

**FARKLI UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ İLE MEŞCERE PARAMETRELERİ
ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN ARAŞTIRILMASI (BARTIN-MUGADA ÖRNEĞİ)**

Ayhan ATEŞOĞLU

**Bartın Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalında
Doktora Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**BARTIN
Ocak 2009**

KABUL:

Ayhan ATEŞOĞLU tarafından hazırlanan “FARKLI UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ İLE MEŞCERE PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN ARAŞTIRILMASI (BARTIN-MUGADA ÖRNEĞİ)” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 30/01/2009

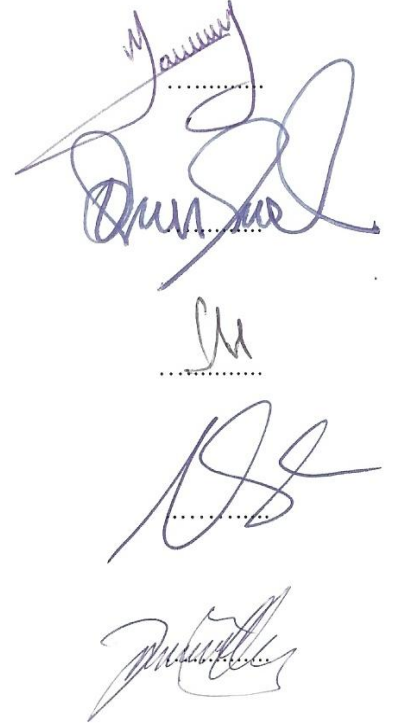
Başkan: Prof. Dr. Metin TUNAY (BÜ)

Üye : Prof. Dr. Şenol KUŐŐU (ZKÜ)

Üye : Prof. Dr. Nedim SARAŐOĐLU (BÜ)

Üye : Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU (İTÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Şinasi KAYA (İTÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. 26/02./2009


Doç. Dr. Ali Naci TANKUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”


Ayhan ATEŞOĞLU

ÖZET

Doktora Tezi

FARKLI UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ İLE MEŞCERE PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN ARAŞTIRILMASI (BARTIN-MUGADA ÖRNEĞİ)

Ayhan ATEŞOĞLU

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Metin TUNAY

Ocak 2009, 111 sayfa

Çalışma kapsamında, doğal Kayın ormanları içerisinde alınan deneme alanlarında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen çeşitli meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Ormancılık çalışmalarında hemen hemen tüm planlama ve karar verme işlemlerinde orman varlığının bilinmesine gerek duyulmaktadır. Bu bağlamda özellikle meşcere parametrelerinin istatistiksel karakteristiklerinin bilinmesi önemlidir. Bu bilgiler, orman kaynaklarına yönelik tüm çalışmaların daha hızlı ve doğru şekilde sürdürülebilmesi açısından oldukça yararlıdır.

Bu çalışmada, uzaktan algılama verileri ve meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler, üç farklı uydu görüntü verisi ve farklı vejetasyon indeksleri kullanılarak test edilmiştir. Bunun için Pearson korelasyon katsayısı, modeller geliştirmek amacıyla regresyon analizi yöntemi ve çoklu doğrusal regresyon modellerinden yararlanılmıştır.

ÖZET (devam ediyor)

Çalışma alanı olarak, orman varlığı bakımından doğal Kayın (*Fagus orientalis* L.) meşceresinin içerisinde ağırlıklı olarak yer aldığı Mugada ve yakın çevresindeki havza seçilmiştir. Landsat 7 ETM⁺ görüntü verisi kullanılarak, özellikle meşcere parametrelerinden göğüs yüzeyi, boy ve hacim bileşenlerinin Tasseled Cap algoritmasının yeşillik bileşeni (TK2), yaprak alan indeksi (LAI) başta olmak üzere Fotosentetik aktif radyasyon fraksiyonu indeksi (FPAR), Surface Albedo, SAVI ve Ana Bileşenler Dönüşümü (PCA1) ile güçlü ($0,70 \leq R < 0,80$) ve iyi ($0,60 \leq R < 0,70$) derecede ilişkiler gösterdiği belirlenmiştir. SPOT HR-VIR ve ASTER VNIR görüntü verilerinin meşcere parametreleri ile olan ilişkileri incelendiğinde ise, sadece kapalılık bileşeninin farklı derecede ilişkileri tespit edilmiştir. Meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkilerden yararlanılarak, meşcere parametrelerinin tahmini için kademeli regresyon analizi (Stepwise Selection) yöntemi kullanılmış, çoklu doğrusal regresyon modelleri kurulmuştur. Küçük örnekleme parselleri için geliştirilen modeller, çalışma alanının tümü için uygulanmıştır. Sonuç ürün olarak çalışma alanına ait, göğüs yüzeyi, boy, hacim ve kapalılığa ilişkin mekansal dağılım görüntüleri elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Uydu görüntüleri, Atmosferik düzeltme, Meşcere parametreleri

Bilim Kodu: 502.04.02

ABSTRACT

Ph.D Thesis

STUDYING THE RELATIONS BETWEEN DIFFERENT SATELLITE IMAGE DATA AND STAND PARAMETERS (BARTIN-MUGADA CASE STUDY)

Ayhan ATEŞOĞLU

**Bartın University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering**

Thesis Advisor: Prof. Metin TUNAY

Month Year, 111 pages

In this study, relationships between stand parameters as a result of the measurements made in natural beech experimental areas and remote sensing data were investigated.

Information regarding forest property is needed for almost all of the planning and decision making procedures in forestry applications. For this reason, it is important to know the statistical characteristics of stand parameters. This information is very useful in order to speed up forestry applications and for their proper sustainability.

Also in this study, the relationships between stand parameters and remote sensing data were tested by using three different satellite screen data and different vegetation indices. For this, Pearson correlation coefficient, regression analysis method for the development of a model and multi linear regression models were used.

ABSTRACT (continued)

As the study area, the watershed in Mugada and its vicinity where natural beech (*Fagus orientalis* L.) stands are predominantly available was chosen. Diameter at breast height, tree height and volume components correlate strongly ($0,70 \leq R < 0,80$) and medium ($0,60 \leq R < 0,70$) with Tasselled Cap Transform (greenness), Leaf Area Index, Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FPAR), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) and Principal Components Analysis (PCA1) formed using Landsat 7 ETM+ image data. When the relations between SPOT HR-VIR and ASTER VNIR image data and stand parameters were examined, it was determined that only canopy component had relations in different levels. To estimate the stand parameters by making use of the relations between stand parameters by making use of the relations between stand parameters and remote sensing data multiple linear regression models were formed using stepwise regression analysis method. The models developed for small sampling parcels were applied for the whole study area. As the resulting product, spatial distribution images were obtained concerning diameter at breast height, tree height, volume and canopy.

Key Words: Satellite images, Atmospheric correction, Stand parameters

Science Code: 502.04.02

TEŞEKKÜR

Akademik çalışmalarının tümünde ve doktora tez çalışmalarım sırasında destek ve yardımlarını esirgemeyen Bartın Orman Fakültesi öğretim üyesi, Sayın Hocam Prof. Dr. Metin TUNAY'a (BÜ) içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın başlangıç ve sonlandırılmasında desteklerini gördüğüm, Prof. Dr. Şenol KUŞÇU (ZKÜ), Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU (İTÜ), Prof. Dr. Nedim SARAÇOĞLU (BÜ), Yrd. Doç. Dr. Şinasi KAYA'ya (İTÜ) teşekkür ederim.

Çalışmamın başlangıç ve gelişme aşamalarında değerli bilgi ve birikimlerinden faydalandığım, Prof. Dr. Selman KARAYILMAZLAR (BÜ), Arş. Gör. Aydın KAHRİMAN (AÇÜ), Arş. Gör. Hüseyin TOPAN (ZKÜ), Uzman Murat ORUÇ (ZKÜ), Arş. Gör. Serkan KARAKIŞ (ZKÜ), Doç. Dr. Gürcan BÜYÜKSALİH (İBB-BİMTAŞ), TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Müdürü Dr. Uğur Murat LELOĞLU (TÜBİTAK), Araştırmacı Selime GÜROL (TÜBİTAK)'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları ve ölçümlerinin gerçekleştirilmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Kenan MELEMEZ (BÜ), tüm öğrenci arkadaşlarım ve orman mühendisi meslektaşlarıma, özellikle yazılım konusunda desteğini gördüğüm Sayın Feryal KURTULUŞ'a (İnformatik A.Ş.) şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında desteklerinin gördüğüm ve bu güne değin üzerimde emeği olan, başta ATEŞOĞLU ailesi, Sevgili eşim İlksen ATEŞOĞLU, tüm dostlarım ve hocalarıma sonsuz teşekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 ARAŞTIRMANIN AMAÇLARI VE ÖNEMİ	4
BÖLÜM 2 GENEL BİLGİLER	7
2.1 UZAKTAN ALGILAMA VE DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR	8
2.1.1 Dijital Görüntü ve Çözünürlük	9
2.1.2 Dijital Görüntü İşleme Teknikleri	11
2.2 MEŞCERENİN ÖLÇÜLEBİLİR ÖZELLİKLERİ	13
BÖLÜM 3 MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1 ÇALIŞMA ALANININ GENEL TANITIMI	15
3.1.1 Coğrafi Konum	15
3.1.2 İklim	16
3.1.3 Topografik durum	17

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.1.3 Bitki örtüsü.....	18
3.2 REFERANS VERİLERİ.....	19
3.2.1 Yardımcı verilerin seçimi.....	19
3.2.2 Sayısal yükseklik analizleri.....	20
3.2.3 Uzaktan algılama verileri.....	23
3.2.3.1 Landsat uydu sistemi.....	24
3.2.3.2 Spot uydu sistemi.....	24
3.2.3.3 Terra/Aster uydu sistemi.....	25
3.2.4 Yersel Ölçüm Arazi Envanter Karneleri.....	26
3.3 YÖNTEM.....	27
3.3.1 Arazi Bilgilerinin Toplanması ve Değerlendirilmesi.....	29
3.3.2 Deneme Alanlarına Ait İstatistiklerin Hesabı ve Meşcereye Ait Parametrelerinin Kestirilmesi.....	31
3.3.3 Dijital görüntü işleme.....	34
3.3.3.1 Geometrik düzeltme.....	35
3.3.3.2 Atmosferik düzeltme.....	37
3.3.3.3 Vejetasyon indeksleri.....	45
3.3.4 İstatistik Analizler.....	48
BÖLÜM 4 UYGULAMA.....	51
4.1 ATMOSFERİK DÜZELTMENİN ETKİLERİ.....	51
4.1.1 Landsat 7 ETM+ Görüntü Verisinin Atmosferik Düzeltilmesi.....	52
4.1.2 SPOT HR-VIR Görüntü Verisinin Atmosferik Düzeltilmesi.....	56
4.1.3 ASTER (VNIR) Görüntü Verisinin Atmosferik Düzeltilmesi.....	58
4.2 MEŞCERE PARAMETRELERİ VE UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER.....	61
4.2.1 Meşcere Parametrelerinin Landsat 7 ETM+ Yansıma Değerleri ve Vejetasyon İndeksleri Arasındaki İlişkiler.....	62
4.2.2 Meşcere Parametrelerinin Spot XS, Aster VNIR Yansıma Değerleri ve Vejetasyon İndeksleri Arasındaki İlişkiler.....	65
4.3 MEŞCERE PARAMETRELERİNİN MODELLENMESİ.....	66
4.4 MEŞCERE PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ.....	71

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	77
KAYNAKLAR.....	85
EK AÇIKLAMALAR A.....	95
EK AÇIKLAMALAR B.....	101
ÖZGEÇMİŞ	111

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Çalışma alanının coğrafi konumu ve ETM 7-4-1 görüntüsü.....	16
3.2 Çalışma alanının topografik yapısı.....	21
3.3 Çalışma alanı sayısal arazi modeli	21
3.4 Çalışma alanı eğim grupları haritası.....	22
3.5 Çalışma alanı bakı grupları haritası.....	22
3.6 Çalışma alanı yükseklik sınıfları haritası	23
3.7 İş akış şeması.....	28
3.8 Çalışma alanı içerisindeki deneme alanlarının konumları	29
3.9 Spherical Densimeter	33
3.10 Geometrik koordinat sisteminin yer koordinat sistemine dönüştürülmesi.....	36
3.11 (A) En yakın komşuluk (B) Bilineer enterpolasyon (C) Kübik eğri (Lillesand et. al. 2004).....	37
3.12 Eğimli araziler için ışınım bileşenleri	40
3.13 Güneş-uydu geometrisi (Anonim 2005).....	42
3.14 Görünürlüğün bir fonksiyonu şeklinde optik derinlik (Richter et. al. 2006).....	43
3.15 Kalibrasyon dosyası örneği	44
4.1 Sayısal arazi modeli	52
4.2 Landsat 7 ETM+ uydu görüntü verisi (A); Düşük kontrast görünürlük değeri ($VIS < 10$) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (B), normal kontrast görünürlük değeri ($VIS = 15$) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (C), Yüksek kontrast görünürlük değeri ($VIS = 25$) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (D).....	53
4.3 Atmosferik düzeltmesinden öncesi ve sonraki topografyadan kaynakları spektral yansıtımların değişimi (7,4,1)	53
4.4 Çalışma alanın ilişkin Landsat 7 ETM+ görüntü verisinin her bir bandı için atmosferik düzeltme öncesi (A) ve düzeltme sonrası (B) spektral yansıtım değerleri.	54
4.5 Çalışma alanın ilişkin Landsat 7 ETM+ Pan görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi (A) ve düzeltme sonrası (B) spektral yansıtım değerleri	56
4.6 Çalışma alanın ilişkin Spot HR-VIR görüntü verisinin her bir bandı için atmosferik düzeltme öncesi (A) ve düzeltme sonrası (B) spektral yansıtım değerleri.....	58

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.7 Aster VNIR uydu görüntü verisi (A); Düşük kontrast görünürlük değeri (VİS<10) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (B), Normal kontrast görünürlük değeri (VİS=15) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (C), Yüksek kontrast görünürlük değeri (VİS=25) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (D).....	59
4.8 Çalışma alanının ilişkin Aster VNIR görüntü verisinin her bir bandı için atmosferik düzeltme öncesi (A) ve düzeltme sonrası (B) spektral yansıtım değerleri	60
4.9 Çalışma alanında göğüs yüzeyinin (m^2/ha) dağılımı (Landsat 7 ETM+).....	73
4.10 Çalışma alanında ağaç serveti (m^3/ha) dağılımı (Landsat 7 ETM+).....	74
4.11 Çalışma alanında meşcere orta boyu (m) dağılımı (Landsat 7 ETM+).....	74
4.12 Çalışma alanında Kapalılık (%) dağılımı (Aster VNIR)	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Çalışma alanı yükseklik sınıfları	17
3.2 Çalışma alanı eğim grupları	18
3.3 Çalışma alanı bakı grupları	18
3.4 Landsat uydularının özellikleri (İŞLEM 2001)	25
3.5 Spot 4 uydusunun özellikleri (İŞLEM 2001)	26
3.6 Terra/Aster uydusunun özellikleri (İŞLEM 2001)	26
3.7 Çalışmada ölçülen arazi envanter karnelerine ait bilgiler	30
3.8 Kullanılan yer kontrol noktalarının sayısı ve küresel ortalama hataları.....	37
3.9 Negatif yansıtım pikselleri için görünürlük tekrarları	43
3.10 Çalışmada kullanılan vejetasyon indeksleri	45
4.1 Landsat görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi ve sonrası spektral band değerleri arasındaki korelasyon katsayıları	55
4.2 Spot HR-VIR görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi ve sonrası spektral band değerleri arasındaki korelasyon katsayıları	57
4.3 Aster VNIR görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi ve sonrası spektral band değerleri arasındaki korelasyon katsayıları	61
4.4 Meşcere parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları	61
4.5 Çalışma alanındaki ETM yansıma değerleri ve vejetasyon indekslerinin meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler	62
4.6 Çalışma alanındaki Landsat 7 ETM+ ve vejetasyon indeksleri arasındaki ilişkilerin gruplandırılması	64
4.7 Çalışma alanındaki Spot HR-VIR yansıma değerleri ve vejetasyon indekslerinin meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler	65
4.8 Çalışma alanındaki Aster VNIR yansıma değerleri ve vejetasyon indekslerinin meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler	65
4.9 Model özeti ('Çap' bağımlı değişkeni için)	67
4.10 Model özeti ('GYUZ' bağımlı değişkeni için)	68
4.11 Model özeti ('BOY' bağımlı değişkeni için)	68
4.12 Model özeti ('ASAY' bağımlı değişkeni için).....	69
4.13 Model özeti ('Hacim' bağımlı değişkeni için).....	69

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.14 Model özeti ('ASAY' bağımlı değişkeni için).....	70
4.15 Model özeti ('Kapalılık' bağımlı değişkeni için(Spot/HR-VIR)).....	70
4.16 Model özeti ('Kapalılık' bağımlı değişkeni için(Aster/VNIR))	70
4.17 Regresyon modelleri	72
A.1 Atmosferik düzeltme parametreleri (LANDSAT 7 ETM+).....	97
A.2 Atmosferik düzeltme parametreleri (SPOT HR-VIR).....	98
A.3 Atmosferik düzeltme parametreleri (ASTER VNIR).....	99
B.1 Korelasyon matrisleri ve çoklu doğrusal regresyon analiz sonuçları.....	103

EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
A. Atmosferik düzeltme parametreleri	93
B. Korelasyon matrisleri ve çoklu doğrusal regresyon analiz sonuçları	99

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

ASP	: American fotogrametri birliği
ATCOR	: Atmospheric correction
CBS	: Coğrafi bilgi sistemleri
DN	: Digital number
ED-50	: European datum-1950
ETM+	: Enhanced thematic mapper plus
FPAR	: Fraction of photosynthetically active radiation
GPS	: Kresel konumlama sistemi
HGK	: Harita genel komutanlığı
HR-VIR	: High resolution visible infrared
IFOV	: Instantaneous field of view
LAI	: Yaprak alan indeksi
NDVI	: Normalized difference vegetation index
PCI	: Ana bileşenler dönüşümü (principal components analysis)
RMS	: Karesel ortalama hata
SAM	: Sayısal arazi modeli
SAVI	: Soil adjusted vegetation index
SYM	: Sayısal yükseklik modeli
TIN	: Triangulated irregular network
TST	: Tasselled Cap Transformation
UTM	: Universal transforms mercator

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Doğal kaynaklar üzerindeki yanlış alan kullanımlarının yarattığı çevresel baskılar, Türkiye’de olduğu gibi diğer gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin de gündemindeki önemli sorunlardır. Bu sorunların ortaya çıkmasındaki en önemli neden, koruma-kullanım dengesinin ve çevresel değerlerin yeteri kadar dikkate alınmamasıdır. Bu bağlamda doğal ve kültürel kaynakların öncelikle mevcut potansiyelini saptamak önem taşımaktadır. Mevcut potansiyeli saptamak için alanın doğal değerlerinin ortaya konulması gerekmektedir. Böylece alanlardan yararlanma olgusu, toplumun talepleri ve sürdürülebilir yaklaşımlarla değerlendirilebilecektir. Özellikle orman varlığına ait rakamsal gerçeklerin bilinmesinde ve sürdürülebilirliğinin temininde önemli yararlar olacaktır.

İnsan yaşamının doğal bir parçası olan ormanların, ülkenin ekonomik gelişmişliği, su ve toprak koruması gibi konular üzerinde önemli bir yeri vardır. Nüfus artışına paralel olarak orman alanlarının yanlış amaçlı kullanımları, bu doğal kaynak alanlarında nitelik ve nicelik kaybına neden olmaktadır. Günümüzde yaklaşık yarısı verimli durumda olan 20.7 milyon hektarlık orman ekosisteminin, %1.8’i biyolojik çeşitlilik olmak üzere toplam %17.5’i korunan alan olarak değerlendirilmektedir (Konukçu 2001, İnan 2004). Orman alanlarının daha iyi planlanması ve yönetimi için, bu alanlardaki nitelik ve niceliğin kesin tespiti gelecekteki çalışmalara, özellikle sürdürülebilirlik kavramına ışık tutacaktır.

Bilim ve teknolojiye hızlı değişimler, sanayi toplumundan bilgi toplumuna dönüşüm sürecini hızlandırmıştır. Bu süreçte, üretimi ve maliyeti etkileyen en önemli faktör bilgidir. Bilgi, toplumlararası rekabetin anahtarı olmuştur. Rekabette üstünlük, artık bilimsel ve teknolojik gelişim ve değişimlere uyum sağlayabilen bilgi ve beceri düzeyine bağlı olacaktır. Bilgi toplumuna dönüşüm sürecini de, toplumlararası rekabetin dayandığı bilimsel ve teknolojik düzey belirleyici olacaktır (Önder 2002). Ekonomik gelişmeye bağlı olarak tüketimin artması sonucunda doğal kaynaklar hızla azalmaktadır. Bunun sonucu olarak doğal kaynak varlıklarının saptanmasında ve kullanımı ile ilgili dengelerin sağlanmasında yeni

teknolojilerden yararlanma giderek yaygınlaşmaktadır. (DIE 1999). Bu çerçevede, orman varlıkları ile ilgili kaynakların mevcut varlıklarının ve potansiyellerinin belirlenmesi, zamansal değişimlerinin izlenmesi, güncelleştirilmesi amacıyla yapılacak çalışmalarda, amaca uygun uzaktan algılama verilerinin kullanılması doğru, hızlı ve düşük maliyetli veri/bilgi elde edilmesini sağlayacaktır (Kachhwala 1985).

Farklı çözünürlüklere sahip uydu görüntü verilerinin ormanlık alanlar ile ilgili bilgi içeriğinde atmosfer ve topografya kaynaklı hataların farklı uydu görüntü verilerinde ne derece etkin rol oynadığına ilişkin çalışmalar günümüze değin yürütülmüştür. Orman varlığının yapısal özelliklerini saptamaya yönelik, özellikle çalışma konusu için de altlık oluşturacak şekilde uzaktan algılama verileri kullanılarak çok sayıda çalışma yürütülmüştür.

Uzaktan algılama çalışmalarının ilk dönemlerinde hava fotoğraflarının yoğun olarak kullanıldığı görülmektedir. Uçak platformlarından alınan hava fotoğraflarının yorumlanması 1940'lı yılların sonlarında ormancılık uygulamalarında yoğun olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Daha sonraları meşcereye yönelik uzaktan algılama çalışmaları hız kazanmıştır. Özellikle vejetasyon gelişiminin takibine yönelik hava fotoğraflarının kullanıldığı çalışmalarda orman varlığının saptanmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır (Akça 1981).

Multispektral uydu görüntü verilerinin kullanıldığı, ormancılık uygulamalarını konu alan çalışmalar incelendiğinde küresel ve orta ölçekli analizlerin yapıldığı çalışmalar yer almaktadır. NOAA uydu görüntülerinin kullanıldığı bu çalışmalarda küresel ölçekte ormansızlaşma alanlarının tespitine ve orman envanterinin ortaya çıkarılmasına yönelik çalışmaların yapıldığı görülmektedir. (Tucker et al. 1984).

Özellikle alan kullanımı haritalamasının ve değişim belirlemelerinin yer aldığı çalışmalarda uydu teknolojilerinin gelişimine paralel olarak daha sağlıklı sınıflandırma sonuçlarını yansıtan tematik harita üretimleri gerçekleştirilmiştir (Kushwaha 1990, Wulder 1998, Vasconcelos et al. 2002, Yuliang et al. 2004, Desclee et al. 2006). Farklı zenginleştirme tekniklerinin yaygınlaşması ile özellikle orta çözünürlüklü uydu görüntü verileri kullanılarak yapılan araştırmalarda, bu tekniklerin kullanımına ilişkin çalışmalar yer almaktadır (Collins and Woodcock 1996). Topografyadan kaynaklı farklı aydınlanma şartları oluşan olumsuzlukları gidermek amacıyla özellikle Landsat verisi üzerinde yapılan çalışmaların sıklığı, oldukça

yaygın olarak kullanılan bu uydu görüntü verisinin, yapılan araştırmanın doğruluğuna ilişkin önemli sonuçlar içermektedir. (Blamont and Mering 1987, Gu and Gillespie 1998).

Ormancılık uygulamalarına konu alan uzaktan algılama çalışmaları genellikle ormansızlaşma, orman tahribi ve değişim belirleme (Rijina et al. 1999, Boyd et al. 2002, Ateşoğlu 2003, Van Laake and Sanchez-Azofeifa 2004, Tunay vd. 2008, Tunay ve Ateşoğlu 2008), meşcere kapalılığı tahmini (Blodgett et al. 2000, Xu et al. 2003, Heiskanen 2006, Joshi et al. 2006, Tunay ve Ateşoğlu 2006), toprak özellikleri belirleme (Ryan et al. 2000, Moran et al. 2000), karbon emisyonu ve karbon stoku belirleme (Veraustraete 1994, Haripriya 2000, Coomes et al. 2002, Treves 2004) konularında yoğunlaşmaktadır.

Uydu görüntü verileri yardımı ile meşcereye ait özellikler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde, yapılan görüntü işleme yöntemlerinin doğruluğu oldukça önem taşımaktadır. Farklı zenginleştirme yöntemleri ve bitki indeksleri kullanılarak, orman alanlarına ilişkin bilgi içeriklerinin daha fazla olması sağlanmaktadır. Yöntem olarak, uydu görüntü verileri ile yersel çalışmalar arasındaki istatistiki ilişkilerden yararlanılarak kurulan modeller neticesinde istenilen sonuçlara ulaşılması hedeflenmektedir. Farklı uydu görüntülerinin de yer aldığı çalışmalarda, her bir uydu görüntü verisi için elde edilen indeks görüntülerinin sonuçları ayrı ayrı değerlendirilmektedir. (Lu et al. 2004, Wang et al. 2005, Freitas et al. 2005, Ma et al. 2006, Hall 2006).

Bilgisayar ve yazılım teknolojisindeki gelişmeler, uydu algılayıcılarındaki gelişmeler ve farklı ticari uydu görüntülerinin kullanımının yaygınlaşması ile özellikle orman envanteri konusunda yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Uydu görüntü verilerinin mekansal çözünürlüklerinin artmasıyla daha doğru ve etkin bilgi içeriğine sahip uydu görüntüleri, özellikle biomas haritalama ve meşcere biofiziksel parametrelerinin belirlenmesi çalışmalarında, yoğun olarak tercih edilmişlerdir. Yersel ölçümlerle elde edilen meşcereye ait özelliklerin, farklı uydu görüntüleri ve farklı düzeltmeler kullanılarak, istatistiksel ilişkilendirilmelerle elde edilen sonuçlar, özellikle meşcere parametrelerinin uzaktan algılama teknikleri ile hesaplanması yolunu açmıştır (Jaakkola 1989, Brown et al. 1999, Fazakas et al. 1999, Reese et al. 2002, Makale and Pekkarinen 2004, Okuda et al. 2004, Lu et al. 2004, Muukkonen and Heiskanen 2005, Luther et al. 2006, Mcroberts and Tomppo 2007, Leboeuf et al. 2007, Muukkonen and Heiskanen 2007).

Bu çalışma kapsamında 21.08.2000 tarihli LANDSAT 7 ETM, 27.07.2005 tarihli SPOT HR-VIR, 22.10.2005 tarihli ASTER VNIR, uydu görüntülerine geometrik düzeltme işlemi uygulanarak UTM projeksiyon sistemine dönüştürülmüştür. Çalışmada, uzaktan algılama verilerinin kullanıldığı tüm alanlarda, görüntü verisi üzerinde atmosferden kaynaklanan olumsuz etkileri, eğim ve bakının sebep olduğu topografyanın olumsuz etkilerini de bir noktaya kadar gideren atmosferik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Her bir uydu görüntü verisi için sonuçlar karşılaştırılmalı olarak ele alınmıştır.

Çalışma alanı olarak Bartın ili sınırları içerisindeki orman varlığı bakımından doğal Kayın (*Fagus orientalis* L.) meşceresinin içerisinde ağırlıklı yer aldığı Mugada ve yakın çevresindeki havza seçilmiştir. Çalışmada deneme alanları için oluşturulan arazi envanter verileri yardımı ile elde edilen çeşitli meşcere parametrelerinin, uzaktan algılama verileri ile arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Doğal Kayın (*Fagus orientalis* L.) ormanlarının yaygın olduğu Batı Karadeniz Bölgesi kapsamında, bu çalışma ile meşcere parametrelerinin tahminine yönelik atmosferik düzeltme işlemi uygulanmış farklı uzaktan algılama verilerinin etkinliğinin saptanması yönünde, bölgesel olarak önemli sonuçlara ulaşılması amaçlanmıştır.

1.1 ARAŞTIRMANIN AMAÇLARI VE ÖNEMİ

Arazi envanter bilgileri yardımı ile elde edilen meşcere parametreleri ile farklı uydu görüntü verileri arasındaki ilişkileri ortaya koymak ve her bir uydu görüntü verisi için, sonuçlarının değerlendirildiği bu çalışma ile aşağıdaki amaçlara ulaşılması planlanmıştır.

- Çalışma alanının çok engebeli topografyasından ve görüntülerin alım anındaki atmosfer koşullarından kaynaklanan hatalarının giderilmesinde uygulanacak atmosferik düzeltme işleminin, farklı geometrik ve radyometrik çözünürlüğe sahip uydu görüntü verilerinin performansı araştırma ve değerlendirilmelerinin yapılması,
- Çalışma alanı içerisindeki arazi envanter verileri yardımı ile elde edilen çeşitli meşcere parametreleri ile uydu görüntü verileri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi,
- Çalışma alanı için uygun olan uydu görüntü verisinin sonuçlarına ilişkin spektral tabanlı modellerin oluşturulması; uzaktan algılama verileri yardımıyla uygun görüntü verisi seçiminin yapılması ve meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi,

- Ulaşılan istatistiki sonuçlara göre uygun uydu görüntü verisi seçimleri ve uygulanacak olan atmosferik düzeltme işlemine ilişkin prosedürlerin etkinliği konularında yapılacak çalışmalara yardımcı olmak.

Özellikle uzaktan algılama tekniği kullanılarak yapılan çevresel çalışmalarda, görüntü verilerinin ormanlık alanlara ilişkin yerlerdeki sıkıntıları göz önüne alındığında, salt orman alanlarına yönelik çalışmaların zorluğu dikkat çekmektedir (Büyüksalih 2006). Türkiye ormanlarının büyük bir bölümünde arazinin engebeli topografik yapısı göz önüne alınırsa, bu tür alanlarda uzaktan algılama verileri yardımıyla yapılacak çalışmalarda, uydu görüntü verisi seçimi ve yapılacak düzeltme işlemleri oldukça önem taşımaktadır. Orman varlığına yönelik nicelik yönünden yapılan çalışmalarda ise farklı uydu görüntü verileri ile meşcere yapısı arasındaki ilişkiler yeterince açık değildir. Özellikle ülkemizde, bölgesel bazda farklılık gösteren orman varlığına ilişkin meşcere parametrelerinin tahmini konusunda yeteri kadar çalışma bulunmamaktadır (İnan 2004).

Bu araştırmada kullanılan yöntem ve elde edilen sonuçlar itibariyle orman varlığına ait nicelik bilgilerin elde edilmesi yönünde önemli katkılar sağlayacaktır. Oluşturulan modeller yardımı ile orman varlığına ilişkin bilgilerin elde edilmesine yönelik, orman yönetimi planlama ve karar verme aşamaları içinde bilimsel bir kaynak olarak kullanılabilir. Farklı uydu görüntü verileri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi üzerine yapılan bu çalışmada, meşcere özelliklerinin analizine yönelik farklı uydu görüntü verilerinin etkinliğinde, vejetasyon indekslerinin seçilmesinde yararlar sağlamaktadır. Ayrıca oluşturulan spektral tabanlı modeller gelecekte yapılacak benzer araştırmalar, sınıflandırma doğrulukları gibi çalışmaların geliştirilmesinde önemli bir adım olacaktır.

Meşcere parametrelerinin uzaktan algılama verileri yardımlarıyla tahmin edilmesine yönelik bu çalışmada, bilinen bir yöntem olan atmosferik düzeltme işlemi uygulanarak farklı bir alana ilişkin sonuçları irdelenmiştir. Bu bağlamda uydu görüntü verileri kullanılarak spektral tabanlı modeller oluşturabilmekte ve daha geniş ormanlık alanlar için her bir meşcere parametresine ilişkin dağılımlar belirlenebilmektedir. Bu sayede orman envanterine verilerinin belirlenmesinde çok zor şartlarda yapılan arazi çalışmalarına yönelik ekonomik ve zamansal açısından çok önemli katkıları olmaktadır. Araştırmaya konu olan uydu görüntü verileri, zenginleştirme işlemleri ve orman varlığına yönelik analizler ve sonuçlar, orman alanlarına ilişkin yürütülecek çalışmalar için altlık oluşturması da amaçlanmıştır. Özellikle

topografyadan ve görüntü alım anındaki atmosferik şartlara bağlı olarak görüntüleme farklı düzeltme ve analiz algoritmalarının uygulanmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

Sürdürülebilir ormancılık anlayışının kriterlerini sağlamada ve sürdürülebilir orman yönetiminin temininde, uzaktan algılama disiplininin yararlanmanın geçmişte ve günümüzde önemli bir yeri vardır. Meşcereye ait ekolojik ve biyofiziksel prensiplerin temelindeki gerçekleri ortaya çıkarmak ve modelleyebilmek için uzaktan algılama verilerinin önemi tartışılmaz (Berry and Ripple 1996). Özellikle mevcut dünya orman varlıklarının yönetiminde uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve bilgisayar simülasyon modellerinden yararlanmaların önemli katkılar sağladığı bilinmektedir. Sürdürülebilir ormancılık anlayışı içindeki teknolojik katılımlar, zaman ve deneyimsel bakımdan önemli kazanımlar sağlayacaktır.

Uzaktan algılama tekniklerinden yararlanmadan gerçekleştirilen ormancılık uygulamaları hala mevcuttur. Ormancılık planlaması ve çalışmalarının tüm aşamalarında farklı teknolojilerden ve yöntemlerden günümüze değin yararlanılmıştır. Ormancılık yönetimi bazında günümüze değin yapılan çalışmalara uzaktan algılama verilerinin dahil edilerek, planlamaların bu şekilde yapılması sağlanmalıdır. Bölgesel veya ülkesel bazlı orman kaynaklarının sürdürülebilir gelişiminin temini, bu kaynakların tamamen toplumsal bazlı olmasındandır. Uzaktan algılama kullanılarak yapılan haritalama, gözlem, modelleme ve doğrudan alan ölçümleri, bölgesel bazda etkin bir ormancılık planlanması ve yönetimi gereksinimidir (Franklin 2001). Bu bağlamdaki envanter çalışmalarının ardında uzaktan algılama verilerinin kullanıldığı yoğun araştırma ve çalışmalar vardır. Bu gelişmelere paralel olarak, uzaktan algılama verilerinin yorumlanmasındaki ve bilgi içeriğinin artırılması yönünde bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerinin de kullanılması daha doğru bilgelerin üretilmesinde önemli rol oynayacaktır. Yeni uydu ve hava algılayıcılarının üretilmesi, uydu görüntü verilerinden bilgi çıkarımını arttırıcı yeni algoritmalar geliştiren yeni yazılım teknolojileri artarak devam etmektedir. Bu tür gelişmeler, ormancılık çalışmaları bazında uzaktan algılama disiplininin anlaşılması ve kavranmasının önünü açacaktır (Forman 1995). Görsel peyzajın tüm detayların anlayabilmek ve kavrayabilmek adına çok daha detaylı ve anlaşılabilir uzaktan algılama verilerine ihtiyaç

duyulmaktadır (Urban 1993, Franklin 2001). Söz konusu ormancılık yönetimi ve biyoçeşitlilik olduğu zaman, ihtiyaç duyulan uzaktan algılama verilerinin özellikleri son derece önemlidir. Günümüze değin uzaktan algılama verilerinden yararlanılarak çok yönlü ormancılık çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ormanların genel durumu ve takibi, verimlilik, sağlık ve değişiminin takibi gibi birkaç ana başlıkta toplanabilecek bu çalışmalar, orman yönetimi bazında temel fikirler oluşturarak, yapılacak planlar için temel teşkil etmişlerdir. Özellikle orman envanteri bazında orman varlığının yapısal özelliklerine bağlı uzaktan algılama çalışmaları zaman ve ekonomik yönden oldukça fazla yarar sağlayacaktır. Buradaki en önemli sonuç, orman yönetimi için gerekli bilgi çıkarımları için teknoloji kullanımının yaygınlaşması ve özellikle uzaktan algılama temelli gerçekleşmesidir (Hunter 1997, Franklin 2001).

Araştırmaya konu olan farklı uydu görüntü verileri, düzeltme prosedürleri ve orman varlığına yönelik analizler ve sonuçlarının, orman alanlarına yönelik yürütülecek çalışmalar için altlık olması amaçlanmıştır. Bu bağlamda yürütülmesi düşünülen çalışmalarda yapılacak planlamalar için bilimsel bir temel olarak kullanılabilir. Çalışmanın bu bölümünde, dijital görüntü işleme ve meşcere kavramı ve ölçümü konularına ilişkin genel bilgiler verilmiştir.

2.1 UZAKTAN ALGILAMA VE DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Uzaktan algılama, cisimden belirli uzaklıktan, yani onunla gerçekten temas etmeksizin yapılan ölçmeler yardımı ile o cisim hakkında bilgi elde etme bilimidir (Maktav ve Sunar 1991). Amerikan Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ASP) tarafından yayınlanmış olan uzaktan algılama ve fotogrametri sözlüğünde ise görüntü “Bir nesnenin, mercek veya ayna ile netleştirildiğinde, ışığın yansıma veya kırılması sonucu oluşturulmuş karşılığı. Optik, elektro-optik, optik-mekanik veya elektronik sistemlerle oluşturulan bir nesnenin kayıt edilmiş gösterimi. Genellikle yayılan veya yansıyan elektro manyetik enerjinin film üzerine doğrudan kayıt edilmeyen biçimi için kullanılır” şeklinde tanımlanmaktadır ve açıklanmaktadır. Bu tanımlar çerçevesinde uydu görüntüleri, yeryüzünün fotoğrafik veya dijital gösterimleridir (Önder 2002).

2.1.1 Dijital Görüntü ve Çözünürlük

Dijital görüntü, değişik dalga boyundaki ışınım vektörlerinin sayısal ifadesidir. En küçük görüntü elemanına “piksel” denir. Bir dijital resmin gösteriminde pikseller tarama doğrusu sayısı (y doğrultusu) ve her bir doğrultudaki piksel sayısı (x doğrultusu) diye konumlandırılır. Matematiksel veya bilgisayar teknikleri açısından, sayısal ya da sayısallaştırılmış görüntü, iki boyutlu bir vektör dizisidir. Diğer bir deyişle, her elemanı vektör olan bir matristir. Görüntünün iki bağımsız değişkenini, geometrik boyutları x ve y oluşturur. Bunlara coğrafi boyutlar da denebilir. Piksel adı verilen bu matris elemanlarının değerleri, her x ve y noktasındaki fiziksel değişkenlerin değerlerini (parlaklık değerleri) gösterir. Her bir görüntüde her matris elemanı, karşı düştüğü coğrafi noktanın veya alanın elektromanyetik spektrumdaki yansıma veya yayılım değerlerinden oluşan bir vektördür (Oruç 2002).

Uzaktan algılamada çözünürlük; Geniş bir terim olan çözünürlük, görüntü aracında görüntülenen piksel sayısı veya görüntü dosyasındaki pikselin temsil ettiği yeryüzü alanı olarak tanımlanabilir (Erdas Guide 2001). Görünen ve kızılötesi bantlarda çalışan görüntüleyici uzaktan algılama sistemlerinin başlıca özellikleri; mekansal, spektral, radyometrik ve zamansal ayırma gücü terimleri ile açıklanır.

Mekansal çözünürlük, En basit şekli ile “bir görüntüleme sistemi tarafından ayrık olarak kaydedilebilen iki nesne arasındaki en küçük uzaklık” olarak tanımlanır. Kullanıcı amacına bağlı olarak değişik yöntemlerle ölçülebilen bu kavramın tanımlanmasında çeşitli ölçütler kullanılmaktadır. Bu ölçütlerden biri, görüntüleme sisteminin geometrik niteliği olup, bunu esas alan ve en genel şekliyle uygulanan ölçüm, algılayıcının “Anlık Görüş Alanı (IFOV=Instantaneous Field of View)” dır. Kuramsal olarak Anlık Görüş Alanı; zaman içerisinde herhangi bir anda, bilinen bir yükseklikten, algılayıcı ile gözlenen yeryüzüne karşılık gelen alan olarak tanımlanır (Önder 2002). Platform ile görüntülenen hedef arasındaki uzaklık, algılayıcı tarafından görüntülenen toplam alan ve elde edilen bilgilerin ayrıntılarını belirlemede önemli bir rol oynar. Örneğin, Landsat 1-3 için nominal yörünge yüksekliği 913 km olmakla birlikte bu değer, 880-940 km arasında değişmektedir. Bu nedenle Landsat MSS için genel olarak 79 m olarak belirlenen konumsal ayırma gücü, ekvatora yakın enlemlerde daha küçük (76 m), kutba yakın enlemlerde ise daha büyük (81 m) değere ulaşmaktadır (Önder 2002).

Radyometrik çözünürlük, Parlaklık ya da yayın şiddeti olarak ölçülen değerlerin bilgisayar ortamında saklanabilmesi için belirli sayıda ayrık değerler biçiminde ifade edilmesi, yani sayısallaştırılması gerekir. Radyometrik ayırma gücü ya da radyometrik çözünürlük; algılayıcı tarafından toplanan verilerin, seçilebilen ayrık parlaklık değeri sayısı ve düzeyinin belirlenmesini tanımlar. Diğer bir deyişle, sinyalin bölünebildiği ayrık düzey sayısının saptanmasıdır. Radyometrik ayırma gücü, bilgisayar ortamında ve ikili sayı sistemi veya bit cinsinden tanımlanmaktadır. Genellikle 8 bitten oluşan ve bir bayt adı verilen radyometrik ayırma gücü gösterimi, 0 ile 255 arasında değişen $2^8=256$ farklı parlaklık düzeyinin dijital ortamda yer almasını sağlamaktadır. Bir algılayıcının radyometrik çözünürlüğünün iyi olması, yansıyan ya da yayılan enerjideki küçük farklılıkları ayırt etmede daha duyarlı olması demektir (Önder, 2002).

Spektral çözünürlük, Yeryüzündeki nesnelere ve arazi türlerinin uzaktan algılama yoluyla tanımlanabilmelerinin en önemli nedeni spektral özelliklerinin değişiklik göstermesidir. Algılayıcıların tasarımı da bu değişiklikleri fark edecek ve istenilen ayrımları yapabilecek biçimde düşünülür. Her spektral band elektromanyetik spektrumun belirli bir bölgesinde duyarlıdır. Bu bölge başlangıç ve bitiş dalga boyları ya da merkez frekansı ve bant genişliği biçiminde verilir. Uzaktan algılama algılayıcısının spektral ayırma gücü, kullanılan kanalın bant genişliği ile belirlenir. Kuramsal olarak spektrum ne kadar çok ve küçük parçaya ayrılırsa, spektral ayırma gücü o kadar artar (Önder, 2002). Algılayıcıların sahip oldukları çok yüksek spektral bantların her birindeki spektral yanıtlara dayalı olarak farklı objeler arasındaki küçük ayrımları kolaylaştırır.

Zamansal çözünürlük, algılayıcının hangi sıklıkta veri elde ettiği ile ilgilidir. Yeryüzündeki birçok doğal nesnede, uzun süre içerisinde değişim söz konusu değildir. Ancak değişmez de denilse, yeryüzündeki nesnelere ait fiziksel ve kültürel özellikler, bu özelliklerin gözlenebileceği en uygun zaman aralıkları içerisinde bir takım değişimlere konu olacaktır. Burada hem görüntülerin alınma zamanı, hem de iki görüntü arasındaki zaman farkı önemli olabilmektedir. Bu uygun zaman aralığı, yıl, mevsim, birkaç gün veya hafta olabilmektedir. Bazı uygulamalarda, uzaktan algılama verilerinin zaman aralığı daha önemli bir unsur olmaktadır.

2.1.2 Dijital Görüntü İşleme Teknikleri

Dijital görüntü işleme, raster verilerin bilgisayar ortamında çeşitli matematiksel algoritmalar kullanılarak düzeltilmesi, işlenmesi, yorumlanması ve amaca uygun hale getirilmesidir. Dijital görüntü işleme, uzaktan algılanmış verilerin tümü ile incelenmesine ve veri analizinin otomasyonuna öncülük eder. İnsan gözü spektral, bilgisayarlar ise konumsal modellerin değerlendirilmesinde bir dereceye kadar yeteneklidir. Bu yöntemde ise görsel ve sayısal işlemler birbirini tamamlar (Kavak 2001)

Dijital görüntü işleme, dijital görüntülerin bilgisayar yardımı ile işlenmesini ve yorumlanmasını içerir. Dijital görüntü işleme arkasındaki ana fikir oldukça basittir. Dijital görüntü, bilgisayara bir zaman aralığında bir piksel şeklinde tanımlanır. Bilgisayar, bu veriyi eşitliğe veya eşitlikler serisine sokmak için programlanır ve her piksel için oluşan sonucu saklar. Bu sonuçlar; resim formatında gösterimi yapılabilen, kaydedilebilen veya ek programlarla daha ileri işlemlere tabi tutulabilen yeni dijital görüntüyü oluşturur. (Kavak 2001).

Görüntülerdeki Hata Kaynakları ve Düzeltilmesi; Eksiksiz olarak tanımlanabilecek bir algılayıcı sistem henüz geliştirilememiştir. Diğer taraftan, arazi yapısının aşırı karmaşıklığı; konumsal, spektral, zamansal ve radyometrik ayırma gücü gibi sınırlamalara sahip basit algılayıcı sistemlerle iyi bir kayıt olanağı sağlanamamaktadır. Sonuç olarak; veri toplama işleminde bazı hatalar ortaya çıkmakta ve toplanan algılayıcı verilerinin kalitesi düşebilmektedir. Bu hatalar, insan veya bilgisayar destekli görüntü analizinin doğruluğu üzerine etki yapmaktadır. Bu nedenle, bu hataların bir kısmının analiz öncesi ortadan kaldırılabilmesi için, algılayıcı verilerinin genellikle bir ön işlemde geçirilmesi gerekmektedir. Uydu görüntülerinin içerdiği hatalar radyometrik hatalar ve geometrik hatalar olmak üzere iki başlıkta incelenir.

Radyometrik düzeltme, uydu görüntülerinde bulunan radyometrik hataların düzeltilmesi ile ilgili işlemleri içerir. Algılayıcı sistemleri ve çevresel kaynaklı hatalar olmak üzere iki ana başlık altında incelenir. Algılayıcı sistem hataları, uydu algılayıcılarında bulunan algılayıcıların düzgün çalışmamasından kaynaklanır (HAT 2002).

Çevresel kaynaklı hatalar ise atmosferik ve topoğrafik etkenler yüzünden oluşan hatalardır. Elektromanyetik enerji yeryüzüne önce uzay sonra atmosfer ortamından geçerek gelir. Daha sonra bu enerji önce atmosfer sonra uzay ortamından geçerek uydunun algılayıcılarına ulaşır. Bu yolculuk esnasında enerji uzay boşluğunda hiçbir değişikliğe uğramazken, atmosfer ortamında sapma ve emilme etkileri ile karşılaşır. Bu iki tür enerji kaybından meydana gelen hataya atmosferik hata adı verilir. Atmosferde sapma ve emilme etkilerine toz, sis gibi materyaller sebep olur. Bulut etkisi atmosferik hataların dışında tutulmalıdır, çünkü bulut etkisini giderilebilir bir hatadan çok veri kaybı olarak tanımlamak daha doğrudur. Atmosferik hatanın yüksek olduğu durumlarda bant oranlamaları sonucundaki sınıflandırma işlemleri olumsuz yönde etkilenecektir. Atmosferik hataları düzeltmenin birçok yöntemi vardır, ancak atmosferi modellemek çok zor olduğundan kesin sonuçlar elde etmek zordur (HAT 2002).

Topoğrafik eğim ve bakı durumu, bazı alanlarda piksel değerlerinin olduğundan daha farklı algılanmasına sebep olur. Bu alanlar topografya sebebiyle tamamen gölge altında kalmış olabilir ve bu yüzden olduğundan düşük değerlerde yansıma verirler. Topografyadan kaynaklı bu tür hataların giderilmesinde bant oranlarından elde edilen katsayılara dayanan düzeltme yöntemleri kullanılır. Bir diğer yöntem ise çalışma alanının sayısal arazi modeli yardımı ile gölge alanlarını tespit etmektir (HAT 2002).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan uydu görüntülerinin hemen hepsinde sensör sistemi hatalarını gidermek için yapılan radyometrik düzeltmeler yer istasyonlarında gerçekleştirilmektedir. Çevresel etkenlere bağlı olarak meydana gelen atmosferik ve topoğrafik hataların giderilmesi kullanıcının kontrolündedir.

Geometrik düzeltme, meydana gelen geometrik bozulmalarını (algılayıcı hızındaki değişimler, yerin küreselliği vb.) giderilmesini ve verinin çok yüksek geometrik bütünlüğe sahip olmasını sağlar. Geometrik düzeltmenin amacı, oluşan bozulmaları gidererek, dijital görüntünün belirli bir harita projeksiyon sistemine entegre olmasını sağlamaktır. Bu şekilde görüntü elemanları yeryüzü üzerinde konumlandırılmış olmaktadır. Bu nedenle yeryüzündeki konuma dayalı üretilen bilgilerle veri uyumunun sağlanması için yeryüzünü tanımlayan bir projeksiyon sisteminde bu verilerin koordinatlandırılması gereklidir. Ayrıca geometrik düzeltme aşağıdaki amaçları da sağlamaktadır (Örmeci ve Ekercin 2001).

- İlgi noktalarının saptanmasında,

- Birbirini izleyen görüntüleri belirlenmesinde,
- Aynı tarih ve algılayıcılardan oluşan aynı bölgedeki görüntüleri birbiri ile karşılaştırmak için,
- Görüntüleri haritalarla veya coğrafi veri tabanları içerisindeki görüntüler ile karşılaştırılmasında.

Geometrik düzeltme işleminin doğruluğu görüntünün çözünürlüğü, haritanın ölçeği, kontrol noktalarının sayısı gibi bir çok faktöre bağlıdır (Kardoulas et al. 1996). Geometrik düzeltmedeki bir sonraki adım, görüntünün seçilen referans koordinat sisteminin x ve y eksenlerine karşılık gelen yeni bir kareler ağı içine, yeni bir veri dosyası değerleri hesaplanacak şekilde yeniden örneklenmesidir. Bu işlemlerle orijinal görüntüdeki piksel parlaklık değerleri coğrafi koordinat cinsinden hesaplanarak yeni değerler olarak belirlenir. Örnekleme işlemi için, en yakın komşuluk, çift yönlü doğrusal enterpolasyon ve kübik konvolüsyon olarak tanımlanmış örnekleme metotları kullanılmaktadır (Büyüksalih 2001)

2.2 MEŞCERENİN ÖLÇÜLEBİLİR ÖZELLİKLERİ

Meşcere, belirli bir orman arazisinde toplu olarak bulunan çok sayıdaki ağaç bireylerinden oluşan bir popülasyon, bir toplumdur. Meşcere, ormanın sadece ağaç bireylerini içermektedir (Kalıpsız 1993). Meşcere orman ağaçlarından oluşan bir toplum olduğu için, ölçümünde de ağaç özelliklerinin ve karşılıklı ilişkilerinin toplu haldeki görüntülerine dayanılmaktadır. Meşcere özellikleri belirli bir orman alanı için bildirilmekte veya birim alana (hektara) oranlanarak verilmektedir.

Ağacın ölçülebilir özellikleri, ağacın boyu ve çapı, tepe genişliği, gövde kalitesi, yaşı ve artımı olarak bilinmektedir. Meşcerenin ölçülebilir özellikleri de;

- Ağaç sayısı, meşcere çapı, göğüs yüzeyi, boyu, yaşı, sağlık durumu
- Meşcere sıklığı, arazinin belirli bir ağaç türü için verim gücü (bonitet)
- Hektarda veya tüm alanda odun hacmi
- Meşcere özelliklerinin belirli bir zaman aralığındaki değişimleri (artımları), olarak sayılabilir.

Orman envanteri, belirli bir alandaki orman ekosisteminin hem bizzat kendi varlığını hem de bu ekosistem içinde kendiliğinden oluşan ürün ve hizmetler, bunlar üzerinde etken olan

çevresel faktörleri sayısal olarak saptamak amacıyla yapılan bir dizi ölçme, sayım, gözlem, hesap ve değerlendirme işlerinin bütünü olarak tanımlanmaktadır. Orman envanteri, söz konusu kaynağın büyüklüğüne ve amaca bağlı olarak; meşcere, bölge (plan ünitesi) ve ulusal olarak üç değişik bazda yapılmaktadır (Asan 2003, Özdemir 2004).

Bu bağlamda, uydu verilerinin hem amenajman planı düzenlemek (operasyonel planlama) ve hem de ulusal orman envanteri (stratejik planlama) amacıyla kullanılabilme olanaklarının ayrı ayrı değerlendirilmesi gereklidir. Orman envanterinde giderlerin önemli bir bölümünü oluşturan, son derece zaman alıcı ve külfetli olan yersel ölçmeleri en aza indirmek için geniş ölçüde uzaktan algılamadan yararlanılmaktadır. Çap, boy, sıklık, ağaç sayısı, hacim, yaş ve bitkisel kütle gibi meşcere özellikleri, ormancılık faaliyetlerinin planlanması ve yönetiminde olduğu kadar ekosistem çalışmalarında da önem taşıyan parametrelerdir. Bu parametreleri belirlemek amacıyla yapılan çalışmaların büyük bölümünde yaygın olarak kullanılan metotlar, regresyon modellemeleri ve uzaktan algılama verilerinden yararlanan tekniklerdir. Uzaktan algılama verilerinin kullanıldığı tekniklerde, belirli zaman aralıkları ile hızlı ve güvenilir olarak tekrarlı veri elde edilebilmesi, sinoptik görüş olanakları, verilerin bilgisayarda dijital olarak işlenebilme olanağı gibi üstünlükleri bulunmaktadır. Çalışma alanındaki biyofiziksel koşulların uzaktan algılama verileri üzerindeki etkisinden dolayı, yer gerçekleri ve uzaktan algılama verilerinin bir arada kullanıldığı meşcere özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarında, atmosfer ve topografyadan kaynaklanan etkileri de dikkate almak gerekmektedir (İnan 2004).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında 1:25000 ölçekli topografik haritalar, meşcere tipi haritaları, sayısal arazi modelleri, 2000 tarihli LANDSAT 7 ETM+, 2005 tarihli SPOT HR-VIR, 2005 tarihli ASTER VNIR uydu görüntüleri ile yersel ölçümlerden elde edilen arazi verileri kullanılmıştır. Topografik haritalar ve amenajman haritaları Orman Genel Müdürlüğü, Bartın Orman İşletme Müdürlüğünden temin edilmiştir. Sayısal arazi modelleri 1:25000 ölçekli topografik haritalardaki eşyüksekti eğrilerinin sayısallaştırılması ile elde edilmiştir.

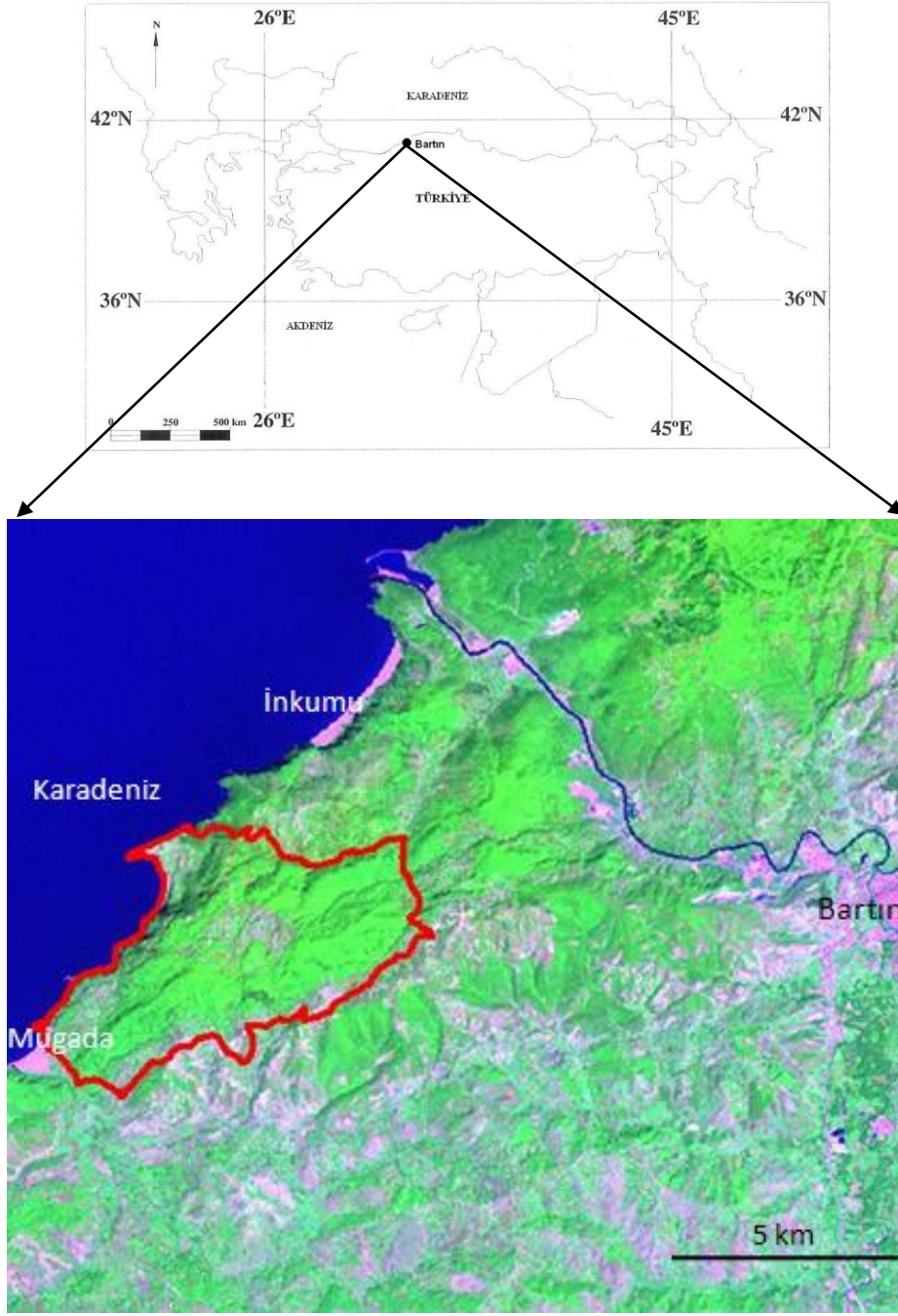
3.1 ÇALIŞMA ALANININ GENEL TANITIMI

Çalışma alanı olarak Bartın ili sınırları içerisinde kalan ve orman varlığı bakımından içerisinde doğal Kayın (*Fagus orientalis* L.) meşceresinin ağırlıklı yer aldığı Mugada ve yakın çevresindeki havza seçilmiştir (Şekil 1).

Alanın seçiminde doğal Kayın meşcerelerinin olması özellikle göz önünde bulundurulmuştur. Kullanılacak uydu görüntülerinin çalışma alanını kapsamı açısından ve özellikle yüksek rakımlı alanlarda var olan topografik yapıyı yansıtması, çalışma alanının seçiminde etkili olmuştur.

3.1.1 Coğrafi Konum

Çalışma alanı Batı Karadeniz bölgesinin kuzeyinde ve Batın il merkezine yaklaşık 13 km kuzey batısında, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Bartın Orman İşletme Müdürlüğü, Merkez Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer almaktadır. $41^{\circ} 37' 44''$ kuzey enlemi ve $32^{\circ} 11' 59''$ doğu boylamında bulunan Mugada ve yakın çevresini kaplayan çalışma alanı yaklaşık 1750 hektardır (Şekil 1).



Şekil 3.1 Çalışma alanının coğrafi konumu ve ETM 7-4-1 görüntüsü.

3.1.2 İklim

Bartın Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü verilerine göre, alanda yazlar serin, kışlar kar yağışlı ve yağmurludur. Vejetasyon süresi (Rubner'e göre aylık ortalama sıcaklığın $+10^{\circ}\text{C}$ ve daha fazla olduğu sıcak devre) 7 aydır (Nisan-Ekim). En az yağışlı aylar Mart ve Nisan aylarıdır. Yıllık ortalama yağış 1023.6 mm'dir. En çok yağış alan ekim ayında 131.2 mm, en az yağış

ise 49.1 mm ile mayıs ayında görülmektedir. Oldukça nemli bir iklime sahip araştırma alanında nisbi nem %80 civarındadır. Yıllık ortalama sıcaklık 13.65 °C, en düşük ortalama sıcaklık ise Kasım ayında 0.3 °C olduğu görülmektedir. Haziran, temmuz ve ağustos ayları ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu aylardır. Rüzgar daha çok doğu-kuzeydoğu yönünde ve yıllık ortalama 28.4 m/sn hızla esmektedir.

3.1.3 Topografik Yapı

Çalışma alanının ortalama yüksekliği 200 m.dir. Alansal dağılımlar yükseklik basamaklarına göre incelendiğinde, birbirine oldukça yakın olmakla beraber %18'le 150-200 m, %17'le 200-250 m ve yine % 17'le 250-300 m'lik yükseklik sınıfları görülmektedir (Çizelge 3.1)

Çizelge 3.1 Çalışma alanı yükseklik sınıfları.

Yükselti basamakları (m)	Alan (ha)	%
0-50	128	7
50-100	203	11
100-150	281	16
150-200	308	18
200-250	299	17
250-300	299	17
300-350	209	12
350-400	30	2
Toplam	1757	100

Çalışma alanının Özhan 1991'e göre eğim dağılımları incelendiğinde, alanın %40'nın eğimli %33'ünün dik ve %19'unun çok dik eğimlidir. Alanın düz ve düze yakın kısmı toplam alanın sadece % 6'lık diliminde yer almaktadır (Çizelge 3.2). Bakı grupları incelendiğinde, çalışma alanının hemen hemen her bakı için eşit alansal dağılımlara sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte alansal büyüklüklere göre yüzdesel dağılımlar incelendiğinde, %18'le güney ve güneydoğu bakıları en yüksek alansal dağılımlara sahipken, %12,%11,%10 ve %9'luk dilimlerle onları kuzeybatı, batı, doğu, kuzeydoğu bakıları takip etmektedir (Çizelge 3.3)

Çizelge 3.2 Çalışma alanı eğim grupları.

Eğim Grupları (%)	Alan (ha)	%
0-2 (Düz –Düze yakın)	98	6
2-6 (Hafif Eğimli)	39	2
6-25 (Eğimli)	703	40
25-45 (Dik)	587	33
45< (Çok Dik)	330	19
Toplam	1757	100

Çizelge 3.3 Çalışma alanı bakı grupları.

Bakı Grupları	Alan (ha)	%
Düz	80	5
Kuzey	128	7
Kuzeydoğu	166	9
Doğu	193	10
Güneydoğu	315	18
Güney	311	18
Güneybatı	162	8
Batı	198	11
Kuzeybatı	204	12
Toplam	1757	100

3.1.3 Bitki örtüsü

Çalışma alanının yaklaşık %85'i ağırlıklı olarak egemen Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.)'nın oluşturduğu bir orman örtüsü ile kaplıdır. Bu örtüye özellikle bakıya göre gürgen, münferit halde kestane ve ıhlamur ağaçları ile bunların yanında yalancı maki elemanları katılmaktadır. Çalışma alanı içerisinde özellikle güney bakılarda Meşe saf veya karışık orman kuruluşları meydana getirmiştir.

3.2 REFERANS VERİLERİ

3.2.1 Yardımcı Verilerin Seçimi

Uydu görüntü verileri kullanılarak yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçların doğruluğunu arttırmak için yardımcı veri kullanımı kaçınılmazdır. Yardımcı veriler, yapılan çalışma sonuçlarını düzeltmek ve iyileştirmek amacıyla kullanılabilir nitelikteki mekansal ve mekansal olmayan (sözel veriler, nüfus verileri vb.) veriler olarak tanımlanmaktadır. Meşcere haritaları, bitki örtüsü haritaları, amenajman haritaları, eğim, bakı durumu mekansal yardımcı verilere örnektir (HAT 2002).

Topografik haritalar uydu görüntü verileri ile yapılan çalışmalarda oldukça önemlidir. Bu haritalar yapılacak çalışmanın en önemli aşaması olan geometrik düzeltme aşamasında referans olması özelliği ile büyük öneme sahiptir. Topografik haritalar fotogrametri yöntemiyle Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından üretilen standart haritalardır. Bu haritaların mekansal doğruluk düzeyi oldukça yüksektir (yatay: 5 m; düşey: 2.5 m). Ayrıca arazi ile ilgili noktasal ve alansal birçok bilginin yanı sıra, arazinin topografyasını anlamamızı sağlayan eş yükselti eğrileri de bulunmaktadır.

Ormancılık uygulamaları çalışmalarındaki diğer önemli bir yardımcı veri de orman amenajmanı planlarıdır. Orman amenajman planlarının düzenlenmesi, uygulanması, denetlenmesi ve yenilenmesi hakkındaki yönetmeliğe göre, ormancılık amacına uygun ölçek, nitelik ve özellikteki hava fotoğrafları bulunduğu takdirde, saha envanteri için gerekli meşcere haritaları, bu fotoğraflar ve topografik haritalara dayanarak yapılır. Amenajman planlarının harita ölçeği 1:10000 ve 1:25000'dir. Orman amenajman planları farklı bir lejand yapısına sahiptir. Poligonlara verilen kodlar çok sayıda orman-arazi özelliğini içermektedir. Orman amenajmanı haritaları, büyük-orta ölçekli hava fotoğraflarının uzmanlar tarafından stereoskopik yöntemle incelenmesi ve görsel yöntemlerle üretilmiş haritalardır.

Çalışmada 1:25000 ölçekli 2 adet topografik harita (Zonguldak E28-d2, E28-d3) kullanılmıştır. Bu haritalar A0 sayısallaştırıcıda taranıp bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Aynı şekilde, Bartın Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Merkez Orman İşletme Şefliğine ait meşcere tipleri haritaları da, tarayıcıda sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma aşamasına ait referans verileri 1:25000 ölçekli topografik haritalardaki tepe noktaları, dere kesim noktaları

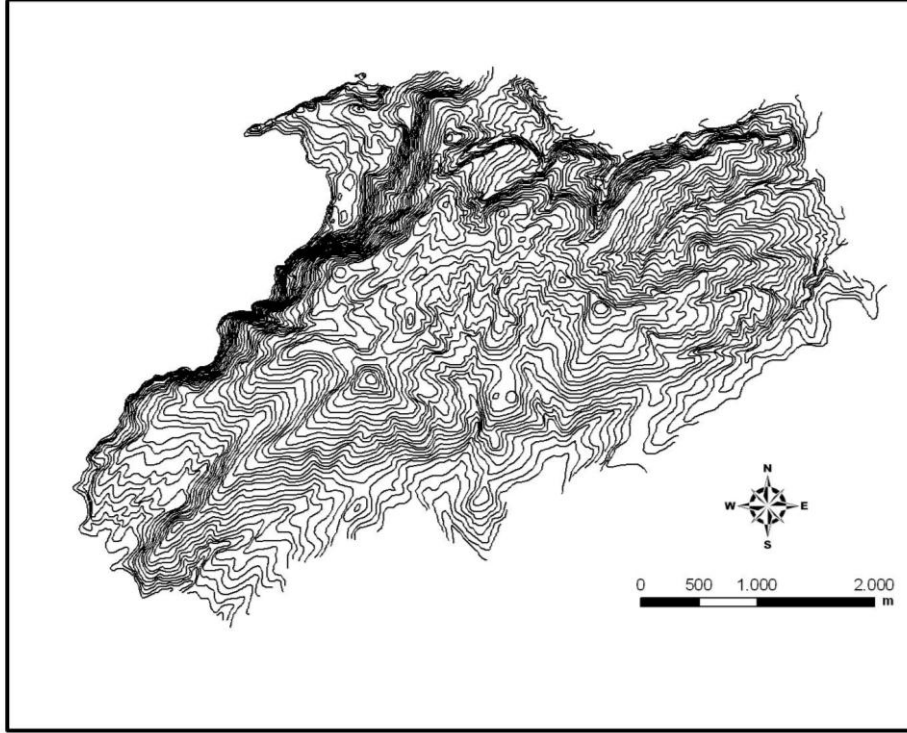
vb. noktalardan karşılanmıştır. Haritaların sayısallaştırılmasında ArcView 9.1 CBS yazılımı kullanılmıştır. Yersel ölçüm bilgilerinin kontrolü ve uydu görüntü verilerinin geometrik düzeltme aşamalarında haritalardan yararlanılmıştır.

3.2.2 Sayısal Yükseklik Analizleri

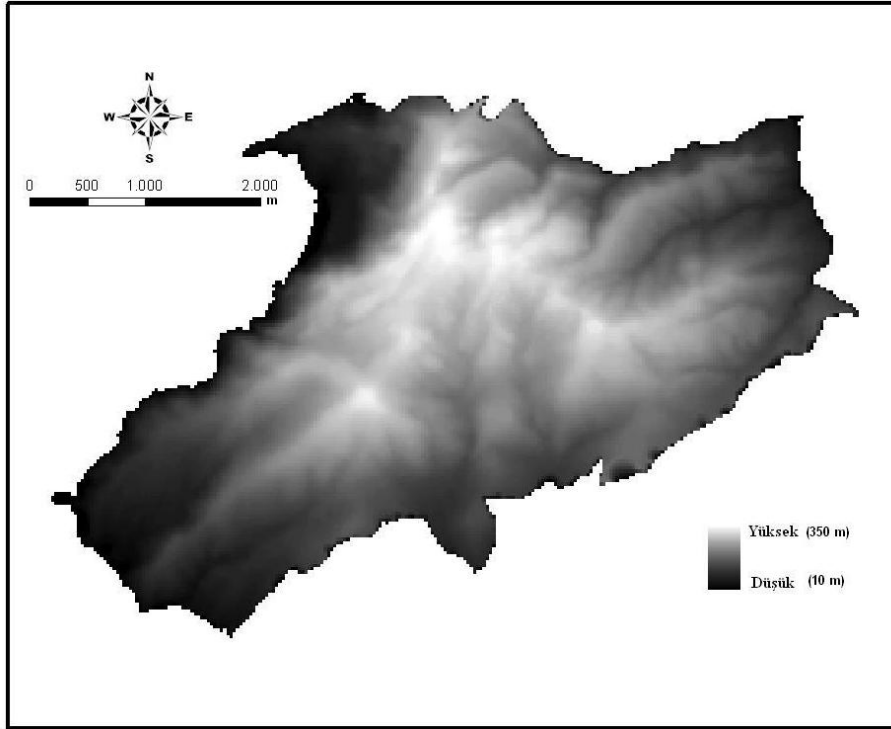
X,Y,Z koordinatlarıyla üç boyutlu olarak tanımlanan coğrafi yüzeylerin bilgisayar ortamında oluşturulması ve bu yüzeylerde yapılan konum analizleri sayısal yükseklik modelleri (SYM) ya da sayısal arazi modelleri (SAM) olarak bilinir. SAM'ne ilişkin yüzey analizlerinin başında üç boyutlu görüntüleme, eğim hesabı ve bakı hesabı gelmektedir. SAM'nin gerçekleşmesi için izlenmesi gereken işlem sürecinin ilki olan verilerin elde edilmesi aşamasında topografik yüzeyin yeterli hassasiyette temsil edilebilmesi için yeterli sayıda koordinatları bilinen noktalara ihtiyaç duyulmaktadır. İkinci aşamada, toplanan bilgilere değişik testler uygulanarak verilerin kontrolü, gerekirse uygunsuz olanların ayırt edilmesi, istenilen sayıda yüksekliği bilinen yeni noktaların üretilmesiyle uygun bir fonksiyonla enterpolasyon işleminin uygulanarak modelin elde edilmesi işlemi yer alır. Son aşamada, oluşturulan modelin kullanıcı isteğine bağlı olarak ürün halinde sunulması gerçekleştirilir. SAM için veriler, nokta, çizgi ve poligon tabanlı katmanlardan, eşyükselti eğrili haritalardan, stereoplotter verilerden, ASCII formatında nokta içerikli dosyalardan arazideki keskin niteliğe sahip dere, şev ve benzeri çizgi boylarınca türetilerek koordinatlarından elde edilir (Yomralıoğlu 2000). CBS bağlamında kaynak haritaların üretilmesi, daha ekonomik sonuç haritalarının üretilmesinde sıkça faydalanılmaktadır. Ayrıca uzaktan algılama disiplini içerisinde SAM verileri, uydu görüntülerinin geometrik, topografik ve atmosferik düzeltme prosedürlerinde kullanılmaktadır. SAM oluşturulmadan önce çalışmanın amacına ve istenilen doğruluk derecesine uygun olan yöntemin seçilmesi gerekmektedir. (Musaoğlu 1999).

Çalışma alanının sayısal arazi modelini oluşturmak için topografik harita üzerinden her 10 metrede bir geçen eşyükselti eğrileri sayısallaştırılmıştır. Eşyükselti eğrilerine ait yükseklik değerleri bilgisayar ortamına girilmiştir. ArcView 9.1 yazılımı kullanılarak sayısallaştırılan eşyükselti eğrilerinden yararlanılarak SAM üretilmiştir (Şekil 3.2, Şekil 3.3). Daha sonra bir takım analizlerin daha doğru sonuçlar vermesi açısından, oluşturulan veri TIN (Triangulated Irregular Network) veri modeline dönüştürülmüştür. TIN modeli topolojik olarak ilişkilendirilmiş üçgenlerin oluşturduğu bir ağ yapısını teşkil eder (Esri 1992). TIN modelinin kurulmasıyla birlikte gerçekleştirilecek birçok yüzey analizi söz konusudur. Çalışma alanı

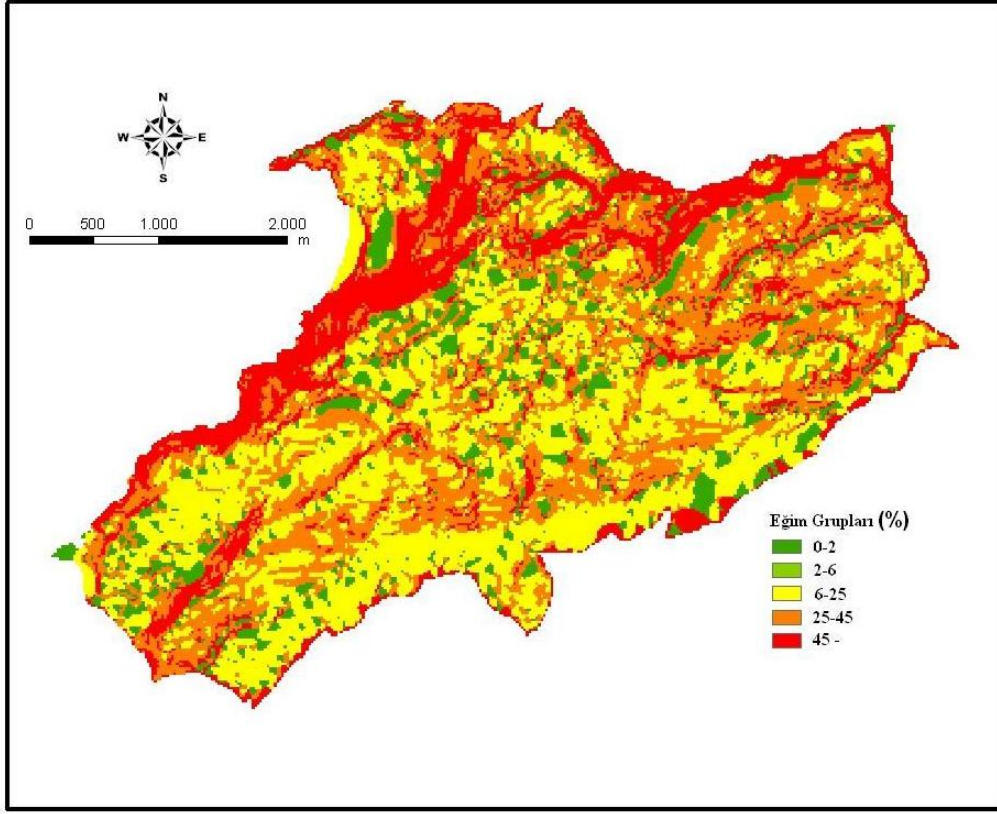
için bunlardan yükseklik değişim bölgelerinin oluşumu, eğim ve bakı hesaplamaları yapılmıştır (Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6).



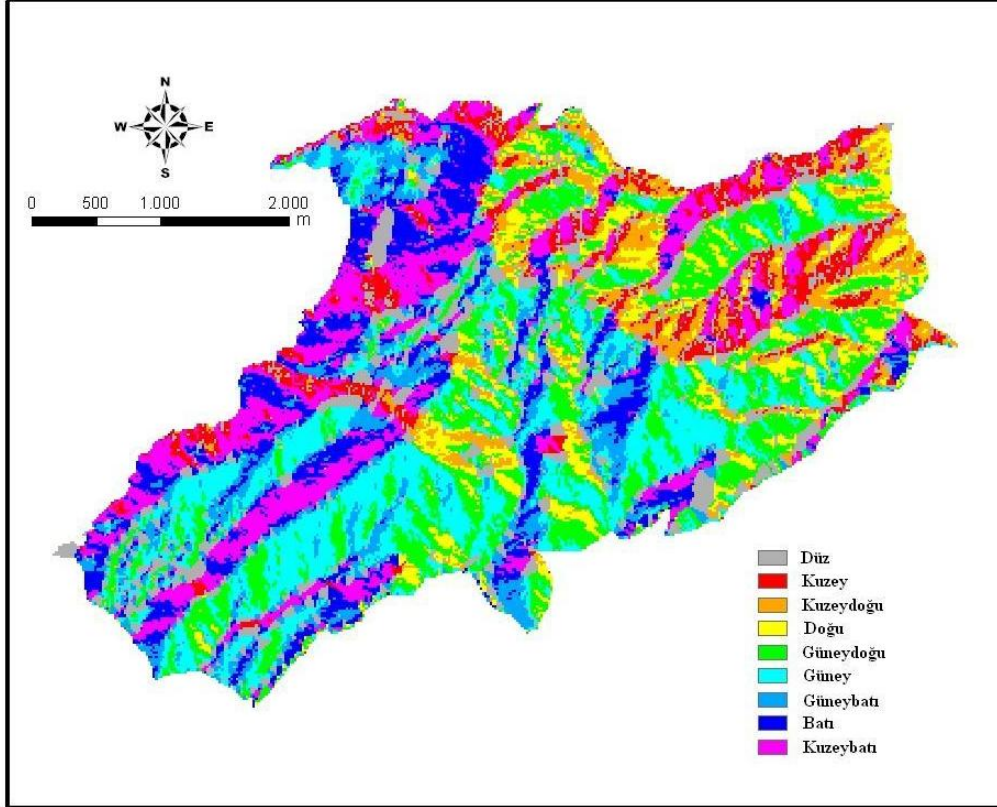
Şekil 3.2 Çalışma alanının topografik yapısı.



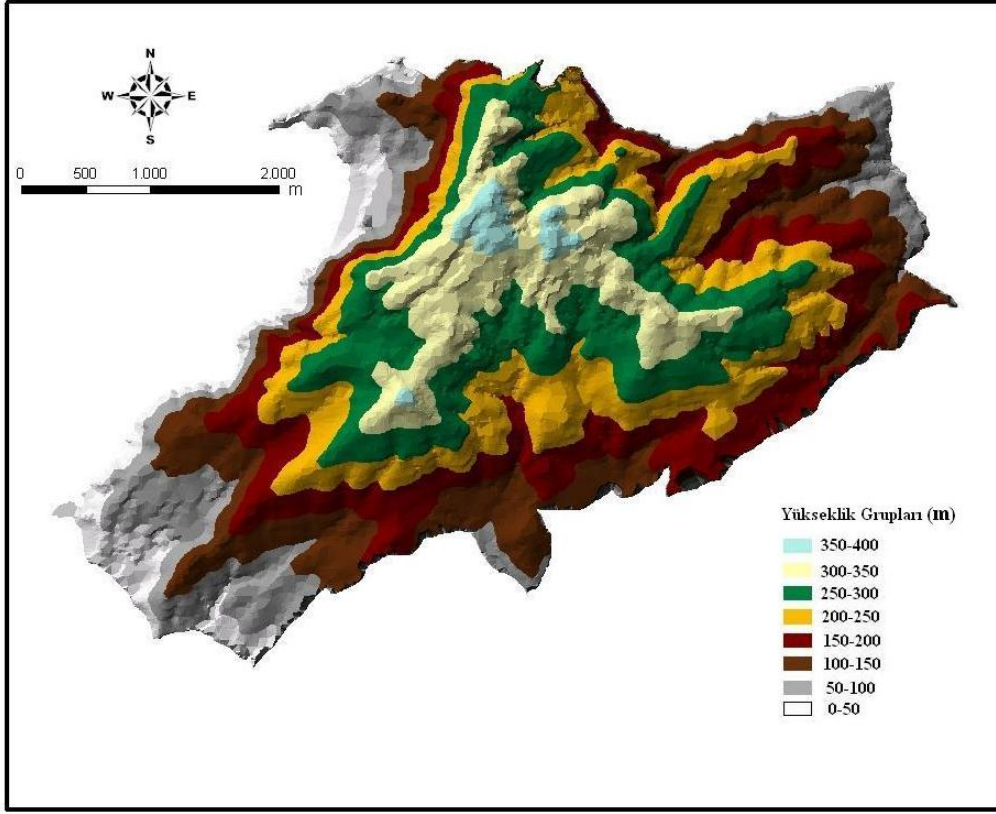
Şekil 3.3 Çalışma alanı sayısal arazi modeli.



Şekil 3.4 Çalışma alanı eğim grupları haritası.



Şekil 3.5 Çalışma alanı bakı grupları haritası.



Şekil 3.6 Çalışma alanı yükseklik sınıfları haritası.

3.2.3 Uzaktan Algılama Verileri

Yeryüzündeki cisimler hakkında daha fazla bilgi elde edilebilmesi için, elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde çalışan algılayıcı sistemler geliştirilmiştir. Uzaktan algılama verilerine bilgisayar destekli analiz tekniklerinin uygulanması için, öncelikle verilerin spektral karakteristikleri ile ilgilenilmektedir. Bu nedenle, çeşitli bitki örtüsünün, toprağın, suyun ve diğer yeryüzü özelliklerinin spektral karakteristiklerinin bilinmesi, uzaktan algılama verilerinin uygun analizi ve yorumlanmasında çok önemli bir temel oluşturur. Çok spektrumlu tarayıcı sistemler, spektral verilerin geniş dalga boyları bölgesinde algılama yapmak açısından çok etkin bir yöntem sağlarlar. Veri toplama ve analiz sistemlerinin her ikisinin önemi, çeşitli yeryüzü özelliklerinin spektral karakteristikleri üzerinde odaklanmasıdır (Maktav ve Sunar 1991).

Bitki örtüsüne yönelik uzaktan algılama çalışmalarında spektrumun görünen bölümünden orta kızılötesi bölümüne kadar olan aralıkta algılama yapan birçok algılayıcı sistem kullanılabilir. Son yıllarda optik algılayıcıların özellikleri incelendiğinde, algılayıcıların geometrik ve

zamansal çözünürlüklerinin artmasına paralel spektral çözünürlüklerinin orta kızılötesi kesimine kadar olmaları dikkat çekmektedir. Uydu verileri daha büyük alan kapladıklarından ve güncellenebilir bilgi sağladıklarından, tüm orman kaynaklarının ülke düzeyinde izlenmesinde, hava fotoğraflarına oranla daha kullanışlıdır. Uydu verilerinin mekansal çözünürlükleri, yeryüzünde kapladıkları alan büyüklükleri ve görüntülenme sıklıkları birbirinden farklıdır. Bu bağlamda, Landsat uydu algılayıcı verileri (Multispectral Scanner (MSS); Thematic Mapper (TM) ve Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) ormancılık çalışmaları için uygun bir bilgi kaynağı olmuşlardır (Lenney vd. 2001, Tole 2002, Özdemir ve Özkan 2003). Orta çözünürlük görüntü verisine sahip diğer uydu görüntüsü (Spot, Terra/Aster) verilerinin de ekolojik açıdan çalışmalara veri temini konusunda katkıları olmuştur (Tanaka et al. 1989, Qi et al. 1993, Fujisada 1994, Yamaguchi et al. 1998, Yamaguchi et al. 2001). Bu çalışmada, çalışma alanı kapsamında orman varlığına ilişkin bilgilerin saptanabilirliğinin incelenebilmesi için, 21.08.2000 tarihli LANDSAT 7 ETM, 27.07.2005 tarihli SPOT HR-VIR, 22.10.2005 tarihli ASTER VNIR, uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kullanılan her bir uydu görüntü verisine ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.2.3.1 Landsat Uydu Sistemi

ABD'nin NASA (National Aeronautical and Space Administration) kurumu tarafından 1972 yılında başlatılan bir programla, yeryüzünü gözetleme amaçlı Landsat -1, -2, -3 uyduları uzaya gönderilmiştir. Bu uydular ömürlerini doldurduğundan yerlerini Landsat -4, -5 ve -7 uyduları almıştır. Landsat 1,2,3 ve 4,5 uyduları "Multispectral Scanner: MSS" ve "Thematic Mapper: TM", 1999 yılında hizmete giren Landsat 7 uydusu ise "Enhanced Thematic Mapper: ETM" algılayıcıları ile donatılmıştır (Çizelge 3.4). Genel olarak MSS görüntüleri; bitki tiplerinin ayrımı, sağlıklı bitkileri belirleme, toprağın nemi, kar, bulut ve buzun ayrımı ve kaya tiplerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. TM görüntüleri ise; yukarıda belirtilen kullanım alanlarının sınıflandırılması ve değişikliklerin ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır.

3.2.3.2 Spot Uydu Sistemi

Fransız uydusu SPOT-1 1986 yılında uzaya fırlatılmıştır. Son teknolojik gelişmeleri içermesi düşünülen "High Resolution Visible Infrared: HR VIR" algılayıcı taşıyan SPOT-4 uydusu ise 1998 yılında hizmete girmiştir. Spot algılayıcıları ayrıca üç boyutlu görüntü algılama kabiliyetine sahiptirler.

Çizelge 3.4 Landsat uydularının özellikleri (İŞLEM 2001).

ALGILAYICILAR		LANDSAT 1,2,3 MSS	LANDSAT 4 – 5 TM	LANDSAT 7 ETM+
MEKANSAL ÇÖZÜNÜRLÜK		80m.	28.5 m.	PAN : 15 m. MS : 30 - 60 m.
SPEKTRAL ÇÖZÜNÜRLÜK		0.50 – 1.10	0.45 - 12.50	0.45 - 12.50
RADYOMETRİK ÇÖZÜNÜRLÜK		6 Bit	8Bit	8Bit
ZAMANSAL ÇÖZÜNÜRLÜK		16 Gün	16 Gün	16 Gün
TARAMA GENİŞLİĞİ		185x170 km.	185x170 km.	185 km.
YÖRÜNGE YÜKSEKLİĞİ (Km)		900 km.	705 km.	705 km.
BANDLAR	DALGA UZUNLUĞU (µm)	KULLANIM ALANLARI		
LANDSAT 1,2,3 MSS				
Band 1: Yeşil	0.50 – 0.60	Sağlıklı bitkiler ve su havzalarını belirleme		
Band 2: Kırmızı	0.60 – 0.70	Bitkileri ayırma, toprak ve jeolojik sınıfları kararlaştırma		
Band 3: Yakın IR	0.70 – 0.80	Ürün rekolte tahmini ve toprak/ürün ve arazi/su tasnifi		
Band 4: Yakın IR	0.80 – 1.10	Bitkileri gözleme ve pusa nüfuz etme		
LANDSAT 4 – 5 TM				
Band 1 : Mavi	0.45 – 0.52	Toprak/bitki ayırımı, sahil haritacılığı, kültürel/iskan özelliklerini tespit		
Band 2 : Yeşil	0.52 – 0.60	Yeşil bitkileri haritalama ve kültürel/iskan özelliklerini tespit		
Band 3 : Kırmızı	0.63 – 0.69	Bitki türlerini ayırmak ve toprak/ürün ve arazi/su tasnifi		
Band 4 : Yakın IR	0.76 – 0.90	Canlı ve sağlıklı bitki miktarı , toprak/ürün ve arazi/su tasnifi		
Band 5 : Orta IR	1.55 – 1.75	Bitki ve topraktaki nem, buz ve bulutlu sahaları ayırma		
Band 6 : Termal IR	10.40 – 12.50	Jeolojik kaya tiplerini ve toprak sınırlarını ayırmak, toprak ve bitkilerdeki rutubeti belirlemek		
LANDSAT 7 ETM+				
Band 1 : Mavi	0.45 – 0.515	Landsat 4 ve 5 kapsamındaki TM bandlarının uygulandığı alanlarda kullanılır.		
Band 2 : Yeşil	0.525 – 0.605			
Band 3 : Kırmızı	0.63 – 0.69			
Band 4: Yakın IR	0.75 – 0.90			
Band 5 : Orta IR	1.55 – 1.75			
Band 6 : Termal IR	10.40 – 12.50			
Band 7 : Orta IR	2.08 – 2.35			
PAN	0.52 – 0.90			

Çizelge 3.5’de çalışmada kullanılan SPOT 4 uydusunun özellikleri yer almaktadır. Ayrıca Spot 5 zenginleştirilmiş görüntü kalitesi ve geliştirilmiş servisi ile Spot serisinin beşincisidir. Spot 5 deki iki yeni HRG cihazı Spot 4 deki HRVIR cihazlarından türetilmiştir ve 2,5,-5 m pankromatik (siyah-beyaz) ve 10 metre de multi spektral (renkli) yersel çözünürlüklü görüntü imkanı sağlar.

3.2.3.3 Terra/Aster Uydu Sistemi

NASA'nin Dünya Gözlem Sisteminin (EOS) bir parçası olan Terra uydusu da diğer birçok alanda hizmet vermesinin yanısıra bu alanda da sıkça görev almaktadır. Terra uydusu Kaliforniya'nin Van Der Berg hava üssünden 1999 yılının Aralık ayında başarıyla fırlatılmış ve 2000 yılının Şubat ayında faaliyetine başlamıştır. Terra uydusu beş farklı modül taşımaktadır.

Çizelge 3.5 Spot 4 uydusunun özellikleri (İŞLEM 2001).

ALGILAYICILAR		SPOT HR-VIR
MEKANSAL ÇÖZÜNÜRLÜK		20 m
SPEKTRAL ÇÖZÜNÜRLÜK		0.50-1,75
RADYOMETRİK ÇÖZÜNÜRLÜK		8 Bit
ZAMANSAL ÇÖZÜNÜRLÜK		26 Gün
TARAMA GENİŞLİĞİ		60 km
YÖRÜNGE YÜKSEKLİĞİ (Km)		832 km.
BANDLAR	DALGA UZUNLUĞU (µm)	KULLANIM ALANLARI
SPOT 4 (HVIR)		
Band 1: Yeşil	0.50 – 0.59	Sağlıklı bitkileri belirleme
Band 2: Kırmızı	0.61 – 0.68	Bitkileri ayırma, toprak ve jeolojik sınıfları nitelendirme
Band 3: Yakın IR	0.79 – 0.89	Canlı ve sağlıklı bitki teşhisi, toprak/ürün ve arazi/su tasnifi
Band 4: Orta IR	1.58 – 1.75	Bitkileri gözleme

Bunlardan en yüksek çözünürlüklü ve bindirmeli görüntü çekebilme kabiliyetine sahip olanı ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) algılayıcısıdır. ASTER, Amerikan NASA ve Japon Ticaret ve Sanayi Bakanlığının ortaklığında ve her iki ülkedeki bilimsel ve sanayi kuruluşlarının işbirliğiyle üretilmiştir (Abrams et al. 2003). Bünyesinde görünür ve yakın kızılötesi (VNIR), kısa dalga kızılötesi (SWIR) ve termal kızılötesi (TIR) olmak üzere 3 farklı algılayıcı içermektedir (Çizelge 3.6). Bu algılayıcılar toplamda 14 bant olmak üzere geniş bir spektral aralıkta görüntü çekebilmektedir.

Çizelge 3.6 Terra/Aster uydusunun özellikleri (İŞLEM 2001).

ALGILAYICILAR	Terra/Aster
MEKANSAL ÇÖZÜNÜRLÜK	VNIR:15m/SWIR:30m/TIR:90m
SPEKTRAL ÇÖZÜNÜRLÜK	VNIR:0,52-0,86/SWIR:1,60-2,43/TIR:8,125-11,65
RADYOMETRİK ÇÖZÜNÜRLÜK	VNIR:8/SWIR:8/TIR:12
ZAMANSAL ÇÖZÜNÜRLÜK	16 Gün
TARAMA GENİŞLİĞİ	60 km
YÖRÜNGE YÜKSEKLİĞİ (Km)	705 km

3.2.4 Yersel Ölçüm Arazi Envanter Karneleri

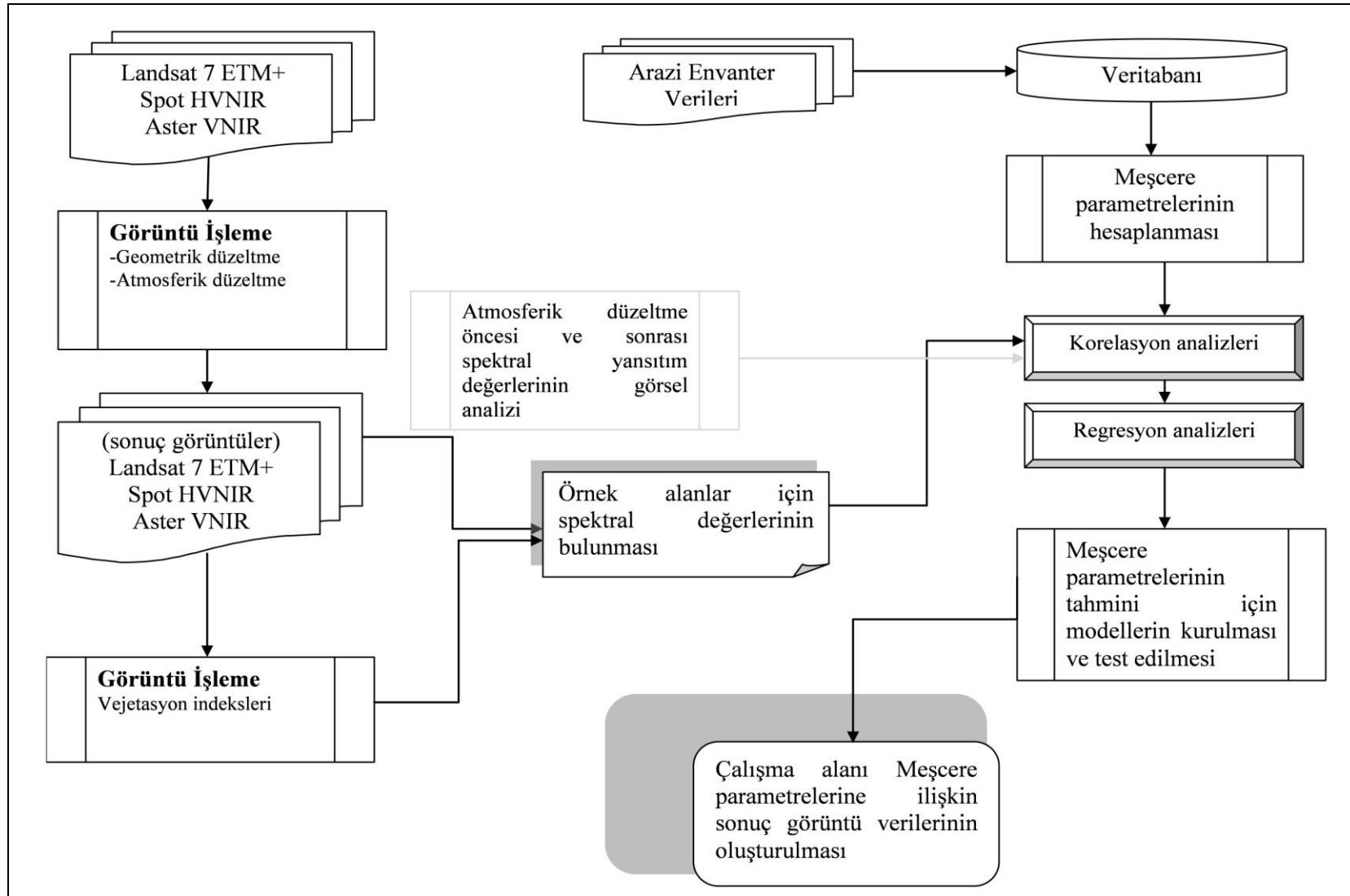
Çalışma alanına ilişkin 41 adet örnek alana ait bilgilerin kayıt edildiği arazi karneleri kullanılmıştır. Her bir örnek alan için ağaç sayısı, ağaç boyu, göğüs çapı 8 cm'den büyükler için çap ölçümü ve kapalılık değerleri ölçülmüştür. Ağaç türlerinin de belirtildiği arazi karneleri verileri, meşcere parametrelerinin hesaplanması için kullanılmıştır.

3.3 YÖNTEM

Uzaktan algılama verileri yardımı ile ormanlık alanlara ilişkin bilgi içeriğinin saptanmasına yönelik bu çalışmada ilk olarak, uydu görüntü verilerindeki atmosferden kaynaklı değişimler ve engebeli topografik yapıdan kaynaklı olumsuz aydınlanma şartlarının giderilmesi amaçlanmıştır. İkinci olarak düzeltme sonrası elde edilen görüntü verilerinin her bir bandı ve farklı bitki indeksleri görüntü verileri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler belirlenecektir. Her bir uydu görüntü verisinin dijital ortamda değerlendirilmesi amaçlı PCI Gematica 9.1 yazılımının ilgili modülleri kullanılacaktır. İstatistik analizler için ise SPSS 15.0 istatistik paket programı kullanılmıştır.

Bu amaçla izlenen iş aşamaları:

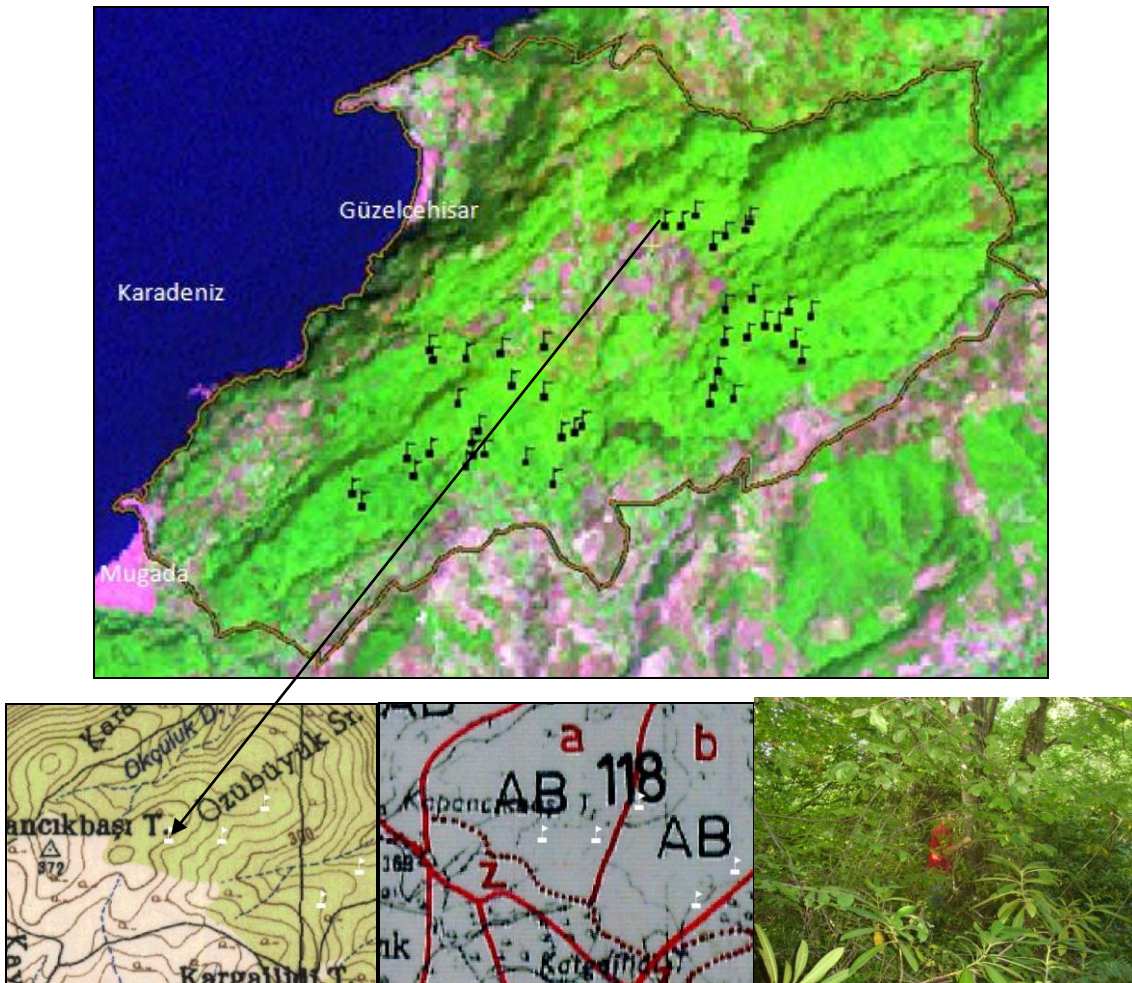
- Verilerin elde edilmesi: Arazi envanter bilgilerinin toplanması, çalışmada kullanılacak analog verilerin sayısallaştırılması ve arazideki her bir örnek alan için meşcere parametrelerinin hesaplanması,
- Dijital görüntü işleme: Bu aşama birkaç alt aşamayı içermektedir. Alt aşamalar sırasıyla, uydu görüntü verileri ve çalışmada kullanılan diğer haritalar için geometrik düzeltme işlemi uygulanarak aynı projeksiyon sistemine dönüştürülmesi, atmosferik şartlardan kaynaklı olumsuzluklar ve topografyadan kaynaklı farklı manzara aydınlanmalarının, görüntü verisinin spektral yansıtım değerlerinin değiştirmesini engellemek için atmosferik düzeltme işleminin uygulaması ve son olarak sonuç görüntü verileri üzerinden vejetasyona ilişkin farklı bitki indeks görüntülerinin oluşturulmasını içermektedir.
- Sonuç uydu görüntü verileri ve bitki indeksi görüntüleri ile meşcere parametreleri verileriyle ilişkilendirilmesi aşamasıdır. İlişkilerin kurulmasında Pearson korelasyon katsayısı ve çoklu doğrusal regresyon analizlerinden yararlanılmıştır.
- Meşcere parametrelerinin tahminine ilişkin oluşturulan regresyon modeline uygun sonuç görüntüleri oluşturulması, şeklinde sıralanmaktadır. Şekil 3. 7'de şematik olarak iş akış şeması gösterilmektedir.



Şekil 3.7 İş akış şeması.

3.3.1 Arazi Bilgilerinin Toplanması ve Değerlendirilmesi

Bu çalışma için, arazi envanter verilerinin toplanması amacıyla Bartın Orman İşletme Müdürlüğü, Merkez Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalan Mugada-Güzelcehisar ormanlık alanları içerisindeki Kayın (*Fagus orientalis* L.) meşceresinin ağırlıklı yer aldığı ormanlık alanlar seçilmiştir (Şekil 3.8). Sistematik örnekleme yöntemi kullanılmış ve 300x300 m aralıklarla 400 m² büyüklüğünde toplam 64 örnek alan alınması planlanmıştır. Ancak, 2007 Temmuz–Ağustos ayları itibariyle yapılan arazi çalışmaları sırasında seçilen deneme alanlarının bir kısmının topografya ve mevcut homojenliğin bozulması (kaçak kesim olması nedeniyle) gibi nedenlerden dolayı toplam 23 örnek alan iptal edilerek, toplam 41 örnek alanda 1600 ağacın ölçümleri tamamlanmıştır. Her deneme alanına ait merkez koordinatlar ve hesaplanan meşcere parametreleri (ağaç sayısı, çap, boy, göğüs yüzeyi, hacim, kapalılık) değerleri Çizelge 3.7’ de verilmiştir.



Şekil 3.8 Çalışma alanı içerisindeki deneme alanlarının konumları.

Çizelge 3. 7 Çalışmada ölçülen arazi envanter karnelerine ait bilgiler.

Nokta No	X (UTM Ed-50)	Y (UTM Ed-50)	Ağaç sayısı (Adet/ha)	Orta çap (cm)	Boy (m)	Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	Hacim (m ³ /ha)	Kapalılık (%)
1	4608500	431900	675	19,39	17	21,9	152,375	83,8
2	4608436	432177	900	13,17	10	13,2	65,925	70,3
3	4608475	432445	1275	14,64	13	23,1	125,45	66,7
4	4608524	432767	550	23,48	17,2	28	239,75	81,1
5	4608420	431928	1225	12,14	13,5	14,8	64,5	86,5
6	4608091	432118	1100	15,65	17	22,7	135,525	81,1
7	4608228	432523	1175	14,57	10,5	21,7	136,5	67,6
8	4608144	432768	375	15,83	8,5	8,4	54,7	59,5
9	4607871	433000	875	9,43	8	6,3	34,375	83,8
10	4607835	432904	800	10,66	7	7,5	36,3	81,1
11	4607923	433057	500	13,4	7,5	8,3	49,6	86,5
12	4607646	432630	375	14,47	9	6,6	33,475	75,7
13	4607483	432838	425	18,76	14	15,5	121,975	64,9
14	4607709	432315	400	23,63	11	23,6	154,7	72,9
15	4607887	432272	1525	12,24	9	18,7	95,075	86,5
16	4607701	432229	700	11,18	8	8,5	53,85	89,2
17	4607617	432178	675	10,28	8	5,9	30,3	83,8
18	4607794	432220	450	15,72	10,5	10,9	79,9	83,8
19	4607715	431907	400	15,44	12	9,1	54,35	66,7
20	4607542	431784	1000	11,41	11	10,9	56,425	59,5
21	4609437	433685	1200	14,09	13	21,6	126,725	86,5
22	4609435	433813	950	22,62	17,5	43,5	333,55	86,5
23	4609515	433916	1375	13,7	12	22,1	124,35	91,9
24	4608805	434144	750	18,2	12	22,1	147,475	89,2
25	4608884	434349	875	16,73	15	22	144,725	83,8
26	4608682	434441	1500	15,71	15	33,6	210,75	86,5
27	4608590	434313	650	22,61	20,5	34,5	305,525	81,1
28	4608556	434138	1225	16,98	13	32,8	221,575	78,4
29	4608335	434090	1175	15,29	14	24,3	149,35	78,4
30	4608216	434057	775	14,63	12	18	100,925	83,8
31	4608093	434028	550	20,93	15	22,1	156	86,5
32	4608127	434205	950	11,07	12	9,6	45,525	81,1
33	4609280	434052	775	10,58	8	7,1	34,425	78,4
34	4609361	434145	550	11,23	7	5,9	29,6	91,9
35	4609466	434334	500	10,85	7	4,9	23,275	75,7
36	4609407	434295	625	9,72	7	4,8	23,875	78,4
37	4608670	434545	1500	16,1	16	35	216,425	81,1
38	4608549	434668	1200	14,8	15	23,8	148,075	83,8
39	4608790	434627	1700	13,51	17	27,2	151,975	86,5
40	4608756	434793	1525	12,36	15	19,5	104,1	83,8
41	4608417	434727	675	17,28	16	19,47	132,275	78,4

Her örnek alanının merkez koordinatları GPS (Küresel Konumlama Sistemi) ile UTM projeksiyon sisteminde ve ED 50 datumunda kaydedilmiştir. Arazi üzerinde alınan her bir koordinat değerinin 1:25000 ölçekli topografik harita, aynı ölçekli meşcere haritası ve geometrik düzeltmeleri yapılmış uydu görüntü verileri üzerinden doğrulukları denetlenmiştir. Örnek alanların seçiminde 400 m²'lik örnek alanların içi ve çevresinin benzer özellikler içermesi dikkate alınmıştır. Yapılacak çalışmada 3x3 pencere boyutunda spektral yansıma değerleri baz alınarak yapılacağından dolayı, her bir örnek alan için yakın çevresinin benzer nitelikte olması yani vejetasyon yapısının homojenliğine dikkat edilmiştir. Örnekleme parsellerinde, merkez baz alınarak 4 farklı yönde ve kapalılığı temsil edecek şekilde fotoğraflar alınarak her bir karne için düzenleme yapılmıştır. Arazi üzerinde çekilen resimlerle, tablo verilerinin yer gerçekliği ile uygunluğunun denetimi sağlanmıştır. Çalışmada toplam 1600 adet ağacın kaydını içeren, toplam 41 adet örnekleme alanında ölçümler yapılmıştır. Toplam örnekleme alanında ölçülen değerler meşcere parametrelerinin hesaplanmasında ve uzaktan algılama verileriyle ilişkilendirilmesinde kullanılmışlardır.

3.3.2 Deneme Alanlarına Ait İstatistiklerin Hesabı ve Meşcereye Ait Parametrelerinin Kestirilmesi

Meşcere ölçümünde, belirli bir yerdeki meşcere veya meşcere tipi bir toplum sayılmaktadır. Toplumun birimlerini ağaçlar oluşturmaktadır. Örnek alanların içerdiği ağaç sayısı ve dağılımı, göğüs yüzeyi, ağaç hacmi, meşcere orta çapı vb. özellikleri ile tanımlanmaktadır (Kalıpsız 1991). Aşağıda deneme alanlarının çeşitli özellikleri ölçüldükten sonra, bu ölçümlere dayanarak örneğe ait istatistiklerin hesabı ve meşcereye ait parametrelerin kestirilmesi ele alınmıştır.

Ağaç Sayısı; Her bir örnek alan içindeki ağaçlar saptanmış ve hektara çevirme katsayısı ile çapılarak hektardaki ağaç sayıları (N/ha) belirlenmiştir.

$$\text{Ağaç Sayısı} = \Sigma \text{ağaç sayısı} \times A \quad (3.1)$$

Meşcere Orta Çapı; Meşcerenin çap bakımından özelliği, meşcere orta çapı ile belirtilmektedir. Örnek alanlardaki 8 cm'den daha kalın çaplı tüm ağaçların göğüs çapları ölçülmüştür. Göğüs çapları çap ölçer ile çift taraflı ölçülerek ortalaması alınmıştır. Ölçülen

göğüs yüksekliği çap değerlerinin aşağıdaki formülde belirtildiği gibi aritmetik ortalaması alınarak deneme alanlarının ortalama çapları (aritmetik orta çap) cm biriminde bulunmuştur.

$$\bar{d} = \frac{\sum d_i}{n} \quad (3.2)$$

\bar{d} : Deneme alanı ortalama göğüs çapı (cm)

$\sum d_i$: Örnek alandaki ağaçların ölçümlerle tespit edilen göğüs yüksekliği çaplarının toplamı (cm)

n : örnek alandaki ağaç sayısı (adet)

Meşcere göğüs yüzeyi; göğüs yüzeyi, birim (bir hektar) alanda bulunan ağaçların göğüs yüksekliğindeki daire yüzeylerinin toplamıdır (Kalıpsız, 1993). Doğal bir meşcere için göğüs yüzeyini ortalama bir değer olarak da almak mümkündür. Göğüs yüzeyi, bir yetiştirme ortamında üretimi belirleyen önemli bir parametredir (Eraslan vd. 1984, Saraçoğlu 2002). Bu amaçla, aşağıda belirtilen formüle göre deneme alanındaki ağaçların göğüs yüzeyleri alanları hesaplanmış ve elde edilen değerler hektara çevrilmiştir.

$$G_{1.30} = \sum \frac{\pi}{4} d_{1.30}^2 \quad (3.3)$$

$G_{1.30}$: Deneme alanındaki ortalama göğüs yüzeyi (m²/ha)

$\sum \frac{\pi}{4} d_{1.30}^2$: Örnek alandaki ağaçlara ait göğüs yüzeylerinin toplamı (m²/ha)

Meşcere orta boyu; Bu çalışmada deneme alanları içerisindeki ağaçların boyu “Blume Leiss” boy ölçer kullanılarak bulunmuştur. Örnek alanda her çap basamağından olabildiğince eşit sayıda olacak şekilde ağaç boyları ölçülmüştür. Meşcere orta boyu aşağıdaki formülle hesaplanmış ve birimi metredir.

$$\bar{h} = \frac{\sum h_i}{n} \quad (3.4)$$

\bar{h} : Örnek alan ortalama boyu (aritmetik orta boy) (m)

$\sum h_i$: Örnek alandaki ağaçların boyları toplamı

n : Örnek alandaki ağaç sayısı (adet)

Meşcere hacmi; Bir hektarlık alanda genellikle kabuklu odun miktarı olarak verilir. Her hektardaki ağaç hacminin büyüklüğü esas olarak ağaç türü, karışımı, meşcere yaşı, yetiştirme ortamı verimlilik derecesi ve meşcere sıklığına bağlıdır (Saraçoğlu, 2002). Meşcere hacmi aşağıdaki formülle hesaplanmış ve deneme alanları için hesaplanan hacim değerleri, hektardaki hacim değerlerine (m³/ha) dönüştürülmüştür.

$$V = \sum v_i \quad (3.5)$$

\bar{v} : Deneme alanındaki ortalama ağaç hacmi (m³)

$\sum v_i$: Örnek alandaki ağaçlara ait hacimlerin toplamı (m³)

Kapalılık; Kapalılık derecesi birim alandaki ağaç tepelerinin yatay düzlem üzerindeki izdüşümleri toplamının birim alana oranıdır. Güneş ışınlarının meşcereye dik olarak geldiği saatlerde meşcere içerisindeki güneşli ve gölgeli kısımların karşılaştırılması kapalılık derecesinin tahminine yardımcı olur (Ata 1995). Bu çalışmada deneme alanları içerisindeki kapalılık derecesini ölçmek için “Spherical Densiometer” kullanılmıştır (Şekil 3.9). Spherical Densiometrenin yüzeyi içbükey bir aynadan ibarettir. Toplam 24 eş kareye bölünmüş ayna yüzeyi, toplam 37 kesişim köşesinden ibarettir. Meşcere altında ışık gören ya da görmeyen köşelerin toplam köşe sayısı olan 37’ye oranlanması ile kapalılık derecesi saptanabilir. Yapılan çalışmalar Spherical Densiometrenin %95 doğrulukla ±%2-4 hata sınırları içerisinde meşcere içerisinde ölçüm yaptığını ortaya koymaktadır (URL-1 2007).



Şekil 3.9 Spherical Densiometer.

3.3.3 Dijital Görüntü İşleme

Dijital görüntü işleme, dijital görüntülerin bilgisayar yardımı ile analizine olanak sağlar. Bu tür bir yaklaşım aslında, 1960'lı yıllarda az sayıda araştırmacının çok spektral bantlı tarayıcı hava verisini ve sayısallaştırılmış hava fotoğraflarını analiz etmesiyle başlamıştır. Ancak Landsat 1'in 1972 yılında yörüngeye yerleştirilene kadar dijital görüntü verisi uzaktan algılama uygulamaları için yaygın bir konuma gelmemiştir. Bugün düşük maliyetli ve yüksek kapasiteli bilgisayar donanım ve yazılımına ulaşmak kolay ve dijital veri kaynakları çok fazla ve değişiktir. Dijital görüntü işleme arkasındaki ana fikir oldukça basittir. Dijital görüntü, bilgisayara bir zaman aralığında bir piksel şeklinde aktarılır. Bilgisayar, bu veriyi eşitliğe veya eşitlikler serisine sokmak için programlanır ve her piksel için oluşan sonucu saklar. Bu sonuçlar; resim formatında gösterimi yapılabilen, kaydedilebilen veya ek programlarla daha ileri işlemlere tabi tutulabilen yeni dijital görüntüyü oluşturur (Lillesand et al. 2004).

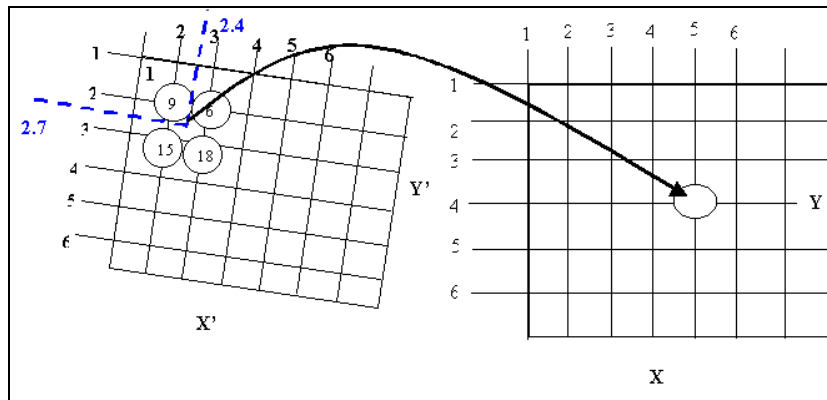
Uzaktan algılama sistemleri daha hassas, daha kaliteli ve doğru bilgi elde etmek üzere sürekli olarak gelişmektedir. Ancak mekansal çözünürlük, spektral ve radyometrik çözünürlük gibi kısıtları olan günümüz uzaktan algılama aygıtları için yeryüzü hala çok karmaşıktır. Bu yüzden uzaktan algılama ile veri elde etme işleminde hataların da dikkate alınması ve veri kalitesinin düşmesi kaçınılmazdır. Bu durum görüntü üzerinde yapılan analizlerin doğruluğunu da etkilemektedir (Campbell 2002).

İdeal bir koşulda uzaktan algılama sisteminin bir materyal için değişik bantlarda ölçtüğü ve kaydettiği elektromanyetik enerjinin yeryüzünde söz konusu materyalin verdiği ile eşit değerde olması beklenir. Ancak hata, veri toplama sürecinde çeşitli şekillere girerek, ölçülen değer ile gerçek değer arasında farklılıklar oluşmasına neden olmaktadır. Daha önce de bahsedildiği gibi uydu görüntülerinin içerdiği hatalar temel olarak radyometrik ve geometrik olarak iki başlıkta incelenir. Bu çalışmada kullanılan uydu görüntü verilerinin radyometrik düzeltmeleri yapılmış olarak teslim alınmıştır. Fakat çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin sadece algılayıcıya bağlı olarak oluşan hatalar giderilerek teslim alınmış, atmosfer ve topografyaya bağlı çevresel kaynaklı hatalar ve objeden kaynaklı hatalar giderilmemiştir.

3.3.3.1 Geometrik Düzeltme

Geometrik düzeltme işlemi, görüntü koordinatlarının yer koordinat sistemi gibi başka bir koordinat sistemine dönüştürülmesi işleminin bir parçasıdır. Geometrik düzeltmelerle algılayıcı-yer geometrisi değişiminden dolayı meydana gelen bozukluklar giderilir. Bu geometrik bozulmaların nedeni algılayıcıdan, dünyanın küreselliğinden ve topografyadan veya görüntüleme sırasında dünyanın dönmesinden, algılayıcıyı taşıyan platformun düzensiz durum ve konum değişimlerinden kaynaklanabilir. Geometrik bozulmalar sistematik (düzenli) veya sistematik olmayan (düzensiz) yapıda olabilir. Sistematik hatalar genelde platformun bazı yörünge ve kalibrasyon bilgileri ile düzeltilir. Sistematik olmayan hatalar ise yer kontrol noktaları ve sayısal yükseklik modelleri ile düzeltilebilir (Çetin 2007, Topan 2004).

Geometrik düzeltme işleminin özü, görüntü koordinat sistemi ile yer koordinat sistemi arasındaki ilişkinin dengeleme modelinin kurulması şeklindedir. Bu modelde, geometrik bozulmalardan dolayı görüntü koordinatları ölçü olarak değerlendirilir. Bu ölçülere getirilecek düzeltmeler, görüntünün geometrik doğruluğunun bir göstergesidir. Bu işlemler için, görüntü üzerinde kolayca ayırt edilebilecek özelliklere sahip yer kontrol noktaları tespit edilir. Bir harita üzerinde, bu noktaların karşılıkları belirlenir (Şekil 3.10). Harita üzerindeki bu noktaların koordinatları tespit edilerek, görüntüdeki karşılıkları ile arasında bir matematik ilişki kurulur. Bu işlemler sonucunda görüntü, ilişkilendirileceği koordinat sistemi olan yer koordinat sistemine çevrilmiş olur. Geometrik düzeltme işlemleri yer koordinatları kullanmaksızın düzeltilmiş bir görüntüden yararlanılarak iki görüntü arasında da yapılabilmektedir.



Şekil 3.10 Geometrik koordinat sisteminin yer koordinat sistemine dönüştürülmesi.

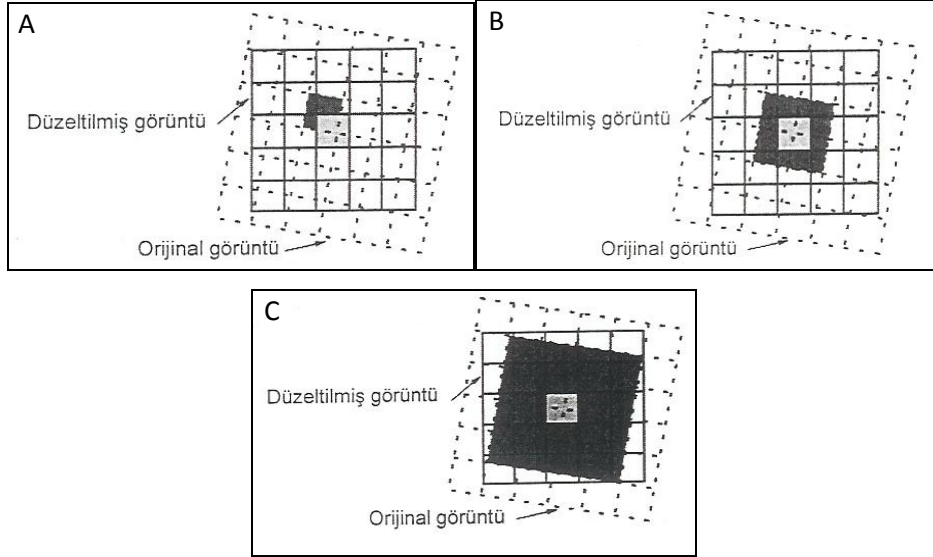
Geometrik düzeltilme ile piksellerin düzeltilmiş görüntü koordinatları elde edildiğinde bu piksellerin gri değerlerinin belirlenmesi gerekir. Bu işleme yeniden örnekleme adı verilir. Yeniden örnekleme işlemi, distorsiyonlu görüntüdeki orijinal dijital gri değerlerinden yeni gri değerlerini hesaplar. Yeniden örneklemede yaygın olarak kullanılan üç yöntem vardır. Bunlar; en yakın komşuluk (nearest neighbour), bilineer enterpolasyon (bilineer interpolation) ve kübik katlamadır (cubic convolution) (Şekil 3.11) (Lillesand et al. 2004).

En yakın komşuluk metodu örneklemede, orijinal görüntüden alınan pikseller sayısal olarak düzeltilmiş görüntüdeki en yakın piksel konumuyla ilişkilendirilir. Basit bir metot olup orijinal değerler değişmemektedir. Bununla birlikte sonuçta, bazı piksellerin değerleri çift olarak ortaya çıkmakta bazıları ise kaybolmaktadır. Bu metot genelde, arazi örtüsü tipleri vb. hususları içeren tematik veride uygulanmaktadır.

Bilineer enterpolasyon metodu örneklemede, orijinal görüntüden alınan 4 pikselin ağırlıklı ortalaması alınır ve yeni görüntü koordinatlarıyla ilişkilendirilir. Ortalama işlemleri sonucunda orijinal pikseller değişir ve tamamıyla yeni olan gri değerleri üretilir. Bu durum arzu edilmemekle beraber, spektral tabana dayalı sınıflandırma gibi uygulama ve analizlerde en iyi sonucu sağlar.

Kübik katlama metodu örneklemede ise, orijinal görüntüden alınan 16 piksel blokunun ağırlıklı ortalama mesafesi hesaplanır ve yeni görüntü koordinatları ile ilişkilendirilir. Bilineer enterpolasyon ve kübik eğri metotları tamamıyla yeni gri değerlerini üretmektedir. Bu iki metodun kullanımı ile elde edilen görüntüler, daha keskin bir görünüş verirler ve en yakın komşuluk metodunda meydana gelen parçalı ve eşit olarak dağılmamış ışık ve gölgeleri içermezler.

Bu çalışmada örnekleme yöntemi olarak orijinal görüntüden alınan pikseller sayısal olarak düzeltilmiş görüntüdeki en yakın piksel konumuyla ilişkilendirilmesi sebebiyle orijinal piksel değerlerini minimum etkileyen en yakın komşuluk yöntemi uygulanmıştır (Çizelge 3.8).



Şekil 3.11 (A) En yakın komşuluk (B) Bilineer enterpolasyon (C) Kübik eğri (Lillesand et al. 2004).

Çizelge 3.8 Kullanılan yer kontrol noktalarının sayısı ve karesel ortalama hataları.

Uydu Görüntüsü	Yer kontrol noktası	Karesel Ortalama Hata (\pm piksel)
Landsat-7 ETM+	21	0,7646
Spot HR-VIR	21	0,6114
Aster VNIR	21	0,5895

3.3.3.2 Atmosferik Düzeltme

Uzaktan algılama algılayıcılarından elde edilebilecek en değerli bilgi, belirli bir objeden dünya yeryüzünden yansıyan belirli bir bant aralığındaki güneş ışınımı ya da yayımlanan termal ışınımdır. Eğer uydu ve yeryüzü arasında atmosfer ortamı olmasaydı herhangi bir bant aralığındaki ışınım algılayıcıya değişmeden gelebilecektir. Diğer bir ifade ile yeryüzündeki objeden yansıyan ışınım ile algılayıcıya ulaşan ışınım miktarı aynı olacaktı (Sarıkaya 2006).

Atmosferin homojen olmayan yoğun ve tabakalı yapısı içerisinde bulunan su buharı, aerosoller, diğer gazlar ve engebeli arazilerden kaynaklanan farklı aydınlanmalar, uydu görüntü verilerinin orijinal ışınım değerlerini değiştirmektedir. Atmosferik düzeltme, uydu görüntü verileri üzerinden yüzey sıcaklıklarına ve objeye ait gerçek yansıma değerlerine ilişkin bilgilerin elde edilmesine yönelik bir uygulamadır. Atmosferik düzeltme yeryüzündeki yansımaların görüntü üzerinde en iyi şekilde temsil edilebilmesi için hatalara neden olan atmosferik ve aydınlanma etkilerini önlemek için kullanılır.

Atmosferik düzeltmenin genel olarak faydaları;

- Uydu görüntü verisi üzerindeki spektral yansıma değerlerinin, atmosferden kaynaklı hatalardan arındırılmış olarak elde edilmesini sağlamak,
- Özellikle gölge etkisi gibi arazi yüzey değişimlerinden kaynaklı farklı aydınlanma şartları sonucu oluşan farklı yansıtma etkilerinin azaltılması,
- Algılayıcıya ulaşan herhangi bir objeye ait elektromanyetik enerjinin, ilgili objenin gerçekte verdiği elektromanyetik enerjiye yakın değerler taşınmasına imkan tanınarak yapılacak analiz ve sorgulamalarda en yüksek doğruluğa ulaşmak,
- Çok algılayıcı ve çok zamanlı uydu görüntülerinin performanslarının karşılaştırılması
- Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Leaf Area Index (LAI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) bitki indekslerinin daha doğru sonuçlar içermesi, şeklinde sıralanabilir (Richter 2008, PCI Guide 2005).

Atmosferden kaynaklanan hataların düzeltilmesi işlemine gerek olup olmadığı sorusuna en uygun cevap, uydu görüntü verilerinin hangi amaçla kullanılacağı, algılayıcının bulunduğu platformun yüksekliği ve bölgenin elektromanyetik enerjiye olan duyarlılığına bağlıdır. Basit bir şekilde belirli bir zaman diliminde ve atmosferik koşulda algılayıcı tarafından algılanan yansıma değerlerinin (Digital Number (DN)), analiz ve sorgulamalar için objenin gerçek yansıma değerlerine yakın DN'ler ile çalışmaların yürütülmesini sağlar. Atmosferik düzeltme ile asıl hedeflenen, algılayıcıya ulaşan elektromanyetik enerji değerini (radyometrik ölçümler), gerçek objenin yansıtım değerine dönüştürmek ve ölçülen spektral yansıma değerindeki atmosferik etkileri dikkate almaktır. Bu şekilde farklı algılayıcı veya platformdan alınan yansıma değerlerinde, atmosferden ve bazı teknik problemlerden kaynaklanan farklılaşmalar engellenmiş olmaktadır. Özellikle vejetasyon temelli çalışmalar için algılayıcının farklı yansıma değerlerine sahip her bir bandı için oluşabilecek hataların giderilmesinde oldukça faydalıdır. Bu yönleri ile atmosferik düzeltme yerin gerçek spektral yansıtım değerine ulaşmak için oluşan tüm hataların giderildiği bir uygulama olarak düşünülmemelidir. Ancak gerçek değere yakın yansıtım değerine ulaşmak için önemli birçok hatanın giderildiği bir uygulamadır (URL-2 2008).

Uydu görüntü verileri radyometrik düzeltme olmaksızın elde edilirken, özellikle farklı algılayıcıların karşılaştırmaları söz konusu olduğunda ve yer gerçeği amaçlı fiziksel temelli yaklaşımlarda, radyometrik düzeltme oldukça avantajlıdır. Atmosferik ve topografik etkilerin

giderilmesi için oldukça faydalı fiziksel modeller olmasına rağmen, en doğru ve güvenilir bilgi için uygun spektral ve radyometrik algılayıcı kalibrasyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

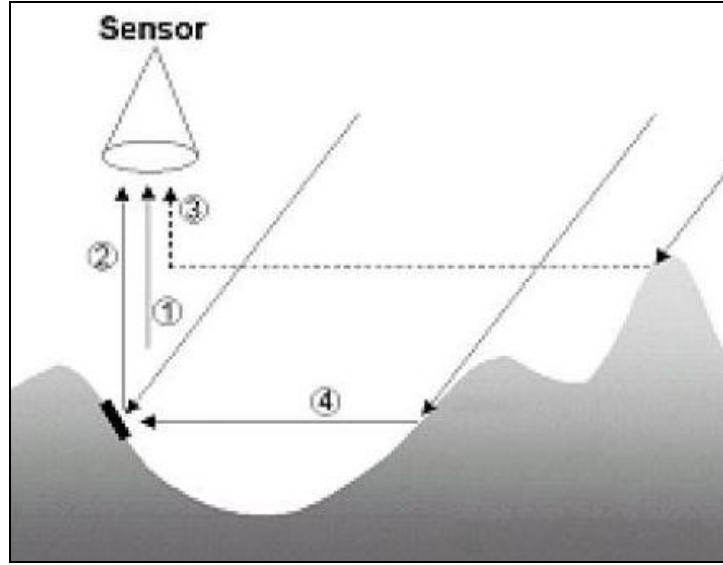
Atmosferik düzeltmeye konu olan eğim ve bakı analizlerinin doğruluğu (Carter 1992), hedef piksel dışındaki yansınım etkileri tamamen çözünürlüğe bağlı oluşturulan sayısal yükseklik modeline bağlıdır. Genel olarak uydu görüntü verisinin mekansal çözünürlüğünün 0.25 katı bir DEM çözünürlüğü yeterlidir (Goodenough et al. 1990). Aynı zamanda topografyadan kaynaklı hataların giderilmesi hususunda da Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) kullanmak oldukça önemlidir. Bunlara ek olarak arazinin farklı aydınlanma koşulları, algılayıcının bakış geometrisi gibi faktörlerinde dikkate alınması gerekmektedir. Bu etkilerin giderilmesi ve arazi üzerindeki objenin gerçek yansıtım değerine ulaşmak için atmosferik düzeltme uygulamasının, uydu görüntü verilerine uygulanması yapılan çalışmaların doğruluğu ve güvenilirliğini arttıracaktır.

Günümüzde uzaktan algılama uydularına atmosferik düzeltmeyi gerçek zamanlı olarak yapacak sistem ve algılayıcılar tasarlanmaktadır. Bu şekilde, görüntü çekim anındaki atmosfer profili ölçülerek, atmosferik düzeltme son kullanıcıya gelmeden gerçekleşecektir. Çalışmada kullanılan atmosferik düzeltme yazılımı (ATCOR) Alman Uzay ve Havacılık merkezinden Dr. R. Richter tarafından geliştirilmiştir. Çalışmada kullanılan PCI Geomatics uzaktan algılama yazılımlarına bir eklenti şeklinde olarak gelmektedir. ATCOR yazılımının amacı, uydu görüntülerinin ayrıntılı bir atmosferik bilgiye ihtiyaç duymadan uydu görüntülerinin radyometrik ve atmosferik düzeltmelerini yapabilmektedir. Belirli atmosfer, aerosol, rakım, güneş zenit açısı değerleri için yapılacak düzeltmeler veritabanında saklanmaktadır. Aradaki değerler enterpole edilerek bulunmaktadır.

Yaygın olarak iki farklı atmosferik düzeltme uygulaması kullanılmaktadır (Richter 2008). Yapılan çalışmalar incelendiğinde düz ve düze çok yakın araziler için ATCOR-2 kodlu atmosferik düzeltme uygulaması (Richter 1996), engebeli araziler için ise ATCOR-3 uygulaması kullanılmaktadır (Richter 1998). Bu çalışmada çalışma alanının engebeli olması nedeniyle PCI Geomatica 9.1 yazılımı ATCOR-3 modülü kullanılmıştır.

Eğimli araziler için herhangi bir algılayıcının toplam sinyalinin dört bileşeni vardır (Şekil 3.12).

1. Atmosferdeki aerosoller nedeniyle yeryüzüne ulaşmadan saçılma nedeniyle tekrar algılayıcıya geri dönen ışınım (Path Radiance),
2. Gerçek gri değerine karşılık gelen yerin ışınımı,
3. Algılayıcının bakış yönü içerisindeki saçılma nedeniyle komşu çevreden farklı ışınım (adjacency radiation),
4. Arazinin topografyasına bağlı olarak farklı yansımalar.



Şekil 3.12 Eğimli araziler için ışınım bileşenleri.

Hedef piksel için algılayıcıda kaydedilen enerjinin gri değeri, yukarıda bahsedilen farklı bileşenler nedeni ile istenilen yansıtma değerini vermez. Şekil 3.11’de görüldüğü gibi gerçek piksel yansıtma değerini (2) numaralı ışınım değeri vermektedir. Diğer bileşenler ise hatayı beraberinde getirmektedirler. Herhangi bir manzara veya görünüm için, su buharı içeriği, aerosol tipi ve görünürlük gibi atmosferik şartlar tahmin edilerek, manzara içerisindeki bir çalışma alanı için gerçek yansıtma değeri seçilen atmosferik parametrelerin bir fonksiyonu şeklinde elde edilebilir (Richter and Schlapfer 2002).

Çalışmada kullanılan atmosferik düzeltme (ATCOR-3) parametrelerin konfigürasyonu incelendiğinde öne çıkan parametreler; yükseklik bilgileri (SYM), algılayıcı bilgileri, mevcut atmosferik şartların tanımlanması ve diğer gerekli parametreler olarak sıralanabilir. Kullanılan PCI Geomatica 9.1 yazılımı ATCOR-3 modülü incelendiğinde gerekli bilgilerin girilmesi için bilinmesi gereken veriler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Aerosol tipleri; Aerosol tipi görüntünün alım anındaki mevcut alan içerisindeki hakim olan partikülleri tanımlar. Alan içerisindeki rüzgar yönü ve hava şartları aerosol tipine önemli derecede etki ederler. Kırsal (Rural), Yerleşim (Urban), Çöl (Desert) ve Deniz kıyısı (Maritime) olmak üzere 4 farklı aerosol tipi mevcuttur.

Kırsal aerosol tipi için, toz ve organik partiküllerden oluşmuşur şeklinde ifade edilebilir. Ancak mevcut alan içerisinde şehirleşme ve endüstriyel merkezlerden kaynaklı güçlü etkiler mevcut değildir. Özellikle orman alanları, geniş tarım alanları ve karla kaplı alanlar için tercih edilirler (PCI Guide 2005). Bu nedenle çalışma alanı için seçilen aerosol tipi kırsal aerosol tipi olmuştur.

Seçilen çalışma alanının denize uzaklığı 1-2 km olmasına karşın deniz kıyısı aerosol tipi seçilmemiştir. Çünkü atmosferin koşullarını tam olarak ortaya koyulamadığı durumlarda kullanılan yazılım için önerilen aerosol tipi de kırsal olmaktadır (PCI Guide 2005).

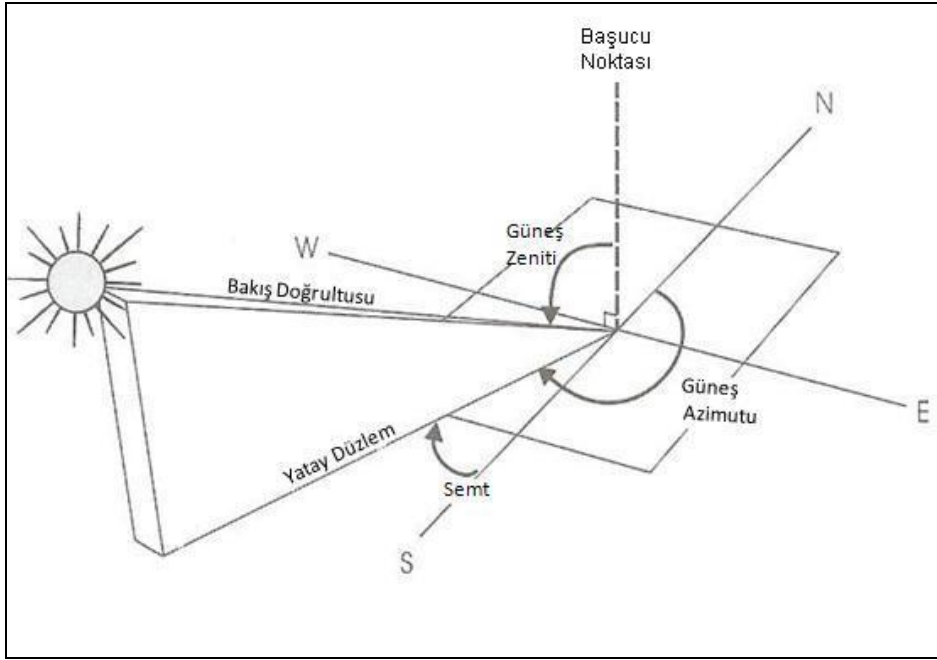
Atmosferik tanımlama; Standart atmosferler basınç, sıcaklık, su buharı ve ozon yoğunluğunun değerleri ile ifade edilirler. Atmosferik düzeltmenin performansını etkileyen seçilecek standart atmosferin belirlenmesindeki anahtar rol toplam su buharı içeriğidir. Algılayıcıların bandlarında su buharı içeriği olarak herhangi bir bilgi içermediği için, görüntü alım zamanındaki toplam su buharı içeriği kullanıcının seçimine kalmaktadır.

Toplam su buharı içeriğine göre standart atmosfer tanımları aşağıdaki gibi yapılmıştır (PCI Guide 2005).

- Çöl (Dry or dry desert): Toplam su buharı içeriği 0.41 gr/cm^2
- Bahar (Fall, spring): Toplam su buharı içeriği 1.14 gr/cm^2
- Nemli (Humid): Toplam su buharı içeriği 4.94 gr/cm^2
- Orta enlem yaz (Mid-latitude summer): Toplam su buharı içeriği 2.92 gr/cm^2
- Orta enlem kış (Mid-latitude winter): Toplam su buharı içeriği 0.85 gr/cm^2
- Yarı arktik yaz (Sub-arctic summer): Toplam su buharı içeriği 2.08 gr/cm^2
- Yarı arktik kış (Sub-arctic winter): Toplam su buharı içeriği 0.42 gr/cm^2
- Kurak (Arid): Toplam su buharı içeriği 2.15 gr/cm^2
- Standart: Toplam su buharı içeriği 1.42 gr/cm^2

Çalışma alanı için Landsat ve Spot uydu görüntü verisi için Nemli, Aster görüntü verisi için Bahar standart atmosferik şartlar uygulanmıştır. Her bir uydu görüntü verisinin alım tarihi ve bölge meteorolojik verileri göz önünde bulundurularak bu seçim yapılmıştır.

Solar zenit ve azimut; Solar zenit ve azimut güneşin konumunu ifade eder. Solar azimut, yatay pozisyonda obje üzerine gelen ışınımın saat yönünde kuzeyle yaptığı açıyı ifade eder. Solar zenit ise, başucu noktası (lokal zenit) ile güneşin geliş yönü arasındaki açıyı ifade eder (Şekil 3.13). Uydu görüntü metadata dosyaları içinde verilen bu bilgiler için göz önünde bulundurulması gereken önemli bir durum “solar zenit” açısının hesaplanmasıdır. Metadata dosyası içinde verilen açı değeri “solar elevation” olması durumunda hesaplama “solar zenit = 90- solar elevation” şeklinde olmalıdır.



Şekil 3.13 Güneş-uydu geometrisi (PCI Guide 2005).

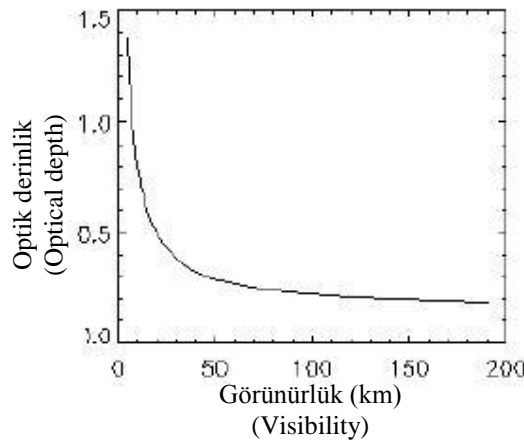
Görünürlük (Visibility); görünürlük, optik derinlik, kesin bir zaman dilimi ve yerdeki atmosferin ışık geçirmezliğinin hesaplandığı bir meteorolojik istatistik değeridir. Bu değer bir kişinin görebileceği en uzak mesafeyi ölçer. Kullanılacak program için bu değer 5-180 km arasında değişmektedir. Görünürlük değeri görüntüdeki her bir piksel için bir görünürlük değeri hesaplar. Görünürlük parametresi genellikle spesifik atmosferik şartlarda daha yüksek doğruluk çalışmaları için kullanılır.

“Visibility” değeri tanımlanarak suya ilişkin bilgileri kontrol eden yakın kızılötesi ve vejetasyonu kontrol eden kırmızı bantlardaki karanlıkta kalmış yüzeyler için negatif piksel yansıtımlarını giderilmeye çalışılmaktadır (Geosystems, 2004). Bu durumdaki negatif yansıtım yapan piksellerin yüzdelere, görüntü piksel değerlerinin %1’in altına çekmek için, program maksimum 60 km.’ye kadar Çizelge 3.9’daki tekrar değerleri doğrultusunda devam etmektedir.

Çizelge 3.9 Negatif yansıtım pikselleri için görünürlük tekrarları.

Görünürlük (km)	Görünürlük tekrarı (km)
5-15	3
15-20	4
20-28	5
28-50	10

Örneğin Vis. 10 km değeri verildiğinde tekrarlama 13,16,20,24,29,39,49,59 km. şeklinde devam etmektedir. Eğer kırmızı ve yakın kızıl ötesi bantlar piksellerinin karanlık yüzeyde kalmış negatif yansıtımları sayısı 20km için görüntü piksellerinin sayısının %1’inin altına düşmüş ise, program 3 tekrardan sonra döngüyü sonlandıracaktır. Eğer vis. değeri 21 km verilmiş (döngü= 26,31,41,51) ve istenilen değere 26 km için ulaşılmışsa tek döngüde program sonlanacaktır. Görüntü verileri için yaklaşık görünürlük tahminleri, düşük kontrast için görünürlük değeri 10 km’den küçük (VIS<10 km), normal kontrast için VIS =15 km ve iyi bir kontrast için VIS= 25 km’dir (Şekil 3.14).



Şekil 3. 14 Görünürlüğün bir fonksiyonu şeklinde optik derinlik (Richter et al. 2006).

Yakınlık (Adjacency); yakınlık (bitişik olma) komşu pikseller üzerinde geri saçılımın bir etkisidir. Yakınlık etkisi (Adjacency effect), farklı yüzey yansıtımlarına sahip alanlar arasında atmosferik parazit tarafından sebep olan fiziksel bir parametredir. Adjacency etkisi farklı

yansıtımların olduğu yakın çevrenin ışınım değerlerini, istenilen hedef piksel yansıtım değerini etkilememesi için kullanılan bir değer tanımlamadır (Dave 1980). Şekil 3. 12 incelendiğinde algılayıcıya ulaşan dört farklı ışınım bileşeni vardır. 3. ve 4. bileşenler yakınlık etkisini tarif etmektedir. Atmosfer tarafından yerden geri saçılan ışınım ve anlık görüş alanı içerisindeki geri plandaki saçılan ışınımın toplamını ifade eder. Yerin gerçek yansıtım değerini 2 nolu bileşen vermektedir. Bu nedenle diğer bileşenlerin hesaplamalardan çıkarılması gerekmektedir.

Yakınlık etkisi maksimum 200 piksele kadar her bir pikselin etrafındaki bir alan için hesaplanır. Örneğin, 30 m yer çözünürlüğüne sahip Landsat görüntü verisi için, yakınlık değeri 6 olmalıdır. Çünkü 200 piksel için (200 x 30) 6000 m değerine ulaşılır. Sonuçlana (6 km) kullanılacak maksimum değer bir ifadesidir. Bu durumda yakınlık etkisi değeri, 0-6 arasında bir değerde olmalıdır.

Kalibrasyon; standart kalibrasyon dosyaları çalışmada kullanılan PCI Geomatica yazılımı için Dr. Richter tarafından oluşturulmuştur (Şekil 3.15). Atmosferik doğruluk için en iyi sonuçlar her bir algılayıcı için hazırlanan standart kalibrasyon dosyaları ile elde edilir. ATCOR-3 yazılımı ile birlikte gelen kalibrasyon dosyaları yardımıyla atmosferik olarak düzeltilmiş görüntü değerleri için DN değerlerinden ışınım değerlerine geçiş söz konusudur. Görüntü alımları sırasında metadata dosyalarını yanında kalibrasyon dosyaları mevcut olmadığı için, bu çalışmada yazılımdaki her bir algılayıcı için geçerli kalibrasyon dosyaları kullanılmıştır.

Band numaraları	bias	gain	[mW/cm2 sr micron]
1	-0.6200	0.0776000	
2	-0.6400	0.0796000	
3	-0.5000	0.0619000	
4	-0.5100	0.0637000	
5	-0.1002	0.0126000	
6	0.0000	0.00670866	
7	-0.0350	0.00437000	

Şekil 3.15 Kalibrasyon dosyası örneği.

3.3.3.3 Vejetasyon İndeksleri

Bu çalışmada, atmosferik düzeltme aşamasında diğer en önemli bitki indekslerinden Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Leaf Area Index (LAI), Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FPAR) (Baret and Guyot 1991, Choudury 1994), Surface Albedo ele alınmıştır. Ayrıca Landsat 7 ETM+ görüntü verisi için Ana Bileşenler Dönüşümü (Principal Components Analysis) ve Tasseled Cap Transformation (TST) dönüşümü uygulanmıştır (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10 Çalışmada kullanılan vejetasyon indeksleri.

Vejetasyon indeksi	Formül
NDVI	$\text{NIR-RED} / \text{NIR+RED}$
SAVI	$(\text{NIR-RED})/(\text{NIR+RED+L})(1+L)$, $L=0,5$
PCA	-
TK1 parlaklık	$0,3037\text{ETM1}+0,2793\text{ETM2}+0,4743\text{ETM3}+0,5585\text{ETM4}+0,5082\text{ETM5}+0,1863\text{ETM7}$
TK2 yeşillik	$-0,2848\text{ETM1}+-0,2435\text{ETM2}+-0,5436\text{ETM3}+0,7243\text{ETM4}+0,0840\text{ETM5}+-0,1800\text{ETM7}$
TK3 ıslaklık	$0,1509\text{ETM1}+0,1973\text{ETM2}+0,3279\text{ETM3}+0,3406\text{ETM4}+-0,7112\text{ETM5}+-0,4572\text{ETM7}$
LAI	$-1/a_2 \cdot \ln(a_0 - \text{VI}/a_1)$, (VI=SAVI), $a_0=0,75$, $a_1=0,65$, $a_2=0,60$
FPAR	$C[1-A \exp(-B \text{LAI})]$ $A=1$, $B=0,4$, $C=1$
Albedo	$a = \frac{\int_{0,3 \mu\text{m}}^{2,5 \mu\text{m}} \rho(\lambda) d\lambda}{\int_{0,3 \mu\text{m}}^{2,5 \mu\text{m}} d\lambda}$

Ekosistem verimliliği, karbon döngüsü, evrensel iklim değişiklikleri, hidroloji ve biyogeo kimya çalışmaları için vejetasyon parametrelerinin önemi oldukça fazladır. Yüze fotosentez miktarı, transpirasyon, evapotranspirasyon vb. parametrelerin hesaplamaları evrensel ölçekte vejetasyon çalışmalarında kullanılmaktadır. Bu nedenle, vejetasyon parametrelerinin doğruluğu karbon döngüsü, enerji dengesi ve çevresel yönetimsel çalışmalarda giderek artan bir öneme sahip olmaktadır (Tian et. al 2000) Bu parametrelerin ikisi Leaf Area Index (kapalılık yapı değişkeni, LAI), Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FPAR), radyometrik değişkenidir. Belirli bir bölgedeki vejetasyon dinamiklerine ilişkin ayrımlar ve bölgesel vejetasyon özelliklerinin ortaya çıkarılması istendiğinde bu iki parametre kullanılmaktadır (Knyzikhin et al. 1998, Knyzikhin et al. 1998).

Bu iki parametre Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ve band oranlarını kapsayan kırmızı ve yakın kızıl ötesi bandlarını içeren

vegetasyon indeksleri LAI/FPAR değerleri arasındaki ilişkilerden oluşturulan modeller yardımı ile uzaktan algılama verilerinden tahmin edilebilir (Verma et al. 1993, Chen 1996, Chen and Cihlar 1996). Tüm uzaktan algılama verileri için uygulanamayabilir. Özellikle uydu görüntü verilerinin geometrik ve radyometrik çözünürlüğü her iki parametrenin uygulanabilirliği konusunda oldukça etkilidir (Friedl 1996, Gobron et. al 1997).

Yaprak alan indeksi (Leaf area index (LAI)), bir alandaki yeşil yaprak yüzeyinin yoğunluğunu ifade eder ve alanda yüzeysel olarak yeşil yaprak alanının yüzde ölçümüdür. Kısaca LAI, birim alanda yaprak alanının birim yüzey alanına yüzde oranıdır. LAI, orman ekosisteminin önemli bir doğal özelliğidir. Çünkü enerji, gaz ve su değişimlerinin ölçümü için kullanılacak bir değerdir. Örneğin LAI transpirasyon, evapotranspirasyon ve fotosentez gibi fiziksel olayların bir fonksiyonudur (Franklin 2001). LAI ve orman alanı tipi uzaktan algılama verilerinden elde edilerek ilişkilendirilmesi gereken iki girdidir. Ormanlık alan ve LAI ilişkisi ile büyüme ve verimlilik tahminine yönelik modeller kurulabilir.

Uzaktan algılamada yaprak alan indeksinin tahmini, mevcut alan üzerindeki ışınım ve mevcut yeşil yaprak etkileşimi ilişkilerine dayanan bir olgudur (Tucker 1979, Sellers 1985, Jasinski 1996). Yakın kızıl ötesi enerjinin çoğu ağaç yaprakları tarafından yansıtılır (Knipling 1970, Gausman1977). Görünür bölgedeki enerjinin çoğu (özellikle kırmızı band) sentetik pigmentler tarafından soğurulur (Waring et al. 1995). Bu nedenle bitki indeksleri oluşturulurken yoğun kullanılan bandlar yakın kızıl ötesi ve kırmızı bantlardır. Bu yaklaşımla geleneksel ormancılık anlayışını uzaktan algılama verileri ile ilişkilendirmek istendiğinde yaprak alan indeksi (LAI) tahminleri meşçere parametreleri olan çap, boy, hacim vb. ile ilişkilendirilebilmektedir (Buckley et al. 1999). Böylelikle LAI sürdürülebilir ormancılık anlayışı çerçevesinde uzaktan algılama verilerinin ormancılık çalışmalarında öne çıkmasına neden olmuştur.

Yapılan çalışmada, program kapsamında LAI indeksi, SAVI ve NDVI'a göre iki ayrı hesaplama ile elde edilmektedir. Her iki hesaplamada da üç farklı parametre değeri kullanılır. Vegetasyon tipine ve dönemlik mevsime bağlı olan bu değer alan üzerinde hesaplanmalıdır. Bu çalışmada ise program kapsamında hazır parametre değerleri kullanılmıştır. LAI, vegetasyon içerisindeki yalnızca tahmini eğilimleri ortaya koyar. Farklı mevsimler içindeki diğer vegetasyon tiplerinin ölçümlerini pekiştirmek ya da onun yerine geçmesi gereken bir

değer değildir. SAVI ile yapılan hesaplama ile kırmızı ve yakın kızıl ötesi bandlar kullanılarak, meşcere kapalılığı altında kalan alanın yansımalarını elimine ederek, yeşil vejetasyon gücünü ve yoğunluğunun ölçümü yapılır. NDVI ile yapılan hesaplamada ise, yine kırmızı ve yakın kızıl ötesi bandlar kullanılarak her iki band için bölgedeki vejetasyonun yansımaları karşılaştırılarak yeşil vejetasyonun gücü ve yoğunluğunun ölçümü yapılır.

Fotosentetik aktif radyasyon fraksiyonu (Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FPAR)); toprak suyu ve mineralleri sınırlayıcı bir faktör olmadıkları zaman vejetasyon tarafından soğurulan fotosentetik aktif ışınım (Photosynthetically Active Radiation, PAR) artışı ile vejetasyon kapalılığının artışı arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Buna ilaveten, soğurulan fotosentetik aktif ışınım olayının fraksiyonu (Fraction of Photosynthetically Active Radiation, FPAR) vejetasyon alanları için enerji döngüsü, meşcere parametreleri tahmini, hidroloji gibi çalışmalar için önemli bir değişken olmuştur (Seller et al. 1986). Sonuç olarak optik bazlı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak vejetasyon tahribi yapılmaksızın FPAR kullanılarak vejetasyona ilişkin bir takım bilgilere ulaşılabilmektedir. FPAR, yeşil vejetasyon tarafından soğurulan 400-700 nm arasındaki ışınımın kısmını hesaplamak için kırmızı ve yakın kızıl ötesi bandları kullanılarak yapılan hesaplamadır. Birçok çalışmalar göstermiştir ki, FPAR indeksi bazı çalışmalar için vejetasyona ait ayırt edici bir özelliktir ve FPAR eşitliği vejetasyondaki değişimlerin eğilimlerinin belirlenmesi için kullanılır (Asrar et al. 1984, Asrar 1989, Wiegand et al. 1990, Wiegand et al. 1991, Sellers 1985).

Ana bileşenler dönüşümünün (PCA) amacı orijinal (n) bandlı veri setinde bilgilerin tümünü daha az (n) yeni banda veya bileşene sıkıştırmaktır. Daha sonra oluşan yeni bileşenler orijinal verinin yerine kullanılır (Lillesand et al. 2004). Tassel Cap Dönüşümü, uydulardaki algılayıcılar tarafından farklı spektral aralıkta algılanan sinyal tepkisi ile yeryüzünde olan fiziksel olaylar arasında doğrudan bir ilişki kurulmasını sağlamaktadır. Algılanan veri boyutu küçültülerek, spektral verinin, bitkilenme ve toprak çalışmalarına uygulanmasını kolaylaştıran ve kullanıcının büyük ölçüde ilgilendiği bilgileri ön plana çıkartarak bitkilenme, toprak ve dış etkiler konusundaki bilgileri ortaya koymaktadır. Landsat 7 ETM + uydusunun ısısal band dışında altı farklı dalga boyunda algıladığı veriler, Tassel Cap Dönüşümü katsayıları yardımıyla doğrusal olarak birleştirilerek bitki ve toprak ağırlıklı olmak üzere parlaklık, yeşillik ve ıslaklık boyutlarına sığdığını göstermiştir (Crist and Cicone 1984, Crist and Kauth 1986).

3.3.4 İstatistik Analizler

Arazi üzerinden ölçülen meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkilerin analizinde korelasyon analizinden faydalanılmıştır. Korelasyon analizi, bağımsız değişken ya da değişkenlerin bağımlı değişkenin kendi içindeki değişkenlikte açıkladığı kısmın payını ortaya çıkarmaktadır. Korelasyon analizi bağımsız değişken veya değişkenlerle bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi oran veya yüzde olarak gösteren korelasyon katsayısının hesaplanmasına dayanmaktadır. İki değişken arasında bir bağıntı varsa ve fonksiyon bir doğru şeklinde dengelenebiliyorsa, buradaki bağıntının derecesi korelasyon katsayısı 'r' ile gösterilir. "r" değeri -1 ile +1 arasında değişir. $r = -1$ ve $r = +1$ durumunda ilişki matematik bir fonksiyon demektir (Orhunbilge 1996, Özdamar 2002). Bu çalışmada, çap, boy, göğüs yüzeyi hacim ve kapalılık gibi meşcere parametreleri atmosferik düzeltmeleri yapılmış uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır.

Arazi üzerinde ölçümlerle tespit edilen meşcere parametrelerinin, uydu görüntü verileri spektral yansıma değerleri olan bağımsız değişkenler ile bir modelin kurulabilmesi amacıyla SPSS 15.0 istatistik paket programı yardımıyla çoklu doğrusal regresyon modellemesi yapılmıştır. Gerçek hayatta birçok modelin açıklanması için iki veya daha fazla açıklayıcı değişkene gerek duyulmaktadır. Birden çok açıklayıcı değişkenli modeller çoklu regresyon modeli olarak adlandırılır. Model olarak;

Basit doğrusal regresyon modeli: $y = \beta_0 + \beta_1x + \varepsilon$,

Çoklu doğrusal regrasyon modeli: $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \dots + \beta_nx_n + \varepsilon$,

Y Bağımlı değişken

X_i Bağımsız değişkenler

β_i Tahmin edilecek parametreler

ε Hata terimi

Çoklu doğrusal regresyon modelinin varsayımları: normal dağılım, doğrusallık, hata terimlerinin ortalama sıfır olan, sabit varyans, otokorelasyon olmaması ve bağımsız değişkenler arasında bağlantı olmamasıdır. Çoklu doğrusal regrasyon modelinin hipotez testinin kontrolünde, her bir parametre için tek tek istatistiksel olarak anlamlılığı için t testi ve modelin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığı için F testine bakılır. Belirlik katsayısı (R^2)

bağımlı değişkenin yüzde kaçının modele dahil edilen bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını gösterir. Yalnız çoklu regresyon modelinde dikkat edilmesi gereken nokta, belirlilik katsayısı modele dahil edilen değişken sayısı arttıkça artar. Böyle durumlarda, düzeltilmiş belirlilik katsayısına (Adjusted R²) bakılmalıdır (Öztürk 2005).

Ölçüm yapılan bağımsız değişkenle, bağımlı değişken arasındaki ilişki, değişken sayısı arttıkça daha iyi izah edilir duruma gelir. Ancak, değişken sayısının arttırılması ek ölçümleri gerektirdiğinden zahmetli ve masraflı bir iştir. Bu nedenle toplam varyansı en az sayıda değişkenle açıklama esas amaç olmalıdır.

Modele eklenmesi ile bağımlı değişkenin varyansını açıklamada önemli artış sağlayan değişkenleri belirlemek veya seçmek için sıkça kullanılan yöntemler; Enter Metodu, Değişken Ekleme İşlemi (Forward Selection), Değişken Eleme İşlemi (Backward Selection), Değişken Ekleme ve Eleme İşlemi (Stepwise Selection)'dir. Bu çalışmada kullanılan yöntem olan değişken ekleme ve eleme işleminde, her değişken modele sırayla eklenir ve model değerlendirilir. Eğer eklenen değişken modele katkı sağlıyorsa, modelde bu değişken kalır. Ancak modeldeki diğer değişkenlerin tümü, modele katkı yapıp yapmadıklarını değerlendirmek için yeniden test edilir. Eğer önemli derecede sağlamıyorsa modelden çıkartılır. Böylece en az sayıda değişken yardımıyla model açıklanmış olur (Öztürk 2005).

BÖLÜM 4

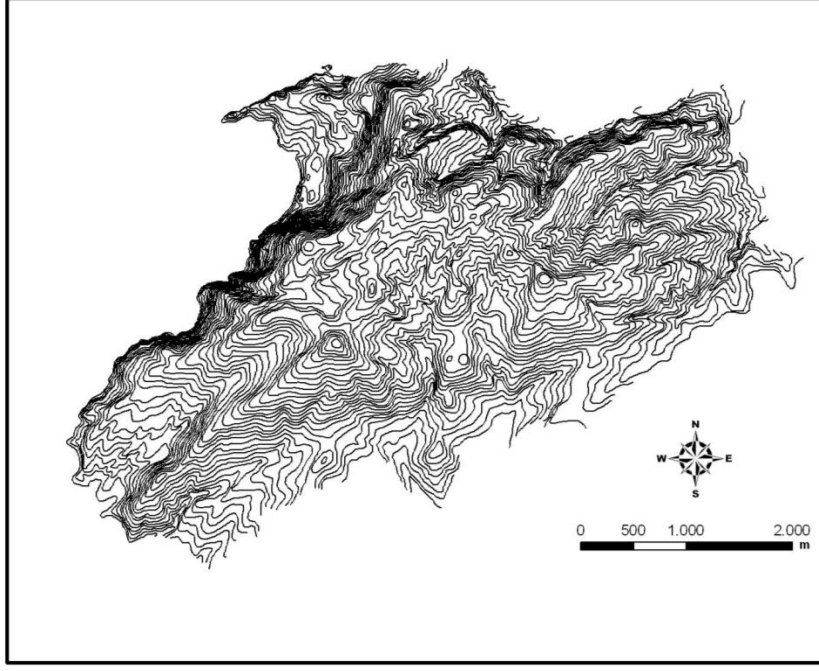
BULGULAR

Bu çalışmanın temel amacı, atmosferik düzeltme prosedürünün aynı alana ilişkin farklı uydu görüntü verileri üzerindeki etkilerini gözlemlemek, uzaktan algılama verileri yardımıyla orman varlığına ilişkin yapısal özelliklerin saptanabilmesi bağlamında uzaktan algılama verileri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkileri ortaya koymak şeklinde iki ana başlıkta toplanabilir. Her aşamaya ilişkin görsel değerlendirme ve bunlara ilişkin grafik veriler sonuçları ile birlikte bu başlık altında verilmiştir.

4.1 ATMOSFERİK DÜZELTMENİN ETKİLERİ

Atmosferik düzeltmenin en önemli kritik noktası kullanılan sayısal arazi modelinin (SAM) çözünürlüğüdür. Bazı orta çözünürlüklü ve özellikle yüksek çözünürlüklü görüntüler için gerekli olan bu çözünürlükteki SAM verilerinin elde edilmesindeki maliyetler fazla olacağından daha düşük çözünürlüklü SAM verileri pratikte kullanılmaktadır. Özellikle ülkemiz şartlarında orman varlıkları için gerekli SAM oluşturabilecek kaynak 1:25000 ölçekli topografik haritalar olduğu için, buradan oluşturulacak SAM verisi 10m. çözünürlükte olmaktadır. Bu çalışmada her bir uydu görüntü verisi içinde, 1:25000 ölçekli topografik harita üzerinden sayısallaştırma yolu ile oluşturulan 10 m. çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır (Şekil 4.1)

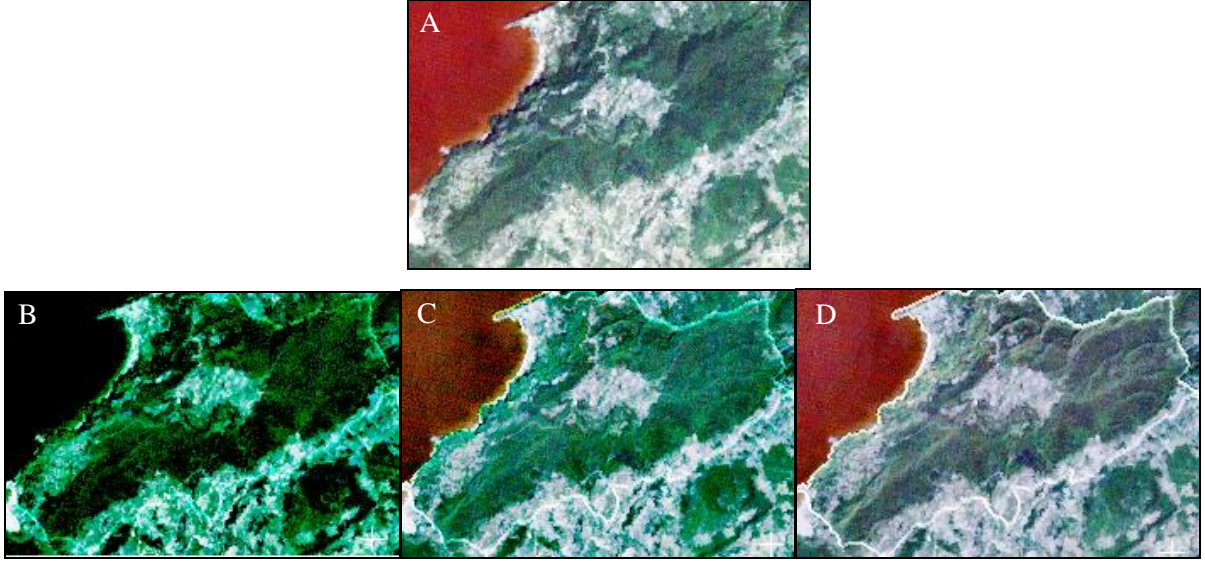
Sonuç olarak 10m. çözünürlükle SAM verisi kullanılarak her bir uydu görüntü verisine ayrı ayrı olarak atmosferik düzeltme yapılmış olup, çalışma alanı içerisindeki orman alanlarına ilişkin görüntü verisi üzerindeki etkileri, görsel olarak değerlendirilmiş ve sonuçları belirtilmiştir.



Şekil 4.1 Sayısal arazi modelinin oluşturulmasında kullanılan eşyükselti eğrileri.

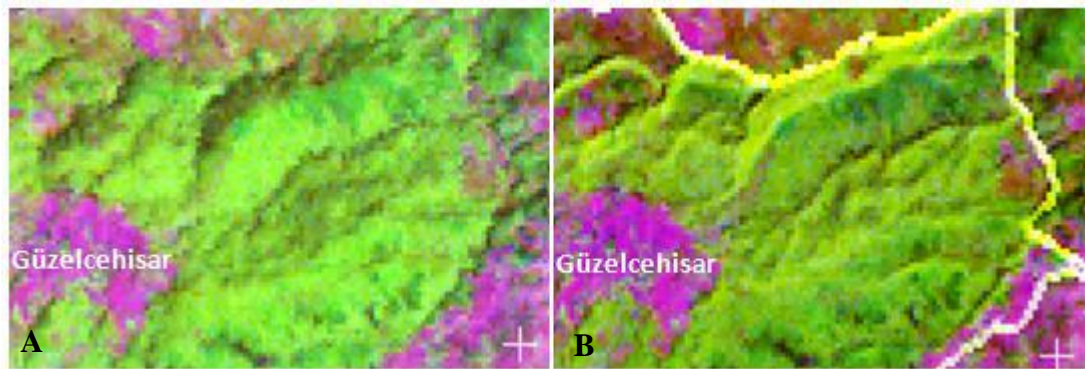
4.1.1 Landsat 7 ETM+ Görüntü Verisinin Atmosferik Düzeltmesi

Çalışmada kullanılan 04.07.2000 tarihli Landsat 7 ETM+ görüntüsü ile ilgili olarak çalışma alanının ormanlık bir alan olması nedeniyle aerosol tipi olarak “kırsal” seçilmiş ve gerekli parametreler girilerek sonuç görüntüleri oluşturulmuştur. Atmosferik düzeltme aşamasındaki görünürlük kriteri olarak, düşük kontrast için görünürlük değeri 10 km’den küçük ($VIS < 10$ km), normal kontrast için $VIS = 15$ km ve iyi bir kontrast için $VIS = 25$ km için ayrı ayrı oluşturularak çalışma alanı için görsel değerlendirme yapılmıştır (Şekil 4.2). İyi kontrast değeri kullanılarak yapılan atmosferik düzeltme işlemi, özellikle topografyadan kaynaklı farklı manzara aydınlanmalarındaki olumsuzlukları giderdiği gözlenmiştir. Özellikle düşük kontrasta sahip görünürlük değeri ile yapılan atmosferik düzeltme sonrası görünür bölgede yansıma değerlerinin birbirine çok yakın, düşük değerde gri değerleri taşıdığı görülmektedir. Normal kontrasta sahip görünürlük değeri ile yapılan atmosferik düzeltme sonrası görüntüsünde ise topografyadan kaynaklı gölge etkisinin az da olsa olumsuz etkisinin devam ettiği gözlenmiştir.



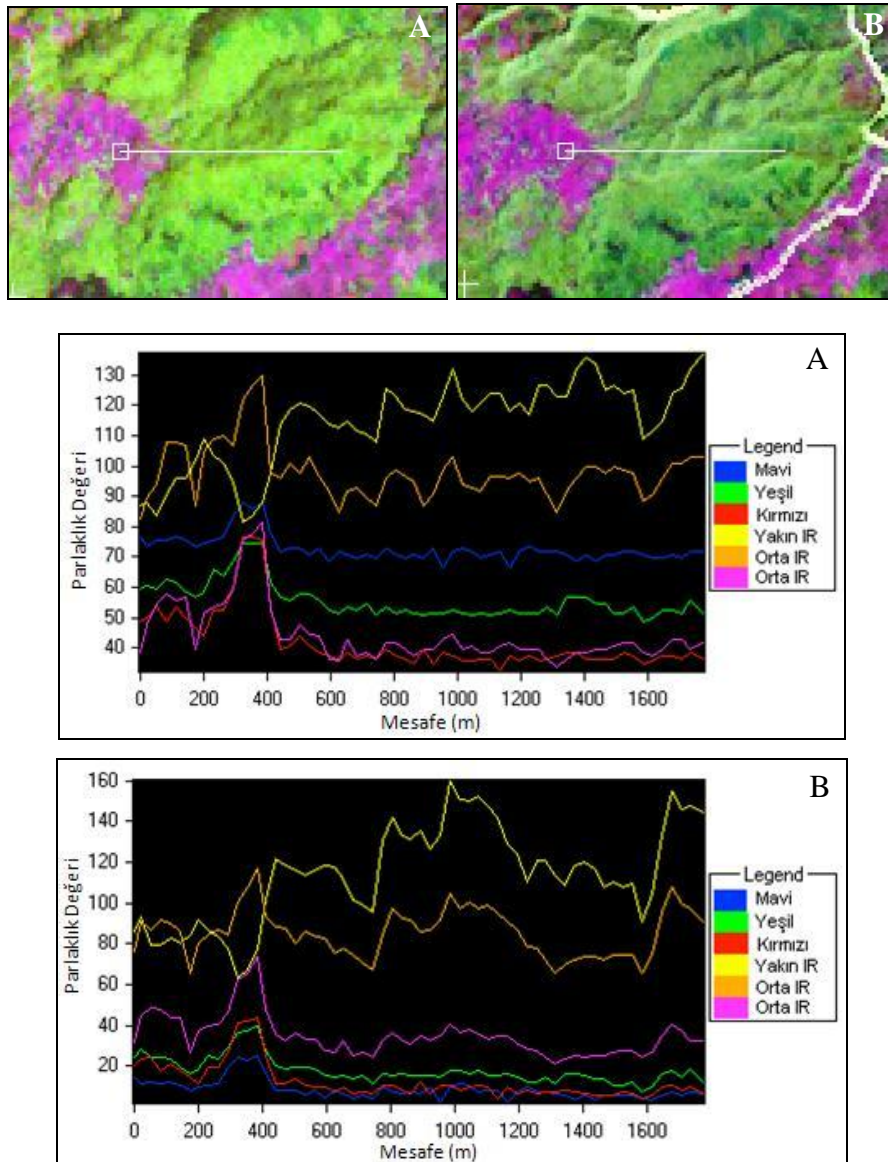
Şekil 4.2 Landsat 7 ETM+ uydu görüntü verisi (A); Düşük kontrast görünürlük değeri ($VIS < 10$) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (B), normal kontrast görünürlük değeri ($VIS = 15$) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (C), Yüksek kontrast görünürlük değeri ($VIS = 25$) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (D).

Çalışma alanındaki topografik farklılıklardan kaynaklanan gölge etkisi, aynı türe ait meşcerenin gölgede kalmış ve ışık alan kısımları için, farklı bir yapıdaymış gibi görünmesine neden olan spektral farklılıklar meydana getirmektedir. Atmosferik düzeltme prosedürü ile topografyadan kaynaklı bu tür hataların önüne geçilmekte ve meşcere içinde spektral farklılıklar giderilerek bir homojenlik sağlanmaktadır (Şekil 4.3). Fakat özellikle dere içlerinde yüksek eğimlerden dolayı oluşan spektral farklılıklara ilişkin düzeltmelerde yetersiz kalmaktadır.



Şekil 4.3 Atmosferik düzeltilmesinden önceki (A) ve sonraki (B) topografyadan kaynaklanan spektral yansıtımların değişimi (7,4,1).

Landsat 7 ETM+ görüntü verisinin düzeltme öncesi ve düzeltme sonrası çalışma alanına ait her bir band için spektral yansıtım değerleri incelendiğinde (Şekil 4.4), görünür bölgede olan yansıtımların DN değerleri 400 m. sonrası ormanlık alan içinde 0-40 aralığında değişirken, özellikle yakın kızıl ötesi bölgede 100-160 arasında değişim gösteren yansıtım değerleri görülmektedir. atmosferik düzeltme öncesi yakın kızıl ötesi bölgede yansıtım değerleri seçilen ormanlık alan içerisinde 100-130 arasında değişmektedir. Yansıtım değerleri arasındaki bu fark ormanlık alana ilişkin fazla bilgi çıkarımı için bir avantaj olmaktadır. Özellikle kızılötesi ve kırmızı bölgenin yoğunlukta kullanıldığı ve farklı algoritmalarla desteklenen vejetasyon indeksleri için bilgi içeriği yönünden daha farklı sonuçlara ulaşılabileceği kesindir.



Şekil 4.4 Çalışma alanının ilişkin Landsat 7 ETM+ görüntü verisinin her bir bandı için atmosferik düzeltme öncesi (A) ve düzeltme sonrası (B) spektral yansıtım değerleri.

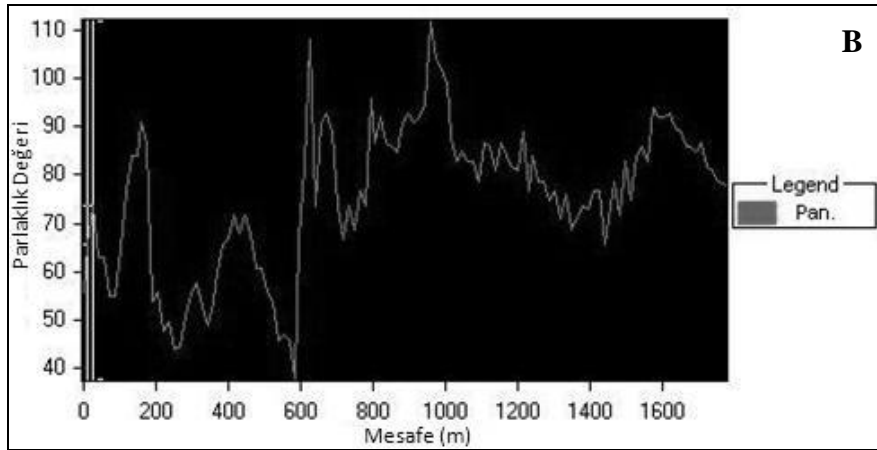
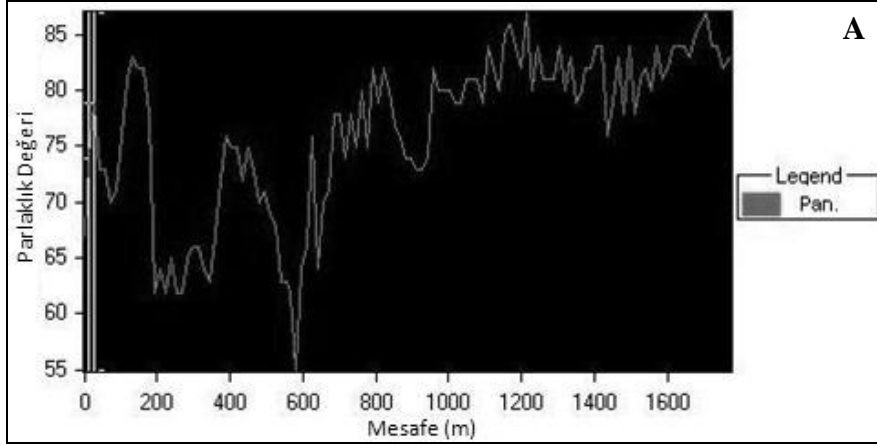
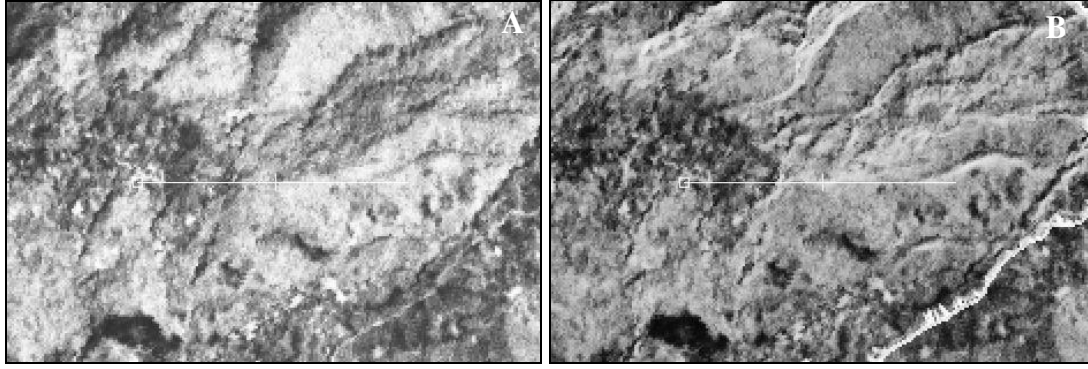
Landsat görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi ve sonrası görüntü verisi üzerindeki band korelasyonları incelendiğinde görünür bölge için yüksek korelasyonun devam ettiği görülmektedir. Ayrıca düzeltme sonrasında, düzeltme öncesi tüm negatif korelasyonların aynı oranda pozitif yönde değişim göstermektedir. Atmosferik düzeltme sonrasında en düşük korelasyon Yakın kızılötesi band ile mavi band arasında (0.20) görülmesine karşın, vejetasyon indeksleri için önemli olan yakın kızılötesi ve kırmızı band korelasyon değeri 0.39 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.1 Landsat görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi ve sonrası spektral band değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.

	Mavi	Yeşil	Kırm.	Yakın IR	Orta IR	Uzak IR		Mavi	Yeşil	Kırm.	Yakın IR	Orta IR	Uzak IR
Mavi	1						Mavi	1					
Yeşil	0,78	1					Yeşil	0,92	1				
Kırm.	0,81	0,97	1				Kırm.	0,91	0,96	1			
Yakın IR	-0,28	0,30	0,22	1			Yakın IR	0,20	0,47	0,39	1		
Orta IR	0,20	0,70	0,66	0,84	1		Orta IR	0,52	0,73	0,70	0,85	1	
Uzak IR	0,54	0,88	0,87	0,55	0,90	1	Uzak IR	0,71	0,86	0,83	0,63	0,89	1

Landsat uydu verisinin pankromatik bandı incelendiğinde ise, özellikle orman dışı alanlar için (tarım arazileri ve kısmen yerleşim) düzeltme öncesi ve sonrasındaki yansıtım farklılığı bulunmamakla birlikte, Şekil 4.5’de yer alan hat boyunca 600 m. sonrasındaki ormanlık alan için düzeltme öncesi yansıma değerlerinden farklı olarak ortalama 70-110 gri değeri aralığında değişen bir yansıtım görülmektedir.

Ormanlık alana ilişkin yapılacak analizler için farklı bilgi çıkarımlarına olanak sağlaması düşünülen bu farklılık, Landsat görüntü verisinin çözünürlüğü yüksek siyah-beyaz band için öne çıkan önemli bir özellik olmaktadır. Özellikle orman alanı içerisindeki yansıma değerlerindeki belirgin ayırım, orman alanlarına yönelik çalışmalar için daha doğru sonuçlara ulaşılabileceği düşüncesini öne çıkarmaktadır. Görünürlük değeri olarak iyi kontrast değerine sahip görünürlük değeri, görsel yorumlama için en net görüntü olanağı sağlamıştır.



Şekil 4.5 Çalışma alanının ilişkin Landsat 7 ETM+ Pan görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi (A) ve düzeltme sonrası (B) yansıtım değerleri.

4.1.2 SPOT HR-VIR Görüntü Verisinin Atmosferik Düzeltilmesi

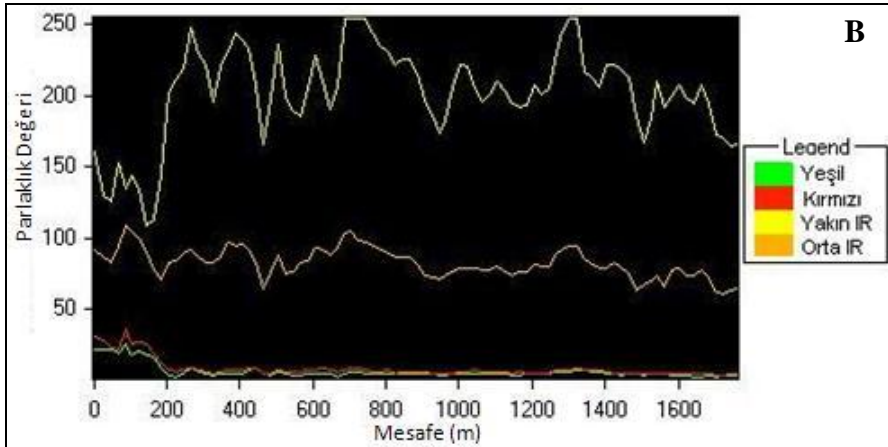
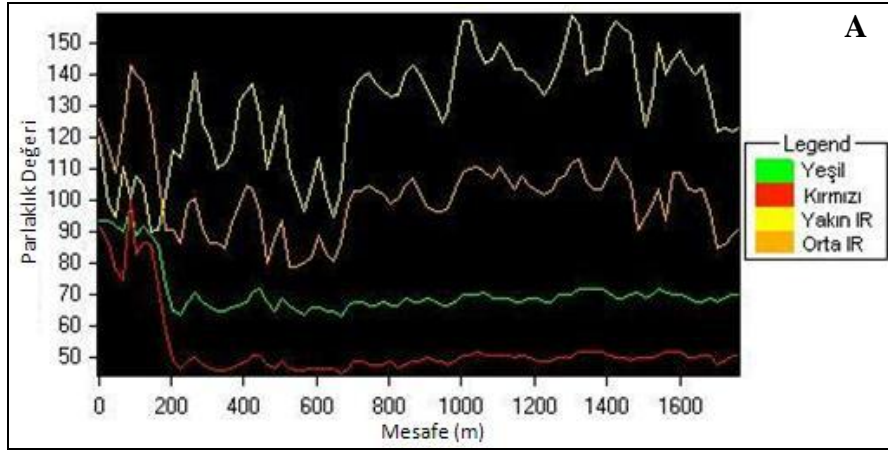
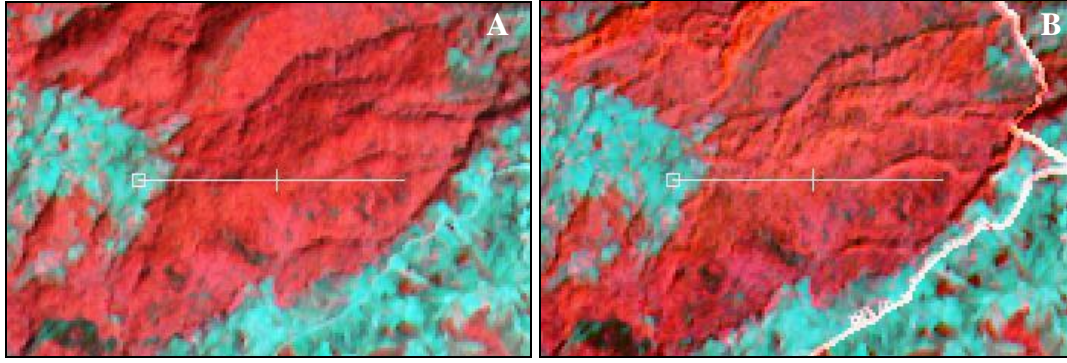
27. 07. 2005 tarihli SPOT HR-VIR görüntü verisi içinde görünürlük değeri olarak iyi kontrasta sahip 25 km. değer seçilerek görsel değerlendirme yapılmıştır. Topografyadan kaynaklı gölge etkilerinin diğer görünürlük değerlerine göre, özellikle yamaçlardaki etkilerinin giderildiği gözlenmiştir. Deneme alanlarının alındığı alanı da kapsayan çalışma alanı içerisinde yaklaşık 1800 metrelik bir hat boyunca, her bir bant için ayrı ayrı gri

değerlerinin değişimi incelendiğinde (Şekil 4.6), atmosferik düzeltme yapıldıktan sonra görünür bölgedeki bandların, ormanlık alan için gri değerleri değişimi oldukça dar bir aralıkta (0-10) gerçekleşmektedir. Buna karşın yakın kızıl ötesi bölgede düzeltme öncesi gri değerleri aralığı düzeltme sonrası ormanlık alan için 100-250 gri değerleri arasında değişmektedir. Düzeltme öncesi yakın kızıl ötesi ve orta kızıl ötesi yansıma değerleri arasındaki benzerlik ve belirgin görülen öteleme miktarı, düzeltme sonrası belirgin farklılıklar göstermektedir. Bu sonuç her iki banda ilişkin farklı bilgi çıkarımlarının oluşabileceği açısından son derece önemlidir. Toplam hat boyunca başlangıcından 600 m. ormanlık alan içerisindeki gölgelenmeden kaynaklı spektral yansıtım farklılığı, atmosferik düzeltme sonrası önemli ölçüde azalma göstermektedir. Aynı yaş ve çağdaki kayın ormanlık alan içerisinde topografyadan kaynaklı gölgede kalmış alanın atmosferik düzeltmeden önce aynı vejetasyon tipine sahip alanın farklı yansıma değerine sahip olduğu, düzeltmeden sonra ise bu farklılığın belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir.

Spot Görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi ve sonrası bandlar arası korelasyonlar incelendiğinde (Çizelge 4.2) ise, düzeltme öncesi en düşük korelasyonun pozitif yönde 0.33 değeri ile kırmızı ve orta kızılötesi bölgede, negatif yönde 0.34 değeri ile kırmızı ve yakın kızılötesi bölgede tespit edilmiştir. Düzeltme sonrası ise en düşük korelasyon negatif yönde kırmızı ve yakın kızılötesi bölgede gerçekleştiği görülmüştür. Özellikle atmosferik düzeltme sonrası vejetasyon indeks görüntülerinin oluşturulması ve yapılması düşünülen analizlerin, kızılötesi bölgeye bağlı vejetasyon bilgi içeriği bakımından önemlidir.

Çizelge 4.2 Spot HR-VIR görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi ve sonrası spektral band değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.

	Yeşil	Kırmızı	Yakın IR	Orta IR		Yeşil	Kırmızı	Yakın IR	Orta IR
Yeşil	1				Yeşil	1			
Kırmızı	0,95	1			Kırmızı	0,96	1		
Yakın IR	-0,52	-0,34	1		Yakın IR	-0,20	-0,08	1	
Orta IR	0,09	0,33	0,71	1	Orta IR	0,38	0,52	0,69	1

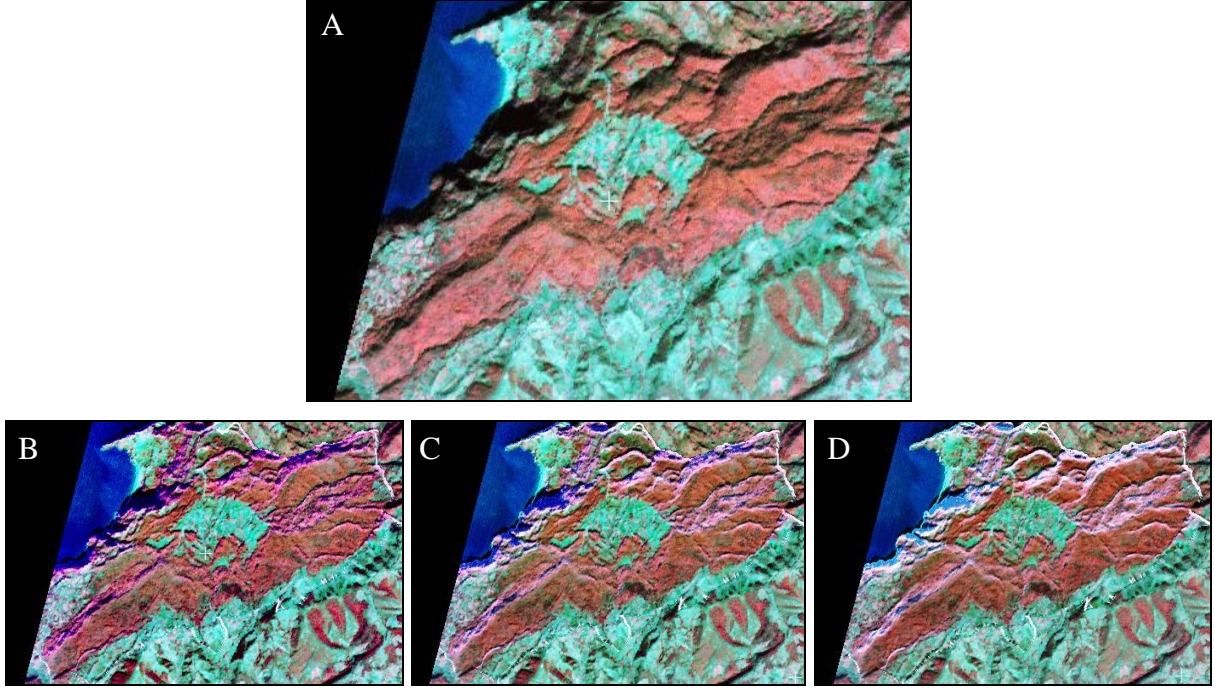


Şekil 4.6 Çalışma alanının ilişkin Spot HR-VIR görüntü verisinin her bir bandı için atmosferik düzeltme öncesi (A) ve düzeltme sonrası (B) spektral yansıtım değerleri.

4.1.3 ASTER (VNIR) Görüntü Verisinin Atmosferik Düzeltilmesi

22.10.2005 tarihli Aster (VNIR) görüntüsü için güneş açısı oldukça kötü olmakla beraber topografyaya bağlı olumsuzluklar öne çıkmaktadır. Atmosferik düzeltme aşamasında, normal ve yüksek kontrasta bağlı görünürlük değerleri için, gölge etkisinin görüldüğü alanlarda yamacın her iki tarafında yansıma değerlerindeki farklılıklar görülmektedir. Kısmen de olsa, topografyadan kaynaklı hataların giderildiği görünürlük değeri, düşük kontrast değerine sahip

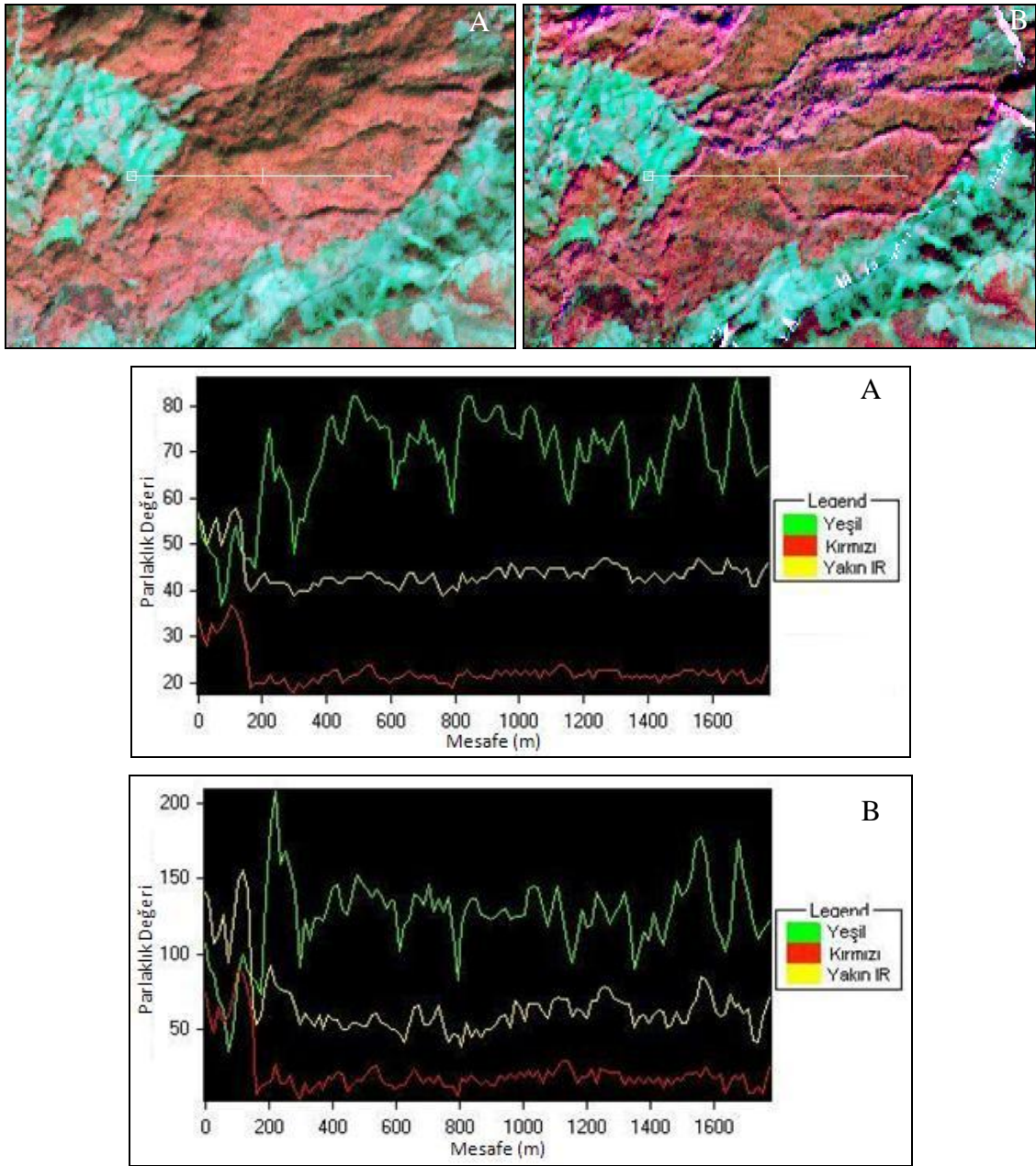
10 km. görünürlük değerinde gözlenmektedir (Şekil 4.7). Bu nedenle band bazında yapılan analizler bu düzeltme değeri üzerinden ele alınmıştır.



Şekil 4.7 Aster VNIR uydu görüntü verisi (A); Düşük kontrast görünürlük değeri ($VIS < 10$) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (B), Normal kontrast görünürlük değeri ($VIS = 15$) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (C), Yüksek kontrast görünürlük değeri ($VIS = 25$) uygulanarak atmosferik düzeltilmesi yapılmış uydu görüntü verisi (D).

Her bir bandın ayrı ayrı spektral yansımaya değerleri baz alınarak yapılan analizinde diğer uydu görüntü verilerinin aksine, görünür bölgede yansımaya yapan 0.52-0.60 μm aralığındaki yeşil bandın çalışma alanı ormanlık alan içinde, düzeltme öncesi 50-80 gri değeri aralığında, düzeltme yapıldıktan sonra 100-150 gri değeri aralığında değişen yansımaya değerleri yapıldığı görülmektedir. Yakın kızıl ötesi bölgede olmak üzere toplam üç bandın atmosferik düzeltme yaptıktan sonra yansımaya aralıkları değişmesine rağmen grafik eğilimin aynı şekilde değişim yaptıkları gözlenmektedir. Bu nedenle, çalışma alanı için kullanılan Aster uydu görüntü verisi için bu durumun düzeltme sonrası yapılacak sayısal değerlendirmeler için önemli bir fark oluşturması beklenmemektedir. Aster görüntü verisi için güneş geliş açısının oldukça yatayda olması nedeniyle, araştırma alanı için gölge etkisi oldukça fazladır. Genel olarak atmosferik düzeltmenin topografyadan kaynaklı gölgelenme etkisini belli oranlarda düzeltmektedir. Aster görüntü verisi için, özellikle vadi içleri ya da gölgelenmenin yoğun yaşandığı yamaçlar için topografik düzeltmenin yetersiz kaldığını söylemek mümkündür.

Aster görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi ve sonrası bandlar arası korelasyonlar incelendiğinde (Çizelge 4.3), düzeltme öncesi tüm bandlar için yüksek korelasyonlar olduğu görülmektedir. Özellikle kızılötesi bölge ile görünür bölge arasındaki ilişkilerin bu denli yüksek çıkması düzeltme öncesi yapılacak analizler için olumsuzluklar oluşturmaktadır. Düzeltme sonrasında elde edilen sonuçlar incelendiğinde görünür bölge ve kızılötesi bölge arasındaki korelasyonların 0.57 ve 0.40 gibi nispeten daha düşük korelasyonlar içerdiği gözlenmektedir. Bu sonuçlar ile yapılacak analizlerin vejetasyon alanları için daha doğru sonuçlar ortaya koyması muhtemeldir.



Şekil 4.8 Çalışma alanının ilişkin Aster VNIR görüntü verisinin her bir bandı için atmosferik düzeltme öncesi (A) ve düzeltme sonrası (B) spektral yansıtım değerleri.

Çizelge 4.3 Aster VNIR görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi ve sonrası spektral band değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.

	Yeşil	Kırmızı	Yakın IR		Yeşil	Kırmızı	Yakın IR
Yeşil	1			Yeşil	1		
Kırmızı	0,94	1		Kırmızı	0,78	1	
Yakın IR	0,74	0,71	1	Yakın IR	0,57	0,40	1

4.2 MEŞCERE PARAMETRELERİ VE UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Meşcere ölçümünde belirli bir yerdeki meşcere veya meşcere tipi toplum sayılmaktadır. Toplumun birimlerinin ağaçlar ya da meşcerenin bulunduğu araziden alınabilecek tüm deneme alanları veya deneme noktaları oluşturmaktadır. Ağaç birimi, boy, çap, göğüs yüzeyi, hacim gibi ölçülebilen çeşitli özellikler göstermektedir. Ölçülebilen bu değer arasındaki ilişkiler son derece önemlidir. Çalışma alanına ilişkin arazi çalışmalarından elde edilen meşcere parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 4.4’ de verilmiştir. Çalışma alanı içerisinde her bir deneme alanına ilişkin görüntü verisi üzerindeki merkez piksel baz alınarak 3x3 pencere boyutunda 9 pikselin yansıma değerlerinin ortalama değeri alınarak hesaplamalarda kullanılmıştır.

Çizelge 4.4 Meşcere parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları.

	Orta Çap	GYuz	Orta boy	Kapalılık	AgacSay	Hacim
Orta Çap	1					
GYuz	,697(**)	1				
Orta boy	,686(**)	,825(**)	1			
Kapalılık	-,049	,195	,124	1		
AgacSay	-,220	,496(**)	,337(*)	,262	1	
Hacim	,800(**)	,965(**)	,828(**)	,166	,293	1

**-Korelasyon 0.01 önem düzeyinde anlamlı

* Korelasyon 0.05 önem düzeyinde anlamlı

Çalışma alanına ilişkin arazi çalışmalarından elde edilen meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde, hacim ile çap, göğüs yüzeyi ve orta boy arasında ve göğüs yüzeyi ile orta boy arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Ağaç sayıları ile göğüs yüzeyleri arasında orta, diğer meşcere parametreleri ile ise düşük bir ilişki olduğu görülmektedir. Arazi üzerinde belirlenen kapalılık ölçütünün, diğer meşcere parametreleri ile ilişkisi düşük oranlarda gerçekleşmiştir. Ayrıca orta çap ile göğüs yüzeyi ve orta boy ve ağaç sayısı ile göğüs yüzeyi arasında orta derecede bir ilişki olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, çalışma alanı içerisinde baskın tür olan *Fagus orientalis* L. (Kayın) meşçeresi için ölçülen meşçere parametrelerinin tümü için atmosferik düzeltmeleri yapılmış her bir uydu görüntü verileri arasındaki ilişkiler ve sonuçları açıklanmıştır. Öncelikli olarak, her bir meşçere parametresi ile farklı uydu görüntü verileri arasındaki ilişkilerin istatistiksel olarak önemli ilişkileri olup olmadığı test edilmiş, sonrasında çalışma alanı için meşçere parametrelerinin tahmini modelleri oluşturulmuştur.

4.2.1 Meşçere Parametrelerinin Landsat 7 ETM+ Yansıma Değerleri ve Vejetasyon İndeksleri Arasındaki İlişkiler

Atmosferik düzeltme sonrası Landsat 7 ETM+ uydu verisinin bandları arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde (Çizelge 4.1) görünür bölgede yansıma değerleri arasındaki yüksek korelasyon nedeniyle, vejetasyon indeksleri için önemli kırmızı band yansıma değerleri ve kızıl ötesi bölgede kalan diğer banlar arasındaki korelasyon incelenmiştir. Altıncı band hariç toplam 6 bandlı ETM veri setinde içeren bilginin tümü 3 bandlı bileşene sıkıştırılmıştır. Ana bileşenler dönüşümü sonrasında ilk bandın bilgi içeriğinin %84 olması nedeniyle korelasyon katsayılarının tespitinde ilk band yani 'pca1' kullanılmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 Çalışma alanındaki ETM yansıma değerleri ve vejetasyon indekslerinin meşçere parametreleri arasındaki ilişkiler.

	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7	ETMsavi	ETMndvi	ETMpca1
CAP	-,091	,067	-,040	-,058	,424(**)	,123	,355(*)
GYUZ	-,029	,290	,183	,138	,693(**)	,116	,669(**)
BOY	,003	,189	,048	-,035	,570(**)	,074	,499(**)
KAP	,018	,207	,244	,191	,134	,006	,251
ASAY	,080	,281	,244	,217	,497(**)	-,029	,505(**)
HACIM	-,040	,243	,161	,123	,643(**)	,123	,590(**)
	ETMtk1	ETMtk2	ETMtk3	ETMalbedo	ETMlai	ETMfpar	ETMpan
CAP	,457(**)	,487(**)	-,020	,411(**)	,392(*)	,380(*)	,047
GYUZ	,590(**)	,792(**)	-,223	,708(**)	,761(**)	,755(**)	,188
BOY	,498(**)	,690(**)	-,066	,549(**)	,670(**)	,652(**)	,074
KAP	,087	,080	-,240	,220	,264	,276	,179
ASAY	,359(*)	,513(**)	-,217	,500(**)	,570(**)	,569(**)	,178
HACIM	,541(**)	,720(**)	-,220	,651(**)	,696(**)	,690(**)	,150

** - Korelasyon 0.01 önem düzeyinde anlamlı

* Korelasyon 0.05 önem düzeyinde anlamlı

Çalışma alanına ilişkin meşçere parametreleri, atmosferik düzeltilmesi yapılmış ETM bantlarıyla düşük ilişkiler göstermekle beraber 0,95 veya 0,99 güven düzeyinde ilişki

görülmemektedir. Bununla birlikte ETM pan. görüntüsünün de meşcere parametreleri ile çok düşük düzeylerde korelasyon katsayıları içermektedir.

Vejetasyon indeksleri ile meşcere parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi (NDVI) ve Tasseled Cap Transformation dönüşümü ıslaklık (TK3) değerleri haricinde farklı güven düzeylerinde ilişkiler bulunmuştur. Tasseled Cap dönüşümü ıslaklık (TK3) bileşeni özellikle su yüzeyleri ve nem içeriğine karşı hassastır. Bu nedenle çalışma alanı nem içeriği bakımından, deneme alanları arasında homojenlik içermektedir. Aynı zamanda uygulanan atmosferik düzeltme prosedürü için de, Landsat 7 ETM+ görüntü verisi için nemli (toplam su buharı içeriği 4.94 gr/cm^2) atmosferik koşul seçilmiştir. Çalışma alanının tümü için homojen olan nem içeriği sonucunda Tasseled Cap dönüşümü ıslaklık (TK3) bileşeni farklı bir özelliği ortaya koyamadığından dolayı, meşcere parametreleri arasında negatif yönde çok düşük ilişkiler görülmüştür.

Vejetasyon indeksleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler gruplandırıldığında (Çizelge 4.6), çok güçlü bir ilişki görülmezken, göğüs yüzeyi ve hacim parametrelerinin diğer parametrelere göre gösterdikleri korelasyon daha yüksektir. Özellikle TK2 ve LAI indeksleri hem göğüs yüzeyi hem de hacim ile güçlü korelasyonlara sahiptir. FPAR ve Surface Albedo parametrelerinin göğüs yüzeyi için güçlü korelasyon katsayılarına sahiptirler.

Göğüs yüzeyi ile SAVI ve PCA1 ile iyi korelasyon katsayılarına sahipken, hacim parametresinin SAVI, Surface Albedo ve FPAR indeksleri ile iyi korelasyon katsayılarına sahip olduğu görülmektedir. Bunların yanında boy parametresinin TK2, LAI ve FPAR parametreleri ile iyi derecede korelasyona sahip oldukları belirlenmiştir. Ağaç sayısı ve çağ parametrelerinin çeşitli vejetasyon indeksleri ile zayıf ve çok zayıf ilişkileri olduğu görülmektedir. Çalışma alanı için belirlenen kapalılık parametresinin tüm indeks görüntüleriyle ilişkilerinin çok düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Yetiştirme muhiti koşullarının biraz farklı oluşuna göre kapalılığın fazla değişmemesi indeks görüntü verilerinin yansıma değerlerindeki farklılığı yansıtmamasından dolayı böyle bir sonuçla karşılaşmıştır.

Çizelge 4.6 Çalışma alanındaki Landsat 7 ETM+ ve vejetasyon indeksleri arasındaki ilişkilerin gruplandırılması.

Meşcere parametreleri	Çok güçlü $r \geq 0,80$	Güçlü $0,70 \leq r < 0,80$	İyi $0,60 \leq r < 0,70$	Zayıf $0,50 \leq r < 0,60$	Çok zayıf $r < 0,50$
CAP	-	-	-	-	SAVI PCA1 TK1 TK2 ALBEDO LAI FPAR
GYUZ	-	TK2 LAI FPAR ALBEDO	SAVI PCA1	TK1	-
BOY	-	-	TK2 LAI FPAR	SAVI PCA1 TK1 ALBEDO	-
KAP	-	-	-	-	-
ASAY	-	-	-	PCA1 TK2 ALBEDO LAI FPAR	SAVI TK1
HACIM	-	TK2 LAI	SAVI ALBEDO FPAR	PCA1 TK1	-

Çizelge 4.6 incelendiğinde, özellikle bir takım katsayılar kullanılarak yapılan hesaplamalarla elde edilen TK2, LAI, FPAR, Surface Albedo, SAVI, PCA1 gibi band kombinasyonlarının göğüs yüzeyi, hacim ve boy gibi meşcere parametreleri ile güçlü ve iyi derecelerde korelasyona sahip oldukları görülmektedir. TK2, PCA1 ve Surface Albedo gibi indeks görüntülerinin tüm bandları veri içeriklerini kullanabilmektedir. Amaç doğrultusunda her bir band için farklı katsayılar kullanılarak tüm bandların bilgi içerikleri değerlendirilebilmektedir.

Yapılan çalışmada NDVI indeks görüntü verisinin meşcere parametreleri ile çok düşük korelasyona sahip olması nedeniyle, LAI görüntüsünün üretimi için, meşcere parametreleri ile yüksek korelasyon içeren SAVI indeksi kullanılmıştır. SAVI ile yapılan hesaplama ile kırmızı ve yakın kızıl ötesi bandlar kullanılarak, meşcere kapalılığı altında kalan alanının yansımalarını elimine ederek, yeşil vejetasyon gücünü ve yoğunluğunun ölçümü yapılmaktadır. Hesaplamasında LAI'nin kullanılması sonucunda oluşan FPAR görüntü verisi meşcere parametreleri ile güçlü ve iyi derecelerde ilişki düzeyine sahiptir.

4.2.2 Meşçere Parametrelerinin Spot HR-VIR, Aster VNIR Yansıma Değerleri ve Vejetasyon İndeksleri Arasındaki İlişkiler

Atmosferik düzeltme sonrası Spot HR-VIR ve Aster VNIR uydu görüntülerinin görünür bölgedeki yüksek korelasyondan (Çizelge 4.2, Çizelge 4.3) dolayı korelasyon analizi için sadece kırmızı band ve kızıl ötesi bandlar için ilişkiler incelenmiştir. Her iki uydu görüntü verisinin spektral çözünürlüklerinin düşük olması nedeniyle farklı zenginleştirme teknikleri uygulanamamıştır. Her iki görüntü verisi için NDVI, SAVI, LAI, FPAR ve Surface Albedo indeks görüntüleri oluşturularak korelasyon sonuçları incelenmiştir (Çizelge 4.7, Çizelge 4.).

Çizelge 4.7 Çalışma alanındaki Spot HR-VIR yansıma değerleri ve vejetasyon indeksleri ile meşçere parametreleri arasındaki ilişkiler.

	SPOT2	SPOT3	SPOT4	SPOTndvi	SPOTsavi	SPOTlai	SPOTfpar	SPOTalb.
CAP	,034	-,081	-,047	-,088	-,124	-,148	-,065	-,173
GYUZ	,088	,186	,095	-,069	,085	,096	,161	,097
BOY	,074	,198	,148	-,077	,152	,154	,212	,035
KAP	,017	,670(**)	,568(**)	,100	,714(**)	,692(**)	,676(**)	,219
ASAY	,106	,353(*)	,153	-,023	,248	,298	,306	,292
HACIM	,073	,127	,087	-,082	,029	,024	,093	,027

** -Korelasyon 0.01 önem düzeyinde anlamlı

* Korelasyon 0.05 önem düzeyinde anlamlı

Çizelge 4.8 Çalışma alanındaki Aster VNIR yansıma değerleri ve vejetasyon indekslerinin meşçere parametreleri arasındaki ilişkiler.

	ASTER2	ASTER3	ASTERndvi	ASTERsavi	ASTERlai	ASTERfpar	ASTERalbe
CAP	-,051	,029	,223	-,061	-,031	-,012	-,131
GYUZ	,146	,171	,111	,062	,118	,121	-,106
BOY	,214	,224	,081	,036	,124	,172	-,057
KAP	,617(**)	,700(**)	-,123	,665(**)	,631(**)	,606(**)	,163
ASAY	,215	,155	-,163	,106	,172	,178	,020
HACIM	,138	,153	,132	,036	,111	,143	-,120

** -Korelasyon 0.01 önem düzeyinde anlamlı

* Korelasyon 0.05 önem düzeyinde anlamlı

Her iki uydu görüntü verisinin band ve indeks görüntüleri ile meşçere parametreleri korelasyon katsayıları incelendiğinde, 'kapalılık' haricinde çok düşük değerler görülmektedir. Tek farklı, Spot görüntü verisinin yakın kızılötesi band ile ağaç boyu arasında 0,95 güven düzeyinde zayıf da olsa bir ilişkisi vardır. Her iki uydu görüntü verisinin geometrik çözünürlüklerindeki avantajına karşın, ilişkilerin bu denli küçük olmasının tek nedeni uygulanan atmosferik düzeltme prosedürünün en önemli parçası konumundaki sayısal

yükseklik modelinin (SYM) çözünürlüğüdür. Atmosferik düzeltme işleminde kullanılan SYM, geometrik çözünürlükleri Landsat 7 ETM+'e göre yüksek her iki uydu görüntü verisi içinde, istenilen sonuçlara ulaşılmasında olumsuzluklar yaşanmasına neden olmuştur. Spektral çözünürlük olarak Spot görüntü verisi için 4 band, Aster görüntü verisinin ise 3 band olarak düşük olması farklı zenginleştirme prosedürlerinin yapılmasına olanak vermemesi de, farklı sonuçların irdelenebilmesine olanak vermemiştir.

Bununla birlikte her iki uydu görüntü verisi için, 'kapalılık' parametresi ile NDVI ve Surface Albedo haricinde güçlü ve iyi derecelerde korelasyon katsayılarına ulaşılmıştır. Çalışma alanı içerisinde her bir deneme alanı için kapalılık derecelerinin doğal Kayın (*Fagus orientalis* L.) meşceresinin içinde pek farklılık göstermeyerek, ortalama % 80 ve üzerinde kapalılık derecesine sahiptir. Her iki uydu görüntü verisinde de spektral yansıtım değerleri her bir band için farklılaşmaması bandlar ve neticede hesaplanan indeks görüntüleri için pek değişiklik göstermemekle birlikte, 'kapalılık' parametresi ile ilişkili sonuçlar gözlenmiştir. Özellikle Aster görüntü verisi için düzeltme sonrası spektral yansıma grafiğinde (Şekil 4.8) düzeltme öncesi yansıma değerlerine nazaran pek fark olmaması yapılan atmosferik düzeltmenin istenilen doğruluk düzeyine ulaşmadığını göstermektedir.

Çalışmada kullanılan uydu görüntü verisi içerisinde geometrik olarak en yüksek çözünürlüğe (15 m) sahip Aster görüntü verisi için atmosferik düzeltme aşamasında kullanılan SYM'nin de aynı olması nedeniyle, yapılan düzeltme prosedürünün doğruluğunu olumsuz yönde etkilemiştir. Pratikte yaklaşık olarak geometrik çözünürlüğe bağlı olarak kullanılacak SYM'nin ¼ oranında olması gerçeği kullanılacak SYM'nin yetersiz kaldığının bir kanıtıdır.

4.3 MEŞCERE PARAMETRELERİNİN MODELLENMESİ

Önceki bölümde meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki açıklanan ilişkilerden yararlanarak, meşcere parametrelerinin birden çok açıklayıcı değişkenli modelleri oluşturulmuştur. Çalışma alanı için mevcut uydu görüntü verileri üzerinden çok değişkenli modeller kurularak meşcere parametrelerinin modellenmesi yapılmıştır. Arazi ölçümleri yardımı ile hesaplanan meşcere parametreleri üzerinde, uydu görüntü verilerinin her bir bandı ve vejetasyon indeks görüntülerinin etkileri ortaya koyulmuştur. Bu amaçla çalışma alanına ilişkin arazi verileri ve uydu görüntü verilerinin veri setleri oluşturularak, bağımlı değişkenle bağımsız değişken arasındaki ilişkinin nasıl izah edileceği ortaya koyulmuştur. Aşağıda her

bir bağımlı değişken için hazırlanan model özetinde modelin açıklayıcılığı ile ilgili olarak R, R², Düzeltmiş R², Stn. Hata, modelimizin bir bütün olarak olarak anlamlı olup olmadığına ilişkin F değeri ve Durbin-Watson (D.W) (genellikle 1,5-2,5 civarında bir D.W testi değeri otokorelasyon olmadığını gösterir) testi değeri çizelgeler içinde verilmiştir.

Çalışma alanı için ilk olarak, Landsat 7 ETM+ görüntü verisinin her bir meşcere parametresi için sırası ile basit doğrusal ya da çoklu doğrusal regresyon modelleri kurulmuştur. Çok sayıda bağımsız değişkenimiz olduğu için tüm modellerin kurulmasında değişken ekleme ve eleme metodu (Stepwise Selection) seçilmiştir. Öncelikle meşcere orta çapındaki değişimin sadece %21,7'lik kısmının, ETM görüntü verisi ve vejetasyon indeksleri tarafından açıklanabildiğini görmekteyiz. Geriye kalan %78'lik gibi büyük bir yüzdenin modele dahil etmediğimiz değişkenler tarafından açıklanmaktadır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 Model özeti ('Çap' bağımlı değişkeni için).

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F değeri	Durbin-Watson
1	,487(a)	0,237	0,217	3,38318	12,110	1,904

a. ETMtk2

Bağımlı Değişken: CAP

'Göğüs yüzeyi (GYUZ)' bağımlı değişkenin, farklı bağımsız değişkenlerle oluşturulan modellerinde %61,7 ile %75,3 oranlarda ETM bandları ve indeks görüntüleri tarafından açıklandığı görülmektedir (Çizelge 4.10). Modeldeki değişken sayısı arttıkça R²'nin arttığı görülmektedir. Adjust R² değeri burada oldukça önem taşımaktadır. Çünkü eklenen değişken modelle ilişkili ise artar. İlk modele ilişkin sadece 'ETM tk2' değişkeni ile bağımlı değişkendeki değişimin %61,7'si açıklanırken, 'ETM4' değişkeninin modele eklenmesiyle değişimin %65,0'e çıktığı görülmektedir. Göğüs yüzeyi ile ETM 4. Band arasındaki korelasyonun 0.29 ile çok küçük olmasına rağmen (Çizelge 4.3), modele olan katkısını arttırmaktadır. Aynı şekilde son modelin oluşturulmasında ise katkısı olan 'NDVI' değişkeninin de, göğüs yüzeyi ile olan korelasyon katsayısının 0,12 olmasına rağmen, modele olan katkısı ile birlikte % 75,3 düzeyinde gerçekleşmektedir.

Çizelge 4.10 Model özeti ('GYUZ' bağımlı değişkeni için).

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,792(a)	0,627	0,617	6,04867	65.574	
2	,817(b)	0,667	0,650	5,78778	38.207	
3	,850(c)	0,723	0,701	5,35088	32.207	
4	,882(d)	0,778	0,753	4,86056	31.487	1,652

a. ETMtk2

b. ETMtk2, ETM4

c. ETMtk2, ETM4, ETMalbedo

d. ETMtk2, ETM4, ETMalbedo, ETMndvi

Bağımlı Değişken: GYUZ

Bir başka değişken olan 'BOY' değişkeninin, farklı bağımsız değişkenlerle oluşturulan modellerinde %46,2 ile %62,5 oranlarda ETM bandları ve indeks görüntüleri tarafından açıklandığı görülmektedir (Çizelge 4.11). İlk 3 model için kullanılan bağımsız değişkenlerin ana belirleyicisi olarak 'ETMtk2' karşımıza çıkmaktadır. Modele dahil edilen 'ETM7' ve 'ETM lai' değişkenleri ile 'BOY' bağımlı değişkendeki değişimin açıklanma değeri %46,2 dan %58,2'e çıkmaktadır.

Çizelge 4.11 Model özeti ('BOY' bağımlı değişkeni için).

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,690(a)	0,476	0,462	2,63877	35,384	
2	,749(b)	0,561	0,538	2,44584	24,291	
3	,783(c)	0,613	0,582	2,32710	19,548	
4	,776(d)	0,602	0,581	2,32851	28,764	
5	,808(e)	0,653	0,625	2,20411	23,205	1,996

a. ETMtk2

b. ETMtk2, ETM7

c. ETMtk2, ETM7, ETMlai

d. ETM7, ETMlai

e. ETM7, ETMlai, ETM3

Bağımlı Değişken: BOY

'Kapalılık' bağımlı değişkeni için, hiçbir bağımsız değişkenle açıklanamadığı için bir regresyon modeli oluşturulamamıştır. 'Ağaç Sayısı (ASAY)' bağımlı değişkeni için, % 30,7'lik kısmının açıklandığını görmekteyiz (Çizelge 4.12). Geriye kalan %69'lık gibi büyük bir yüzdenin modele dahil etmediğimiz değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Çizelge 4.3 incelendiğinde 'ASAY' değişkeninin farklı vejetasyon indeks görüntüleri ile %57'ye varan düzeylerde ilişkisi

olmasına rağmen oluşturulan regresyon modelinde sadece 'ETMlai' bağımsız değişkeni tarafından %30,7'lik kısmı açıklanabilmektedir.

Çizelge 4.1 Model özeti ('ASAY' bağımlı değişkeni için).

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,570(a)	0,325	0,307	313,12611	18.741	2,242

a. ETMlai

Bağımlı Değişken: ASAY

'Hacim' bağımlı değişkeni için, % 51'lik kısmının açıklandığını görmekteyiz (Çizelge 4.13). Geriye kalan %49'lik gibi bir yüzdenin modele dahil etmediğimiz değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Oluşturulan regresyon modelinde, 'Hacim' bağımlı değişkendeki değişimin %51'sinin modele dahil olan 'ETMlai' bağımsız değişkeni tarafından açıklanabilmektedir.

Çizelge 4.13 Model özeti ('Hacim' bağımlı değişkeni için).

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,720(a)	0,518	0,506	53,27933	41,934	1,630

a. ETMtk2

Bağımlı Değişken: HACIM

Çalışma alanı için Spot HR-VIR ve Aster VNIR uydu görüntü verilerinin her bir meşcere parametresi için sırası ile basit doğrusal ya da çoklu doğrusal regresyon modelleri kurulmuştur. Modellerin kurulmasında değişken ekleme ve eleme metodu (Stepwise Selection) seçilmiştir. Her iki uydu görüntü verisi içinde meşcere parametrelerinden sadece 'Kapalılık' bağımlı değişkenine ait regresyon modeli verilmiştir. Atmosferik düzeltme prosedürü uygulanmış her iki uydu görüntü verisi içinde diğer parametreler için bir model oluşturulamamıştır. Sadece Spot uydu görüntü verisi için, 'Ağaç Sayısı (ASAY)' bağımlı değişkeninin %10'u gibi çok düşük bir yüzde ile modele dahil olan 'SPOT3' bağımsız değişkeni tarafından açıklanabilmektedir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14 Model özeti ('ASAY' bağımlı değişkeni için).

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,353(a)	0,124	0,102	356,53466	5,537	2,000

a. SPOT3

Bağımlı Değişken: ASAY

Aynı şekilde 'Kapalılık (Kap)' bağımlı değişkenine ilişkin ilk modelde sadece 'SAVI' değişkeni ile bağımlı değişkendeki değişimin %50'i açıklanırken, modele 'Surface Albedo' değişkeninin eklenmesiyle değişimin %56'sı açıklanabilmektedir (Çizelge 4.15). Bu nedenle kurulan modelde her iki bağımsız değişkenin yer almasında yarar vardır.

Çizelge 4.15 Model özeti ('Kapalılık' bağımlı değişkeni için (Spot/HR-VIR)).

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,714(a)	0,509	0,497	5,80967	40,504	
2	,760(b)	0,578	0,556	5,45930	26,018	1,840

a. SPOTsavi

b. SPOTsavi, SPOTalbed

Bağımlı Değişken: KAPALILIK

Aster VNIR uydu görüntü verisi için 'Kapalılık (Kap)' bağımlı değişkenine ilişkin modellerde tek başına 'Aster3' değişkeni, bağımlı değişkendeki değişimin %48'unu açıklanırken, modele sırasıyla 'Asteralbedo', 'Aster2' ve 'AsterSAVI' değişkelerinin eklenmesiyle değişimin sırasıyla %55, %58, %63'ü açıklanabilmektedir (Çizelge 4.16). Bu nedenle kurulan modelde 4 farklı bağımsız değişkenin yer alması değişimin daha yüksek bir yüzdeyle açıklanmasına yardımcı olmaktadır.

Çizelge 4.16 Model özeti ('Kapalılık' bağımlı değişkeni için (Aster/VNIR)).

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,700(a)	0,491	0,478	5,92041	37,557	
2	,753(b)	0,568	0,545	5,52557	24,945	
3	,782(c)	0,612	0,581	5,30375	19,465	
4	,814(d)	0,662	0,625	5,01844	17,637	1,718

a. ASTER3

b. ASTER3, ASTERalbe

c. ASTER3, ASTERalbe, ASTER2

d. ASTER3, ASTERalbe, ASTER2, ASTERsavi

Bağımlı Değişim: KAPALILIK

Çizelge 4.17 meşcere parametrelerinin birden fazla bağımsız değişkenle tanımlandığı regresyon modellerini göstermektedir. Seçilen çoklu doğrusal regresyon modellerinde özellikle Landsat 7 ETM+ görüntü verisi için bandların ve bazı vejetasyon indekslerinin kısmi korelasyonları spektral yansıma değerlerine göre düşüktür. ancak modelin korelasyon katsayısını olumlu etkilemekte ve model doğruluğunu geliştirmektedir. Meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde indeks görüntülerinin önemi son derece büyüktür. Uydu verilerinin üzerine kurulmuş modellerin doğruluğunu arttırıcı unsur olarak uydu görüntü verisine ait her bir band kısmi korelasyonları düşük olsa bile, modellerin doğruluğunu arttırmaktadırlar.

Landsat 7 ETM+ görüntü verisinin spektral çözünürlüğünden dolayı zengin vejetasyon indeks görüntülerinin oluşturulması ve atmosferik düzeltme için kullanılan sayısal yükseklik modelinin görüntünün geometrik çözünürlüğüne istinaden istenilen çözünürlüğü yakın olması nedeniyle, meşcere parametrelerine ilişkin daha duyarlı modeller kurulmasında daha etkin olmuştur. Spot ve Aster görüntü verileri için ise 'Kapalılık' parametresine ilişkin modeller geliştirilmiştir.

4.4 MEŞCERE PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ

Çizelge 4.17 incelendiğinde, arazi envanter karnelerinin hazırlanması sonucu hesaplanan meşcere parametrelerinin, çalışma alanı içerisinde farklı uydu görüntü verileri ile meşcere parametrelerinin istatistiksel olarak ilişkilendirilmesi sonucunda, çoklu regresyon modelleriyle tahmin edilebileceğini göstermiştir. Her bir uydu görüntü verisinin farklı meşcere parametreleri için farklı modeller ortaya koymaları tamamen görüntü verisinin radyometrisi ve uygulanan düzeltme prosesindeki girdilerin hassasiyeti, özellikle sayısal yükseklik modeli ile ilgilidir. Bu araştırma, çalışma alanı için hesaplanan meşcere parametrelerinin, dolayısı ile orman varlığının, uzaktan algılama verileri yardımıyla belirli bir yüzde değeri ile saptanmasına olanak vermektedir.

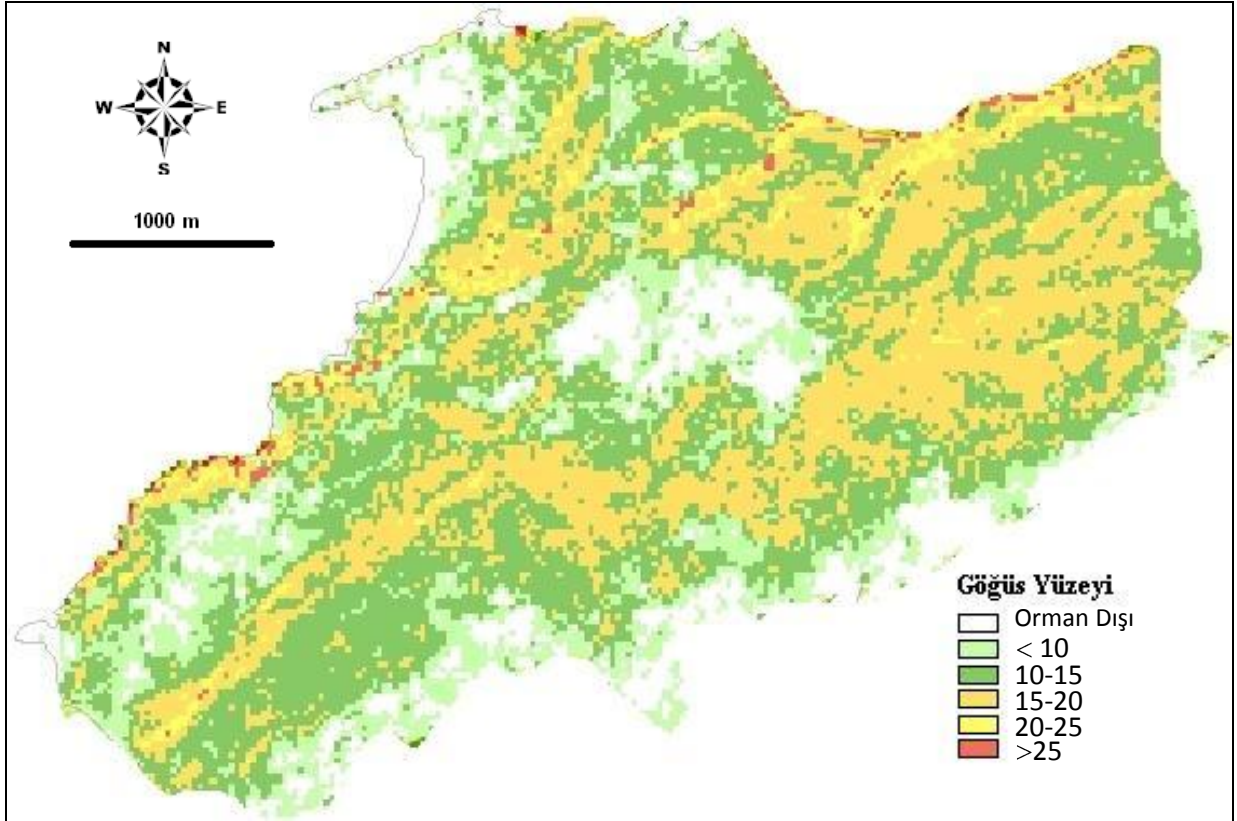
Çizelge 4.17 Regresyon modelleri.

Uydu Verileri	Meşcere paramet.	Regresyon modelleri	R ²	Syx.	F
Landsat ETM	Çap	$-8.260 + 0.127*ETMtk2$	0.237	3.38	12.11
	Göğüs yüzeyi	$-78.677 + 0.53*ETMtk2$	0.627	6.05	65.57
		$-77.638 + 0.623*ETMtk2 - 0.112*ETM4$	0.660	5.79	38.20
		$-67.067 + 0.467*ETMtk2 - 0.152*ETM4 + 0.168*ETMalbedo$	0.723	5.35	32.20
		$-82.592 + 0.376*ETMtk2 - 0.154*ETM4 + 0.252*ETMalbedo + 0.116*ETMndvi$	0.778	4.86	31.48
	Boy	$-18.781 + 0.170*ETMtk2$	0.476	2.64	35.38
		$-17.718 + 0.196*ETMtk2 - 0.051*ETM7$	0.561	2.45	24.29
		$-11.274 + 0.066*ETMtk2 - 0.068*ETM7 + 0.118*ETMlai$	0.613	2.33	19.54
		$-6.805 - 0.073*ETM7 + 0.167 ETMlai$	0.602	2.33	28.76
		$-9.373 - 0.115*ETM7 + 0.179*ETMlai + 0.058*ETM3$	0.653	2.20	23.20
	Ağaç sayısı	$-976.183 + 11.394*ETMlai$	0.325	313.1	18.74
Hacim	$-576.479 + 3.73ETMtk2$	0.518	53.28	41.93	
Spot HR-VIR	Ağaç sayısı	$-512.497 + 7.127*SPOT3$	0.124	356.5	5.537
	Kapalılık	$20.045 + 0.320*SPOTSavi$	0.509	5.81	40.50
		$20.718 + 0.408*SPOTSavi - 0.116*SPOTALbedo$	0.578	5.46	26.01
Aster VNIR	Kapalılık	$36.673 + 0.234*ASTER3$	0.491	5.92	37.55
		$38.817 + 0.297*ASTER3 - 0.075*ASTERalbedo$	0.568	5.53	24.94
		$36.231 + 0.236*ASTER3 - 0.076*ASTERalbedo + 0.124*ASTER2$	0.612	5.30	19.46
		$25.777 + 0.133*ASTER3 - 0.082*ASTERalbedo + 0.136*ASTER2 + 0.151*ASTERsavi$	0.662	5.02	17.63

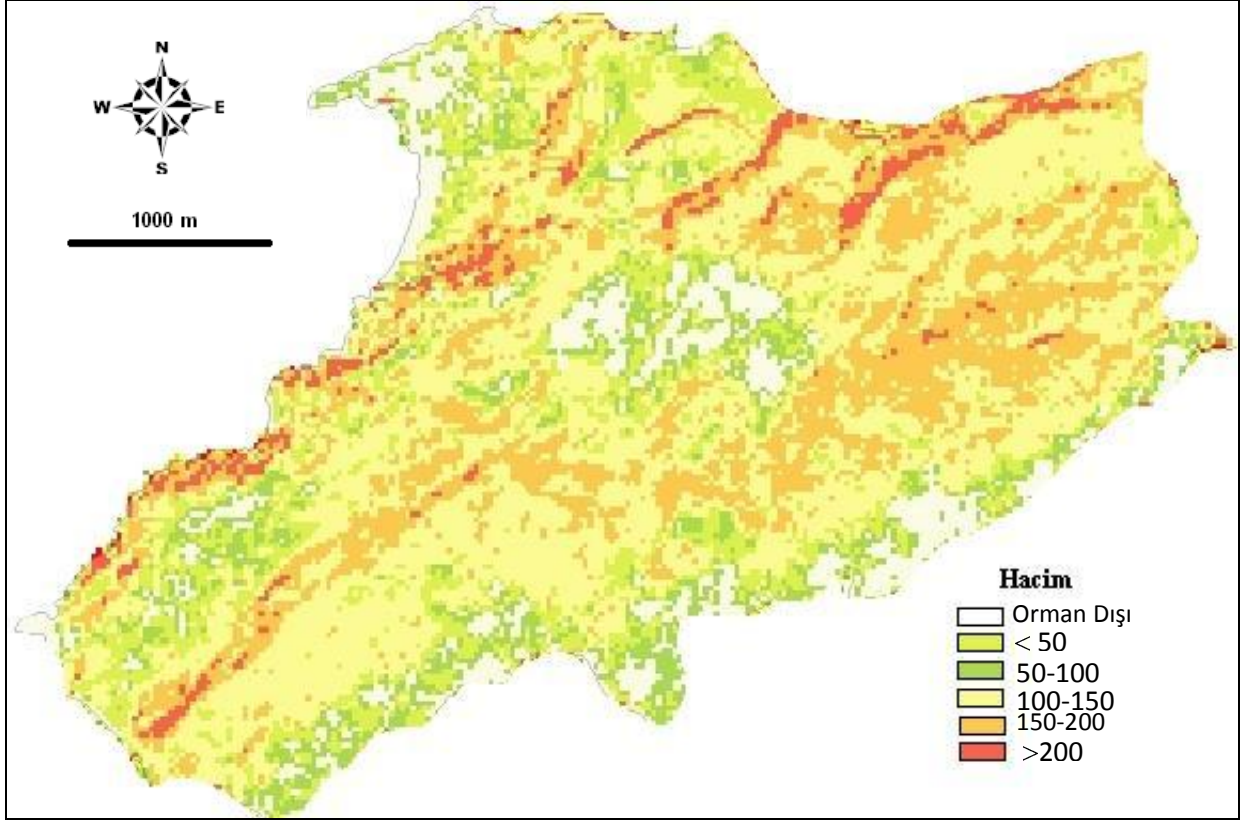
Çalışma alanı için meşcere parametrelerinin farklı regresyon modelleri ile tahmini için R² 0.50 ve üzerinde olan Göğüs yüzeyi, Boy, Hacim ve Kapalılık parametreleri için oluşturulan modellerin PCI Geomatica V9.1 yazılımının Xpace modülü kullanılarak oluşturulan regresyon modeline uygun sonuç görüntüleri oluşturulmuştur. Her bir parametre için regresyon modelindeki bağımsız değişkenler girdi olarak kullanılmış ve fonksiyon katsayıları ve sabiti yardımı ile hesaplanmıştır. Sonuçta çalışma alanına ait sonuç görüntü verileri temin edilmiştir. Hektardaki göğüs yüzeyi (m²/ha) olarak gruplandırılmış şekilde Şekil 4.9'da görülmektedir. Landsat 7 ETM+ görüntü verisi üzerinden işlem fonksiyonu $[-82.592 + 0.376*ETMtk2 - 0.154*ETM4 + 0.252*ETMalbedo + 0.116*ETMndvi]$ ile hesaplanmıştır. Şekil 4.10'da hektardaki ağaç serveti (m³/ha) olarak gruplandırılmış ve Landsat 7 ETM+ görüntü verisi üzerinden işlem fonksiyonu $[-576.479 + 3.73ETMtk2]$ ile hesaplanmıştır. Şekil 4.11'de Meşcere orta boyu (m), yine Landsat 7 ETM+ görüntü verisi üzerinden işlem

fonksiyonu $[-9.373 - 0.115*ETM7 + 0.179*ETM_{lai} + 0.058*ETM3]$ ile hesaplanarak gösterilmektedir.

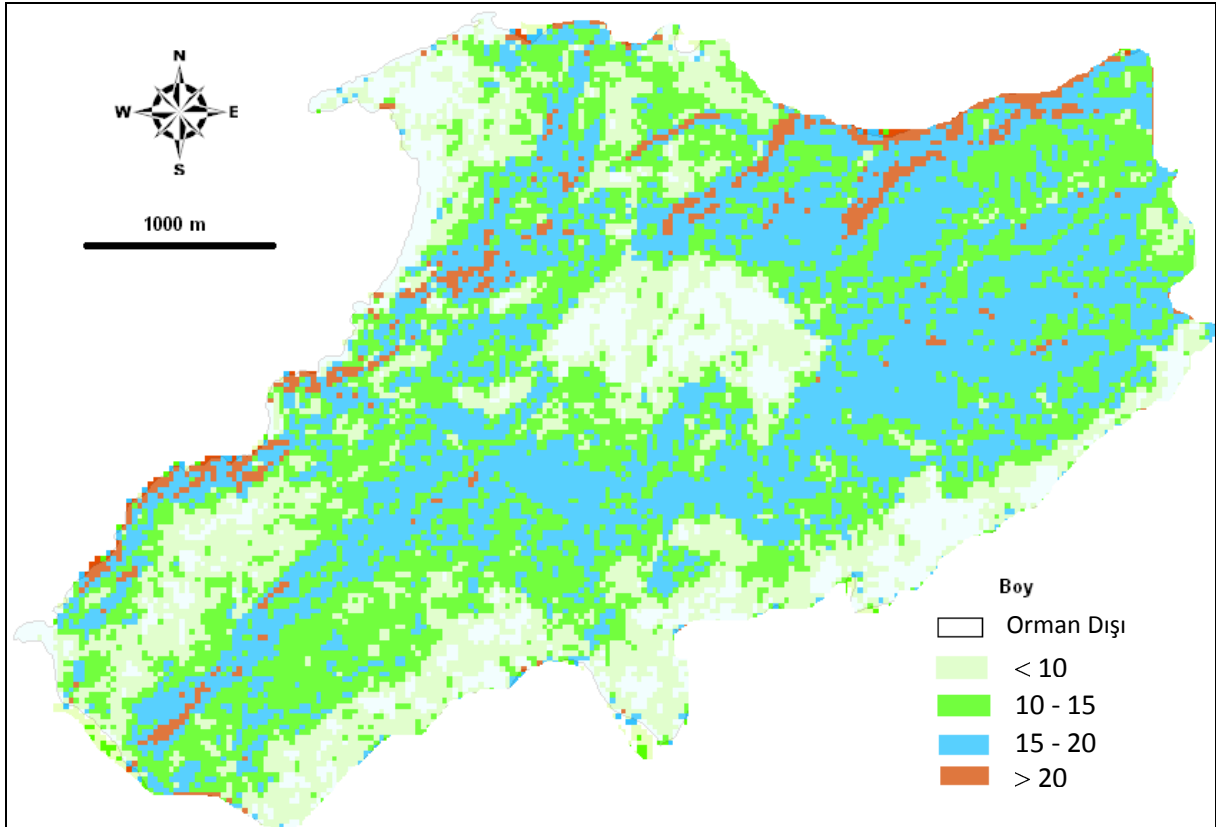
Kapalılık (%) olarak gruplandırılmış şekilde Şekil 4.12’de görülmektedir. Aster VNIR görüntü verisi üzerinden işlem fonksiyonu $[25.777 + 0.133*ASTER3 - 0.082*ASTER_{albedo} + 0.136*ASTER2 + 0.151*ASTER_{savi}]$ ile hesaplanmıştır.



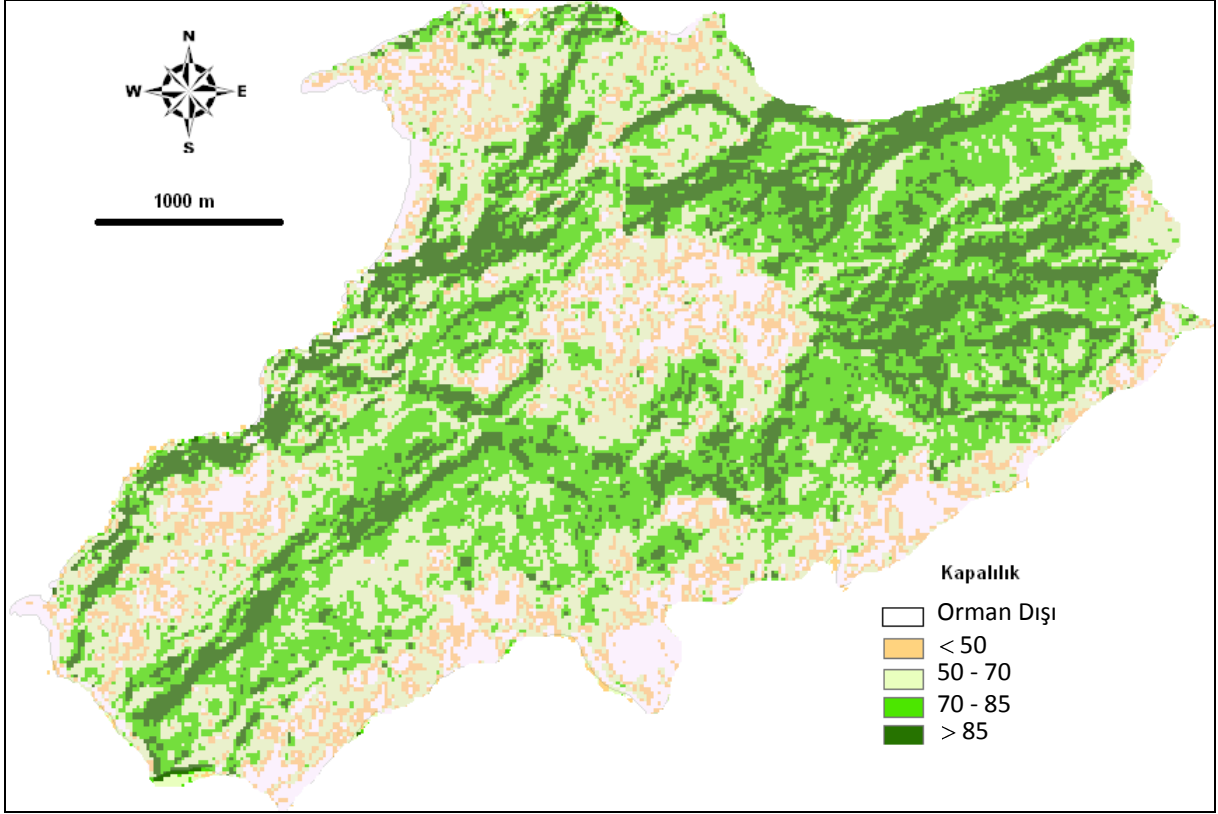
Şekil 4.9 Çalışma alanında göğüs yüzeyinin (m^2/ha) dağılımı (Landsat 7 ETM+).



Şekil 4.10 Çalışma alanında ağaç serveti (m^3/ha) dağılımı (Landsat 7 ETM+).



Şekil 4.11 Çalışma alanında meşcere orta boyu (m) dağılımı (Landsat 7 ETM+).



Şekil 4.12 Çalışma alanında Kapalılık (%) dağılımı (Aster VNIR).

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Giriş kısmında bu araştırmanın amaçlarına ve hedeflerine ilişkin bilgilere yer verilmektedir. Hedeflenen amaçların gerçekleştirilmesi yönünde, doğal Kayın meşceresinin içerisinde ağırlıklı yer aldığı Mugada ve yakın çevresindeki havza, çalışma alanı olarak seçilmiştir. Uydu görüntü verisi üzerindeki spektral yansımaya değerlerinin, atmosferden kaynaklı hatalardan arındırılmış olarak elde edilmesini sağlamak, topografyadan kaynaklı farklı aydınlanma şartları sonucu oluşan farklı yansımaya etkilerini azaltmak amacıyla, her bir uydu görüntü verisine atmosferik düzeltme prosedürü uygulanmıştır. Düzeltme sonrasında, her bir uydu görüntü verisi için görsel değerlendirme yapılarak, spektral yansıtım değerleri üzerindeki değişim incelenmiştir. Çalışma alanı için hesaplanan meşcere parametreleri ve uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkileri incelemek için, Landsat 7 ETM+, Spot HR-VIR ve Aster VNIR uydu görüntü verilerinin her bir bandı ve ek olarak çeşitli vejetasyon indeksleri analiz edilmiştir. Uzaktan algılama verileri ve meşcere parametreleri arasındaki ilişkileri analiz etmek ve orman varlığının uzaktan algılama verileriyle ilişkilendirmek için korelasyon analizi (Pearson korelasyon katsayısı), çıkan ilişkilere istinaden modeller geliştirmek amacıyla regresyon analizi (çoklu doğrusal regresyon) yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan farklı geometrik çözünürlüğe sahip uydu görüntü verilerinin atmosferik olarak düzeltilmesi işleminde öne çıkan işlemlerin başında, sayısal arazi modeli (SAM), algılayıcı bilgileri, mevcut atmosferik şartların tanımlanması gelmektedir. Özellikle SAM bilgisinin hassasiyeti, çalışma yaptığımız uydu görüntü verisinin geometrik çözünürlüğü ile ilişkilidir. SAM bilgisi üzerinden elde edilecek eğim ve bakı analizlerinin doğruluğu, hedef piksel dışındaki olumsuz etkiye sahip yansımaları telafi edecektir. Tüm bunlar kullanılacak sayısal yükseklik modelinin çözünürlüğe bağlıdır. Genel olarak uydu görüntü verisinin mekansal çözünürlüğünün 0.25 katı bir SAM çözünürlüğünün yeterliliği belirtilmektedir. Fakat bazı orta çözünürlüklü ve özellikle yüksek çözünürlüklü görüntüler için gerekli olan bu

çözünürlükteki SAM verilerinin elde edilmesindeki maliyetler fazla olacağından, daha düşük çözünürlüklü SAM verileri pratikte kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışma alanı için farklı mekansal çözünürlükteki uydu görüntü verileri için, 1:25000 ölçekli topografik haritalar üzerinde her 10 metrede bir geçen eş yükselti eğrileri sayısallaştırılarak üretilen sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. Yapılan çalışmada farklı geometrik çözünürlüğe sahip farklı üç uydu (Landsat 7 ETM+ (30 m), Spot HR-VIR (20 m), Aster VNIR (15 m)) görüntülerine uygulanan atmosferik düzeltme işleminin görsel analizleri yapılmıştır. Ayrıca çalışma alanı içerisindeki orman alanları üzerindeki düzeltme öncesi ve sonrasındaki spektral yansıma değerlerinin değişimleri incelenmiştir.

Çalışma alanına ilişkin Landsat görüntü verisinin atmosferik düzeltme öncesi ve sonrasındaki görsel analizler sonucunda iyi kontrast değerine sahip (Visibility = 25 km.) görüntü verisi seçilmiştir. Seçilen düzeltilmiş görüntü verisinin topografyadan kaynaklı olumsuzlukları giderdiği tespit edilmiştir. Düzeltme öncesi ve sonrası spektral yansıma değerleri arasındaki değişimler incelendiğinde, kıvılotesi bölge yansıma değerlerinin öne çıktığı (özellikle orman alanları için belirgin farklılıklar göstermesi) ormanlık alanlara ilişkin bilgi içeriğinin çıkarımı konusunda önemli avantajlar sağladığı görülmüştür. Düzeltme öncesi ve sonrası görüntü verisi üzerindeki band korelasyonları incelendiğinde önemli bir değişiklik gözlenmemekle beraber, görünür bölge ve kıvılotesi bölge arasındaki ilişkiler olması gereken düşük katsayılarla sonuçlanmıştır. Özellikle Mavi bandın tüm bandlarla olan korelasyonunda artış olduğu gözlenmiştir. Landsat uydu verisinin pankromatik bandı incelendiğinde özellikle orman dışı alanlar için (tarım arazileri ve kısmen yerleşim) atmosferik düzeltme sonrasında, öncesine göre yansımada farklılığı bulunmamakla birlikte, özellikle ormanlık alanlar için yansıma değerleri arasında önemli farklılıkların olduğu görülmüştür.

SPOT HR-VIR görüntü verisi içinde görünürlük değeri olarak iyi kontrasta sahip (25 km.) değeri seçilerek görsel değerlendirme yapılmıştır. Atmosferik düzeltme öncesi ve sonrası spektral yansıma değerleri arasındaki değişimler incelendiğinde, yine kıvılotesi bölgede yansıma değerleri arasındaki belirgin farklılıklar, görüntü verisi üzerinden özellikle ormanlık alanlar için bilgi çıkarımlarının daha belirgin olduğunu göstermektedir. Düzeltme öncesi ve sonrası görüntü verisi üzerindeki band korelasyonları incelendiğinde de, düzeltme sonrası en düşük korelasyon negatif yönde (-0.08) kırmızı ve yakın kıvılotesi bölgede gerçekleştiği görülmüştür. Bu yönde bir değişimin, atmosferik düzeltme sonrası özellikle kırmızı band ve

yakın kızılötesi band temelli yapılacak vejetasyon indeksi görüntüleri için oldukça önem taşımaktadır.

Aynı şekilde, Aster görüntü verisi değerlendirildiğinde, diğer uydu görüntülerine nazaran daha olumsuz bir tablo ile karşılaşmaktadır. Düşük kontrast değerinin seçildiği Aster görüntü verisi için daha yüksek kontrast değerine sahip görüntü verilerinde, özellikle topografyadan kaynaklı gölgede kalmış yamaçların, normal yansımının üzerinde parlaklık değerleri taşıdığı tespit edilmiştir. Bu nedenle her iki yamaca dair topografyadan kaynaklı olumsuzluğun, düzeltme sonrasında yüksek parlaklık değerine istinaden diğer yönlü değişmesi sebebiyle olumsuzluklar yaşanmıştır. Bunun nedeni, Aster görüntü verisinin alınımının yerel saat itibari ile sabah erken saatlerde {08.44. 00} olması nedeniyle uydu bakış açısı ve güneş açılarının çok düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Çalışmada kullanılan en yüksek geometrik doğruluğa sahip (15 m.) görüntü verisi olması nedeniyle de, kullanılan 10 m. aralıkla üretilen sayısal yükseklik modelinin çözünürlüğünün de oldukça düşük kalması, olumsuzlukların atmasına ve atmosferik düzeltme işlemi için beklenen doğrulukta sonuçların elde edilememesine neden olmuştur. Sonuç olarak düşük kontrast değeri seçilerek atmosferik düzeltilmesi öncesi ve sonrasında, Aster görüntü verisinin spektral yansıma değerleri arasında belirgin farklılıklar gözlenmediği tespit edilmiştir. Buna rağmen atmosferik düzeltme öncesi ve sonrası bandlar arası korelasyonlar incelendiğinde, özellikle düzeltme sonrasında görünür bölge ve kızılötesi bölge arasındaki korelasyonların nispeten daha düşük korelasyonlar içerdiği gözlenmiştir.

Daha sonraki aşamada farklı meşcere parametreleri ile vejetasyon indekleri ve çok bandlı uzaktan algılama verilerinin yansıma değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ilişkiler bulunup bulunmadığı araştırılmıştır.

Bu bağlamda, çalışma alanına ilişkin arazi çalışmalarından elde edilen meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde, hacim, çap, göğüs yüzeyi ve boy arasında güçlü korelasyon katsayıları gözlenmiştir. Kapalılık ölçütünün ise diğer meşcere parametreleri ile ilişkisi düşük oranlarda gerçekleşmiştir. Landsat 7 ETM+ görüntü verisi kullanılarak özellikle meşcere parametrelerinden göğüs yüzeyi, boy ve hacim bileşenlerinin Tasseled Cap algoritmasının yeşillik bileşeni (TK2), yaprak alan indeksi (LAI) başta olmak üzere Fotosentetik aktif radyasyon fraksiyonu indeksi (FPAR), Surface Albedo, SAVI ve Ana Bileşenler Dönüşümü (PCA1) ile güçlü ve iyi derecede ilişkiler göstermektedir. ETM

görüntüsünün atmosferik düzeltme sonrası birbirleri arasındaki yüksek korelasyon nedeni ile bitki indeksleri için önemli kırmızı band ve diğer kızılötesi bandların meşcere parametreleri ile olan ilişkilerinde ise düşük korelasyonlar tespit edilmiştir. Ayrıca son yıllarda vejetasyon ile ilgili çalışmalarda sıkça kullanılan Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI) ile meşcere parametreleri ile olan ilişkiler içinde düşük korelasyonlar görülmüştür.

SPOT ve ASTER görüntü verilerinin meşcere parametreleri ile olan ilişkileri incelendiğinde ise, kapalılık haricinde diğer meşcere parametrelerinin her iki uydu görüntü verilerinin bandları ve oluşturulan indeks görüntüleri olan korelasyon katsayıları düşük oranlarda gerçekleşmiştir. Her iki görüntü verisinin geometrik çözünürlüklerinin Landsat verisine göre yüksek olması, kullanılan sayısal yükseklik modelinin atmosferik düzeltme prosedürü için yetersiz kaldığını göstermektedir. Her iki uydu görüntüsü için farklı algılayıcının bakış geometrileri ve manzara aydınlanmasındaki şartlar, sonuç görüntülerin üretilmesi üzerine olumsuz etkileri olmuştur. Kapalılık parametresi ile her iki görüntü verisi ve oluşturulan indeks görüntüleri için kızılötesi bandlar ve kızılötesi farklı katsayılar kullanılarak elde edilen indeks görüntüleri arasında iyi derecede korelasyon katsayıları gerçekleşmiştir.

Araştırma alanı için, orman varlığına ilişkin tanımlama yapabilmek için uzaktan algılama verileri ve meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler baz alınarak, spektral tabanlı regresyon modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla çalışma alanına ilişkin arazi verileri ve uydu görüntü verilerinin veri setleri oluşturularak meşcere parametrelerinin, uydu görüntülerinin mevcut bandları ve oluşturulan indeks görüntüleri arasındaki ilişkinin nasıl izah edileceği ortaya koyulmuştur.

Meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkilerden yararlanılarak meşcere parametrelerinin tahmini için kademeli regresyon analizi (Stepwise Selection) yöntemi kullanılarak çoklu doğrusal regresyon modelleri kurulmuştur. Çalışmada kullanılan değişken seçimi yöntemi kademeli regresyon analizi yani değişken ekleme ve eleme işleminde, her değişken modele sırayla eklenir ve model değerlendirilir. Eğer eklenen değişken modele katkı sağlıyorsa, modelde bu değişken kalır. Eğer önemli derecede sağlamıyorsa modelden çıkartılır. Böylece en az sayıda değişken yardımıyla model açıklanmış olur.

Meşcere parametreleri bağımlı değişken, uydu görüntü verisi bandları ve vejetasyon indeksleri bağımsız değişkenler olarak yapılan kademeli regresyon analizi sonuçları, her bir bağımlı değişken ayrı ayrı olarak ele alınarak sonuçları belirtilmiştir. Landsat görüntü verisi için, 'Çap' bağımlı değişkenin %24'lük kısmının açıklandığını görmekteyiz. Geriye kalan %76'lık gibi büyük bir yüzdenin modele dahil etmediğimiz değişkenler tarafından açıklanmaktadır. 'Göğüs yüzeyi (GYUZ)' bağımlı değişkenin, farklı bağımsız değişkenlerle oluşturulan modellerinde %62 ile %78 oranlarda ETM bandları ve indeks görüntüleri tarafından açıklandığı görülmektedir. ETMtk2, ETM4, ETMalbedo, ETMndvi bağımsız değişkenleri ile oluşturulan Göğüs yüzeyi (GYUZ)' bağımlı değişkeninin %78'lik kısmının açıklandığını tespit edilmiştir. Özellikle ETM4 ve NDVI bağımsız değişkenlerinin Göğüs yüzeyi (GYUZ) ile ilişkilerindeki korelasyon katsayılarının düşük olmasına rağmen oluşturulan modelin açıklayıcı doğruluğunun arttırmışlardır. 'BOY' bağımlı değişkenin, farklı bağımsız değişkenlerle oluşturulan modellerinde %47,6 ile %65,3 oranlarda ETM bandları ve indeks görüntüleri tarafından açıklandığı görülmektedir. ETMtk2, ETM7, ETMlai, ETM3 bağımsız değişkenlerinin farklı regresyon modelleri ile 'BOY' bağımlı değişkeninin en yüksek %65,3'lük kısmı açıklanabilmektedir. Aynı şekilde Ağaç Sayısı (ASAY) bağımlı değişkeninin sadece ETMlai bağımsız değişkeni tarafından % 32'lik kısmı açıklanmaktadır. Benzer şekilde 'Hacim' bağımlı değişkeni için sadece ETMtk2 bağımsız değişkeni tarafından % 52'lik kısmı açıklanmaktadır.

Spot uydu görüntü verisi için, 'Ağaç Sayısı (ASAY)' bağımlı değişkeninin sadece %12'si modele tek olarak dahil olan 'SPOT3' bağımsız değişkeni tarafından açıklanabilmektedir. Aynı şekilde 'Kapalılık (Kap)' bağımlı değişkeninin 'SAVI' ve 'Surface Albedo' değişkenlerinin modele dahil olması ile %58'lik bir kısmı açıklanabilmektedir.

Aster VNIR uydu görüntü verisi için 'Kapalılık (Kap)' bağımlı değişkenine ilişkin modellerde tek başına 'Aster3' değişkeni, bağımlı değişkendeki değişimin %49'unu açıklanırken, modele sırasıyla 'Asteralbedo', 'Aster2' ve 'AsterSAVI' değişkenlerinin eklenmesiyle bağımlı değişkenin %66'sı açıklanabilmektedir.

Çalışma alanının benzer biyofiziksel ortama sahip Kayın (*Fagus orientalis* L.) meşceresi olması nedeniyle küçük örnekleme parselleri için geliştirilen modeller, çalışma alanının tümü için uygulanmıştır. Sonuç ürün olarak göğüs yüzeyi, boy, hacim ve kapalılık mekansal

dağılım görüntüleri elde edilmiştir. Farklı yüzdelerde açıklayıcılık içeren modellerin yardımı ile oluşturulan görüntü verileri çalışma alanı için uygulanabilirliği ve doğruluğu açısından önemli bulgular içermektedir.

Yapılan çalışmaya ilişkin tüm elde edilen veriler değerlendirildiğinde vurgulanması gereken genel sonuçlar ve öneriler aşağıda özet olarak verilmiştir;

- Farklı zamanlarda veya konumlarda yeryüzü özelliklerinin yansımalarındaki değişimleri incelemek ve alana ilişkin bilgi çıkarımına yönelik uygulamalara sıkça rastlanmaktadır. Bu tür uygulamalarda herhangi bir uydu görüntü verisi için hedef piksel üzerinde ölçülen radyans, manzara aydınlanmasına, atmosferik şartlara ve algılayıcının bakış geometrisine bağlı olarak değişim gösterir. Yapılan çalışmada atmosferik düzeltme, uydu görüntü verileri üzerinden yüzey sıcaklıklarına ilişkin ve objeye ait gerçek yansıma değerlerine ilişkin bilgilerin elde edilmesine yönelik bir uygulama olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan atmosferik düzeltme işleminde, aerosol tipleri, atmosferik tanımlama, güneşin konumu, görünürlük ve yakınlık etkisi öne çıkan parametrelerin başında gelmektedir. Bu aşamada atmosferik düzeltmenin en önemli kritik noktası kullanılan sayısal arazi modelinin (SAM) çözünürlüğüdür. Atmosferik düzeltmeye konu olan eğim ve bakı analizlerinin doğruluğu, hedef piksel dışındaki yansımın etkileri tamamen çözünürlüğe bağlı oluşturulan sayısal yükseklik modeline bağlıdır. Literatürde belirtilen “uydu görüntü verisinin mekansal çözünürlüğünün 0.25 katı bir SAM çözünürlüğü gerekliliği” oldukça önemlidir. Çalışmada kullanılan 3 farklı uydu görüntü verisinin (Landsat 7 ETM+ (30 m), Spot XS (20 m), Aster VNIR (15 m)) düzeltme sonrası spektral yansımalarındaki değişim görsel olarak incelenmiş, mekansal çözünürlükleri yüksek Spot ve Aster görüntü verileri için farklı olumsuzluklar yaşanmıştır. Özellikle en yüksek mekansal çözünürlüğe sahip Aster görüntü verisinin spektral yansımalarında çok az bir değişimin olduğu görülmektedir. Aster görüntü verisi için yapılan atmosferik düzeltme sonrası, özellikle topografyadan kaynaklı farklı piksel parlaklık değerlerinin normalleşmesi beklenirken, manzara aydınlanmasına farklılıklar nedeniyle, orijinal görüntü verisinin tersi yönde bir heterojenliğin olduğu gözlenmiştir. 30 metre mekansal çözünürlüğe sahip Landsat görüntü verisinin ise, atmosferik düzeltme sonrası amaçlanan hedeflere ulaşılmış, atmosferden kaynaklı hatalardan arındırılmış olarak yeni görüntü verileri elde edilmiştir. Spot görüntü verisi içinse özellikle sayısal yükseklik modelinden kaynaklı olumsuzluklar

gözlenmişse de, düzeltme sonrası görüntü verisi ve spektral yansıma değerleri beklentileri karşılayacak doğrultuda elde edilmiştir.

- Bu çalışmada, atmosferik düzeltme aşamasında sonraki en önemli bitki indekslerinden Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Leaf Area Index (LAI), Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FPAR), Surface Albedo ele alınmıştır. Ayrıca Landsat 7 ETM+ görüntü verisi için Ana Bileşenler Dönüşümü (Principal Component Analysis) ve Tasseled Cap Transformation (TST) dönüşümü uygulanmıştır. Çalışma alanı için, meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, Landsat 7 ETM+ görüntü verisi kullanılarak özellikle meşcere parametrelerinden göğüs yüzeyi, boy ve hacim bileşenlerinin Tasseled Cap algoritmasının yeşillik bileşeni (TK2), yaprak alan indeksi (LAI) başta olmak üzere Fotosentetik aktif radyasyon fraksiyonu indeksi (FPAR), Surface Albedo, SAVI ve Ana Bileşenler Dönüşümü (PCA1) ile güçlü ve iyi derecede ilişkiler göstermektedir. Özellikle bandların farklı şekillerde oranlanmasıyla elde edilen oran görüntülerine nazaran, vejetasyona ilişkin çalışmalarda sıkça kullanılan bandların farklı katsayılar ile yapılan doğrusal bant kombinasyonlarının çalışma alanındaki meşcere kuruluşu için yüksek korelasyonlar göstermiştir.
- Uydu görüntü verilerinin her bir bandının spektral yansıma değerleri ve vejetasyon indeksi görüntülerinin yansıma değerlerinin birlikte kullanılması sonucu oluşturulan çoklu doğrusal regresyon modelleri, meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi yönünde en iyi sonucu vermektedir. Her bir uydu görüntü verisi için birbirleri ile düşük korelasyon gösteren bandlar haricindekilerle meşcere parametreleri arasındaki düşük korelasyonlar gözlenmiştir. Ayrıca vejetasyona yönelik çalışmalarda sıkça kullanılan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) indeks görüntü verisi de meşcere parametreleriyle anlamlı istatistiksel ilişkilere sahip değildir. Buna karşın modele bağımsız olarak giren bu değişkenlerin kurulan modelin açıklayıcı doğruluğunu arttırdığı gözlenmiştir. Seçilen modeller ele alındığında, GÖĞÜS YÜZEYİ bağımlı değişken için ETM4 ve ETMndv1 bağımsız değişkenlerinin katkılarıyla açıklayıcı doğruluk %63'den %78'e çıkmaktadır. Aynı şekilde BOY bağımlı değişkeni için ETM7 ve ETM3 bağımsız değişkenlerinin modele eklenmesiyle açıklayıcı doğruluk %65, Aster uydu görüntü verisi kullanılarak çoklu doğrusal regresyon modeli oluşturulan KAPALILIK bağımlı değişkeni için, Aster2 ve Aster3 değişkenlerinin modele eklenmesiyle açıklayıcı doğruluk %66 düzeyinde

gerçekleşmiştir. Bu nedenle yapılacak bu tür çalışmalarda orman varlığını tanımlamada düşük korelasyon katsayılarına sahip olsalar da tüm verilerin oluşturulacak modele dahil edilmesi yarar sağlayacaktır.

Bu çalışmada aynı çalışma alanına ilişkin farklı mekansal çözünürlüğe, farklı algılayıcılara dolayısı ile farklı radyometrelere sahip üç farklı uydu görüntü verileri kullanılmıştır. Her bir görüntü verisinin uzaktan algılanmış verileriyle yersel envanter verileri arasında ne derecede güçlü istatistiksel ilişkileri olduğu belirtilmiştir. Bu ilişkiler doğrultusunda oluşturulan çoklu doğrusal regresyon modelleri kurularak, sonucunda ilgili meşcere parametreleri için regresyon modelindeki bağımsız değişkenler girdi olarak kullanılarak sınıflandırılmış görüntüleri oluşturulmuştur. Bölgesel ve ulusal ölçekte yapılacak orman envanter çalışmalarının bu yöntemle zaman ve maddiyat yönünden önemli kazanımlar sağlayacağı gerçektir. Fakat özellikle atmosferik düzeltme prosedürü için kullanılacak sayısal yükseklik modelinin kullanılan algılayıcının mekansal çözünürlüğüne göre istenilen doğruluk düzeyinde elde edilmesi ve getireceği ek maliyetin de hesap edilerek kullanılması olumlu sonuçlar sağlayacaktır. Bu şekilde daha yüksek doğruluklara ulaşılabileceği gibi özellikle mekansal çözünürlüğün etkili olduğu bilgi içeriği düzeyi olumlu sonuçlanacaktır. Ayrıca yer gerçeği ile uydu görüntü verilerinin istatistiksel olarak ilişkilendirildiği bu tür çalışmalarda, kullanılan uydu görüntü verisinin kalibrasyon dosyası yardımıyla ulaşılabilecek yansıma (radiance) değerlerinin kullanılması daha doğru sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Abrams M, Hook S and Ramachandran B** (1999) *ASTER user handbook, version 2*. Pasadena,CA: Jet Propulsion Laboratory.
- Akça A** (1981) Modern Hava Fotoğrafi Değerlendirme Yöntemleri İle Ağaç Servetinin Saptanması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2 (A), 75-86.
- Asan Ü** (2003) *Orman Amenajmanı*. Orman Amenajmanı ders notları, İÜ Orman Fakültesi İstanbul, 62s.
- Asrar G** (1989) *Theory and Applications of Optical Remote Sensing*. J. Wiley & Sons, New York, 734 pp..
- Asrar G, Fuchs M, Kanemasu E T and Harfield J L** (1984) Estimating Absorbed Photosynthetic Radiation and Leaf Area Index from Spectral Reflectance in Wheat. *Agron J.*,76: 300–306.
- Ata C** (1995) *Silvikültürün Temel Prensipleri*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Yayın no:1, Fakülte yayın no:1, Zonguldak, 62s.
- Ateşoğlu A** (2002) Bartın Yöresi Arazi Kullanımındaki Değişimin Uzaktan Algılama Verileriyle Belirlenmesi. Yüksek Müh. Tezi (Yayımlanmamış), ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 86 s.
- Baret F and Guyot G** (1991) Potentials And Limits Of Vegetation Indices For LAI And FAPAR
- Berry J K and Ripple W J** (1996) Emergence of Geographic Information Systems in Forestry. *The Literature of Forestry and Agroforestr*, In. McDonald, P. and J. Lassoie, New York, pp. 107–128.
- Blamont D and Méring C** (1987) Applicability of SPOT for Forest Management. *Advances in Space Research*, 7(3): 41-46.
- Blodgett C, Jakubauskas M, Price K and Martinko E** (2000) Remote Sensing-based Geostatistical Modeling of Forest Canopy Structure. *ASPRS 2000 Annual Conference*, May 22-26, Washington, D.C.
- Boyd D S, Foody G M and Ripple W J** (2002) Evaluation of Approaches for Forest Cover Estimation in The Pacific Northwest, USA, Using Remote Sensing. *Applied Geography*, 22 :375–392.
- Brown S L, Schroeder P nad Kern J S** (1999) Spatial Distribution of Biomass in Forests of The Eastern USA. *Forest Ecology and Management*, 123:81-90.
- Buckley D S, Isebrands J G and Sharik T L** (1999). Practical Field Methods Of Estimating Canopy Cover, PAR, And LAI İn Michigan Oak And Pine Stands. *North. J. Appl. For.*, 16:25–32.
- Büyüksalih G** (2006) Kişisel görüşme. Zonguldak.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Büyüksalih G** (2001) *Dijital Görüntü İşleme*. Yüksek Lisans Ders Notları, Zonguldak Karalması Üniversitesi, Zonguldak, 82 s.
- Campbell J B** (2002) *Introduction to Remote Sensing*. Taylor & Francis, New York, pp 620 ,
- Carter J R** (1992) The Effect of Data Precision on The Calculation of Slope And Aspect Using Gridded Dems. *Cartographica*, 29: 22-34.
- Chen J M** (1996) Canopy Architecture and Remote Sensing of The Fraction of Photosynthetically Active Radiation Absorbed by Boreal Conifer Forests. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 34:1353–1368.
- Chen J M and Cihlar J** (1996) Retrieving Leaf Area Index of Boreal Conifer Forests Using Landsat TM Images. *Remote Sens. Environ.*, 55: 153–162.
- Choudhury B J** (1994) Synergism of Multispectral Satellite Observation for Estimating Regionalland Surface Evaporation. *Remote Sensing of Environment*, 49: 264-274
- Coillie F, Verbeke L and Wulf R** (2007) Feature Selection by Genetic Algorithms in Object-Based Classification of IKONOS Imagery for Forest Mapping in Flanders, Belgium. *Remote Sensing of Environment*, 110 (4): 476-487.
- Collins J B and Woodcock C E** (1996) Topographic Normalization of Landsat TM Images of Forest Based on Subpixel Sun–Canopy–Sensor Geometry. *Remote Sensing of Environment*, 56 (1): 66-77.
- Coomes D A, Allen R B, Scott N A, Goulding C and Beets P** (2002) Designing Systems to Monitor Carbon Stocks in Forests And Shrublands. *Forest Ecology and Management*, 164: 89–108
- Crist E P and Kauth R J** (1986) The Tasseled Cap Demystified. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(1): 81-86.
- Crist E P and Cicone R C** (1984) Application of the Tasseled Cap Concept to Simulated Thematic Mapper Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 50(3): 343-352.
- Çetin M** (2007) Sündiken Kütlesindeki (Eskişehir) Yükselti/İklim Kuşaklarının ve Orman Toplumlarının Özelliklerinin Uydu Görüntüleri İle Belirlenmesi (Yayımlanmamış), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 144 s.
- Dave J V** (1980) Effect of Atmospheric Conditions on Remote Sensing of A Surface Nonhomogeneity, *Photogrammetric Engineering And Remote Sensing*, 46: 1173-1180.
- Desclée B, Bogaert P and Defourny P** (2006) Forest Change Detection by Statistical Object-Based Method. *Remote Sensing of Environment* 102: 1–11.
- DİE** (1999) *Uzaktan Algılama İle Türkiye Tahıl Ekili Alan ve Rekolte Tahmini Çalışması*. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, 57 s.
- Eraslan İ, Yüksel Ş ve Giray N** (1984) *Batı Karadeniz Bölgesindeki Değişik Yaşlı Koru Ormanlarının Optimal Kuruluşları Hakkında Araştırmalar*. Tarım Orman Ve Köy İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Sıra No: 650, Seri No: 58, Ankara, 161 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Erdas Guide**(2001) Erdas Field Guide, Erdas Inc. Atlanta USA.
- ESRI** (1992) *Surface Modeling with TIN*, Esri Press, Redlands California.
- Fazakas Z, Nilsson M and Olsson H** (1999) Regional Forest Biomass And Wood Volume Estimation Using Satellite Data And Ancillary Data *Agricultural and Forest Meteorology* 98-99: 417-425
- Franklin S E** (2001) Remote Sensing For Sustainable Forest Management. Lewis Publishers, New York, pp. 407.
- Forman R T T** (1995) *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Freitas S R, Mello M C S and Cruz C B M** (2005) Estimation Of Forest-Ecosystem Site Index Using Remote-Sensed Data *Forest Ecology and Management*, 218 (1-3): 353-362.
- Friedl M A** (1996) Examining The Effects of Sensor Resolution and Sub-Pixel Heterogeneity on Spectral Vegetation Indices: Implications For Biophysical Modeling. In *Scaling of Remote Sensing Data for GIS*, D. A. Quattrochi and M. F. Goodchild, New York, pp. 113–139.
- Fujisada H** (1994). Overview of ASTER Instrument on EOS-AM1 Platform. *Proc. SPIE* 2268: 14–36.
- Gausman H** (1977) Reflectance of Leaf Components. *Rem. Sensing Environ.*, 6: 1–9.
- Geosystems** (2004) ATCOR for IMAGINE 8.7. User Manual ATCOR 2 and ATCOR 3. Germering. Germany, 190 p.
- Gobron N, Pinty B and Verstraete M M** (1997) Theoretical Limits to The Estimation of The Leaf Area Index on The Basis of Visible And Near-Infrared Remote Sensing Data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 35: 1438–1445.
- Goodenoughl D G, Deguisel J and Robson M A** (1990) *Multiple Expert Systems for Using Digital Terrain Models*. Proc. IGARS'90, Washington. pp. 96.
- Gu D, Gillespie A** (1998) Determining Forest Species Composition Using High Spectral Resolution Remote Sensing Data. *Remote Sensing of Environment*, 64 (2) 166-175.
- 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 Aboveground Biomass And Stand Volume. *Forest Ecology And Management*, 225: 378-390.
- HariPriya G S** (2000) Hyperspectral Versus Multispectral Data for Estimating Leaf Area Index In Four Different Biomas. *Biomass and Bioenergy*, 19 (4): 245-258.
- HAT** (2002) *Uzaktan Algılama*. HAT coğrafi bilgi sistemleri, Ankara, 176 s.
- Heiskanen J** (2006) Tree Cover And Height Estimation in The Fennoscandian Tundra–Taiga Transition Zone Using Multiangular MISR Data. *Remote Sensing of Environment* 103: 97–114

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Hunter M** (1997) The biological landscape. *Creating a Forestry for the 21st Century. The Science of Ecosystem Management*, Eds. Kohm, K. and J. Franklin, Island Press, Washington, DC. pp. 57–68.
- İnan M** (2004) Orman Varlığının Saptanmasında Uzaktan Algılama Verileri. Doktora Tezi (yayımlanmamış), İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 142 s.
- İŞLEM** (2001) *Uzaktan Algılama*. İşlem Şirketler Grubu, Sinan ofset, Ankara, 149 s.
- Jaakkola S P** (1989) Use of AVHRR Imagery for Large-Scale Forest Inventories. *Advances in Space Research*, 9 (1): 135-141.
- Jasinski M F** 1996 Estimation of Subpixel Vegetation Density of Natural Regions Using Satellite Multispectral Imagery. *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sensing*, 34: 804–813.
- Jianwen M, Xiaowen L, Xue C and Chun F** (2006) Target Adjacency Effect Estimation Using Ground Spectrum Measurement And Landsat-5 Satellite Data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 44 (3): 729–735.
- Joshi C, Leeuw J, Skidmore A K, Duren I and Oosten H** (2006) Remotely Sensed Estimation of Forest Canopy Density: A Comparison of The Performance of Four Methods. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8: 84–95.
- Kachhwala T S** (1985) Temporal Monitoring of Forest Land for Change Detection And Forest Cover Mapping through Satellite Remote Sensing. *Proc. of the 6th Asian Conf. on Remote Sensing*. Hyderabad, pp. 77-83.
- Kalıpsız A** (1993) *Dendrometri*. İÜ Orman Fakültesi, Üni. Yayın No: 3793, Fak. Yayın No: 426, İstanbul, 407 s.
- Kardoulas N G, Bird A C and Lavan A I** (1996) Geometric Correction of Spot And Landsat Imagery: a Comparison of Map And GPS Derived Control Points. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62 (10): 1173-1177.
- Kavak K Ş** (2001) Sayısal Görüntüleme, *Bilim ve Teknik Dergisi*, 393: 90-92.
- Knipling E B** (1970) Physical and Physiological Basis for Reflectance of Visible And Nearinfrared Radiation from Vegetation. *Rem. Sensing Environ.*, 1: 155–159.
- Knyazikhin Y, Martonchik J V, Diner D J, Myneni R B, Verstraete M M, Pinty B and Gobron N** (1998) Estimation of Vegetation Canopy Leaf Area Index and Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation from Atmosphere-Corrected MISR Data. *J. Geophys. Res.*, 103 (32): 239–256.
- Knyazikhin Y, Martonchik J V, Myneni R B, Diner D J and Running S** (1998) Synergistic Algorithm for Estimating Vegetation Canopy Leaf Area Index and Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation from MODIS and MISR Data. *J. Geophys. Res.*, 103 (32): 257–275.
- Konukçu M** (2001) *Ormanlar ve Ormancılığımız*. TC. Başbakanlık Devlet Palnlama Teşkilatı, Yayın no: 2630, Ankara, s.229-233.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kurt B** (1990) Teuber Forest-Type Mapping And Change Detection From Satellite Imagery *Forest Ecology and Management*,33-34: 621-631.
- Kushwaha S P S** (1990) On The Use of A Simple Deciduous Forest Model for The Interpretation of Climate Change Effects at The Level of Carbon Dynamics. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 45 (3): 175-181
- Lasaponara R and Lanorte A** (2007) A Shadow Fraction Method for Mapping Biomass of Northern Boreal Black Spruce Forests Using Quickbird Imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9 (3): 225-234.
- Leboeuf A, Beaudoin A, Fournier R A, Guindon L, Luther J E and Lambert M C** (2007) Remote Sensing Support for National Forest Inventories. *Remote Sensing of Environment*, 110 (4): 488-500.
- Lee K, Cohen W B, Kennedy R E, Maiersperger T K and Gower S T** (2004) Estimation of aboveground biomass in logged and primary lowland rainforests using 3-D photogrammetric analysis. *Remote Sensing of Environment*, 91 (3-4): 508-520.
- Lenney M P, Woodcock C E, Macomber S A, Gopal S and Song C** (2001) Forest Mapping With A Generalized Classifier And Landsat TM Data. *Remote Sensing of Environment*, 77:241–250.
- Lillesand T M, Kiefer R W and Chipman J W** (2004) *Remote Sensing And Image Interpretation*. John Wiley & Sons, New York, pp. 763.
- Lu D, Mausel P, Brondizio E and Moran E** (2004) Relationship Between Forest Stand Parameters And Landsat TM Spectral Responses in The Brazilian Amazon Basin. *Forest Ecology And Management*, 198: 149-167.
- Luther J E, Fournier R A, Piercey D E, Guindon L and Hall R J** (2006) Biomass Mapping Using Forest Type And Structure Derived from Landsat TM Imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 8: 173–187.
- Ma M, Jiang H, Liu S, Zhu C, Liu Y and Wang J** (2006) Remotely Sensed Characterization of Forest Fuel Types by Using Satellite ASTER Data. *Acta Ecologica Sinica*, 26 (9): 2810-2815.
- Makela H and 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.
- Maktav D ve Sunar F** (1991) *Uzaktan Algılama- Kantitatif Yaklaşım*. Hürriyet Ofset, İstanbul, 429 s.
- Martin M E, Newman S D, Aber J D and Congalton R G** (1998) Estimates of Biomass in Indian Forests. *Remote Sensing of Environment*, 65 (3): 249-254
- McRoberts R E and Tomppo E O** (2007). Remote Sensing Support for National Forest Inventories. Remote Sensing of Environment. *Remote Sensing of Environment*, 110 (4): 412-419
- Moran E F, Brondizio E S, Tucker F M, Forsberg M C, McCracken S and Falesi I** (2000) Effects of Soil Fertility And Land-Use on Forest Succession in Amazoônia. *Forest Ecology and Management* 139: 93-108.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Musaoğlu N** (1999). Elektro-Optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılardan Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşçere Tiplerinin Ve Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları, Doktora Tezi (Yayımlanmamış), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Anabilim Dalı, İstanbul, 112 s.
- Muukkonen P and Heiskanen J** (2005) Estimating Biomass For Boreal Forests Using ASTER Satellite Data Combined with Standwise Forest Inventory Data. *Remote Sensing of Environment*, 99:434–447.
- Muukkonen P and Heiskanen J** (2007) Biomass Estimation over A Large Area Based on Standwise Forest Inventory Data And ASTER And MODIS Satellite Data: A Possibility to Verify Carbon Inventories. *Remote Sensing of Environment*, 107: 617–624.
- Okuda T, Suzuki M, Numata S, Yoshida K, Nishimura S, Adachi N, Niiyama K, Manokaran N and Hashim M** (2004) On The Relationship Of NDVI With Leaf Area Index in A Deciduous Forest Site. *Forest Ecology and Management*, 203(1-3): 63-75.
- Orhunbelge N** (1996) *Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon Analizi*. Avcıol Basım, İstanbul 261 s.
- Oruç M** (2002) Zonguldak Bölgesindeki Doğal Olmayan Çevresel Değişimlerin Uydu Görüntü Verileri İle Analizi. Yüksek Müh. Tezi (Yayımlanmamış), ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 105 s.
- Önder M** (2002) *Uzaktan Algılamada Topografik Uygulamalar*, Harita Genel Komutanlığı, Ankara, 134 s.
- Örmeci C ve Ekercin S** (2001) Uydulardan Elde Edilen Verilerle Meriç Nehri Kıyı Çizgisinin İncelenmesi. 8. *Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, s. 233-241.
- Özdamar K** (2002) *Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi*. Kaan Kitap Evi, Eskişehir, 686 s.
- Özdemir İ** (2004) Orman Envanterinde Uydu Verilerinden Yararlanma Olanakları, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A(1): 84-96.
- Özdemir İ ve Özkan U Y** (2003) Armutlu Orman İşletme Şefliğindeki Orman Alanlarındaki Değişimlerin Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak İzlenmesi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 1: 55-66.
- Özhan S** (1991) *Arazi Kullanma Tekniği*. Yüksek Müh. Tezi (Yayımlanmamış), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Öztürk E** (2005) *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, (Bölüm 12). Editör Şeref Kalaycı, Asil Yayın Dağıtım, Ankara, 259-269 s.
- PCI Guide** (2005) Geomaica Focus User Guide. PCI Geomatica 2005, Canada.
- Peterson D L, Spanner M A, Running S W and Band L** (1987) Relationship of Thematic Mapper Simulator Data to Leaf Area Index. *Remote Sens. Environ.*, 22: 323–341.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Qi J, Huete A R, Moran M S, Chehbouni A and Jackson R D** (1993) Interpretation of Vegetation Indices Derived from Multi-Temporal SPOT Images. *Remote Sensing of Environment* 44 (1): 89-101.
- Reese H, Nilsson M, Sandstrom P and Olsson H** (2002) Applications Using Estimates of Forest Parameters Derived from Satellite And Forest Inventory Data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 37: 37-55
- Richter R** (1996) A Spatially Adaptive Fast Atmospheric Correction Algorithm, *Int. J. RemoteSensing*, 17: 1201-1214
- Richter R** (1998) Correction of Satellite Imagery over Mountainous Terrain" *Applied Optics*, 37: 4004-4015.
- Richter R** (2008) *Atmospheric / Topographic Correction for Satellite Imagery*. ATCOR-2/3 User Guide, DLR IB 565-01/08, Wessling.
- Richter R and Schlapfer D** (2002) Geo-Atmospheric Processing of Airborne Imaging Spectrometry Data. Part 2: Atmospheric / Topographic Correction. *Int. J. Remote Sensing*, 23: 2631-2649.
- Richter R, Schlapfer D and Müller A** (2006) An Automatic Atmospheric Correction Algorithm for Visible/NIR Imagery", *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 27, 2077-2085.
- Rigina O, Baklanov A, Hagner O and Olsson H** (1999) Monitoring of Forest Damage in The Kola Peninsula, Northern Russia Due to Smelting Industry. *The Science of the Total Environment*, 229: 147-163.
- Ryan P J, McKenzie N J, O'Connell D, Loughhead A N, Leppert P M, Jacquier D and Ashton L** (2000) Integrating Forest Soils Information Across Scales: Spatial Prediction Of Soil Properties Under Australian Forests. *Forest Ecology and Management*. 138: 139-157.
- Saraçoğlu N.** (2002) *Orman Hasılat Bilgisi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Üniversite Yayın No: 22, Fakülte Yayın No: 9, Bartın, 304 s.
- Sarıkaya Ö V** (2006) İkonos Uydu Görüntüsüyle Haliçte Su Kalitesi Analizi. Yüksek Müh. Tezi (Yayımlanmamış), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 132 s.
- Seller P J, Mintz Y, Sud Y C and Dalcher A** (1986) A Simple Biosphere Model (Sib) for Use Within General Circulation Models. *J. Atmos. Sci.* 43:505-531.
- Sellers P J** (1985) Canopy Reflectance, Photosynthesis And Transpiration. *Int. J. Rem. Sensing*,6: 1335–1372.
- Tanaka S, Sugimura T and Higashi M** (1989) High Resolution Satellite Image Map From The SPOT And Landsat TM Data. *Advances in Space Research*, 9 (1): 115-120.
- Thenkabail P S, Hall J, Lin T, Ashton M S, Harris D and Enclona E A** (2003) Detecting Floristic Structure and Pattern Across Topographic and Moisture Gradients in A Mixed Species Central African Forest Using IKONOS and Landsat-7 ETM+ Images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4 (3): 255-270

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Tian Y, Zhang Y, Knyazikhin Y, Myneni R B, Glassy J B, Dedieu G and Running S W** (2000) Prototyping of MODIS LAI and FPAR Algorithm with LASUR and LANDSAT Data. *Ieee Transactions on Geoscience And Remote Sensing*, 38 (5): 2387-2401.
- Tole L** (2002) An Estimate Of Forest Cover Extent And Change İn Jamaica Using Landsat MSS Data. *Int. J. Remote Sensing*, 23 (15): 91-106.
- Topan H** (2004) Yörünge Düzeltmeli IRS-1C/1D Pankromatik Mono Görüntüsünün Geometrik Doğruluk ve Bilgi İçeriği Açısından İncelenmesi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 102s.
- Treves L N** (2004) Deforestation And Carbon Emissions at Tropical Frontiers: A Case Study from The Peruvian Amazon. *World Development* 32 (1): 173–190.
- Tucker C J** (1979) Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. *Rem. Sensing Environ.*, 8: 127–150.
- Tucker C J, Holben B N and Goff T E** (1984) Use of Remote Sensing for Vegetation And Landuse Mapping in Mountainous Areas: The Case of Central Nepal. *Remote Sensing of Environment*, 15 (3): 255-261.
- Tunay M ve Ateşoğlu A** (2006) Uydu Görüntüleri Kullanılarak Meşcere Kapalılık Derecesi Haritalaması. *4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- Tunay M, Yılmaz B ve Ateşoğlu A** (2008) Bartın-Amasra Karayolu Güzergahının Doğal Peyzaj Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin Saptanması. *Ekoloji Dergisi*, 17(66): 23-30.
- Urban D L** (1993) Landscape ecology and ecosystem management. *Sustainable Ecosystems: Implementing an Ecological Approach to Land Management*. Eds. W. W. Covington, and L. F. DeBano, USDA Forest Service Techn. Rep., Colifornia, pp. 127-136
- URL-1** (2007) <http://www.rickly.com/as/LightDensityMeters.htm>. The Rickly Hydrological Company 14 Haziran2007.
- URL-2**(2008) http://www.ncaveo.ac.uk/special_topics/atmospheric_correction/. NCAVEO, special topics, 12 Mayıs 2008.
- Van Laake P ve Sánchez-Azofeifa G A** (2004) Focus on Deforestation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 102(1): 3-15.
- Vasconcelos M J P, Mussa´ Biai J C, Araujo A and Diniz M A** (2002) Land Cover Change in Two Protected Areas of Guinea-Bissau (1956–1998). *Applied Geography*, 22: 139–156.
- Verma S B, Sellers P J, Walthall C L, Hall F G, Kim J and Goetz S. J.** (1993) Photosynthesis and Stomatal Conductance Related to Reflectance on The Canopy Scale. *Remote Sens. Environ.*, 44: 103–116.
- Veroustraete F** (1994) An Assessment of Several Linear Change Detection Techniques for Mapping Forest Mortality Using Multitemporal Landsat TM Data. *Ecological Modelling*, 75-76: 221-237.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Wang Q, Adiku S, Tenhunen J and Granier A** (2005) Relationships Between Forest Structure And Vegetation Indices in Atlantic Rainforest. *Remote Sensing of Environment*, 94 (2): 244-255.
- Waring R H, Law B E, Goulden M L, Bassow S L, McCreight R W, Wofsey S C and Bazzaz F A.** (1995). Scaling Gross Ecosystem Productivity at Harvard Forest Using Remote Sensing: A Comparison of Estimates From A Constrained Quantum-Use Efficiency Model And Eddy Correlation. *Plant, Cell Environ.*, 18: 1201–1213.
- Wiegand C L, Gerbermann A H, Gallo K P, Blad B L and Dusek D** (1990) Multisite Analyses of Spectral-Biophysical Data for Corn. *Remote Sensing of Environment*, 33: 1-16.
- Wiegand C L, Richardson A J, Escobar D E and Gerbermann A H** (1991) Vegetation Indices in Crop Assessments, *Remote Sensing of Environment*, 35:105-119.
- Wulder M** (1998) Optical Remote Sensing Techniques for The Assessment of Forest Inventory And Biophysical Parameters, *Progress in Physical Geography*, 22 (4): 449-476.
- Xu B, Gong P and Pu R** (2003) Crown Closure Estimation of Oak Savannah in A Dry Season With Landsat TM Imagery: Comparison of Various Indices Through Correlation Analysis, *Int. J. Remote Sensing*, 24(9): 1811-1822
- Yamaguchi Y Kahle A B, Tsu H, Kawakami T and Pniel M** (1998) Overview of Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER). *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 36: 1062–1071.
- Yamaguchi Y, Fujisada H, Tsu H, Sato I, Watanabe H, Kato M, Kudoh M, Kahle A B and Pniel M** (2001) Aster Early Image Evaluation. *Advances in Space Research*, 28 (1): 69-76
- Yomralioğlu T** (2000) *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*. Seçil ofset, Trabzon, 480 s.
- Yuliang Q, Ying W and Junyou T** (2004) Study of Remote Sensing Monitoring of Dynamic Change of the Loess Plateau Forest Resources. *Advances in Space Research*, 33: 302–306.

EK AÇIKLAMALAR A
ATMOSFERİK DÜZELTME PARAMETRELERİ

Çizelge A.1 Atmosferik düzeltme parametreleri (LANDSAT ETM+).

<<< ATCOR 3 >>>

<<< LANDSAT 7 ETM+ >>>

Gün: 04

Ay: 07

Yıl: 2000

Algılayıcı: Landsat-7 ETM+

Bantlar: 1,2,3,4,5,7

Yer: PRODUCT_UL_CORNER_LAT = 42.7243004

PRODUCT_UL_CORNER_LON = 31.1021290

PRODUCT_UR_CORNER_LAT = 42.3644676

PRODUCT_UR_CORNER_LON = 33.5827637

PRODUCT_LL_CORNER_LAT = 41.1399345

PRODUCT_LL_CORNER_LON = 30.7223053

PRODUCT_LR_CORNER_LAT = 40.7881851

PRODUCT_LR_CORNER_LON = 33.1447487

Yükseklik ve azimut açıları: SUN_AZIMUTH = 127.7101082

SUN_ELEVATION = 63.1439777

SYM (Sayısal Arazi Modeli): 10 m

Aerosol tipi: Kırsal (Rural)

Atmosferik koşul: Nemli (Humid)

Kalibrasyon Dosyası:

C:\Geomatica_V91\atcor\cal\landsat7\ etm_standard1

*(C:\Geomatica_V91\atcor\cal\landsat7_pan\ landsat-7_pan)

Görünürlük (Visibility): 25 km

*Landsat-7 ETM+ Pan algılayıcısı için

Çizelge A.2 Atmosferik düzeltme parametreleri (SPOT HR-VIR).

<<< ATCOR 3 >>>

<<< Spot HR-VIR >>>

Gün: 27

Ay: 07

Yıl: 2005

Algılayıcı: Spot HVIR

Bantlar: 1,2,3,4

Yer: Upper Left: 32° 01' 36.22'', 41° 52' 51.73''

Lower Right: 30° 52' 41.72'', 41° 15' 52.77''

Yükseklik ve azimut açıları: SUN_AZIMUTH = 146.3

SUN_ELEVATION = 64.68301

Tilt Angle: 10° West

SYM (Sayısal Arazi Modeli): 10 m

Aerosol tipi: Kırsal (Rural)

Atmosferik koşul: Nemli (Humid)

Kalibrasyon Dosyası:

C:\Geomatica_V91\atcor\cal\spot4

Görünürlük (Visibility): 25 km

Çizelge A.3 Atmosferik düzeltme parametreleri (ASTERVNIR).

<<< ATCOR 3 >>>

<<< Aster VNIR >>>

Gün: 22

Ay: 10

Yıl: 2005

Saat: 08.44.00

Algılayıcı: Aster VNIR

Bantlar: 1,2,3

Yer: UPPERLEFT: (41.845888, 32.040919)

UPPERRIGHT: (41.849887, 32.964419)

LOWERLEFT: (41.183774, 32.050644)

LOWERRIGHT: (41.187681, 32.964780)

Yükseklik ve azimut açıları: SUN_AZIMUTH = 166.160724

SUN_ELEVATION = 36.40635

SYM (Sayısal Arazi Modeli): 10 m

Aerosol tipi: Kırsal (Rural)

Atmosferik koşul:Fall

Kalibrasyon Dosyası:

C:\Geomatica_V91\atcor\cal\aster

Görünürlük (Visibility): 10 km

EK AÇIKLAMALAR B

**KORELASYON MATRİSLERİ VE ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON ANALİZ
SONUÇLARI**

Çizelge B.1 Korelasyon matrisleri ve çoklu doğrusal regresyon analiz sonuçları.

Korelasyonlar

	CAP	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7	ETMsavi	ETMndvi	ETMpci1	ETMtk1	ETMtk2	ETMtk3	ETMalbedo	ETMlai	ETMfpar	ETMpan
CAP	1,000	-,091	,067	-,040	-,058	,424	,123	,355	,457	,487	-,020	,411	,392	,380	,047
ETM3	-,091	1,000	,287	,627	,700	,164	-,933	,403	,393	,143	-,592	,424	,178	,178	,313
ETM4	,067	,287	1,000	,771	,647	,654	-,106	,615	,564	,573	-,747	,589	,661	,654	,763
ETM5	-,040	,627	,771	1,000	,949	,507	-,398	,636	,514	,415	-,981	,631	,532	,541	,651
ETM7	-,058	,700	,647	,949	1,000	,438	-,517	,585	,509	,347	-,953	,581	,464	,486	,568
ETMsavi	,424	,164	,654	,507	,438	1,000	-,029	,759	,742	,829	-,519	,801	,861	,838	,571
ETMndvi	,123	-,933	-,106	-,398	-,517	-,029	1,000	-,263	-,342	-,012	,360	-,312	-,029	-,032	-,131
ETMpci1	,355	,403	,615	,636	,585	,759	-,263	1,000	,843	,729	-,604	,878	,739	,745	,492
ETMtk1	,457	,393	,564	,514	,509	,742	-,342	,843	1,000	,674	-,501	,860	,654	,649	,393
ETMtk2	,487	,143	,573	,415	,347	,829	-,012	,729	,674	1,000	-,442	,755	,916	,904	,402
ETMtk3	-,020	-,592	-,747	-,981	-,953	-,519	,360	-,604	-,501	-,442	1,000	-,634	-,550	-,556	-,641
ETMalbedo	,411	,424	,589	,631	,581	,801	-,312	,878	,860	,755	-,634	1,000	,784	,767	,441
ETMlai	,392	,178	,661	,532	,464	,861	-,029	,739	,654	,916	-,550	,784	1,000	,991	,433
ETMfpar	,380	,178	,654	,541	,486	,838	-,032	,745	,649	,904	-,556	,767	,991	1,000	,410
ETMpan	,047	,313	,763	,651	,568	,571	-,131	,492	,393	,402	-,641	,441	,433	,410	1,000

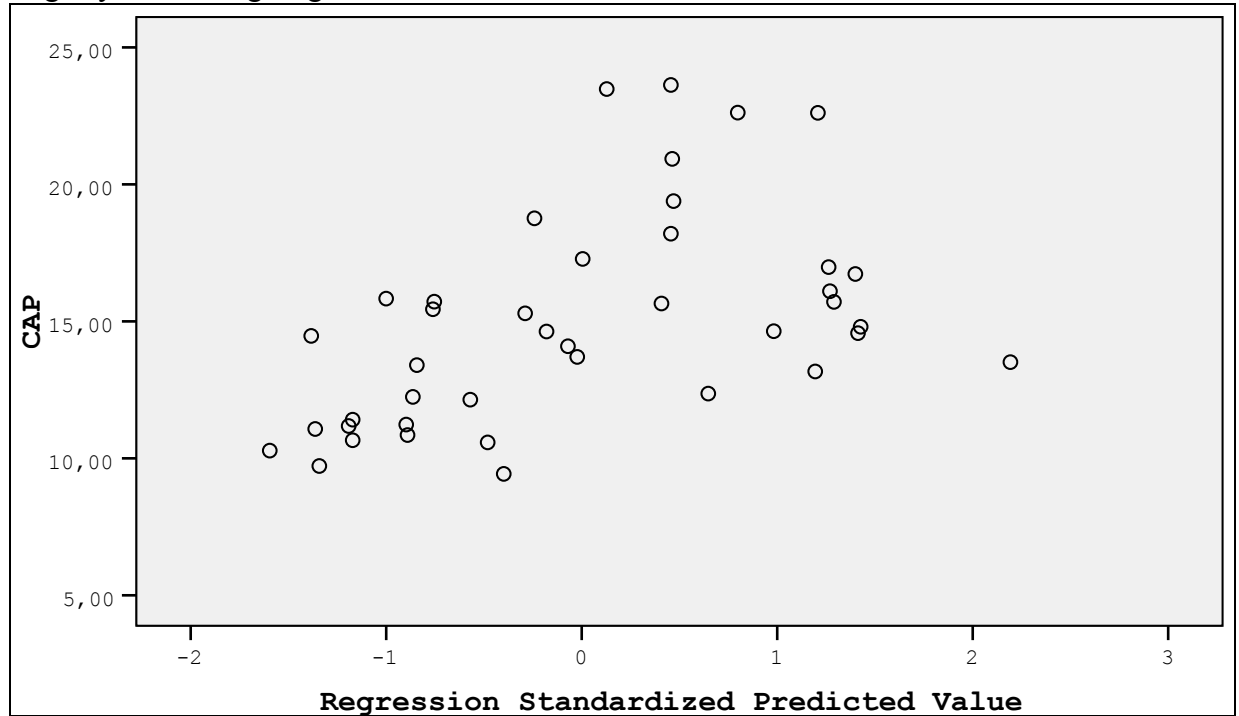
Model özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F değeri	Durbin-Watson
1	,487(a)	0,237	0,217	3,38318	12,110	1,904

a. ETMtk2

Bağımlı Değişken: CAP

Regresyon analizi grafiği



Çizelge B.1 (devam ediyor)

Korelasyonlar

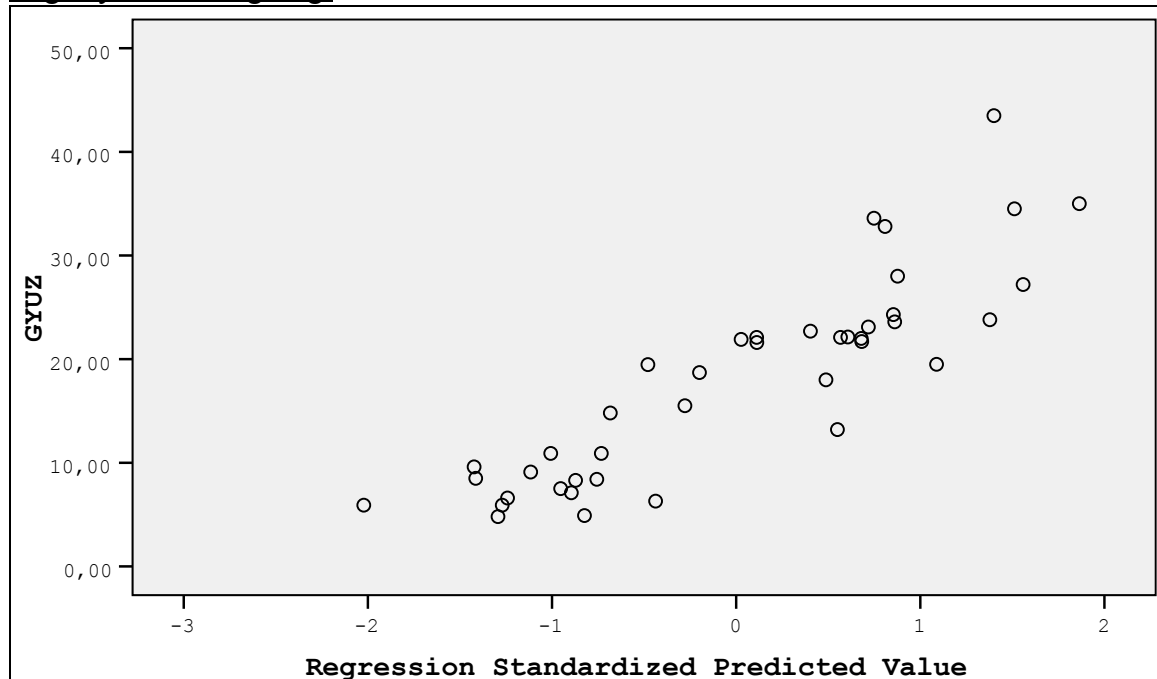
	GYUZ	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7	ETMsavi	ETMndvi	ETMpci1	ETMtk1	ETMtk2	ETMtk3	ETMalbedo	ETMlai	ETMfpar	ETMpan
GYUZ	1,000	-,029	,290	,183	,138	,693	,116	,669	,590	,792	-,223	,708	,761	,755	,188
ETM3	-,029	1,000	,287	,627	,700	,164	-,933	,403	,393	,143	-,592	,424	,178	,178	,313
ETM4	,290	,287	1,000	,771	,647	,654	-,106	,615	,564	,573	-,747	,589	,661	,654	,763
ETM5	,183	,627	,771	1,000	,949	,507	-,398	,636	,514	,415	-,981	,631	,532	,541	,651
ETM7	,138	,700	,647	,949	1,000	,438	-,517	,585	,509	,347	-,953	,581	,464	,486	,568
ETMsavi	,693	,164	,654	,507	,438	1,000	-,029	,759	,742	,829	-,519	,801	,861	,838	,571
ETMndvi	,116	-,933	-,106	-,398	-,517	-,029	1,000	-,263	-,342	-,012	,360	-,312	-,029	-,032	-,131
ETMpci1	,669	,403	,615	,636	,585	,759	-,263	1,000	,843	,729	-,604	,878	,739	,745	,492
ETMtk1	,590	,393	,564	,514	,509	,742	-,342	,843	1,000	,674	-,501	,860	,654	,649	,393
ETMtk2	,792	,143	,573	,415	,347	,829	-,012	,729	,674	1,000	-,442	,755	,916	,904	,402
ETMtk3	-,223	-,592	-,747	-,981	-,953	-,519	,360	-,604	-,501	-,442	1,000	-,634	-,550	-,556	-,641
ETMalbedo	,708	,424	,589	,631	,581	,801	-,312	,878	,860	,755	-,634	1,000	,784	,767	,441
ETMlai	,761	,178	,661	,532	,464	,861	-,029	,739	,654	,916	-,550	,784	1,000	,991	,433
ETMfpar	,755	,178	,654	,541	,486	,838	-,032	,745	,649	,904	-,556	,767	,991	1,000	,410
ETMpan	,188	,313	,763	,651	,568	,571	-,131	,492	,393	,402	-,641	,441	,433	,410	1,000

Model özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,792(a)	0,627	0,617	6,04867	65.574	
2	,817(b)	0,667	0,650	5,78778	38.207	
3	,850(c)	0,723	0,701	5,35088	32.207	
4	,882(d)	0,778	0,753	4,86056	31.487	1,652

- a. ETMtk2
b. ETMtk2, ETM4
c. ETMtk2, ETM4, ETMalbedo
d. ETMtk2, ETM4, ETMalbedo, ETMndvi
Bağımlı Değişken: GYUZ

Regresyon analizi grafiği



Çizelge B.1 (devam ediyor)

Korelasyonlar

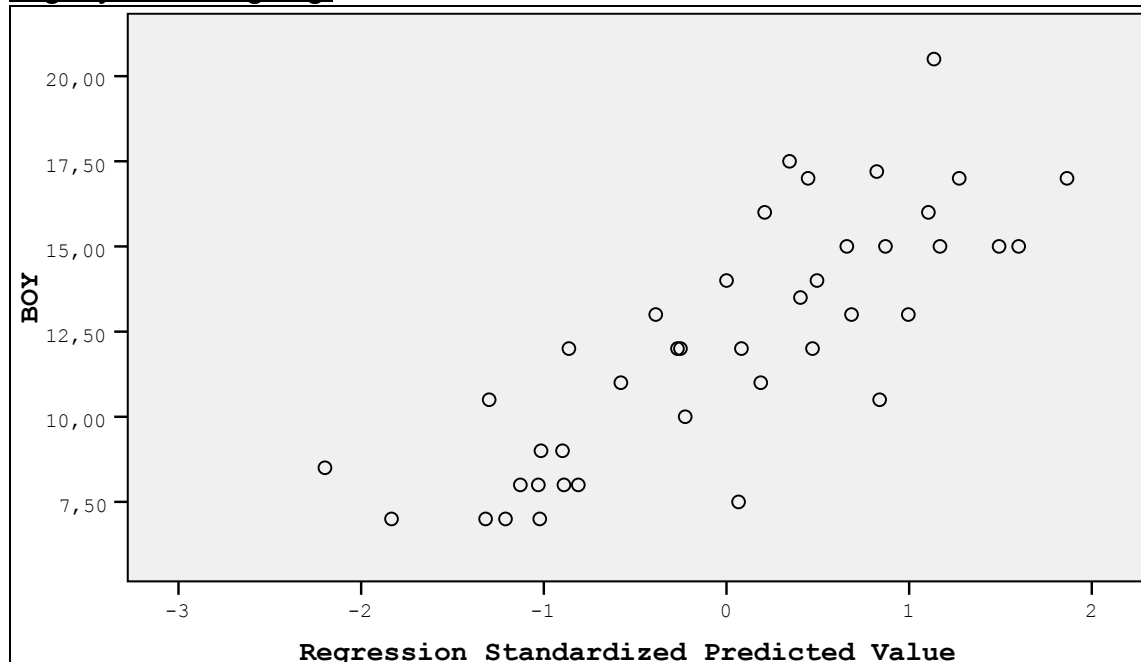
	BOY	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7	ETMsavi	ETMndvi	ETMpci1	ETMtk1	ETMtk2	ETMtk3	ETMalbedo	ETMlai	ETMfpar	ETMpan
BOY	1,000	,003	,189	,048	-,035	,570	,074	,499	,498	,690	-,066	,549	,670	,652	,074
ETM3	,003	1,000	,287	,627	,700	,164	-,933	,403	,393	,143	-,592	,424	,178	,178	,313
ETM4	,189	,287	1,000	,771	,647	,654	-,106	,615	,564	,573	-,747	,589	,661	,654	,763
ETM5	,048	,627	,771	1,000	,949	,507	-,398	,636	,514	,415	-,981	,631	,532	,541	,651
ETM7	-,035	,700	,647	,949	1,000	,438	-,517	,585	,509	,347	-,953	,581	,464	,486	,568
ETMsavi	,570	,164	,654	,507	,438	1,000	-,029	,759	,742	,829	-,519	,801	,861	,838	,571
ETMndvi	,074	-,933	-,106	-,398	-,517	-,029	1,000	-,263	-,342	-,012	,360	-,312	-,029	-,032	-,131
ETMpci1	,499	,403	,615	,636	,585	,759	-,263	1,000	,843	,729	-,604	,878	,739	,745	,492
ETMtk1	,498	,393	,564	,514	,509	,742	-,342	,843	1,000	,674	-,501	,860	,654	,649	,393
ETMtk2	,690	,143	,573	,415	,347	,829	-,012	,729	,674	1,000	-,442	,755	,916	,904	,402
ETMtk3	-,066	-,592	-,747	-,981	-,953	-,519	,360	-,604	-,501	-,442	1,000	-,634	-,550	-,556	-,641
ETMalbedo	,549	,424	,589	,631	,581	,801	-,312	,878	,860	,755	-,634	1,000	,784	,767	,441
ETMlai	,670	,178	,661	,532	,464	,861	-,029	,739	,654	,916	-,550	,784	1,000	,991	,433
ETMfpar	,652	,178	,654	,541	,486	,838	-,032	,745	,649	,904	-,556	,767	,991	1,000	,410
ETMpan	,074	,313	,763	,651	,568	,571	-,131	,492	,393	,402	-,641	,441	,433	,410	1,000

Model özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,690(a)	0,476	0,462	2,63877	35,384	
2	,749(b)	0,561	0,538	2,44584	24,291	
3	,783(c)	0,613	0,582	2,32710	19,548	
4	,776(d)	0,602	0,581	2,32851	28,764	
5	,808(e)	0,653	0,625	2,20411	23,205	1,996

- a. ETMtk2
b. ETMtk2, ETM7
c. ETMtk2, ETM7, ETMlai
d. ETM7, ETMlai
e. ETM7, ETMlai, ETM3
Bağımlı Değişken: BOY

Regresyon analizi grafiği



Çizelge B.1 (devam ediyor)

Korelasyonlar

	ASAY	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7	ETMsavi	ETMndvi	ETMpci1	ETMtk1	ETMtk2	ETMtk3	ETMalbedo	ETMlai	ETMfpar	ETMpan
ASAY	1,000	,080	,281	,244	,217	,497	-,029	,505	,359	,513	-,217	,500	,570	,569	,178
ETM3	,080	1,000	,287	,627	,700	,164	-,933	,403	,393	,143	-,592	,424	,178	,178	,313
ETM4	,281	,287	1,000	,771	,647	,654	-,106	,615	,564	,573	-,747	,589	,661	,654	,763
ETM5	,244	,627	,771	1,000	,949	,507	-,398	,636	,514	,415	-,981	,631	,532	,541	,651
ETM7	,217	,700	,647	,949	1,000	,438	-,517	,585	,509	,347	-,953	,581	,464	,486	,568
ETMsavi	,497	,164	,654	,507	,438	1,000	-,029	,759	,742	,829	-,519	,801	,861	,838	,571
ETMndvi	-,029	-,933	-,106	-,398	-,517	-,029	1,000	-,263	-,342	-,012	,360	-,312	-,029	-,032	-,131
ETMpci1	,505	,403	,615	,636	,585	,759	-,263	1,000	,843	,729	-,604	,878	,739	,745	,492
ETMtk1	,359	,393	,564	,514	,509	,742	-,342	,843	1,000	,674	-,501	,860	,654	,649	,393
ETMtk2	,513	,143	,573	,415	,347	,829	-,012	,729	,674	1,000	-,442	,755	,916	,904	,402
ETMtk3	-,217	-,592	-,747	-,981	-,953	-,519	,360	-,604	-,501	-,442	1,000	-,634	-,550	-,556	-,641
ETMalbedo	,500	,424	,589	,631	,581	,801	-,312	,878	,860	,755	-,634	1,000	,784	,767	,441
ETMlai	,570	,178	,661	,532	,464	,861	-,029	,739	,654	,916	-,550	,784	1,000	,991	,433
ETMfpar	,569	,178	,654	,541	,486	,838	-,032	,745	,649	,904	-,556	,767	,991	1,000	,410
ETMpan	,178	,313	,763	,651	,568	,571	-,131	,492	,393	,402	-,641	,441	,433	,410	1,000

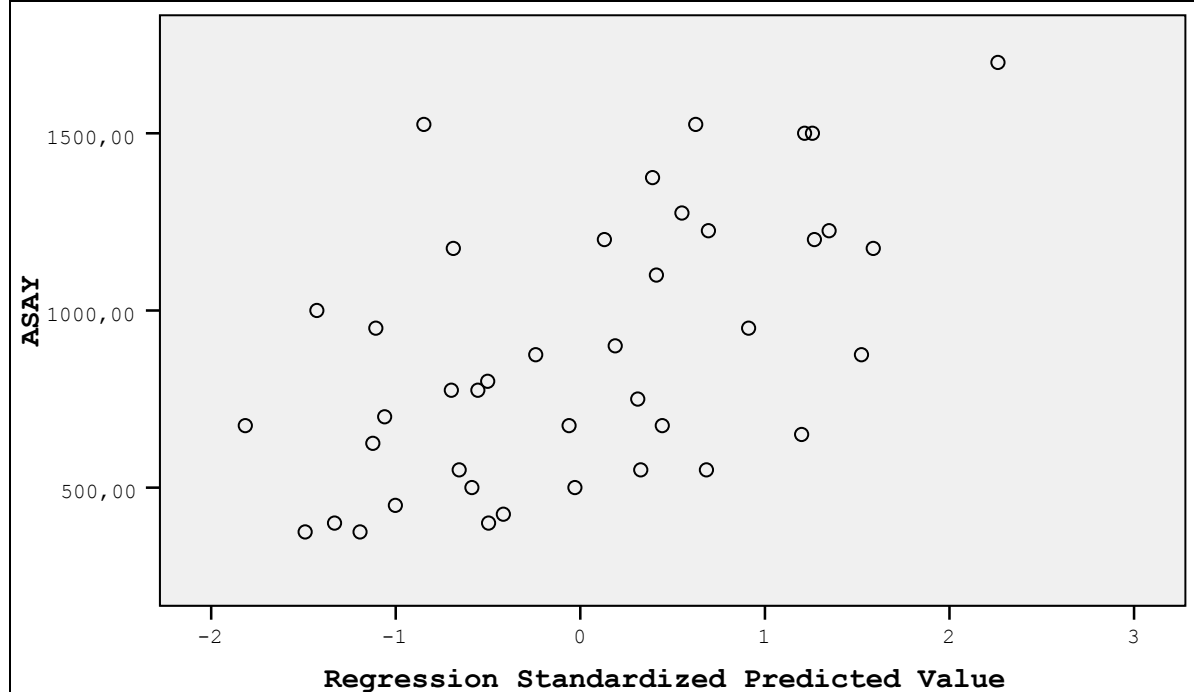
Model özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,570(a)	0,325	0,307	313,12611	18,741	2,242

a. ETMlai

Bağımlı Değişken: ASAY

Regresyon analizi grafiği



Çizelge B.1 (devam ediyor)

Korelasyonlar

	HACIM	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7	ETMsavi	ETMndvi	ETMpci1	ETMtk1	ETMtk2	ETMtk3	ETMalbedo	ETMlai	ETMfpar	ETMpan
HACIM	1,000	-,040	,243	,161	,123	,643	,123	,590	,541	,720	-,220	,651	,696	,690	,150
ETM3	-,040	1,000	,287	,627	,700	,164	-,933	,403	,393	,143	-,592	,424	,178	,178	,313
ETM4	,243	,287	1,000	,771	,647	,654	-,106	,615	,564	,573	-,747	,589	,661	,654	,763
ETM5	,161	,627	,771	1,000	,949	,507	-,398	,636	,514	,415	-,981	,631	,532	,541	,651
ETM7	,123	,700	,647	,949	1,000	,438	-,517	,585	,509	,347	-,953	,581	,464	,486	,568
ETMsavi	,643	,164	,654	,507	,438	1,000	-,029	,759	,742	,829	-,519	,801	,861	,838	,571
ETMndvi	,123	-,933	-,106	-,398	-,517	-,029	1,000	-,263	-,342	-,012	,360	-,312	-,029	-,032	-,131
ETMpci1	,590	,403	,615	,636	,585	,759	-,263	1,000	,843	,729	-,604	,878	,739	,745	,492
ETMtk1	,541	,393	,564	,514	,509	,742	-,342	,843	1,000	,674	-,501	,860	,654	,649	,393
ETMtk2	,720	,143	,573	,415	,347	,829	-,012	,729	,674	1,000	-,442	,755	,916	,904	,402
ETMtk3	-,220	-,592	-,747	-,981	-,953	-,519	,360	-,604	-,501	-,442	1,000	-,634	-,550	-,556	-,641
ETMalbedo	,651	,424	,589	,631	,581	,801	-,312	,878	,860	,755	-,634	1,000	,784	,767	,441
ETMlai	,696	,178	,661	,532	,464	,861	-,029	,739	,654	,916	-,550	,784	1,000	,991	,433
ETMfpar	,690	,178	,654	,541	,486	,838	-,032	,745	,649	,904	-,556	,767	,991	1,000	,410
ETMpan	,150	,313	,763	,651	,568	,571	-,131	,492	,393	,402	-,641	,441	,433	,410	1,000

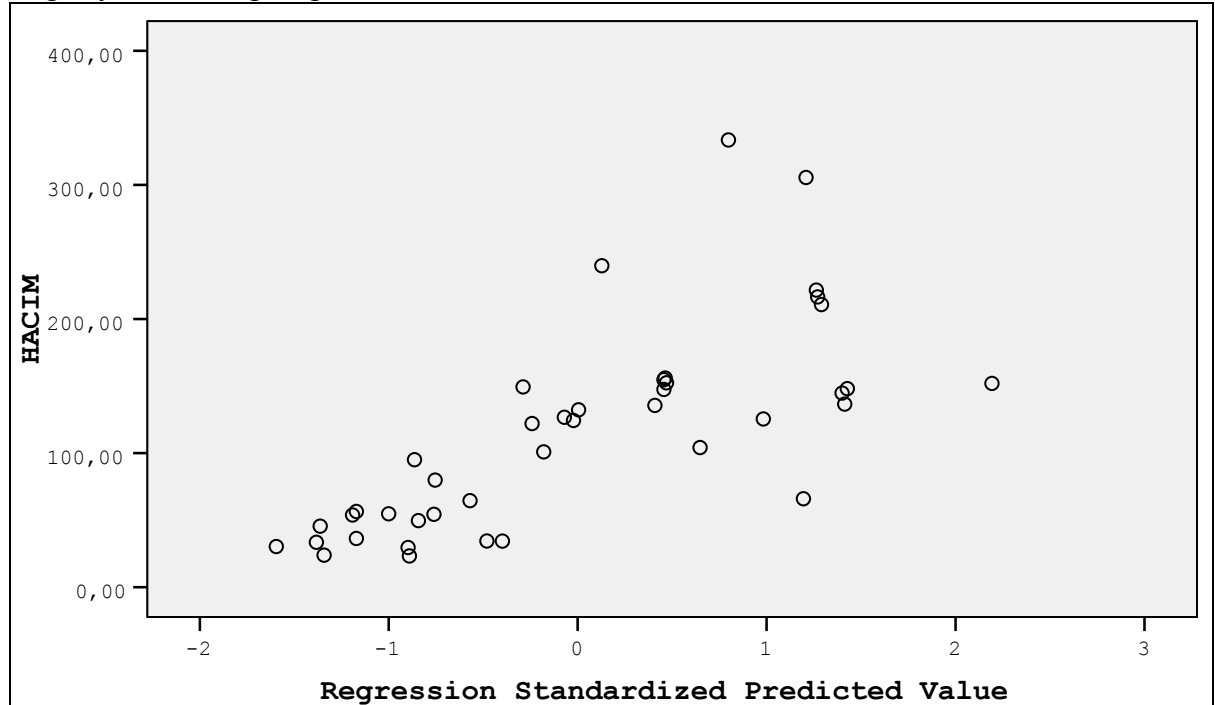
Model özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,720(a)	0,518	0,506	53,27933	41,934	1,630

a. ETMtk2

Bağımlı Değişken: HACIM

Regresyon analizi grafiği



Çizelge B.1 (devam ediyor)

Korelasyonlar

	ASAY	SPOT2	SPOT3	SPOT4	SPOTndvi	SPOTsavi	SPOTlai	SPOTfpar	SPOTalbed
ASAY	1,000	,106	,353	,153	-,023	,248	,298	,306	,292
SPOT2	,106	1,000	,146	,227	-,934	,022	,035	-,101	,283
SPOT3	,353	,146	1,000	,691	,043	,847	,843	,791	,563
SPOT4	,153	,227	,691	1,000	-,078	,689	,681	,623	,473
SPOTndvi	-,023	-,934	,043	-,078	1,000	,154	,150	,248	-,037
SPOTsavi	,248	,022	,847	,689	,154	1,000	,985	,938	,600
SPOTlai	,298	,035	,843	,681	,150	,985	1,000	,951	,616
SPOTfpar	,306	-,101	,791	,623	,248	,938	,951	1,000	,509
SPOTalbed	,292	,283	,563	,473	-,037	,600	,616	,509	1,000

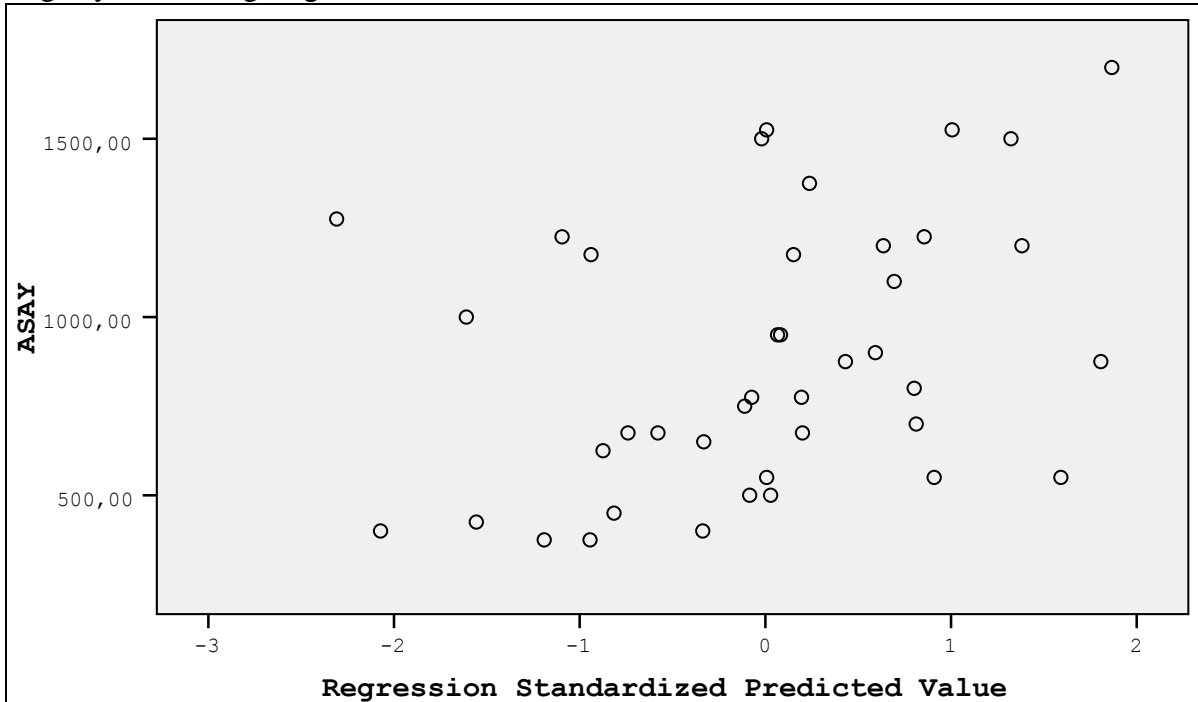
Model özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,353(a)	0,124	0,102	356,53466	5,537	2,000

a. SPOT3

Bağımlı Değişken: ASAY

Regresyon analizi grafiği



Çizelge B.1 (devam ediyor)

Korelasyonlar

	KAP	SPOT2	SPOT3	SPOT4	SPOTndvi	SPOTSavi	SPOTlai	SPOTfpar	SPOTalbed
KAP	1,000	,017	,670	,568	,100	,714	,692	,676	,219
SPOT2	,017	1,000	,146	,227	-,934	,022	,035	-,101	,283
SPOT3	,670	,146	1,000	,691	,043	,847	,843	,791	,563
SPOT4	,568	,227	,691	1,000	-,078	,689	,681	,623	,473
SPOTndvi	,100	-,934	,043	-,078	1,000	,154	,150	,248	-,037
SPOTSavi	,714	,022	,847	,689	,154	1,000	,985	,938	,600
SPOTlai	,692	,035	,843	,681	,150	,985	1,000	,951	,616
SPOTfpar	,676	-,101	,791	,623	,248	,938	,951	1,000	,509
SPOTalbed	,219	,283	,563	,473	-,037	,600	,616	,509	1,000

Model özeti

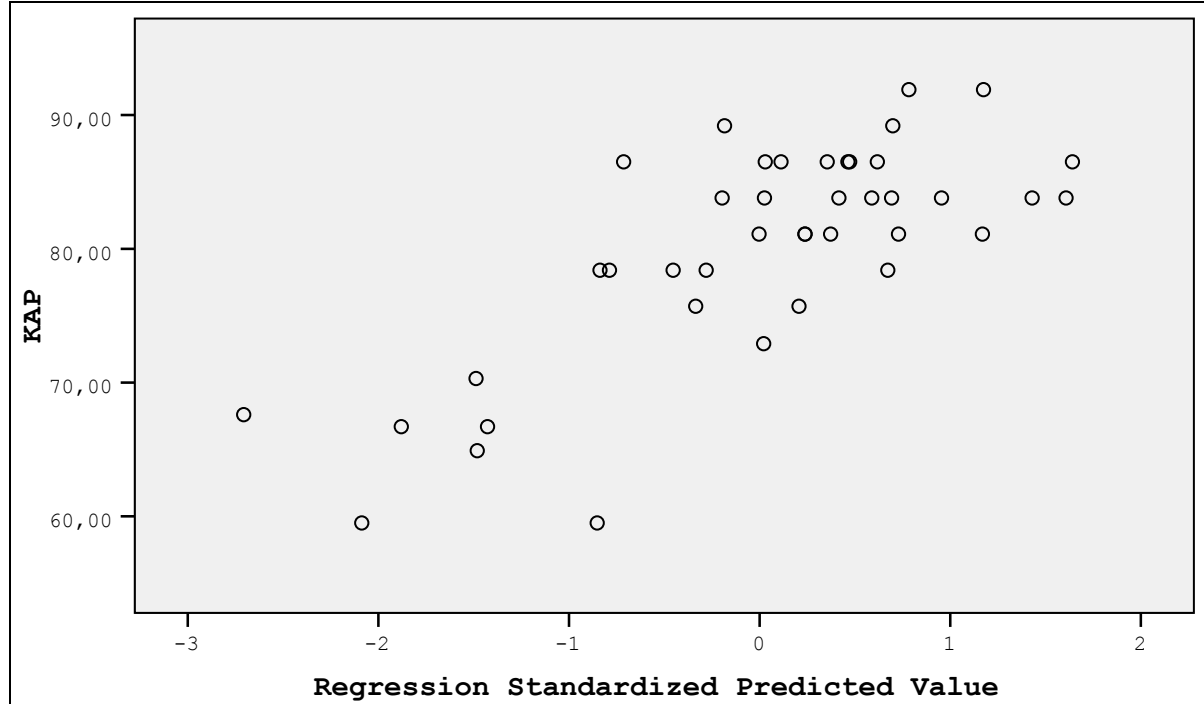
Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,714(a)	0,509	0,497	5,80967	40,504	
2	,760(b)	0,578	0,556	5,45930	26,018	1,840

a. SPOTSavi

b. SPOTSavi, SPOTalbed

Bağımlı Değişken: KAPALILIK

Regresyon analizi grafiği



Çizelge B.1 (devam ediyor)

Korelasyonlar

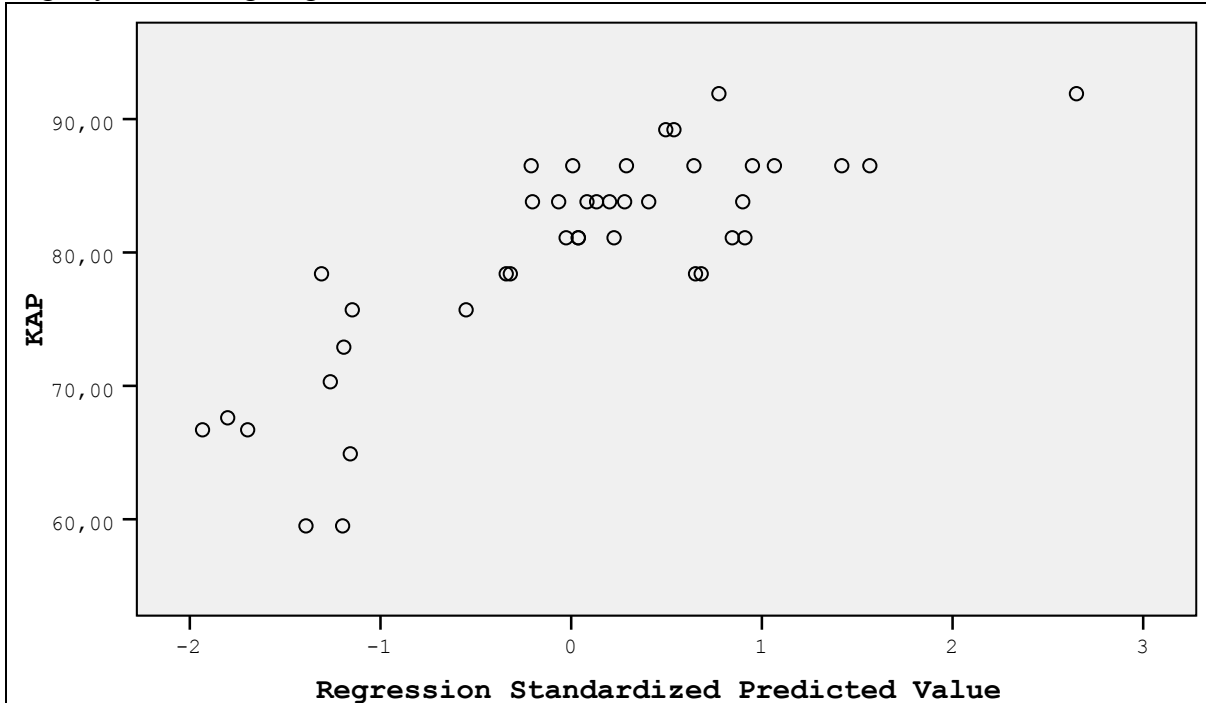
	KAP	ASTER2	ASTER3	ASTERndvi	ASTERsavi	ASTERlai	ASTERalbe
KAP	1,000	,617	,700	-,123	,665	,631	,163
ASTER2	,617	1,000	,659	-,450	,489	,543	,379
ASTER3	,700	,659	1,000	-,024	,804	,880	,561
ASTERndvi	-,123	-,450	-,024	1,000	,080	,083	-,103
ASTERsavi	,665	,489	,804	,080	1,000	,818	,505
ASTERlai	,631	,543	,880	,083	,818	1,000	,522
ASTERalbe	,163	,379	,561	-,103	,505	,522	1,000

Model özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	F Değeri	Durbin-Watson
1	,700(a)	0,491	0,478	5,92041	37,557	
2	,753(b)	0,568	0,545	5,52557	24,945	
3	,782(c)	0,612	0,581	5,30375	19,465	
4	,814(d)	0,662	0,625	5,01844	17,637	1,718

- a. ASTER3
b. ASTER3, ASTERalbe
c. ASTER3, ASTERalbe, ASTER2
d. ASTER3, ASTERalbe, ASTER2, ASTERsavi
Bağımlı Değişim: KAPALILIK

Regresyon analizi grafiği



ÖZGEÇMİŞ

Ayhan ATEŞOĞLU 1976'da Çivril'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Denizli ili Baklan ilçesinde tamamladı. 1992 yılında K.T.Ü Trabzon Meslek Yüksek Okulu, Teknik Programlar, Harita ve Kadastro bölümünü kazandı. 1994 yılında bu bölümden başarı ile mezun oldu. 1995 yılında K.T.Ü Orman Fakültesi Orman Mühendisliğini kazandı. 1999 yılında bu bölümden başarı ile mezun oldu. 1999-2000 eğitim-öğretim yılında K.T.Ü Orman İnşaatı ve Transportu Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. Bir yıl Sürmene yabancı dil hazırlık okulunda İngilizce eğitimi aldıktan sonra 2000 yılında Z.K.Ü. Bartın Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2003 yılında Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. Aynı yıl doktora eğitimine başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Bartın Orman Fakültesi
Orman Mühendisliği Bölümü
74100 – BARTIN

Tel: 378-2277422

Faks: 378-2277421

E-posta: aatesoglu@yahoo.com

Ayhan ATEŞOĞLU