

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÇAKÜ ORMAN FAKÜLTESİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA ORMANINDA  
GÖKTÜRK-2 UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK TOPRAKÜSTÜ  
BİYOKÜTLE VE KARBON DEPOLAMA MİKTARLARININ BELİRLENMESİ**

**NESRİN BOLAT**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇANKIRI  
2019**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ÇAKÜ ORMAN FAKÜLTESİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA ORMANINDA GÖKTÜRK-2 UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK TOPRAKÜSTÜ BİYOKÜTLE VE KARBON DEPOLAMA MİKTARLARININ BELİRLENMESİ

Nesrin BOLAT

Çankırı Karatekin Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Alkan GÜNLÜ

Atmosferde biriken sera gazları özellikle iklim rejimi üzerine etkili olarak orman alanlarının bozulmasına, biyolojik çeşitliliğin azalmasına, tarım alanların verimsizleşmesine ve içilebilir su miktarının azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle küresel ölçekte bir problem olan sera gazının atmosferdeki yoğunluğunun azaltılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumla mücadelede ormanlar önemli doğal kaynaklardan birisidir. Bu nedenle ormanların biyokütlelerinde depoladıkları karbon miktarının belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu amaçla, bu tez çalışmasında ÇAKÜ Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda yayılış yapan meşcerelerin topraküstü biyokütle ve karbon depolama miktarları Göktürk-2 uydusundan elde edilen bant parlaklık ve vejetasyon indis değerleri ile tahmin edilmiştir. Tahminler, çoğul doğrusal regresyon modelleri ile elde edilmiştir. En uygun modellerin belirlenmesinde ileriye doğru seçim tekniği kullanılmıştır. En uygun topraküstü biyokütle ve karbon modelleri bant parlaklık ve vejetasyon indis değerlerinin eş zamanlı olarak değerlendirildiğinde elde edilmiştir. Biyokütle modelinde yer alan açıklayıcı değişkenler Bant 4, DVI, IPVI ve SAVI ve düzeltilmiş belirtme katsayısı ( $R_{düz}^2$ ) 0,50'dir. Karbon modelinde yer alan açıklayıcı değişkenler Bant 1, 2 ve 4, NDVI, IPVI ve SAVI ve  $R_{düz}^2$  0,52'dir.

2019, 42 sayfa

**ANAHTAR KELİMELE:** Göktürk-2 uydu görüntüsü, Topraküstü biyokütle, Topraküstü karbon, Karaçam

## ABSTRACT

MsC Thesis

### DETERMINATION OF ABOVE-GROUND BIOMASS AND CARBON STOCK BY GOKTURK-2 SATELLITE IMAGE IN ÇAKÜ RESEARCH AND APPLICATION FOREST

Nesrin BOLAT

Çankırı Karatekin University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Forest Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Alkan GÜNLÜ

The greenhouse gases (GHG) accumulated in the atmosphere cause to the degradation of forest areas, the decrease of biodiversity, unproductive agricultural areas, reduce amount of drinking water. Therefore, it is needed to reduce the density of greenhouse gas in the atmosphere that are problem on a global scale. Forests are an important tool to fight this circumstance. Therefore, the determination of amount of carbon stored in forest biomass is becoming more important. For this purpose, in this thesis amount of biomass and carbon stock of the stands distributed in ÇAKÜ Research and Application Forest was predicted by the band reflectance and the vegetation indices from Göktürk-2 satellite image. The predictions were obtained by multiple linear regression analysis. The stepwise variable selection method was used to determine the most proper regression model. The successful biomass and carbon model were obtained by combining the band reflectance and vegetation indices values. Independent variables were Band 4, DVI, IPVI and SAVI, and the adjusted coefficient of determination ( $R_{adj}^2$ ) was 0,50 in the best biomass model. Independent variables were Band 1, 2 and 4, DVI, IPVI and SAVI, and  $R_{adj}^2$  was 0,52 in the best carbon model.

2019, p. 42

**KEY WORDS:** Göktürk-2 satellite image, Aboveground biomass, Aboveground carbon, Black pine

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanında Göktürk-2 Uydu Görüntüsü Kullanılarak Topraküstü Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi”adlı bu çalışma 2018-2019 yılları arasında hazırlanarak Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne “Yüksek Lisans Tezi” olarak sunulmuştur.

Bu çalışmanın amacı, ÇAKÜ Araştırma ve Uygulama Ormanında yayılış yapan meşcereler için toplam topraküstü biyokütle ve karbon değerlerinin Göktürk-2 uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık ve vejetasyon indis değerleri ile tahmin edilmesidir. Bu çalışma OF090316B05 ve OF090316L05 kodlu projelerle ÇAKÜ Proje Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir. Bu nedenle ÇAKÜ Proje Yönetim Birimi’ne,

Çalışmanın her safhasında yardımını esirgemeyen ve her zaman destekleyen değerli hocam Doç. Dr. Alkan GÜNLÜ’ye,

İstatistiksel analizler konusunda yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. İlker ERCANLI ve arazi çalışmalarında örnek alanların alınması ve gerekli ölçümlerin yapılması aşamasında Dr. Öğr. Üyesi Muammer ŞENYURT'a, Arş. Gör. Sinan BULUT’a ve Rabia KALKAN’a, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Merve BULUT’a,

Bu tez çalışmasında kullanılan uydu verisinin alınmasında emeği geçen Orman Fakültesi Dekanlığına, Çankırı Karatekin Üniversitesi Rektörlüğü’ne ve uydu görüntüsünün temin edildiği Harita Genel Komutanlığı’na,

Tezin değerlendirilmesi aşamasında değerli katkılarını sağlayan Prof. Dr. Sedat KELEŞ ve Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI’ya,

Her zaman yanımda olan, beni sevgiyle ve anlayışla destekleyen ailem ve değerli eşim Ferhat BOLAT’a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Nesrin BOLAT  
Çankırı, Mayıs 2019

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1.GİRİŞ.....	1
2.MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
2.1.Çalışma alanı tanıtımı.....	17
2.2.Verilerin elde edilmesi.....	17
2.2.1.Örnek alan ölçümleri.....	17
2.2.2.Uzaktan algılama görüntüsüne ilişkin değerlendirmeler.....	19
2.2.3.Göktürk-2 uydu görüntüsünün analize hazır hale getirilmesi.....	19
2.2.4.Göktürk-2 uydu görüntüsünden bant parlaklık ve vejetasyon indislerinin elde edilmesi.....	20
2.3.Verilere ilişkin tanımlayıcı bilgiler.....	22
2.4.Topraküstü biyokütle ve karbon depolama miktarlarının hesaplanması.....	23
2.5.İstatistiksel analizler.....	24
3.BULGULAR.....	26
4.TARTIŞMA.....	31
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	34
KAYNAKLAR.....	36
ÖZGEÇMİŞ.....	42

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

*BA*: Göğüs yüzeyi

$d_{1,3}$ : Göğüs Yüksekliği Çapı

*h*: Ağaç Boyu

$H_0$ : İlgili Örnek Alandaki En Boylu Ağaç

$\mu\text{m}$ : mikron metre

*N*: Ağaç Sayısı

*t*: Yaş

AIC: Akaike Bilgi Kriteri

BIC: Bayes Bilgi Kriteri

cm: santimetre

DVI: Bitki Ayrım İndeksi

EVI: Gelişmiş Vejetasyon İndeksi

HKOK: Hata Kareler Ortalamasının Karekökü

IPVI: Kızılötesi yüzde vejetasyon indisi

mak.MH: Maksimum Mutlak Hata

NDVI: Normalize Edilmiş Bitki İndeksi

OMH: Ortalama Mutlak Hata

$R_{düz.}^2$ : Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı

SR: Basit Oran

SAVI: Toprak Etkisi Azaltılmış Vejetasyon İndeksi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Karaçam'ın Türkiye'deki doğal yayılış alanı.....	2
Şekil 1.2 Türkiye'de gerçekleşen sera gazı salınımının yıllara göre dağılımı.....	3
Şekil 1.3 İklim değişikliğine bağlı olarak ormanlık alanlardaki değişimi öngören kestirim .	4
Şekil 2.1 Çalışma alanının coğrafi sınırları ve örnek noktalar.....	18
Şekil 2.2 Uydu görüntüsü üzerinde örnek alanlara atılan buffer zona ilişkin bir görünüm .	21
Şekil 2.3 Topraküstü biyokütle modellerinin "gözlem-tahmin" dağılımı.....	29
Şekil 2.4 Topraküstü karbon modelleri için "gözlem-tahmin" dağılımı.....	30



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Göktürk-2 uydusunun teknik özellikleri .....	19
Çizelge 2.2 Vejetasyon indislerine ilişkin eşitlikler.....	21
Çizelge 2.3 Yersel ölçümlere ait tanımlayıcı istatistiki bilgiler .....	22
Çizelge 2.4 Göktürk-2 uydusundan elde edilen verilere ilişkin tanımlayıcı istatistiki bilgiler .....	22
Çizelge 2.5 Çalışma alanının verimlilik sınıflarına göre frekansları .....	23
Çizelge 3.1 Regresyon parametreleri ve t değerleri .....	27
Çizelge 3.2 Topraküstü biyokütle ile bant parlaklık ve vejetasyon indis değerleri arasındaki doğrusal ilişkiler .....	27
Çizelge 3.3 Topraküstü karbon ile bant parlaklık ve vejetasyon indis değerleri arasındaki doğrusal ilişkiler .....	28
Çizelge 3.4 Topraküstü biyokütle modellerinin doğruluk durumunu gösterir ölçüt değerleri .....	28
Çizelge 3.5 Topraküstü karbon modellerinin doğruluk durumunu gösterir ölçüt değerleri	29

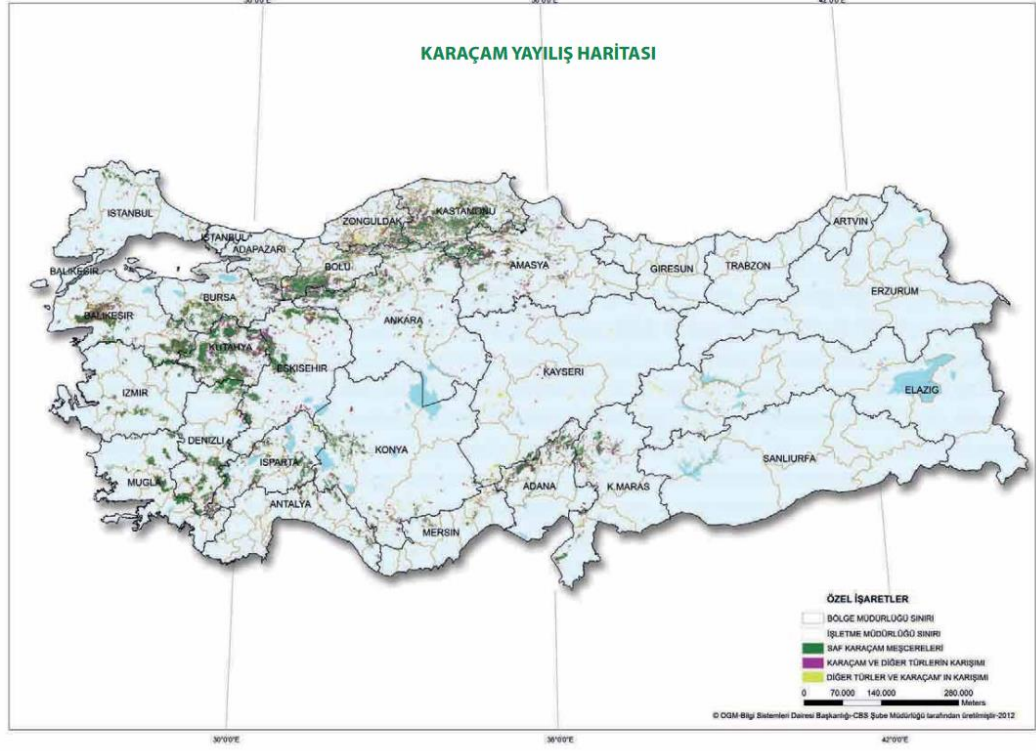


## 1. GİRİŞ

Karaçam kapladığı 4.244,921 hektar alan ile ülkemiz ormanlık alanlarının %20'sini oluşturmaktadır. Söz konusu bu alanların %64,3 normal kapalı; %35,7'si boşluklu kapalı orman niteliğindedir (OGM 2015). Karaçam, stepe giren bir tür olması sebebiyle kurak ve yarı-kurak sahaların ağaçlandırmalarında sıklıkla tercih edilmektedir (Çalışkan ve Boydak 2017). Ekonomik olarak oldukça önemli bir yeri bulunan Karaçam'ın odunu; kâğıt ve mobilya sanayinde ve imalat-ambalaj sanayinde, tel ve maden direği yapımında, lif yonga ve yakacak odun yapımında değerlendirilmektedir. Bu nedenlerle önemli asli türlerimiz arasında bulunmaktadır.

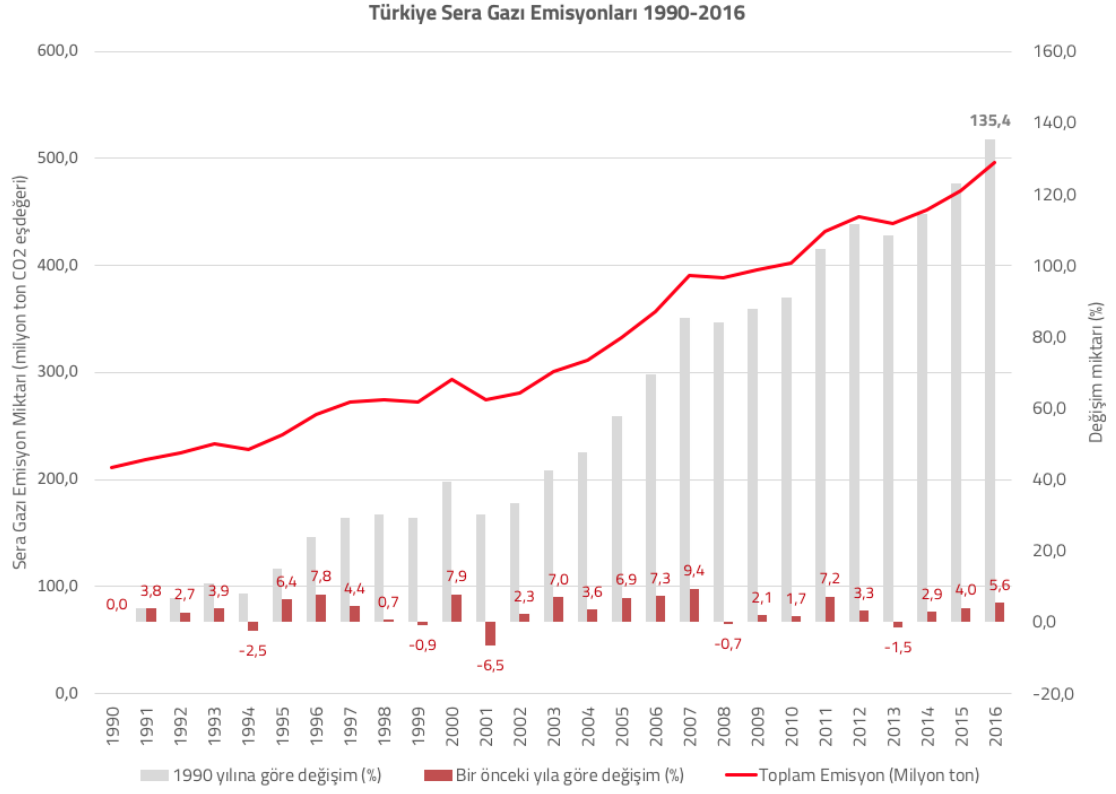
Ülkemiz ormanlarında Karaçam'ın alt varyetelerinden biri olan ve Anadolu Karaçamı olarak da adlandırılan *Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* türü; Doğu Karadeniz hariç İç ve Doğu Anadolu, Ege, Marmara, Trakya ve Karadeniz Bölgelerinde doğal yayılış yapmaktadır (Şekil 1.1, OGM 2013). Söz konusu bölgelerde yayılış yaptığı yükseltiler 400-1200 m arasında değişmektedir. Ülkemizde eşit yaşlı ve çoğunlukla saf meşcereler halinde bulunan Karaçam; Kızılcım, Sarıçam, Sedir, Kayın, Gökmar, Ardiç ve Meşe ile karışık meşcereler de kurabilmektedir.

Hızlı nüfus artışı, plansız kentleşme ve sanayileşme ormanların tahrip edilmesine, hatta bazı bölgelerin çoraklaşmasına, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve dolayısıyla ekosistem sürekliliğine zarar vermiştir. Söz konusu olumsuzlukların yanında tarımsal faaliyetlerde kimyasal gübrelerin kullanılması, fosil yakıtlar ve endüstriyel üretimin bir sonucu olarak, insan hayatını ve çevreyi olumsuz etkileyen sera gazlarının (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs ve SF<sub>6</sub>) atmosferdeki yoğunluğu artmıştır. Sera gazı salınımının yıllara göre dağılımı Şekil 1.2'de verilmiştir (TÜİK 2016b).



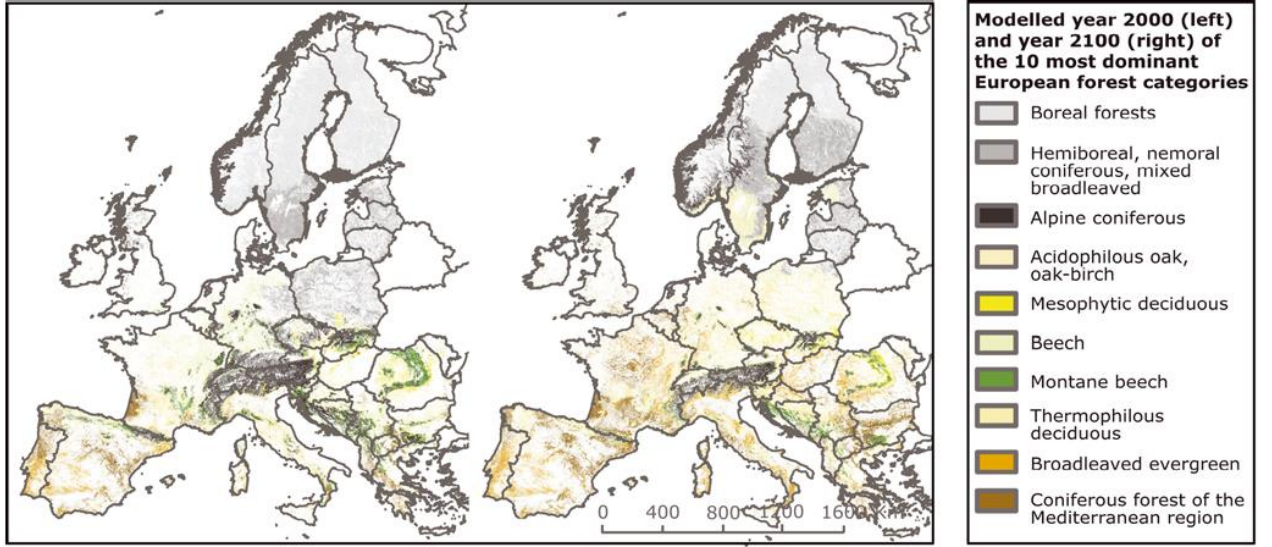
Şekil 1.1 Karaçam'ın Türkiye'deki doğal yayılış alanı

Atmosferde bulunan söz konusu zehirli gazların yoğunluğunun azaltılmasında ormanların rolü oldukça büyüktür. Küresel ölçekte, ormanlar atmosferdeki karbonun %70'ni toprakaltı ve üstü biyokütlelerinde depolarlar (Alcamo vd. 2007). Örneğin, Görücü ve Eker (2009) 40 yaşındaki bir kızılçam ağacının atmosferden 17480 ton karbon tuttuğunu belirtmişlerdir. Ercanlı (2018) ormanlardaki yapısal çeşitlilik ve karbon depolama arasında pozitif bir ilişki olduğunu ifade etmiştir. Başka bir açıdan bakıldığında, David vd. (2017) arazi kullanımındaki değişikliklerin ve ormanların tahrip edilmesinin çalışma alanlarındaki sera gazı salınımının %54'den sorumlu olduğunu ortaya koymuşlardır.



Şekil 1.2 Türkiye'de gerçekleşen sera gazı salınımının yıllara göre dağılımı

Atmosferde biriken sera gazlarının en hissedilir etkisi iklimdeki değişimler ve sıcaklık artışıdır. İklimdeki dönemsel değişimlerin süresi ve şiddeti mevsim sürelerinde değişimlere, tarım alanların verimsizleşmesine, biyolojik çeşitliliğin ve içilebilir su miktarının azalmasına ve buzulların erimesine neden olmaktadır. İklim değişikliğinin ve sıcaklık artışının ormanlar üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, vejetasyon periyodunun uzamasına, orman sınırlarının değişmesine, türlerin konumsal olarak yer değiştirmesine (Şekil 1.3), orman yangınlarının ve böcek tahribatının artmasına neden olmaktadır (Asan 1995, Casalegno vd. 2007, Camia vd. 2008, Eastaugh ve Eng 2008, Lavalley vd. 2009).



Şekil 1.3 İklim değişikliğine bağlı olarak ormanlık alanlardaki değişimi öngören kestirim

Atmosferdeki sıcaklık artışının %55-80'ninden CO<sub>2</sub>'in sorumlu olduğu ifade edilmektedir (Retnowati 2000). Boşluklu kapalı ormanlık sahaların rehabilitasyonu ve ormansız sahaların ağaçlandırılması atmosferdeki karbonun azaltılmasında büyük bir etkiye sahiptir (Fang vd. 2001, Suganuma vd. 2019). Fang vd. (2001)'in yaptıkları uzun dönemli araştırma sonuçlarına göre 1949-1962 yıllarında doğal ormanların azalmasına bağlı olarak ( $\approx$  %4), indirgenen karbon miktarında %10'luk bir azalma olduğunu ifade etmişlerdir. 1963-1998 yılları arasında gerçekleştirilen ağaçlandırma ve rehabilitasyon çalışmaları ile birlikte ormanlık alandaki %8'lik bir artışın indirgenen karbon miktarında %7'lik bir artışa neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde, Asan (1995) tarafından yapılan ve 1960-1995 yıllarını kapsayan araştırmaya göre, özellikle yaşlı ve seyrek Kızılcım ormanlarında yapılan 1.6 milyon ha ağaçlandırma çalışmaları neticesinde tutulan karbon miktarının yaklaşık %13 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Küresel ölçekte çevresel sorunların artması ve orman ekosistemdeki bozulmalar insan yaşamının sağlıklı bir şekilde sürdürülebilirliğini tehdit etmeye başlamıştır. Bu nedenle 1992 yılında Brezilya'nın Rio şehrinde ülkemizin de içinde olduğu 172 ülkenin katılımıyla

Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı toplanmıştır (URL-1) . Söz konusu konferansta taraf ülkeler biyolojik çeşitliliğin korunması, çölleşmeyle ve iklim değişikliğiyle mücadele sözleşmelerini imzalamıştır. Bu sözleşmelerin temel amaçları atmosferdeki sera gazları birikiminin önlenmesi, doğal kaynakların ve sürdürülebilir kalkınmanın korunması olarak belirtilmiştir.

Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı sonrası 1993 yılında Helsinki’de “Sürdürülebilir Orman Yönetimi” için bir konferans düzenlenmiştir. İlgili konferansta sürdürülebilir orman yönetimi; "Ormanların ve orman alanlarının yerel, ulusal ve küresel düzeylerde, biyolojik çeşitliliğini, verimliliğini, kendini yenileme özelliklerini ve yaşama enerjisini, ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonlarını yerine getirebilme potansiyelini şimdi ve gelecekte koruyacak ve diğer ekosistemlere zarar vermeyecek şekilde düzenleme ve yararlanma biçimidir" şeklinde tanımlanmıştır.

Ormanları ilgilendiren bir diğer önemli uluslararası sözleşme Kyoto Protokolü’dür. Bu protokolün önemli özelliklerinden birisi “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesini” gündeme getirmesi (gelişmiş ülkelere daha fazla sorumluluk vermesi); diğeri ise sera gazı salınımlarının sayısallaştırılması ve yaklaşık 2008-2012 yılları arasında %5’in altında indirmeyi öngörmesidir (TÜİK 2016a). Türkiye Kyoto Protokolü’ne 2009/14979 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla resmen taraf olduğunu açıklamış ve ilgili karar 13 Mayıs 2009 tarihinde 27227 Sayılı Resmi Gazete’de yayınlanmıştır. Taraf olduğumuz uluslararası sözleşmelerin yükümlülüklerini yerine getirmek amacıyla ayrıca Orman Amenajman Yönetmeliği’ne “Plan ünitesinde bulunan dikili servet ve artımın tamamı hesaplandıktan sonra plan ünitesinin karbon bilânçosu hesaplanır.” hükmü getirilmiştir.

Ormanlar, ağaçların topraküstü (gövde odunu, kabuk, ibre ya da yaprak) ve toprakaltı organlarında (kök) ve alt tabakayı oluşturan diri örtü olarak nitelendirilen bitkiler sayesinde karbonu bünyelerinde depolarlar. Bu nedenle, öncelikle ormanlarda depolanan karbon miktarını belirlemek için sahip oldukları biyokütlenin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Tüm

ağaç ve ağaç bileşenlere ait biyokütle modellerinin oluşturulmasında “Regresyon Eşitlikleri”nden yararlanılmaktadır. Bu modellerde, çap ve boy gibi dendrometrik özellikler ve bunların çeşitli dönüşümleri ( $1/d$ ,  $lnd$ ,  $lnd^2$  vb.) ile tüm ağaç ve ağaç bileşenlerinin fırın kurusu ağırlıkları arasında istatistiksel ilişkiler belirlenir ve ilgili ağaç türü için tek ağaç düzeyinde biyokütle tabloları oluşturulur. Ağaç bileşenlerinin sahip olduğu nem miktarı kesim zamanındaki iklim koşullarına, yetiştirme ortamına ve hatta ağacın gövdesi boyunca değişebilmektedir. Bu nedenle, biyokütle hesaplamalarında, rutubet farklılıklarının getireceği hatayı önlemek için genellikle fırın kurusu ağırlık değerleri tercih edilmektedir (Saraçoğlu 1998). Fırın kurusu ağırları belirlendikten sonra ağaç bileşenlerinin bünyelerinde depoladığı karbon miktarları “Biyokütle Genişletme Faktörü (BEF)” ya da doğrudan yöntemle hesaplanmaktadır. BEF esas alındığında; hesaplamalarda 1 ton biyokütle içinde 0,45 ton karbon tutulduğu ve bunun 3,66 ton atmosferdeki karbondioksit eşdeğeri olduğu kabul edilmektedir (Asan 1995). Doğrudan yöntemle (Ör. Elementel analiz cihazı kullanılarak) hesaplanan karbon değerleri ile ağaç bileşenlerin dendrometrik özellikleri kullanılarak karbon depolama denklemleri geliştirilir.

Biyokütle ve karbon hesaplarını bölgesel, hatta yöresel ölçekte alanın tamamı için belirlemek iş gücü, zaman ve maliyet bakımında büyük bir külfet oluşturmaktadır. Bu nedenle, ilgili değişkenlerin yapısal, konumsal ve zamansal ölçümünü ve gözlemine yapmak ve bunları geniş alanlara yaymak için uzaktan algılama tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. “Uzaktan Algılama” yeryüzündeki objelere temas etmeden belirli bir uzaklıkta bulunan ve uzayda hareket halinde olan platformlara yerleştirmiş (Ör. Uydu) ölçüm aletleriyle yeryüzündeki objeler hakkında bilgi edinme tekniğidir. Uzaktan algılama çalışmalarında hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri kullanılmaktadır. İlk hava fotoğrafı, Gaspard Felix Tournachon tarafından 1858 yılında bir balondan çekilmiştir (Vierling vd. 2006). Ormancılık çalışmaları için ilk hava fotoğrafı 1858 yılında çekilmiş ve 1892 yılında ilk kez orman envanterinde kullanılmıştır. Uzaktan algılama sadece envanter çalışmaları için değil diğer ormancılık faaliyetleri için de oldukça önemli bir araçtır. Uzaktan algılama verileri; arazi kullanımındaki değişiklikler, flora ve meteorolojik veriler gibi doğal çevreyi ilgilendiren bilgiler, yeni yerleşim alanlarının ve şehirlerin planlanması gibi toplumsal

hizmetler ve çevre kirliliğini gözlemlene gibi konular hakkında kullanılmaktadır (Köse vd. 2002, Turan ve Günlü 2010). Doğal kaynakların planlanması sürecinde güvenli, geniş ölçekli, ekonomik ve hızlı ulaşılabilir bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ormanlık özelinde, yüksek çözünürlüklü ve mevsimsel (zamansal) veriler orman amenajman çalışmaları yanında farklı amaçlara da (Ör. Ekolojik değerlendirme) hizmet etmektedir. Örneğin orman tiplerinin zamansal ve konumsal olarak iklim değişikliğine bağlı olarak değişimlerini gözlemlene için kullanılabilir (Casalegno vd. 2007). Orman Amenajman Planları hazırlık sürecinde ise konumsal bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Planlama birimindeki ormanlık, ziraat ve yerleşim alanlarının belirlenmesi, ağaç türlerinin, kapalılığın ve gelişim çağlarının tespiti için hava fotoğrafları kullanılmaktadır.

*Topraküstü biyokütle çalışmalarına ilişkin ulusal ve uluslararası literatür özeti aşağıda verilmiştir:*

Yavuz vd. (2010) Karadeniz Bölgesinde yayılış yapan saf Sarıçam meşcereleri için biyokütle miktarlarını belirlemişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, en düşük ağaç biyokütlesinin 12.7 kg, en yüksek ise 1788.1 kg ve ortalama 233.5 kg ağırlıktadır.

Günlü vd. (2014) Büyükdüz planlama biriminde yayılış yapan Karaçam meşcereleri için topraküstü biyokütle değerlerini Landsat TM uydu görüntüsünü kullanarak tahmin etmiştir. Vegetasyon indisleri (NDVI ve EVI) ile daha yüksek belirtme katsayısı elde etmişlerdir ( $R^2=0,606$ ).

Şatiroğlu (2015) Elazığ/Malatya Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Arapgir Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki meşe baltalıklarının topraküstü biyokütlesini belirlemiştir. Bu çalışmada 30 adet örnek ağaç verisine bağlı olarak elde edilen sonuçlara göre, topraküstü biyokütlesinin 23.2 ton/ha ile 91.2 ton/ha arasında değiştiği ve ortalama 41.3 ton/ha olduğu ortaya konulmuştur.

Sakıcı (2016) Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'nde yayılış yapan saf Karaçam meşcereleri için topraküstü biyokütle denklemleri geliştirmeyi amaçlamıştır. Ağaç ( $d_{1.3} > 8$  cm) ve ağaççıklar ( $d_{1.3} < 8$  cm) için ayrı ayrı olmak üzere 18 adet tek ve 24 adet çift girişli denklem geliştirmiştir. Ağaçlar için geliştirilen topraküstü toplam biyokütle için geliştirilen en başarılı tek ve çift girişli denklemlerin belirtme katsayıları 0.991 ve 0.975'tir.

Sağlam (2016) Kastamonu/Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yayılış yapan saf Karaçam meşcereleri için tek ağaç düzeyinde topraküstü biyokütle tablolarını düzenlemiştir. 127 adet ağaçtan elde ettiği verileri kullanarak 18 adet tek ve 21 adet çift girişli biyokütle denklemi geliştirmiştir. Bu çalışmada, en başarılı tek girişli denklemin belirtme katsayısı 0.96 ve en başarılı çift girişli denklemin başarısı ise 0.97 olarak elde edilmiştir.

Aydın (2016) Toros sedirinden elde edilen 83 adet örnek ağaç verisinden yararlanmıştır. Bu çalışmada çapı 5.5-56 cm ve boyu 3.5-28.9 m arasında değişen örnekler kullanılarak toprakaltı ve topraküstü biyokütle denklemleri geliştirilmiştir. Topraküstü ve toprakaltı biyokütle miktarı için geliştirilen düzeltilmiş belirtme katsayısı sırasıyla 0.94 ve 0.98'dir.

Clerici vd. (2016) Kolombiya'da nüfus yoğunluğunun fazla olduğu ve kent ormanı olarak nitelendirebileceğimiz bir ormanlık alanda yüksek çözünürlüklü GeoEye-1 ve Pleiades-1A uydu görüntülerinden elde edilen vejetasyon indisleri ile diriörtü biyokütle değerleri arasında doğrusal regresyon modelleri oluşturmuşlardır. Bu çalışmada kullanılan vejetasyon indisleri NDVI, VIN (Pearson ve Miller 1972), RVI (Pearson ve Miller 1972), NDGI ve TVI (Pery ve Lautenschlager 1984)'dır. En yüksek belirtme katsayısı RVI indisi bağımsız değişken olarak kullanıldığında elde edilmiştir.

Savaşer (2016) Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış yapan saf Doğu kayını meşcereleri için topraküstü biyokütle ile ekolojik faktörler arasındaki ilişkileri incelemiştir. Bu çalışmada topraküstü biyokütle miktarı ile eğim, yükselti, FSK, GET ve



ap arasında pozitif; minimum-maksimum sıcaklıklar ve enlem-boylam arasında negatif ilişkiler sapmıştır.

Keleş (2016) Uğurlu Planlama Birimi'ndeki Sarıçam ormanların sahip olduğu biyokütle miktarını biyokütle genişletme faktörü, tre zğ biyokütle genişletme faktörü ve allometrik ilişkileri kullanarak tahmin etmiştir. Bu çalışmada, doğru ve güvenilir biyokütle tahminleri için tre zğ biyokütle genişletme faktörünün kullanımı önerilmiştir.

Nuthammachot vd. (2018) Endonezya'nın Gunung Kidul Bölgesi'nde geniş yapraklı türlerle yapılan ağaçlandırma sahalarının topraküstü biyokütle miktarını Sentinel-2 uydu görüntüsünden elde edilen vejetasyon indisleri ile tahmin etmiştir. NDI45 ve EVI vejetasyon indislerinin yer aldığı doğrusal modelin belirtme katsayısını 0,81 olarak elde etmişlerdir.

Zeng vd. (2018) Çin'in önemli olan 5 am türü için 1055 adet örnek ağaç verisi ile ulusal düzeyde biyokütle denklemleri geliştirmişlerdir. Türler için çap aralıkları 2-38 cm ve boy aralıkları 3-5 m'dir. Bu çalışmada, söz konusu 5 tür için geliştirilen denklemlerin dzeltiymiş belirtme katsayısı yaklaşık 0.94 olarak bulunmuştur. Örneğin, Çin Tırpan ağacı (*Cunninghamia lanceolata*) için minimum, maksimum ve ortalama biyokütle değerleri 0.3 kg, 644.9 kg ve 116.3 kg'dır.

Wang vd. (2018) Çin'in kuzeydoğusundaki Gansu Bölgesi sınırları içerisinde yayılış yapan 5 türden (*Larix gmelinii*, *Pinus armandii*, *Betula albosinensis*, *Pinus tabuliformis* ve *Quercus aliena* var. *acuteserrata*) elde edilen toplam 78 adet örnek ağaç verisi ile biyokütle denklemleri geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, tüm türler için geliştirilen toplam topraküstü biyokütle denklemleri için dzeltiymiş belirtme katsayılarını yaklaşık 0.97 olarak bulunmuştur. Örneğin *Pinus armandii*'nin toplam topraküstü biyokütle değeri 6-364.8 kg arasında değişmektedir.

Muhd-Ekhzarizal vd. (2018) mangrov ormanlarının topraküstü biyokütle değerlerini SPOT-5 uydu görüntüsünden elde edilen vejetasyon indislerini kullanarak tahmin etmiştir. Bu çalışmada kullanılan vejetasyon indisleri, NDVI (Rouse vd. 1974), SAVI (Huete 1988), GNDVI (Gitelson vd. 1996) ve GEMI-NDVI (Pinty ve Verstraete)'dır. Doğrusal regresyon modelleri ile toplam topraküstü biyokütle değerleri ile vejetasyon indisleri arasındaki istatistiksel ilişkiler belirlenmiştir. Buna göre en yüksek düzeltilmiş belirtme katsayısına sahip model NDVI bağımsız değişken olarak kullanıldığında elde edilmiştir ( $R_{düz}^2=0.60$ ). En başarısız ise GNDVI bağımsız değişken olarak kullanıldığında elde edilmiştir ( $R_{düz}^2=0.08$ ).

Chenge ve Osho (2018) Nijerya'da bulunan Omo ormanlarının biyokütle değerlerini Landsat 8 OLI verilerinden elde edilen bant yansıma değerleri ve vejetasyon indisleri ile tahmin eden denklemler geliştirmiştir. Bu çalışmada en başarılı denklemin düzeltilmiş belirtme katsayısı 0.88 ve bağımsız değişkenleri Bant 5 ve 6, NDVI, SAVI ve GNDVI'dir.

Obeyed vd. (2018) Meşe meşcerelerinin topraküstü biyokütle miktarını WorldView-3 uydu görüntüsü ile tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada geliştirilen çoğul doğrusal regresyon modelinin  $R^2$  değeri 0,984 olarak hesaplanmıştır.

Victor (2019) gençleştirme çalışmaları tamamlanmış yeniden gençliğin geldiği ormanlık alanların topraküstü biyokütle miktarını Landsat TM uydu görüntüsü ile tahmin etmiştir. NIR bandını bağımsız değişken olarak kullanmış ve 0,93 değerinde belirtme katsayısı elde etmiştir.

Ou vd. (2019) Çin'in kuzey batısında yayılış yapan *Pinus denseta* türünün topraküstü biyokütle miktarını Landsat 8 uydu görüntüsünü kullanarak tahmin etmişlerdir. Ekolojik şartların zor olduğu bu bölgede doğrusal regresyon modeli ile 0,324 değerinde belirtme katsayısı elde etmiştir.

Affleck (2019) Amerika'nın kuzey batısında yayılış yapan ve bölgesel olarak önemli yeri olan 7 tür (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*, *Pinus contorta*, *Pinus ponderosa*, *Larix occidentalis*, *Abies grandis*, *Abies lasiocarpa* ve *Picea engelmannii*) için 470 adet veri ile biyokütle denklemleri geliştirmiştir. Bu çalışmada, toplam topraküstü biyokütle ve diğer ağaç bileşenleri için düzeltilmiş belirtme katsayısı 0.95 olarak bulunmuştur.

Cao vd. (2019) saf bambu ormanlarının topraküstü biyokütle miktarlarını yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü (LİDAR) ile tahmin etmiştir. Bu çalışmada, ortalama mutlak hata değeri %10'dan küçük ve  $R^2$  değeri 0,70'den büyük olduğu için ilgili görüntünün orman amenajman çalışmaları için yeterli doğrulukta olduğu söylenilebilir.

*Topraküstü karbon çalışmalarına ilişkin ulusal ve uluslararası literatür özeti aşağıda verilmiştir:*

Yavuz vd. (2010) Karadeniz Bölgesinde yayılış yapan saf Sarıçam meşcereleri için karbon depolama miktarlarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada; söz konusu ağaç türünün gövde, dal ve ibrelerinde depolanan karbon miktarlarının sırasıyla 28-120 ton/ha, 16-80 ton/ha ve 1-6.6 ton/ha arasında değiştiği belirtilmiştir.

Yao vd. (2015) Çin'in Xi'an şehri sınırları içerisinde yayılış yapan ormanlar için karbon depolama denklemleri geliştirmişlerdir. Söz konusu alanda çoğunlukla yapraklı türler (Ör. *Platanus orientalis* ve *Ginkgo biloba*) bulunmaktadır. Landsat ETM+ uydu görüntülerinden elde edilen NDVI, DVI, RVI, SAVI, MSAVI ve RDVI vejestasyon indisleri ile karbon depolama arasındaki istatistiksel ilişkiler doğrusal regresyon modelleri ile belirlenmiştir. En yüksek belirtme katsayısı NDVI indisi ile edilmiştir ( $R^2=0.71$ ) ve en düşük belirtme katsayısı DVI indisi ile elde edilmiştir ( $R^2=0.68$ ).

Arıcak vd. (2015) Kars ili sınırları içerisinde bulunan Sarıçam ormanları için RapidEye uydusundan elde edilen bant yansıma değerleri ve NDVI vejetasyon indisini kullanarak karbon denklemleri geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, en yüksek belirtme katsayısı Bant 4 ile elde edilmiştir ( $R^2=0.71$ ).

Sakıcı (2016) Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'nde yayılış yapan saf Karaçam meşcerelerinin karbon depolama miktarları için tek ve çift girişli denklemler geliştirmiştir. Topraküstü toplam karbon için tek girişli denklemi esas aldığımızda, örneğin 8 ve 30 cm göğüs yüksekliği çapına sahip ağaçların depoladıkları karbon miktarları sırasıyla, 7.34 ton/ha ve 166.48 ton/ha olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Kahyaoğlu (2017) Sinop-Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış yapan saf Doğu kayını ormanlarının karbon depolama miktarlarını araştırmıştır. Bulgulara göre, karbon depolama miktarları bakımından ağaç bileşenlerinin büyükten küçüğe doğru sırası; gövde odunu (%77.9), dal (%13), kabuk (%7.3) ve yaprak (%1.8) şeklindedir.

Pehlivan (2017) Durusu Kumulu'ndaki Fıstık çamı ve Sahil çamı ile ağaçlandırılan sahaların karbon depolama miktarlarını CO2Fix V3.2 ve EFISCEN V4.1 modellerini kullanarak gelecekte olası senaryolara göre tahmin etmiştir. 127 adet örnek ağaç verisine bağlı olarak (63 adet fıstık çamı ve 64 adet sahil çamı) tahminler elde edilmiştir. Fıstık çamının CO2Fix modeline göre 50 yıllık bir dönemde depolayacağı en düşük karbon miktarı 34.3 ton/ha ve en yüksek 191.5 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Aynı modele göre Sahil çamının 50 yıllık bir dönemde depolayacağı en düşük ve en yüksek karbon miktarları 55.3 ton/ha ve 264.6 ton/ha olarak hesaplanmıştır.

Okan (2018) Art, Amasra ve Kurucaşile Orman İşletme Şeflikleri'nde yayılış yapan saf ve karışık meşcerelerin karbon depolama kapasitelerini belirlemiştir. Bu çalışmada söz konusu orman işletme şefliklerinde tutulan karbon miktarı sırasıyla 96.72 ton/ha, 97.19 ton/ha ve 161.33 ton/ha olarak hesaplanmıştır.

Li vd. (2018) Çin'in Zhejiang Bölgesi'ndeki Bambu ormanlarının karbon depolama miktarlarını tahmin etmek için Landsat 5 ve Landsat 8'den elde edilen bant yansıma değerleri, vejetasyon indisleri ve tekstür değerleriyle doğrusal regresyon modelleri geliştirmiştir. Bu çalışmada, 2000, 2004, 2008 ve 2014 yılları için ayrı ayrı denklemler geliştirilmiştir. Karbon depolama miktarını tahmin etmek için W7B3Con, SAVI, W7B2Con ve NDVI'nin en önemli değişkenler olduğunu belirtmişlerdir.

Dube vd. (2018) Zimbabve'nin Mukuvisi ağaçlık alanlarını oluşturan *Brachystegia spiciformis* ve *Julbernardia globiflora* türleri için Landsat 8 OLI uydu verilerden türetilen vejetasyon indislerini kullanarak karbon denklemleri geliştirmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan vejetasyon indisleri RVI, NDVI, ve SAVI'dır. Vejetasyon indisleri ile karbon değerleri arasında orta dereceli pozitif yönlü ilişkiler gözlemlenmiştir. Sırasıyla korelasyon değerleri 0.598, 0.544 ve 0.537'dir.

Sakıcı vd. (2018a) 8 cm'den daha küçük çaplı kızılçam ağaçları için topraküstü karbon depolama miktarlarını belirlemişlerdir. Bir kızılçam ağacının toplam biyokütlesinde 0,2-58.9 ton karbon depoladığı ortaya konulmuştur.

Sakıcı vd. (2018b) Kastamonu Bölgesi'nde yayılış yapan karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli topraküstü biyokütle ve karbon modelleri geliştirmişlerdir. Toplam topraküstü biyokütleyi ve karbonu tahmin etmek için geliştirilen çift girişli modellerin belirtme katsayıları sırasıyla 0,975 ve 0,972'dir.

Karahalil vd. (2018) Çaykara Planlama Birimi'nde meşcerelerin depoladığı karbon miktarının konumsal değişimini analiz etmişlerdir. Bu çalışmada 1991-2010 yıllarındaki karbon değişimi  $200 \text{ mg ha}^{-1}$  artış olarak belirtilmiştir. Bu değişimin nedeni olarak arazi kullanımındaki değişimlerin ormanların lehine olması şeklinde açıklanmıştır.

Günlü ve Ercanlı (2019) Göldağ planlama biriminde yayılış yapan saf kayın meşcerelerinin topraküstü karbon depolama miktarlarını ALOS PALSAR uydu görüntüsü ile tahmin etmişlerdir. Bu çalışmanın çoğul doğrusal regresyon analizinin sonuçlarına göre, 0,38 değerinde belirtme katsayısı elde edilmiştir.

*Uydu görüntüleri üzerinde sınıflandırma yapılarak karbon depolama miktarlarının belirlenmesine yönelik bazı çalışmaların literatür özeti aşağıdadır.*

Gülsunar (2011) Giresun/Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Düздаğ Orman İşletme Şefliği'ndeki verimli meşcerelerin karbon depolama miktarlarını Landsat ETM+ uydu görüntüsü ile sınıflandırmıştır. Bu çalışmada, Cohen'in kappa değeri 0.7889 olarak bulunmuş ve uzaktan algılamanın karbon depolama miktarlarının belirlenmesini konu edinen çalışmalarda kullanılacağı belirtilmiştir.

İnce (2011) Artvin/Merkez Orman İşletme Müdürlüğü/Merkez Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yayılış yapan meşcerelerin karbon depolama kapasiteleri Landsat ETM+ uydu görüntüsü ile sınıflandırmıştır. Bu çalışmada, Cohen'in kappa değeri 0,7201 olarak elde edilmiş ve karbon depolama miktarlarının uzaktan algılama ile belirlenebileceği belirtilmiştir.

Bulut (2012) Trabzon/Alacadağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yayılış yapan saf Doğu kayını meşcerelerinin karbon depolama miktarlarını Landsat ETM+, SPOT-5 ve Quickbird uydu görüntüleri ile sınıflandırmıştır. Söz konusu uydular için Cohen'in kappa değerleri sırasıyla 0,8762, 0,7524 ve 0,7429 olarak belirtilmiştir, en yüksek doğruluk oranı Landsat ETM+ uydu görüsü ile elde edilmiştir.

*Bununla birlikte milli uydularımızdan biri olan Göktürk-2 uydu görüntüsü kullanılarak meşcere parametrelerini tahmin etmeye yönelik yapılmış çalışmaların literatür özeti aşağıdadır.*

Çil (2014) aynı yaşlı saf sarıçam ve değişik yaşlı saf göknar meşcerelerinin ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyini Göktürk-2 uydusu ile tahmin etmiştir. Bu çalışmada tüm örnekleme noktaları dikkate alındığında göğüs yüzeyi ve hacim için 0,1'den küçük  $R^2$  elde edilirken, ağaç sayısı için 0.20  $R^2$  elde edilmiştir.

Çil vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Göktürk-2 uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık ve vejetasyon indis değerlerini ile meşcere parametreleri (ağaç sayısı, meşcere hacmi ve göğüs yüzeyi) arasındaki ilişkiler çoğul regresyon analizi ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ağaç sayısı için düzeltilmiş  $R^2$  değerini 0,54, meşcere hacmi için düzeltilmiş  $R^2$  değerini 0,55 ve göğüs yüzeyi için ise düzeltilmiş  $R^2$  değerini 0,66 olarak bulmuşlardır.

Bulut vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada Göktürk-2 uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık ve vejetasyon indis değerlerini ile meşcere parametreleri (ağaç sayısı, meşcere hacmi ve göğüs yüzeyi) arasındaki ilişkiler çoğul regresyon analizi ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, bant parlaklık değerlerinin bağımsız değişkenler olarak kullanıldığı regresyon modellerinde; ağaç sayısı için düzeltilmiş  $R^2$  değerini 0,31, meşcere hacmi için düzeltilmiş  $R^2$  değerini 0,61 ve göğüs yüzeyi için ise düzeltilmiş  $R^2$  değerini 0,50 olarak bulmuşlardır. Vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak yer aldığı regresyon modellerinde ise; ağaç sayısı için düzeltilmiş  $R^2$  değerini 0,06, meşcere hacmi için düzeltilmiş  $R^2$  değerini 0,23 ve göğüs yüzeyi için ise düzeltilmiş  $R^2$  değerini 0,21 olarak bulmuşlardır.

Göğerçin ve Günlü (2017) tarafından yapılan çalışmada, Göktürk-2 uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık ve vejetasyon indis değerlerini ile meşcere parametreleri (ağaç sayısı, meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, meşcere orta boyu ve meşcere orta çapı) arasındaki ilişkiler çoğul regresyon analizi ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, bant parlaklık değerlerinin bağımsız değişkenler olarak kullanıldığı regresyon modellerinde düzeltilmiş  $R^2$  değerlerini; ağaç sayısı için 0,221, meşcere hacmi için 0,298, göğüs yüzeyi için 0,352, meşcere orta boyu için 0,273 ve meşcere orta çapı için 0,114 olarak bulmuşlardır. Vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak yer aldığı regresyon modellerinde ise düzeltilmiş  $R^2$  değerini; ağaç sayısı için 0,292, meşcere hacmi için 0,442, göğüs yüzeyi için 0,363, meşcere orta boyu için 0,288 ve meşcere orta çapı için 0,266 olarak bulmuşlardır.

Bu tez çalışmasında, ÇAKÜ araştırma ormanına ilişkin biyokütle ve karbon değerlerinin uzaktan algılama ile tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında Göktürk-2 uydusundan elde edilen bant parlaklık değerleri ve vejetasyon indisleri ile örnek alanlardan elde edilen biyokütle ve karbon değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler araştırılacaktır. Bu çalışma Göktürk-2 uydu görüntüsünün yapay meşcerelerdeki toplam topraküstü biyokütle ve karbonun tahmin edilmesinde ilk çalışma olması nedeniyle özgün değere sahiptir.



## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışma alanı tanıtımı

Bu çalışma, Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi'ne bağlı Araştırma Ormanı'nda gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). Araştırma Ormanı'nı 1961-1965 yılları arasında Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde ağaçlandırılmıştır. Tez alanı olan Araştırma Ormanı'nın toplam alanı 380,21 ha olup, alanın çoğunluğunda saf karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) meşcereleri yayılış göstermektedir. Yarı-kurak bir iklim rejimi görülen tez alanı stepe geçiş bölgesinde bulunmakta olup 40° 29' 09"–40° 30' 44" kuzey enlemleri ile 33° 25' 47"–33° 27' 19" doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 2.1). Yıllık ortalama yağış 411,9 mm ve yıllık ortalama sıcaklık 11.3 °C'dir (URL-2). Ortalama deniz seviyesinden yüksekliği 1280-1462 m'dir.

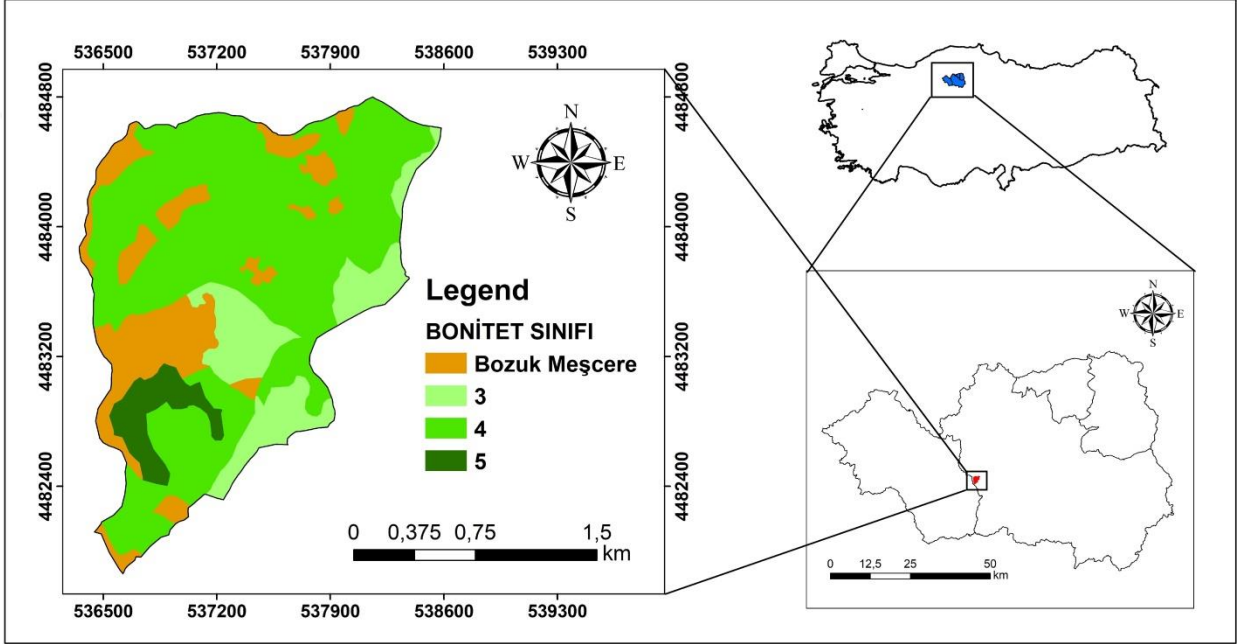
Araştırma Ormanı'nın içinde bulunduğu İç Anadolu Bölgesi'nde ağaçların artım ve büyümesini etkileyen; düşük yağış miktarı, yüksek sıcaklıklar ve dolayısıyla organik maddece fakir topraklar gibi ekolojik şartlar hakimdir (Barbati vd. 2014, Erşahin vd. 2016). Bu bölgede özellikle vejetasyon dönemi boyunca görülen “su açığı” ağaçların büyümesi üzerinde oldukça etkili olmaktadır (Göl ve Abay 2003).

### 2.2. Verilerin elde edilmesi

#### 2.2.1. Örnek alan ölçümleri

Bu tez çalışmasında toplam 61 adet örnek alandan elde edilen veriler kullanılmıştır. Örnek noktalar ArcGIS programı yardımıyla 200 × 200 m olacak şekilde alana sistematik bir şekilde dağıtılmıştır. Örnek alanlar; kenar noktalarına az sayıda ağaç girmesini sağlamak ve

araziye kolayca applike etmek amacıyla ağaçların tepe izdüşüm alanlarını dikkate alarak 400, 600 veya 800 m<sup>2</sup> büyüklüğünde dairesel olacak şekilde belirlenmiştir. Her bir örnek alanda göğüs yüksekliği çapı ( $d_{1.3}$ ) 8 cm'den büyük tüm ağaçların çapları çapölçer yardımıyla ölçülmüştür. Meşcere boylanma eğrisini oluşturmak amacıyla her örnek alanda 10 adet ağaçta boy ölçümü; yükseklik ölçebilen elektronik cihazlarla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.1 Çalışma alanının coğrafi sınırları ve örnek noktalar

Söz konusu bu ekolojik şartlar orman alanlarının parçalı bir yapıya geçmesine ve bazı bölgelerde ormanların çökmesine neden olmaktadır (Çolak ve Rotherham 2006). Araştırma ormanında yayılış gösteren Karaçam ağaç türü bu bölgelerde gerçekleştirilen ağaçlandırma çalışmalarında Orman Genel Müdürlüğü tarafından sıklıkla tercih edilmektedir (Konukcu 2001).

### 2.2.2. Uzaktan algılama görüntüsüne ilişkin değerlendirmeler

Bu tez çalışmasında Göktürk-2 uydusu kullanılmıştır. Göktürk-2 uydusunun teknik özellikleri Çizelge 2. 1’de verilmiştir. Çalışmada Göktürk-2 uydu görüntüsünün mavi bandı (0.422 –0.512  $\mu\text{m}$ ), yeşil bandı (0.500 –0.584  $\mu\text{m}$ ), kırmızı bandı (0.596 –0.750  $\mu\text{m}$ ) ve yakın kızılötesi bandı (0.762 –0.894  $\mu\text{m}$ ) kullanılmıştır (URL-3).

Çizelge 2.1 Göktürk-2 uydusunun teknik özellikleri

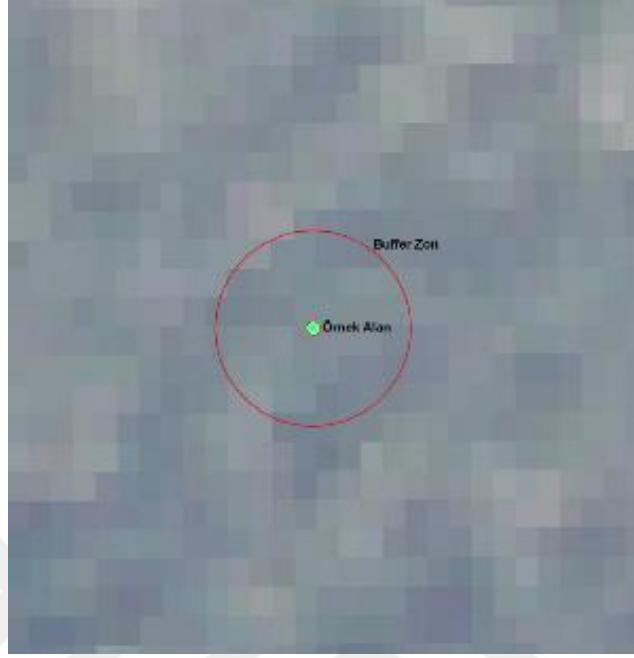
Yörünge	Güneş Eş zamanlı Yörünge
Yörünge Yüksekliği	~ 700 km
Dünya Çevresindeki Tur Süresi	~ 98 dakika
Günlük yer istasyonu Temas Süresi	~ 40 dakika (gündüz + gece)
Global Gözlem Alanı Kabiliyeti	Bütün Dünya
Tekrar Ziyaret Zamanı	Ortalama 2,5 gün
Uydu Kütlesi	< 409 kg
Görüntü Depolama Kapasitesi	8 GB + 32 GB
Pankromatik Bant (Siyah – Beyaz)	2,5 m
Multispektral Bantlar (Renkli) Çözünürlük	5 m
Görev Ömrü	5 yıl

### 2.2.3. Göktürk-2 uydu görüntüsünün analize hazır hale getirilmesi

Çalışmada kullanılan Göktürk-2 uydu görüntüsünü analize hazır hale getirmek için ön işleme tabi tutulmuştur. Ön işlem olarak uydu görüntüsün geometrik olarak düzeltilmesi gerçekleştirilmiştir. Geometrik düzeltmenin yapılmasında yer kontrol noktaları kullanılmıştır. Yer kontrol noktalarının seçilmesinde Google earth’den yararlanılmış ve bu noktalar görüntü üzerinde homojen bir şekilde dağıtılmıştır (Göğerçin ve Günlü 2017).

#### **2.2.4. Göktürk-2 uydu görüntüsünden bant parlaklık ve vejetasyon indislerinin elde edilmesi**

Analize hazır hale getirilen Göktürk-2 uydu görüntü üzerine, her bir örnek alana ilişkin arazide envanter aşamasında GPS ile alınan x ve y koordinatlarının yer aldığı sayısal katman aktarılmıştır. Uydu görüntüsü ile örnek alanların alansal büyüklükleri farklı olduğundan dolayı bant parlaklık değerlerinin hassas bir biçimde elde edilmesi amacıyla örnek alan büyüklüğünün yarıçapı kadar kuşaklama bölgeleri (*buffer zone*) belirlenmiş ve bu alanlar için bant parlaklık değerleri hesaplanmıştır. Örneğin; örnek alan büyüklüğü 600 m<sup>2</sup> olan örnek alanlarda yarıçap uzunluğu 13.82 m'dir. Örnek alana yarıçapı 13.82 metre olacak şekilde buffer zon atılmış ve bu buffer zon içerisinde yer alan piksellerin ortalaması alınarak her bir örnek alana ve her bir banta ilişkin parlaklık değerleri hesaplanmıştır (Şekil 2.2). Bu işlemlerde Erdas Imagine ve ArcGIS programları kullanılmıştır. Hesaplanan bant parlaklık değerlerinden yararlanarak her bir örnek için vejetasyon indisleri hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan vejetasyon indisleri; NDVI (Rouse Jr vd. 1973), SR (Jordan 1969), DVI (Clevers 1988), SAVI (Huete 1988), IPVI (Crippen 1990) ve EVI (Huete 1988)'dir. Söz konusu bu indislere ilişkin hesaplamalar Çizelge 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2 Uydu görüntüsü üzerinde örnek alanlara atılan buffer zona ilişkin bir görünüm

Çizelge 2.2 Vejetasyon indislerine ilişkin eşitlikler

Vejetasyon İndeksleri	Eşitlikler
DVI	$Bant4 - Bant3$
EVI	$(Bant4 - Bant3) / ((Bant4 + C1 \times Bant2) - C2 \times Bant2 + L) \times (1 + L)$
IPVI	$Bant4 / (Bant4 + Bant3)$
NDVI	$(Bant4 - Bant3) / (Bant4 + Bant3)$
SAVI	$(Bant4 - Bant3) \times (1 + L) / (Bant4 + Bant3 + L)$
SR	$Bant4 / Bant3$

DVI: Bitki Ayrım İndeksi, EVI: Gelişmiş Vejetasyon İndeksi, IPVI: Kızılötesi yüzde vejetasyon indisi, NDVI: Normalize Edilmiş Bitki İndeksi, SAVI: Toprak Etkisi Azaltılmış Vejetasyon İndeksi, SR: Basit Oran,  $L=0,5$ ,  $C1=6,0$  ve  $C2=7,5$ 'dir.

### 2.3. Verilere ilişkin tanımlayıcı bilgiler

Verilerin sayısal olarak tanımlanması, sınıflandırılması ve başka bir veri seti ile karşılaştırılması amacıyla verilere ilişkin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4). Çalışma alanının daha iyi kavranabilmesi ve elde edilen bulguların daha sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmesi amacıyla alanın bonitet sınıflarına göre frekans dağılımları da Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.3 Yersel ölçümlere ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
$d_{1.3}$	1995	8,0	67,0	21,0	9,2
$h$	610	4,6	20,2	11,5	2,9

N, veri sayısı

Çizelge 2.4 Göktürk-2 uydusundan elde edilen verilere ilişkin tanımlayıcı istatistiksel bilgiler

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant1	61	188	277	222,08	23,39
Bant2	61	173	224	193,25	13,32
Bant3	61	306	358	325,02	13,70
Bant4	61	469	692	562,74	39,19
NDVI	61	0,3	0,51	0,43	0,05
SR	61	1,87	3,12	2,56	0,30
DVI	61	232	447	340,57	44,13
IPVI	61	0,65	0,76	0,72	0,03
EVI	61	-2,55	-0,76	-1,28	0,29
SAVI	61	0,6	1,03	0,87	0,10

Çizelge 2.5 Çalışma alanının verimlilik sınıflarına göre frekansları

Bonitet Sınıfları	Frekans	Frekans (%)
III	5	8,2
IV	35	57,4
V	21	34,4
Toplam	61	100,0

III, IV ve V, bonitet sınıflarını temsil etmektedir. Standart yaştaki ( $t = 100$ ) üst boy değer aralıkları; III (20-24 m), IV (15-19 m) ve V(10-14 m) şeklindedir (Kalıpsız 1963).

#### 2.4. Topraküstü biyokütle ve karbon depolama miktarlarının hesaplanması

Bu tez çalışması kapsamında toplam topraküstü biyokütle ve karbon depolama miktarları Sakıcı vd. (2018b) tarafından geliştirilen çift girişli denklemler yardımıyla hesaplanmıştır (Denklem 1-2). Çift girişli denklem yapılarında  $d_{1,3}$ 'e ilaveten ağaçların boyları (h) da yer almaktadır. Bu nedenle çift girişli denklem yapılarını kullanabilmek için envanter çalışmaları sırasında boyları ölçülmeyen ağaçların boylarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla Sharma ve Parton (2007) tarafından modifiye edilen Richards'ın denklemini (Denklem 3) kullanılarak geri kalan ağaçların boyları tahmin edilmiştir.

Çift girişli topraküstü biyokütle denklemi;

$$\text{Biyokütle (kg/ha)} = 0,020 \times (d_{1,3})^2 h \quad (1)$$

Çift girişli topraküstü karbon denklemi;

$$\text{Karbon (kg/ha)} = 0,010 \times (d_{1,3})^2 h \quad (2)$$

Boylanma Eğrisi denklemi;

$$h = 1.3 + (b_0 H_0^{b_1}) \left( 1 - e^{-b_2 \left( \frac{N}{BA} \right)^{b_3} d_{1,3}} \right)^{b_4} \quad (3)$$

Bu eşitliklerde;  $d_{1,3}$ , ağacın göğüs yüksekliğindeki (1.3 m) çap değerini, N, ağaç sayısını (adet/ha); BA, göğüs yüzeyi ( $m^2/ha$ );  $H_0$ , her bir örnek alandaki en boylu ağacın boyu;  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  ve  $b_4$ , regresyon parametreleridir.

## 2.5. İstatistiksel analizler

Örnek alan düzeyinde hesaplanan topraküstü biyokütle (ton/ha) ve karbon değerleri (ton/ha) ile örnek alanlara ilişkin hesaplanan bant parlaklık ve vejetasyon indis değerleri arasındaki doğrusal ilişkiler Pearson Korelasyon Analizi ile test edilmiştir. Uzaktan algılama verileri kullanılarak örnek alanların biyokütle ve karbon depolama miktarlarını tahmin edilebilmek için regresyon denklemleri geliştirilmiştir. Bu denklemlerde biyokütle ve karbon bağımlı değişken; bant parlaklık ve vejetasyon indis değerleri bağımsız (açıklayıcı) değişken olarak değerlendirilmiştir. Birden fazla açıklayıcı değişken olması nedeniyle ve değişkenler arasındaki etkileşimleri dikkate alarak en uygun anlamlı bağımsız değişken grubunun belirlenmesi için “İleri Aşamalı Regresyon Tekniği” kullanılmıştır. Denklemler bant ve vejetasyon indisleri için ayrı ayrı ve bütünleşik olmak üzere üç farklı yapıda geliştirilmiştir. “Çoğul Doğrusal Regresyon Analizi”nin genel yapısı denklem 4’te verilmiştir.

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + \varepsilon \quad (4)$$

Bu eşitlikte; Y, bağımlı değişken;  $x_{1...n}$ , bağımsız değişken,  $b_{1...n}$ , regresyon katsayıları;  $\varepsilon$ , hata terimidir. Söz konusu denklemlerin geliştirilmesinde Y bağımlı değişkenin normal dağılıma sahip olduğu ve hata teriminin x eksenini boyunca sıfırın etrafında homojen bir varyansa sahip olduğu varsayılmaktadır.

Bu tez çalışmasında geliştirilen modellerin temsil gücünü ve doğruluğunu gösteren ölçütler aşağıda verilmiştir. En başarılı model Poudel ve Cao (2013) tarafından geliştirilen “*oransal sıra numarası sistemi*” ne dayalı yöntemle belirlenmiştir (Denklem 11). Bu yöntemde her



bir ölçüte göre yöntemlere birer oransal sıra numarası verilmektedir. Her bir ölçüt için en küçük değere sahip olan yöntemin oransal sıra numarası 1 olarak belirlenmekte ve diğer yöntemler bu değere göre bir oransal sıra numarası almaktadır. Her bir ölçüt için hesaplanan oransal sıra numaraları toplanmakta ve en küçük değere sahip olan yöntem en başarılı olarak belirlenmektedir.

$$R_{düz.}^2 = 1 - \frac{\sum_{ij}^n (Y_i - \hat{Y}_j)^2}{\sum_{ij}^n (Y_i - \bar{Y}_j)^2} \quad (5)$$

$$HKOK (\%) = \left( \left[ \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_j)^2}{(n-p)}} \right] / \bar{Y} \right) \times 100 \quad (6)$$

$$OMH = \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_j| / n \quad (7)$$

$$AIC = n \times \ln(HKOK) + 2 \times p \quad (8)$$

$$BIC = n \times \ln(HKOK) + n \times \ln(p) \quad (9)$$

$$mak.MH = \max(|Y_i - \hat{Y}_j| \dots \dots |Y_n - \hat{Y}_n|) \quad (10)$$

$$R_i = 1 + \frac{(m-1)(S_i - S_{mak})}{S_{mak} - S_{min}} \quad (11)$$

Bu eşitliklerde, HKOK: Hata Kareler Ortalamasının Karekökü, OMH: Ortalama Mutlak Hata, AIC: Akaike Bilgi Ölçütü, BIC: Bayes Bilgi Ölçütü, mak.MH: Maksimum Mutlak Hata'yı göstermektedir.  $Y$ : gözlem değerini,  $\hat{Y}$ : tahmin değerini,  $n$  veri sayısını ve  $p$  ilgili regresyon modelinde parametre sayısını ifade etmektedir.  $R_i$ : ilgili başarı ölçütüne göre modellerin oransal sıra numaralarını,  $S_i$ : ilgili başarı ölçüt değerini,  $S_{min}$ : ilgili başarı ölçütünün en küçük değerini,  $S_{max}$ : ilgili başarı ölçütünün en büyük değerini göstermektedir.

### 3. BULGULAR

Bu tez çalışmasında, meşcerelerin topraküstü biyokütlelerini ve depoladığı karbon miktarlarını Göktürk-2 uydusundan elde edilen bant parlaklık değerleri ve vejetasyon indisleri yardımıyla tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yapılan “İleri Aşamalı Regresyon Modeli” ile oluşturulan denklemlere ilişkin parametre değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Ayrıca, söz konusu değişkenler arasındaki doğrusal ilişkilere ilişkin korelasyon matrisleri Çizelge 3.2 ve 3.3’de verilmiştir. Hem biyokütleyle hem de karbona ilişkin elde edilen doğrusal ilişkiler; bantlar ve vejetasyon indisleri bakımından değerlendirildiğinde sırasıyla en yüksek ilişkiler Bant 1 ve SR indisi ile elde edilmiştir. Biyokütle ve karbon ile Bant 4, DVI ve EVI indisleri ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler elde edilememiştir.

Regresyon modellerinin oluşturulmasında; bant parlaklık değerleri (M1, *biyokütle* ve C1, *karbon* modelleri), vejetasyon indis değerleri (M2 ve C2 Modelleri) ve ikisinin birlikte değerlendirildiği regresyon modelleri (M3 ve C3 Modelleri) ayrı ayrı geliştirilmiştir. Bu modellerin tümü anlamlı olup, modellerde yer alan değişkenler istatistiksel olarak bağımlı değişkenlerle anlamlı ilişkiler göstermiştir ( $p < 0,05$ ). İleri aşamalı regresyon tekniği ile istatistiksel olarak anlamlı bulunan değişkenleri içeren modeller Denklem 12-17’de ve modellerde yer alan değişkenlere ilişkin parametre ve t değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

$$M1 = b_0 + b_1 \text{Bant 1} \quad (12)$$

$$M2 = b_0 + b_1 \text{NDVI} + b_2 \text{DVI} + b_3 \text{SAVI} \quad (13)$$

$$M3 = b_0 + b_1 \text{Bant 4} + b_2 \text{DVI} + b_3 \text{IPVI} + b_4 \text{SAVI} \quad (14)$$

$$C1 = b_0 + b_1 \text{Bant 1} \quad (15)$$

$$C2 = b_0 + b_1 \text{NDVI} + b_2 \text{EVI} + b_3 \text{SAVI} \quad (16)$$

$$C3 = b_0 + b_1 \text{Bant 1} + b_2 \text{Bant 2} + b_3 \text{Bant 4} + b_4 \text{NDVI} + b_5 \text{IPVI} + b_6 \text{SAVI} \quad (17)$$

Çizelge 3.1 Regresyon parametreleri ve t değerleri<sup>1</sup>

Modeller	Parametreler						
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>
M1	239,69 (4,86)	-0,74 (3,39)					
M2	-49,536 (1,11)	-4390,56 (2,54)	-0,48 (2,08)	2526,60 (2,90)			
M3	4863,83 (4,02)	-7,60 (4,38)	12,05 (4,20)	-3898,58 (2,58)	1923,00 (2,42)		
C1	125,56 (5,48)	-0,39 (3,88)					
C2	-38,69 (1,88)	-2062,06 (2,71)	16,78 (2,05)	1144,20 (2,99)			
C3	1932,08 (3,74)	-6,49 (4,66)	2,30 (2,37)	1,91 (3,58)	-3954,13 (5,01)	-1693,38 (2,67)	1101,93 (3,03)

Çizelge 3.2 Topraküstü biyokütle ile bant parlaklık ve vejetasyon indis değerleri arasındaki doğrusal ilişkiler

	Biyokütle	Bant1	Bant2	Bant3	Bant4	NDVI	SR	DVI	IPVI	EVI	SAVI
Biyokütle	1	<b>-0,44**</b>	<b>-0,41**</b>	<b>-0,40**</b>	<b>-0,07<sup>ns</sup></b>	<b>0,30*</b>	<b>0,34*</b>	<b>0,16<sup>ns</sup></b>	<b>0,30*</b>	<b>0,10<sup>ns</sup></b>	<b>0,32*</b>
Bant1		1	0,98**	0,98**	0,13 <sup>ns</sup>	-0,78**	-0,78**	-0,39**	-0,78**	-0,18 <sup>ns</sup>	-0,78**
Bant2			1	0,98**	0,13 <sup>ns</sup>	-0,78**	-0,77**	-0,39**	-0,77**	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,78**
Bant3				1	0,06 <sup>ns</sup>	-0,81**	-0,80**	-0,45**	-0,81**	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,81**
Bant4					1	0,49**	0,50**	0,85**	0,49**	-0,96**	0,52**
NDVI						1	0,99**	0,87**	0,99**	-0,43**	0,99**
SR							1	0,87**	0,98**	-0,43**	0,99**
DVI								1	0,86**	-0,80**	0,87**
IPVI									1	-0,43**	0,99**
EVI										1	-0,43**
SAVI											1

\* , 0.01 önem düzeyi ile anlamlı

\*\* , 0.05 önem düzeyi ile anlamlı

<sup>ns</sup> , istatistiksel olarak anlamsız ilişki

<sup>1</sup> Parantez içerisindeki değerler “t” değerlerini göstermektedir.

Geliştirilen modellerin doğruluk durumunu gösterir istatistiksel ölçüt değerleri biyokütle ve karbon için sırasıyla Çizelge 3.4 ve 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Topraküstü karbon ile bant parlaklık ve vejetasyon indis değerleri arasındaki doğrusal ilişkiler

	Karbon	Bant1	Bant2	Bant3	Bant4	NDVI	SR	DVI	IPVI	EVI	SAVI
Karbon	1	<b>-0,48**</b>	<b>-0,46**</b>	<b>-0,46**</b>	<i>0,01<sup>ns</sup></i>	<b>0,41**</b>	<b>0,44**</b>	<i>0,27<sup>ns</sup></i>	<b>0,40**</b>	<i>0,04<sup>ns</sup></i>	<b>0,43**</b>
Bant1		1	0,98**	0,98**	0,12 <sup>ns</sup>	-0,81**	-0,80**	-0,43**	-0,80**	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,81**
Bant2			1	0,98**	0,11 <sup>ns</sup>	-0,80**	-0,79**	-0,42**	-0,79**	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,80**
Bant3				1	0,05 <sup>ns</sup>	-,84**	-,82**	-,48**	-,83**	-0,07 <sup>ns</sup>	-,83**
Bant4					1	0,47**	0,48**	0,84**	0,48**	-0,96**	0,48**
NDVI						1	0,99**	0,87**	0,99**	-0,41**	0,99**
SR							1	0,87**	0,98**	-0,41**	0,99**
DVI								1	0,87**	-0,79**	0,87**
IPVI									1	-0,42**	0,99**
EVI										1	-0,41**
SAVI											1

Çizelge 3.4 Topraküstü biyokütle modellerinin doğruluk durumunu gösterir ölçüt değerleri<sup>2</sup>

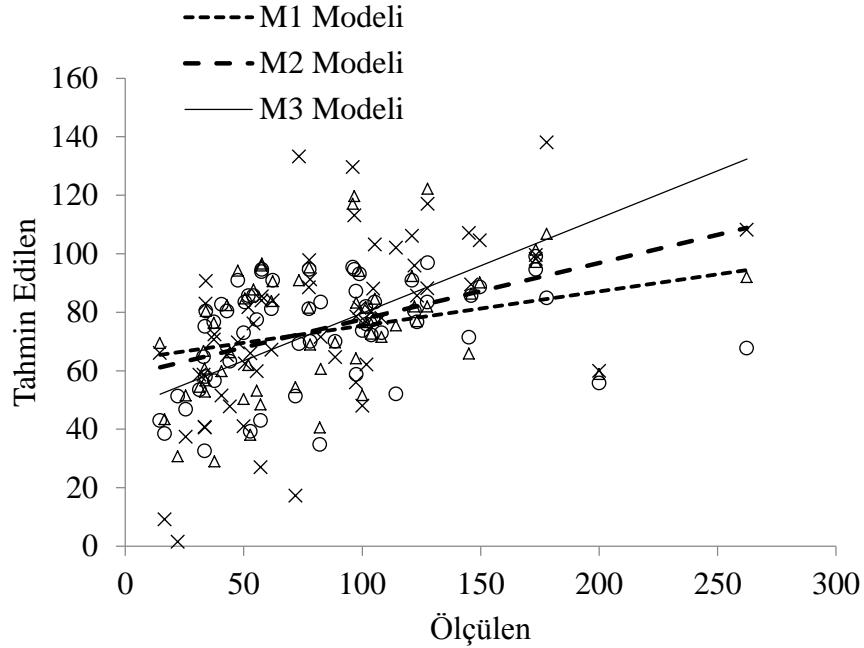
	HKOK	HKOK (%)	AIC	BIC	OMH	Mak. MH	$R^2_{düz.}$
M1	47,57 (3,0)	56,35 (3,0)	241,45 (1,0)	239,45 (3,0)	34,84 (3,0)	194,66 (3,0)	0,18 (2,4)
M2	44,80 (2,31)	53,07 (2,31)	241,74 (1,7)	237,93 (2,7)	33,60 (2,2)	170,39 (2,2)	0,23 (2,2)
M3	42,65 (1,0)	50,53 (1,0)	242,69 (3,0)	235,91 (1,0)	31,47 (1,0)	154,17 (1,0)	0,50 (1,0)

<sup>2</sup>Parantez içerisindeki değerler oransal sıra numaralarını göstermektedir.

Çizelge 3.5 Topraküstü karbon modellerinin doğruluk durumunu gösterir ölçüt değerleri<sup>3</sup>

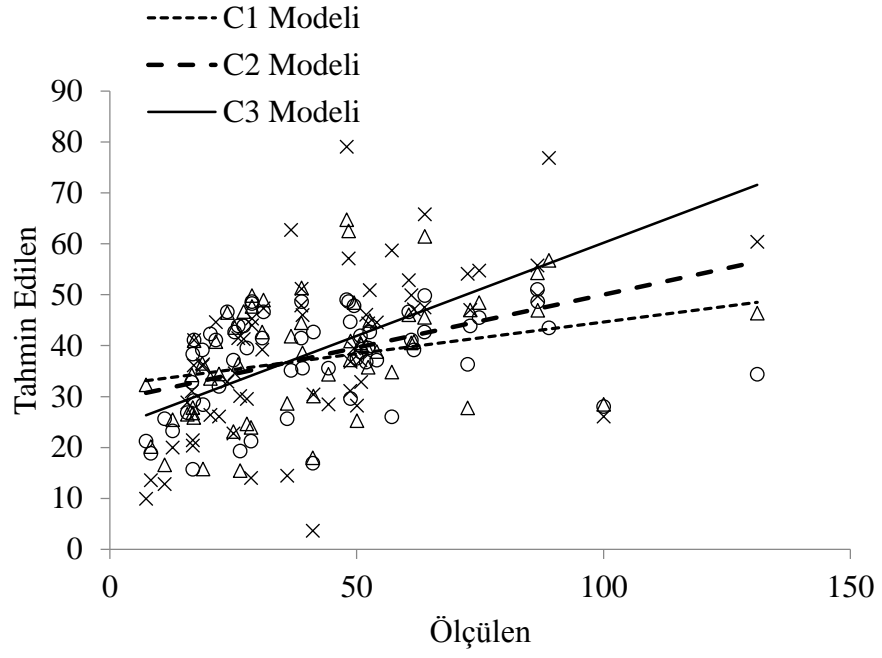
	HKOK	HKOK (%)	AIC	BIC	OMH	Mak. MH	$R^2_{düz.}$
C1	23,66 (3,0)	56,05 (3,0)	198,15 (1,0)	196,15 (3,0)	17,38 (4,0)	96,85 (3,0)	0,22 (3,0)
C2	22,38 (2,8)	53,01 (2,8)	198,69 (3,2)	194,89 (3,3)	16,85 (1,0)	84,84 (1,0)	0,31 (3,1)
C3	20,38 (1,0)	48,28 (1,0)	198,89 (3,0)	190,47 (1,0)	16,85 (1,0)	84,84 (1,0)	0,52 (1,0)

Çizelge 3.4 ve 3.5 incelendiğinde M3 ve C3 modellerinin istatistiki başarı ölçüt değerlerine göre en başarılı olduğu görülmektedir. Her iki model ilgili bağımlı değişkendeki varyansın yaklaşık %50'ni açıklayabilmektedir. HKOK değerinin %10'dan küçük olması beklenirken her iki model için oldukça yüksek hesaplanmıştır. Modellerin daha ayrıntılı değerlendirilmesi amacıyla "gözlem-tahmin grafiği" sırasıyla Şekil 2.3 ve 2.4'de verilmiştir.



Şekil 2.3 Topraküstü biyokütle modellerinin "gözlem-tahmin" dağılımı

<sup>3</sup> Parantez içerisindeki değerler oransal sıra numaralarını göstermektedir.



Şekil 2.4 Topraküstü karbon modelleri için "gözlem-tahmin" dağılımı

Şekil 2.3 ve 2.4 incelendiğinde M3 modelinin M1 ve M2'ye göre ve C3 modelinin C1 ve C2'ye göre gözlemlenen ve tahmin edilen değerler bakımından daha uyumlu olduğu görülmektedir.

#### 4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Göktürk-2 uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık ve vejetasyon indis değerleri ile topraküstü biyokütle ve karbon değerleri arasındaki ilişkiler çoğul regresyon analizi ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde bant parlaklık ve vejetasyon indislerinin birlikte yer aldığı regresyon modelleri bant parlaklık vejetasyon indislerinin ayrı ayrı yer aldığı regresyon modellerine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Çizelge 3.4 ve 3.5). Bununla birlikte bant parlaklık ve vejetasyon indislerinin birlikte yer aldığı regresyon modellerinin başarı düzeyi orta düzeyde olmuştur. Model başarılarının beklenen doğrulukta olmaması belli başlı nedenlerden kaynaklanabilir. Bu nedenler arasında uydu görüntüsünün geometrik olarak düzeltilmesinden kaynaklanabilecek hatalar, görüntüsünün alım zamanı, çalışma alanının topografik yapısı vb. sayılabilir. Bununla birlikte model başarı düzeylerinin beklenen doğrulukta olmaması çalışma alanındaki meşcere yapıları ile ilgili olabilmektedir. Çalışma alanının bulunduğu bölgede düşük yağış miktarının olması, vejetasyon döneminden görülen su açığı ve yüksek sıcaklık farkları kötü yetiştirme ortamlarına neden olmaktadır (Göl ve Abay 2003, Erşahin vd. 2016). Çalışma alanında bulunan meşcereler genellikle yetiştirme ortamının iyi olmaması nedeniyle düşük bonitetlere sahiptir (Çizelge 2.5). Bu nedenle ağaç boyları birbirine yakın olmasına rağmen göğüs yüksekliği çap değerleri bakımından oldukça değişken bir yapıya sahiptir. Ayrıca, karaçam ağaçlarının düşük kapalılıklarda azman yapma eğilimi vardır. Bu nedenle sık bir meşceredeki ağaç tepe alanları ile seyrek bir meşceredeki tepe alanları birbirinden oldukça farklı olabilmektedir. Meşcerelerin yaş, gelişim çağı, bonitet endeksi ve sıklık derecelerinin kısa sürelerde değişebilmesi, parçalı orman yapıları ve silvikültürel müdahaleler uzaktan algılama görüntüleri ile yersel veriler arasında düşük korelasyonların oluşmasına neden olabilmektedir (Lu vd. 2004, Ingram vd. 2005, Chirici vd. 2008, Günlü vd. 2008).

Bir diğer etken yanlış orjinlerle yapılan ağaçlandırma çalışmalarıdır. Karaçam İç Anadolu Bölgesi'nin ağaçlandırma çalışmalarında sıklıkla kullanılmakta ve, Çalışkan ve Boydak

(2017) tarafından belirtildiği üzere yanlış orijin seçimlerinden dolayı bu ağaçlandırma çalışmaları başarısız olmakta ve meşcereler parçalı bir yapıya geçebilmektedir. Bu nedenlerle uzaktan algılama verileri ve yersel veriler birbirinden uyumsuz olabilmekte ve uzaktan algılama verilerine dayalı modellerin başarı düzeyleri düşük kalabilmektedir. Yan vd. (2015) yıllık ortalama yağışın düşük olduğu ve stepe geçiş zonunda bulunan meşcerelerin biyokütle değerlerini Landsat ETM+ uydu görüntüsü ile tahmin etmiş ve 0,61 düzeltilmiş belirtme katsayısı elde etmiştir. Chenge ve Osho (2018) tartışmamızı destekler niteliktedir. Yıllık yağış miktarının oldukça yüksek olduğu (600-1200 mm) verimli karışık meşcerelerde Landsat 8 OLI verisini kullanarak bant ve vejetasyon indis değerleri ile meşcerelerin biyokütle ve karbon miktarlarını 0,80 ( $R_{düz.}^2$ ) düzeyinde tahmin etmişleridir. Benzer şekilde Dube vd. (2018) Landsat 8 OLI verisini kullanarak topraküstü toplam karbonu tahmin ettiği çalışmada yetiştirme ortamının kötü olduğu sahalarda 0,30 düzeyinde  $R^2$  elde etmiştir. Obeyed vd. (2018) yüksek çözünürlüklü WorldView-2 uydu görüntüsünden elde edilen Gölgeleme indisi (Shadow index) ve Normalize Edilmiş Bitki İndisi ve tekstür değerlerini kullanarak topraküstü biyokütle değerlerini tahmin etmişlerdir. Geliştirilen üssel modelin belirtme katsayısı 0,947 elde edilmiştir. Cao vd. (2019) Lidar uydu görüntüsünden elde edilen veriler ile bambu ormanlarının topraküstü biyokütle değerlerini tahmin etmiştir. Geliştirdikleri logaritmik modelin belirtme katsayısı 0,89'dur.

Bu tez çalışmasında doğrusal ilişkiler bakımından daha yüksek değerler Bant 1 ve SR indisi için elde edilmiştir (Çizelge 3.2 ve 3.3). NDVI, IPVI ve SAVI için nispeten daha küçük değerlerde doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Yan vd. (2015) MSAVI indisi ile NDVI, SAVI, DVI ve RVI indislerine göre daha yüksek doğrusal ilişkiler elde etmiştir. MSAVI ve SR indisinin elde edildiği bant kombinasyonları değerlendirildiğinde bu çalışmada elde edilen bulguların söz konusu çalışmayla uyumlu olduğu görülmektedir. Muhd-Ekhzarizal vd. (2018) SPOT-5 uydu görüntüsünden elde edilen NDVI, SAVI, GNDVI ve GEMI-NDVI indisleri ile toplam topraküstü biyokütle basit ve çoğul doğrusal regresyon modelleriyle tahmin etmiştir. En yüksek belirtme katsayısı NDVI ve GEMI-NDVI indislerinin kombinasyonları ile elde edilmiştir ( $R_{düz.}^2=0,59$ ). Söz konusu bu çalışmada



sadece vejetasyon indisleri bağımsız değişken olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada sadece vejetasyon indislerinin değerlendirildiği M2 modelinde (Çizelgeye 3.4) NDVI, DVI ve SAVI vejetasyon indislerinin kombinasyonları ile 0,23 değerinde  $R^2_{düz.}$  elde edilmiştir. Cheng ve Osho (2018) Landsat 8 OLI'den elde edilen bantları, vejetasyon indislerini ve bunların kombinasyonları toplam topraküstü biyokütleyi tahmin etmek için ayrı ayrı değerlendirmiş ve bu çalışmada olduğu gibi en yüksek  $R^2_{düz.}$  değerini (0,87) bant ve vejetasyon indislerinin kombinasyonları ile elde etmiştir. Dube vd. (2018) Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden elde edilen RVI, NDVI ve SAVI vejetasyon indislerini kullanarak topraküstü karbon miktarını tahmin etmiştir. Doğrusal regresyon modeli oluşturulmadan önce karbon miktarı ile ilgili vejetasyon indisleri arasındaki korelasyon hesaplanmış ve RVI'nın en yüksek ilişki gösterdiği raporlanmıştır ( $r=0,598$ ). Söz konusu çalışmada elde edilen belirtme katsayısı değeri ile bu çalışmada elde edilen belirtme katsayısı değeri oldukça birbirine yakındır ( $R^2 \sim 0,30$ ). Arıcak vd. (2015) yüksek çözünürlüklü RapidEye uydu görüntüsünden elde edilen bant ve vejetasyon indis değerleri ile meşcerelerin karbon miktarlarını basit doğrusal regresyon modelleri ile tahmin etmiştir. En yüksek belirtme katsayısını Bant 4 açıklayıcı değişkeni ile elde etmiştir ( $R^2=0,71$ ).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Göktürk-2 uydu görüntülerinden elde edilen bant parlaklık ve vejetasyon indis değerleri ile 61 örnek alana ilişkin topraküstü biyokütle ve karbon değerleri çoğul doğrusal regresyon analizinin ileriye doğru seçim tekniği kullanılarak tahmin edilmiştir (Denklem 12-17). Bant parlaklık değerleri, vejetasyon indis değeri ve ikisinin eş zamanlı değerlendirilmesi olmak üzere 3 farklı model yapısı oluşturmuştur. Sadece bant parlaklık değerleri dikkate alındığında istatistiksel olarak Bant 1 hem biyokütle hem de karbon ile anlamlı ilişkiler vermiştir. Vejetasyon indisleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde biyokütle ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler NDVI, DVI ve SAVI; karbon ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler NDVI, EVI ve SAVI açıklayıcı değişkenleri ile elde edilmiştir. Bant parlaklık ve vejetasyon indis değerleri eş zamanlı değerlendirildiğinde biyokütle ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler Bant 4, NDVI, IPVI ve SAVI; karbon ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler Bant 1-2-4, NDVI, IPVI ve SAVI açıklayıcı değişkenleri ile elde edilmiştir. Bu model yapılarının içerisinde daha başarılı olanlar hem biyokütle hem de karbon için bant parlaklık ve vejetasyon indis değerlerinin birlikte değerlendirildiğinde elde edilmiştir.

Biyokütle ve karbon için geliştirilen en başarılı doğrusal regresyon modelleri orta düzeyde açıklayıcılığa sahip değildir ( $R_{aüz.}^2 \sim 50$ ). Hem uydu görüntüsünden hem de örneklenen meşcere yapılarından kaynaklanan sebepler yersel veriler ile Göktürk-2 uydusundan elde edilen görüntüler arasında uyumsuzluğa neden olmuş olabilir. Yansıma değerleri yerine bant parlaklık değerlerinin kullanılması; kötü yetişme ortamından kaynaklanan çap, boy ve tepe çapı arasındaki uyumsuzluk hem de tez konusu ağaç türünün karakteristik özellikleri bu sebepler arasında sayılabilir.

Özellikle stepe geçiş zonları gibi ekolojik şartların zor olduğu bölgelerde ilgili değişkenin yeterli oranda temsil edilememesi durumunda alana ilişkin topoğrafik ve iklimik etkenlerin de değerlendirilmesi geliştirilecek modellerin başarısını artırabilir. Bu tip

ekosistemlerde uzaktan algılama çalışmalarının gelişebilmesi ve bilgi ve tecrübe birikiminin artırılması için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.



## KAYNAKLAR

- Affleck, D. L. (2019). Aboveground biomass equations for the predominant conifer species of the Inland Northwest USA. *Forest ecology and management*, 432; 179-188.
- Alcamo, J., Moreno, J. M., Nováky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R., Giannakopoulos, C., Martin, E., Olesen, J. E., Shvidenko, A. (2007). *Europe. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ipcw Wgii Fourth Assessment Report*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 541-580.
- Aricak, B., Bulut, A., Altunel, A. O., Sakici, O. E. (2015). Estimating above-ground carbon biomass using satellite image reflection values: a case study in camyazi forest directorate, Turkey. *Şumarski list*, 139 (7-8); 369-376.
- Asan, Ü. (1995). Global iklim değişimi ve Türkiye ormanlarında karbon birikimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 45 (1-2); 23-38.
- Aydın, A. C. (2016). Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.)'nde biyokütle araştırmaları. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 78 s.
- Barbati, A., Marchetti, M., Chirici, G., Corona, P. (2014). European forest types and forest Europe SFM indicators: tools for monitoring progress on forest biodiversity conservation. *Forest Ecology and Management*, 321; 145-157.
- Bulut, A. (2012). Ormanların karbon depolama kapasitesinin üç farklı uydu görüntüsü kullanılarak uzaktan algılama yöntemi ile belirlenmesi (alacadağ orman işletme şefliği örneği). Yüksek Lisans, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Amenajmanı Bilim Dalı, 88 s.
- Bulut, S., Günlü, A., Keleş, S. (2016) Estimation of some stand parameters using Göktürk-2 satellite image. 1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016), Bursa.
- Camia, A., Amatulli, G., San-Miguel-Ayanz, J. (2008). Past and future trends of forest fire danger in Europe.
- Cao, L., Coops, N. C., Sun, Y., Ruan, H., Wang, G., Dai, J., She, G. (2019). Estimating canopy structure and biomass in bamboo forests using airborne LiDAR data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 148; 114-129.
- Casalegno, S., Amatulli, G., Bastrup-Birk, A., Houston, T. (2007) Modelling current and future distribution of European forest categories. *Proceedings of the 6th European Conference on Ecological Modelling: Challenges for ecological modelling in a changing world: Global Changes, Sustainability and Ecosystem Based Management*, pp. 27-30.
- Chenge, I. B., Osho, J. S. (2018). Mapping tree aboveground biomass and carbon in Omo Forest Reserve Nigeria using Landsat 8 OLI data. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 80 (4); 341-350.
- Chirici, G., Barbati, A., Corona, P., Marchetti, M., Travaglini, D., Maselli, F., Bertini, R. (2008). Non-parametric and parametric methods using satellite images for

- estimating growing stock volume in alpine and Mediterranean forest ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 112 (5); 2686-2700.
- Clerici, N., Rubiano, K., Abd-Elrahman, A., Posada Hoestettler, J., Escobedo, F. (2016). Estimating aboveground biomass and carbon stocks in periurban Andean secondary forests using very high resolution imagery. *Forests*, 7 (7); 138.
- Clevers, J. (1988). The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 25 (1); 53-69.
- Crippen, R. E. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote sensing of Environment*, 34 (1); 71-73.
- Çalışkan, S., Boydak, M. (2017). Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41 (5); 317-330.
- Çil, B. (2014). Bazı meşcere parametrelerinin farklı uydu görüntüleri yardımıyla tahmin edilmesi: Kelkit ve Iğdır planlama birimi örneği, KTÜ Orman Fakültesi, 86 s.
- Çil, B., Karahalil, U., Karşlı, F. (2015) Uzaktan algılama verileri yardımıyla bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi: Kütahya/Tetik Planlama Birimi Örneği. TUFUAB VIII Teknik Sempozyumu, Konya.
- Çolak, A. H., Rotherham, I. D. (2006) A review of the forest vegetation of Turkey: its status past and present and its future conservation. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*. JSTOR, pp. 343-354.
- Dube, T., Muchena, R., Masocha, M., Shoko, C. (2018). Estimating soil organic and aboveground woody carbon stock in a protected dry Miombo ecosystem, Zimbabwe: Landsat 8 OLI data applications. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 105; 154-160.
- Eastaugh, C., Eng, B. (2008). Adaptations of forests to climate change: a multidisciplinary review. IUFRO Secretariat Vienna, Austria.
- Ercanli, İ. (2018). Positive effect of forest structural diversity on aboveground stand carbon stocks for even-aged Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in the Sarıçiçek Forest, Northern Turkey. *Scandinavian journal of forest research*, 33 (5); 455-463.
- Erşahin, S., Bilgili, B. C., Dikmen, Ü., Ercanli, I. (2016). Net primary productivity of Anatolian forests in relation to climate, 2000–2010. *Forest Science*, 62 (6); 698-709.
- Fang, J., Chen, A., Peng, C., Zhao, S., Ci, L. (2001). Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998. *Science*, 292 (5525); 2320-2322.
- Gögerçin, R., Günlü, A. (2017). ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanında Göktürk-2 Uydu Görüntüsü Kullanılarak Bazı Meşcere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3 (1); 1-13.
- Göl, C., Abay, G. (2003). Researches on General Soil Properties and Nature Plant Species of Plantation Area of Cankın Forestry Faculty of Ankara University (in Turkish). *Journal of South-West Anatolia Forest Research Institute*, 5 (211).
- Görücü, Ö., Eker, Ö. (2009). Kahramanmaraş Ayvalı baraj havzasında karbon emisyonu ve ekonomisi üzerine araştırmalar. II. Ormanlıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi; 19-21.
- Gülsunar, M. (2011). Ormanların karbon depolama kapasitesinin uzaktan algılama yöntemi ile belirlenmesi (Düzdağ Orman İşletme Şefliği ). Yüksek Lisans, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 89 s.

- Günlü, A., Ercanlı, İ. (2019). Artificial neural network models by ALOS PALSAR data for aboveground stand carbon predictions of pure beech stands: a case study from northern of Turkey. *Geocarto International*; 1-12.
- Günlü, A., Ercanlı, I., Başkent, E., Çakır, G. (2014). Estimating aboveground biomass using Landsat TM imagery: A case study of Anatolian Crimean pine forests in Turkey. *Annals of Forest Research*, 57 (2); 289-298.
- Günlü, A., Sivrikaya, F., Baskent, E., Keles, S., Çakır, G., Kadiogullari, A. (2008). Estimation of stand type parameters and land cover using Landsat-7 ETM image: A case study from Turkey. *Sensors*, 8 (4); 2509-2525.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25 (3); 295-309.
- İnce, K. (2011). Uzaktan algılama yöntemiyle karbon depolama miktarının belirlenmesi (Artvin örneği). Yüksek Lisans, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 116 s.
- Ingram, J. C., Dawson, T. P., Whittaker, R. J. (2005). Mapping tropical forest structure in southeastern Madagascar using remote sensing and artificial neural networks. *Remote Sensing of Environment*, 94 (4); 491-507.
- Jordan, C. F. (1969). Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. *Ecology*, 50 (4); 663-666.
- Kahyaoğlu, N. (2017). Sinop yöresi doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarının toprak üstü biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi Doktora, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 217 s.
- Kalıpsız, A. (1963). Türkiye’de karaçam meşcerelerinin tabii bünyesi ve verim kudreti üzerine araştırmalar. OGM Yayınları, (349).
- Karahalil, U., Başkent, E. Z., Bulut, S. (2018). The effects of land cover changes on forest carbon storage in 40 years: a case study in Turkey. *International Journal of Global Warming*, 14 (2); 207-223.
- Keleş, S. (2016). Comparison of alternative approaches of estimating above-ground tree biomass in a forest ecosystem of Turkey. *International Journal of Global Warming*, 9 (3); 397-406.
- Konukcu, M. (2001). Ormanlar ve ormancılığımız. DPT, (2630); 238.
- Köse, S., Çakır, G., Sönmez, T., Sivrikaya, F. (2002). Uzaktan algılamanın orman amenajman planlamasında ve bilgi sistemleri kurulmasındaki önemi.
- Lavalle, C., Micale, F., Houston, T. D., Camia, A., Hiederer, R., Lazar, C., Conte, C., Amatulli, G., Genovese, G. (2009). Climate change in Europe. 3. Impact on agriculture and forestry. A review. *Agronomy for sustainable Development*, 29 (3); 433-446.
- Li, Y., Han, N., Li, X., Du, H., Mao, F., Cui, L., Liu, T., Xing, L. (2018). Spatiotemporal Estimation of Bamboo Forest Aboveground Carbon Storage Based on Landsat Data in Zhejiang, China. *Remote Sensing*, 10 (6); 898.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E. (2004). Relationships between forest stand parameters and Landsat TM spectral responses in the Brazilian Amazon Basin. *Forest ecology and management*, 198 (1-3); 149-167.

- Muht-Ekhzarizal, M., Mohd-Hasnadi, I., Hamdan, O., Mohamad-Roslan, M., Noor-Shaila, S. (2018). Estimation of aboveground biomass in mangrove forests using vegetation indices from SPOT-5 image. *Journal of Tropical Forest Science*, 30 (2); 224-233.
- Nuthammachot, N., Phairuang, W., Wicaksono, P., Sayektiningsih, T. (2018). Estimating Aboveground Biomass on Private Forest Using Sentinel-2 Imagery. *Journal of Sensors*, 2018.
- Obeied, M. H., Mustafa, Y. T., Akrawee, Z. M. (2018) Estimating and Mapping Aboveground Biomass of Natural *Quercus Aegilops* Using WorldView-3 Imagery. 2018 International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE). IEEE, pp. 437-442.
- OGM (2015) Türkiye orman varlığı. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü.
- Okan, E. (2018). Saf ve karışık meşcerelerde karbon depolama kapasitelerinin biyokütle modelleri ve BEF katsayıları yardımıyla tespitinin incelenmesi. Yüksek Lisans, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 75 s.
- Ou, G., Li, C., Lv, Y., Wei, A., Xiong, H., Xu, H., Wang, G. (2019). Improving Aboveground Biomass Estimation of *Pinus densata* Forests in Yunnan Using Landsat 8 Imagery by Incorporating Age Dummy Variable and Method Comparison. *Remote Sensing*, 11 (7); 738.
- Pehlivan, S. (2017). Durusu kumul ağaçlandırmasında ağaç kütlelerinde depolanan karbon miktarının farklı modeller ile tahmini Doktora, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlmi ve Ekoloji Bilim Dalı.
- Poudel, K. P., Cao, Q. V. (2013). Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *Forest Science*, 59 (2); 243-252.
- Retnowati, E. (2000) Climate change and the role of forest as carbon sinks in indonesia. *Página da Internet* [http://www.fao.org/montes/foda/wforcong/publi/v1/t4e/4 ...](http://www.fao.org/montes/foda/wforcong/publi/v1/t4e/4...)
- Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Schell, J., Deering, D. (1973). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation.
- Sağlam, F. (2016). Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold) meşcereleri için topraküstü biyokütle tablolarının düzenlenmesi ve uyumlu biyokütle-hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 126 s.
- Sakıcı, O. E. (2016). Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü saf Karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold) meşcereleri için topraküstü biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi, uyumlu hacim ve biyokütle denklemlerinin geliştirilmesi ve Hacim yoğunluk Değeri-Biyokütle İlişkilerinin Araştırılması. TÜBİTAK TOVAG Projesi, Proje No: 214O217.
- Sakıcı, O. E., Kucuk, O., Ashraf, M. I. (2018a). Compatible above-ground biomass equations and carbon stock estimation for small diameter Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.). *Environmental monitoring and assessment*, 190 (5); 285.
- Sakıcı, O. E., Seki, M., Sağlam, F. (2018b). Above-ground biomass and carbon stock equations for Crimean pine stands in Kastamonu region of Turkey. *FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*, 27 (10); 7079-7089.

- Saraçoğlu, N. (1998). Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) biyokütle tabloları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22; 93-100.
- Savaşer, E. (2016). Saf doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ormanlarında toprak üstü biyokütle ile bazı ekolojik faktörler arasındaki ilişkiler: Sinop-Türkeli örneği. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Sharma, M., Parton, J. (2007). Height–diameter equations for boreal tree species in Ontario using a mixed-effects modeling approach. *Forest Ecology and Management*, 249 (3); 187-198.
- Suganuma, H., Aikawa, S.-i., Sakai, Y., Hamano, H., Takahashi, N., Tahara, K., Kawarasaki, S., Utsugi, H., Egashira, Y., Kawanishi, T. (2019). Estimation of CO2 sequestration potential by afforestation in the arid rangelands of Western Australia based on long-term empirical data. *Ecological Engineering*, 133; 109-120.
- Şatiroğlu, S. (2015). Malatya Arapgir yöresi meşe baltalıklarının toprak üstü biyokütlesi Yüksek Lisans, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 68 s.
- Turan, S. Ö., Günlü, A. (2010). Spatial and temporal dynamics of land use pattern response to urbanization in Kastamonu. *African Journal of Biotechnology*, 9 (5).
- TÜİK (2016a). Kyoto Protokolü. <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/AnaSayfa/Kyoto.aspx?sflang=tr>.
- TÜİK (2016b). Sera Gazı Emisyon Envanteri. <https://iklim.csb.gov.tr/sera-gazi-emisyon-envanteri-i-7103>.
- URL-1 Rio Sözleşmesi. <http://www.ncsa-turkey.cevreorman.gov.tr/rio-sozlesmeleri.aspx>.
- URL-2 Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- URL-3 Türkiye Havacılık ve Uzay Sanayi. <https://www.tai.com.tr/en/product/gokturk-2>.
- Victor, A. E. (2019). Above-ground carbon stock estimation using pleiades satellite imagery of the secondary forest ecosystem in Ibadan, Nigeria. *Forestry Research and Engineering: International Journal*, 3 (2); 46-54.
- Vierling, L. A., Fersdahl, M., Chen, X., Li, Z., Zimmerman, P. (2006). The Short Wave Aerostat-Mounted Imager (SWAMI): A novel platform for acquiring remotely sensed data from a tethered balloon. *Remote sensing of environment*, 103 (3); 255-264.
- Wang, J., Zhang, L., Feng, Z. (2018). Allometric equations for the aboveground biomass of five tree species in China using the generalized method of moments. *The Forestry Chronicle*, 94 (3); 214-220.
- Yan, F., Wu, B., Wang, Y. (2015). Estimating spatiotemporal patterns of aboveground biomass using Landsat TM and MODIS images in the Mu Us Sandy Land, China. *Agricultural and forest meteorology*, 200; 119-128.
- Yao, Z., Liu, J., Zhao, X., Long, D., Wang, L. (2015). Spatial dynamics of aboveground carbon stock in urban green space: a case study of Xi'an, China. *Journal of Arid Land*, 7 (3); 350-360.
- Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., Tüfekçioğlu, A., Karahalil, U., Küçük, M. (2010). Karadeniz Bölgesi Saf ve Karışık Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) Meşcereleri için Mekanistik Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi, Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi. TÜBİTAK TOVAG Projesi, Proje No: 106O274.



Zeng, W., Fu, L., Xu, M., Wang, X., Chen, Z., Yao, S. (2018). Developing individual tree-based models for estimating aboveground biomass of five key coniferous species in China. *Journal of Forestry Research*, 29 (5); 1251-1261.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Nesrin BOLAT  
Doğum Yeri ve Tarihi : Adana, 05.07.1992  
Yabancı Dili : İngilizce (YDS Puanı 56,25)  
İletişim (E-posta) : nesrinndiyar@gmail.com

### Eğitim Durumu

Lise : Adana Kız Lisesi  
Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi/Orman Fakültesi/Orman  
Mühendisliği

Çalıştığı Kurum : Çankırı İl Emniyet Müdürlüğü/Toplum Destekli Polislik  
Şube Müdürlüğü