

Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Ormanında Göktürk-2 Uydu Görüntüsü Kullanılarak Bazı Meşcere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi

Rabia GÖĞERÇİN¹, Alkan GÜNLÜ^{2*}

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, ÇANKIRI

²Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, ÇANKIRI

*Sorumlu yazar: alkangunlu@karatekin.edu.tr

Öz

Bu çalışmanın amacı, Çankırı Karatekin Üniversitesi (ÇAKÜ) Orman Fakültesi Araştırma Ormanında Göktürk-2 uydu görüntüsü yardımıyla meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, meşcere orta çapı ve meşcere orta boyunun tahmin edilmesidir. Toplam geçici 61 geçici örnek alanda, yersel ölçümlerle meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, meşcere orta çapı ve meşcere orta boyu belirlenmiştir. Aynı örnek alanların koordinat değerlerinden yararlanarak Göktürk-2 uydu görüntüsü üzerinde parlaklık değerleri ve vejetasyon indis değerleri hesaplanmıştır. Uydu görüntüsünden elde edilen parlaklık değerleri ve vejetasyon indis değerleri ayrı ayrı kullanılarak meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, meşcere orta çapı ve meşcere orta boyundaki değişkenlik, çoğul regresyon analiziyle ortaya konulmuştur. Meşcere hacmindeki değişkenliğin %29.8'i (Sy.x=45,61 m³/ha) uydu görüntüsünün bant 2 parlaklık değerleri ve %44,2'si (Sy.x=37,03 m³/ha) ise SR ile EVI gibi vejetasyon indisleri ile belirlenebildiği saptanmıştır. Göğüs yüzeyi ile uydu görüntüsünün bant 1 parlaklık değeri arasındaki ilişkinin (R²=0,352, Sy.x=6,37 m²/ha), SR vejetasyon indisi ile arasındaki ilişkinin ise (R²=0,363, Sy.x= 4,35 m²/ha) olarak elde edilmiştir. Uydu görüntüsünün bant3 ve bant4 gibi parlaklık değerleri ve EVI ile NDVI gibi vejetasyon indislerinin ayrı ayrı bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon modelleri ile ağaç sayısı arasında sırasıyla (R²=0,221, Sy.x=172,92 adet/ha ve R²=0,292, Sy.x=84.12 adet/ha) ilişkiler bulunmuştur. Uydu görüntüsünün bant 4 parlaklık değeri kullanıldığında meşcere orta çapındaki değişimin %11.4'ü (Sy.x=2,71 cm), EVI ve DVI vejetasyon indisleri kullanıldığında ise % 26,6'sı (Sy.x=2,54 cm) ortaya konulmuştur. Uydu görüntüsünün bant 2 ve bant 3 parlaklık değerleri ve EVI ile DVI vejetasyon indisleri gibi bağımsız değişkenlerin yer aldığı regresyon modelleri ile meşcere orta boyu arasında sırasıyla (R²=0,273 Sy.x= 0,47 m ve R²=0,288 Sy.x=0,49 m) ilişkiler bulunmuştur. Meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine ilişkin model sonuçları karşılaştırıldığında vejetasyon indislerinin bant parlaklık değerlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanı, Göktürk-2 uydu görüntüsü, Meşcere parametreleri, Modelleme

Estimation of Some Stand Parameters Using Göktürk-2 Satellite Image: A Case Study in ÇAKÜ Faculty of Forestry Research Forest

Abstract

This study was carried out to estimate stand volume, basal area, number of trees, quadratic mean diameter and mean height with Göktürk-2 satellite image in Çankırı Karatekin University (ÇAKÜ) Faculty of Forestry Research forest. The stand volume, basal area, number of trees, quadratic mean diameter, and mean height were measured at 61 temporary sampling plots observation plots. Brightness values and vegetation indices for the each plots were obtained from Göktürk-2 satellite image. Regression analyses were conducted to determine relationships between the brightness, vegetation indices and stand volume, basal area, number of trees, quadratic mean diameter, and mean height. Linear combination of band 2, SR, and EVI predicted stand volume (R²=0.298, Sy.x=45.61095 and R²=0.442, Sy.x=37.03, respectively); of band 1 and SR predicted basal area R²=0.352, Sy.x=6.3739 R²=0.363, Sy.x= 4.3472, respectively); band 3 and band 4, EVI and NDVI predicted number of trees (R²=0.221, Sy.x=172.918 and R²=0.292, Sy.x=84.1182, respectively); band 4, EVI, and DVI predicted stand mean diameter (R²=0.114, Sy.x=2.71347, and R²=0.266 ,Sy.x=2.5406, respectively); band 2 and band 3, EVI, and DVI described stand mean height (R²=0.273, Sy.x= 0.4868, and R²=0.288, Sy.x=0.4866, respectively). The results further showed that vegetation indices could predict the stand volume, basal area, and number of tree better than other combinations of Göktürk-2 individual bant brightness values.

Keywords: ÇAKÜ Faculty of Forestry Research forest, Göktürk-2 satellite image, Modelling, Stand parameters

1. GİRİŞ

Artan nüfus, gelişen teknoloji ve insan yaşamının kalitesinin artmasıyla ihtiyaçlar da artarak çeşitlenmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda ormanlarımızdan bilinçsizce faydalanılmış ve erozyon, heyelan, iklim değişikliği, çevre kirliliği, biyoçeşitliliğin azalması gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu sorunların doğrultusunda ormanlarımızın da canlı bir ekosistem olduğu göz önünde bulundurularak bilimsel yöntemlerle düzenli ve planlı şekilde ormanlarımızdan faydalanılmalıdır. İnsanların ormanın sunmuş olduğu ürün ve hizmetlerden çok yönlü ve sürekli faydalanmasının temelinde orman amenajman biliminin ortaya çıkması yatmaktadır. Bu yüzden orman amenajmanı ve ormancılık; insanların ormanlarımızdan çok yönlü ve sürekli faydalanma prensibine bağlı olarak ortaya çıktığı söylenebilir (Çetin ve ark.,1992, Ün, 2006, Özgün, 2014). Ormancılık faaliyetleri diğer ekonomik sektörlere göre daha geniş alanlarda ve daha uzun süren bir ekonomik faaliyettir. Bu yüzden ormancılık faaliyetleri diğer sektörlere göre daha planlı yapılmalıdır (Eraslan, 1982). İnsanların ormanlardan çok yönlü ve sürdürülebilir şekilde faydalanılması amacıyla ortaya çıkan orman amenajmanı; faydalanılmayı orman amenajman planları çerçevesinde sunmaktadır. Planlama terimi; farklı bakış açılarıyla birçok tanımı yapılmıştır. Planlama; problemin belirlenmesi, problem için gerekli bilgilerin toplanması ve formüle edilmesi, çözümü için alternatiflerin oluşturulması ve en uygun seçeneğin belirlenmesi aşamalarından oluşan süreç olarak tanımlanabilir (Cohon, 1978, İnce, 2011). Ülkemiz ormanları da 10 ve 20 yıllık süreler için işletme şefliği bazında Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi başkanlığı tarafından yapılan amenajman planları doğrultusunda işletilmektedir. Planlama konusunda dünyada olan gelişmelere bağlı olarak ülkemizde de ön plana çıkan bir başka planlama sistemi de Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP)'dır. ETÇAP: orman ekosisteminin sunmuş olduğu ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel fonksiyonlarını sayısal olarak tanımlayarak paydaşların katılımı ile istenilen talepler doğrultusunda oluşan işletme amaçları ve koruma hedeflerine karar verme teknikleri ve hedefe ulaşma sürecidir (Başkent ve ark., 2010). ETÇAP planlama sürecinin aşamaları; planlama hedeflerinin belirlenmesi, orman ekosistem envanteri, orman ekosistemlerinin sınıflandırılması,

amaç ile orman kuruluşu arasındaki bağın kurulması, ulusal ve uluslararası yasa ve planlama ilkelerinin belirlenmesi, uygulanacak silvikültürel müdahale şeklinin belirlenmesi, alternatifler arasında en iyi seçeneğin belirlenmesi ve plan çıktılarının hazırlanmasıdır (Başkent ve ark., 2004). Bu amenajman planlarında başarılı olmak için güncel ve güvenilir bilgiye sahip olunmalıdır. Amenajman planları için gerekli olan bu bilgiler orman envanteri ile elde edilmektedir. Planlama sürecinin en önemli aşaması olan orman envanteri plan için doğru, güvenilir ve gerekli ayrıntıda bilgi sağlaması ve planın başarıya ulaşmasında önemli bir basamak olduğu için orman amenajmanı açısından çok önemli bir yere sahiptir. Orman envanterinin amacı, istenilen doğrulukta mevcut maddi imkânlarla belirlenen zaman diliminde orman kaynakları ve fiziksel çevreleri hakkında nicel ve nitel bilgi toplamaktır. Asıl amaç ormanın mevcut durumunda zamanla değişim gösteren özelliklerinin ortaya konmasıdır. Çok amaçlı faydalanmaya bağlı olarak son yıllarda orman envanteri de çeşitlenmiştir. Ormancılıkta envanter verisi elde ederken ya yersel ölçümler yapılarak ya da uzaktan algılama verileri olan hava fotoğrafları veya uydu görüntüleri kullanılır. Meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç hacmi gibi bazı meşcere parametreleri hakkında bilgi sahibi olmak için geniş alanlar için yapılacak envanter çalışmasında yersel ölçümler yapmak maddi açıdan çok pahalı olacağından ve belirlenen zaman dâhilinde tüm alanda envanter çalışması yapmak zordur. Bu nedenle geniş alanlarda yersel ölçümlerle birlikte uzaktan algılama verilerinin kullanılması hem maliyeti hem de iş yükünü azaltacaktır (Hyypä et al., 2000; Günlü et al., 2008; Günlü ve ark., 2013).

Bu çalışmada, ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanında; Göktürk-2 uydu görüntüsüne ilişkin bant parlaklık değerleri ve bu değerlerden hesaplanan vejetasyon indisleri ile meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, meşcere orta boyu ve meşcere orta çapı arasındaki ilişkilerin çoklu regresyon analizi ile modellenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

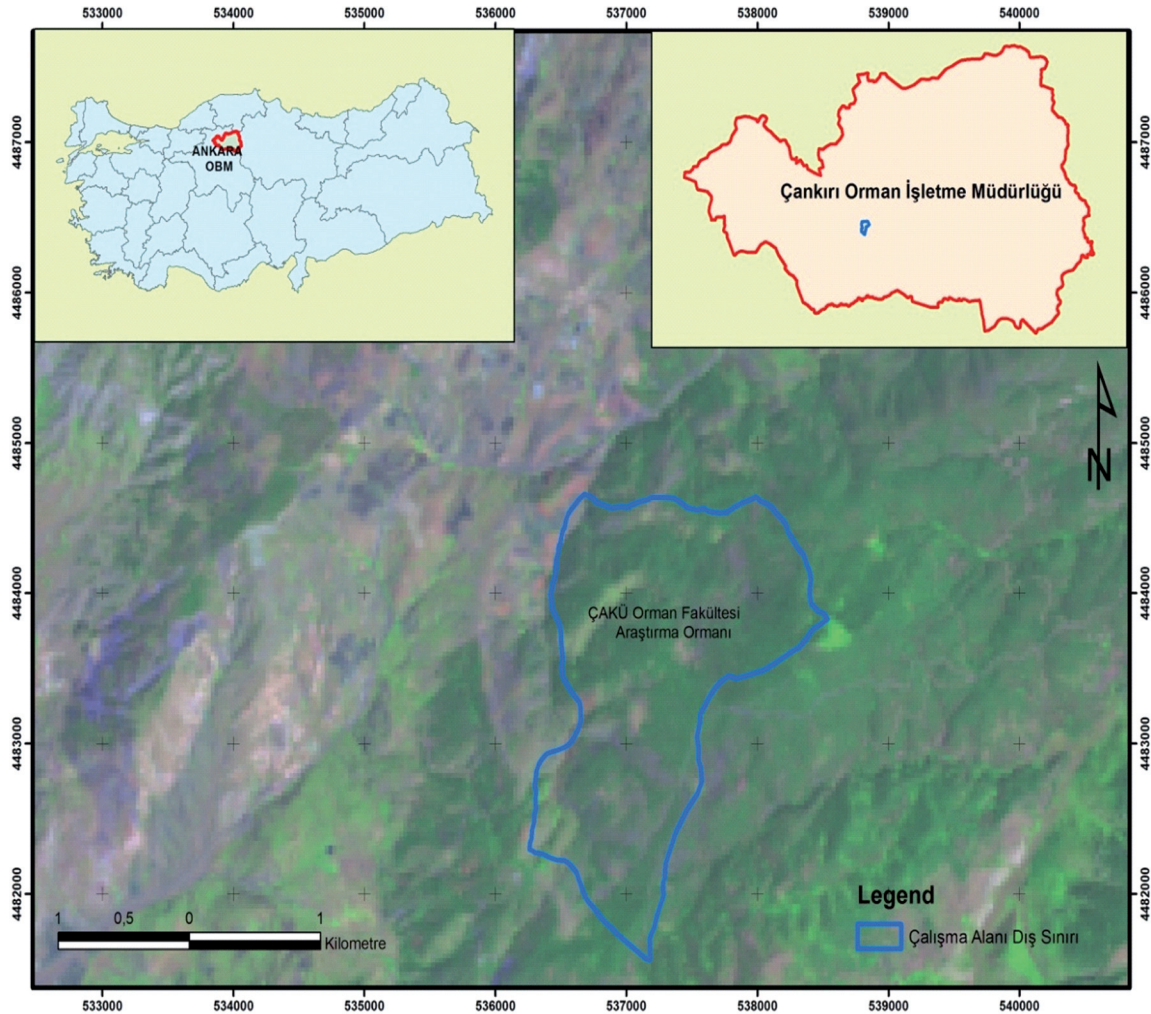
2.1. Materyal

Bu çalışmanın gerçekteşmesinde;

- Başlangıçta yerleri sistematik 200x200 metre aralık mesafe ile 90 adet örnek alan olarak belirlenen, ancak 2016-2017 yılında yapılan envanter aşamasında 29 adet örnek alanın bir kısmı bozuk ve bir kısmı açıklık alana düşmesi nedeniyle bu örnek alanlarda ölçüm yapılamaması nedeniyle alınan 61 adet örnek alana ilişkin envanter karnesi verileri ve örnek alana ilişkin diğeri bilgiler,
- ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanı orman amenajmanı meşcere haritası
- 2014 tarihli Göktürk-2 uydu görüntüsü,
- 1/25.000 ölçekli Çankırı G30c3 ve Çankırı H30b2 paftaları materyal olarak kullanılmıştır.

2.1.1.Çalışma alanının tanıtımı

Bu çalışma; Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü, Merkez İşletme Őefliğinin sınırları içinde yer alan ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanında gerçekteşirilmiştir. Çalışma alanı;536254-538537 doğu boylamı ile 4481564-4484663 kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanı 367 ha. olup, 363,5ha.'ı ormanlık ve 3,5 ha'ı ise orman içi açıklıklardan oluşan karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe.) plantasyon sahasıdır. Söz konusu plantasyon sahası 1960 yılında tesis edilmiştir. Alanın ortalama yükseltisi 1530 m, yıllık ortalama sıcaklığı 10,4 ve ortalama yağışı ise 500,9 mm.'dir (Göl ve ark., 2010). Çalışma alanının haritası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1.Çalışma alanının konumu

2.2. Yöntem

2.2.1. Örnek alanlara ilişkin değerlendirmeler

Çalışma alanında envanter aşamasında alınan toplam 61 örnek alana ilişkin envanter karneleri verilerinden yararlanılarak her bir örnek alana ilişkin olarak bazı meşcere parametreleri (meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, meşcere orta çapı ve meşcere orta boyu) hesaplanmıştır. Meşcere parametrelerine ilişkin olarak hesaplanan bu değerler örnek alan büyüklüğüne (400,600 ve 800 m²) bağılı olarak hektara çevrilmiştir. Örnek alanlarının hacminin belirlenmesinde; Şenyurt ve ark. (2013) tarafından geliştirilmiş ve aşağıda denklemi yer alan tek girişli ağaç-hacim denklemi kullanılmıştır. Bunun için her bir örnek alandaki ağaçların hacimleri hesaplanmıştır. Örnek alan içinde yer alan ağaçların hacimlerinin toplanmasıyla örnek alanın hacmi hesaplanmıştır. Daha sonra hektara çevirme katsayısıyla çarpılarak hektardaki hacim hesaplanmıştır.

$$V=0.0002918 \cdot d^{2.1513} \quad (1)$$

Örnek alanların göğüs yüzeyinin belirlenmesinde ise aşağıda yer alan formül kullanılmıştır.

$$G = \frac{10000}{a} \cdot \frac{\pi}{4} \sum d_i^2 \quad (2)$$

Denklemden;

G=Göğüs yüzeyi(m²/ha)

A=örnek alan büyüklüğü (m²)

d_i=örnek alan içindeki her bir ağacın d_{1,30} çapı

Ağaç sayısını ilişkin veriler ise örnek alandaki ağaç sayısı hesaplanmış ve hektara çevirme katsayısı ile çarpılarak bulunmuştur. Örnek alanlara ilişkin orta çap, göğüs yüzeyi orta ağacının çapı olarak aşağıda formül ile hesaplanmıştır.

$$dg = \sqrt{\frac{\sum d^2}{N}} \quad (3)$$

Formülde, dg; göğüs yüzeyi orta ağacının çapı, d; örnek alandaki her bir ağacın göğüs çapı ve N; örnek alandaki ağaç sayısıdır. Örnek alanlara ilişkin orta boy, göğüs yüzeyi orta ağacının boyu olarak hesaplanmıştır.

2.2.2. Göktürk-2 uydu görüntüsünün geometrik olarak düzeltilmesi

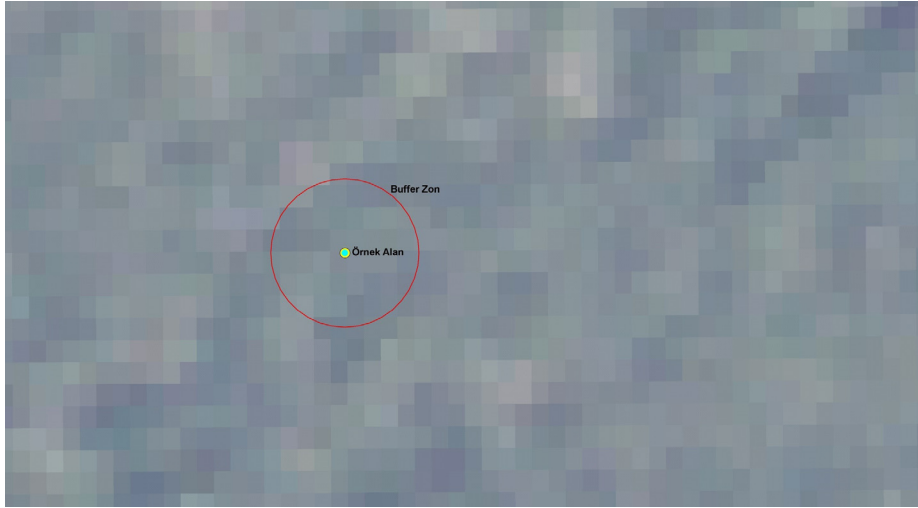
Göktürk-2 uydu görüntüsü üzerinde çalışma alanı olarak seçilen ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanının kapladığı alan, üzerinde gerekli geometrik düzeltmeler yapılmıştır. Geometrik düzeltme işlemi, orijinal uydu verisindeki eğilme büzümlerinin giderilerek harita düzeninde kullanımına yardımcı olmaktadır. Dijital ortamdaki uydu verileri, görüntü sistemi, uydu yörüngesi ve dünyanın dönmesinden meydana gelen bozulmalardan dolayı analitik olarak tanımlanmış dönüşümlerle yapılamaz. Bu nedenle, dönüşüm parametreleri en küçük kareler yöntemi ile belirlenir. Bunu manuel (elle) olarak belirlenen ve hem görüntüde hem de çalışılan projeksiyon sisteminde çok sayıda kontrol noktalarına ihtiyaç duyulur. Bunlar yer kontrol noktaları (YKN) olarak adlandırılır. Geometrik düzeltme işleminin yapılabilmesi için öncelikle uydu görüntüsünün dönüştürüleceği koordinat sistemi için datum ve yer kontrol noktaları belirlenmelidir. Bu çalışmada yer kontrol noktaları Google Earth üzerinden seçilmiştir. Bu işlem için yol kesişimleri, yoldere kesişimleri gibi yapay detaylar YKN olarak seçilmiştir. YKN'lerinin seçiminde, noktaların görüntü üzerine homojen olarak dağılmasına dikkat edilmiştir. Uzaktan algılama verilerinin geometrik dönüşümünde maksimum karesel ortalama hata (RMS) miktarı 0,5 piksel olarak kabul edilir (Jensen, 1996, Armston al., 2002, Çakır, 2006). RMS hatası 1 pikselden aşağı olacak şekilde Göktürk-2 uydu görüntüsünün geometrik düzeltilmesi yapılmıştır.

2.2.3. Göktürk-2 uydu görüntüsünden bant parlaklık değerlerinin elde edilmesi

Göktürk-2 uydu görüntüsüne ait bant 1, bant 2, bant 3 ve bant 4 bantları birleştirilerek görüntü bir bütün haline getirilmiştir. Uydu görüntüsü üzerine, x ve y koordinat değerleri girilerek sayısal hala getirilen örnek alanlar atılmıştır. Her bir örnek alana ilişkin olarak Göktürk-2 uydu görüntüsünün ilgili bantlarındaki parlaklık değerleri hesaplanmıştır. Uydu görüntüsü üzerinde örnek alanlara ilişkin olarak parlaklık değerlerinin elde edilmesinde aşağıdaki yol izlenmiştir. Uydu görüntüsü üzerine örnek alan büyüklüğünün yarıçapı kadar büyüklükte buffer zonları atılmış ve buffer zonları içerisinde yer alan piksellerin ortalaması alınarak örnek alanlara

ilişkin parlaklık değerleri hesaplanmıştır (örnek alan büyüklüğü 400 m² olan örnek alanlarda yarıçap uzunluğu=11.28 metre alınarak buffer atılmıştır). Yapılan bu işlemin şekilsel olarak gösterimi şekil

2’de verilmiştir. Bu çalışma kapsamında Erdas Imagine (2002) ve ArcGIS yazılım programlarından yararlanılmıştır.



şekil 2. Uydü görüntüsü üzerinde örnek alanlara atılan bufferzonlara ilişkin bir görünüm

2.2.4. Göktürk-2 uydü görüntüsünden vejetasyon indis değerlerinin elde edilmesi

Göktürk-2 uydü görüntüsünün ilgili bantlarından elde edilen bant parlaklık değerlerinden yararlan-

ılarak her bir örnek alana ilişkin vejetasyon indis değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan vejetasyon indis değerleri ve bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan formüller Çizelge 1’ de verilmiştir.

Çizelge 1. Vejetasyon indis değerleri ve formülleri

| Vejetasyon İndisleri | Formül | Kaynak |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| NDVI | $(\text{Bant 4} - \text{Bant 3}) / (\text{Bant 4} + \text{Bant 3})$ | Rouse et al. (1973) |
| SR | $\text{Bant 4} / \text{Bant 3}$ | Jordan (1969) |
| DVI | $\text{Bant 4} - \text{Bant 3}$ | Clevers (1988) |
| SAVI | $(\text{Bant 4} - \text{Bant 3}) * (1 + L) / (\text{Bant 4} + \text{Bant 3} + L)$ | Huete (1988) |
| IPVI | $\text{Bant 4} / (\text{Bant 4} + \text{Bant 3})$ | Crippen (1990) |
| EVI | $(\text{Bant 4} - \text{Bant 3}) / (\text{Bant 4} + C1 * \text{Bant 2}) - (C2 * \text{Bant 2} + L) * (1 + L)$ | Huete et al. (1990) |

NDVI: Normalize Edilmiş Bitki İndeksi, SR: Simple Ratio, 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

2.3. İstatistiksel Analiz

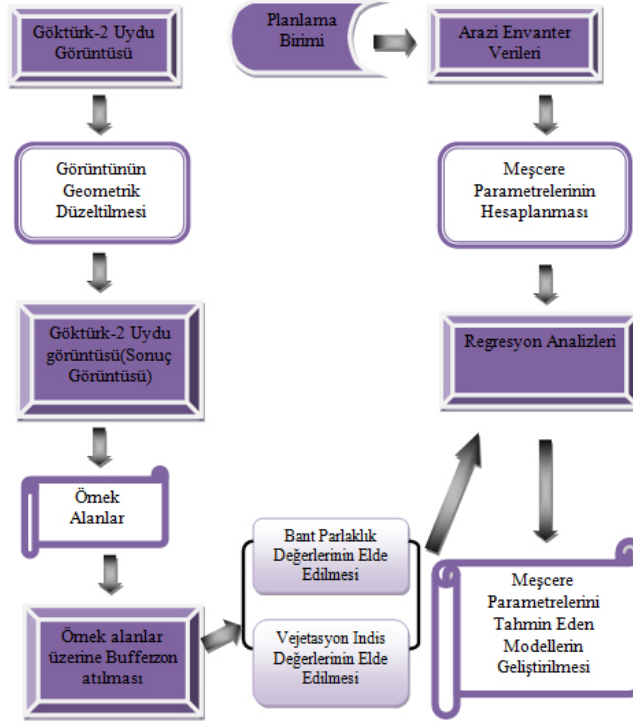
Bu çalışmada, meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı ile Göktürk-2 uydü görüntüsüne ilişkin bant parlaklık değerleri ve bant parlaklık değerleri kullanılarak hesaplanan vejetasyon indis değerleri arasındaki istatistiksel ilişkileri modellemek üzere, çoğul regresyon analizi kullanılmıştır. Çoğul regresyon modellerinde; tahmin edilmek istenen bağımlı değişken; meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı iken, bağımsız değişken ise; Göktürk-2 uydü görüntüsüne ait dört bantın

parlaklık değerleri (bant 1, bant 2, bant 3 ve bant 4) ile bu bantların kullanımıyla elde edilen vejetasyon indis (NDVI, SAVI, SR, DVI, EVI ve IPVI) değerleridir. Meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi ve ağaç sayısını çeşitli parlaklık değerlerine ilişkin bant ve vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden regresyon model yapısı aşağıda verilmiştir. Modellerin oluşturulmasında SPSS (15,0) istatistik paket programından yararlanılmıştır.

$$\text{Meşcere Parametreleri} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n + \varepsilon \quad (4)$$

Denklemden $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ denklem parametreleri, X_1, X_2, \dots, X_n Göktürk-2 uydu görüntüsünden elde edilen parlaklık değerleri ve bant parlaklık değerleri kullanılarak hesaplanan vejetasyon indislerine ilişkin değerleri, ε ise model

hatasını ifade etmektedir. Göktürk-2 uydu görüntü verisinde %95 güven düzeyi için farklı bantların ve vejetasyon indislerinin kombinasyonlarının üzerinden istatistiksel olarak anlamlı model seçenekleri belirlenmiştir. Bu çalışmada Göktürk-2 uydu görüntüsü yardımıyla meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine yönelik çalışmada kullanılan kavramsal çerçeve Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Kavramsal çerçeve

3. BULGULAR

3.1. Örnek Alanlara İlişkin Bulgular

Her bir örnek alana ait meşcere parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

3.2. Göktürk-2 Uydu Görüntüsüne İlişkin Bulgular

Göktürk-2 uydu görüntüsünün 61 örnek alan için ilgili bantlardaki parlaklık değerleri ve bantların kullanımı ile hesaplanan vejetasyon indis değerlerine göre tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 3 ve Çizelge 4'de verilmiştir.

3.3. Regresyon Modellerine İlişkin Bulgular

Göktürk-2 uydu görüntüsünden her bir örnek alana ilişkin olarak elde edilen bant parlaklık değerleri ve bant parlaklık değerleri kullanılarak hesaplanan vejetasyon indis değerleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler çoklu regresyon analizi ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Her bir meşcere parametresine ilişkin olarak hem bant parlaklık değerlerinden hem de vejetasyon indis değerlerinden elde edilen modeller aşağıda verilmiştir (Eşitlik 5–14). Ayrıca her bir modele ilişkin olarak elde edilen hata grafikleri de Şekil 4–13'de verilmiştir.

Ağaç Sayısı-Bant Parlaklık Değerleri Modeli:

$$N = 5658,245 + (32,7284 \times \text{Bant3}) + (29,0266 \times \text{Bant4})$$

$$R^2 = 0,221 \quad S_{y.x} = 172,92 \text{ adet/ha} \quad (5)$$

Çizelge 2. Örnek alanlara ilişkin tanımlayıcı istatistiki değerler

| | N | Minimum | Maksimum | Ortalama | Standart Sapma |
|----|----|---------|----------|----------|----------------|
| dg | 61 | 14,46 | 33,00 | 23,04 | 4,96 |
| G | 61 | 6,64 | 73,58 | 27,69 | 12,49 |
| N | 61 | 200 | 1500 | 686,61 | 283,57 |
| V | 61 | 38,95 | 451,71 | 169,26 | 78,37 |
| hg | 61 | 8,66 | 12,17 | 10,43 | 0,93 |

Çizelge 3. Örnek alanlara ilişkin bant parlaklık indis değerlerine göre tanımlayıcı istatistiki değerler

| | N | Minimum | Maksimum | Ortalama | Standart Sapma |
|--------|----|---------|----------|----------|----------------|
| Bant 1 | 61 | 188,00 | 277,00 | 222,08 | 23,38 |
| Bant 2 | 61 | 173,00 | 224,00 | 193,25 | 13,32 |
| Bant 3 | 61 | 306,00 | 358,00 | 325,02 | 13,70 |
| Bant 4 | 61 | 469,00 | 692,00 | 562,72 | 39,19 |

Çizelge 4. Örnek alanlar için hesaplanan vejetasyon indis değerlerine göre tanımlayıcı istatistiki değerler

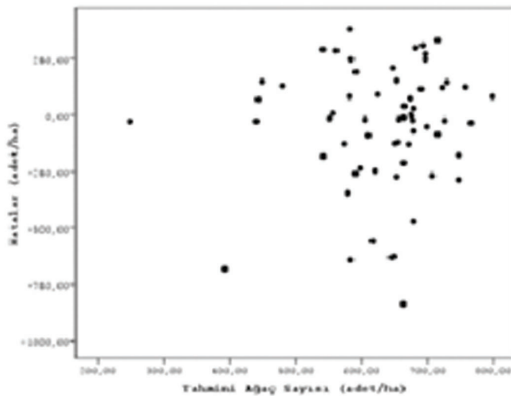
| | N | Minimum | Maksimum | Ortalama | Standart Sapma |
|------|----|---------|----------|----------|----------------|
| NDVI | 61 | 0,30 | 0,51 | 0,43 | 0,05 |
| SR | 61 | 1,87 | 3,12 | 2,56 | 0,30 |
| DVI | 61 | 232,00 | 447,00 | 340,57 | 44,13 |
| IPVI | 61 | 0,65 | 0,76 | 0,72 | 0,02 |
| EVI | 61 | -2,55 | -0,76 | -1,28 | 0,29 |
| SAVI | 61 | 0,60 | 1,03 | 0,87 | 0,10 |

Ağaç Sayısı-Vejetasyon İndis Değerleri Modeli:

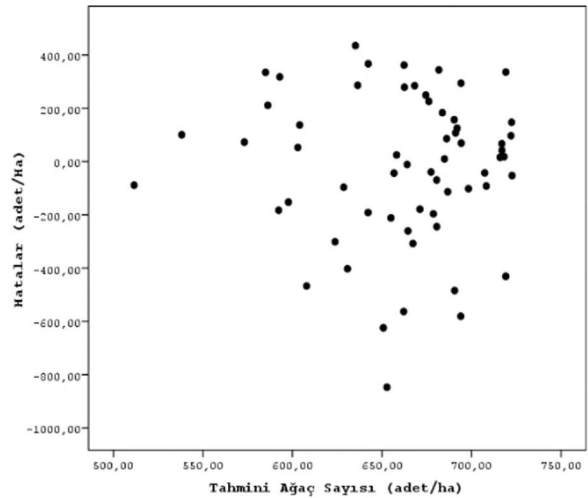
$$N=450,8477+(150,2900 \times \text{EVI})+(929,0304 \times \text{NDVI})$$

$$R^2=0,292 \quad \text{Sy.x}=84,12 \text{ adet/ha} \quad (6)$$

Ağaç sayısını bant parlaklık ve vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini ağaç sayısına göre değişimi Şekil 4-5'te verilmiştir.



Şekil 4. Bant parlaklık değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini ağaç sayısı ilişkisi



Şekil 5. Vejetasyon indis değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini ağaç sayısı ilişkisi

Meşcere Orta Çapı-Bant Parlaklık Değerleri Modeli:

$$dg=37,2129-(0,02595 \times \text{Bant4})$$

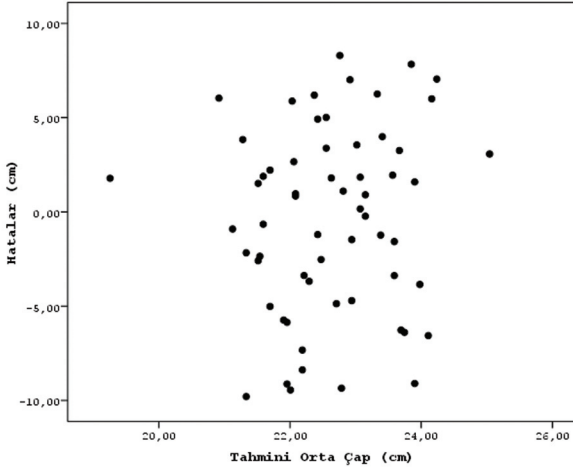
$$R^2=0,114 \quad \text{Sy.x}=2,71 \text{ cm} \quad (7)$$

Meşcere Orta Çapı -Vejetasyon İndis Değerleri Modeli:

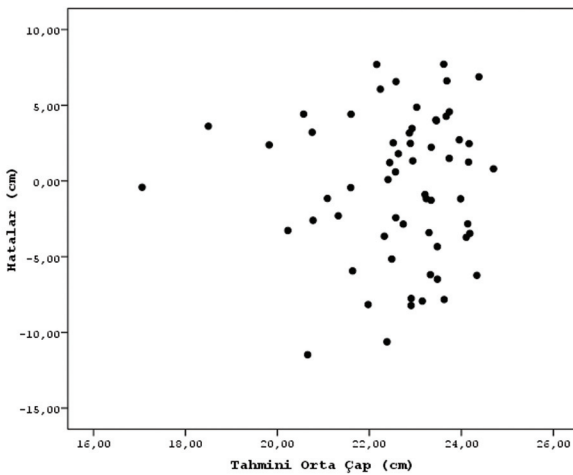
$$dg=18,0832+(8,1043 \times \text{EVI})+(0,04387 \times \text{DVI})$$

$$R^2=0,266 \quad \text{S}_{y.x}=2,54 \text{ cm} \quad (8)$$

Meşcere orta çapının bant parlaklık ve vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini meşcere orta çapına göre değişimi Şekil 6-7’de verilmiştir.



Şekil 6. Bant parlaklık değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini orta çap ilişkisi



Şekil 7. Vejetasyon indis değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini orta çap ilişkisi

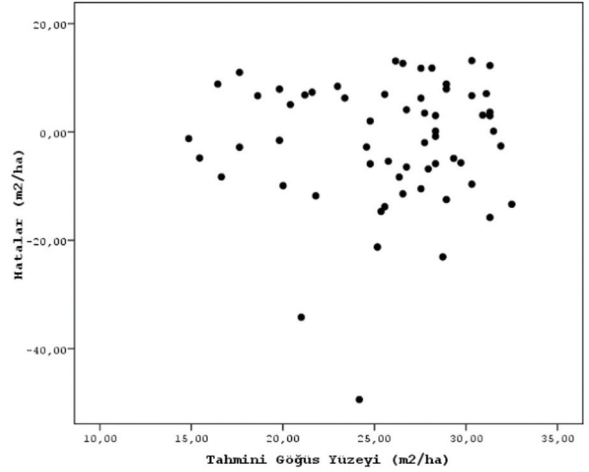
Göğüs Yüzeyi-Bant Parlaklık Değerleri Modeli:

$$G=69,7703-(0,19826 \times \text{Bant1})$$
$$R^2=0,352 \quad \text{Sy.x}=6,37 \text{ m}^2/\text{ha} \quad (9)$$

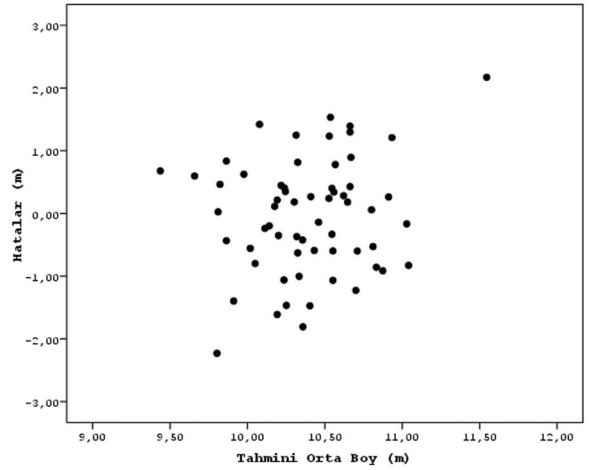
Göğüs Yüzeyi-Vejetasyon İndis Değerleri Modeli:

$$G=1,18203+(10,0865 \times \text{SR})$$
$$R^2=0,363 \quad \text{Sy.x}= 4,35 \text{ m}^2/\text{ha} \quad (10)$$

Meşcere göğüs yüzeyinin bant parlaklık ve vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini meşcere göğüs yüzeyine göre değişimi Şekil 8-9’ da verilmiştir.



Şekil 8. Bant parlaklık değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini göğüs yüzeyi ilişkisi



Şekil 9. Vejetasyon indis değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini göğüs yüzeyi ilişkisi

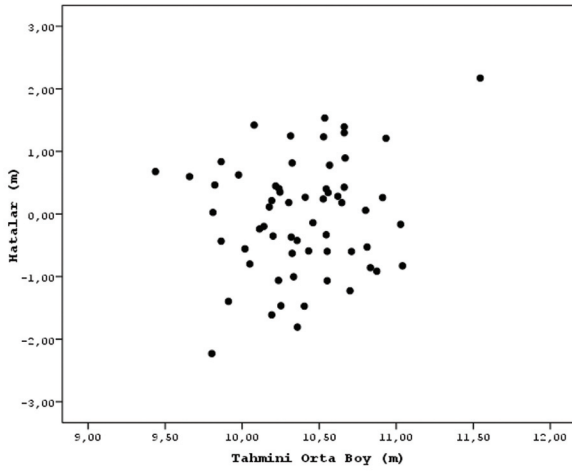
Meşcere Orta Boyu-Bant Parlaklık Değerleri Modeli:

$$hg=-4,0153-(0,1483 \times \text{Bant2})+(0,13250 \times \text{Bant3})$$
$$R^2=0,273 \quad \text{Sy.x}= 0,47 \text{ m} \quad (11)$$

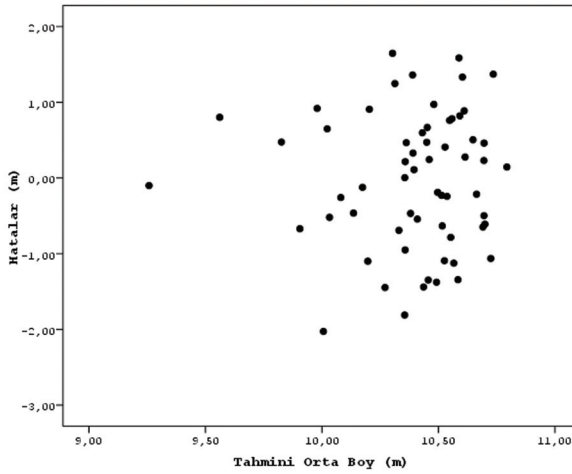
Meşcere Orta Boyu -Vejetasyon İndis Değerleri Modeli:

$$hg=9,5388+(1,6219 \times \text{EVI})+(0,00861 \times \text{DVI})$$
$$R^2=0,288 \quad \text{Sy.x}=0,49 \text{ m} \quad (12)$$

Meşcere orta boyunun bant parlaklık ve vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini meşcere orta boyuna göre değişimi Şekil 10-11’de verilmiştir.



Şekil 10. Bant parlaklık değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini orta boy ilişkisi



Şekil 11. Vegetasyon indis değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini orta boy ilişkisi

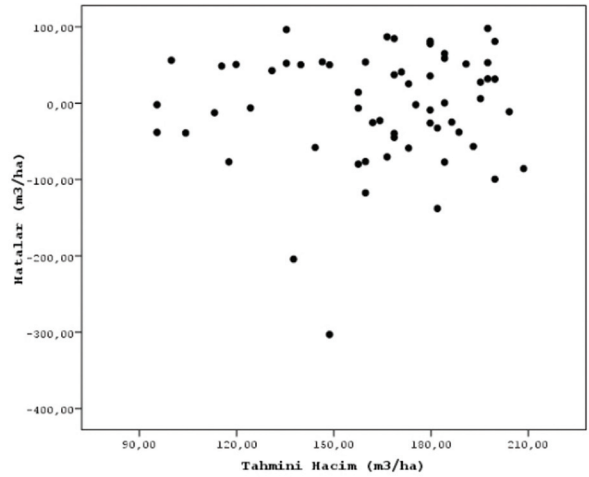
Meşcere Hacmi-Bant Parlaklık Değerleri Modeli:

$$V=592,3121-(-2,2182 \times \text{Bant}2) \\ R^2=0,298 \quad \text{Sy.x}=45,61 \text{ m}^3/\text{ha} \quad (13)$$

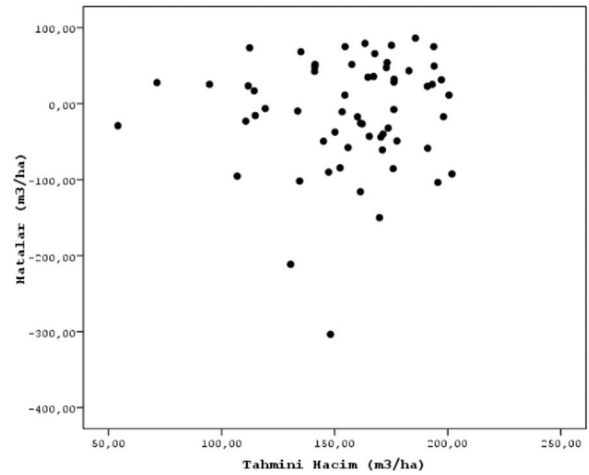
Meşcere Hacmi -Vegetasyon İndis Değerleri Modeli:

$$V=30,1036+(100,5016 \times \text{SR})+(102,10778 \times \text{EVI}) \\ R^2=0,442 \quad \text{Sy.x}=37,03 \text{ m}^3/\text{ha} \quad (14)$$

Meşcere hacminin bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini meşcere hacmine göre değişimi Şekil 12-13' de verilmiştir.



Şekil 12. Bant parlaklık değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini hacim ilişkisi



Şekil 13. Vegetasyon indis değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini hacim ilişkisi

Şekiller 4-13 incelendiğinde, hataların belirli bir trend göstermeyen, dengeli ve tesadüfi bir dağılım gösteren bir yapı sergilemektedir.

4. TARTIşMA

Literatürde, meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde; yüksek ve orta çözünürlüklü uydu görüntülerinin de kullanıldığı görülmektedir. Greenberg et al., (2005) tarafından yapılan çalışmada; IKONOS uydu görüntüsünden yararlanılarak elde edilen tepe gölgesi ile göğüs çapı arasındaki regresyon ilişkisinin korelasyon katsayısı 0,67 olarak bulunmuştur. Kayitakire et al., (2006) tarafından yaptığı çalışmada; IKONOS uydu görüntüsü kullanılarak, göğüs yüzeyi ile spektral özellikler arasında olan ilişkinin korelasyon katsayısı 0.59 bulunmuştur. Lebouef et al., (2007) tarafından yapılan çalışmada; QuickBird uydu görüntüsü ile Kanada'da bulunan Kuzey Siyah ladin orman alanlarında ağaç gölge boyları ile biyokütle arasındaki ilişki regresyon teknikleri ile incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre =0,84 değeri bulunmuştur. ASTER uydu verisi kullanılarak Gebreslasie et al., (2010) tarafından ağaçlandırma sahalarında yaptığı çalışmada meşcere parametrelerini (göğüs yüzeyi, meşcere hacmi ve üst boy) tahmin etmeyi hedeflemiştir. Göğüs yüzeyi, meşcere hacmi ve üst boy için sırasıyla değerleri; 0,67; 0,81 ve 0,52 olarak bulunmuştur. Worldview-2 uydu verisi kullanarak Özdemir and Karnieli (2011) yapmış oldukları çalışmada; ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve meşcere hacim değerlerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda, ağaç sayısı için =0,35; göğüs yüzeyi için =0,54 ve meşcere hacmi için =0,42 değerleri bulunmuştur. QuickBird-2 uydu görüntüsü kullanılarak Gomez et al., (2012) tarafından yapılan çalışmada; sınıflandırma ve regresyon ağaç modelini kullanarak orta çap, ağaç sayısı ve göğüs yüzeyi ile uydu görüntüsü arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma sonunda elde edilen model doğrulukları sırasıyla =0,8; 0,46 ve = 0,7 olarak bulunmuştur. Pan-sharpaned IKONOS uydu verisi kullanarak Günlü et al (2014) tarafından yapılan çalışmada; uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerleri ve vejetasyon indis değerleri ile yersel ölçümlerle elde edilen göğüs yüzeyi, meşcere hacmi ve üst boy değerleri arasındaki ilişkileri çoklu regresyon analizleri ile tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmanın sonucuna bakıldığında göğüs yüzeyi için uydu görüntüsünün bant parlaklık değerlerine göre bant 1, bant 2, bant 3 ve bant 4 bağımsız değişkenlerinin olduğu modelde =0,43 bulunmuş, DVI ve EVI vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak bulunduğu modelde

=0,59 değeri bulunmuştur. Meşcere hacmi için uydu görüntüsünün bant parlaklık değerlerine göre bant 1, bant 2, bant3 ve bant 4 bağımsız değişkenlerinin olduğu modelde =0,41; DVI ve EVI vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak bulunduğu modelde 0,55 değeri bulunmuştur. Üst boy için uydu görüntüsünün bant parlaklık değerlerine göre bant 2 ve bant 4'ün bağımsız değişken olarak bulunduğu modelde =0,45; DVI, EVI ve SAVI vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak bulunduğu modelde =0,57 değerleri bulunmuştur. Kahrıman et al., (2014) tarafından yapılan bir çalışmada; Landsat TM uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerleri ve vejetasyon indis değerleri ile yersel ölçümlerle elde edilen ağaç sayısı ve meşcere kapalılığı değerleri arasındaki ilişkileri çoklu regresyon analizleri ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde vejetasyon indis değerlerinin bant parlaklık değerlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür (vejetasyon indislerine göre; ağaç sayısının R²'si 0,702, meşcere kapalılığının R²'si 0,674; bant parlaklık değerlerine göre ise ağaç sayısının R²'si 0,613, meşcere kapalılığının R²'si 0,610).

Göktürk-2 uydusuyla yapılan bazı çalışmalarla bu çalışma arasındaki farklar aşağıda karşılaştırılmıştır. Çil (2014) sarıçam meşcerelelerinin fazla olduğu Kelkit (Gümüşhane) ve göknar meşcerelelerinin fazla olduğu İğdir (Kastamonu) orman işletme şefliklerinden seçilen alanlarda yapılan çalışmada; milli uydularımız Rasat, Göktürk-2 ve dijital hava fotoğrafları ile Landsat-8 ve Worldview-2 uydu verileri kullanılarak ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucuna göre ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için oluşturulan modellerde en yüksek tahminleri veren uydu görüntüsü Landsat-8 uydusu olmuştur. Kelkit çalışma alanı için göğüs yüzeyi ve hacim için düzeltilmiş belirtme katsayıları sırasıyla 0,49 ve 0,50 bulunmuş, İğdir çalışma alanı için ise 0,43 ve 0,48 değerleri bulunmuştur. Spot-4 uydu görüntüsünün kullanarak Günlü et al., (2015) tarafından yapılan çalışmada; uydu görüntüsü kullanılarak ağaç sayısı ve meşcere hacmi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ağaç sayısı için bant 1, bant 3, SR, DVI, NLI ve IPVI bağımsız değişkenlerinin bulunduğu model =0,62 bulunmuştur. Meşcere hacmi bant 1, bant3, SR, DVI, SAVI, EVI ve IPVI bağımsız değişkenlerinin olduğu model =0,67 değeri bulunmuştur.

Bu çalışma kapsamında, Göktürk-2 uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerlerini

kullanarak meşçere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısına ilişkin elde edilen model sonuçları ile Çil (2014) tarafından yapılan çalışmada (Göktürk-2 uydu görüntüsü ilişkin) bant parlaklık değerlerini kullanarak elde edilen model sonuçları karşılaştırıldığında; elde edilen başarı oranlarının %50'nin altında olduğu görülmektedir. Çil (2014) tarafından yapılan çalışmada; Kelkit araştırma alanında ağaç sayısına ilişkin R^2 değerini 0,20 ve göğüs yüzeyi ile meşçere hacmine ilişkin R^2 değerini %10'un altında bulunmuştur. Diğer çalışma alanı olan İğdir araştırma alanında ise R^2 değeri 0,19 ve göğüs yüzeyi ile meşçere hacmine ilişkin R^2 değerini %10'un altında ve göğüs yüzeyine ilişkin R^2 değeri 0,14 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada Göktürk-2 uydu görüntüsü ile meşçere hacmi ve göğüs yüzeyi ilişkin elde edilen modellerin başarı oranının Çil (2014) tarafından yapılan çalışmada elde edilen modellerin başarı oranlarından yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte ağaç sayısına ilişkin model başarı oranlarının birbirine yakın olduğu görülmüştür. Bulut et al. (2016) tarafından Göktürk-2 uydu görüntüsünü kullanarak bazı meşçere parametrelerini tahmin etmeye yönelik yaptığı çalışmada; Göktürk-2 uydu görüntüsü bant parlaklık değerleri ile vejetasyon indis değerlerinin kullanılarak elde edilen tahmin sonuçlarına göre bant parlaklık değerleri ile elde edilen model sonuçları daha yüksek çıktığı görülmektedir. Bant parlaklık değerlerine göre meşçere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı için belirtme katsayıları sırasıyla 0,61; 0,50 ve 0,31 değerleri bulunmuştur. Yapılan bu çalışma da meşçere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçlarına göre belirtme katsayıları sırasıyla 0,298; 0,352 ve 0,221 değerleri bulunmuştur. Bant parlaklık değerleri için karşılaştırma yaptığımızda bu sonuçlara göre Bulut et al. (2016) da yapılan çalışmanın daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Çil (2015) tarafından Tetik Orman İşletme Şefliği sınırları içinden alınan 160 örnekleme alanından elde edilen bazı meşçere parametreleri ile Göktürk-2, Rasat ve Landsat 8 uydu görüntüleri ile dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğrafları arasındaki ilişkiyi regresyon analizleri ile ortaya koymuştur. Göktürk-2 uydu görüntüsü piksel değerleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda en iyi tahmin sonucunu veren değer 0,54 belirtme katsayısı ile ağaç sayısında olmuştur. Bu çalışmada ise ağaç sayısı için vejetasyon indis

değerleri ile yapılan regresyon analizleri sonucunda en iyi tahmin sonucunu veren belirtme katsayısı 0,292 bulunmuştur. Özkal (2017) tarafından, Göktürk-2 uydu görüntüsü kullanılarak meşe ve sahil çamı meşçerelerinde meşçere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısının tahmin etmeye yönelik yapılan çalışmada; meşe meşçerelerinde meşçere hacmi için R^2 değerini 0,08, göğüs yüzeyi için 0,16 ve ağaç sayısı için ise 0,27 olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada, sahilçamı meşçerelerinde ise meşçere hacmi için R^2 değerini 0,36, göğüs yüzeyi için 0,27 ve ağaç sayısı için ise 0,42 bulunmuştur.

5. SONUÇLAR

ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanında alınan 61 örnek alanda, yersel ölçümlerle meşçere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, meşçere orta çapı ve meşçere orta boyu hesaplanmıştır. Daha sonra alınan her bir örnek alanın koordinat değerlerinden yararlanılarak Göktürk-2 uydu görüntüsü üzerinden bant parlaklık değerleri ve bant parlaklık değerleri kullanılarak hesaplanan vejetasyon indis değerleri ile meşçere parametreleri arasındaki ilişki çoğul regresyon analiziyle ortaya konulmuştur. Vejetasyon indis değerleri kullanılarak elde edilen modeller, bant parlaklık değerleri ile elde edilen modellere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak geliştirilen modellerin başarı düzeylerinin düşük olduğu görülmüştür. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında ağırlıklı olarak parlaklık değerleri yerine yansıma değerlerinin kullanıldığı görülmektedir. Ancak söz konusu bu çalışmalarda kullanılan uydu görüntüsüne ilişkin yansıma değerlerinin elde edilmesinde yararlanılan yazılım programlarında ilgili modüller yer almaktadır. Bu çalışmada kullanılan Erdas Imagine 2014 yazılım programında belli başlı uydu görüntüleri için bu modül söz konusudur. Ancak, Göktürk-2 uydu görüntüsüne ilişkin bu modül yer almamakta ve buna bağlı olarak da bu görüntüye ilişkin atmosferik düzeltme yapılamamaktadır. Bunun sonucunda da yansıma değerleri doğru bir şekilde elde edilememektedir. Gelecek yıllarda bu sorunun ortadan kalkması durumunda yapılacak çalışmalarda yansıma değerlerinin kullanılmasyla birlikte model başarıları artabilir. Söz konusu bu çalışma karaçam plantasyon sahalarında gerçekleştirilmiş bir çalışmadır. Bu nedenle bu gibi çalışmaların ülkemizin farklı orman ekosistemlerinde yapılarak

artırılması gerekmektedir. Bunun sonucunda elde edilecek sonuçlar ışığında Göktürk-2 uydu görüntüsünün ormancılık çalışmalarında özellikle de meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde ne derece başarılı olabileceği sonucu daha ayrıntılı bir şekilde ortaya çıkacaktır.

Teşekkür: Bu çalışma, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimince Lisansüstü Tez Projesi (Proje Kodu:OF090316L05) kapsamında desteklenmiştir. Bu desteklerinden dolayı Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine çok teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Armston, J.D., Danaher, T.J., Goulevitch, B.M. and Byrne, M.I. 2002. Geometric correction of Landsat MSS, TM and ETM+ Imagery for mapping of woody vegetation cover and change detection in Queensland, <http://www.nrm.gld.gov.au/slats/pdf/0078anav.pdf>.

Başkent, E.Z., Köse, S., Kaya, Z., Altun, L., Terzioğlu, S., Başkaya, Ş., ve Esser, T. 2004. GEF II. Biyoçeşitlilik ve Doğal Kaynak Yönetimi Projesi. Türkiye’de biyoçeşitliliğin orman amenajman planlarına entegrasyonu strateji ve tasarımın geliştirilmesi. Trabzon. Son Rapor. 59.

Başkent, E.Z., Kadioğulları, A.İ., Kırış, R. 2010. Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) modelinin geliştirilmesi ve uygulanabilirliğinin denetlenmesi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi. Artvin. Bildiriler Kitabı. Cilt: I. 326-336.

Bulut, S., Günlü, A., Keleş, S. 2016. Estimation of some stand parameters using Göktürk-2 satellite image. Çankırı Karatekin University. Faculty of Forestry. 18200 Çankırı. Turkey.

Çakır, G., 2006. Orman amenajman planlamasında gerekli bilişimin sağlanması için uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi tekniklerinden yararlanılması, Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. 127s.. Trabzon.

Çetin, N., Efendioğlu, M., Zık, T. 1992. Türkiye’de orman amenajmanın dünü ve bugünü. Ormancılığımızda orman amenajmanın dünübugünü ve geleceğimize ilişkin genel görüşme. 16-19 Kasım. Ankara. Bildiriler Kitabı. 17-28.

Çil, B. 2014. Bazı meşcere parametrelerinin farklı uydu görüntüleri yardımıyla tahmin edilmesi. Yüksek lisans tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.

Çil, B., Karahalil, U. ve Karşlı, F. Uzaktan algılama verileri yardımıyla bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi: Kütahya/Tetik planlama birimi örneği. TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu. 21-23 Mayıs 2015. Konya.

Cohon, J.L. 1978. Multi objective programming and planning. Academic press, Inc., ISBN: O-12-178350-2, 333 pages, San Diego, California, U.S.A.

Clevers, J.G.P.W. 1988. The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index. Remote Sensing of Environment, 25:53-70. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90041-7](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(88)90041-7).

Crippen, R.E. 1990. Calculating the Vegetation Index Faster. Remote Sensing of Environment. 34:71-73. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(90\)90085-Z](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(90)90085-Z).

Eraslan, İ. 1982. Orman Amenajmanı, İ. Ü. Basımevi, İstanbul, Dördüncü Baskı, 582

Erdas, 2002. Sixth edition. Erdas LLC, Atlanta, Georgia.

Göl, C., Yılmaz, H., Ediş, S. 2010. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman fakültesi araştırma ve uygulama ormanı topraklarının bazı özellikleri ve sınıflandırması. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi. 20-22 Mayıs 2010. Çankırı. 3:941-952

Gebreslasie, M.T., Ahmed, F.B., Van Aardt, J.A.N. 2010. Predicting forest structural attributes using ancillary data and Aster satellite data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 12: 23-26.

Gomez, C., Wulder, M.A., Montes, F. and Delgado, J.A.. 2012. Modeling forest structural parameters in the mediterranean pines of central Spain using QuickBird-2 Imagery and classification and regression tree analysis (CART), Remote Sensing, 4: 135-159.

Greenberg, J.A., Dobrowski, S.L., Ustin, S.L. 2005. Shadow allometry: Estimating tree structural parameters using hyperspatial image analysis, Remote Sensing of Environment 97, 15-25.

Günlü, A., Sivrikaya, F., Başkent, E.Z., Keleş, S., Çakır, G., Kadioğulları, A.İ. 2008. Estimation of stand type parameters and landcover using Landsat 7 ETM+ image: A case study from Turkey, Sensors, 8: 2509-2525

Günlü, A., Ercanlı, İ., Başkent, E. Z. Şenyurt, M. 2013. Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri kullanılarak Ayancık-Göldağ kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde hacim tahmini, S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 14, 24-30.

Günlü, A., Ercanlı, İ., Sönmez, T., Başkent, E.Z. 2014. Prediction of some stand parameters using pan-sharpened Ikonos satellite image. European Journal of Remote Sensing, 47: 329-342.

Günlü, A., Ercanlı, İ., Keleş, S., Anlara, H.C. 2015. Modelling of stand volume and tree density using Spot-4 satellite image: a case study in Devrez planning unit. Int. J. Global Warming. 7(4): 454-465.

Huete, A.R.1988, A soil adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment. 25:295-309. doi:http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X.

Jensen, R.J. 1996. Introductory digital image processing, A Remote Sensing Perspective, 2nd edition, Pentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, ISBN 0-13-205840-5, USA, 318 s.

Jordon, C.F. 1969. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. Ecology, 50:663-666. doi:http://dx.doi.org/10.2307/1936256.

Kahriman, A., Günlü, A., Karahalil, U. 2014. Estimation of Crown Closure and Tree Density Using Landsat TM Satellite Images in Mixed Forest Stands. J Indian Soc Remote Sensing, 42(3):559-567.

Kayitakire, F., Hamel, C., Defourny, P. 2006. Retrieving forest structure variables based on image texture analysis and Ikonos-2 imagery, Remote Sensing of Environment, 102:390-401.

Laboef, A., Beaudoin, A., Fournier, R.A., Guindon, L. Luther. J. E., Lambert, M.C. 2007. Remote sensing support for National forest inventories. Remote Sensing of Environment, 110(4):488-500.

Özdemir, İ., Karnieli, A. 2011. "Predicting forest structural parameters using the image texture derived from WorldView-2 multispectral imagery in a dry forest, Israel", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 13 701-710.

Özgün, M. 2014. Landsat TM uydu görüntüsü yardımıyla bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi. Yüksek lisans tezi. Çankırı Karatekin Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Çankırı.

Özkal, M.K. 2017. Models of forest inventory for Istanbul forest using airborne Lidar and spaceborne imagery. Michigan Technological University. Master of science.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., Harlan, J.C. 1973. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of Natural Vegetation. NASA/GSFC type III. Final report, Greenbelt, MD.

SPSS Institute Inc., 2007. SPSS Base 12.0 User's Guide, 703 s.

Şenyurt, M., Ercanlı, İ., Bolat, F., Yağlıoğlu, M.Ş. 2013. Çankırı Merkez Orman İşletme Şefliği karaçam meşcereleri için gövde çapı ve hacmi denklemlerinin karışık etkili modelleme yaklaşımı ile geliştirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No:2013-19.

Ün, C. 2006. İstanbul ili orman kaynaklarında meydana gelen zamansal değişimin uzaktan algılama ve CBS ile belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Karadeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.