

UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ YARDIMIYLA BAZI MEŞCERE PARAMETRELERİNİN TAHMİN EDİLMESİ: KÜTAHYA/TETİK PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ

B. Çil^a, U. Karahalil^b, F. Karslı^c

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon, Türkiye - bayram_cil@hotmail.com

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon, Türkiye - uzay@ktu.edu.tr

^c Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon, Türkiye - fkarslı@ktu.edu.tr

ANAHTAR KELİMELER: Orman Amenajmanı, Meşcere parametreleri, Uzaktan Algılama, Göktürk-2, Rasat, Dijital Hava Fotoğrafı

ÖZET:

Ormanların planlanması aşamasında en çok emek ve maliyet, ağaç serveti ve artımın envanteri aşamasında ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda uluslararası düzeyde orman envanterinde uydu görüntüleri ve sayısal hava fotoğraflarının kullanımına ilişkin çalışmaların arttığı görülmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada, aynı yaşlı olarak işletilen saf Karaçam meşcerelerinden alınan örneklem alanlarında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen bazı meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Çalışma alanı, Karaçam meşcerelerinin ağırlıklı olarak yer aldığı Tetik (Kütahya) Orman İşletme Şefliği içerisinde seçilmiştir. Araştırmada asıl veri kaynağı olarak, Göktürk-2, Rasat ve Landsat 8 uydu görüntüleri ile dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğraflarının da olduğu 4 farklı uzaktan algılama verisi kullanılmıştır. Çalışmada, elde edilen uydu görüntüsü piksel değerleri (DN) ve farklı vejetasyon indeksleriyle 160 örneklem alanından elde edilen (göğüs yüzeyi, ağaç sayısı ve hacim) meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Sonuçta geliştirilen modeller içinden belirtme katsayısı en yüksek ve hata yüzdesi en düşük olan model seçilmiş olup ağaç sayısında 0.54'lük belirtme katsayısı ile Göktürk 2 en yüksek değeri verirken, hacim ve göğüs yüzeyinde Landsat 8 sırasıyla 0.59 ve 0.67 belirtme katsayıları ile en yüksek tahmin değerlerine ulaşmıştır.

KEY WORDS: Forest management, Stand parameters, Remote sensing, Göktürk-2, Rasat, Digital Aerial Photograph

ABSTRACT:

During the forest planning stage most efforts and costs occur during forest inventory. In past years use of satellite images and digital aerial photographs at the international level has increased, however our country seem not to have been able to capture the academic works into practice. In this study, parameters obtained from sampled areas and those from remote sensing data for even age pure pine stands were investigated. The study area, mainly composed of black pine stands (*Pinus nigra subs. pallasiana*) from Tetik (Kütahya) planning unit was selected. As source of data in this study, we used 4 different remote sensing data, including Göktürk-2, Rasat, Landsat 8 satellite images and aerial photographs taken by digital camera. In this study, satellite image pixel values (DN) and 160 samples obtained from areas with different vegetation indices (basal area, number of trees and stand volume parameters) indicated a relationship between them. According to the obtained results, selecting to highest adjusted R square and least error percent at Göktürk-2 satellite image gave highest estimates considering for number of trees 0.54 and thanks to Landsat 8 satellite image developing models were found as 0.59 and 0.67 respectively volume and basal area for adjusted R square.

1. GİRİŞ

Uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları günümüzde ulaşılması güç alanlarda, yersel ölçümlerin masraflı ve zahmetli olduğu durumlarda en hızlı ve ekonomik bilgiye ulaşma kaynağıdır. Ormanların planlanması aşamasında en çok emek ve maliyet ağaç serveti ve artımın envanteri aşamasında ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda uluslararası düzeyde orman envanterinde uydu görüntülerinin kullanımına ilişkin çalışmaların arttığı görülmektedir. Ülkemizde akademik düzeyde yapılan bazı çalışmalar dışında uygulamada istenilen etkinliği yakalayamadığımız çalışmalar bulunmaktadır. Dünyada ve ülkemizde yukarıda bahsedilen çalışmalar incelendiğinde daha çok uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve lidar verileri kullanılarak ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, kapalılık, meşcere boyu ve hacim gibi parametrelerin tahminine yönelik çalışmalar

gerçekleştirilmektedir. Landsat TM/ETM+ uydu görüntüleri; meşcere hacmi, sıklık ve kapalılığın belirlenmesinde kullanılmıştır (Franco-Lopez vd., 2001; Mc Robert vd., 2002; Naseri, 2003; Makela ve Pekkarinen, 2004; Khorrami, 2004; Mohammadi, 2007; Gjertsen, 2006; Kajisa vd. 2008). Benzer çalışmaları, Reese vd. (2002) ve Holmström vd. (2002) SPOT uydu görüntülerini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Ülkemizde ise, Özkan (2003) SPOT-5 uydu verisi ile meşcere parametreleri (ağaç sayısı, ağaç serveti, göğüs yüzeyi, orta çap ve orta boy) arasındaki ilişkileri araştırmış, Özdemir ve Mert (2007) Quickbird (pan-sharpened) uydu verisiyle hacim arasındaki ilişkileri araştırmış, Ateşoğlu (2009) Landsat 7 ETM+, SPOT HR-VIR, ASTER (VNIR) görüntü verilerini kullanarak, farklı bant ve bitki indeksleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkileri belirlemiştir.

Son dönemde gerçekleştirilen çalışmalarda ise, Günlü vd. (2013), Ayancık-Göldağ yöresine ait saf Kayın meşcerelerinde Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uyu görüntülerini kullanarak, parlaklık değerleri ile meşcere hacmi arasındaki ilişkiyi regresyon analiziyle ortaya koymuştur. Mısırlı (2013), Landsat 7 ETM+ uyu görüntüsünün 6 bandına (1-5 ve 7) ait parlaklık değerleri ile çeşitli vejetasyon indekslerini test etmiştir. Çil (2014) Göktürk-2, Rasat, Landsat 8, WorldView-2 ve dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğrafı verisi kullanarak saf Sarıçam ve Göknaar türlerinde ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacmi tahmin etmeye çalışmıştır.

Gerçekleştirilen çalışmada, Tetik Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yayılış gösteren saf Karaçam meşcerelerinden alınan örnekleme alanlarından elde edilen ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim değerleri ile Göktürk-2, Rasat, Landsat 8 ve dijital hava fotoğrafı verileri arasındaki ilişkinin ortaya konması amaçlanmıştır.

2.MATERYAL

2.1. Çalışma Alanı

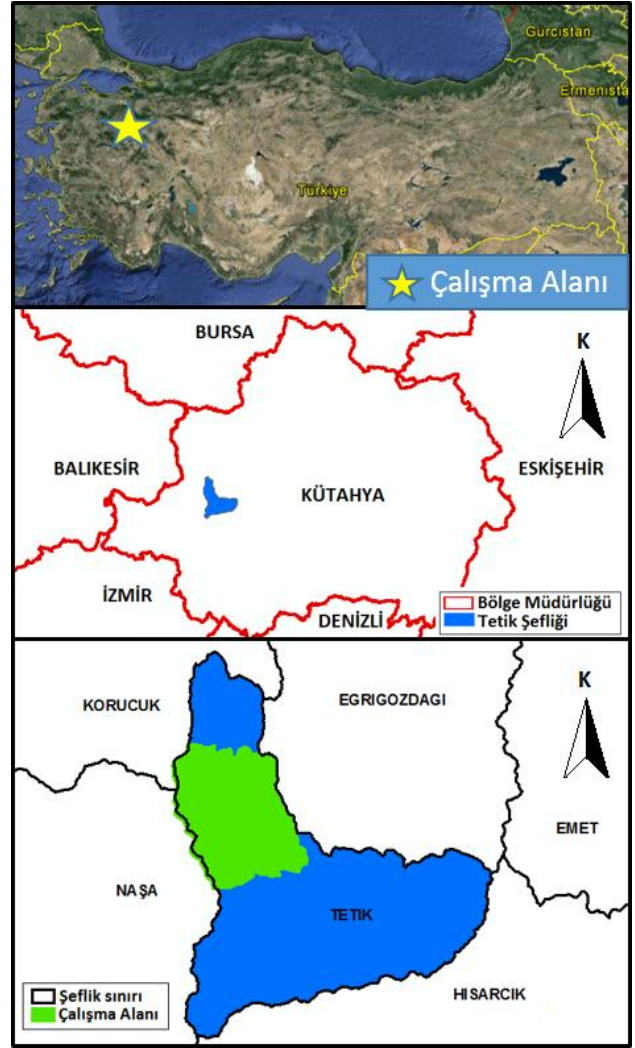
Çalışma alanı, Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü, Emet Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Tetik Planlama Birimi içerisinde UTM koordinat sistemi WGS84 datumuna göre x:677944-y:4354959; x:683236-y:4349318 koordinatları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Araştırma alanının ortalama eğimi %26 ve ortalama yükseltisi 1200 m olup, yaklaşık 2300 ha alan kaplamaktadır. Saf Karaçam meşcerelerinden oluşan çalışma alanının, 2086 ha'ı verimli, 123 ha'ı bozuk ve 104 ha'ı açıklık alanıdır.

2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

Gerçekleştirilen çalışmada 3 farklı uydu görüntüsü ve dijital hava fotoğrafları kullanılmıştır. Uydu ve hava fotoğraflarına ilişkin çekim tarihi, bant sayısı, konumsal ve radyometrik çözünürlükleri Tablo 1'de verilmiştir.

GÖRÜNTÜ	Landsat8	Göktürk-2
Çekim Zamanı	15.01.2014	01.10.2014
Konumsal Çözünürlük	Siyah Beyaz:15m Renkli : 30m	Siyah Beyaz:2.5m Renkli : 5m
Radyometrik Çözünürlük	12 bit	8 bit
Kullanılan Bantlar	1-7	1-4
GÖRÜNTÜ	Rasat	Dijital Hava Fotoğrafı
Çekim Zamanı	19.11.2013	2013
Konumsal Çözünürlük	Siyah Beyaz:15m Renkli : 7.5m	Renkli : 45cm
Radyometrik Çözünürlük	8 bit	8 bit
Kullanılan Bantlar	1-4	2-4

Tablo 1. Uydu ve hava fotoğraflarına ilişkin bilgiler



Şekil 1. Çalışma alanının konumu

Amerikan gözlem uydusu olan Landsat 8, 11 Mayıs 2013'te uzaya fırlatılmıştır. Landsat 8, NASA'nın sekizinci uydusu olup, yiyecek, su ve ormanlar gibi insanlar için gerekli kaynakların düzenlenmesi, izlenmesi ve anlaşılmasında Landsat programının en önemli rolünün devam etmesi sağlanmıştır. Landsat 8 uydusu, görünür, yakın-kızılötesi, kısa dalga kızılötesi ve termal kızılötesi aralıklarında görüntü almakta olup, spektral aralığa bağlı olarak 15 ile 100 metre arasında bir orta yersel çözünürlüğe sahiptir (URL-1, 2015). Tasarımı ve üretimi Türkiye'de gerçekleştirilen ilk yer gözlem uydusu, aynı zamanda da Türkiye'nin Bilsat uydusundan sonra ikinci uzaktan algılama uydusu olan Rasat, 17 Ağustos 2011 tarihinde uzaya gönderilmiştir. Radyometrik çözünürlüğü 8 bit, zamansal çözünürlüğü ise 4 gün olan Rasat uydusunun yersel çözünürlüğü siyah beyazda 7.5 m çok renklide ise 15 m'dir (URL-2, 2015). Göktürk-2 uydusu, Rasat uydusuna göre 3 kat daha yüksek görüntü çözünürlüğüne ve 4 kat daha yüksek kütleyle sahiptir (URL-3, 2015). Harita Genel Komutanlığı, envanterinde bulunan iki uçak ve dijital hava kameraları ile yılda yaklaşık 200 000 km² alanın 30 cm ve 45 cm çözünürlüğünde hava fotoğrafını çekme ve ortofotosunu üretme kapasitesine sahiptir. Hava fotoğrafları, 2008 ve 2011 yılında temin edilen iki adet geniş format dijital hava kamerası ile çekilmektedir. Bu kapsamda çekilen hava fotoğraflarını isteğe bağlı üç bantlı (RGB) veya dört bantlı (RGB+ NIR) yada 8 bit veya 16 bit olarak üretebilmektedir (Çam vd., 2013).

Uzaktan algılama verilerini yersel ölçümler ile ilişkiye getirebilmek amacıyla meşcere parametrelerinin belirlenmesine yönelik olarak örnekleme alanlarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Örnekleme alan büyüklükleri meşcere kapalılığına (3 kapalı meşcerelerde 400 m², 2 kapalı meşcerelerde 600 m², 1 kapalı ve bozuk meşcerelerde ise 800 m²) bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Toplamda 160 adet alınan örnekleme alanlarının 10 adedi açıklık alan, 10 adedi bozuk ve 140 adedi de farklı gelişim çağı ve kapalılıkta bulunan verimli orman alanı içinden alınmıştır. Göktürk-2 uydu görüntüsünün bulutlu olması ve bazı örnekleme alanlarının bulut etkisi altında kalması nedeniyle, bu uydu görüntüsünden elde edilen veriler, 9 adet açıklık alandan, 10 adet bozuk ve 90 adet verimli ormandan alınan toplamda 109 örnekleme alanı verisi ile ilişkiye getirilmiştir. Ölçümlerde her örnekleme alanına giren göğüs çapı 7.9 cm'nin üzerindeki ağaçların 1.30m'deki çapı çift taraflı ölçülerek envanter karnesine kaydedilmiştir.

3.YÖNTEM

Uydu görüntüsü verilerinin piksel değerlerine ulaşabilmek için öncelikle görüntü analizleri yapılmıştır. Ham uydu görüntüsü verileri Erdas Imagine 2010 programı yardımıyla birleştirilmiş ve sonrasında çalışma alanı sınırlarını dikkate alarak geometrik düzeltme yapılmıştır. Görüntü çözünürlüğünün örnekleme alanı büyüklüğüne denk gelecek boyutlarda olması için, Erdas Imagine 2010 programı "degrade" komutu kullanılarak çözünürlükleri düşürülmüştür. Burada amaç örnek alanı temsil edecek olan tek piksel değerini elde etmektir. Çözünürlüğü düşük olan Landsat 8 uydu görüntüsünde bu işlem yapılmamıştır. Çözünürlüğü düşürülen uydu görüntüleri çalışma alanı sınırları dikkate alınarak kesilmiştir. Erdas Imagine 2010 programı yardımıyla kesilen birleşmiş görüntülerden bantlar tek tek çekilerek vektör haline dönüştürülmüştür. Örnekleme alanına karşılık gelen piksel değerlerini elde etmek için ArcMap 10.1 yazılımı kullanılarak örnekleme alanı nokta katmanı ile bant (vektör) katmanları çakıştırılmıştır.

Meşcere parametrelerinin hesaplanmasında aşağıda verilen formüller kullanılmıştır (tek ağaç hacmi için tek girişli ağaç hacim tablosundan yararlanılmıştır).

$$\begin{aligned} \text{Ağaç Sayısı} &= as * 10000 / \text{ÖAB} & (1) \\ \text{Ağaç Sayısı} &= \text{adet/ha} \\ as &= \text{Örnekleme alanındaki ağaç sayısı (adet)} \\ \text{ÖAB} &= \text{Örnekleme alanı büyüklüğü (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Göğüs Yüzeyi} &= \pi / 4 * \Sigma d_{1,30}^2 * 10000 / \text{ÖAB} & (2) \\ \text{Göğüs Yüzeyi} &= \text{m}^2/\text{ha} \\ d &= \text{Çap (m)} \\ \text{ÖAB} &= \text{Örnekleme alanı büyüklüğü (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hacim} &= \Sigma V * 10000 / \text{ÖAB} & (3) \\ \text{Hacim} &= \text{m}^3/\text{ha} \\ V &= \text{Örnekleme alanındaki her ağaç için tek girişli hacim tablosundan elde edilen kabuklu gövde hacmi (m}^3\text{)} \\ \text{ÖAB} &= \text{Örnekleme alanı büyüklüğü (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

Yukarıdaki formüller kullanılarak her örnekleme alanı için ayrı ayrı hektardaki ağaç adeti, serveti ve göğüs yüzeyi hesaplanmıştır.

Elde edilen meşcere parametrelerinin normal dağılıp dağılmadığını kontrol etmek için Ibm Spss Statistic 20 programı

kullanılmıştır. Normal dağılımı bozan örnekleme alanları değerlendirmeye katılmamıştır. Bağımlı değişken olan meşcere parametrelerini daha yüksek derecede tahmin etmek için bağımsız değişken olan bantlar, vejetasyon indeksleri ve bazı basit bant oranları kullanılmıştır (Tablo 2).

Vejesyon İndeksleri	İndeks Açıklamaları
NDVI	NIR-RED / NIR+RED
ND14	(Bant1-Bant4) / (Bant1+Bant4)
ND57	(Bant5-Bant7) / (Bant5+Bant7)
B4/B5	Bant4/Bant5
B4/B7	Bant4/Bant5
B5/B6	Bant4/Bant5
B5/B7	Bant4/Bant5

Tablo 2. Çalışmada kullanılan vejetasyon indeksleri ve bazı bant oranları

Meşcere parametreleri ile bant değerleri arasında çoklu regresyon analizi yapılarak modeller elde edilmiş, bu modellerin meşcere parametrelerinin yüzde kaçını tahmin ettiği hesaplanmıştır. Bunun için, hacim, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı bağımlı değişken, bantlara ilişkin piksel değerleri ile oranları ise bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Regresyon modelleri 3 farklı meşcere parametresi için ayrı ayrı geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin standart hatası ve R²_{adj.}'leri hesaplanmıştır.

Vektör formatındaki piksel değerlerini içeren katman kullanılarak, Arc Map programı yardımıyla, geliştirilen göğüs yüzeyi ve hacim formülleri her bir poligona uygulanmış ve meşcere parametrelerini içeren veri tabanı oluşturulmuştur. Elde edilen veri tabanı kullanılarak belirlenen aralıklara göre yeniden sınıflandırılmış hacme ilişkin sonuç haritası elde edilerek sunulmuştur.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

Normal dağılım testi sonucunda ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi dikkate alındığında normalin dışında ekstrem değerlere sahip 4 adet örnekleme alanı elenmiştir. Meşcere parametreleri kendi aralarında değerlendirildiğinde, ağaç sayısı ile hacim arasında zayıf, ağaç sayısı ile göğüs yüzeyi arasında orta ve ağaç sayısı ile hacim arasında çok yüksek korelasyon çıkmıştır (Tablo 3).

	N	V	G
N	1		
V	,361	1	
G	,539	,968	1

Tablo 3. Meşcere parametreleri korelasyon analizi sonuçları

(N: Ağaç sayısı, V: Hacim, G: Göğüs yüzeyi)

Meşcere parametreleri ile bantların içerdiği piksel değerleri arasındaki korelasyon sonuçları irdelendiğinde Landsat 8'in 6. ve 7. bantlarında (kısa dalga boyuna sahip kızılötesi bantlar) hacim ve göğüs yüzeyi ile orta derecede, diğer bantlarda ise zayıf korelasyon çıkmıştır (Tablo 4).

Uydu	Prmt.	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
Landsat8	N	-,27	-,31	-,37	-,46	-,21	-,53	-,54
	V	-,45	-,46	-,50	-,56	-,25	-,60	-,62
	G	-,46	-,47	-,53	-,61	-,29	-,67	-,69
Göktürk-2	N	-,17	-,36	-,34	-,38			
	V	-,25	-,37	-,36	-,39			
	G	-,25	-,39	-,41	-,42			
Hava Fotoğrafı	N	-	-,39	-,48	-,47			
	V	-	-,57	-,64	-,63			
	G	-	-,60	-,69	-,68			
Rasat	N	,48	,042	,073				
	V	,35	-,17	-,14				
	G	,40	-,17	-,13				

Tablo 4. Meşcere parametreleri ile bantların içerdiği piksel değerleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları(N: Ağaç sayısı, V: Hacim, G: Göğüs yüzeyi, B1:1.Bant, B2:2.Bant, B3:3.Bant, B4:4.Bant, B5:5.Bant, B6:6.Bant ,B7:7.Bant)

Göktürk-2 ve Rasat uydu görüntüsü piksel değerleri ile meşcere parametreleri arasında genel itibariyle zayıf korelasyon gözükmektedir. Dijital hava fotoğrafında ise ağaç sayısı ile tüm bantlarda düşük korelasyon çıkarken, hacim ve göğüs yüzeyi ile tüm bantlar arasında orta derecede korelasyon bulunmuştur. Genel itibariyle kızılötesi bantlar ile meşcere parametreleri arasında orta derecede korelasyon olduğu saptanmıştır.

Landsat 8, Rasat ve dijital hava fotoğrafı verileri için 160 adet ve Göktürk-2 uydu verisi için ise 109 adet örnekleme alanı verilerinden hareketle oluşturulan regresyon modellerine ilişkin istatistiki veriler Tablo 5’de verilmiştir. Modellerin seçilmesinde standart hataları en düşük ve düzeltilmiş R²’leri en yüksek olanlar dikkate alınmıştır.

Platform Adı	İstatistiki Değerler	Örnek Alan Sayısı	N	V	GY
Landsat 8	Düzeltilmiş R ²	160	0.43	0.59	0.67
	Std. Hata		210	71.4	6.7
Göktürk-2	Düzeltilmiş R ²	109	0.54	0.55	0.66
	Std. Hata		191	79.1	7.2
Rasat	Düzeltilmiş R ²	160	0.45	0.50	0.58
	Std. Hata		203	79	7.6
Hava Fotoğrafı	Düzeltilmiş R ²	160	0.23	0.48	0.55
	Std. Hata		241	81.3	7.8

Tablo 5. Elde edilen regresyon sonuçları

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, ağaç sayısında en yüksek tahmin, Göktürk-2 uydu (%54) tarafından, ardından Rasat uydu (%45) ile elde edilmiştir. Hacim tahminlerinde ise %59’luk tahmin ile Landsat 8 uydu ilk sırada olup bunu %55 ile Göktürk-2 uydu takip etmektedir. Göğüs yüzeyi tahminlerinde birbirine çok yakın değerlere sahip olan Landsat 8 ve Göktürk-2 uyduları sırasıyla %67 ve %66 değerlerini vermiştir.

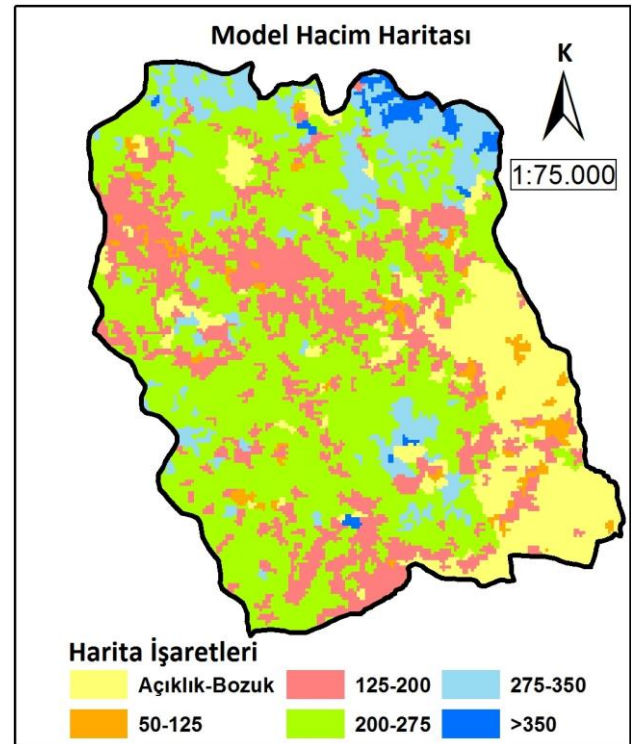
En yüksek tahmini veren ağaç sayısı (N), hacim (V) ve göğüs yüzeyine (G) ilişkin modeller (4), (5) ve (6) nolu eşitliklerde verilmiştir.

$$N = -2384.6 + 93008.3/B1 - 594.4*ND14 + LN(B4) \quad (4)$$

Göktürk-2 uydu verileriyle geliştirilen yukarıdaki (4) modeli, 0.54 düzeltilmiş R² ve 191 adet/ha standart hataya sahip olup, hektardaki ağaç adetini %54 oranında hektarda 191 adet hata ile açıklamaktadır.

$$V = -44313,5 + 2,8*B1 - 0,3*B4 - 2363,4/B3 - 4304,2*B4/B5 + 4210,2*B4/B7 - 1026,8*B5/B6 + 2853*B5/B7 + 195598379,8 - 12344,8*ND57 \quad (5)$$

Landsat 8 uydu verileriyle geliştirilen yukarıdaki (5) modeli, 0.59 düzeltilmiş R² ve 71,4 m³/ha standart hataya sahip olup, hektardaki ağaç hacmini %59 oranında hektarda 71,4m³ hata ile açıklamaktadır. Geliştirilen model alana uygulanarak elde edilen hacim haritası Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Model hacim haritası

Hacim haritası üretilirken 6 farklı hacim sınıfı dikkate alınmıştır. 1. Sınıfta 50 m³’den küçük alanlar için açıklık ve bozuk alanlar seçilmiş olup 50 m³’den büyükler ise 75 m³ aralıklarla ayrılmıştır. Elde edilen sınıflardaki kullanılan piksellerden birbirine komşu olanlar birleştirilmiş ve ardından 0,5 ha altındaki alanlar seçilerek bunlara komşu en büyük alana sahip poligonlara yedirilmiştir. Bunun yapılmasındaki amaç orman içinde oluşan düşük hacim değerine sahip alan ve açıklıkları ve fazla hacim değerine sahip olan açıklık içerisinde bulunan küme halindeki ağaç topluluklarının elenerek daha homojen bir hacim haritasının elde edilmesidir.

$$G = -3740.4 + 0.3*B1 - 0,03*B4 - 265/B3 - 444.2*B4/B5 + 427.2*B4/B7 - 71*B5/B6 + 246.3*B5/B7 + 16607111.4/B1 - 1201,3*ND57 \quad (6)$$

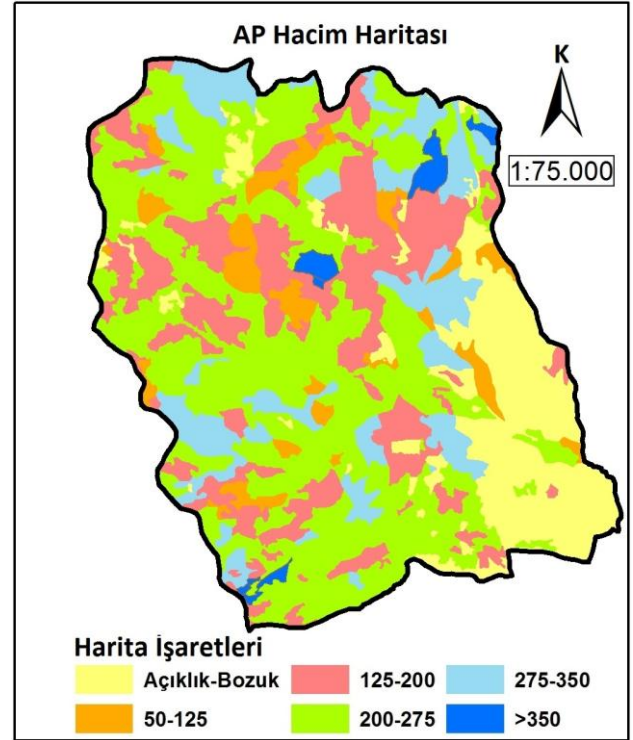
Landsat 8 uydu verileriyle geliştirilen yukarıdaki (6) modeli, 0.67 düzeltilmiş R² ve 6,7 m²/ha standart hataya sahip olup, hektardaki göğüs yüzeyini %67 oranında hektarda 6,7 m² hata ile açıklamaktadır.

Modeller irdelendiğinde, ağaç sayısının sadece Bant1 (yeşil) ve Bant4 (kızıltötesi) değerleri yardımıyla açıkladığı, buna karşın göğüs yüzeyi ve hacmin bir çok bant değerini içerdiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar daha önce yapılmış diğer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Örneğin, Landsat TM/ETM uyu görüntüsü kullanan Mohammadi (2007) hacim için geliştirdiği modelin R^2 'sini %43 ve hatasını $97.49 \text{ m}^3/\text{ha}$ bulurken, ağaç sayısının R^2 'sini %73.4 ve hatasını da 170 adet/ha olarak bulmuştur. Özkan (2003), SPOT-5 uyu verisi ile yansıma değerleri ile ağaç serveti arasında yaptığı analiz sonucunda 2.bant, 3.bant, 4.bant ve PCI indeksi belirtme katsayılarını 0.50 'den büyük (sırasıyla $R^2=0.50, 0.51, 0.55, 0.57$) elde etmiştir.

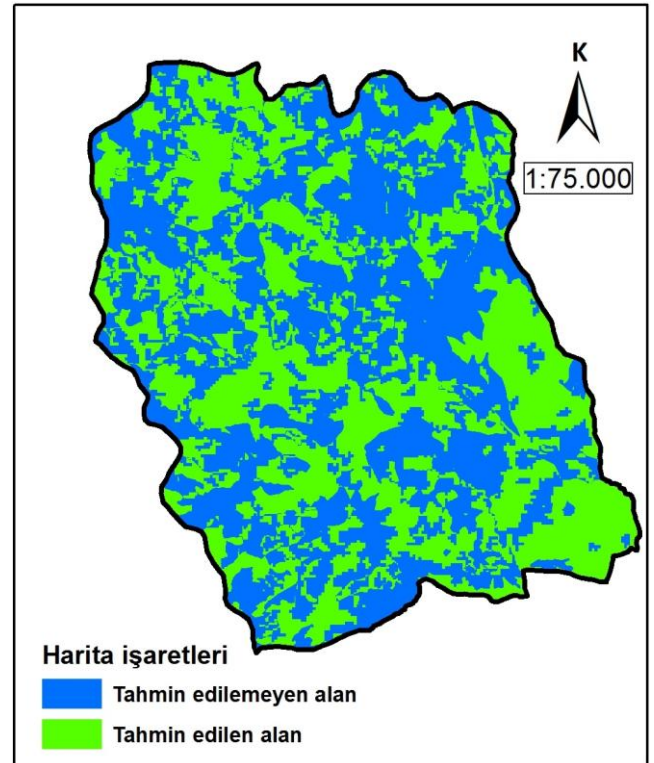
Çalışmanın çıktıları son dönemde yüksek çözünürlüklü uyu görüntülerini de içeren meşcere parametrelerinin tahminine yönelik yapılan çalışmalar ile ayrıca karşılaştırılmıştır. Günlü vd. (2013), Ayancık-Göldağ yöresine ait saf Kayın meşcerelerinde Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uyu görüntülerini kullandıkları çalışmada, Quickbird görüntüsünün Bant 1, Bant 2, Bant 3 ve Bant 4 bağımsız değişkenleri ile elde edilen regresyon denklemi ile meşcere hacmi arasında en iyi ilişki ($R^2=0.70, \text{RMSE}=28.5 \text{ m}^3/\text{ha}$) bulurken, Landsat 7 ETM+ uyu görüntüsünde ise ETM 2, ETM 3 ve ETM 4 bağımsız değişkenlerinde ($R^2=0.54, \text{RMSE}=53.1 \text{ m}^3/\text{ha}$) iyi ilişki olduğunu bulmuşlardır. Mısır (2013), Landsat 7 ETM + uyu görüntüsü verisi ve 25 adet vejetasyon indeksi kullanarak regresyon analizi yardımıyla meşcere hacmini tahmin etmiştir ($R^2=0.60$ ve $\text{Syx}=36.9$). Çil (2014) yaptığı çalışmada iki farklı alan ele alarak Göktürk-2, Rasat, Landsat 8, WorldView-2 ve dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğrafı verilerini kullanarak karşılaştırma yapmıştır. Kelkit araştırma alanı için elde edilen hacim ve göğüs yüzeyi düzeltilmiş belirtme katsayıları sırasıyla 0.50 ve 0.49 olup, İğdir araştırma alanı için ise 0.48 ve 0.43 olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen çalışma diğer çalışmalarla kıyaslandığında iyi derecede tahminler elde edildiği anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında ayrıca geliştirilen hacim modeli (5) yardımıyla oluşturulan hacim haritası, Tetik Orman İşletme Şefliği için düzenlenen güncel (2015) orman amenajman plan verileri yardımıyla elde edilen hacim haritası karşılaştırılmıştır. Orman amenajman planı kullanılarak üretilen hacim haritasının düzenlenmesinde orman amenajman planının 13 nolu tablosunda yer alan meşcerelerin hektardaki ortalama hacim değerleri kullanılmış olup, örnekleme alanı verilerinden hareket edilmemiştir. Aynı sınıf aralıkları dikkate alınarak oluşturulan harita Şekil 3'de verilmiştir.

Model yardımıyla elde edilen hacim haritası (Şekil 2) ile amenajman planı verilerinden hareketle elde edilen hacim haritası (Şekil 3) haritası karşılaştırıldığında, modelden elde edilen hacimlerin %48.5 oranında gerçek değerlerle örtüştüğü görülmüştür (Şekil 4). Geliştirilen modelin belirtme katsayısının 0.59 olduğunu ve buna yakın bir değer elde edildiğini burada tekrar hatırlamak gerekir.



Şekil 3. Orman amenajman planı (AP) hacim haritası



Şekil 4. Modelden elde edilen hacmin amnejaman plan hacmi ile karşılaştırılması

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen çalışmada Landsat8, Göktürk-2, Rasat ve dijital hava fotoğrafı verileri, vejetasyon indeksleri ve bant kombinasyonlarından yararlanılarak meşcere parametreleri (hertardaki ağaç sayısı, hacim, göğüs yüzeyi) tahmin edilmeye çalışılmıştır. Seçilen alan, Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü, Emet Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Tetik Planlama Birimi içerisinde olup yaklaşık 2300ha'lık alanı kapsamaktadır. Toplamda 160 adet örnekleme alan verisi kullanılmıştır. Yapılan korelasyon sonucunda meşcere parametreleriyle bant değerleri arasında en fazla ilişki gösteren bantların kızılötesi bantlar olduğu anlaşılmıştır. Dijital hava fotoğrafı ve 3 farklı uydu görüntüsü kullanılarak yapılan regresyon sonucunda ağaç sayısında en yüksek başarıyı Göktürk-2 uydusunun $R^2_{adj.}=0.54$ ile 1. ve 4. bantlar yardımıyla hektarda 191 adet hata ile açıkladığı görülmüştür. Hacim dikkate alındığında ise, Landsat 8 görüntüsü, B1, B3, B4, B5, B7 bantları ve oranları ile ND57 vejetasyon indeksini kullanılarak, $R^2_{adj.}=0.59$ ve hektarda 71.4 m^3 hata ile en yüksek tahmini elde etmiştir. Tüm uzaktan algılama platformları göğüs yüzeyi bakımında incelendiğinde ise, Landsat 8 ($R^2_{adj.}=0.67$, standart hata=6.7 m^2/ha) ve Göktürk-2'nin ($R^2_{adj.}=0.66$, standart hata=7.2 m^2/ha) yakın değerler verdiği görülmüştür.

Amenajman planı verilerinden üretilen hacim haritası ile modelden elde edilen hacimler karşılaştırıldığında %48.5 oranında gerçek değerlerle örtüştüğü görülmüştür.

Çalışmada kullanılan Landsat 8 harici uydular ve hava fotoğrafının spektral aralığı uzun ve az sayıda banta sahip oldukları için bu platformlar yeşile fazla duyarlı olmamaktadır. Spektral aralığın fazla olmasıyla yeşile duyarlı olan daha fazla bantla (özellikle kızılötesi) daha yüksek tahminler yapılabilir. Ayrıca uydu görüntülerinde atmosferik düzeltme ve görüntü zenginleştirme yapılmasıyla atmosferik olumsuzluklar giderilmiş olmakla birlikte daha güvenilir veriler elde edilmiş olur. Ayrıca Erdas Imagine, Geomatica, Envi gibi hazır programlar araştırmalarda fazlaca rastlanan belli başlı uydulara hizmet etmektedir. Örneğin Göktürk ve Rasat uydusu için yansımaya (reflectance) değerlerinin elde edilmesinde bu programlar yetersiz kalmaktadır. Bu gibi bazı olumsuzların giderilmesinden sonra ve piksel değerleri yerine yansımaya değerlerinin kullanılmasında Matlab yazılımı ya da benzeri yazılımlar kullanılmalıdır. Uyduların spektral çözünürlüklerinin yansımaya radyometrik çözünürlüklerinde yeryüzü hakkında bize daha detaylı bilgi sağlamaktadır. Örneğin Landsat 8 uydu görüntüsünün konumsal çözünürlüğünün diğer platformlardan daha az olmasına rağmen daha yüksek tahminler elde etmesinin nedeni radyometrik ve spektral çözünürlüğünün fazla olmasıdır. Bu nedenle Rasat, Göktürk-2 gibi uydularımızın spektral ve radyometrik çözünürlüklerinin iyileştirilmesi gerekir. Yıl içinde uzağa fırlatılması düşünülen Göktürk-1, üretim aşamasında olan Göktürk-3 ve ileride fırlatılması düşünülen Göktürk-4 uydularının tasarım aşamasında sadece askeri amaçlar göz önünde bulundurulmamalı, bunun yanında mutlaka spektral özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanarak uydularımızın disiplinler arası kullanımına imkan sağlanmalıdır.

TEŞEKKÜR

Göktürk-2 görüntülerinin temin edilmesinde "Hava Kuvvetleri Komutanlığı"na, sayısal kamera ile çekilen hava fotoğraflarının temininde "Harita Genel Komutanlığı"na, Rasat görüntülerinin temin edilmesinde Tübitak'a, orman amenajman plan verilerinin

temin edilmesinde Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı ve "YAY Mühendislik ve Ormanlık" şirketine teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Ateşoğlu, A. 2009. Farklı Uydu Görüntü Verileri İle Meşcere Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması (Bartın-Mu ada Örneği), Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.

Çam, A., Fırat O., Yılmaz A., 2009. Harita Genel Komutanlığında Ortofoto ve Sayısal Yüzey Modeli Üretimi Faaliyetleri, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara.

Çil, B. 2014. Bazı Meşcere Parametrelerinin Farklı Uydu Görüntüleri Yardımıyla Tahmin Edilmesi: Kelkit ve İğdir Planlama Birimi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Franco-Lopez, H., Ek A. R., Bauer M. E., 2001. Estimation and mapping of forest stand density, volume, and cover type using the k-nearest neighbors method, *Remote Sensing of Environment*, 77 (2001) 251–274.

Gjertsen, A.K., 2006. Accuracy of forest mapping based on Landsat TM data and a kNN-based method, *Remote Sensing of Environment*, 110 (2007) 420–430.

Günlü, A., Ercanlı, İ., Başkent, E. Z. Şenyurt, M., 2013. Quickbird ve Landsat 7 ETM+ Uydu Görüntüleri Kullanılarak Ayancık-Göldağ Kayın (*Fagus Orientalis* Lipsky) Meşcerelerinde Hacim Tahmini, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 14, 24-30.

Holmström, H., Nilsson, M., ve Ståhl, G., 2002. Forecasted reference sample plot data in estimations of stem volume using satellite spectral data and the kNN method. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 9, 1757-1774.

Kajisa, T., Murakami, T. Mizoue, N. Kitahara, F. ve Yoshida, S. 2008. Estimation of stand volumes using the k-nearest neighbors method in Kyushu, Japan. *The Japanese Forest Society and Springer*, 249-254.

Khorrani, K.R. 2004. Investigation of the Potential Of Landsat7 ETM+ Data in Volume Estimating Of Beech Forest Stand (Case Study: Sangdeh Area in North of Iran). M.Sc. Thesis, University Of Tehran, Faculty Of Natural Resources, 80.

Mäkelä, H. ve Pekkarinen, A. 2004. Estimation of Forest Stands Volume by Landsat TM Imagery and Stand-Level Field-Inventory Data, *Forest Ecology and Management*, 196, 245–255.

McRoberts, R. E., Nelson, M. D., and Wendt, D.G., 2002. Stratified estimation of forest area using satellite imagery, inventory data, and the k-Nearest Neighbors technique. *Remote Sensing of Environment*, 82, 457-468.

Mısır, M. 2013. Landsat 7 ETM Görüntüleri Kullanılarak Meşcere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi. Antalya: Ormanlıkta Sektörel Planlamanın 5 . Yılı Uluslararası Sempozyumu, Kasım, Antalya, Bildiriler Kitabı: 529-537.

Mohammadi, J. 2007 Investigation On Estimation Of Some Quantitative Characteristics Using Landsat ETM+ Satellite Data, M.Sc. Thesis, Gorgan University Of Agriculture Sciences and Natural Resources, 78 p.

Nasari, F. 2003. Classification of Forest Type And Estimation of Their Quantities Parameters in Arid And Semi- Arid Region Using Satellite Data (Case Study: National Park Of Khabr – Kerman Province), Ph.D. Thesis, University of Tehran, Faculty of Natural Resources, 202 s.

Özdemir, İ. ve Mert A., 2007. Düzlerçamı Kızılçam Ormanında Quickbird Uydu Verileri Kullanılarak Gövde Hacminin Tahmini, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 107-118.

Özkan, U. Y., 2003. Uydu Görüntüleri Yardımıyla Meşcere Parametrelerinin Kestirilmesi Ve Orman Amena manında Kullanılması Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Reese, H., Nilsson, M., Sandström, P., and Olsson, H.2002. Applications using estimates of forest parameters derived from satellite and forest inventory data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 37,1, 37-55.

URL-1, 2015. <http://www.nik.com.tr>. 26 Mart 2015.

URL-2, 2015. http://www.tubitak.gov.tr/tr/ar-ge-faaliyetlerimiz/urun-ve-projeler/icerik-rasat#urun_ve_projeler-block-1. 15 Mart 2015.

URL-3,<http://www.tubitak.gov.tr/tr/haber/gokturk-2-uydusu-yorungede-1-yilini-tamamladi>. 28 Şubat 2015.