

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**LANDSAT 8 OLI UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK SAF KARAÇAM
(*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)
MEŞCERELERİNDE TOPRAKÜSTÜ BİYOKÜTLENİN TAHMİN EDİLMESİ
(ARAÇ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ)**

RAMAZAN TURGUT

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ÇANKIRI

2019

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Landsat 8 OLI Uydu Görüntüsü Kullanılarak Saf Karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinde Topraküstü Biyokütlenin Tahmin Edilmesi (Araç Orman İşletme Şefliği Örneği)

Ramazan TURGUT

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Alkan GÜNLÜ

Bu çalışmanın amacı, Araç Orman İşletme Şefliğinde Landsat 8 OLI uydu görüntüsü kullanılarak topraküstü biyokütlenin tahmin edilmesidir. Toplam 317 adet örnek alandan yersel ölçümlerle elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu veriler kullanılarak her bir örnek alana ilişkin topraküstü biyokütle hesaplanmıştır. Bununla birlikte, her bir örnek alanın koordinat değerleri kullanılarak Landsat 8 OLI uydu görüntüsü üzerine aktarılarak her bir örnek alana ilişkin bant parlaklık, vejetasyon indis değerleri ile tekstür değerleri hesaplanmıştır. Bant parlaklık değerleri, vejetasyon indis değerleri ve tekstür değerleri ile topraküstü biyokütle değerleri arasındaki ilişkiler çoğul regresyon analizi ile ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, Bant2, Bant4, Bant6 ve Bant11'in bağımsız değişken olarak yer aldığı regresyon denklemi ile topraküstü biyokütle arasında ($R_a^2=0.445, Sy. x=37.1738 \text{ ton/ha}^{-1}$), FII, DVI, EVI ve IPVI vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak yer aldığı regresyon denklemi ile topraküstü biyokütle arasında ($R_a^2=0.387, Sy. x=39.4221 \text{ ton/ha}^{-1}$), Bant1_5x5_COR, Bant7_9x9_COR, Bant11_3x3_COR, Bant3_3x3_COR, Bant3_9x9_COR, Bant10_9x9_H, Bant11_5x5_M, Bant7_5x5_V, Bant11_7x7_COR, Bant8_7x7_COR ve Bant4_3x3_M tekstür özelliklerinin bağımsız değişken olarak yer aldığı regresyon denklemi ile topraküstü biyokütle arasında ($R_a^2=0.552, Sy. x=33.7669 \text{ ton/ha}^{-1}$) ilişkiler bulunmuştur. Landsat 8 OLI uydu görüntüsü kullanılarak topraküstü biyokütlenin tahmin edilmesinde tekstür özelliklerinin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

2019, 45 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Topraküstü biyokütle, Landsat 8 OLI uydu görüntüsü, modelleme, Karaçam

ABSTRACT

MSc. Thesis

Estimating Aboveground Biomass using Landsat 8 OLI Satellite Image in pure Crimean pine (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) stands (A Case Study in Araç Forest Enterprise)

Ramazan TURGUT

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

Supervisors: Assoc Prof. Dr. Alkan GÜNLÜ

The aim of this study is to estimate the aboveground biomass using Landsat 8 OLI satellite image in Araç Forest Enterprise. The data obtained from ground measurements in 317 sample plots were used. Above-ground biomass for each sample plot was calculated using this data. The band brightness, vegetation indices and texture features values of each sample plot were calculated from the coordinate values of each sample area that were transferred to the Landsat 8 OLI satellite image. The relationships between the aboveground biomass with the band brightness, vegetation indices and texture features values were determined by multiple regression analysis. The results revealed that the aboveground biomass model using Band2, Band4, Band6 and Band11 had an adjusted R^2 of 0.445, $Sy.x=37.1738$ ton/ha⁻¹, the aboveground biomass model using FII, DVI, EVI and IPVI vegetation indices had an adjusted R^2 of 0.387, $Sy.x=39.4221$ ton/ha⁻¹, the aboveground biomass model using Band1_5x5_COR, Band7_9x9_COR, Band11_3x3_COR, Band3_3x3_COR, Band3_9x9_COR, Band10_9x9_H, Band11_5x5_M, Band7_5x5_V, Band11_7x7_COR, Band8_7x7_COR and Band4_3x3_M had an adjusted R^2 of 0.552, $Sy.x=33.7669$ ton/ha⁻¹. In conclusion, the texture features values were better for the prediction of aboveground biomass by using the Landsat 8 OLI satellite image.

2019, 45 pages

KEY WORDS: Aboveground Biomass, Landsat 8 OLI satellite image, modelling, Black pine

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Landsat 8 OLI Uydu Görüntüsü Kullanılarak Saf Karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinde Topraküstü Biyokütlenin Tahmin Edilmesi (Araç İşletme Şefliği Örneği) isimli bu çalışma, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın planlanmasından bitimine kadar her aşamasında, destek ve katkılarıyla çalışmamı yönlendiren, bilgi ve tecrübelerinden sürekli istifade ettiğim danışman hocam Sayın Doç. Dr. Alkan GÜNLÜ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmamda destek ve katkılarıyla çalışmamı yönlendiren, bilgi ve tecrübelerinden s istifade ettiğim hocalarım Sayın Prof. Dr. Sedat KELEŞ'e ve Sayın Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Büro çalışmalarına eşlik eden Arş. Gör. Sinan BULUT'a teşekkür ederim.

Tez kapsamında kullanılan envanter karnesi verilerini sağlayan Orman Genel Müdürlüğüne bağlı Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde çok büyük emekleri geçen, hayatım boyunca bana her türlü konuda destek olan başta annem ve babam olmak üzere sevgili eşime, kardeşlerime ve dünyalar tatlısı yakışıklı oğluma teşekkür ederim. Bana manevi olarak destek veren Araç Orman İşletme Müdürlüğünde görev yapan tüm Orman Mühendisi arkadaşlarıma teşekkür ederim. Bu çalışmanın topraküstü biyokütle ile ilgilenen herkese faydalı olması ve yapılacak yeni araştırmalara katkı sağlaması en büyük dileğimdir.

Ramazan TURGUT

Çankırı, Haziran 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM	8
2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı	8
2.2. Çalışma Alanına İlişkin Yapılan Çalışmalar.....	9
2.3. Materyal	10
2.4. Yöntem	10
2.4.1. Envanter karnelerine ilişkin değerlendirmeler	10
2.4.2. Landsat 8 OLI Uydu görüntüsüne ilişkin değerlendirmeler	11
2.4.3. Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden bant parlaklık değerlerinin elde edilmesi.....	12
2.4.4. Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden vejetasyon indis değerlerinin elde edilmesi.....	13
2.4.5. Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden tekstür değerlerinin elde edilmesi	14
2.5. İstatistiksel Analiz	15
3. BULGULAR.....	17
3.1. Landsat 8 OLI Uydu Görüntüsüne İlişkin Bulgular.....	17
3.2. Regresyon Modellerine İlişkin Bulgular	18
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	24
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	29
KAYNAKLAR.....	30
EKLER.....	34
ÖZGEÇMİŞ	45

SİMGELER DİZİNİ

ARVI	Atmospherically Resistant Vegetation İndex
ASVI	Atmospheric and Soil Vegetation İndex
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
Cm	Santimetre
d _{1.3}	Göğüs Yüksekliği Çapı
dbh	Örnek alan içerisinde yer alan ağaçların göğüs yüksekliğindeki çapı
DVI	Difference Vegetation İndeks
ETM+	Enhanced Thematic Mapperplus
EVI	Enhanced Vegetation İndex
GPS	Global Position System
h	Boy
ha	Hektar
IPVI	Infrared Percentage Vegetation İndex
M _{AG}	Topraküstü Biyokütle Miktarı (ton)
MID	Middle Infrared Wavelengths
MSAVI	Modified Soil Adjusted Vegetation İndex
ND	Normalized Difference
NDVI	Normalized Difference Vegetation İndex
NDWI	Normalized Difference Water İndex
OLI	Operational Land Imager
R ² _a	Düzeltilmiş Belirleme Katsayısı
RMS	Karesel Ortalama Hata
RVI	Ratio Vegetation İndex
SAVI	Soil Adjusted Vegetation İndex
TM	Thematic Mapper

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Çalışma alanının konumu	8
Şekil 2.2 Çalışma alanının saf karaçam meşcerelerinin yayılışı	9
Şekil 2.3 Örnek alanlara ilişkin bant parlaklık değerinin hesaplanması	13
Şekil 3.1 Bant parlaklık değerlerine göre tahmini topraküstü biyokütle ile ölçülen biyokütle ilişkisi	19
Şekil 3.2 Bant parlaklık değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini topraküstü biyokütle ilişkisi	19
Şekil 3.3 Vejetasyon indislerine göre tahmini topraküstü biyokütle ile ölçülen biyokütle ilişkisi	20
Şekil 3.4 Vejetasyon indis değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini topraküstü biyokütle ilişkisi	21
Şekil 3.5 Tekstür özellikleri değerlerine göre tahmini topraküstü biyokütle ile ölçülen biyokütle ilişkisi	22
Şekil 3.6 Tekstür özellikleri değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini topraküstü ilişkisi.....	23

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Çalışma alanındaki meşcerelerinin alansal durumu	9
Çizelge 2.2 Örnek alanlara ilişkin tanımlayıcı istatistiki değerler	9
Çizelge 2.3 Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne ilişkin bazı bilgiler	11
Çizelge 2.4 Çalışmada kullanılan vejetasyon indisleri	14
Çizelge 2.5 Çalışmada kullanılan bazı tekstür özelliklerine ilişkin semboller	15
Çizelge 3.1 Örnek alanlara ilişkin bant parlaklık değerlerine göre tanımlayıcı istatistiki değerler	17
Çizelge 3.2 Örnek alanlara ilişkin vejetasyon indislerine göre tanımlayıcı istatistiki değerler	17
Çizelge 3.3 Topraküstü biyokütleyi bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları	18
Çizelge 3.4 Topraküstü biyokütleyi vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları	20
Çizelge 3.5 Topraküstü biyokütleyi tekstür özelliği değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları	21

1. GİRİŞ

İnsanların ormanla olan ilişkisi insanoğlunun varoluşu ile başlayıp günümüze kadar devam etmiştir. Ormanlar ilk etapta günlük ihtiyaç ve barınak amaçlı kullanılmıştır. Zamanla hızlanarak artan nüfus ve teknolojik gelişmeler ile ormanlara yönelik talep artmış ve çeşitlenmiştir. Fakat artan bu talepler ormanları tahrip ederek karşılanmıştır. Tahribat sonucunda su kaynaklarının kirlenmesi ve yok olması, toprak kayıpları, biyolojik çeşitliliğin azalması, çevre kirliliği, orman yapılarının bozulması ve orman alanlarının parçalanması gibi olumsuzluklar ortaya çıkmış ve tüm bu olumsuzluklar ekseninde orman ekosistemlerinin yapısı sürekli olarak gerileme göstermiştir. Bununla birlikte ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel açıdan ormanların sağladığı fonksiyonların sürdürülebilirliğini de olumsuz etkilemiştir (Eraslan, 1982; Kapucu, 2004).

Yapılan çalışmalar dünyadaki CO₂ seviyesinin son 200 yıl içerisinde % 31 arttığını ifade etmektedir. Atmosferde biriken CO₂'in 2/3' ünün fosil yakıt tüketiminden, 1/3'ünün de arazi kullanım değişimi ve ormansızlaşmadan kaynaklandığı belirlenmiştir (OGM, 2009; Ülküdür, 2010). Bu durum mevcut enerji kaynaklarının kullanımlarının tartışılmasına ve yeni enerji kaynakları aranmasına yol açmıştır. Ayrıca enerji kaynakları olarak kullanılan petrol, kömür ve doğal gazın yan ürünlerinin çevreye verdiği zararın dışında bu kaynakların rezervlerinin sınırlı olması da büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bu durum hem temiz hem de yenilenebilir enerji kaynakları olan güneş, rüzgar, dalga, jeotermal ve biyokütle enerjisinin önemini arttırmış ve bu yönde çalışmaların hız kazanmasını sağlamıştır. Yenilenebilir enerji, 2007 yılında dünya toplam birincil enerji arzının %18'ini oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji arzının % 79'unu da biyokütle meydana getirmektedir (Yüksel ve Kaygusuz, 2011).

Biyokütle; bitkilerin ve ağaçların oluşturduğu bütün organik maddeleri tanımlayan bir terimdir. Fotosentez sürecinde güneş enerjisinin toplandığı ve depolandığı alanlardır. Karbon havuzu olarak nitelendirilen ekosistemlerden biri olan orman ekosistemi bünyesinde fotosentez ile depolanmaktadır. Orman biyokütlesi yaklaşık olarak

yerüstündeki karasal karbonun %80'ini ve yeraltındaki karbonun %40'ını içerisinde tutmaktadır (Dixon vd., 1994; Goodale vd., 2002; Karabürk, 2010). Küresel ısınmaya neden olan sera gazları arasında CO₂ en önemli etkiye sahiptir. Sera etkisi üzerindeki en büyük pay CO₂'ye aittir ve oranı milyonda 1,5'tir. NO₂ etkisi milyarda 1'den az, CH₄'ün etkisi ise yüz milyonda 1'dir. Bunun sonucu olarak sera etkisinin birincil nedeninin CO₂ miktarının yükselmesi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte küresel iklim değişikliğini önlemede öncelik CO₂'ye verilmektedir. Böylece yasal düzenlemeler ile atmosfere bırakılan CO₂ miktarını düzenleyerek ve mevcut orman kaynaklarını koruyarak ve genişleterek CO₂ salınımının azaltılmasına gayret edilmektedir (Asan vd. 1999).

Bir ağaca ilişkin biyokütle bileşenleri ağaç üzerinde buldukları yere göre topraküstü ve toprakaltı biyokütle bileşenleri olarak iki ana kısımda sınıflandırılırlar. Topraküstü biyokütle gövde, kabuk, dal ve yaprak biyokütlesinden oluşurken, toprakaltı biyokütle ise kalın ve ince kök biyokütlesini ihtiva etmektedir (Sağlam 2016). Ormanların en büyük biyokütle kaynağı olan ağaçların yalnız odun hammaddesi olarak değerlendirilmesi yeterli olmayıp, ayrıca ekosistem araştırması ve orman ekosistemi içindeki biyolojik ilişkilerin açıklanmasında, ormanların topraküstü ve toprakaltı biyokütle üretimlerinin bilinmesi gerekmektedir (Saraçoğlu, 1998).

Orman ekosistemlerinin küresel karbon döngüsünün düzenlenmesine ve küresel iklim değişiminin kısmen yumuşatılmasına sundukları katkılar nedeniyle, tüm dünyada ormanların biyokütleleri ve depoladıkları karbon miktarlarının ölçümü ve gözlenmesi ile ilgili araştırmalara oldukça önem verilmektedir (Vogt, 1991; Araújo, Higuchi ve Carvalho Junior, 1999; Brown, 2002; Peichl ve Arain, 2007; Guendehou vd., 2012).

Biyokütlesi belirlenmek istenen bir meşcerenin tüm biyokütle bileşenlerini ölçmek hem pratik hem de ekonomik değildir. Bunun yerine birim alan ya da ağaçlara ilişkin biyokütle örnekleme yapmak suretiyle belirlenmektedir (Alemdağ, 1981).

Biyokütleyi belirlemek için çeşitli yöntemler mevcuttur. Birim alan yöntemi, orta ağaç yöntemi, regresyon yöntemi, BEF katsayıları ve son yıllarda teknolojik imkanların artması sonucu uzaktan algılama yöntemleri biyokütle hesaplamalarında kullanılan yöntemlerdir. Bunlardan ilk üçü biyokütlenin belirlenmesinde yersel ölçümleri kullanılırken, diğer iki yöntem ise yersel ölçümlere gerek duymadan biyokütlenin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır.

Uzaktan algılama biyokütlenin dolaylı yoldan belirlendiği en yeni yöntemdir. Uydu görüntüleri, hava fotoğrafları, sayısal yükseklik modelleri gibi verilerin kullanıldığı bu yöntemde örnek alanlardaki var olan biyokütlenin arazi çalışmaları ile belirlenmesi ve bu değerlerin uzaktan algılama verisi ile ilişkilendirilmesi esastır (Dong et al. 2003). Yöntemin en önemli avantajı geniş alanlarda sistematik gözlemlerin yapılabilmesi, zaman içerisindeki değişimin ve mekânsal dağılımın ortaya konulabilmesidir (Sakıcı vd. 2004).

Ormancılık uygulamalarında gerek orman amenajman planlarının yapımı gerekse akademik ve bilimsel çalışmalar çok yoğun bir arazi çalışmasını gerektirmektedir. Yapılan ölçüm ve gözlemler yüksek oranda maliyet, yoğun iş gücü ve emek gerektirmektedir. Bu hususta uzaktan algılama bu zorlukların üstesinden gelme noktasında araştırmacı ve uygulamacılara büyük oranda kolaylık sağlamaktadır. Arazi kullanım sınıflarının değişiminin belirlenmesi, orman yangını sonrası arazinin güncel durumunun ortaya konulması, büyük alanlar hakkında araziye gitmeden bilgi edinme ve meşcere özelliklerinin tahmin edilmesi bu olanaklardan bazılarıdır. Ormancılık çalışmalarında uydu görüntüleri sayesinde meşcere tiplerine ilişkin konumsal bilgiler edinilirken bir yandan da hacim, artım, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı gibi bazı meşcere parametreleri hakkında bilgi sağlanmaktadır. Özellikle meşcere biyokütlesi ve karbonu gibi meşcere parametrelerinin uydu görüntülerinden edinilen veriler (parlaklık, vejetasyon indisi ve tekstür) ile tahmin edilmesi ve modellenmesine yönelik çok sayıda bilimsel çalışma mevcuttur (Lu and Batistella 2005, Baccini et al. 2008, Özdemir and Karnieli 2011).

Foody et al. (2001) yaptıkları çalışmada Landsat TM uydu görüntüsü kullanılarak topraküstü biyokütleyi tahmin etmişlerdir. Tahmin metodu olarak yapay sinir ağları kullanılmıştır. Bant ve vejetasyon indisi kullanılarak yapılan tahminde R^2 değeri 0.65 olarak elde edilmiştir.

Zheng et al. (2004) yaptıkları çalışmada Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü kullanarak topraküstü biyokütleyi tahmin etmişlerdir. Geliştirilen modeller, yapraklı ormanlar için kullanılan NIR bandı ile 0.95, ibreli ormanlar için kullanılan NDVI vejetasyon indisi ile 0.86'lık R^2 değerleri elde edilmiştir.

Lu (2005) yaptığı çalışmada Landsat TM uydu görüntüsünü kullanarak topraküstü biyokütleyi tahmin etmiştir. Çalışmanın modelleme aşamasında farklı alanlar için 3 tip yardımcı değişken kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla spektral bant, tekstür ve spektral bant-tekstür verilerinin kombinasyonu şeklindedir. Spektral bant verileri ile elde edilen modellerin R^2 değerleri 0.16-0.75 arasındadır. Tekstür için R^2 değerleri 0.23-0.71 ve spektral bant-tekstür kombinasyonu için R^2 değerleri 0.50-0.78 arasındadır. Böylece uzaktan algılama veri setlerinden tekstürün, topraküstü biyokütleyi tahmin etmede ne kadar etkin bir veri olduğu ortaya konmuştur.

Dengsheng (2006) tarafından yapılan çalışmada, uzaktan algılama yöntemleri ile potansiyel topraküstü biyokütle tahmin olanakları araştırılmıştır. Havadan çekilmiş hava fotoğrafları ve IKONOS görüntüleri gibi konumsal çözünürlükleri yüksek veriler, yerel ölçekte doğru AGB tahmini sağlayabildiğini, ancak büyük veri hacmi ve gölge sorununun etkileri, geniş bir alana uygulanmasını engellediğini ortaya koymuştur. Landsat TM gibi orta ölçekli uzamsal veriler, bölgesel düzeyde topraküstü biyokütle tahmini için potansiyel sağladığını, ancak karışık pikseller ve veri doygunluğu, karmaşık biyofiziksel ortamlara sahip bölgelerde topraküstü biyokütle tahmininde bir sorun yaşadığı belirlenmiştir. AVHRR veya MODIS gibi kaba uzamsal çözünürlük verileri, ulusal veya küresel ölçekte topraküstü biyokütle tahminini sağlayabildiğini, ancak kaba uzamsal çözünürlük verilerini ve saha ölçümlerini birbirine bağlamadaki zorluk nedeniyle yoğun bir şekilde kullanılmamaktadır. Kaba, orta ve ince mekansal

çözünürlüklere kadar uzaktan algılanan çok ölçekli verilerin bir kombinasyonu, ulusal veya küresel ölçekte topraküstü biyokütle tahmin doğruluğunu artırabileceği düşünülmektedirler.

Hall et al. (2006) tarafından yapılan çalışmada, orman yapısı özelliklerinin sürekli tahminleri ile spektral tepki değişkenleri olarak temsil edilen uzaktan algılama görüntü verileri arasında ampirik ilişkiler oluşturmak için coğrafi referanslı alanlara dayanan BioSTRUCT (stand STRUCTture'dan Biomass tahmini) adı verilen bir yöntem sunulmaktadır. Bu çalışmada, boy ve kapalılık özellikleri Landsat ETM + görüntü ve alan grafiği verilerinden modellenmiştir. Bu modellenen özellikler daha sonra topraküstü biyokütle ve meşcere hacim modellerine girdi olarak kullanılmıştır. Görüntü yüksekliği modeli ve ETM + bantları (3, 4 ve 5) elde edilen model $0.65 R^2$ 'ye sahiptir. Kapalılık modelinde ETM + bantları (3, 4 ve 7) kullanılarak R^2 değeri 0.57 olarak bulunmuştur.

Baccini et al. (2008) tarafından yapılan çalışmada, orta çözünürlüklü görüntüleme spektrometresinden (MODIS) yapılan gözlemler, Afrika'daki tropikal ormanlarda topraküstü biyokütle eşleştirmek için geniş bir veri ölçümü seti ile birlikte kullanılmıştır. Topraküstü biyokütleyi 1 km çözünürlükte tahmin etmek için bir regresyon ağacı modeli kullanılmıştır. Çapraz doğrulama yaklaşımına dayanan sonuçlar, modelin topraküstü biyokütledeki varyansın %82'sini açıkladığını belirlemiştir. Vegetasyon yapısına duyarlı olan Geoscience Laser Altimetry System'den (GLAS) elde edilen lidar metriklerin analizi, modelin topraküstü biyokütlenin bölgesel dağılımını başarıyla yakaladığını göstermektedir. Sonuçlar, GLAS yükseklik ölçümleri ile öngörülen topraküstü biyokütle arasında güçlü bir pozitif korelasyon göstermiştir ($R = 0.90$).

Hirata et al. (2013) tarafından yapılan çalışmada, Tayland'ın güneyindeki Ranong Eyaleti'ndeki mangrov ormanlarındaki ağaçlar için, Konumsal çözünürlü yüksek uydu verilerinden ve kapalılık arasındaki allometrik ilişkiyi incelemişler ve ortaya çıkan modeli topraküstü biyokütle biyokütlesini tahmin etmek için kullanmışlardır. 15 Ekim

2006'da çalışma alanı için elde edilen Quick-Bird pankromatik ve çok-boyutlu verilerini yüksek çözünürlüklü uydu verileri olarak kullanmışlardır. Uydu verileri ile yapılan tahmin ile alandaki verilere dayanan biyokütle arasındaki modelin R^2 'si 0.65 bulunmuştur.

Brice et al. (2013) tarafından yapılan çalışmada, Kanada'nın Yukon Bölgesi'nde elde edilen pankromatik Çok Yüksek Mekansal Çözünürlük (VHSR) görüntüleri ve LiDAR verilerine dayanarak ormanlardaki boy, hacim ve biyokütle miktarını modellemeyi amaçlamışlardır. Bu çalışma en az 2 ha olan ve ortalama 9,6 ha büyüklüğünde 309 alanda yapılmıştır. Yapılan çalışmada boy tahmini için R^2 0.76, RMSE 1.95 m, hacim için R^2 0.94, RMSE 9.6 m³ / ha ve biyokütle için de R^2 0.92, RMSE 22.2 t / ha değerlerine ulaşılmıştır.

Günlü vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, Landsat TM uydu görüntüsü kullanılarak, Türkiye'nin kuzeybatı kesimlerinde bulunan Anadolu Karaçamı ormanlarında topraküstü biyokütle tahmin edilmiştir. Uydu görüntüsüne ait TM1 ve TM2 bantları kullanılarak geliştirilen modelin R^2 'si 0.465, hesaplanan EVI ve ND57 vejetasyon indisleri ile elde edilen modelin R^2 'si ise 0.606 bulunmuştur.

Jan et al. (2014) tarafından yapılan çalışmada, orta çözünürlüklü multispektral Landsat 8 OLI veri setinin, bir plantasyon ormanda topraküstü biyokütle miktarını edilmesinde etkisi değerlendirilmektedir. Landsat 8 OLI'nin parametrik olmayan iki algoritma kullanarak kullanımını test etmek için farklı spektral analiz setlerine (test I: spektral bantlar; test II: spektral bitki örtüsü indeksleri ve test III: spektral bantlar + spektral bitki örtüsü indeksleri) uygulamışlardır. Çalışmanın sonuçları, orta çözünürlüklü multispektral Landsat 8 OLI veri setinin, özellikle çıkarılan spektral bilgileri, türetilmiş spektral bitki endeksleri ile birlikte kullanırken, *Eucalyptus dunii*, *Okaliptüs grandis* ve *Pinus taeda* için daha iyi topraküstü biyokütle tahminleri sağladığını göstermektedir. Ayrıca, seçilen en önemli orta çözünürlüklü multispektral Landsat 8 OLI bantlarının optimal alt kümesini dahil etmenin topraküstü biyokütle doğruluğunu artırdığını da belirlemişlerdir. Orta-çözünürlüklü multispektral Landsat 8 OLI, topraküstü biyokütle

tahminlerini Landsat 7 ETM + tahminleriyle karşılaştırmışlar ve daha yüksek tahmin doğruluğu sağlamıştır.

Dube and Mutanga (2015) yaptıkları çalışmada Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 uydu görüntüleri kullanarak okalıptüs ve çam türleri için topraküstü biyokütleyi tahmin etmişlerdir. Bant değerleri ile yapılan tahminde Landsat 7 ETM+ görüntüsü en düşük ve en yüksek R^2 değerleri sırasıyla 0.21 ve 0.43'tür. Landsat 8 için de bu değerler 0.30 ve 0.47'dir. Vejetasyon indisleri ile en yüksek ve en düşük R^2 değerleri Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 için sırasıyla 0.33-0.47 ve 0.36-0.58'dir. Bunlara ek olarak her uydu görüntüsü için ayrı ayrı bant-vejetasyon indisi kombinasyonu yaparak modelleme yapılmıştır. En yüksek R^2 değerleri Landsat 7 ETM+ için 0.56 ve Landsat 8 için 0.72 elde edilmiştir.

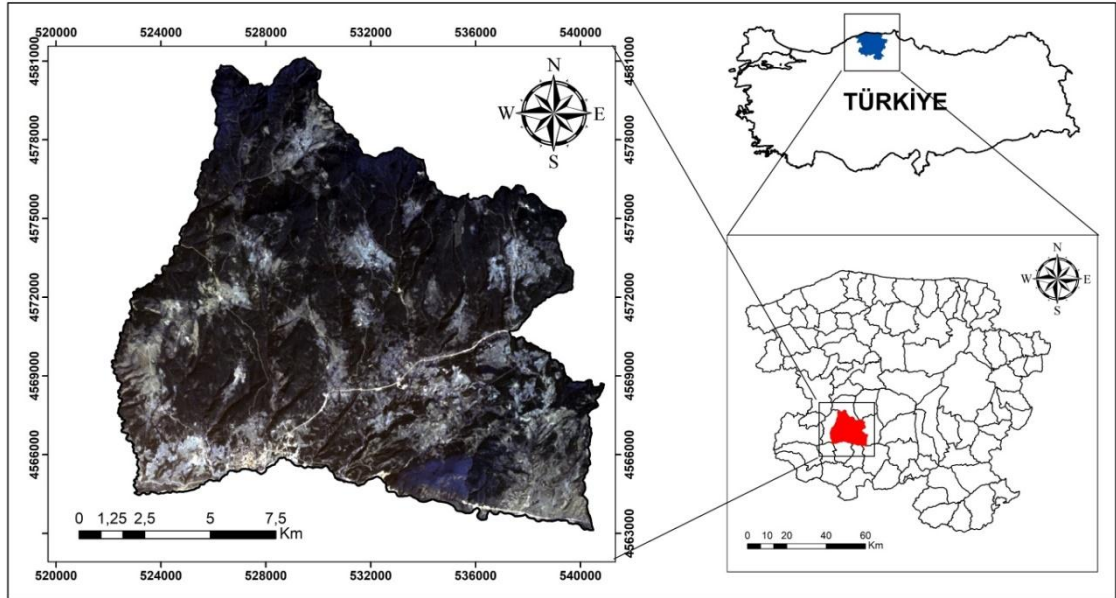
Karlson et al. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Landsat 8'in Burkina Faso'daki bir ormanlık alanda ağaç gölgelik örtüsünün ve topraküstü biyokütlenin haritalanması için kullanımını değerlendirmişlerdir. Tahmin edilen ve gözlemlenen değerlerin R^2 değeri ağaç gölgelik örtüsü için 0.77 (RMSE =% 8,9) ve topraküstü biyokütle için 0.57 (RMSE = 17,6 ton · ha) olarak bulunmuştur.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Araç Orman İşletme Müdürlüğü, Araç Orman İşletme Şefliğinin orman amenajman planının yenilenmesi amacıyla 2014 yılında sistematik örnekleme yöntemi kullanılarak saf karaçam meşcerelerinden alınan 317 adet örnek alanda yapılan envanter çalışması sonucu elde edilen veriler kullanılmış ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan topraküstü biyokütle değerleri ile Landsat 8 OLI uydu görüntüsü üzerinde her bir örnek alana ilişkin elde edilen bant parlaklık, vejetasyon indis ve tekstür özelliği değerleri arasındaki ilişkilerin çoğul regresyon analizi ile araştırılması ve modellenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

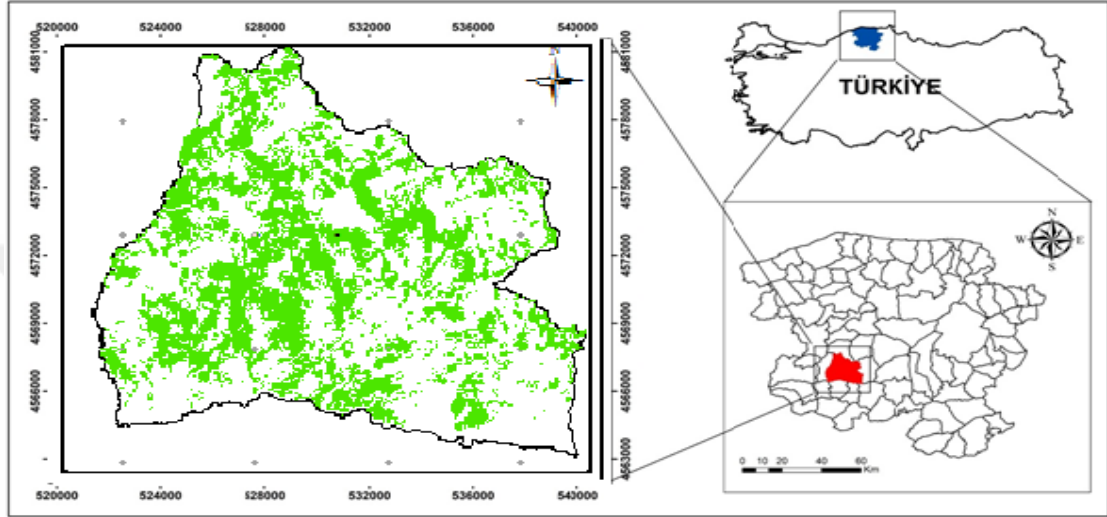
Araç Orman İşletme Şefliği, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Araç Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı, Greenwich'e göre $41^{\circ} 12' 36''$ - $41^{\circ} 20' 55''$ kuzey enlemleriyle, $33^{\circ} 15' 50''$ - $33^{\circ} 31' 10''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Ortalama denizden yüksekliği 1010,5 m olup en yüksek noktası 1416 m olan Kekiklik tepesi iken en düşük noktası 600 m olan Araç çayı sınırındır. Çalışma alanı 12270,0 ha normal kapalı (prodüktif), 2867,3 ha boşluklu kapalı ve 6000,5 ha ise açıklık alan olmak üzere toplam 21137,8 ha'dan oluşmaktadır. Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı $9,8^{\circ}\text{C}$ ve ortalama yağışı ise 449,6 mm'dir. Çalışma alanındaki hakim ağaç türleri karaçam ve meşe olup, meşcerelerin alansal durumu çizelge 2.1'de verilmiştir. Çalışma alanının Türkiye üzerindeki konumunu ve saf karaçam meşcerelerinin yayılışını gösterir harita Şekil 2.1'de ve Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.1 Çalışma alanının konumu

Çizelge 2.1 Çalışma alanındaki meşcerelerinin alansal durumu

	Normal Kapalı (produktif),	Boşluklu Kapalı	Toplam	Yüzdesi(%)
Saf Karaçam Meşçeresi (ha)	10781,10	1229,10	12010,20	57
Karışık Meşçere (Çk+M ve M+Çk) (ha)	1488,90	1638,20	3127,10	15
Açıklık (ha)			6000,50	28
Toplam (ha)	12270,00	2867,30	21137,80	



Şekil 2.2 Çalışma alanında yayılış gösteren saf karaçam meşçereleri

2.2. Çalışma Alanına İlişkin Yapılan Çalışmalar

2014 yılında Araç Orman İşletme Şefliğinin orman amenajman planının yenilenmesi amacıyla arazi envanter çalışması yapılmıştır. Envanter çalışması aşamasında 300 m x 300 m mesafeyle alınan her bir örnek alan için doldurulan envanter karnelerine ilişkin veriler değerlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan 317 adet örnek alana ilişkin topraküstü biyokütle değerlerinin ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Örnek alanlara ilişkin tanımlayıcı istatistikleri değerler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Topraküstü Biyokütle(ton)	317	11.53	354.15	142.9757	69.78501

2.3. Materyal

Bu tez çalışmasının gerçekleşmesi aşamasında;

- Saf karaçam meşcereleri için yerleri sistematik olarak 300 m x 300 m mesafeyle belirlenen toplam 317 adet örnek alan için elde edilen envanter karnelerindeki 8 cm ve üzerindeki ağaçlara ilişkin çap verileri ve örnek alana ilişkin diğer veriler
- Araç Orman İşletme Şefliği meşcere haritası
- 31.07.2015 tarihli Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne ait Bant1, Bant 2, Bant 3, Bant 4, Bant 5, Bant 6, Bant 7, Bant 8, Bant 9, Bant 10 ve Bant11 bantları materyal olarak kullanılmıştır.

2.4. Yöntem

2.4.1. Envanter karnelerine ilişkin değerlendirmeler

Araç Orman İşletme Şefliği'nin, orman amenajman planının yenilenmesi amacıyla 2014 yılında arazide envanter çalışmaları gerçekleşmiştir. İşletme şefliği sınırları içerisinde yer alan saf karaçam meşcerelerine ilişkin tez kapsamında kullanılan envanter karnesi verileri Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Envanter karnesinde yer alan $d_{1.3}$ çap verileri kullanılarak her bir örnek alana ilişkin topraküstü biyokütle hesaplanmıştır. Topraküstü biyokütlenin hesaplanmasında, Sakıcı vd. (2018) tarafından Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü yayılış gösteren saf karaçam meşcereleri için geliştirilen tek girişli topraküstü biyokütle denklemi (1) kullanılmıştır. Topraküstü biyokütlenin hesaplanmasında öncelikli olarak örnek alan içerisindeki her bir ağacın topraküstü biyokütlesi hesaplandı. Daha sonra örnek alan içerisine giren tüm ağaçların biyokütlelerinin toplanmasıyla örnek alanın toplam topraküstü biyokütlesi hesaplandı. Son olarak da örnek alan büyüklüğüne (400, 600 ve 800 m²) bağlı olarak hektara çevrilerek örnek alanların hektardaki topraküstü biyokütleleri hesaplandı.

$$M_{AG}=0.112dbh^{2.343} \quad (1)$$

M_{AG}: Topraküstü Biyokütle Miktarı (ton)

dbh: Örnek alan içinde yer alan ağaçların göğüs yüksekliğindeki çapı(cm)

2.4.2. Landsat 8 OLI Uydu görüntüsüne ilişkin değerlendirmeler

31.07.2015 tarihli Landsat 8 OLI uydu görüntüsü <https://earthexplorer.usgs.gov> linkinden ücretsiz olarak indirilmiştir. Bu çalışmada konumsal çözünürlüğü 30 metre olan Bant 1, Bant 2, Bant 3, Bant 4, Bant 5, Bant 6, Bant 7 ve Bant 9, konumsal çözünürlüğü 15 metre olan Bant 8 ile konumsal çözünürlüğü 100 metre olan Bant 10 ve Bant 11 bantları kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne ilişkin bazı bilgiler Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne ilişkin bazı bilgiler

	Bantlar	Dalga boyu (nm)	Çözünürlük(metre)
	Bant 1(Coastal Aerosol)	0.43-0.45	30
	Bant 2(Blue)	0.45-0.51	30
	Bant 3(Green)	0.53-0.59	30
	Bant 4 (Red)	0.64-0.67	30
Landsat 8 OLI	Bant 5 (NIR)	0.85-0.88	30
	Bant 6 (SWIR 1)	1.57-1.65	30
	Bant 7 (SWIR 2)	2.11-2.29	30
	Bant8 (Pancromatik)	0.50-0.68	15
	Bant 9 (Cirrus)	1.36-1.38	30
	Bant 10 (TIRS 1)	10.60-11.19	100
	Bant 11 (TIRS 2)	11.50-12.51	100

Çalışmada kullanılan Landsat 8 OLI uydu görüntüsü analize hazır hale getirilmeden önce bazı ön işlemlere tabi tutulmuştur. Bu ön işlemler aşağıda kısaca açıklanmıştır. Öncelikli olarak uydu görüntüsünün geometrik olarak düzeltilmesi yapılmıştır. Geometrik düzeltmenin yapılması aşamasında 1/25.000 ölçekli topografik haritalardan yararlanılmıştır. Bu haritalardan yer kontrol noktaları belirlenmiştir. Yer kontrol

noktalarının seçiminde yol-dere kesişimleri, dere-dere kesişimleri vb. gibi yerler yer kontrol noktaları olarak seçilmiştir. Uydu görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmesinde maksimum karesel ortalama hata miktarı 0.5 piksel olması istenir (Çakır, 2006). Maksimum karesel ortalama hata 1 pikselden aşağı olacak şekilde uydu görüntüsünün geometrik olarak düzeltilmesi gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte uydu görüntüsünün radyometrik olarak düzeltilmesi gerçekleştirilmiştir. Radyometrik düzeltmenin amacı, yeryüzü yüzeyinden kaynaklanabilecek aydınlatma şartlarında ve atmosferin etkisinden kaynaklanabilecek hatalı piksel değerleri için gerekli düzeltmelerin yapılmasıdır. Uydu görüntüsü için gerekli geometrik ve atmosferik düzeltmeler için Erdas Imagine (2014) yazılım programı kullanılmıştır.

2.4.3. Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden bant parlaklık değerlerinin elde edilmesi

Analize hazır hale getirilen uydu görüntüsüne ait Bant 1, Bant 2, Bant 3, Bant 4, Bant 5, Bant 6, Bant 7, Bant 8, Bant 9, Bant 10 ve Bant 11 bantlarının üzerine, sayısal örnek alanlar aktarılmıştır. Her bant için her bir örnek alana ait bant parlaklık değerleri hesaplanmıştır. Uydu görüntüsünün geometrik olarak düzeltilmesinde ve envanter aşamasında örnek alanların GPS ile koordinatları alınması aşamasında oluşabilecek hataları azaltmak amacıyla her bir örnek alana ilişkin parlaklık değerlerinin hesaplanmasında örnek alanların düştüğü pikselin (x=GPS ile alınan koordinatların uydu görüntüsü ile çakıştığı nokta) etrafında yer alan 3x3 pencere genişliğinde diğer bir ifadeyle bu pencere içerisinde yer alan 9 pikselin parlaklık değerlerinin ortalaması alınmıştır. Bu şekilde her bir örnek alan için parlaklık değerleri hesaplanmıştır (Şekil 2.3)

Şekil 2.3 Örnek alanlara ilişkin bant parlaklık değerinin hesaplanması

a	b	c
d	x	e
f	g	h

Şekil 2.3’de a, b, c, d, e, f, g, h ve x piksellerin parlaklık değerleri, X örnek alanların düştüğü pikselin parlaklık değeri olmak üzere;

$$X = \frac{a+b+c+d+x+e+f+g+h}{9} \quad (2)$$

Bu yöntemle her bir örnek alan için Landsat 8 OLI uydu görüntüsünün bu çalışmada kullanılan bantları için bant parlaklık değerleri hesaplanmıştır.

2.4.4. Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden vejetasyon indis değerlerinin elde edilmesi

Her bir örnek alan için hesaplanan bant parlaklık değerleri kullanılarak bazı vejetasyon indis değerleri hesaplanmıştır. Kullanılan vejetasyon indis değerleri ve bu indislere ilişkin formüller Çizelge 2.4’de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Çalışmada kullanılan vejetasyon indisleri

Vejetasyon İndisleri	Formül	Kaynak
NDVI	$(\text{Bant5}-\text{Bant4})/(\text{Bant5}+\text{Bant4})$	Rouse et al. (1974)
SR	$(\text{Bant 5})/(\text{Bant 3})$	Jordan (1969)
DVI	$(\text{Bant5})-(\text{Bant4})$	Clevers (1988)
SAVI	$(\text{Bant5}-\text{Bant4})*(1+L)/(\text{Bant5}+\text{Bant4}+L)$	Huete (1988)
NDWI	$(\text{Bant5}-\text{Bant6})/(\text{Bant5}+\text{Bant6})$	Gao (1996)
IPVI	$(\text{Bant5})/(\text{Bant5}+\text{Bant4})$	Crippen (1990)
EVI	$(\text{Bant5}-\text{Bant4})/((\text{Bant5}+(\text{C1}*\text{Bant4})-(\text{C2}*\text{Bant2})*(1+L))$	Huete et al. (1999)
TVI	$(\text{Bant5}-\text{Bant4})/(\text{Bant5}+\text{Bant4}+0.5)$	Deering et al. (1975)
FII	$(\text{Bant7}/\text{Bant5})/(\text{Bant3}/\text{Bant4})$	Kalinowski and Oliver(2004)

NDVI: Normalize Edilmiş Bitki İndeksi, NR: NIR-RED, DVI: Bitki Ayrım İndeksi, SAVI: Toprak Etkisi Azaltılmış Vejetasyon İndeksi, IPVI: Kızılötesi yüzde vejetasyon indeksi, EVI: Gelişmiş Vejetasyon İndeksi L=0.5 C1=6.0 C2=7.5

2.4.5. Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden tekstür değerlerinin elde edilmesi

Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde genel olarak sekiz farklı tekstür özelliklerinin kullanıldığı görülmüştür (Haralick et al. 1973). Bu çalışmada, sekiz farklı tekstür özelliği kullanılmıştır. Bu tekstür özellikleri contrast (CON), correlation (COR), dissimilarity (DIS), entropy (ENT), homogeneity (HOM), mean (M), second moment (SM) ve variance (VAR) şeklindedir. Uydu görüntüsünün her bir bantına ilişkin olarak yukarıda yer alan tekstür özellikleri elde edilmiştir. Her bir bant için 3x3, 5x5, 7x7 ve 9x9 pencere genişliklerinde her bir örnek alana ilişkin tekstür değerleri hesaplanmıştır. Örnek alanlara ilişkin tekstür değerlerinin elde edilmesinde ENVI ve ArcGIS 10.5.1 yazılım programlarından yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılan bazı tekstür özelliklerine ilişkin bilgiler Çizelge 2.5’de verilmiştir.

Çizelge 2.5 Çalışmada kullanılan bazı tekstür özelliklerine ilişkin semboller

Tekstür Özelliği	Bantlar	Pencere Genişliği			
		3x3	5x5	7x7	9x9
Contrast	Bant1	Bant1_3x3_CON	Bant1_5x5_CON	Bant1_7x7_CON	Bant1_9x9_CON
	Bant2	Bant2_3x3_CON	Bant2_5x5_CON	Bant2_7x7_CON	Bant2_9x9_CON
Correlation	Bant3	Bant3_3x3_COR	Bant3_5x5_COR	Bant3_7x7_COR	Bant3_9x9_COR
Dissimilarity	Bant4	Bant4_3x3_DIS	Bant4_5x5_DIS	Bant4_7x7_DIS	Bant4_9x9_DIS
Entropy	Bant5	Bant5_3x3_ENT	Bant5_5x5_ENT	Bant5_7x7_ENT	Bant5_9x9_ENT
Homogeneity	Bant6	Bant6_3x3_HOM	Bant6_5x5_HOM	Bant6_7x7_HOM	Bant6_9x9_HOM
Mean	Bant7	Bant7_3x3_M	Bant7_5x5_M	Bant7_7x7_M	Bant7_9x9_M
Second Moment	Bant8	Bant8_3x3_SM	Bant8_5x5_SM	Bant8_7x7_SM	Bant8_9x9_SM
Variance	Bant9	Bant9_3x3_V	Bant9_5x5_V	Bant9_7x7_V	Bant9_9x9_V
	Bant10	Bant10_3x3_SM	Bant10_5x5_SM	Bant10_7x7_SM	Bant10_9x9_SM
	Bant11	Bant11_3x3_V	Bant11_5x5_V	Bant11_7x7_V	Bant11_9x9_V

Bant2_3x3_CON: İkinci bantın 3x3 pencere genişliğinde contrast özelliği,
Bant4_5x5_DIS: Dördüncü bantın 5x5 pencere genişliğinde dissimilarity özelliği
Bant5_7x7_SM: Beşinci bantın 7x7 pencere genişliğinde second moment özelliği
Bant6_9x9_M: Altıncı bantın 9x9 pencere genişliğinde mean özelliği

2.5. İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada, topraküstü biyokütle ile Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerleri, vejetasyon indis değerleri ve tekstür özelliklerine ilişkin değerler arasındaki istatistiksel ilişkileri modellemek üzere, çoğul regresyon (stepwise) analizi kullanılmıştır. Regresyon modellerinde tahmin edilmek istenen bağımlı değişken topraküstü biyokütle iken, bağımsız değişken ise; Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerleri, vejetasyon indis değerleri ve tekstür özelliklerine ilişkin değerlerdir. Topraküstü biyokütle ile bant parlaklık değerleri, vejetasyon indis değerleri ve tekstür özelliklerine ilişkin değerlere göre tahmin eden regresyon model yapısı aşağıda verilmiştir. Modellerin oluşturulmasında SPSS istatistik paket programından yararlanılmıştır (SPSS 15.0 Inc. 2007) . Çalışmada kullanılan 317 adet örnek noktadan %80’i (256 adedi) modellerin oluşturulmasında ve %20’si (61 adedi) ise modellerin test edilmesinde kullanılmıştır. Modellerin test edilmesinde Eşleştirilmiş t testi (Paired t test) kullanılmıştır.

$$\text{Topraküstü Biyokütle} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (3)$$

Denklemden; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ denklemin parametrelerini, $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden her bir örnek alan için hesaplanan bant parlaklık değerleri, vejetasyon indis değerleri ve tekstür özelliklerine ilişkin değerlerini, ε ise model hatasını ifade etmektedir. Landsat 8 OLI uydu görüntü verisinde %95 güven düzeyi için farklı bantların, vejetasyon indislerinin ve tekstür özelliklerine ilişkin değerlerinin kombinasyonların üzerinden istatistiksel olarak anlamlı model seçenekleri belirlenmiştir.



3. BULGULAR

3.1. Landsat 8 OLI Uydu Görüntüsüne İlişkin Bulgular

Örnek alanlar için Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerleri, vejetasyon indis değerlerine göre tanımlayıcı istatistiki değerleri Çizelge 3.1. ve Çizelge 3.2’te verilmiştir. Tekstür özelliği değerlerine göre tanımlayıcı istatistiki değerleri Ek Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Örnek alanlara ilişkin bant parlaklık değerlerine göre tanımlayıcı istatistiki değerler

Bantlar	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant1	317	8282.00	9164.00	8466.5020	102.6179
Bant2	317	7502.00	8645.00	7712.8170	121.28880
Bant3	317	6674.00	7976.00	7041.5300	174.89386
Bant4	317	6043.00	7791.00	6435.1483	224.57590
Bant5	317	8728.00	13403.00	10675.1388	781.46122
Bant6	317	6349.00	11497.00	7790.4637	782.43045
Bant7	317	5635.00	8601.00	6394.1609	469.15909
Bant8	317	6384.00	8623.00	6755.5268	216.58162
Bant9	317	5002.00	5055.00	5029.6435	9.93057
Bant10	317	21739.00	24408.00	22688.9117	439.89448
Bant11	317	20472.00	22552.00	21213.8139	345.19312

Çizelge 3.2 Örnek alanlara ilişkin vejetasyon indislerine göre tanımlayıcı istatistiki değerler

Vejetasyon İndisleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
NDVI	317	0.16	0.35	0.2466	0.02819
NDWI	317	-0.30	-0.13	-0.2038	0.02806
FII	317	1.61	1.80	1.6949	0.03243
SAVI	317	0.23	0.53	0.3699	0.04229
EVI	317	-3.92	-0.58	-1.2991	0.44916
SR	317	1.37	2.08	1.6585	0.10043
DVI	317	2666.00	6944.00	4239.9905	681.94699
TVI	317	0.16	0.35	0.2466	0.02819
IPVI	317	1.92	3.73	2.5549	0.24661

3.2. Regresyon Modellerine İlişkin Bulgular

Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden her bir örnek alan için elde edilen bant parlaklık değerleri, vejetasyon indis değerleri ve tekstür özelliklerine ilişkin değerler ile topraküstü biyokütle değerleri arasındaki ilişkiler çoklu regresyon analizi ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Topraküstü biyokütleye ilişkin olarak hem bant parlaklık değerlerinden hem vejetasyon indis değerlerinden hem de tekstür özelliklerine ilişkin değerlerden elde edilen modeller Çizelge 3.3–3.5’te verilmiştir.

Çizelge 3.3 Topraküstü biyokütleyi bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

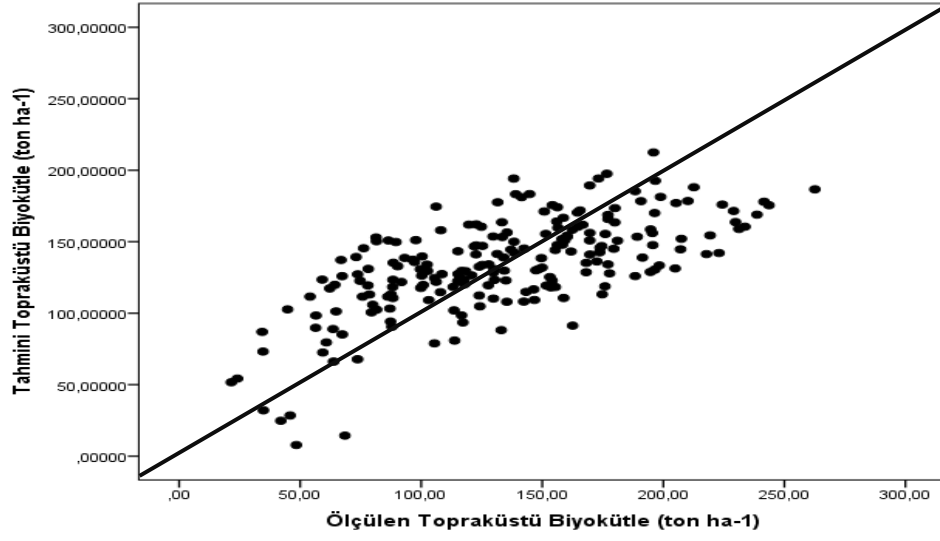
Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	p
	2628.7606	250.043	10.513	0.000
Bant2	-0.3719	0.070	-5.282	0.000
Bant4	0.2676	0.048	5.615	0.000
Bant6	-0.0332	0.008	-4.037	0.000
Bant11	-0.0513	0.012	-4.117	0.000

$$R_a^2=0.445 \quad Sy. x=37.1738$$

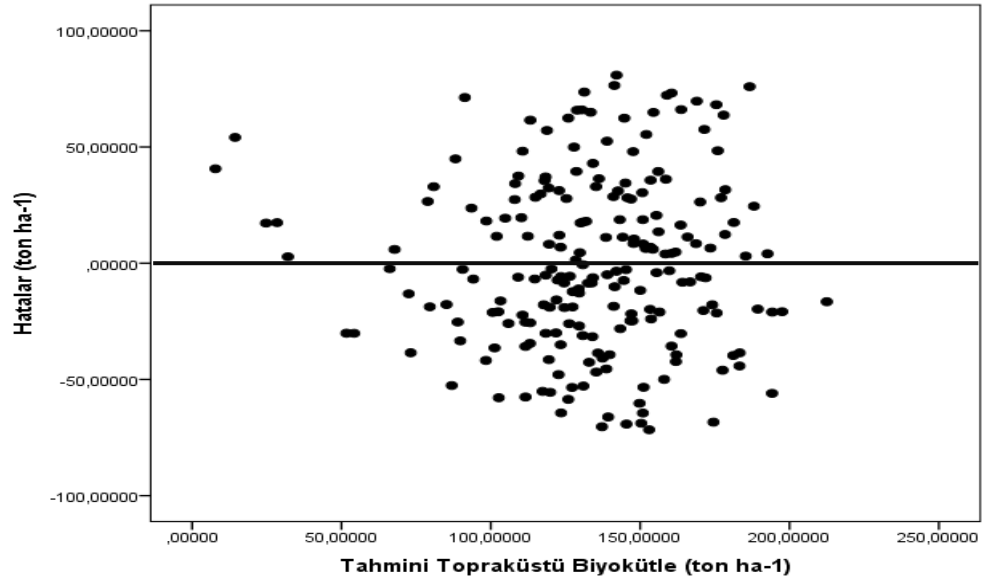
Bant parlaklık değerlerine göre;

$$\text{Topraküstü Biyokütle} = 2628.7606 - 0.3719 \times \text{Bant2} + 0.2676 \times \text{Bant4} - 0.0332 \times \text{Bant6} - 0.0513 \times \text{Bant11} \quad (4)$$

Topraküstü biyokütleyi bant parlaklık değerlerine göre ölçülen topraküstü biyokütlenin, tahmini topraküstü biyokütleye göre değişimi Şekil 3.1’de verilmiştir. Topraküstü biyokütleyi bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini topraküstü biyokütleye göre değişimi Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Bant parlaklık değerlerine göre tahmini topraküstü biyokütle ile ölçülen biyokütle ilişkisi



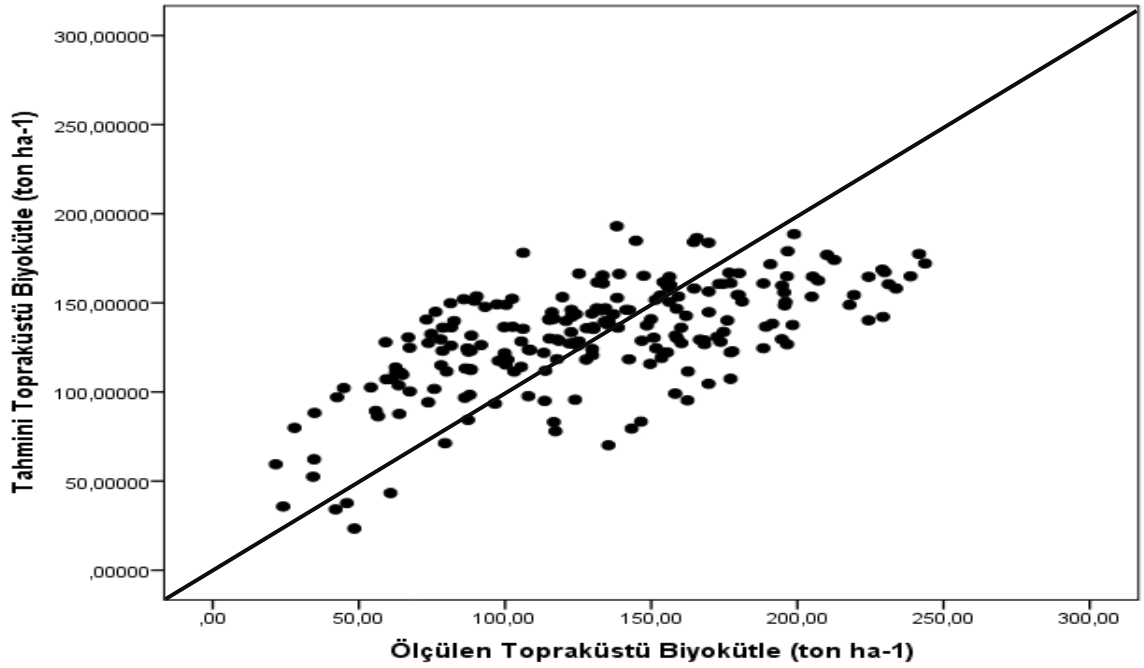
Şekil 3.2 Bant parlaklık değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini topraküstü biyokütle ilişkisi

Çizelge 3.4 Topraküstü biyokütleyi vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

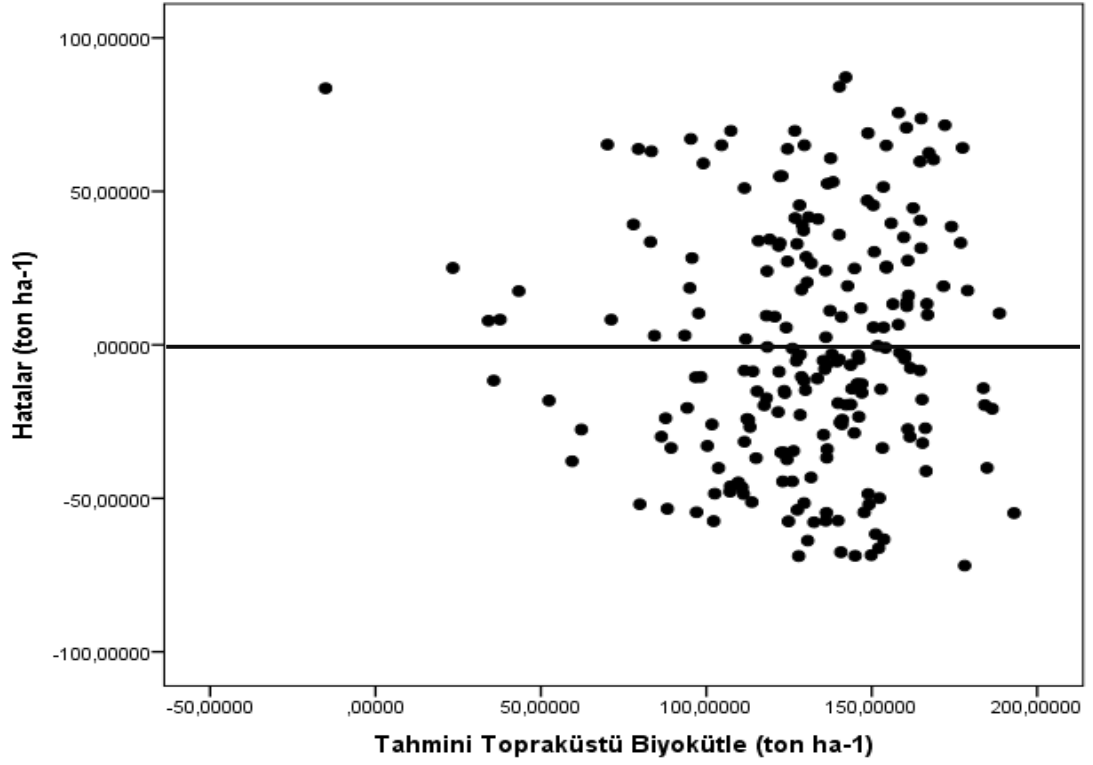
Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	p
	4122.0282	355.816	11.585	0.000
FII	-1575.1954	159.689	-9.864	0.000
DVI	-0.2242	27.207	-5.561	0.000
EVI	-151.2963	0.031	-7.214	0.000
IPVI	-222.1655	48.617	-4.570	0.000
$R_a^2=0.387$ $Sy.x=39.4221$				

Vejetasyon indis değerlerine göre;
 Topraküstü Biyokütle= 4122.0282-1575.1954x FII-151.2963xEVI-0,2242xDVI-222.1655xIPVI (5)

Topraküstü biyokütleyi vejetasyon indis değerlerine göre ölçülen topraküstü biyokütlenin, tahmini topraküstü biyokütleye göre değişimi Şekil 3.3’de verilmiştir. Topraküstü biyokütleyi vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini topraküstü biyokütleye göre değişimi Şekil 3.4’te verilmiştir.



Şekil 3.3 Vejetasyon indislerine göre tahmini topraküstü biyokütle ile ölçülen biyokütle ilişkisi



Şekil 3.4 Vejetasyon indis değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini topraküstü biyokütle ilişkisi

Çizelge 3.5 Topraküstü biyokütleyi tekstür özelliği değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

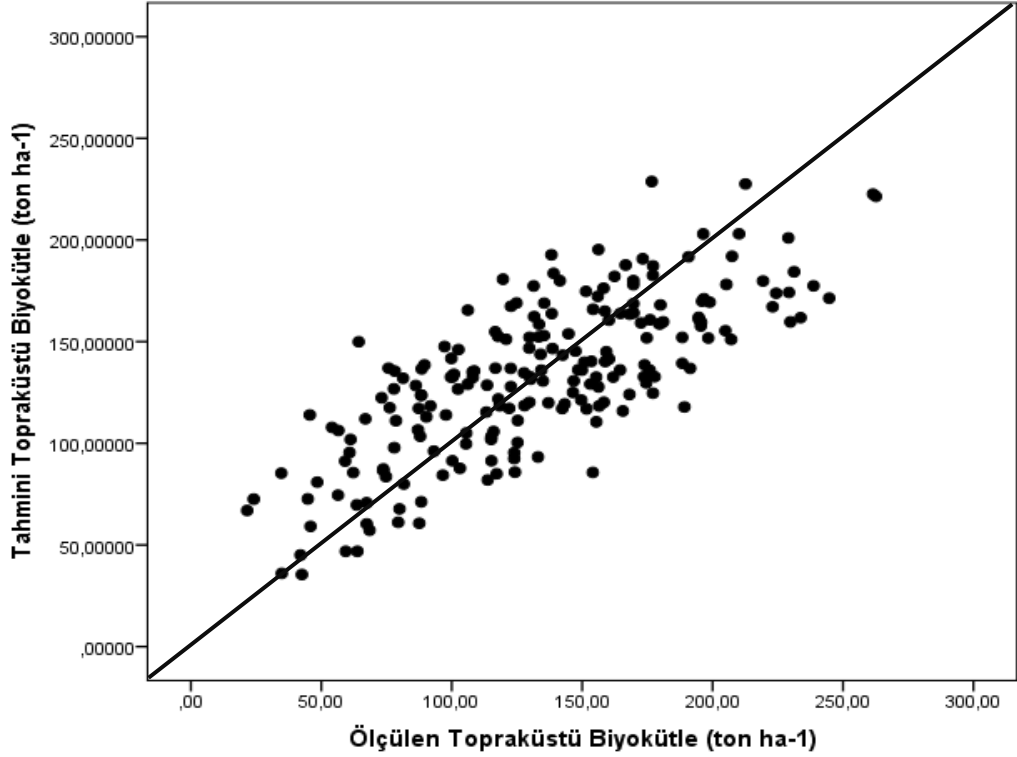
Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	p
	132.8285	24.848	5.346	0.000
Bant1_5x5_COR	0.1992	0.042	4.707	0.000
Bant7_9x9_COR	0.0991	0.046	2.155	0.000
Bant11_3x3_COR	0.1143	0.033	3.445	0.000
Bant3_3x3_COR	-0.0766	0.030	-2.581	0.000
Bant3_9x9_COR	0.1082	0.042	2.579	0.000
Bant10_9x9_H	0.2363	0.062	3.785	0.000
Bant11_5x5_M	-1.3646	0.143	-9.531	0.000
Bant7_5x5_V	0.9799	0.339	2.893	0.000
Bant11_7x7_COR	-0.1001	0.037	-2.741	0.000
Bant8_7x7_COR	0.0984	0.033	2.945	0.000
Bant4_3x3_M	0.6856	0.236	2.905	0.000

$$R_a^2=0.552 \quad Sy.x= 33.7669$$

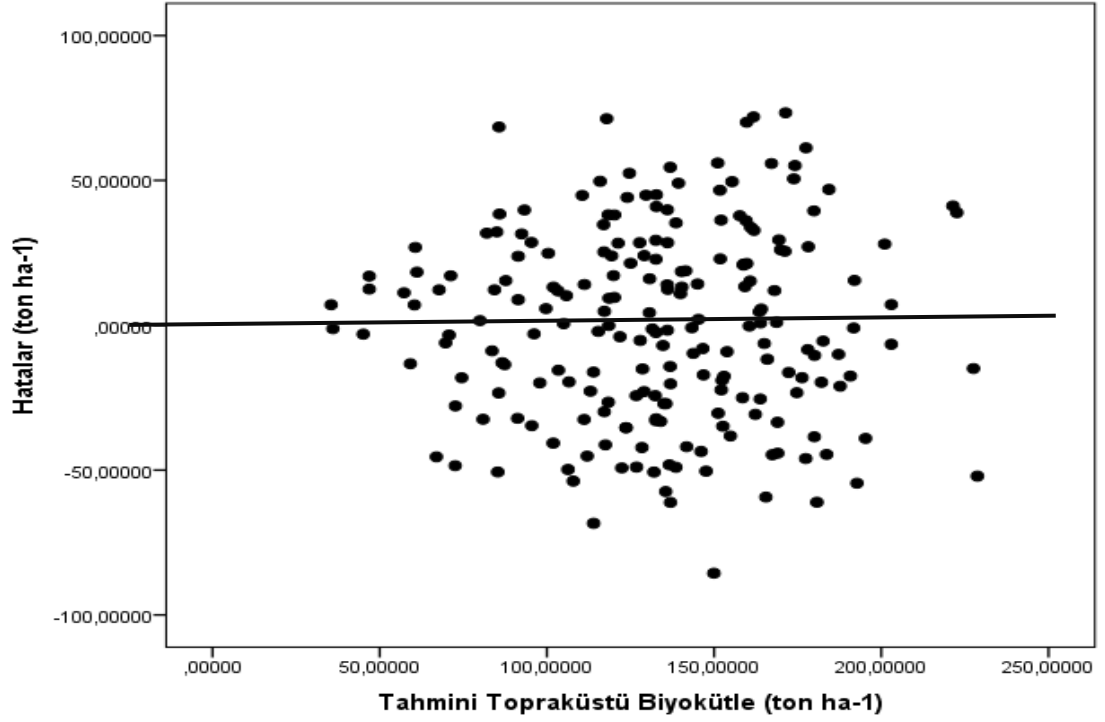
Tekstür özellikleri değerlerine göre;

$$\begin{aligned} \text{Topraküstü Biyokütle} = & 132.8285 + 0.1992 \times B155COR + 0.0991 \times B799COR + 0.1143 \times B1133COR - \\ & 0.0766 \times B333COR + 0.1082 \times B399COR + 0.2363 \times B1099H - 1.3646 \times B1155M \\ & + 0.9799 \times B755V - 0.1001 \times B1177COR + 0.0984 \times B877COR + 0.6856 \times B433M \end{aligned} \quad (6)$$

Topraküstü biyokütleyi tekstür özellikleri değerlerine göre, ölçülen topraküstü biyokütlenin, tahmini topraküstü biyokütleyle göre göre değişimi Şekil 3.5’de verilmiştir. Topraküstü biyokütleyi Tekstür özellikleri değerlerine göre tahmin eden modellerde elde edilen hataların, tahmini topraküstü biyokütleyle göre göre değişimi Şekil 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.5 Tekstür özellikleri değerlerine göre tahmini topraküstü biyokütle ile ölçülen biyokütle ilişkisi



Şekil 3.6 Tekstür özellikleri değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini topraküstü ilişkisi

Topraküstü biyokütle modellerinin örneklenen topluma istatistiksel olarak uygun olup olmadığı bağımsız bir veri grubu ile test edilmiştir. Her bir model için Eşleştirilmiş t testi (Paired t test) ile karşılaştırma yapılmıştır. Eşleştirilmiş t testi sonuçlarına göre (Bant parlaklık değerleri için $t=1.423$, $p(=0.160)>0.05$, vejetasyon indis değerleri için $t=1.703$, $p(=0.094)>0.05$ ve tekstür özellikleri değerleri için $t=0.903$, $p(=0.370)>0.05$ tahmin edilen topraküstü biyokütle değerleri ve arazide ölçülen topraküstü biyokütle değerleri arasında $\alpha=0.05$ önem düzeyi ile istatistiksel olarak bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır. Geliştirilen topraküstü biyokütle modellerinin, bu modellerin geliştirilmesinde kullanılan verilerin alındığı saf karaçam meşcerelerine uygun olduğu söylenebilir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık, vejetasyon indis ve tekstür özellikleri değerleri ile topraküstü biyokütle değerleri arasındaki ilişkiler çoklu regresyon analiz ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde tekstür özellikleri değerlerinin yer aldığı regresyon modelinin (Çizelge 3.5.) bant parlaklık ve vejetasyon indis değerlerine göre geliştirilen modellere göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Bununla birlikte, bant parlaklık değerlerinin bağımsız değişkenler olarak yer aldığı model başarı sırası olarak ikinci sırada ve vejetasyon indislerinin bağımsız değişkenler olarak yer aldığı model ise son sırada yer almaktadır. Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde, Landsat uydu görüntülerinin 185 km x 185 km'lik geniş bir alan kaplaması ve belli aralıklarla görüntülerin ücretsiz olarak elde edilmesi nedeniyle, topraküstü biyokütlenin tahminine yönelik çalışmalarda ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda, bazıları sadece bant parlaklık ya da yansıma özelliklerini, bazıları vejetasyon indislerini bazıları da tekstür özelliklerini dikkate alarak topraküstü biyokütleyi tahmin etmeye çalışılmıştır (Hall et al., 2006; Maynard et al., 2007; Li et al., 2009; Günlü vd., 2014; Zhao et al., 2016). Landsat uydu görüntüleri kullanılarak topraküstü biyokütleye yönelik yapılmış çalışmalarda elde edilen modellerin başarı düzeyleri farklılıklar göstermektedir. Bunların nedenleri arasında çalışma alanı içerisinde yer alan meşcerelerin yapısı, uydu görüntülerinin analize hazır hale getirilmesi aşamasında yapılan hatalar, çalışma alanının topoğrafik özellikleri, farklı modelleme teknikleri vb. şeklinde sıralanabilir. Uzaktan algılama verileriyle topraküstü biyokütleyi tahmin etmede farklı modelleme (doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon, yapay sinir ağları, vb.) teknikleri kullanılmaktadır (Zheng et al. 2004). Konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle istatistiksel analiz olarak regresyon analizi kullanılmaktadır. Bunlara ilişkin bazı çalışmalara bakıldığında; Maynard et al. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünden elde edilen bant yansıma ve vejetasyon indisleri ile topraküstü biyokütle arasındaki ilişki tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda, NDVI indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde $R^2=0.41$, SAVI indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde $R^2=0.51$, GVI ve WI indislerinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde $R^2=0.53$ ve ETM4 ile ETM7 bant yansıma değerlerinin yer aldığı model de ise $R^2=0.53$ olarak

bulmuşlardır. Li et al. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada Landsat TM uydu görüntü kullanılarak farklı orman ekosistemlerinde topraküstü biyokütleyi tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda, vejetasyon indisleri bant parlaklık değerlerine göre daha iyi sonuçlar göstermiştir. Vejetasyon indislerine göre; ibreli ormanlarda ($R^2=0.524$), yapraklı ormanlarda ($R^2=0.301$) ve karışık orman ekosistemlerinde ($R^2=0.658$) başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Buna karşın bant parlaklık değerlerine göre ise ibreli ormanlara ($R^2=0.147$), yapraklı ormanlarda ($R^2=0.04$) ve karışık orman ekosistemlerinde ($R^2=0.35$) başarı düzeyi düşüktür. Gaspari et al. (2010) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünden elde edilen bant yansımaya ve vejetasyon indis değerleri ile topraküstü biyokütleyi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen modellerin başarı düzeyleri incelendiğinde; ETM7 bant yansımaya değişkeninin yer aldığı modelde $R^2=0.581$, ETM3 bant yansımaya bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde $R^2=0.560$ ve NDVI vejetasyon indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde ise $R^2=0.636$ olarak bulmuşlardır. Das and Singh (2012) tarafından yapılan çalışmada ise Landsat TM uydu görüntüsünden elde edilen vejetasyon indisleri ile topraküstü biyokütleyi tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda NDVI indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde $R^2=0.75$, MSAVI indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde $R^2=0.67$, OSAVI indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde $R^2=0.75$ olarak bulmuşlardır. Günlü et al. (2014) tarafından yapılan çalışmada Landsat TM uydu görüntüsünden elde edilen bant yansımaya değerleri ve vejetasyon indisleri arasındaki ilişkiler tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen model başarı sonuçları incelendiğinde TM 1 ve TM2 bant yansımaya değerlerinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde $R^2=0.465$ ve EVI ile ND57 vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde ise $R^2=0.606$ olarak bulmuşlardır. Heiskanen (2006) tarafından yapılan çalışmada Aster uydu görüntüsünde elde edilen vejetasyon indisleri ile topraküstü biyokütleyi tahmin edilmeye çalışılmıştır. SR vejetasyon indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde $R^2=0.79$, SAVI2 indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde $R^2=0.78$, RSR indisinin bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde $R^2=0.79$ ve bant 2 değişkeninin yer aldığı modelde ise $R^2=0.76$ olarak bulmuştur. Askar et al. (2018) tarafından yapılan çalışmada Sentinel-2 uydu görüntüsünden elde edilen vejetasyon indisleri ile topraküstü biyokütleyi tahmin etmeye çalışmışlardır.

Sonuçlar incelendiğinde NDI45 ve EVI vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde $R^2 = 0.78$ olarak bulunmuşlardır. Imran and Ahmed (2018) tarafından yapılan çalışmada Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden elde edilen vejetasyon indisleri ile topraküstü biyokütle arasındaki ilişkiler tahmin edilmeye çalışılmışlardır. Çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde SAVI indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı basit regresyon modelinde $R^2 = 0.68$ ve NDVI, SAVI, PVI, ARVI ve DVI bağımsız değişkenlerin yer aldığı regresyon modelinde ise $R^2 = 0.63$ olarak bulunmuşlardır. Farklı uydu görüntülerinden elde edilen bant parlaklık, yansıma ve vejetasyon indis değerleri ile topraküstü biyokütleyi regresyon analizi kullanılarak tahmin etmeye yönelik çalışmalarda genellikle vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı modellerin daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Çünkü vejetasyon indisleri çevresel koşullar ve gölgelerin neden olduğu yansıma değerleri üzerindeki etkileri kısmen azaltabilir. Böylece, özellikle karmaşık orman ekosistemlerinde, topraküstü biyokütle ile vejetasyon indisleri arasındaki korelasyonun iyileştirilmesi katkı sağlamaktadır (Lu, 2004). Bu çalışmada ise bant parlaklık değerleri (Çizelge 3.3.) vejetasyon indislerine (Çizelge 3.4.) göre daha iyi sonuç vermiştir. Bunun nedeni kullanılan uydu görüntüsüne, arazi yapısına, meşcerelerin yapısına vb. bağlı olabilir. Lu and Batistella (2005) tarafından yapılan bir çalışmada Landsat TM uydu görüntüsüne ilişkin bant yansıma değerleri ve tekstür özelliklerine ilişkin verilerle topraküstü biyokütle arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarında tekstür değerleri ile topraküstü biyokütle arasında zayıf ilişkiler bulunmuşken, bant yansıma değerleri ile topraküstü biyokütle arasında daha iyi ilişkiler bulunmuştur. Yavaşlı ve Ölgün (2017) tarafından yapılan çalışmada saf kızılçam meşcerelerinde Landsat 8 OLI uydu görüntülerinden elde edilen veriler ile topraküstü biyokütle arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlarda, Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden elde edilen vejetasyon indisleri ve bant parlaklık değerleri ile topraküstü biyokütle arasındaki modelin açıklayıcı %91 düzeyinde bulunmuştur. Lu (2005) tarafından yapılan beş farklı alandaki çalışmada Landsat TM uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık, vejetasyon indis ve tekstür değerleri ile topraküstü biyokütle arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde; Altamira çalışma alanında ND54 vejetasyon indisinin yer aldığı modelde $R^2 = 0.404$ ve Pedras çalışma alanında TM5 bant yansıma değerinin yer aldığı

modelde $R^2 = 0.683$ bulmuştur. Bununla birlikte Altamira çalışma alanında VAR299 tekstür özelliği değerinin yer aldığı modelde $R^2 = 0.708$ ve Bragantina çalışma alanında VAR51515 tekstür özelliği değerinin yer aldığı modelde $R^2 = 0.304$ olarak bulmuştur. Aynı çalışmada Machadinho çalışma alanında; bant, indis ve tekstür özelliklerinin yer aldığı modelde $R^2 = 0.755$ olarak bulmuştur. Bu çalışmada; bant, indis ve tekstür özelliği değerlerine göre elde edilen sonuçlar bizim çalışmamızla benzerlik göstermiştir. Dube and Mutanga (2015) tarafında yapılan başka bir çalışmada Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık, bazı vejetasyon indis ve tekstür özellikleri değerleri ile topraküstü biyokütle arasındaki ilişkiler tahmin edilmiş. Sonuç olarak tekstür özelliklerinin topraküstü biyokütlenin tahmin edilmesinde daha başarılı olduğu görülmüştür ($R^2 = 0.76$). Bizim çalışmamızda en iyi sonuç tekstür özelliklerinin kullanıldığı modelde elde edilmiştir ($R^2 = 0.552$). Tekstür özellikleri topraküstü biyokütlenin tahmin performansının iyileştirilmesinde önemli bir değişkendir. Tekstür özelliklerine ilişkin veriler kullanılarak topraküstü biyokütlenin tahminine yönelik modellerin başarı düzeyi artmaktadır. Ancak burada önemli olan topraküstü biyokütle ile güçlü ilişkiler veren tekstür özelliklerinin belirlenmesidir. Bununla birlikte topraküstü biyokütlenin tahmini yönelik uygun tekstür özelliklerinin seçimi oldukça zordur. Çünkü tekstür özellikleri çalışma alanındaki meşcere yapılarına ve kullanılan uydu görüntülerine göre değişmektedir. Uygun tekstür özelliklerinin belirlenmesi; uygun doku ölçümlerinin, pencere boyutlarının ve görüntü bantlarının belirlenmesini içerir (Franklin et al. 1996, Chen et al. 2004). Topraküstü biyokütlenin tahmin edilmesinde bütün tekstür özellikleri etkili olamayabilir. Aynı tekstür özelliği için bile uygun pencere boyutu ve uydu görüntü bantı çok önemlidir. Örneğin 3x3 gibi küçük bir pencere boyutu genellikle pencere genişliğindeki farkı ve tekstür görüntüsündeki gürültü içeriğini artırır. Diğer taraftan çok büyük bir pencere boyutu örneğin 31x31 düzgunleştirme nedeniyle tekstür özelliklerini etkili bir şekilde çıkaramaz. Ayrıca büyük bir pencere boyutu daha fazla işlem yapılmasını gerektirir buda pratik olmaz. Uygulamalarda hangi tekstür özelliklerinin, pencere boyutlarının ve görüntü bantların kullanılacağı topraküstü biyokütleyi tahmin etmede araştırılması gereken bir konudur. Bu nedenle topraküstü biyokütleyi tahmin etmeye yönelik uygun modeller geliştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Lu 2005). Yukarıda açıklanan nedenleri destekleyecek şekilde bizim çalışmamızda da farklı tekstür özellikleri, farklı bantlar ve

farklı pencere boyutlarının en başarı modelde yer aldığı görülmektedir (Çizelge 3.5). Uydu görüntüleri kullanılarak topraküstü biyokütleyi tahmin etmeye yönelik çalışmalarda regresyon analizinde başka farklı modelleme teknikleri de kullanılmaktadır. Baloloy et al. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada Rapideye ve Sentinel-2 uydu görüntüsünden elde edilen bant yansıma ve vejetasyon indisleri ile topraküstü biyokütle arasındaki ilişkiler Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) analiz ile tahmin edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, bant yansıma değerleri kullanılarak Rapideye ve Sentinel-2 uydu görüntüleri için elde edilen başarı sonuçları 0.92 ve 0.62 olarak bulunmuşlardır. Bununla birlikte vejetasyon indislerine ilişkin elde edilen başarı sonuçları sırasıyla 0.82 ve 0.89 şeklindedir. Xie et al. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada Landsat ETM+ uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık ve vejetasyon indisleri ile topraküstü biyokütle çoğul regresyon ve yapay sinir ağları kullanılarak modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin başarı düzeyleri karşılaştırıldığında, yapay sinir ağları ile geliştirilen model çoğul regresyon modelini göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Bununla birlikte son yıllarda SAR görüntüleri kullanılarak topraküstü biyokütle miktarının belirlenmesi konusunda yapılan çalışmaların sayısı oldukça artmaktadır (Sakıcı vd., 2004). Bununla birlikte aktif (SAR) görüntüleriyle birlikte pasif görüntülerin birbirine kombine edilip topraküstü biyokütleyi tahmine etmeye yönelik çalışmalarda yapılmaktadır. Maina et al. (2017) tarafından yapılan çalışmada, L bantlı Alos palsar görüntüsüne ait HH ve HV polarizasyonları kullanılarak doğal ve plantasyon alanlarında topraküstü biyokütle tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada regresyon analizi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, doğal ormanları için HV ve HH polarizasyonlarında sırasıyla 0.88 ve 0.52 düzeyinde başarı bulunmuştur. Bununla birlikte plantasyon alanları için HV ve HH polarizasyonlarında sırasıyla 0.708 ve 0.511 düzeyinde başarı bulunmuştur. Shao and Zhang (2016) tarafından yapılan bir çalışmada Landsat 8 OLI ve Radarsat-2 uydu görüntüsü birlikte değerlendirilerek topraküstü biyokütle tahmin edilmeye çalışılmışlardır. Bu çalışmada rasgele orman (Random Forest) modelleme tekniği kullanılmış ve başarı düzeyi 0.82 düzeyinde bulunmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık, vejetasyon indis ve tekstür özelliği değerleri ile topraküstü biyokütle arasındaki ilişkiler çoklu regresyon analizi ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bant parlaklık değerleri, vejetasyon indis değerleri, tekstür özelliği değerleri ve bant parlaklık, vejetasyon indis ve tekstür özelliği değerlerinin birlikte değerlendirildiği 4 farklı model geliştirilmiştir. Elde edilen modellerin başarı düzeyleri incelendiğinde, en başarılı modelin tekstür özellik değerlerinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı modelden elde edilmiştir. İkinci en başarılı model ise bant parlaklık, vejetasyon indis ve tekstür özelliği değerlerinin bağımsız değişken olarak birlikte kullanıldığı modelden elde edilmiştir. Başarı bakımından üçüncü sıradaki ise bant parlaklık değerlerinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı modelden ve başarı bakımından dördüncü sıradaki ise vejetasyon indis değerlerinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı modelden elde edilmiştir (Çizelge 3.4.-3.7). Landsat 8 OLI uydu görüntüsü kullanılarak topraküstü biyokütle tahminine ilişkin geliştirilen modellerin hepsi orta düzeyde açıklayıcılığa sahip olup, tahmin başarılarının yeterli olmadığı görülmüştür. Elde edilen modellere ilişkin başarı sonuçlarının düşük çıkması; kullanılan uydu görüntüsünün konumsal çözünürlüğünün düşük olmasına, uydu görüntüsünün çekim zamanına, uydu görüntüsüne ilişkin yapılan düzeltmelerden kaynaklanabilecek hatalara, çalışma alanında yer alan meşcerelerin yapısına, arazi yapısına, kullanılan modelleme tekniğine vb. nedenlere bağlı olabilir. Bu nedenle, gelecekte bu konuyla ilgili yapılacak çalışmalarda, konumsal çözünürlüğü yüksek olan uydu görüntülerinin farklı modelleme teknikleriyle kullanılması model başarı düzeylerini artırabilir. Bununla birlikte konumsal çözünürlüğü yüksek olan uydu görüntülerinin maliyetinin yüksek olması, gelecekte bu konuda yapılacak olan çalışmaları sınırlı sayıda tutması da olasıdır. Bu bakımdan, son yıllarda uzaya fırlatılan ve konumsal çözünürlüğü Landsat uydu görüntüsüne göre daha iyi olan ve ücretsiz olarak indirilebilen Sentinel 1-B, Sentinel 2A vb. uydu görüntüleri ve farklı modelleme teknikleri (yapay sinir ağları, multivariate adaptive regression splines) kullanılarak topraküstü biyokütleyi tahmin etmeye yönelik yapılacak çalışmalarda, geliştirilecek modelleri başarı düzeyleri artırılabilir.

KAYNAKLAR

- Alemdağ İ.Ş. 1981. Aboveground-mass equations for six hardwood species from natural stands of the research forest at Petawawa. Canadian Forestry Service, Canada, Information Report, 6-9.
- Araújo, T.M., Higuchi, N. & Carvalho Junior, J.A. 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 117, 43-52.
- Asan, Ü., Yeşil A., Özdemir G. ve Sağlam S. 1999. Ormanlarda Karbon Birikimi ve Yıllık Değişiminin Belirlenmesinde Başvurulan Temel Yaklaşımlar, <http://www.slideserve.com/vinson/ormanlarda/karbonbirikimveyillikdegisiminbelirlenmesindebasvurulantemelyaklasimlar> (21.01.2015)
- Askar , Nuthammachot N., Phairuang W., Wicaksono P, and Sayektiningsih T. 2018. “Estimating Aboveground Biomass on Private Forest Using Sentinel-2 Imagery” *Hindawi Journal of Sensors* Volume, Article ID 6745629, 11 pages <https://doi.org/10.1155/2018/6745629>
- Baccini A., Laporte N., Goetz S J., Sun M. and Dong H. 2008. A First Map Of Tropical Africa’s Above-Ground Biomass Derived From Satellite Imagery, *Environ. Res. Lett.* 3 (2008)045011 (9pp)
- Baloloy A. B., Blanco A. C., Candido C. G., Argamosa R. J. L., Dumalag J. B. L. C., a Dimapilis L. L. C. and Paringit E. C. 2018 Estimation Of Mangrove Forest Aboveground Biomass Using Multispectral Bands, Vegetation Indices And Biophysical Variables Derived From Optical Satellite Imageries: Rapideye, Planetscope And Sentinel-2, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume IV-3, 2018 ISPRS TC III Mid-term Symposium “Developments, Technologies and Applications in Remote Sensing”, 7–10 May, Beijing, China
- Brice M., Wulder M A., White J C. and Hobart G. 2013. “ Modeling Stand Height, Volume, and Biomass from Very High Spatial Resolution Satellite Imagery and Samples of Airborne LiDAR”, *Remote Sens.*, 5, 2308-2326; doi:10.3390/rs5052308
- Brown S. 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution*, 16, 363-372.
- Chen, D.; Stow, D.A.; Gong, P. 2004. Examining the effect of spatial resolution and texture window size on classification accuracy: an urban environment case. *International Journal of Remote Sensing*, 25: 2177-2192.
- Çakır G. 2006. Establishing spatial data base for forest management planning using remote sensing and geographic information systems. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 127s., Trabzon
- Das, S.; Singh, T.P., 2012. Correlation analysis between biomass and spectral vegetation indices of forest ecosystem. *Int. J. Eng. Res. Technol.*, 1(5).
- Dixon, R.K., Trexler, M.C., Wisniewski, J., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263, 185-190.
- Dube, T. And Mutanga, O. 2015. Evaluating the Utility of the Medium-spatial Resolution Landsat 8 Multispectral Sensor in Quantifying Aboveground Biomass in Umgeni Catchment, South Africa. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 101, 36-46.

- Eraslan İ., 1982. Orman Amenajmanı, Dördüncü Baskı, İÜ Basımevi, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3010, Orman Fakültesi Yayın No: 318, İstanbul, 582s.
- Erdas 2014. Erdas Imagine. Hexagon Geospatial, Peachtree Corners Circle Norcross.
- Foody, G. M., Cutler, M. E., Mcmorrow, J., Pelz, D., Tangki, H., Boyd, D. S. and Douglas, I. 2001. Mapping the Biomass of Bornean Tropical Rain Forest from Remotely Sensed Data. *Global Ecology and Biogeography*, 10(4), 379-387.
- Franklin, S.E.; Wulder, M.A.; Lavigne, M.B. 1996. Automated derivation of geographic window sizes for remote sensing digital image texture analysis. *Computers and Geosciences*, 22: 665-673.
- Gasparri N. I., Parmuchi M.G., Bono J., Karszenbaum H., and Montenegro C. L. 2010., “Assessing multi-temporal Landsat 7 ETM + images for estimating above-ground biomass in subtropical dry forests of Argentina,” *Journal of Arid Environments*, vol. 74, no. 10, pp. 1262–1270,
- Goodale C.L., Apps, M.J., Birdsey, R.A., Field, C.B., Heath, L.S., Houghton, R.A., Jenkins, J.C., Kohlmaier, G.H., Kurz, W., Liu, S., Nabuurs, G., Nilsson, S., Shvidenko, A.Z. 2002. Forest carbon sinks in the northern hemisphere. *Ecological Applications*, 12, 891-899.
- Günlü A., Ercanlı İ., Başkent E.Z., Çakır G., 2014. Estimating Aboveground Biomass Using Landsat TM Imagery: A Case Study of Anatolian Crimean Pine Forests in Turkey. *Ann. For. Res.* 57(2): 289-298, 2014.
- Hall R.J., Skakun R.S., Arsenault E.J., 2006. Modeling Forest Stand Structure Attributes Using Landsat ETM+ data: Application To Mapping Of Aboveground Biomass And Stand Volume. *Forest Ecology and Management* 225: 378–390. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.01.014.
- Haralick, R.M., Shanmugam, K., Dinstein, I. 1973. Textural Features for Image Classification. *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.* 1973, 3, 610–621.
- Heiskanen, J., 2006. Estimating aboveground tree biomass and leaf area index in a mountain birch forest using ASTER satellite data. *International Journal of Remote Sensing*. 27, pp1135–1158.
- Hirata Y., Tabuchi R., Patanaponpaiboon P., 2014. “Estimation of Aboveground Biomass in Mangrove Forests Using High-Resolution Satellite Data” *J For Res* 19:34–41 DOI 10.1007/s10310-013-0402-5
- Imran A. B. and Ahmed S. “Potential of Landsat-8 spectral indices to estimate forest biomass” *Int. J. Hum. Capital Urban Manage.*, 3(4): 303-314, Autumn 2018
- Kapucu, F., 2004. Orman Amenajmanı, KTÜ Matbaası, KTÜ Yayın No:215, Orman Fakültesi Yayın No:33, Trabzon, 515s.
- Karabürk, T. 2011. Bartın İli Gökmar Meşçerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, BÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın 173 s.
- Lu, D.; Mausel, P.; Batistella, M.; Moran, E. 2004. Comparison of Land-Cover Classification Methods in the Brazilian Amazon Basin. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70: 723-731.
- Lu D. And BATISTELLA M. 2005. Exploring TM Image Texture and its Relationships with Biomass Estimation in Rondônia, Brazilian Amazon, *Acta Amazonica* VOL.35(2) 2005: 249-257
- Lu D. 2005. Aboveground Biomass Estimation Using Landsat TM Data in the Brazilian Amazon, *International Journal of Remote Sensing*, 26:12, 2509-2525, DOI: 10.1080/01431160500142145

- Lu D., 2006. The Potential and Challenge of Remote Sensing-based Biomass Estimation. *International Journal of Remote Sensing* 27(7): 1297–1328. DOI: 10.1080/014 31160500486732.
- Maynard C.L., Lawrence R.L., Nielsen G.A., Decker G., 2007. Modeling vegetation amount using bandwise regression and ecological site descriptions as an alternative to vegetation indices. *GIScience and Remote Sensing* 44(1): 68-81. DOI: 10.2747/1548-1603.44.1.68.
- Maina E. W., Odera P. A. and Kinyanjui M. J., 2017. “Estimation Of Above Ground Biomass In Forests Using Alos Palsar Data In Kericho And Aberdare Ranges,” *Open Journal Of Forestry*, vol. 7, no. 2, pp. 79–96,
- Min Li, John J. Qu, Xianjun Hao, 2009. Estimating Aboveground Biomass for Different Forest Types Based on Landsat TM Measurements. 17th International Conference on Geoinformatics. Fairfax, VA, USA.
- OGM, 2009. Türkiye’de Odunsu Biyokütleden Temiz Enerji Üretimi, OGM Biyonerji Çalışma Grubu, Ankara.
- Özdemir, İ. and Karnieli, A. 2011. “Predicting Forest Structural Parameters Using the Image Texture Derived from WorldView-2 Multispectral Imagery in A Dryland Forest, Israel”. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13 701-710
- Peichl, M. & Arain, M.A. 2007. Allometry and Partitioning of Above and Belowground Tree Biomass in an Age-sequence of White Pine Forests. *Forest Ecology and Management*, 253, 68-80.
- Sakıcı O., Ercanlı İ., Kahriman A. 2004 Klasik Biyokütle Tahmin Yöntemleri Ve Yeni Yaklaşımlar, *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi* (2004) : 3-4 (165-171)
- Saraçoğlu Ö, 1988. Karadeniz Yöresi Göknaar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. *Orman Genel Müdürlüğü Yayınları*, İstanbul, 312 s.
- Saraçoğlu, N. (1998). Kayın (*Fagus Orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 93-100
- Shao Z. and Zhang L. 2016. Estimating Forest Aboveground Biomass by Combining Optical and SAR Data: A Case Study in Genhe, Inner Mongolia, China. *Sensors*. 16(6), 834.
- SPSS 2007. - SPSS Base 15.0 User’s Guide. Institute Inc
- Ülküdü, M., 2010. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Sedir Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Vogt, K. 1991. Carbon Budgets of Temperate Forest Ecosystems. *Tree Physiology*, 9, 69-86.
- Xie, Y.; Sha, Z.; Yu, M.; Bai, Y.; Zhang, L. 2009. A comparison of two models with Landsat data for estimating above ground grassland biomass in Inner Mongolia, China. *Ecol. Model.* 220, 1810–1818.
- Yavaşlı D. D. ve Ölgün M. K. 2017. Modeling Above Ground Biomass In Calabrian Pine Forests Of Düzlerçamı (Antalya), *Ege Coğrafya Dergisi*, 26/2 (2017), 151-161, İzmir
- Yuksel I, Kaygusuz K. 2011. Renewable energy sources for clean and sustainable energy policies in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.007>.

Zheng, D., Rademacher, J., Chen, J., Crow, T., Bresee, M., Moine, J.L. and Ryu, S.R. 2004. Estimating Above-ground Biomass Using Landsat 7 ETM+ Data Across A Managed Landscape in Northern Wisconsin, USA. Remote Sensing Of Environment, 93 (2004);402-411.



EKLER

Ek 1. Örnek alanlara ilişkin tekstür özellikleri değerlerine göre tanımlayıcı istatistikî değerler

Tekstür					
Özellikleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant1_3x3_M	317	17.00	56.00	19.2303	6.51973
Bant1_3x3_VAR	317	0.00	39.00	3.9653	9.91907
Bant1_3x3_HOM	317	104.00	255.00	247.8864	22.41792
Bant1_3x3_CON	317	0.00	82.00	5.2681	13.83632
Bant1_3x3_ENT	317	0.00	200.00	21.3028	49.95457
Bant1_3x3_SM	317	58.00	255.00	237.9022	46.53004
Bant1_3x3_COR	317	0.00	255.00	233.3091	59.64074
Bant1_5x5_M	317	18.00	55.00	20.4290	6.39018
Bant1_5x5_VAR	317	0.00	17.00	1.5268	3.41211
Bant1_5x5_HOM	317	141.00	255.00	246.1987	20.40542
Bant1_5x5_CON	317	0.00	25.00	2.2461	4.61382
Bant1_5x5_DIS	317	0.00	75.00	7.2618	14.34402
Bant1_5x5_ENT	317	0.00	124.00	18.3470	33.81164
Bant1_5x5_SM	317	68.00	255.00	231.2555	51.54365
Bant1_5x5_COR	317	0.00	255.00	208.4795	85.81204
Bant1_7x7_M	317	19.00	56.00	21.3565	5.91895
Bant11_7x7_VAR	317	0.00	9.00	1.0000	1.97131
Bant11_7x7_HOM	317	162.00	255.00	244.4574	19.84231
Bant11_7x7_CON	317	0.00	17.00	2.1073	3.75279
Bant11_7x7_DIS	317	0.00	60.00	7.7350	13.06311
Bant11_7x7_ENT	317	0.00	111.00	18.9117	29.43764
Bant11_7x7_SM	317	63.00	255.00	225.9527	52.38901
Bant11_7x7_COR	317	0.00	255.00	184.1420	97.72654
Bant1_9x9_M	317	20.00	58.00	22.8738	6.03653
Bant1_9x9_VAR	317	0.00	9.00	0.6688	1.34332

Ek 1'in devamı

Tekstür					
Özellikleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant1_9x9_HOM	317	172.00	255.00	244.0631	18.33485
Bant1_9x9_CON	317	0.00	14.00	2.0158	3.21139
Bant1_9x9_DIS	317	0.00	54.00	8.3186	12.09781
Bant1_9x9_ENT	317	0.00	94.00	18.8265	26.25589
Bant1_9x9_SM	317	68.00	255.00	223.6057	51.41048
Bant1_9x9_COR	317	0.00	255.00	164.6562	101.24703
Bant2_3x3_M	317	16.00	59.00	46.3502	10.11205
Bant2_3x3_VAR	317	0.00	41.00	6.2429	12.84724
Bant2_3x3_HOM	317	79.00	255.00	242.2334	29.65918
Bant2_3x3_CON	317	0.00	96.00	9.4259	18.57822
Bant2_3x3_DIS	317	0.00	123.00	11.9874	23.72428
Bant2_3x3_ENT	317	0.00	202.00	31.1514	57.42438
Bant2_3x3_SM	317	49.00	255.00	227.9211	57.52174
Bant2_3x3_COR	317	0.00	255.00	219.1041	74.02257
Bant2_5x5_M	317	16.00	57.00	47.1640	9.73306
Bant2_5x5_VAR	317	0.00	17.00	2.5268	4.20029
Bant2_5x5_HOM	317	153.00	255.00	241.1483	24.08661
Bant2_5x5_CON	317	0.00	21.00	3.2082	5.13065
Bant2_5x5_DIS	317	0.00	67.00	10.6341	16.67690
Bant2_5x5_ENT	317	0.00	127.00	25.7161	38.58775
Bant2_5x5_SM	317	58.00	255.00	218.6972	60.45390
Bant2_5x5_COR	317	0.00	255.00	195.4290	91.14937
Bant2_7x7_M	317	16.00	59.00	46.6972	8.78594
Bant2_7x7_VAR	317	0.00	13.00	1.3502	2.20624
Bant2_7x7_HOM	317	146.00	255.00	239.3880	23.88708
Bant2_7x7_CON	317	0.00	18.00	2.7003	4.00495
Bant2_7x7_DIS	317	0.00	69.00	11.0252	15.51885
Bant2_7x7_ENT	317	0.00	120.00	25.9180	34.18406
Bant2_7x7_SM	317	59.00	255.00	212.5994	62.47780
Bant2_7x7_COR	317	0.00	255.00	166.0473	101.90179

Ek 1'in devamı

Tekstür					
Özellikleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant2_9x9_M	317	16.00	59.00	46.6972	8.78594
Bant2_9x9_VAR	317	0.00	13.00	1.3502	2.20624
Bant2_9x9_HOM	317	146.00	255.00	239.3880	23.88708
Bant2_9x9_CON	317	0.00	18.00	2.7003	4.00495
Bant2_9x9_DIS	317	0.00	69.00	11.0252	15.51885
Bant2_9x9_ENT	317	0.00	120.00	25.9180	34.18406
Bant2_9x9_SM	317	59.00	255.00	212.5994	62.47780
Bant2_9x9_COR	317	0.00	255.00	166.0473	101.90179
Bant3_3x3_M	317	19.00	69.00	40.5899	15.16186
Bant3_3x3_VAR	317	0.00	79.00	16.8675	17.86274
Bant3_3x3_HOM	317	88.00	255.00	223.5962	38.44346
Bant3_3x3_CON	317	0.00	52.00	12.9054	12.53264
Bant3_3x3_DIS	317	0.00	114.00	28.4006	27.44754
Bant3_3x3_ENT	317	0.00	243.00	74.5237	63.98173
Bant3_3x3_SM	317	29.00	255.00	188.9054	71.32026
Bant3_3x3_COR	317	0.00	255.00	168.6593	92.14572
Bant3_5x5_M	317	19.00	70.00	41.3249	13.56974
Bant3_5x5_VAR	317	0.00	22.00	5.4038	4.17433
Bant3_5x5_HOM	317	112.00	255.00	213.1893	34.55168
Bant3_5x5_CON	317	0.00	32.00	8.3817	6.47996
Bant3_5x5_DIS	317	0.00	90.00	29.8265	21.50327
Bant3_5x5_ENT	317	0.00	152.00	68.6183	42.08215
Bant3_5x5_SM	317	45.00	255.00	153.4290	70.39130
Bant3_5x5_COR	317	0.00	255.00	113.8517	85.19876
Bant3_7x7_M	317	18.00	75.00	40.8139	12.55142
Bant3_7x7_VAR	317	0.00	22.00	3.9527	2.66618
Bant3_7x7_HOM	317	137.00	255.00	212.0126	28.71785
Bant3_7x7_CON	317	0.00	31.00	8.0757	5.08042
Bant3_7x7_DIS	317	0.00	76.00	29.5300	17.49312

Ek 1'in devamı**Tekstür**

Özellikleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant3_7x7_ENT	317	0.00	142.00	63.3691	32.42683
Bant3_7x7_SM	317	40.00	255.00	141.8328	63.20647
Bant3_7x7_COR	317	0.00	255.00	103.9022	70.91143
Bant3_9x9_M	317	20.00	82.00	42.5552	11.97919
Bant3_9x9_VAR	317	0.00	23.00	2.9306	2.09465
Bant3_9x9_HOM	317	125.00	255.00	210.3785	25.19522
Bant3_9x9_CON	317	0.00	30.00	7.5174	4.17238
Bant3_9x9_DIS	317	0.00	86.00	29.9464	15.18661
Bant3_9x9_ENT	317	0.00	141.00	62.6467	27.22274
Bant3_9x9_SM	317	37.00	255.00	130.2208	56.62145
Bant3_9x9_COR	317	0.00	255.00	101.8738	62.69241
Bant4_3x3_M	317	27.00	79.00	39.1388	14.07169
Bant4_3x3_VAR	317	0.00	74.00	10.7003	12.35633
Bant4_3x3_HOM	317	67.00	255.00	223.5110	40.81376
Bant4_3x3_CON	317	0.00	129.00	16.1041	17.53095
Bant4_3x3_DIS	317	0.00	150.00	29.6215	30.81717
Bant4_3x3_ENT	317	0.00	235.00	76.7697	69.37994
Bant4_3x3_SM	317	38.00	255.00	184.9716	74.73508
Bant4_3x3_COR	317	0.00	255.00	174.2271	91.52104
Bant4_5x5_M	317	21.00	77.00	35.1609	13.99444
Bant4_5x5_VAR	317	0.00	27.00	5.4574	4.87329
Bant4_5x5_HOM	317	120.00	255.00	215.2366	34.96233
Bant4_5x5_CON	317	0.00	40.00	9.2965	7.64235
Bant4_5x5_DIS	317	0.00	96.00	29.7855	23.29132
Bant4_5x5_ENT	317	0.00	161.00	67.5363	45.81218
Bant4_5x5_SM	317	38.00	255.00	156.4858	73.84099
Bant4_5x5_COR	317	0.00	255.00	127.8486	87.69832
Bant4_7x7_M	317	20.00	83.00	34.6625	12.85839
Bant4_7x7_VAR	317	0.00	27.00	4.2965	3.58801

Ek 1'in devamı**Tekstür**

Özellikleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant4_7x7_HOM	317	132.00	255.00	214.7666	30.11827
Bant4_7x7_CON	317	0.00	41.00	9.1325	6.66334
Bant4_7x7_DIS	317	0.00	90.00	29.5268	19.40565
Bant4_7x7_ENT	317	0.00	148.00	62.0757	36.84281
Bant4_7x7_SM	317	33.00	255.00	147.7476	68.55553
Bant4_7x7_COR	317	0.00	255.00	108.5205	75.43064
Bant4_9x9_M	317	27.00	79.00	39.1388	14.07169
Bant4_9x9_VAR	317	0.00	74.00	10.7003	12.35633
Bant4_9x9_HOM	317	67.00	255.00	223.5110	40.81376
Bant4_9x9_CON	317	0.00	129.00	16.1041	17.53095
Bant4_9x9_DIS	317	0.00	150.00	29.6215	30.81717
Bant4_9x9_ENT	317	0.00	235.00	76.7697	69.37994
Bant4_9x9_SM	317	38.00	255.00	184.9716	74.73508
Bant4_9x9_COR	317	0.00	255.00	174.2271	91.52104
Bant5_3x3_M	317	77.00	179.00	119.9243	14.47676
Bant5_3x3_VAR	317	0.00	172.00	18.2839	26.48396
Bant5_3x3_HOM	317	3.00	255.00	203.9401	53.57102
Bant5_3x3_CON	317	0.00	255.00	21.3060	32.42710
Bant5_3x3_DIS	317	0.00	255.00	39.9842	38.96903
Bant5_3x3_ENT	317	0.00	255.00	90.0536	71.01796
Bant5_3x3_SM	317	2.00	255.00	160.2366	79.36387
Bant5_3x3_COR	317	0.00	255.00	147.8486	82.77151
Bant5_5x5_M	317	80.00	179.00	118.8233	14.54914
Bant5_5x5_VAR	317	0.00	126.00	13.2366	16.42371
Bant5_5x5_HOM	317	9.00	255.00	197.4953	47.91974
Bant5_5x5_CON	317	0.00	189.00	17.0379	20.55354
Bant5_5x5_DIS	317	0.00	229.00	40.6215	34.20483
Bant5_5x5_ENT	317	0.00	249.00	84.3249	56.68583
Bant5_5x5_SM	317	4.00	255.00	123.1073	72.78841

Ek 1'in devamı**Tekstür**

Özellikleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant5_5x5_COR	317	0.00	255.00	107.3596	67.06975
Bant5_7x7_M	317	85.00	180.00	122.0221	14.52876
Bant5_7x7_VAR	317	0.00	105.00	11.7192	13.72262
Bant5_7x7_HOM	317	39.00	255.00	190.1956	43.17831
Bant5_7x7_CON	317	0.00	134.00	17.8391	16.92302
Bant5_7x7_DIS	317	0.00	182.00	42.2808	30.16306
Bant5_7x7_ENT	317	0.00	231.00	90.4385	48.71183
Bant5_7x7_SM	317	6.00	255.00	105.4858	63.86886
Bant5_7x7_COR	317	0.00	255.00	95.4416	61.65097
Bant5_9x9_M	317	89.00	181.00	123.0789	14.41442
Bant5_9x9_VAR	317	0.00	91.00	10.3375	11.72211
Bant5_9x9_HOM	317	41.00	255.00	182.5584	40.34998
Bant5_9x9_CON	317	0.00	130.00	19.3060	16.71630
Bant5_9x9_DIS	317	0.00	184.00	48.2082	28.95644
Bant5_9x9_ENT	317	0.00	229.00	96.8927	43.33189
Bant5_9x9_SM	317	6.00	255.00	90.4259	55.36460
Bant5_9x9_COR	317	0.00	255.00	102.3249	57.33588
Bant6_3x3_M	317	65.00	157.00	93.2145	17.39757
Bant6_3x3_VAR	317	0.00	208.00	17.4511	23.91483
Bant6_3x3_HOM	317	0.00	255.00	200.2681	54.76261
Bant6_3x3_CON	317	0.00	221.00	18.9117	24.66109
Bant6_3x3_DIS	317	0.00	245.00	44.8675	40.38205
Bant6_3x3_ENT	317	0.00	255.00	106.5237	73.18589
Bant6_3x3_SM	317	1.00	255.00	145.8170	82.90423
Bant6_3x3_COR	317	0.00	255.00	155.7918	82.48575
Bant6_5x5_M	317	61.00	159.00	92.4606	17.36820
Bant6_5x5_VAR	317	0.00	190.00	13.3912	18.46117
Bant6_5x5_HOM	317	3.00	255.00	190.5931	50.05524
Bant6_5x5_CON	317	0.00	142.00	19.1798	19.64340

Ek 1'in devamı**Tekstür**

Özellikleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant6_5x5_DIS	317	0.00	204.00	48.6341	34.59383
Bant6_5x5_ENT	317	0.00	228.00	99.1640	58.04051
Bant6_5x5_SM	317	9.00	255.00	117.0347	76.12869
Bant6_5x5_COR	317	0.00	255.00	111.6593	70.20736
Bant6_7x7_M	317	59.00	168.00	93.8297	17.66109
Bant6_7x7_VAR	317	0.00	139.00	11.8297	16.22204
Bant6_7x7_HOM	317	29.00	255.00	183.3407	45.27669
Bant6_7x7_CON	317	0.00	152.00	19.3028	18.32883
Bant6_7x7_DIS	317	0.00	176.00	49.7256	32.10343
Bant6_7x7_ENT	317	0.00	232.00	100.5615	50.55728
Bant6_7x7_SM	317	6.00	255.00	101.7035	67.78055
Bant6_7x7_COR	317	0.00	255.00	114.9621	66.05448
Bant6_9x9_M	317	62.00	174.00	96.1041	17.72001
Bant6_9x9_VAR	317	0.00	165.00	10.8833	15.10372
Bant6_9x9_HOM	317	46.00	255.00	176.3533	42.19696
Bant6_9x9_CON	317	0.00	164.00	20.1735	18.18431
Bant6_9x9_DIS	317	0.00	161.00	53.2366	30.64482
Bant6_9x9_ENT	317	0.00	227.00	103.9401	45.48424
Bant6_9x9_SM	317	7.00	255.00	88.6814	58.08595
Bant6_9x9_COR	317	0.00	245.00	118.9748	60.08632
Bant7_3x3_M	317	43.00	135.00	69.7192	17.14403
Bant7_3x3_VAR	317	0.00	131.00	12.7508	16.53892
Bant7_3x3_HOM	317	18.00	255.00	217.9401	42.53606
Bant7_3x3_CON	317	0.00	146.00	13.3438	15.47022
Bant7_3x3_DIS	317	0.00	213.00	36.0631	33.85079
Bant7_3x3_ENT	317	0.00	255.00	84.7350	66.52419
Bant7_3x3_SM	317	20.00	255.00	176.3123	75.58033
Bant7_3x3_COR	317	0.00	255.00	169.7760	85.43224
Bant7_5x5_M	317	45.00	137.00	72.8170	16.43547

Ek 1'in devamı**Tekstür**

Özellikleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant7_5x5_VAR	317	0.00	129.00	9.3912	12.41369
Bant7_5x5_HOM	317	50.00	255.00	209.4006	39.20831
Bant7_5x5_CON	317	0.00	101.00	12.9464	12.31780
Bant7_5x5_DIS	317	0.00	167.00	37.4038	27.50123
Bant7_5x5_ENT	317	0.00	233.00	73.3596	48.62915
Bant7_5x5_SM	317	9.00	255.00	148.4637	72.15869
Bant7_5x5_COR	317	0.00	255.00	111.7855	77.22271
Bant7_7x7_M	317	46.00	147.00	75.3817	16.38489
Bant7_7x7_VAR	317	0.00	95.00	7.6278	10.40479
Bant7_7x7_HOM	317	62.00	255.00	203.9243	34.97966
Bant7_7x7_CON	317	0.00	93.00	13.1672	11.50153
Bant7_7x7_DIS	317	0.00	143.00	38.3880	24.00127
Bant7_7x7_ENT	317	0.00	216.00	75.2587	42.24135
Bant7_7x7_SM	317	10.00	255.00	127.1577	65.94282
Bant7_7x7_COR	317	0.00	255.00	113.6593	66.49429
Bant7_9x9_M	317	46.00	151.00	76.3722	15.94155
Bant7_9x9_VAR	317	0.00	115.00	6.8170	9.74442
Bant7_9x9_HOM	317	73.00	255.00	199.6530	32.63937
Bant7_9x9_CON	317	0.00	99.00	13.5268	10.86613
Bant7_9x9_DIS	317	0.00	139.00	40.2934	22.46599
Bant7_9x9_ENT	317	0.00	202.00	80.5489	37.74852
Bant7_9x9_SM	317	11.00	255.00	116.2492	59.60687
Bant7_9x9_COR	317	0.00	255.00	120.7287	57.19760
Bant8_3x3_M	317	18.00	78.00	20.2082	7.19622
Bant8_3x3_HOM	317	0.00	255.00	246.2082	31.60607
Bant8_3x3_DIS	317	0.00	255.00	12.6688	36.67667
Bant8_3x3_ENT	317	0.00	255.00	18.6530	48.71247
Bant8_3x3_SM	317	12.00	255.00	239.6593	47.52272
Bant8_3x3_COR	317	0.00	255.00	235.6845	55.42484

Ek 1'in devamı

Tekstür					
Özellikleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant8_5x5_M	317	17.00	56.00	19.3912	6.43603
Bant8_5x5_HOM	317	91.00	255.00	244.0158	28.78746
Bant8_5x5_CON	317	0.00	111.00	7.7413	17.87428
Bant8_5x5_DIS	317	0.00	151.00	12.4795	28.24828
Bant8_5x5_ENT	317	0.00	188.00	18.6719	38.81618
Bant8_5x5_SM	317	29.00	255.00	233.1798	51.63310
Bant8_5x5_COR	317	0.00	255.00	219.7950	74.75796
Bant8_7x7_M	317	19.00	54.00	21.7886	6.38700
Bant8_7x7_HOM	317	96.00	255.00	243.2587	26.87081
Bant8_7x7_CON	317	0.00	79.00	7.4732	14.79598
Bant8_7x7_DIS	317	0.00	140.00	13.1388	25.32085
Bant8_7x7_ENT	317	0.00	150.00	18.2524	34.23180
Bant8_7x7_SM	317	40.00	255.00	230.0915	51.79641
Bant8_7x7_COR	317	0.00	255.00	200.3533	87.28142
Bant8_9x9_M	317	21.00	61.00	23.9874	6.38480
Bant8_9x9_HOM	317	114.00	255.00	242.4700	25.86265
Bant8_9x9_CON	317	0.00	67.00	7.4826	13.33753
Bant8_9x9_DIS	317	0.00	124.00	13.6909	23.83233
Bant8_9x9_ENT	317	0.00	146.00	19.7066	32.66059
Bant8_9x9_SM	317	44.00	255.00	226.9022	52.34126
Bant8_9x9_COR	317	0.00	255.00	183.2934	95.48530
Bant10_3x3_M	317	60.00	204.00	113.1609	23.85483
Bant10_3x3_HOM	317	0.00	255.00	221.1104	53.40700
Bant10_3x3_DIS	317	0.00	255.00	49.0410	64.01964
Bant10_3x3_ENT	317	0.00	255.00	71.9148	83.02399
Bant10_3x3_SM	317	13.00	255.00	194.1830	81.00456
Bant10_3x3_COR	317	0.00	255.00	196.9432	80.62542
Bant10_5x5_M	317	56.00	203.00	110.6120	24.20713
Bant10_5x5_HOM	317	0.00	255.00	212.8612	47.65554

Ek 1'in devamı**Tekstür**

Özellikleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant10_5x5_DIS	317	0.00	255.00	52.9842	51.49680
Bant10_5x5_ENT	317	0.00	255.00	79.6183	65.01487
Bant10_5x5_SM	317	0.00	255.00	164.8644	80.71828
Bant10_5x5_COR	317	0.00	255.00	168.8044	81.31374
Bant10_7x7_M	317	59.00	208.00	115.8107	23.93944
Bant10_7x7_HOM	317	15.00	255.00	210.0347	44.94478
Bant10_7x7_DIS	317	0.00	255.00	56.8896	46.88685
Bant10_7x7_ENT	317	0.00	255.00	82.6940	59.58196
Bant10_7x7_SM	317	0.00	255.00	150.3155	77.12398
Bant10_7x7_COR	317	0.00	255.00	169.4921	69.85576
Bant10_9x9_M	317	57.00	208.00	115.6940	24.25519
Bant10_9x9_HOM	317	6.00	255.00	202.5552	44.01094
Bant10_9x9_DIS	317	0.00	255.00	60.3880	43.21734
Bant10_9x9_ENT	317	0.00	242.00	88.6814	55.81669
Bant10_9x9_SM	317	4.00	255.00	138.9558	73.49678
Bant10_9x9_COR	317	0.00	255.00	172.3155	60.63954
Bant11_3x3_M	317	64.00	206.00	113.8360	24.47030
Bant11_3x3_HOM	317	13.00	255.00	228.9306	48.22949
Bant11_3x3_DIS	317	0.00	255.00	38.8423	58.52594
Bant11_3x3_ENT	317	0.00	255.00	56.9748	77.83466
Bant11_3x3_SM	317	0.00	255.00	206.8517	77.70396
Bant11_3x3_COR	317	0.00	255.00	210.1861	74.70770
Bant11_5x5_M	317	67.00	203.00	115.9148	23.47613
Bant11_5x5_HOM	317	0.00	255.00	218.6498	45.83377
Bant11_5x5_DIS	317	0.00	255.00	49.6688	52.18869
Bant11_5x5_ENT	317	0.00	255.00	70.5174	65.65375
Bant11_5x5_SM	317	0.00	255.00	178.7950	79.84985
Bant11_5x5_COR	317	0.00	255.00	180.9180	75.49822
Bant11_7x7_M	317	63.00	201.00	115.6940	23.62533

Ek 1'in devamı**Tekstür**

Özellikleri	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Bant11_7x7_HOM	317	0.00	255.00	214.7508	42.61401
Bant11_7x7_DIS	317	0.00	255.00	54.9022	45.85089
Bant11_7x7_ENT	317	0.00	255.00	76.0568	57.63276
Bant11_7x7_SM	317	0.00	255.00	161.6656	75.19474
Bant11_7x7_COR	317	0.00	255.00	167.0158	68.89785
Bant11_9x9_M	317	65.00	203.00	119.2587	23.43526
Bant11_9x9_HOM	317	0.00	255.00	206.5016	40.93995
Bant11_9x9_DIS	317	0.00	255.00	58.6215	41.50242
Bant11_9x9_ENT	317	0.00	255.00	82.6057	53.78190
Bant11_9x9_SM	317	2.00	255.00	148.4921	70.93947
Bant11_9x9_COR	317	0.00	255.00	173.4385	61.14705

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ramazan TURGUT
Doğum Yeri ve Yılı : Karapınar/KONYA 1989
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : ramazanturgut@ogm.gov.tr



Eğitim Durumu

Lise : Yabancı Dil Ağırlıklı Çine Lisesi
Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Mühendisliği Bölümü

Mesleki Deneyim

İş Yeri : OGM, Araç Orman İşletme Müdürlüğü (2013-)