



Meşcere Parametrelerinin Yerel Uydu ve Dijital Kamera Görüntüleriyle Tahmini ve Farklı Uydu Görüntü Verileri İle Karşılaştırılması

Program Kodu: 3001

Proje No: 115O013

Proje Yürütücüsü:
Yrd. Doç. Dr. Uzay KARAHALİL

Araştırmacı:
Prof. Dr. Fevzi KARSLI

Bursiyer(ler):
Orm. Yük. Müh. Bayram ÇİL
Arş. Gör. Sibel CANAZ SEVGİN

TEMMUZ 2017
TRABZON



ÖNSÖZ

Ülkemizde ormancılık çalışmalarının başlangıcı 1839 yılında ilk Orman Müdürlüğü'nün kurulmasına kadar gitmekle birlikte, daha çok üretim işlerinin organizasyonunu içeren bir dönemin sonunda ilk orman amenajman planının 1917 yılında hazırlandığı görülmektedir. Ancak, ormanlarımızın planlanmasında modern istatistik yöntemlerin kullanılması, alan envanterinde kombine envanter metodunun tercih edilmesi, ağaç türünün isteklerine göre amenajman yönteminin seçilmesi ve belki de en önemlisi planların tüm planlama birimleri için devamlı olarak hazırlanmaya başlaması ise 1963 yılından sonra olmuştur. Bu tarihten sonra, alan envanteri ağırlıklı olarak hava fotoğraflarının yorumlanması, ağaç serveti ve artımının envanteri ise, yersel ölçümlerle gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Zaman içinde teknolojinin gelişmesi, bilgi birikiminin artması, araştırmaların desteklenmesi ile, uydu görüntülerinin alan envanteri yanında meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi konusunda kullanılması, araştırmacıların son dönemde üzerinde sıkça düşündüğü konular arasına girmiştir. Gerçekleştirilen proje, önerildiği tarihte henüz bu konuda etkinliği ortaya konmamış ulusal veri kaynaklarımız ile seçilen diğer veri kaynaklarının, seçilen bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesini ve karşılaştırılmasını hedeflemektedir. Hazırlanan projenin gerçekleştirilmesinde, özellikle de verilerin temin edilmesinde ve bazı altlıkların sağlanmasında yardımlarını esirgemeyen, Harita Genel Komutanlığı'na, Hava Kuvvetleri Komutanlığı'na, TÜBİTAK Uzay'a ve Orman Genel Müdürlüğü'ne teşekkürlerimizi sunarız.

Daha önce proje yürütmeyen öğretim üyelerine, 3001 programını geliştirerek önemli bir olanak sağlayan ve projeye desteklerinden ötürü TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Projenin ara raporlarında getirdiği yapıcı eleştiriler ile projenin niteliğinin artırılmasına yardımcı olan proje hakemine ayrıca teşekkürlerimizi sunarız.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
Özet.....	VII
Abstract.....	VIII
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	10
3.1 Veri Kaynakları.....	11
3.1.1 Rasat.....	11
3.1.2 Göktürk-2.....	12
3.1.3 Dijital Kamera İle Çekilen Hava Fotoğrafları.....	12
3.1.5 WorldView-2.....	13
3.1.6 LİDAR Verileri.....	14
3.1.7 WorldView-3.....	15
3.1.8 Topoğrafik Haritalar ve Amenajman Planı Meşcere Haritaları.....	15
3.2 Çalışma Alanı.....	15
3.3. Yaklaşım Tarzı (Metot).....	19
3.3.1. Örnekleme Alanlarında Yapılan Ölçümler.....	21
3.3.2. Meşcere Parametrelerinin Hesaplanması.....	28
3.3.3 Uydu Görüntülerinin Analizi.....	29
3.3.4 Dijital Numaralardan Yansıma (Reflectance) Değerlerinin Hesaplanması.....	32
3.3.4.1 Landsat 8 OLI Uydu Görüntüsü için Reflectance Hesabı.....	32
3.3.4.2 RASAT ve Göktürk-2 Uydu Görüntüleri için Reflectance Hesabı.....	34
3.3.5 Meşcere Parametrelerinin Uydu Görüntüleriyle İlişkilendirilmesi.....	38
3.3.6 Geliştirilen Modellerin Her İki Araştırma Alanı İçin Denenmesi.....	39
3.3.7 Lidar Verilerinin Analiz Edilmesi.....	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	41
4.3. İğdir Araştırma Alanı İçin Geliştirilen Regresyon Modelleri.....	44
4.4. Geliştirilen Modellerin Güncel Meşcere Parametreleri İle Karşılaştırılması.....	47
4.5. Lidar Verileri İle Meşcere Parametrelerinin Tahminine Yönelik Elde Edilen Sonuçlar.....	51
4.6 Tepe Çapı-Ağaç Çapı İlişkisine Yönelik Elde Edilen Sonuçlar.....	57
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58

Tablo Listesi

Tablo 1. Rasat uydusuna ilişkin bazı özellikler.....	11
Tablo 2. Çalışmada kullanılan platformlara ilişkin bazı özellikler.....	14
Tablo 3. Kelkit OİŞ orman alanının ağaç türlerine dağılımı (OGM, 2013).....	17
Tablo 4. İğdir OİŞ orman alanının ağaç türlerine dağılımı (OGM, 2014).....	18
Tablo 5. Kelkit OİŞ saf Sarıçam meşcere gelişim çağlarının kapalılığa göre alansal dağılımları ve seçilen araştırma alanından alınan örnek alan sayıları (OGM, 2013).....	21
Tablo 6. İğdir OİŞ değişik yaşlı Göknar meşcere tiplerinin alansal dağılımı ve seçilen araştırma alanından alınan örnek alan sayıları.....	23
Tablo 7.Çalışma alanlarında meşcere hacminin belirlenmesinde kullanılacak olan tek girişli ağaç hacim tabloları.....	28
Tablo 8. Meta data dosyasında bulunan veriler.....	33
Tablo 9. RASAT ve Göktürk-2 için Esun değerleri (Teke, 2016).....	35
Tablo 10. RASAT ve Göktürk-2 için Gains değerleri (Teke, 2016).....	35
Tablo 11. RASAT ve Göktürk-2 için Gain Mode karşılık Gelen Gain Multiplier değerleri (Teke, 2016).....	36
Tablo 12. Çalışmada kullanılan bitki örtüsü indeksleri.....	37
Tablo 13. Kelkit araştırma alanına ilişkin tüm gelişim çağları birlikte değerlendirildiğinde elde edilen regresyon model çıktıları.....	42
Tablo 14. Kelkit araştırma alanına ilişkin farklı gelişim çağları dikkate alındığında elde edilen regresyon model çıktıları.....	43
Tablo 15. İğdir araştırma alanına ilişkin tüm meşcere tipleri birlikte değerlendirildiğinde elde edilen regresyon model çıktıları.....	45
Tablo 16. İğdir araştırma alanına ilişkin farklı meşcere rumuzları dikkate alındığında elde edilen regresyon model çıktıları.....	46
Tablo 17. Bergama'da alınan örnekleme alanlarına ilişkin ilişkin bazı istatistiki bilgiler.....	51
Tablo 18. Üst boyun tahmin edildiği regresyon modelinin sonuç parametreleri.....	51
Tablo 19. Orta boya ilişkin regresyon analizi çıktıları.....	52
Tablo 20. Ağaç sayısına ilişkin regresyon analizi çıktıları.....	54
Tablo 21. Hacme ilişkin regresyon analizi çıktıları.....	55
Tablo 22. Worldview-3 uydu görüntüsü ile birlikte hacme ilişkin regresyon analizi çıktıları.	56
Tablo 23. Kelkit araştırma alanında tepe çapı-çap ilişkisini ortaya koymak amacıyla yapılan ölçümlere ait bazı istatistiki parametreler.....	57
Tablo 24. İğdir araştırma alanında tepe çapı-çap ilişkisini ortaya koymak amacıyla yapılan ölçümlere ait bazı istatistiki parametreler.....	58

Şekil Listesi

Şekil 1. Hartita Genel Komutanlığı tarafından renkli hava fotoğrafı çekim durumu (HGK, 2014).....	13
Şekil 2. Kelkit/Gümüşhane ve İğdir/Kastamonu illerinde yer alan çalışma alanlarının konumsal görünümü.....	16
Şekil 3. Kelkit araştırma alanının konumsal gösterimi.....	17
Şekil 4. İğdir araştırma alanının konumsal gösterimi.....	18
Şekil 5. Bergama araştırma alanının konumsal gösterimi.....	19
Şekil 6. Gerçekleştirilen araştırmada izlenen iş akışı.....	20
Şekil 7. Örnek envanter karnesi.....	21
Şekil 8. Kelkit araştırma alanı örnekleme alanların konumsal dağılımı.....	22
Şekil 9. Kelkit araştırma alanında örnekleme alanlarının alınması.....	22
Şekil 10. Kelkit araştırma alanında bozuk meşcerelerde örnekleme alanlarının alınması....	23
Şekil 11.İğdir araştırma alanı örnekleme alanlarının konumsal dağılımı.....	24
Şekil 12. Kelkit araştırma alanında örnek ağaçlara ilişkin çap, tepe çapı ve boy ölçülmesi.	25
Şekil 13. İğdir araştırma alanında örnekleme alanlarının alınması.....	25
Şekil 14. Kastamonu araştırma alanında örnek ağaçlara ilişkin çap, tepe çapı ve boy ölçülmesi.....	26
Şekil 15. Bergama’da alınan örnekleme alanlarının konumsal dağılımı.....	27
Şekil 16. Bergama’da örnekleme alanlarının alınması.....	27
Şekil 17. Erdas Imagine 2014 programında bantların birleştirilmesi.....	29
Şekil 18. Degrad komutu ile çözünürlüğün düşürülmesi.....	29
Şekil 19. Landsat görüntüsünün koordinatlandırılması.....	30
Şekil 20. Şekil 16. WorldView-2 Görüntünün Kesilmesi.....	31
Şekil 21. Erdas Imagine 2014 programı yardımıyla atmosferik düzeltmenin gerçekleştirilmesi	31
Şekil 22. Landsat-8 uydu görüntüsünde bantların ayrılması.....	32
Şekil 23. Landsat 8 uydu fotoğrafı orijinal hali, 1 numaralı bant örneği.....	34
Şekil 24. Reflectance değerler ile gösterilen uydu fotoğrafı, 1 numaralı bant örneği.....	34
Şekil 25. Geliştirilen regresyon modellerinin ArcMap 10.1 yazılımı kullanılarak araştırma alanlarına uygulanması.....	40
Şekil 26. Lidar verileri yardımıyla meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine yönelik iş akışı.....	40
Şekil 27. Kelkit araştırma alanında model ve plan hacminin karşılaştırılması.....	48
Şekil 28. Kelkit araştırma alanında model ve plan ağaç sayısının karşılaştırılması.....	49
Şekil 29. İğdir araştırma alanında model ve plan hacminin karşılaştırılması.....	50
Şekil 30. İğdir araştırma alanında model ve plan ağaç sayısının karşılaştırılması.....	50

Şekil 31. Tahmin edilen ve gözlenen üst boy değerleri arasındaki korelasyon.....	52
Şekil 32. Tahmin edilen ve gözlenen orta boy değerleri arasındaki korelasyon.....	53
Şekil 33. Seçilen bir alanın a) gerçek görüntüsü ve b) geliştirilen model yardımıyla gösterimi	53
Şekil 34. Seçilen bir alanda a) açıklık, b) çalı (0-5 m) c) az boylu (6-15 m) ve d) boylu ağaçların geliştirilen model yardımıyla tahmin edilmesi.....	54
Şekil 35. Tahmin edilen ve gözlenen ağaç sayısı değerleri arasındaki korelasyon.....	55
Şekil 36. Tahmin edilen ve gözlenen hacim değerleri arasındaki korelasyon.....	56
Şekil 37. Tahmin edilen ve gözlenen Worldview-3 uydu verileri kullanılarak elde edilen hacim değerleri arasındaki korelasyon.....	57

Özet

Ormanların yapı ve kuruluşu hakkında daha az para ve emek harcayarak bilgi sahibi olma ve bunu güncelleme isteği önemini korumaktadır. Bu noktada, özellikle meşcere parametrelerinin doğru, hızlı ve ucuz yöntemlerle belirlenmesi büyük avantajlar sağlayacaktır. Ormancılıkta özellikle son dönemde yapılan çalışmalar dikkate alındığında, uzaktan algılama verilerinin kullanımı ile, elde edilmesi zor ve pahalı olan meşcere parametrelerinin daha kolay ve ucuz bir biçimde tahmin edilebileceği görülmektedir.

Hazırlanan proje kapsamında, aynı ve farklı yaşlı olarak işletilen saf Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve saf Gökmar (*Abies nordmanniana subs. bornmulleriana*) meşcerelerinden alınan örnekleme alanlarında yapılan ölçümler sonucu elde edilen ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim gibi farklı meşcere parametreleri ile uzaktan algılama teknolojisi ile elde edilen parametre verileri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Çalışma alanı olarak, Sarıçam meşcerelerinin ağırlıklı olarak yer aldığı Kelkit/Gümüşhane ve Gökmar meşcerelerinin içerisinde barındırıldığı İğdir (Samatlar)/Kastamonu bölgeleri seçilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada, elde edilen uydu görüntüsü yansıma değerleri (reflectance value) ve farklı vejetasyon indeksleriyle meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Kelkit araştırma alanı için 130 örnekleme alanı, İğdir için 107 olmak üzere, toplamda seçilen 237 örnekleme alanından elde edilen göğüs yüzeyi, ağaç sayısı ve hacim verilerine dayanmıştır. Göktürk-2, Rasat, Landsat 8, WorldView-2 (pan sharpen), görüntülerinin tüm bantları için yansıma (reflectance) değerleri, dijital kamera ile çekilen hava fotoğrafları için ise direkt piksel değerleri (DN) kullanılmak suretiyle 20 farklı vejetasyon indeksi hesaplanmıştır. Her banda ilişkin yansıma değerleri/DN ve onlara bağlı olarak hesaplanan vejetasyon indeksleri ile çalışılan meşcere parametreleri arasında ilişki olup olmadığı Pearson Korelasyonu ile ortaya konmuş sonrasında, regresyon analizi yardımıyla modeller geliştirilmiştir.

Çalışma sonucunda aynı zamanda, orta ve yüksek çözünürlüğe sahip milli uydu görüntüleri ile diğer Landsat 8, WorldView-2, Pleiades gibi farklı görüntülerden elde edilecek sonuçlarla karşılaştırılmış ve böylece ülkemizde ilk defa ulusal uyduların etkinliği karşılaştırmalı olarak ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Meşcere parametreleri, Uzaktan Algılama, Göktürk-2, Rasat, Dijital Hava Fotoğrafı

Abstract

Having information about the structure and organization of forests by spending less money and effort and also the willingness to keep information updated is still important. At this point, determining especially the stand parameters by accurate, fast and cheap methods will provide us great advantages. Considering especially the recent studies in forestry, it is clear that the stand parameters which are really difficult and expensive to obtain will be estimated more easily and cheaply when the remote sensing data are used.

In this project, the relationships between remotely sensed data and various stand parameters were investigated such as the number of trees, basal area and volume obtained from field measurements via sample plots taken from the even aged pure Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands and uneven aged pure Fir (*Abies nordmanniana subs. bornmulleriana*) stands. Kelkit/Gümüşhane in which predominantly Scots pines are located and Iğdir/Kastamonu regions which mainly consist of Fir stands selected as the research areas. In this study, the relationship between stand parameters and the reflectance values of the satellite images and different vegetation indexes obtained by the MATLAB software program were also presented. The study based on the field measurements of number of trees, basal area and volume data obtained from 130 sample plots for Kelkit and 107 sample plots for Iğdir research area as total of 237 sample plots. Reflectance values of all bands were derived using Matlab software of Göktürk-2, Rasat, Landsat 8 and Worldview-2, images and pixel values (DN) of aerial photos and 20 different vegetation indexes were calculated using those reflectance/DN values. After displaying the relationship between the reflectance/DN values of all bands and depending calculated vegetation indexes and stand parameters using Pearson Correlation, models were developed using Regression analysis.

As a result of this study, we also compared the results obtained from our mentioned platforms that have middle and high resolution and the results obtained from the other platforms that are provided from abroad like Landsat 8 and Worldview-2 so that we will be able to introduce, for the first time, the efficiency of our national satellites in a comparative way.

Keywords: Stand parameters, Remote Sensing, Göktürk-2, Rasat, Digital Aerial Photograph

1. GİRİŞ

Dünya alanının yaklaşık % 30'unu (39 milyon km²) oluşturan ormanlar, topluma gıda, yakıt, barınak, temiz hava, kaliteli su, ilaç, gelir kaynağı, dinlenme, gibi birçok ekonomik, ekolojik, sosyal ve kültürel faydalar sunan doğal bir kaynaktır. Örneğin ormanlar mevcut biyoçeşitliliğin % 80'ini ve karasal bitki karbon stoğunun da %80-90'ını tek başına barındırmaktadır (Watson vd. 2000). Bununla birlikte, paha biçilemeyen bu doğal kaynağın topluma sunduğu ürün ve hizmetlerin sürekli olabilmesi, tabiatına uygun olarak devamlılık ilkesi ile işletilmesine bağlıdır. Çünkü artan insan ihtiyaçlarının düzensiz ve plansız bir şekilde sağlanması; erozyonla toprakların kaybolması, çevre kirlenmesi, doğal hayatın kaybolması, ormanların sağlık durumlarının bozulması ve uzun vadede ekosistem sürecinin sürekliliğinin sağlanamaması gibi pek çok sorunları da beraberinde getirmektedir.

Türkiye ormanlarının tamamına yakını devletin hüküm ve tasarrufu altında olup, Orman Genel Müdürlüğü tarafından sürdürülebilirlik ilkesi esas alınarak işletilmektedir. 6831 sayılı Orman Kanunu'nun 26. maddesinde yer alan "...Devlet ormanlarından yapılacak istihsal, Orman ve Su İşleri Bakanlığınca tespit olunacak esaslar dairesinde ve amenajman planlarına göre Devlet tarafından yapılır..." hükmünün bir uygulaması olarak ülke ormanlarının tamamı orman amenajman planları ile işletilmektedir. Bu planlar Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı tarafından 10 veya 20 yıllık süreler için orman işletme şefliği bazında yapılmaktadır. Yapılacak üretim çalışmaları veya orman ekosisteminin sağlayacağı diğer fonksiyonlardan yararlanma işlemlerinin tümü amenajman planları doğrultusunda yürütülmekte, bu planlar orman ekosistemlerinden yararlanmanın düzenlenmesinin temel dayanağı olmaktadır. Dolayısıyla, orman amenajman planları, orman ekosistemlerinin gerek odun hammadde ve odun dışı ürünler üretimi ve gerekse üretim dışı diğer hizmetlerden sürdürülebilirlik ilkesi çerçevesinde yararlanmayı düzenleyen temel araçlardır. Bununla birlikte, orman kaynaklarının planlanmasında başarılı olabilmek için güncel ve güvenilir bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (Schreuder vd., 1993; Köhl, 2004; Kangas vd., 2006). Orman ekosistemlerinde sözü edilen bilgi orman envanteri ile sağlanmaktadır.

Orman envanteri, planlama çalışmalarının çok önemli bir aşamasıdır. Yeterli ölçüde ayrıntıya, doğruluğa ve güven düzeyine sahip bir orman envanteri iyi ve doğru bir planlamanın ön koşulu olduğu için orman amenajmanı açısından orman envanterinin büyük önemi bulunmaktadır. Orman envanterinin amacı, öngörülen doğruluk ve maliyet kısıtları çerçevesinde ve belirlenen zaman dilimi içerisinde orman kaynakları ve bu kaynakların fiziksel çevreleri hakkındaki mevcut nitel ve nicel bilgileri elde etmektir. Ana amaç, ormanların mevcut durumunun (alan, servet, vb.) ve zamana bağlı olarak meydana gelen

değişimlerin (büyüme ve artım gibi) ortaya konulmasıdır. Son yıllarda ormanlardan çok amaçlı faydalanmanın giderek artması ve yaygınlaşmasına bağlı olarak orman envanterinin kapsamı da genişlemektedir (Laar ve Akça, 1997; Köhl, 2004).

Orman envanterinde, para, zaman ve emek olarak, giderleri en fazla etkileyen konu, birim alanda hacim ve hacim artımının belirlenmesidir. Günümüzde modern envanter yöntemleri uygulanarak, hangi hata miktarı ile çalışmak istediğimiz için başlangıcında belirlenebilmekte ve sonuçta da, bu hata sınırı içerisinde kalıp kalmadığımız denetlenebilmektedir. Tüm alan hacmi ancak, var olan ağaçların tek tek hacimlerinin belirlenerek, bunların toplanması ile bulunabilir. Fakat böyle bir çalışma göze alınamaz, buna kalkışılrsa, orman canlı varlık olup, sürekli değiştiği için, envanterin belli zaman içerisinde bitirilmesi zorunluluğu bulunduğundan, zamanında bitirilemez ve böylesine güç bir çalışma başarılı bilse dahi, ekonomik olmaz. Zaman ve ekonomik kısıtlardan dolayı tüm alan yerine, örnek alan alınması, bunlarda yapılacak ölçülerle, meşcere hacminin bulunması yoluna gidilmektedir.

Orman envanterinde 4 temel ilkedden bahsedilmektedir (Kapucu, 2004). Bunlar;

- Ölçme ve gözlemleri sadece envanter konularıyla sınırlı tutmak ve gerekli olmayan bilgi ve dokümanları dikkate almamak,

- Amaca en uygun doğruluk, güven düzeyi ve hata yüzdesi ile yetinmek,

- Amaca en uygun araç ve yöntemi seçmek,

- Ölçme ve gözlemlerin tam alan yerine örnekler üzerinde yapılmalı ve toplanan bilgilerin bilgisayar ortamında, istatistik yöntemlerle değerlendirilmektedir.

Envanter sırasında ölçülecek ögenin yerine ve içeriğine göre, gerekli doğruluğu sağlayan ve envanter maliyetini düşüren en ucuz bilgi kaynağına ve ölçme yöntemine başvurulmaktadır. Ağaç servetinin tahmininde yersel ölçümler yerine hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinin kullanılması buna örnek olarak verilebilir. Envanter yöntemleri önceleri sadece yersel ölçmelere dayanmakta iken, daha sonra hava fotoğraflarından bu amaçla yararlanılmıştır.

İlk hava fotoğrafının 1858'de Gaspard Felixa Tournachon tarafından 700 feet yükseklikten Paris'de çekilmesinin ardından, ormancılık alanındaki ilk hava fotoğrafı 1887'de çekilmiş ve 1892 de Avusturya'da orman envanterinde kullanılmıştır. Wilbur Wright ve yolcusu L.P. Bonvillain'in 1908'de uçaktan ilk hava fotoğrafını çekmeleri ve sonrasında II. Dünya Savaşı'nda keşif amacıyla hava fotoğrafı kullanımının büyük önem kazanması, soğuk savaş döneminde yerini uydura dayalı gelişmelere bırakmıştır. Özellikler Landsat-1'in (önceden ERTS) 1972 yılında başarı ile çalışması uzaktan algılamayı ve kullanılan teknikleri tümüyle gözden geçirmeye neden olmuştur. Yüksek yersel çözünürlüklü uydu görüntülerinin 1990'larda ticari olarak sağlanabilir hale gelmesiyle de, ormancılık alanında ve özellikler

orman envanterinde uyduların kullanılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalar hız kazanmıştır (URL-1, 2014).

Dünyada bu gelişmeler yaşanırken, ülkemiz ormancılığında ise hava fotoğraflarının ağırlıklı olarak orman amenajman planlarında kullanıldığı bir süreç yaşamıştır. Her ne kadar ülkemizde 1850 ve 1860'lı yıllarda Tassy tarafından orman amenajman planlarının yapıldığına dair çeşitli yazılı ifadeler bulunmakla birlikte, genel kabule göre ilk orman amenajman planı 1917 yılında yapılmıştır. Ülkemizde ağaç serveti envanterinde 1955 yılına kadar Fransa, Almanya ve Avusturya'da kullanılan yöntemlerin esas alınmış olmasına karşın (Günel, 1973), 1955 yılında çıkarılan amenajman yönetmeliği ile yersel ölçümler ile hava fotoğraflarının birlikte değerlendirildiği kombine envanter uygulamasına geçilmiştir (Eraslan, 1963). Ancak, kısa zamanda tüm ormanlar için hava fotoğraflarının elde edilememesi nedeniyle bu yöntemin 1955-1963 yılları arasında kullanılması mümkün olmamıştır (Eraslan, 1985; Eraslan, 1992). Türkiye'nin ulusal ekonomisi yönünden olduğu kadar ormancılık sektörü için de 1963 yılı önemli bir yıl olmuş ve 1963-1972 yılları arası dönemde kalkınma planlarında ormancılık sektörü için tespit edilen hedeflere ulaşılması amacıyla Türkiye'deki bütün ormanların amenajman planları, 10 yıllık bir sürede tamamlanmıştır. Bu süreçte, ortalama 1/20,000 ölçekli hava fotoğraflarından ve yersel ölçümlerden elde edilen veriler birlikte kullanılarak kombine envanter yöntemiyle tüm ülke ormanlarının envanteri yapılmış ve amenajman planları düzenlenmiştir (Eraslan, 1985). Günümüzde halen kullanılan ağaç serveti envanteri tekniklerinin temeli, 1955 yönetmeliğinin eksikliklerini gidermek ve 1955-1972 yılları arasında edinilen deneyimleri uygulamaya aktarmak amacıyla 1973 yılında çıkarılan amenajman yönetmeliğine dayanmaktadır. Daha sonraki dönemde çıkarılan 1991 ve 2008 yılları amenajman yönetmelikleri de ağaç serveti envanterinde 1973 yönetmeliği ile çok farklı bir yapı göstermemiştir. 1973 ve 1991 yönetmeliklerinde orman envanterinde, hava fotoğrafları ve yersel ölçümlerle uygulanacak kombine envanter yönteminin kullanılacağı ifade edilmiş, 2008 yönetmeliğinde ise hava fotoğraflarına ek olarak uydu görüntülerinin de kullanımı gündeme gelmiştir. Bu süreçte, farklı ölçeklerde 1991 yılına kadar siyah beyaz olarak çekilen hava fotoğrafları, bu yıldan sonra renkli kızılötesi olarak çekilmiştir. Harita Genel Komutanlığı tarafından hava fotoğrafları 2008 yılından itibaren ise, 30 cm. ve 45 cm. yersel çözünürlüğe sahip 4 bantlı dijital kamera ile çekilmektedir.

İlk doğal kaynak izleyen uydu olan Landsat-1'in 1972 yılında fırlatılması ve yararının kısa sürede anlaşılmasından sonra, farklı ülkeler doğal kaynak izleyen uydularını geliştirerek uzaya fırlatmışlardır. Ülkemiz, gelişmelere uzak kalmamış ve 2003 yılında Bilsat'ı devreye alarak, 12 m. siyah beyaz ve 26 m.'de renkli görüntü sağlayabilen ilk doğal kaynak izleyen uyduya sahip olmuştur(URL-2, 2014). Söz konusu uydumuz 2006 yılında

pilleri biterek atıl konuma geçmiş ve 2011 yılında ise ikinci doğal kaynak uydumuz olan Rasat uzaya fırlatılmıştır. Siyah beyaz 7,5 m. ve renkli ise 15 m. yersel çözünürlüğe sahip olan bu uydumuz geçtiğimiz üç yıl içerisinde ülkemizi kapsayan 1200 civarında görüntü elde etmiş ve bu görüntüler kamu kurum ve kuruluşlarının hizmetine sunulmuştur. Görev ömrü 3 yıl olan uydumuz, Göktürk-2'nin devreye alınması ile fiilen atıl duruma geçmiştir. Siyah beyaz görüntü çözünürlüğü 2,5 m. ve renkli çözünürlüğü ise 5 m. olan ve bu özellikleri ile yüksek çözünürlüklü uydular sınıfına giren Göktürk-2 uydusu ise 2012 yılının Aralık ayında uzaya gönderilmiş ve elde edilen görüntüler kamu kurum ve kuruluşları ile paylaşılmaya başlanmıştır.

Günümüzde uydu görüntüleri artık ulaşılması güç alanlarda, yersel ölçümlerin pahalı ve zaman alıcı olduğu durumlarda ana bilgi kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde planlama sürecinde, 1963 yılından başlayarak benzer amaçlarla kombine envanter yönteminin gereği olarak hava fotoğraflarının, son yıllarda ise uydu teknolojilerinin gelişimine bağlı olarak, uydu görüntülerinin ve dijital kamera ile çekilmiş yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarının hem meşcere ayırımında hem de bilimsel çalışmalarda çeşitli meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Ülkemizde uygulamada ekran üzerinde meşcere tipi ayırımında kullanılan uydu görüntüleri, dünyada ve ülkemizde bazı akademik çalışmalarda ise hacim, ağaç sayısı ve göğüs yüzeyi gibi farklı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır.

Meşcere parametrelerinin belirlenmesine yönelik ulusal ve uluslararası ölçekli yayınlarda farklı uyduların etkinliğinin araştırıldığı bilinmekle birlikte, ulusal uydularımız Rasat ve Göktürk-2 ile dijital kamera ile yüksek çözünürlüklü çekilen hava fotoğraflarının meşcere hacmi, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi gibi farklı meşcere parametrelerinin tahmini üzerine yapılmış bir araştırma projenin sunulduğu tarihte henüz bulunmamaktaydı. Son dönemde ulusal uydularımız kullanılarak bazı çalışmalar gerçekleştirilmiş olmakla birlikte, farklı tür ve orman ekosistemlerinde benzer çalışmaların arttırılması gerekmektedir. Bunun yanında, ülkemizde yapılan çalışmalarda meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde DN (digital numbers) değerlerinin kullanıldığı görülmekte, atmosferik etkilerin ve diğer etkilerin daha az olduğu yansıma (reflectance) değerleri kullanılmamaktadır. ERDAS Imagine ya da ENVI gibi yazılımların henüz Rasat ya da Göktürk-2 gibi uydular için reflectance hesaplamalarını içermemesi, farklı bir ara yüze ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. Ormancılık kamuoyu ulusal uyduların sektörel sorunların çözümünde kullanılması konusunda bugüne kadar herhangi bir adım atmamış olup, gerçekleştirilen proje ile bahsedilen veri kaynaklarının özellikle orman envanteri konusunda kullanım olanakları araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Dees et al. (1998), Almanya'da ibreli ormanlarda meşçere hacmine ait Landsat TM uydu görüntüsünün 6. band değerinin bağımsız değişken olarak kullanan regresyon analizi ile $R^2=0.53$ 'lük bir ilişki elde etmiştir. Landsat TM/ETM+ uydu görüntüleri Naseri (2003), Khorrami (2004) ve Mohammadi (2007) tarafından, meşçere hacmi, sıklık ve kapalılığın belirlenmesinde regresyon modeli geliştirilerek kullanılmış, örneğin Mohammadi (2007) hacim için geliştirdiği modelin R^2 'sini % 43 ve hatasını 97.49 m³/ha bulurken, ağaç sayısının R^2 'si % 73.4 ve hatası da 170 adet/ha olarak bulunmuştur. Benzer şekilde, farklı meşçere parametrelerinin Landsat uydu görüntüleri kullanılarak tahmin edilmesinde Franco-Lopez vd. (2001), Makela ve Pekkarinen (2004), Gjertsen (2006) ve McRobert vd., (2007) ve Kajisa vd. (2008) çalışmalarda bulunmuşlardır. En çok çalışılan uydu olan Landsat dışında da benzer amaçla gerçekleştirilmiş çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Örneğin, Resse vd. (2002) ve Holmström vd. (2002) SPOT uydu görüntülerini kullanmışlardır.

Greenberg vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada; IKONOS uydu görüntüsünden yararlanılarak elde edilen tepe gölgesi ile göğüs çapı arasındaki regresyon ilişkisinin korelasyon katsayısı 0.67 olarak bulunmuştur. Kayitakire et al. (2006), tarafından yapılan çalışmada ise, IKONOS uydu görüntüsü kullanarak, göğüs yüzeyi ile spektral özellikler arasında olan ilişkinin korelasyon katsayısını 0.59 olarak bulunmuştur.

Lebouefet vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada, QuickBird uydu görüntüsü ile Kanada'da bulunan ladin orman alanlarında ağaç gölge boyları ile biyokütle arasındaki ilişki regresyon teknikleri ile incelenmiş ve R^2 değeri, 0.84 olarak bulunmuştur. QuickBird -2 uydu görüntüsü kullanılarak Gomez et al.(2012) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, sınıflandırma ve regresyon ağaç modelini kullanarak orta çap, ağaç sayısı ve göğüs yüzeyi ile uydu görüntüsü arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma sonunda elde edilen model doğrulukları sırasıyla $R^2=0.8$, 0.46 ve 0.7 olarak bulunmuştur.

ASTER uydu verisi kullanılarak Gebreslasie et al. (2010) tarafından ağaçlandırma sahalarında yaptığı çalışmada meşçere parametrelerini (göğüs yüzeyi, meşçere hacmi ve üst boy) tahmin etmeyi hedeflemiştir. Göğüs yüzeyi, meşçere hacmi ve üst boy için sırasıyla R^2 değerleri; 0.67, 0.81 ve 0.52 olarak bulunmuştur.

Ghahramany vd. (2012) Spot-5 uydu verisi kullanarak göğüs yüzeyi ile reflectance değerleri ve vejetasyon indileri arasındaki ilişkileri araştırmıştır. Çalışma sonucunda B1 bandı ve RVI indisi ile göğüs yüzeyi ile arasında düşük bir ilişki bulunmuştur ($R^2 = 0.44$).

Yukarıda yer verilen ve genellikle bantlara ilişkin reflectance değerleri ile farklı bu değerlerin kullanılması ile elde edilen indisler kullanılarak yapılan çalışmalar dışında farklı algoritma veya yazılımlar geliştirilerek aynı hedefe ulaşmaya çalışan yayınların olduğu görülmektedir. Örneğin, Kalbi vd. (2014) hacim, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısını doğrusal

regresyon, sınıflandırma ve regresyon ağacı (CART) modelleri ile tahmin etmeye çalışmışlardır. İran'da Hyrcanian bölgesindeki ormanlarda ASTER ve SPOT-HRG görüntülerini kullanıldığı çalışmada, hacim için $R^2 = 74.6$ ve $RMSE = 67.9 \text{ m}^3/\text{ha}$, göğüs yüzeyi için $R^2 = 77.1$ ve $RMSE = 3.94 \text{ m}^2/\text{ha}$ ve ağaç sayısı için de $R^2 = 87.1$ and $RMSE = 34.71$ adet/ha bulmuşlardır. Bir diğer çalışmada, Astola vd. (2004), yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanarak, meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi amacıyla bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen Forestime yazılımı sayesinde yersel ölçümler kullanılarak meşcere parametreleri görüntüleri mikro meşcerelere ayırarak tahmin edilmektedir. Hacim, orta çap, ağaç sayısı ve karışım oranının tahmin edilebildiği yazılımın $RMSE$ (%) hatası hacim için %37.4, orta çap için %23.4, ağaç sayısı için %87, çam oranı için %111, ladin oranı için %47, ve geniş yapraklıklar için de %137 oranında bulunmuştur.

Ülkemizde planlama sürecinde, özellikle 1963 yılından başlayarak envanter yönteminin gereği olarak tümüyle alan envanterine yönelik olarak, meşcere tipi ayırımında kullanılan hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri, bazı akademik çalışmalarda hacim, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi gibi farklı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde kullanılmıştır.

Yeşil vd. (1999) İstanbul-Gaziosmanpaşa yaptıkları bir çalışmada, Landsat TM uydu görüntüsünün; TM 2, TM 3, TM 4 ve TM 5'deki parlaklık değerleri kullanılarak ağaç serveti ile parlaklık değerleri arasında çoklu regresyon analizi yapılmış ve $R^2 = 0.59$ olarak elde edilmiştir. Puhr and Donoghue (2000) tarafından yapılan çalışmada, İskoçya'nın güney batısında yer alan ibreli ormanlarda Landsat TM uydu görüntüsüne ait TM 3, TM 5 ve TM 7 bant parlaklık değerleri ile göğüs yüzeyi arasında $R^2 = 0.77$ 'lik bir istatistiksel ilişki elde etmiştir.

Özkan (2003), Sarıyer Orman İşletme Şefliği sınırları içindeki Sahilçamı ağaçlandırmalarında SPOT-5 uydu verisi ile meşcere parametreleri (ağaç sayısı, ağaç serveti, göğüs yüzeyi, orta çap ve orta boy) arasındaki ilişkileri regresyon analizi ile belirlemiştir. SPOT-5 uydu verisi olarak 4 bant ve 3 indekse göre meşcere parametreleri arasında ilişki aranmış ve yansıtma değerleri ile ağaç sayısı arasında istatistiksel anlamda yeterli ilişki olmadığı saptanmıştır. En yüksek NDVI indeksi kullanılarak $R^2 = 0.26$ hesaplanmıştır. Yansıtma değerleri ile ağaç serveti arasında analiz sonucu 2.bant, 3.bant, 4.bant ve PCI indeksi belirtme katsayıları 0,50'den büyük (sırasıyla $R^2 = 0.50, 0.51, 0.55, 0.57$) çıkmıştır. Yansıtma değerleri ile göğüs yüzeyi arasında yine 2, 3, 4.bant ve PCI indeksi arasında anlamlı ilişki olup en fazla 4. bantta ilişki çıkmıştır ($R^2 = 0.63$). Sonuç olarak Sahilçamı meşcerelerinde SPOT-5 uydu verisinin 4. bandı, ağaç serveti ve göğüs yüzeyi parametrelerine karşı duyarlı olduğu tespit edilmiştir.

İnan (2004) gerçekleştirdiği çalışmada, Minnaert yöntemi kullanılarak topografik olarak düzeltilmiş Landsat TM ve ETM+ verileriyle yersel konumları GPS ile belirlenmiş örnekleme

parsellerinden elde edilen arazi envanter karnelerini ilişkilendirmiştir. İzmit ilçe sınırları içindeki Yuvacık havzası çalışma alanı olarak seçilmiş, meşcere parametreleriyle, uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkilerin incelenmesinde 25 vejetasyon indeksi ve 4 farklı tekstür ölçümü, 5 farklı pencere boyutunda test edilmiştir. Pearson korelasyon katsayısı, kademeli regresyon analizi yöntemi ve çoklu doğrusal regresyon modelleri, meşcere parametreleri ve uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkilerin analiz edilmesinde kullanılmıştır. Çalışma alanında ETM5 bandı tüm meşcere parametreleriyle güçlü ilişkilere sahip olduğu görülmüştür. Farklı çevre koşullarından yoğun olarak etkilenmeyen TK1 (Tasseled çap algoritmasının parlaklık bileşeni), PC1 (Temel bileşenler analizinin 1. bileşeni), Albedo ve MID57 gibi doğrusal bant kombinasyonları, meşcere parametreleriyle çok güçlü ($R \geq 0.8$) istatistiksel ilişkilere sahip olduğu anlaşılmıştır.

Özdemir ve Mert (2007) aynı yaşı ve tek katlı meşcerelerden oluşan Düzlerçamı yöresindeki Kızılçam ormanında, Quickbird (pan-sharpened) uydu verisinden çıkartılan spektral ve mekansal özellikler ile hektardaki gövde hacmi arasındaki ilişkileri basit regresyon analizine göre araştırmışlar, buna göre, hacim ile parlaklık değerleri arasındaki ilişkide ulaşılan en yüksek korelasyon katsayısı 0,40 olarak bulmuşlardır.

Ateşoğlu (2009), Landsat 7 ETM+ görüntü verisi kullanılarak, özellikle meşcere parametrelerinden göğüs yüzeyi, boy ve hacim bileşenlerinin Tasseled Çap algoritmasının yeşillik bileşeni (TK2), yaprak alan indeksi (LAI) başta olmak üzere Fotosentetik aktif radyasyon fraksiyonu indeksi (FPAR), Surface Albedo, SAVI ve Ana Bileşenler Dönüşümü (PCA1) ile güçlü ($0,70 < R < 0,80$) ve iyi ($0,60 < R < 0,70$) derecede ilişkiler gösterdiği belirlenmiştir. SPOT HR-VIR ve ASTER VNIR görüntü verilerinin meşcere parametreleri ile olan ilişkileri incelendiğinde ise, sadece kapalılık bileşeninin farklı derecede ilişkileri tespit edilmiştir. Meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkilerden yararlanılarak, meşcere parametrelerinin tahmini için kademeli regresyon analizi (Stepwise Selection) yöntemi kullanılmış, çoklu doğrusal regresyon modelleri kurulmuştur. Küçük örnekleme parselleri için geliştirilen modeller, çalışma alanının tümü için uygulanmıştır. Sonuç ürün olarak çalışma alanına ait, göğüs yüzeyi, boy, hacim ve kapalılığa ilişkin mekansal dağılım görüntüleri elde edilmiştir.

Günlü vd. (2011), Kızılcaasu Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde gerçekleşmiştir. Bu çalışmada Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü üzerinde kontrollü sınıflandırma yapılarak arazi kullanım sınıfları ve meşcere parametrelerinin (gelişim çağı ve kapalılık) tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada referans veri olarak meşcere haritası kullanılmıştır. Sınıflandırma sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, kapalılığının sınıflandırma başarısı %85 ve kappa değeri 0.94, gelişim çağının sınıflandırma başarısı

%78 ve kappa değeri 0.72 ve arazi kullanımının başarı değeri %87 ve kappa değeri 0.83 bulunmuştur.

Worldview-2 uydu verisi kullanarak Özdemir and Karnieli (2011) yapmış oldukları çalışmada; ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve meşcere hacim değerlerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda, ağaç sayısı için $R^2=0.35$, göğüs yüzeyi için $R^2=0.54$ ve meşcere hacmi için $R^2=0.42$ değerleri bulunmuştur.

Günlü vd. (2012) Landsat TM uydu görüntüsünü kullanarak yaptıkları çalışmada göknar meşcerelerinde hacim tahmini yapmaya çalışmışlardır. Sonuçlara göre en iyi sonuç TM 2 ve TM 4 bağımsız değişkenin olduğu modelde $R^2=0.54$ tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda oluşturulan modelde sırasıyla $R^2=0.70$, $R^2=0.80$ ve $R^2=0.46$ 'lık ilişkiler elde edilmiştir. Günlü et al. (2013) Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu verilerinde yaptıkları çalışmada kayın meşcerelerinde meşcere hacmi tahmini yapmaya çalışmıştır. Çalışmalar sonucunda Quickbird uydu verilerinin Band 1, Band 2, Band 3 ve Band 4 bağımsız değişkenine ait regresyon ile meşcere hacmi arasında $R^2=0.70$ tespit edilirken, Landsat 7 ETM+ uydu verilerinde ise ETM2, ETM3 ve ETM4 bağımsız değişkenine göre $R^2=0.545$ olarak elde edilmiştir.

Günlü vd. (2013), Ayancık-Göldağ yöresine ait saf Kayın meşcerelerinde Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntülerini kullanarak, 70 örnek alan verisi yardımıyla, parlaklık değerleri ile meşcere hacmi arasındaki ilişkiyi regresyon analiziyle ortaya koymuşlardır. Çalışma sonucunda, Quickbird uydu görüntüsünün Bant 1, Bant 2, Bant 3 ve Bant 4 bağımsız değişkenleri ile elde edilen regresyon denklemi ile meşcere hacmi arasında en iyi ilişki ($R^2=0.70$, $RMSE=28.56$ m³/ha) bulunurken, Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünde ise ETM 2, ETM 3 ve ETM 4 bağımsız değişkenlerinde ($R^2=0.54$, $RMSE=53.1$ m³/ha) iyi ilişki olduğu bulunmuştur.

Şenyurt vd. (2013) Karşıkent Orman İşletme şefliği sınırları içerisinde yer alan meşcerelerden alınan örnek alanların çeşitli meşcere özellikleri (meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı) ile Landsat 8 uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerleri arasındaki istatistiki ilişkileri çoğul regresyon analizi ile modellemişlerdir. Meşcere göğüs yüzeyine ve ağaç sayısına ilişkin modellerde, Bant 2 ve Bant 4 bağımsız değişken olarak yer almış olup, model açıklayıcılığı ise sırasıyla; %65.45 ve %58.33'dür. Meşcere orta çapına ilişkin modelde ise, sadece Bant 2 bağımsız değişken olarak yer almış olup, model belirtme katsayısı ise %49.25 olarak bulunmuştur.

Mısır (2013), Trabzon KTÜ eğitim ve araştırma ormanından alınan toplam 120 örnek alandan elde edilen yersel ölçüm verileri ve bu bölgenin 2000 yılına ait Landsat 7 ETM+ görüntülerinden elde edilen uzaktan algılama verileri yardımıyla meşcere hacminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Landsat 7 ETM + uydu görüntüsünün 6 bantına (1-

5, 7) ait parlaklık değerleri ve çeşitli vejetasyon indeksleri test edilmiştir. Çalışma alanına ait hacim modellerinin geliştirilmesi amacıyla regresyon analizi yardımı ile meşcere hacmi ve 25 farklı bitki örtüsü indeksi değeri ilişkilendirilmiş ve sonuç olarak $R^2=0,60$ ve $Syx=36.9$ m³, $F=25$ olan bir regresyon modeli elde edilmiştir.

Uça Avcı vd. (2014) yaptıkları çalışmada, İstanbul il sınırları içerisinde bulunan Atatürk Arboretumu çalışma alanında 2013 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü kullanarak, segmente edilmiş görüntü için 8 farklı GLCM doku ölçütü ile üretilmiş ağırlık görüntüleri elde edilmiş ve sonuçlar bölgenin amenajman planı verileri ile karşılaştırılarak, bu bölgedeki ağaç tiplerini ayırt etmede en etkili sonuç veren doku ölçütleri ortaya koymuşlardır. Yapılan çalışmada, her bir doku ölçütünün farklı tipte meşcere bölgeleri ile ilişkileri incelenerek, performansları değerlendirilmiştir. Doku özellikleri hakkında bilgi içeren farklı ölçüt görüntülerden hiçbirinin bölgenin özgün doku özelliğini temsil ettiği söylenememekle birlikte, her birinin farklı ağaç türleri için analiz edilerek meşcere tiplerini ayırt etmede yardımcı veri olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Kahriman vd. (2014) tarafından yapılan çalışma da Landsat TM uydusu görüntüsü kullanılmasıyla meşcere ağaç sayısı ve kapallığı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada Band 1, Band 2 ve Band 4 bağımsız değişkenlerinin yer aldığı modelde meşcere kapallığı için $R^2=0.61$ ve Band 1 bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde ağaç sayısı için ise $R^2=0.61$ düzeyinde başarı elde edilmiştir. Yine bu çalışmaya ait SR ve DVI bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde meşcere kapallığı için $R^2=0.67$ ve DVI ile SAVI bağımsız değişkeninin yer aldığı model de ise ağaç sayısı için $R^2=0.70$ düzeyinde tespit edilmiştir.

Pan-sharpaned Ikonos uydu verisi kullanarak Günlü et al (2014) tarafından yapılan çalışmada; uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerleri ve vejetasyon indis değerleri ile yersel ölçümlerle elde edilen göğüs yüzeyi, meşcere hacmi ve üst boy değerleri arasındaki ilişkileri çoklu regresyon analizleri ile tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmanın sonucuna bakıldığında göğüs yüzeyi için uydu görüntüsünün bant parlaklık değerlerine göre bant 1, bant 2, bant 3 ve bant 4 bağımsız değişkenlerinin olduğu modelde $R^2=0.43$ bulunmuş, DVI ve EVI vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak bulunduğu modelde $R^2=0.59$ değeri bulunmuştur. Meşcere hacmi için uydu görüntüsünün bant parlaklık değerlerine göre bant 1, bant 2, bant3 ve bant 4 bağımsız değişkenlerinin olduğu modelde $R^2=0.41$, DVI ve EVI vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak bulunduğu modelde $R^2=0.55$ değeri bulunmuştur. Üst boy için uydu görüntüsünün bant parlaklık değerlerine göre bant 2 ve bant 4'ün bağımsız değişken olarak bulunduğu modelde $R^2=0.45$, DVI, EVI ve SAVI vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak bulunduğu modelde $R^2=0.57$ değerleri bulunmuştur.

Özgün (2014), Landsat TM uydu görüntüsü yardımıyla meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi ve ağaç sayısının tahmin edilmesine yönelik çalışma gerçekleştirmiş, analizler sonucunda, uydu görüntüsünün TM 2 ve TM 7 bant parlaklık değerleri ve ND32 vejetasyon indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı regresyon denklemi ile meşcere hacmi arasında sırasıyla 0.53 ve 0.70 R^2 'ye sahip ilişkiler bulunmuştur. Uydu görüntüsünün TM 2 ve TM 7 bant parlaklık değerleri ve ND32 vejetasyon indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı regresyon modelleri ile göğüs yüzeyi arasında R^2 ise, sırasıyla 0.51 ve 0.57 olarak bulunmuştur. Uydu görüntüsünün TM 3 ve TM 7 bant parlaklık değerleri ve NDVI, ND53, ND57, ND32, ASVI, MID57, IPVI ve RVI bağımsız değişkenlerin yer aldığı regresyon modelleri ile ağaç sayısı arasında sırasıyla 0.63 ve 0.78 büyüklünde R^2 'ye sahip ilişkiler bulunmuştur.

Çil (2015) tarafından Tetik Orman İşletme Şefliği sınırları içinden alınan 160 örnekleme alanından elde edilen bazı meşcere parametreleri ile Göktürk-2, Rasat ve Landsat 8 uydu görüntüleri ile dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğrafları arasındaki ilişkiyi regresyon analizleri ile ortaya koymuştur. Geliştirilen modeller içinden belirtme katsayısı en yüksek ve hata yüzdesi en düşük olan model, ağaç sayısında 0.54'lük belirtme katsayısı ile Göktürk-2 en yüksek değeri verirken, hacim ve göğüs yüzeyinde Landsat 8 sırasıyla 0.59 ve 0.67 belirtme katsayıları ile en yüksek tahmin değerlerine ulaşmıştır.

Bulut (2016) tarafından Göktürk-2 uydu görüntüsünü kullanarak bazı meşcere parametrelerini tahmin etmeye yönelik yaptığı çalışmada, bant parlaklık değerleri ile meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı için belirtme katsayıları sırasıyla 0.61, 0.50 ve 0.31 değerleri bulunmuştur. Aynı çalışmada ayrıca, meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçlarına göre belirtme katsayıları sırasıyla 0.29, 0.35 ve 0.22 değerleri bulunmuştur.

Özkal (2017) tarafından, Göktürk-2 uydu görüntüsü kullanılarak Meşe ve Sahil çamı meşcerelerinde meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısının tahmin etmeye yönelik yapılan çalışmada; Meşe meşcerelerinde meşcere hacmi için R^2 değerini 0.08, göğüs yüzeyi için 0.16 ve ağaç sayısı için ise 0.27 olarak bulmuştur. Aynı çalışmada, sahil çamı meşcerelerinde ise meşcere hacmi için R^2 değerini 0.36, göğüs yüzeyi için 0.27 ve ağaç sayısı için ise 0.42 bulmuştur.

Daha önce de ifade edildiği gibi, dünyada ve ülkemizde meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine yönelik yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ülkemizde yapılan çalışmalara bakıldığında genellikle sadece görüntülere ait bantların veya indekslerin dikkate alındığı görülmektedir. Bu da başarının genellikle %60'ın ötesine geçmesine imkan tanımamaktadır. Ancak meşcerelere ilişkin özellikle dikey kuruluş/parametrelerin bu araştırmalara dahil edilmesi gerekmektedir. Bahsedilen tahmin başarısının artırılması Lidar

verileri yardımıyla sağlanabilir. Dünyada, Lidar kullanımı, 1966 yılından beri mevcut olmasına karşın, modern laser tarayıcıların ticari kullanımı 1993 yılından sonra yaygınlaşmıştır. Dünyada yapılmış çok sayıda çalışma olmasına rağmen, ülkemizdeki veri temininde yaşanan problemlerden dolayı araştırmacılar bu konuya girememişlerdir. Projenin hazırlandığı tarihte, Akay vd. (2009) ve Özdemir (2013) tarafından yapılan iki çalışma mevcut olmasına karşın, kullanılan verilerin yurt dışından temin edildiği görülmüştür. Bunun dışında, OGM tarafından 2014 yılında İstanbul'da çekilen Lidar verileri yardımıyla denenmek istenmiş, ancak elde edilen parametrelerin yersel kontrolü yapılamamıştır. Literatüre bakıldığında ülkemizde Lidar verileri kullanılarak meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine yönelik gerçekleştirilmiş, sadece bir çalışma olduğu görülmektedir. Bahsedilen çalışma ise, hazırlanan projenin sunulduğu tarihten sonra 2017 yılında gerçekleştirilmiştir. Lidar verisi ülkemizde maalesef oldukça azdır. İstanbul Büyükşehir Belediyesinin yan kuruluşu olan Bimtaş tarafından İstanbul'da ve Adana'da ve HGK tarafından çekirilen Bergama'da elde edilen Lidar verileri dışında veri neredeyse yok gibidir.

Dolayısıyla farklı meşcere parametrelerinin belirlenmesinde ülkemizde de Lidar verilerinin kullanılması olanakları, etkinliğinin araştırılması ve uydu görüntüleri ile birlikte kullanılması durumunda başarı düzeyini ne ölçüde etkilediği araştırılmalıdır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Projede, saf Sarıçam ve Gökınar meşcerelerinden alınan örnekleme alanlarında yapılan envanter ölçümleri sonucunda elde edilen çeşitli meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Proje amaç ve hedeflerine, örnekleme alanlarında yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan meşcere parametreleri ile uzaktan algılama veri kaynaklarından elde edilen yansıma değerleri ile bu değer kullanılarak hesaplanan farklı vejetasyon indekslerinin istatistiksel analize sokulması ile ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla kullanılan veri kaynakları, özellikleri ve izlenen yöntem şu şekilde olmuştur.

3.1 Veri Kaynakları

Gerçekleştirilen proje kapsamında, ulusal uydularımız Rasat, Göktürk-2 ve Harita Genel Komutanlığı tarafından dijital kamera ile çekilen yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları ile bu kaynakların karşılaştırılmasında kullanılan Landsat 8 ve WorldView-2 (pan sharpen), uydu görüntüleri temel veri kaynakları olarak düşünülmüştür. Ayrıca, projenin yürütülmesi aşamasında, Lidar verilerinin temin edilmesi imkanı doğmuş ve bu veri kaynağı ile birlikte yöreye ait WorldView-3 uydusu temin edilerek, benzer şekilde meşcere parametrelerinin

tahmini amacıyla kullanılmıştır. Bahsedilen platformlara ilişkin bazı özellikler aşağıda verilmiştir.

3.1.1 Rasat

Tasarımı ve üretimi Türkiye'de gerçekleştirilen ilk yer gözlem uydusu olan aynı zamanda da Türkiye'nin Bilsat uydusundan sonra ikinci uzaktan algılama uydusu olan RASAT, 17 Ağustos 2011 tarihinde uzaya gönderilmiştir. 1/25000 ölçekli haritaların oluşturulması ve güncellenmesi, sayısal yükseklik modeli ve ortofoto oluşturma, arazi kullanımını haritalama, orman yangını izleme ve tahribinin haritalanması, su baskını haritalama ve tahmini, heyelan alanlarını haritalama, deprem sonrası yıkılmış binaların ve hasarın tespiti, afet yönetimi için güncel tematik verilerin oluşturulması, orman tahribatının ve ormanlaşmanın izlenmesi, kıyılardaki değişimin izlenmesi, denizde petrol sızıntılarının belirlenmesi ve kirliliğin haritalanması, kentsel gelişimin izlenmesi, kaçak yapılaşmanın tespiti ve 3 boyutlu simülasyon oluşturma gibi çeşitli kullanım alanlarına sahip olan Rasat uydusunun şerit genişliği 30 km'dir (Tübitak, 2014).

Tablo 1. Rasat uydusuna ilişkin bazı özellikler

	Renkli Bant	Dalgaboyu (µm)
Bant 1	Mavi	0.42 – 0.55
Bant 2	Yeşil	0.55 – 0.58
Bant 3	Kırmızı	0.58 – 0.73
	Pan	0.42 – 0.73

Radyometrik çözünürlüğü 8 bit, zamansal çözünürlüğü ise 4 gün olan Rasat uydusunun yersel çözünürlüğü pankromatikte 7.5 m çok renklide ise 15 m'dir (Tablo 1). Tahmini görev ömrü 3 yıl olarak tasarlanan Rasat uydusu yakında atıl duruma geçecektir. Söz konusu uydudan alınan görüntülerin arşivlendiği GEZGİN Portal 18.08.2014 tarihinde yayına girmiş olup, tüm Kamu kurum/kuruluşları ve üniversitelerimiz personelleri kurum uzantılı e-posta adresleri ile sisteme üye olarak istedikleri görüntüleri ücretsiz olarak temin edilmiştir.

3.1.2 Göktürk-2

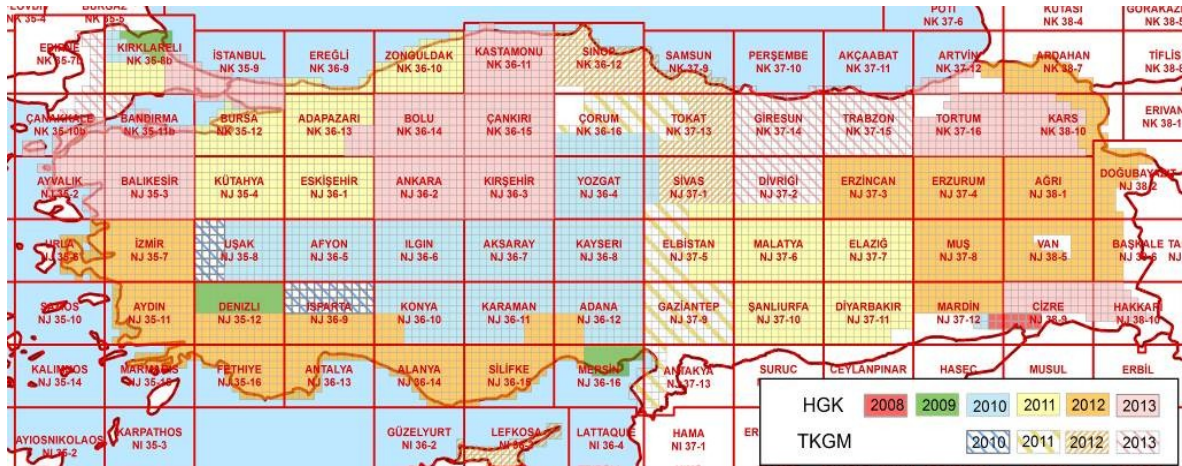
18 Aralık 2012'de uzaya fırlatılan milli uydu Göktürk-2, Rasat uydusuna göre 3 kat daha yüksek görüntü çözünürlüğüne sahiptir. Dünyanın her noktasından 2.5 metre pankromatik ve 5 m. çözünürlükte renkli görüntü alabilen, Türkiye'nin kuzey sahillerinden güney sahillerine kadar uzanan yaklaşık 600 km'lik bir şeridin görüntüsünü tek geçişte indirebilecek kadar yüksek hızlı bir veri haberleşmesine de sahip olan Göktürk-2, istenildiğinde yeryüzünün 3 boyutlu haritalarının hazırlanmasında kullanılabilecek stereo görüntüleme imkânları sunan yüksek manevra kabiliyetine sahiptir (Tübitak, 2014).

Zamansal çözünürlüğü 2.5 gün olan ve Rasat'dan farklı olarak renkli kızılötesi banda da sahip olan uydumuzun görev ömrü 5 yıl olarak belirlenmiştir.

Proje kapsamında her iki araştırma alanında kullanılan Göktürk-2 görüntüleri Genel Kurmay Başkanlığı, Hava Kuvvetleri Komutanlığı'ndan izin alınarak temin edilmiştir. Bununla birlikte, reflectance için gerekli hesaplamalar yapılmaya başlandığında 2013 yılı için temin edilen ilk görüntünün Seviye 0 (L0) (sıkıştırma ve radyometrik çözümleme yapılmış görüntü) olduğu, teslim edilen dosyaların hesaplamalarda kullanılacak gerekli parametreleri içermediği anlaşılmış ve kurumdan belirtilen tarihli görüntülerin parametreleri talep edilmiştir. Ancak, kurumla yapılan görüşmelerde bahsedilen tarihli arşiv görüntünün ellerinde mevcut olmadığı, muhtemelen silindiği ve dolayısıyla gerekli parametrelerin temin edilemeyeceği tarafımıza iletilmiştir. Sonrasında, envanter tarihine en yakın Kastamonu için Ağustos 2014 ve Kelkit için ise Haziran 2016 tarihli arşiv görüntülerinin ilgili kurumların elinde olduğu ve bu görüntülerin parametrelerinin de mevcut olduğu tarafımıza iletilmiştir. Belirtilen tarihlere ilişkin görüntüler ve parametreler gerekli yazışmalar tekrarlanarak temin edilmiştir. Hava Kuvvetleri Komutanlığı Görüntüleri 6 farklı seviyede hazırlayabilmekte, ancak kullanıcılara 2. seviyeye kadar ürünleri teslim etmektedir. Seviye 2 (L2) olarak teslim alınmış olan Göktürk-2 görüntüleri; sıkıştırma ve radyometrik çözümleme yapılmış, radyometrik düzeltilmiş (dedektör ve atmosferik hataları düzeltilmiş, gölge, gürültü ve bulanıklığı giderilmiş) ve geometrik olarak düzeltilmiş görüntüyü ifade etmektedir. Teslim alınan görüntüler incelendiğinde ise; Göktürk-2 uydusunun IR bandı görüntüsünün bozuk olduğu tespit edilmiş, kurumla yapılan görüşme sonucunda 2013 yılından sonra alınan görüntülerin bu bandında problem olduğu tarafımıza iletilmiştir.

3.1.3 Dijital Kamera İle Çekilen Hava Fotoğrafları

Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından 2008-2014 yılları arasında Türkiye'nin yaklaşık tamamının stereo, renkli, dört bantlı (kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi) dijital hava fotoğrafı çekilmiş ve ortofotoları üretilmiştir (Şekil 1). HGK, envanterinde bulunan iki uçak ve dijital hava kamerası ile yılda yaklaşık 200.000 km² alanın 30 cm veya muhtelif çözünürlüklerde hava fotoğrafını çekme ve ortofotosunu üretme kapasitesine sahiptir.



Şekil 1. Hartita Genel Komutanlığı tarafından renkli hava fotoğrafı çekim durumu (HGK, 2014)

Projede araştırma alanlarından İğdir/Kastamonu’da kullanılacak olan dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğrafları Harita Genel Komutanlığı’ndan, gerekli izin alınarak temin edilmiştir. Ancak, Kelkit/Gümüşhane araştırma alanı için, bu bölgede henüz çekim yapılmadığı ve ülkemizde ender uçuş açığı olan bir bölgede kaldığı için gerekli hava fotoğrafları temin edilememiştir.

3.1.4 Landsat 8

Landsat 8 NASA'nın sekizinci uydusu olup, su ve ormanlar gibi insanlar için gerekli kaynakların düzenlenmesi, izlenmesi ve anlaşılmasında Landsat programının en önemli rolünün devam etmesi sağlanması amacıyla 2013 yılında uzaya gönderilmiştir. Landsat 8, Landsat 7'nin yörüngesine oturmuş olup, görünür, yakın kızılötesi ve termal kızılötesi aralıklarında görüntü almakta, spektral aralığa bağlı olarak 15 ile 100 metre arasında bir orta konumsal çözünürlüğe sahiptir ve toplam 11 banda sahiptir. Landsat 8'den gelen görüntü ve veriler, ücret talep etmeden internet üzerinden paylaşılmaktadır (NİK, 2014). Her iki araştırma alanında kullanılan olan Landsat 8 uydu görüntüleri ilgili web sayfalarından ücretsiz temin edilmiştir.

3.1.5 WorldView-2

WorldView-2 uydusu 2009 yılı Ekim ayında fırlatılmış olup, dünyanın 8 spektral banda sahip ilk yüksek çözünürlüklü gözlem uydusudur. WorldView-2 uydusu, 770 km. yükseklikte konumlandırılmış olup hem 0.46 m yersel çözünürlüklü pankromatik, hem de 1.84 m yersel çözünürlükte multispektral olarak görüntü sağlayabilmektedir. WorldView-2 uydusu ortalama 1.1 günlük yeniden ziyaret etme süresine sahiptir. Günlük 975,000 km²'lik alan çekebilme özelliğine sahiptir (NİK, 2014). Kelkit/Gümüşhane araştırma alanında kullanılacak olan

WorldView-2 uydu görüntüleri (pan sharpen) Orman Genel Müdürlüğü arşivinde olduğu için bu kurumdan izin karşılığında temin edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen platformlara ilişkin özet bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan platformlara ilişkin bazı özellikler

Platform	Yersel Çözünürlük	Kullanılan Bantlar	Görüntü Boyutu	Zamansal Çözünürlük	Çekim Tarihi
Landsat 8	Orta-düşük çözünürlük 15 m pankromatik bant 30 m spektral bant (10 bant)	1-7	170 x 185 km	16 gün	27.04.2013 27.06.2013 30.08.2013
Göktürk-2	Yüksek çözünürlük 2.5 m pankromatik 5 m spektral bant (R,G,B,yakın kızılötesi)	1-4		2.5 gün	01.08.2014
WorldView-2 (Pan- Sharpen)	Yüksek çözünürlük 0.46 m pankromatik 1.8 m 4 standart bant (R,G,B, yakın kızılötesi)	1-4	16.4x16.4 km	1.1 gün	11.06.2011
Rasat	Orta Çözünürlük 7.5 m pankromatik 15 m multispektral (R,G,B)	1-3	30 km şerit genişlik	4 gün	09.07.2013
Dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğrafı	Yüksek Çözünürlük 30 m multispektral (R,G,B, yakın kızılötesi)	1-4			2013

3.1.6 LİDAR Verileri

Yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarının Harita Genel Komutanlığı’ndan temini aşamasında, ülkemiz için yeni sayılabilecek bir teknoloji olan Lidar verilerinin İzmir/Bergama yöresi için bulunduğu ve veriyi ekibimizle paylaşabilecekleri bilgisi alınmıştır. Özellikle meşcere orta boyu, meşcere üst boyu ve dolayısıyla meşcere hacmine yönelik geliştirilecek modellerin başarısını oldukça olumlu yönde etkileyecek olan bahsedilen veri kaynağı temin edilmiş ve hedeflenen meşcere parametrelerini ne ölçüde tahmin ettiğini ortaya koyabilmek amacıyla Lidar verileri temin edilmiştir. Bölgeye ait Lidar verileri, 23 Ekim-06 Kasım 2014 tarihleri arasında Harita Genel Komutanlığı tarafından yapılmış olan "Lidar Test Uçuşları" neticesinde elde edilmiştir.

3.1.7 WorldView-3

Temin edilen Lidar verilerinin bir uydu görüntüsü ile birlikte etkinliği de araştırılmak istenmiş ve bu amaçla Bergama’da bulunan araştırma alanı için WorldView-3 uydu

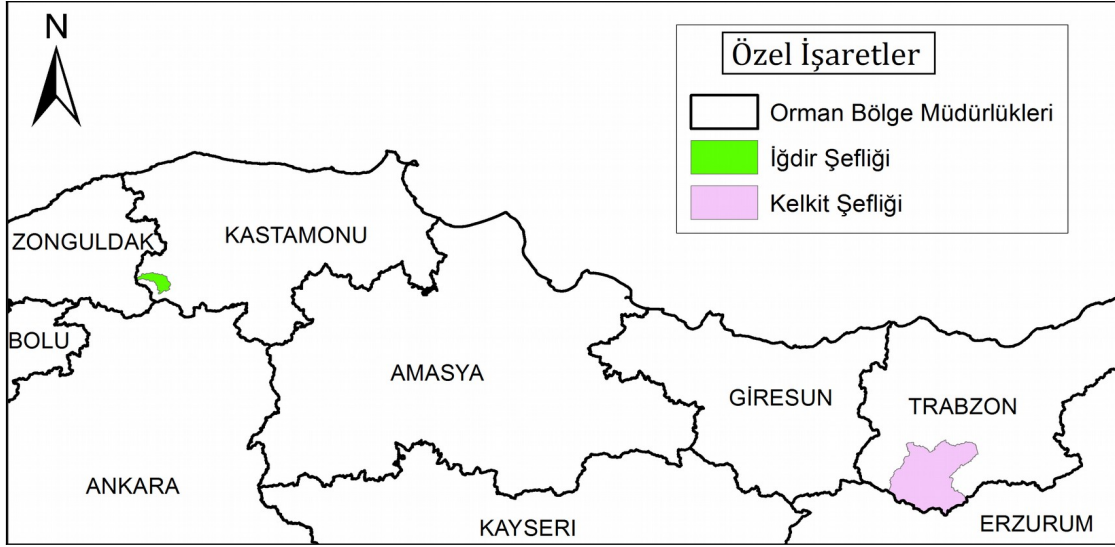
görüntüsü temin edilmiştir. DigitalGlobe'un yeni uydusu olan WorldView-3, 13 Ağustos 2014 tarihinde atılmıştır ve 0.31 m pankromatik çözünürlüğü yanında sekiz bandlı multispektral görüntüleme mevcuttur. Ayrıca SWIR kanalları da mevcuttur. WorldView-3 Uluslararası Okyanus ve Atmosferik Yönetimi (NOAA) tarafından sekiz band kısa dalga infrared (SWIR) görüntü çekimi konusunda lisanslanmıştır. Çalışmada görüntü maliyetinin çok fazla olması nedeniyle SWIR bantları temin edilememiş ve multispektral 8 banda ilişkin veriler NIK İnşaat'dan ücreti karşılığı temin edilerek değerlendirilmiştir.

3.1.8 Topoğrafik Haritalar ve Amenajman Planı Meşcere Haritaları

Çalışmada örnekleme alanlarının yerlerinin belirlenmesinde 1/25000 ölçekli 6 adet (KASTAMONU-F30d1, F30d2, F30d3, F30d4 ve TRABZON-H43a3, H43a4) standart topoğrafik harita kullanılmıştır. Kelkit OİŞ'ne ait 2012 yılında ve İğdir OİŞ'ne ait 2013 yılında üretilen orman amenajman planı sayısal meşcere haritaları ile örnekleme alanları nokta katmanı araştırmanın çeşitli aşamalarında kullanılan diğer altlıklardır. Çalışmada ayrıca yukarıda verilen standart topoğrafik haritalara ilişkin sayısal eşyüksekti eğrileri araştırma alanlarına ilişkin sayısal arazi modelinin üretilmesinde ve Landsat 8'in atmosferik düzeltilmesinde kullanılmıştır.

3.2 Çalışma Alanı

Seçilen meşcere parametrelerini, farklı orman formları için tahmin edebilmek amacıyla, tek tabakalı saf ve aynı yaşlı olarak işletilen meşcerelere ve değişik yaşlı olarak işletilen meşcerelere sahip iki farklı araştırma alanı seçilmiştir. Belirlenen hedeflere ulaşabilmek amacıyla, aynı yaşlı olarak işletilen Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ormanlarını barındıran Kelkit Orman İşletme Şefliği (Gümüşhane) ile, değişik yaşlı olarak işletilen Gökmar (*Abies normanniana subs. bornmuelleriana*) ormanlarını barındıran İğdir Orman İşletme Şefliği (Kastamonu) çalışma alanları olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Kelkit/Gümüşhane ve İğdir/Kastamonu illerinde yer alan çalışma alanlarının konumsal görünümü

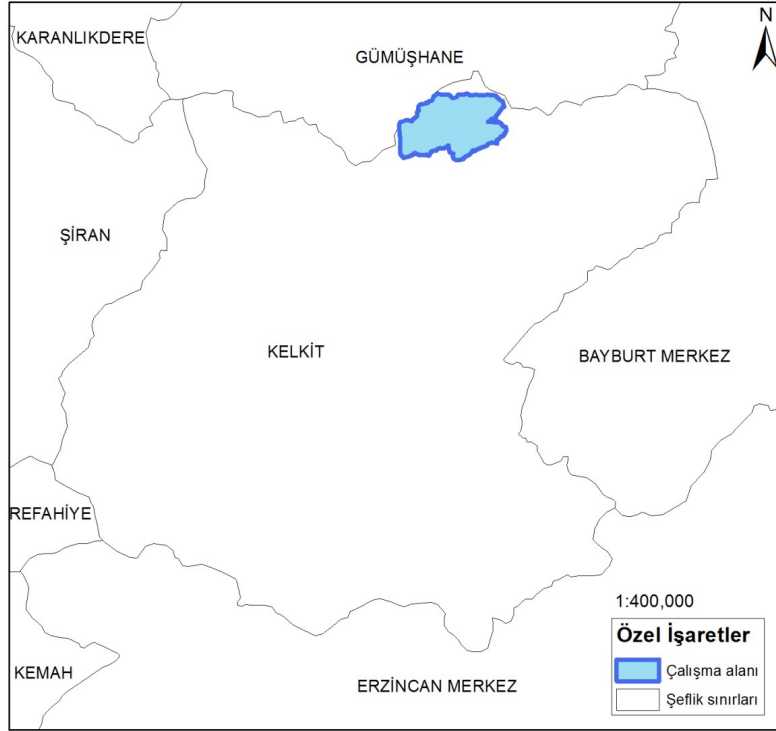
Çalışma alanlarının belirlenmesi aşamasında, bölgeye yakın bir alan olması göz önünde bulundurulmuş ve bunun yanında eğim ve buna bağlı olarak gölge etkisinin, katlı meşcere yapısı ve alt tabakanın etkisini azaltmak amacıyla bölgede yayılış gösteren ve saf ormanlar kuran Sarıçam ağaç türünün hakim olduğu Kelkit/Gümüşhane seçilmiştir. Her ne kadar bölgede değişik yaşlı olarak işletilen saf ormanlar bulunsa da, yayılışlarının sınırlı olması nedeniyle, diğer çalışma alanının Batı Karadeniz Bölgesi'nden seçilmesi kararlaştırılmıştır. Kelkit Orman İşletme Şefliği 1400 metre ile 2500 metre arasında yükseltiyeye sahip olup, ortalama eğim %35 civarındadır. Kastamonu'da bulunan İğdir Orman İşletme Şefliği ise 500 metre ile 1700 metre arasında, ortalama %30 eğime sahiptir.

Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Kelkit Orman İşletme Şefliği, idari olarak Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Gümüşhane Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer almaktadır. Gümüşhane ilinin Kelkit ve Köse ilçelerini kapsayan, planlama birimi alanı mutedil bir arazi yapısına sahiptir. İklim itibarı ile Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu arasında bir iklim geçidi bulunmaktadır. Her iki bölgenin iklim özelliğini taşıyan yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk, ilkbahar ve sonbahar ayları oldukça yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 460 mm²/yıl'dır. Kelkit'te alçak kesimlerde Kavak, Ardıç ve Meşe ağaçları, yüksek kesimlerde Sarıçam, Titrek Kavak gibi ağaç türleri görülmektedir.

Kelkit OİŞ sınırları içerisinde seçilen çalışma alanının yüksekliği ise, 1800 metre ile 2300 metre arasında değişmekte, ortalama eğimi %40 civarındadır. Çalışma alanı UTM koordinat sistemi ED50 datumuna göre, x:544571-y:4463917, x:555658-y:4455609 koordinatları arasında ve 37. zondadır. Kelkit OİŞ'nin alanı 201 776 ha olup, seçilen çalışma alanı büyüklüğü 5 039 ha'dır (Şekil 3).

Tablo 3. Kelkit OİŞ orman alanının ağaç türlerine dağılımı (OGM, 2013)

Ağaç Türü	Alan (ha)	%
M	12 854.0	28.8
Çs	10 060.0	22.6
Ar	6 354.5	14.3
Kv	2 850.4	6.4
Karışık	12 468.4	28.0
Toplam	44 586.9	100.0



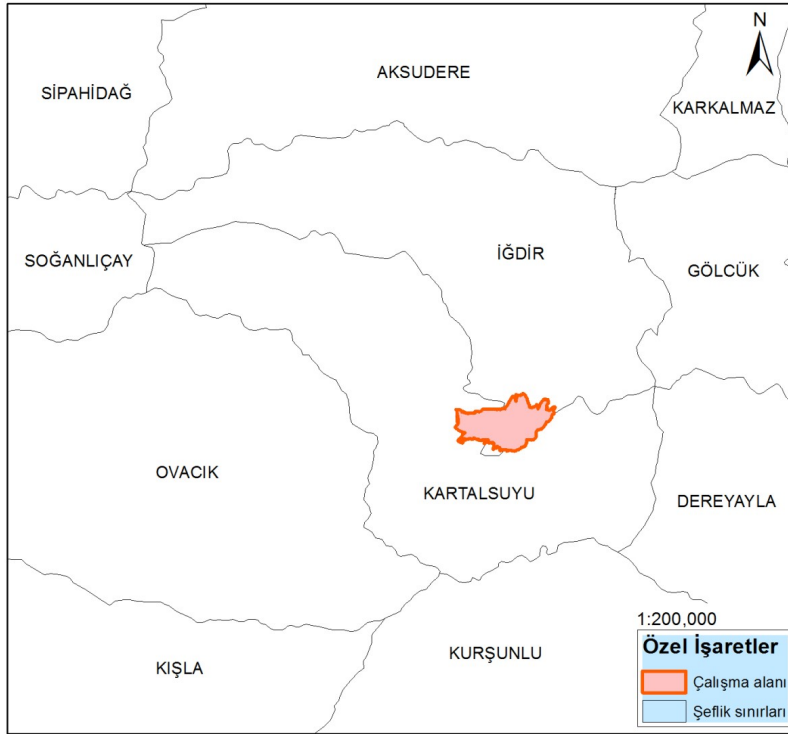
Şekil 3. Kelkit araştırma alanının konumsal gösterimi

İğdir Orman İşletme Şefliği ise, idari olarak Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, İğdir (Samatlar) Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde kalmaktadır. Samatlar, Kastamonu-Karabük arasında kurulmuş bir yerleşim birimi olup, genelde ormanlarla kaplıdır. Bu ormanlarda bulunan başlıca ağaç türleri ise, Karaçam Gökna, Meşe, Kızılcı, ve Kayın'dır (Tablo 4).

İğdir Orman İşletme Şefliği içerisinde seçilen araştırma alanının yüksekliği ise 1600 metre ile 1700 metre arasında ve ortalama eğimi % 20 civarındadır. Çalışma alanı UTM koordinat sistemi ED50 datumuna göre x:508786-y:4553612, x:512668-y:4551334 koordinatları arasında ve 36. zondadır. Çalışma alanı büyüklüğü 675 ha'dır (Şekil 4).

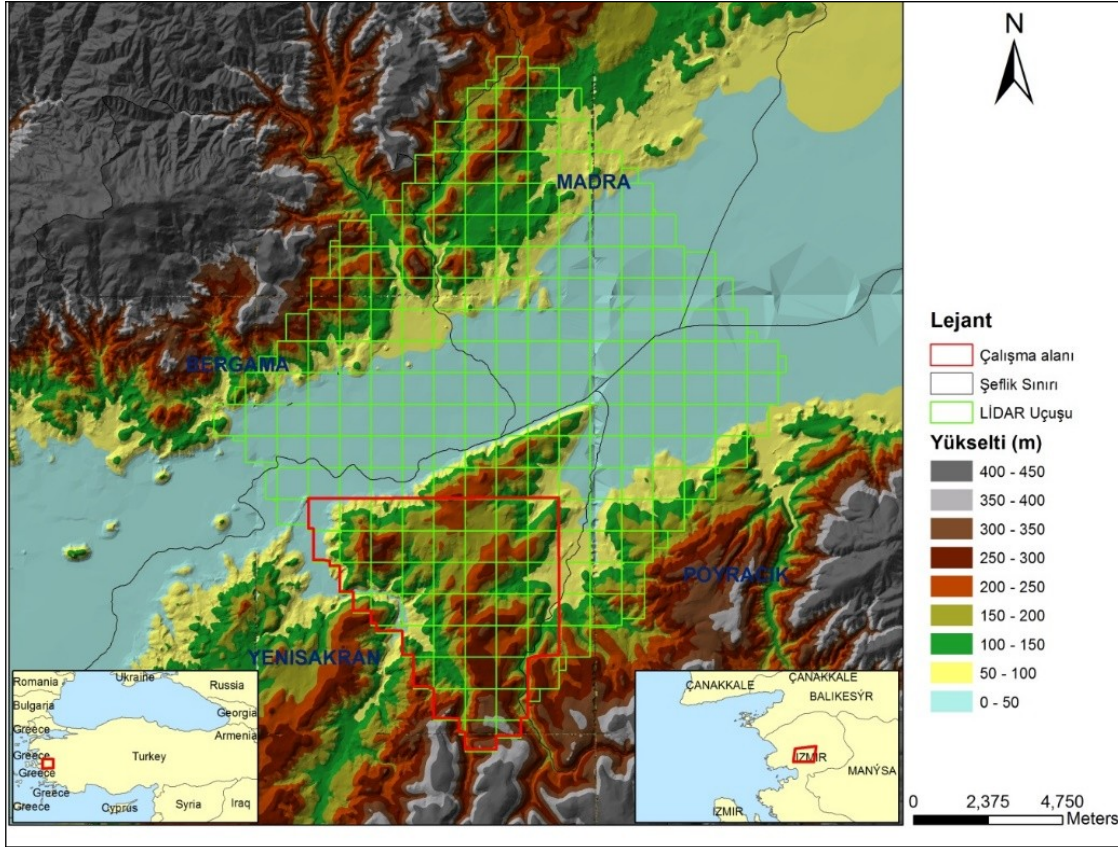
Tablo 4. İğdir OİŞ orman alanının ağaç türlerine dağılımı (OGM, 2014)

Ağaç Türü	Alan (ha)	%
Çk	4 436.1	44.2
G	1 219.7	12.2
M	474.4	4.7
Çz	328.4	3.3
Kn	116	1.2
Ar	50.7	0.5
Çs	12.5	0.1
Karışık	3 391.4	33.8
Toplam	10 029.2	100.0



Şekil 4. Iğdır araştırma alanının konumsal gösterimi

Yukarıda belirtilen çalışma alanlarına ek olarak, Lidar verilerinin seçilen meşcere parametrelerinin tahmininde kullanılması amacıyla İzmir Orman Bölge Müdürlüğü, Bergama Orman İşletme Müdürlüğü, Yenişakran İşletme Şefliğinde ayrı bir araştırma alanı daha belirlenmiştir (Şekil 5).

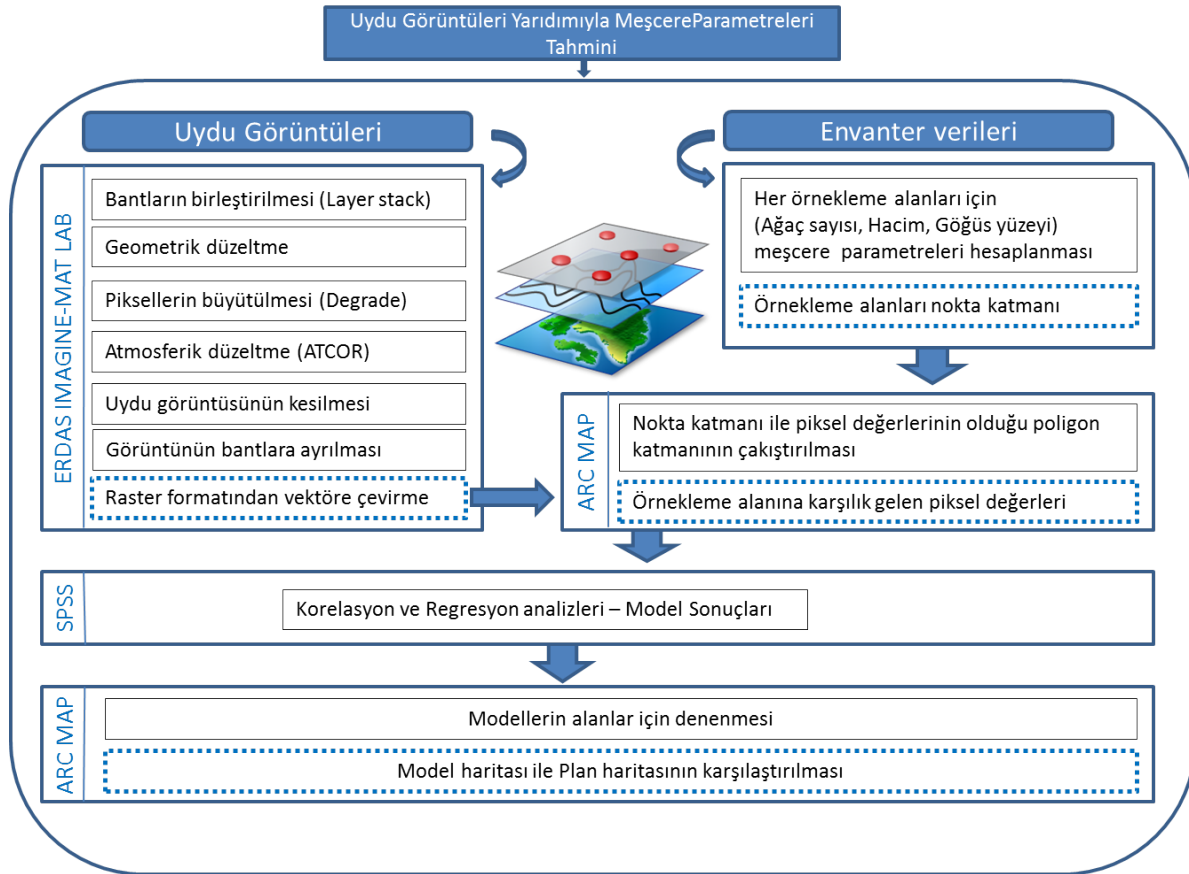


Şekil 5. Begama araştırma alanının konumsal gösterimi

3.3. Yaklaşım Tarzı (Metot)

Uzaktan algılama verileri henüz doğrudan meşcere hacmi, bitkisel kütle gibi parametrelerin ölçümünde kullanılamamaktadır. Uydu platformlarındaki algılayıcılar, ormandaki ağaçların tepe taçlarının oluşturduğu yansıma değerleri ya da lazer ölçümlerden elde edilen ağaç boyu gibi özellikler ile ilgili ölçümleri yapabilmektedir. Optik algılayıcı sistemler orman örtüsünün en üstteki katmanlarından elde edilen spektral yansımaları yakalamaktadır. Bu nedenle ölçülebilen değerler ile orman varlığına ait özellikler arasındaki istatistiksel ilişkilerden yararlanılmaktadır. Bitkisel kütle ile görünen bantlar (visible bands) arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Orta kızılötesi (middle infrared) bantlar ve meşcere hacmi arasında güçlü bir negatif korelasyon bulunmaktadır (İnan, 2004). Meşcere hacminin değişimine en duyarlı bölge orta kızılötesi bölge olup, bu bölgedeki yansıma değerleri doğrudan meşcere kapalılığının artışından etkilenmektedir. Bu değişimlerin nedeni, optimum orman koşullarında bitkisel kütle ve hacim artışının aynı zamanda meşcere kapalılığının artmasına neden olması ve bunun meşcerede tepe tacından oluşan gölgelik alanları arttırması sonucunda diri örtü ve topraktan gelen yansımaların azalmasıdır. Meşcere kapalılığının oluşturduğu gölgeleme meşcere hacmindeki değişimlerin bütün bantlarla olan ilişkisinde önemli bir rol oynamaktadır.

Çalışmada, yersel ölçümler sonucu hesaplanan meşcere parametreleri doğru kabul edileceği veya temel alınacağı için, her iki araştırma alanında toplamda 237 adet örnekleme alanı alınmıştır. Her bir örnekleme alanında yapılan ölçümler sonucunda hacim, ağaç sayısı ve göğüs yüzeyi olmak üzere 3 farklı meşcere parametresi hesaplanmıştır. Çalışmada izlenen iş akışı aşağıda özetlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Gerçekleştirilen araştırmada izlenen iş akışı

Proje kapsamında ayrıca, LİDAR verilerinin temin edilmesi olanağı ortaya çıktıktan sonra, meşcere parametrelerinin tahmininde kullanılmasına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada, bağımsız değişkenler olarak Lidar'dan elde edilen meşcere boy modeli, tepe yoğunluğu, istatistiksel olarak %25, %50, %75 nispetini gösteren boy ve üst boy değerleri kullanılmış, bağımlı değişken olarak ise yersel ölçümler sonucunda elde edilen ağaç sayısı, üst boy, meşcere orta boyu ve hacim dikkate alınmıştır. Saf Kızılçam meşcerelerinden alınan 43 örnek örnekleme alanı verisinden hareketle SPSS yardımıyla farklı regresyon modeller geliştirilmiştir.

3.3.1. Örnekleme Alanlarında Yapılan Ölçümler

Çalışma alanlarında yayılış gösteren saf Sarıçam ve saf Gökmar meşcereleri içerisinde örnek alanlar alınırken, aynı yaşlı Sarıçam ormanlarında farklı gelişim çağıında ve farklı kapalılıkta örnekleme alanları alınmış ve örnekleme alanlarının büyüklükleri kapalılığa bağlı olarak 3 kapalı ormanlarda 400 m², 2 kapalı ormanlarda 600 m² ve 1 kapalı ormanlarda 800 m² olarak belirlenmiştir. Farklı çağda ve yaşta fertlere sahip değişik yaşlı olarak işletilen Gökmar ormanlarında ise, örnek alan büyüklükleri sabit 600 m² olarak belirlenmiştir. Her örnekleme alanında 8 cm ve 8 cm'den büyük bütün ağaçların çapı ölçülmüş, ağaç türü belirlenmiş ve envanter karnesine kaydedilmiştir. İleride yapılacak çalışmalara temel teşkil etmek üzere farklı çap kademelerinden 3-5 ağaçta boy ölçümü ve yaş ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Örnekleme alanlarının x ve y koordinatları envanter karnesine kaydedilmiştir (Şekil 7).

Araştırma Alanı:						Meşcere Tipi Sembolü
Ağaç Türü Kod No:	1.30 m'deki Çap cm	Yaş	Ağaç Boyu m.	Deneme Sahası No	Örnekleme Alanı Büyüklüğü:	
0 1						
0 2						
0 3						
0 4						
0 5						
0 6						
0 7						
0 8						
0 9						

Diğer Bilgiler

Eğim:

X Koordinatı:

Y Koordinatı:

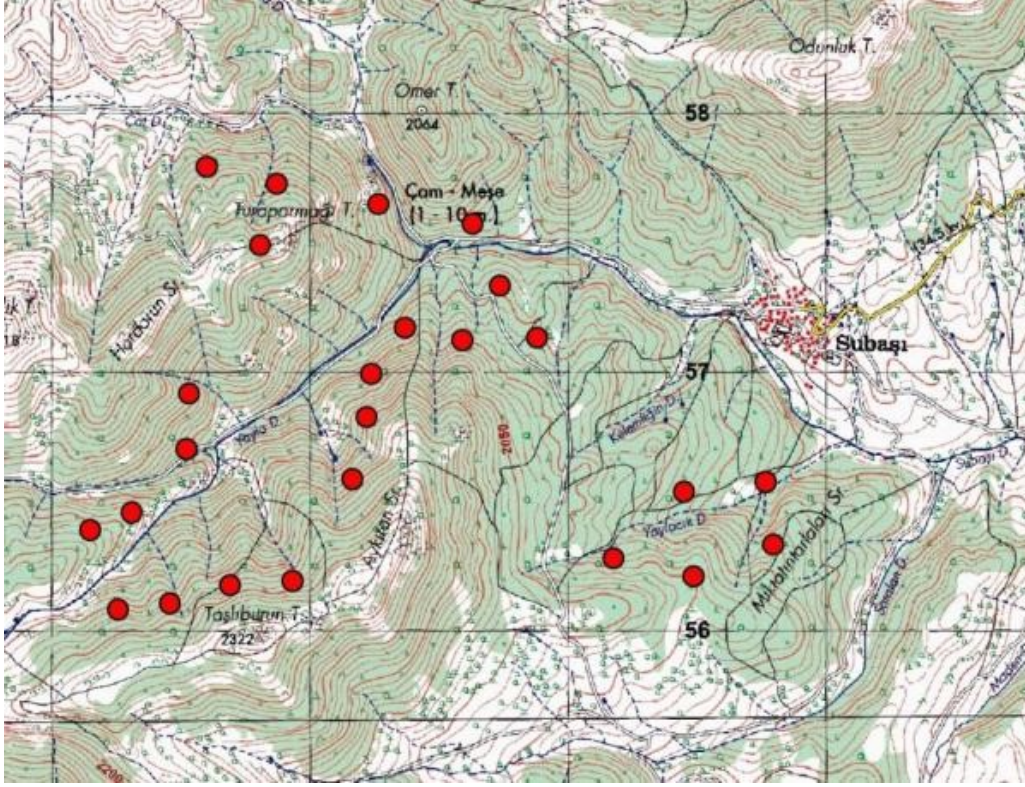
Yükselti:

Şekil 7. Örnek envanter karnesi

Kelkit OİŞ'nde yayılış gösteren Sarıçam meşcereleri ile seçilen araştırma alanı içinden toplamda 130 adet örnekleme alanı alınmıştır. Alınan örnekleme alanlarının dağılımı aşağıda gösterilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Kelkit OİŞ saf Sarıçam meşcere gelişim çağlarının kapalılığa göre alansal dağılımları ve seçilen araştırma alanından alınan örnek alan sayıları (OGM, 2013)

Gelişim Çağı	Alan (ha)				Örnekleme Alanı			
	Bozuk (0-10)	1 (%10-40)	2 (%40-70)	3 (<%70)	Toplam	%	Sayısı	%
Çsa		162.9		61.7	224.6	2.2	5	4
Çsab			43.0		43.0	0.4	2	1
Çsb				87.2	87.2	0.9	-	-
Çsbc		1 234.9	1 823.1	2 297.4	5 355.4	53.2	55	42
Çsc		199.3	312.1	262.7	774.1	7.7	15	12
Çscd		174.8	447.1	67.4	689.3	6.9	22	16
BÇs	2 886.0				2 886.0	28.7	15	11
Açıklık							16	12
Toplam	2 886.0	1 771.9	2 625.3	2 776.4	10 059.6	100.0	130	100



Şekil 8. Kelkit araştırma alanı örnekleme alanların konumsal dağılımı



Şekil 9. Kelkit araştırma alanında örnekleme alanlarının alınması



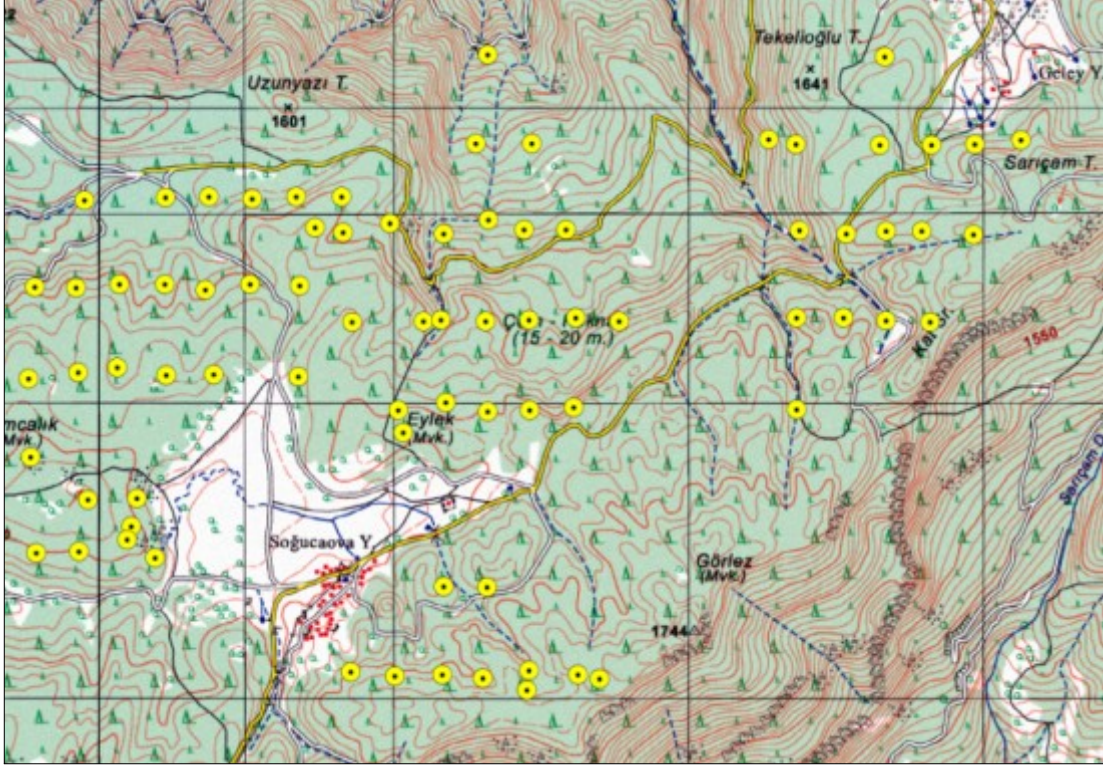
Şekil 10. Kelkit araştırma alanında bozuk meşcerelerde örnekleme alanlarının alınması

İğdir OİŞ'nde yayılış gösteren Gökmar meşcereleri ile seçilen araştırma alanı içinden alınan örnek alan sayıları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. İğdir OİŞ değişik yaşlı Gökmar meşcere tiplerinin alansal dağılımı ve seçilen araştırma alanından alınan örnek alan sayıları

Meşcere Tipi	Alan (ha)	%	ÖA Sayısı	%
GA	669.4	54.9	41	39
GB	-	-	-	-
GC	38.3	3.1	-	-
GD	512.0	42.0	64	59
Açıklık			2	2
Toplam	1219.7	100	107	100

Farklı çağda ve yaşta fertlere sahip değişik yaşlı olarak işletilen Gökmar ormanlarında ise, örnek alan büyüklükleri 600 m² olarak belirlenen toplam 107 noktada ölçüm gerçekleştirilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11.İğdir araştırma alanı örnekleme alanlarının konumsal dağılımı

Gerçekleştirilen arazi çalışmaları topluca değerlendirildiğinde, hedeflenen örnekleme alanı sayısına ulaşıldığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, Kelkit araştırma alanında a, b ve d çağındaki meşcerelerin planlama birimi içinde yeterli alana sahip olmaması, alınan örnekleme alanlarının bc, c ve cd çağlarında yoğunlaşmasına neden olmuştur.

Çalışmada ayrıca, proje öneri metninde bulunmayan, buna karşın projeyi hayata geçirdikten sonra sıkça kafa yorduğumuz, tepe çapının geliştirilecek modellere entegre edilmesine yönelik olarak ölçümler de yapılmıştır. Bunun için, meşcere içinden ve kenarından seçilen örnek ağaçlarda koordinat, çap, iki yönden tepe çapı ve ağaç boyu ölçülmüştür. Çalışma kapsamında ele alınacak olan veri kaynakları (uydu görüntüleri ve yüksek çözünürlüklü kamera ile çekilmiş hava fotoğrafları) ile tepe çapı ve buradan hareketle ağaç çapı elde edilmeye çalışılmıştır. Kelkit araştırma alanında farklı çaplarda 163 ağaçta gerçekleştirilen bu ölçümler sonucunda tepe çapları elde edilerek, tepe çapı-göğüs çapı ilişkisinden yararlanarak meşcere hacminin tahmin edilmesinde geliştirilecek regresyon modellerinin başarısının artacağı düşünülmektedir. Benzer ölçümler, seçme olarak işletilen ve bu ilişkinin ortaya konmasının oldukça güç olduğu İğdir araştırma alanı için de, 46 ağaçta gerçekleştirilmiştir.



Şekil 12. Kelkit araştırma alanında örnek ağaçlara ilişkin çap, tepe çapı ve boy ölçülmesi

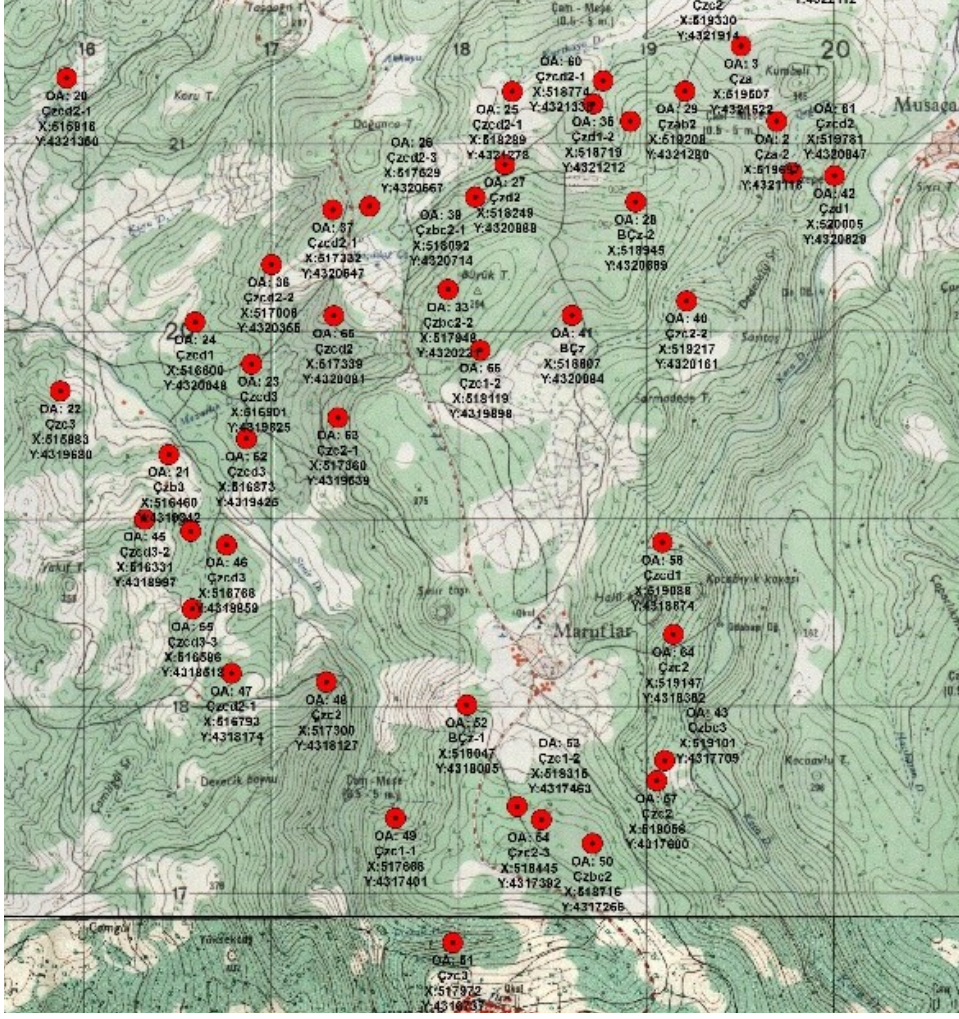


Şekil 13. İğdir araştırma alanında örnekleme alanlarının alınması



Şekil 14. Kastamonu araştırma alanında örnek ağaçlara ilişkin çap, tepe çapı ve boy ölçülmesi

Bergama çalışma alanında da, benzer şekilde toplamda 43 adet örnekleme alanı alınmıştır (Şekil 15). Örnekleme alanlarında, çap, boy, hakim ağaç boyu, kapalılık, çalı tabakası kapalılığı, çalı tabakası yüksekliği gibi farklı parametreler ölçülmüştür (Şekil 16).



Şekil 15. Bergama'da alınan örnekleme alanlarının konumsal dağılımı



Şekil 16. Bergama'da örnekleme alanlarının alınması

3.3.2. Meşcere Parametrelerinin Hesaplanması

Çalışma kapsamında her örnekleme alanı için hacim, ağaç sayısı ve göğüs yüzeyi parametreleri hesaplanacaktır. Meşcere parametrelerinin hesabı için aşağıda verilen formüllerden yararlanılmıştır.

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

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

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

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

$$\text{Göğüs Yüzeyi} = \pi / 4 \cdot \Sigma d^2 \cdot 10000 / \text{ÖAB} \quad (2)$$

$$\text{Göğüs Yüzeyi} = \text{m}^2/\text{ha}$$

$$d = \text{Çap (m)}$$

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

$$\text{Hacim} = \Sigma V \cdot 10000 / \text{ÖAB} \quad (3)$$

$$\text{Hacim} = \text{m}^3/\text{ha}$$

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

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

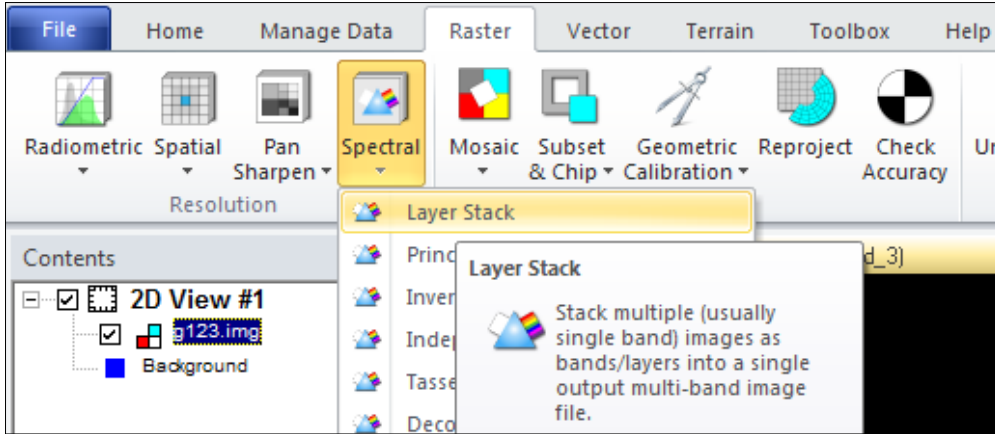
Meşcere hacimlerinin hesaplanmasında her iki araştırma alanı için önceden orman amenajman planı hazırlanması sürecinde düzenlenmiş olan ve aşağıda verilen tek girişli ağaç hacim tablosundan yararlanılmıştır (Tablo 7).

Tablo 7. Çalışma alanlarında meşcere hacminin belirlenmesinde kullanılacak olan tek girişli ağaç hacim tabloları

Sarıçam (Kelkit/Gümüşhane)				Gökmar (İğdir/Kastamonu)			
Çap Kademeleri (cm)	Hacim (m ³)	Çap Kademeleri (cm)	Hacim (m ³)	Çap Kademeleri (cm)	Hacim (m ³)	Çap Kademeleri (cm)	Hacim (m ³)
8 - 11.9	0.044	48 - 51.9	1.402	8 - 11.9	0.020	48 - 51.9	2.239
12 - 15.9	0.095	52 - 55.9	1.646	12 - 15.9	0.080	52 - 55.9	2.756
16 - 19.9	0.160	56 - 59.9	1.909	16 - 19.9	0.157	56 - 59.9	3.334
20 - 23.9	0.245	60 - 63.9	2.188	20 - 23.9	0.249	60 - 63.9	3.961
24 - 27.9	0.352	64 - 67.9	2.482	24 - 27.9	0.380	64 - 67.9	4.631
28 - 31.9	0.479	68 - 71.9	2.802	28 - 31.9	0.559	68 - 71.9	5.328
32 - 35.9	0.624	72 - 75.9	3.137	32 - 35.9	0.788	72 - 75.9	6.057
36 - 39.9	0.788	76 - 79.9	3.479	36 - 39.9	1.066	76 - 79.9	6.793
40 - 43.9	0.969	80 - 83.9	3.831	40 - 43.9	1.397		
44 - 47.9	1.176	84 - 87.9	4.201	44 - 47.9	1.781		

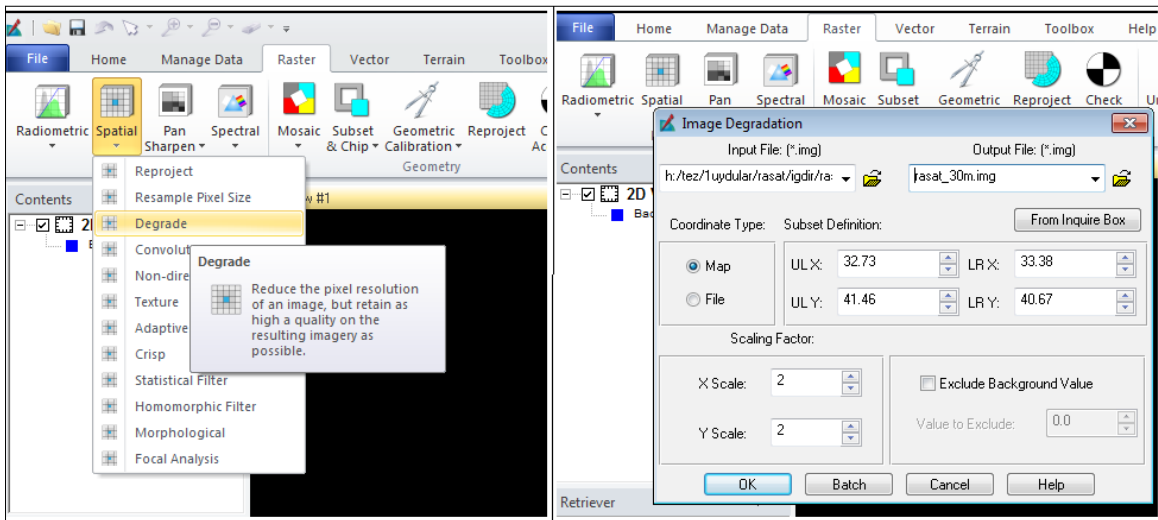
3.3.3 Uydu Görüntülerinin Analizi

Temin edilen uydu görüntüleri ile dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğraflarına ilişkin farklı bantlar, Erdas Imagine 2014 yazılımı yardımıyla TIFF formatından Image formatına çevrilmiş ve “Layer Stack” komutu ile birleştirilmiştir (Şekil 17).



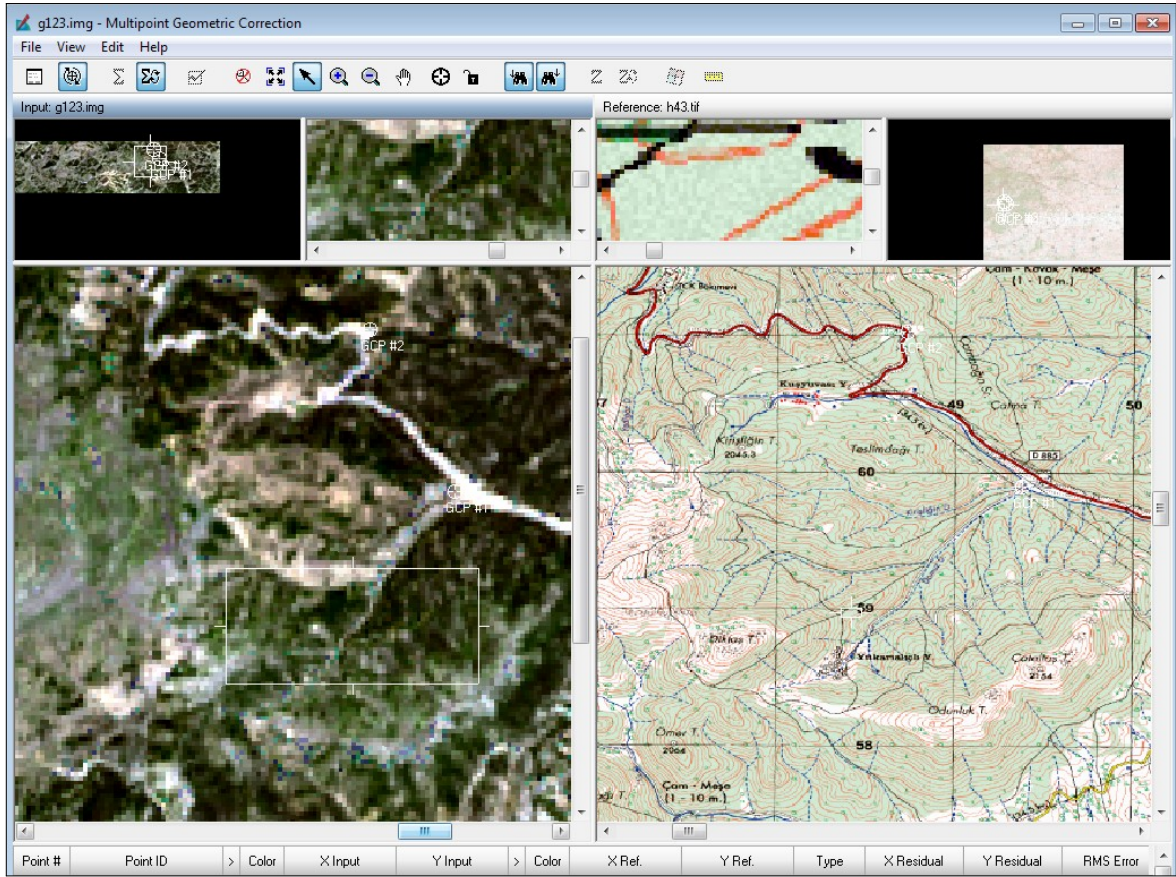
Şekil 17. Erdas Imagine 2014 programında bantların birleştirilmesi

Gerçekleştirilen çalışmada farklı çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanıldığı ve alınan örnekleme alanlarının büyüklükleri kapalılığa bağlı olarak 400 m² ile 800 m² arasında değiştiği için (İğdir’de değişik yaşlı ormanlarda standart 600 m²), öncelikle çözünürlüğü yüksek olan Göktürk-2 gibi uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının çözünürlüğü örnekleme alanı büyüklüğüne küçültülmüştür. Bunun için Erdas Imagine görüntü işleme programının “Degrade” komutundan yararlanılmıştır (Şekil 18). Çözünürlüğü düşük olan Landsat 8 veya Rasat gibi uydular için bu tür bir işlem yapılmamıştır.

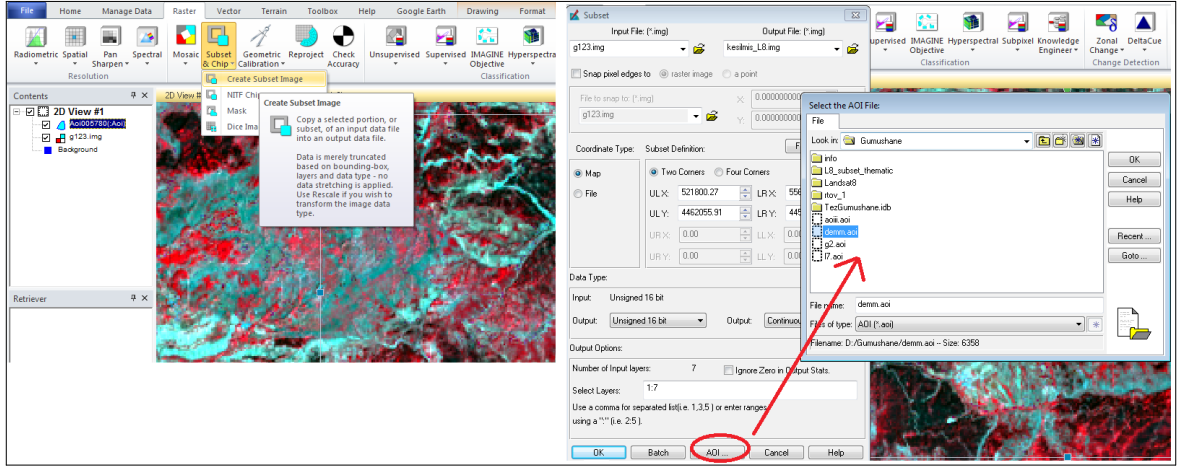


Şekil 18. Degrade komutu ile çözünürlüğün düşürülmesi

Uydu görüntüleri ve dijital kamera ile çekilen hava fotoğraflarının daha iyi yorumlanabilmesi ve geliştirilecek modellerin başarı düzeylerinin artırılabilmesi için geometrik (sadece Landsat 8 ve Worldview-2 için) ve atmosferik düzeltme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanına ait uydu görüntülerinin bant birleştirme işlemleri yapıldıktan sonra geometrik düzeltmesi için, önceden UTM koordinat sistemine oturtulmuş topoğrafik haritalardan yararlanılmıştır. Dereler ve yolların birleştiği yerler binalar gibi hem görüntüde hem de harita üzerinde açıkça ayırt edilebilen noktalar belirlenerek, dönüşümde kullanılan yer kontrol noktalarının bütün çalışma alanına homojen biçimde dağıtılmasına dikkat edilmiştir. Yukarıda bahsedilen görüntülerin koordinatlandırılması ve kesilmesi aşamalarında Erdas Imagine yazılımı kullanılmıştır (Şekil 19 ve Şekil 20).

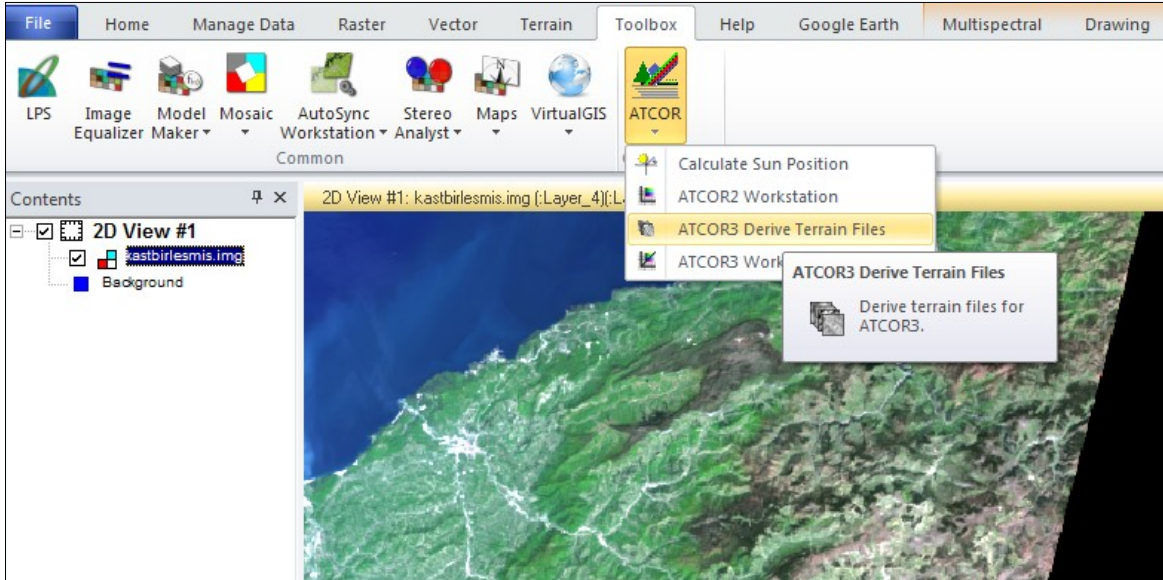


Şekil 19. Landsat görüntüsünün koordinatlandırılması



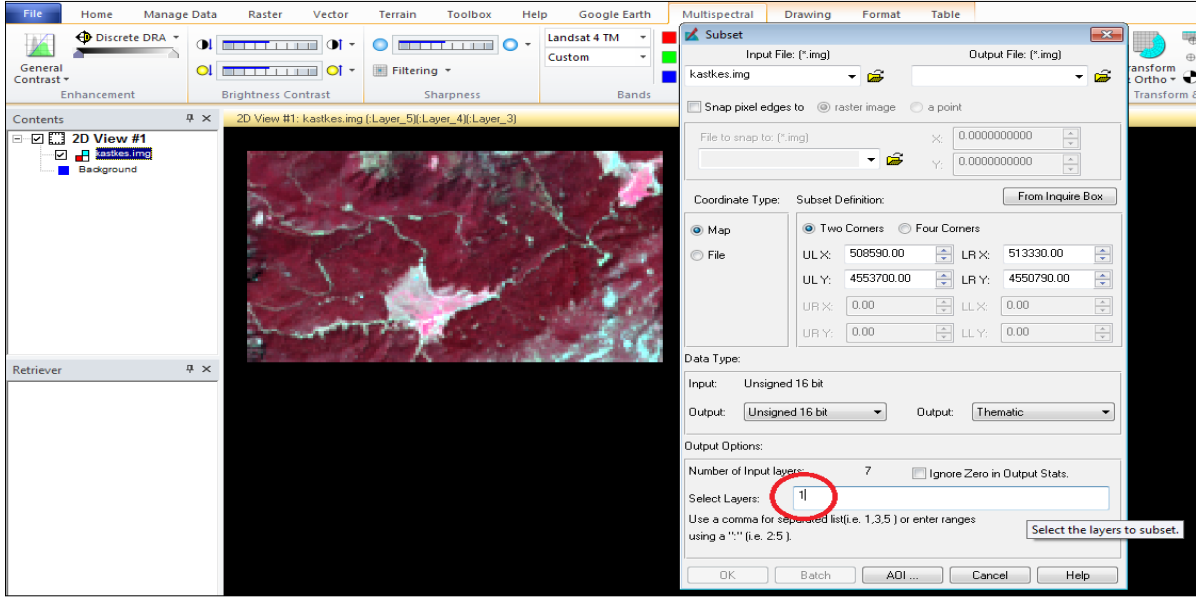
Şekil 20. Şekil 16. WorldView-2 Görüntünün Kesilmesi

Atmosferik olumsuzlukların giderilmesi için ise Erdas Imagine programının eklentisi olan ATCOR programından yararlanılmıştır (Şekil 21).



Şekil 21. Erdas Imagine 2014 programı yardımıyla atmosferik düzeltmenin gerçekleştirilmesi

Atmosferik düzeltme aşamasından sonra her bandın piksel değerlerini bulmak için birleşmiş olan bantlar tek tek ayrılarak Erdas Imagine 2014 programında raster formatından vektör formatına çevrilmiştir (Şekil 22). Daha sonra ise, her piksele ilişkin farklı bant değerlerini tek bir veri tabanında toplamak için Arc Map 10.1 programı “intersect” komutu seçilmiştir.



Şekil 22. Landsat-8 uydu görüntüsünde bantların ayrılması

3.3.4 Dijital Numaralardan Yansım (Reflectance) Değerlerinin Hesaplanması

Geometrik, radyometrik düzeltmeleri yapılan uydu görüntülerinin, MATLAB yazılımı kullanılarak yansım (reflectance) değerleri elde edilmiştir. Ormancılığa ilişkin yapılan araştırmaların çoğunda yansım değeri yerine, piksel değerlerinin kullanıldığı görülmektedir. Gerçekleştirilecek çalışmada tüm uydu görüntüleri her bandı için yansım değeri ve hava fotoğraflarının her bandı için DN değeri hesaplanmıştır. Hem yurt içinde hem de yurt dışında gerçekleştirilen çoğu çalışmada dikkate alınmayan bu durum gerçekleştirilen çalışmada dikkate alınmıştır.

Dijital numaralarda (DN) yansım (reflectance) değeri çeşitli programlarla hesaplanabilmektedir. Fakat bu programlar yalnızca bazı spesifik uydular için yazılmıştır. ArcGIS, ENVI, ERDAS ticari yazılımları reflectance değeri hesaplamaları yapan yazılımlara örnek olarak gösterilebilir. Reflectance değeri hesaplarında uydu ve uydunun sensörünün fotoğrafı yakaladığı andaki bilgilere ihtiyaç vardır. Bu bilgiler genellikle uydu görüntülerin meta dosyalarında mevcut olmaktadır. Bahsedildiği gibi ticari yazılımlarda her uydu verisi için reflectance değeri hesaplamak mümkün değildir. Bu nedenle reflectance formülü kullanılarak MATLAB programla dilinde program yazılmış ve uydu görüntülerinde DN'den reflectance hesaplanması için kullanılmıştır.

3.3.4.1 Landsat 8 OLI Uydu Görüntüsü için Reflectance Hesabı

Landsat serilerinden en son uydulardan biri olan Landsat 8 için reflectance hesabı yapılması mümkündür. Landsat 8 için USGS.gov (United States Geological Survey) sitesinde yeni bir formül vermiştir. Bu formülde “Esun” gibi diğer birçok uydu görüntüsünün

reflectance hesabında gerekli olan parametreler gerektirmeden reflectance değeri hesaplamak mümkündür (E-4).

$$\rho\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p \quad (4)$$

Burada:

$\rho\lambda'$ = Gezegensel reflectance
 M_p = metadata içinde bulunan (REFLECTANCE_MULT_BAND_x,) adlı deger
 A_p = metadata içinde bulunan (REFLECTANCE_ADD_BAND_x) adlı deger
 Q_{cal} = Nicelenmiş kalibre edilmiş piksel değeri
İfade etmektedir.

Daha sonra hesaplanan “gezegensel reflectance” değeri kullanılarak reflectance aşağıdaki formülle bulunabilir.

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE})} \quad (5)$$

Burada;

$\rho\lambda$ = Gezegensel reflectance
 θ_{SE} = meta data bulunan SUN ELEVATION değeri göstermektedir.
(Ek-1’de bu formüllerin MATLAB kodlarına çevrilmiş hali gösterilmektedir.)

Formülde görüleceği gibi reflectance değerini hesaplariken fotoğrafın uydu sensörü tarafından çekildiği andaki dünya-güneş uzaklığı, güneş zirve açısı, gibi uyduya ait bilgiler gereklidir. Bu bilgiler görüntülerin *.meta dosyalarında genellikle mevcuttur.

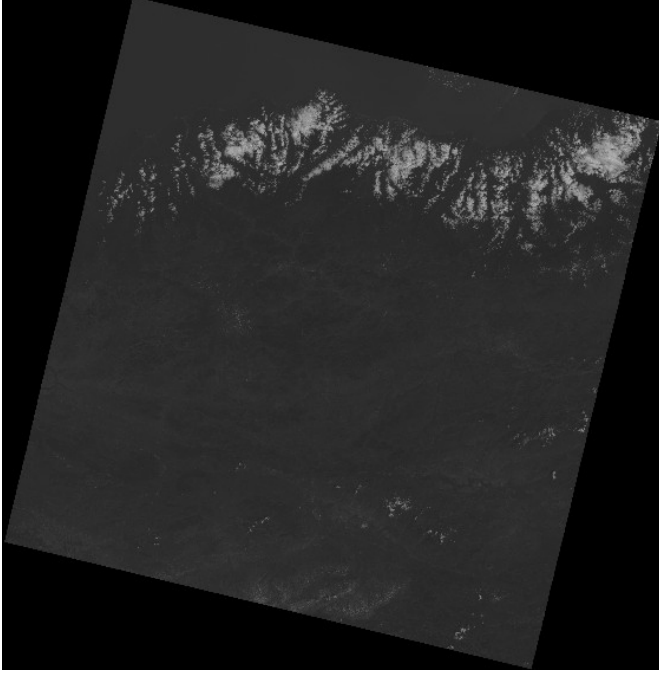
Gümüşhane için Landsat 8 verisinden 3 numaralı ve “LC81730322013178LGN01_B3” isimli bant kullanılarak reflektörce değerleri hesaplanmıştır. Metadata dosyasından aşağıda ki veriler alınmıştır.

Tablo 8. Meta data dosyasında bulunan veriler

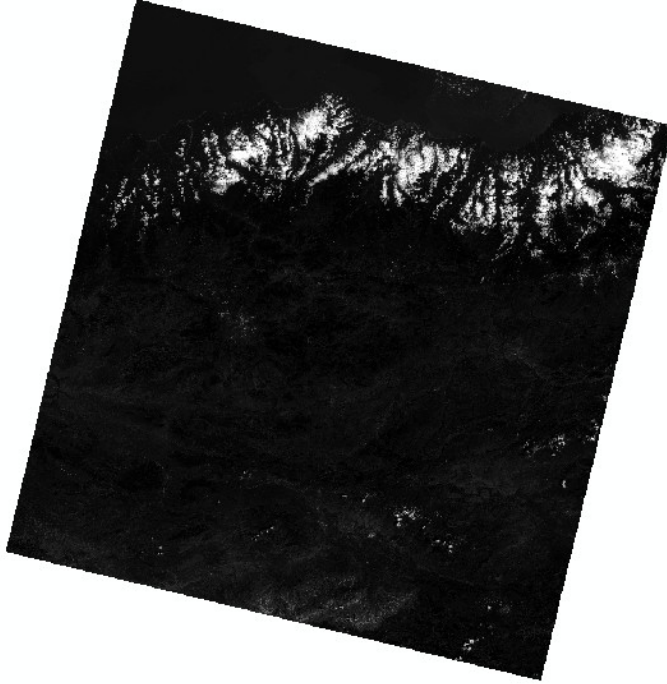
REFLECTANCE_ADD_BAND_3	-0.100000
Mp REFLECTANCE_MULT_BAND_3	2.0000E-05
SUN_ELEVATION	54.22471152

Şekil 23’de Landsat 8 uydu fotoğrafının orijinal hali gösterilmektedir. Şekil 24’de ise reflectance hesaplanması sonucu elde edilen değerlerle çizdirilen yeni görüntü görülmektedir.

Bu çalışmanın en zor kısmı ise formüllerde hesaba katılan parametreleri bulmaktır. Özellikle çok yaygın olmayan uydularla parametreler metadata içinde verilmemiş olabilmektedir.



Şekil 23. Landsat 8 uydu fotoğrafı orijinal hali, 1 numaralı bant örneği



Şekil 24. Reflectance değerler ile gösterilen uydu fotoğrafı, 1 numaralı bant örneği

3.3.4.2 RASAT ve Göktürk-2 Uydu Görüntüleri için Reflectance Hesabı

RASAT ve Göktürk-2 uyduları için literatürde yapılan araştırmalara göre reflectance hesaplama formülleri aşağıda gösterilen gibi olup, bu iki uydu içinde aynıdır (Teke, 2016).

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi L_{\lambda} d^2}{ESUN_{\lambda} \cos \theta_s} \quad (6)$$

Bu formülde;

ρ_{λ} = Yansima (reflectance) (Planetary TOA reflectance [unitless])

π = Pi sayısı (Mathematical constant equal to ~3.14159) [unitless]

L_{λ} = Parlaklık değerleri (Spectral radiance at the sensor's aperture) [W/(m² sr μ m)]

d= Dünya – Güneş uzaklığı (Earth–Sun distance) [astronomical units]

$ESUN_{\lambda}$ = Ortalama egzotermik güneş ışınımı (Mean exoatmospheric solar irradiance) [W/(m² μ m)]

θ_s = Güneş zirvesi açısı (Solar zenith angle) [degrees] (θ_s : Sun zenith angle (*zenith* = 90 – *elevation*))

ifade etmektedir.

$$L_{\lambda} = Gain * DN + offset \quad (7)$$

ifade etmektedir

Gain ise Teke (2016) tarafından verilen Gain Mode ve Gains değerleri bulunarak hesaplanmıştır. Offset ise 0'dır.

Yani ;

$$Gain = Gains / Gain Multiplier$$

şeklinde hesaplanmıştır.

Göktürk-2 için Gain mode -2,0,2,4,6,8,10 şeklinde RASAT için ise Gain mode 1,2,3,4,5,6,7 bulunmaktadır. Bu parametreler ilgili band içinde band.xml dosyasında mevcut olup, bu parametreler bakılarak karşılık gelen Gain Multiplier, Teke (2016) tarafından verilen tablo yardımıyla bulunmaktadır (Tablo 11). Aynı şekilde Solar zenith angle açısında Göktürk-2 için band.xml dosyasında mevcuttur. RASAT için ise bu değer d, hesabı gibi internette online olarak kullanılan sitelerce enlem-boylam ve tarih saat girilerek bulunabilmektedir.

Yukarıda gösterilen formül kullanılarak MATLAB kodları yazılmıştır (Ek-2). Bu kodlar kullanılarak bulunan reflectance değerlerine ulaşılabilir.

Tablo 9. RASAT ve Göktürk-2 için Esun değerleri (Teke, 2016)

	Wavelength (μ m)	Center	FWHM (nm)	ESUN
Blue	0.450 – 0.520	485	74.7	1979
Green	0.520 – 0.600	560	73.5	1857
Red	0.63 – 0.690	660	133.2	1558
NIR	0.760 - 0.900	830	117.1	1056.3
Pan	0.450 – 0.900	675	300	1499

Tablo 10. RASAT ve Göktürk-2 için Gains değerleri (Teke, 2016)

	Pan	Red	Green	Blue	NIR
Gains	0.271358	0.193523	0.349076	0.268814	0.165102

Offsets	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---

Tablo 11. RASAT ve Göktürk-2 için Gain Mode karşılık Gelen Gain Multiplier değerleri (Teke, 2016)

Gain Mode	-2	0	2	4	6	8	10
Gain Multiplier	0.99	1.48	2	2.5	3	3.5	4

3.3.4.3 World Wiev-2 Uydu Görüntüsü İçin Reflectance Hesabı

Son olarak, WorldWiev-2 uydusu için Updike ve Comp, 2010 tarafından yapılan formüller kullanılarak reflectance hesabı yapılmıştır.

$$\rho_{\lambda} = \frac{L_{\lambda} d^2 \pi}{ESUN_{\lambda} \cos \theta_s} \quad (8)$$

Bu formülde;

ρ_{λ} = Yansima (reflectance) (Planetary TOA reflectance [unitless])

π = Pi sayısı (Mathematical constant equal to ~3.14159) [unitless]

L_{λ} = Parlaklık değerleri (Spectral radiance at the sensor's aperture) [W/(m² sr μ m)]

d= Dünya – Güneş uzaklığı (Earth–Sun distance) [astronomical units]

$ESUN_{\lambda}$ = Ortalama egzotermik güneş ışınımı (Mean exoatmospheric solar irradiance) [W/(m² μ m)]

θ_s = Güneş zirvesi açısı (Solar zenith angle) [degrees] (θ_s : Sun zenith angle (*zenith* = 90 – *elevation*))

İfade etmektedir.

L_{λ} değeri ise aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$L_{\lambda} = absCalFactor.q_{pixel,band} \quad (9)$$

Yukarı Worldwiev-2 için gerekli formüller ilgili bandın meta veri dosyasında bulunmaktadır. Esun parametresi ise, Updike ve Comp (2010) makalesinden alınmıştır.

Meşcere parametrelerini tahmin edecek modellerin geliştirilmesinde, uydu ve hava fotoğraflarının her bandı ve pikseli için hesaplanacak yansima değerleri yanında, farklı indekslerden de yararlanılmıştır. Bilindiği gibi uydu görüntülerinde, her piksele atanacak sayıyı, alıcının hassas olduğu elektromanyetik enerjinin, o piksele karşılık gelen yeryüzü parçasındaki nesneler tarafından yansıtılma oranı belirlemektedir. Piksellere ait sayıların yalnız başlarına, bitkilerin yapısal özellikleri ile ilişkilendirilmesinin yetersiz olduğu durumlar için, araştırmacılar yardımcı indeksler geliştirmişlerdir. Bunların biri, yaprak yoğunluğu fazla olan alanların, klorofilin yakın kızılötesi enerjiyi yansıtma ve kırmızı ışığı soğurma özellikleri

sayesinde nispeten az yaprak barındıran alanlardan ayrılmasını sağlayan “normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi” (NDVI) gelmektedir. Bitkiler, yapraklarında bulunan klorofil maddesini ve gün ışığını inorganik maddeden organik madde üretmek için kullanmakta ve bu fotosentez işlemi sırasında Güneş’ten gelen elektromanyetik enerjinin 0,63 μm – 0,69 μm dalga boyunda olan ve kırmızı ışığa karşılık gelen kısmı kullanılmaktadır. Bu yüzden, kırmızı ışığın yansımalarını ölçen bir uydu görüntüsü, canlı bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda düşük sayısal değerlere sahip olmaktadır. Öte yandan bitkiler 0,7 μm ve daha yüksek dalga boyuna sahip elektromanyetik enerjiyi bünyelerine almamakta ve geri yansıtmaktadır. Dolayısıyla, canlı bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlar, yakın kızılötesi elektromanyetik enerjinin yansımalarını ölçen bir uydu görüntüsünde yüksek sayısal değerlere sahip olmaktadır. İngilizce “normalized difference vegetation index” ismi verilen ve bu ismin baş harfleri ile NDVI olarak anılan normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi, kırmızı ve yakın kızılötesi bant görüntüleri kullanılarak üretilmektedir. Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlara karşılık gelen piksellerin, üretilen NDVI görüntüsünde yüksek sayısal değerlere, bitki örtüsünün seyrek olduğu alanlara karşılık gelen piksellerin ise aynı görüntüde düşük sayısal değerlere sahip olması beklenmektedir. Önerilen projede bahsedilen indeksler aşağıdaki gibi 4 sınıfa ayrılabilir:

- Basit bant oranları: ETM4/3, ETM5/3, ETM5/7 ve ETM5/4.
 - Normalizasyon oranları: NDVI (Normalize Difference Vegetation Indices), GNDVI (Green Normalize Difference Vegetation Indices), ND53, ND54, ND57, ND32
 - Doğrusal bant kombinasyonları: Albedo, MID57, VIS123, Vind, PCA (Principle Component Analysis) ve TK (Tasseled Cap)
 - Kompleks vejetasyon indeksleri: ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index), ASVI (Atmospheric and Soil Vegetation Index), GEMI (Global Environment Monitoring Index), MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index)
- Çalışma kapsamında kullanılan farklı indeksler Tablo 12’de formülleri ile birlikte verilmiştir (İnan 2004; Mısır, 2013).

Tablo 12. Çalışmada kullanılan bitki örtüsü indeksleri

Vejetasyon İndeksi	Formül
ARVI	$(\text{NIR}-2\text{Red}+\text{Blue}) / (\text{NIR}+2\text{Red}-\text{Blue})$ - Kaufman ve Tanre (1992)
ASVI	$((2\text{NIR}+1) - ((2\text{NIR}+1)^2 - 8(\text{NIR}-2\text{Red}+\text{Blue})/2)^{1/2}) / (2 - Q_i \text{ vd.}, (1992))$
GEMI	$\xi (1-0.25\xi) - (\text{RED}-1.25)/1-\text{RED}$ $\xi = 2(\text{NIR}^2-\text{RED}^2)+1.5\text{NIR}+0.5\text{RED} / \text{NIR}+\text{RED}+0.5$ - Pinty ve Verstraete (1992)
MSAVI	$((2\text{NIR}+1) - (2\text{NIR}+1)^2 - 8(\text{NIR}-2\text{RED}))^{1/2} - Q_i \text{ vd.} (1994)$
SAVI	$(\text{NIR}-\text{RED}) / (\text{NIR}+\text{RED}+L)(1+L)$, $L=0.5$ - Huete (1988)
NDVI	$\text{ETM4} - \text{ETM3} / \text{ETM4} + \text{ETM3}$ - Kriegler vd. (1969)
GNDVI	$\text{NIR}-\text{Green} / \text{NIR}+\text{Green}$ - Lymburner vd. (1999)
ND53	$\text{ETM5} - \text{ETM3} / \text{ETM5} + \text{ETM3}$

ND54	$ETM5 - ETM4 / ETM5 + ETM4$
ND57	$ETM5 - ETM7 / ETM5 + ETM7$
ND32	$ETM3 - ETM2 / ETM3 + ETM2$
TK1	$0.3561+ETM1+0.3972ETM2+0.3904ETM3+0.6966ETM4+0.228ETM5+0.1596ETM7$
TK2	$-0.3344ETM1-0.3544ETM2+0.4556ETM3+0.6966ETM4-0.0242ETM5-0.263ETM7$
TK3	$0.2626ETM1+0.2141ETM2+0.0926ETM3+0.0656ETM4-0.7629ETM5 -0.5388ETM7$
VIS123	$ETM1+ETM2+ETM3$
MID57	$ETM5+ETM7$
Albedo	$ETM1+ETM2+ETM3+ETM4+ETM5+ETM7$
ETM4/3 (IR/R)	$ETM4/ETM3$
ETM5/3	$ETM5/ETM3$
ETM5/4	$ETM5/ETM4$
ETM5/7	$ETM5/ETM7$
Vind	$ETM4 - ETM3$
DVI	$ETM4- ETM3$
RVI	$ETM4/ ETM3$
IPVI	$ETM 4/(ETM 4- ETM3)$
EVI	$2.5((ETM 4- ETM1)/((ETM 4+6 ETM3)-(7.5 ETM1)+1))$
NDWI	$(ETM2- ETM4)/(ETM2+ ETM4)$

3.3.5 Meşcere Parametrelerinin Uydu Görüntüleriyle İlişkilendirilmesi

Gerçekleştirilen çalışmada, öncelikle uydu bantlarına ilişkin yansıma değerleri ve buna bağlı olarak hesaplanan indeksler ile meşcere parametreleri arasındaki ilişki olup olmadığı ve verilerin normal dağılıp dağılmadığı ortaya konmuştur. Veri seti 30'dan büyük olduğu için her bir faktörün normal dağılıma sahip olup olmadığı ve verilerin homojen dağılıp dağılmadığı incelenmiştir. Normal dağılım testi uygulanarak parametrelerin normal dağılıp dağılmadığı ortaya konup, normal dağılımı bozan ekstrem örnekleme alanları çıkartılmıştır.

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi veya bir değişkenin iki ya da daha çok değişken ile olan ilişkisini test etmek, varsa bu ilişkinin derecesini ölçmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini gösteren katsayıya korelasyon katsayısı denmektedir. Korelasyon analizi sonucunda, doğrusal ilişki olup olmadığı ve varsa bu ilişkinin derecesi korelasyon katsayısı ile hesaplanmaktadır. Korelasyon katsayısı "r" ile gösterilir ve -1 ile +1 arasında değerler almaktadır. Pozitif bir ilişkinin olması X değişkeninin değerlerinin artması durumunda Y değişkeninin değerlerinin de artması, negatif korelasyon (negatif ilişki) olması değişkenlerin birine ait değerlerin artması durumunda diğer değişkene ait değerlerin düşmesi anlamına gelmektedir. Korelasyon katsayısının "0" olması değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin söz konusu olmadığını göstermektedir. 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 yoktur. Pearson Korelasyon Katsayısının yorumu; r : 0,00-0,25 arası ise Çok Zayıf, r : 0,26-0,49 arası ise Zayıf, r :0,50-0,69 arası ise orta, r :0,70-0,89 ise yüksek ve r :0,90-1,00 arasında ise ilişki çok yüksek

anlamına gelmektedir (URL-12, 2014). Değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel şeklini belirleyen denkleme ise regresyon denklemi denir. Yapılan çalışmada çoklu regresyon modeli kullanılmış ve model oluşturulurken değişken eleme (backward) yöntemi kullanılmıştır.

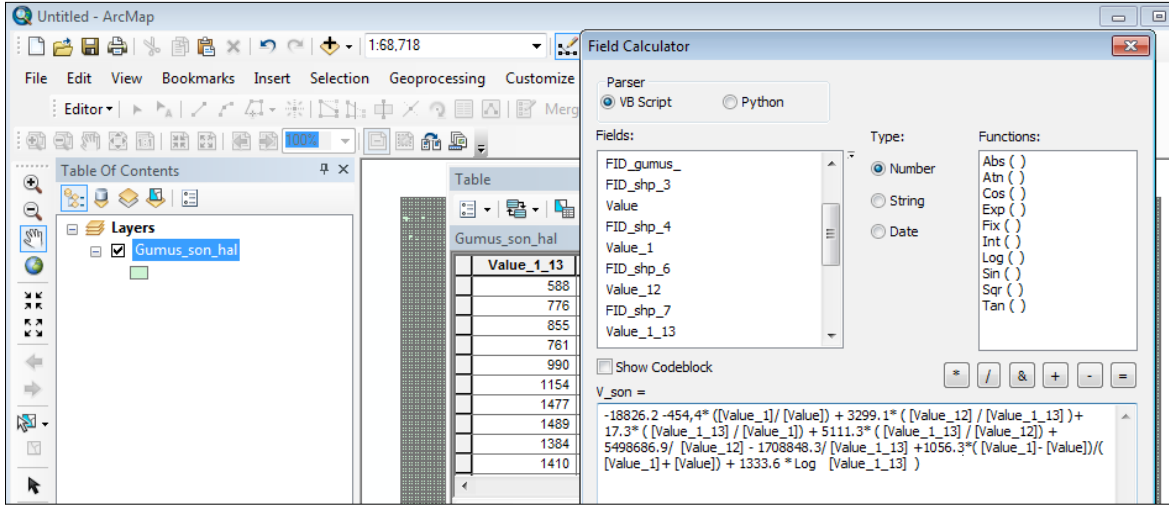
Her uydu görüntüsünün farklı bantlarına ilişkin piksel değerleri, piksel değerlerinin birbirleriyle oranları ve vejetasyon indeksleri ile meşcere parametreleri arasında, yukarıda ayrıntılı olarak ele alındığı gibi önce korelasyon, sonra ise çoklu regresyon analizi yapılarak modeller elde edilmiş, bu modellerin meşcere parametrelerinin yüzde kaçını tahmin ettiği hesaplanmıştır. Bu analizde ilişkili çıkan değişkenlerle çoklu regresyon analizi yapılarak ve modeller elde edilmiş, bu modellerin meşcere parametrelerinin yüzde kaçını tahmin ettiği hesaplanmıştır. Bunun için, hacim, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı meşcere parametreleri bağımlı değişken, bantlara ilişkin yansıma değerleri ile buna bağlı olarak hesaplanan vejetasyon indeksleri ise bağımsız değişken olarak kullanılarak, meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkiyi kuran çoklu regresyon modelleri oluşturulmuştur. Regresyon modelleri her iki araştırma alanı ve 3 farklı meşcere parametresi için ayrı ayrı geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin standart hatası ve R^2 'leri hesaplanmıştır. Modellere ilişkin R^2 'lerin istenilen düzeyde olmaması nedeniyle, farklı çağ sınıfları için ayrı modeller geliştirilmiş ve denenmiştir. Kelkit araştırma alanı için bc gelişim çağı ile c ve cd gelişim çağları için ayrı modeller geliştirilmiştir. Planlama biriminde d gelişme çağında meşcere olmadığı için, bahsedilen gelişme çağındaki meşcereler modellerde yer almamıştır. İğdir araştırma alanında ise optimale kıyasla kalın çap sınıfında fazlaca sayıda olan GA meşcere tipi ve optimale kıyasla kalın ve ince çap kademesinde fazlaca olan GD meşcere tipi için ayrı ayrı modeller geliştirilmiştir. İğdir planlama biriminde optimale kıyasla ince çap sınıfında fazlaca olan GB ve orta çap sınıfında fazlaca olan GB meşceresi olmadığı için bu alanlar için modeller geliştirilememiştir.

3.3.6 Geliştirilen Modellerin Her İki Araştırma Alanı İçin Denenmesi

Çalışma kapsamında dikkate alınan 3 farklı meşcere parametresi (ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim) ve 3 farklı gelişim çağı (b, c ve d) için geliştirilen modeller içerisinde, hata yüzdesi en düşük ve düzeltilmiş R^2 'si en yüksek olan toplam 18 model seçilerek her iki araştırma alanı için test edilmiştir.

Vektör formatındaki piksel değerlerini içeren katman kullanılarak, Arc Map programı yardımıyla geliştirilen göğüs yüzeyi ve hacim formülleri uygulanmış ve meşcere parametrelerini içeren veri tabanı oluşturulmuştur (Şekil 25). Elde edilen veri tabanı kullanılarak istenilen aralıklar oluşturularak yeniden sınıflandırılmış göğüs yüzeyi ve hacme ilişkin sonuç haritaları elde edilmiştir. Haritalar elde edilirken Arc Map programının bazı Tool box komutlarından faydalanılmıştır. Bunlar, Analysis Tools, "Extract" klasöründeki "Clip"

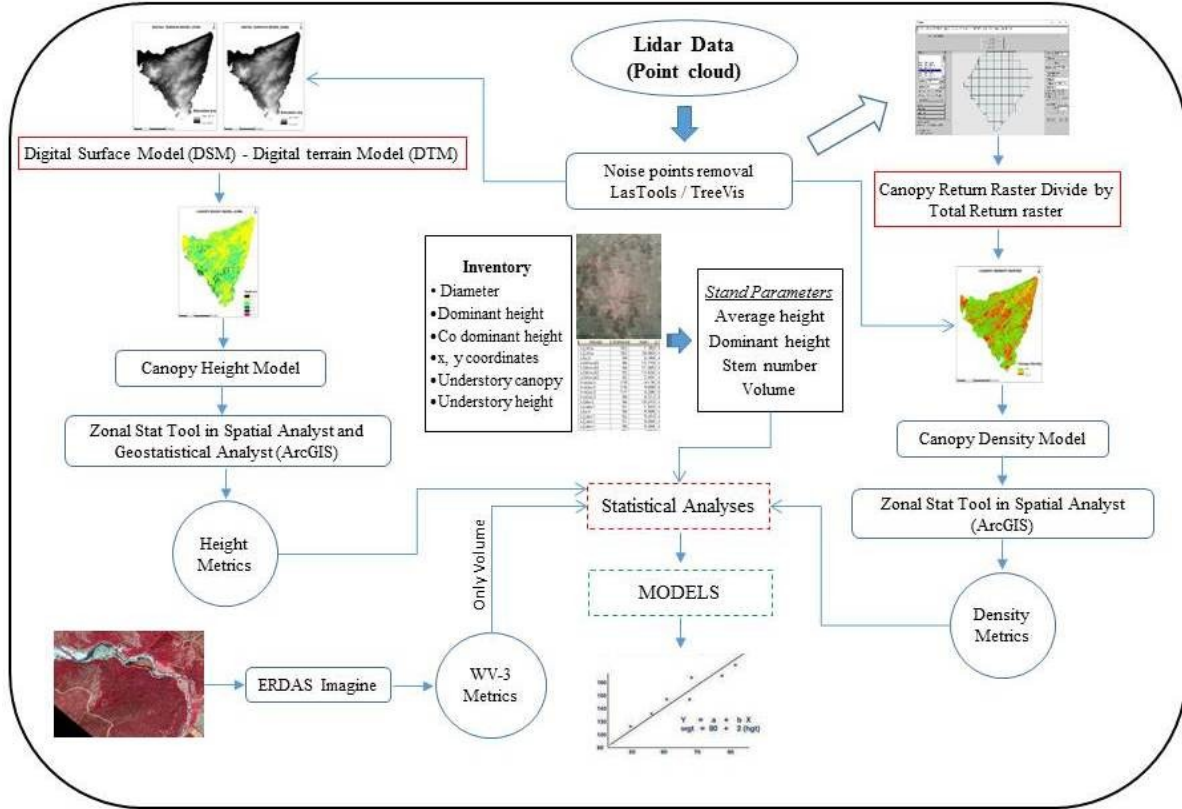
komutu, Overlay klasöründe “ Identity, Intersect ve Update,” Data Management, Generalization klasöründe “Dissolve” ve “Projections and Transformations” klasöründe “Project” komutlarıdır.



Şekil 25. Geliştirilen regresyon modellerinin ArcMap 10.1 yazılımı kullanılarak araştırma alanlarına uygulanması

3.3.7 Lidar Verilerinin Analiz Edilmesi

Alınan örnekleme alanlarından elde edilen meşcere orta boyu, üst boy, hacim gibi parametreler, lidar verileri kullanılarak elde edilen boy, üst boy gibi parametreler yanında eğim, kapalılık, çalı örtüsü kapalılığı gibi parametrelerle birlikte ilişkiye getirilmiş ve regresyon modelleri geliştirilmiştir. Bahsedilen parametrelerin Lidar verileri yardımıyla elde edilmesine yönelik iş akışı aşağıda verilmiştir (Şekil 26).



Şekil 26. Lidar verileri yardımıyla meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine yönelik iş akışı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Meşcere Parametrelerine İlişkin Normal Dağılım Kontrolü ve Korelasyon Analizi Sonuçları

Gerçekleştirilen çalışmada, meşcere parametrelerinin kendi aralarında ilişkili olup olmadığı, eğer ilişki var ise ilişkinin yönünü ve gücünü ortaya koyabilmek amacıyla korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Ancak, korelasyon katsayısı iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü göstermekle beraber, bulunan katsayı değeri bu ilişkiyi tam olarak açıklamak için yeterli değildir. Elde edilen sonuç, veriler normal dağılım göstermiyorsa daha da önem kazanmaktadır (Cohen, 1988). Özetle, sadece korelasyon katsayı değerine dayanarak, verilerin daha ayrıntılı incelenmesi yapılmadan yorumda bulunulması yetersiz olmaktadır. Çünkü, korelasyon analizinin yapılabilmesi için, her iki değişkenin de sürekli olması ve normal dağılım göstermesi gereklidir. Bu nedenle verilerin normal dağılıp dağılmadıkları test edilmiştir.

Seçilen meşcere parametrelerinin normal dağılıp dağılmadığını test etmek için normal dağılım testi uygulanmış ve sonunda ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için normalin dışında ekstrem değerlere sahip olan örneklem alanları elenmiştir. Elenen örneklem alanı sayısı Kelkit çalışma alanında 5 adet ve Iğdır'de ise 4 adet olmak üzere toplamda 9 adet olmuştur. Yapılan test sonucunda verilerin normal dağıldığı görülmüştür. Normal dağılım

kontrolü ve korelasyon analizi için izlenen yöntem, Çil (2015) tarafından uygulanan prosedürle aynıdır. Bu nedenle, proje raporunun hacmini arttırmamak adına, bu kısım aşağıda tekrarlanmamıştır.

Yapılan korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi veya bir değişkenin iki ya da daha çok değişken ile olan ilişkisini test etmek, varsa bu ilişkinin derecesini ölçmek için kullanılmıştır. Bununla birlikte, meşcere parametrelerinin uydu görüntülerinin farklı bantlarından elde edilen piksel değerleri veya bu değerler kullanılarak elde edilen indeksler yardımıyla tahmin edilip edilemeyeceğinin araştırılması gerekmektedir. Yapılan çalışma kapsamında söz konusu ilişkiler “regresyon analizi” yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Burada asıl amaç, bağımlı değişkenler olarak belirlenen hacim, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısının, bağımsız değişkenler olarak belirlenen bantlara ilişkin piksel değerleri ve indeksler kullanılarak tahmin edilmesidir.

4.2. Kelkit Araştırma Alanı İçin Geliştirilen Regresyon Modelleri

Landsat 8, Rasat, Göktürk-2 ve WorldView-2 olmak üzere 4 farklı uydu görüntüsünün denendiği Kelkit araştırma alanında, toplamda 125 adet örnekleme alanı (elenen örnekleme alanı verileri dışarıda bırakılarak) verisinden hareket edilerek çok sayıda regresyon modeli oluşturulmuştur. Elde edilen modeller içerisinde düzeltilmiş R^2 'leri en yüksek ve standart hataları en düşük olanlar seçilmiş ve aşağıda sunulmuştur (Tablo 13).

Tablo 13. Kelkit araştırma alanına ilişkin tüm gelişim çağları birlikte değerlendirildiğinde elde edilen regresyon model çıktıları

Platform Adı	İstatistiki Değer.	Örnek Alan Sayısı	N	V	GY
Landsat 8	Düzeltilmiş R^2	125	0.44	0.77	0.77
(30.08.2013)	Std. Hata		270	39,6	5,7
Landsat 8	Düzeltilmiş R^2	125	0.38	0.73	0.74
(27.06.2013)	Std. Hata		283	42,8	6,1
Rasat	Düzeltilmiş R^2	125	0,38	0,73	0,74
	Std. Hata		284	42,5	6,1
Göktürk-2	Düzeltilmiş R^2	125	0,33	0,42	0,43
	Std. Hata		296	62,5	8,9
Worldview-2	Düzeltilmiş R^2	125	0,36	0,75	0,76
	Std. Hata		288	40,8	5,9

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, tüm örnekleme alanları dikkate alındığında, Landsat-8 (30.08.2013 tarihli) uydu verisi kullanılarak geliştirilen modellerin ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyini en yüksek oranda tahmin ettiği ve düzeltilmiş R^2 'lerinin ise, sırasıyla 0.44, 0.77 ve 0.77 olduğu anlaşılmıştır. Hacim birlikte değerlendirildiğinde, Landsat-8 (30.08.2013 tarihli) uydusunu sırasıyla WorldView-2, Landsat-8 (27.06.2013),

Rasat ve Göktürk-2 uyduları izlemiştir. Göğüs yüzeyi, hacim ile benzer sonuçlar göstermiştir. Ağaç sayısı dikkate alındığında ise, en yüksek başarıyı 0.44 R² ile Landsat-8 (30.08.2013 tarihli) elde etmiş, onu sırasıyla, onu sırasıyla yine Landsat 8 (27.06.2013 tarihli), Rasat, Worldview-2 ve Göktürk-2 uyduları takip etmiştir.

Kelkit araştırma alanı için tüm örnekleme alanı verileri birlikte değerlendirildiğinde, ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için geliştirilen modeller 10, 11 ve 12 nolu denklemlerde verilmiştir.

$$N = 55568,7 - 384989,4 \cdot B_1 + 227166,7 \cdot B_3 - 61141 \cdot B_5 - 23047,3 \cdot B_7 + 37311,6 \cdot SAVI - 1602,7 \cdot B_6/B_4 + 4181,8 \cdot B_7/B_3 - 3806,1 \cdot 1/B_1 + 589,8 \cdot 1/B_3 \quad (10)$$

Landsat-8 (30.08.2013) uydusu yardımıyla geliştirilen yukarıdaki model, 0.44 düzeltilmiş R² ve 270 adet/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki meşcere tiplerinin hektardaki ağaç sayısını %44 oranında 270 adet standart sapma ile açıklamaktadır.

$$V = 10304,8 - 41992,5 \cdot B_1 - 1129,5 \cdot B_5 + 3283,8 \cdot B_7 - 229,5 \cdot B_6/B_7 - 552,3 \cdot B_7/B_3 - 564,8 \cdot 1/B_1 + 106,2 \cdot 1/B_3 - 22,1 \cdot 1/B_4 - 93,2 \cdot 1/B_5 \quad (11)$$

Landsat-8 (30.08.2013) uydusu yardımıyla geliştirilen yukarıdaki model, 0.77 düzeltilmiş R² ve 39.6 m³/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki meşcere tiplerinin hektardaki hacmini %77 oranında 39.6 m³ standart sapma ile açıklamaktadır.

$$GY = 1505,3 - 6191,6 \cdot B_1 - 157,4 \cdot B_5 + 486,4 \cdot B_7 - 33,1 \cdot B_6/B_7 - 81,8 \cdot B_7/B_3 - 81,8 \cdot 1/B_1 + 15,2 \cdot 1/B_3 - 3,3 \cdot 1/B_4 - 13 \cdot 1/B_5 \quad (12)$$

Landsat-8 (30.08.2013) uydusu yardımıyla geliştirilen yukarıdaki model, 0.77 düzeltilmiş R² ve 5.7 m²/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki meşcere tiplerinin hektardaki göğüs yüzeyini %77 oranında 5.7 m² standart sapma ile açıklamaktadır.

Elde edilen sonuçlar topluca değerlendirildiğinde, ağaç sayısı için elde edilen regresyon modellerinin, hacim ve göğüs yüzeyine nazaran daha az tahmin sonuçlarına ulaştığı tespit edilmiştir. Landsat 8 (30.08.2013 tarihli) uydusunun ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi olmak üzere tüm parametrelerde ön plana çıktığı görülmüştür. En yüksek düzeltilmiş R² sonuçlarının elde edildiği Landsat 8 (30.08.2013 tarihli) uydu verileri tarafından üretilen modellere bakıldığında, söz konusu uydunun 5. ve 7. bantlarının etkili olduğu görülmektedir. Milli uydumuz Göktürk regresyon model sonuçlarının düşük çıkmasının nedeni olarak kızılötesi bandında problem olması rahatlıkla söylenebilir.

Her ne kadar ağaç sayısı tahminleri kullanılamayacak kadar düşük olsa da hacim ve göğüs yüzeyi tahminleri, uzaktan algılamada uydu görüntülerinin önemini göstermekte olup tahminlerin farklı yöntemlerle geliştirilmesi ve daha yüksek tahminler bulmamız yönünde umut vermektedir. Gerçekleştirilen çalışmada ayrıca, verileri farklı değerlendirip modellerin tahmin başarısını artırılması noktasında arayışa gidilmiş ve farklı gelişim çağı ve kapalılığa sahip meşcereler için modeller üretilmesi durumunda başarının nasıl olacağı sorusuna cevap aranmıştır. Geliştirilen modeller sonucunda, farklı gelişim çağına sahip meşcereler için geliştirilen modellerin başarısında belirgin değişimler gözlenmemiştir. Örneğin, c ve cd çağı için elde edilen sonuçlar irdelendiğinde; hacim ve göğüs yüzeyinde aynı oranda (0.77) R^2 'ye ulaşılmış, buna karşın hektardaki ağaç sayısında bir miktar yükseliş kaydedilerek 0.51 R^2 değeri elde edilmiştir. Fakat, bu çağ sınıflarında 27.06.2013 tarihli Landsat-8 uydusuna ait görüntü daha başarılı sonuç vermiştir. Düşük çağ sınıflarında (a, ab, b ve bc) ise, başarı düzeyi daha düşük kalmış, sonuçta gelişim çağı için geliştirilen modeller için hacimde %14, göğüs yüzeyinde % 15 ve ağaç sayısında ise %22 oranında düşüş tespit edilmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. Kelkit araştırma alanına ilişkin farklı gelişim çağıları dikkate alındığında elde edilen regresyon model çıktıları

Platform Adı		Örnek Alan Sayısı	N	V	GY
Landsat 8 (30.08.2013 tarihli)	Düzeltilmiş R^2 (a, ab, b, bc çağı)	64	0.22	0.63	0.62
	Std. Hata		237	38.6	5.5
	Düzeltilmiş R^2 (c-cd çağı)	41	0.38	0.46	0.50
	Std. Hata		154	37.8	5.3
Landsat 8 (27.06.2013 tarihli)	Düzeltilmiş R^2 (a, ab, b, bc çağı)	64	0.24	0.60	0.58
	Std. Hata		235	40.2	5.9
	Düzeltilmiş R^2 (c-cd çağı)	41	0.51	0.77	0.77
	Std. Hata		137	24.4	3.6
Rasat	Düzeltilmiş R^2 (a, ab, b, bc çağı)	64	0.20	0.63	0.62
	Std. Hata		240	38	5.6
	Düzeltilmiş R^2 (c-cd çağı)	41	0.2	0.23	0.25

	Std. Hata		175	44.9	6.5
Göktürk-2	Düzeltilmiş R ²	64	<0.1	0.28	0.28
	(a, ab, b, bc çağı)				
	Std. Hata		-	53.7	7.7
	Düzeltilmiş R ²	41	<0.1	<0.1	<0.1
	(c-cd çağı)				
Worldview-2	Std. Hata		-	-	-
	Düzeltilmiş R ²	64	0.17	0.67	0.64
	(a, ab, b, bc çağı)				
	Std. Hata		245	36.0	5.5
	Düzeltilmiş R ²	41	0.20	0.28	0.29
	(c-cd çağı)				
	Std. Hata		175	43.4	6.4

Elde edilen sonuçlar Kelkit araştırma alanı farklı gelişim çağıları için yeniden geliştirilen modellerin tahmin başarısını belirgin oranda arttırmadığını göstermiştir. Örnek alan sayısının azalması ve buna bağlı olarak varyasyonun küçülmesi buna etken olarak gösterilebilir.

4.3. İğdir Araştırma Alanı İçin Geliştirilen Regresyon Modelleri

Landsat 8, Rasat, Göktürk-2 ve Dijital Kamera ile Çekilmiş Hava Fotoğrafı olmak üzere 4 farklı görüntünün denendiği İğdir araştırma alanında toplamda 103 adet örnekleme alanı verisinden (elenen örnekleme alanı verileri dışarıda bırakılarak) hareket edilerek birçok regresyon modeli oluşturulmuştur. Elde edilen modeller içerisinde düzeltilmiş R²'leri en yüksek ve standart hataları en düşük olanlar seçilmiş ve aşağıda sunulmuştur (Tablo 15).

Tablo 15. İğdir araştırma alanına ilişkin tüm meşcere tipleri birlikte değerlendirildiğinde elde edilen regresyon model çıktıları

Platform Adı	İstatistiki Değer.	Örnek Alan Sayısı	N	V	GY
Landsat 8	Düzeltilmiş R ²	103	0.60	0.75	0.80
	Std. Hata		178	90.9	7.1
Hava Fotoğrafı	Düzeltilmiş R ²	103	0.57	0.65	0.69
	Std. Hata		186	107.4	8.8
Rasat	Düzeltilmiş R ²	103	0.51	0.62	0.66
	Std. Hata		197	112.1	9.2
Göktürk-2	Düzeltilmiş R ²	103	0.53	0.58	0.64
	Std. Hata		193	117.5	9.5

Tüm örnekleme alanları verileri değerlendirilerek elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Landsat-8 uydu verileri kullanılarak geliştirilen modellerin ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyini en yüksek oranda tahmin ettiği ve düzeltilmiş R²'lerinin ise, sırasıyla 0.60, 0.75 ve 0.80 olduğu görülmüştür. Hacim dikkate alındığında, Landsat-8 uydusunu Hava Fotoğrafı ve Rasat uydusu izlemiş, Göktürk-2 ise nispeten düşük oranda kalmıştır. Ağaç sayısı dikkate alındığında ise, Landsat 8 uydusunu benzer şekilde hava fotoğrafı izlemiştir. Göğüs yüzeyine ilişkin başarı sıralaması da hacim ile aynı olmuştur.

İğdir araştırma alanı için tüm örnekleme alanı verileri değerlendirildiğinde, ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için geliştirilen modeller 13, 14 ve 15 nolu denklemlerde verilmiştir.

$$N = 1422,2-26219,1*B3-1192,1*ARVI-102,6*1/B4-68,3*1/B7+1238,4*1/\sqrt{B7} \quad (13)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen yukarıdaki model, 0.60 düzeltilmiş R² ve 178 adet/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki meşcere tiplerinin hektardaki ağaç sayısını %60 oranında 178 adet sapma ile açıklanmaktadır.

$$V = -1181-4942,6*ARVI-5223,8*SAVI+11426,3*ndvi-970,7*B6/B5-91,4*1/B3+385,3*1/B5+12,3*1/B7 \quad (14)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen yukarıdaki model, 0.75 düzeltilmiş R² ve 90.9 m³/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki meşcere tiplerinin hektardaki hacmini %75 oranında 90.9 m³ sapma ile açıklanmaktadır.

$$GY = -91,1-280,5*ARVI-276*SAVI+765,4*NDVI-44*B6/B1-5,4*1/B4+22,3*1/B5+1,4*1/B7 \quad (15)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen yukarıdaki model, 0.80 düzeltilmiş R² ve 8.4 m²/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki meşcere tiplerinin hektardaki göğüs yüzeyini %80 oranında 8.4 m² sapma ile açıklanmaktadır.

Elde edilen sonuçlar topluca değerlendirildiğinde, ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için elde edilen regresyon modellerinde Landsat 8 uydusunun tüm meşcere parametrelerine ilişkin tahmin değerlerinde ön plana çıktığı görülmüştür. Gerçekleştirilen çalışmada ayrıca Kelkit araştırma alanında olduğu gibi, verileri farklı değerlendirip modellerin tahmin başarısını artırılması noktasında arayışa gidilmiş ve farklı meşcere tipleri için modeller üretilmesi durumunda başarının nasıl olacağı sorusuna cevap aranmıştır. Bu amaçla, İğdir araştırma alanında GA ve GD meşcere tipleri ayrı grup olmak üzere iki farklı grup şeklinde değerlendirme yapılmıştır (Tablo 16).

Tablo 16. İğdir araştırma alanına ilişkin farklı meşcere rumuzları dikkate alındığında elde edilen regresyon model çıktıları

Platform Adı		Örnek Alan Sayısı	N	V	GY
Landsat 8	Düzeltilmiş R ² (GA çağı)	40	0.50	0.43	0.51
	Std. Hata		112	104.5	7.7
	Düzeltilmiş R ² (GD çağı)	63	0.21	0.42	0.40
	Std. Hata		184	84.1	6.9
Hava Fotoğrafı	Düzeltilmiş R ² (GA çağı)	40	0.33	0.26	0.28
	Std. Hata		130	118.8	9.4
	Düzeltilmiş R ² (GD çağı)	63	< 0.1	<0.1	< 0.1
	Std. Hata		-	-	-
Rasat	Düzeltilmiş R ² (GA çağı)	40	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	Std. Hata		-	-	-
	Düzeltilmiş R ² (GD çağı)	63	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	Std. Hata		-	-	-
Göktürk-2	Düzeltilmiş R ² (GA çağı)	40	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	Std. Hata		-	-	-
	Düzeltilmiş R ² (GD çağı)	63	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	Std. Hata		-	-	-

Farklı meşcere tiplerine ilişkin geliştirilen modeller irdelendiğinde ise, başarının artmadığı, aksine hacimde %32, göğüs yüzeyinde % 39 ve ağaç sayısında ise %10 oranında başarı düzeylerinde düşüş olduğu tespit edilmiştir. İğdir araştırma alanında yayılış gösteren GA meşcereleri için geliştirilen regresyon modellerinin sonuçları irdelendiğinde, Landsat 8'in başarısının her iki rumuzda ilk sırayı aldığı, buna karşın Rasat ve Göktürk-2'nin performanslarının ise oldukça düşük kaldığı belirlenmiştir.

İğdir araştırma alanında yayılış gösteren değişik yaşlı meşcerelere ilişkin tahmin sonuçları, Kelkit araştırma alanında yayılış gösteren meşcerelere göre hacimde benzer bir başarı ortaya koymuş, ağaç sayısında ise daha iyi sonuç elde edilmiştir. İki araştırma alanı için farklı gelişim çağıları ve meşcere tipleri dikkate alınarak geliştirilen modellerin başarılarını dikkate aldığımızda, örnekleme sayısının azalmasının ve varyasyonun azalması nedeniyle, istenilen şekilde başarıyı arttırmadığı görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar literatürle karşılaştırıldığında genellikle yüksek belirtme katsayısı elde edildiği görülmektedir. Mohammadi (2007) hacim için geliştirdiği modelin R²'sini %43 ve hatasını 97.49 m³/ha bulmuş, ağaç sayısının R²'sini %73.4 ve hatasını da 170 adet/ha olarak hesaplamıştır. Gerçekleştirilen çalışma çıktıları ile Mohammadi (2007) tarafından elde edilen bu sonuçlar, Landsat 8 kullanılarak geliştirilen modeller dikkate alınarak karşılaştırıldığında, ağaç sayısı tahmini yüksek (İğdir için), hacim tahmini ise yakın bulunmuştur.

Ateşoğlu (2009), Landsat 7, Spot ve Aster uydu görüntüleri yardımıyla yaptığı Kayın ağaç türü çalışma alanında ağaç sayısının düzeltilmiş R^2 'sini Landsat 7'de 0.33 standart hatasını ise 313 adet/ha olarak bulmuş, Spot uydusu ile ağaç sayısının %12'sini 356 adet/ha hata ile tahmin etmiştir. Göğüs yüzeyi için Landsat 7 uydusu düzeltilmiş R^2 yi en yüksek 0.75 ve standart hatası da 4.8 m²/ha olarak bulmuştur. Hacim için ise, yine Landsat 7 uydusu ile %51 oranında hektarda 53 m³/ha hata ile tahmin etmiştir. İğdir ve Kelkit araştırma alanında ise, tüm örnekleme alanları birlikte değerlendirildiğinde, Sarıçam'da ağaç sayısı %44, Göknaar'da ise %60 oranında tahmin edilmiştir. Bu durumda, geliştirilen modellerin başarısı, Spot uydu verileri kullanılarak tahmin edilen ağaç sayısının üstünde olmuş, buna karşın Landsat 7 tarafından elde edilen tahmin değerlerinin altında kalmıştır. Göğüs yüzeyinde Landsat 7'nin tahmin başarısına yakın değerler elde edilmiştir. (İğdir'de nispeten yüksek).

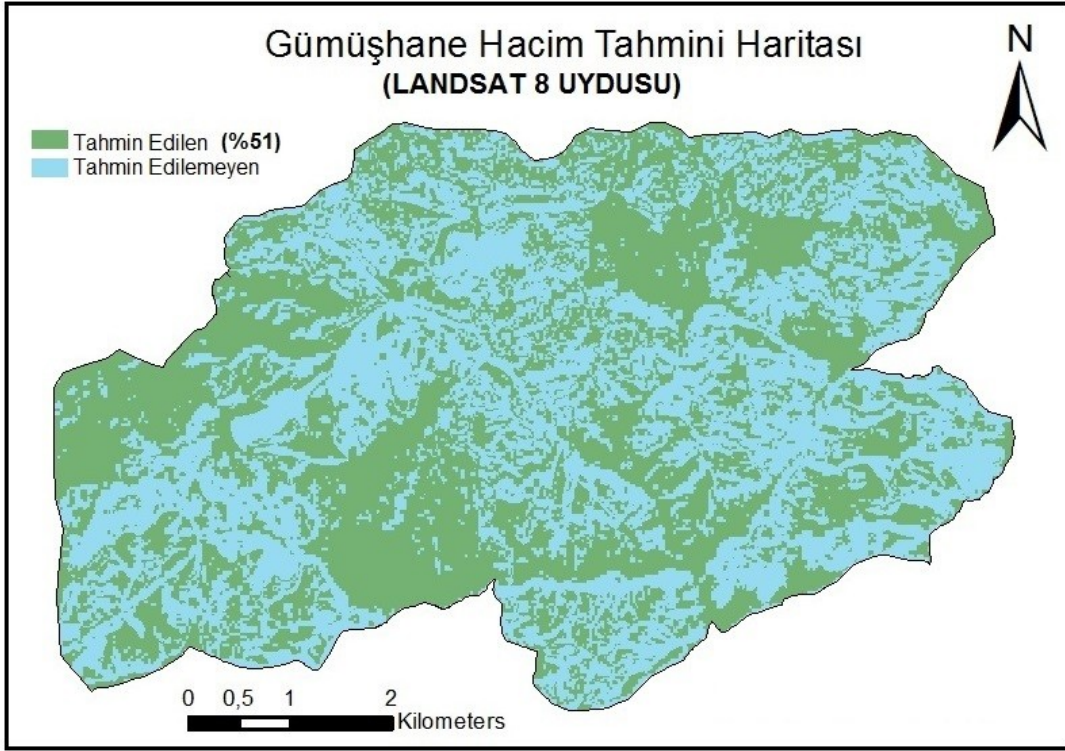
Mısır (2013) tarafından Landsat 7 ETM+ görüntüsü ve 25 farklı bitki örtüsü indeksi kullanarak meşcere hacmini %60 oranında tahmin eden sonuçlar ile karşılaştırıldığında, Sarıçam ve Göknaar için yaklaşık %15 oranında daha iyi sonuca ulaşılmıştır. Şenyurt vd. (2013) Landsat uydu görüntüsü yardımıyla göğüs yüzeyi ve ağaç sayısının % 65.4 ve % 58.3'lük oranda regresyon modeli yardımıyla açıklandığı sonuçlar ile karşılaştırıldığında ise, Sarıçam'da ağaç türünde altında, ancak hem göğüs yüzeyi hem de Göknaar ağaç sayısı tahminlerinde elde edilen modellerin bu başarının üstünde kaldığı görülmektedir.

Projenin bir ön çalışması olarak da düşünebileceğimiz Çil (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışma dikkate alındığında ise, hacimde yaklaşık %20, ağaç sayısında ise %25 oranında daha başarılı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Bu da DN değerleri yerine reflectance değerlerinin kullanılmasının, başarıyı önemli ölçüde arttırdığını ortaya koymaktadır.

Gerçekleştirilen çalışmada ayrıca, elde edilen modeller her iki araştırma alanı için uygulanmış ve elde edilen çıktılar güncel meşcere haritası ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

4.4. Geliştirilen Modellerin Güncel Meşcere Parametreleri İle Karşılaştırılması

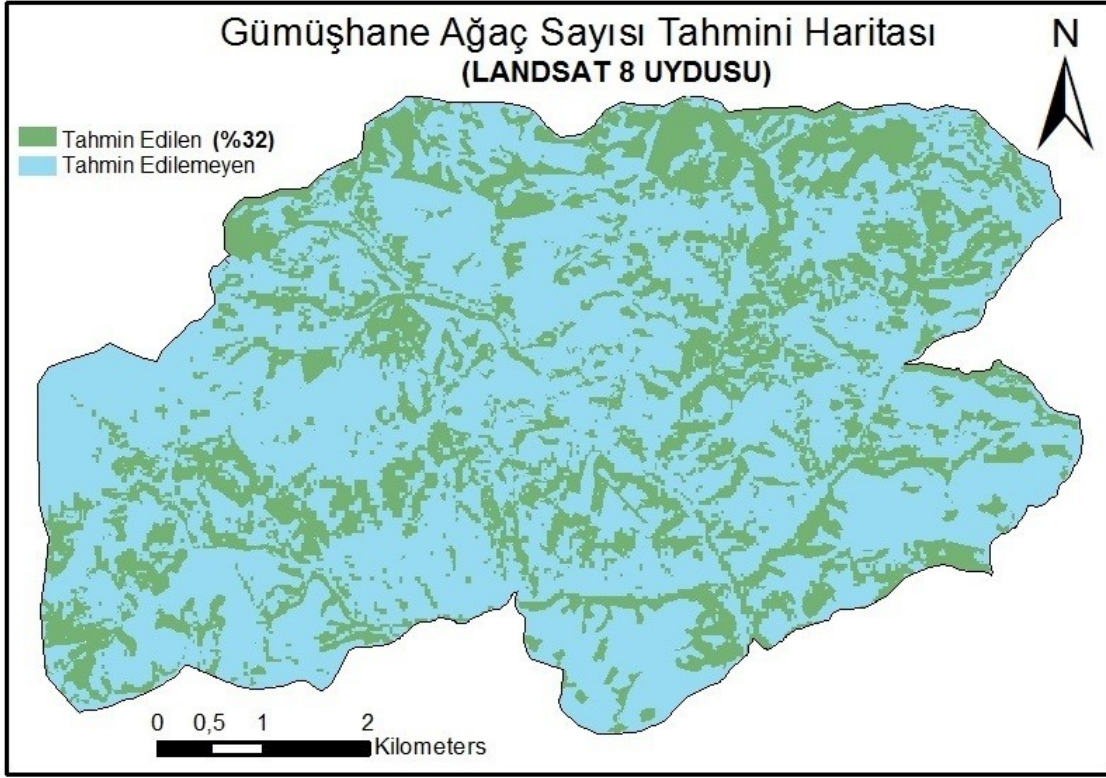
Geliştirilen modeller içinden en yüksek R^2 'ye ve en düşük standart hataya sahip modeller seçilmiş ve her iki araştırma alanı için karşılaştırılmıştır. Örnek olması açısından sadece hacim ve ağaç sayısına ilişkin parametrelerin dikkate alındığı bu çalışmada, Kelkit araştırma alanı için 10 ve 11 ve İğdir araştırma alanı için de 13 ve 14 nolu eşitlikler kullanılmıştır. Modeller tarafından elde edilen değerlerin, amenajman plan verileri ile karşılaştırıldığı bu uygulamada, tahmin değerlerinin belirlenmesinde, modellerin verdiği hata kadar bir fark ihmal edilmiştir. Elde edilen model hacim haritası, güncel hacim haritası ile karşılaştırılmış ve elde edilen harita Şekil 27'de verilmiştir.



Şekil 27. Kelkit araştırma alanında model ve plan hacminin karşılaştırılması

Meşcere haritası ve amenajman planı hacim değerleri kullanılarak oluşturulan AP hacim haritası temel alınıp, model hacim haritası ile karşılaştırıldığında, konumsal olarak (hata payı miktarı içinde yer alan alanlar aynı kabul edilmiştir) %51 düzeyinde örtüşmektedir (Şekil 26).

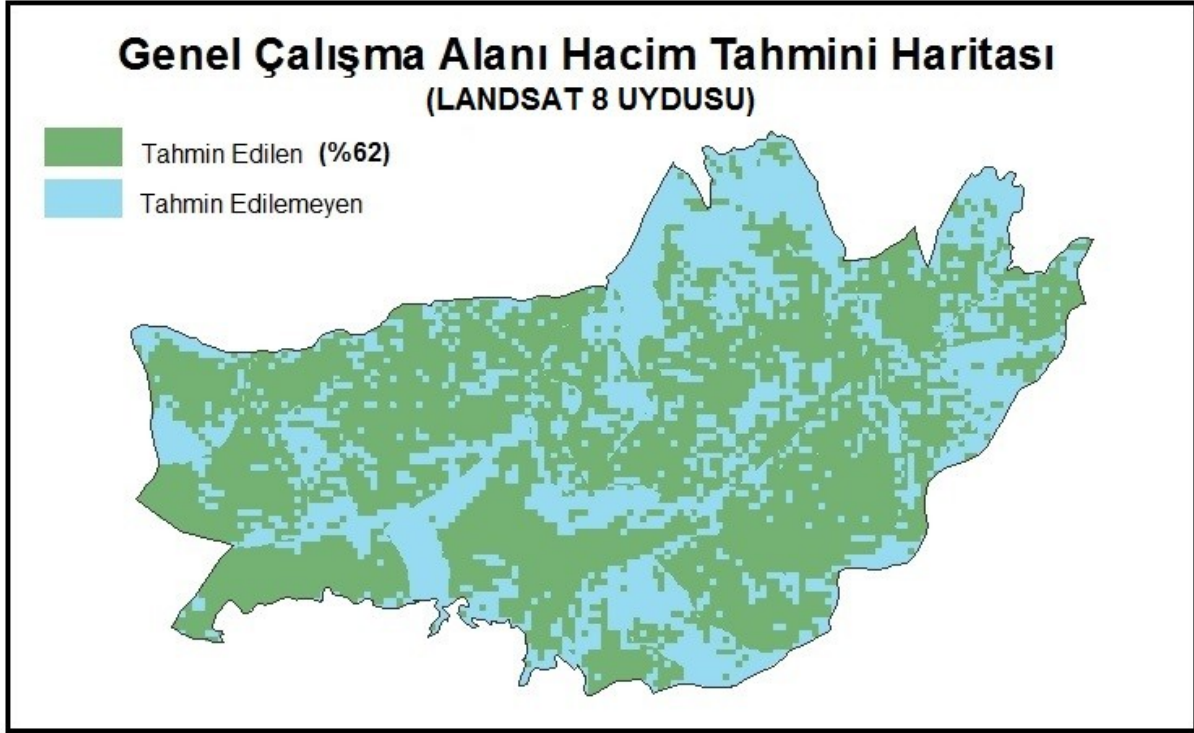
Benzer şekilde 10 nolu model yardımıyla elde edilen ağaç sayılarının amenajman planı verilerine göre tahmin değerleri, ise %32 oranında kalmaktadır (Şekil 28).



Şekil 28. Kelkit araştırma alanında model ve plan ağaç sayısının karşılaştırılması

Benzer çalışma İğdir araştırma alanı için de gerçekleştirilmiş, 11 nolu formül yardımıyla model hacim karşılaştırma haritası oluşturulmuştur. İğdir araştırma alanı model hacim haritası, orman amenajman planı meşcere haritası ile karşılaştırıldığında, konumsal olarak aynı değeri veren (hata payı miktarı içinde yer alan alanlar aynı kabul edilmiştir) alanların %62 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 29).

Aynı şekilde İğdir araştırma alanı için 13 nolu model yardımıyla elde edilen ağaç sayılarının amenajman planı verilerine göre tahmin değerleri, ise %51 oranındadır (Şekil 30).



Şekil 29. İğdir araştırma alanında model ve plan hacminin karşılaştırılması



Şekil 30. İğdir araştırma alanında model ve plan ağaç sayısının karşılaştırılması

Başarı düzeylerinin her iki araştırma alanı için de, beklentinin altında kalmasının nedeni orman amenajman planı meşcere haritalarının düzenlenmesi aşamasında meşcere tipleri ayrılırken en küçük alanın 5000 m² olarak dikkate alınması, daha küçük alanların

yedirme işlemi denilen çevredeki meşcere tiplerine katılmasıdır. Landsat 8 uydusunun 30 m. konumsal çözünürlüğü dikkate alındığında 900 m² büyüklükte çıktılar vermektedir. Bu büyüklükteki alanlar 1/25000 ölçekli meşcere haritasında gösterilmesi yönetmeliğe göre uygun değildir. Ayrıca, meşcere tipleri haritası düzenlenirken, lokal boşluklar yollar, enerji iletim hatları altındaki boşluklar vb. alanlar da ayrı bir poligon olarak yukarıda açıklanan nedenlerden ötürü gösterilememektedir. Sonuç olarak, elde edilen model sonuçlarının birebir AP hacim verileri ile karşılaştırılması sağlıklı gözükme de genel bir fikir vermesi açısından önemli görülmüştür.

4.5. Lidar Verileri İle Meşcere Parametrelerinin Tahminine Yönelik Elde Edilen Sonuçlar

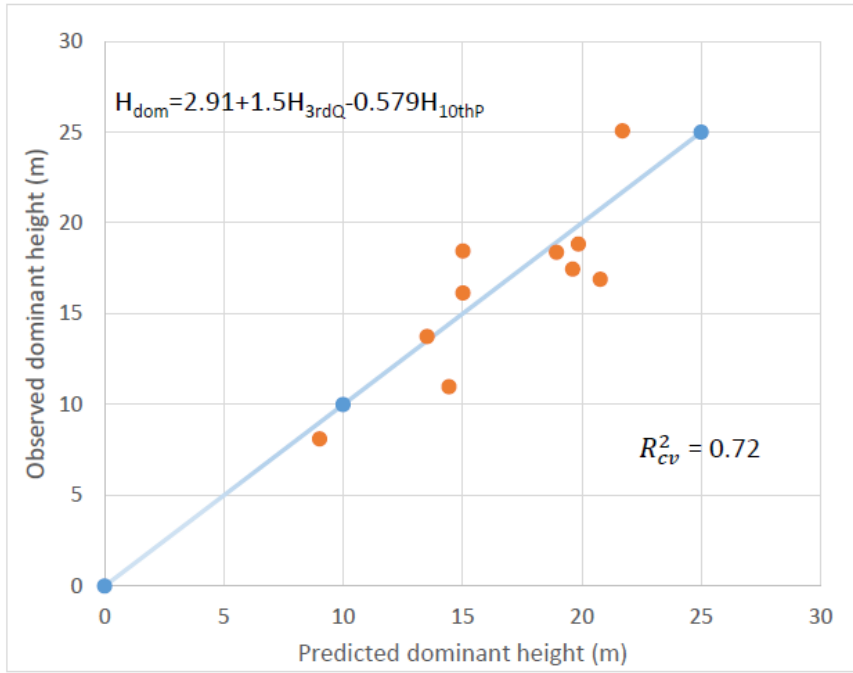
Üst boy, boy, hacim, ağaç sayısı gibi meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine yönelik kullanılan Lidar verileri, özellikle meşcere üst boyu ve meşcere orta boyu tahmininde oldukça iyi sonuçlar vermiştir.

Tablo 17. Bergama’da alınan örnekleme alanlarına ilişkin ilişkin bazı istatistiki bilgiler

	Ortalama	Minimum	Maksimum
Ağaç boyu (m)	13.7	6.4	25.0
Meşcere üst boyu (m)	17.0	8.7	31.1
Ağaç sayısı (N/ha)	372	75	1750
Hacim (m ³ /ha)	130.8	10.1	260.1
Çalı tabakasının kapallılığı (%)	39.2	0	100
Çalı tabakası yüksekliği (m)	2.0	0	4.5

Tablo 18. Üst boyun tahmin edildiği regresyon modelinin sonuç parametreleri

Multiple R	0.918				
R Square	0.843				
Adjusted R Square	0.831				
Standard Error	1.881				
Observations	30				
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	2	512.591	256.295	72.420	0.000
Residual	27	95.554	3.539		
Total	29	608.145			
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	
Intercept	2.909	1.114	2.612	0.015	
3rd Q	1.500	0.178	8.448	0.000	
10th P	-0.579	0.262	-2.207	0.036	

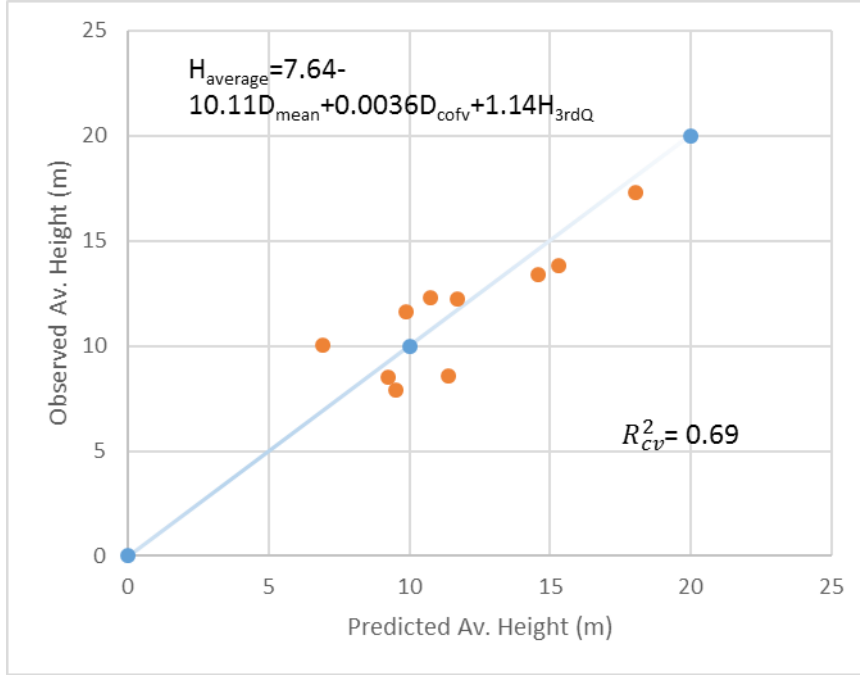


Şekil 31. Tahmin edilen ve gözlenen üst boy değerleri arasındaki korelasyon

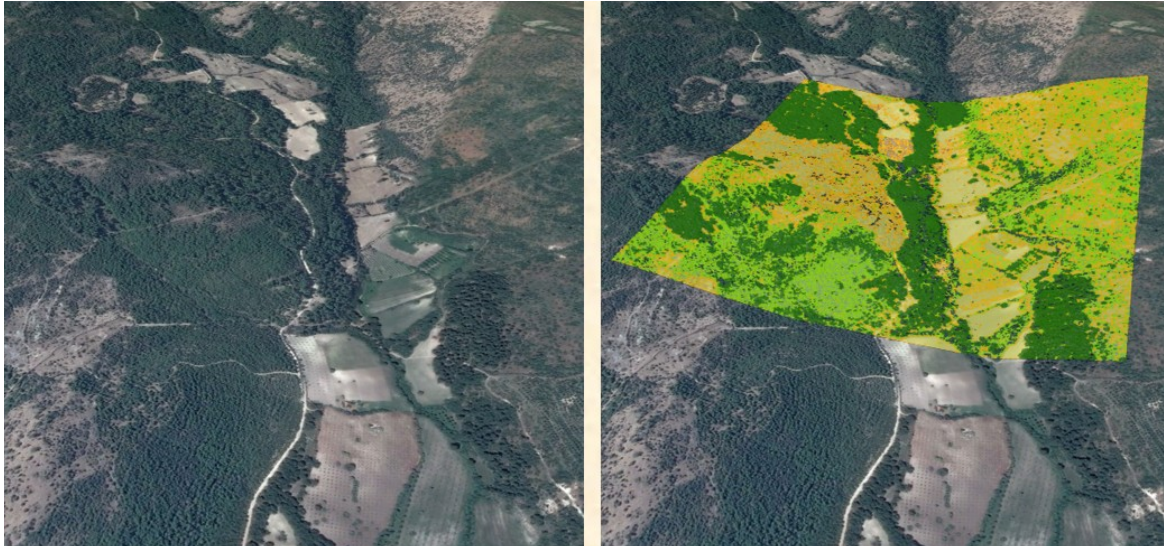
Orta boya ilişkin geliştirilen modellerden en yüksek başarıyı 0.83 R^2 ve 1.68 hata ile ortalama yoğunluk, yoğunluğun varyasyon katsayısı ve boya ilişkin üçüncül çeyrek sapması parametrelerini içeren model sağlamıştır (Tablo 19).

Tablo 19. Orta boya ilişkin regresyon analizi çıktıları

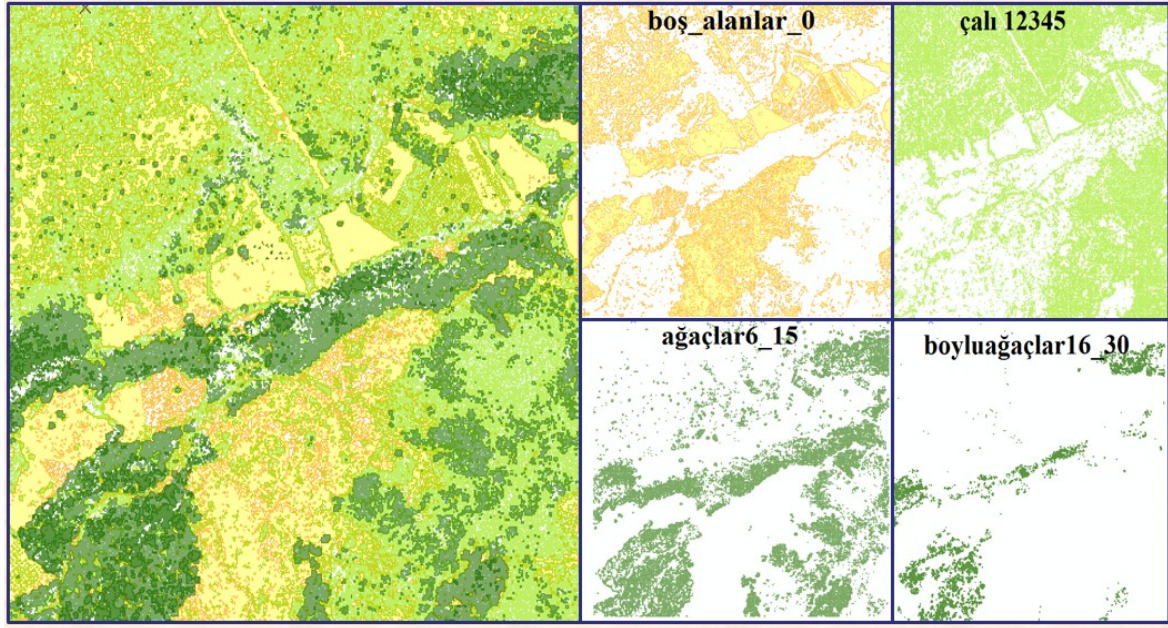
Multiple R	0.921				
R Square	0.849				
Adjusted R Square	0.831				
Standard Error	1.808				
Observations	30				
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	3	477.698	159.233	48.698	0.000
Residual	26	85.015	3.27		
Total	29	562.712			
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	
Intercept	7.641	3.02	2.53	0.018	
D mean	-10.109	4.3	-2.351	0.027	
D CofV	0.004	0.001	3.227	0.003	
3rd Q	1.144	0.1	11.398	0.000	



Şekil 32. Tahmin edilen ve gözlenen orta boy değerleri arasındaki korelasyon



Şekil 33. Seçilen bir alanın a) gerçek görüntüsü ve b) geliştirilen model yardımıyla gösterimi

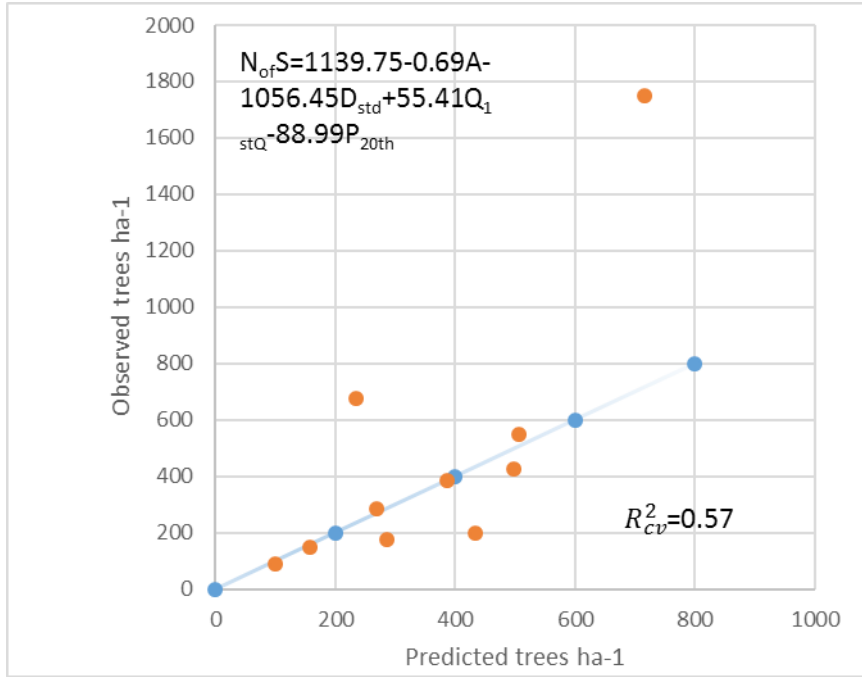


Şekil 34. Seçilen bir alanda a) açıklık, b) çalı (0-5 m) c) az boylu (6-15 m) ve d) boylu ağaçların geliştirilen model yardımıyla tahmin edilmesi

Ağaç sayısına ilişkin geliştirilen modellerden en yüksek başarıyı 0.73 R^2 ve 108.9 adet hata ile örnekleme alanı büyüklüğü, yoğunluğun varyasyon katsayısı ve ilk çeyreğe ilişkin boy miktarı ve 20. boya ilişkin değeri parametrelerini içeren model sağlamıştır (Tablo 20).

Tablo 20. Ağaç sayısına ilişkin regresyon analizi çıktıları

Multiple R	0.876				
R Square	0.768				
Adjusted R Square	0.731				
Standard Error	119.277				
Observations	30				
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	4	1175241.853	293810.5	20.652	0.000
Residual	25	355672.499	14226.9		
Total	29	1530914.352			
	<i>Coefficient</i>	<i>Standard</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	
	<i>s</i>	<i>Error</i>			
Intercept	1139.752	115.567	9.862	0.000	
AREA	-0.691	0.142	-4.877	0.000	
D Std	-1056.446	400.123	-2.64	0.014	
1st Q	55.414	24.881	2.227	0.035	
20thP	-88.991	24.104	-3.692	0.001	

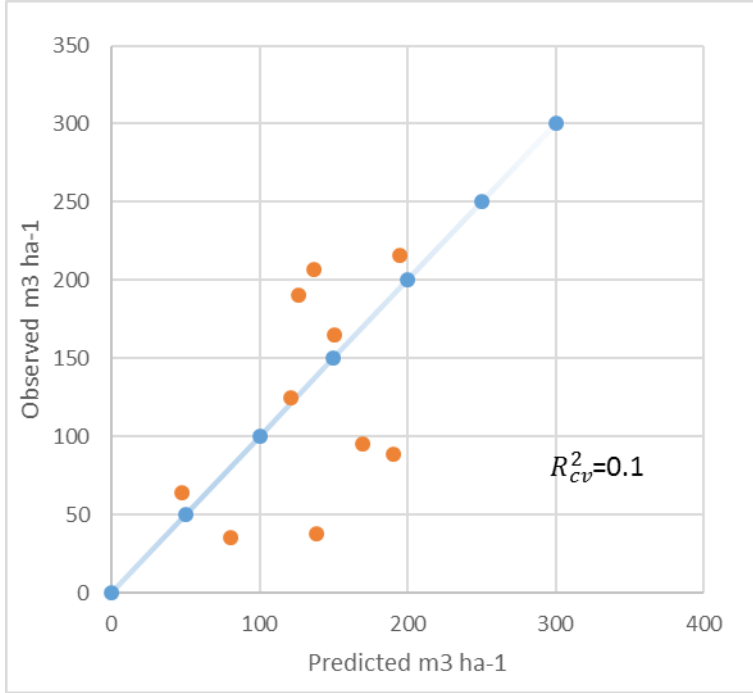


Şekil 35. Tahmin edilen ve gözlenen ağaç sayısı değerleri arasındaki korelasyon

Hacme ilişkin geliştirilen modellerden en yüksek başarıyı ise 0.66 R^2 ve 40.4 m³ hata ile ağaç boyu ve ortalama ağaç boyu parametrelerini içeren model sağlamıştır (Tablo 21).

Tablo 21. Hacme ilişkin regresyon analizi çıktıları

Multiple R	0.828				
R Square	0.685				
Adjusted R Square	0.662				
Standard Error	40.469				
Observations	30				
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	2	96149.22	48074.61	29.35	0.000
Residual	27	44219.65	1637.76		
Total	29	140368.87			
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	
Intercept	36.774	15.73	2.338	0.027	
H MEAN	21.769	3.286	6.626	0.000	
H SUM	-0.018	0.005	-3.862	0.001	

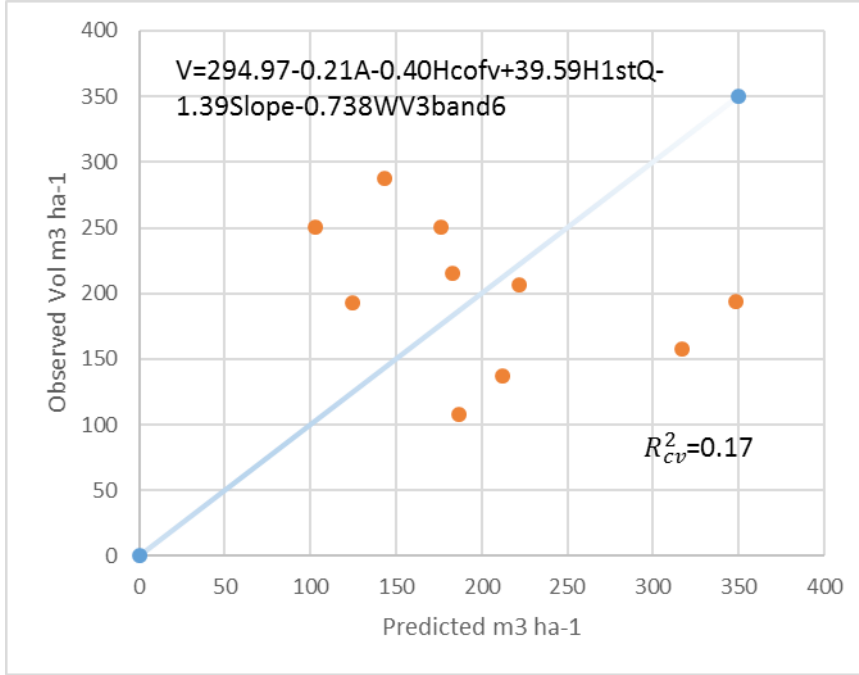


Şekil 36. Tahmin edilen ve gözlenen hacim değerleri arasındaki korelasyon

Lidar ile birlikte seçilen uydu görüntüsü Worldview-3'e ilişkin piksel değerleri hacim tahmininde kullanıldığında ise, başarı düzeyinde %4 oranında bir iyileşme sağlandığı ve en yüksek başarıyı ise 0.70 R^2 ve 32.3 m³ hata ile örnekleme alanı büyüklüğü, boyun varyasyon katsayısı, ilk çeyreğe ilişkin boy deperi, eğim ve 6. Band değeri parametrelerini içeren model sağlamıştır (Tablo 22).

Tablo 22. Worldview-3 uydu görüntüsü ile birlikte hacme ilişkin regresyon analizi çıktıları

Multiple R	0.867				
R Square	0.752				
Adjusted R Square	0.700				
Standard Error	32.325				
Observations	30				
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	5	76264.35	15252.87	14.5965	0.000
Residual	24	25079.22	1044.968		
Total	29	101343.6			
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	
Intercept	294.974	119.821	2.461	0.021	
AREA	-0.206	0.043	-4.705	0.000	
H CofV	-0.401	0.138	-2.892	0.007	
1st Q	39.593	8.862	4.467	0.000	
Slope	-1.393	0.621	-2.240	0.034	
B6_24m	-0.737	0.345	-2.138	0.042	



Şekil 37. Tahmin edilen ve gözlenen Worldview-3 uydu verileri kullanılarak elde edilen hacim değerleri arasındaki korelasyon

4.6 Tepe Çapı-Ağaç Çapı İlişkisine Yönelik Elde Edilen Sonuçlar

Meşcere parametrelerine yönelik çalışmaları bir adım ileriye taşıyacak olan yardımcı bir araştırma olan tepe çapı-çap ilişkisinin ortaya konması amacıyla Kelkit araştırma alanında elde edilen bazı istatistiki sonuçlar aşağıda verilmiştir (Tablo 23).

Tablo 23. Kelkit araştırma alanında tepe çapı-çap ilişkisini ortaya koymak amacıyla yapılan ölçümlere ait bazı istatistiki parametreler

	Ortalama	Standart	Min	Mak.
	<i>a</i>	<i>t</i>		
Ağaç sayısı (163)		Sapma		
Çap (cm)	27,4	12,6	6,6	57,6
Ağaç boyu (m)	13,6	5,1	3,0	24,5
Tepe çapı (m)	5,7	2,2	2,2	11,8

Elde edilen veriler doğrultusunda Sarıçam için elde edilen tepe çapı-çap arasındaki ilişkiyi veren regresyon denklem aşağıda verilmiştir. Denklemin R^2 'si 0.82 ve standart hatası 5.3 cm olarak hesaplanmıştır. Denklemden ağaç boyunun çıkarılması durumunda ise, R^2 'nin 0.72'ye düştüğü görülmüştür.

$$D = -6.003 + 0.961 * H + 3.568 * CD \quad (16)$$

Burada; D= Ağaç çapı (cm); H=Ağaç boyu (m); CD=Tepe çapı (m)

Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında, nispeten yüksek sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Örneğin, Elmugheira et al. (2014), *Terminalia*

brownie türü için R^2 değerleri 0.56 ile 0.575 arasında değişen 5 farklı model geliştirmişlerdir. Diğer taraftan aynı yazarlar, *Terminalia laxiflora* türü için 0.65 ile 0.66 arasında değişen R^2 'ler bulmuşlardır. Benzer şekilde, Lockhart et al., (2005) *Acer negundo*, *Carya illinoensis*, *Celtis laevigata*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Quercus nuttallii*, *Ulmus americana* türleri için çap-tepe çapı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bahse konu 6 tür için R^2 'si 0.56 ile 0.85 arasında değişen değerler bulunmuştur. Araştırılan tür olan, *Pinus sylvestris* dikkate alındığında ise, Cermak (1997) ve Pretzsch et al., (2002), sırasıyla R^2 'si 0.85 ve 0.79 olan modeller geliştirmişlerdir.

Çap-tepe çapı ilişkisinin İğdir'de ortaya koyabilmek amacıyla yapılan ölçümlere ilişkin bazı istatistiki veriler aşağıda verilmiştir (Tablo 24).

Tablo 24. İğdir araştırma alanında tepe çapı-çap ilişkisini ortaya koymak amacıyla yapılan ölçümlere ait bazı istatistiki parametreler

	Ortalama	Standart	Min	Mak.
Ağaç sayısı (46)	a	t		
Çap (cm)	32.0	15.2	7.0	66.0
Ağaç boyu (m)	17.4	7.5	3.5	29.0
Tepe çapı (m)	5.2	1.8	1.7	10.0

Elde edilen veriler doğrultusunda Göknar için elde edilen tepe çapı-çap arasındaki ilişkiyi veren regresyon denklem aşağıda verilmiştir. Denklemin R^2 'si 0.86 ve standart hatası 5.7 cm olarak hesaplanmıştır.

$$D = -7.915 + 0.793 \cdot h + 5.006 \cdot CD \quad (17)$$

Burada; D= Ağaç çapı (cm); h=Ağaç boyu (m); CD=Tepe çapı (m)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hazırlanan proje, ulusal uydular Göktürk-2, Rasat ve dijital kamera ile çekilen yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları yardımıyla ormanların planlanması aşamasında oldukça emek ve para harcanan hacim, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi gibi farklı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesini hedeflemektedir. Projenin önerildiği tarihte benzer hedefle daha önce hiç kullanılmamış olan ulusal uydular ve dijital kamera ile çekilen hava fotoğrafları, seçilen orta ve yüksek çözünürlüklü diğer uydu görüntüleri ile karşılaştırılmış ve kullanılabilirlikleri ortaya konmuştur. Bahse konu çok bantlı uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarından elde edilecek olan yansıma değerleri/DN yardımıyla daha önce geliştirilmiş olan literatürdeki farklı indeksler kullanılarak, araziden ölçümle elde edilecek meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler incelenerek farklı regresyon modelleri ortaya konmuştur.

Çalışma sonucunda aynı zamanda, orta ve yüksek çözünürlüğe sahip ulusal uydu görüntülerimizden elde edilen sonuçlar ile yurt dışından temin edilen diğer Landsat 8 ve WorldView-2 görüntülerden elde edilen sonuçları karşılaştırma imkanı elde edilmiş ve böylece ülkemizde ilk defa ulusal uydularımızın etkinliği karşılaştırmalı olarak ortaya konmuştur. Aynı yaşlı ve değişik yaşlı olarak işletilen iki farklı orman formunda meşcerelerin yer aldığı Kelkit ve İğdir planlama birimleri içinden seçilen araştırma alanlarında toplam 237 örnekleme alanı alınmıştır. Örnekleme alanı verilerinden hareketle hesaplanan meşcere parametreleri ile uydu görüntülerinin her bandı için elde edilen piksel değerleri kullanılarak regresyon analizi ile ilişkiye getirilmiş ve çok sayıda model geliştirilmiştir.

Geliştirilen modeller içerisinde ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi dikkate alındığında en yüksek başarıyı Landsat 8 uydusu (30.08.2013 tarihli) Kelkit araştırma alanı için sırasıyla %44, %77 ve %77 oranında ve İğdir araştırma alanı için ise %60, %75 ve %80 oranında sağlamıştır. Modellerin başarısının arttırılmasına yönelik olarak farklı arayışlara gidilmiş ve gelişim çağlarının dikkate alınarak bir sınıflandırma yapılması durumunda ise, başarının artmadığı anlaşılmıştır. Gerçekleştirilen çalışma literatürle karşılaştırıldığında, elde edilen sonuçların başarısının nispeten yüksek sıralarda olduğu belirlenmiştir. En çarpıcı sonuçlardan birisi de, reflectance değerleri kullanılarak yapılan bu çalışmanın, DN değerleri kullanılarak yapılan çalışmaya göre %20-25 daha yüksek R^2 vermesi olmuştur.

Bununla birlikte, uzaktan algılama yardımıyla meşcere parametreleri içerisinde en az tahmin ağaç sayısında elde edilmektedir. Yaptığımız bu çalışma da aynı sonucu vermiştir. Bunun asıl nedenin uydu görüntülerinde ağaçların sadece tepelerinin renk tonunun dikkate alınması, meşcerenin tepe çatısının altında kalan ve bu nedenle dikkate alınamayan ya da algılanamayan gövdelerin anlamlı sonuçlar vermemesidir. Göğüs yüzeyi ve hacme ilişkin tahmin değerleri, her iki parametrenin ilişkili olması nedeniyle birbirlerine yakın çıkmış ve gelişim çağları dikkate alındığında bile ancak %70-80 oranında tahmin edilebilmiştir. Elde edilen bu başarı düzeyi şu anda orman amenajman planlarının düzenlenmesinde kullanılmak üzere umut verse de, karışık meşcerelerde, eğimli alanlarda, yapraklı ormanlarda benzer çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte gerçekleştirilen çalışma, bazı iyileşmeler yapılarak başarı düzeyinin arttırılabileceğini göstermektedir. Gerçekleştirilen çalışma aynı zamanda, başarı düzeyinin %90 seviyesine çıkabileceğine dair umut vermektedir. Yapılması gerekenler arasında, kullanılan platformların yüksek spektral çözünürlüğe sahip olması gelmektedir. Çalışmada kullanılan Landsat 8 hariç diğer platformlar ya Rasat gibi kızılötesi banda sahip değildir ya da ağaçların yapraklarında bulunan klorofile daha duyarlı olan kısa dalga infrared bantları

geniş şekilde içermektedir. Çok sayıda kızılötesi bandı içeren ya da kısa dalga boylu kızılötesi banda sahip uyduların kullanılması başarıyı arttıracaktır. Modellerin en başarılı sonuçlar verdiği uydu olan Landsat-8, iki farklı kızılötesi banda sahip olup, Rasat'da kızılötesi bant bulunmamakta, Göktürk-2 ve Worldview-2 ise Landsat-8'e göre klorofile daha az duyarlı bant aralığına sahip bulunmaktadır. Bu nedenle Rasat, Göktürk-2 gibi uydularımızın spektral çözünürlüklerinin iyileştirilmesi gerekir. Bu uydularımızın tasarımı aşamasında mutlaka kızıl ötesi dalga boyunu 3-4 parçaya ayıracak şekilde üretimlerinin düşünülmesi gerekir. Ayrıca, farklı coğrafi bölge ve türlerin dikkate alınarak benzer modellerin geliştirilmesi gerekir. Gerçekleştirilen çalışmada olduğu gibi başarı düzeyinin artırılmasına yönelik, farklı ağaç türü, gelişim çağı, kapalılık ve hatta yetiştirme ortamı için farklı modeller geliştirilerek başarı artırılmaya çalışılmalıdır. Modellerin geliştirilmesi aşamasında, orman amenajman planlarının hazırlanması amacıyla alınan örnekleme alanı verilerinde hareket edilebilir. Yukarıda bahsedilen yansıma değerlerinin kullanılması, radyometrik ve görüntü iyileştirme işlemlerinin yapılmasından sonra başarının önemli düzeyde belki de %90'lara çıkabileceği anlaşılmaktadır. Yukarıda ayrıntılı olarak ifade edilmeye çalışılan eksiklikler giderildiği takdirde, özellikle uygulamada yersel ölçümleri önemli ölçüde azaltabileceğimiz görülmektedir.

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında ayrıca ülkemizde ilk kez Lidar verilerinin meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine yönelik örnekleme alanları alınmış ve kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla alınan 43 adet örnekleme alanı verisinden hareketle elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, meşcere üst boyu ve meşcere orta boyunda %83, ağaç sayısında %73 ve hacimde ise %66 olmak üzere R^2 değerlerine ulaşılmıştır. Uydu görüntülerinin Lidar verileri ile birlikte kullanılması sonucunda ise, hacim tahmini veren modelin R^2 'si %70'e yükselmiştir. Ülkemizde Lidar verilerinin kullanımı meşcere parametrelerinin tahminini oldukça olumlu yönde etkileyecek ve üçüncü boyutun hesaplamalara dahil edilmesini sağlayacaktır. Bu nedenle, ülkemizde oldukça kıt olan Lidar verilerini yaygınlaştırmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Sonuç olarak, uzaktan algılama teknikleri kullanılarak farklı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde daha fazla sayıda araştırma yapılmalı ve teknolojik ilerleme kaydedilmelidir. Araştırmalar için teknolojik gelişmeleri takip etmekle birlikte, ağaç türlerinin güneş enerjisini absorbe etme veya yansıma yeteneklerini (katsayıları) belirlemeye yönelik çalışmalara hız verilmelidir. Saniyede yeryüzüne m²'ye ortalama 22*10²⁰ foton gelmektedir. Anlaşılmaktadır ki, fotonların davranışlarının çözülmesinde ne kadar mesafe kat edilirse, ormancılıkta kullanımı konusunda o kadar yol alınacaktır.

KAYNAKLAR

- Astola, H., Bounsaythip, C., Ahola, J., Häme, T., Parmes, E., Sirro, L., Veikkanen, B. 2004. Highforest - forest parameter estimation from high resolution remote sensing data. Proc. 20th ISPRS Congress, 12-23 July 2004, Istanbul, Turkey.
- Ateşoğlu, A. 2009. Farklı Uydu Görüntü Verileri İle Meşcere Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması (Bartın-Mugada Örneği), Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 111 s.
- Bauman, P. R. 2009. History of Remote Sensing, Satellite Imagery, Part II, <http://www.oneonta.edu/faculty/baumanpr/geosat2/RS%20History%20II/RS-History-Part-2.html>, 10 Ekim 2014
- Bulut, S., Günlü, A. and Keleş, S., 2016. Estimation of Some Stand Parameters Using Göktürk-2 Satellite Image. 1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016), Bursa.
- Cermak, J., Riguzzi, F., Ceulemanns, R., (1998). Scaling up from individual tree to the stand level in Scots pine. I. Needle distribution, overall crown and root geometry. *Annales des Sciences Forestières*, 55, 63-88.
- Chander, G.; Markham, B.L.; Helder, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sens. Environ.* 2009, 113, 893–903.
- Cohen, J., 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Çam, A., Fırat O., Yılmaz A., 2009. Harita Genel Komutanlığında Ortofoto ve Sayısal Yüzey Modeli Üretimi Faaliyetleri, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara
- Elmugheira, M. I., Elmamoun, H. O., Elzein, A. I., (2014). Modelling the Relationship between Crown width and Diameter at Breast Height for Naturally grown Terminalia tree species. *Jour. of Nat. Resour. & Environ. Stu.*, 2 (2), 42-49.
- Eraslan, İ., 1963. Türkiye’de Orman Envanterinin Geçmişi ve Bugünkü Durumu, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:B, 8, 2, 17-45.
- Eraslan, İ., 1985. Türkiye’de Orman Amenajmanının 128 Yıllık Tarihsel Gelişimi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:A, 35, 1, 15-39.
- Eraslan, İ., 1992. Türkiye’de Orman Amenajmanının Dünü, Bugünü ve Yarını, Ormancılığımızda Orman Amenajmanının Dünü, Bugünü ve Geleceğine İlişkin Genel Görüşme, Ankara, Bildiriler, 1-15.
- Franco-Lopez, H., Ek A. R., Bauer M. E., 2001. Estimation and mapping of forest stand density, volume, and cover type using the k-nearest neighbors method. *Remote Sensing of Environment* 77 (2001) 251–274
- Gjertsen, A.K., 2006. Accuracy of forest mapping based on Landsat TM data and a kNN-based method. *Remote Sensing of Environment*. 110 (2007) 420–430
- Günel, H.A., 1973. Ağaç Serveti Miktarının Tayininde Kullanılabilecek Metotlar Üzerine Araştırmalar, Kutulmuş Matbaası, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 1847, Orman Fakültesi Yayın No: 198, İstanbul, 136 s.
- 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-Kızılcaşu İşletme Şefliği Örneği, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş.

- Günlü, A., Ercanlı, İ., Şenyurt, M. ve Yayla, A. T., 2012. Modeling stand volume using Landsat TM data for fir stands (*Abies bornmuelleriana* Matth.) located in Buyukduz planning unit, TURKEY, 14th international fir symposium”to be held by Kastamonu University in Kastamonu, Türkiye (TURKEY) between 12 and 14 of September.
- 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.
- İnan, M., 2004. Orman Varlığının Saptanmasında Uzaktan Algılama Verileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Holmström, H., Nilsson, M., and Ståhl, G., 2002. Forecasted reference sample plot data in estimations of stem volume using satellite spectral data and the kNN method. *International Journal of Remote Sensing*, 23(9), pp. 1757-1774.
- Kahriman, A., Günlü, A. and Karahalil, U., 2014. Estimation of crown closure and tree density using Landsat TM satellite images in mixed forest stands, "Journal of the Indian Society of Remote Sensing", Indian Society of Remote Sensing, DOI 10.1007/s12524-013-0355-3.
- Kalbi, S., Fallah, A., Shatee, S., 2014. Estimation of Forest Attributes in the Hyrcanian Forests, Comparison of Advanced Space-Borne Thermal Emission and Reflection Radiometer and Satellite Pour l'observation De La Terre-High Resolution Grounding Data by Multiple Linear, And Classification And Regression Tree Regression Models, *J. Appl. Remote Sens.* 8 (1), 083632.
- Kangas, A., Gove, J.H. ve Scott, C.T., 2006. Introduction, Forest Inventory Methodology and Applications, Eds.: Kangas, A., Maltamo, M., Springer, Netherlands, 13-38.
- Kajisa, T., Murakami, T. Mizoue, N.Kitahara, F. Yoshida, S. 2008.Estimation of stand volumes using the *k*-nearest neighbors method in Kyushu, Japan. The Japanese Forest Society and Springer.249-254
- 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, Çevre Bilimleri Anabilimdalı, İZMİR.
- Kapucu, F., 2004. Orman Amenajmanı, KTÜ Matbaası, KTÜ Yayın No: 215, Orman Fakültesi Yayın No: 33, Trabzon, 515 s.
- Khorrami, K.R. 2004. Investigation of the Potential Of Landsat7 ETM+ Data in Volume Estimating Of Beech Forest Stand (Case Study: Sangdeh Area in North of Iran). M.Sc. Thesis, University Of Tehran, Faculty Of Natural Resources, 80 s.
- Köse, S., 1997. Doğal Kaynak İnceleyen Landsat Uyduları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Seminer Seri No: 3, Güz Yarıyılı Seminerleri, s. 1-7.
- Köse, S. ve Ç. Cömert, 1999: Ormancılıkta Foto Yorumlama, Kafkas Üniv. Artvin Orman Fak, Ders Notları Yayın No: 1, 93 s.
- Laar, A. ve Akça, A., 1997. Forest Mensuration, Cuvillier, Göttingen, 418 s.
- Lockhart, B.R., Weih, R.C., Smith, K.M., (2005). Crown Radius and Diameter at Breast Height Relationships for Six Bottomland Hardwood Species, *Journal of the Arkansas Academy of Science*, 59, 110-115.

- Mäkelä, H. ve Pekkarinen, A. 2004. Estimation of Forest Stands Volume by Landsat TM Imagery and Stand-Level Field-Inventory Data, *Forest Ecology and Management*, 196, 245– 255.
- McRoberts, R. E., Nelson, M. D., and Wendt, D.G., 2002. Stratified estimation of forest area using satellite imagery, inventory data, and the k-Nearest Neighbors technique. *Remote Sensing of Environment*, 82, pp. 457-468.
- Mısır, M. 2013. Landsat 7 ETM Görüntüleri Kullanılarak Meşcere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi. Antalya: Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- Mohammadi, J. 2007 Investigation On Estimation Of Some Quantitative Characteristics Using Landsat ETM+ Satellite Data, M.Sc. Thesis, Gorgan University Of Agriculture Sciences and Natural Resources, 78 p.
- Naseri, F. 2003. Classification of Forest Type And Estimation of Their Quantities Parameters in Arid And Semi- Arid Region Using Satellite Data (Case Study: National Park Of Khabr – Kerman Province), Ph.D. Thesis, University of Tehran, Faculty of Natural Resources, 202 s.
- OGM, 2008. Orman Amenajman Yönetmeliği, 26778, 05.02.2008, 9.
- OGM, 2013. Kelkit Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- OGM, 2014. İğdir Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Özdemir, İ. ve Mert A., 2007. Düzlerçamı Kızılçam Ormanında Quickbird Uydu Verileri Kullanılarak Gövde Hacminin Tahmini, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri:A., Sayı:2, 107-118.
- Özgün, M., 2014. Landsat tm uydu görüntüsü yardımıyla bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi (yapraklı orman işletme şefliği örneği), Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 72 s.
- Özkan, U.Y., 2003. Uydu Görüntüleri Yardımıyla Meşcere Parametrelerinin Kestirilmesi Ve Orman Amenajmanında Kullanılması Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pretzsch., H., Biber., P., Dursky, J., (2002). The single tree-based stand simulator SILVA: construction, application and evaluation. *Forest Ecology and Management*, 162, 3-21.
- Puhr, C.B. and Donoghue, D.N.M., 2000. Remote sensing of upland conifer plantations using Landsat TM data: A Case Study from Galloway, South-West Scotland, *International Journal of Remote Sensing*, 21, 633-646.
- Reese, H., Nilsson, M., Sandström, P., and Olsson, H. 2002. Applications using estimates of forest parameters derived from satellite and forest inventory data. *Computers and Electronics in Agriculture* 37(1):37-55.
- Sabins, F.F., 2000. Remote Sensing Principles and Interpretation, Remote Sensing Enterprises, Incorporated and University of California, Los Angeles.
- Schreuder, H.T., Gregoire, T.G. ve Wood, G.B., 1993. Sampling Methods for Multiresource Forest Inventory, John Wiley & Sons Inc., USA, 446 s.
- Şenyurt, M., Günlü, A., Ercanlı, İ. ve 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, 497-503.

- Teke M, 2016. Satellite Image Processing Workflow for RASAT and Göktürk-2, Journal Of Aeronautics And Space Technologies, 2016 Volume 9 Number 1
- Uça Avcı Z. D., Kuşak B., Kuşak L., 2014. Meşcere Tiplerinin Uydu Verileri ile Belirlenmesinde Farklı Doku Ölçütlerinin Değerlendirilmesi, 01/2014, Akademik Bilişim, Mersin, Türkiye.
- Updike T. ve Comp C., 2010. Radiometric Use of WorldView-2 Imagery, Digital Globe, Technical Note.
- URL-1, http://www.academia.edu/2437911/G%C3%B6r%C3%BCnt%C3%BC_Alg%C4%B1lama_Teknikleri_Ve_Tarih%C3%A7esi. 19 Eylül 2014
- URL-2, <http://tr.wikipedia.org/wiki/B%C4%B0LSAT>. 20 Eylül 2014
- URL-3, http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_03_4148c.pdf. 20 Eylül 2014
- URL-4, http://tr.wikipedia.org/wiki/Uzaktan_alg%C4%B1lama#Aktif_ve_Pasif_alg.C4.B1lama. 26Ekim2014
- URL-5, http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr/web/userCourseMaterials/fbalik_fb5c4228ccf70988d3a1c2188e3bcf2e.pdf. 25 Eylül 2014
- URL6, [http://www.acikders.org.tr/pluginfile.php/632/mod_resource/content/0/Ders_Notlar i / Unite1_Uzaktan_Algılamaya_Giris.pdf](http://www.acikders.org.tr/pluginfile.php/632/mod_resource/content/0/Ders_Notlar_i/Unite1_Uzaktan_Algılamaya_Giris.pdf), Uzaktan Algılamaya Giriş, Ulusal Açık Ders Malzemeleri Konsorsiyumu. 14 Eylül 2014.
- URL-7, http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=49. 26 Ekim 2014
- URL-8, <http://tr.wikipedia.org/wiki/RASAT>. 27 Ekim 2014
- URL-9, http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=57. 26 Ekim 2014
- URL-10, http://www.tubitak.gov.tr/tr/haber/gokturk-2-uydusu-yorungede-1-yilini_tamamladi. 28 Ekim 2014
- URL-11, http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=31. 28 Ekim 2014
- URL-12, <http://www.doguc.com/H3.htm>. 20 Ekim 2014
- Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J., Dokken, D.J., 2000. Land Use, Land-use Change, and Forestry. University Press, Cambridge, 375 pp.
- Yeşil, A., Asan, Ü., Coskun, G., Örmeci, C. and Kaya, S., 1999. Statically modeling and stand type forest mapping selected area around Istanbul using Landsat-TM and Spot Data, Proceedings of the International Symposium On Remote Sensing & Integrated Technologies, 151-162, Istanbul.
- Zheng, D., Rademacher, J., Chen, J., Crow T., Bresee, M., Moine, L.J., Ryu, S.R., 2004. Estimating aboveground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA. Remote Sensing of Environment, 402-411.

EKLER

Ek-1 Landsat 8 OLI uydusu için Reflectance Hesaplayan MATLAB Kodları

```
%% Program Bilgisi
% Adi      : OLI.m
% Amac     : Bu program LANDSAT 8 uydusu OLI sensoru için
%           "DN to TAO Reflectance" donusumu yapar.
% Kullanım : Program, kullanıcıya hangi görüntünün isleme alınacağını ve
%           text formatındaki metaveri dosyasının yerini sorar ve bunların
%           seçilmesini ister. Ardından program kullanıcıya, hangi bant
%           numarasına ait işlem yapıldığını sorar, kullanıcının girdiği
%           bant değeri, metaverinin okunmasında ve ilgili parametrelerin
%           metaveriden okunmasında kullanılmaktadır.
%           Landsat 8 OLI sensoruna ait görüntüler geotiff formatında
%           olup, metaverileri text formatındadır. Bu yüzden,
%           görüntülerin geotiff formatında olması gerekmektedir. Aynı
%           zamanda metaveri için de Landsat 8 OLI sensorunun
%           spesifikasyonu takip edilmiştir, metaverinin de uygun
%           formatta olması gerekmektedir.
%           Yazdırılan görüntü de geotiff formatında olacağı gibi, girdi
%           görüntü ile aynı koordinat sistemine sahip olacaktır.
%           Yalnız, girdi OLI görüntüleri 16bitlik uint olarak
%           dağıtılmaktadır; çıktı görüntü ise 32bitlik single (float) olarak
%           kayit edilecek olup, görüntülerdeki reflectance değerleri 0
%           ile 1 arasında olacaktır.
% Yöntem    : Program, görüntüyü ve metaveri dosyasını okuyarak yeni bir
%           "reflectance" görüntüsü oluşturacak ve aynı klasörün içine
%           yazacaktır. Yeni görüntüdeki her bir pixelin "reflectance"
%           değeri aşağıdaki (1) ve (2) numaralı formüllere göre
%           hesaplanır:
%           Lambda' = Mp Qcal + Ap                                     (1)
%           Burada:
%           * Lambda' = "TOA planetary reflectance, without
%           correction for solar angle. Note that Lambda' does not
%           contain a correction for the sun angle."
%           * Mp = "Band-specific multiplicative rescaling factor
%           from the metadata (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, where x is the
%           band number)"
%           * Ap = "Band-specific additive rescaling factor from
%           the metadata (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, where x is the
%           band number)"
%           * Qcal = "Quantized and calibrated standard product
%           pixel values (DN)"
%           ifade eder.
%           Ardından, "TOA reflectance with a correction for the sun
%           angle" şöyle hesaplanır:
%           Lambda'          Lambda'
%           Lambda = ----- = -----      (2)
%           cos(ThetaSZ)      sin(ThetaSE)
%           Burada:
%           * Lambda = "TOA planetary reflectance"
%           * ThetaSE = "Local sun elevation angle. The scene center sun
%           elevation
```

```
% angle in degrees is provided in the metadata
% (SUN_ELEVATION)."
% * ThetaSZ = "Local solar zenith angle";
% ThetaSZ = 90° - ThetaSE
%
% Kaynak: https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product
%
% İlk Tarih : 31.01.2017
% Versiyon : 0.2
% Degisiklik : v0.1 - 31.01.2017 - İlk surum
% v0.2 - 14.02.2017 - "Comment" lere eklemeler yapildi
% Yazar : Sibel Canaz Sevgen
% Email : sibelcanaz@gmail.com
% Lisans : Copyright(c) 2017, Sibel Canaz Sevgen. Her hakki saklidir.
%% Matlab Ayarlari
clc % Ekrani temizle
clear all % Kayitli degiskenleri temizle, MATLAB in bu surumu icin
% tavsiye edilmiyor derleyicisi yavaslatacagi icin, ama
% karisikliklari onlemek icin kullanilmali. MATLAB
% dokumanlarinda "clear var" diyerek specific bir
% degiskenin silinmesi oneriliyor.
close all % Acik olan MATLAB penceleri kapat
format long e % Veri gosterme formati
disp('Script calisiyor ...');
%% Dosyalarin okunmasi
[img_file,img_path] = uigetfile('*..*', 'Goruntu dosyasini seciniz',pwd);
[mtd_file,mtd_path] = uigetfile('*..*', 'Metaveri dosyasini seciniz');

prompt = 'Band numarasini giriniz (1-9 arasi)';
bandNumber= input(prompt);

%% Goruntunun okunmasi ve metaveri dosyasindan parametrelerin alınmasi
fprintf('Dosyalar okunuyor ...');
[Qcal, R] = geotiffread([img_path '\ img_file]);
mtd_fid = fopen([mtd_path '\ mtd_file]);
info = geotiffinfo([img_path '\ img_file]);

% Parametrelere ilk degerlerini atanmasi
% İlk deger olarak 0 atanir, ardindan bunlar kontrol edilerek metaverinin
% dogru bir sekilde okunup okunmadigi kontrol edilir. Bu degerlerin
% metaveri dosyasinda 0 olmasi durumu ayrica kontrol edilmelidir.
Mp = 0; %REFLECTANCE_MULT_BAND_x degeri
Ap = 0; %REFLECTANCE_ADD_BAND_x degeri
ThetaSE = 0; %SUN_ELEVATON degeri

% Metaveriden okunacak parametreler daha onceden belli olan karakter
% dizisine gore satirlardan cikartilacaktır. Baslangicta 4 karakterlik
% bosluk vardir, bunlarda degerlere eklenmistir.
MpCharArrayLength =27;
ApCharArrayLength = 26;
ThetaSECharArrayLength = 17;

% Metaveriyi satir satir oku ve parametreleri cikar
line = fgets(mtd_fid);
```

```

while ischar(line)
    % Sun elevation - ThetaSE
    if strncmpi(line,' SUN_ELEVATION',ThetaSECharArrayLength)
        [~,ThetaSE] = strread(line,'%s %f','delimiter','=');
    end
    % Reflectance multi band - Mp
    if strncmpi(line,[' REFLECTANCE_MULT_BAND_'
int2str(bandNumber)],MpCharArrayLength)
        [~,Mp] = strread(line,'%s %f','delimiter','=');
    end
    %Reflectance add band - Ap
    if strncmpi(line,[' REFLECTANCE_ADD_BAND_'
int2str(bandNumber)],ApCharArrayLength)
        [~,Ap] = strread(line,'%s %f','delimiter','=');
    end
    line = fgets(mtd_fid);
end
fclose(mtd_fid);

% Check the parameters
if (Ap ==0) || (Mp ==0) || (ThetaSE ==0)
    error('Parametreler metaveriden okunamadi');
end
fprintf('bitti.\n');
%% Reflectance hesaplanmasi
fprintf('Reflectance hesaplaniyor ... ');
% Qcal degerleri uint olarak hesaplamaya giriyor, bunlari single ile
% float veri tipine ceviriyoruz. Eger bu yapilmaz ise sonuclar yanlis
% cikacak olup, MATLAB derleyicisi tum degerleri uint olarak gorecektir. Mp
% Ap ve ThetaSE float veri tipindedir.
Reflectance = ((single(Qcal).*Mp) + Ap) ./ sind(ThetaSE);
% Siyah yerler (DN =0) hesaplama sonunda eksi olacagindan, reflectance
% degerleri sifira atanir.
Reflectance(Reflectance<0) = 0;
fprintf('bitti.\n');
%% Yeni dosyaya hesaplanan degerlerin yazilmasi
fprintf('Yeni dosyaya yaziliyor ... ');
% Dosyanin uzantisinin elde edilmesi icin char dizisinin son bolumu alinir
file_ext = img_file(length(img_file)-3:length(img_file));
% Dosya adi icin de dosyanin uzanti harici kismi alinir
file_name = img_file(1:length(img_file)-4);
% geotiffwrite komutu ile yeni dosya _Ref eklentisiyle yazilir. Koordinat
% sistemi bilgisi girdi goruntuden alinmistir.
geotiffwrite([img_path file_name '_Ref'
file_ext],Reflectance,R,'GeoKeyDirectoryTag',info.GeoTIFFTags.GeoKeyDirectoryTag);
fprintf('bitti.\n');
disp('Islemler basari ile tamamlandi.');
```

Ek-2 RASAT ve Göktürk-2 uydusu için Reflectance Hesaplayan MATLAB Kodları

```

%% Program Bilgisi
% Adi : Gokturk_Rasat.m
% Amac : Bu program Gokturk ve Rasat uydulari icin
% "DN to TAO Reflectance" donusumu yapar.
```

```
% Yazar      : Sibel Canaz Sevgen
% Email      : sibelcanaz@gmail.com
% Lisans     : Copyright(c) 2017, Sibel Canaz Sevgen. Her hakkı saklıdır.
%% Matlab Ayarlari
clc          % Ekrani temizle
clear all    % Kayitli degiskenleri temizle, MATLAB in bu surumu icin
              % tavsiye edilmiyor derleyicisi yavaslatacagi icin, ama
              % karisikliklari onlemek icin kullanilmali. MATLAB
              % dokumanlarinda "clear var" diyerek specific bir
              % degiskenin silinmesi oneriliyor.
close all    % Acik olan MATLAB penceleri kapat
format long e % Veri gosterme formati
disp('Script calisiyor ...');
%% Dosyalarin okunmasi
[img_file,img_path] = uigetfile('*.tif', 'Goruntu dosyasini seciniz',pwd);
prompt = 'Dunya Gunes uzakligini (d) giriniz : ';
d = input(prompt);
prompt = 'Isima degerini (Esun) giriniz : ';
Esun = input(prompt);
prompt = 'Gunes yukseklik acisini (sun elevation angle) (theta) giriniz :';
theta = input(prompt);
theta = 90-theta;
prompt = 'Gain (Gain) giriniz :';
Gains = input(prompt);
prompt = 'Gain multiplier giriniz : ';
Gainm = input(prompt);

%% Goruntunun okunmasi
fprintf('Dosyalar okunuyor ...');
[Qcal, R] = geotiffread([img_path '\ img_file]);

info = geotiffinfo([img_path '\ img_file]);

fprintf('bitti.\n');
%% Reflectance hesaplaniyasi
fprintf('Reflectance hesaplaniyor ... ');
Gain = Gains/Gainm;
Lamda=single(Qcal) .* Gain;
Reflectance = (Lamda .* pi .* (d*d)) ./ (Esun * cosd(theta));

% Siyah yerler (DN =0) hesaplama sonunda eksi olacagindan, reflectance
% degerleri sifira atanir.
Reflectance(Reflectance<0) = 0;
fprintf('bitti.\n');
%% Yeni dosyaya hesaplanan degerlerin yazilmasi
fprintf('Yeni dosyaya yaziliyor ... ');
% Dosyanin uzantisinin elde edilmesi icin char dizisinin son bolumu alinir
file_ext = img_file(length(img_file)-3:length(img_file));
% Dosya adi icin de dosyanin uzanti harici kismi alinir
file_name = img_file(1:length(img_file)-4);
% geotiffwrite komutu ile yeni dosya _Ref eklentisiyle yazilir. Koordinat
% sistemi bilgisi girdi goruntuden alinmistir.
geotiffwrite([img_path '\ file_name '_Ref'
file_ext],Reflectance,R,'GeoKeyDirectoryTag',info.GeoTIFFTags.GeoKeyDirectoryTag);
```

```
fprintf('bitti.\n');  
disp('Islemler basari ile tamamlandi.');
```

Ek-3 World-wiev-2 uydusu için Reflectance Hesaplayan MATLAB Kodları

```
%% Program Bilgisi  
% Adi : WorldView2.m  
% Amac : Bu program WV2 için "DN to TAO Reflectance" donusumu yapar.  
% Yazar : Sibel Canaz Sevgen  
% Email : sibelcanaz@gmail.com  
% Lisans : Copyright(c) 2017, Sibel Canaz Sevgen. Her hakki saklidir.  
%% Matlab Ayarlari  
clc % Ekrani temizle  
clear all % Kayitli degiskenleri temizle, MATLAB in bu surumu icin  
% tavsiye edilmiyor derleyicisi yavaslatacagi icin, ama  
% karisikliklari onlemek icin kullanilmali. MATLAB  
% dokumanlarinda "clear var" diyerek specific bir  
% degiskenin silinmesi oneriliyor.  
close all % Acik olan MATLAB penceleri kapat  
format long e % Veri gosterme formati  
disp('Script calisiyor ...');  
%% Dosyalarin okunmasi  
[img_file,img_path] = uigetfile('*..*', 'Goruntu dosyasini seciniz',pwd);  
prompt = 'Dunya Gunes uzakligini (d) giriniz :';  
d = input(prompt);  
prompt = 'Isima degerini (Esun) giriniz :';  
Esun = input(prompt);  
prompt = 'Gunes yukseklik acisini (sun elevation) (MeanSunEl) giriniz :';  
MeanSunEl = input(prompt);  
theta=90-MeanSunEl;  
prompt = 'absCalfactor giriniz :';  
abscalfactor = input(prompt);  
%% Goruntunun okunmasi  
fprintf('Dosyalar okunuyor ...');  
[Qcal, R] = geotiffread([img_path '\ ' img_file]);  
info = geotiffinfo([img_path '\ ' img_file]);  
  
fprintf('bitti.\n');  
%% Reflectance hesaplanmasi  
fprintf('Reflectance hesaplaniyor ... ');  
Lamda=single(Qcal).*abscalfactor;  
Reflectance = ((Lamda) .* pi .*(d*d)) ./ (Esun * cosd(theta));  
% Siyah yerler (DN =0) hesaplama sonunda eksi olacagindan, reflectance  
% degerleri sifira atanir.  
Reflectance(Reflectance<0) = 0;  
fprintf('bitti.\n');  
%% Yeni dosyaya hesaplanan degerlerin yazilmasi  
fprintf('Yeni dosyaya yaziliyor ... ');  
% Dosyanin uzantisinin elde edilmesi icin char dizisinin son bolumu alinir  
file_ext = img_file(length(img_file)-3:length(img_file));  
% Dosya adi icin de dosyanin uzanti harici kismi alinir  
file_name = img_file(1:length(img_file)-4);  
% geotiffwrite komutu ile yeni dosya _Ref eklentisiyle yazilir. Koordinat
```

```
% sistemi bilgisi girdi görüntüden alınmıştır.  
geotiffwrite([img_path          '\'  
file_ext], Reflectance, R, 'GeoKeyDirectoryTag', info.GeoTIFFTags.GeoKeyDirectoryTag);  
fprintf('bitti.\n');  
disp('İşlemler basari ile tamamlandı.');
```

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Yrd. Doç. Dr. UZAY KARAHALİL
Proje No:	115O013
Proje Başlığı:	Meşcere Parametrelerinin Yerel Uydu ve Dijital Kamera Görüntüleriyle Tahmini ve Farklı Uydu Görüntü Verileri İle Karşılaştırılması
Proje Türü:	3001 - Başlangıç AR-GE
Proje Süresi:	24
Araştırmacılar:	FEVZİ KARSLI
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	KARADENİZ TEKNİK Ü. ORMAN F. ORMAN MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/06/2015 - 01/06/2017
Onaylanan Bütçe:	98260.0
Harcanan Bütçe:	71655.16

TÜBİTAK

Öz:	Hazırlanan proje, ulusal uydular Göktürk-2, Rasat ve dijital kamera ile çekilen yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları yardımıyla ormanların planlanması aşamasında oldukça emek ve para harcanan hacim, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi gibi farklı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesini hedeflemektedir. Projenin önerildiği tarihte benzer hedefle daha önce hiç kullanılmamış olan ulusal uydular ve dijital kamera ile çekilen hava fotoğrafları, seçilen orta ve yüksek çözünürlüklü diğer uydu görüntüleri ile karşılaştırılmış ve kullanılabilirlikleri ortaya konmuştur. Bahse konu çok bantlı uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarından elde edilecek olan yansıma değerleri/DN yardımıyla daha önce geliştirilmiş olan literatürdeki farklı indeksler kullanılarak, araziden ölçümle elde edilecek meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler incelenerek farklı regresyon modelleri ortaya konmuştur. Çalışma sonucunda aynı zamanda, orta ve yüksek çözünürlüğe sahip ulusal uydu görüntülerimizden elde edilen sonuçlar ile yurt dışından temin edilen diğer Landsat 8 ve WorldView-2 görüntülerden elde edilen sonuçları karşılaştırma imkanı elde edilmiş ve böylece ülkemizde ilk defa ulusal uydularımızın etkinliği karşılaştırmalı olarak ortaya konmuştur. Aynı yaşlı ve değişik yaşlı olarak işletilen iki farklı orman formunda meşcerelerin yer aldığı Kelkit ve İğdir planlama birimleri içinden seçilen araştırma alanlarında toplam 237 örnekleme alanı alınmıştır. Örnekleme alanı verilerinden hareketle hesaplanan meşcere parametreleri ile uydu görüntülerinin her bandı için elde edilen piksel değerleri kullanılarak regresyon analizi ile ilişkiye getirilmiş ve çok sayıda model geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller içerisinde ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi dikkate alındığında en yüksek başarıyı Landsat 8 uydusu (30.08.2013 tarihli) Kelkit araştırma alanı için sırasıyla %44, %77 ve %77 oranında ve İğdir araştırma alanı için ise %60, %75 ve %80 oranında sağlamıştır. Modellerin başarısının artırılmasına yönelik olarak farklı arayışlara gidilmiş ve gelişim çağlarının dikkate alınarak bir sınıflandırma yapılması durumunda ise, başarının artmadığı anlaşılmıştır. Gerçekleştirilen çalışma literatürle karşılaştırıldığında, elde edilen sonuçların başarısının nispeten yüksek sıralarda olduğu belirlenmiştir. En çarpıcı sonuçlardan birisi de, reflectance değerleri kullanılarak yapılan bu çalışmanın, DN değerleri kullanılarak yapılan çalışmaya göre %20-25 daha yüksek R2 vermesi olmuştur. Gerçekleştirilen çalışma kapsamında ayrıca ülkemizde ilk kez Lidar verilerinin meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine yönelik örnekleme alanları alınmış ve kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla alınan 43 adet örnekleme alanı verisinden hareketle elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, meşcere üst boyu ve meşcere orta boyunda %83, ağaç sayısında %73 ve hacimde ise %66 olmak üzere R2 değerlerine ulaşılmıştır. Uydu görüntülerinin Lidar verileri ile birlikte kullanılması sonucunda ise, hacim tahmini veren modelin R2'si %70'e yükselmiştir. Ülkemizde Lidar verilerinin kullanımı meşcere parametrelerinin tahminini oldukça olumlu yönde etkileyecek ve üçüncü boyutun hesaplamalara dahil edilmesini sağlayacaktır. Bu nedenle, ülkemizde oldukça kıt olan Lidar verilerini yaygınlaştırmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Sonuç olarak, uzaktan algılama teknikleri kullanılarak farklı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde daha fazla sayıda araştırma yapılmalı ve teknolojik ilerleme kaydedilmelidir. Araştırmalar için teknolojik gelişmeleri takip etmekle birlikte, ağaç türlerinin güneş enerjisini absorbe etme veya yansıtma yeteneklerini (katsayıları) belirlemeye yönelik çalışmalara hız verilmelidir.
Anahtar Kelimeler:	Meşcere parametreleri, Uzaktan Algılama, Göktürk-2, Rasat, Dijital Hava Fotoğrafı
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- MODELLING TIMBER VOLUME AND OTHER FOREST PARAMETERS USING LIDAR AND FIELD DATA: A CASE STUDY FOR PART OF BERGAMA STATE FOREST ENTERPRISE (Tez (Araştırmacı Yetiştirilmesi) - Yüksek Lisans Tezi), 2- Developing dbh Model for Nordmann Fir (Abies nordmanniana subs. nordmanniana) Stands for Samatlar/Kastamonu Region (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 3- Modelling Tree Diameter in Relation to Crown Width and Tree Height for Scots Pine (Pinus Sylvestris L.): A Case Study in Kelkit Region (Turkey) (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),