2.7744
675	0.5159	0.1520	0.6612	0.8306	0.1740	4.9040	0.4371	0.1037	11.2982	3.4716
677	0.2674	0.0446	0.5342	0.7671	0.0382	3.2940	0.1098	0.0261	34.3125	2.9747
684	0.4386	0.1369	0.5820	0.7910	0.1587	3.7850	0.4313	0.1069	7.2366	2.7612

Ek Tablo 5. Yer kontrol noktaları

Noktalar	X	Y	Z
1	387734,49	4058317,2	167,502
2	387585,86	4060706,2	132,746
3	389298,45	4060479,01	186,767
4	386747,93	4062023,36	69,2
5	388514,69	4064076,68	460,11
6	391231,13	4065403,68	455,928
7	393170,13	4064579,12	466,77
8	394674,24	4064579,12	663,068
9	391906,26	4063728,13	370,809
10	392256,75	4062943,24	398,57
11	392583,76	4062560,26	394,777
12	393429,1	4061902,72	386,57
13	392607,8	4061851,26	318,912
14	391712,58	4061121,8	260,982
15	392228,24	4060716,53	282,052
16	391100,83	4059327,37	249,51
17	391106,17	4057924,09	212,431
18	390964,99	4057376,31	149,345
19	393444,98	4058689,24	274,153
20	393801,39	4058300,11	216,333
21	394710,23	4058655,8	151,917
22	393564,57	4056562,44	73,635

ÖZGEÇMİŞ

Bayram ÇİL, ilk, orta ve lise öğrenimini Trabzon’da tamamlayan ÇİL, 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü’nde başladığı eğitimini 2011 yılında tamamlayarak iyi derece ile adı geçen üniversiteden mezun oldu. Aynı yıl, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Amenajmanı Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Programına başladı. 2014 yılı Aralık ayında “Bazı Meşcere Parametrelerinin Farklı Uydu Görüntüleri Yardımıyla Tahmin Edilmesi: Kelkit ve İğdir Planlama Birimi Örneği” adlı yüksek lisans tezini tamamladı.

Lisans ve Doktora öğrenimi süresince bilim dalı ile ilgili konularda yayınlanan 2 adet makale, 8 adet uluslararası bildiri ve 3 adet ulusal bildirisi vardır.

2018 yılında Muğla’da meslektaşı Ali AVCI ile kurmuş olduğu Tuna Ormancılık ve Tic. Ltd. Şti. firmasında ormancılık faaliyetlerine devam etmektedir. Orta derecede İngilizce bilmektedir. Evli ve 1 çocuk babasıdır.