

Landsat TM Uydu Görüntüsü Yardımıyla Bazı Meşçere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi (Yapraklı Orman İşletme Şefliği Örneği)

*Aİkan GÜNLÜ¹, Mehmet ÖZGÜN², İİker ERCANLI¹

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Çankırı

²Orman Yüksek Mühendisi

*Sorumlu yazar: a_gunlu@hotmail.com

Özet

Bu çalışmanın amacı, Yapraklı Orman İşletme Şefliğinde Landsat TM uydu görüntüsü yardımıyla meşçere hacmi, meşçere göğüs yüzeyi ve ağaç sayısının tahmin edilmesidir. Toplam geçici 317 örnek alanda, yersel ölçümlerle meşçere hacmi, meşçere göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı belirlenmiştir. Aynı örnek alanların koordinat değerlerinden yararlanarak Landsat 7 TM uydu görüntüsü üzerinde parlaklık değerleri ve vejetasyon indis değerleri hesaplanmıştır. Uydu görüntüsünden elde edilen parlaklık değerleri ve vejetasyon indis değerleri ile meşçere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı arasındaki ilişkiler çoğul regresyon analiziyle ortaya konulmuştur. Analizler sonucunda, uydu görüntüsünün TM 2 ve TM 7 bant parlaklık değerleri ve ND32 vejetasyon indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı regresyon denklemi ile meşçere hacmi arasında sırasıyla ($R^2_a=0.532$, $Sy.x=22.4857$), ($R^2_a=0.706$, $Sy.x=20.87072$) ilişkiler bulunmuştur. Uydu görüntüsünün TM 2 ve TM 7 bant parlaklık değerleri ve ND32 vejetasyon indisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı regresyon modelleri ile göğüs yüzeyi arasında sırasıyla ($R^2_a=0.519$, $Sy.x=2.7001$), ($R^2_a=0.575$, $Sy.x=2.24095$) ilişkiler bulunmuştur. Uydu görüntüsünün TM 3 ve TM 7 bant parlaklık değerleri ve NDVI, ND53, ND57, ND32, ASVI, MID57, IPVI ve RVI bağımsız değişkenlerin yer aldığı regresyon modelleri ile ağaç sayısı arasında sırasıyla ($R^2_a=0.631$, $Sy.x=86.81688$), ($R^2_a=0.781$, $Sy.x=80.01439$) ilişkiler bulunmuştur. Meşçere parametrelerinin tahmin edilmesine ilişkin model sonuçları karşılaştırıldığında vejetasyon indislerinin bant parlaklık değerlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Meşçere parametreleri, Landsat TM uydu görüntüsü, modelleme, Yapraklı işletme şefliği

Estimation of Some Stand Parameters Using Landsat TM Satellite Image: A Case Study in Yapraklı Forest Planning Unit

Abstract

This study were carried out determine the Landsat TM satellite image in predicting stand volume, basal area and tree density (number of tree stems per hectare) in Yapraklı planning unit. The stand volume, basal area and number of trees were determined by ground measurements at total 317 temporary sampling plots. Reflectance values and vegetation indices obtained from Landsat TM satellite image points that correspond to the sampling plots. Regression analyses were conducted to determine the relationships between the reflectance values and vegetation indices with the stand volume, basal area and number of tree. The results showed that a linear combination of TM 2 and TM 7, and ND32 as independent variables was found ($R^2_a=0.532$, $Sy.x=22.4857$; $R^2_a=0.706$, $Sy.x=20.87072$) for stand volume, respectively. A linear combination of TM 2 and TM 7, and ND32 as independent variable was found ($R^2_a=0.519$, $Sy.x=2.7001$; $R^2_a=0.575$, $Sy.x=2.24095$) for basal area, respectively. The other a linear combination of TM 3 an TM 7, and NDVI, ND53, ND57, ND32, ASVI, MID57, IPVI and RVI as independent variables was found ($R^2_a=0.631$, $Sy.x=86.81688$; $R^2_a=0.781$, $Sy.x=80.01439$) for tree density, respectively. The results obtained from models demonstrated that vegetation indices could better predict the stand volume, basal area and number of tree when compared with other combinations of Landsat TM individual band spectral reflectance values.

Keywords: Stand parameters, Landsat TM satellite image, modelling, Yapraklı planning unit

Giriş

Ormanların canlı bir ekosistem olması sebebiyle, bilimsel altlıklara bağılı olarak düzenli ve planlı bir biçimde işletilmesi gerekmektedir. Ormanların düzenli ve planlı bir şekilde işletilmesi halinde, dünya var oldukça insanların ve diğler tüm canlıların sürekli yararlanabileceği doğal bir kaynak olacaktır. İnsanların, ormanlardan çok yönlü yarar ve fonksiyonlarından sürekli olarak faydalanması prensibinin temelinde ise orman amenajmanı biliminin doğuşu yatmaktadır.

Dolayısıyla; ormancılık ve orman amenajmanı, insanların ormanlardan devamlı ve çok yönlü faydalanması prensibine dayalı olarak doğmuştur denilebilir (Çetin ve ark., 1992). İnsanların, ormanlardan sürekli ve çok yönlü faydalanmasını sağlamak amacıyla ortaya çıkan orman amenajmanı bu faydalanmayı bir plan çerçevesinde sunmakta ve bu bağlamda orman amenajman planlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Plan, gelecekte ulaşılması istenilen hedeflere ne zaman, hangi araçlarla, kimlerin

yardımı ile nasıl ve hangi maliyetlerle ulaşılacağını belirten bir kararlar dizisidir. Geçmişi geleceğe bağlayan bir köprü olarak ifade edilen planlamanın asıl görevi işletme faaliyetlerini, gelecekte ulaşılması istenen amaçlara uygun bir şekilde düzenlemektir (Köse, 1986; Köse ve Başkent, 2003). Bilindiği üzere ormancılık faaliyetleri hiçbir ekonomik sektörde olmayacak kadar geniş alanlarda ve hiçbir ekonomik sektörde olmayacak kadar da uzun bir üretim süresine sahiptir. Bu sebeple, çok geniş alanlarda ve çok uzun bir zaman diliminde yapılan ormancılık faaliyetlerinin planlı olarak yapılması gerekmektedir (Eraslan, 1982). Ormancılıkta planlama bilgiye dayanır. Diğer bir ifadeyle planlama, ormanın yapısını ve gelişimini temsil eden konum ve öznitelik verilerin var oluşuna ve bu verileri birlikte uyumlu olarak bilgisayar ortamında işleyebilen bir bilgi sistemine dayanır (Köse ve Başkent, 1993). Dinamik bir yapıya sahip orman ekosistemini tanımlayabilmek için meşcere parametre-lerinin mekânsal dağılımının ve istatistiksel karakteristiklerinin bilinmesi gereklidir. Bu bilgiler orman kaynaklarının planlanması ve sürdürülebilirlik ilkesine uygun işletilebil-mesi için oldukça önemlidir (İnan, 2004). Geniş alanlarda yapılan ormancılık faaliyetlerinde orman amenajman planlarının hazırlanmasında ihtiyaç duyulan meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı gibi meşcere parametrelerinin yersel ölçümlerle elde edilmesi oldukça güç, zaman alıcı ve bir o kadar da emek isteyen bir çalışmayı gerektirmektedir. Bu nedenle ülkemizin en önemli doğal kaynaklarından biri olan ormanların mevcut durumlarının, zamansal değişimlerinin izlenmesi ve güncelleştirilmesi amacıyla yapılacak çalışmalarda, yersel çalışma destekli amaca uygun uzaktan algılama (UA) verilerinin kullanılması, doğru, hızlı ve düşük maliyetli bilgi elde edilmesini sağlayacaktır (Musaoğlu, 1999). Literatür incelendiğinde özellikle Landsat uydu görüntüleri kullanarak meşcere parametrelerinin tahminine yönelik yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Mallinis ve ark. (2003) meşcere hacmini, Makelaand-Pekkarinen (2004) meşcere hacmini, İnan (2004) meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, meşcere orta boyu, meşcere orta çapını, Sivanpillaive ark. (2006) ve Hall ve ark. (2006) meşcere yaşı ve ağaç sayısını, Huiyan ve ark. (2006) meşcere hacmini, Mohammadi ve ark. (2010) meşcere hacmi ve ağaç sayısı, Landsat uydu görüntüleri kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmanın amacı;

- Yersel ölçümlerle alınan toplam 317 adet örnek alanlara ilişkin olarak meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısının belirlenmesi,
- Landsat TM uydu görüntüsü üzerinde her bir örnek alana ilişkin parlaklık değerlerinin hesaplanması,
- Her bir örnek alana ilişkin olarak hesaplanan parlaklık değerlerinden yararlanılarak bazı vejetasyon indislerinin hesaplanması,
- Örnek alanlara ilişkin olarak hesaplanan meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı ile Landsat TM uydu görüntüsünden örnek alanlara ilişkin olarak elde edilen parlaklık değerleri ve vejetasyon indis değerleri arasındaki ilişkilinin çoklu regresyon analizi ile modellenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanının tanıtımı

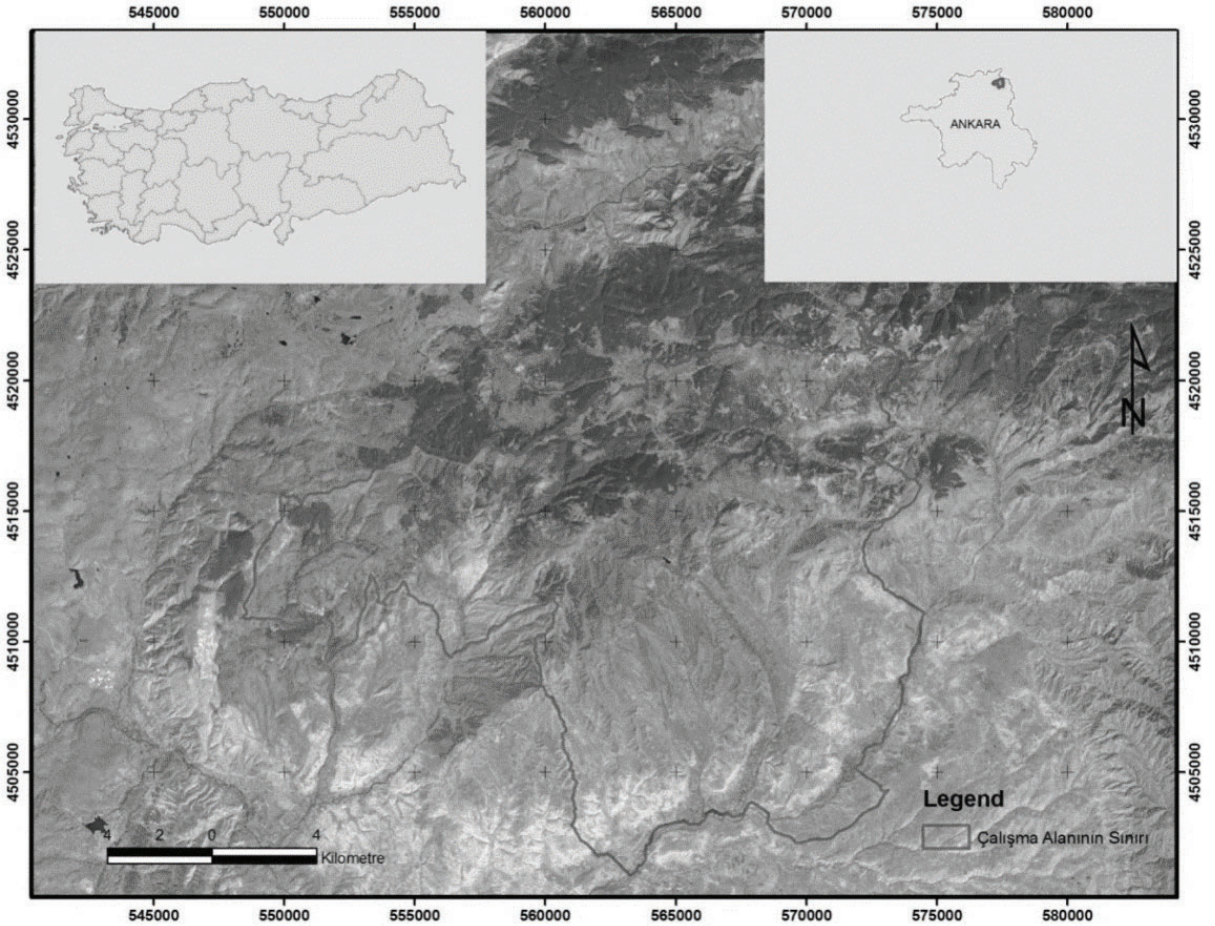
Yapraklı Orman İşletme Şefliği; Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı 563243-572062 doğu boylamı ve 4501061-4522167 kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanının ortalama yükseltisi 1348 m'dir. Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 11.1 C° ve ortalama yağışı ise 397.7 mm'dir. Çalışma alanındaki hakim ağaç türleri karaçam, sarıçam, göknar, sedir, meşe ve kavaktır. Çalışma alanının Türkiye üzerindeki konumu gösterir harita Şekil 1'de verilmiştir.

Materyal

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde; yerleri sistematik olarak 300 m x 300 m aralıklarla belirlenen toplam 317 adet örnek alandan elde edilen envanter karnesi verileri, Yapraklı orman işletme şefliği orman amenajmanı meşcere haritası ve 21.08.2011 tarihli Landsat TM uydu görüntüsüne ait TM 1, TM 2, TM 3, TM 4, TM 5 ve TM 7 bantları materyal olarak kullanılmıştır.

Yöntem

Envanter karnelerine ilişkin değerlendirmeler her bir örnek alana ilişkin bazı meşcere parametreleri (meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı) örnek alan bazında hesaplanmıştır. Meşcere parametrelerine ilişkin olarak hesaplanan bu değerler örnek alan büyüklüğüne (400, 600 ve 800 m²) bağlı olarak hektara çevrilmiştir. Örnek alanların hacminin belirlenmesinde; çalışma alanı içerisinde yer alan ağaç



Şekil 1. Çalışma alanının konumu

türleri için geliştirilmiş olan tek girişli ağaç-hacim denklemlerinden yararlanılmıştır. Örnek alanların göğüs yüzeyinin belirlenmesinde ise aşağıda yer alan formül kullanılmıştır. Ağaç sayısını ilişkin veriler ise örnek alandaki ağaç sayısı hesaplanmış ve hektara çevirme katsayısı ile çarpılarak bulunmuştur.

$$G = \frac{10000}{A} \times \sum_{i=1}^n (d_{1,30})^2 \times \frac{\pi}{4}$$

G=Göğüs yüzeyi(m²/ha)

A=örnek alan büyüklüğü (m²)

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

n=örnek alan içindeki ağaç sayısı

Uydu görüntüsüne ilişkin değerlendirmeler

Landsat TM uydu görüntüsü analize hazır hale getirilmeden önce bazı ön işlemlere tabi tutulmuştur. Erdas Imagine 2014 yazılım programı yardımıyla görüntünün atmosferik, radyometrik ve geometrik düzeltilmesi yapılarak analize hazır hale getirilmiştir. Analize hazır hale getirilen Landsat TM uydu

görüntüsüne ait TM 1, TM 2, TM 3, TM 4, TM 5 ve TM 7 bantları birleştirilerek görüntü bir bütün haline getirilmiştir. Landsat TM görüntüsü üzerine, X ve Y koordinat değerleri girilerek sayısal hale getirilen örnek alanlar atılmıştır. Her bir örnek alana ilişkin olarak Landsat TM görüntüsünün ilgili bantlarındaki parlaklık değerleri hesaplanmıştır.

Çalışmada örnek alanların GPS ile koordinatlarının ölçülmesi sırasında koordinat belirlemede oluşabilecek hataları ve uydu verilerinin geometrik dönüşümünde oluşabilecek geometrik hataları elimine etmek amacıyla regresyon analizi yapılırken, uydu verilerinin parlaklık değeri olarak örnek alanının uydu görüntüsü üzerinde karşılık geldiği pikselin etrafındaki 9 (3x3) pikselin parlaklık değerlerinin ortalaması alınmıştır.

a	b	c
d	x	e
f	g	h

a, b, c, d, e, f, g, h ve x piksellerin yansıma değerleri, X ölçme yapılan pikselin yansıma değeri

olmak üzere;

$$x = \frac{a+b+c+d+e+f+g+h+x}{9} \quad (1)$$

Bu şekilde her bir örnek alana ilişkin Landsat TM uydu görüntüsünün ilgili bantlarındaki parlaklık değerleri hesaplanmıştır.

Landsat TM uydu görüntüsünün ilgili bantlarında elde edilen parlaklık değerlerinden yararlanılarak vejetasyon indis değerleri de hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan vejetasyon indis değerleri ve bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan formüller Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan vejetasyon indisleri

Vejetasyon indisleri	Formülü
NDVI	(TM4-TM3)/(TM4+TM3)
NR	(TM4)+(TM2)
DVI	(TM4)-(TM3)
SAVI	(TM4-TM3)*(1+L)/(TM4+TM3+L)
ND53	(TM5-TM3)/(TM5+TM3)
ND54	(TM5-TM4)/(TM5+TM4)
ND57	(TM5-TM7)/(TM5+TM7)
ND32	(TM3-TM2)/(TM3+TM2)
ND73	(TM7-TM3)/(TM7+TM3)
ARVI	(TM4-2(TM3)+(TM2))/(TM4+2(TM3)-(TM2))
ASVI	((2(TM4))-√(2(TM4)+1)2-8(TM4)-2(TM3)+(TM2)/2)
NDWI	(TM4-TM5)/(TM4+TM5)
VIS123	(TM1)+(TM2)+(TM3)
MID57	(TM5)+(TM7)
Albedo	(TM1)+(TM2)+(TM3)+(TM4)+(TM5)+(TM7)

NDVI: Normalize Edilmiş Bitki İndeksi, NR: NIR-RED, DVI: Bitki Ayrım İndeksi, SAVI: Toprak Etkisi Azaltılmış Vejetasyon İndeksi, ND: Normalize Edilmiş Fark, ARVI: Atmosferik Dayanıklı Bitki İndeksi, ASVI: atmosferik ve toprak bitki örtüsü indeksi NDWI: Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi, VIS: Görünür Dalga Boyları, MID: Orta Kıızılötesidalga boyları, IPVI: Kıızılötesi yüzde vejetasyon indeksi, RVI: Oranı Vejetasyon İndeksi, MSAVI: Değiştirilmiş Toprak Etkisi Azaltılmış Vejetasyon İndeksi, EVI: Gelişmiş Vejetasyon İndeksi L=0.5 C1=6.0 C2=7.5

İstatistiksel analiz

Bu çalışmada, meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı ile Landsat TM uydu görüntüsüne ilişkin parlaklık 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; Landsat TM uydu görüntüsüne ait altı bantın parlaklık değerleri (TM1, TM 2, TM 3, TM 4, TM 5 ve TM 7) ile bu bantların kullanımıyla elde edilen vejetasyon indis değerleridir.

Sonuç ve Tartışma

Landsat TM uydu görüntüsünden her bir örnek alana ilişkin olarak elde edilen bant parlaklık değerleri ve vejetasyon indis değerleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler çoklu regresyon analizi ile ortaya

konulmaya çalışılmıştır. Her bir meşcere parametresine (meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı) ilişkin olarak hem bant parlaklık değerlerinden hem de vejetasyon indis değerlerinden elde edilen modeller Tablo 2-7’de verilmiştir. Ayrıca her bir modelle ilişkin olarak elde edilen hata grafikleri de Şekil 2-7’de verilmiştir.

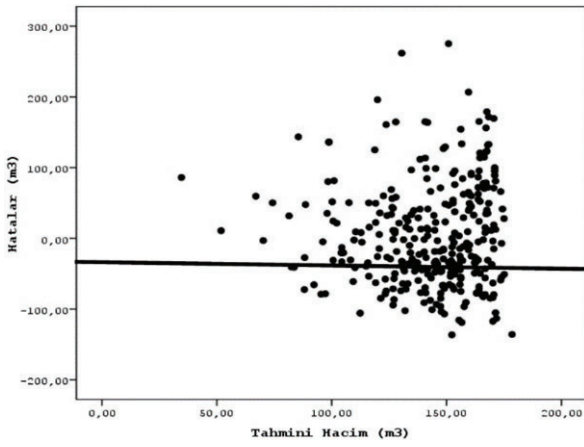
Tablo 2. Meşcere hacmini bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız Değişkenler	Regresyon Katsayıları	Std.Hata	t	p
	129.868	1.971	65.881	0.000
ND32	-515.999	30.378	-16.968	0.000
	$R^2_a=0.706$	$Sy.x=20.87072$		

Tablo 3. Meşcere hacmini vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

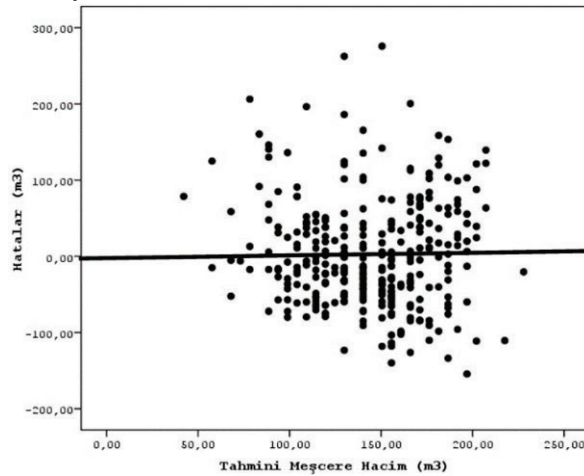
Bağımsız Değişkenler	Regresyon Katsayıları	Std.Hata	t	p
	147.808	3.562	41.501	0.000
TM2	3.003	0.374	8.037	0.000
TM7	-3.393	0.349	-9.729	0.000
	$R^2_a=0.532$	$S_{y.x}=22.4857$		

Meşcere hacmini bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini meşcere hacmine göre değişimi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Bant parlaklık değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini hacim ilişkisi

Meşcere hacmini vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini meşcere hacmine göre değişimi Şekil 3’de verilmiştir.

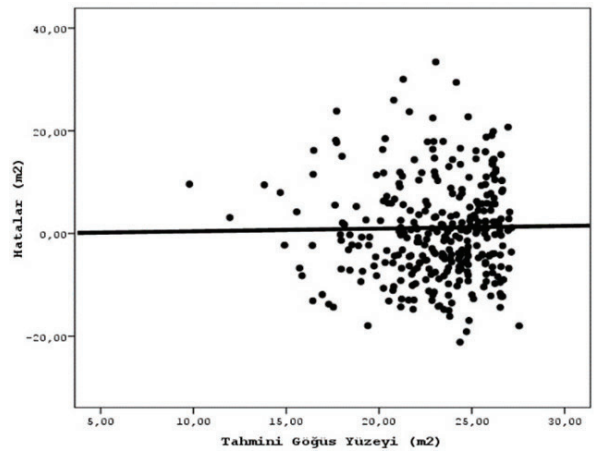


Şekil 3. Vejetasyon indis değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini hacim ilişkisi

Tablo 4. Meşcere göğüs yüzeyini bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız Değişkenler	Regresyon Katsayıları	Std.Hata	t	p
	23.666	0.418	56.611	0.000
TM2	0.377	0.044	8.583	0.000
TM7	-0.421	0.041	-	0.000
	$R^2_a=0.519$	$S_{y.x}=2.7001$		

Meşcere göğüs yüzeyini bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini meşcere göğüs yüzeyine göre değişimi Şekil 4’te verilmiştir.

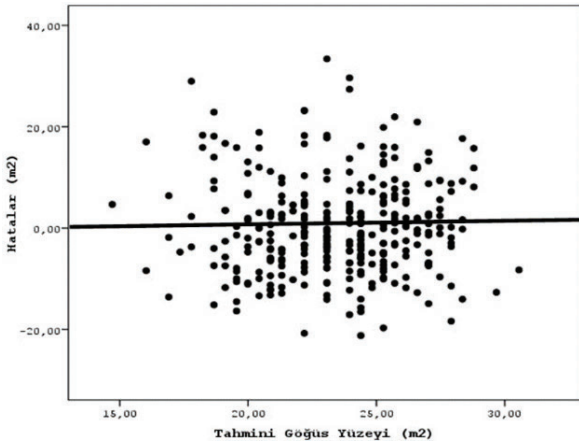


Şekil 4. Bant parlaklık değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini göğüs yüzeyi ilişkisi

Tablo 5. Meşcere göğüs yüzeyini vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız Değişkenler	Regresyon Katsayıları	Std.Hata	t	p
	22.191	0.250	88.929	0.000
ND32	-44.011	3.700	-11.894	0.000
	$R^2_a=0.575$	$S_{y.x}=2.24095$		

Meşcere göğüs yüzeyini vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini meşcere göğüs yüzeyine göre değişimi Şekil 5’te verilmiştir.

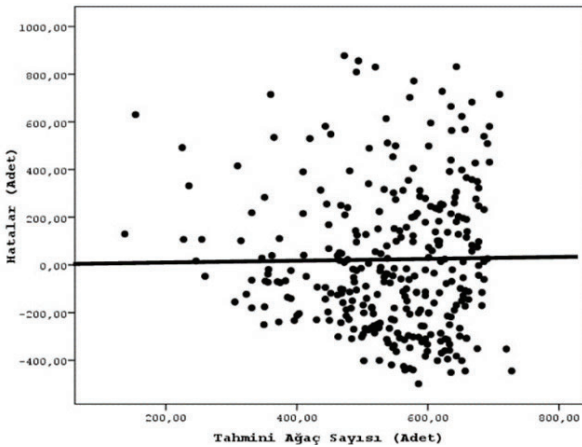


Şekil 5. Vejetasyon indis değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini göğüs yüzeyi ilişkisi

Tablo 6. Ağaç sayısının bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız Değişkenler	Regresyon Katsayıları	Std.Hata	t	p
	656.942	13.266	49.520	0.000
TM3	13.393	1.354	9.888	0.000
$R^2_a=0.631$		$Sy.x=86.81688$		

Ağaç sayısını bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini ağaç sayısına göre değişimi Şekil 6'da verilmiştir.

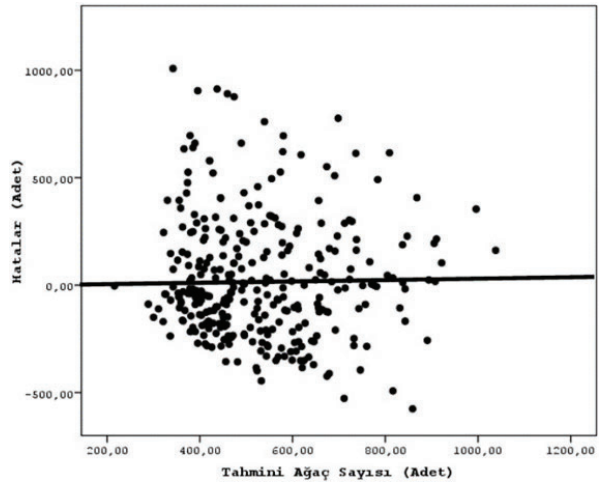


Şekil 6. Bant parlaklık değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini ağaç sayısı ilişkisi

Tablo 7. Ağaç sayısını vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız Değişkenler	Regresyon Katsayıları	Std. Hata	t	p
	-2369.989	1083.383	-2.188	0.031
NDVI	-3057.302	1139.168	-2.684	0.008
ND53	-1822.049	197.935	-9.205	0.000
ND57	1146.975	119.785	9.575	0.000
ND32	1010.485	253.534	3.986	0.000
ASVI	-10.623	1.962	-5.414	0.000
MID57	4.026	1.019	3.951	0.000
IPVI	4980.417	2164.582	2.301	0.023
RVI	481.147	78.821	6.104	0.000
$R^2_a=0.781$		$Sy.x=80.01439$		

Ağaç sayısını vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden modelle elde edilen hataların, tahmini ağaç sayısına göre değişimi Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Vejetasyon indis değerlerini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini ağaç sayısı ilişkisi

Çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde meşcere hacmi ve meşcere göğüs yüzeyi bant parlaklık değerlerine göre, TM 2 ve TM 7 bağımsız değişkenlerinin yer aldığı model, vejetasyon indislerine göre ise ND32 bağımsız değişkeninin yer aldığı modelle en iyi tahmin edilmiştir. Bant parlaklık değerleri ve vejetasyon indislerine göre meşcere hacmi ve meşcere göğüs yüzeyini tahmin eden modellere ilişkin elde edilen R^2 ve standart hata değerleri sırasıyla meşcere hacmi için ($R^2_a=0.532$, $Sy.x=22.4857$) ve ($R^2_a=0.706$, $Sy.x=20.87072$); meşcere göğüs yüzeyi için ($R^2_a=0.519$, $Sy.x=2.7001$) ve ($R^2_a=0.575$, $Sy.x=2.24095$)'dır. Buna karşın ağaç sayısını bant parlaklık değerlerine göre, TM 3 ve TM 7 bağımsız değişkenlerinin yer aldığı model,

vegetasyon indislerine göre NDVI, ND53, ND57, ND32, ASVI, MID57, IPVI ve RVI bağımsız değişkenlerinin yer aldığı modelle en iyi tahmin edilmiştir. Bant parlaklık değerleri ve vegetasyon indislerine göre ağaç sayısını tahmin eden modellere ilişkin elde edilen R^2 ve standart hata değerleri sırasıyla $R^2_a=0.631$, $Sy.x=86.81688$) ve ($R^2_a=0.781$, $Sy.x=80.01439$)'dır. Elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde meşcere parametrelerinden ağaç sayısı diğer meşcere parametrelerine göre daha iyi bir şekilde tahmin edilmiştir (Özgün, 2014). Bununla birlikte meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde vegetasyon indislerinin bant parlaklık değerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Konuyla ilgili olarak yapılan bazı çalışmalarda bizim çalışmamıza benzer sonuçlar bulunmuştur. Yeşil ve ark. (1999) tarafından İstanbul Gaziosmanpaşa'da gerçekleştirilen çalışmada, ağaç serveti ile Landsat TM uydu verisinin TM 2, TM 3, TM 4 ve TM 5'deki parlaklık değerleri arasındaki ilişki çoklu regresyon analizi ile irdelenmiş ve R^2 tüm test alanı için 0.59 olarak bulunmuşlardır. Bu çalışmada sadece TM 2 ve TM 7 bağımsız değişkenlerinin yer aldığı modelde $R^2_a=0.532$ olarak bulunmuştur. PuhrandDonoghue (2000) İskoçya'nın güney batısındaki iğne yapraklı plantasyon sahalarında gerçekleştirdikleri çalışmada, Landsat TM 3, 5 ve 7. bantlarına ait parlaklık değerleri ile göğüs yüzeyi arasında önemli bir istatistiksel ilişki bulunmuşlardır ($R^2 \geq 0.77$). Yapılan bu çalışmada ise göğüs yüzeyi ile bant parlaklık değerleri arasında yapılan regresyon analiz sonucuna göre en iyi model sonucu TM2 ve TM 7 bantları ile bulunmuş ve R^2_a 0.519 hesaplanmıştır. Özdemir (2003) Landsat TM uydu verisi ile ağaç servetinin kestirilmesi amacıyla Belgrad ormanlarında yaptığı çalışmada; en yüksek korelasyon katsayısı, Landsat uydu verisinin 4. bantındaki parlaklık değerleri ile hacim arasında bulunmuştur ($R^2=0.56$). Yapılan bu çalışmada ise regresyon analizinde bant parlaklık değerleri ile meşcere hacmi için en iyi sonuç TM2 ve TM 7 arasında görülmüş ve R^2_a 0.532 olarak bulunmuştur. Mallinis ve ark. (2003) tarafından yapılan ve Landsat TM uydu görüntüsüne ait bantlardaki parlaklık değerleri ile meşcere hacmi arasındaki ilişkilerin araştırıldığı çalışmada TM2, TM3, TM4 ve TM5 bantlarının bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon denkleminde $R^2=0.183$; TM2, TM3 ve TM5 bantlarının bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon denkleminde $R^2=0.172$ ve TM1-TM5 ve TM7 bantlarının bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon denkleminde ise $R^2=0.117$ olarak bulunmuştur. Ancak yapılan

bu çalışmada sadece TM2 ve TM7 bağımsız değişkenlerinin yer aldığı modelle meşcere hacmi daha iyi bir şekilde ($R^2_a=0.532$) tahmin edilmiştir. Hall ve ark. (2006) tarafından Landsat ETM+ verileriyle Kanada'da yaptıkları çalışmada, Landsat görüntüleri kullanarak meşcere boyunu ve tepe kapallılığı tahmin etmişlerdir. Daha sonra, bu iki parametre ile meşcere hacmini çoklu regresyon ile modellemişlerdir. Bu regresyon modelinin korelasyon katsayısı 0.84 olarak hesaplanmıştır. İnan (2009) yaptığı çalışmada; Landsat ETM+ uydu görüntüsünün TM 1-5 ve TM 7. bant değerlerinden elde edilen 25 farklı vegetasyon indis değerleri ile yersel ölçümlerle elde edilen hacim, göğüs yüzeyi, meşcere orta boy, meşcere orta çap değerleri arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile incelemiştir. Meşcere hacmini bant parlaklık değerlerine göre, TM 5 bağımsız değişkeninin yer aldığı model en iyi açıklarken ($R^2=0.82$), vegetasyon indislerine göre Albedo bağımsız değişkeninin yer aldığı model en iyi açıklamıştır ($R^2=0.84$). Meşcere hacmine benzer şekilde, meşcere göğüs yüzeyini bant parlaklık değerlerine göre, TM 5 bağımsız değişkeninin yer aldığı model en iyi açıklarken ($R^2=0.81$), vegetasyon indislerine göre Albedo bağımsız değişkeninin yer aldığı model en iyi açıklamıştır ($R^2=0.81$). Bu çalışmanın aksine, yapılan bu çalışmada meşcere hacmini ve meşcere göğüs yüzeyini TM2 ve TM7 bağımsız değişkenlerinin yer aldığı model açıklarken ($R^2=0.532$), vegetasyon indislerine göre ise ND32 bağımsız değişkeninin yer aldığı modeller en iyi açıklamıştır ($R^2_a=0.706$ $Sy.x=20.87072$; $R^2_a=0.575$, $Sy.x=2.24095$). Ateşoğlu (2009) "Farklı Uydu Görüntü Verileri İle Meşcere Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması (Bartın-Mugada Örneği)" adlı Doktora Tezi çalışmasında; Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü kullanılarak hacim, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısını tahmin etmeye çalışmış. Elde edilen sonuçlara bakıldığında meşcere hacmini TK2 bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde $R^2=0.518$, göğüs yüzeyini TK2, ETM4 ve Albedo bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde $R^2=0.778$ ve ağaç sayısını LAI değişkeninin yer aldığı modelde ise $R^2=0.325$ olarak bulunmuştur. Mohammadi ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada Landsat ETM+ uydu verilerini kullanarak meşcere hacmini ve ağaç sayısını tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, ağaç sayısı için ETM 4 ve ETM 5 bağımsız değişkenlerinin yer aldığı modelde $R^2_a=0.734$, ve DVI bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde meşcere hacmi için $R^2_a=0.43$ olarak bulunmuşlardır. Günlü ve ark. (2012) tarafından

yapılan bir çalışmada Landsat TM uydu görüntüsü kullanılarak göknar meşcerelerinde meşcere hacmi tahmin edilmeye çalışılmış. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde en iyi sonucu TM 2 ve TM 4 bağımsız değişkenin yer aldığı model açıklamıştır ($R^2=0.54$). Gnl ve ark. (2013) yaptıkları başka bir çalışmada; saf kayın meşcerelerinde QuickBird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri yardımıyla meşcere hacminin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Uydu görüntülerinden elde edilen parlaklık değerleri ile meşcere hacmi arasındaki ilişkiler regresyon analiziyle ortaya konulmuştur. Analizler sonucunda, Quickbird uydu görüntüsünün Bant 1, Bant 2, Bant 3 ve Bant 4 bağımsız değişkenleri ile elde edilen regresyon denklemi ile meşcere hacmi arasında en iyi ilişki ($R^2=0.70$) bulunurken, Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünde ise ETM 2, ETM 3 ve ETM 4 bağımsız değişkenlerinde ($R^2=0.545$) en iyi ilişki olduğu bulunmuştur. Kahrıman ve ark. (2014) Landsat TM uydusu kullanılarak karışık meşcerelerde ağaç sayısı ve meşcere kapalılığının tahminine yönelik yaptıkları bir çalışmada TM1, TM3 ve TM4 bantlarının bağımsız değişken olarak kullanıldığı modelde meşcere kapalılığı için $R^2=0.61$ ve TM 1 bağımsız değişkenin kullanıldığı modelde ağaç sayısı için $R^2=0.613$ bulmuşlardır. Aynı alışmada SR ile DVI bağımsız değişkenlerinin yer aldığı modelde meşcere kapalılığı için $R^2=0.674$ ve DVI ile SAVI bağımsız değişkenlerinin yer aldığı model ise ağaç sayısı için $R^2=0.702$ olarak bulmuşlardır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında, çalışma alanında meşcere parametrelerini tahmin etmede vejetasyon indislerinin oluşturduğu modellerin daha başarılı olduğu görülmüştür. Yapraklı Orman İşletme Şefliği için elde edilen bu modeller (zellikle vejetasyon indisleriyle oluşturulan) alışma alanına yakın benzer özellik gösteren orman ekosistemlerinde kullanılabilir.

Teşekkür

Bu alışma, ankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimince Lisansüstü Tez Projesi (Proje Kodu:2013/7) kapsamında desteklenmiştir. Bu desteklerinden dolayı ankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine çok teşekkür ederiz. Ayrıca envanter karnesi verilerinin elde edilmesinde her türlü desteği veren Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığına çok teşekkür ediyoruz.

Kaynaklar

Ateşoğlu, A. 2009. Farklı uydu görüntü verileri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkilerin araştırılması (Bartın-Mugada rneği). Doktora tezi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 111s., Bartın.

etin, N., Efendioğlu, M. ve Zık, T. 1992. Türkiye’de orman amenajmanının dn ve bugünü, ormancılığımızda orman amenajmanının dn, bugünü ve geleceğine ilişkin genel görüşme. 16-19 Kasım, Ankara, Bildiriler Kitabı, 17-28.

Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı. İ.. Orman Fak. Yay. No: 3010/318, 585 s.

Gnl, A., Ercanlı, İ., Őenyurt, M. and Yayla, A.T. 2012. Modeling stand volume using Landsat TM data for fir stands (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) Located in Buyukduz planning unit, Turkey. Kastamonu ni., Orman Fakültesi Dergisi, zel Sayı: 65-71

Gnl, A., Ercanlı, İ., Başkent, E.Z. ve Őenyurt, M. 2013. Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri kullanılarak Ayancık-Gldağ kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde hacim tahmini. SD Orman Fakültesi Dergisi, s.1-2

Hall, R.J., Skakun, R.S., Arsenault, E.J. and Case, B.S. 2006. Modeling forest stand structure attributes using landsat etm data: application to mapping of above ground biomass and stand volume. Forest Ecology and Management, 225: 378-390.

Huiyan, G., Limin, D., Gang W., Dong, X., Shunzhong, W. and Hui, W. 2006. Estimation of forest volumes by integrating Landsat TM imagery and forest inventory data. Series E Technological Sciences. Vol.49 Supp. I 54–62.

İnan, M. 2004. Orman varlığının saptanmasında uzaktan algılama verileri. Doktora tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 142 s., İstanbul.

İnan, M. 2009. Uzaktan algılama verileri ve orman meşcerelerine ait dendrometrik elemanlar arasındaki spektral ilişkiler. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mhendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt: XXII, Sayı:3

Kahrıman, A., Gnl, A. and Karahalil, U. 2014. Estimation of crown closure and tree density using Landsat TM satellite images in mixed forest stands, “Journal of the Indian Society of Remote Sensing”. Indian Society of Remote Sensing, 42(3), 559-567.

Kse, S. 1986. Orman isletmelerinin planlanmasında yneylem araştırması yararlanma olanakları, Doktora tezi, K.T.., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Kse, S. ve Başkent, E.Z. 1993. Coğrafi bilgi sistemlerinin ormancılığımızdaki nemi. Orman Bakanlığı, I. Ormancılık Őurası, OGM, Ankara, 195-204.

Makela, H., Pekkarinen, A. 2004. Estimation of forest stand volumes by Landsat TM Imagery and stand-level field-inventory data. Forest Ecology and Management, 196: 245–255.

Mallinis G., Koutsias N., Makras A., Karteris M. 2003. Forestparametersestimation in a European Mediterranean landscape using remotely sensed data. *Forest Science*, 50(4), 450– 460.

Mohammadi, J., Joibary, S.S., Yaghmaee, F. and Mahiny, A.S. 2010. Modeling forest stand volume and tree density using Landsat ETM data. *International Journal of Remote Sensing*, 31: 2959-2975.

Musaoğlu, N. 1999. Elektro-optik ve aktif mikrodalga algılayıcılardan elde edilen uydu verilerinden orman alanlarında meşcere tiplerinin ve yetişme ortamı birimlerinin belirlenme olanakları. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Özdemir, İ. 2003. Üç aşamalı örnekleme metodu ve bölgesel (Doğu Marmara Bölgesi) Orman envanterinde uygulanması. Doktora tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 128 s., İstanbul.

Özgün, M., 2014. Landsat TM Uydu Görüntüsü Yardımıyla Bazı Meşcere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi (Yapraklı Orman İşletme Şefliği Örneği), Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı

Sivanpillai, R., Smith, C.T., Srinivasan, R., Messina, M.G. and Wu, X.B. 2006. Estimation of managed loblolly pine stand age and density with Landsat ETM+ data. *Forest Ecology and Management*, 223:247–254

Puhr, C.B., Donoghue, D.N.M. 2000. Remote sensing of upland conifer plantations using Landsat TM data: A Case Study from Galloway, South-West Scotland, *International Journal of Remote Sensing*, 21, 633-646.

Yesil, A., Asan, Ü., Coskun, G., Örmeci, C. ve Kaya, S. 1999. Statically modeling and stand type forest mapping selected area around Istanbul using Landsat-TM and Spot Data. *Proceedings of the International Symposium On Remote Sensing&Integrated Technologies*, Istanbul, 151-162.